

# ปัจจัยด้านพลังงานและความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของห้องเรียน Green Factors on Energy and Environmental Friendly Aspects for Classroom

ปัทมาภรณ์ รัตนประดับ<sup>1</sup> และ ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล<sup>2</sup>

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ ศึกษาตัวแปรด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อห้องเรียนประเภทห้องบรรยายของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานจังหวัดนครราชสีมา วิธีการศึกษา ใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรที่เกี่ยวข้อง จากเกณฑ์ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ที่มีมาก่อนหน้านี้ต่างๆ ได้แก่ Green classroom program Green classroom professional certificate program handbook คู่มือแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รุ่น NR-O 49.02 และเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวภาครัฐ จากนั้นทำการสำรวจห้องเรียนตัวอย่างจำนวน 30 ห้อง และนำข้อมูลที่ได้มาประเมินเพื่อกำหนดตัวแปร โดยการพิจารณาจากเกณฑ์และสิ่งที่พบจากการสำรวจ ผลการศึกษาพบว่าลักษณะปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของห้องบรรยายเกิดจากตัวแปรหลัก ดังนี้ วัสดุอาคาร ระบบและอุปกรณ์อาคาร วัสดุภัณฑ์ลักษณะพื้นที่ใช้งาน และการกำหนดแผน นโยบาย ตัวแปรที่พบเพิ่มเติมจากการสำรวจ คือ ระบบความปลอดภัยในอาคาร และด้านสุขภาพ ในการจัดทำเครื่องมือประเมินห้องเรียนสีเขียว จำเป็นต้องมีการตรวจสอบเพิ่มเติม เพื่อสรุปข้อกำหนดและค่าน้ำหนักคะแนนของตัวแปรแต่ละส่วน

## ABSTRACT

This work studied factors on energy and environment which affect lecture rooms at Rajamangala University of Technology Isan, Nakhonratchasima. The methodology is selecting related factors from previous assessment tools which are Green classroom program, Green classroom professional certificate program handbook, Handbook for assessing energy and environmental friendly buildings NR-O 49.02 and Criteria assessment for green government buildings. The second stage was the field survey of 30 sample classrooms. The data collected from the survey were then be used for investigation. The selected factors were then considered and paired with the survey data. The results suggest that the drawbacks of energy and environmental friendly aspects of lecture rooms are room materials, room systems and equipment, scheduled plan, policy and acting planning. The additional factors from field survey are security and health aspects in which they may be added into the assessment tool. Deriving assessment tool for green lecture rooms requires further work and analysis for calculating assumptions and weighting factors.

**คำสำคัญ:** พลังงาน ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การประเมินสีเขียว ห้องเรียนบรรยาย

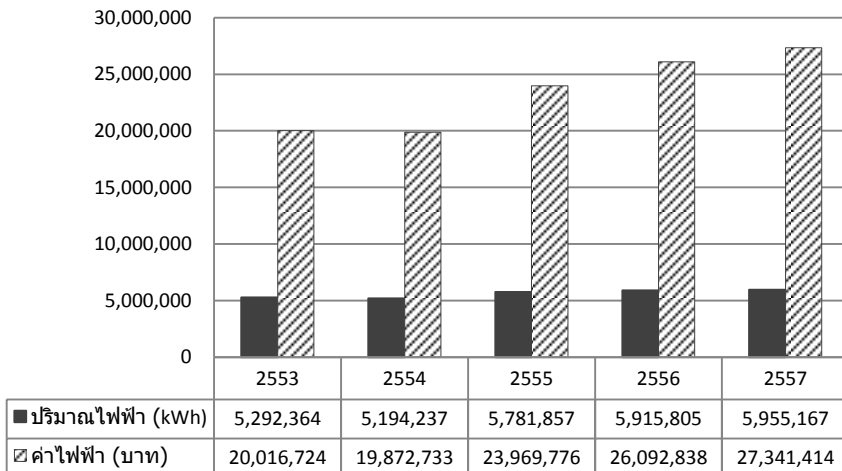
**Keywords:** Energy, environmental friendly, green assessment, lecture room

<sup>1</sup> อาจารย์ประจำ คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา  
E-mail : pattama\_rtn@hotmail.com

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์ประจำ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น E-mail : cyings@kku.ac.th

## บทนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีจังหวัดนครราชสีมาขนาดพื้นที่ประมาณ 330 ไร่ การใช้ประโยชน์พื้นที่ในมหาวิทยาลัยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ (1) เขตพื้นที่การศึกษา (ร้อยละ 53) (2) เขตพื้นที่สนับสนุนการศึกษา (ร้อยละ 26) และ (3) เขตพื้นที่พักอาศัย (ร้อยละ 18) พื้นที่อื่นๆ (ร้อยละ 3) มีพื้นที่อาคาร 61,080 ตารางเมตร เป็นพื้นที่ที่มีการปรับอากาศ 24,432 ตารางเมตรหรือประมาณร้อยละ 30 ของพื้นที่อาคารทั้งหมดและมีจำนวนผู้ใช้งานในมหาวิทยาลัยประมาณ 10,000 คน (มทร.อีสาน, 2558) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายไฟฟ้ารวมปี พ.ศ. 2553-2557 เนื่องจากกลุ่มอาคารเรียนในเขตการศึกษามีความหนาแน่น และมีการขยายตัวของอาคารในแนวสูงส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานในอาคารมากขึ้น เช่น มีการใช้พลังงานในระบบลิฟต์ขนส่ง ในกรณีที่มีห้องปฏิบัติการอยู่ส่วนชั้นบนของอาคารด้านสิ่งแวดล้อมในอาคาร (อภิรักษ์ สีม่วงงาม, 2559) ระบบจัดการขยะหรือของเสียมีน้อย อุปกรณ์ในระบบสุขภาพชำรุดเสียหาย หรือ ไม่มีระบบการบำบัดเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น



