

การใช้ร่มเงาพรรณไม้เพื่อลดอุณหภูมิของกรอบอาคาร

THE USE OF SHADE TREES TO REDUCE THE TEMPERATURE OF THE BUILDING

ธนาวุฒิ ขุนทอง*, มณฑล จันทน์แจ่มใส, ศุภลักษณ์ ใจเรือง, พัทธา สืบศิริ, ศุภกิจ สดสี,
อภัยนันท์ จิตรโรจนรักษ์, วรัญญ์ ศิริวรรณ และรุจิราภา งามสระคู
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร 10220

Thanawuth Khunthong*, Monton Janjamsai, Supalux Jairuang, Pattra Seubsiri, Supakit Sodsie
Attayanon Jitrojarnarak, Waranyoo Siriwan, and Rujirapa Ghamsaku
Architecture Program, Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok. 10220
*tkunt_2002@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยศึกษาประสิทธิภาพร่มเงาของพรรณไม้เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร ส่งผลให้เกิดการประหยัดการใช้พลังงานของอาคาร มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างองค์ความรู้ในการใช้ประโยชน์จากร่มเงาพรรณไม้ยืนต้นที่เหมาะสมเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ ขอบเขตของการวิจัย เน้นการสำรวจเก็บข้อมูลด้านพรรณไม้ยืนต้นและวัดข้อมูลสภาพอุณหภูมิอากาศของอาคารกรณีศึกษา คือ อาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่มีสภาพแวดล้อมพรรณไม้ยืนต้นหนาแน่นรอบบริเวณอาคาร เพื่อทดลองและวิเคราะห์ศักยภาพพรรณไม้ด้านอิทธิพลของร่มเงาเพื่อการบังแดดให้กับอาคาร การวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร (OTTV) และสรุปผลประสิทธิภาพร่มเงาพรรณไม้และประเมินค่าการประหยัดพลังงานของอาคาร ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) ลักษณะของพรรณตามสภาพแวดล้อมของอาคารกรณีศึกษา ประกอบด้วย ชนิดของพรรณไม้, ขนาดพรรณไม้, การให้ร่มเงา (Shade) และ 2) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร ทั้งนี้ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับก็เพื่อสร้างองค์ความรู้ในการใช้พรรณไม้ที่เหมาะสม บังแดดและให้ร่มเงากับอาคาร ซึ่งจะส่งผลต่อการประหยัดพลังงานในอาคารและสามารถให้คนทั่วไปนำไปใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม

ผลการวิเคราะห์ พบว่า พรรณไม้ยืนต้นรอบอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร มีศักยภาพสูงสุดสามารถป้องกันมุมโปรไฟล์ของดวงอาทิตย์ที่มีผลกระทบต่อนั่ง ในช่วงเวลา 8.00 น.

ถึง 18.00 น. ตลอดทั้งปีนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ คือ 1) การกำหนดทิศทางการปลูก และ 2) กำหนดระยะการปลูก ที่สัมพันธ์กับทิศทางของผนังอาคาร และสรุปได้ว่าอุณหภูมิอากาศที่ทดลองวัดค่าจากผนังอาคารทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ไม่ได้มีอุณหภูมิอากาศในระดับสูงตามผลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารที่ได้แสดงผล แต่พบว่าการที่อุณหภูมิอากาศต่ำกว่าค่าคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร เป็นผลจากอิทธิพลจากค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของพรรณไม้ยืนต้น ซึ่งไม่มีกำหนดไว้ในโปรแกรมคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร นับเป็นค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของต้นไม้ ที่เกิดจากความหนาแน่นของพุ่มใบ เป็นอิทธิพลร่มเงาพรรณไม้เพื่อลดอุณหภูมิกรอบอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ. 2542) เป็นตัวแปรสำคัญในการควบคุมรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการบังเงา แสดงด้วยค่า S.C. (Shading Coefficient) จากอิทธิพลของพรรณไม้ ที่มีขนาดความสูงและความกว้างของพุ่มใบ มีการกำหนด 1) ทิศทางการปลูก และ 2) ระยะการปลูก ทำให้ให้เกิดประสิทธิภาพร่มเงาของพรรณไม้ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร ส่งผลให้เกิดการประหยัดการใช้พลังงานของอาคาร

คำสำคัญ: พรรณไม้ยืนต้น ร่มเงาพรรณไม้ อุณหภูมิอากาศ กรอบอาคาร

ABSTRACT

The researchers studied the shade of trees. To be useful in reducing the heat of the building. As a result, the savings in energy consumption of the building. The objective is to build knowledge in the use of shade tree species appropriate to reduce the heat transfer efficiency of the building. Scope of Research The survey collected information on the tree species and measured data of temperature of the case study is building 12 (PCC) phranakhon rajabhat university. The perennial plant environment around the building. For testing and analyzing the potential of plants to suit the influence of shade to shade the building, an analysis of the heat transfer of the building, the performance shade trees and estimated energy savings. Building. The variables used in this study were 1) the nature of the vegetation surrounding the case study include species of trees, large trees, the shade (Shade) and 2) the heat of the building (OTTV). The benefits expected to be received. Is to build knowledge of the appropriate species. Sun and shade the building. Which will result in energy savings in buildings and the public can take to benefit substantially.

The results showed that the tree species with the highest potential. Can prevent the pro RECEIVERS The sun's effect on the wall during 8.00 am. To 18.00. Throughout the year, based on the two key factors: 1) the direction to grow and 2) set to grow. Relative to the direction of the facade. And concluded that the experimental temperature measurements from the SW wall of the building does not have a temperature as high as a result of the calculation is OTTV display. However, the air temperature is below the calculated OTTV as a result of the influence of shading coefficient of species. Which is not defined in the program calculates the OTTV. For the shading coefficient of the tree. Caused by the density of the leaves. The influence shade trees to reduce the temperature of the building. This was an important factor in controlling the heat from the sun. Depending on performance, indicated by the shading SC (Shading Coefficient) the influence of vegetation. The height and width of the leaves. And are 1) the direction to grow and, 2) the planting could be effective shade of trees. That can be utilized to reduce the heat of the building. As a result, the savings in energy consumption of the building.

