บทที่ 1
บทนำ

การให้ความสว่างแก่อาคารโดยใช้แสงธรรมชาตินั้น ในปัจจุบันมีผู้ให้ความสนใจและนำมาใช้ในงานสถาปัตยกรรมกันมากขึ้น เนื่องจากแสงธรรมชาติเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพในการส่องสว่างสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดแสงแหล่งอื่นๆที่ให้ค่าการส่องสว่างที่เท่ากันแสงธรรมชาติก่อให้เกิดความร้อนน้อยที่สุด และเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายแต่อย่างไร โดยเฉพาะการให้ความสว่างภายในอาคารขนาดใหญ่ที่มีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ทดแทนแสงประดิษฐ์ในเวลากลางวัน จะสามารถช่วยลดทั้งค่าใช้จ่ายเบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนดวงโคมและค่าใช้จ่ายอันเนื่องจากการใช้พลังงานในการให้ความสว่างแก่อาคารลงได้

แม้ผู้ออกแบบจะตระหนักดีถึงประโยชน์ที่ได้รับแต่การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารก็ยังคงเป็นปัญหาสำหรับผู้ออกแบบในการที่จะควบคุมปริมาณ ทิศทาง ตลอดจนการกระจายแสงให้เป็นไปตามความต้องการได้ และในบางกรณีอาจมีผลกระทบของการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์(Direct Sun)เข้ามาเกี่ยวข้องภายในอาคารด้วย ซึ่งการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์นี้สามารถแยกพิจารณาเป็น2กรณีคือ

1. ในแง่ของพลังงาน ในรูปของDirect Radiation การแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ในรูปของรังสีคลื่นสั้น เมื่อผ่านเข้าสู่ภายในอาคารกระทบวัตถุจะเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาว มีการคายพลังงานออกมาในรูปของความร้อน ซึ่งจะสะสมอยู่ในอาคารนั่นเอง

2. ในแง่ของค่าความสว่างในรูปของDirect Illumination ซึ่งมีความเข้มของการส่องสว่างสูงเกินกว่าความต้องการใช้งานภายในอาคาร เป็นการรบกวนสายตาของผู้ใช้อาคาร ก่อให้เกิดปัญหาการปรับสายตา(Eye Adaptation)

ทั้งDirect Radiation และ Direct Illumination ต่างก็เป็นสิ่งที่ผู้ใช้อาคารไม่ต้องการ การออกแบบอาคารที่มีการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารที่ถือว่าประสบความสำเร็จคือ การนำDiffused Illumination เข้ามาใช้ในอาคารโดยมีปริมาณการส่องสว่างเพียงพอแก่การใช้งานและควบคุมปัจจัยทั้ง2 อันได้แก่Direct Radiation และ Direct Illuminationไม่ให้เข้าสู่ในอาคารได้

การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารเรียนเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบอาคารส่วนใหญ่ไม่ได้ให้ความสนใจ หน้าต่างเป็นเพียงช่องทางของventilation หรือเป็นเพียงช่องมองทัศนียภาพภาย

นอกเท่านั้น และในกรณีของอาคารที่มีการปรับอากาศ ประโยชน์ของหน้าต่างกลับจะลดน้อยลงไปอีก การออกแบบดวงโคมที่ให้ความสว่างภายในอาคารก็ไม่ได้พิจารณาถึงความสัมพันธ์กับปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามา ทำให้แสงธรรมชาติที่เข้ามาในอาคารก็ดูเสมือนเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็น และเพราะการออกแบบที่ไม่มีการควบคุมปริมาณ ทิศทาง และการกระจายแสง ทำให้ทั้ง Direct Radiation และ Direct Illumination เข้าสู่อาคาร เป็นการรบกวนภาวะสุขสบายของผู้ใช้อาคารทั้งด้านThermal Comfortและ Visual Comfort ในกรณีของอาคารที่มีการปรับอากาศก็เป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็นของอาคาร เมื่อมองในภาพรวมการให้ความสว่างแก่อาคารโดยไม่ได้คำนึงถึงแสงธรรมชาติ และภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นจากช่องเปิดที่ไม่มีการควบคุมการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ก็คือการใช้พลังงานที่สูงขึ้นโดยไม่จำเป็น