ภาพที่ 1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายไฟฟ้ารวม (ปี 2553-2557)

เกณฑ์ประเมินอาคารเขียวที่เกี่ยวข้องกับอาคารเรียน ที่มีในปัจจุบัน ได้แก่ 1. Green classroom program (ASU, 2016) 2. Green classroom professional certificate program handbook (USGBC, 2016) 3. คู่มือแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รุ่น NR-O 49.02 (อาคารสำนักงาน ทอสมุด) (กระทรวงพลังงาน, 2553) 4. เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวภาครัฐ (กรณีอาคารเดิม) (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) มีข้อจำกัดของการประเมินอาคาร และงบประมาณการปรับปรุงอาคารเรียนภาครัฐเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การประเมินอาคาร ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญของผู้ประเมิน ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลเพื่อดำเนินงานให้อาคารผ่านมาตรฐานตามที่เกณฑ์กำหนด และ การปรับปรุงอาคารเพื่อให้ดีขึ้น ปัจจัยด้านงบประมาณและการบริหารจัดการอาคาร ในช่วงเวลาที่มีการปรับปรุงอาคาร ดังนั้น ควรประเมินเฉพาะส่วนพื้นที่ใช้งานหรือ ขนาดพื้นที่เล็กลง เช่น ห้องบรรยาย ห้องปฏิบัติการ โรงฝึกและปฏิบัติงานเพื่อลดข้อจำกัดในด้านการใช้งานพื้นที่ และงบประมาณเพื่อปรับพื้นที่ทั้งอาคาร และ เมื่อพิจารณาจากกลุ่มอาคารเรียนที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงใน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (มทร.ธัญบุรี, 2557) แบ่งลักษณะการใช้งานห้องเรียนได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ ห้องเรียนรูปแบบห้องบรรยายและ ห้องปฏิบัติการ ปัญหาสำคัญที่พบในห้องเรียน คือ การออกแบบกรอบอาคารเพื่อการปรับอากาศโดยวิธีธรรมชาติ เช่น หน้าต่างบานเกล็ดถูกปรับการใช้งานเป็นพื้นที่ปรับอากาศ ส่งผลให้เกิดการรั่วไหลในระบบปรับอากาศ การใช้วัสดุประเภทกระจกใสในปริมาณมาก ส่งผลให้มีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของห้องเรียนต่ำ การออกแบบโครงสร้างหลังคาคอนกรีต มีผลกระทบต่อความร้อนของห้องเรียนส่วนชั้นบนสุดของอาคาร และ ปัญหารั่วซึม ส่งผลให้เกิดแหล่งความชื้น และมีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในห้องเรียน ความแตกต่างของขนาด และจำนวนเครื่องปรับอากาศ หรืออุปกรณ์ในระบบ ที่มีอายุการใช้งานมาก ส่งผลกระทบต่อภาระทำความเย็นในระบบปรับอากาศ วัสดุครุภัณฑ์ที่ไม่มีฉนวนกันความร้อน ส่งผลต่อสุขภาพผู้ใช้งานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาห้องเรียนรูปแบบห้องบรรยาย เนื่องจาก รูปแบบการใช้งาน ความถี่ จำนวนชั่วโมงการใช้งานที่สม่ำเสมอ ส่งผลให้การศึกษามีปัจจัยด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม และผู้ใช้งาน (Green factors) มีแนวโน้มหรือความเป็นไปได้ต่อการปรับใช้งานของห้องเรียนรูปแบบห้องบรรยาย

บทความนี้มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อกำหนดปัจจัย ในด้านพลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของห้องเรียนรูปแบบห้องบรรยาย (Green factors) จากเกณฑ์ประเมินอาคารด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม และใช้วิธีการสำรวจในอาคารตัวอย่างเพื่อคัดเลือก และเสนอแนวทางการจัดทำเครื่องมือประเมินห้องเรียนสีเขียว (green assessment for classroom) เพื่อใช้สำหรับการประเมินห้องเรียน รูปแบบห้องบรรยาย ให้เกิดการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

## วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาปัจจัยด้านพลังงานและความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของห้องเรียน มีดังนี้

