การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น

Optimizing The Environment for The Tropical Climate

ศศิธร ศรีเฟื่องฟุ้ง สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ อนงค์ศิริ เสาร์แก้ว ปฏิภาณ จันลือ
ภูวดล ภู่ศิริ และ อุษณีย์ มิ่งวิมล

Sasitorn Srifuengfung*, Suteewan Lohasuwan, Anongsiri Saokaew, Patipan Junlue, Phuwadon Phusiri and Usanee Mingvimol

สาขาสถาปัตยกรรม, สถาบันนวัตกรรมการศึกษาและการเรียนรู้ตลอดชีวิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
Department of Architecture, Innovation Education and Lifelong Learning Institute,
Rajamangala University of Technology Tawan-ok
**E-mail: sasitorn_sr@rmutto.ac.th Tel: 098-7493559*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ศึกษาหาตัวแปรการออกแบบภูมิทัศน์ที่ทำให้สภาพอากาศบริเวณรอบอาคาร ในระดับสภาพภูมิอากาศระดับพื้นที่ (Micro-climate) ที่จะทำให้สภาพอากาศเย็นลงหรือเพื่อให้ใกล้เคียงกับเขตสบายมากขึ้น งานวิจัยนี้ศึกษาพื้นที่บริเวณหน้าอาคารเทคโนโลยีภูมิทัศน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ จังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นที่ตั้งของพื้นที่งานวิจัยโครงการศึกษาต้นแบบห้องพักพลังงานแสงอาทิตย์ งานวิจัยนี้ศึกษาพื้นที่โดยรอบที่มีสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศเหมือนกัน แต่มีการจัดภูมิทัศน์แตกต่างกัน กำหนดพื้นที่ทำการวิจัย 4 ตำแหน่ง คือ 1. บริเวณเหนือลานคอนกรีต 2. บริเวณเหนือสนามหญ้า 3. บริเวณจัดภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าโปร่ง ใกล้บ่อน้ำ และ 4. บริเวณจัดภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าทึบ ใกล้บ่อน้ำ ทำการตรวจสอบอุณหภูมิ และความชื้น โดยติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ UNI-T A12T temperature Humidity Meter ทั้ง 4 จุด เหนือพื้นที่ใช้งานนั้นในระดับ 1.40 เมตร ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลาติดต่อกัน 4 วัน จากการทดลองพบว่า ตัวแปรที่ทำให้สภาพแวดล้อมแตกต่างกัน คือ 1. ผิวพื้นคอนกรีตและหญ้า สะสมความร้อนแตกต่างกัน 2. ร่มเงา พื้นที่ที่อยู่ในพื้นที่จัดสวนแบบป่าโปร่งและป่าทึบ พื้นผิวอยู่ใต้ร่มไม้ แสงแดดถูกสกัดกั้นจากพุ่มใบ ทำให้ผิวพื้นไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง และ 3. การเพิ่มความเย็นจากการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling) ผลการวิจัยนี้สรุปได้ว่าสภาพแวดล้อมที่เย็นที่สุด คือ สภาพแวดล้อมที่มีต้นไม้บดบังและแสงแดดตกลงกระทบพื้นผิวด้านล่างน้อย และในงานวิจัยนี้ได้ทำการเพิ่มการระเหยของน้ำให้กับบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่าอิทธิพลจากการระเหยของน้ำในบริเวณการจัดภูมิทัศน์แบบป่าโปร่งที่มีพุ่มใบไม่หนาทึบและใกล้บ่อน้ำ พบว่ามีอุณหภูมิเย็นกว่าบริเวณที่มีการจัดภูมิทัศน์แบบป่าทึบพุ่มใบหนาทึบ และยังพบอีกว่าบริเวณอาคารทดลองมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าบริเวณอากาศ 4 องศา ในช่วงร้อนสุดของวัน ด้วยอิทธิพลความเย็นที่เกิดขึ้นเป็นผลให้ความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารทดลองต่างกันประมาณ 4 องศา อิทธิพลดังกล่าวจะทำให้การถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าเดิมถึง 32.8% ซึ่งอาจสรุปได้ว่าการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมด้วยการเพิ่มการระเหยของน้ำ สามารถทำให้อุณหภูมิบริเวณนี้มีอุณหภูมิลดลงใกล้เคียงเขตสบายมากขึ้น

คำสำคัญ : ปรุงแต่งสภาพแวดล้อม ผิวพื้นคอนกรีตและหญ้า ร่มเงา ความเย็นการระเหยของน้ำ เขตสบาย

Abstract

This experimental research aims to find landscape design variables that affect the weather around the building. At the Micro-climate level, the weather will be cooler to get closer to the thermal comfort zone. The research areas were in front of the landscape technology building at Rajamangala University of Technology Tawan-ok Bang Phra Campus Chonburi Province, the location of the research area for the Sustainable Solar Cabin Prototype Study Project. The research study

areas with the same climate and topography were 4 locations as follows: 1. The area above the concrete yard 2. The area above the lawn. 3. The area with trees in a sparse forest style with a pond and 4. The area with trees in a dense forest style with a pond. The temperature and humidity were checked by installing the research tool the UNI-T A12T temperature Humidity Meters, which were installed at all 4 points above the area of use at a level of 1.40 meters above ground, 24 hours a day for 4 days. The research results found that the significant variables were 1. materials, concrete, and grass surface accumulated heat differently; 2. Shade: Areas in landscaping areas such as sparse forests and dense forests. The surface is under the shade of trees, sunlight is blocked by the leaves. This caused the surface to not receive direct sunlight and 3. Increasing cooling from water evaporation (Evaporative cooling). The research conclusion revealed that the coldest environment was the environment that was obscured by trees and sunlight falling on the surface. In this research, water evaporation was added to the study area. It was found that the influence of water evaporation was in the sparse forest landscaping area with not too dense foliage and near a pond. It was found that the temperature was cooler. The area was landscaped design with dense forest and dense foliage and found that the air temperature in the experimental building was 4 degrees lower than in the hottest part of the day. Due to the cooling influence that occurs, the temperature difference between outside and inside the experimental building was approximately 4 degrees. Such influence would cause the heat transfer to be 32.8% less than before, which might be concluded that the environment was manipulated by increasing the evaporation of water which can make the temperature in this area drop closer to the comfort zone.