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การใช้แสงธรรมชาติในการให้ความสว่างแก่อาคาร มีข้อดีคือ สามารถประหยัดพลังงานที่ใช้ให้ความสว่างแก่อาคารจากแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ลงได้ แต่ก็มีข้อเสียคือปริมาณความเข้มของแสงในแต่ละเวลา แต่ละวันมีค่าไม่คงที่ เป็นการยากที่จะควบคุมปริมาณ ทิศทางและการกระจายแสงให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ อีกทั้งยังทำให้ความร้อนส่วนหนึ่งซึ่งเกิดจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านกระจกสะสมอยู่ภายในอาคารอีกด้วย โดยเฉพาะในอาคารที่มีระบบปรับอากาศ จะมีผลทำให้ภาระการทำความเย็นแก่อาคารเพิ่มมากขึ้น จึงเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานในการปรับอากาศให้แก่อาคาร ที่จะต้องจะใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในการขจัดความร้อนส่วนนี้ออกไป

ส่วนการใช้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์แต่เพียงอย่างเดียวในการให้ความสว่างแก่อาคารก็เป็นการใช้พลังงานอย่างไม่คุ้มค่า สิ้นเปลืองทั้งพลังงานและค่าติดตั้งดวงโคมที่เพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็น

ดังนั้น การพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณแสงธรรมชาติ และปริมาณแสงประดิษฐ์ที่เหมาะสมในการให้ความสว่างแก่อาคารอย่างเพียงพอและมีผลต่อภาระในการทำความเย็นแก่อาคารน้อยที่สุด จะทำให้สามารถลดจำนวนดวงโคมที่ใช้ในอาคาร ลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการให้ความสว่างแก่อาคาร และในขณะเดียวกันก็สามารถลดพลังงานส่วนที่สิ้นเปลืองจากภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นได้อีกด้วย

การเลือกทำการศึกษาถึงการออกแบบช่องเปิดและอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียน เนื่องจาก

1. เป็นห้องที่ส่วนใหญ่มีขนาดมาตรฐาน มีความกว้าง ยาว สูง แน่นอน ผลการวิจัยที่ได้จึงสามารถนำไปใช้ เป็นประโยชน์ได้

2. เป็นห้องที่มีการรับแสงธรรมชาติจากช่องเปิดทางด้านข้างเพียงด้านเดียว และลักษณะการใช้งาน ต้องการการกระจายแสงอย่างสม่ำเสมอ จึงเป็นการสะดวกในการศึกษาวิจัย

3. เป็นการใช้งานเฉพาะในเวลากลางวันซึ่งมีแสงธรรมชาติส่องสว่างอยู่แล้ว หากสามารถออกแบบให้มีการนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็แทบจะไม่ต้องพึ่งพาแสงประดิษฐ์ในการให้ความสว่างแก่อาคารเลย

ดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น ในอาคารเรียนโดยทั่วไป เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการรับแสงธรรมชาติจะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่จะเป็นห้องที่มีการรับแสงจากด้านข้าง และเป็นการรับแสงเพียงด้านเดียว ซึ่งทิศทางของช่องเปิดจะมีผลต่อปริมาณแสงและความร้อนที่จะเข้ามาในห้องเรียนแตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ หากไม่มีการควบคุมปริมาณและทิศทางของแสงจากภายนอกที่เข้ามา อาจก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับ

1. ความไม่สม่ำเสมอในการกระจายแสง

2. ปริมาณแสงที่ตกกระทบ ณ.ตำแหน่งพื้นที่ใช้งาน อาจมาก หรือน้อยเกินไป

3. การเกิดแสงจ้า(Glare) และBrightness Ratioที่แตกต่างกันมากทำให้เกิดปัญหาการปรับสายตาของผู้ใช้อาคาร(Eye Adaptation)

4. ความร้อนที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคาร ทั้งจากการถ่ายเทความร้อนและจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์