1. การทบทวนวรรณกรรม เพื่อคัดเลือกเกณฑ์การประเมินที่เกี่ยวข้อง และนำหัวข้อการประเมิน ที่สามารถใช้ในการประเมินการใช้พลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในห้องเรียน
2. คัดเลือกปัจจัยที่ไม่นำมาศึกษา คือปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน และ สิ่งแวดล้อมในระดับอาคาร หรือ มหาวิทยาลัย ปัจจัยด้านลักษณะการใช้งานที่ไม่สัมพันธ์กับการออกแบบพื้นที่ใช้งาน และ ปัจจัยที่มีความซ้ำของข้อมูลในเกณฑ์ประเมินอาคารเขียว มีผลลัพธ์ หรือแนวทางการดำเนินการในลักษณะเดียวกัน
3. สำรวจปัจจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมในห้องเรียน (factor list) โดยการแบ่งหมวดปัจจัยตามวัตถุประสงค์การศึกษา และ วิธีการประเมิน กับห้องเรียนตัวอย่าง จำนวน 30 ห้อง ในกลุ่มอาคารที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง โดยวิธีการถ่ายภาพ การตรวจนับ การบันทึกข้อมูลการสำรวจ
4. สรุปผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม และผู้ใช้งานคือ ลักษณะปัญหาของปัจจัยด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม และผู้ใช้งาน ในพื้นที่ศึกษา ปัจจัยที่เพิ่มเข้าจากการสำรวจ และ แนวทางการจัดทำเครื่องมือประเมินห้องเรียนสีเขียว (green assessment for classroom)

## ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประเมิน (Evaluation) เป็นกระบวนการที่มีวัตถุประสงค์หลัก คือการตัดสินคุณค่าของสิ่งที่ประเมิน เพื่อไปสู่จุดมุ่งหมายของการพัฒนาในสถาบัน องค์กรและสังคม (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2554) เครื่องมือการประเมินทางสถาปัตยกรรม สามารถแบ่งประเภท ได้ดังนี้ (1) การแบ่งประเภทตามวิธีการสร้างหรือพัฒนาเครื่องมือ (ศิริชัย

กาญจนวาสี, 2554) มี 2 รูปแบบ คือ การพัฒนาจากการเปรียบเทียบผลระหว่างโครงการที่ได้ดำเนินงานมาแล้ว หรือ ค่าปกติ (Norm) และการพัฒนาจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ หรือการเป็นที่ยอมรับในทางวิชาชีพ (2) การแบ่งประเภทตามช่วงการประเมิน (วีระ สัจจกุล, 2544) มี 3 รูปแบบ คือ การประเมินก่อนการเข้าใช้อาคาร การประเมินหลังการเข้าใช้อาคาร และ การตรวจสอบอาคาร และ (3) การแบ่งประเภทตามวัตถุประสงค์ของการประเมิน (วีระ สัจจกุล, 2544) เช่น เครื่องมือการประเมินที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบทางสังคมหรือสิ่งแวดล้อม ข้อกำหนดหรือสมรรถนะของอาคาร ความพึงพอใจของผู้ใช้อาคาร เป็นต้น

จากการทบทวนเกณฑ์ประเมินอาคารภาครัฐ หรือสถาบันการศึกษา ที่มีการใช้งานในปัจจุบัน พบว่า (1) สัดส่วนของตัวแปร (%) ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอาจไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่หรือบริบทที่ตั้ง; (2) ค่าน้ำหนักคะแนนใช้เพื่อการจัดอันดับอาจไม่สอดคล้องกับลักษณะปัญหา หรือแนวทางการดำเนินงาน นโยบาย ในพื้นที่มหาวิทยาลัย และ (3) รูปแบบหรือวิธีการประเมิน เป็นการใช้งานในระดับอาคาร ยังไม่มีเครื่องมือที่ใช้ประเมินเฉพาะพื้นที่ใช้งาน หรือ ห้องเรียน เพื่อจ่ายต่อการลดงบประมาณ ระยะเวลา และข้อจำกัดในการปรับปรุง

เกณฑ์ประเมินที่ใช้ศึกษาในบทความนี้ ได้แก่ 1. Green classroom program (ASU, 2016) 2. Green classroom professional certificate program handbook (USGBC, 2016) 3. คู่มือแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รุ่น NR-O 49.02 (อาคารสำนักงาน หอสมุด) (กระทรวงพลังงาน, 2553) 4. เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวภาครัฐ (กรณีอาคารเดิม) (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) เนื่องจาก มีตัวชี้วัดตรงกับวัตถุประสงค์การศึกษาสามารถระบุการดำเนินการ หรือผลการดำเนินการ ในด้านการใช้พลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของห้องเรียนทั้งนี้ไม่รวมข้อกำหนด) กำหนดค่าน้ำหนัก และ ให้ค่าคะแนนของปัจจัย ในการประเมิน เนื่องจากเป็นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบในด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม เพื่อเสนอแนวทางการจัดทำเครื่องมือประเมินห้องเรียนสีเขียว

## การกำหนดปัจจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

การกำหนดปัจจัยในเครื่องมือประเมินอาคาร มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างเป้าหมายวัตถุประสงค์ และความต้องการของกลุ่มเป้าหมายหรือเจ้าของโครงการ และระบุลักษณะของทรัพยากร การดำเนินงาน หรือผลการดำเนินงาน ที่เหมาะสมตามระดับมาตรฐานที่กำหนด ตัวอย่างการกำหนดตัวชี้วัดในเครื่องมือประเมินอาคาร เช่นการศึกษาค่าดัชนีการใช้พลังงานของอาคารในเขตภูมิภาคร้อนชื้น (รวีช ครอบประเสริฐ, 2550) แนวทางการทำดัชนีเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสำหรับอาคารประเภทโรงแรม (อาภาภรณ์ ภักดีธรรม, 2540) เป็นต้น ตัวชี้วัด หรือปัจจัยควรเป็นค่าที่สังเกตได้ มีความเที่ยงตรง และ ความคลาดเคลื่อนต่ำ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2554) เนื่องจากส่งผลต่อการตัดสินใจ หรือ ประเมินผล หรือใช้เพื่อวิเคราะห์แนวทางการจัดการในด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม และผู้ใช้งานจากการใช้เครื่องมือประเมินอาคาร

กรอบแนวคิดการศึกษาปัจจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของห้องเรียน ไม่มีการเปรียบเทียบหรือแข่งขันระหว่างพื้นที่ประเมิน เนื่องจากเป็นการศึกษาเฉพาะตัวอย่าง กรอบแนวคิดการศึกษา คือ (1) การวิเคราะห์และกำหนดเงื่อนไขการคัดเลือกปัจจัยจากเกณฑ์ประเมินอาคารเขียว; (2) การสำรวจปัจจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมในห้องเรียน (Factor list) จากเกณฑ์ประเมินอาคารเขียว; (3) การวิเคราะห์และกำหนดปัจจัยด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม และผู้ใช้งาน และ (4) สรุปผลจากคัดเลือกปัจจัย เพื่อจัดทำเครื่องมือประเมินห้องเรียนสีเขียว (Green assessment for classroom)

## การวิเคราะห์และคัดเลือกปัจจัย

การวิเคราะห์และคัดเลือกปัจจัยจากเกณฑ์ประเมินอาคารเขียว จากเกณฑ์ 1. Green classroom program (ASU, 2016) 2. Green classroom professional certificate program handbook (USGBC, 2016) 3. คู่มือแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รุ่น NR-O 49.02 (อาคารสำนักงาน หอสมุด) (กระทรวงพลังงาน, 2553) และ 4. เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวภาครัฐ (กรณีอาคารเดิม) (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) มีข้อกำหนดการคัดเลือกกลุ่มปัจจัยในเกณฑ์เหล่านี้ที่ไม่นำมาศึกษา คือ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานและสิ่งแวดล้อม ในระดับอาคาร หรือ มหาวิทยาลัย และ ปัจจัยด้านลักษณะการใช้งาน ที่ไม่สัมพันธ์ต่อการประเมินห้องเรียน แสดงในตารางที่ 1

### ตารางที่ 1 หมวดปัจจัยที่ไม่นำมาศึกษา

เกณฑ์ตัวอย่าง	พลังงาน	สิ่งแวดล้อม	ผู้ใช้งาน
1. Green classroom program (ASU, 2016)			หมวด 3 การมีส่วนร่วม
2. Green classroom professional certificate program Handbook (USGBC, 2016)	หมวด 2 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ		
3. คู่มือแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รุ่น NR-O 49.02 (อาคารสำนักงาน หอสมุด) (กระทรวงพลังงาน, 2553)	หมวด 7 ระบบสุขาภิบาล หมวด 2 ผังบริเวณ	หมวด 1 สถานที่ตั้ง หมวด 8 วัสดุและการก่อสร้าง	
4. เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวภาครัฐ (กรณีอาคารเดิม) (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)	หมวด 3 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ หมวด 2 ผังบริเวณ	หมวด 2 ผังบริเวณและงานภูมิสถาปัตยกรรม	หมวด 1 การบริหารจัดการอาคาร หมวด 7 การอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

## การแบ่งกลุ่มปัจจัยจากเกณฑ์ประเมินอาคารเขียว

ผลการวิเคราะห์และคัดเลือกกลุ่มปัจจัยจากเกณฑ์ประเมินตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 2 พบว่า กลุ่มปัจจัยในเกณฑ์ประเมินอาคารเขียว แบ่งได้ 2 รูปแบบตามวิธีการประเมิน คือ 1. กลุ่มปัจจัยที่ใช้วิธีการประเมินอย่างง่าย (manual) เช่น การสังเกต การตรวจนับ หรือ ใช้เครื่องมือวัดค่า และอ่านผลข้อมูลอย่างง่าย เช่น สีผนังภายนอก การแยกโซนระบบปรับอากาศ เป็นต้น และ 2. วิธีการตรวจสอบ หรือใช้เครื่องมือวัดผล และอ่านข้อมูลเชิงลึก เช่น การจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือวิธีการวิจัย เช่น ค่าถ่ายเทความร้อนรวมของผนังภายนอกอาคาร มลพิษทางอากาศภายในห้องเรียน เป็นต้น

เมื่อพิจารณาการแบ่งกลุ่มปัจจัยในเกณฑ์ที่นำมาพิจารณา อาจแบ่งหมวดตัวแปรได้เป็น 3 ส่วนได้แก่ 1. ด้านการใช้พลังงาน การออกแบบและระบบและอุปกรณ์อาคารที่ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานในอาคาร 2. ด้านสิ่งแวดล้อม หมายถึง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรหรือลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของห้องเรียน และ 3. ด้านผู้ใช้งาน หมายถึง การกำหนดแผน นโยบาย และ การออกแบบพื้นที่ห้องเรียน ที่ส่งผลต่อลักษณะการใช้งาน

