

การปรับปรุงระบบแสงสว่าง ศูนย์อาหารและบริการ 1
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Lighting improvement for Food and Service Complex I,
Khon Kaen University

ยingsawad ไชยะกุล*
Yingsawad Chaiyakul

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอปัญหาและแนวทางการปรับปรุงระบบแสงสว่างของอาคาร ศูนย์อาหารและบริการ 1 มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งเป็นอาคารเปิดบริการแก่บุคลากรและนักศึกษามีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง อาคารมีพื้นที่ 22,000 ตารางเมตร ความสูง 4 ชั้น พื้นที่หลักที่ใช้สำหรับชั้นที่จอดรถเป็นที่จอดรถ ชั้นที่ 1-3 เป็นพื้นที่รับประทานอาหารและร้านค้าเช่าบริการการสำรวจเบื้องต้นพบว่าอาคารนี้มีปัญหาหลักด้านปริมาณแสงสว่างที่อาจไม่เพียงพอกับการใช้งาน งานศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักได้แก่ (1) การสำรวจศึกษาแสงสว่างในอาคาร และจำลองแสงสว่างในอาคารโดยคอมพิวเตอร์โปรแกรม Dialux 4.13 เพื่อหาค่าเฉลี่ยแสงสว่างในช่วงเวลาและสภาพแสงในลักษณะต่างๆ ได้แก่ การให้แสงสว่างของอาคารโดยแสงธรรมชาติ (Daylighting) แสงประดิษฐ์ในเวลากลางคืน (Artificial Lighting) และการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ และ (2) วิเคราะห์ผลการศึกษานำเสนอแนวทางการให้แสงสว่างของอาคารที่เหมาะสมตามเกณฑ์ด้านปริมาณแสงสว่างและคุณภาพแสงสว่างสำหรับอาคาร ผลการศึกษาพบว่าแสงธรรมชาติเพียงพอสำหรับการใช้งานในพื้นที่ในช่วงเวลากลางวัน ยกเว้นบางพื้นที่ในชั้นที่ 2 การปรับวงจรการเปิดและปิดดวงโคม ให้สอดคล้องกับการกระจายแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคาร จะเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบแสงสว่างได้ เมื่อพิจารณาการใช้งานช่วงกลางคืน ต้องมีการปรับและเพิ่มดวงโคม 114 ดวงโคม และเพิ่มจำนวนหลอดไฟในดวงโคมเดิมเพื่อให้มีค่าความสว่างเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ได้ปริมาณขั้นต่ำ แนวทางการปรับปรุงด้านคุณภาพเพื่อให้ระบบแสงสว่างดีขึ้น ได้แก่ การเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพ การจัดการการใช้พื้นที่ชั้นที่ 3 ให้มีการใช้งานตามช่วงเวลาและปิดการใช้ในเวลา 19:00-7:00 น. เพื่อลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง และการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic System) บนหลังคาด้านทิศใต้ ขนาดแผงละ 300 วัตต์ จำนวน 64 แผง ที่สามารถจ่ายไฟฟ้าเพื่อใช้กับดวงโคม ที่เปิดในพื้นที่ที่แสงธรรมชาติไม่เพียงพอของชั้นที่จอดรถและชั้นที่ 1 จำนวนทั้งหมด 226 โคม และใช้กับพัดลมโครติคผนัง ขนาด 78 วัตต์ ได้อีก 19 ตัวได้เพียงพออย่างน้อย 5 ชั่วโมง ในช่วงเวลากลางวัน

* อาจารย์ประจำ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E-mail: cyings@kku.ac.th

(บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องการปรับปรุงระบบแสงสว่าง ศูนย์อาหารและบริการ 1 มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากทุนวิจัยสถาบัน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559)

ABSTRACT

This paper investigated lighting problems and guidelines for improving lighting system performance for Food and Services Complex at Khon Kaen University. The building is open for the university staff and students for 24-hours use. The building has four stories with a total area of 22,000 sq.m. The main function on the ground level is a parking lot. The first to third floors are canteen, dining areas and rental shops. The initial lighting survey was carried out and the result showed inadequate lighting and an opportunity to improve lighting for the building. A study composes of two main parts: (1) a study on the exiting lighting conditions by a field survey study and a set of lighting simulations run by Dialux 4.13 program. Lighting under various lighting conditions: daylighting; artificial lighting; and mixed lighting were systematically examined; and (2) the mean illuminance values of zones on each floor were calculated and compared with lighting standards. Design improvements and lighting retrofit guidelines were then suggested. The results show that daylighting alone is enough to provide adequate amounts of light on each zone except some areas on the second floor. Moreover, rearranging luminaire controls to associate with daylight distribution is possible and will improve lighting system efficacy for the building. At night time, the illuminance levels are inadequate. Additional 114 lighting fixtures and lamp restorations will make the illuminance levels meet the standards quantitatively. The quality aspects could be addressed with these following subjects: improving lighting system equipment such as lamp and fixture; managing occupying time for the third floor to close at 19:00-7:00 hours to lessen energy use; and applying photovoltaic system on the south-side roof. A set of 64- 300 watt solar panels are proposed to install for directly use in lighting fixtures on the ground floor and the first floor in the zones that require artificial lighting in total of 226 luminaires, and for use in 78-watt wall fans for 19 units for at least five hours during the daytime.

คำสำคัญ: อาคารมหาวิทยาลัย การปรับปรุงแสงสว่าง แสงธรรมชาติ แสงประดิษฐ์

Keywords: University Building, Lighting Improvement, Daylighting, Artificial Lighting

บทนำ

อาคารศูนย์อาหารและบริการ 1 เป็นอาคาร 4 ชั้น ขนาดพื้นที่ประมาณ 22,000 ตารางเมตร เป็นอาคารหลักของมหาวิทยาลัยขอนแก่นเพื่อบริการนักศึกษาและบุคลากรของมหาวิทยาลัยขอนแก่น มีพื้นที่ให้บริการทั้งหมด 4 ชั้น โดยมีชั้นล่าง (Ground Floor) เป็นที่จอดรถ อาคารเปิดบริการ 24 ชั่วโมง จากการสำรวจอาคารในช่วงปีการศึกษา 2559 พบว่าช่วงเวลาที่ให้บริการหลักเวลา 8:00-19:00 น. เพื่อให้บริการอาหารและร้านค้าต่างๆ ในชั้นที่ 1-3 ในช่วงเวลากลางวันให้บริการอาหารและบริการร้านค้าอื่นๆ สำหรับผู้ใช้อาคาร ช่วงกลางคืนกิจกรรมหลักในพื้นที่ จะเกิดขึ้นในส่วนที่นั่งอ่านหนังสือที่ชั้น 2 และ ชั้นที่ 3 นักศึกษาใช้พื้นที่เพื่อการอ่านและทำงานเรียน แต่ในช่วงเวลาสอบจะมี นักศึกษาเข้าใช้พื้นที่ เกือบเต็มพื้นที่ สภาพปัจจุบันอาคารมีการใช้พลังงานในอาคารตลอดเวลาและ

เนื่องจากพื้นที่ส่วนกลางไม่ได้มีการปรับอากาศ ทำให้สัดส่วนการใช้พลังงานหลักเฉพาะในพื้นที่ส่วนกลางส่วนหนึ่งมาจากระบบแสงสว่าง ที่ต้องให้ความสว่างที่เพียงพอในพื้นที่จอดรถ ทางเดิน และ พื้นที่นั่งทำกิจกรรม ทั้งเวลากลางวันและกลางคืนลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ทำให้ต้องเปิดการใช้งานอาคารพร้อมกันทุกชั้น โดยไม่ได้มีการกำหนดพื้นที่ใช้งานทำให้ หากมีผู้ใช้อาคารในบางพื้นที่จำนวนไม่มากก็มีความจำเป็นต้องเปิดไฟเพื่อให้ความสว่างเพียงพอ

ในงานศึกษาปัญหาของอาคารด้านแสงสว่างเบื้องต้น (ยี่งสวัสดิ์, 2560) พบว่าในเวลากลางวัน แสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารจากด้านบนในโถงกลางอาคารมีการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ ดังภาพที่ 1(ก) แต่เมื่อพิจารณาการติดตั้งอุปกรณ์ในระบบแสงสว่างในพื้นที่ส่วนกลางและการควบคุมวงจรแสงสว่าง พบว่าไม่ได้ถูกกำหนดให้สอดคล้องกับการกระจายแสงธรรมชาติในอาคาร การใช้งานพื้นที่ชั้นที่ 1-3 ระดับความสว่างที่พบต่ำกว่ามาตรฐานการส่องสว่างเพื่อการทานอาหาร อ่านหรือเขียนหนังสือ ที่กำหนดไว้ประมาณ 200-500 lx (CIBSE, 1994; IESNA, 2003; Illuminating Engineering Association of Thailand, 2005) จากการประเมินแสงสว่างโดยสายตา ไม่พบจุดที่มืดในชั้นที่ 1-3 แต่ในชั้นที่จอดรถบรรยากาศพื้นที่ค่อนข้างมืดดังภาพที่ 1(ข) ส่วนในเวลากลางคืนค่าความสว่างที่ตรวจสอบพบอยู่ในช่วง 30-200 lx การใช้งานพื้นที่ที่มีการเปิดพื้นที่ใช้งานทุกชั้นทำให้มีการใช้แสงประดิษฐ์ในทุกพื้นที่ แต่การใช้งานอาคารในเวลากลางคืนเกิดขึ้นในพื้นที่ ชั้นที่ 1-2 อย่างไรก็ตามในบางช่วงเวลาพบว่ามิมีผู้ใช้งานในพื้นที่บางบริเวณดังภาพที่ 2 (ก) แต่เพื่อการมองเห็นที่ดี (Visual Environment) มีการเปิดไฟในพื้นที่ เพื่อให้การส่องสว่างสม่ำเสมอและความปลอดภัย ทำให้อาจมีการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างไม่ประหยัดพลังงานในพื้นที่เหล่านั้นในบางช่วงเวลานอกจากนั้นการใช้งานพื้นที่ในช่วงเวลากลางคืนในชั้นที่ 3 มีระดับความสว่างที่ต่ำ ดังภาพที่ 2 (ข) เนื่องจากดวงโคมมีจำนวนไม่เหมาะสม และดวงโคมชำรุด