Keywords: Trees, Shade trees, Air temperature, Building envelope

บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้นแถบศูนย์สูตร ทำให้สภาพภูมิอากาศมีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดทั้งปี มีปัจจัยด้านแสงแดด ลม อุณหภูมิ และความชื้นที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอก ความร้อนแรงของแสงแดดในสภาพภูมิอากาศเขตร้อน เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องอุณหภูมิความร้อนภายในอาคาร (ประวีรพรณอมรพงศ์. 2544) และส่วนใหญ่จะแก้ปัญหาความร้อนภายในอาคารโดยวิธีการใช้เครื่องปรับอากาศ ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ตามที่ต้องการและช่วยทำให้ภายในอาคารมีบรรยากาศอยู่ในสภาวะอุณหภูมิ

สบายได้การควบคุมป้องกันความร้อนและแสงแดดจากดวงอาทิตย์ โดยการใช้พืชพรรณมาเป็นเครื่องมือในการป้องกันแสงแดด เป็นแนวทางหนึ่งในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร (ตริงใจ บุรณสมภพ. 2521) โดยได้มีการผลวิจัยของ IPCC (International Panel Climate Chance) พบว่า พืชพรรณมีประสิทธิภาพในการสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์ได้ดี สามารถควบคุมไม่ให้อุณหภูมิอากาศในบริเวณเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการศึกษาในด้านประสิทธิภาพของพรรณไม้เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร ส่งผลให้เกิด

การประหยัดการใช้พลังงานของอาคารเพื่อสร้างองค์ความรู้ในการใช้ประโยชน์จากร่มเงาพรรณไม้ยืนต้นที่เหมาะสมเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

ขอบเขตของการศึกษาวิจัยเน้นการสำรวจเก็บข้อมูล ด้านพรรณไม้ยืนต้นและตรวจวัดข้อมูลสภาพอุณหภูมิอากาศของอาคารกรณีศึกษาโดยขอบเขตของการวิจัย โดยศึกษาข้อมูลพรรณไม้ยืนต้นรอบบริเวณอาคารกรณีศึกษา ศึกษามาตรฐานรูปพรรณของไม้ยืนต้นทำการทดลองและการวิเคราะห์พรรณไม้ถึงความเหมาะสมเพื่อการบังแดดให้กับอาคารกรณีศึกษา วิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร เพื่อสรุปผลประสิทธิภาพร่มเงาพรรณไม้และประเมินค่าการประหยัดพลังงานของอาคาร โดยมีค่าตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยคือ (1) ลักษณะทางกายภาพของพรรณไม้ยืนต้นที่มีอิทธิพลต่อการให้ร่มเงาเพื่อปรุงแต่งสภาพแวดล้อม ประกอบด้วย (1.1) ชนิดของพรรณไม้ยืนต้น (1.2) ลักษณะกายภาพพรรณไม้ยืนต้น (1.3) ลักษณะการแผ่ร่มเงา (1.4) สภาพแวดล้อมของอาคารกรณีศึกษา (2) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร (OTTV)

วิธีการ

การใช้ร่มเงาพรรณไม้เพื่อลดอุณหภูมิของกรอบอาคาร มีขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาสภาพแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครและอาคารกรณีศึกษา อาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร

2. เก็บบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมอาคารกรณีศึกษา อาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร โดยเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ-ความชื้น (Data Logger)

2.1 เก็บบันทึกข้อมูลพรรณไม้ยืนต้นอาคารกรณีศึกษา

2.2 เก็บบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมอาคารกรณีศึกษา ประกอบด้วย

- อุณหภูมิอากาศ (Air temperature)	}	- ภายนอกอาคาร
		- ภายในอาคาร

2.3 เก็บบันทึกข้อมูลกรอบอาคาร (Building Envelop) อาคารกรณีศึกษา

3. ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ของกรอบอาคารกรณีศึกษา

4. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลทดลองการลดอุณหภูมิของกรอบอาคารจากอิทธิพลร่มเงาพรรณไม้

กำหนดตำแหน่งการวัดเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิอากาศระหว่างผนังภายนอกอาคารกับผนังภายในอาคาร จากนั้นทำการเปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างค่าอุณหภูมิอากาศของผนังทั้ง 4 ด้านและสรุปผลรวมค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยผนังภายในและผนังภายนอก โดยการวิจัยนี้ทำการ

ศึกษาลักษณะทางกายภาพที่สำคัญในการให้ร่มเงาของพรรณไม้ยืนต้นรอบบริเวณอาคาร โดยศึกษาข้อมูลสภาพแวดล้อม

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยเป็นการเลือกโดยใช้กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง คือ

1.1 มีผนังอาคารด้านที่มีร่มเงาจากพรรณไม้ตลอดทั้งปี

1.2 การเก็บข้อมูล มีความเป็นไปได้ในการขออนุญาตเข้าทำการเก็บข้อมูลสำรวจทดลองในสถานที่จริง

1.3 มีที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ภายใต้เขตเส้นรุ้งที่ 14 องศาเหนือ

ด้วยการศึกษาสำรวจสภาพแวดล้อมในสถานที่จริงเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลปัจจุบันรวมทั้งความเป็นไปได้ในการขออนุญาตทำการทดลองภายในและภายนอกอาคารกรณีศึกษา ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยจึงเลือกใช้ “อาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร” ซึ่งตั้งอยู่ที่เลขที่ 9 มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร เป็นอาคารกรณีศึกษา

2. กำหนดกลุ่มตัวอย่างการศึกษาชนิดและลักษณะของพรรณไม้ที่ศึกษา คือ

2.1 กำหนดเลือกตัวอย่างไม้ยืนต้นที่จะทำการศึกษาโดยวิเคราะห์จากกลุ่มพรรณไม้รอบบริเวณอาคารกรณีศึกษา

2.2 กำหนดเลือกตัวอย่างจากเฉพาะกลุ่มพรรณไม้ยืนต้นรอบบริเวณเท่านั้น

3. ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศในเดือนพฤษภาคม 2557 โดยใช้ฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา 20 ปี โดย Pre dif ข้อมูลรายเดือน

4. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลเสนอแนวทาง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ เครื่องวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ เครื่องมือที่เป็นแบบตารางสำรวจ และจะต้องทำการทดสอบตั้งมาตรฐานเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อที่จะสามารถบอกได้ว่าเครื่องมือวัด สามารถอ่านค่าได้เท่าเทียมกันภายใต้เงื่อนไขและสภาพแวดล้อมเดียวกัน การตั้งมาตรฐานเครื่องมือ จะช่วยให้สามารถนำค่าที่วัดมาเปรียบเทียบกับกันได้อย่างถูกต้อง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย

1. เครื่องบันทึกอุณหภูมิ-ความชื้น และจุดน้ำค้างเชื่อมต่อ USB DIGICON DL-TH-USB

1.1 บันทึกความชื้นได้สูงสุด 16,382 ค่า และอุณหภูมิได้สูงสุด 16,382 ค่า ที่ย่านตั้งแต่ 0-100% RH และ -35-+80 องศาเซลเซียส (-31-+176 องศาฟาเรนไฮต์)

1.2 แสดงจุดน้ำค้างด้วยการคำนวณในโปรแกรม Window control software

1.3 สามารถตั้งค่าและดาวน์โหลดข้อมูลที่เก็บไว้ โดยเสียบเข้าที่พอร์ท USB ของคอมพิวเตอร์และเรียกดูข้อมูลผ่านโปรแกรมที่รองรับ Window 98, 2000 XP และ Vista (32 bit) จากนั้นข้อมูลจะแสดงผลในรูปกราฟซึ่งสามารถพิมพ์ออกมา หรือส่งออกไปยัง

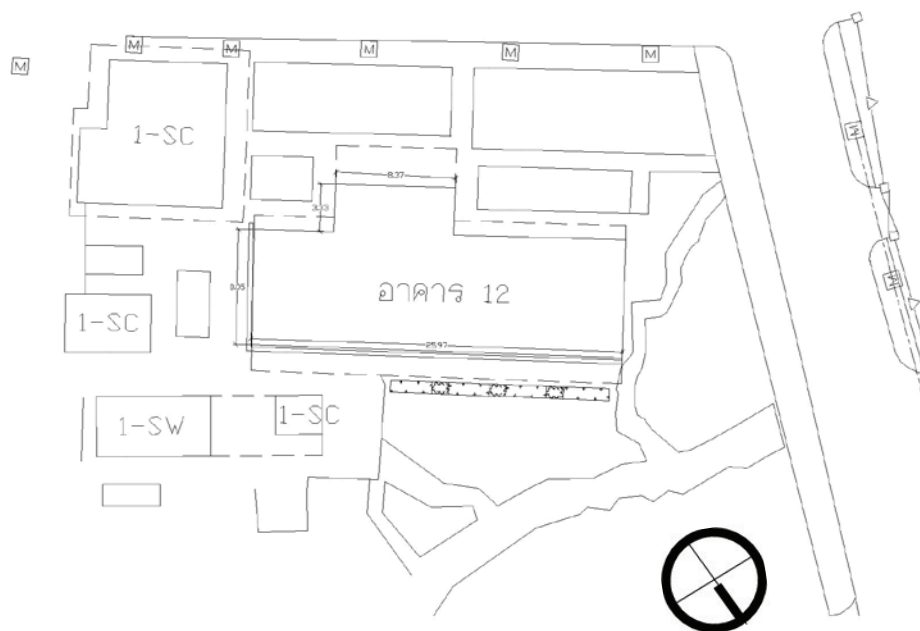
โปรแกรมอื่นๆที่ต้องการใช้งานได้

1.4 ตั้งค่าเทอร์สโพลการเตือน
อุณหภูมิ/ความชื้นด้านสูง-ด้านต่ำได้

2. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ คือ
เทอร์โมมิเตอร์ (ทำการปรับเทียบแล้ว) เครื่องมือ
ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิในแต่ละสถานที่
และตำแหน่ง ในเวลาเดียวกันต้องให้ผลตรงกัน
หรือสามารถนำมาปรับเทียบ (Calibrate) ให้อยู่
ในมาตรฐานเดียวกัน

อาคารกรณีศึกษา : อาคาร 12 ศูนย์
วัฒนธรรมพระนคร (อาคารศูนย์ PCC)

อาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร
(อาคารศูนย์ PCC) ก่อสร้างขึ้นในปีพุทธศักราช
2527 เดิมเป็นอาคารเกษตรศาสตร์ คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปัจจุบันได้เปลี่ยน
การใช้ประโยชน์เป็นอาคารสำนักงานราชการ
ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร (อาคารศูนย์ PCC)
ตัวอาคารมีสภาพดี มีการพัฒนาปรับปรุงเป็น
สำนักงาน มีสภาพโครงสร้างอาคารปานกลาง
ค่าระดับแปลนพื้นชั้นล่างของอาคารเมื่อเทียบกับ
กับถนนด้านหน้าอาคาร +0.90 ม. แสดง
ดังภาพที่ 1-5



ภาพที่ 1 ผังบริเวณอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร



ภาพที่ 2 สภาพด้านหน้าอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร



ภาพที่ 3 สภาพด้านซ้ายอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร

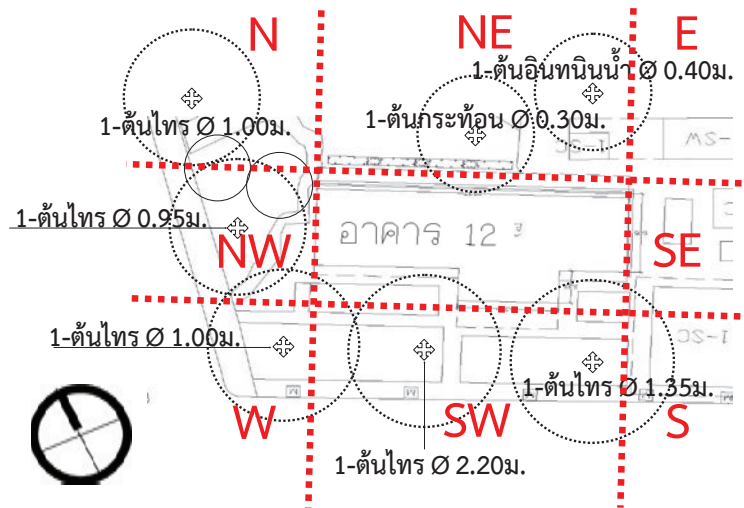


ภาพที่ 4 สภาพด้านหลังอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร



ภาพที่ 5 สภาพด้านขวาอาคารกรณีศึกษาอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร

จากการสำรวจสามารถกำหนดรายละเอียด ฝั่งแสดงทิศทาง จำนวน ชนิด และขนาดของพรรณไม้ (เอื้องพร วิสมหมาย และคณะ. 2542) รอบบริเวณอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร (ดังแสดงในภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 ผังแสดงทิศทาง จำนวน ชนิด และขนาดของพรรณไม้รอบบริเวณอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร

โดยมีรายละเอียดของพรรณไม้ยืนต้นในแต่ละทิศของผนังอาคาร ดูภาพที่ 6 ประกอบ ดังนี้

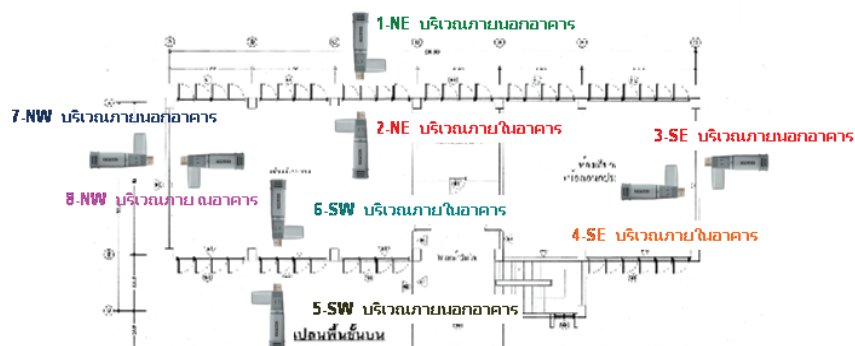
- 1) พรรณไม้ทิศเหนือ ปลุกต้นไทร ขนาด Ø 1.00 ม. สูงถึงยอดพุ่ม 10.00 ม.
- 2) พรรณไม้ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ปลุกต้นอินทนิลน้ำ ขนาด Ø 0.40 ม. สูงถึงยอดพุ่ม 10.00 ม. และต้นกระทุ้ง ขนาด Ø 0.30 ม. สูงถึงยอดพุ่ม 8.00 ม.
- 3) พรรณไม้ทิศตะวันออก, ทิศตะวันออกเฉียงใต้, ทิศใต้ –ไม่มีพรรณไม้ปลูก-
- 4) พรรณไม้ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ปลุกต้นไทร ขนาด Ø 2.20 ม. สูงถึงยอดพุ่ม 12.00 ม. ต้นไทร ขนาด Ø 1.35 ม. สูงถึงยอดพุ่ม 10.00 ม.
- 5) พรรณไม้ประจำทิศตะวันตก (W) ประกอบด้วยต้นไทร ขนาด Ø 1.00 ม. สูงถึงยอดพุ่ม 10.00 ม.
- 6) พรรณไม้ประจำทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) ประกอบด้วยต้นไทร ขนาด Ø 0.95 ม. สูงถึงยอดพุ่ม 10.00 ม.

การวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิอากาศของอาคารกรณีศึกษา

การทดลองได้ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของอาคารกรณีศึกษาโดยเก็บข้อมูล ตั้งแต่วันที่ 20 พฤษภาคม 2557 เวลา 11:00 น. ถึงวันที่ 23 พฤษภาคม 2557 เวลา 10:00 น. ทำการทดลอง ใน 2 สภาวะ คือ ตำแหน่งผนังภายนอกอาคาร และตำแหน่งผนังภายในอาคาร ดูจากตารางที่ 1 และภาพที่ 8

ตารางที่ 1 การกำหนดตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัด Data Logger

ลำดับ	รหัสเครื่องมือวัด Data Logger	ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัด
1	1-NE	ภายนอกอาคาร - ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
2	2-NE	ภายในอาคาร - ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
3	3-SE	ภายนอกอาคาร - ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้
4	4-SE	ภายในอาคาร - ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้
5	5-SW	ภายนอกอาคาร - ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้
6	6-SW	ภายในอาคาร - ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้
7	7-NW	ภายนอกอาคาร - ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ
8	8-NW	ภายในอาคาร - ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

อาคาร 12 : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(สำรองใช้เป็นศูนย์ PCC)

ภาพที่ 8 ตำแหน่ง Data Logger เพื่อการทดลองเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 20 พฤษภาคม 2557 เวลา 11:00 น. ถึงวันที่ 23 พฤษภาคม 2557 เวลา 10:00 น.