ตารางที่ 2 เกณฑ์ที่เกี่ยวข้องสำหรับประเมินห้องเรียน

พลังงาน		สิ่งแวดล้อม	ผู้ใช้งาน
โครงสร้าง วัสดุ	ระบบและอุปกรณ์อาคาร		
<b>1. วิธีการประเมิน และวัดผลอย่างง่าย</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- สีผิวผนังภายนอกเป็นสีโทนอ่อน<sup>3</sup></li> <li>- ขนาดช่องแสงระนาบเดียวกับหลังคา หรือ ระนาบแนวดิ่งของพื้นที่ใช้สอยใต้หลังคา<sup>3</sup></li> <li>- ใช้หน้าต่างกระจก 2 ชั้น หรือ กระจก Low-e<sup>3</sup></li> <li>- อัตราส่วนพื้นที่หน้าต่างต่อพื้นที่ผนัง (WVVR)<sup>3</sup></li> <li>- การแยกโซนระบบปรับอากาศ (แบบโซนย่อย หรือตามทิศ) และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง<sup>3</sup></li> <li>- การแยกระบบไฟฟ้าแสงสว่างระหว่างพื้นที่ทำงานและพื้นที่ทั่วไป<sup>3</sup></li> <li>- การแยกโซนระบบปรับอากาศ (แบบโซนย่อย หรือตามทิศ) และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง<sup>4</sup></li> <li>- ค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์<sup>4</sup></li> <li>- การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคาร<sup>4</sup></li> <li>- ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุปิดผิว หรือตกแต่งผิวภายนอกอาคาร<sup>4</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การใช้บัลลาสต์ประสิทธิภาพสูง เพื่อลดการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง<sup>2</sup></li> <li>- ประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องปรับอากาศ<sup>3</sup></li> <li>- แยกการเปิดปิดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นพื้นที่ย่อย<sup>3</sup></li> <li>- มีอุปกรณ์ควบคุมระบบแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงาน<sup>3</sup></li> <li>- แยกสวิตช์ควบคุมแสงประดิษฐ์ ในพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ<sup>3</sup></li> <li>- มีระบบควบคุมระดับแสงประดิษฐ์แบบอัตโนมัติ<sup>3</sup></li> <li>- มีอุปกรณ์ตรวจวัดแสงธรรมชาติ<sup>3</sup></li> <li>- ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ และกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง<sup>4</sup></li> <li>- ค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์<sup>4</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ลดการใช้ทรัพยากรในห้องเรียน โดยการใช้ซ้ำ หรือนำกลับมาใช้ใหม่<sup>1</sup></li> <li>- การใช้ไฟล่อเล็กทรอนิกส์ในกิจกรรมการเรียน<sup>1</sup></li> <li>- การคัดแยกขยะรีไซเคิลในห้องเรียน<sup>1</sup></li> <li>- การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์สีเขียวในห้องเรียน<sup>1</sup></li> <li>- การเลือกใช้ผลิตภัณฑ์สีเขียวในห้องเรียน<sup>1</sup></li> <li>- การใช้ผลิตภัณฑ์สีเขียว, สารประกอบอินทรีย์ระเหยต่ำ<sup>2</sup></li> <li>- ลดการใช้ทรัพยากร กระดาษ และ พลาสติก<sup>2</sup></li> <li>- การใช้วัสดุและครุภัณฑ์ที่มีมลพิษน้อย<sup>4</sup></li> <li>- การใช้สารทำความสะอาดที่ส่งผลต่อสภาวะเรือนกระจกน้อย<sup>4</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การใช้แสงธรรมชาติ<sup>1</sup></li> <li>- การเปิดหรือไม่ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า<sup>1</sup></li> <li>- การปรับอุณหภูมิที่เหมาะสม<sup>1</sup></li> <li>- กิจกรรมการเรียน ที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศในห้องเรียน<sup>2</sup></li> <li>- ส่งเสริมการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ<sup>2</sup></li> <li>- รายงานแหล่งกำเนิด และ กิจกรรม ที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศ (แหล่งความชื้น และการรั่วไหล)<sup>2</sup></li> <li>- การใช้แสงธรรมชาติ<sup>2</sup></li> <li>- การเปิดหรือไม่ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า<sup>2</sup></li> <li>- การปรับอุณหภูมิที่เหมาะสม<sup>2</sup></li> <li>- ผลกระทบทางเสียงที่มีผลต่อการเรียน<sup>2</sup></li> <li>- ทราบรหัสสีของเคมีภัณฑ์<sup>2</sup></li> <li>- พื้นที่หลักที่มีการใช้แสงธรรมชาติ<sup>3</sup></li> <li>- พื้นที่รองที่มีการใช้แสงธรรมชาติ<sup>3</sup></li> <li>- บุคลากรหรือผู้รับผิดชอบด้านการอนุรักษ์พลังงานของอาคาร<sup>4</sup></li> <li>- การจัดทำแผนการอนุรักษ์พลังงานของอาคาร<sup>4</sup></li> <li>- การตรวจสอบปริมาณการใช้พลังงาน<sup>4</sup></li> </ul>