งานศึกษาในบทความนี้แสดงปัญหาในระบบแสงสว่าง โดยการวิเคราะห์ด้วยการจำลองสภาพแสงของอาคารในลักษณะต่างๆ และนำเสนอแนวทางการปรับปรุงเพื่อให้แสงสว่างของอาคารศูนย์อาหารและบริการมีความเหมาะสมตามมาตรฐานเชิงปริมาณและคุณภาพ และวิธีการดำเนินการวิจัยในบทความนี้สามารถใช้เป็นแนวทางการศึกษาเพื่อปรับปรุงระบบแสงสว่างสำหรับอาคารคล้ายกันที่มีลักษณะการใช้งาน 24 ชั่วโมง



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 สภาพแสงสว่างภายในอาคารในเวลากลางวัน (ก) พื้นที่โถงกลางที่มีการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายใน และ (ข) ชั้นที่จอดรถมีการเปิดดวงโคมเพื่อเพิ่มปริมาณแสงสว่าง



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 สภาพแสงสว่างตัวอย่าง ภายในอาคารในเวลากลางวัน (ก) พื้นที่การใช้งานต่ำ และ (ข) ปริมาณแสงสว่างที่ไม่เพียงพอ พื้นที่ชั้นที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ขั้นตอนได้แก่ (1) การสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามและการจำลองสภาพแสงสว่างในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาด้านแสงสว่างในอาคารในปัจจุบัน และ (2) นำเสนอแนวทางการปรับปรุงระบบแสงสว่างในอาคารศูนย์อาหารและบริการ 1 และมีขอบเขตพื้นที่การศึกษาเฉพาะพื้นที่ส่วนกลางของอาคาร ไม่รวมพื้นที่ร้านค้าเช่า และไม่รวมภายนอกบริเวณรอบอาคาร การศึกษาแสงสว่างครอบคลุมสภาพแสงสว่างในเวลากลางวันและกลางคืน การวัดแสงในการสำรวจ โดยเครื่องวัดความสว่างเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าที่จำลองได้จากหุ่นจำลองสภาพแสงที่สร้างขึ้นในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้หุ่นจำลองที่คำนวณลักษณะแสงสว่างใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริงมากที่สุด และการวิเคราะห์และจำลองผลในโปรแกรมการจำลอง จะทำภายใต้สภาพแสงธรรมชาติ แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ในเวลากลางวัน แสงประดิษฐ์อย่างเดียวในการใช้งานในเวลากลางคืน และในการปรับปรุงดวงโคมของระบบแสงสว่างจะใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ในการทดแทนหรือเพิ่มในดวงโคมเดิมเนื่องจากเป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพดี ราคาไม่สูง และหาซื้อได้สะดวก ในอนาคตหากมีการเปลี่ยนหลอดให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น หลอด LED ก็จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้นตาม ระดับความสว่างที่เลือกใช้ ขั้นตอนและรายละเอียดในการศึกษาดังนี้

- การสำรวจอาคาร

การสำรวจแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) ข้อมูลกายภาพ และ (2) อุปกรณ์และระบบแสงสว่างของอาคารบริการและศูนย์อาหาร โดยการสำรวจเบื้องต้นในวันที่ 26 กรกฎาคม 2559 เพื่อทำการศึกษานำร่อง (Pilot Study) ของการสำรวจ วางแผนในการเก็บข้อมูล และกำหนดระยะเวลาในการศึกษา และทำการสำรวจพื้นที่จริง จำนวน 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ในวันที่ 27-30 กรกฎาคม 2559 ครั้งที่ 2 ในวันที่ 10-13 สิงหาคม 2559 และครั้งที่ 3 ในวันที่ 3-4 ตุลาคม 2559 เพื่อเข้าบันทึกการใช้งานในช่วงที่การสอบประจำภาคการศึกษาโดยการสังเกตจดบันทึกและเพื่อยืนยันผลการบันทึก

- การเก็บข้อมูลกายภาพ

อาคารศูนย์อาหารและบริการ 1 เป็นอาคารมีขนาดประมาณ 62.50 x 103.00 เมตร ความสูง 4 ชั้น ความสูงพื้นถึงพื้น 4.50 เมตร มีพื้นที่ใช้งานรวม 22,000 ตารางเมตรชั้นล่างสุดเป็นที่จอดรถ และการใช้งานอาคารเป็นพื้นที่รับประทานอาหารและร้านค้าเช่าบริการอยู่ด้านบนของชั้นที่จอดรถ ดังนั้นสำหรับบทความนี้ ชั้นแรกของอาคารคือ

ชั้นที่จอดรถ และ ชั้นที่ 1-3 ตามลำดับ ลักษณะของอาคารเป็นอาคารเดี่ยวและมีการจัดวางพื้นที่ห้องเช่าและบริการรอบบริเวณพื้นที่ริมอาคารทำให้จำกัดการได้รับแสงธรรมชาติด้านข้างของอาคาร ดังแสดงในในภาพที่ 3(ก) อย่างไรก็ตามอาคารได้แสงธรรมชาติจากโถงกลางภายในที่กระจายจากหลังคาโปร่งแสงด้านบนนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายใน ดังแสดงในภาพที่ 3(ข) การนำแสงเข้าสู่อาคารจากทางด้านบนมีอยู่ 2 ตำแหน่ง ได้แก่พื้นที่ส่วนกลางและบริเวณโถงย่อยทางทิศตะวันออกของบันไดกลาง บริเวณเหนือชั้นที่ 3 เพื่อกระจายโดยช่องแสงด้านบนลงไปยังพื้นที่อาคารด้านล่าง ดังแสดงในภาพที่ 4-7



(ก)



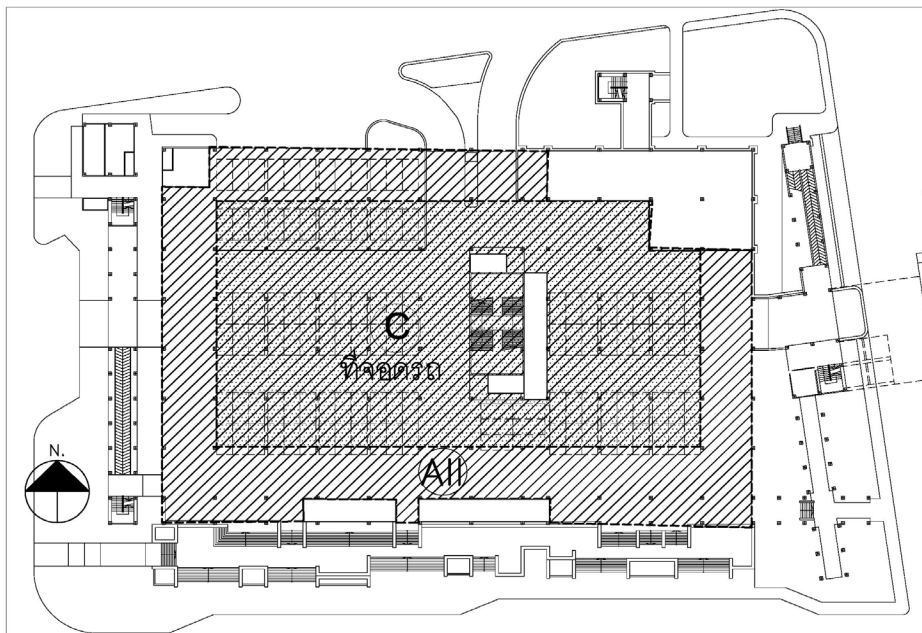
(ข)

ภาพที่ 3 (ก) พื้นที่รอบนอกของอาคารประกอบด้วยพื้นที่เช่าทำให้แสงธรรมชาติไม่สามารถเข้าไปถึงพื้นที่ภายในจากด้านข้าง และ (ข) การใช้โถงกลางและช่องแสงด้านบนเพื่อเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติให้กับพื้นที่ใช้งานในอาคาร

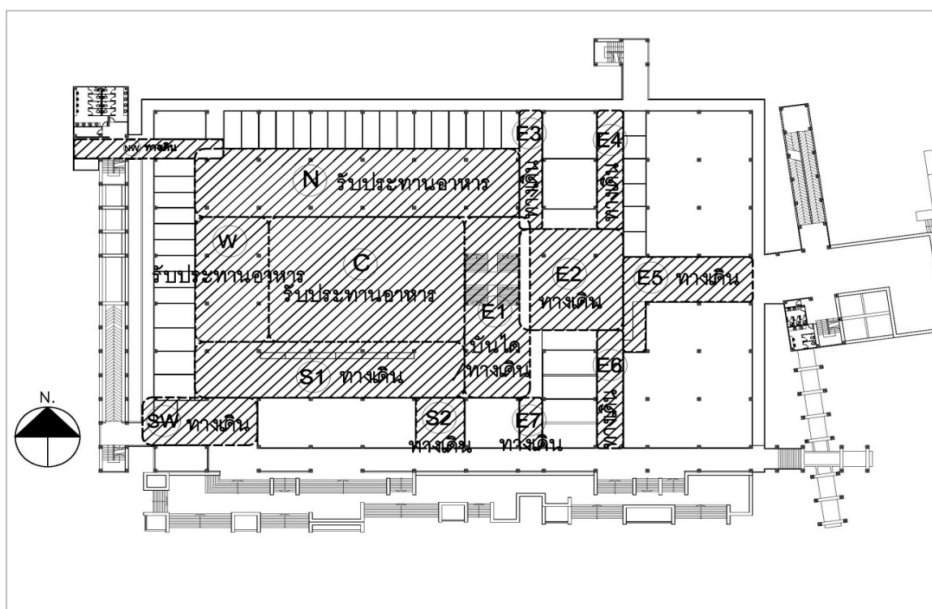
แปลนพื้นที่การใช้งานแต่ละชั้นจะถูกกำหนดเป็นโซนย่อยตามการใช้งานทางสายตา เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 4-7 การสำรวจกายภาพเพื่อทำการเก็บข้อมูลการใช้งานพื้นที่ตามช่วงเวลา ประเภทดวงโคมและหลอดวงจรการเปิดปิดแสงสว่างและสภาพอุปกรณ์ที่ติดตั้งใช้งานการสำรวจภาคสนามใช้ช่วงเวลาสำรวจตั้งแต่ 8:30-24:00 น. เนื่องจากพบว่าการใช้งานหลัง 24:00 น. มีผู้ใช้งานต่ำและกิจกรรมการใช้พื้นที่ไม่เปลี่ยนแปลง การเก็บบันทึกข้อมูลทำได้โดยการจดบันทึกสังเกตพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้อาคารในแต่ละพื้นที่ สภาพแสงสว่าง ร่วมกับการบันทึกภาพโดยใช้กล้องดิจิทัล หลักการบันทึกสภาพแสงสว่างที่เกิดขึ้นทำได้โดยการปรับตั้งค่าของกล้องเพื่อให้บันทึกภาพใกล้เคียงกับสภาพแสงสว่างในพื้นที่ที่เกิดขึ้นเพื่อแสดงสภาพและบรรยากาศของพื้นที่ภายใต้แสงสว่างปัจจุบันที่ใช้งาน