ในการควบคุมปริมาณแสงที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคาร จึงขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- ตำแหน่ง ขนาด ทิศทาง และลักษณะของช่องเปิด
- ความสามารถในการบังแดดของอุปกรณ์บังแดด(Shading Device)
- ค่า SC(Shading Coefficient)ของกระจก
- ทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์
- สิ่งแวดล้อมภายนอก สภาพท้องฟ้า และค่าการสะท้อนจากพื้นดิน

- ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในอาคาร

ถึงแม้ว่าแสงธรรมชาติจะเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ในปริมาณการส่องสว่างที่เท่ากัน แสงธรรมชาติก่อให้เกิดความร้อนน้อยกว่า และยังเป็นแหล่งพลังงานที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย แต่การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ให้ความสว่างแก่อาคารทั้งหมด โดยไม่มีการใช้แสงประดิษฐ์เลย เป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยากมาก เพราะในแต่ละเวลา แต่ละวัน ฤดูกาล ตลอดจนสภาพท้องฟ้าที่แตกต่างมีผลให้ค่าการส่องสว่างภายในอาคารมีค่าแตกต่างกัน และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ในบางเวลาค่าการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติอาจอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการใช้งาน ในบางครั้งอาจน้อยเกินไปไม่เพียงพอ ต้องมีการใช้แสงประดิษฐ์เข้าช่วย ในบางเวลาอาจมากเกินความต้องการและก่อให้เกิดความร้อนสะสมในอาคารอีกด้วย

ดังนั้นในการศึกษาหารูปแบบที่เหมาะสมในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารให้มากที่สุดและอย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่มีการใช้พลังงานในส่วนของแสงประดิษฐ์ และภาระการทำความเย็นที่น้อยที่สุด ก็จะเป็นการลดการใช้พลังงานโดยรวมภายในอาคารลงได้

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อให้สามารถออกแบบอุปกรณ์บังแดดสำหรับช่องเปิดมาตรฐานของอาคารเรียนให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในการให้ความสว่างแก่อาคาร

2. เพื่อให้สามารถออกแบบอุปกรณ์บังแดดสำหรับอาคารเรียน ที่ก่อให้เกิดการใช้พลังงานภายในอาคารได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งในส่วนของการให้ความสว่างแก่อาคาร และภาระการทำความเย็น

3. เพื่อหารูปแบบของอุปกรณ์บังแดด(Shading Devices)ที่เหมาะสมสำหรับช่องเปิดในทิศทางต่างๆของอาคารเรียน

4. เพื่อให้สามารถประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า รายจ่ายในส่วนนี้ และจุดคุ้มทุนสำหรับอาคารเรียนที่มีการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ให้ความสว่างแก่อาคาร

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.ในงานวิจัยนี้ได้การศึกษาโดยกำหนดให้เป็นอาคารเรียนที่ตั้งอยู่ในเขตละติจูดที่ 14 °N ทำการศึกษาเฉพาะลักษณะการส่องสว่าง และปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียน ที่มี

การปรับอากาศโดยกำหนดให้เวลาใช้งานอยู่ระหว่าง 8.00 - 16.00 น. ในวันที่มีการเรียนการสอน(กำหนด= 6วัน / สัปดาห์)

2. ลักษณะการนำแสงธรรมชาติจากภายนอกเข้ามาให้ความสว่างภายในห้องเรียน ได้มีการพิจารณาช่องเปิดที่หันไปในทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก ว่าช่องเปิดที่หันหน้าไปแต่ละทิศการกันแดดด้วยอุปกรณ์บังแดดรูปแบบใด มีความเหมาะสมที่สุด

3. จากข้อ 2. มีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

3.1 สามารถป้องกันการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ที่จะเข้าสู่อาคารได้

3.2 รูปแบบช่องเปิด และอุปกรณ์บังแดด ที่ให้ปริมาณการส่องสว่างที่พอเพียง ณ.ตำแหน่งพื้นที่ใช้งาน(Working Plane)