Keywords : environmental improvement, concrete and grass surface, shade, water evaporation, comfort zone

1. บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อากาศร้อนทั้งในด้านของอุณหภูมิสูง ความชื้นสูง และการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์สูง การออกแบบภูมิทัศน์ที่ตอบสนองต่อสภาพอากาศสามารถสร้างสภาพอากาศระดับจุลภาคให้เย็นลงกว่าสภาพอากาศทั่วไป จะช่วยให้ทำให้พื้นที่ในเมืองน่าอยู่ และลดภาระการทำความเย็นในอาคารให้เกิดการประหยัดพลังงาน รวมไปถึงส่งผลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์ได้ สภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิคือสภาวะทางจิตใจที่บ่งบอกถึงความรู้สึกทั้งร่างกายและจิตใจที่รู้สึกพึงพอใจกับสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิเกิดจากความรู้สึกส่วนบุคคล (ASHRAE, 1992) สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers--ASHRAE) ได้กำหนดช่วงอุณหภูมิและความชื้นของสภาวะน่าสบายอยู่ที่ 22-27°C และมีช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 25-60% จากข้อมลูสถิติค่าเฉลี่ยคาบ 30 ปี ของชลบุรี ประเทศไทย พ.ศ. 2534-2563 ระบุว่า ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 28-34°C และมีช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 60-90% กล่าวได้ว่า สภาพอากาศโดยทั่วไปของชลบุรี การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมประเทศไทยมีปัญหาความไม่สบายเชิงอุณหภาพเมื่อเทียบกับมาตรฐานสากล

เท่าที่ผ่านมาปรากฏว่าการออกแบบภูมิทัศน์และการปรุงแต่สภาพแวดล้อมส่วนใหญ่ในประเทศไทย ไม่ได้ส่งเสริมให้บรรยากาศหรือภูมิอากาศสามารถเกิดความเย็นเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใช้ประโยชน์จากภูมิทัศน์ จะต้องเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยทำให้ภูมิอากาศดีขึ้น หรือใกล้ภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) มากที่สุด การออกแบบองค์ประกอบทางภูมิทัศน์ที่สำคัญสามารถช่วยให้อากาศเย็นลงได้คือต้นไม้ แหล่งน้ำ ยิ่งเลือกสรรค์ให้เหมาะสมก็ยิ่งเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างความเย็นในสภาพอากาศมากขึ้น การใช้ประโยชน์จากธรรมชาติโดยรอบมาประยุกต์ใช้ให้มากที่สุดก่อน ซึ่งในประเทศไทย

มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาน 35 องศาเซลเซียส (Boonyatikarn, 1999) ควรศึกษาหาวิธีที่จะทำการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้มีอุณหภูมิลดลง ใกล้ภาวะน่าสบายมากที่สุด งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาตัวแปรเพื่อศึกษาปัจจัยที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมอะไรบ้างที่ทำให้อุณหภูมิร้อนขึ้นหรือเย็นลง ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นในอากาศ ลม รังสีดวงอาทิตย์ การนำและการพาความร้อนจากพื้นดิน ร่มเงา ลักษณะการออกแบบองค์ประกอบของภูมิทัศน์ส่งผลให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ร้อนเย็นแตกต่างกัน การศึกษาหาตัวแปรเพื่อใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ เช่น ต้นไม้ ร่มเงาจากต้นไม้ ดินที่มีอุณหภูมิต่ำ แหล่งน้ำใกล้เคียง และลมที่พัดผ่าน ซึ่งคาดว่าวิธีการดังกล่าวจะสามารถลดอุณหภูมิความร้อนให้ต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกได้ และสามารถนำประโยชน์จากการที่ได้ศึกษาวิจัยในครั้งนี้ไปพัฒนาการออกแบบให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดได้

1.1 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.1.1 เพื่อศึกษาหาตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิแวดล้อมทำให้อุณหภูมิร้อนขึ้นและเย็นลงได้อย่างไร โดยศึกษาทั้งหมด 4 ตำแหน่ง ได้แก่ ลานคอนกรีต สนามหญ้า พื้นที่ป่าโปร่งใกล้บ่อน้ำ พื้นที่ป่าทึบใกล้บ่อน้ำ

1.1.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าหาความสามารถในการลดอุณหภูมิของของพื้นที่ศึกษาทั้ง 4 ตำแหน่ง

1.1.3 เพื่อหาข้อเสนอแนะองค์ความรู้ด้านการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ศึกษาหาตัวแปรที่เป็นปัจจัยงานวิจัยนี้ศึกษาพื้นที่บริเวณหน้าอาคารเทคโนโลยีภูมิทัศน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ จังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นที่ตั้งของพื้นที่งานวิจัยโครงการศึกษาต้นแบบห้องพักพลังงานแสงอาทิตย์ (Sustainable Solar Cabin Prototype Study Project) ซึ่งเป็นงานวิจัยของสถาบันวิจัยพลังงานบริสุทธิ์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก โดยได้รับเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2566 ศึกษาพื้นที่โดยรอบที่มีสภาพภูมิอากาศ กระแสลม รังสีดวงอาทิตย์เหมือนกัน และภูมิประเทศเหมือนกันในบริเวณใกล้กัน จึงเป็นตัวแปรที่เหมือนกันในทุกพื้นที่การศึกษาของงานวิจัยนี้ โดยแต่ละตำแหน่งที่ทำการศึกษาอยู่ในรัศมี ไม่เกิน 100 เมตร จัดเก็บข้อมูลในเวลาเดียวกัน ทั้ง 4 ตำแหน่งพื้นที่ศึกษา โดยกำหนดพื้นที่ทำการวิจัยแต่ละพื้นที่ศึกษามีการจัดลักษณะภูมิทัศน์แตกต่างกัน 4 ตำแหน่ง คือ 1. บริเวณเหนือลานคอนกรีต 2. บริเวณเหนือสนามหญ้า 3. บริเวณที่มีภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าโปร่งใกล้บ่อน้ำ และ 4. บริเวณที่มีภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าทึบ ใกล้บ่อน้ำ

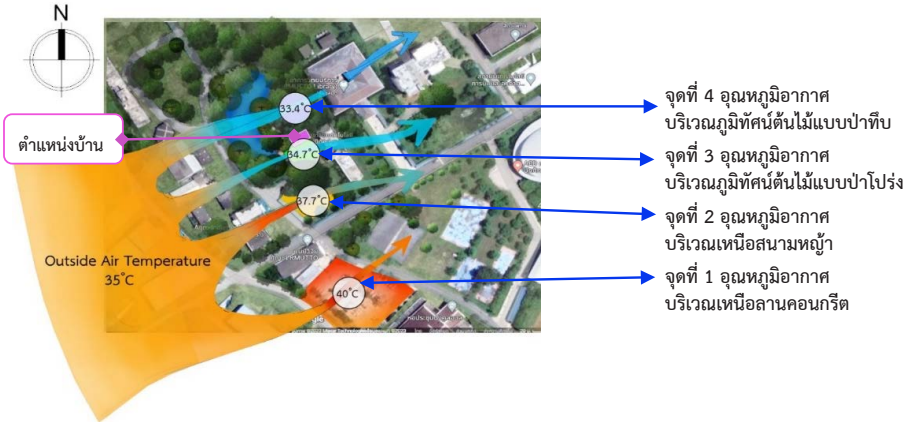
2.1 เครื่องมือวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ มีเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ดังนี้

1) เครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล
2) เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด
3) ชุดหัวพ่นหมอก
4) ท่อ PE 20 มม.

(ก) *(ข)* *(ค)* *(ง)* *(จ)*

ภาพที่ 1 (ก) เครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล UNI-T A12T temperature Humidity Meter (ข) เครื่องวัดอุณหภูมิเลเซอร์อินฟราเรด UNI-T UT300A+ (ค) หัวพ่นหมอก (ง) ท่อ PE 20 มม. (จ) อุปกรณ์ชุดหัวพ่นน้ำละอองฝอย ชุดพ่นหมอก 30 อัน สายท่อ PE 20 มม. ยาว 15 เมตร



ภาพที่ 2 แสดง ทิศทางลมและแผนผังแสดงตำแหน่งที่เก็บข้อมูลทั้ง 4 จุด เพื่อศึกษาตัวแปรที่ทำให้อุณหภูมิอากาศร้อนหรือเย็นโดยมีตำแหน่งพื้นที่ศึกษา 4 ตำแหน่ง

2.2 การดำเนินการวิจัย

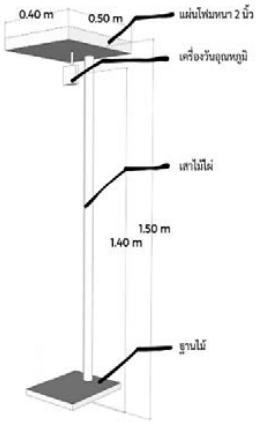
งานวิจัยนี้ใช้วิธีวิจัยโดยหาตัวแปรที่ทำให้อุณหภูมิอากาศร้อนขึ้นหรือเย็นลง ด้วยการสำรวจพื้นที่ ทั้งหมด 4 จุด ที่ได้กำหนดไว้ โดยลักษณะแต่ละจุดมีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน จากนั้นเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

โดยมีขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

2.2.1 วัดค่าอุณหภูมิที่แท้จริง (actual temperature) โดยใช้วิธีการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล ทุก ๆ 1 ชั่วโมง โดยติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ UNI-T A12T temperature Humidity Meter (ภาพที่ 1 ก) ที่ระดับ 1.40 เมตรจากระดับพื้นดิน (ดังภาพที่ 3) วัดค่าตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลาติดต่อกัน 4 วัน ทั้ง 4 พื้นที่ศึกษา

2.2.2 ทำการปรุงแต่สภาพแวดล้อมจากข้อมูลที่ได้สรุปจากการหาตัวแปรทั้ง 4 จุด ในข้อ 2.1 เพื่อทำให้อุณหภูมิเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศ และต่ำลงกว่าอุณหภูมิก่อนการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม

2.2.3 เปรียบเทียบอุณหภูมิก่อนและหลังปรุงแต่สภาพแวดล้อมหาตัวแปรที่ทำให้อุณหภูมิอากาศร้อนขึ้นหรือเย็นลง



ภาพที่ 3 การติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล UNI-T A12T temperature Humidity Meter

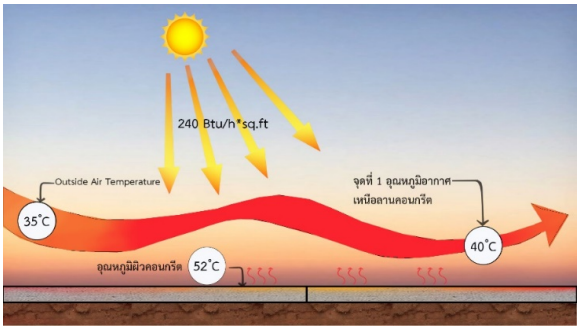
3. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

การทดลองในงานวิจัย วัดอุณหภูมิทุกชั่วโมงในพื้นที่ศึกษาทั้ง 4 จุด ได้แสดงดังภาพ 4 ถึงภาพที่ 11 โดยมีรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ศึกษา คือ 1. บริเวณเหนือลานคอนกรีต 2. บริเวณเหนือสนามหญ้า 3. บริเวณที่มีภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าโปร่ง ใกล้บ่อน้ำ และ 4. บริเวณที่มีภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าทึบ ใกล้บ่อน้ำ ได้ผลการทดลอง โดยมีอุณหภูมิสูงสุดของวันแต่ละพื้นที่ศึกษา เป็น 40, 37.7, 34.7, 33.4 องศาเซลเซียส ดังจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิสูงสุดของวันของอากาศเหนือพื้นที่ศึกษา ทั้ง 4 จุด มีค่ามากไปน้อย ตามลำดับ กล่าวคือ บริเวณจุดที่ 1 บริเวณเหนือลานคอนกรีต มีอุณหภูมิสูงกว่า บริเวณจุดที่ 2 บริเวณเหนือสนามหญ้าโล่ง ๆ มีอุณหภูมิสูงกว่า บริเวณจุดที่ 3 บริเวณที่มีภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าโปร่ง ใกล้บ่อน้ำ ๆ มีอุณหภูมิสูงกว่า บริเวณจุดที่ 4 บริเวณที่มีภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าทึบ ใกล้บ่อน้ำ (ดังแสดงค่าอุณหภูมิในภาพที่ 2) และมีรายละเอียดผลการศึกษาและการอภิปรายผลของแต่ละพื้นที่ศึกษา ดังนี้

3.1 ผลการศึกษาจุดที่ 1 อุณหภูมิอากาศเหนือลานคอนกรีต

ผลการศึกษาอุณหภูมิอากาศเหนือลานคอนกรีตโล่ง ที่เป็นพื้นที่คอนกรีตบริเวณกว้าง ไม่มีสิ่งปกคลุมรับแสงแดดเต็มที่ จะมีอุณหภูมิสูงสุดของวันของอากาศพื้นที่เหนือพื้นผิวชนิดต่าง ๆ ทั้ง 4 กรณีศึกษา พบว่า บริเวณจุดที่ 1 อุณหภูมิอากาศเหนือลานคอนกรีต สูงที่สุด เมื่อเทียบกับพื้นที่ศึกษาทั้งหมด คือ 40 องศาเซลเซียส อภิปรายผลได้ว่า พื้นผิวคอนกรีต คอนกรีตเป็นวัสดุที่มีมวลสารมากหรือมีความทึบสูง เมื่อได้รับรังสีอาทิตย์โดยตรงจะเกิดการสะสมความร้อนไว้ภายในตลอดทั้งวัน เกิดการถ่ายเทความร้อนจากที่บริเวณโดยรอบ ทำให้อุณหภูมิผิวคอนกรีตสูงสุดของวันที่วัดได้ประมาณ 52 องศาเซลเซียส และปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อมด้วยการพา (Convection) และการแผ่รังสี (Radiation) ผสมกับอุณหภูมิอากาศที่ไหลผ่าน เป็นผลให้อุณหภูมิอากาศภายในอุณหภูมิบริเวณพื้นที่เหนือลานคอนกรีตสูงกว่าอุณหภูมิอากาศปกติ (ดังแสดงค่าอุณหภูมิในภาพที่ 5)

ภาพที่ 4 ลักษณะบริเวณพื้นที่ลานคอนกรีต

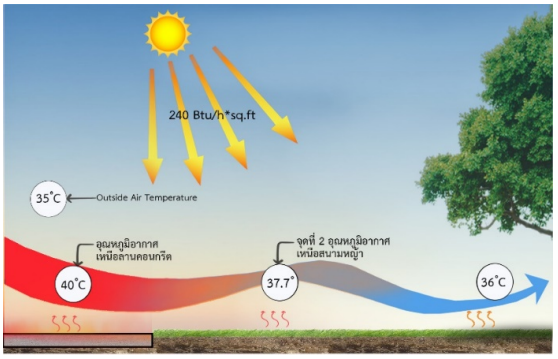


ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ของบริเวณลานคอนกรีต

3.2 ผลการศึกษาจุดที่ 2 อุณหภูมิอากาศเหนือสนามหญ้า

ผลการศึกษาอุณหภูมิอากาศเหนือลานกว้างที่เป็นสนามหญ้าโล่ง เหนือพื้นสนามหญ้า ไม่มีต้นไม้ใหญ่ปกคลุมรับแสงแดดเต็มที่ พบว่ามีอุณหภูมิอากาศเหนือพื้นผิวที่สูงสุดของวัน สูงเป็นอันดับ 2 คือ 37.70 องศาเซลเซียส พบว่ามีอุณหภูมิอากาศเหนือพื้นผิวสูงที่สุด เมื่อเทียบกับพื้นที่ศึกษาทั้งหมด คือ 40 องศาเซลเซียส อภิปรายผลได้ว่า พื้นที่ลานสนามหญ้าแม้ว่าจะได้รับรังสีอาทิตย์หรือแสงแดดตลอดทั้งวัน แต่หญ้าที่ปกคลุมช่วยกันแสงแดดไม่ให้แผ่สู่ดินโดยตรงจึงไม่ทำให้ดินเกิดการสะสมความร้อน พื้นหญ้าจึงสะสมความร้อนได้ต่ำกว่ามากเมื่อเทียบกับพื้นผิวคอนกรีต ตลอดทั้งวันอุณหภูมิจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศปกติ ซึ่งในตอนร้อนสุดของวัน แต่ในตอนกลางคืนด้วยลักษณะความโปร่งของพื้นที่และพื้นผิวหญ้าและดินบริเวณดังกล่าวจึงไม่สะสมความร้อน ในตอนกลางคืนทำให้แลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับท้องฟ้าได้รวดเร็วและมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศปกติ (ดังแสดงค่าอุณหภูมิในภาพที่ 7)

ภาพที่ 6 ลักษณะบริเวณสนามหญ้า

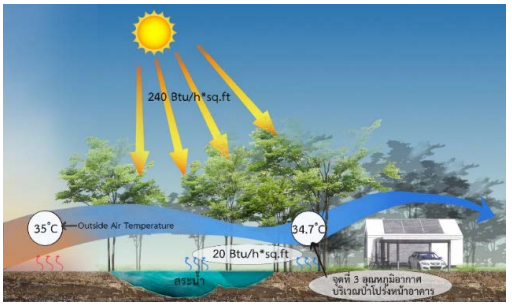


ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ของบริเวณสนามหญ้า

3.3 ผลการศึกษาอุณหภูมิอากาศเหนือจุดที่ 3 บริเวณที่มีภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าโปร่งใกล้บ่อน้ำ

ผลการศึกษาอุณหภูมิอากาศเหนือบริเวณที่มีภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าโปร่ง ใกล้บ่อน้ำ พบว่า มีอุณหภูมิอากาศสูงสุดของวันที่เหนือพื้นผิวที่วัดได้สูงเป็นอันดับ 3 คือ 34.70 องศาเซลเซียส อภิปรายผลได้ว่า พื้นที่บริเวณที่มีภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าโปร่ง ใกล้บ่อน้ำ ใกล้ที่ตั้งงานวิจัยอาคารต้นแบบห้องพักพลังงานแสงอาทิตย์ ของสถาบันวิจัยพลังงานบริสุทธิ์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก พื้นที่มีลักษณะเป็นบริเวณที่มีภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าโปร่ง ซึ่งในงานวิจัยนี้หมายถึง พื้นที่ที่มีกลุ่มไม้ยืนต้นอยู่บ้างมีภูมิทัศน์ต้นไม้คล้ายกับพื้นที่ป่าโปร่ง ไม้ยืนต้นเป็นแบบชนิดที่มีใบไม้สีอ่อนใบขนาดเล็ก ต้นสูงชะลูดพุ่มไม่กว้างมากนักแต่ต้นสูงโปร่ง อีกทั้งบริเวณนี้อยู่ใกล้แหล่งน้ำ บริเวณพื้นบางส่วนมีหญ้าปกคลุม บางส่วนดินเปียกและบางส่วนเป็นดินแห้ง แต่มีลมพัดผ่านได้ดี ประกอบกับลักษณะที่ลานกว้างด้านหน้าสามารถตกแต่งทัศนียภาพให้สวยงามดึงดูดผู้พบเห็น และน่าสนใจแรกพบ และเป็นส่วนที่จะทำให้อาคารดูสวยงามน่าอยู่อาศัยมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงเลือกพื้นที่ บริเวณจุดนี้ คือ พื้นที่บริเวณจุดที่ 3 บริเวณที่มีภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าโปร่งใกล้บ่อน้ำ มีศักยภาพสูงที่จะเตรียมเป็นพื้นที่ทดลองที่จะทำการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม โดยใช้การใช้ความเย็นจากการจากการระเหยของน้ำเพื่อแสวงหาแนวทางให้อุณหภูมิในพื้นที่ลดต่ำลง (ดังแสดงค่าอุณหภูมิในภาพที่ 9)

ภาพที่ 8 ลักษณะป่าโปร่งหน้าอาคาร



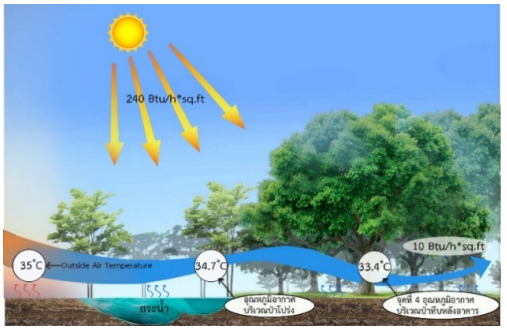
ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ของบริเวณป่าโปร่งหน้าอาคาร

3.4 ผลการศึกษาอุณหภูมิอากาศเหนือจุดที่ 4 บริเวณที่มีภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าทึบ ใกล้บ่อน้ำ

ผลการศึกษาอุณหภูมิอากาศเหนือบริเวณที่มีภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าทึบ ใกล้บ่อน้ำ พบว่า มีอุณหภูมิอากาศสูงสุดของวันที่เหนือพื้นผิวที่วัดได้สูงเป็นอันดับ 4 คือ 33.40 องศาเซลเซียส นับได้ว่า เป็นพื้นที่ที่มีอุณหภูมิอากาศสูงสุดของวันที่เหนือพื้นผิวที่วัดได้ต่ำที่สุด ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ว่า อุณหภูมิอากาศบริเวณป่าทึบหลังอาคารที่ตั้งงานวิจัยอาคารต้นแบบห้องพักพลังงานแสงอาทิตย์ ของสถาบันวิจัยพลังงานบริสุทธิ์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก พื้นที่มีลักษณะเป็นบริเวณที่มีภูมิทัศน์ต้นไม้แบบป่าทึบ ซึ่งในงานวิจัยนี้หมายถึง พื้นที่ที่มีกลุ่มไม้ยืนต้นอยู่บ้างมีภูมิทัศน์ต้นไม้คล้ายกับพื้นที่ป่าทึบ ซึ่งมีลักษณะเป็นต้นไม้ใหญ่ปลูกชิดกันในระยะรัศมี 2-3 เมตร ทำให้เกิดร่มเงาตลอดทั้งวัน แสงแดดไม่สามารถส่อลงผิวพื้นได้โดยตรงมากนัก พื้นที่นี้มีต้นจามจุรีต้นใหญ่ปกคลุม ทำให้อัตรา

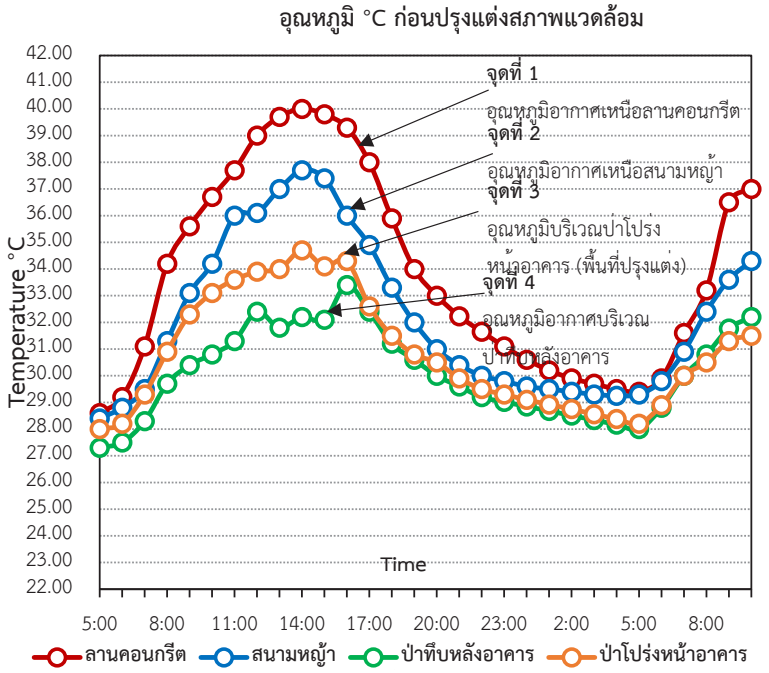
การคายน้ำของต้นไม้บริเวณนี้มีปริมาณสูงและบริเวณผิวดินปกคลุมไปด้วยต้นหญ้าและเศษใบไม้ทับถม ร่มเงาต้นไม้ช่วยบดบังแสงแดดให้ลงมาสู่ผืนดินประมาณ 10% ทำให้ดินเก็บความชุ่มชื้นได้ตลอดทั้งวัน ประกอบกับบริเวณนี้อยู่ใกล้แหล่งน้ำ จึงทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณจุดที่ 4 มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก ประโยชน์จากร่มเงาต้นไม้ช่วยกันแสงแดดโดยตรงลงสู่พื้นดิน ดินจึงไม่มีการสะสมความร้อน อีกทั้งเมื่อลมพัดผ่านมาลมได้เหนี่ยวนำความเย็นบริเวณใต้ร่มไม้ และผิวดิน จึงทำให้อุณหภูมิบริเวณนี้ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ เมื่อมีลมพัดผ่านเข้ามาจึงทำให้อุณภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ซึ่งวัดได้ประมาณ 33.4 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 10 ลักษณะป่าทึบหลังอาคาร



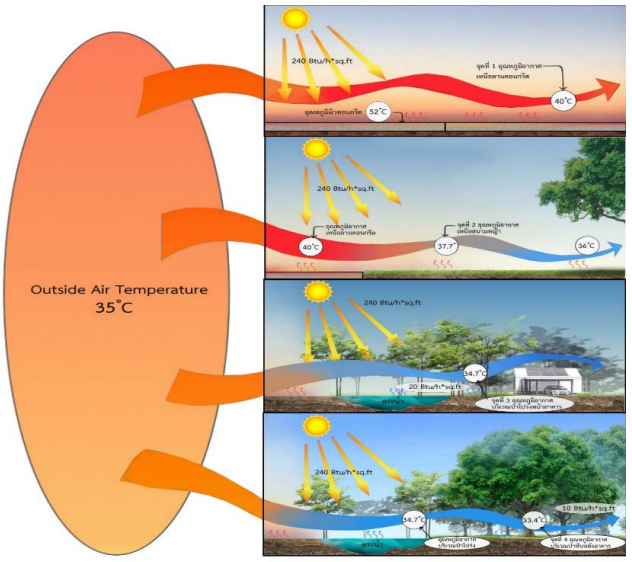
ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ของบริเวณป่าทึบหลังอาคาร

สภาพแวดล้อมที่มีพื้นผิวคอนกรีตที่โดนแดดมากมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าอุณหภูมิอากาศปกติตลอดวัน เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนจำเพาะสูง เกิดการกักเก็บความร้อนไว้ภายใน จากนั้นวัสดุจะคายความร้อนที่กักเก็บไว้ให้กับอากาศโดยการพาบริเวณเหนือลานคอนกรีตจึงมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศปกติ สภาพแวดล้อมที่มีต้นไม้ให้ร่มเงามีหญ้าหรือดินเปียกอุณหภูมิอากาศภายในพื้นที่จะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศปกติในช่วงที่มีแสงอาทิตย์ เมื่ออุณหภูมิภายนอกไหลผ่านเข้ามาภายในพื้นที่จึงเกิดการคายความร้อนให้กับดินเปียก เมื่อลมที่พัดผ่านเข้ามาจะเหนี่ยวนำความเย็นจากดินเปียกไปผสมกับอุณหภูมิอากาศทำให้อากาศที่พัดผ่านเข้ามาอุณหภูมิต่ำลง



แผนภูมิที่ 1

แสดงอุณหภูมิก่อนปรุงแต่งสภาพแวดล้อมที่เก็บข้อมูล ของทั้ง 4 จุด พบว่า บริเวณลานคอนกรีตมีอุณหภูมิสูงสุดของวันที่วัดได้ประมาณ 40.00 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ตำแหน่ง จุดที่ 4 บริเวณป่าทึบหลังอาคาร วัดอุณหภูมิสูงสุดของได้ประมาณ 33.40 องศาเซลเซียส และบริเวณ จุดที่ 3 ซึ่งจะใช้เป็นจุดทดลองการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมโดยก่อนการปรุงแต่ง อุณหภูมิสูงสุดของวันที่วัดได้ประมาณ 34.70 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศทั้ง 4 จุด โดยศึกษาอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาตัวแปรที่ทำให้สภาพอากาศเย็นลง ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 17 พฤษภาคม 2566 เวลา 05.00 น. ถึงวันที่ 18 พฤษภาคม 2566 เวลา 10.00 น. พบว่าอุณหภูมิเหนือลานคอนกรีตสูงสุดประมาณ 40.00 องศาเซลเซียส สนามหญ้าอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 37.70 องศาเซลเซียส พื้นที่ป่าโปร่งหน้าอาคาร อุณหภูมิสูงสุดประมาณ

34.70 องศาเซลเซียส และพื้นที่ป่าทึบหลังอาคาร อุณหภูมิได้สูงสุดที่วัดได้ประมาน 33.40 องศาเซลเซียส อิทธิพลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น อิทธิพลของความเร็วลม และอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ ความแตกต่างของสภาพแวดล้อมในจุดที่ 1 ที่เป็นอุณหภูมิเหนือลานคอนกรีต ด้วยลักษณะความทึบของวัสดุจึงสะสมกักเก็บความร้อนจากแสงแดดไว้ เมื่อคอนกรีตดูดซับไว้กลายเป็นความร้อนซึ่งเป็นคลื่นยาวทำให้ถ่ายเทความร้อนออกสู่บรรยากาศได้ปริมาณที่ต่ำ ในขณะที่อุณหภูมิที่ต่ำที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ คือ จุดที่ 4 บริเวณป่าทึบหลังอาคาร เนื่องจากสภาพแวดล้อมเป็นป่าทึบมีไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ปกคลุมป้องแสงอาทิตย์ให้ลงสู่พื้นได้น้อย เกิดร่มเงา ประกอบกับที่พื้นมีพืชคลุมดิน อุณหภูมิอากาศจึงต่ำกว่าทุกพื้นที่ ที่ทำการศึกษาข้อมูลทั้ง 4 จุด

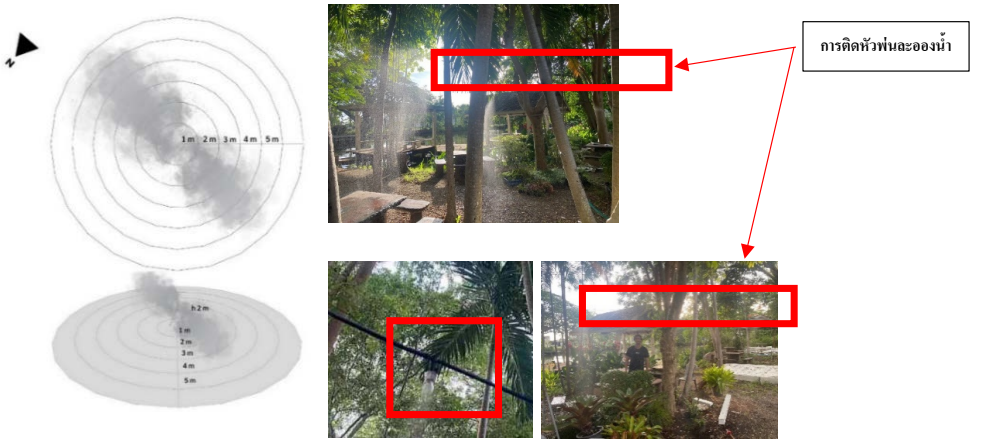
ดังนั้นจึงได้กำหนดพื้นที่ในการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศโดยการนำความรู้ที่ได้ทำการศึกษาอุณหภูมิทั้ง 4 จุด ที่มีลักษณะสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน นำมาวิเคราะห์และทำการทดลอง โดยเลือกจุดที่ 3 ที่บริเวณเป็นป่าโปร่งหน้าอาคาร เนื่องจากตำแหน่งดังกล่าวสามารถมองเห็นง่ายและเป็นทางเข้าอาคาร จึงควรจะมีทัศนียภาพภูมิทัศน์ที่สวยงามดึงดูดความสนใจต่อผู้พบเห็น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นทำให้อุณหภูมิบริเวณหน้าอาคารต่ำลงเพื่อที่จะสามารถทำให้ความแตกต่างอุณหภูมิ (ΔT) ระหว่างภายนอกและภายในบ้านลดต่ำลงตามไปด้วย และสามารถลดภาระการทำความเย็นของอาคาร ตลอดจนเป็นสถานที่พักผ่อนภายนอกที่ไม่ร้อนจนทำให้เกิดความทรมานต่อผู้ใช้งาน

3.5 การปรุงแต่งสภาพแวดล้อม

การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมจะใช้วิธีเพิ่มความชื้นในบริเวณที่ทำการทดลองด้วยการพ่นละอองน้ำ เพื่อช่วยให้เกิดการระเหยของน้ำเข้าไปในอากาศ ด้วยการแลกเปลี่ยนกับพลังงานความร้อนจากแสงแดดบริเวณดังกล่าว จนถึงจุดที่อุณหภูมิอากาศต่ำลง โดยไม่ทำพื้นที่บริเวณนั้นเกิดการเปียกและเกิดน้ำขัง โดยติดตั้งเครื่องตรวจวัดอุณหภูมิ บันทึกข้อมูลจากเครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอลทุก ๆ 1 ชั่วโมง

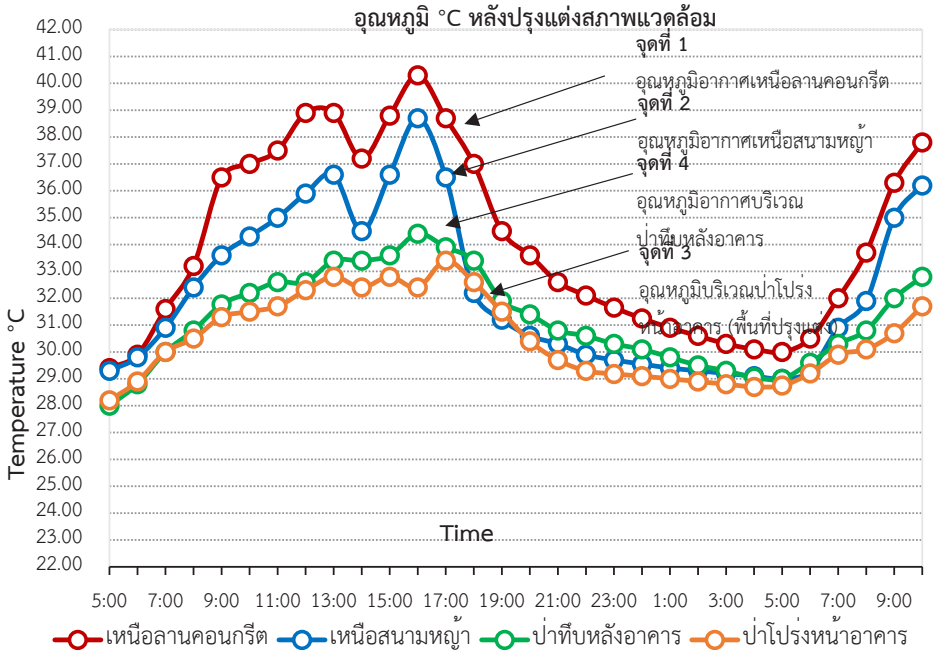
เครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล สูงจากพื้นระยะ 1.40 เมตร เป็นระดับที่เหมาะสมตาม Human scale ในระดับใกล้เคียงกับบริเวณสัมผัสร้อนหนาวของมนุษย์ เสาทำจากลำไผ่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว และฐานทำจากแผ่นไม้อัดนำไปวางบริเวณจุดที่ทำการทดลอง

การติดตั้งหัวพ่นหมอกนั้นก่อนการวางตำแหน่งหัวพ่นหมอก ได้ทำการหาระยะการกระจายตัวของละอองน้ำโดยวิธีการติดตั้งระบบและกำหนดระยะโดยรอบหัวพ่น จากจุดที่ตั้งทุกระยะ 1 เมตร ชุดพ่นหมอกประกอบด้วย 1. สายไมโคร 5/7 ยาว 15 เมตร 2. หัวพ่นหมอก 30 ตัว 3. หัวต่อก๊อกสนาม 2 ตัว 4. ข้อต่อสาย 30 ตัว และ 5. ข้อต่อปิดปลายสาย 2 ตัว ดังภาพที่ 13



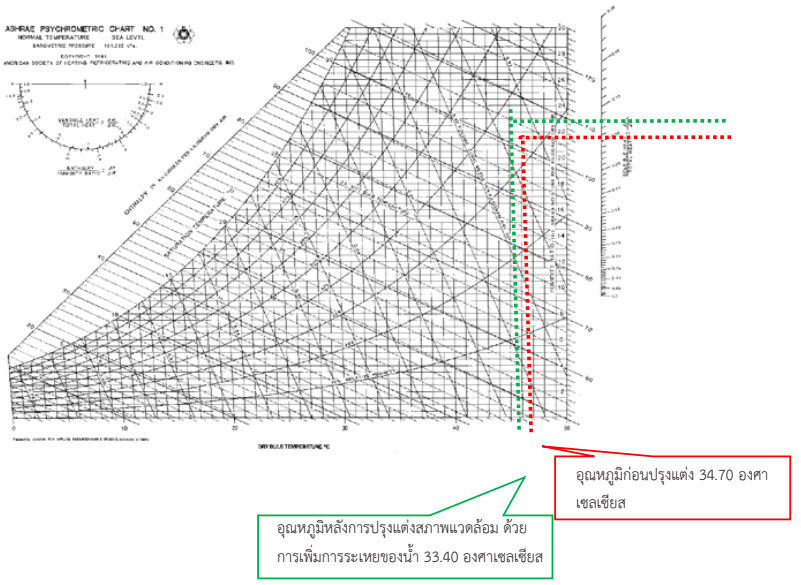
ภาพที่ 13 แสดงหัวพ่นละอองน้ำในสถานที่ทำวิจัยระยะของไอน้ำจากหัวพ่นจะกระจายตัวออกห่างจากหัวจ่าย 5 เมตร และระยะของพื้นดินเปียกแฉะไม่เหมาะแก่การใช้งานอยู่ในระยะพ่น 2-3 เมตร จึงกำหนดให้ตำแหน่งติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิห่างจากหัวพ่นที่ระยะ 5 เมตร

3.6 เปรียบเทียบอุณหภูมิหลังปรุงแต่สภาพแวดล้อม



แผนภูมิที่ 2

แสดงอุณหภูมิหลังปรุงแต่งสภาพแวดล้อม ที่บันทึกข้อมูลตั้งแต่ วันที่ 18 พฤษภาคม 2566 เวลา 05.00 น. ถึง วันที่ 19 พฤษภาคม 2566 เวลา 10.00 น. จากการทดลองปรุงแต่งสภาพแวดล้อมด้วยการเพิ่มความชื้นเพื่อช่วยให้เกิดการระเหยของน้ำ ทำให้อุณหภูมิป่าโปร่งหน้าอาคาร สามารถลดต่ำลงได้ โดยอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้อยู่ที่ 33.40 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าอุณภูมิก่อนการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม โดยมีค่าอุณหภูมิที่วัดได้ 34.70 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 14 แผนภูมิไซโครเมตริก

แสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสัมพัทธ์กับอุณหภูมิ ก่อนและหลังการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมด้วยการเพิ่มการระเหยของน้ำ ในการทดลองนี้สามารถลดอุณหภูมิได้ประมาณ 1.3 องศาเซลเซียส

4. สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยสรุปผลได้ว่า ตัวแปรที่ทำให้เกิดความร้อนคือ ในบริเวณจุดที่ 1 การที่ให้แสงแดดกระทบพื้นผิวคอนกรีต ทำให้อุณหภูมิการแผ่รังสีโดยรอบ (Mean Radiant Temperature: MRT) สูงขึ้น เมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่พื้นที่งานวิจัยตำแหน่งอื่นที่เป็นพื้นหญ้าทั้งหมด อีก 3 พื้นที่ศึกษา อภิปรายผลได้ว่าเกิดจากแสงแดดกระทบวัสดุทึบแสงทำให้อากาศเหนือพื้นผิวร้อนขึ้นกว่าปกติ เกิดกระบวนการนำความร้อน (Conduction) เมื่อมีลมพัดผ่านมา เกิดกระบวนการพาความร้อน (Convection) ผสมกับอุณหภูมิปกติที่ร้อนอยู่แล้วส่งผลให้ร้อนเพิ่มขึ้น ในจุดที่ 2 สังเกตเห็นผิวหญ้าจะไม่ร้อนเท่ากับพื้นผิวคอนกรีตเนื่องจากพื้นหญ้าที่ปกคลุมดินจึงทำให้เกิดการสะสมความร้อนน้อยกว่าจึงเย็นลงกว่าจุดที่ 1 ต่อมาในจุดที่ 3 มีต้นไม้ปกคลุมแต่เป็นไม้พุ่มบางสูงโปร่งกันแสงแดดที่ลงมาได้ประมาณ 30% ต้นไม้ทำให้เกิดร่มเงาบางส่วนที่พื้นด้านล่างจึงมีสภาพอากาศที่เย็นลงกว่า 2 จุดแรก ประกอบกับการอยู่ใกล้บ่อน้ำ ที่มีความลึกประมาณ 0.90 เมตร อภิปรายผลได้ว่า น้ำมีคุณสมบัติกักเก็บความร้อนได้สูง และมีการระเหยเหนือผิวน้ำทำให้บริเวณโดยรอบเย็นขึ้น และในจุดที่ 4 นั้นมีต้นไม้ใหญ่ที่มีพุ่มใบกว้างและค่อนข้างหนาทึบจึงช่วยสกัดกั้นแสงแดดเกือบทั้งหมดมีแสงแดดลงมาสู่พื้นดินประมาณ 10% ต้นไม้เกิดการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากแสงแดด อีกทั้งยังทำให้เกิดร่มเงาบริเวณกว้าง เมื่อผิวดินไม่โดนแสงแดดอากาศที่ผิวดินจะเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศปกติ (actual temperature) และอยู่ใกล้บ่อน้ำ บ่อเดียวกันทำให้บริเวณโดยรอบเย็นขึ้นเช่นเดียวกับจุดที่ 3 จากการศึกษาที่กล่าวมา พบว่า ตัวแปรที่ทำให้สภาพแวดล้อมร้อนขึ้นกว่าสภาพแวดล้อมปกติเกิดจากแสงแดดที่ตกกระทบพื้นผิวที่ทึบแสง ซึ่งจะทำให้พื้นผิวนั้นร้อนขึ้นกว่าปกติ และเหนี่ยวนำความร้อนให้บริเวณนั้นร้อน เมื่อมีลมพัดผ่านมาผสมจึงทำให้ร้อนเพิ่มขึ้น ตัวแปรที่สองคือการที่แสงแดดถูกสกัดกั้นจากพุ่มใบเหนือพื้นที่ใช้งานซึ่งจะทำให้บริเวณใต้พุ่มใบไม่ร้อนเท่าบริเวณพื้นผิวคอนกรีต และประเด็นสุดท้าย คือการที่พื้นผิวบริเวณนั้นมีความชื้น เมื่อมีลมพัดผ่านจะทำให้เกิดการระเหยของน้ำ ซึ่งมีผลทำให้บริเวณนั้นเย็นลงกว่าปกติเนื่องจากการระเหยของน้ำดึงเอาความร้อนจากสภาพแวดล้อมมาใช้ในการระเหยของน้ำเพื่อทำให้เย็นลง จากสาเหตุทั้งสามประการทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณที่ใช้งานเปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลของตัวแปรที่กล่าวมา จากผลการวิจัยนี้อาจสรุปได้ว่าสภาพแวดล้อมที่เย็นที่สุด คือ สภาพแวดล้อมที่มีต้นไม้บดบังและแสงแดดตกลงกระทบพื้นผิวด้านล่างน้อย อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ได้ทำการเพิ่มการระเหยของน้ำให้กับบริเวณรอบอาคารทดลอง เพื่อศึกษาอิทธิพลจากการระเหยของน้ำในบริเวณอาคารที่มีพุ่มใบไม่หนาทึบนัก พบว่าด้วยการระเหยของน้ำบริเวณบ้านทดลองมีอุณหภูมิเย็นกว่า บริเวณที่มีพุ่มใบหนาทึบ และยังพบอีกว่า บริเวณอาคารทดลองมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าบริเวณอากาศประมาณ 4 องศาในช่วงร้อนสุดของวัน ด้วยอิทธิพลความเย็นที่เกิดขึ้นเป็นผลให้ความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารทดลองต่างกันประมาณ 4 องศา อิทธิพลดังกล่าวจะทำให้การถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าเดิมถึง 32.8% ซึ่งอาจสรุปได้ว่า ในการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม การจัดภูมิทัศน์ ตัวแปรที่ทำให้สภาพแวดล้อมแตกต่างกัน คือ 1. ผิวพื้นคอนกรีตและหญ้า สะสมความร้อนแตกต่างกัน ผิวคอนกรีตร้อนควรลดพื้นที่การใช้คอนกรีตลง วางผิวคอนกรีตให้ห่างจากพื้นที่จะใช้สอยพักผ่อนและปลูกหญ้าหรือต้นไม้ให้มากกว่าผิวคอนกรีต 2. ร่มเงา พื้นที่ที่อยู่ในพื้นที่จัดสวนแบบป่าโปร่งและป่าทึบ พื้นผิวอยู่ใต้ร่มไม้ แสงแดดถูกสกัดกั้นจากพุ่มใบ ควรทำให้ผิวพื้นได้รับร่มเงาจากต้นไม้ เพื่อที่จะไม่ต้องรับแสงแดดโดยตรง และ 3. การเพิ่มความเย็นจากการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling) โดยการใช้ ชุดพ่นหมอก ที่หาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไปดังกล่าว สามารถทำให้การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมอุณหภูมิบริเวณนี้ใกล้เคียงเขตสบายมากขึ้น ควรมีการใช้การเพิ่มความเย็นจากการระเหยของน้ำ

ผลจากการวิจัยสามาถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับประชาชนทั่วไป เพราะเป็นความรู้ที่ทำความเข้าใจได้ไม่ยากเกินไปและเครื่องมือหาซื้อได้ง่าย

5. บรรณานุกรม

ASHRAE. (1992). **ANSI/ASHRAE standard 55-2013, thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta: Author.

ASHRAE. (2004). **ANSI/ASHRAE standard 140-2014**, standard method of test for the evaluation of building energy analysis computer programs. Atlanta: Author.

Boonyatikarn, S. (2004). **Bio-Solar home: It is power by the Sun**. Bangkok: Chulalongkorn University Press, 50-61.

Boonyatikarn, S. (1999). **Energy efficient home design technique for better quality of life**. Bangkok: Property market Co., ltd, 46-47., 58-62., 95-100.

Boonyatikarn, S. (2002). **Integrated Design Approve: Shinawatra University**. Bangkok: G M Max Media, 39-55.

Kongsuk, P., Khaosoi, W., Sothong, S., & Losuwan, S. (2022). **Techniques for designing energy-saving systems for buildings. Case study of the Business Innovation Center Building, Rajamangala University of Technology Tawanok, Chanthaburi Campus**. 14th Electrical Engineering Network Conference: 293-299.

Meteorological Department. (2023). **Climate of Chonburi Province**. Climate Center Meteorological Development Division. Meteorological Department. http://climate.tmd.go.th/data/province/Chonburi. [Accessed June 17, 2023].

Mirrahimi, S., Mohamed, M. F., & Haw, L. C. (2016). **The effect of building envelope on the thermal comfort and energy saving for high-rise buildings in hot–humid climate**. 1508-1519. https://doi.org/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115010254?via%3Dihub

National Institute of Metrology. (2022). **Understanding and interpreting temperature measurement and calibration certificates**. Bureau of Standards. Bureau of Freight Forwarding Department of Land Transport.

(Received: 1/Jun/2023, Revised: 26/Dec/2023, Accepted: 2/May/2024)