- ตัวแปรด้านแสงสว่าง

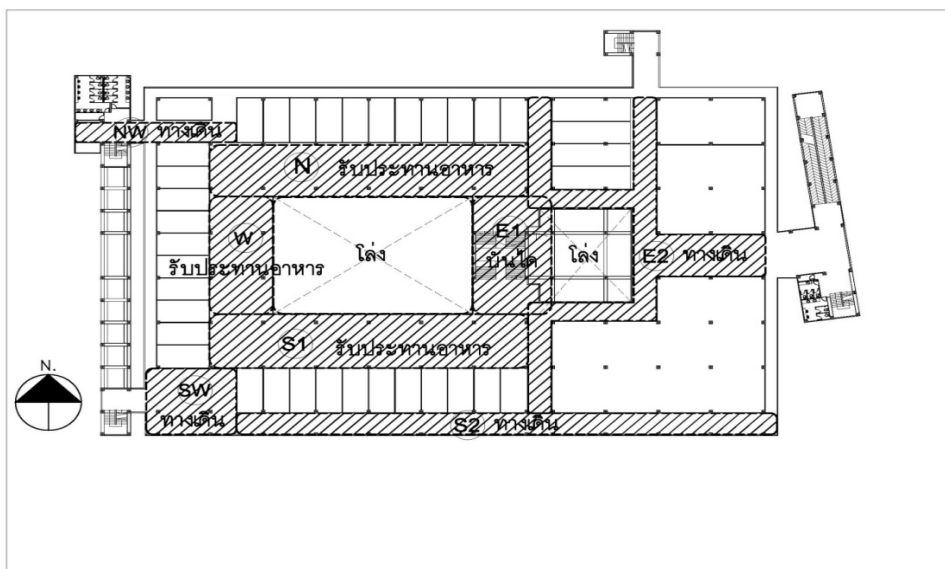
การสำรวจวัดแสงใช้ ทำในเวลากลางวันเพื่อเก็บข้อมูลแสงธรรมชาติและช่วงเวลากลางคืนเพื่อเก็บข้อมูลแสงประดิษฐ์ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษานี้ได้แก่ Konica Minolta Illuminance Meter T-10A เพื่อวัดปริมาณความสว่างโดยมีการวัดแสงตามช่วงเสา อาคารนี้มีช่วงเสาหลักที่ 8 เมตร ดังนั้น ระยะห่างได้ถูกกำหนดตามพื้นที่เพื่อให้มีการวัดทุกๆ ระยะครึ่งหนึ่งของแต่ละช่วงเสาที่ 4 เมตร เพื่อนำค่าความสว่างที่บันทึกได้มาหาค่าเฉลี่ย ความสูงของการวัดแสงสว่างขึ้นกับการใช้งานของพื้นที่ โดยกำหนดระดับการวัดแสงตามการใช้งานทางสายตา ดังภาพที่ 8(ก)ระดับในการวัดในการศึกษานี้มี 2 ระดับ ได้แก่ สูงจากพื้น 0.05 เมตร สำหรับทางสัญจรภายใน เช่น ถนน ที่จอดรถ ทางเดิน และบันได เป็นต้น และ ระดับสูงจากพื้น 0.75 เมตร สำหรับพื้นที่รับประทานอาหาร นอกจากการวัดแสง การสำรวจทำการเทียบสีของวัสดุพื้นผิวอาคาร กับตารางสี (Color fan deck) ของผู้ผลิตสี (Wattyl Australia) ในภาพที่ 8(ข) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิว (Light Reflectance Value- LRV) เพื่อใช้ในขั้นตอนการจำลองแสงสว่างในโปรแกรมคอมพิวเตอร์



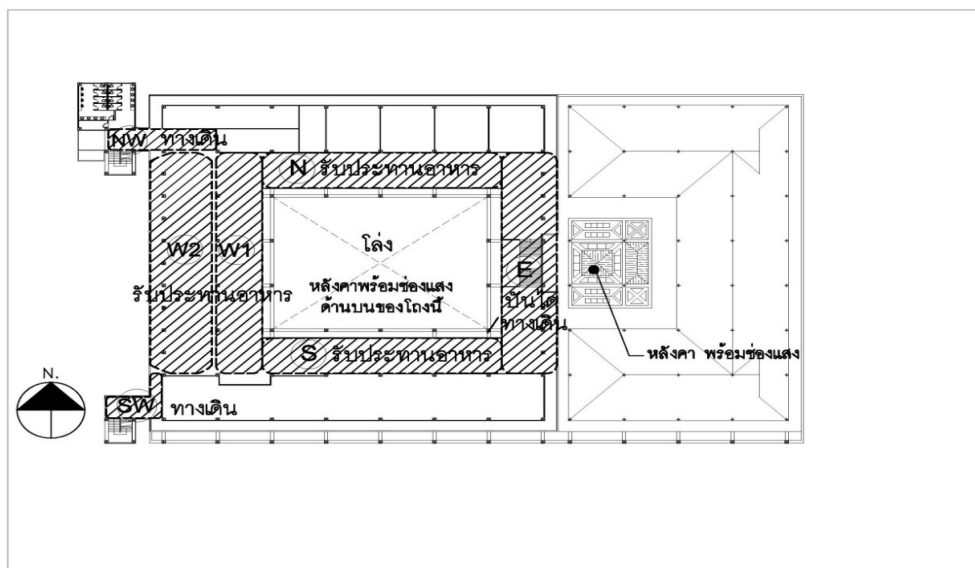
ภาพที่ 4 การแบ่งโซนชั้นที่จอดรถ และกิจกรรมหลักทางสายตาในแต่ละพื้นที่



ภาพที่ 5 การแบ่งโซนชั้นที่ 1 และกิจกรรมหลักทางสายตาในแต่ละพื้นที่



ภาพที่ 6 การแบ่งโซนชั้นที่ 2 และกิจกรรมหลักทางสายตาในแต่ละพื้นที่



ภาพที่ 7 การแบ่งโซนชั้นที่ 3 และกิจกรรมหลักทางสายตาในแต่ละพื้นที่



(ก)



(ข)

ภาพที่ 8 การสำรวจอาคาร (ก) การวัดแสงในอาคารจากการสำรวจและ (ข) การหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงโดยเทียบสีวัสดุกับตารางสี (Color fan deck)

- การจำลองแสงสว่างของอาคาร

การวิเคราะห์สภาพแสงสว่างตามสภาพการใช้งานปัจจุบันทำได้ (1) แสงธรรมชาติ (2) แสงประดิษฐ์ และ (3) แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ ตามลำดับ หากผลที่ได้ในช่วงเวลากลางวันจากสภาพแสงธรรมชาติปริมาณแสงสว่างเพียงพอ ขั้นตอนที่ 3 ก็จะไม่ได้นำมาดำเนินการเนื่องจากหากไม่ได้เปิดไฟ แสงธรรมชาติเพียงพอในการใช้งาน การวิเคราะห์จะศึกษาเรื่องคุณภาพและความสัมพันธ์ของวงจรแสงสว่างหลังจากนั้น การประเมินปริมาณแสงสว่างทำโดยจำลองแสงสว่างในโปรแกรม DIALux 4.13 (DIALux, 2016) ที่มีความยืดหยุ่นในการใช้จำลองภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลต่อสภาพแสงสว่างภายในอาคาร และสามารถปรับเปลี่ยนตัวแปรและเงื่อนไขต่างๆ ที่ส่งผลต่อแสงสว่างในอาคารเพื่อเปรียบเทียบแนวทางการปรับปรุงในสภาพแสงสว่างด้านปริมาณและคุณภาพช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษาสภาพแสงธรรมชาติอาศัยค่าแสงสว่างเฉลี่ยที่จะเกิดขึ้นตลอดทั้งปี วันสำคัญ 4 วัน ที่เป็นตัวแทนสำหรับการจำลองได้แก่ วันที่ 21 มีนาคม 21 มิถุนายน 21 กันยายน และ 21 ธันวาคม ภายใต้ท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) เนื่องจากเป็นสภาพท้องฟ้าที่พบมากกว่าท้องฟ้าอื่นๆ ซึ่งพบเกิดขึ้นร้อยละ 60 ของสภาพท้องฟ้าในประเทศไทย และทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Chirarattananon and Limmechokchai, 1996; Chirarattananon, et al., 2002; จักรกฤษณ์ และ สิงห์ทอง, 2558; เสริม และคณะ, 2547) และกำหนดใช้เวลา 12:00 น. สำหรับการจำลองภายใต้ในช่วงเวลากลางวัน ปริมาณแสงสว่างในการศึกษานี้ใช้ค่าความสว่าง (Illuminance) ในการศึกษาซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยในต่างประเทศ ที่อ้างอิงค่า Daylight Factor (DF) เพื่อการวิเคราะห์แสงธรรมชาติในอาคาร แต่เนื่องจากหลักการใช้ Daylight factor เป็นค่าแสงสว่างที่อ้างอิงท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมทั่ว (Overcast sky) (Hopkinson and Kay, 1972; Pritchard, 1999) ซึ่งเป็นท้องฟ้าที่เกิดขึ้นเพียงร้อยละ 20 ในประเทศไทย

ปริมาณความสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี (Averaged Illuminance) จากผลการจำลองทั้ง 4 วัน จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณความสว่างมาตรฐาน ในงานนี้เลือกใช้ค่าความสว่างตามกฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 39 (กฎกระทรวงมหาดไทย, 2537) และ กฎกระทรวงแรงงาน พ.ศ. 2549 (กระทรวงแรงงาน, 2549) เพื่อเป็นเกณฑ์มาตรฐานด้านปริมาณแสงสว่างขั้นต่ำสำหรับกิจกรรมที่เกิดขึ้นในอาคาร เนื่องจากการศึกษาไม่พบข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ค่าความสว่างที่เหมาะสม ที่ใช้ในประเทศไทย และค่ามาตรฐานจากต่างประเทศอาจมีความไม่เหมาะสมในการนำมาใช้ เนื่องจากสภาพแสงสว่างและปัจจัยด้านสายตาของคนไทยและชาวต่างประเทศที่อาจมองเห็นหรือพึงพอใจในระดับแสงสว่างที่แตกต่างกัน

- แนวทางการปรับปรุงแสงสว่าง

แนวทางการปรับปรุงเพื่อให้แสงสว่างในอาคารมีมาตรฐานที่ดี โดยการใช้หลักการปรับใช้ดวงโคมที่ติดตั้งเดิม และนำเสนอแนวทางการปรับปรุงเพื่อให้ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง เมื่อได้ค่าแสงสว่างจากการจำลองมีโซนพื้นที่ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จะทำตามขั้นตอนในการจำลองแสงสว่างเพื่อให้ระดับแสงสว่างผ่านเกณฑ์ตามลำดับดังนี้

- การปรับเปลี่ยนดวงโคมที่ชำรุด
- เพิ่มจำนวนหลอดไปในดวงโคมที่สามารถติดตั้งเพิ่มเติมได้ จากการสำรวจพบจำนวนดวงโคมที่สามารถติดตั้งหลอดไฟได้ 2 หลอด ถูกติดตั้งหลอดเพียง 1 หลอดโดยใช้หลอด T5 ที่สามารถติดตั้งเพิ่มในดวงโคมเดิม
- เปลี่ยนและเพิ่มจำนวนดวงโคมจนปริมาณความสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง โคมที่เลือกใช้ในการเพิ่ม คือโคมสะท้อนแสงแบบติดตั้งลอย ที่สามารถใส่หลอดแบบ Tube ขั้วแบบ G13 ซึ่งเป็นหลอดที่หาซื้อได้สะดวก บำรุงรักษาง่าย และ เลือกหลอด T5 28 วัตต์ เพื่อเป็นตัวแทนในของหลอด (หากมีการเปลี่ยนใช้หลอด LED ภายหลัง จะทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น)

การปรับปรุงด้านคุณภาพพิจารณา เรื่อง ประสิทธิภาพของดวงโคม ระบบ การประหยัดพลังงาน และการกระจายแสง และนอกจากนั้นการกำหนดผังโซนการใช้งานเพื่อให้สอดคล้องกับการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง เพื่อนำเสนอแนวทางการปรับปรุงด้านคุณภาพ

เนื่องจากปริมาณพลังงานดวงอาทิตย์สามารถนำมาใช้ได้อย่างเพียงพอจากสภาพท้องฟ้าและจากปริมาณรังสีตรงเฉลี่ยที่ได้จากท้องฟ้าและดวงอาทิตย์มีค่าสูง (Chirattananon, et al., 2002) การศึกษานี้แนะนำให้ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่หลังคาด้านทิศใต้ โดยกำหนดพื้นที่ที่สามารถใช้แผงโซลาร์เซลล์ติดตั้งบนหลังคาที่สามารถติดตั้งได้บนหลังคาเหล็กกริดด้านบนของอาคารที่มีความเอียงของหลังคาทำมุม 20 องศา และคำนวณปริมาณแสงสว่างและประเมินแนวทางการนำไปใช้งานเพื่อพิจารณาติดตั้งร่วมกับการปรับปรุงระบบแสงสว่างของอาคาร ศูนย์บริการอาหาร 1 ผลของการศึกษาจะถูกประเมินร่วมกับความเป็นไปได้ด้านต่างๆ ได้แก่ การลงทุน และ การใช้งานพื้นที่ของผู้ใช้อาคารหลักและวิเคราะห์ข้อจำกัดตามข้อมูลจากหน่วยงานที่รับผิดชอบดูแล ได้แก่ สำนักงานบริหารจัดการทรัพย์สิน มหาวิทยาลัยขอนแก่นแนวทางการปรับปรุงจะได้นำมาหารือประชุมร่วมกับหน่วยงานที่รับผิดชอบเพื่อสรุปรูปแบบการปรับปรุงระบบแสงสว่างที่เหมาะสมกับการใช้งานและการจัดการอาคารของหน่วยงานที่รับผิดชอบ

ผลการศึกษา

- ผลการจำลองภายใต้แสงธรรมชาติ

การใช้แสงธรรมชาติโดยปกติของอาคาร ปิดดวงโคมในเวลากลางวัน ที่ชั้นที่ 3 ผลการศึกษาในส่วนนี้แสดงให้เห็นปริมาณแสงธรรมชาติเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 1-4 สำหรับกรณีที่เปิดดวงโคมทั้งอาคาร ผลการจำลองพบว่าปริมาณแสงธรรมชาติเฉลี่ยตลอดทั้งปี สามารถทำให้ความสว่างผ่านตามมาตรฐาน มีเพียงบางพื้นที่ของชั้นที่ 2 ที่ปริมาณแสงสว่างไม่ผ่านเกณฑ์แสดงในตารางที่ 3 ผลจากการจำลองแสดงปริมาณแสงสว่างเฉลี่ยสอดคล้องกับลักษณะการกระจายแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารปริมาณแสงธรรมชาติสูงในพื้นที่ส่วนกลางของชั้นที่ 1 ที่มีการใช้ช่องแสงทางด้านบนเพื่อให้ความสว่างแก่พื้นที่ ปริมาณแสงธรรมชาติบริเวณรอบโถงส่วนกลางจะมีค่าสูงในชั้นที่ 3 และต่ำสุดในชั้นที่ 1 และปริมาณแสงธรรมชาติจะมีค่าสูงในบริเวณที่ใกล้กับช่องเปิดด้านข้างของอาคาร

ตารางที่ 1 ปริมาณแสงเฉลี่ย (E_{av}) ภายใต้แสงธรรมชาติชั้นที่จอดรถ

Zone	Visual Task	มาตรฐานแสงสว่างขั้นต่ำ (lx)	ปริมาณแสงธรรมชาติเฉลี่ย- E_{av} (lx)	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง
All	ที่จอดรถ	50	187.8	ผ่าน
Center ที่จอดรถ		50	65.0	ผ่าน

ตารางที่ 2 ปริมาณแสงเฉลี่ย (E_{av}) ภายใต้แสงธรรมชาติชั้นที่ 1

Zone	Visual Task	มาตรฐานแสงสว่างขั้นต่ำ (lx)	ปริมาณแสงธรรมชาติเฉลี่ย- E_{av} (lx)	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง
C	รับประทานอาหาร	200	3,176.75	ผ่าน
N	รับประทานอาหาร	200	473.75	ผ่าน
W	รับประทานอาหาร	200	468.75	ผ่าน
E1	บันได	50	363.25	ผ่าน
E2	ทางเดิน	50	618.25	ผ่าน
E3	ทางเดิน	50	554.00	ผ่าน
E4	ทางเดิน	50	551.50	ผ่าน
E5	ทางเดิน	50	943.00	ผ่าน
E6	ทางเดิน	50	728.00	ผ่าน
E7	ทางเดิน	50	1,178.75	ผ่าน
S	ทางเดิน	50	484.75	ผ่าน
S2	ทางเดิน	50	1,486.75	ผ่าน
SW	ทางเดิน	50	1,994.00	ผ่าน
NW	ทางเดิน	50	1,528.25	ผ่าน

ตารางที่ 3 ปริมาณแสงเฉลี่ย (E_{av}) ภายใต้แสงธรรมชาติชั้นที่ 2

Zone	Visual Task	มาตรฐานแสงสว่างขั้นต่ำ (lx)	ปริมาณแสงธรรมชาติเฉลี่ย- E_{av} (lx)	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง
N	รับประทานอาหาร	200	57.75	ไม่ผ่าน
S1	รับประทานอาหาร	200	48.50	ไม่ผ่าน
W	รับประทานอาหาร	200	71.50	ไม่ผ่าน
E1	บันได	50	25.50	ไม่ผ่าน
E2	ทางเดิน	50	166.75	ผ่าน
S2	ทางเดิน	50	4,239.25	ผ่าน
SW	ทางเดิน	50	1,840.50	ผ่าน
NW	ทางเดิน	50	354.50	ผ่าน

ตารางที่ 4 ปริมาณแสงเฉลี่ย (E_{av}) ภายใต้แสงธรรมชาติชั้นที่ 3

Zone	Visual Task	มาตรฐานแสงสว่างขั้นต่ำ (lx)	ปริมาณแสงธรรมชาติเฉลี่ย- E_{av} (lx)	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง
N	รับประทานอาหาร	200	410.50	ผ่าน
W1	รับประทานอาหาร	200	212.75	ผ่าน
W2	รับประทานอาหาร	200	828.25	ผ่าน
S	รับประทานอาหาร	200	316.00	ผ่าน
E	บันได	50	609.50	ผ่าน
SW	ทางเดิน	50	1,479.25	ผ่าน
NW	ทางเดิน	50	231.50	ผ่าน

- ผลการจำลองแสงประดิษฐ์ในเวลากลางวัน

เนื่องจากอาคารมีการใช้งาน 24 ชั่วโมง การวิเคราะห์ให้แสงสว่างมีความเหมาะสมเชิงปริมาณ ช่วงเวลากลางคืนที่ใช้แสงประดิษฐ์เป็นเกณฑ์หลัก จำนวนดวงโคมเดิมภายในอาคารมีจำนวน 576 ดวงโคม (ชั้นที่จอดรถ 77; ชั้นที่ 1- 193; ชั้นที่ 2- 183; และชั้นที่ 3- 123 ดวงโคม) และมีจำนวนดวงโคมที่ชำรุดใช้งานไม่ได้ 112 ดวงโคม เพื่อให้แต่ละพื้นที่มีปริมาณแสงสว่างเพียงพอในการใช้งาน เมื่อพิจารณาผลการจำลองที่แสดงในตารางที่ 5-8 ปริมาณแสงไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานในทุกชั้น และหลังจากการปรับปรุงระบบแสงสว่างตามขั้นตอนที่กำหนดไว้¹ แนวทางการปรับปรุงของชั้นต่างๆ ดังนี้

- ชั้นที่จอดรถเปลี่ยนดวงโคมและหลอดที่เสีย และเพิ่มจำนวนหลอดไฟในโคมที่สามารถติดตั้งได้

2 หลอด

- ชั้นที่ 1 เพิ่มโคมที่ติดตั้ง Fluorescent T5 ขั้ว G13 -2 หลอด² จำนวน 22 ดวงโคมในพื้นที่โซน N และ W และ โคม High Bay ที่มี Luminaire luminous flux: 9,000 lumen จำนวน 12 ดวงโคม

- ชั้นที่ 2 เพิ่มโคมที่ติดตั้ง LED T5 ขั้ว G13 -2 หลอด จำนวน 22 ดวงโคมในโซน N W และ S1

- ชั้นที่ 3 เพิ่มโคมที่ติดตั้ง LED T5 ขั้ว G13 -2 หลอด จำนวน 70 ดวงโคมในโซน N E S และ W1

รวมจำนวนดวงโคมที่ติดตั้งเพิ่มเติมเป็น 114 ดวงโคมและรวมจำนวนดวงโคมหลังการปรับปรุง เท่ากับ 690 ดวงโคมผลการจำลองค่าความสว่างเฉลี่ยพื้นที่ (E_{av}) หลังจากการปรับปรุงแสดงในรายละเอียด ที่แสดงในตารางที่ 5-8 ตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมเพื่อให้ปริมาณความสว่างเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์ แสดงในผังดวงโคมที่ปรับปรุงในภาพที่ 9-12

ตารางที่ 5 ปริมาณแสงเฉลี่ย (E_{av}) ของชั้นที่จอดรถในเวลากลางวัน ก่อนและหลังการปรับระบบแสงสว่างตามขั้นตอนที่กำหนดไว้

มาตรฐานความสว่าง			สภาพปัจจุบัน		ปรับ 1-ซ่อมหลอดและโคมเสีย		ปรับ 2-เพิ่มหลอดเป็น 2 หลอด		ปรับ 3- ปรับเพิ่มโคมไฟ	
Zone	Visual Task	E_{av} (lx)	E_{av} (lx)	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง	E_{av} (lx)	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง	E_{av} (lx)	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง	E_{av} (lx)	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง
All	ที่จอดรถ	50	24	ไม่ผ่าน	26	ไม่ผ่าน	50	ผ่าน	-	-
Center	ที่จอดรถ	50	24	ไม่ผ่าน	26	ไม่ผ่าน	50	ผ่าน	-	-

¹ การเลือกดวงโคมและคุณสมบัติ อ้างอิงจาก Philips Product Selector การนำไปใช้งานจริงหากไม่สามารถหาดวงโคมและหลอดไฟได้ ให้คงปริมาณฟลักซ์แสงสว่าง ที่ได้จากดวงโคม (Luminaire luminous flux) ในการปรับปรุง

² ปริมาณแสงจากดวงโคม (Luminaire luminous flux) เท่ากับ 3,234 lumen และปริมาณแสงที่ได้จากหลอดไฟ 2 หลอด (Lamp luminous flux) เท่ากับ 4,900 lumen โดยในการจำลองเลือกใช้โคม PHILIPS TCS165 2xTL5-28W Philips Lighting (2017). Philips Product Selector 5.2.9.17. Eindhoven, Philips Lighting Holding B.V.

ตารางที่ 6 ความสว่างเฉลี่ย (E_{av}) ของชั้นที่ 1 ในเวลากลางคืน ก่อนและหลังการปรับระบบแสงสว่างตามขั้นตอนที่กำหนดไว้

มาตรฐานความสว่าง			สภาพปัจจุบัน		ปรับ 1-ซ่อมหลอดและโคมเสีย		ปรับ 2-เพิ่มหลอดโชน C N และ W		ปรับ 3- ปรับเพิ่มโคมไฟโชน C N W และ เปลี่ยนโคมโชน SW	
Zone	Visual Task	$E_{av}(lx)$	$E_{av}(lx)$	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง	$E_{av}(lx)$	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง	$E_{av}(lx)$	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง	$E_{av}(lx)$	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง
C	ทานอาหาร	200	39.0	ไม่ผ่าน	41.0	ไม่ผ่าน	88.0	ไม่ผ่าน	232.0	ผ่าน
N	ทานอาหาร	200	116.0	ไม่ผ่าน	119.0	ไม่ผ่าน	161.0	ไม่ผ่าน	235.0	ผ่าน
W	ทานอาหาร	200	113.0	ไม่ผ่าน	127.0	ไม่ผ่าน	163.0	ไม่ผ่าน	240.0	ผ่าน
E1	บันได	50	121.0	ผ่าน	138.0	ผ่าน	137.0	ผ่าน	144.0	ผ่าน
E2	ทางเดิน	50	89.0	ผ่าน	121.0	ผ่าน	121.0	ผ่าน	122.0	ผ่าน
E3	ทางเดิน	50	75.0	ผ่าน	78.0	ผ่าน	78.0	ผ่าน	90.0	ผ่าน
E4	ทางเดิน	50	66.0	ผ่าน	69.0	ผ่าน	69.0	ผ่าน	69.0	ผ่าน
E5	ทางเดิน	50	85.0	ผ่าน	104.0	ผ่าน	104.0	ผ่าน	104.0	ผ่าน
E6	ทางเดิน	50	68.0	ผ่าน	75.0	ผ่าน	74.0	ผ่าน	74.0	ผ่าน
E7	ทางเดิน	50	87.0	ผ่าน	90.0	ผ่าน	91.0	ผ่าน	90.0	ผ่าน
S	ทางเดิน	50	163.0	ผ่าน	174.0	ผ่าน	186.0	ผ่าน	204.0	ผ่าน
S2	ทางเดิน	50	107.0	ผ่าน	115.0	ผ่าน	116.0	ผ่าน	117.0	ผ่าน
SW	ทางเดิน	50	32.0	ไม่ผ่าน	35.0	ไม่ผ่าน	36.0	ไม่ผ่าน	81.0	ผ่าน
NW	ทางเดิน	50	73.0	ผ่าน	73.0	ผ่าน	72.0	ผ่าน	78.0	ผ่าน

ตารางที่ 7 ความสว่างเฉลี่ย (E_{av}) ของชั้นที่ 2 ในเวลากลางคืน ก่อนและหลังการปรับระบบแสงสว่างตามขั้นตอนที่กำหนดไว้

มาตรฐานความสว่าง			สภาพปัจจุบัน		ปรับ 1-ซ่อมหลอดและโคมเสีย		ปรับ 2-เพิ่มหลอดโชน N W และ S		ปรับ 3- ปรับเพิ่มโคมไฟโชน N W และ S	
Zone	Visual Task	$E_{av}(lx)$	$E_{av}(lx)$	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง	$E_{av}(lx)$	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง	$E_{av}(lx)$	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง	$E_{av}(lx)$	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง
N	ทานอาหาร	200	154.0	ไม่ผ่าน	158.0	ไม่ผ่าน	161.0	ไม่ผ่าน	215.0	ผ่าน
S1	ทานอาหาร	200	154.0	ไม่ผ่าน	163.0	ไม่ผ่าน	168.0	ไม่ผ่าน	222.0	ผ่าน
W	ทานอาหาร	200	139.0	ไม่ผ่าน	193.0	ไม่ผ่าน	178.0	ไม่ผ่าน	256.0	ผ่าน
E1	บันได	50	92.0	ผ่าน	100.0	ผ่าน	99.0	ผ่าน	101.0	ผ่าน
E2	ทางเดิน	50	114.0	ผ่าน	119.0	ผ่าน	118.0	ผ่าน	118.0	ผ่าน
S2	ทางเดิน	50	68.0	ผ่าน	104.0	ผ่าน	104.0	ผ่าน	104.0	ผ่าน
SW	ทางเดิน	50	96.0	ผ่าน	107.0	ผ่าน	106.0	ผ่าน	106.0	ผ่าน
NW	ทางเดิน	50	127.0	ผ่าน	128.0	ผ่าน	126.0	ผ่าน	127.0	ผ่าน

ตารางที่ 8 ความสว่างเฉลี่ย (E_{av}) ของชั้นที่ 3 ในเวลากลางคืน ก่อนและหลังการปรับระบบแสงสว่างตามขั้นตอนที่กำหนดไว้

มาตรฐานความสว่าง			สภาพปัจจุบัน		ปรับ 1-ซ่อมหลอดและโคมเสีย		ปรับ 2-เพิ่มหลอดให้เต็มโคม		ปรับ 3- ปรับเพิ่มโคมไฟโซน N W และ S	
Zone	Visual Task	E_{av} (lx)	E_{av} (lx)	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง	E_{av} (lx)	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง	E_{av} (lx)	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง	E_{av} (lx)	ผ่านมาตรฐานแสงสว่าง
N	ทานอาหาร	200	43.0	ไม่ผ่าน	61.0	ไม่ผ่าน	80.0	ไม่ผ่าน	240.0	ผ่าน
W1	ทานอาหาร	200	59.0	ไม่ผ่าน	87.0	ไม่ผ่าน	108.0	ไม่ผ่าน	286.0	ผ่าน
W2	ทานอาหาร	200	20.0	ไม่ผ่าน	182.0	ไม่ผ่าน	267.0	ผ่าน	299.0	ผ่าน
S	ทานอาหาร	200	74.0	ไม่ผ่าน	74.0	ไม่ผ่าน	81.0	ไม่ผ่าน	238.0	ผ่าน
E	บันได	50	43.0	ไม่ผ่าน	55.0	ผ่าน	60.0	ผ่าน	157.0	ผ่าน
SW	ทางเดิน	50	31.0	ไม่ผ่าน	32.0	ไม่ผ่าน	48.0	ไม่ผ่าน	86.0	ผ่าน

- คุณภาพแสงสว่างในอาคาร

เมื่อพิจารณาผลการปรับปรุงดวงโคมและระบบแสงสว่างเชิงปริมาณผ่านตามมาตรฐานแล้ว ผลการพิจารณาคุณภาพแสงสว่างของอาคารศูนย์อาหารและบริการ 1 ที่ควรพิจารณา ได้แก่ การประหยัดพลังงานโดยการปรับเปลี่ยนวงจรแสงสว่างให้สอดคล้องกับการกระจายแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร การปรับเปลี่ยนระบบอุปกรณ์แสงสว่างให้มีประสิทธิภาพ การปรับการใช้พื้นที่เพื่อปิดพื้นที่ที่มีการใช้งานต่ำในช่วงเวลากลางคืนเพื่อลดการใช้พลังงาน และการออกแบบแนวทางติดตั้งระบบการผลิตรกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรแสงสว่างโดยใช้ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

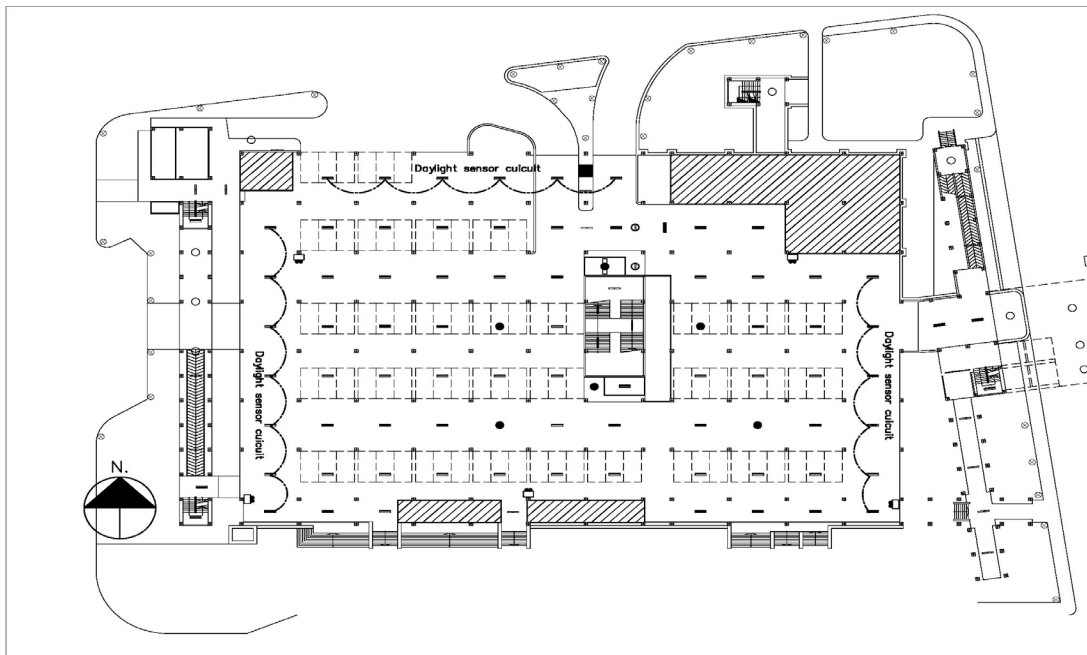
• การปรับโซนการเปิดปิด ดวงโคมตาม Daylight Zone

Daylight Zone คือพื้นที่ที่สามารถใช้แสงสว่างจากธรรมชาติได้อย่างเพียงพอในช่วงเวลาที่แสงภายนอกมีเพียงพอเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ การปรับวงจรดวงโคมเดิมที่ไม่สอดคล้องกับการกระจายแสงธรรมชาติเพื่อให้บริเวณที่แสงธรรมชาติเพียงพอไม่ต้องเปิดดวงโคม ตามลักษณะแปลนดวงโคมในภาพที่ 9-12 จะทำให้การใช้พลังงานลดลง ในชั้นที่จอดรถ ชั้นที่ 1 และ ชั้นที่ 3 มีปริมาณแสงธรรมชาติเพียงพอผลการจำลองในตารางที่ 1-4 การปรับเปลี่ยนดวงโคมเพื่อให้สอดคล้องกับแสงธรรมชาติโดยการปิดดวงโคมตามภาพ จะช่วยทำให้ประหยัดพลังงาน สำหรับชั้นที่ 2 แสงธรรมชาติไม่เพียงพอในโซน N S1 W และ E การวิเคราะห์ปริมาณแสงสว่างหลังจากการปรับปรุงเพิ่มจำนวนดวงโคมในโซนเพื่อให้ความสว่างเพียงพอ และทำการปรับเปลี่ยนวงจรของชั้นที่ 2 เพื่อให้สอดคล้องกับแสงธรรมชาติผลการจำลองหลังปรับดวงโคมของชั้นที่ 2 และปิดโคมใน Daylight Zone พบว่าพื้นที่ชั้นที่ 2 หลังการปรับปรุงด้านปริมาณ การเปลี่ยนวงจรให้เหมาะสมสอดคล้องกับ Daylight Zone สามารถทำให้ปริมาณความสว่างผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำได้ ดังแสดงในตารางที่ 9

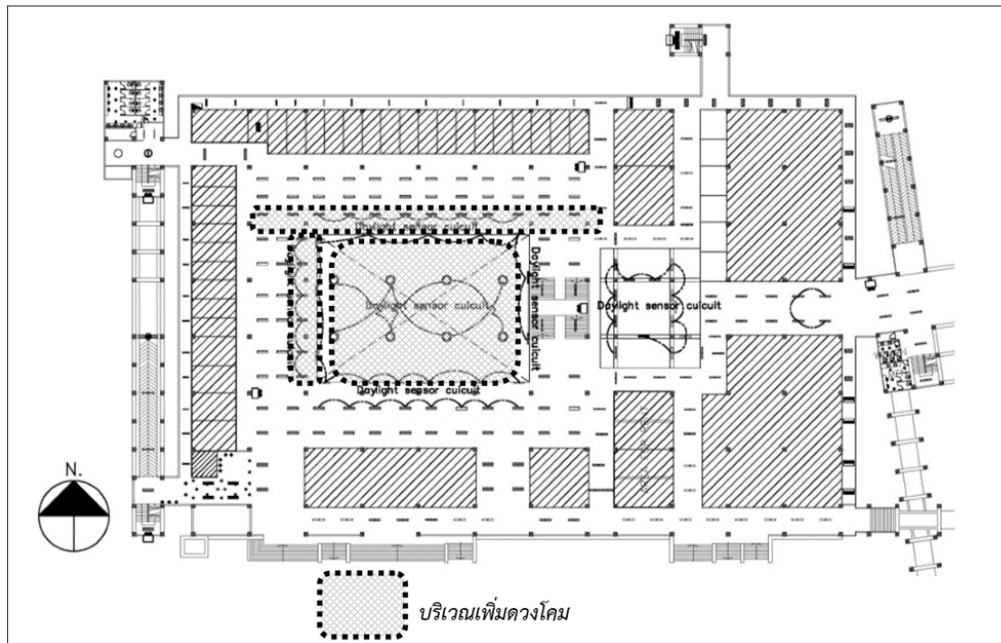
จำนวนดวงโคมทั้ง 4 ชั้นใน Daylight Zone หลังจากการปรับปรุงเท่ากับ 120 โคม หากพิจารณาช่วงเวลาที่มีแสงธรรมชาติ 6 ชั่วโมง ตั้งแต่ 10:00-15:00 น. ถ้า 1 ดวงโคมแบบสะท้อน หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 28 วัตต์ จำนวน 2 หลอด ใช้พลังงาน 61 วัตต์ (Philips Lighting, 2017) ก็จะสามารถลดปริมาณพลังงานในแต่ละวันได้

เท่ากับ $120 \times 6 \times 61 = 43,920$ วัตต์.ชั่วโมง หรือเท่ากับ $30 \times 43,920 / 1000 = 1,317$ หน่วยต่อเดือน คิดค่าไฟฟ้าที่ 5 บาทต่อหน่วยจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายลงไปได้ 6,588 บาทต่อเดือน หากมีการปรับวงจรระบบความสว่างสอดคล้องตาม Daylight Zone

อย่างไรก็ตามการปรับดวงโคมเพื่อให้การเปิดปิดดวงโคมให้มีความสอดคล้องกับการกระจายแสงธรรมชาติที่เข้ามาในอาคาร มีความเหมาะสมและควรดำเนินการแต่มีข้อจำกัดเรื่องการปรับเปลี่ยนวงจรที่อาจจะทำได้ยากและอาจกระทบการใช้งาน เนื่องจากระบบการเชื่อมต่อเพิ่มเติมดวงโคมที่ผ่านมามีการดำเนินการหลายช่วงเวลา โดยทีมช่างคนละชุด ทำให้การดำเนินการเปลี่ยนต้องทำการเดินสายไฟฟ้าทั้งระบบ แนวทางในการดำเนินการตามข้อเสนอแนะที่เหมาะสมและสามารถดำเนินการได้เลย ได้แก่ (1) การใช้หลอดไฟที่มี Photo Sensor เพื่อเปิดปิดอัตโนมัติตามปริมาณแสงธรรมชาติ เนื่องจากไม่จำเป็นต้องทำลงทุนสูง (2) การใช้อุปกรณ์ Photo Sensor ติดตั้งเพิ่มสำหรับโคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่อยู่บริเวณเดียวกัน และ (3) การแบ่งกลุ่มวงจรย่อยใหม่ สำหรับชุดดวงโคมที่สามารถปิด ในกรณีที่แสงจากธรรมชาติเพียงพอ ได้แก่พื้นที่ระเบียงโดยรอบอาคารภายนอก พื้นที่ใช้งานบริเวณที่ติดโถงกลางของอาคาร และบันไดหลัก เป็นต้น

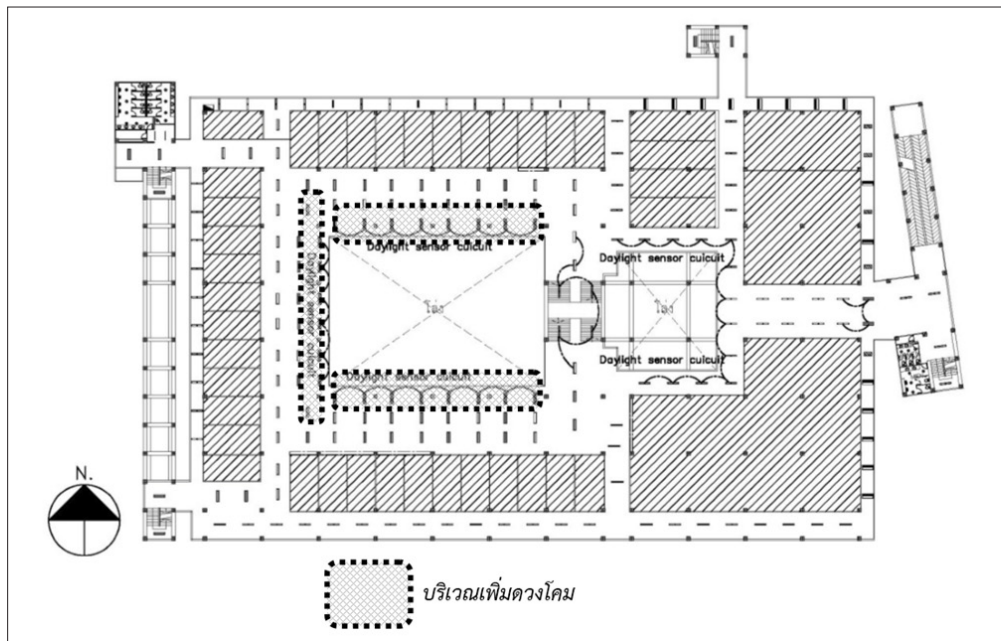


ภาพที่ 9 ผังดวงโคมที่ปรับปรุงเพิ่มเติมและวงจรแสงสว่างที่สอดคล้องกับการกระจายแสงธรรมชาติของ
ชั้นที่จอดรถ



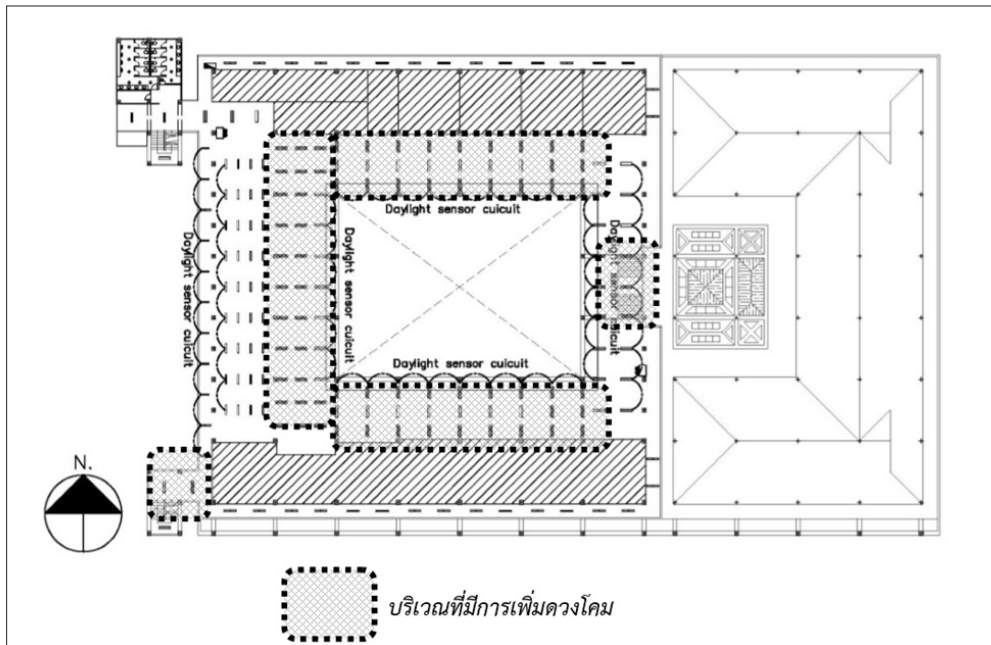
บริเวณเพิ่มดวงโคม

ภาพที่ 10 ผังดวงโคมที่ปรับปรุงเพิ่มเติมและวงจรแสงสว่างที่สอดคล้องกับการกระจายแสงธรรมชาติของชั้นที่ 1



บริเวณเพิ่มดวงโคม

ภาพที่ 11 ผังดวงโคมที่ปรับปรุงเพิ่มเติมและวงจรแสงสว่างที่สอดคล้องกับการกระจายแสงธรรมชาติของชั้นที่ 2



บริเวณที่มีการเพิ่มดวงโคม

ภาพที่ 12 ผังดวงโคมที่ปรับปรุงเพิ่มเติมและวงจรแสงสว่างที่สอดคล้องกับการกระจายแสงธรรมชาติของพื้นที่ 3

ตารางที่ 9 ปริมาณแสงเฉลี่ย (E_{av}) ในเวลากลางวัน ภายใต้แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ของพื้นที่ชั้นที่ 2 หลังการปรับปรุง

Zone	Visual Task	มาตรฐานแสงสว่างขั้นต่ำ (lx)	เปิดดวงโคมทุกโคม	ปิดโคมใน Daylight Zone	มาตรฐานแสงสว่าง
			E_{av} (lx)	E_{av} (lx)	
N	ทานอาหาร	200	257.5	209.0	ผ่าน
S1	ทานอาหาร	200	261.8	228.0	ผ่าน
W	ทานอาหาร	200	313.8	256.8	ผ่าน
E1	บันได	50	123.3	107.5	ผ่าน
E2	ทางเดิน	50	276.5	268.3	ผ่าน
S2	ทางเดิน	50	4,336.0	4,334.8	ผ่าน
SW	ทางเดิน	50	1,943.8	1,941.8	ผ่าน
NW	ทางเดิน	50	477.0	475.5	ผ่าน

- การปรับช่วงเวลาใช้งานพื้นที่ชั้นที่ 3

ในช่วงเวลาใช้งานปกติพื้นที่ ชั้นที่ 3 มีผู้ใช้งานต่ำ ลดลงหลังเวลา 19.00 น. มีความเหมาะสมและสามารถดำเนินการได้โดยเปิดปิดตามช่วงเวลาการทำงานของแม่บ้านประจำอาคาร โดยให้ปิดเวลา 22.00 น. และเปิด

ใช้งานตอนเช้าในเวลา 7.00 น. โดยต้องทำประตูเพื่อกันทางขึ้นบริเวณทางขึ้น ชั้นที่ 2 ไป ชั้นที่ 3 ที่ส่วนของบันได และใช้เจ้าหน้าที่ในการตรวจสอบดูแลการเปิดปิดพื้นที่ การปรับปรุงโดยแนวทางนี้จะช่วยลดการใช้ดวงโคมที่ชั้นที่ 3 ไปได้ 9 ชั่วโมง จำนวนดวงโคมในชั้นที่ 3 เท่ากับ 193 โคม เพื่อการมองเห็นและบรรยากาศในการมองเห็น ทำให้รู้สึกปลอดภัย หากพิจารณาลดจำนวนดวงโคมลงเหลือ 46 ดวงโคม บริเวณรอบโถงส่วนกลางและโถงบันได ทำให้ดวงโคมที่เหลือ 147 โคม ไม่ได้เปิดในชั้นที่ 3 หลังจากปิดพื้นที่ เมื่อพิจารณาที่พลังงานของโคมที่ 61วัตต์ ดังนั้นสามารถประหยัดพลังงานลงไปได้เท่ากับ $147 \times 9 \times 61 = 80,703$ วัตต์.ชั่วโมง หรือเท่ากับ 80.7 หน่วยต่อวัน เมื่อพิจารณาพลังงานที่สามารถลดลงได้ใน 1 เดือนเท่ากับ $80.7 \times 30 = 2,421$ หน่วยต่อเดือน เมื่อคิดค่าไฟฟ้าเท่ากับ 5 บาทต่อหน่วย จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในระบบลงไปได้เท่ากับ $2,421 \times 5 = 12,105$ บาทต่อเดือน

- การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์เพื่อลดการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

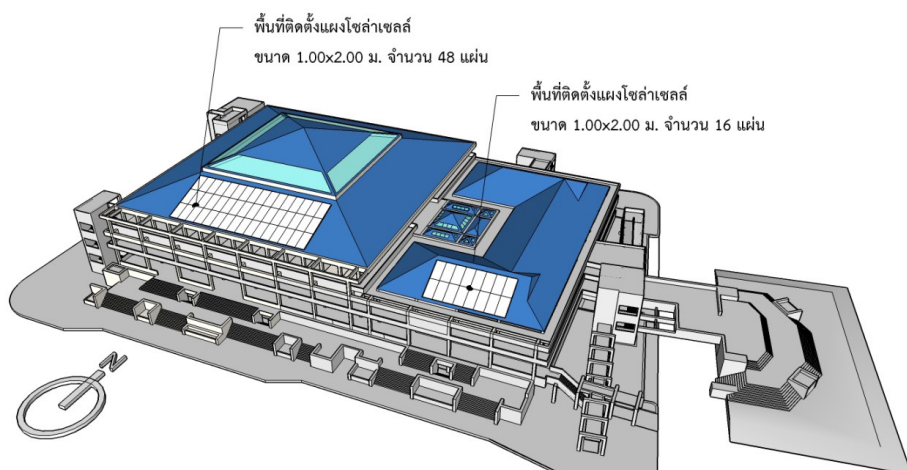
การใช้พลังงานในระบบแสงสว่างของอาคารร่วมกับการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ เพื่อช่วยผลิตพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง เมื่อพิจารณาลักษณะอาคารสามารถติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนหลังคาด้านทิศใต้ โดยพื้นที่ในการติดตั้งบนหลังคาด้านทิศใต้มี 2 ส่วน ขนาด 4×8 เมตร และ 6×16 เมตร สามารถติดตั้งแผงโซล่าเซลล์มีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีขนาดแผ่น 1×2 เมตร ผลิตกระแสไฟฟ้าได้แผ่นละ 300 วัตต์ ได้ จำนวน 16 และ 48 แผ่น รวมทั้งหมด 64 แผ่น ดังแสดงในภาพที่ 13 และต่อตรงเข้ากับ เครื่องแปลงกำลังไฟฟ้า (Inverter) ที่ต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้เครื่องประมวลผลเชิงสัญญาณ Phase Shift Sine Wave ของเครื่องแปลงกำลังไฟฟ้าให้มีลูกคลื่น (Sine wave) และ รอบไฟฟ้า (Cycle) ตรงกันกับของระบบการไฟฟ้า เป็นแหล่งจ่ายไฟเมื่อต่อร่วมกับระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารเพื่อใช้งานร่วมกันในช่วงเวลากลางวัน

หลักการอย่างง่ายในการคำนวณพลังงานที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ที่ติดตั้งบนหลังคานี้ ได้แก่ (ร้านเก็บตะวันเทคโนโลยี แอนด์ มีเดีย, 2559; Aim Tech General Co., 2560) แผงโซล่าเซลล์ จำนวน 64 แผง ขนาด 300 วัตต์ ผลิตกำลังได้รวม 19,200 วัตต์ หากคิดประสิทธิภาพของแผงที่ 80% ทำให้ได้พลังงานใช้จริง 15,360 วัตต์ ค่าเฉลี่ยของเซลล์แสงอาทิตย์ทำงาน 5 ชั่วโมงต่อวัน สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 76,800 วัตต์.ชั่วโมงต่อวัน และใน 1 ชั่วโมงที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ จะทำให้สามารถ จ่ายไฟให้กับดวงโคมที่ใช้หลอด T5- 28 วัตต์จำนวน 2 หลอดต่อโคม ซึ่งมีการใช้พลังงานของโคมที่ 61 วัตต์ (Philips Lighting, 2017) ได้เท่ากับ $15,360 / 61 = 251$ ดวงโคม หากพิจารณาช่วงเวลากลางวัน จำนวนดวงโคมหลังจากการปรับปรุงและทำการเปิดเฉพาะในชั้นที่จอดรถและ ชั้นที่ 1 มีจำนวน 292 ดวงโคม เมื่อลดจำนวนดวงโคมที่ปิดสำหรับ Daylight zone จะเหลือจำนวนโคมที่ต้องเปิดใช้งานในเวลากลางวันของที่จอดรถและชั้นที่ 1 เท่ากับ 226 ดวงโคม ก็จะสามารถใช้พลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ที่ติดตั้งนี้เพื่อให้ความสว่างแก่อาคารชั้นที่จอดรถและ ชั้นที่ 1 ได้อย่างน้อย 5 ชั่วโมง ใน 1 วัน ส่วนที่เหลือ $251 - 226 = 25$ ดวงโคมที่ไม่ได้ใช้จากไฟฟ้าที่ผลิตได้ คิดเป็น 1,525 วัตต์ใน 1 ชั่วโมง จะสามารถเข้ากับพัดลมโคจรติดผนังขนาด 78 วัตต์ (บริษัท ซีโอแอล จำกัด (มหาชน), 2560) ได้อีก 19 ตัว

ตารางที่ 10 แสดงประมาณการราคาต้นทุนการติดตั้ง และการคำนวณวิเคราะห์จุดคุ้มทุนแบบง่าย สำหรับการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์เพื่อนำมาใช้ในอาคาร หากคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่สามารถลดลงไปได้ดังนี้ จากระบบโซล่าเซลล์นี้ ผลิตพลังงานต่อปีได้เท่ากับ $76,800 \times 30 \times 12 / 1,000 = 27,648$ หน่วย หากคิดค่าไฟฟ้าที่ 5 บาทต่อหน่วย จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าไปได้เท่ากับ 138,240 บาทต่อปีการคืนทุนของระบบอยู่ที่ประมาณ $930,900 / 138,240 = 6.73$ ปี

ตารางที่ 10 ต้นทุนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ให้กับอาคาร (ร้านเก็บตะวันเทคโนโลยี แอนด์ มีเดีย, 2559; บจก.เอเน็กซ์ เทคโนโลยี, 2560)

รายการ	จำนวน	ราคา (บาท)	รวมราคา (บาท)
PV Panel 300W	64	7,000.00	448,000.00
Inverter Ongrid Connected 3 Phase- 17Kw	1	93,000.00	93,000.00
Inverter Ongrid Connected 3 Phase- 20Kw	1	115,000.00	115,000.00
Breaker, Surge protection, ground system	1	20,000.00	20,000.00
Mounting, fixer device	1	96,000.00	96,000.00
Cable and accessories	1	95,000.00	95,000.00
Installation and commission	1	63,900.00	63,900.00
รวมค่าดำเนินการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์			930,900.00



ภาพที่ 13 ตำแหน่งติดตั้งโซลาร์เซลล์เพื่อใช้ในระบบแสงสว่าง บนหลังคาด้านบนของอาคารด้านทิศใต้

สรุปผลการศึกษา

การตรวจสอบสภาพแสงสว่างของอาคารศูนย์อาหารและบริการ 1 แสดงให้เห็นว่าระบบแสงสว่างของอาคารมีปัญหาด้านปริมาณโดยเฉพาะเวลากลางคืนที่ควรต้องแก้ไขปรับปรุง เนื่องจากเป็นอาคารหลักของมหาวิทยาลัยที่รองรับบุคลากรและนักศึกษาจำนวนมากที่เข้ามาใช้อาคาร มีการเปิดใช้งาน 24 ชั่วโมง การปรับปรุงแสงสว่างเชิงคุณภาพของอาคารจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อการมองเห็นและทำงานในอาคารนี้ และการปรับปรุงด้านประสิทธิภาพของระบบแสงสว่างทำให้อาคารประหยัดพลังงานเพิ่มมากขึ้น หากมีการดำเนินการเพื่อการปรับเปลี่ยนวงจรการเปิดปิดดวงโคมเพื่อให้สัมพันธ์กับแสงธรรมชาติ และนอกจากนั้นการจัดการพื้นที่ใช้งานเพื่อปิดพื้นที่ชั้นที่ 3 จะทำให้ลดปริมาณพลังงานลงไปได้เท่ากับ 3,738 หน่วยต่อเดือน หรือ 18,690 บาทต่อเดือน การติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์จะสามารถใช้กับระบบไฟฟ้าแสงสว่างในชั้นที่จอดรถและ ชั้นที่ 1 ได้อย่างต่ำ 5 ชั่วโมง และมีจุดคุ้มทุนที่ 6.73 ปี

นอกจากนั้นระเบียบวิธีวิจัยที่ใช้ในการศึกษานี้ สามารถใช้เพื่อเป็นตัวอย่างการศึกษาระบบแสงสว่างในอาคารอื่นๆ ที่มีการใช้งานในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนและไม่มีการปรับอากาศ หรือช่วยปรับให้ประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างในอาคารเหมาะสมสำหรับการใช้งานหรือมีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารที่มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นให้การสนับสนุนทุนวิจัยในโครงการวิจัยสถาบัน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2559 และขอขอบคุณ สำนักงานบริหารจัดการทรัพยากรสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล การสัมภาษณ์ และข้อเสนอแนะประกอบการวิเคราะห์ผลการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

- กฎกระทรวงมหาดไทย. 2537. **กฎกระทรวง ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522**, กฎกระทรวงมหาดไทย. กรุงเทพฯ: กระทรวงมหาดไทย.
- กระทรวงแรงงาน. 2549. **กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง สำหรับพื้นที่ต่างๆ ในการทำงาน และอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ: กระทรวงแรงงาน.
- จักรกฤษณ์ จันทศิริ และ สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐนันท์. 2558. “ความแม่นยำของแบบจำลองแสงสว่างจากท้องฟ้าเพื่อการประยุกต์ใช้งานแสงธรรมชาติ ร่วมกับแสงประดิษฐ์ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย”. ใน **การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7**. ตริ่ง: ECTI-CARD 2015. หน้า 144-147.
- ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล. 2560. “ปัญหาแสงสว่างในอาคารของอาคารศูนย์อาหารและบริการ 1 มหาวิทยาลัยขอนแก่น”. ใน **การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอาคารด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 4**. ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล. (บรรณาธิการ). ขอนแก่น: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 203-214.
- เสริม จันทร์ฉาย, จรุงแสง ลักษณะบุญส่ง, จรุงแสง ลักษณะบุญส่ง, Manual Nunez, อิศระ มะศิริ, กรทิพย์ โต๊ะสิงห์, ประสาน ปานแก้ว, รุ่งรัตน์ วัฒนา, เนตรนภา ชิวปรีชา, สุดารัตน์ สุนทรโรภาส, อรอนงค์ แซ่มเล็ก และใหม่เทียน จันทโชติ. 2547. **การพัฒนาแผนที่และฐานข้อมูลศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- Chirarattananon, S. and Limmechokchai, B. 1996. “Daylight potential in Thailand”. **Energy Sources**. 18(1): 875-883.
- Chirarattananon, S., Chaiwiwatworakul, P. and Pattanasethanon, S. 2002. “Daylight availability and models for global and diffuse horizontal illuminance and irradiance for Bangkok”. **Renewable Energy**. 26:(1): 69-89.
- CIBSE. 1994. **CIBSE Code for Interior Lighting**. London: CIBSE.
- Hopkinson, R. G. and Kay, J. D. 1972. **The Lighting of Buildings**. London: Faber and Faber.
- IESNA. 2003. **IESNA Lighting Handbook**. New York: IESNA.

Philips Lighting. 2017. **Philips Product Selector 5.2.9.17**. Eindhoven: Philips Lighting Holding B.V.
Pritchard, D. C.. 1999. **Lighting**. Essex: Longman.
Wattyl Australia. n.d.. **Wattyl Colour Designer Fandek**. n.p.: Wattyl Australia

ฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

บจก.เอเน็กซ์ เทคโนโลยี. 2560. “รายการสินค้า On Grid อินเวอร์เตอร์.” [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 22 กันยายน 2560]. เข้าถึงได้จาก http://www.mechashop.com/store/product/โซล่า_อินเวอร์เตอร์-1772935-th.html.
ร้านเก็บตะวันเทคโนโลยี แอนด์ มีเดีย. 2559. เอกสารเสนอราคาการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ขอนแก่น. [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 1 มิถุนายน 2559]. เข้าถึงได้จาก <https://www.kebtawansolarcell.com/>
Aim Tech General Co., L. 2560. “การคำนวณจุดคุ้มทุน.” [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 23 กันยายน 2560]. เข้าถึงได้จาก <http://www.aimtechgen.com/index.php/article/29-the-cms/24-2016-01-18-08-49-32.html>.
DIALux. 2016. “DIALux” Version 4.13. [Online] [Retrieved June 20, 2016]. Available from <http://www.dial.de>.
Illuminating Engineering Association of Thailand. 2005. “Minimum illuminance for interior tasks and activities.” [Online] [Retrieved September 1, 2016]. Available from <http://www.tieathai.org/know/general/lux.htm>.