3.3 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของแสงประดิษฐ์เพิ่มเติม ในตำแหน่งที่ปริมาณการส่องสว่างไม่เพียงพอ และพลังงานไฟฟ้าในส่วนของภาระการทำความเย็นในอาคาร ทั้งจากการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกผ่านกรอบของอาคาร และจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์

4. ใช้เกณฑ์ในการพิจารณาในข้อ 3. หาผลสรุปของรูปแบบอุปกรณ์บังแดดที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้กับอาคารเรียน โดยแยกเป็นอาคารเรียนที่หันช่องเปิดไปในทางทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตกตามลำดับ

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งออกเป็นขั้นตอนหลักดังนี้

1. ศึกษาถึงรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันว่ามีรูปแบบใดบ้าง แล้วแยกประเภทเป็นกลุ่มอย่างมีหลักเกณฑ์ นำมาจัดเป็นรูปแบบมาตรฐานเพื่อความสะดวกสำหรับควบคุมตัวแปรในงานวิจัย

2. การศึกษาลักษณะการส่องสว่างจากหุ่นจำลอง

2.1 ในงานวิจัยนี้จะใช้หุ่นจำลองอาคารเรียน เพื่อทำการวัดลักษณะการกระจายแสงภายในหุ่นจำลอง โดยทำการจำลองตำแหน่งของดวงอาทิตย์ภายในSkydome ในวัน เวลาที่ต้องการ

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ในการกำหนดหุ่นจำลองลักษณะต่างๆนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบว่า

2.2.1 อุปกรณ์บังแดดรูปแบบใดที่สามารถป้องกันการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ได้ดีที่สุด ให้ลักษณะการกระจายแสงภายในห้องเรียนมีความสม่ำเสมอมากที่สุด ซึ่งเป็นลักษณะที่เหมาะสมสำหรับการทำงาน โดยที่มีการกำหนด ความกว้าง ความยาว และความสูงจากพื้นถึงเพดานตามมาตรฐานของห้องเรียน

2.2.2 อุปกรณ์บังแดดรูปแบบใดที่ทำให้ค่าความสว่างภายในอาคารอยู่ในระดับเพียงพอ หรือใกล้เคียงกับการใช้งานในอาคารเรียนมากที่สุด

2.3 การวัดปริมาณการส่องสว่างจากหุ่นจำลอง

2.3.1 ใช้เครื่องมือวัดค่าความส่องสว่าง(Light Meter) วัดปริมาณการส่องสว่างภายในSky Dome บันทึกปริมาณการส่องสว่างภายในSky Dome โดยจำลองการโคจรของดวงอาทิตย์ตามวันเวลาต่างๆ ดังนี้ 21 มีนาคม และ 24 กันยายน, 22 มิถุนายน, 22 ธันวาคม เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00

2.3.2 วัดค่าการส่องสว่างภายในหุ่นจำลองด้วยLight Meter เช่นเดียวกัน โดยเริ่มวัดจากระยะ 0.75, 2.25, 3.75, 5.25, 6.75 และ 8.25เมตรจากช่องเปิด(คือวัดทุกระยะห่าง1.5เมตร) ที่ระดับความสูงใช้งาน คือความสูงของโต๊ะทำงานมาตรฐาน0.75เมตร ทำการทดสอบกับหุ่นจำลองที่มีอุปกรณ์บังแดดรูปแบบต่างๆ โดยจำลองให้มีช่องเปิดอยู่ทางทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก ตะวันตก บันทึกข้อมูลในรูปของ Internal Illumination in Model[Footcandles]

2.3.3 นำข้อมูลที่วัดได้จากหุ่นจำลองแต่ละรูปแบบตามวิธีการในข้อ 2.3.2 มาเปรียบเทียบว่าช่องเปิดรูปแบบใดที่ให้ลักษณะการกระจายแสงภายในหุ่นจำลอง (Daylight Distribution) ณ.ตำแหน่งพื้นที่ใช้งานมีความสม่ำเสมอ(Uniform)ที่สุด

2.3.4 นำผลจากการทดลองที่ได้ มาคำนวณหาค่าDaylight Factor ในแต่ละจุด เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ในสภาพท้องฟ้าจริงในขั้นตอนต่อไป