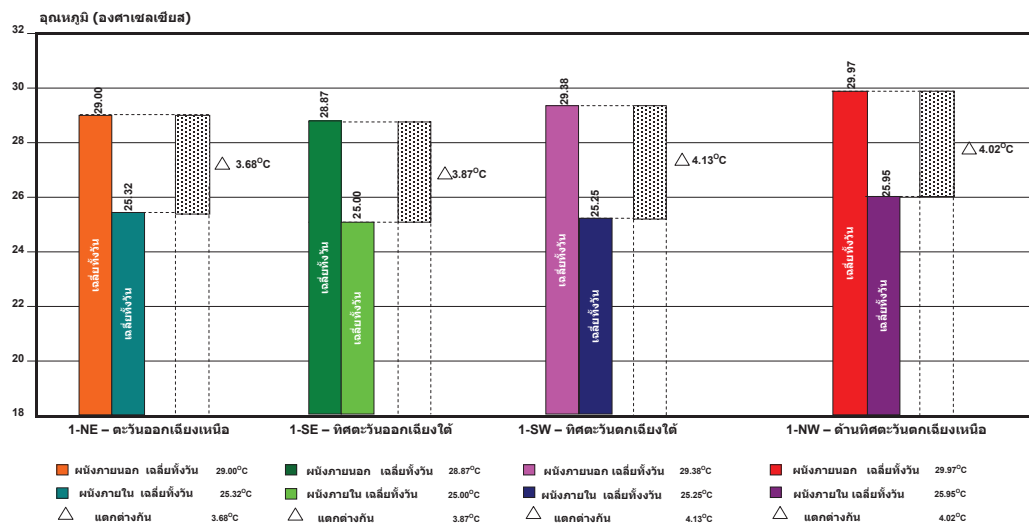
- | | |
|---|------------------------|
| 1. อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร 1-NE – ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ | } เปรียบเทียบ ชุดที่ 1 |
| 2. อุณหภูมิอากาศ ภายในอาคาร 1-NE – ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ | |
| 3. อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร 1-SE – ทิศตะวันออกเฉียงใต้ | } เปรียบเทียบ ชุดที่ 2 |
| 4. อุณหภูมิอากาศ ภายในอาคาร 1-SE – ทิศตะวันออกเฉียงใต้ | |

5. อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร 1-SW – ทิศตะวันตกเฉียงใต้ } เปรียบเทียบ ชุดที่ 3
 6. อุณหภูมิอากาศ ภายในอาคาร 1-SW – ทิศตะวันตกเฉียงใต้ }
 7. อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร 1-NW – ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ } เปรียบเทียบ ชุดที่ 4
 8. อุณหภูมิอากาศ ภายในอาคาร 1-NW – ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ }

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. ผลศักยภาพในการให้ร่มเงาของพรรณไม้โดยรอบอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนครพบว่า ทิศเหนือไม่มีร่มเงา, ทิศตะวันออกเฉียงเหนือมีร่มเงาให้กับผนังอาคารตลอดทั้งปี, ทิศตะวันออกไม่มีร่มเงา, ทิศตะวันออกเฉียงใต้ไม่มีร่มเงา, ทิศใต้ไม่มีร่มเงา, ทิศตะวันตกเฉียงใต้มีร่มเงาให้กับผนังอาคารตลอดทั้งปี, ทิศตะวันตกมีร่มเงาให้กับผนังอาคารตลอดทั้งปี และทิศตะวันตกเฉียงเหนือมีร่มเงาให้กับผนังอาคารตลอดปี

2. ผลเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศของอาคาร (ดูภาพที่ 9)



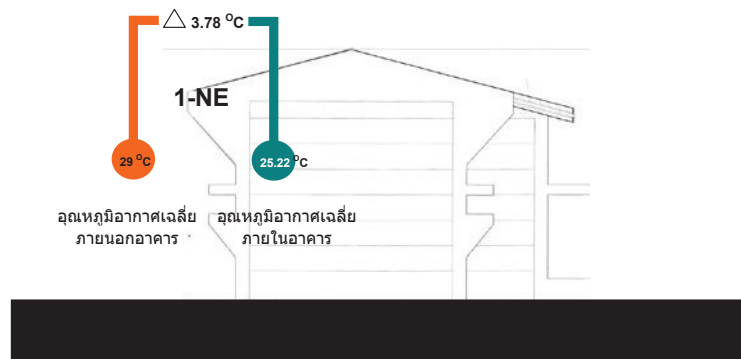
ภาพที่ 9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศทั้งวัน ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของผนังอาคาร

ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศทั้งวันและความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ จากการทดลองวัดค่าและเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ พบว่า

การเปรียบเทียบ ชุดที่ 1 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร 1-NE – ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือด้านที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศด้านที่มีแดดเฉลี่ยทั้งวัน อยู่ที่ 29.00°C ส่วนอุณหภูมิอากาศ

ภายในอาคาร 1-NE – ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งวันอยู่ที่ 25.32°C อุณหภูมิอากาศผนังภายในอาคารทั้งวัน ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศผนังภายนอกที่มีแดดทั้งวันเท่ากับ 3.68°C



ภาพที่ 10 สรุปผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยกลางวันของผนังอาคารด้าน 1-NE

การเปรียบเทียบ ชุดที่ 2 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ

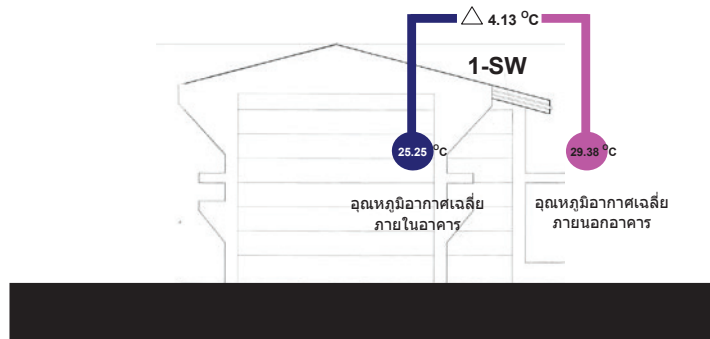
อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร 1-SE – ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ด้านที่มีแดดทั้งวัน เฉลี่ยอยู่ที่ 28.87°C ส่วนอุณหภูมิอากาศ ภายในอาคาร 1-SE – ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งวันอยู่ที่ 25°C ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยทั้งวัน สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยทั้งวัน เท่ากับ 3.87°C



ภาพที่ 11 สรุปผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยกลางวันของผนังอาคารด้าน 1-SE

การเปรียบเทียบ ชุดที่ 3 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศ ภายนอกอาคาร 1-SW – ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้เฉลี่ยทั้งวัน อยู่ที่ 29.38°C
 ส่วนอุณหภูมิอากาศ ภายในอาคาร 1-SW – ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้เฉลี่ยทั้งวันอยู่ที่ 25.25°C ซึ่งอุณหภูมิอากาศผนังภายใน ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยทั้งวัน
 เท่ากับ 4.13°C



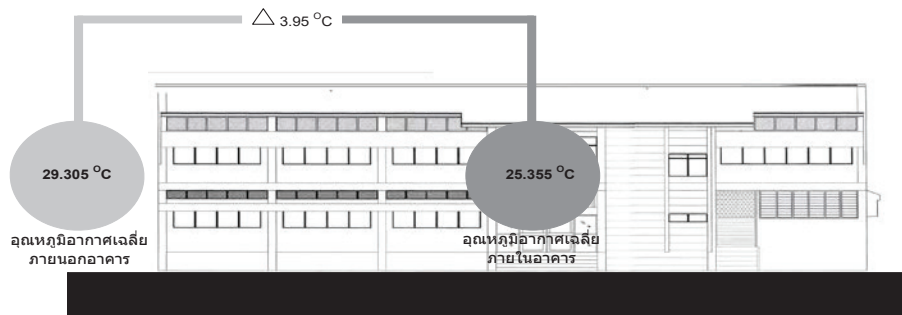
ภาพที่ 12 สรุปผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยกลางวันของผนังอาคารด้าน 1-SW

การเปรียบเทียบ ชุดที่ 4 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศ 1-NW – ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือเฉลี่ยทั้งวันอยู่ที่ 29.97°C ส่วนอุณหภูมิอากาศ ภายในอาคาร 1-NW – ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือเฉลี่ยทั้งวันอยู่ที่ 25.95°C ซึ่งอุณหภูมิอากาศผนังภายใน ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยทั้งวัน เท่ากับ 4.02°C



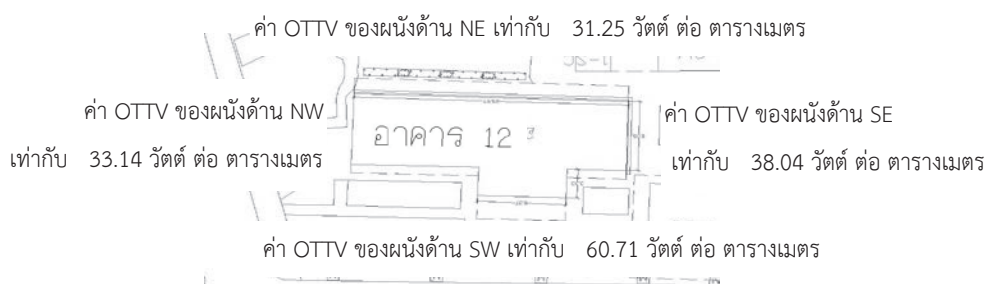
ภาพที่ 13 สรุปผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกลางวันของผนังอาคารด้าน 1-NW



ภาพที่ 14 สรุปผลต่างการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยภายในและภายนอกอาคาร

สรุปผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยทั้งวันเท่ากับ 29.305°C และอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยทั้งวันเท่ากับ 25.355°C สามารถสรุปผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศทั้งวัน มีความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างภายในอาคารกับภายนอกอาคาร เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ $\Delta 3.95^{\circ}\text{C}$ เปรียบเทียบเท่ากับสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศภายในลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 13.478% เมื่อเทียบกับอุณหภูมิภายนอก ผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม

OTTV ของอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร การคำนวณหาค่า OTTV และค่า RTTV โดยใช้โปรแกรม OTTVEE Version 1.0a เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดย สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2538) ค่า OTTV จากการวัดขนาดของผนังทึบ และผนังโปร่งแสงจากนั้นนำค่าที่วัดของแต่ละห้องในแต่ละชั้น มาคำนวณหาค่า OTTV โดยพบว่าทั้งอาคารมีค่า OTTV เฉลี่ย 42.99 W/m^2



ภาพที่ 15 สรุปค่า OTTV เฉลี่ย ของกรอบอาคารทั้งสี่ด้าน

สรุป

1. ผลการวิเคราะห์สามารถสรุปศักยภาพในการให้ร่มเงาของพรรณไม้โดยรอบอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนครดังนี้

- ทิศเหนือ (N) ศักยภาพพรรณไม้ต้นไทร ขนาด $\varnothing$ 1.00 เมตร ความสูงจากพื้นถึงยอดพุ่ม เท่ากับ 10.00 เมตร ไม่มีร่มเงาให้กับผนังอาคาร ตำแหน่งการปลูกพรรณไม้ไม่สัมพันธ์กับมุมแดดที่จะให้ร่มเงากับผนังอาคาร และไม่มีอิทธิพลของมุมโปรไฟล์แสงแดดที่กระทำต่อผนังในด้านนี้

- ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) ศักยภาพร่มเงาพรรณไม้ มีต้นอินทนิลน้ำ ขนาด $\varnothing$ 0.40 เมตร สูงจากพื้นถึงยอดพุ่ม เท่ากับ 10.00 เมตรและต้นกระท้อน ขนาด $\varnothing$ 0.30 เมตร สูงจากพื้นถึงยอดพุ่ม เท่ากับ 8.00 เมตร มีร่มเงาให้กับผนังอาคารตลอดทั้งปีปลูกพรรณไม้ขนาดใหญ่ ทรงพุ่มรูปไข่ ความสูงต้นมากกว่าหรือเท่ากับ 8 เมตร รัศมีทรงพุ่มมากกว่าหรือเท่ากับ 6 เมตร ไม่ผลัดใบ พุ่มใบหนาแน่นระดับปานกลาง และปริมาณการทิ้งใบอยู่ในระดับปานกลาง และไม่ทิ้งใบช่วงฤดูหนาว (สมจิต โยธะคง. 2540) กำหนดตำแหน่งปลูก คือ 1) ปลูกระยะห่างจากผนังเป็นมุมฉากห่างไม่เกิน 7.50 เมตร 2) ควรปลูกเป็นแนวตรงหรือปลูกเรียงแถวเป็นกลุ่มสลับฟันปลากับแนวผนังอาคาร

- ทิศตะวันออก (E) ไม่มีพรรณไม้ให้ร่มเงากับผนังอาคาร

- ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) ไม่มีพรรณไม้ให้ร่มเงากับผนังอาคาร

- ทิศใต้ (S) ไม่มีพรรณไม้ให้ร่มเงา

กับผนังอาคาร

- ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ศักยภาพร่มเงาของพรรณไม้ มีต้นไทร ขนาด $\varnothing$ 2.20 เมตรความสูงจากพื้นถึงยอดพุ่ม เท่ากับ 12.00 เมตรและต้นไทร ขนาด $\varnothing$ 1.35 เมตร ความสูงจากพื้นถึงยอดพุ่ม เท่ากับ 10.00 เมตร มีร่มเงาให้กับผนังอาคารตลอดทั้งปี ควรปลูกพรรณไม้ขนาดใหญ่ ทรงพุ่มรูปไข่ ความสูงต้นมากกว่าหรือเท่ากับ 12 เมตร รัศมีทรงพุ่มมากกว่าหรือเท่ากับ 8.50 เมตร เป็นไม้ไม่ผลัดใบ ความหนาแน่นของพุ่มใบระดับสูง และปริมาณการทิ้งใบอยู่ในระดับต่ำ (สมจิต โยธะคง. 2540) กำหนดตำแหน่งปลูก คือ 1) ปลูกระยะห่างจากผนังเป็นมุมฉากห่างไม่เกิน 8.50 เมตร 2) ควรปลูกเป็นแนวตรงหรือปลูกเรียงแถวเป็นกลุ่มสลับฟันปลากับแนวผนังอาคาร

- ทิศตะวันตก (W) ศักยภาพร่มเงาของพรรณไม้ ต้นไทรขนาด $\varnothing$ 1.00 เมตร ความสูงจากพื้นถึงยอดพุ่มเท่ากับ 10.00 เมตร มีร่มเงาให้กับผนังอาคารตลอดทั้งปี ควรปลูกพรรณไม้ขนาดใหญ่ ทรงพุ่มกลม ความสูงต้นมากกว่าหรือเท่ากับ 10 เมตร รัศมีทรงพุ่มมากกว่าหรือเท่ากับ 8 เมตร เป็นไม้ไม่ผลัดใบ ความหนาแน่นของพุ่มใบระดับหนาที่บ และปริมาณการทิ้งใบอยู่ในระดับต่ำ (สมจิต โยธะคง. 2540) การกำหนดตำแหน่งปลูก คือ ปลูกระยะห่างจากแนวผนังเป็นมุมฉากห่างไม่เกิน 8 เมตร 2) ควรปลูกในลักษณะเป็นกลุ่ม

- ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) ศักยภาพร่มเงาของพรรณไม้ มีต้นไทร ขนาด $\varnothing$ 0.95 เมตร ความสูงจากพื้นถึงยอดพุ่มเท่ากับ

10.00 เมตร มีร่มเงาให้กับผนังอาคารตลอดทั้งปี ควรปลูกพรรณไม้ไม้ขนาดกลาง ทรงพุ่มกลม ความสูงต้นมากกว่าหรือเท่ากับ 10 เมตร รัศมีทรงพุ่มมากกว่าหรือเท่ากับ 8.50 เมตร เป็นไม้ไม่ผลัดใบ ความหนาแน่นของพุ่มใบระดับหนาทึบ และปริมาณการทิ้งใบอยู่ในระดับน้อย (สมจิต โยธะคง. 2540) การกำหนดตำแหน่งปลูก คือ 1) ปลูกระยะห่างจากแนวผนังเป็นมุมฉากห่างไม่เกิน 8.50 เมตร 2) ควรปลูกในลักษณะเป็นกลุ่ม

โดยลักษณะทางกายภาพของพรรณไม้ยืนต้นที่มีอิทธิพลต่อการให้ร่มเงาของพรรณไม้สามารถสรุป ดังนี้

1. รูปร่าง ทรงพุ่มเรือนยอด
2. ประเภทของพรรณไม้
3. ขนาดของพรรณไม้
4. ความสูงต้นไม้เมื่อโตเต็มที่
5. ระยะขนาดของรูปทรงพรรณไม้
6. การผลัดใบตามฤดูกาล
7. ความหนาแน่นของพุ่มใบ
8. ปริมาณการทิ้งใบประจำวัน

ผลการวิเคราะห์พรรณไม้ยืนต้นที่มีศักยภาพสูงสุด สามารถป้องกันมุมโปรไฟล์ของดวงอาทิตย์ ที่มีผลกระทบต่อผนัง ในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 18.00 น.ตลอดทั้งปี ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ 2 ด้าน คือ 1) ทิศทางการปลูก และ 2) ระยะการปลูก ในการสร้างอิทธิพลร่มเงาต่อผนังอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศของอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร อุณหภูมิอากาศภายนอกของอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร เฉลี่ยทั้งวันเท่ากับ

29.305°C และอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยทั้งวันเท่ากับ 25.355°C สามารถสรุปผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศทั้งวัน มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างภายในอาคารกับภายนอกอาคาร เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ $\Delta 3.95^{\circ}\text{C}$

สรุปอิทธิพลจากร่มเงาพรรณไม้ต่อผนังโดยรอบอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร สามารถทำให้เกิดผลต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในอาคารเฉลี่ยเท่ากับ 3.95°C เปรียบเทียบเท่ากับสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศภายในลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 13.478% เมื่อเทียบกับอุณหภูมิภายนอก

3. ผลการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม OTTV ของอาคาร 12 ศูนย์วัฒนธรรมพระนคร สรุปโดยรวมทั้งอาคารมีค่า OTTV เฉลี่ยเท่ากับ 42.99 W/m^2 ขนาดพื้นที่ผนังทึบพื้นที่กระจกและการคำนวณค่า OTTV ของผนังอาคารในแต่ละด้าน พบว่า

3.1 ทิศทางผนัง NE มีพื้นที่ผนังทึบ (m^2) เท่ากับ 149.40 m^2 และพื้นที่ผนังโปร่งแสง (m^2) เท่ากับ 40.50 m^2 คำนวณค่า OTTV (w/m^2) ของผนังโดยรวม เท่ากับ 31.25 w/m^2

3.2 ทิศทางผนัง SE มีพื้นที่ผนังทึบ (m^2) เท่ากับ 65.70 m^2 และพื้นที่ผนังโปร่งแสง (m^2) เท่ากับ 4.30 m^2 คำนวณค่า OTTV (w/m^2) ของผนังโดยรวม เท่ากับ 38.04 w/m^2

3.3 ทิศทางผนัง SW มีพื้นที่ผนังทึบ (m^2) เท่ากับ 142.50 m^2 และพื้นที่ผนังโปร่งแสง (m^2) เท่ากับ 43.10 m^2 คำนวณค่า OTTV (w/m^2) ของผนังโดยรวม เท่ากับ 60.71 w/m^2

3.4 ทิศทางผนัง NW มีพื้นที่ผนังทึบ

(m²) เท่ากับ 72.40m² และพื้นที่ผนังโปร่งแสง (m²) เท่ากับ -ไม่มี-คำนวณค่า OTTV (w/m²) ของผนังโดยรวม เท่ากับ 33.14 w/m²

จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าการใช้ประโยชน์จากพรรณไม้เพื่อให้อาคารกับอาคารจะสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในลง ดังผลการวิจัยที่ได้แสดงไว้แล้วนั้นโดยการลดอิทธิพลของความร้อนจากแสงแดดให้กับอาคาร โดยสามารถค้นพบบทสรุปรูปแบบของการปลูกพรรณไม้เพื่อการลดอิทธิพลของความร้อนจากแสงแดด โดยมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

1. พิสูจน์จากทิศทางผนัง SW ที่คำนวณค่า OTTV (w/m²) ของผนังโดยรวมเท่ากับ 60.71 w/m²

2. พิสูจน์จากการทดลองวัดค่าอุณหภูมิอากาศผนังอาคารทิศ SW พบว่า

2.1 อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร 1-SW - ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ พบว่า อุณหภูมิอากาศภายในด้านที่มีแดดทั้งวัน อยู่ที่ 27.38°C อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ 34.40°C อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 21.20°C อุณหภูมิอากาศกลางคืนอยู่ที่ 27.04°C และอุณหภูมิอากาศกลางวันเฉลี่ยเท่ากับ 27.79°C

2.2 อุณหภูมิอากาศภายในอาคาร 1-SW - ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ด้านที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์อุณหภูมิอากาศภายในด้านที่มีร่มเงาทั้งวันอยู่ที่ 26.25°C อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ 31.00°C อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 19.30°C อุณหภูมิอากาศกลางคืนอยู่ที่ 26.46°C และอุณหภูมิอากาศกลางวันเฉลี่ยเท่ากับ 26.00°C

สามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิอากาศที่ทดลองวัดค่าอุณหภูมิอากาศ จากผนังอาคารทิศ SW ไม่ได้มีอุณหภูมิอากาศในระดับสูงตามผลจากการคำนวณค่า OTTV ที่ได้แสดงผล แต่พบว่าเป็นผลจากอิทธิพลจากค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของพรรณไม้ ซึ่งไม่มีกำหนดไว้ในโปรแกรมคำนวณค่า OTTV นับเป็นค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของต้นไม้ ที่เกิดจากความหนาแน่นของพุ่มใบ เป็นอิทธิพลร่มเงาพรรณไม้เพื่อลดอุณหภูมิรอบอาคาร ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการควบคุมรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ (กาญจนา สิริภักทวิช. 2541) ซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการบังเงาซึ่งแสดงด้วยค่า S.C. (Shading Coefficient) จากอิทธิพลของพรรณไม้ ที่มีขนาดความสูงและความกว้างของพุ่มใบ และมีการกำหนด 1) ทิศทางการปลูก และ 2) ระยะการปลูก จะทำให้ให้เกิดประสิทธิภาพร่มเงาของพรรณไม้ (สุดสวาด ศรีสถาปัตย์. 2531) ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร ส่งผลให้เกิดการประหยัดการใช้พลังงานของอาคาร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ นายกสภามหาวิทยาลัย และกรรมการสภามหาวิทยาลัย ที่ดำริโครงการทุนวิจัย 1 สาขา 1 งานวิจัย ให้เกิดขึ้น ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ท่านอธิการบดีรองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พรताल และผู้บริหารทุกท่าน รศ.ดร.วิชัย แหวนเพชร อธิการบดี รวมทั้งสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่ได้ให้โอกาส และให้การสนับสนุนทุนพัฒนาบุคลากรเพื่อการวิจัยในครั้งนี้ หากวิจัยหมายถึงการประมวลองค์ความรู้ทั้งหมดที่ได้เรียนมา คณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณ ครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้สั่งสอนวิชาความรู้มาโดยตลอด คุณประโยชน์อันพึงมาจากวิจัยฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. (2538). **คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

กาญจนา สิริภัทรวิช. (2541). **การใช้ไม้ยืนต้นในการปรับแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อลดการใช้พลังงานภายในอาคาร**. วิทยานิพนธ์หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ตรึงใจ บุรณสมภพ. (2521). **การออกแบบ**

สถาปัตยกรรมเมืองร้อนใน

ประเทศไทย. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ประวีวรรณ อมรพงศ์. (2544). **การปรับ**

สภาพแวดล้อมรอบอาคารด้วยวัสดุ

พืชพรรณธรรมชาติเพื่อสร้างสภาวะ

น่าสบาย. วิทยานิพนธ์หลักสูตร

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ

ทหารลาดกระบัง.

สุนทร บุญญาธิการ. (2542). **เทคนิคการ**

ออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน

เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ :

สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย.

สมจิต โยธะคง. (2540). **วัสดุพืชพรรณในการ**

จัดภูมิทัศน์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย

สุโขทัยธรรมาธิราช.

สุดสวาด ศรีสถาปัตย์. (2531). **การออกแบบ**

วัสดุพืชพรรณเพื่อการประหยัด

พลังงาน. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย.

เอี่ยมพร วิสมหมาย และคณะ. (2542).

พรรณไม้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม.

กรุงเทพฯ : พิมพ์ดี.