ตารางที่ 2 เกณฑ์ที่เกี่ยวข้องสำหรับประเมินห้องเรียน (ต่อ)

พลังงาน		สิ่งแวดล้อม	ผู้ใช้งาน
โครงสร้าง วัสดุ	ระบบและอุปกรณ์อาคาร		
<b>2. วิธีการประเมิน และวัดผลเชิงลึก</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ระบุแนวทางในการลดการใช้แสงประดิษฐ์จากทิศทางการบังแดด และการปรับช่องเปิด<sup>2</sup></li> <li>- ระบุแนวทางการใช้แสงธรรมชาติ ที่สัมพันธ์กับสภาวะนำสบายของผู้ใช้งานในห้องเรียน<sup>2</sup></li> <li>- วิธีลดเสียงรบกวนในห้องเรียน (การใช้วัสดุดูดซับเสียง หรือกรณีห้องเรียนแบบ Open plan)<sup>2</sup></li> <li>- การป้องกันความร้อนจากหลังคา<sup>3</sup></li> <li>- การป้องกันความร้อนจากผนังและหน้าต่างภายนอก<sup>3</sup></li> <li>- ค่าถ่ายเทความร้อนรวมของผนังภายนอกอาคาร<sup>3</sup></li> <li>- ค่าการรั่วซึมอากาศ ที่บ้านกรอบหน้าต่างและประตู<sup>3</sup></li> <li>- ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังภายใน ระหว่างส่วนปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ<sup>3</sup></li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ระบุกิจกรรมของห้องเรียน ที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศภายในอาคาร<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ระบุเครื่องมือ เพื่อช่วยการประเมินการใช้พลังงาน<sup>2</sup></li> <li>- การจัดทำคู่มือการใช้งานอาคาร เพื่อการประหยัดพลังงาน และรักษาสีสิ่งแวดล้อม<sup>3</sup></li> <li>- การจัดการด้านการใช้พลังงานของอาคารตามค่ามาตรฐาน<sup>4</sup></li> </ul>

หมายเหตุ หัวข้อประเมินที่นำมาจากเกณฑ์

1 Green classroom program (ASU, 2016)/ 2 Green classroom professional certificate Program handbook (USGBC, 2016)/ 3 คู่มือแบบประเมินอาคารฯ (กระทรวงพลังงาน, 2553) และ 4 เกณฑ์การประเมินอาคารฯ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

### การวิเคราะห์และคัดเลือกปัจจัย (Analysis and selecting factors) จากการสำรวจอาคารตัวอย่าง

การสำรวจปัจจัยด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม และ ผู้ใช้งานของห้องเรียน มีขอบเขตการคัดเลือกตัวอย่าง คือ ห้องเรียนรูปแบบห้องบรรยาย (พื้นที่ปรับอากาศ) ในภาพที่ 3 ห้องเรียนในอาคารตัวอย่าง คือ ห้องเรียนขนาด 30 ที่นั่ง ห้องเรียนขนาด 50-60 ที่นั่ง และห้องเรียนขนาด 90-120 ที่นั่ง โดยวิธีการคัดเลือกห้องเรียนแบบสุ่มตัวอย่างตามวัตถุประสงค์การศึกษา โดยเลือกตัวอย่างห้องเรียน 30 ห้อง จากอาคารเรียนที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ตัวอย่างผังการใช้พื้นที่ห้องแสดงในภาพที่ 4 การสำรวจห้องเรียนบันทึกข้อมูล ดังนี้ (1) โครงสร้าง วัสดุอาคารเดิม ระบบและอุปกรณ์อาคาร (2) การใช้ทรัพยากรหรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของห้องเรียน และ (3) การออกแบบพื้นที่ห้องเรียนที่ส่งผลกระทบต่อ ผู้ใช้งาน และ ลักษณะการใช้งาน



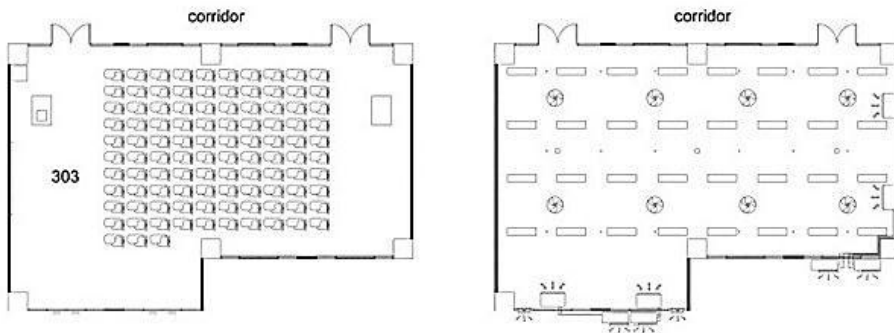


(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 3 แสดงอาคารตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา: (ก) อาคาร 1 และ (ข) อาคาร 34 และ (ค) อาคาร 36



(ก)

(ข)

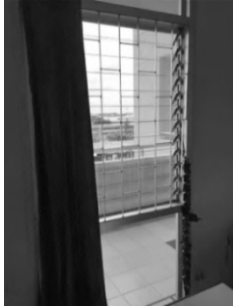
ภาพที่ 4 ตัวอย่างผังพื้นที่ห้องเรียนขนาด 100 ที่นั่ง: (ก) การจัดผังเฟอร์นิเจอร์ และ (ข) การจัดผังดวงโคม

ผลจากการสำรวจพบว่า ลักษณะปัญหาของปัจจัยหมวดพลังงาน เช่น ผนัง หรือช่องเปิด ผนังหน้าต่าง บานเกล็ด ส่งผลกระทบต่ออัตราการรั่วซึมที่กรอบบานประตู หน้าต่าง ในภาพที่ 5 วัสดุอาคารเดิม เช่น กระจกใส มีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนต่ำ ส่งผลกระทบต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ในภาพที่ 6 การปรับพื้นที่ใช้งาน โดยการต่อเติมโครงสร้างผนังเบา ที่ไม่มีการป้องกันเสียง ส่งผลต่อการเกิดเสียงรบกวนในห้องเรียนที่มีตำแหน่งชิดกันแสดงในภาพที่ 7 พื้นที่ใช้งานไม่มีการควบคุมแสงประดิษฐ์ หรือ แสงธรรมชาติเฉพาะจุด หรืออุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติ ในพื้นที่ ลักษณะปัญหาของปัจจัยหมวดสิ่งแวดล้อมเช่นตัวอย่างวัสดุ วัสดุภัณฑ์ที่ใช้งาน ไม่พบผลิตภัณฑ์สีเขียว หรือ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในภาพที่ 8 - 9 ตัวอย่างพื้นที่ใช้งานเครื่องปรับอากาศ ที่ไม่มีฉลากประหยัดพลังงาน หรือ ฉลากประสิทธิภาพสูงในภาพที่ 10 ตัวอย่างในภาพที่ 11 แสดง วัสดุภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ที่หมดอายุ หรือเสื่อมสภาพการใช้งาน เช่น จอมอนิเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะภายในห้องเรียน

ลักษณะปัญหาของปัจจัยหมวดผู้ใช้งาน เช่น ไม่มีการจัดทำแผนซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขาดการดำเนินงานที่ต่อเนื่อง ลักษณะช่องเปิดที่ใช้วัสดุกระจกใส มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนต่ำ มีผลให้ห้องเรียนใช้ม่านบังแดดในสัดส่วนที่มาก และไม่สามารถใช้แสงธรรมชาติจากภายนอกได้ ม่านบังแดด แบบปรับองศาได้ ไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากตำแหน่งติดตั้งชิดโถงทางเดินภายนอก หรือ พื้นที่เปิดโล่งกลางอาคาร



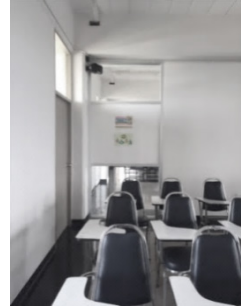
การจัดพื้นที่ใช้งานห้องเรียน ส่งผลต่อภาระทำความเย็นของระบบปรับอากาศ และระยะการจัดพื้นที่ใช้งานห้องเรียน ส่งผลต่อการได้ยิน มองเห็นของผู้ใช้งาน ในภาพที่ 12-16



ภาพที่ 5 ตัวอย่างผนัง หรือช่องเปิดที่ส่งผลต่ออัตราการรั่วซึม ของพื้นที่ปรับอากาศ



ภาพที่ 6 ตัวอย่าง วัสดุอาคารเดิม ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน



ภาพที่ 7 ตัวอย่าง โครงสร้างผนัง ที่ส่งผลต่อการเกิดเสียงรบกวนในห้องเรียน



ภาพที่ 8 พื้นที่ใช้งานไม่มีการควบคุมแสงประดิษฐ์ หรือแสงธรรมชาติเฉพาะจุด



ภาพที่ 9 ตัวอย่าง วัสดุครุภัณฑ์ ไม่มีฉลากสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 10 ตัวอย่าง วัสดุครุภัณฑ์ ไม่มีฉลากประหยัดพลังงาน หรือฉลากประสิทธิภาพสูง



ภาพที่ 11 ตัวอย่าง ครุภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดอายุการใช้งานในห้องเรียน

ประเภทอาคาร	ชื่ออุปกรณ์	ปีงบประมาณ						
		2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567
อาคารเรียน	สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา	✓						
	สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา	✓						
อาคารเรียน	สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา	✓						
	สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา	✓						
อาคารเรียน	สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา	✓						
	สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา	✓						

ภาพที่ 12 ตัวอย่างแผนซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศที่ไม่เป็นปัจจุบัน



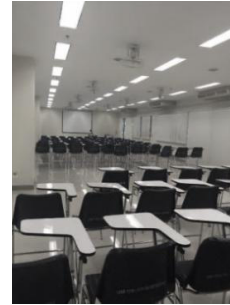
ภาพที่ 13 ตัวอย่างพื้นที่ห้องเรียนที่ไม่สามารถใช้แสงธรรมชาติจากภายนอกได้



ภาพที่ 14 ตัวอย่างมาบั้งแดดแบบปรับแสงได้ ที่ติดกับพื้นที่โถงทางเดินอาคาร



ภาพที่ 15 ตัวอย่างมาบั้งแดดแบบปรับแสงได้ ที่ติดกับพื้นที่โถงทางเดินอาคาร



ภาพที่ 16 ตัวอย่างการจัดพื้นที่ใช้งานห้องเรียน ที่ส่งผลต่อการได้ยิน และการมองเห็นของผู้ใช้งาน

### ปัจจัยที่พบจากการสำรวจ

การสำรวจห้องเรียนตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด เนื่องจากรูปร่างและขนาดพื้นที่ห้องเล็ก ส่งผลให้การแบ่งโซนพื้นที่ใช้งาน หรือการควบคุมการทำงาน ของระบบและอุปกรณ์อาคารแบบแยกโซนได้ง่าย กรณีห้องเรียนที่มีพื้นที่นั่งแบบชั้นบันได หรือ การจัดผังเฟอร์นิเจอร์แบบยึดหยุ่น ส่งผลให้รูปร่างห้อง มีความสูง หรือปริมาตรที่เพิ่มขึ้น ปัจจัยที่เพิ่มเข้าจากเกณฑ์ตัวอย่าง ได้แก่ การป้องกันและการควบคุมเสียงในห้องเรียน ปัจจัยในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ ได้แก่ การใช้สารทำความเย็นที่ส่งผลต่อสภาวะเรือนกระจกน้อย การตรวจจับการรั่วไหลของสารทำความเย็น ตำแหน่งช่องนำอากาศเข้าอาคารไม่อยู่ในตำแหน่งที่มีมลพิษและแหล่งความร้อน และ ปัจจัยที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ตัวอย่าง ได้แก่ ระบบความปลอดภัยในอาคาร เช่น การติดตั้งอุปกรณ์หัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ถึงดับเพลิงมือถือ และป้ายสัญลักษณ์บอกเส้นทางหนีไฟ

### ผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การกำหนดปัจจัยอาคารเขียว (Green factors) เพื่อจัดทำเครื่องมือประเมินห้องเรียนสีเขียว เพื่อการปรับปรุงห้องเรียนเดิม ให้เกิดการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น แบ่งกลุ่มด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม และ ผู้ใช้งาน ได้เป็น 2 ลักษณะ ตามแนวทางการปรับปรุง คือ ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การปรับเปลี่ยนระบบ และอุปกรณ์อาคาร การปรับปรุงพื้นที่ลักษณะใช้งาน เช่น เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง การลดการใช้แสงประดิษฐ์จากทิศทางการบังแดด การใช้แสงธรรมชาติ การแยกโซนระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การใช้สารทำความเย็นที่ส่งผลต่อสภาวะเรือนกระจกน้อย เป็นต้น และ ปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือวัสดุห้องเรียนเดิม เช่น การใช้กระจก 2 ชั้น หรือ กระจก Low-e การใช้วัสดุดูดซับเสียง การรั่วซึมอากาศที่บานกรอบหน้าต่างและประตู การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังภายใน ระหว่างส่วนปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ เป็นต้น

การศึกษาเพิ่มเพื่อกำหนดลักษณะการประเมินและค่าน้ำหนักของตัวแปรที่ได้ ทำได้โดยเพิ่มจำนวนตัวอย่าง การศึกษาเพื่อการตรวจสอบการใช้งาน และข้อจำกัดของรายการปัจจัยที่กำหนด และ การวิเคราะห์ข้อกำหนด การกำหนดค่าน้ำหนักคะแนนของปัจจัย เพื่อจัดทำเครื่องมือประเมินห้องเรียนสีเขียวเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ประเมินห้องเรียนรูปแบบห้องบรรยาย ให้เกิดการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับพื้นที่เล็กในอาคาร

## เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพลังงาน. (2553). คู่มือแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รุ่น NR-O 49.02 กรุงเทพฯ : สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.
- คณะกรรมการดำเนินงานด้านพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. (2557). ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า (ประจำปี 2553-2557) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา.
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. (2558). โครงการการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่และการลดน้ำสูญเสียในระบบท่อจ่ายน้ำประปา ศูนย์กลางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
- วีระ สัจกุล. (2544) การประเมินสภาพแวดล้อมอาคาร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2554) ทฤษฎีการประเมิน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกณฑ์ประเมินอาคารเขียวภาครัฐ (กรณีอาคารเดิม) (กรมควบคุมมลพิษ, 2554). ค้นข้อมูล 1 มิถุนายน 2559 จาก[http://www.onep.go.th/library/index.php?option=com\\_abook&view=book&catid=185&id=2531%3A-&Itemid=16](http://www.onep.go.th/library/index.php?option=com_abook&view=book&catid=185&id=2531%3A-&Itemid=16)
- Green classroom. (ASU, 2016). ค้นข้อมูล 1 มิถุนายน 2559 จาก<https://sustainability.asu.edu/docs/gios/green-classroom/green-classroom-checklist.pdf>
- Green Classroom Professional Certificate Program Handbook. (USGBC, 2016). ค้นข้อมูล 1 มิถุนายน 2559 จาก<http://www.usgbc.org/resources/green-classroom-professional-certificate-program-handbook>