3. การวิเคราะห์จากการคำนวณ

3.1 นำข้อมูล ปริมาณการส่องสว่างจากสภาพท้องฟ้าจริง มาใช้ประกอบกับค่า Daylight Factor ที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองในขั้นตอน2.3.4 ทำให้เราได้การส่องสว่างภายใน

อาคารจริง ที่มีช่องเปิดและอุปกรณ์บังแดดแต่ละรูปแบบ เพื่อนำมาพิจารณาหาความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นรูปแบบช่องเปิดของอาคารเรียน ในขั้นตอนต่อไป

3.2 นำค่าการส่องสว่างภายในอาคาร ที่ได้จากช่องเปิดและอุปกรณ์บังแดดรูปแบบต่างๆ ซึ่งอยู่ในรูปของ Internal Illumination Distribution Curve มาเปรียบเทียบกับ Illumination on Working Plane ที่ต้องการสำหรับห้องเรียน แล้วคำนวณปริมาณแสงประดิษฐ์ที่ต้องใช้เพิ่มเติม เพื่อให้ปริมาณการส่องสว่างภายในห้องเรียนอยู่ในระดับที่เหมาะสม

3.3 คำนวณหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวม ในส่วนของแสงประดิษฐ์ที่ต้องใช้ให้ความสว่างเพิ่มเติม เมื่อมีค่าการส่องสว่างไม่เพียงพอ และพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ในส่วนของภาระการทำความเย็นแก่อาคาร สำหรับช่องเปิดและอุปกรณ์บังแดดรูปแบบต่างๆ

4. การสรุปผลงานวิจัย

สรุปผลว่าอุปกรณ์บังแดดรูปแบบใด มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นมาตรฐานสำหรับช่องเปิดของห้องเรียน ให้แยกพิจารณาสำหรับห้องเรียนที่หันช่องเปิดไปในทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก แล้วใช้ผลรวมของค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้น้อยที่สุดในรอบ 1ปีเป็นตัวตัดสินว่าในแต่ละทิศช่องเปิดรูปแบบใดที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับจะใช้เป็นรูปแบบช่องเปิดมาตรฐานสำหรับอาคารเรียนในงานวิจัยนี้ ที่ได้กำหนดให้ตั้งอยู่ในเขตละติจูดที่ 14° N ซึ่งจะเป็นแนวทางสำหรับการออกแบบอาคารเรียนในภูมิภาคนี้ต่อไป

และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงความเหมาะสมในการนำกระจกที่มีคุณสมบัติพิเศษเป็นHigh Performance Glassเช่น Heat Mirror หรือ กระจก Low-E ที่ให้แสงธรรมชาติในช่วงความยาวคลื่นที่ช่วยในการมองเห็นผ่านได้ และตัดแสงธรรมชาติในช่วงความยาวคลื่นที่ไม่ช่วยในการมองเห็นออกไป ว่ามีความเหมาะสมในการนำมาใช้หรือไม่เพียงใด ในแง่ของการใช้พลังงานโดยรวม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ออกแบบ ในการที่จะออกแบบอาคารเรียนโดยการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงความสุขสบายของผู้ใช้อาคาร โดยมีการควบคุมระดับความสว่างภายในอาคารไม่ให้เกิดการcontrast ควบคุมDirect Radiation ไม่ให้เข้าสู่อาคาร และ ควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารโดยการปรับอากาศ

2. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ออกแบบ ในการที่จะออกแบบอาคารเรียนที่มีการปรับอากาศ ที่มีการใช้พลังงานในอาคารได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด

3. เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสม สำหรับช่องแสงทางด้านข้างที่หันไปในทิศทางที่ต่างกัน ทั้งในอาคารเรียน และอาคารอื่นๆที่มีลักษณะการใช้งานใกล้เคียงกัน

4. เพื่อช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และรายจ่ายอันเกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของการให้ความสว่างแก่อาคาร และภาระการทำความเย็น

5. เป็นแนวทางสำหรับผู้ออกแบบที่ต้องการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานภายในอาคารได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด อันจะเป็นการลดการใช้พลังงานรวมในระดับประเทศลงได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย