

อิทธิพลขององค์ประกอบรอบที่ตั้งต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอก ในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR) เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SITE ELEMENTS IMPACT TO OUTSIDE AIR TEMPERATURE IN HOT-HUMID CLIMATE

Mr. Wuttigarn Puraprom



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

อิทธิพลขององค์ประกอบรอบที่ตั้งต่อการเปลี่ยนแปลง

อุณหภูมิอากาศภายนอก ในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น

โดย

นายวุฒิกานต์ ประพรม

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนะจิติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. คณิต วัฒนวิเชียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เทิดศักดิ์ เตชะกิจจจร)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิมลรัตน์ อิศระธรรมบุญ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. ขวลิต นิตยะ)

วุฒิกันต์ ปุระพรหม : อิทธิพลขององค์ประกอบรอบที่ตั้งต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอก ในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น (SITE ELEMENTS IMPACT TO OUTSIDE AIR TEMPERATURE IN HOT-HUMID CLIMATE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์, 227 หน้า.

ปัจจุบันสภาพแวดล้อมได้รับอิทธิพลจากปรากฏการณ์สภาวะโลกร้อนส่งผลให้การออกแบบสภาพแวดล้อมของผังเมือง ภูมิสถาปัตยกรรม และสถาปัตยกรรม ได้รับผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารที่ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศ การศึกษาเริ่มจากการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลโดยใช้วิธีการทางสถิติ ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ เท่านั้น ข้อมูลต่างๆประกอบด้วยกลุ่มปัจจัยที่มีอิทธิพลทางธรรมชาติ ได้แก่ การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และความเร็วลม กลุ่มปัจจัยที่มีผลทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ ได้แก่ ค่าความจุความร้อนของวัสดุ ค่าการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ ความชื้นสีผิววัสดุ และค่าการนำความร้อนของวัสดุ ซึ่งสามารถสร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศจากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพล ได้ดังนี้

$$Y_{\text{day}} - (0.401N_{\text{temp}}) = 29.788 + (-0.856X_{\text{heat}}) + (-0.212X_{\text{RH}}) + (0.283X_{\text{wind}}) + (0.022X_{\text{solar}})$$

$$Y_{\text{night}} - (0.218N_{\text{temp}}) = 30.901 + (-0.547X_{\text{heat}}) + (-0.155X_{\text{RH}}) + (0.436X_{\text{wind}})$$

$$Y_{\text{day}} - (0.405N_{\text{temp}}) = 30.134 + (-0.860X_{\text{heat}}) + (-0.216X_{\text{RH}}) + (0.021X_{\text{solar}})$$

$$Y_{\text{night}} - (0.229N_{\text{temp}}) = 31 + (-0.402X_{\text{heat}}) + (-0.159X_{\text{RH}})$$

(X_{heat} = ความจุความร้อนของวัสดุ, X_{RH} = ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ, X_{wind} = ความเร็วลม, X_{solar} = ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์) ตัวแปรอื่นมีอิทธิพลน้อยมากจึงไม่นำมาคำนวณในสมการ

ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปออกแบบสภาพแวดล้อม โดยใช้อิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ได้แก่ ต้นไม้ใหญ่ สิ่งปกคลุมผิวพื้นและแหล่งน้ำ จะสามารถควบคุมค่าตัวแปรในสมการเพื่อทำนายอุณหภูมิอากาศภายนอก บนพื้นที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ม. สูง 2 ม. ให้เข้าใกล้เขตสบายได้ อีกทั้งการวิเคราะห์ปัจจัยด้านความรู้สึกเสมือนของมนุษย์จากอุณหภูมิผิวเฉลี่ยโดยรอบ (MRT) และความรู้สึกสบายจากความเร็วลม จะเป็นตัวแปรที่สามารถพัฒนางานวิจัยนี้ได้

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2559

5473804025 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: HEAT CAPACITY / SITE ELEMENTS / AIR TEMPERATURE / MICRO-CLIMATE

WUTTIGARN PURAPROM: SITE ELEMENTS IMPACT TO OUTSIDE AIR TEMPERATURE IN HOT-HUMID CLIMATE. ADVISOR: ASSOC. PROF. VORASUN BURANAKARN, Ph.D., 227 pp.

Global warming situation impacts to environmental and energy consumption in building industry. Outside environments are very important to Urban and building design. Therefore, this study aims to conduct how site elements can help designer to enhance outside environmental quality. The study started with evaluating site element factors as well as data collection only in the area of Maejo university campus. Then, the calculation models were proposed as predicted equations using statistical methods. Finally, design guidelines were illustrated. It is found that climate impact factors are solar radiation, air temperature, relative humidity, and wind while the site element impact factors are heat capacity, material emissivity, color, and conductivity. The 4 equations were proposed as

$$Y_{\text{day}} - (0.401N_{\text{temp}}) = 29.788 + (-0.856X_{\text{heat}}) + (-0.212X_{\text{RH}}) + (0.283X_{\text{wind}}) + (0.022X_{\text{solar}})$$

$$Y_{\text{night}} - (0.218N_{\text{temp}}) = 30.901 + (-0.547X_{\text{heat}}) + (-0.155X_{\text{RH}}) + (0.436X_{\text{wind}})$$

$$Y_{\text{day}} - (0.405N_{\text{temp}}) = 30.134 + (-0.860X_{\text{heat}}) + (-0.216X_{\text{RH}}) + (0.021X_{\text{solar}})$$

$$Y_{\text{night}} - (0.229N_{\text{temp}}) = 31 + (-0.402X_{\text{heat}}) + (-0.159X_{\text{RH}})$$

(X_{heat} = Heat capacity, X_{RH} = Relative humidity, X_{wind} = Wind velocity, X_{solar} = Solar radiation)

This design guideline can substantially by site elements, such as vegetation, ground cover and water bodies. Besides those proposed equations, human sensation models. The limit of proposed equations are predict outside air temperature only for related data collection (20 meter diameter and 2 meters height) and relate to existing area ratio.

Department: Architecture

Student's Signature

Field of Study: Architecture

Advisor's Signature

Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ระดับดุษฎีบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากการได้รับทุกการศึกษาต่อระดับปริญญาเอก ของสำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ร่วมกับต้นสังกัดคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

กระผมขอขอบพระคุณ รศ.ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เห็นความจำเป็นและสนับสนุนการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นของคณาจารย์ในคณะและอนุมัติให้ลาศึกษา ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วรสันต์ บุรณากาญจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่คอยแนะนำทัศนคติ-แนวคิดที่พัฒนาไปสู่การได้มาซึ่งองค์ความรู้ใหม่ และคอยสนับสนุนงาน ตลอดจนวางแนวทางไปสู่ความสำเร็จด้วยดีตลอดระยะเวลาการศึกษา ขอขอบพระคุณ ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ผู้ให้ความรู้ทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ประสบการณ์การเก็บข้อมูล การทดลอง ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาทั้งในระดับมหาบัณฑิตและดุษฎีบัณฑิต ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.คณิต วัฒนวิเชียร อาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ รศ.ดร.ชวลิต นิตยยะ อาจารย์อาวุโส คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่ร่วมเป็นประธานและกรรมการในการตรวจดุษฎีนิพนธ์ และแนะนำแนวทางในการพัฒนา ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร และ ผศ.ดร.วิมลรัตน์ อิศระธรรมบุญ ที่คอยชี้แนะ ตรวจสอบองค์ความรู้และกระบวนการวิจัย ขอขอบพระคุณคณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และหัวหน้าภาควิชาสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในช่วงระยะเวลาการทำวิจัย ตลอดจนเลขานุการ ชั้น 11 ที่คอยประสานงานด้านเอกสาร และนิสิตปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อมทุกคน ที่คอยร่วมให้กำลังใจในการศึกษา ถกเถียง และสรุปร่วมกันตลอดมา โดยเฉพาะนิสิตปริญญาโท หลักสูตรนานาชาติ ที่ช่วยคัดกรองภาษาในการตีพิมพ์บทความวิชาการ และเพื่อนสถาปนิก เชียงใหม่ ที่ช่วยแนะนำเทคนิคการเขียนวิทยานิพนธ์ออนไลน์ (E-Thesis) จนวันสุดท้ายของการส่งเล่มวิทยานิพนธ์

สุดท้าย ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เป็นผู้สนับสนุนในทุกมิติ ทั้งงบประมาณ การใช้ชีวิตต่างพื้นที่ การทำดุษฎีนิพนธ์และเป็นกำลังใจในการศึกษาจนประสบความสำเร็จ และที่สำคัญเป็นผู้วางแผน-ชี้แนะในการศึกษาต่อระดับสูงสุด รวมทั้งภรรยาและเครือญาติที่คอยให้เวลาและให้กำลังใจตลอดระยะเวลาการศึกษา และรอคอยจนถึงวันที่จบดุษฎีบัณฑิต

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ฅ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	6
1.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	6
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 สภาพแวดล้อม.....	8
2.1.1 สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ (Natural environment).....	8
2.1.2 สภาพแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-Made Environment).....	8
2.2 แหล่งความร้อนในสภาพแวดล้อม.....	9
2.2.1 แหล่งกำเนิดความร้อน.....	10
2.2.2 การถ่ายเทความร้อน.....	11
2.2.3 คุณสมบัติทางความร้อน.....	15
2.3 อิทธิพลสภาพแวดล้อมที่มีต่ออุณหภูมิอากาศ.....	18
2.3.1 ปัจจัยสภาพแวดล้อม.....	19

2.3.2 องค์ประกอบรอบที่ตั้ง.....	21
2.3.3 การลดอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลสภาพแวดล้อม.....	26
2.3.4 ความสัมพันธ์ของสภาวะอากาศ.....	33
2.4 การรับรู้ของมนุษย์.....	35
2.4.1 สภาวะน่าสบาย.....	35
2.5 ความสัมพันธ์ทางสถิติ.....	39
บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย.....	41
3.1 สํารวจและเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อม เพื่อค้นหาตัวแปรขององค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพล.....	41
3.1.1 สํารวจอุณหภูมิอากาศจากลักษณะความแตกต่างขององค์ประกอบรอบที่ตั้งเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป.....	41
3.1.2 วิเคราะห์ตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ.....	42
3.1.3 เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ตลอด 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป.....	43
3.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	47
3.1.5 การติดตั้งเครื่องมือวิจัย.....	50
3.2 สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศจากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพล.....	51
3.2.1 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสภาพแวดล้อมและตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ.....	51
3.2.2 สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศจากตัวแปรที่มีอิทธิพล.....	51
3.2.3 ทดสอบความน่าเชื่อถือของสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ เปรียบเทียบกับข้อมูลสภาพแวดล้อมจริง.....	52
3.3 จัดทำแนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น.....	53

3.3.1 การกำหนดองค์ประกอบรอบที่ตั้ง จากตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิอากาศ	53
3.3.2 สร้างแนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น 2 แนวทาง ได้แก่	53
3.3.3 การประยุกต์ผลวิจัยสู่การออกแบบสภาพแวดล้อม (กรณีศึกษา)	53
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	55
4.1 ตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ	70
4.1.1 ลักษณะความแตกต่างขององค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ	70
4.1.2 ตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ	99
4.1.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง.....	115
4.2 สมการทำนายอุณหภูมิอากาศ จากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพล	142
4.2.1 ความสัมพันธ์ของตัวแปรสภาพแวดล้อมและตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ต่อการ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง.....	145
4.2.2 สมการทำนายอุณหภูมิอากาศจากตัวแปรที่มีอิทธิพล	160
4.2.3 ทดสอบความน่าเชื่อถือของสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ เปรียบเทียบกับข้อมูล สภาพแวดล้อมจริง	178
4.3 แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมในเขตร้อนชื้น	188
4.3.1 องค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในเขตร้อนชื้น	192
4.3.2 แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น	198
4.3.3 ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากการออกแบบสภาพแวดล้อม (กรณีศึกษา)..	201
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล	207
5.1 ข้อสรุปการวิจัย.....	207
5.1.1 สรุปตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ..	209
5.1.2 สรุปสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ จากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพล	210

5.1.3 สรุปแนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการอยู่อาศัยของมนุษย์ใน เขตภูมิอากาศร้อนชื้น.....	213
5.2 อภิปรายผล.....	216
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	221
รายการอ้างอิง.....	223
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	227



สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ เรียงจากน้อยไปหามาก [7]..	13
ตารางที่ 3.1 แสดงกลุ่มตัวอย่างสภาพแวดล้อมแบ่งตามวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง จำนวน 19 สภาพแวดล้อม	42
ตารางที่ 4.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ จากอิทธิพลต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มโปร่ง ทรงพุ่ม หนาแน่นปานกลาง ทรงพุ่มหนาแน่นมาก และวัสดุให้ร่มเงา.....	64
ตารางที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ จากอิทธิพลสิ่งปกคลุมผิวตามค่าตัวแปร ความจุความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด.....	67
ตารางที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ จากอิทธิพลการระเหยของแหล่งน้ำตาม ขนาดพื้นที่ผิวน้ำ ส่งผลทำให้ตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น	69
ตารางที่ 4.4 ตำแหน่งพื้นที่การเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศจากความแตกต่างของสภาพแวดล้อมทั้ง 19 สภาพแวดล้อม (ประกอบด้วยประเภทวัสดุ 11 ชนิด) ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้.....	72
ตารางที่ 4.5 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง A บริเวณป้ายประตูทางเข้า มหาวิทยาลัยฯ ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	73
ตารางที่ 4.6 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง B ลานอนุสาวรีย์คณะเศรษฐศาสตร์ ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)	74
ตารางที่ 4.7 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง C ถนนผิวยางมะตอย ช่วงเวลา กลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	75
ตารางที่ 4.8 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง D สนามเปตอง ช่วงเวลากลางวัน- กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	76
ตารางที่ 4.9 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง E ลานจัตุรัส ช่วงเวลากลางวัน- กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	77
ตารางที่ 4.10 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง F ศูนย์กีฬาภาควิชาการศึกษาร.9 ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	78

ตารางที่ 4.11 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง G สำนักหอสมุดแม่โจ้ ช่วงเวลา กลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	79
ตารางที่ 4.12 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง H สนามตะกร้อ ช่วงเวลากลางวัน- กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	80
ตารางที่ 4.13 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง I อาคารเรียนรวมแม่โจ้ 70 ปี ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	81
ตารางที่ 4.14 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง J โรงงานวิศวกรรมศาสตร์ ช่วงเวลา กลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	82
ตารางที่ 4.15 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง K อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระ พระศรีนครินทร์ ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	83
ตารางที่ 4.16 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง L สนามฟุตบอล ช่วงเวลากลางวัน- กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	84
ตารางที่ 4.17 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง M แปลงเกษตรกรรม ช่วงเวลา กลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	85
ตารางที่ 4.18 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง N บ่อเพาะพันธุ์ปลา คณะเทคโนโลยี การประมง ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	86
ตารางที่ 4.19 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง O หอธรรมแม่โจ้ ช่วงเวลากลางวัน- กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	87
ตารางที่ 4.20 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง P สวนเสือ สิงค์ กระทิง เรด ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	88
ตารางที่ 4.21 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง Q สวนป่าวังซ้าย ช่วงเวลากลางวัน- กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	89
ตารางที่ 4.22 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง R อาคารภูมิทัศน์ คณะ สถาปัตยกรรมศาสตร์ฯ ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูล วันที่ 3 มีนาคม 2557).....	90

ตารางที่ 4.23 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง S แหล่งน้ำอาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)..	91
ตารางที่ 4.24 แสดงค่าตัวแปรขององค์ประกอบรอบที่ตั้งจากสภาพแวดล้อมที่มีการสำรวจข้อมูล จำนวน 19 สภาพแวดล้อม และระดับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวของวัสดุองค์ประกอบที่ตั้ง 11 ประเภทวัสดุ [39].....	100
ตารางที่ 4.25 แสดงระดับค่าความชื้นสัมพัทธ์พื้น 11 ประเภทวัสดุ ของสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่าง 19 สภาพแวดล้อม ในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่	108
ตารางที่ 4.26 แสดงสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Error) ของตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ.....	113
ตารางที่ 4.27 แสดงกลุ่มตัวอย่างสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการเก็บข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ.....	116
ตารางที่ 4.28 ตารางแสดงสมการความสัมพันธ์ (Equation) ค่า R Square และค่า Standard error ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลากลางวัน	167
ตารางที่ 4.29 ตารางแสดงสมการความสัมพันธ์ (Equation) ค่า R Square และค่า Standard error ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลากลางคืน.....	169
ตารางที่ 4.30 แสดงระดับการเพิ่มขึ้น-ลดลงของอุณหภูมิอากาศ (35°C) จากการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรที่มีอิทธิพล ในช่วงเวลากลางวัน.....	171
ตารางที่ 4.31 แสดงระดับการเพิ่มขึ้น-ลดลงของอุณหภูมิอากาศ (20 °C) จากการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรที่มีอิทธิพล ในช่วงเวลากลางคืน.....	171
ตารางที่ 4.32 แสดงข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้แทนค่าลงในสมการทำนายอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง.....	185
ตารางที่ 4.33 แสดงการออกแบบองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ในการควบคุมตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ.....	190
ตารางที่ 4.34 แสดงแนวทางการลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น จากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง	196
ตารางที่ 5.1 แสดงอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งต่อตัวแปรสภาพแวดล้อมช่วงเวลากลางวัน (Solar time) ที่ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมลดลง	215

ตารางที่ 5.2 แสดงอิทธิพลขององค์ประกอบรอบที่ตั้งต่อตัวแปรสภาพแวดล้อมช่วงเวลากลางวัน (Solar time) ที่ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้น.....	215
ตารางที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบรอบที่ตั้งต่อตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ.....	220



สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) ปัจจุบันเปรียบเทียบกับในอดีต [4] ...	1
รูปที่ 1.2 แสดงการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2506 กับปี พ.ศ. 2552	3
รูปที่ 1.3 แสดงรูปแบบระดับความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ ของพื้นที่อยู่อาศัย	3
รูปที่ 1.4 แสดงระดับความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ปี พ.ศ. 2383-2390 กับ พ.ศ. 2543-2550 [11].....	4
รูปที่ 1.5 แสดงอิทธิพลการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ต่ออุณหภูมิผิวขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง	5
รูปที่ 2.1 แสดงอิทธิพลของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลก ในช่วงเวลาต่างๆ.....	10
รูปที่ 2.2 แสดงระดับอุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ย ตั้งแต่ปี ค.ศ.1961-1990	11
รูปที่ 2.3 การแลกเปลี่ยนความร้อนในช่วงเวลากลางวัน (Heat Exchange by Day).....	12
รูปที่ 2.4 แสดงการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน [25].....	15
รูปที่ 2.5 แสดงค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity) ของวัสดุ [27]	16
รูปที่ 2.6 แสดงระดับอุณหภูมิผิวขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง เปรียบเทียบกลางวัน-กลางคืน บริเวณพื้นที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ช่วงเดือนสิงหาคม 2556	22
รูปที่ 2.7 แสดงรังสีจากดวงอาทิตย์ตกกระทบผิวใบในลักษณะต่างๆ [32]	24
รูปที่ 2.8 ลำดับการป้องกันอิทธิพลรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ที่ส่งผลต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์.....	26
รูปที่ 2.9 แสดงศักยภาพต้นไม้ใหญ่และพืชคลุมดินในการสกัดกั้นอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ [34].....	27
รูปที่ 2.10 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศที่เกิดจากอิทธิพลการสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์ วันที่ 22-23 กุมภาพันธ์ 2557 มหาวิทยาลัยแม่โจ้	27
รูปที่ 2.11 แสดงการลดอุณหภูมิอากาศโดยการระเหยของน้ำ จากอิทธิพลแหล่งน้ำ [34].....	28
รูปที่ 2.12 แสดงปริมาณการใช้พลังงานความร้อนในการเปลี่ยนสถานะของน้ำ [35]	29
รูปที่ 2.13 แสดงการลดอุณหภูมิอากาศโดยการระเหยของน้ำ จากอิทธิพลแหล่งน้ำ [20].....	30

รูปที่ 2.14 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมจากอิทธิพลต้นไม้ใหญ่และพื้นหญ้าเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป [20]	31
รูปที่ 2.15 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวให้พื้นหญ้ากับอุณหภูมิอากาศทั่วไปตลอด 24 ชั่วโมง [20]	32
รูปที่ 2.16 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้นคอนกรีตกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง [20]	32
รูปที่ 2.17 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychometric chart) หน่วย “องศาเซลเซียส” (°C) ที่ระดับน้ำทะเล (Sea level) [26]	33
รูปที่ 2.18 แสดงกระบวนการใช้แผนภูมิไซโครเมตริก ในการปรับสภาพอากาศ เพื่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์ [20]	34
รูปที่ 2.19 ปัจจัยที่มีผลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์ [34]	36
รูปที่ 2.20 การกระจายข้อมูลและสมการเส้นตรงของการถดถอย [40]	39
รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 19 สภาพแวดล้อม ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่	43
รูปที่ 3.2 แสดงกลุ่มข้อมูลปัจจัยจากสภาพแวดล้อมและปัจจัยจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ	44
รูปที่ 3.3 ลักษณะกลุ่มตัวอย่างสภาพแวดล้อมขนาดใหญ่ ม.แม่โจ้ (บน) สภาพแวดล้อมขนาดกลาง โครงการช่วงจันทร์ฯ (ล่างซ้าย) และสภาพแวดล้อมขนาดเล็ก บ้านพักอาศัย (ล่างขวา)	45
รูปที่ 3.4 แสดงขอบเขตอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อม ที่ได้รับอิทธิพลจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง	45
รูปที่ 3.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศตามระดับความสูง +0.50 +1.00 และ +2.00 ม... ..	46
รูปที่ 3.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ระดับ 1 เมตร เหนือผิวคอนกรีต ทุกระยะ 5 ม... ..	46
รูปที่ 3.7 เครื่องบันทึกอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ EXTECH รุ่น RHT10 และ SD500	47
รูปที่ 3.8 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รุ่น HGM-HY-303C	48
รูปที่ 3.9 เครื่องวัดอุณหภูมิผิววัสดุ Testo 860-T2	49
รูปที่ 3.10 เครื่องวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ รุ่น OEM TES-1333	49

รูปที่ 3.11 เครื่องวัดความเร็วลม รุ่น EXTECH AN100	50
รูปที่ 3.12 รูปแบบการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิอากาศ (Temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)	50
รูปที่ 3.13 แสดงขั้นตอนการศึกษาและรายละเอียดระเบียบวิธีวิจัยตามวัตถุประสงค์	54
รูปที่ 4.1 แสดงการสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์จากอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่ สามารถลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ลงได้ 75-90%	59
รูปที่ 4.2 ลักษณะต้นไม้ใหญ่ แบ่งตามความหนาแน่นทรงพุ่ม	59
รูปที่ 4.3 แสดงพื้นที่ร่มเงาและการสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์ ตามลักษณะความหนาแน่นทรงพุ่ม ต้นไม้ใหญ่กลุ่มตัวอย่าง 12 ชนิด (10 พฤษภาคม 2557 ช่วงเวลา 12:00-13:00น. จ.เชียงใหม่)	60
รูปที่ 4.4 แสดงการรองรับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ของสิ่งปกคลุมพื้นผิว ตามคุณสมบัติความจุความร้อนของวัสดุที่มีค่าตั้งแต่ 0.1-1 Cal/g C	66
รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะการถ่ายเทความร้อนจากสิ่งปกคลุมพื้นผิวคอนกรีต ผิวหญ้าชุ่มน้ำ และผิวน้ำ ตามค่าความจุความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด	66
รูปที่ 4.6 แสดงกระบวนการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นไอระเหยจากอิทธิพลการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ ส่งผลทำให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น	69
รูปที่ 4.7 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อม จำนวน 19 สภาพแวดล้อม เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่	71
รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง A บริเวณป้ายประตูทางเข้ามหาวิทยาลัยฯ	73
รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง B ลานอนุสาวรีย์คณะเศรษฐศาสตร์	74
รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง C ถนนผิวยางมะตอย	75
รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง D สนามเปตอง	76
รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง E ลานจัตุรัส	77
รูปที่ 4.13 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง F ศูนย์กีฬากาญจนาภิเษก ร.9	78
รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง G สำนักหอสมุดแม่โจ้	79
รูปที่ 4.15 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง H สนามตะกร้อ	80

รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง I อาคารเรียนรวมแม่โจ้ 70 ปี.....	81
รูปที่ 4.17 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง J โรงงานวิศวกรรมศาสตร์.....	82
รูปที่ 4.18 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง K อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์	83
รูปที่ 4.19 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง L สนามฟุตบอล.....	84
รูปที่ 4.20 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง M แปลงเกษตรกรรม.....	85
รูปที่ 4.21 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง N บ่อเพาะพันธุ์ปลา คณะเทคโนโลยีการประมง	86
รูปที่ 4.22 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง O หอธรรมแม่โจ้.....	87
รูปที่ 4.23 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง P สวนเสือ สิงค์ กระทิง เรด.....	88
รูปที่ 4.24 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง Q สวนป่าวังซ้าย.....	89
รูปที่ 4.25 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง R อาคารภูมิทัศน์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ฯ	90
รูปที่ 4.26 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง S แหล่งน้ำอาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี.....	91
รูปที่ 4.27 เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อม 19 ตำแหน่ง กับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557).....	93
รูปที่ 4.28 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งวัสดุแดดแข็ง (Group 1) วัสดุแดดอ่อน (Group 2) และพื้นที่ได้ร่มเงา (Group 3) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไปในช่วงเวลากลางวัน (12:00น.) และช่วงเวลากลางคืน (0:00น.).....	94
รูปที่ 4.29 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของสภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งวัสดุแดดแข็ง (Group 1) วัสดุแดดอ่อน (Group 2) และพื้นที่ได้ร่มเงา (Group 3) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไปในช่วงเวลากลางวัน (12:00น.) และช่วงเวลากลางคืน (0:00น.).....	97
รูปที่ 4.30 แสดงอุณหภูมิผิวของวัสดุผิวพื้นของสภาพแวดล้อมในพื้นที่โล่งแจ้งวัสดุแดดแข็ง (Group 1) วัสดุแดดอ่อน (Group 2) และพื้นที่ได้ร่มเงา (Group 3) ในช่วงเวลากลางวัน (12:00น.) และช่วงเวลากลางคืน (0:00น.)	98

รูปที่ 4.31 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิววัสดุที่เปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบกับ อุณหภูมิอากาศทั่วไป และค่าความจุความร้อนของวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง.....	102
รูปที่ 4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อม กับค่าตัวแปร ความจุความร้อนของวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง.....	103
รูปที่ 4.33 แสดงผล Model summary ความสัมพันธ์ทางสถิติของตัวแปรความจุความร้อนของ วัสดุกับอุณหภูมิอากาศ.....	103
รูปที่ 4.34 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิววัสดุที่เปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบกับ อุณหภูมิอากาศทั่วไป และค่าการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง	104
รูปที่ 4.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อม กับค่าตัวแปรการ แผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง.....	105
รูปที่ 4.36 แสดงผล Model summary ความสัมพันธ์ทางสถิติของตัวแปรการแผ่รังสีความร้อน ของผิววัสดุกับอุณหภูมิอากาศ	105
รูปที่ 4.37 แสดงปริมาณการดูดซับความร้อนจากอิทธิพลสีผิววัสดุ ตามระดับความเข้มสี	107
รูปที่ 4.38 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิววัสดุที่เปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบกับ อุณหภูมิอากาศทั่วไป และค่าความเข้มของสีผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง.....	107
รูปที่ 4.39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อม กับค่าตัวแปร ความเข้มของสีผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง	110
รูปที่ 4.40 แสดงผล Model summary ความสัมพันธ์ทางสถิติของตัวแปรความเข้มสีผิววัสดุกับ อุณหภูมิอากาศ	110
รูปที่ 4.41 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิววัสดุที่เปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบกับ อุณหภูมิอากาศทั่วไป และค่าการนำความร้อนของผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง.....	111
รูปที่ 4.42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อม กับค่าตัวแปรการ นำความร้อนของผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง	112
รูปที่ 4.43 แสดงผล Model summary ความสัมพันธ์ทางสถิติของตัวแปรการนำความร้อนของ วัสดุกับอุณหภูมิอากาศ.....	112
รูปที่ 4.44 แสดงสัดส่วนตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ	114
รูปที่ 4.45 การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เก็บข้อมูลตามกลุ่มตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ.....	117

รูปที่ 4.46 ลักษณะการติดตั้งเครื่องที่ใช้เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง	117
รูปที่ 4.47 แสดงสภาพแวดล้อม ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่.....	118
รูปที่ 4.48 แสดงลักษณะบริเวณพื้นดินแห้ง ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้.....	119
รูปที่ 4.49 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นดินแห้ง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 9 เมษายน 2557)	119
รูปที่ 4.50 แสดงลักษณะบริเวณพื้นคอนกรีต ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้.....	120
รูปที่ 4.51 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นคอนกรีต เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 9 เมษายน 2557)	120
รูปที่ 4.52 แสดงลักษณะบริเวณพื้นดินชุ่มน้ำ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้.....	121
รูปที่ 4.53 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นดินชุ่มน้ำ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 9 เมษายน 2557)	121
รูปที่ 4.54 แสดงลักษณะบริเวณพื้นหญ้าชุ่มน้ำ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้.....	122
รูปที่ 4.55 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นจากอิทธิพลพื้นหญ้า เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง (ข้อมูลวันที่ 9 เมษายน 2557).....	122
รูปที่ 4.56 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศเหนือพื้นผิวดินแห้ง คอนกรีต ดินชุ่มน้ำ และหญ้าชุ่มน้ำ ช่วงเวลากลางวัน (12:00 น.) และช่วงเวลากลางคืน (0:00 น.) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ ทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 9 เมษายน 2557 มหาวิทยาลัยแม่โจ้)	125
รูปที่ 4.57 ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับการสกัดกั้นจากอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่ ของกลุ่ม ตัวอย่างพื้นผิว 4 กลุ่ม (ข้อมูลวันที่ 25 เมษายน 2557 มหาวิทยาลัยแม่โจ้).....	125
รูปที่ 4.58 แสดงลักษณะบริเวณพื้นดินแห้ง (ในร่ม) ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้	126
รูปที่ 4.59 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นดินแห้ง (ในร่ม) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป.....	126
รูปที่ 4.60 แสดงลักษณะบริเวณพื้นคอนกรีต (ในร่ม) ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้.....	127
รูปที่ 4.61 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นคอนกรีต (ในร่ม) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป.....	127
รูปที่ 4.62 แสดงลักษณะบริเวณพื้นดินชุ่มน้ำ (ในร่ม) ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้	128

รูปที่ 4.63 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นดินชุ่มน้ำ (ในร่ม) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป.....	128
รูปที่ 4.64 แสดงลักษณะบริเวณพื้นหญ้า (ในร่ม) ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้.....	129
รูปที่ 4.65 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นหญ้า (ในร่ม) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป.....	129
รูปที่ 4.66 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศเหนือพื้นผิวดินแห้ง คอนกรีต ดินชุ่มน้ำ และหญ้าชุ่มน้ำ ได้ ร่มเงาต้นไม้ใหญ่ ในช่วงเวลากลางวัน (12:00 น.) และช่วงเวลากลางคืน (0:00 น.) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 25 เมษายน 2557 มหาวิทยาลัยแม่โจ้).....	130
รูปที่ 4.67 ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลง บริเวณใต้ต้นไม้ใหญ่ของสภาพแวดล้อมกลุ่ม ตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด (ข้อมูลวันที่ 25 เมษายน 2557 มหาวิทยาลัยแม่โจ้).....	130
รูปที่ 4.68 แสดงสภาพแวดล้อมพื้นที่ขนาดกลาง ภายในพื้นที่โครงการช่วงจันทร์เฮอริเทจ จ. เชียงใหม่(วันที่ 11 เมษายน 2557).....	131
รูปที่ 4.69 แสดงลักษณะบริเวณพื้นดินแห้ง ภายในสภาพแวดล้อมโครงการช่วงจันทร์เฮอริเทจฯ..	132
รูปที่ 4.70 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นดินแห้ง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 11 เมษายน 2557)	132
รูปที่ 4.71 แสดงลักษณะบริเวณพื้นไม้ ภายในสภาพแวดล้อมโครงการช่วงจันทร์เฮอริเทจฯ.....	133
รูปที่ 4.72 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นไม้ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 11 เมษายน 2557).....	133
รูปที่ 4.73 แสดงลักษณะบริเวณพื้นทางเดินอิฐ ภายในสภาพแวดล้อมโครงการช่วงจันทร์เฮอริเทจ ฯ.....	134
รูปที่ 4.74 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นทางเดินอิฐ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 11 เมษายน 2557)	134
รูปที่ 4.75 แสดงลักษณะบริเวณพื้นหญ้า ภายในสภาพแวดล้อมโครงการช่วงจันทร์เฮอริเทจฯ.....	135
รูปที่ 4.76 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นหญ้า เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 11 เมษายน 2557)	135
รูปที่ 4.77 แสดงสภาพแวดล้อมพื้นที่ขนาดเล็ก ภายในบ้านพักอาศัย จ.เชียงใหม่ (วันที่ 14 เมษายน 2557).....	136

รูปที่ 4.78 แสดงลักษณะบริเวณพื้นกระเบื้องเซรามิก ภายในบ้านพักอาศัย.....	137
รูปที่ 4.79 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นกระเบื้องเซรามิก เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 14 เมษายน 2557).....	137
รูปที่ 4.80 แสดงลักษณะบริเวณพื้นไม้ (ในร่ม) ภายในบ้านพักอาศัย	138
รูปที่ 4.81 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นไม้ (ในร่ม) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 14 เมษายน 2557).....	138
รูปที่ 4.82 แสดงลักษณะบริเวณพื้นบล็อกหญ้า ภายในบ้านพักอาศัย	139
รูปที่ 4.83 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นบล็อกหญ้า เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 14 เมษายน 2557).....	139
รูปที่ 4.84 แสดงลักษณะบริเวณพื้นบล็อกหญ้า (ในร่ม) ภายในบ้านพักอาศัย	140
รูปที่ 4.85 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นบล็อกหญ้า (ในร่ม) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 14 เมษายน 2557).....	140
รูปที่ 4.86 ตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ.....	141
รูปที่ 4.87 ตัวแปรสภาพแวดล้อมและตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่	143
รูปที่ 4.88 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ กับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ตลอด 24 ชั่วโมง	146
รูปที่ 4.89 แสดงค่า R Square จากปัจจัยการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ	147
รูปที่ 4.90 แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์บนแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychometric chart).....	147
รูปที่ 4.91 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ กับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ตลอด 24 ชั่วโมง.....	148
รูปที่ 4.92 แสดงค่า R Square จากปัจจัยปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ.....	148

รูปที่ 4.93 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยความเร็วลม กับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจาก อิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ตลอด 24 ชั่วโมง.....	150
รูปที่ 4.94 แสดงค่า R Square จากปัจจัยความเร็วลมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ อากาศ.....	150
รูปที่ 4.95 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความจุความร้อน กับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง จากสภาพแวดล้อมพื้นที่ได้ร่มเงา.....	152
รูปที่ 4.96 แสดงค่า R Square จากตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มี อิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ.....	153
รูปที่ 4.97 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ กับอุณหภูมิ อากาศที่เปลี่ยนแปลงจากสภาพแวดล้อมพื้นที่ได้ร่มเงา	154
รูปที่ 4.98 แสดงค่า R Square จากตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุองค์ประกอบรอบ ที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ.....	154
รูปที่ 4.99 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความชื้นสีผิววัสดุกับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง จากสภาพแวดล้อมพื้นที่ได้ร่มเงา.....	155
รูปที่ 4.100 แสดงค่า R Square จากตัวแปรความชื้นสีผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพล ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ.....	155
รูปที่ 4.101 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุกับอุณหภูมิอากาศที่ เปลี่ยนแปลงจากสภาพแวดล้อมพื้นที่ได้ร่มเงา.....	156
รูปที่ 4.102 แสดงค่า R Square จากตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มี อิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ.....	156
รูปที่ 4.103 แสดงกลุ่มตัวแปรจากปัจจัยสภาพแวดล้อมและปัจจัยองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มี อิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่	158
รูปที่ 4.104 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) ของตัวแปรที่มี อิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ (ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ จากสภาพแวดล้อม 16 สภาพแวดล้อม ภายใน จ.เชียงใหม่).....	159
รูปที่ 4.105 แสดงสัดส่วนตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่	159

รูปที่ 4.106 แสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวแปรสภาพแวดล้อมต่ออุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลา กลางวัน-กลางคืน	161
รูปที่ 4.107 แสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ในช่วงเวลากลางวัน- กลางคืน ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศแตกต่างกัน	161
รูปที่ 4.108 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ การทำนายอุณหภูมิอากาศ	162
รูปที่ 4.109 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ การทำนายอุณหภูมิอากาศ	163
รูปที่ 4.110 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศจากการเก็บข้อมูลกับค่าที่คำนวณจาก สมการ ในช่วงเวลากลางวัน	165
รูปที่ 4.111 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศจากการเก็บข้อมูลกับค่าที่คำนวณจาก สมการ ในช่วงเวลากลางคืน	165
รูปที่ 4.112 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) จากการรวมความสัมพันธ์ของตัวแปร ที่ใช้สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลากลางวัน	168
รูปที่ 4.113 แสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard error) จากการรวมความสัมพันธ์ของ ตัวแปรที่ใช้สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลากลางวัน	168
รูปที่ 4.114 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) จากการรวมความสัมพันธ์ของตัวแปร ที่ใช้สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลากลางคืน	170
รูปที่ 4.115 แสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard error) จากการรวมความสัมพันธ์ของ ตัวแปรที่ใช้สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลากลางคืน	170
รูปที่ 4.116 แสดงค่า R Square และค่า Standard error ของสมการทำนายการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิอากาศกรณีที่มีลม (ช่วงเวลากลางวัน)	172
รูปที่ 4.117 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ การทำนายอุณหภูมิอากาศกรณีที่มีลม (ช่วงเวลากลางวัน)	172
รูปที่ 4.118 แสดงค่า R Square และค่า Standard error ของสมการทำนายการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิอากาศกรณีที่มีลม (ช่วงเวลากลางคืน)	173

รูปที่ 4.119 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ
 การทำนายอุณหภูมิอากาศกรณีที่มีลม (ช่วงเวลากลางคืน) 173

รูปที่ 4.120 แสดงค่า R Square และค่า Standard error ของสมการทำนายการเปลี่ยนแปลง
 อุณหภูมิอากาศกรณีไม่มีลม (ช่วงเวลากลางวัน)..... 174

รูปที่ 4.121 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ
 การทำนายอุณหภูมิอากาศกรณีไม่มีลม (ช่วงเวลากลางวัน) 174

รูปที่ 4.122 แสดงค่า R Square และค่า Standard error ของสมการทำนายการเปลี่ยนแปลง
 อุณหภูมิอากาศกรณีไม่มีลม (ช่วงเวลากลางคืน) 175

รูปที่ 4.123 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ
 การทำนายอุณหภูมิอากาศกรณีไม่มีลม (ช่วงเวลากลางคืน)..... 175

รูปที่ 4.124 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ได้จากสมการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ
 อากาศที่วัดได้จริง จากอิทธิพลพื้นดินแห้ง 176

รูปที่ 4.125 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ได้จากสมการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ
 อากาศที่วัดได้จริง จากอิทธิพลพื้นคอนกรีต 176

รูปที่ 4.126 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ได้จากสมการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ
 อากาศที่วัดได้จริง จากอิทธิพลพื้นดินชุ่มน้ำ..... 177

รูปที่ 4.127 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ได้จากสมการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ
 อากาศที่วัดได้จริง จากอิทธิพลพื้นหญ้าชุ่มน้ำ 177

รูปที่ 4.128 ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมและองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ
 เวลา 12:00 น. ของสภาพแวดล้อมตัวอย่าง 3 สภาพแวดล้อม 179

รูปที่ 4.129 แผนที่แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อม A B และ C ภายใน
 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ (ข้อมูลวันที่ 26 เมษายน 2557)..... 180

รูปที่ 4.130 แสดงลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ของสภาพแวดล้อมพื้นดินแห้ง และ
 สภาพแวดล้อมตำแหน่ง A, B และ C ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 180

รูปที่ 4.131 แสดงข้อมูลตัวแปรค่าความจุความร้อนของวัสดุพื้นในสภาพแวดล้อมตำแหน่ง A, B
 และ C 182

รูปที่ 4.132 แสดงข้อมูลตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของสภาพแวดล้อมตำแหน่ง A, B และ C เปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง.....	183
รูปที่ 4.133 แสดงข้อมูลตัวแปรความเร็วลมของสภาพแวดล้อมตำแหน่ง A, B และ C เปรียบเทียบกับความเร็วลมทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง	183
รูปที่ 4.134 แสดงข้อมูลตัวแปรปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ของสภาพแวดล้อมตำแหน่ง A, B และ C เปรียบเทียบกับปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ตลอด 24 ชั่วโมง.....	184
รูปที่ 4.135 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง	184
รูปที่ 4.136 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน 3 สภาพแวดล้อม เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป.	187
รูปที่ 4.137 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศช่วงเวลา 12:00 น. ของสภาพแวดล้อมทั่วไป (Site AA) กับสภาพแวดล้อมที่ได้รับการปรับปรุง (Site BB) เปรียบเทียบกับสภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส	187
รูปที่ 4.138 แสดงช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ที่อุณหภูมิอากาศทั่วไป 37°C	197
รูปที่ 4.139 แสดงช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรความเร็วลมและความจุความร้อนของวัสดุที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ที่อุณหภูมิอากาศทั่วไป 37°C	197
รูปที่ 4.140 แสดงแนวทางการควบคุมค่าตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการลดอุณหภูมิอากาศและเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่	200
รูปที่ 4.141 แสดงขนาดพื้นที่แหล่งน้ำที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมที่ปรับปรุง (area ratio 1:26).....	201
รูปที่ 4.142 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งและอุณหภูมิผิวน้ำ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง (14 กุมภาพันธ์ 2558 จ. เชียงใหม่)	202
รูปที่ 4.143 แสดงข้อมูลปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้นจากการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำ เปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง (14 กุมภาพันธ์ 2558 จ. เชียงใหม่)	202
รูปที่ 4.144 ผังบริเวณ แสดงองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร	203

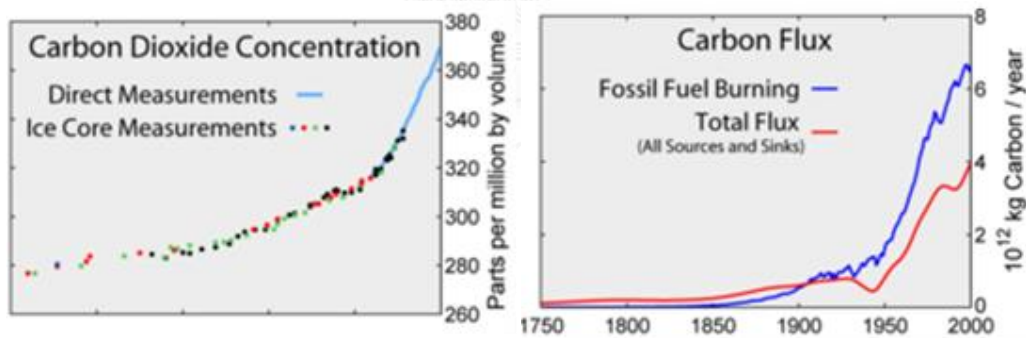
รูปที่ 4.145 แสดงอัตราส่วนพื้นที่สภาพแวดล้อมที่ได้รับอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศกับพื้นที่แหล่งน้ำ	204
รูปที่ 4.146 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมที่ใช้อิทธิพลจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ในการควบคุมตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น (area ratio 1:26).....	205
รูปที่ 4.147 ลักษณะการใช้องค์ประกอบรอบที่ตั้ง ได้แก่ ต้นไม้ใหญ่ พืชพันธุ์ธรรมชาติ และสิ่งปกคลุมผิวพื้นที่สามารถควบคุมการเพิ่มขึ้นของปริมาณความร้อนในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น.....	206
รูปที่ 5.1 ตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ (ข้อมูลการสำรวจปริมาณความร้อนของวัสดุ 16 ชนิด ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้).....	209
รูปที่ 5.2 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) ของตัวแปรที่มีอิทธิพล.....	210
รูปที่ 5.3 แสดงการใช้อิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่ ในการสกัดกั้นปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศลดลง	214
รูปที่ 5.4 แสดงการใช้อิทธิพลแหล่งน้ำที่มีค่าความจุความร้อนสูง การระเหยของน้ำและความเร็วลม ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ทำให้อุณหภูมิอากาศลดลง	214
รูปที่ 5.5 แสดงการใช้สิ่งปกคลุมพื้นผิวหญ้าชุ่มน้ำที่มีค่าความจุความร้อนสูง สามารถรองรับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศที่เกิดจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์	214
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งปี กับเกณฑ์สบายของมนุษย์ทางด้านอุณหภูมิอากาศ [41]	216
รูปที่ 5.7 แสดงแนวทางการแบ่งพื้นที่สภาพแวดล้อมรอบอาคาร เพื่อกำหนดองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่แตกต่างกัน	219

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปรากฏการณ์สภาวะเรือนกระจก หรือ Greenhouse effect [1] สาเหตุสำคัญเกิดจากการทำกิจกรรมของมนุษย์ที่มีการปล่อยก๊าซ อันตรายขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) ก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) และก๊าซที่มีปริมาณการปล่อยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศมากที่สุด คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งพิธีสารเกียวโตถูกกำหนดให้เป็นกลุ่มก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ จากรูปที่ 1.1 แสดงระดับการปล่อยก๊าซ CO_2 ในชั้นบรรยากาศปัจจุบันที่ระดับ 370 parts per million (ppm) ซึ่งสูงกว่าระดับการปล่อยก๊าซ CO_2 ก่อนยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม (ค.ศ. 1750-1850) ที่ระดับ 270 ppm หรือสูงขึ้นประมาณ 100 ppm. [2] ก๊าซ CO_2 จะถูกสะสมในบรรยากาศชั้นโทรโปสเฟียร์ ซึ่งจะสกัดกั้นไม่ให้รังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังพื้นโลกสะท้อนกลับไป ทำให้โลกต้องคอยดูดซับและสะสมความร้อนภายใต้ชั้นบรรยากาศเหล่านั้น ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก [3]

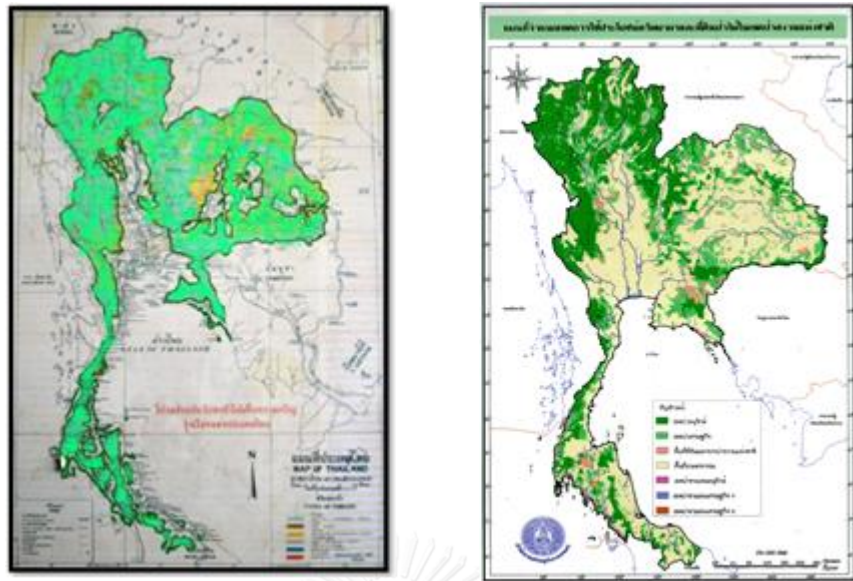


รูปที่ 1.1 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ปัจจุบันเปรียบเทียบกับในอดีต [4]

ประเทศไทย มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 , CH_4 และ N_2O มากถึงร้อยละ 99 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดยก๊าซ CO_2 คิดเป็น 2 ใน 3 ของปริมาณก๊าซและแทบจะทั้งสิ้น มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง [5] การแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยเพิ่มพื้นที่สีเขียวหรือพื้นที่ป่าไม้เพื่อดูดซับก๊าซ CO_2 เนื่องจาก ต้นไม้สามารถนำก๊าซ CO_2 มาใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตแล้วเปลี่ยนสถานะทางเคมีของก๊าซ CO_2 กักเก็บให้อยู่ในรูปแบบของเนื้อเยื่อลำต้น จากข้อมูลของมูลนิธิสืบนาคะเสถียรระบุว่าตลอดอายุขัยของไม้ยืนต้น 1 ต้น สามารถเก็บกัก CO_2 ได้เฉลี่ย 1-1.7 ตันคาร์บอน [6] แต่ในปัจจุบัน ข้อมูลการสำรวจพื้นที่ป่าไม้โลก (forests of the world) ของ [7]

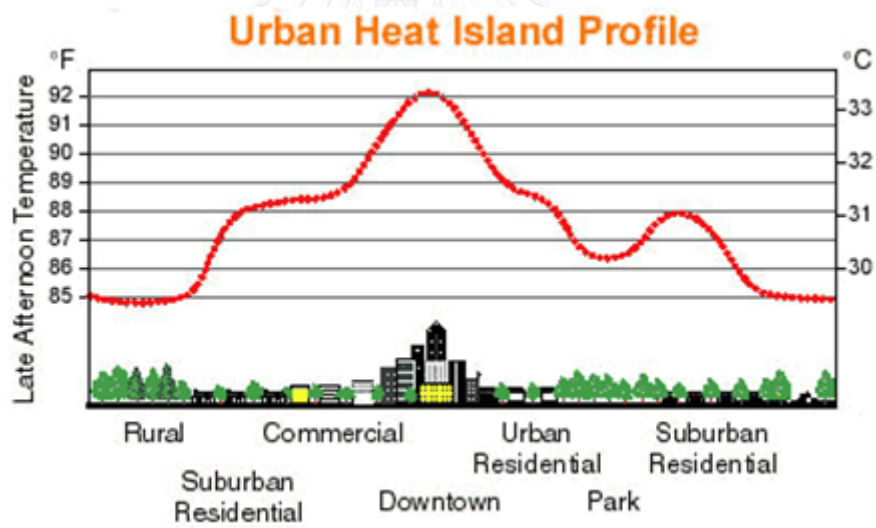
พบว่าตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 พื้นที่ป่าไม้โลกลดลง 65% และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องและเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น

จากการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ไทยของกรมป่าไม้ เมื่อปี พ.ศ.2552 เทียบกับแผนที่ป่าไม้ที่สืบค้นได้จากกองค้นคว้า กรมป่าไม้ ที่ระบุถึงพื้นที่ป่าไม้ไทยเมื่อปี พ.ศ. 2506 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยลดลงร้อยละ 53 หรือพื้นที่ป่าไม้ถูกทำลายโดยเฉลี่ยปีละ 1.15% หรือ 5,900 ตารางกิโลเมตรต่อปี [6] โดยเฉพาะช่วงปี พ.ศ. 2504-2525 ประเทศมีการพัฒนาและมุ่งเน้นการปลูกพืชเชิงเดี่ยวเพื่อการพาณิชย์ การสัมปทานป่าไม้เพื่อรองรับการเติบโตของจำนวนประชากร ส่งผลทำให้มีการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์ ตัดถนนสร้างระบบคมนาคมเพื่อการเดินทางที่สะดวก ตลอดจนการย้ายถิ่นฐานของประชากรต่างจังหวัดเข้ามาทำงานและอาศัยอยู่ในเมืองหลวง ทำให้สัดส่วนความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเพิ่มสูงขึ้น จาก 4,051.2 คน/ตารางกิโลเมตร เมื่อปี พ.ศ. 2543 เป็น 5,258.6 คน ต่อตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2553 [8] เหตุผลดังกล่าวส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทางกายภาพของพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เศรษฐกิจ ที่ประกอบด้วยอาคารสำนักงาน ตึกสูง และการจราจรที่หนาแน่น ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณความร้อน จากการศึกษาการพัฒนาพื้นที่โล่งในเขตเมือง : กรณีศึกษาพื้นที่ย่านสีลม พบว่าการพัฒนาพื้นที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงบริบทสภาพแวดล้อมทางกายภาพ [9] สามารถแบ่งได้เป็น 4 ยุค ได้แก่ ยุคที่ 1 พื้นที่ย่านเกษตรกรรม ยุคที่ 2 พื้นที่บ้านพักอาศัยชั้นดี ยุคที่ 3 พื้นที่ย่านเชิงพาณิชย์ และยุคที่ 4 พ.ศ. 25 พื้นที่ใจกลางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ [10] การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพดังกล่าวทำให้สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติลดลงและถูกแทนที่ด้วยสิ่งก่อสร้างที่มนุษย์สร้างขึ้น และปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อระดับอุณหภูมิอากาศสูงสุดในเขตเมืองที่มีประชากรอาศัยหนาแน่น หรือ ปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Urban Heat Island : UHI) [11] ได้ศึกษาข้อมูลอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในอดีตระหว่างปี พ.ศ. 2383-2390 เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในปัจจุบัน ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2550 [12] พบว่า อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในปัจจุบันสูงขึ้นกว่าอดีตตลอดทั้งปี โดยเฉพาะเดือนเมษายน (ฤดูร้อน) มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงขึ้น 2.4 องศาเซลเซียส และเดือนพฤศจิกายน (ฤดูหนาว) สูงขึ้น 3 องศาเซลเซียส ส่วนเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) สูงขึ้น 2 องศาเซลเซียส เนื่องจากอิทธิพลของปริมาณน้ำฝน ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในช่วงแคบ แต่ระดับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในกรุงเทพมหานคร สูงกว่าเกณฑ์สบาย (Comfort zone) ตลอดทั้งปี



รูปที่ 1.2 แสดงการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2506 กับปี พ.ศ. 2552

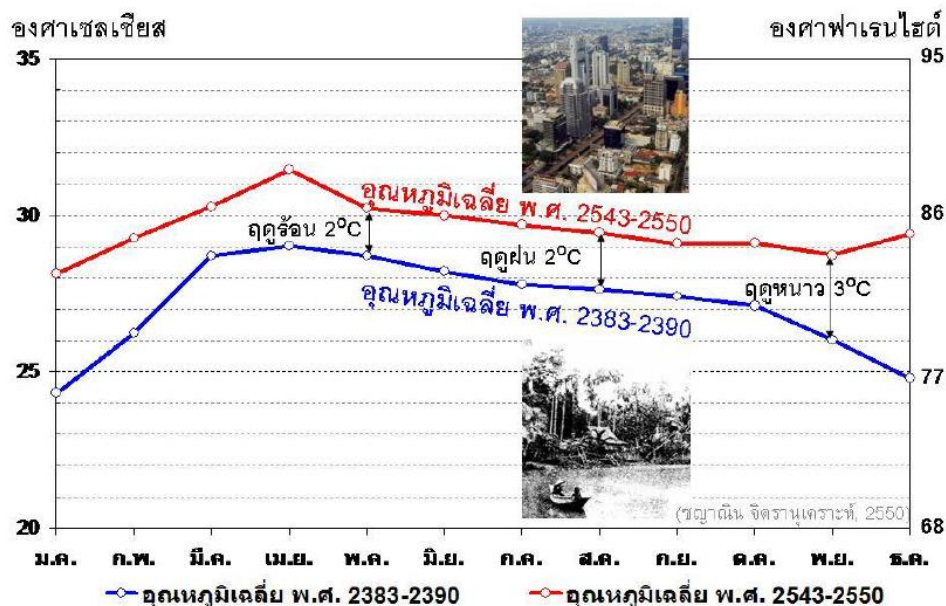
[6]



รูปที่ 1.3 แสดงรูปแบบระดับความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ ของพื้นที่อยู่อาศัย

[13]

เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในอดีตกับปัจจุบัน (ระยะเวลา 160 ปี)



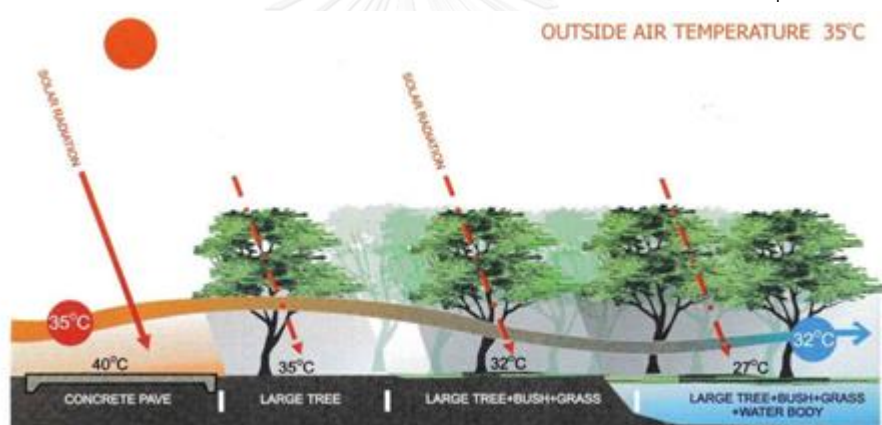
รูปที่ 1.4 แสดงระดับความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ปี พ.ศ. 2383-2390 กับ พ.ศ. 2543-2550 [11]

จากการศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศ จากปัจจัยทางธรรมชาติของสภาพแวดล้อมในเขตเมืองร้อนขึ้นพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุด คือ พื้นที่ร่มเงาและการคายน้ำของต้นไม้ (Shading & Evaporative transpiration) รวมถึงอิทธิพลของกระแสลม (Wind channeling) ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิอากาศได้สูงสุด 4 องศาเซลเซียส [14] ในช่วงที่มีสภาพอากาศร้อนจัด [15] ลักษณะดังกล่าวเป็นการลดอุณหภูมิอากาศจากปัจจัยการสกัดกั้นอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ (Prevented solar radiation) และการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling) ที่ได้จากกระบวนการคายน้ำของต้นไม้ และการศึกษาอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากสิ่งปกคลุมผิวพื้น (Ground cover) พบว่าหญ้า (Grass) สามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศด้วยการระเหยในระดับต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศปกติ 3.2 องศาเซลเซียส [16] และองค์ประกอบทางธรรมชาติที่มีอิทธิพลต่อการสร้างความเย็นให้กับเมืองที่มีประชากรอาศัยหนาแน่น คือ แหล่งน้ำ (Water bodies) และสามารถใช้เป็นองค์ประกอบในการลดอุณหภูมิอากาศให้กับเมืองได้ [17]

องค์ประกอบทางธรรมชาติที่มีการวิจัยและศึกษามาข้างต้น ล้วนเป็นองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง (Site elements) ที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมขนาดเล็ก (Micro climate) [18] ให้เข้าไปใกล้เขตสบาย (Comfort zone) และเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ อีกทั้งยังส่งผลต่อการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศจากตัวแปรความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายใน-ภายนอก (ΔT) สำหรับอาคารในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น [19]

จากการศึกษาของ [20] พบว่าดวงอาทิตย์เป็นแหล่งอิทธิพลความร้อนหลักของสภาพแวดล้อม การตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์กับพื้นผิววัสดุที่บดแสงใดๆ พลังงานแสงจะแปรเปลี่ยนเป็นคลื่นความร้อน ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิววัสดุ ในการเก็บข้อมูลที่สภาพอากาศอุณหภูมิ 35 °C พบว่า ระดับอุณหภูมิผิวคอนกรีตโดนแดด 40 °C อุณหภูมิผิวดินในร่ม 35 °C อุณหภูมิผิวหญ้าในร่ม 32 °C และอุณหภูมิผิวน้ำในร่ม 27 °C จากรูปที่ 1.5 อิทธิพลของกระแสลมที่พัดผ่านผิววัสดุจะสามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศบริเวณดังกล่าวลดลงจาก 35 °C เป็น 32 °C จึงพอสรุปได้ว่าการออกแบบองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งที่เหมาะสม เช่น การใช้ต้นไม้ พื้นหญ้า และแหล่งน้ำ มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ จะศึกษาและวิเคราะห์ถึงอิทธิพลขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง (Site elements) ได้แก่ ต้นไม้ (Vegetation) สิ่งปกคลุมผิวพื้น (Ground cover) และแหล่งน้ำ (Water bodies) ซึ่งเป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่มีอิทธิพลสูงสุดในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมในเขตเมืองร้อนขึ้นให้เข้าใกล้เขตสบาย (Comfort zone) มากที่สุด



รูปที่ 1.5 แสดงอิทธิพลการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ต่ออุณหภูมิผิวขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งที่ส่งผลต่อการลดอุณหภูมิอากาศ [20]

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษาตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง (Site elements) ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่
- 1.2.2 ทำนายอุณหภูมิอากาศจากสมการ (Equation) ความสัมพันธ์ของตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งและตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพล
- 1.2.3 สร้างแนวทางการออกแบบ (Design guideline) สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

- 1.3.1 สํารวจและเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่างเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป เพื่อค้นหาตัวแปรขององค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพล
 - สํารวจอุณหภูมิอากาศจากลักษณะความแตกต่างขององค์ประกอบรอบที่ตั้ง 19 สภาพแวดล้อม ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างสภาพแวดล้อมตามลักษณะพื้นและประเภทวัสดุ ดังนี้
 - สภาพแวดล้อมโล่งแจ้ง ประเภทวัสดุคาดแข็ง (Hard-scape)
 - สภาพแวดล้อมโล่งแจ้ง ประเภทวัสดุคาดอ่อน (Soft-scape)
 - สภาพแวดล้อมใต้ร่มเงา (Shade)
 - วิเคราะห์ตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ได้แก่
 - ความจุความร้อนของวัสดุ (Heat capacity)
 - การแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ (Emissivity)
 - ความเข้มสีวัสดุ (Color)
 - การนำความร้อนของวัสดุ (Conductivity)
 - เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งตลอด 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป
 - กลุ่มตัวอย่างองค์ประกอบรอบที่ตั้ง แบ่งตามค่าความจุความร้อนวัสดุพื้น
 - พื้นดินแห้ง (ความจุความร้อน 0.19 Kcal/k°C)
 - พื้นคอนกรีต (ความจุความร้อน 0.22 Kcal/g°C)

- พื้นดินชุ่มน้ำ (ความจุความร้อน 0.6 Kcal/g°C)
- พื้นหญ้าชุ่มน้ำ (ความจุความร้อน 0.7 Kcal/g°C)

ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพล ประกอบด้วย

- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ($W/m^2 h$)
- ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (%)
- ความเร็วลม (m/s)

1.3.2 สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ จากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพล

- วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งและตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง
- สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ จากปัจจัยที่มีอิทธิพล
- ทดสอบความน่าเชื่อถือของสมการทำนายอุณหภูมิอากาศเปรียบเทียบกับข้อมูลสภาพแวดล้อมจริง

1.3.3 จัดทำแนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการอยู่อาศัยของมนุษย์ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ศึกษาตัวแปรจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งและปัจจัยสภาพแวดล้อม ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น (Hot-humid climate) ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่

1.4.2 ผลการวิจัย มุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ (Micro-climate) ในสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร ให้เข้าใกล้เขตน่าสบายของมนุษย์ (Comfort zone)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ตัวแปรขององค์ประกอบรอบที่ตั้ง (Site element factors) และปัจจัยสภาพแวดล้อม (Climate factors) ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่

1.5.2 สมการ (Equation) ทำนายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ จากตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพล

1.5.3 แนวทางการออกแบบ (Design guideline) การออกแบบสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 สภาพแวดล้อม

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ มาตรา 4 ปี พ.ศ.2535 ได้ให้ความหมายของคำว่า สภาพแวดล้อม หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพและชีวภาพที่อยู่รอบตัวมนุษย์ ซึ่งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์ได้ทำขึ้น สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และสภาพแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น [21]

2.1.1 สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ (Natural environment)

เป็นสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ต้นไม้ แหล่งน้ำ ดิน อากาศ มนุษย์ ฯลฯ สิ่งเหล่านี้จะเกิดขึ้นเองตามกลไกธรรมชาติ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทย่อย คือ

- สิ่งที่มีชีวิต (Biotic Environment) หรือเรียกว่าสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ (Biological Environment) เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติมีคุณสมบัติเฉพาะตัวของสิ่งที่มีชีวิต เช่น พืช สัตว์ มนุษย์ ซึ่งมีความแปรปรวนและเปลี่ยนแปลงตัวเองได้สูง
- สิ่งที่ไม่มีชีวิต (Abiotic Environment) หรือ สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ อาจมองเห็นหรือมองไม่เห็น เช่น อากาศ ความชื้น ลม เสียง รวมถึงแร่ธาตุจากธรรมชาติ สิ่งแวดล้อมเหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อการให้กำเนิดสิ่งมีชีวิต

การเกิดขึ้นของสิ่งมีชีวิตทางธรรมชาติ เช่น ต้นไม้ สัตว์ และมนุษย์ จะมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวตามสภาพแวดล้อมที่ให้กำเนิด เช่น ต้นไม้ในเขตร้อนชื้นจะมีทรงพุ่มใบที่หนาแน่นกว่าต้นไม้ในเขตหนาว สัตว์ในเขตหนาวจะมีขนปกคลุมร่างกายยาวกว่าสัตว์เขตร้อน และสีผิวมนุษย์ในเขตร้อนจะเข้มกว่าสีผิวมนุษย์ในเขตหนาว เป็นต้น ความแตกต่างดังกล่าวมาจากแหล่งความร้อนหลักของโลก คือ ดวงอาทิตย์ ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อม

2.1.2 สภาพแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-Made Environment)

เป็นสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นรูปธรรม สิ่งปลูกสร้างหรือที่เรียกกันว่าสภาพแวดล้อมทางกายภาพ และวัฒนธรรม ขนบทำเนียม ประเพณี หรือที่เรียกกันว่าสภาพแวดล้อมทางสังคม สภาพแวดล้อมเหล่านี้จะมีความแข็งแกร่งต่อการเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติเป็นอย่างมาก

- สภาพแวดล้อมทางกายภาพ หรือสิ่งแวดล้อมที่สามารถมองเห็นได้ เช่น อาคารบ้านเรือน ยานพาหนะ สาธารณูปโภค-สาธารณูปการ ฯลฯ สิ่งเหล่านี้มนุษย์สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกและตอบสนองความต้องการในการดำรงชีวิตประจำวัน มนุษย์สร้างสภาพแวดล้อมทางกายภาพจากธรรมชาติ การแทนที่ธรรมชาติด้วยสิ่งปลูกสร้างของมนุษย์ส่งผลทำให้ความสมดุลของโลกเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิของโลกที่เพิ่มมากขึ้นเป็นผลมาจากการสะสมความร้อนของสิ่งปลูกสร้างที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งมีค่าความจุความร้อนที่ต่ำกว่าสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ การเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองใหญ่ถือเป็นปรากฏการณ์หนึ่งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมดังกล่าว

- สภาพแวดล้อมทางสังคม (Social Environment) เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อความเป็นระเบียบและการอยู่ร่วมกันในสังคม เช่น การปกครอง ศาสนา การศึกษา ความเชื่อ ขนบธรรมเนียมประเพณี ฯลฯ ซึ่งเป็นสิ่งที่จับต้องไม่ได้ มีอิทธิพลต่อตัวมนุษย์โดยตรง

สภาพแวดล้อมต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ต่อกันและกัน เมื่อสภาพแวดล้อมหนึ่งโดยทำลาย ย่อมมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมอื่นๆ ในปัจจุบันมนุษย์มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมอื่นๆ ต่างจากในอดีตที่มนุษย์ใช้ชีวิตอยู่ภายใต้อิทธิพลธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติเป็นไปอย่างค่อยเป็นค่อยไป จึงอยู่ในวิสัยที่ธรรมชาติสามารถปรับสมดุลของตัวเองได้ แต่ปัจจุบันมนุษย์มีการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดตั้งแต่ยุคอุตสาหกรรม การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม และปัญหาภาวะโลกร้อน (Global Warming) เป็นปัญหาเร่งด่วนที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ

งานวิจัยชิ้นนี้ จะค้นหาตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเกิดความร้อนที่ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมขนาดเล็ก (Micro-climate) เพิ่มสูงขึ้นจากอุณหภูมิอากาศทั่วไป เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขที่จะลดปริมาณความร้อนเหล่านั้นลง

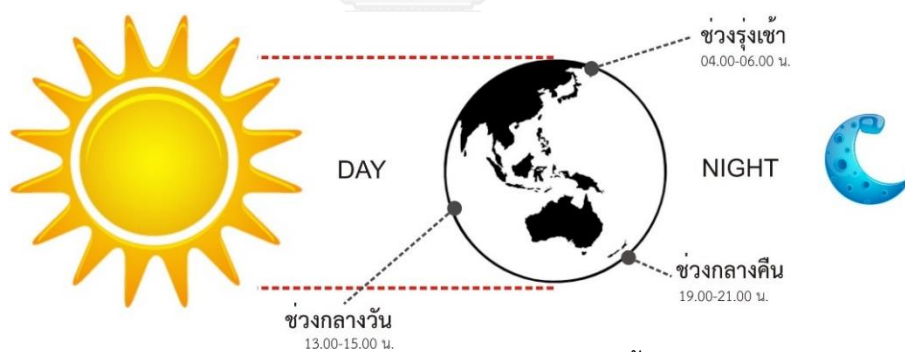
2.2 แหล่งความร้อนในสภาพแวดล้อม

ความร้อนในสภาพแวดล้อม เป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ ได้แก่ ดวงอาทิตย์ (The Sun) พลังงานความร้อนใต้พิภพ การเผาไหม้เชื้อเพลิง และพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น พลังงานความร้อนสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปแบบอื่นได้ อิทธิพลการเพิ่มขึ้นของความร้อนจะส่งผลให้อากาศหรือวัตถุมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นและถ่ายเทสู่อากาศหรือวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จึงเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การไหลของความร้อน (Heat flow) การถ่ายความร้อนในสภาพแวดล้อมจะอาศัยหลักการถ่ายเทจากสภาพแวดล้อมที่มีปริมาณความร้อนมากหรือมีระดับอุณหภูมิสูง ไปสู่สภาพแวดล้อมที่มีปริมาณความร้อนน้อยกว่าหรือมีระดับอุณหภูมิต่ำกว่า จนกว่าสภาพแวดล้อมทั้ง

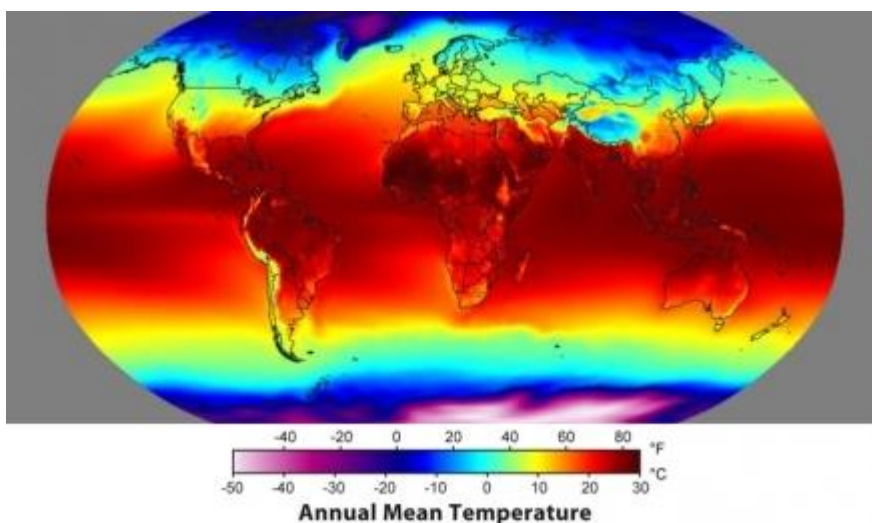
สองแห่งจะมีระดับอุณหภูมิอากาศที่เท่ากันการถ่ายเทปริมาณความร้อนจึงหยุดลง ดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งความร้อนหลักในสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดกลางวัน-กลางคืนและฤดูกาล จากปรากฏการณ์ที่โลกหมุนรอบตัวเองและโคจรรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งมีผลทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนในสภาพแวดล้อม ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

2.2.1 แหล่งกำเนิดความร้อน

ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของสุริยจักรวาลและเป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญที่สุดของโลก ดวงอาทิตย์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 ล้านกิโลเมตร อยู่ห่างจากโลก 150 ล้านกิโลเมตรจากพื้นโลก มีองค์ประกอบเป็นไฮโดรเจน 74% ฮีเลียม 25% และธาตุชนิดอื่น 1% อิทธิพลความร้อนจากดวงอาทิตย์มีผลต่อพื้นผิวโลกและสภาพแวดล้อม การตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ส่งผลต่อระดับปริมาณความร้อนบนพื้นผิวโลกแตกต่างกัน เนื่องจากแกนโลกเอียงจากแนวตั้ง 23 องศา ส่งผลทำให้การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ มีปริมาณความร้อนตกกระทบพื้นผิวโลกที่ไม่เท่ากัน ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้จะได้รับอิทธิพลความร้อนน้อยกว่าแถบเส้นศูนย์สูตร ส่งผลทำให้เกิดความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศของโลก การไหลเวียนของอากาศ ฤดูกาล และ กระแสน้ำในมหาสมุทร รวมถึงวัฏจักรของสิ่งมีชีวิต ดังนั้น ดวงอาทิตย์จึงเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในสภาพแวดล้อม



รูปที่ 2.1 แสดงอิทธิพลของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลก ในช่วงเวลาต่างๆ



รูปที่ 2.2 แสดงระดับอุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ย ตั้งแต่ปี ค.ศ.1961-1990

[22]

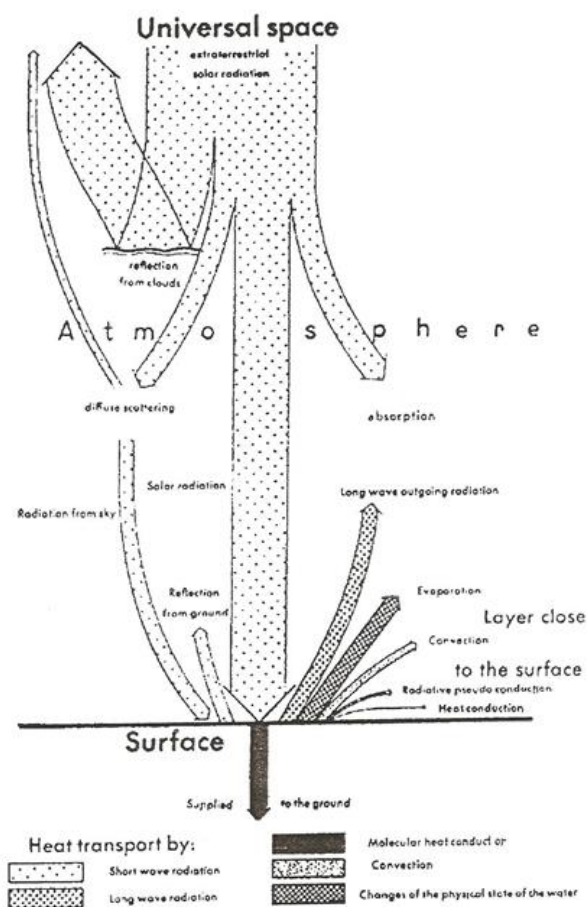
ในสภาพแวดล้อมต่างๆบนโลก จะมีปริมาณความร้อนสะสมจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งการพาดผ่านของแสงบนพื้นโลกกับดวงอาทิตย์ จากรูปที่ 2.2 บริเวณเส้นละติจูดที่ 0°N หรือเส้นศูนย์สูตรจะมีปริมาณความร้อนสะสมจากดวงอาทิตย์มากที่สุด เนื่องจากแสงของดวงอาทิตย์กระทำในแนวตั้งฉากตลอดทั้งปี ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิวโลกเฉลี่ยตลอดทั้งปี สูงถึง 30 องศาเซลเซียส แตกต่างกับบริเวณขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ ที่ระดับเส้นละติจูดมากกว่า 85°N และ 85°S จะมีอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิวโลกเฉลี่ยตลอดทั้งปีต่ำถึง -50 องศาเซลเซียส ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศทั้ง 2 บริเวณเกิดจากอิทธิพลการพาดผ่านของแสงจากดวงอาทิตย์ซึ่งถือเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนหลักของโลก

สำหรับประเทศไทย ตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูด $5-21^{\circ}\text{N}$ ลองติจูด $97-106^{\circ}\text{E}$ จากรูป 2.2 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิวโลกเฉลี่ยที่ 25-30 องศาเซลเซียส แต่ในความเป็นจริงระดับปริมาณความร้อนที่วัดได้ในเมืองใหญ่สูงถึง 40 องศาเซลเซียส เพราะนอกจากอิทธิพลความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่กระทำกับพื้นโลกแล้ว ยังมีอิทธิพลความร้อนจากการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น การปล่อยของเสียจากยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรม และอิทธิพลการแผ่รังสีความร้อนจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ซึ่งเป็นปัจจัยที่งานวิจัยชิ้นนี้จะทำการศึกษาตัวแปรขององค์ประกอบรอบที่ตั้งที่ทำให้เกิดปริมาณความร้อนในวัสดุ ส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อม

2.2.2 การถ่ายเทความร้อน

พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ 100% ที่ตกลงมาบนพื้นโลก จะสะท้อนพลังงานจำนวน 30% กลับคืนสู่อวกาศ พลังงานที่เหลืออีก 70% โลกจะดูดกลืนไว้ และแผ่รังสีออกมาในรูปของคลื่น

ความร้อน (รังสีอินฟราเรด) ส่วนหนึ่งจะกระจายตัวอยู่ในชั้นบรรยากาศ 58% และถ่ายเทลงสู่พื้นผิวดินรวมทั้งวัตถุในสภาพแวดล้อม 12% [23] ปริมาณความร้อนที่ตกกระทบวัตถุจะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นตามคุณสมบัติความจุความร้อนของวัสดุ วัสดุที่มีความจุความร้อนน้อยจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้สูงและเร็วกว่าวัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำ เมื่อวัสดุดังกล่าวมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศ ปริมาณความร้อนจะถูกถ่ายเทสู่สภาพแวดล้อมที่มีระดับอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ การถ่ายเทความร้อนในสภาพแวดล้อมดังกล่าว สามารถเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน



รูปที่ 2.3 การแลกเปลี่ยนความร้อนในช่วงเวลากลางวัน (Heat Exchange by Day)

[24]

1) การนำความร้อน (Conduction)

เป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจากวัตถุ 1 วัตถุหรือ 2 วัตถุที่สัมผัสกัน เรียกว่าตัวนำความร้อน วัตถุที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันจะเกิดการเคลื่อนที่ของความร้อน โดยพลังงานความร้อนจะเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ตำแหน่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าผ่านอนุภาคที่อยู่ติดกันต่อเนื่องกันไป โดยตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่แต่ความร้อนจะค่อยๆ แผ่กระจายไปตามเนื้อวัตถุ คุณสมบัติของวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการนำความร้อนดีหรือไม่ดี ขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)

ในสภาพแวดล้อมเมืองค้ประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด แต่ละวัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่แตกต่างกัน วัสดุธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำกว่าวัสดุที่มนุษย์สร้างขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้สภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยวัสดุทางธรรมชาติมีระดับอุณหภูมิอากาศที่ต่ำกว่าสภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยสิ่งก่อสร้าง

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ เรียงจากน้อยไปหามาก [7]

	วัสดุ	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)
		W/m.K
1	โฟม	0.01
2	อากาศ	0.024
3	กระดาษ	0.05
4	ไม้	0.04-0.12
5	อิฐแดง	0.6
6	คอนกรีต	0.8
7	แก้ว	0.8
8	น้ำแข็ง	1.6
9	อลูมิเนียม	237
10	เพชร	2300

2) การพาความร้อน (Convection)

เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยตัวกลางในการพาความร้อนและเคลื่อนที่ไป โดยปกติจะเกิดขึ้นในสสารสองสถานะคือของเหลวและก๊าซ เนื่องจากเป็นสิ่งที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ในสภาพแวดล้อมการเคลื่อนที่ของอากาศในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิอากาศสูง เช่น ผิวนอนคอนกรีต ไปสู่พื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เช่น สนามหญ้า ถือเป็นการพาความร้อนโดยมีตัวกลาง คือ อากาศที่เคลื่อนที่ หรือ กระแสลม การพัดพาของกระแสลมจึงสามารถนำความร้อนจากสภาพแวดล้อมหนึ่งไปสู่อีกสภาพแวดล้อมหนึ่งได้ การเคลื่อนที่ของความร้อนจะมีทิศทางลอยขึ้นเท่านั้น เนื่องจากโมเลกุลที่ได้รับความร้อนจะมีการขยายตัวทำให้มีความหนาแน่นต่ำลง โมเลกุลที่เบาจะลอยตัวขึ้นสูง และสสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า มีความหนาแน่นสูงกว่าและหนักกว่าจะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ ทำให้เกิดการหมุนเวียนของความร้อนขึ้น ซึ่งสามารถพบเห็นได้จากการเกิดลมบกลมทะเล

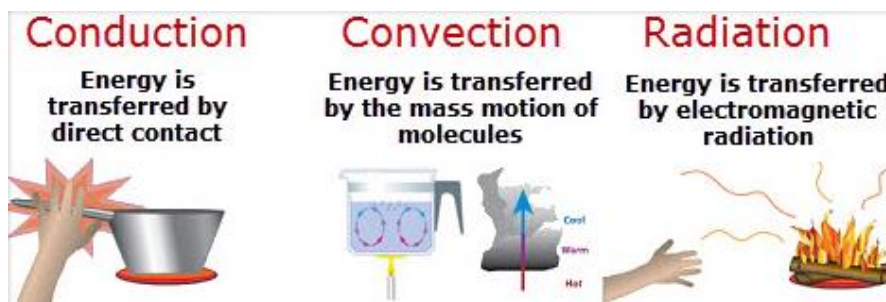
การพาความร้อน สามารถแบ่งการเคลื่อนที่ของโมเลกุลได้ 2 ชนิด คือ

- การพาความร้อนอย่างอิสระ (Free convection) เป็นการพาความร้อนที่โมเลกุลของตัวกลางเคลื่อนที่ไป เพราะมีความหนาแน่นแตกต่างกัน
- การพาความร้อนอย่างไม่อิสระ (Force convection) เป็นการพาความร้อนที่โมเลกุลของตัวกลางถูกทำให้เคลื่อนที่โดยแรงกระทำภายนอก

3) การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

เป็นการถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงานความร้อน ดังเช่น การนำความร้อน และการพาความร้อน การแผ่รังสีสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านชั้นบรรยากาศได้ วัตถุทุกชนิดที่มีค่าอุณหภูมิสูงกว่า -270°C หรือ 0 K (เคลวิน) ย่อมมีการแผ่รังสี วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงจะแผ่รังสีคลื่นสั้น ส่วนวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำจะแผ่รังสีคลื่นยาว การแผ่รังสีส่งผลทำให้วัสดุในสภาพแวดล้อมแต่ชนิดดูดซับปริมาณความร้อนได้ไม่เท่ากัน ทั้งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุ เช่น ความเข้มสีวัสดุ โดยวัสดุที่มีสีดำจะมีการดูดซับความร้อนได้มากกว่าวัสดุที่มีสีขาว และผิววัสดุที่มีผิวเรียบมันจะมีค่าการสะท้อนความร้อนได้ดีกว่าวัสดุที่มีผิวขรุขระ

คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนดังกล่าว มีผลต่อระดับปริมาณความร้อนในองค์ประกอบรอบที่ตั้งกับสภาพแวดล้อมโดยรอบ การลดปริมาณการดูดซับ สะสม และถ่ายเทความร้อนของวัสดุจะสามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมได้



รูปที่ 2.4 แสดงการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน [25]

2.2.3 คุณสมบัติทางความร้อน

1) ความจุความร้อน (Thermal heat capacity)

นอกจากรังสีดวงอาทิตย์จะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งแล้ว การเปลี่ยนแปลงรังสีจากคลื่นสั้นเป็นคลื่นยาวจะถูกสะสมอยู่ในตัววัสดุตามระยะเวลาการตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์ ทำให้องค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างช้าๆ และไม่เท่ากัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของวัสดุแต่ละประเภทที่สามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามปริมาณความร้อนที่ได้รับ โดยเปรียบเทียบกับน้ำ ซึ่งมีค่าความจุความร้อนจำเพาะเท่ากับ 1 และวัสดุอื่นๆ จะมีค่าแตกต่างกันไปตามสัดส่วนของน้ำที่เป็นองค์ประกอบในวัสดุเหล่านั้น

โดย สามารถคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ใช้เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิวัสดุขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งตามปริมาณความร้อนที่ได้รับ ดังนี้ [26]

$$Q = m * s * \Delta t$$

เมื่อ	Q	คือ	ปริมาณความร้อน (J.)
	m	คือ	มวลของวัสดุ (g.)
	s	คือ	ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Kcal/g. C)
	Δt	คือ	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายใน-ภายนอก ($^{\circ}\text{C}$)

- ปริมาณความร้อน (Q) เป็นปริมาณความร้อนที่วัสดุได้รับจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ในสมการ หาได้จากความสัมพันธ์ของ 3 ตัวแปร คือ มวลของวัสดุ (mass) ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (specific heat capacity) และค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอก (Δt)

- มวลวัสดุ (m) มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนหรือการซึมผ่านของความร้อนเข้ามาสะสมในเนื้อวัสดุ เช่น พื้นที่แหล่งน้ำที่มีความจุน้ำมาก จะส่งผลทำให้ความสามารถในการซึมผ่านของความร้อนเป็นได้ยากและต้องใช้ปริมาณพลังงานความร้อนมากในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำ
- ความจุความร้อนจำเพาะ (s) เป็นคุณสมบัติของวัสดุที่บอกถึงประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยสถานะไม่เปลี่ยน เปรียบเทียบกับน้ำที่มีค่าความจุความร้อนจำเพาะเท่ากับ 1 ฉะนั้น องค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งที่มีองค์ประกอบของน้ำมาก จะมีค่าใกล้เคียง 1 เช่น ดินชุ่มน้ำ จะมีค่าความจุความร้อนจำเพาะมากกว่าดินแห้ง ฉะนั้น จะเห็นได้ว่า น้ำ มีอิทธิพลต่อการกำหนดค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ ส่งผลต่อความสามารถในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในตัววัสดุ โดยค่าความจุความร้อนของวัสดุ มีดังนี้

Material	Specific Heat (Btu/lb-°F)	Density (lb/cu.ft.)	Volumetric Heat Capacity (Btu/cu.ft.-°F)	Thermal Conductivity (Btu/hr-ft²-F)
Sand	0.19	94.6	18	0.09 - 0.14
White Pine	0.67	27	18	0.07
Gypsum	0.26	78	20	0.28
Adobe	0.24	106	25	0.30
White Oak	0.57	47	27	0.09
Concrete	0.2	140	28	1.0
Brick	0.21	140	28	0.40
Rock	0.21	180	38	1.2 - 4
Water	1.0	62.4	62.4	0.33
Air (75°F)	0.24	0.075	0.018	0.014
Hollow Concrete Block (~ 30% air)			20	
Rock bed (void fraction ~ 1/3)			25	
Copper				232
Steel				25
Cotton wool insulation				0.017
Fiberglass insulation				0.023

รูปที่ 2.5 แสดงค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity) ของวัสดุ

[27]

- ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอก (Δt) ส่งผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนและการสะสมความร้อนของวัสดุ ในสภาวะอากาศร้อน วัสดุที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศจะร้อนเร็วกว่าวัสดุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศมาก

จากทฤษฎีทั้งหมดที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่า ตัวแปรหลักที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง คือ การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation) ที่ส่งผลทำให้เกิดคลื่นความร้อนสะสมในองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งตามคุณสมบัติของค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุที่แตกต่างกัน และถ่ายเทสู่สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นมีอุณหภูมิอากาศสูงขึ้น

2) การดูดซับและการสะท้อนรังสีความร้อน (Absorption & Emission)

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง ขึ้นอยู่กับตัวแปรการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Solar radiation) สัมประสิทธิ์การดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ของวัสดุ (Absorption) และสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนของวัสดุ (Emission) ของวัสดุ ซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอก (T_o)

สามารถคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิววัตถุจากอิทธิพลของตัวแปรดังกล่าว ดังนี้ [26]

$$T_e = T_o + \frac{(a \cdot I)}{h_o} - \frac{(\epsilon \cdot \Delta R)}{h_o}$$

เมื่อ	T_e	คือ	อุณหภูมิพื้นผิววัสดุ (Sol-air temperature)
	T_o	คือ	อุณหภูมิอากาศภายนอก
	a	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิววัสดุภายนอก
	I	คือ	ค่าการแผ่รังสีรวมของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิววัสดุภายนอก
	h_o	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีคลื่นยาวและการพาความร้อนที่พื้นผิววัสดุ
	ϵ	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนของพื้นผิววัสดุภายนอก
	ΔR	คือ	อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีคลื่นยาว ของพื้นผิววัสดุภายนอกกับท้องฟ้าและสภาพแวดล้อม

- อุณหภูมิอากาศภายนอก (T_o) เป็นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงทุกช่วงเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน ดังนั้น ระดับอุณหภูมิผิวองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอกโดยตรง

- ค่าการแผ่รังสีรวมของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิววัสดุภายนอก (I) เป็นปัจจัยความร้อนจากอิทธิพลการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ไม่สามารถควบคุมได้ นอกจากการสกัดกั้นอิทธิพลดังกล่าว ดังนั้น การป้องกันไม่ให้องค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งที่มีมวลสารมาก ได้รับรังสีความร้อนโดยตรงจากดวงอาทิตย์ คือ การให้ร่มเงาแก่วัตถุ จะสามารถทำให้ค่าการแผ่รังสีรวมของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิววัสดุลดลงได้

- ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิววัสดุภายนอก (a) เป็นปัจจัยจากคุณสมบัติการดูดซับความร้อนของผิววัสดุ ความร้อนจะเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับวัสดุที่แตกต่างกัน โดยเทียบจากอัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์กับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยรังสีคลื่นยาวและการพาความร้อนที่พื้นผิวภายนอกของพื้นผิววัสดุที่อ่อนสุด = 0.15

และพื้นผิววัสดุสีเข้มสุด = 0.30 ดังนั้น การตกกระทบของแสงแดดโดยตรงกับองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งที่มีสีผิวเข้มจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวได้มากกว่าองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งที่มีสีผิวอ่อน

- ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนของพื้นผิววัสดุภายนอก (ϵ) เป็นอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของพื้นผิววัสดุกับท้องฟ้าและสภาพแวดล้อม (ΔR) สำหรับพื้นผิววัสดุที่ตั้งฉากกับพื้นโลก จะได้รับรังสีคลื่นยาวจากพื้นดิน สภาพแวดล้อมข้างเคียง และท้องฟ้า อากาศต่อการคำนวณผลที่แท้จริงซึ่งเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เมื่อรังสีดวงอาทิตย์มีค่าความเข้มสูงส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิววัสดุระนาบพื้นมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป รังสีคลื่นยาวจึงสมดุลกับท้องฟ้าที่มีค่าการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ต่ำ ดังนั้นพื้นผิววัสดุแนวตั้งจึงมีการประมาณค่า $\epsilon \Delta R = 0$

จากสมการ ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศ คือ การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน และตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการลดลงของอุณหภูมิอากาศ คือ การแผ่รังสีจากท้องฟ้าในเวลากลางคืน กล่าวคือ ช่วงเวลาที่มีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงทำให้องค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งมีการดูดซับความร้อนและถ่ายเทความร้อนสู่สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์หมดอิทธิพลลง ความร้อนที่สะสมในองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งจะถูกถ่ายเทสู่ท้องฟ้าซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นมีอุณหภูมิลดลงตามไปด้วย

2.3 อิทธิพลสภาพแวดล้อมที่มีต่ออุณหภูมิอากาศ

การโคจรรอบดวงอาทิตย์และการหมุนรอบตัวเองของโลกในระบบสุริยะ เป็นปรากฏการณ์หนึ่งที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างโลก (Earth) กับดวงอาทิตย์ (Sun) ทำให้เกิดฤดูกาลและกลางวัน-กลางคืน มีผลต่อการกำเนิดของสิ่งมีชีวิตตามระดับความแตกต่างของสภาพแวดล้อมอุณหภูมิอากาศ (Air temperature) เป็นตัวแปรหนึ่งที่ได้รับอิทธิพลดวงอาทิตย์และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เนื่องจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทำกับพื้นโลกไม่เท่ากัน ทำให้เกิดปริมาณความร้อนที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาแต่ละพื้นที่ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

2.3.1 ปัจจัยสภาพแวดล้อม

ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศขึ้นอยู่กับปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่เป็นผลมาจากการที่โลกหมุนรอบตัวเองและโคจรรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนหลักของระบบสุริยะจักรวาล การตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์ส่งผลทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกแตกต่างกัน มุมตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์มีผลต่อปริมาณการสะสมความร้อนของพื้นผิว บริเวณเขตขั้วโลกที่มีมุมตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์น้อยจะส่งผลทำให้เกิดการสะสมความร้อนบนพื้นผิวน้อย ส่วนบริเวณเขตเส้นศูนย์สูตรที่มีมุมตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์กระทำในแนวตั้งฉากจะส่งผลทำให้มีปริมาณการสะสมความร้อนบนพื้นผิวมาก การสะสมความร้อนดังกล่าวส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมนั้นๆ ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศขนาดใหญ่ (Macro-climate) บนพื้นโลก มีดังนี้

1) ระดับเส้นรุ้ง (Latitude)

เป็นระดับที่กำหนดขึ้นจากมุมตกกระทบของดวงอาทิตย์กับพื้นโลก ปัจจัยดังกล่าวส่งผลทำให้พื้นโลกมีการสะสมความร้อนแตกต่างกัน บริเวณเส้นศูนย์สูตรจะมีอุณหภูมิผิวสูงสุดและบริเวณขั้วโลกจะมีอุณหภูมิต่ำสุด

2) ระดับความสูงจากน้ำทะเล (Altitude)

เมื่อระยะห่างจากระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น อากาศในชั้นบรรยากาศจะบางลงส่งผลทำให้มีอุณหภูมิอากาศต่ำ ในระดับความสูงจากน้ำทะเลทุก 100 เมตร จะมีระดับอุณหภูมิอากาศต่ำลง 1 องศาเซลเซียส

3) ฤดูกาล (Season)

การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่เรียกว่าฤดูกาล ในเขตภูมิอากาศร้อนขึ้นจะมีอุณหภูมิอากาศต่ำสุดในช่วงฤดูหนาว และมีอุณหภูมิอากาศสูงสุดในช่วงฤดูร้อน

4) พื้นดินและพื้นน้ำ (Land and Water)

สัดส่วนพื้นดินและพื้นน้ำ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ในสภาพแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยพื้นดินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นน้ำ เนื่องจากพื้นน้ำมีความจุความร้อนและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าพื้นดิน

5) ภูมิประเทศ (Topography)

ลักษณะภูมิประเทศที่เป็นป่าไม้ จะมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าภูมิประเทศที่เป็นพื้นที่โล่งแจ้ง เนื่องจากป่าไม้มีต้นไม้ใหญ่ช่วยในการสกัดกั้นการตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์กับพื้นโลก

และการเปลี่ยนความร้อนเป็นไอน้ำจากกระบวนการคายน้ำของต้นไม้ ทำให้มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สูงขึ้น ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศลดต่ำลง

6) กระแสน้ำในมหาสมุทร (Ocean currents)

เกิดจากการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน อุณหภูมิผิวน้ำส่งผลทำให้อุณหภูมิในสภาพแวดล้อมบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลง

7) กระแสลม (Wind)

กระแสลมมีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมขึ้นอยู่กับรับอุณหภูมิอากาศของลมต้นทาง ในฤดูร้อนกระแสลมจะพัดมาจากทางทิศใต้ซึ่งเป็นแถบเส้นศูนย์สูตร จึงทำให้ประเทศไทยมีอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น และช่วงฤดูหนาวกระแสลมจะพัดมาจากทิศเหนือซึ่งเป็นแถบขั้วโลก ส่งผลทำให้ประเทศไทยมีอุณหภูมิอากาศลดต่ำลง

8) สภาพท้องฟ้า (Sky radiation)

สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆมาก มีอิทธิพลต่อการสกัดกั้นปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวโลก จากการสำรวจอุณหภูมิผิวท้องฟ้าช่วงกลางวันของเดือนมีนาคม ในวันที่มีเมฆมากสามารถวัดอุณหภูมิผิวท้องฟ้าได้ 9 องศาเซลเซียส และในวันที่ท้องฟ้าเปิดโล่งปราศจากเมฆสามารถวัดอุณหภูมิผิวท้องฟ้าได้ -17 องศาเซลเซียส

9) สีของพื้นดิน (Color of Soil)

ระดับความเข้มสีของพื้นดินหรือสิ่งปกคลุมผิวพื้น มีอิทธิพลต่อการดูดซับความร้อนของวัสดุวัสดุพื้นที่มีสีเข้มจะมีค่าการดูดซับความร้อนสูงกว่าวัสดุพื้นที่มีสีอ่อนและสว่าง การถ่ายเทความร้อนจากพื้นสีเข้มจึงส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าพื้นสีอ่อนและสว่าง

10) ความลาดเอียงของพื้นดิน (Slope of Soil)

มุมตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์กับพื้นดินมีผลต่อปริมาณการสะสมความร้อน สำหรับประเทศไทยที่ดวงอาทิตย์ทำมุมส่วนมากด้านทิศใต้ ทำให้พื้นดินที่ลาดเอียงทางทิศใต้มีการสะสมความร้อนที่สูงกว่าพื้นดินที่ลาดเอียงทางทิศเหนือ หรือพื้นราบ ปริมาณความร้อนที่สะสมในพื้นดินจะถ่ายเทสู่สภาพแวดล้อม ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิอากาศแตกต่างกัน

11) ต้นไม้และพืชพรรณ (Forest and vegetation)

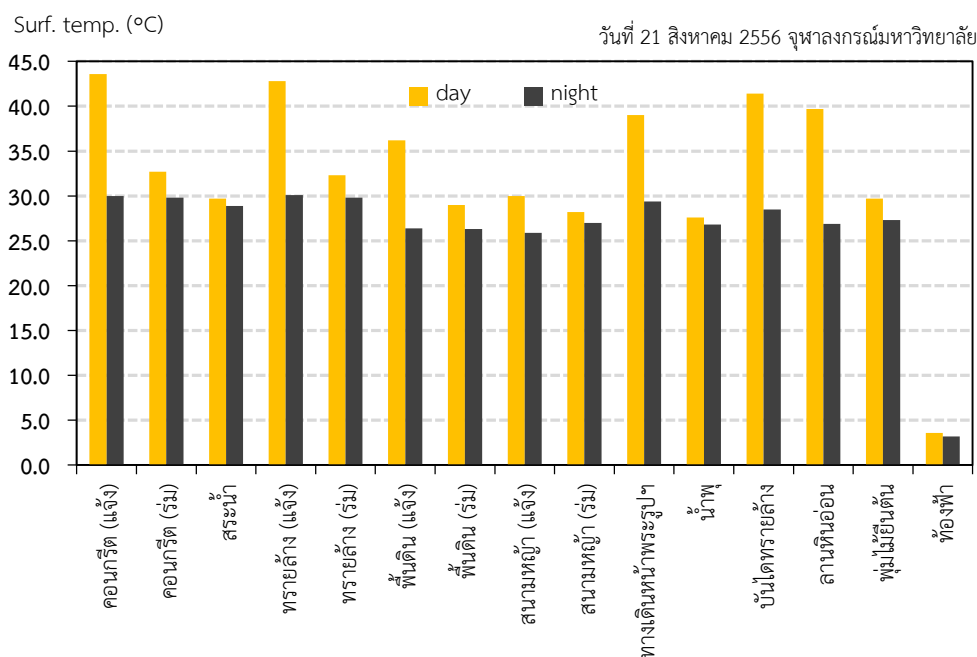
ต้นไม้ใหญ่มีอิทธิพลต่อการลดอุณหภูมิอากาศในเขตร้อนชื้นมาก เนื่องจากการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ของทรงพุ่มหนาแน่น สามารถสกัดกั้นได้มากถึงร้อยละ 90 ของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด ทำให้อุณหภูมิอากาศใต้ทรงพุ่มลดลง 3-5 องศาเซลเซียส

ประเทศไทยอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น (Hot-humid climate) ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่าสภาวะน่าสบายของมนุษย์ตลอดทั้งปี จากอิทธิพลปัจจัยสภาพแวดล้อมดังกล่าวการลดอุณหภูมิอากาศให้ต่ำลงเพื่อให้ใกล้เคียงเขตน่าสบายของมนุษย์สามารถทำได้ดีในสภาพแวดล้อมขนาดเล็กหรือสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่ (Micro-climate) ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศขนาดใหญ่ พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศขนาดเล็กหรืออุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ ได้แก่ พื้นดินและพื้นน้ำ สีของพื้นดิน ความลาดเอียงของพื้นดิน ต้นไม้และพืชพันธุ์ ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้และงานวิจัยจะศึกษาถึงตัวแปรองค์ประกอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่

2.3.2 องค์ประกอบรอบที่ตั้ง

ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศมากที่สุดคือ ปริมาณการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ การตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์กับองค์ประกอบรอบที่ตั้งส่งผลต่อปริมาณการสะสมความร้อนในวัสดุที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลความแตกต่างของอุณหภูมิผิวองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งที่มีลักษณะแตกต่างกันซึ่งสามารถพบเห็นได้ทั่วไปในสภาพแวดล้อม ภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่า ละติจูด 14 องศาเหนือ เวลา 12.00 น. (Solar time) สามารถวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้ $73.2 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ ($250 \text{ Btu/ft}^2/\text{h}$) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง ดังนี้ อุณหภูมิผิวดินชุ่มน้ำได้ร่มเงา (Shade-soil) = 29°C , ผิวดินกลางแจ้ง (Soil) = 36.2°C , ผิวหญ้า (Grass) = 28.2°C , ผิวทรายล้าง (Sand stone) = 42.8°C , ผิวดินหินอ่อน (Marble) = 39.7°C , ผิวดินคอนกรีต (Concrete) = 43.6°C , ผิวน้ำ (Water) = 29.7°C , และอุณหภูมิผิวพุ่มไม้ (Bush) = 29.7°C จะเห็นได้ว่าวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอุณหภูมิผิวสูงสุด คือ ผิวทรายล้างและมีอุณหภูมิผิวดินต่ำสุดคือผิวดินชุ่มน้ำได้ร่มเงา [29] ได้เปรียบเทียบการเกิดปริมาณความร้อนจากองค์ประกอบในเมืองใหญ่กับชนบท พบว่า เกิดจากองค์ประกอบที่มีความจุความร้อนต่ำ สามารถคำนวณปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิอากาศได้จากสัดส่วนอุณหภูมิผิวของวัสดุองค์ประกอบกับปริมาตรอากาศ ซึ่งวัสดุองค์ประกอบที่มีอุณหภูมิผิวสูงหรือปริมาณความร้อนสูงจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อม ส่วนวัสดุที่มีค่าอุณหภูมิผิวดินต่ำ เช่น พื้นหญ้า หรือพื้นน้ำ จะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมลดต่ำลง ทั้งนี้ การสร้างความเย็นสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนการระเหยของแหล่งน้ำกับพื้นที่สีเขียว ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศขนาดเล็ก [30]

กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิววัสดุ ระหว่างช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน



รูปที่ 2.6 แสดงระดับอุณหภูมิผิวขององค์ประกอบโดยรอบที่ตั้ง เปรียบเทียบกลางวัน-กลางคืน บริเวณพื้นที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ช่วงเดือนสิงหาคม 2556

ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละองค์ประกอบๆ เกิดจากความสามารถในการดูดซับปริมาณความร้อนของผิววัสดุในช่วงระยะเวลากลางวันและความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของผิววัสดุสู่สภาพแวดล้อมที่เย็นกว่าในช่วงระยะเวลากลางคืน ส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมบริเวณนั้น เช่น สภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าระดับอุณหภูมิอากาศ ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงสูงกว่าสภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ลักษณะดังกล่าวเกิดจากการถ่ายเทความร้อนจากผิววัสดุสู่สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยการพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) จากการศึกษาพบว่า วัสดุทาดแข็ง (Hard-scape) ที่มีความจุความร้อนต่ำจะมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าวัสดุทาดอ่อน (Soft-scape) [31]

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวขององค์ประกอบรอบที่ตั้งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติวัสดุและแหล่งอิทธิพลความร้อนและความเย็น โดยเฉพาะเขตภูมิอากาศร้อนชื้น (Hot-humid climate) ดวงอาทิตย์ถือเป็นปัจจัยสำคัญของแหล่งอิทธิพลความร้อนในช่วงเวลากลางวันและท้องฟ้าเป็นแหล่งอิทธิพลความเย็นในช่วงเวลากลางคืน [11]

องค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ ได้แก่

1) ต้นไม้และพืชพรรณ (Vegetation)

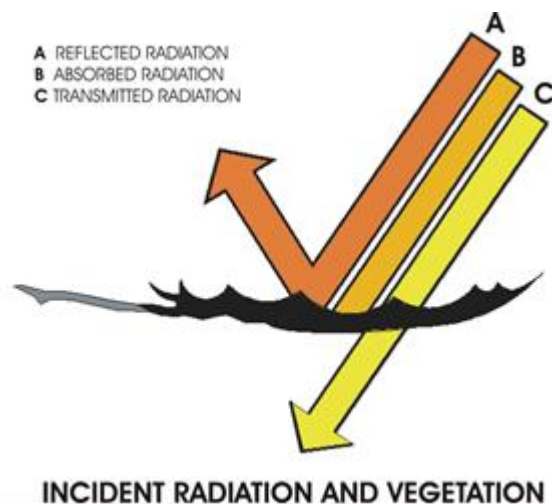
อิทธิพลจากสภาพแวดล้อม เป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่สามารถช่วยลดอุณหภูมิความร้อนในอากาศได้ เนื่องจากต้นไม้จะใช้พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์และสภาพแวดล้อมในการดำรงชีวิต ต้นไม้ใช้การดูดน้ำจากดินขึ้นมาแปลงสภาพให้เป็นไอน้ำ โดยกระบวนการที่เรียกว่าการคายน้ำ (Transpiration) ออกมาทางลำต้น, กิ่งก้าน และปากใบ โดยในสวนที่มีปริมาณการคายน้ำมากที่สุดคือปากใบ กระบวนการดังกล่าวจะต้องใช้พลังงานความร้อนประมาณ 2.3 เมกะจูล (2,200BTU) เพื่อทำให้น้ำ 1 ลิตรเปลี่ยนเป็นไอ ดังนั้นอาจจะประมาณได้ว่าในช่วงเวลากลางวัน (12 ชั่วโมง) ถ้าหากต้นไม้ขนาดใหญ่ 1 ต้น สามารถดูดน้ำจากดินขึ้นมาแล้วแปลงสภาพเป็นไอได้ในอัตราประมาณ 65 ลิตรต่อวัน ต้นไม้ต้นนั้นจะมีความสามารถในการลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมเทียบเท่ากับเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน หรือประมาณ 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง [20] เมื่อต้นไม้ใหญ่แต่ละต้นสามารถช่วยลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมได้มากแล้ว ดังนั้นในการปรับสภาพแวดล้อมโดยใช้ต้นไม้ใหญ่ในการแปลงพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ให้กลายเป็นไอน้ำ จะช่วยให้อากาศในบริเวณนั้นมีอุณหภูมิลดลงได้ อีกทั้งอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่ยังคอยสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบวัสดุพื้น ส่งผลทำให้การสะสมปริมาณความร้อนในวัสดุลดน้อยลง

นอกเหนือจากการใช้กระบวนการคายน้ำของต้นไม้เพื่อปรับสภาพแวดล้อมแล้ว ต้นไม้ยังมีคุณสมบัติในการป้องกันการถ่ายเทรังสีความร้อนที่มาจากดวงอาทิตย์ และช่วยในการบดบังแสงแดดที่จะส่องลงมายังพื้นผิว พร้อมสร้างพื้นที่ร่มเงาให้กับสภาพแวดล้อมนั้นด้วย ถือเป็น การลดพื้นที่ตกกระทบของแสงโดยตรงได้

ลักษณะทั่วไปของต้นไม้ยืนต้นที่ได้รับผลจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะตกกระทบผิวใบบริเวณด้านพุ่มไม้ส่วนด้านบน ใบไม้จะเกิดการดูดซับรังสีความร้อนและสะท้อนความร้อนโดยพุ่มใบ จะทำให้บริเวณชั้นล่างถัดลงมาที่มีอุณหภูมิต่ำลง เมื่อชั้นล่างๆ มีปริมาณความร้อนที่น้อยลง ชั้นถัดมาก็จะเย็นลงตามลำดับ ดังนั้นถ้าต้นไม้ที่มีใบหนาแน่นมากก็จะช่วยป้องกันการรังสีความร้อนได้มากกว่าต้นไม้ที่มีความหนาแน่นน้อย ซึ่งสามารถสรุปประโยชน์ที่ได้จากต้นไม้ที่สามารถช่วยลดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมได้ ดังนี้

ต้นไม้สามารถควบคุมการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ต้นไม้ที่มีใบหนาแน่นมากจะสามารถดูดซับแสงได้ถึง 80% จากปริมาณของแสงทั้งหมดที่ได้รับ โดยอีก 10% จะถูกสะท้อนออกไป และที่เหลืออีก 10% จะถูกส่งผ่านมายังพื้นผิวด้านล่าง โดยต้นไม้จะดูดกลืนพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ในเวลากลางวันและจะคายความร้อนออกมาในเวลากลางคืน [32] ทำให้

อุณหภูมิใต้พุ่มใบในเวลากลางวันต่ำกว่าปกติและในเวลากลางคืนจะรู้สึกอบอุ่น กระบวนการคายน้ำของต้นไม้สามารถดูดซับน้ำใต้ดินผ่านลำต้นแล้วถ่ายเทออกสู่สภาพแวดล้อมในรูปแบบของไอน้ำ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในบริเวณโดยรอบต้นไม้ให้สูงขึ้นได้



รูปที่ 2.7 แสดงรังสีจากดวงอาทิตย์ตกกระทบผิวใบในลักษณะต่างๆ [32]

จากการศึกษาของ [33] พบว่าอิทธิพลของร่มเงา และการคายน้ำของต้นไม้ จะสามารถลดอุณหภูมิใต้พุ่มใบได้ถึง 14 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาพบว่า 75% ของการสร้างความรู้สึกเย็นของต้นไม้มาจากการคายน้ำ และอีก 25% มาจากอิทธิพลของร่มเงาใต้พุ่มใบ

2) สิ่งปกคลุมผิวพื้น (Ground cover)

ในพื้นที่โล่งแจ้ง สิ่งปกคลุมผิวพื้น ถือเป็นองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีสัดส่วนอิทธิพลมากที่สุด เป็นองค์ประกอบที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไป เช่น พื้นดิน พื้นหญ้า พื้นคอนกรีต เป็นต้น ซึ่งประกอบไปด้วยประเภทและชนิดของวัสดุแตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ สิ่งปกคลุมพื้นผิวจากวัสดุธรรมชาติ และสิ่งปกคลุมพื้นผิวที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยส่วนใหญ่ สิ่งปกคลุมพื้นผิวจากวัสดุธรรมชาติ จะมีอุณหภูมิใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศ เช่น สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่ประกอบไปด้วย พื้นหญ้าและพื้นดินชุ่มน้ำ จะมีอุณหภูมิผิววัสดุใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศ ส่งผลทำให้มีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าสภาพแวดล้อมที่ปกคลุมไปด้วยพื้นคอนกรีตหรือพื้นถนนยางมะตอย อิทธิพลการถ่ายเทความร้อนจากวัสดุที่มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ จะส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นมีอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากวัสดุดังกล่าวไม่มีความสามารถในการกักเก็บความร้อน หรือเปลี่ยนสถานะความร้อนได้ เมื่อปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เติมความจุความร้อนของตัววัสดุ ปริมาณความร้อนที่เหลือหรือเกินความจุจะถ่ายเทสู่สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ใน

สภาพแวดล้อมที่ร้อนจัด ระดับอุณหภูมิผิวของพื้นถนนยางมะตอยวัดได้สูงสุด 52 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าระดับอุณหภูมิอากาศทั่วไป 17 องศาเซลเซียส แต่ในช่วงเวลาเดียวกัน ระดับอุณหภูมิผิวของพื้นดินชุ่มน้ำวัดได้สูงสุด 33 องศาเซลเซียสซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 2 องศาเซลเซียส [31]

คุณสมบัติการป้องกันความร้อนจากสิ่งปกคลุมพื้นผิว คือประเภทวัสดุปกคลุมพื้นผิวต้องมีคุณสมบัติการดูดซับความร้อนต่ำและมีค่าการกระจายความร้อนที่สูงหรือเป็นวัสดุที่สามารถดูดซับความร้อนแล้วนำความร้อนที่ได้มาใช้ในการระเหยหรือเปลี่ยนสถานะของน้ำกลายเป็นไอ เช่น พื้นหญ้า เป็นต้น จึงจะสามารถรักษาระดับอุณหภูมิอากาศเหนือผิวพื้นให้ใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศทั่วไปได้

3) แหล่งน้ำ (Water Bodies)

เป็นองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่เป็นแหล่งสะสมหรือกักเก็บน้ำบนพื้นโลก เช่นมหาสมุทรทะเล หรือแม่น้ำ รวมไปถึงพื้นที่ชุ่มน้ำ เป็นต้น ซึ่งมีสัดส่วนมากถึง 2 ใน 3 ของพื้นโลก สำหรับแหล่งน้ำในสภาพแวดล้อมขนาดเล็ก ที่ผู้วิจัย จะศึกษาและนำมาเป็นองค์ประกอบในการลดอุณหภูมิอากาศให้กับสภาพแวดล้อม คือ แหล่งน้ำบนผิวดิน สามารถแบ่งออกได้ตามแหล่งกำเนิด คือแหล่งน้ำจากธรรมชาติและแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น

แหล่งน้ำจากธรรมชาติเกิดจากลักษณะภูมิประเทศของพื้นผิวโลกที่ราบเรียบไม่เท่ากัน แรงโน้มถ่วงของโลกทำให้น้ำไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำจนเกิดเป็นแหล่งน้ำทางธรรมชาติ โดยคุณสมบัติของน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี การกัดเซาะพื้นดินที่มีสภาพอ่อน ทำให้เกิดลำธารซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่เกิดจากการไหลของน้ำ ทิศทางการไหลของน้ำขึ้นอยู่กับความลาดชัน พื้นที่ที่เป็นแอ่งอยู่ในระดับที่ราบลุ่มต่ำ การไหลของน้ำจะไหลมารวมกันจนเกิดเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติขึ้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณและขนาดของแหล่งน้ำตลอดจนความลึกขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝน

สำหรับแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น ในอดีตเกิดจากการใช้ประโยชน์ในการสาธารณูปโภค สาธารณูปการ เช่น การชลประทานหรือเขื่อน ในปัจจุบันมนุษย์มีการนำเอาองค์ประกอบของน้ำมาใช้ในการปรับภูมิทัศน์เพื่อความสวยงาม นอกจากนั้นแล้ว แหล่งน้ำยังสามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเหล่านั้นได้

ในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้นที่มีอุณหภูมิอากาศทั่วไป 35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเสมอ ซึ่งสามารถวัดได้ ที่ 30 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อุณหภูมิน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำและระดับความลึกของแหล่งน้ำ แหล่งน้ำที่มีความลึกมากกว่า 1.20 เมตร จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวน้ำจะอยู่ในช่วงแคบและคงที่กว่าอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน

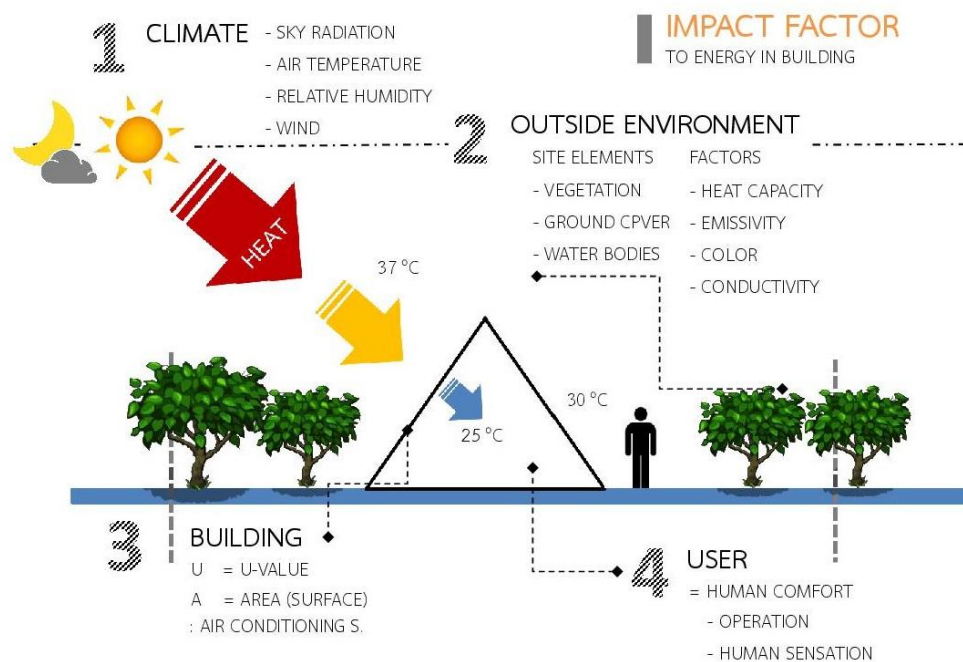
เนื่องจากน้ำมีค่าความจุความร้อนที่สูง ส่งผลทำให้น้ำสามารถรองรับปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวันโดยที่อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าองค์ประกอบรอบที่ตั้งอื่นๆ ในช่วงเวลาร้อนจัดแหล่งน้ำจึงเป็นองค์ประกอบที่สามารถช่วยทำความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมได้

2.3.3 การลดอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลสภาพแวดล้อม

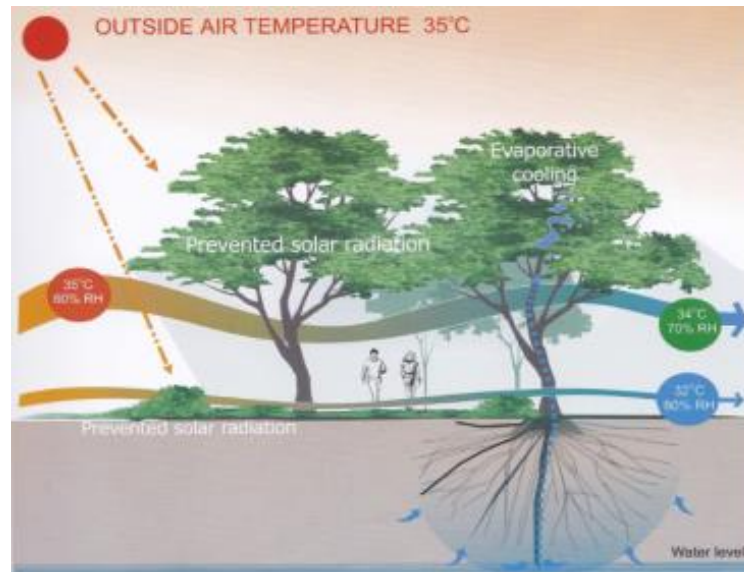
ในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น การลดอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลสภาพแวดล้อม มี 3 แนวทาง คือ การป้องกันการแผ่รังสีจากแหล่งกำเนิดความร้อนคือดวงอาทิตย์ การทำความเย็นจากอิทธิพลการระเหยของแหล่งน้ำ และการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมโดยสิ่งปกคลุมผิวดิน

1) การป้องกันการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (Prevented solar radiation)

การป้องกันอิทธิพลการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ ทำได้โดยการให้ร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ ซึ่งเป็นองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งที่สามารถสกัดกั้นอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ไม่ให้ลงมาตกกระทบพื้นได้ อุณหภูมิผิวดินใต้ต้นไม้จึงได้รับอิทธิพลของดวงอาทิตย์น้อยลง ทำให้อุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ลดลงตามไปด้วย [14] จากการเก็บข้อมูลปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์บริเวณใต้ต้นไม้เปรียบเทียบกับพื้นที่โล่งแจ้ง พบว่า อิทธิพลร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่นมากสามารถสกัดกั้นปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ได้มากกว่าร้อยละ 80

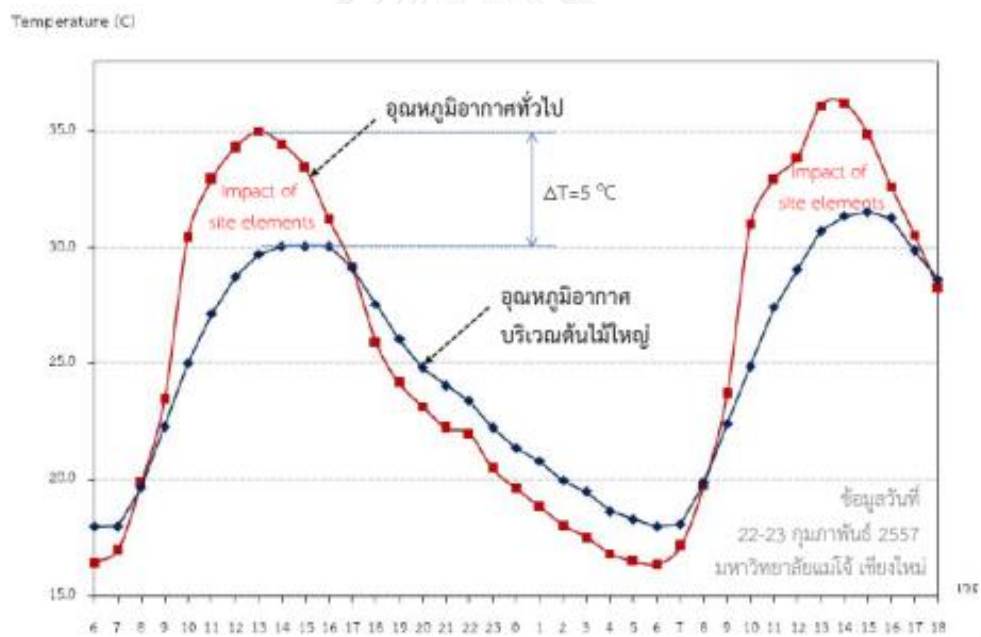


รูปที่ 2.8 ลำดับการป้องกันการอิทธิพลรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ที่ส่งผลต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์



รูปที่ 2.9 แสดงศักยภาพต้นไม้ใหญ่และพืชคลุมดินในการสกัดกั้นอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์

[34]

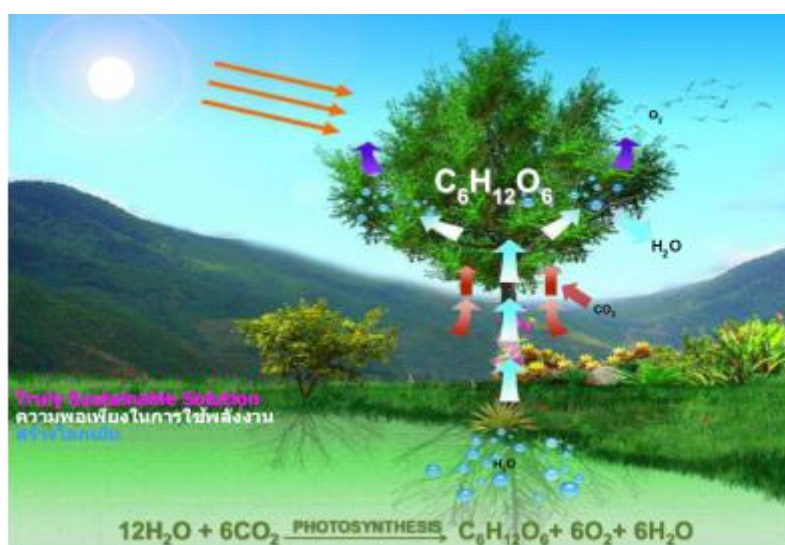


รูปที่ 2.10 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศที่เกิดจากอิทธิพลการสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์ วันที่ 22-23 กุมภาพันธ์ 2557 มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ร่มเงาต้นไม้ใหญ่เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศพื้นที่โล่งแจ้ง พบว่า ช่วงเวลา 13.00-14.00 น. อิทธิพลของร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้สูงสุด 5 องศาเซลเซียส

2) การทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling)

ต้นไม้หรือพืชคลุมดินมีอิทธิพลต่อการลดอุณหภูมิอากาศได้โดยตรง เนื่องจากต้นไม้มีการคายน้ำ (Transpiration) ซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญของกระบวนการดังกล่าว โดยต้นไม้จะดึงน้ำจากใต้ดินผ่านรากมาระเหยออกทางปากใบ เมื่อน้ำระเหยสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบก็จะสามารถลดอุณหภูมิอากาศลงได้โดยระดับความชื้นในอากาศจะเพิ่มขึ้น จากการศึกษา ต้นไม้ใหญ่สามารถคายน้ำได้ประมาณ 5.5 ลิตรต่อชั่วโมง มีศักยภาพลดอุณหภูมิอากาศเทียบเท่า เครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน หรือ 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง [20]



รูปที่ 2.11 แสดงการลดอุณหภูมิอากาศโดยการระเหยของน้ำ จากอิทธิพลแหล่งน้ำ

CHULALONGKORN UNIVERSITY [34]

การระเหยของน้ำ (Evaporative) เป็นการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร จากของเหลวให้กลายเป็นไอหรือก๊าซ กระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะนี้จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งต้องใช้พลังงานในการดูดกลืนความร้อนแฝง 640 Cal. เพื่อที่จะเปลี่ยนน้ำ 1 กรัมให้กลายเป็นไอ ในทางกลับกัน เมื่อไอน้ำกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำ ที่เรียกว่า “การควบแน่น” (Condensation) น้ำจะคายความร้อนแฝงออกมา 640 Cal./g เช่นกัน [35] การระเหยของน้ำ ต้องใช้ปริมาณความร้อนจากสภาพแวดล้อมในการเปลี่ยนสถานะของน้ำกลายเป็นไอ จึงทำให้อุณหภูมิของอากาศของสภาพแวดล้อมลดลงได้

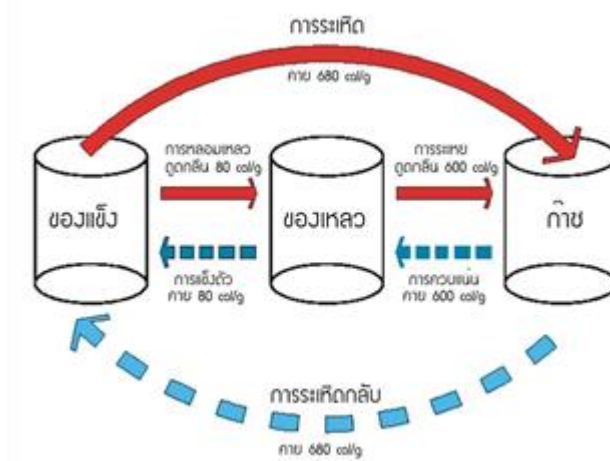
สามารถคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของน้ำจากสมการ ดังนี้

$$Q = mL \quad \text{กรณีที่มีการเปลี่ยนสถานะของน้ำ (อุณหภูมิคงที่)}$$

$$Q = mst \quad \text{กรณีที่ไม่มีการเปลี่ยนสถานะของน้ำ (อุณหภูมิไม่คงที่)}$$

$$Q = mL$$

- เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงในวัตถุ (J หรือ cal)
 m คือ มวลของวัตถุ (kg หรือ cal/gm)
 L คือ ความร้อนแฝงจำเพาะของวัตถุ (J/kg หรือ cal/gm)



รูปที่ 2.12 แสดงปริมาณการใช้พลังงานความร้อนในการเปลี่ยนสถานะของน้ำ [35]

ต้นไม้ (Vegetation) มีกระบวนการคายน้ำที่ต้องอาศัยพลังงานความร้อนจากแหล่งต่างๆ ทั้งพลังงานความร้อนสะสมภายในตัวของต้นไม้และพลังงานความร้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอก โดยรอบต้นไม้ ในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากน้ำให้กลายเป็นไอ ซึ่งในการที่น้ำจะสามารถระเหยกลายเป็นไอได้นั้น ทางทฤษฎีหลักการระเหยจะต้องใช้พลังงานความร้อนประมาณ 640 Cal. ในการระเหยของน้ำ 1 g. [26] ดังนั้น ปริมาณความร้อนโดยรอบต้นไม้จะลดลง ส่งผลถึงระดับอุณหภูมิอากาศลดลงตามไปด้วย

สิ่งปกคลุมผิวพื้น (Ground cover) ประเภทหญ้า เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สามารถดึงน้ำใต้ดินมาใช้ในกระบวนการคายน้ำได้ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศระดับเหนือผิวหญ้า การทดลองเก็บข้อมูลปริมาณไอน้ำที่ต้องใช้ในการทำให้สนามหญ้าขนาดกว้าง 1 เอเคอร์ ระบายความชื้นทางปากใบ ภายในเวลา 1 วันของฤดูร้อน สนามหญ้าจะสูญเสียไอน้ำโดยมีปริมาณทั้งสิ้น 2,400 แกลลอน [36] ซึ่งเป็นการช่วยลดอุณหภูมิโดยธรรมชาติลดลงได้ 3.5 องศาเซลเซียสเมื่อเทียบกับอุณหภูมิก่อนการรดน้ำ

แหล่งน้ำ (Water bodies) ที่ความลึก 1.2 เมตรขึ้นไปสามารถสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมโดยการระเหย กระแสลมที่พัดผ่านผิวน้ำจะมีอุณหภูมิลดลงอย่างช้าๆ จาก 35 °C เป็น 32 °C แต่จะมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นจาก 50% เป็น 58% และมีอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวน้ำค่อนข้างคงที่ เนื่องจากน้ำมีค่าความจุความร้อน (Specific heat capacity) มากจึงมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงที่แคบและช้า โดยเฉพาะแหล่งน้ำที่อยู่ใต้ร่มเงาต้นไม้ใหญ่จะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 23 องศาเซลเซียสซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน

กระบวนการสร้างความเย็นด้วยการระเหยน้ำ (Evaporative cooling) จากองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งดังกล่าว จะสามารถลดอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมบริเวณนั้นได้ จากการศึกษาการลดอุณหภูมิอากาศ จากอิทธิพลการระเหยของน้ำจากต้นไม้และสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทหญ้า พบว่า สามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศในช่วงอากาศร้อนจัดได้ 3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ผิวหญ้าในวันที่ร้อนมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวดิน 5-8 องศาเซลเซียส [37]



รูปที่ 2.13 แสดงการลดอุณหภูมิอากาศโดยการระเหยของน้ำ จากอิทธิพลแหล่งน้ำ

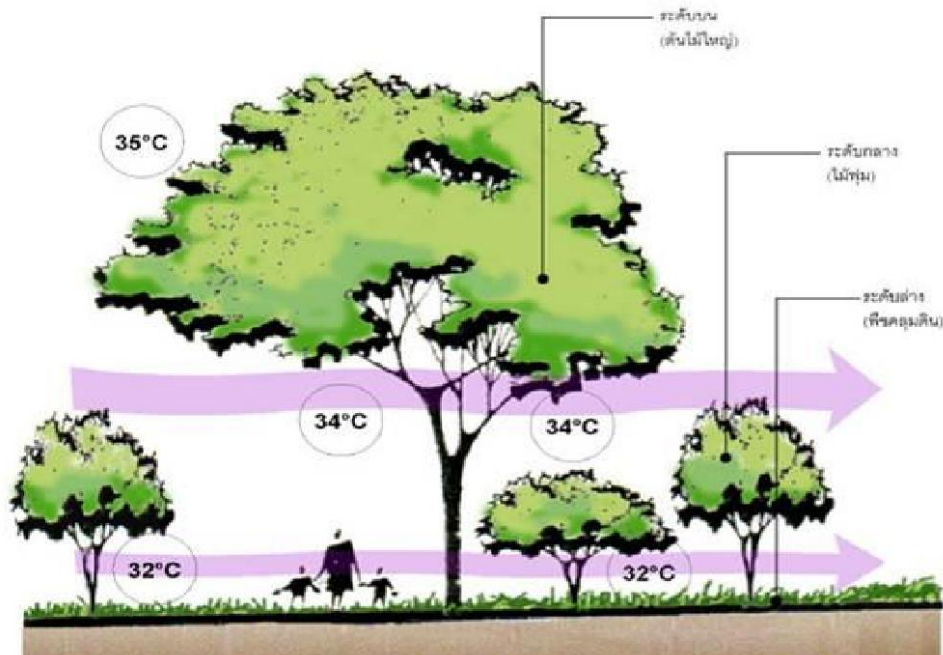
[20]

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศเหนือแหล่งน้ำ ลึก 3 เมตร บนพื้นที่ประมาณ 3 ไร่ เพื่อดูความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป โดยติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิอากาศทั่วไปเหนือกระแสมและใต้กระแสมสำหรับเครื่องวัดอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลแหล่งน้ำ ระยะห่างของตำแหน่งเครื่องมือ 84 เมตร พบว่า อิทธิพลจากแหล่งน้ำสามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ 5.25 °C ในช่วงที่มีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด (12.00 น.) และ 3 °C ในช่วงเวลาที่อากาศร้อนสุด (14.00 น.) อีกทั้งอิทธิพลแหล่งน้ำยังสามารถลดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดในรอบวันลงอีก 2 °C

3) ต้นไม้ใหญ่และสิ่งปกคลุมผิวพื้น

ในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น การตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์กับวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งมีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศ การสร้างสิ่งปกคลุมพื้นด้วยต้นไม้ใหญ่และพื้นหญ้าเปรียบเสมือนฉนวนกันความร้อนให้กับพื้นโลก เพราะความแตกต่างของปริมาณความร้อนที่เข้าไปสะสมในพื้นที่คอนกรีตและถ่ายเทสู่สภาพแวดล้อมจะมีมากกว่าพื้นดินใต้ต้นไม้ใหญ่หรือพื้นหญ้า เนื่องจากการตกกระทบของปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ที่เท่ากัน พื้นคอนกรีตจะดูดซับ

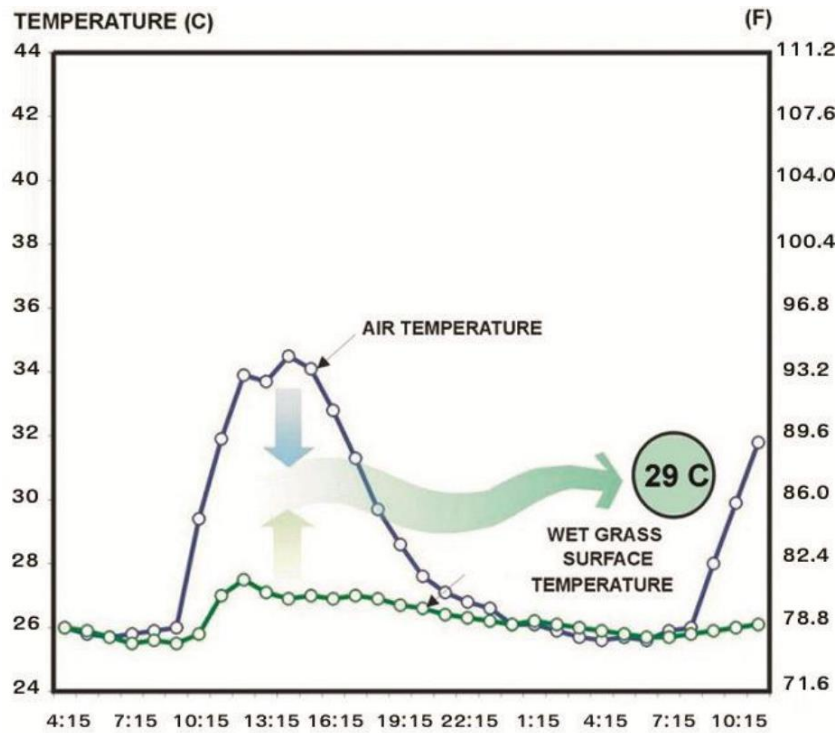
ปริมาณความร้อนไว้ตามคุณสมบัติความจุความร้อนของวัสดุที่ต่ำจนเต็มความจุและปริมาณความร้อนที่เหลือจะถ่ายเทสู่สภาพแวดล้อม ส่งผลให้มีอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น ส่วนพื้นหญ้ามีความจุความร้อนที่สูง นอกจากการดูดซับปริมาณความร้อนได้มากแล้วยังมีกระบวนการสังเคราะห์แสงบริเวณปากใบหญ้าต้องใช้ปริมาณความร้อนเหล่านั้นมาช่วยในการเปลี่ยนสถานะการระเหยจากน้ำกลายเป็นไอ ปริมาณความร้อนที่เหลือและถ่ายเทสู่สภาพแวดล้อมจึงมีน้อยกว่าพื้นคอนกรีต ทำให้อุณหภูมิอากาศเหนือพื้นหญ้าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเหนือพื้นคอนกรีต



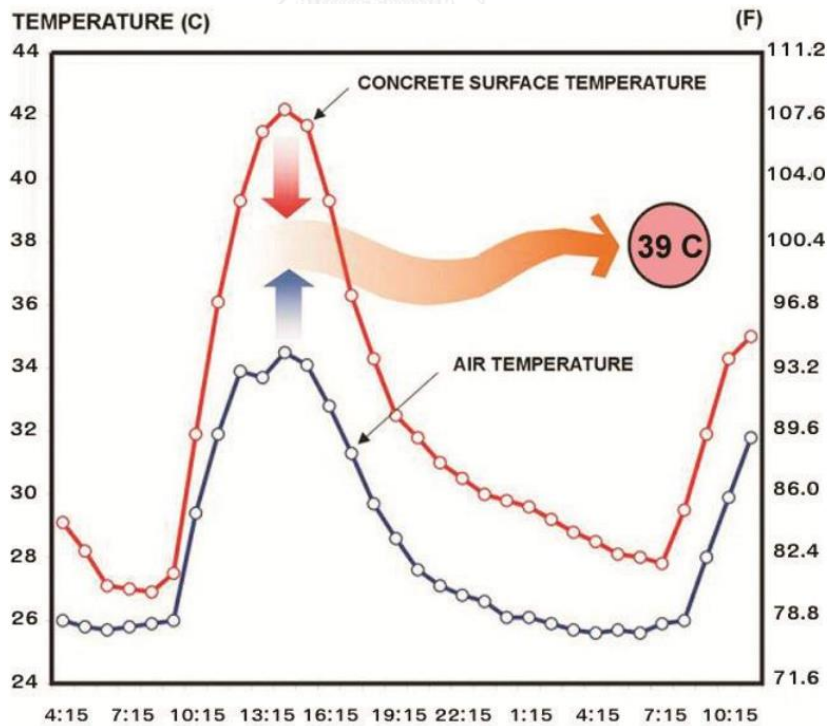
รูปที่ 2.14 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมจากอิทธิพลต้นไม้ใหญ่และพื้นหญ้า

เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป [20]

องค์ประกอบรอบที่ตั้ง มีอิทธิพลต่อการลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อม การป้องกันการเกิดปริมาณความร้อนในสภาพแวดล้อมอย่างเป็นลำดับขั้นตอนจะส่งต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมได้ เริ่มจากการสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์จากอิทธิพลร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ การรองรับปริมาณการสะสมความร้อนของวัสดุพื้น และการเพิ่มแหล่งความเย็นจากน้ำ จะทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเขตร้อนขึ้นลดลงได้



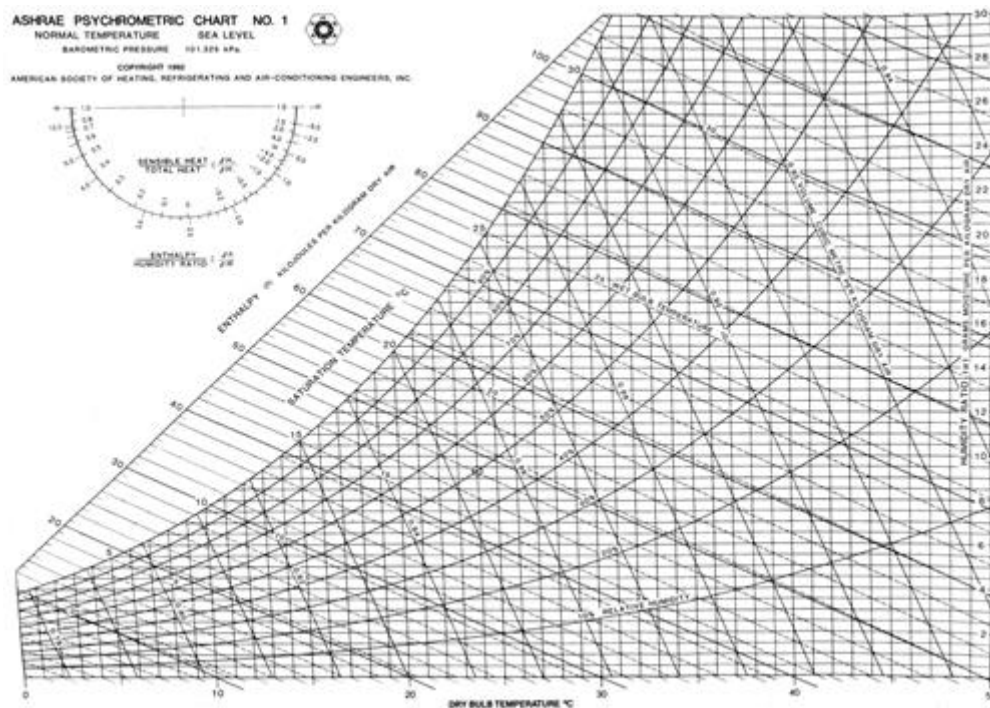
รูปที่ 2.15 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวให้พื้นหญ้ากับอุณหภูมิอากาศทั่วไปตลอด 24 ชั่วโมง [20]



รูปที่ 2.16 แสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวพื้นคอนกรีตกับอุณหภูมิอากาศทั่วไปตลอด 24 ชั่วโมง [20]

2.3.4 ความสัมพันธ์ของสภาวะอากาศ

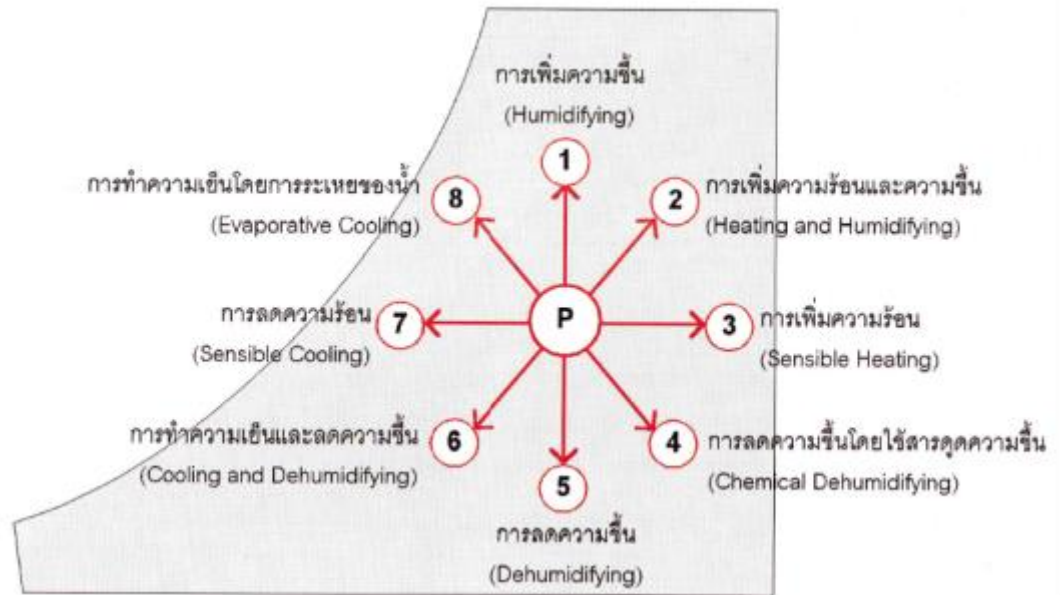
ในสภาวะอากาศประกอบด้วยตัวแปรต่างๆมากมาย เช่น อุณหภูมิ (Temperature) ความชื้น (Humidity) ปริมาตรจำเพาะของอากาศ (Specific volume) เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงตัวแปรใดๆ จะส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ ด้วย แผนภูมิไซโครเมตริก จะเป็นแผนภูมิที่บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่มีอยู่ในสภาวะอากาศ จำแนกตามตัวแปรต่างๆ



รูปที่ 2.17 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric chart) หน่วย “องศาเซลเซียส” (°C) ที่ระดับน้ำทะเล (Sea level) [26]

- อุณหภูมิ (Temperature)
 - อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature)
 - อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature)
 - อุณหภูมิตัดน้ำค้าง (Dew Point Temperature)
- ความชื้น (Humidity)
 - อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio)
 - ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
- ปริมาตรจำเพาะของอากาศ (Specific Volume)
- เส้นอากาศอิ่มตัว (Saturation Line, Air saturation line)
- เอนทัลปี (Enthalpy)

ในการออกแบบสภาพแวดล้อม การควบคุมและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศสามารถนำแผนภูมิไซโครเมตริกมาประยุกต์ใช้ในการพิจารณาถึงผลกระทบและความสัมพันธ์ที่มีต่อตัวแปรอื่นๆ ทั้งนี้ เพื่อให้ได้ซึ่งสภาวะอากาศที่เหมาะสมกับเขตสบายของมนุษย์ (Comfort zone) มากที่สุด



รูปที่ 2.18 แสดงกระบวนการใช้แผนภูมิไซโครเมตริก ในการปรับสภาพอากาศ เพื่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์ [20]

2.4 การรับรู้ของมนุษย์

2.4.1 สภาวะน่าสบาย

จากการศึกษาเกี่ยวกับความรู้สึกน่าสบายของมนุษย์พบว่า มีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์ในสภาวะร่างกายปกติ ประกอบด้วย 6 ปัจจัย สามารถแบ่งออกได้เป็นปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม 4 ปัจจัยและปัจจัยทางด้านตัวบุคคล 2 ปัจจัย [38]

ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ได้แก่

- 1) อุณหภูมิอากาศ (Ambient Air Temperature)
- 2) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
- 3) อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (Mean Radiant Temperature)
- 4) ความเร็วลม (Wind Speed)

ปัจจัยทางด้านบุคคล ได้แก่

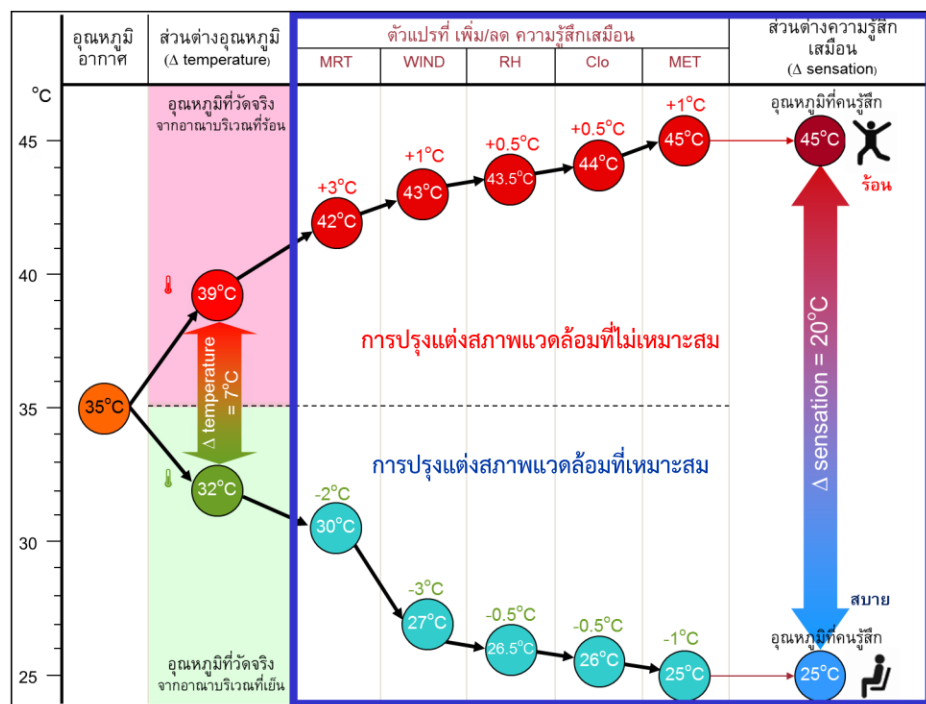
- 5) เครื่องสวมใส่ (Clo-Value)
- 6) อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolism)

- อุณหภูมิอากาศ (Ambient Air Temperature) เป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งบอกถึงสภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort) โดยช่วงอุณหภูมิอากาศที่มนุษย์รู้สึกสบาย อยู่ที่ประมาณ 22-27 องศาเซลเซียส ถ้าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าช่วงนี้ จำเป็นต้องปรับให้อยู่ในช่วงความสบายนี้

- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) คือสัดส่วนของความชื้นในอากาศเมื่อเทียบกับปริมาณสูงสุดที่อากาศสามารถความชื้นได้ โดยปราศจากการกลั่นตัวเองเป็นหยดน้ำในสภาวะน่าสบายของเขตอากาศแบบร้อนชื้นนี้ ความชื้นจะมีความสำคัญต่ออัตราการระเหยของเหงื่อเพราะเนื่องจากถ้าในอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ในปริมาณที่สูง หมายความว่าอากาศไม่สามารถรับปริมาณความชื้นหรือเหงื่อที่ระเหยโดยการนำความร้อนออกมาจากรูขุมขนได้อีก ทำให้มนุษย์รู้สึกอึดอัดไม่สบายตัว ถ้าอากาศมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์น้อยนั้นหมายความว่า อัตราการการรับไอน้ำในอากาศมีมากจึงเป็นผลให้เหงื่อระเหยได้เร็วมนุษย์จึงรู้สึกสบายตัว

- อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) หรือ MRT เป็นการวัดค่าเฉลี่ยของรังสีความร้อนที่มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมนั้นๆ ซึ่งรวมถึงแสงแดดโดยตรงด้วย MRT นั้นสามารถคำนวณจากอุณหภูมิพื้นผิวของด้านต่างๆของสภาพแวดล้อม และตำแหน่งที่วัด MRT นั้นโดยใช้มุมกระทำ (Solid Angle) ที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่วัดและขอบเขตของแต่ละพื้นผิวโดยหาค่าเฉลี่ย MRT มีอิทธิพลต่อ สภาวะน่าสบายถึง 40 เปอร์เซ็นต์ สามารถอธิบายได้ว่าถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น 1.4 องศาเซลเซียส และ MRT ลดลง 1 องศาเซลเซียส ความรู้สึก

ร้อนหนาวยังคงไม่รู้สึกรถึงความเปลี่ยนแปลง และในทางกลับกัน ถ้าอุณหภูมิห้อง 26 องศาเซลเซียส แต่ MRT สูงถึง 32 องศาเซลเซียส จะเกิดการแผ่รังสีทำให้ผู้ที่อยู่อาศัยภายในรู้สึกร้อนกว่า 26 องศาเซลเซียส การที่มีอุณหภูมิที่ผิวเฉลี่ยของพื้นผิว (Mean Radiant Temperature) แตกต่างไปจากอุณหภูมิอากาศปกติ โดยที่ 1 องศาเซลเซียสของ MRT จะมีค่าเท่ากับ 1.4 องศาเซลเซียสของอุณหภูมิอากาศ เช่น ถ้าอุณหภูมิที่ผิวเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบตัวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 1 องศาเซลเซียส จะมีความรู้สึกเสมือนว่ารู้สึกเย็นลง 1.4 องศาเซลเซียส เป็นต้น



รูปที่ 2.19 ปัจจัยที่มีผลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์ [34]

การคำนวณหาอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) จะต้องนำมาคำนวณหา MRT โดยต้องอาศัยปัจจัยอีก 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิอากาศและความเร็วลม โดยที่สูตรที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$t_r = [(t_g + 273)^4 + ((1.10 \times 10^8 V_a^{0.6}) / (\epsilon \times D^{0.4}) \times (t_g - t_a))]^{1/4} - 273$$

- โดยที่ t_r = อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ (MRT) (°C)
- t_g = อุณหภูมิของGlobe Thermometer (°C)
- V_a = ความเร็วลม (m/s)
- t_a = อุณหภูมิอากาศ (°C)

- D = เส้นผ่านศูนย์กลางของ Globe Thermometer (m)
 E = ค่าการดูดซับความร้อน (emissivity)
 (0.95 ในกรณีวัสดุ Globe Thermometer เป็นสีดำ)
 [26]

- ความเร็วลม (Wind Speed) เป็นปัจจัยที่ช่วยในการเพิ่มขอบเขตของความสบาย เนื่องจากเมื่อความเร็วลมพัดผ่านผิวกายมนุษย์ จะช่วยพัดพาความร้อนออกไปจากร่างกาย โดยการเพิ่มอัตราการระเหยของเหงื่อ ทำให้ร่างกายสูญเสียความร้อนได้ดี ดังนั้นความเร็วลมที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญ หากความเร็วลมน้อยเกินไปก็ไม่ได้ช่วยในการระเหยของเหงื่อ ลมแรงเกินไปจะทำให้เกิดความรำคาญรบกวนการทำงาน การเพิ่มความเร็วลมที่เหมาะสมและเพียงพอ จะมีผลต่อความรู้สึกของมนุษย์เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยเดียว พบว่า ทุก 1 km/h ของความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส หรือสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ความรู้สึกเย็นลง } (^{\circ}\text{C}) = 0.381 V + 0.016 \text{ RH}$$

โดยที่

V = ความเร็วลม (km/h)

RH = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

สมการถดถอยข้างต้นเป็นสมการที่มีประสิทธิภาพในการคาดเดาความรู้สึกเย็นลงของมนุษย์ โดยมีค่า r-square = 0.94 และค่าความผิดพลาดมาตรฐาน หรือ Standard error = 0.457

ตาราง 2.1 แสดงค่าความรู้สึกเสมือนเย็นลงของมนุษย์ในระดับความเร็วลมต่างๆ [39]

ความเร็วลม	ความรู้สึกเสมือนเย็นลง	ผลกระทบต่อความรู้สึก
0-50 fpm (0-0.25 m/s)	ไม่รู้สึก	ไม่รู้สึก
50-100 fpm (0.25-0.51 m/s)	2-3 °F (1.1-1.7 °C)	พอใจ
100-200 fpm (0.51- 1.02 m/s)	4-5 °F (2.2—2.8 °C)	พอใจแต่เริ่มรู้สึกถึง กระแสลม
200-300 fpm (1.02-1.52 m/s)	5-7 °F (2.8—3.9 °C)	เริ่มรู้สึกว่าถูกรบกวน
300 fpm ขึ้นไป (1.52 m/s)	มากกว่า 5-7 °F (3.9 °C ขึ้นไป)	รู้สึกถูกรบกวนต้องการ การแก้ไข

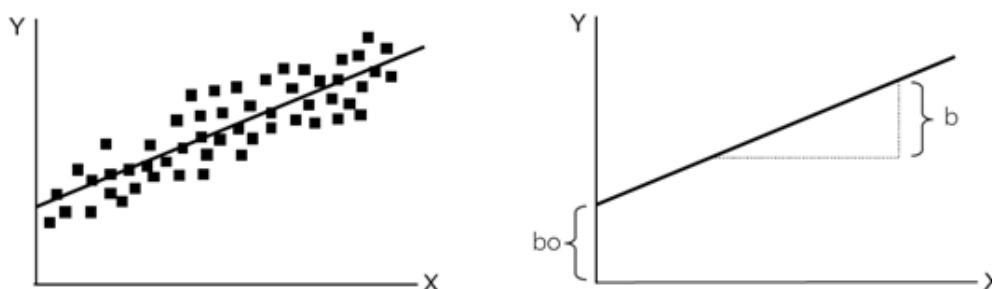
- เครื่องสวมใส่ (Clo-Value) ทำหน้าที่เหมือนฉนวน และมีผลอย่างมากในการป้องกันความร้อนจากภายนอก และความร้อนที่ออกมาจากร่างกาย กับสภาพแวดล้อมภายนอก ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิพื้นผิวรอบตัวสูง ผู้ที่สวมใส่เสื้อผ้าหนาหรือหลายชั้นเหมือนเมืองหนาวจะรู้สึกร้อน เนื่องจากเสื้อผ้าเป็นตัวที่ป้องกันการระเหยของเหงื่อ ออกจากร่างกาย เมื่อร้อนการสวมเสื้อผ้าที่เบาบางนั้นเหมาะสมกับภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เพราะจะทำให้อัตราการระเหยของเหงื่อดีขึ้นเมื่อเทียบกับเสื้อผ้าที่มีความหนาและจำนวนชั้นหลายชั้น

- อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolism) จะผลิตความร้อนออกมาตลอด และต่อเนื่องในกิจกรรมประจำวันของมนุษย์ เช่น การนอน การเดิน การวิ่งหรือการออกกำลังกาย ความต้องการพลังงานของร่างกายมนุษย์ได้มาจากการย่อยอาหาร เครื่องดื่ม ที่เราได้รับ ประทานเข้าไป อัตราความร้อนที่มนุษย์ผลิตออกมานั้น ขึ้นกับลักษณะของกิจกรรมของร่างกายและชนิดของอาหารที่รับประทานเข้าไปและบางส่วนขึ้นอยู่กับสถานที่ของมนุษย์อยู่ ความร้อนที่มนุษย์ผลิตออกมามีหน่วยวัดเป็น Metabolic หรือ หน่วย Met ซึ่ง 1 Met จะเท่ากับ 58.2 w/m^2 หรือ 18.4 Btu/h.ft^2 ในลักษณะที่คนเรานั่งพักผ่อน พลังงานที่ผลิตต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยเฉลี่ยสำหรับผู้ใหญ่ทั่วไปประมาณ 117 W หรือ 400 Btu/h

2.5 ความสัมพันธ์ทางสถิติ

จากกระบวนการวิจัยจะศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีต่ออุณหภูมิอากาศ ถึงความสัมพันธ์ที่มีต่อกันและมีความสัมพันธ์กันในระดับใด ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยใช้ตัวแปรสภาพแวดล้อมและองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งเป็นเกณฑ์ เพื่อหาความสัมพันธ์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ การวิเคราะห์ในลักษณะของตัวเกณฑ์ เพื่อใช้ในการพยากรณ์นี้ เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว โดยกำหนดตัวแปรสภาพแวดล้อมคือ รั้งสีดวงอาทิตย์และองค์ประกอบโดยรอบที่ตั้งเป็นตัวแปร X และอุณหภูมิอากาศ เป็นตัวแปร Y การศึกษาความสัมพันธ์ทั้ง 2 ตัวแปร จะมีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้น (Linear) โดยมีรูปแบบ (Model) สมการถดถอย คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \dots + \epsilon$$



รูปที่ 2.20 การกระจายข้อมูลและสมการเส้นตรงของการถดถอย

[40]

ในรูปแบบโมเดลดังกล่าว Y คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์จะไม่ใช้ค่าที่เป็นข้อมูลดิบ เนื่องจากการวิเคราะห์การถดถอย ตัวแปร X จะถูกกำหนดค่าไว้ก่อนและค่า Y จะเปลี่ยนไปตามตัวแปร X เนื่องจากค่า X หนึ่งค่าจะมีค่า Y ที่เป็นคู่ของค่า X หลายๆค่า และเมื่อนำค่า X และค่า Y ทั้งหมดไปวางบนแกน X, Y แล้ว จะได้เส้นเชื่อมเฉลี่ยระหว่างจุดที่เรียกว่าเส้นแนวโน้มปรากฏอยู่บนกราฟ เส้นดังกล่าวจะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปร X กับตัวแปร Y หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เส้นกราฟถดถอย (Regression line) จากรูปแบบโมเดลสมการถดถอย (4) จะมีค่า β_0 และ β_1 เป็นพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า จึงต้องประมาณค่าโดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่าง จากการศึกษา Regression analysis พบว่าวิธีที่นิยมใช้ในการหาค่าดังกล่าว คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (The least squares method) ซึ่งจะแทนค่าตัวแปรดังกล่าวด้วย b_0 (ในบางทฤษฎีอาจแทนค่าด้วย a) และ b โดยที่ b_0 คือค่าคงที่ (Constant) เป็นค่าที่เส้นกราฟถดถอยตัดกับแกน Y ส่วน b

เป็นค่าความชัน (Slope) ของเส้นกราฟ ซึ่งแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของ Y เมื่อ X เรียกส่วนนี้ว่า สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression coefficient) หรือสัมประสิทธิ์การพยากรณ์

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots n$$

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม

X = ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ

b_0 = ค่าคงที่ (Constant)

b = ค่าความชัน (Slope)



บทที่ 3

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาวิจัยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากปัจจัยสภาพแวดล้อมและปัจจัยองค์ประกอบรอบที่ตั้ง พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนของสภาพแวดล้อม เพื่อค้นหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ และสามารถทำนายระดับอุณหภูมิอากาศได้จากความแตกต่างของลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ตลอดจนสร้างแนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น เพื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศให้เข้าใกล้เขตสบายของมนุษย์ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลความรู้สึกเสมือนของมนุษย์

- สสำรวจปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ใต้ทรงพุ่มต้นไม้ใหญ่เขตร้อนชื้น ที่พบเห็นได้ทั่วไป จำนวน 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) ทรงพุ่มหนาแน่นมาก ประกอบด้วย ต้นไทร ต้นเลียบ ต้นมะม่วง ต้นพิกุล 2) ทรงพุ่มหนาแน่นปานกลาง ประกอบด้วย ต้นจามจุรี ต้นहुกวาง ต้นแคนา ต้นปีบ และ 3) ทรงพุ่มโปร่ง ประกอบด้วย ต้นหางนกยูง ต้นมะขาม ต้นราชพฤกษ์ ต้นลีลาวดี
- สสำรวจปริมาณความร้อนเหนือสิ่งปกคลุมผิวพื้น ตามค่าความจุความร้อนของวัสดุ จำนวน 5 วัสดุ ได้แก่ 1) พื้นผิวคอนกรีต 2) พื้นผิวยาง 3) พื้นผิวดินชุ่มน้ำ 4) พื้นผิวหญ้าชุ่มน้ำ และ 5) พื้นผิวน้ำ
- สสำรวจปริมาณความชื้นสัมพัทธ์จากแหล่งน้ำ ของสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร จำนวน 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) บ่อปลา 2) สระว่ายน้ำ 3) บึงธรรมชาติ

3.1 สสำรวจและเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อม เพื่อค้นหาตัวแปรขององค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพล

3.1.1 สสำรวจอุณหภูมิอากาศจากลักษณะความแตกต่างขององค์ประกอบรอบที่ตั้ง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป

ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่ เกิดจากการถ่ายเทความร้อนของวัสดุองค์ประกอบที่ตั้ง ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อปริมาณความร้อนในวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ได้แก่ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation) ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Relative humidity) และ ความเร็วลม (Wind velocity) ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลง

การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อม จะทำการเก็บข้อมูล ช่วงเวลาที่มีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด 1 ชั่วโมง (12:00-13:00 น.) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ ทั่วไป ตามลักษณะความแตกต่างทางกายภาพของสภาพแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สามารถ พบเห็นได้ทั่วไป จำนวน 19 สภาพแวดล้อม ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มสภาพแวดล้อมตามลักษณะ องค์ประกอบรอบที่ตั้ง ได้ดังนี้

- สภาพแวดล้อมโล่งแจ้ง ประเภทวัสดุตาตแข็ง (Hard-scape) จำนวน 9 จุด
- สภาพแวดล้อมโล่งแจ้ง ประเภทวัสดุตาตอ่อน (Soft-scape) จำนวน 5 จุด
- สภาพแวดล้อมใต้ร่มเงา (Shade) จำนวน 5 จุด

ตารางที่ 3.1 แสดงกลุ่มตัวอย่างสภาพแวดล้อมแบ่งตามวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง จำนวน 19 สภาพแวดล้อม

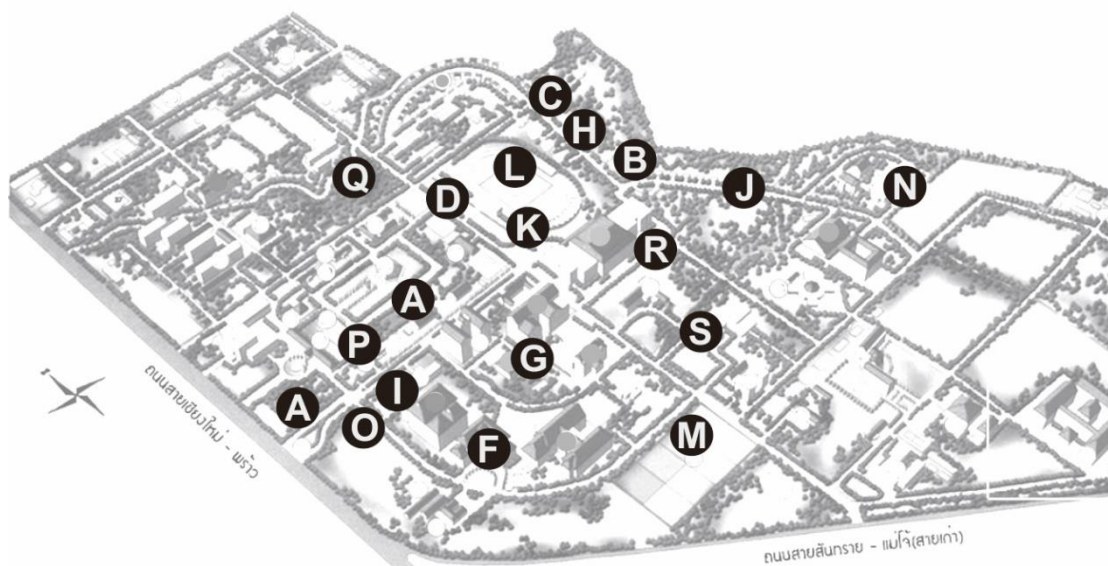
กลุ่มที่	วัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
1	พื้นที่โล่งแจ้ง ประเภทวัสดุตาตแข็ง (Hard-scape)	9
2	พื้นที่โล่งแจ้ง ประเภทวัสดุตาตอ่อน (Soft-scape)	5
3	พื้นที่ใต้ร่มเงา (Shade)	5

3.1.2 วิเคราะห์ตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

วิเคราะห์ค่าตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ ภายในสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่าง 19 สภาพแวดล้อม และหาความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรต่อ ระดับความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อม เพื่อค้นหาตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงสุด

ตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ ประกอบด้วย

- ความจุความร้อนของวัสดุ (Heat capacity)
- การแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ (Emissivity)
- ความเข้มสีวัสดุ (Color)
- การนำความร้อนของวัสดุ (Conductivity)



รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 19 สภาพแวดล้อม ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่

3.1.3 เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ตลอด 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป

เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากการแบ่งประเภทวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งตามค่าตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ ซึ่งเป็นตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลสูงสุด โดยกำหนดขนาดสภาพแวดล้อม 3 ระดับ ได้แก่ (1)สภาพแวดล้อมขนาดใหญ่ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 8 สภาพแวดล้อม (2)สภาพแวดล้อมขนาดกลาง ภายในโครงการช่วงจันทร์เฮอริเทจแอนด์บูติค รีสอร์ท จำนวน 4 สภาพแวดล้อม และ (3)สภาพแวดล้อมขนาดเล็ก ภายในบ้านพักอาศัย จ.เชียงใหม่ จำนวน 4 สภาพแวดล้อม รวมทั้งหมด 16 สภาพแวดล้อม เพื่อทราบถึงอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนขององค์ประกอบรอบที่ตั้งในสภาพแวดล้อมที่มีขนาดแตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่างที่ 1 สภาพแวดล้อมขนาดใหญ่

ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 30 ไร่ ประกอบด้วย

1) พื้นดินแห้ง (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.19 Kcal/g °C)
2) พื้นคอนกรีต (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.22 Kcal/g °C)
3) พื้นดินชุ่มน้ำ (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.6 Kcal/g °C)
4) พื้นหญ้าชุ่มน้ำ (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.7 Kcal/g °C)
5) พื้นดินแห้ง (ใต้ร่มเงา)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.19 Kcal/g °C)
6) พื้นคอนกรีต (ใต้ร่มเงา)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.22 Kcal/g °C)

7) พื้นดินชุ่มน้ำ (ไต้ร่มเงา) มีค่าความจุความร้อน = 0.6 Kcal/g °C

8) พื้นหญ้าชุ่มน้ำ (ไต้ร่มเงา) มีค่าความจุความร้อน = 0.7 Kcal/g °C

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 สภาพแวดล้อมขนาดกลาง

ภายในโครงการช่วงจันทร์เฮอริเทจแอนด์บูติค รีสอร์ท จ.เชียงใหม่ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 3 ไร่ ประกอบด้วย

9) พื้นดินแห้ง (โล่งแจ้ง) มีค่าความจุความร้อน = 0.19 Kcal/g °C

10) พื้นไม้ (โล่งแจ้ง) มีค่าความจุความร้อน = 0.2 Kcal/g °C

11) พื้นอิฐโบราณ (โล่งแจ้ง) มีค่าความจุความร้อน = 0.22 Kcal/g °C

12) พื้นหญ้าชุ่มน้ำ (โล่งแจ้ง) มีค่าความจุความร้อน = 0.7 Kcal/g °C

กลุ่มตัวอย่างที่ 3 สภาพแวดล้อมขนาดเล็ก

ภายในบ้านพักอาศัย จ.เชียงใหม่ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1 ไร่ ประกอบด้วย

13) พื้นกระเบื้องเซรามิก (โล่งแจ้ง) มีค่าความจุความร้อน = 0.2 Kcal/g °C

14) พื้นไม้ (ในร่ม) มีค่าความจุความร้อน = 0.2 Kcal/g °C

15) พื้นบล็อกหญ้า (โล่งแจ้ง) มีค่าความจุความร้อน = 0.46 Kcal/g °C

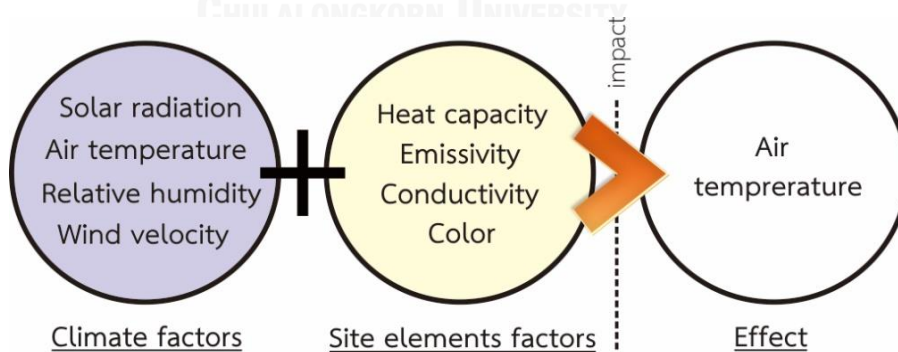
16) พื้นบล็อกหญ้า (ในร่ม) มีค่าความจุความร้อน = 0.46 Kcal/g °C

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพล ประกอบด้วย

- ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ (W/m²h)

- ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (%)

- ตัวแปรความเร็วลม (m/s)

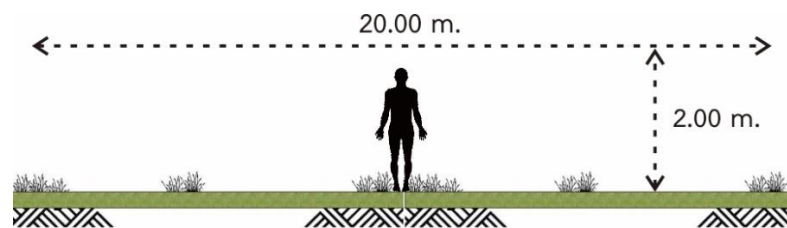


รูปที่ 3.2 แสดงกลุ่มข้อมูลปัจจัยจากสภาพแวดล้อมและปัจจัยจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ

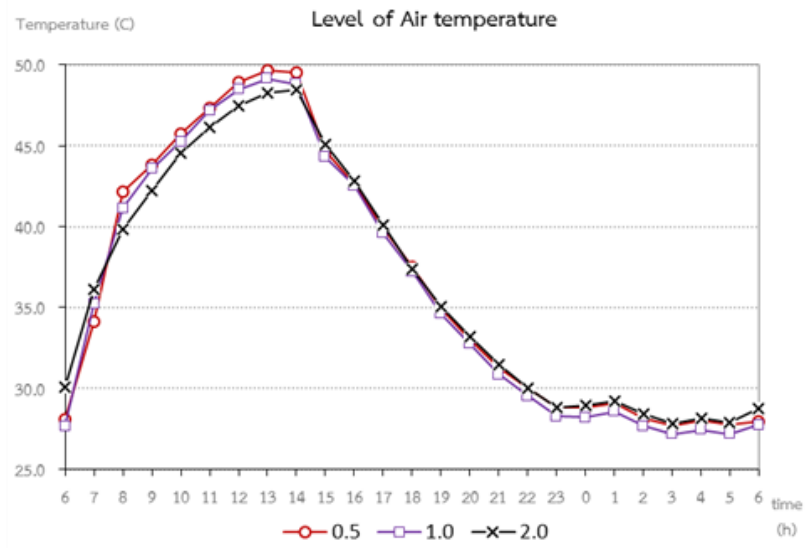


รูปที่ 3.3 ลักษณะกลุ่มตัวอย่างสภาพแวดล้อมขนาดใหญ่ ม.แม่โจ้ (บน) สภาพแวดล้อมขนาดกลาง โครงการช่วงจันทร์ฯ (ล่างซ้าย) และสภาพแวดล้อมขนาดเล็ก บ้านพักอาศัย (ล่างขวา)

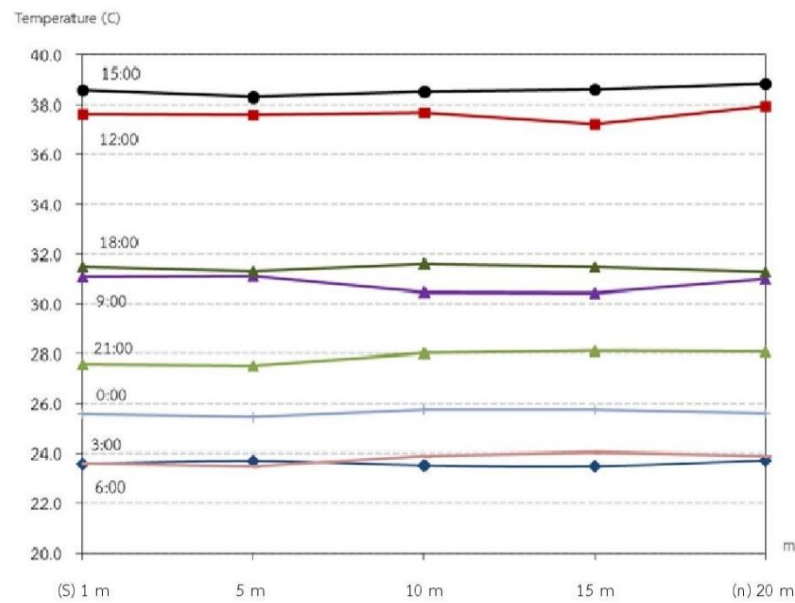
การเก็บข้อมูลต่างๆในระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย เป็นการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้นภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โครงการช่วงจันทร์เฮอริเทจแอนด์บูติกรีสอร์ท และบ้านพักอาศัย ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางระหว่าง 310-550 เมตร ช่วงเดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ.2557 ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนของปี ผลที่ได้จากการวิจัยจะครอบคลุมสภาพอากาศในช่วงเวลาดังกล่าวและครอบคลุมพื้นที่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเส้นผ่านศูนย์กลางห่างจากเครื่องมือวัดไม่เกิน 20.00 เมตร ในระดับความสูงไม่เกิน 2.00 เมตร เท่านั้น



รูปที่ 3.4 แสดงขอบเขตอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อม ที่ได้รับอิทธิพลจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง



รูปที่ 3.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศตามระดับความสูง +0.50 +1.00 และ +2.00 ม.



รูปที่ 3.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ระดับ 1 เมตร เหนือผิวคอนกรีต ทุกๆระยะ 5 ม.

3.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1) เครื่องบันทึกอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Data logger)

เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเป็นเครื่องวัดและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ รุ่น DIGICON Model: DL-TH-USB การวัดอุณหภูมิอากาศมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C) และองศาฟาเรนไฮต์ (°F) ส่วนการวัดความชื้นสัมพัทธ์มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

- ประสิทธิภาพการวัดอุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง -35 ถึง 80 °C (-31 ถึง 176 °F) มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ +/- 0.5 ถึง +/- 2 °C (+/- 1 ถึง +/- 4 °F) ค่าความละเอียดภายในอยู่ที่ +/- 0.5 °C (+/- 1.0 °F)
- ประสิทธิภาพการวัดความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 0 ถึง 100 % มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ +/- 3 % (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 20 ถึง 80 %) ค่าความละเอียดอยู่ที่ 0.5 %
- ค่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมขณะใช้งานอยู่ระหว่าง -35 ถึง 80 °C (-31 ถึง 176 °F)
- ประสิทธิภาพการบันทึกข้อมูลตั้งแต่ 10 วินาที ถึง 12 ชั่วโมง



รูปที่ 3.7 เครื่องบันทึกอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ EXTECH รุ่น RHT10 และ SD500

2) เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศ (Thermometer)

เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เป็นเครื่องวัดข้อมูลรุ่น Nicety TH802A การวัดอุณหภูมิอากาศมีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส (°C) และองศาฟาเรนไฮต์ (°F) การวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

- ประสิทธิภาพการวัดอุณหภูมิอากาศภายในอาคารอยู่ระหว่าง 0 ถึง 50 °C (0 ถึง 122 °F) และอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารอยู่ระหว่าง -20 ถึง 70 °C (-68 ถึง 158 °F) มี

- ค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ +/- 1 °C (+/- 1.8 °F) ค่าความละเอียดภายในอยู่ที่ +/- 1 °C (+/- 1.8 °F)
- ประสิทธิภาพการวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ระหว่าง 20 ถึง 90 % มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ +/- 5 % (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 10 ถึง 90 %) ค่าความละเอียดอยู่ที่ 1 %
 - ค่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมขณะใช้งานอยู่ระหว่าง -20 ถึง 60 °C (-68 ถึง 140 °F)
 - ค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพแวดล้อมขณะใช้งานอยู่ระหว่าง 20 ถึง 80 %
 - มีระบบบันทึกค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุด
 -



รูปที่ 3.8 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รุ่น HGM-HY-303C

3) เครื่องวัดอุณหภูมิผิววัสดุระยะไกล (Infrared Thermometer)

เครื่องวัดอุณหภูมิผิววัสดุระยะไกล มีระบบการวัดอุณหภูมิผิวด้วยรังสีอินฟราเรด รุ่น Testo 860-T2 สามารถเปลี่ยนค่าการสะท้อนรังสีความร้อนของผิววัสดุได้ (Emissivity value) มีหน่วยการวัดอุณหภูมิผิวเป็นองศาเซลเซียส (°C)

- ระยะในการวัดมาตรฐาน (Standard optical) มีความสัมพันธ์ 60:1
- ระยะในการวัดแบบใกล้ (Close focus optical) มีความสัมพันธ์ 50:1
- ประสิทธิภาพการวัดอุณหภูมิอยู่ระหว่าง -50 ถึง 500 °C
- ประสิทธิภาพการวัดอุณหภูมิระหว่าง -5 ถึง 500 °C มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ +/- 1% ของค่าที่อ่านได้ หรือ +/- 1 °C
- ประสิทธิภาพการวัดอุณหภูมิระหว่าง -30 ถึง -5°C มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ +/- 1.5 °C
- ประสิทธิภาพการวัดอุณหภูมิระหว่าง -50 ถึง -30°C มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ +/- 2 °C



รูปที่ 3.9 เครื่องวัดอุณหภูมิผิววัสดุ Testo 860-T2

4) เครื่องวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Pyrometer - Solar Radiation)

เครื่องวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สามารถระบุกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ และสามารถกำหนดประสิทธิภาพของระบบ PV ของพลังงานแสงอาทิตย์ได้ อุปกรณ์มีเซ็นเซอร์ในตัวที่ด้านในตำแหน่งมุมบนด้านซ้ายของเครื่อง สามารถวัดหน่วยเป็น $W/m^2/h$ หรือ $BTU/ft^2/h$ ประสิทธิภาพการวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ตั้งแต่ $1-2000 W/m^2$ หรือ $1-634 BTU/ft^2/h$



รูปที่ 3.10 เครื่องวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ รุ่น OEM TES-1333

5) เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)

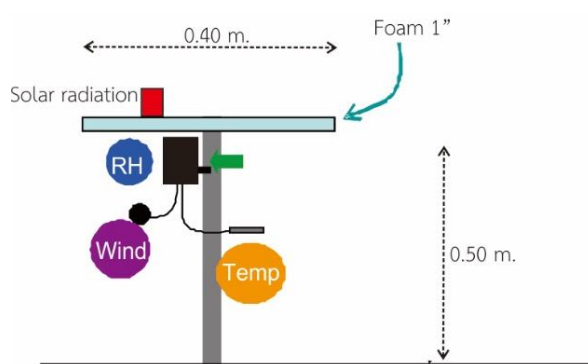
เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด ของ Extech รุ่น AN100 ขนาด 70 มม. สามารถวัดความเร็วลมได้ตั้งแต่ 0.4 ถึง 30.0 m/s หรือ 0 ถึง 999.9 CFM สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -10 ถึง 60 องศาเซลเซียส มีขนาดเล็กกระทัดรัด ตัวเครื่องมีขนาด 175x74x33 มม. มีความสะดวกและเหมาะสมต่อการพกพาและเก็บข้อมูล เพราะสามารถทราบถึงอุณหภูมิลมต้นทางที่เป็นผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของสภาพแวดล้อม



รูปที่ 3.11 เครื่องวัดความเร็วลม รุ่น EXTECH AN100

3.1.5 การติดตั้งเครื่องมือวิจัย

การติดตั้งชุดอุปกรณ์ทดลอง



รูปที่ 3.12 รูปแบบการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิอากาศ (Temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)

3.2 สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศจากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพล

3.2.1 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสภาพแวดล้อมและตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งและตัวแปรสภาพแวดล้อมจากกลุ่มตัวอย่าง ตลอด 24 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบข้อมูลเชิงสถิติและวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบถดถอย (Regression analysis) ของแต่ละตัวแปรกับอุณหภูมิอากาศ เพื่อหาสัดส่วนตัวแปรที่มีอิทธิพลในการสร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ

ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ได้แก่

- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
- ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
- ความเร็วลมต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

ปัจจัยองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ได้แก่

- ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
- ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
- ตัวแปรความเข้มสีวัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
- ตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

3.2.2 สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศจากตัวแปรที่มีอิทธิพล

คัดเลือกตัวแปรที่ใช้สร้างสมการจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard error) ที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและเปรียบเทียบค่าสถิติจากสมการรวม เพื่อคัดเลือกตัวแปรในสมการที่สามารถใช้ทำนายอุณหภูมิอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สามารถแบ่งสมการ จากอิทธิพลสภาพแวดล้อมออกเป็น 4 รูปแบบ ได้ดังนี้

- สมการทำนายอุณหภูมิอากาศ กรณีที่มีลม (ช่วงเวลากลางวัน)
- สมการทำนายอุณหภูมิอากาศ กรณีที่มีลม (ช่วงเวลากลางคืน)
- สมการทำนายอุณหภูมิอากาศ กรณีที่ไม่มีลม (ช่วงเวลากลางวัน)
- สมการทำนายอุณหภูมิอากาศ กรณีที่ไม่มีลม (ช่วงเวลากลางคืน)

3.2.3 ทดสอบความน่าเชื่อถือของสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ เปรียบเทียบกับข้อมูลสภาพแวดล้อมจริง

นำทั้ง 4 สมการที่ได้มาคำนวณหาอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงตลอด 24 ชั่วโมง รวมถึงการตรวจสอบผลจากสมการโดยการแทนค่าตัวแปรจากสภาพแวดล้อมจริงที่มีลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้งแตกต่างกันตามค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการ ได้แก่ (1)ร่มเงาต้นไม้ใหญ่ส่งผลต่อตัวแปรปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (2)ประเภทสิ่งปกคลุมผิวพื้นส่งผลต่อตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ และ(3)พื้นที่แหล่งน้ำส่งผลต่อตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (4)พื้นที่โล่งแจ้งส่งผลต่อความเร็วลม เป็นต้น

การเก็บข้อมูลค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมดังกล่าว เพื่อแทนค่าลงในสมการทำนายอุณหภูมิอากาศที่ได้จากงานวิจัยและคำนวณหาความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อม ตลอด 24 ชั่วโมง ผลที่ได้จากการคำนวณจะนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลอุณหภูมิอากาศที่ได้จากการวัดจริง เพื่อให้สมการทำนายอุณหภูมิอากาศมีความน่าเชื่อถือสูงสุด

กำหนดสภาพแวดล้อมตัวอย่างภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พื้นที่ประมาณ 30 ไร่ เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของสมการ สามารถแบ่งความแตกต่างของลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้งออกเป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

- สภาพแวดล้อมทั่วไป

ลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้ง : พื้นดินแห้ง + พื้นที่โล่งแจ้ง

- สภาพแวดล้อม A (สวนป่าสัก)

ลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้ง : พื้นดินแห้ง + พื้นที่ต้นไม้ใหญ่ปกคลุม

- สภาพแวดล้อม B (สวนหย่อมหน้าคณะผลิตกรรมการเกษตร)

ลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้ง : พื้นหญ้า + พื้นที่ต้นไม้ใหญ่ปกคลุม

- สภาพแวดล้อม C (แหล่งน้ำอาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี)

ลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้ง : พื้นหญ้า + พื้นที่ต้นไม้ใหญ่ปกคลุม + แหล่งน้ำ

3.3 จัดทำแนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์ในเขต ภูมิอากาศร้อนชื้น

3.3.1 การกำหนดองค์ประกอบรอบที่ตั้ง จากตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
อากาศ

ในสภาพแวดล้อมจริงและองค์ประกอบภายนอกของสภาพแวดล้อม ผู้วิจัยจะใช้ปัจจัยทาง
กายภาพในการปรุงแต่งสภาพแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารเปลี่ยนแปลง
เพิ่มสูงขึ้นและลดต่ำลงจากอิทธิพลขององค์ประกอบรอบที่ตั้ง

อิทธิพลจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่ใช้ในการควบคุมตัวแปรสภาพแวดล้อม ส่งผลต่อการ
เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ได้แก่

- อิทธิพลต้นไม้ใหญ่
- อิทธิพลแหล่งน้ำ
- อิทธิพลสิ่งปกคลุมผิวพื้น

3.3.2 สร้างแนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น 2 แนวทาง ได้แก่

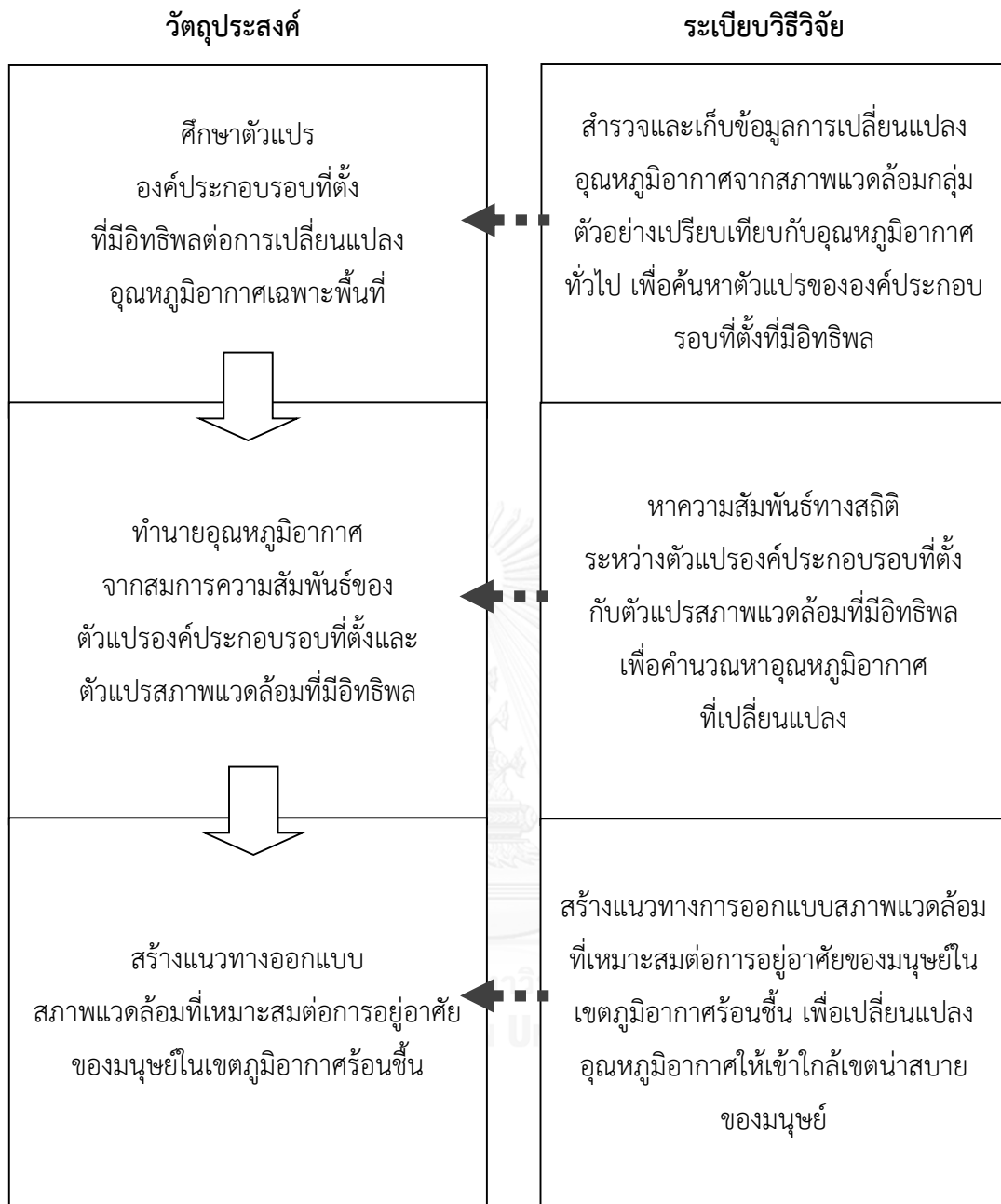
(1) แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้นเพื่อลดอุณหภูมิอากาศ

(2) แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้นเพื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศ

คำนวณผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ได้จากการออกแบบสภาพแวดล้อม ตลอด 24
ชั่วโมง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป

3.3.3 การประยุกต์ผลวิจัยสู่การออกแบบสภาพแวดล้อม (กรณีศึกษา)

นำผลที่ได้จากงานวิจัยไปใช้ในการออกแบบสภาพแวดล้อมโดยเลือกอาคารพักอาศัย ตำบล
บ้านกลาง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้อิทธิพลจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งในการควบคุม
อุณหภูมิอากาศให้อยู่ใกล้เขตสบายของมนุษย์มากที่สุด พร้อมทั้งตรวจสอบผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
อากาศจากสภาพแวดล้อมจริง



รูปที่ 3.13 แสดงขั้นตอนการศึกษาและรายละเอียดระเบียบวิธีวิจัยตามวัตถุประสงค์

บทที่ 4 ผลการวิจัย

อิทธิพลสภาพแวดล้อมต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ เกิดจากลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่แตกต่างกัน ทั้งนี้อิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศ ได้แก่ (1)ความจุความร้อนของวัสดุ (2)การแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ (3)ความชื้นวัสดุ และ(4)การนำความร้อนของวัสดุ การศึกษาพบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศสูงสุด คือ ความจุความร้อนของวัสดุ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่แตกต่างกัน ตลอด 24 ชั่วโมง พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ (Effect air temperature) ในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ปัจจัย ดังนี้ (1) ปัจจัยจากสภาพแวดล้อม (Climate factors) ได้แก่ ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation) ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Relative humidity) ตัวแปรความเร็วลม (Wind velocity) และ (2) ปัจจัยจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง (Site element factors) ได้แก่ ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ (Heat capacity) ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ (Emissivity) ตัวแปรความชื้นผิววัสดุ (Color) และตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุ (Conductivity) ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่งานวิจัยชิ้นนี้ที่จะทำการศึกษาและควบคุมตัวแปรดังกล่าวจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งในสภาพแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมให้อยู่ใกล้เคียงสบายของมนุษย์มากที่สุด

การควบคุมอุณหภูมิอากาศจะต้องทราบถึงปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพล ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมข้างต้นเป็นปัจจัยจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศขนาดใหญ่ซึ่งยากต่อการควบคุมและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยง่าย ส่วนปัจจัยจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งเป็นตัวแปรจากสภาพแวดล้อมขนาดเล็กที่มนุษย์สามารถเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงได้ การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมดังกล่าวซึ่งเป็นปัจจัยจากสภาพแวดล้อมขนาดเล็กมีผลกระทบต่อปัจจัยจากสภาพแวดล้อมขนาดใหญ่ ความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ปัจจัย สามารถเป็นตัวกำหนดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ได้ในรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพล

การทำนายอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมขนาดเล็กหรือสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่ (Micro-climate air temperature) ที่มีลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่แตกต่างกันได้ สมการทำนายอุณหภูมิอากาศจะประกอบด้วยความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพล ได้แก่ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ซึ่งเป็นปัจจัยจากสภาพแวดล้อม และความจุความร้อน

ของวัสดุ ซึ่งเป็นตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลสูงสุด โดยสมการดังกล่าวสามารถแบ่งการทำนายอุณหภูมิอากาศได้ในช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน และกรณีมีลม-ไม่มีลม อิทธิพลของปัจจัยสภาพแวดล้อมและองค์ประกอบรอบที่ตั้งจะทำให้ค่าอุณหภูมิอากาศที่ได้จากสมการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสามารถใช้ทำนายการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมที่มีลักษณะแตกต่างกันได้

การสร้างสรรคองค์ประกอบรอบที่ตั้งเพื่อควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพล จะสามารถลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้นให้อยู่ใกล้เขตสบายของมนุษย์ได้ ดังนี้ (1)สร้างร่มเงาให้กับสภาพแวดล้อมจากอิทธิพลของไม้ยืนต้นทรงพุ่มหนาแน่นที่มีการผลัดใบในช่วงฤดูหนาว เพื่อควบคุมปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิววัสดุในช่วงฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าเขตสบายของมนุษย์ และเปิดรับการตกกระทบของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงฤดูหนาวเพื่อสร้างความอบอุ่นและควบคุมอุณหภูมิอากาศให้อยู่ใกล้เขตสบายของมนุษย์มากที่สุด (2)เลือกใช้สิ่งปกคลุมพื้นผิวที่มีความจุความร้อนสูง เช่น พื้นหญ้าชุ่มน้ำ พื้นดินชุ่มน้ำ หรือพื้นน้ำ ในพื้นที่โล่งแจ้งเพื่อรองรับการเพิ่มปริมาณความร้อนจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงกลางวัน และสร้างพื้นที่ร่มเงาให้กับสิ่งปกคลุมพื้นผิวที่มีความจุความร้อนต่ำ เช่น พื้นคอนกรีต และพื้นยางมะตอย เป็นต้น (3)จัดวางแหล่งน้ำขนาดใหญ่ในพื้นที่โล่งแจ้ง ตำแหน่งต้นทิศทางลม สามารถเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศให้กับสภาพแวดล้อมอีกทั้งกระแสลมที่พัดผ่านผิวน้ำจะช่วยเร่งการระเหยของน้ำได้มากขึ้น ส่งผลต่อการลดลงของอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อม (4)สร้างสภาพแวดล้อมที่เย็นบริเวณต้นทิศทางลม ให้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป จะทำให้กระแสลมที่พัดผ่านสภาพแวดล้อมดังกล่าวมีอุณหภูมิอากาศลดลงได้ อิทธิพลจากความเร็วลมจะส่งผลต่อความรู้สึกเหมือนของมนุษย์ที่รู้สึกเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป

แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์ในเขตร้อนชื้น จากผลการดำเนินการวิจัยสามารถสรุปปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ได้แก่

- ปัจจัยจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ได้แก่ ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ (Heat capacity) องค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีความจุความร้อนของวัสดุสูง จะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อม ใกล้เคียงหรือเปลี่ยนแปลงต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป เช่น พื้นน้ำ พื้นดินชุ่มน้ำ และพื้นหญ้า ส่วนองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีค่าความจุความร้อนของวัสดุต่ำ จะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมสูงมากขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป เช่น พื้นดินแห้ง และพื้นคอนกรีต
- ปัจจัยจากสภาพแวดล้อม ได้แก่ ตัวแปรรังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar radiation) ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Relative humidity) และตัวแปรความเร็วลม (Wind velocity) ปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยจากสภาพแวดล้อมซึ่งเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อการ

เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ส่วนตัวแปรอุณหภูมิอากาศทั่วไปถือเป็นตัวแปรตามที่ผู้วิจัยได้ระบุในสมการ เพื่อใช้เป็นอุณหภูมิอากาศตั้งต้นในการหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่ ตัวแปรดังกล่าวข้างต้นเป็นตัวแปรจากสภาพแวดล้อมขนาดใหญ่ซึ่งอยู่นอกเหนือการควบคุมของมนุษย์ การปรับแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อให้อุณหภูมิอากาศใกล้เคียงสถานะน่าสบายจึงต้องใช้อิทธิพลจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง

การใช้อิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งในการควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมเพื่อลดอุณหภูมิอากาศในเขตร้อนชื้น สามารถทำได้โดย (1)การลดตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์จากอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่หรือวัสดุคลุมหลังคา จะสามารถลดค่าตัวแปรดังกล่าวได้มากกว่าร้อยละ 80 ส่งผลต่อการสะสมความร้อนขององค์ประกอบรอบที่ตั้งใต้พื้นที่ร่มเงา (2)การเพิ่มค่าตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากอิทธิพลการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำ การวางองค์ประกอบแหล่งน้ำในพื้นที่โล่งแจ้งที่มีลมพัดผ่าน จะช่วยเพิ่มปริมาณไอน้ำในอากาศให้กับสภาพแวดล้อม อีกทั้งกระบวนการคายน้ำของพืชน้ำและต้นไม้ใหญ่ จะสามารถทำให้ตัวแปรดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้น (3)การสร้างสภาพแวดล้อมต้นทิศทางลมให้มีอุณหภูมิต่ำสามารถลดอุณหภูมิลมที่พัดผ่านได้ การเพิ่มค่าตัวแปรความเร็วลมจากสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิผิวมนุษย์จะสามารถลดอุณหภูมิอากาศจากความรู้สึกเสมือนของมนุษย์ได้ (4)การเพิ่มตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุจากอิทธิพลสิ่งปกคลุมพื้นผิวที่มีค่าความจุความร้อนสูง จะสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ได้เกือบตลอดทั้งวัน ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศจากการถ่ายเทความร้อนของสิ่งปกคลุมผิวพื้น

การออกแบบสภาพแวดล้อมเขตภูมิอากาศร้อนชื้นด้วยอิทธิพลจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งในการควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อม จะต้องมีการจัดวางลักษณะองค์ประกอบที่ตั้งเพื่อการสกัดกั้นการเพิ่มปริมาณความร้อนเป็นลำดับขั้นตอนและมีแนวทางที่สามารถใช้ได้เป็นอย่างดีเป็นรูปธรรม เริ่มต้นจากสกัดกั้นแหล่งที่มาของความร้อนจากปัจจัยสภาพแวดล้อมไปจนถึงการเพิ่มปริมาณความร้อนสัมพันธ์ให้กับสภาพแวดล้อม ได้แก่ (1)การป้องกันรังสีดวงอาทิตย์จากแหล่งกำเนิดความร้อน ในที่นี้หมายถึง การลดตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ (2)การยับยั้งการเพิ่มขึ้นของปริมาณความร้อนจากวัสดุพื้นและองค์ประกอบที่ตั้งโดยการใช้สิ่งปกคลุมพื้นผิวที่มีคุณสมบัติความจุความร้อนสูงในการรองรับปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิววัสดุ (3)การเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นไอระเหยจากแหล่งน้ำ จะทำให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นตัวแปรหลักที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศสูงสุด

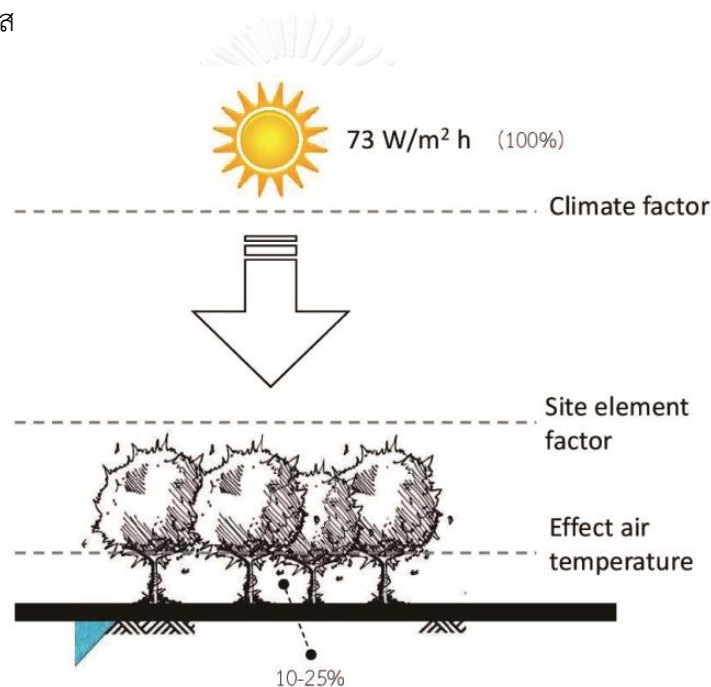
1. อิทธิพลต้นไม้ใหญ่

- การใช้ต้นไม้ใหญ่ (Tree)

การใช้ต้นไม้ใหญ่ที่มีลำต้นทรงสูงแตกพุ่มกว้าง มีความหนาแน่นของทรงพุ่มและจำนวนใบมากสามารถใช้เป็นองค์ประกอบในการลดอิทธิพลการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จากท้องฟ้าได้ ผู้วิจัยมีการเก็บข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน 12:00 น. มีปริมาณสูงสุดที่ $73.26 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ ($250 \text{ Btu/ft}^2 \text{ h}$) เมื่อปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ส่องผ่านทรงพุ่มของต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่น ทรงพุ่มหนาแน่นปานกลาง และทรงพุ่มโปร่ง จะสามารถลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้เฉลี่ยร้อยละ 89.81 83.67 และ 78.15 ตามลำดับ การลดปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์สามารถส่งผลให้อุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ใหญ่ไม่เพิ่มขึ้น เนื่องจากความหนาแน่นทรงพุ่มสามารถสกัดกั้นการเกิดปริมาณความร้อนให้กับองค์ประกอบใต้ทรงพุ่มได้ ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศใต้ทรงพุ่มหนาแน่นมาก ทรงพุ่มหนาแน่นปานกลาง และทรงพุ่มโปร่ง ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 5.6 4.7 และ 3.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น (Hot-humid climate) การสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จากอิทธิพลร่มต้นไม้ใหญ่ ขึ้นอยู่กับลักษณะความหนาแน่นของทรงพุ่ม ต้นไม้ใหญ่ที่มีทรงพุ่มหนาแน่นจะสามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้มากกว่าทรงพุ่มหนาแน่นปานกลาง และทรงพุ่มโปร่งจะสามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้น้อยที่สุด ผู้วิจัยได้มีการเก็บข้อมูลการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จากอิทธิพลร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ในเขตร้อนชื้น 12 ชนิด ชนิดละ 3 ตัวอย่าง ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่เปรียบเทียบกับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่โล่งแจ้ง พบว่า ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ใต้ทรงพุ่มลดลงเฉลี่ยร้อยละ 75-90 ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศใต้ทรงพุ่มมีระดับต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป กล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวัน (14:00 น.) อุณหภูมิอากาศทั่วไป 40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศใต้ร่มเงาต้นไม้ใหญ่ 37.8 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เกิดจากสภาพแวดล้อมได้ร่มเงาต้นไม้

ใหญ่ได้รับการสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์จากความหนาแน่นทรงพุ่มเหลือเพียงร้อยละ 10-15 ที่ตกกระทบผิววัสดุ ส่งผลทำให้องค์ประกอบได้พื้นที่ร่มเงาได้รับอิทธิพลการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์น้อยการพื้นที่โล่งแจ้งจนทำให้วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ เช่น ผิวคอนกรีตหรือผิวดินแห้ง สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนในตัววัสดุให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศได้ตลอดทั้งวัน อีกทั้งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวใบ ต้นไม้จะนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและเปลี่ยนสถานะของน้ำใต้ดินเป็นไอระเหยผ่านปากใบสู่สภาพแวดล้อมซึ่งมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และในช่วงเวลากลางคืน (5:00 น.) อุณหภูมิอากาศทั่วไป 22.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศใต้ร่มเงาต้นไม้ใหญ่ 22.7 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปเล็กน้อย ทั้งนี้เกิดจากการสกัดกั้นอิทธิพลความเย็นจากท้องฟ้าในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งมีอุณหภูมิ -17.2 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.1 แสดงการสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์จากอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่ สามารถลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ลงได้ 75-90%



รูปที่ 4.2 ลักษณะต้นไม้ใหญ่ แบ่งตามความหนาแน่นทรงพุ่ม



รูปที่ 4.3 แสดงพื้นที่ร่มเงาและการสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์ ตามลักษณะความหนาแน่นทรงพุ่ม ต้นไม้ใหญ่กลุ่มตัวอย่าง 12 ชนิด (10 พฤษภาคม 2557 ช่วงเวลา 12:00-13:00น. จ.เชียงใหม่)

ผู้วิจัยมีการเก็บข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ใหญ่มีความแตกต่างกันตามลักษณะความหนาแน่นของทรงพุ่ม 3 ลักษณะ ได้แก่ ทรงพุ่มหนาแน่นมาก ทรงพุ่มหนาแน่นปานกลาง และทรงพุ่มโปร่ง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างต้นไม้ใหญ่เขตร้อนชื้นที่พบเห็นได้ทั่วไปในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ทั้งหมด 12 ชนิด ชนิดละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 36 ตัวอย่างแบ่งตามลักษณะความหนาแน่นทรงพุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างทรงพุ่มหนาแน่นมาก ประกอบด้วยต้นไทร ต้นเล็บ ต้นมะม่วง และต้นพิกุล ประเภทละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 12 ตัวอย่าง
2. กลุ่มตัวอย่างทรงพุ่มหนาแน่นปานกลาง ประกอบด้วย ต้นจามจุรี ต้นหูกวาง ต้นแคนาและต้นปีบ ประเภทละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 12 ตัวอย่าง
3. กลุ่มตัวอย่างทรงพุ่มโปร่ง ประกอบด้วย ต้นหางนกยูง ต้นมะขาม ต้นราชพฤกษ์ และต้นลีลาวดี ประเภทละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 12 ตัวอย่าง

ทั้งนี้ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศใต้ทรงพุ่ม จะเก็บช่วงเวลา 12.00 ถึง 13.00 น เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่โล่งแจ้งซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สภาพแวดล้อมมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลาดังกล่าว

- กลุ่มทรงพุ่มหนาแน่นมาก
ได้แก่ ต้นไทร ต้นเล็บ ต้นมะม่วง ต้นพิกุล
สามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้เฉลี่ยร้อยละ 89.81

เมื่อสภาพแวดล้อมทั่วไปมีอุณหภูมิอากาศ 37 องศาเซลเซียส ค่าตัวแปรสภาพแวดล้อมใต้ต้นไม้ใหญ่วัดได้ ความจุความร้อน 0.6 Cal/g C ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 48% ความเร็วลม 0 m/s และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ 7.32 W/m² h (25 Btu/ft² h) จะทำให้อุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมใต้ต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่นมากต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 2.6 องศาเซลเซียส

- กลุ่มทรงพุ่มหนาแน่นปานกลาง
ได้แก่ ต้นจามจุรี ต้นหูกวาง ต้นแคนา ต้นปีบ
สามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้เฉลี่ยร้อยละ 83.67

เมื่อสภาพแวดล้อมทั่วไปมีอุณหภูมิอากาศ 37 องศาเซลเซียส ค่าตัวแปรสภาพแวดล้อมใต้ต้นไม้ใหญ่วัดได้ ความจุความร้อน 0.6 Cal/g C ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 46% ความเร็วลม 0 m/s และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ 14.65 W/m² h (50 Btu/ft² h) จะทำให้อุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมใต้ต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่นปานกลางต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 2 องศาเซลเซียส

- กลุ่มทรงพุ่มโปร่ง

ได้แก่ ต้นนางนกยูง ต้นมะขาม ต้นราชพฤกษ์ ต้นลีลาวดี

สามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้เฉลี่ยร้อยละ 78.15





เมื่อสภาพแวดล้อมทั่วไปมีอุณหภูมิอากาศ 37 องศาเซลเซียส ค่าตัวแปรสภาพแวดล้อมได้ ต้นไม้ใหญ่วัดได้ ความจุความร้อน 0.6 Cal/g C ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 45% ความเร็วลม 0 m/s และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ 21.98 W/m² h (75 Btu/ft² h) จะทำให้อุณหภูมิอากาศของ สภาพแวดล้อมใต้ต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มโปร่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 1.6 องศาเซลเซียส

การสร้างสภาพแวดล้อมในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นให้ใกล้เคียงสภาวะน่าสบายตลอดทั้งปี ในประเทศไทย มีบางฤดูกาลที่อุณหภูมิอากาศทั่วไปอยู่ในเขตสบายของมนุษย์หรือต่ำกว่า ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศระหว่าง 22-27 องศาเซลเซียส แต่ในบางพื้นที่ที่มีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าเขตสบายของมนุษย์ (ต่ำกว่า 22 องศาเซลเซียส) เช่น พื้นที่ราบสูง พื้นที่บนเนินเขา การสร้างสภาพแวดล้อมจึงต้องอาศัย อิทธิพลจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งเพื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศให้สูงขึ้น ฉะนั้นการสกัดกั้นปริมาณ รังสีดวงอาทิตย์จากอิทธิพลต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่นจึงไม่ใช่วิธีการที่เหมาะสมในช่วงเวลาดังกล่าว เทคนิคการเลือกใช้ต้นไม้ใหญ่เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในประเทศไทยตลอดทั้งปีจึงต้อง เลือกใช้ต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่นที่ผลัดใบในช่วงฤดูหนาว เพื่อสามารถป้องกันการเกิดปริมาณความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อนและเปิดรับการตกกระทบรังสีดวงอาทิตย์ได้ในช่วงฤดูหนาว เช่น ต้นเลียบ ต้นจามจุรี และต้นหูกวาว เป็นต้น

นอกเหนือจากการสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์จากอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่แล้ว การให้ร่มเงาจากสิ่งปลูกสร้างหรือวัสดุผนังหลังคา (ขนาด 5*10*2.5 ม. ผนังโล่ง) สามารถสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์ได้มากกว่า 90% เทียบเท่าต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่น จะเห็นได้ว่าการสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์จากต้นไม้ใหญ่และสิ่งปลูกสร้างมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่อิทธิพลร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่จะสามารถยับยั้งการเพิ่มขึ้นของปริมาณความร้อนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศได้มากกว่าอิทธิพลร่มเงาจากวัสดุผนังหลังคา ทั้งนี้ อิทธิพลร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่นอกจากจะป้องกันตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ให้ต่ำลงแล้ว ยังสามารถเพิ่มตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศให้สูงขึ้นจากการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นไอระเหยผ่านกระบวนการคายน้ำของต้นไม้

ปริมาณการคายน้ำของต้นไม้ที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว ส่งผลทำให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้นแตกต่างจากวัสดุผนังหลังคาที่ไม่มีปัจจัยการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ผู้วิจัยได้นำมาแทนค่าตัวแปรลงในสมการเพื่อหาอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง พบว่า เมื่อวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ใต้ต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่นมากและใต้วัสดุผนังหลังคาที่เท่ากันเฉลี่ย 90 เปอร์เซ็นต์ (การสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ของวัสดุผนังหลังคา = 100% แต่ค่าที่ได้จากเครื่องมือเป็นค่าที่เกิดจากการสะท้อนรังสีความร้อนจากสภาพแวดล้อมประมาณ 10%) สามารถวัดค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน (12:00 น.) สูงสุด 73.26 W/m² h (250 Btu/ft²/h) ลดลงเหลือ 7.32 W/m² h (25 Btu/ft²/h) ส่งผลให้สภาพอากาศใต้ร่มเงาสีปลูกสร้างมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 1.3 องศาเซลเซียส ส่วนสภาพอากาศใต้ร่มเงาต้นไม้ใหญ่มีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 2.5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เป็นผลจากตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ใต้ต้นไม้ใหญ่เพิ่มสูงขึ้น 9% การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่จึงมีมากกว่าอิทธิพลร่มเงาจากสิ่งปลูกสร้างหรือวัสดุผนังหลังคา ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมยังต้องศึกษาอิทธิพลจากปัจจัยอื่นเพิ่มเติม ไม่ว่าจะเป็นการแผ่รังสีความร้อนจากวัสดุโดยรอบ วัสดุผนังหลังคา (กรณีหลังคาไม่มีฉนวน) และสัดส่วนพื้นที่ร่มเงาปกคลุม เป็นต้น

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ จากอิทธิพลต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มโปร่ง ทรงพุ่มหนาแน่นปานกลาง ทรงพุ่มหนาแน่นมาก และวัสดุให้ร่มเงา

องค์ประกอบรอบที่ตั้ง	การสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์ (%)	ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง (C)	ประเภทองค์ประกอบให้ร่มเงา
	ระหว่าง 70-79	+5	ลดลง 2 (area ratio 1:1)	- ต้นหางนกยูง - ต้นมะขาม - ต้นราชพฤกษ์ - ต้นลีลาวดี
	ระหว่าง 80-89	+7	ลดลง 2.5 (area ratio 1:1)	- ต้นจามจุรี - ต้นหูกวาง - ต้นแคนา - ต้นป๊อบ
	มากกว่า 90	+9	ลดลง 3.2 (area ratio 1:1)	- ต้นไทรย้อย - ต้นเล็บ - ต้นมะม่วง - ต้นพิกุล
	มากกว่า 90	+2.5	ลดลง 1.3 (area ratio 1:0.2)	- หลังคาเพิง - วัสดุให้ร่มเงา

หมายเหตุ ตัวแปรสภาพแวดล้อมเวลา 12:00 น. ซึ่งมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ 73.26 W/m² h ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 40% ความจุความร้อน 0.6 Cal/g C อุณหภูมิอากาศทั่วไป 35°C

การหวังผลการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิอากาศ ครอบคลุมเฉพาะพื้นที่ร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ และสิ่งปลูกสร้างเท่านั้น ซึ่งมีระยะเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 เมตร และระดับความสูงไม่เกิน 2 เมตร และตัวแปรสภาพแวดล้อม เป็นข้อมูลสภาพอากาศภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ ช่วงเดือน มีนาคม-มิถุนายน 2557

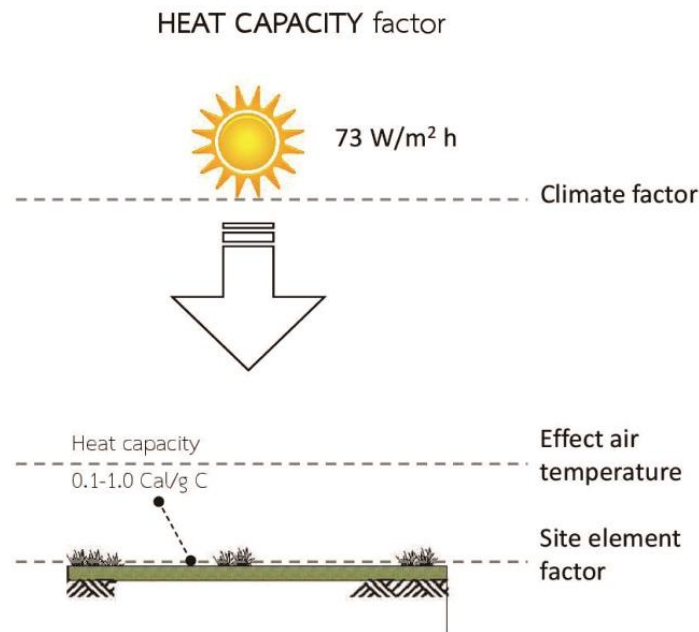
2. อิทธิพลสิ่งปกคลุมผิวพื้น

- สิ่งปกคลุมผิวพื้น (Ground cover)

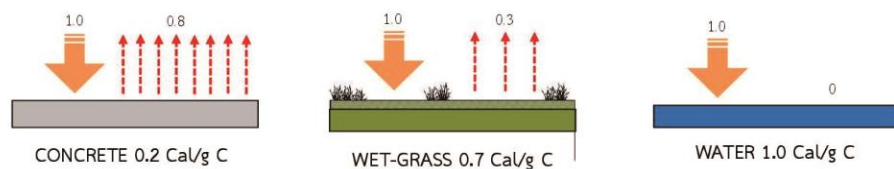
สิ่งปกคลุมผิวพื้นหรือวัสดุปูพื้นเป็นองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่รองรับปริมาณการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ มีอิทธิพลต่อการเกิดความร้อนและความเย็นมากที่สุด วัสดุปูพื้นมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศจะส่งผลให้สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นมีอุณหภูมิอากาศสูงขึ้น และวัสดุปูพื้นมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศจะส่งผลให้สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นมีอุณหภูมิอากาศต่ำลงตามไปด้วย จากข้อมูลการวิจัยพบว่า ในพื้นที่โล่งแจ้งวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ เช่น พื้นผิวยางมะตอยและพื้นผิวคอนกรีตจะมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ จะส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น ส่วนวัสดุปูพื้นที่มีค่าความจุความร้อนสูง เช่น พื้นดิน ชุมน้ำหรือพื้นหญ้า จะส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิอากาศใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป แต่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศให้ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปจะต้องใช้ปัจจัยอื่นช่วยในการเพิ่มความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมด้วย

ในปัจจุบัน การสร้างสภาพแวดล้อมภายนอกจำเป็นต้องใช้วัสดุคาดแข็งเพื่อตอบสนองการใช้งานของมนุษย์ ซึ่งวัสดุดังกล่าวจะมีค่าความจุความร้อนที่ต่ำและมีมวลสารมาก มีผลต่อระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนในวัสดุ (Time lag) การให้ร่มเงาจากอิทธิพลต้นไม้ใหญ่จะช่วยยับยั้งการเกิดปริมาณความร้อนภายในตัววัสดุเหล่านั้นได้ ผู้วิจัยมีการเก็บข้อมูลวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำได้ร่มเงาในช่วงเวลากลางวัน พบว่า อุณหภูมิผิววัสดุได้ร่มเงาต้นไม้ใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆและอยู่ในระดับต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปตลอดทั้งวัน เนื่องจากปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ได้รับการสกัดกั้นจากอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่มีมากกว่าร้อยละ 80 จะเหลือปริมาณความร้อนเพียงไม่ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ที่ตกกระทบผิววัสดุ คุณสมบัติของความจุความร้อนต่ำของวัสดุดังกล่าวจึงสามารถรองรับปริมาณความร้อนที่เหลือนี้ได้ จากข้อมูลอุณหภูมิผิววัสดุพื้นคอนกรีตได้ร่มเงาต้นไม้ใหญ่ พบว่ามีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป ซึ่งต่างจากอุณหภูมิผิววัสดุพื้นคอนกรีตพื้นที่โล่งแจ้งที่มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน

การเลือกใช้สิ่งปกคลุมผิวพื้นที่มีค่าความจุความร้อนต่ำรวมถึงวัสดุที่มีการแผ่รังสีความร้อนที่สูงเป็นองค์ประกอบในสภาพแวดล้อมจึงต้องให้ร่มเงาแก่วัสดุนั้น สำหรับสภาพแวดล้อมในพื้นที่โล่งแจ้งควรใช้วัสดุปูผิวที่มีค่าความจุความร้อนสูง ในการรองรับปริมาณการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ เพื่อไม่ให้องค์ประกอบดังกล่าวเป็นบ่อเกิดของปริมาณความร้อนที่ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป



รูปที่ 4.4 แสดงการรองรับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ของสิ่งปกคลุมพื้นผิว ตามคุณสมบัติความจุความร้อนของวัสดุที่มีค่าตั้งแต่ 0.1-1 Cal/g C



รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะการถ่ายเทความร้อนจากสิ่งปกคลุมพื้นผิวคอนกรีต พื้นหญ้าชุ่มน้ำ และพื้นน้ำ ตามค่าความจุความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด

การใช้สิ่งปกคลุมพื้นผิวหญ้าชุ่มน้ำซึ่งมีค่าความจุความร้อนสูง นอกจากจะสามารถรองรับปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ได้มากกว่าพื้นผิวคอนกรีตแล้ว พื้นหญ้ายังมีกระบวนการเจริญเติบโตที่สามารถนำน้ำใต้ดินมาเปลี่ยนสถานะเป็นไอรยะจากกระบวนการคายน้ำของพืชได้ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวส่งผลให้สภาพแวดล้อมมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศเหนือหญ้าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปในช่วงเวลากลางวัน จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติของพื้นผิวคอนกรีต พื้นหญ้า และพื้นน้ำ ในการรองรับปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และการถ่ายเทความร้อนสู่สภาพแวดล้อมในระดับที่แตกต่างกัน ตามคุณสมบัติความจุความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณความร้อนลงมา 1 Cal/g C เท่ากัน พื้นผิวคอนกรีต พื้นหญ้าชุ่มน้ำ และพื้นน้ำจะสามารถรองรับได้ 0.2 0.7 และ 1.0 ตามลำดับ และถ่ายเทสู่สภาพแวดล้อม 0.8 0.3 และ 0 Cal/g C

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ จากอิทธิพลสิ่งปกคลุมผิวตามค่าตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด

องค์ประกอบรอบที่ตั้ง	ความจุความร้อน (Cal/g C)	ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง (C)	ประเภทสิ่งปกคลุมผิว
	0.1-0.25	ลดลง 3	เพิ่มขึ้น 2.5 (area ratio 1:3)	- ผิวคอนกรีต
	0.26-0.5	ลดลง 2	เพิ่มขึ้น 2 (area ratio 1:3)	- ผิวยางพารา
	0.51-0.69	ลดลง 1	เพิ่มขึ้น 1 (area ratio 1:3)	- ผิวดินชุ่มน้ำ
	0.7-0.99	เพิ่มขึ้น 3	ลดลง 1 (area ratio 1:3)	- ผิวหญ้าชุ่มน้ำ
	1	เพิ่มขึ้น มากกว่า 11	ลดลงมากกว่า 3 (area ratio 1:26)	- ผิวน้ำ (ลึกมากกว่า 1.20 ม.)

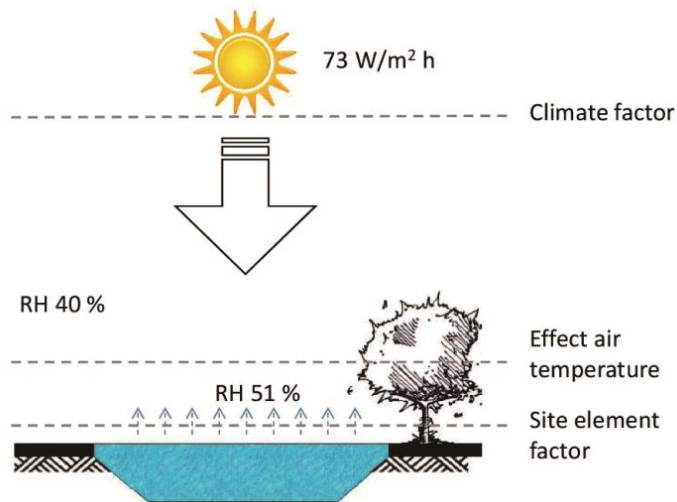
หมายเหตุ ตัวแปรสภาพแวดล้อมเวลา 12:00 น. ซึ่งมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ 73.26 W/m² h (250 Btu/ft² h) ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 40% อุณหภูมิอากาศทั่วไป 35°C ภายใน ม.แม่โจ้ ช่วงเดือน มีนาคม-มิถุนายน 2557

3. อิทธิพลแหล่งน้ำ

- แหล่งน้ำ (Water bodies)

คุณสมบัติของแหล่งน้ำ เป็นองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่ช่วยเพิ่มความเย็นให้กับสภาพแวดล้อม โดยสามารถทำให้ตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้นได้ สภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยแหล่งน้ำจะมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงกว่าสภาพแวดล้อมทั่วไป อีกทั้งแหล่งน้ำยังสามารถรองรับปริมาณการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน

การสำรวจปริมาณความร้อนจากอุณหภูมิผิวของวัสดุ พบว่าองค์ประกอบรอบที่ตั้งทางธรรมชาติที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ คือ น้ำ จากข้อมูลการวิจัย ในช่วงเวลาที่สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิอากาศสูงสุด อุณหภูมิผิวน้ำกลางแจ้งจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 7.5 องศาเซลเซียส และเมื่อวัดระดับอุณหภูมิอากาศเหนือผิวน้ำ 0.30 เมตร จะพบว่าอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 3-4 องศาเซลเซียส โดยสภาพแวดล้อมดังกล่าวจะมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้น 11% นั่นแสดงให้เห็นถึงกระบวนการดูดซับความร้อนจากสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป และน้ำเป็นองค์ประกอบที่มีค่าตัวแปรความจุความร้อนที่สูง ซึ่งสามารถรองรับปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน จึงส่งผลให้อุณหภูมิผิวน้ำเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อเทียบกับวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ เช่น คอนกรีต อีกทั้ง เมื่อปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบผิวน้ำจะเกิดกระบวนการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นไอระเหย ทำให้ตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่อการลดลงของอุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 4.6 แสดงกระบวนการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นไอระเหยจากอิทธิพลการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ ส่งผลทำให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ จากอิทธิพลการระเหยของแหล่งน้ำตามขนาดพื้นที่ผิวน้ำ ส่งผลทำให้ตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น

องค์ประกอบรอบที่ตั้ง	พื้นที่ผิว (m ²)	ปริมาณความชื้น สัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิ อากาศที่ เปลี่ยนแปลง (C)	ลักษณะแหล่งน้ำ
	40 (430 ft ²)	เพิ่มขึ้น 3	ลดลง 1.1 (area ratio 1:0.1)	- บ่อปลา
	72 (775 ft ²)	เพิ่มขึ้น 5	ลดลง 1.7 (area ratio 1:0.2)	- สระว่ายน้ำ
	มากกว่า 100 (>1,076 ft ²)	เพิ่มขึ้น มากกว่า 11	ลดลง มากกว่า 2.3 (area ratio 1:26)	- บึงธรรมชาติ

หมายเหตุ ตัวแปรสภาพแวดล้อมเวลา 12:00 น. ซึ่งมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ 73.26 W/m² h (250 Btu/ft² h) ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 40% อุณหภูมิอากาศทั่วไป 37°C

4.1 ตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

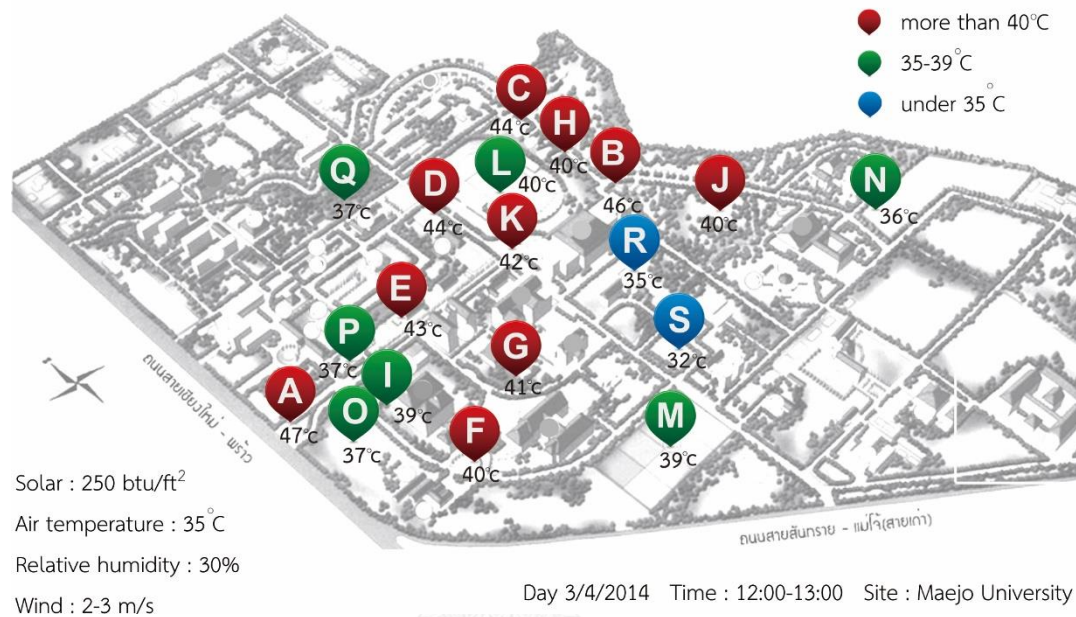
4.1.1 ลักษณะความแตกต่างขององค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ

จากการสำรวจข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ตามลักษณะความแตกต่างทางกายภาพ ทั้งหมด 19 สภาพแวดล้อมเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มสภาพแวดล้อม ได้แก่ พื้นที่โล่งแจ้งประเภทวัสดุลาดแข็ง (Hard-scape) พื้นที่โล่งแจ้งวัสดุลาดอ่อน (Soft-scape) และพื้นที่ได้ร่มเงา (Shade) โดยมีสมมุติฐานการวิจัยว่า ความแตกต่างของประเภทวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งในแต่ละสภาพแวดล้อมส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน

การสำรวจข้อมูลอุณหภูมิอากาศ วันที่ 3 มีนาคม พ.ศ. 2557 ช่วงเวลา 12:00-13:00 น. ซึ่งมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์อยู่ระหว่าง $70-73 \text{ W/m}^2\text{h}$ ($240-250 \text{ Btu/ft}^2\text{h}$) พบว่า สภาพแวดล้อมแต่ละสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิอากาศแตกต่างกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป จะมีสภาพแวดล้อม 17 สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 1 สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศเท่ากับอุณหภูมิอากาศทั่วไป และ 1 สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป จากรูปที่ 4.10 ระดับอุณหภูมิอากาศสูงสุดในสภาพแวดล้อมที่ทำการสำรวจวัดได้ 47.3 องศาเซลเซียส ได้แก่ สภาพแวดล้อมตำแหน่ง A บริเวณป้ายทางเข้ามหาวิทยาลัย มีลักษณะเป็นพื้นที่โล่งแจ้งประเภทวัสดุลาดแข็ง ได้แก่ พื้นผิวยางมะตอยและพื้นผิวคอนกรีต ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 12 องศาเซลเซียส และระดับอุณหภูมิอากาศต่ำสุดในสภาพแวดล้อมที่ทำการสำรวจวัดได้ 32.6 องศาเซลเซียส ได้แก่ สภาพแวดล้อมตำแหน่ง I บริเวณแหล่งน้ำอาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี มีลักษณะเป็นพื้นที่ได้ร่มเงาประเภทวัสดุลาดอ่อน ได้แก่ พื้นผิวดินชุ่มน้ำ พื้นผิวน้ำ และพื้นผิวน้ำ ส่งผลทำให้มีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 2.4 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าในพื้นที่และช่วงเวลาเดียวกันสภาพแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้มีความแตกต่างของระดับอุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อมมากถึง 14.7 องศาเซลเซียส

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลปัจจัยสภาพแวดล้อม (Climate factor) ที่เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนความเย็นจากธรรมชาติ ซึ่งเป็นตัวแปรหลักที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความเร็วลม พบว่า พื้นที่ได้ร่มเงาหรือสภาพแวดล้อมที่ได้รับการสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิอากาศที่ต่ำกว่าพื้นที่โล่งแจ้ง เนื่องจากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ได้ร่มเงาวัดได้เฉลี่ย $11.4 \text{ W/m}^2\text{h}$ ($39 \text{ Btu/ft}^2\text{h}$) ซึ่งลดลงจากพื้นที่โล่งแจ้ง 84 เปอร์เซ็นต์ และในสภาพแวดล้อมในพื้นที่โล่งแจ้งจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศตั้งแต่ 36-47 องศาเซลเซียส ซึ่งมากกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปทุกตำแหน่ง โดยเฉพาะสภาพแวดล้อมกลางแจ้งที่ประกอบด้วยวัสดุลาดแข็ง (Hard scape) เช่น วัสดุผิวคอนกรีต ผิวทรายล้าง และผิวยางมะตอย เป็น

ต้น ส่งผลทำให้มีอุณหภูมิอากาศสูงมากกว่า 40 องศาเซลเซียส ส่วนสภาพแวดล้อมกลางแจ้งที่ประกอบด้วยวัสดุตาอ่อน (Soft scape) เช่น พื้นผิวแหล่งน้ำ แพลงเกษตร และพื้นที่สนามหญ้า จะมีอุณหภูมิอากาศระหว่าง 36-40 องศาเซลเซียส

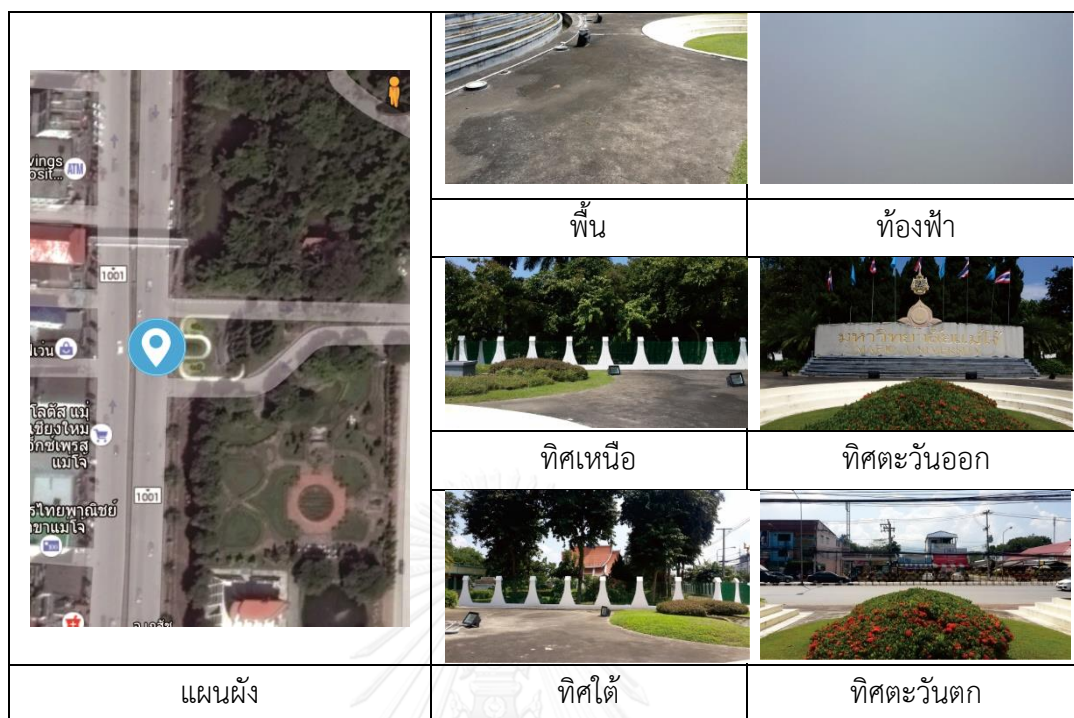


รูปที่ 4.7 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อม จำนวน 19 สภาพแวดล้อม เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่

ตารางที่ 4.4 ตำแหน่งพื้นที่การเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศจากความแตกต่างของสภาพแวดล้อม ทั้ง 19 สภาพแวดล้อม (ประกอบด้วยประเภทวัสดุ 11 ชนิด) ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้

กลุ่ม	ตำแหน่ง	สภาพแวดล้อม	วัสดุ
กลุ่มที่ 1 พื้นที่โล่งแจ้ง ประเภทวัสดุ คาดแข็ง (Hard-scape)	A	ป้ายประตูทางเข้ามหาวิทยาลัย	ยางมะตอย
	B	ลานอนุสาวรีย์คณะเศรษฐศาสตร์	หินอ่อน
	C	ถนนผิวยางมะตอย	ยางมะตอย
	D	สนามเปตอง	หินกรวด
	E	ลานจัตุรัส	คอนกรีตบล็อก
	F	ศูนย์กีฬาภาควิชาเกษตร ร.9	เซรามิก
	G	สำนักหอสมุดแม่โจ้	คอนกรีต
	H	สนามตะกร้อ	คอนกรีต
	I	อาคารเรียนรวมแม่โจ้ 70 ปี	คอนกรีต
กลุ่มที่ 2 พื้นที่โล่งแจ้ง ประเภทวัสดุ คาดอ่อน (Soft-scape)	J	โรงงานวิศวกรรมศาสตร์	ดินแห้ง
	K	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ	หญ้า
	L	สนามฟุตบอล	หญ้า
	M	แปลงเกษตรกรรม	ดินชุ่มน้ำ
	N	บ่อเพาะพันธุ์ปลา คณะเทคโนโลยีการประมง	น้ำ
กลุ่มที่ 3 พื้นที่ได้ร่มเงา (Shade)	O	หอธรรมแม่โจ้	หญ้าแห้ง
	P	สวนเสือสิงค์กระต๊อง	หญ้าแห้ง
	Q	สวนป่าวังซ้าย	ดินแห้ง
	R	อาคารภูมิทัศน์	ดินชุ่มน้ำ
	S	แหล่งน้ำอาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี	น้ำ

ตำแหน่งที่ A ป้ายประตูทางเข้ามหาวิทยาลัย (ประเภทวัสดุยางมะตอย)



รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง A บริเวณป้ายประตูทางเข้ามหาวิทยาลัยฯ
 ตารางที่ 4.5 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง A บริเวณป้ายประตูทางเข้ามหาวิทยาลัยฯ
 ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	73.26	0	0
2	Air temperature (°C)	35	46.7	27.2	26.5
3	Relative humidity (%)	30	21.3	58.7	60.6
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ B ลานอนุสาวรีย์คณะเศรษฐศาสตร์ (ประเภทวัสดุหินอ่อน)



รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง B ลานอนุสาวรีย์คณะเศรษฐศาสตร์ ตารางที่ 4.6 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง B ลานอนุสาวรีย์คณะเศรษฐศาสตร์ ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	73.26	0	0
2	Air temperature (°C)	35	46.5	27.2	26.4
3	Relative humidity (%)	30	22.2	58.7	59.7
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ C ถนนผิวยางมะตอย (ประเภทวัสดุยางมะตอย)



รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง C ถนนผิวยางมะตอย

ตารางที่ 4.7 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง C ถนนผิวยางมะตอย ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	73.26	0	0
2	Air temperature (°C)	35	43.9	27.2	26.2
3	Relative humidity (%)	30	27	58.7	60.1
4	Wind velocity (m/s)	2	3	0	0

ตำแหน่งที่ D สนามเปตอง (ประเภทวัสดุหินกรวด)



รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง D สนามเปตอง

ตารางที่ 4.8 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง D สนามเปตอง ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	73.26	0	0
2	Air temperature (°C)	35	43.7	27.2	26.4
3	Relative humidity (%)	30	28.2	58.7	59.2
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ E ลานจัตุรัส (ประเภทวัสดุคอนกรีตบล็อก)

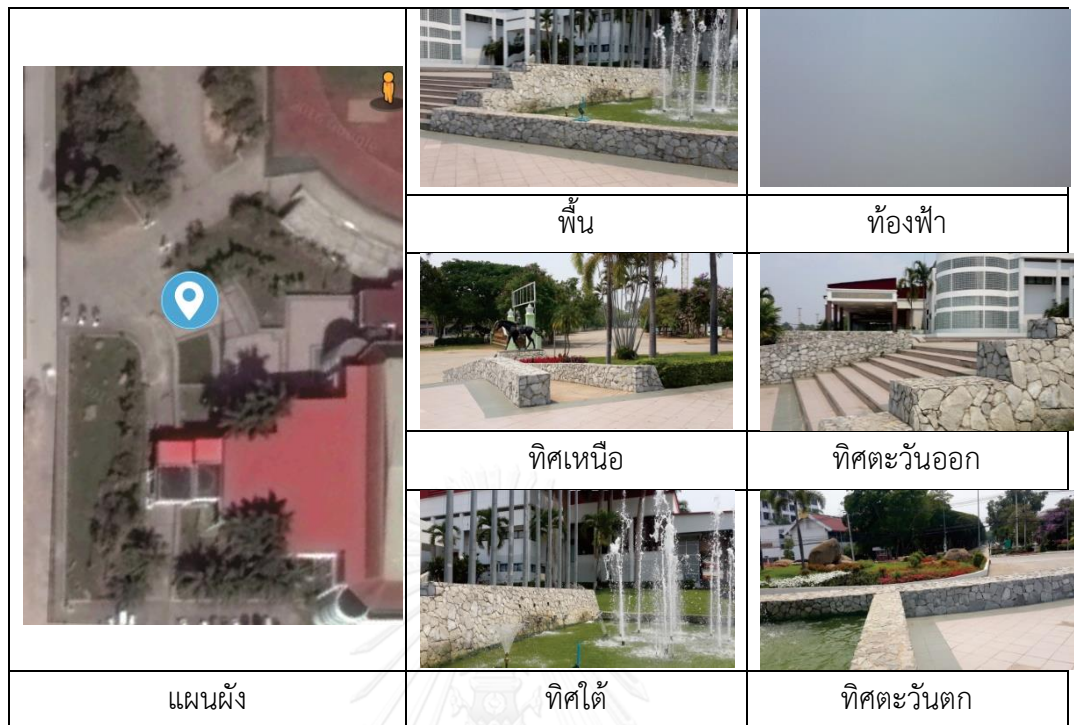


รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง E ลานจัตุรัส

ตารางที่ 4.9 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง E ลานจัตุรัส ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	73.26	0	0
2	Air temperature (°C)	35	43.3	27.2	26.5
3	Relative humidity (%)	30	27.8	58.7	59
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ F ศูนย์กีฬาภาควิชาการศึกษานาฬิกา ร.9 (ประเภทวัสดุเซรามิก)

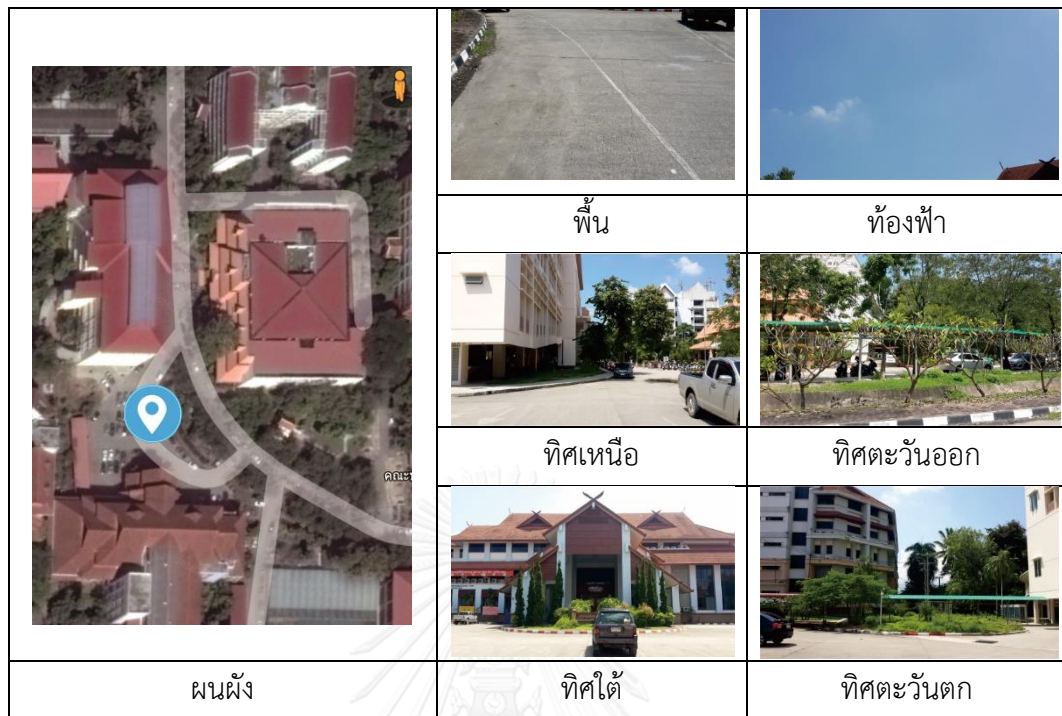


รูปที่ 4.13 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง F ศูนย์กีฬาภาควิชาการศึกษานาฬิกา ร.9

ตารางที่ 4.10 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง F ศูนย์กีฬาภาควิชาการศึกษานาฬิกา ร.9 ช่วงเวลา กลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	73.26	0	0
2	Air temperature (°C)	35	42.4	27.2	26.5
3	Relative humidity (%)	30	31.9	58.7	60.5
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ G สำนักหอสมุดแม่โจ้ (ประเภทวัสดุคอนกรีต)

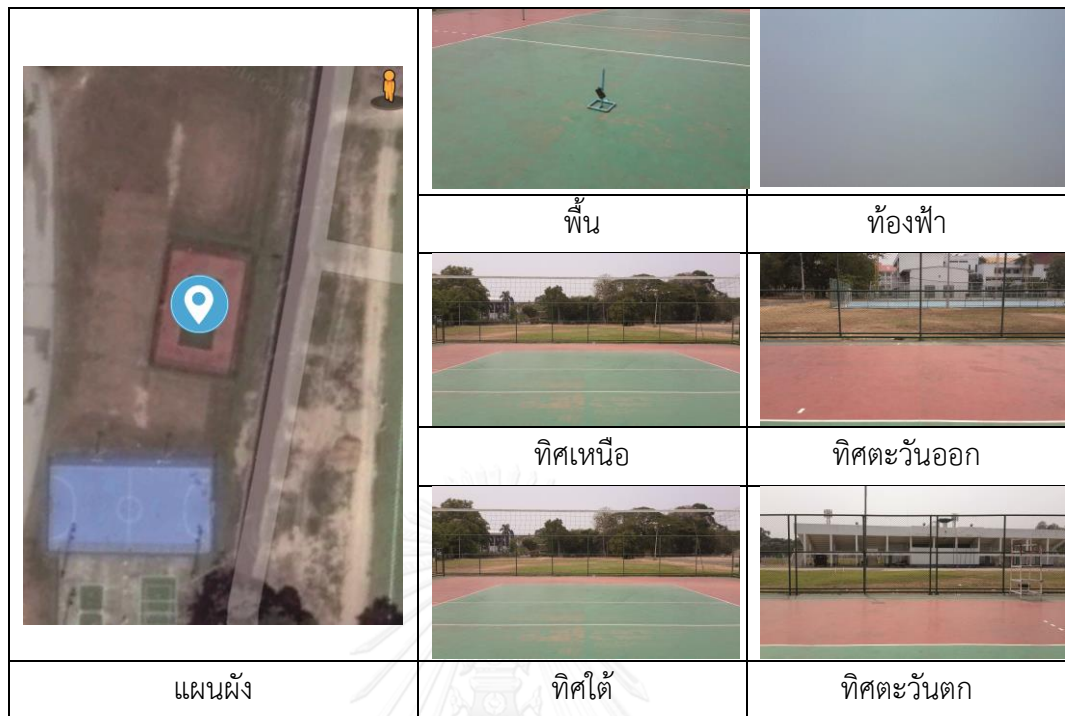


รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง G สำนักหอสมุดแม่โจ้

ตารางที่ 4.11 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง G สำนักหอสมุดแม่โจ้ ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	73.26	0	0
2	Air temperature (°C)	35	41	27.2	26.5
3	Relative humidity (%)	30	30	58.7	56.8
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ H สนามตะกร้อ (ประเภทวัสดุคอนกรีต)

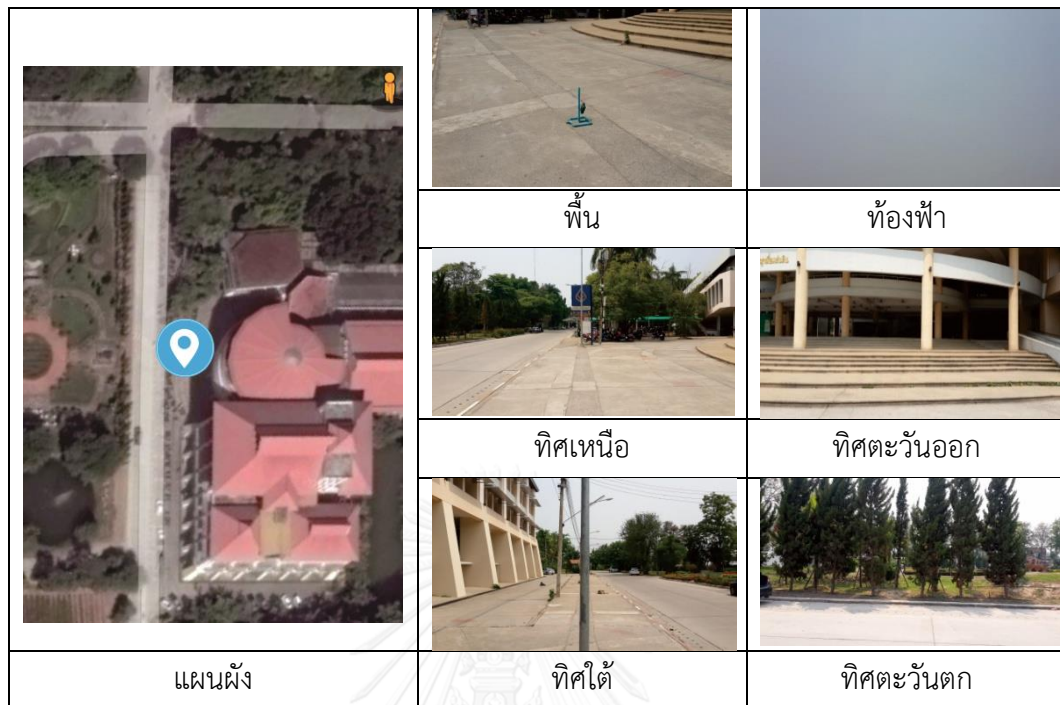


รูปที่ 4.15 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง H สนามตะกร้อ

ตารางที่ 4.12 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง H สนามตะกร้อ ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	73.26	0	0
2	Air temperature (°C)	35	40	27.2	26.5
3	Relative humidity (%)	30	28.7	58.7	58.2
4	Wind velocity (m/s)	2	3	0	0

ตำแหน่งที่ 1 อาคารเรียนรวมแม่โจ้ 70 ปี (ประเภทวัสดุคอนกรีต)



รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง 1 อาคารเรียนรวมแม่โจ้ 70 ปี

ตารางที่ 4.13 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง 1 อาคารเรียนรวมแม่โจ้ 70 ปี ช่วงเวลา กลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	73.26	0	0
2	Air temperature (°C)	35	38.8	27.2	27
3	Relative humidity (%)	30	30.1	58.7	60.6
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ J โรงงานวิศวกรรมศาสตร์ (ประเภทวัสดุดินแห้ง)



รูปที่ 4.17 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง J โรงงานวิศวกรรมศาสตร์

ตารางที่ 4.14 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง J โรงงานวิศวกรรมศาสตร์ ช่วงเวลา กลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	73.26	0	0
2	Air temperature (°C)	35	40.4	27.2	26.3
3	Relative humidity (%)	30	32.3	58.7	59.3
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ K อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ (ประเภทวัสดุหญ้า)



รูปที่ 4.18 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง K อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์

ตารางที่ 4.15 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง K อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	73.26	0	0
2	Air temperature (°C)	35	40	27.2	26.5
3	Relative humidity (%)	30	30.8	58.7	59.7
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ L สนามฟุตบอล (ประเภทวัสดุหญ้า)



รูปที่ 4.19 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง L สนามฟุตบอล

ตารางที่ 4.16 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง L สนามฟุตบอล ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	73.26	0	0
2	Air temperature (°C)	35	39.8	27.2	26.3
3	Relative humidity (%)	30	29.8	58.7	60.9
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ M แปลงเกษตรกรรม (ประเภทวัสดุดินชุ่มน้ำ)

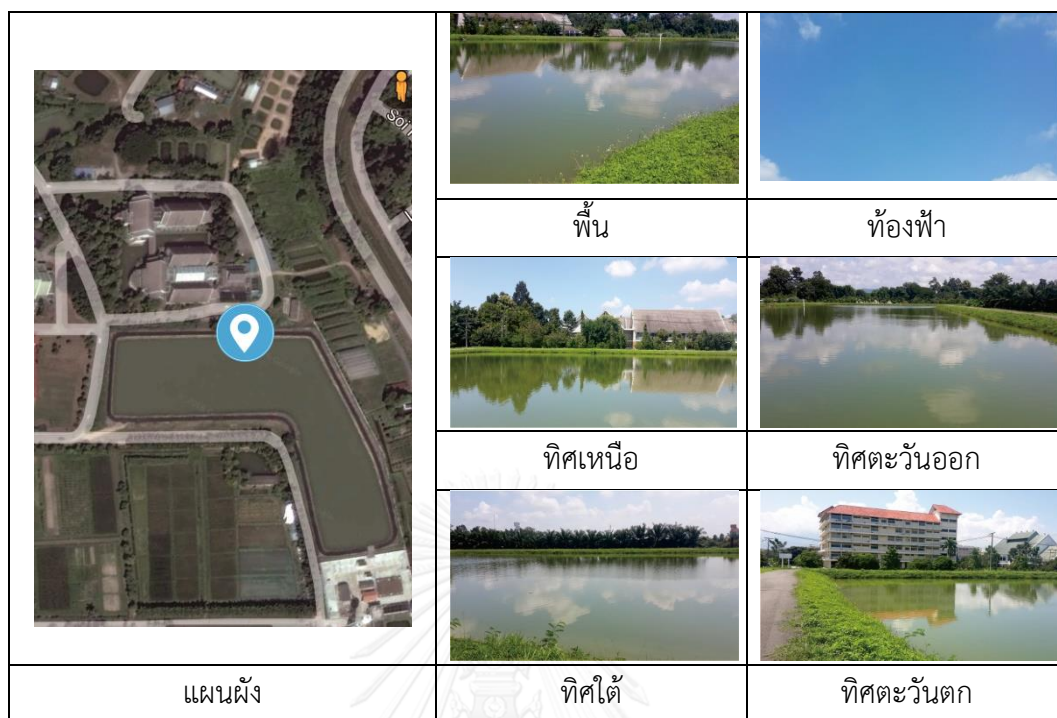


รูปที่ 4.20 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง M แปลงเกษตรกรรม

ตารางที่ 4.17 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง M แปลงเกษตรกรรม ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	73.26	0	0
2	Air temperature (°C)	35	39	27.2	26.3
3	Relative humidity (%)	30	36.1	58.7	60.1
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ N บ่อเพาะพันธุ์ปลา คณะเทคโนโลยีการประมง (ประเภทวัสดุน้ำ ลึก >3 เมตร)



รูปที่ 4.21 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง N บ่อเพาะพันธุ์ปลา คณะเทคโนโลยีการประมง

ตารางที่ 4.18 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง N บ่อเพาะพันธุ์ปลา คณะเทคโนโลยีการประมง ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	73.26	0	0
2	Air temperature (°C)	35	36	27.2	26.7
3	Relative humidity (%)	30	40.4	58.7	60
4	Wind velocity (m/s)	2	3	0	0

ตำแหน่งที่ O หอธรรมแม่โจ้ (ประเภทวัสดุหญ้าแห้ง)

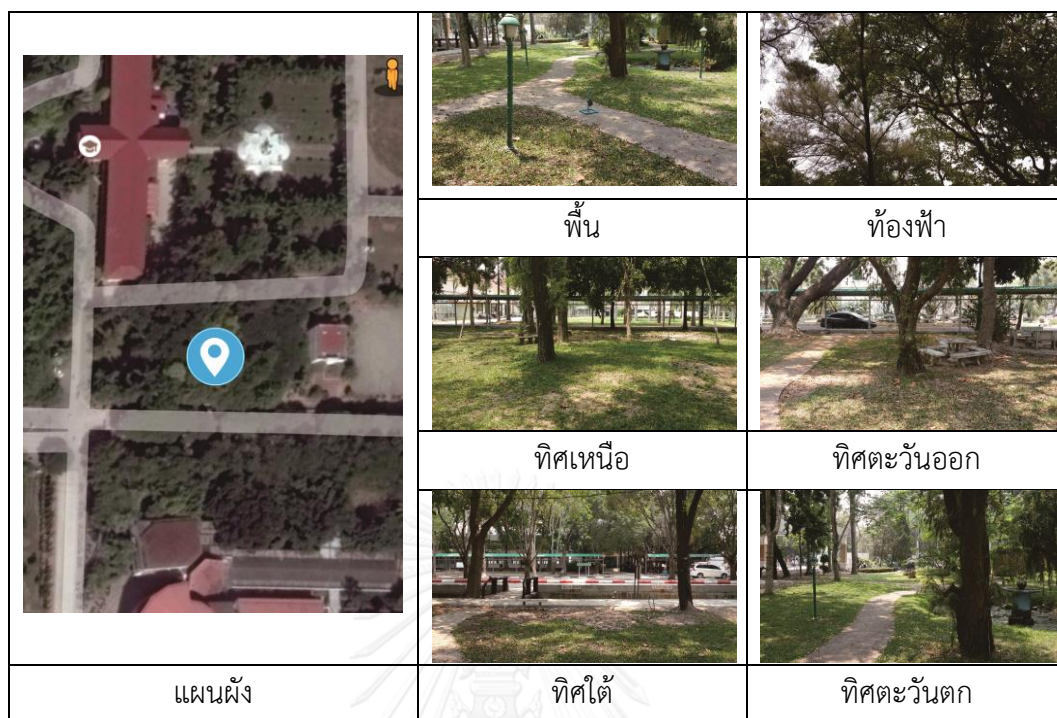


รูปที่ 4.22 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง O หอธรรมแม่โจ้

ตารางที่ 4.19 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง O หอธรรมแม่โจ้ ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	15.2	0	0
2	Air temperature (°C)	35	37.4	27.2	26.7
3	Relative humidity (%)	30	34.3	58.7	61.2
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ P สวนเสือ สิงค์ กระทิง เรด (ประเภทวัสดุหญ้าแห้ง)

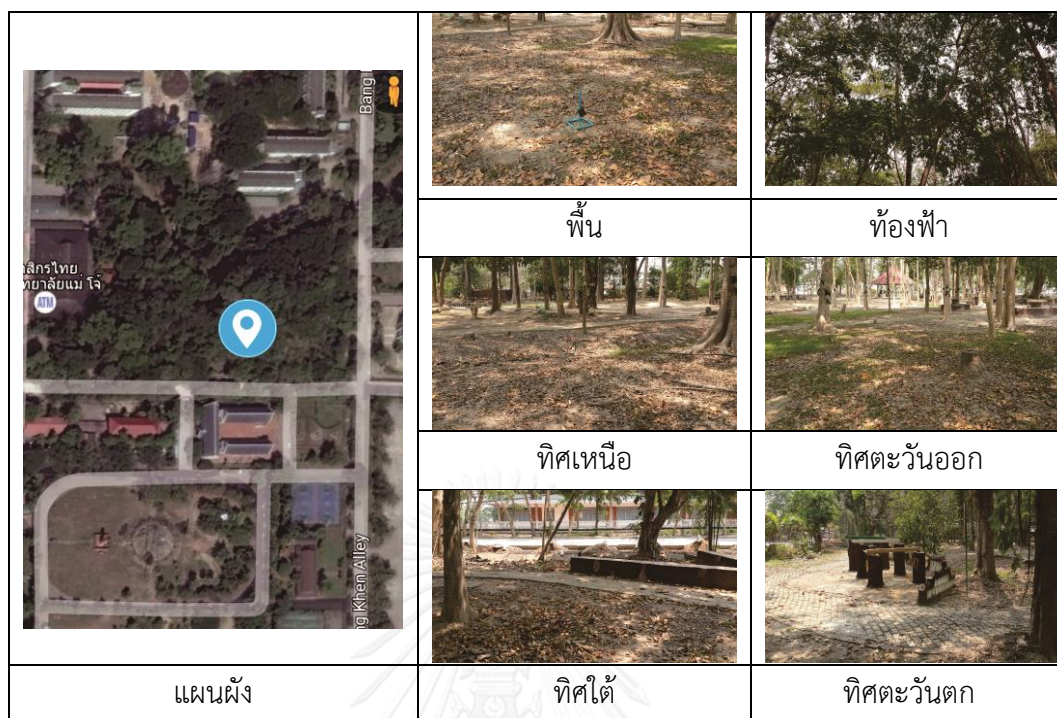


รูปที่ 4.23 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง P สวนเสือ สิงค์ กระทิง เรด

ตารางที่ 4.20 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง P สวนเสือ สิงค์ กระทิง เรด ช่วงเวลา กลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	11.7	0	0
2	Air temperature (°C)	35	37.3	27.2	26.9
3	Relative humidity (%)	30	32.1	58.7	59.5
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ Q สวนป่าวังซ้าย (ประเภทวัสดุดินแห้ง)



รูปที่ 4.24 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง Q สวนป่าวังซ้าย

ตารางที่ 4.21 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง Q สวนป่าวังซ้าย ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	10.7	0	0
2	Air temperature (°C)	35	36.9	27.2	26.9
3	Relative humidity (%)	30	31.5	58.7	60.9
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ R อาคารภูมิทัศน์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ฯ (ประเภทวัสดุดินชุ่มน้ำ)



รูปที่ 4.25 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง R อาคารภูมิทัศน์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ฯ

ตารางที่ 4.22 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง R อาคารภูมิทัศน์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ฯ ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	10	0	0
2	Air temperature (°C)	35	35	27.2	27.2
3	Relative humidity (%)	30	34	58.7	57
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

ตำแหน่งที่ S แหล่งน้ำอาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี (ประเภทวัสดุน้ำ ลึก >2 เมตร)



รูปที่ 4.26 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง S แหล่งน้ำอาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี

ตารางที่ 4.23 แสดงปัจจัยสภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ตำแหน่ง S แหล่งน้ำอาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน เปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

	Climate factors	Day (12:00)		Night (0:00)	
		Normal	Effect	Normal	Effect
1	Solar radiation (W/m ² h)	73.26	9	0	0
2	Air temperature (°C)	35	32.4	27.2	27.3
3	Relative humidity (%)	30	46.2	58.7	56.1
4	Wind velocity (m/s)	2	2	0	0

การเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไปของสภาพแวดล้อม 19 ตำแหน่งในช่วงเวลาเดียวกัน เกิดจากอิทธิพลของปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง ได้แก่ รังสีดวงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และความเร็วลม การควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมดังกล่าวส่งผลทำให้ผู้วิจัยต้องดำเนินการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาดังกล่าว (12:00–13:00 น.) โดยการควบคุมตัวแปรสภาพแวดล้อมข้างต้นให้คงที่และมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศน้อยที่สุด เพื่อค้นหาอิทธิพลจากตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลง

จากข้อมูลอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมทั้ง 19 สภาพแวดล้อมเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป พบว่า สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปมีอุณหภูมิอากาศแตกต่างกันจริง สภาพแวดล้อมส่วนใหญ่มีระดับอุณหภูมิอากาศอยู่ในเกณฑ์สูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป ตั้งแต่ 1-12 องศาเซลเซียส ซึ่งประกอบไปด้วยสภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งวัสดุแดดแข็งและวัสดุแดดอ่อน และมีเพียงสภาพแวดล้อมเดียวที่มีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป คือ สภาพแวดล้อมแหล่งน้ำได้ร่มเงาต้นไม้ใหญ่ ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 2.6 องศาเซลเซียส ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างพื้นที่โล่งแจ้งและพื้นที่ได้ร่มเงาในแต่ละช่วงเวลา จากรูปที่ 4.21 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ช่วงเวลา 12:00-13:00 น. พบว่า กลุ่มสภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งประเภทวัสดุแดดแข็งส่วนใหญ่ (ตำแหน่ง A-I) จะมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่ากลุ่มสภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งประเภทวัสดุแดดอ่อน (ตำแหน่ง J-N) และสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศต่ำสุด ได้แก่ กลุ่มสภาพแวดล้อมได้ร่มเงา (ตำแหน่ง O-S)

การแบ่งกลุ่มสภาพแวดล้อม 3 กลุ่มได้แก่ (1)สภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งประเภทวัสดุแดดแข็ง (2)สภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งประเภทวัสดุแดดอ่อน และ(3)สภาพแวดล้อมได้ร่มเงา การวิเคราะห์ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง พบว่า มีระดับอุณหภูมิอากาศแตกต่างกัน สภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งจะมีระดับอุณหภูมิอากาศสูงกว่าสภาพแวดล้อมได้ร่มเงา ความแตกต่างดังกล่าวเกิดจากปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ที่ลดลงจากอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่เฉลี่ย 84.5% และสภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งประเภทวัสดุแดดแข็งจะมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าประเภทวัสดุแดดอ่อน ความแตกต่างดังกล่าวเกิดจากคุณสมบัติของวัสดุ ที่มีค่าความจุความร้อนแตกต่างกัน

- กลุ่มที่ 1 สภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้ง ประเภทวัสดุแดดแข็ง

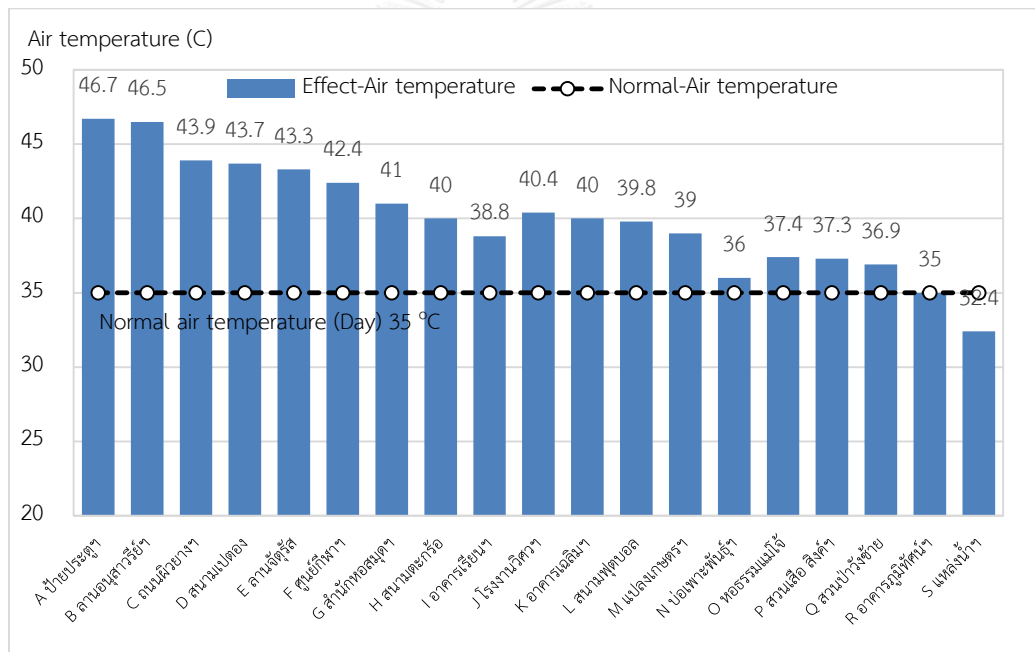
ได้แก่ ตำแหน่ง A, B, C, D, E, F, G, H และตำแหน่ง I มีองค์ประกอบรอบที่ตั้งเป็นวัสดุแดดแข็งจำพวก คอนกรีตกระเบื้อง และผิวยางมะตอย เป็นต้น ซึ่งมีค่าความจุความร้อน ระหว่าง 0.19-0.45 Kcal/g °C ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิอากาศ อยู่ในระดับ 38.8 ถึง 46.7 องศาเซลเซียส ซึ่งมากกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปเฉลี่ย 7.71 องศาเซลเซียส

- กลุ่มที่ 2 สภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้ง ประเภทวัสดุคาดอ่อน

ได้แก่ ตำแหน่ง J, K, L, M และตำแหน่ง N มีองค์ประกอบรอบที่ตั้งเป็นวัสดุคาดอ่อน จำพวก หญ้า ดินชุ่มน้ำ และน้ำ เป็นต้น มีค่าความจุความร้อนระหว่าง 0.6 ถึง 1 Kcal/g °C ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิอากาศอยู่ในระดับ 36 ถึง 40.4 องศาเซลเซียส ซึ่งมากกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปเฉลี่ย 3.8 องศาเซลเซียส

- กลุ่มที่ 3 สภาพแวดล้อมพื้นที่ได้ร่มเงา

ได้แก่ ตำแหน่ง O, P, Q, R และตำแหน่ง S มีองค์ประกอบรอบที่ตั้งเป็นวัสดุได้ร่มเงา จำพวก พื้นดิน พื้นหญ้า และพื้นน้ำ เป็นต้น ซึ่งมีค่าความจุความร้อนระหว่าง 0.6 ถึง 1 Cal/g °C ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิอากาศอยู่ในระดับ 32.4 ถึง 37.4 องศาเซลเซียส ซึ่งมากกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปเฉลี่ย 0.8 องศาเซลเซียส

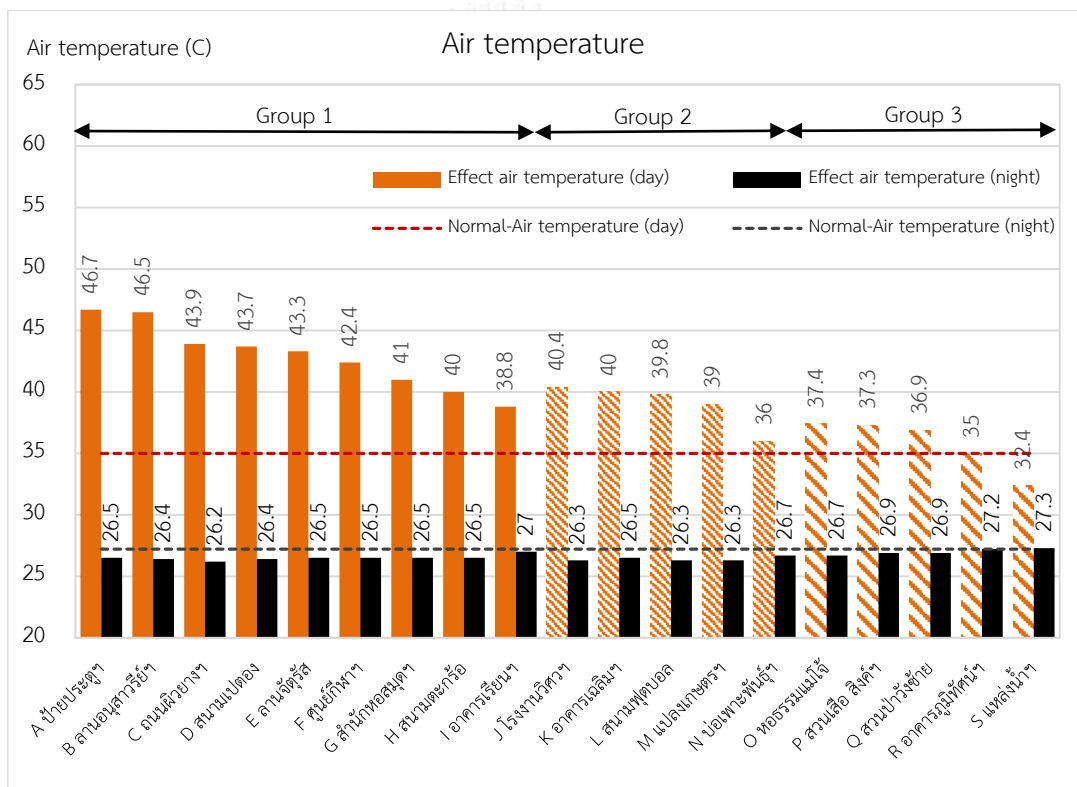


รูปที่ 4.27 เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อม 19 ตำแหน่ง กับ อุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 3 มีนาคม 2557)

จะเห็นได้ว่าสภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้ง กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 จะส่งผล ทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าสภาพแวดล้อมได้ร่มเงา กลุ่มที่ 3 เนื่องจาก สภาพแวดล้อมในพื้นที่โล่งแจ้ง ได้รับอิทธิพลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ 73.26 W/m² h (250 Btu/ft²/h) ส่วนสภาพแวดล้อมได้ร่มเงาจะได้รับอิทธิพลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย เพียง 11.42 W/m² h (39 Btu/ft²/h) จึงทำให้วัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งมีการสะสมความร้อนต่ำ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความร้อนของพื้นดินโล่งแจ้งกับพื้นดินได้ร่มเงา จะพบว่า มีระดับอุณหภูมิผิวแตกต่างกัน 22.3 องศาเซลเซียส และระดับอุณหภูมิ

ผิวของพื้นน้ำในพื้นที่โล่งแจ้งกับพื้นน้ำได้ร่มเงา แตกต่างกัน 8.8 องศาเซลเซียส นั้นแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของปริมาณความร้อนในตัววัสดุองค์ประกอบและที่ตั้งที่ได้รับจากอิทธิพลการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวองค์ประกอบรอบที่ตั้งดังกล่าว ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมโล่งแจ้งกลุ่มที่ 1 มีอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าสภาพแวดล้อมโล่งแจ้ง กลุ่มที่ 2 เนื่องจากวัสดุกลุ่มที่ 1 มีค่าความจุความร้อนน้อยกว่าวัสดุกลุ่มที่ 2 การรองรับปริมาณความร้อนที่ได้รับจากรังสีดวงอาทิตย์ของวัสดุแดดแข็งจำพวกคอนกรีตและผิวยางมะตอยจึงมีน้อยกว่าวัสดุแดดอ่อน จำพวกหญ้าและน้ำ เมื่อวัสดุดังกล่าวมีการสะสมปริมาณความร้อนจนเต็มความจุ ส่งผลทำให้เกิดการคายความร้อนจากผิววัสดุสู่สภาพแวดล้อมส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นมีอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 4.28 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งวัสดุแดดแข็ง (Group 1) วัสดุแดดอ่อน (Group 2) และพื้นที่ได้ร่มเงา (Group 3) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ในช่วงเวลา กลางวัน (12:00น.) และช่วงเวลากลางคืน (0:00น.)

ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ ทั้ง 19 สภาพแวดล้อม สามารถสรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลทำให้ อุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้นหรือลดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป ดังนี้

1) ปัจจัยจากสภาพแวดล้อม (Climate factor)

- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์

เป็นอิทธิพลความร้อนหลักของสภาพแวดล้อม ในพื้นที่โล่งแจ้งจะมีปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์สูงสุด $73.26 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ ($250 \text{ Btu/ft}^2/\text{h}$) ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปเฉลี่ย 5.8 องศาเซลเซียส และในพื้นที่ที่ได้รับเงาจะมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ระหว่าง $9.46\text{-}13.42 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ ($32.6\text{-} 45.8 \text{ Btu/ft}^2/\text{h}$) หรือคิดเป็น 11-16 % ของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป เฉลี่ย 2 องศาเซลเซียส ปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นวัสดุโดยตรง มีผลทำให้อุณหภูมิผิววัสดุเพิ่มสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศ แต่สำหรับสภาพแวดล้อมที่ได้รับการบดบังรังสีดวงอาทิตย์จากร่มเงาต้นไม้หรือสิ่งปลูกสร้าง จะมีอุณหภูมิผิววัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ นั้นแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีผลต่อการ ปริมาณการสะสมความร้อนของวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในแต่ละ สภาพแวดล้อมแตกต่างกัน

- ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

เป็นตัวแปรสภาพอากาศที่มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศแบบผกผัน ในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น ช่วงเวลากลางคืนปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะอยู่ในเกณฑ์สูง ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศอยู่ในระดับต่ำ และช่วงเวลากลางวันปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นกว่าสภาวะน่าสบายของมนุษย์ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ในช่วงเวลากลางวันให้ต่ำลง สามารถทำได้โดยเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศให้สูงขึ้น เนื่องจากอิทธิพลปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ส่งผลทำให้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศเป็นไปได้ยาก เพราะอากาศชื้นต้องใช้ปริมาณความร้อนมากกว่าอากาศแห้ง ที่จะทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณนั้นเพิ่มสูงขึ้น อิทธิพลการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำอาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี (ตำแหน่ง I) มีผลทำให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น 11.2% ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมบริเวณดังกล่าวลดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 2.6 องศาเซลเซียส

- ความเร็วลม

การเคลื่อนที่ของมวลอากาศ เป็นปัจจัยหนึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับอุณหภูมิอากาศต้นทิศทางลม ถ้าอุณหภูมิอากาศตำแหน่งต้นทิศทางลมมีระดับอุณหภูมิอากาศสูงกว่าจะส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นสูงตามไปด้วย จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศบริเวณป่าประตู่ทางเข้ามหาวิทยาลัย (ตำแหน่ง A) พบว่า อิทธิพลความเร็วลมที่พัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งมีสภาพแวดล้อมเป็นถนนหน้ามหาวิทยาลัยฯ มีปริมาณความร้อนจากพื้นถนนและยานพาหนะ การเคลื่อนที่ของมวลอากาศดังกล่าวส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมบริเวณนั้นเพิ่มสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 11.7 องศาเซลเซียส ในทางกลับกัน อิทธิพลความเร็วลมที่พัดมาจากแหล่งน้ำโล่งแจ้ง เป็นปัจจัยช่วยทำให้การระเหยของน้ำเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศช่วงท้ายลมอยู่ในระดับสูง ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมบริเวณดังกล่าวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป

- อุณหภูมิอากาศทั่วไป

เป็นระดับปริมาณความร้อนจากสภาพแวดล้อมขนาดใหญ่ (Macro-climate) ซึ่งในงานวิจัยจะใช้เป็นอุณหภูมิอากาศตั้งต้นเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อมขนาดเล็กหรืออุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ (Micro-climate) ฉะนั้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่เกิดจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ตลอด 24 ชั่วโมง จะเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไปทุกช่วงเวลา โดยมีวัตถุประสงค์ในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศขนาดเล็กหรืออุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ ให้เข้าใจใกล้ชิดสบายของมนุษย์มากที่สุด

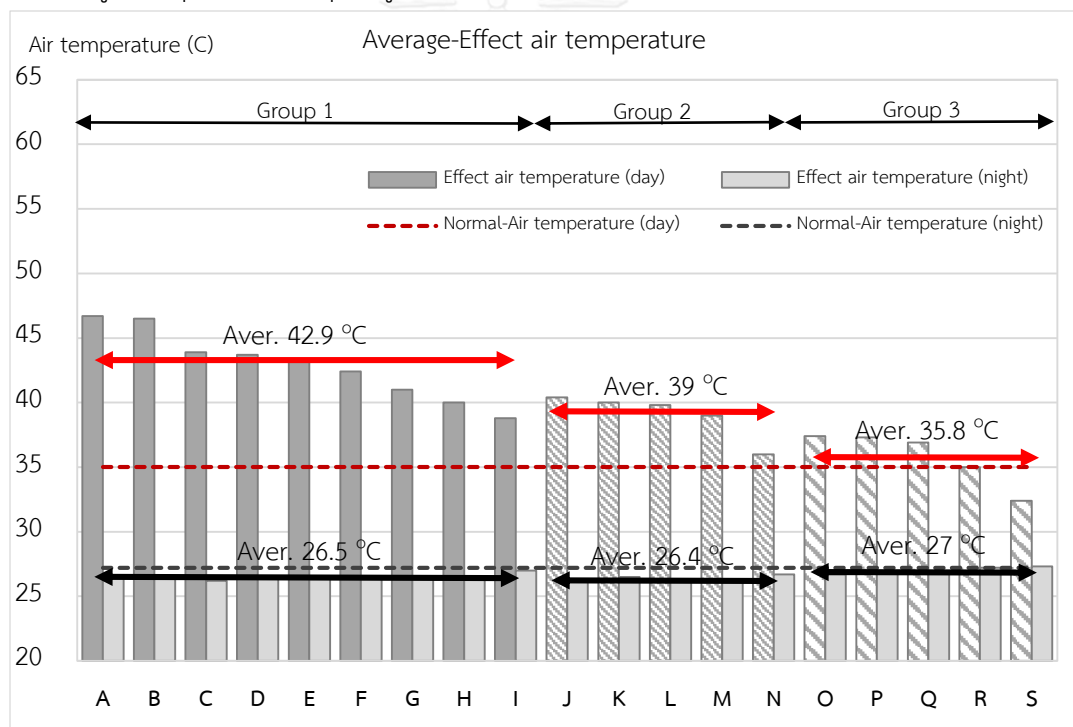
2) ปัจจัยจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง (Site elements factor)

- ลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้ง

ลักษณะทางกายภาพขององค์ประกอบรอบที่ตั้งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ เนื่องจากสภาพแวดล้อมแต่ละสภาพแวดล้อมประกอบไปด้วยลักษณะองค์ประกอบที่แตกต่างกัน เช่น ประเภทวัสดุ และการบดบังร่มเงา เป็นต้น การสะสมปริมาณความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ขององค์ประกอบรอบที่ตั้งจึงมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการสะสมความร้อนของวัสดุ ไม่ว่าจะเป็น ความจุความร้อน การสะท้อนความร้อนของผิววัสดุ และการดูดซับความร้อน เป็นต้น จากการสำรวจข้อมูลอุณหภูมิอากาศในพื้นที่โล่งแจ้ง พบว่าสภาพแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยวัสดุแดดแข็งประเภท คอนกรีต กระเบื้อง และพื้นผิวยางมะตอย จะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 7.9 องศาเซลเซียส และสภาพแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยวัสดุแดดอ่อนประเภท พื้นหญ้าและพื้นน้ำ จะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิ

อากาศทั่วไป 4 องศาเซลเซียส ส่วนสภาพแวดล้อมใต้ร่มเงาจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปเพียง 0.8 องศาเซลเซียส

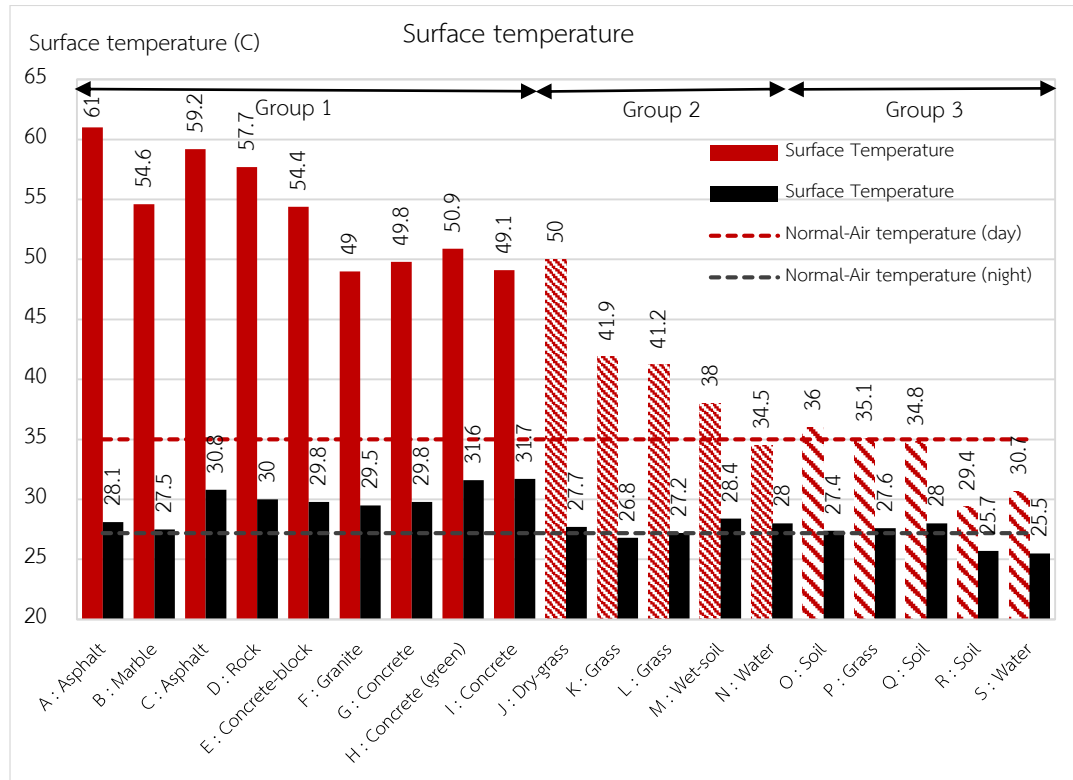
ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศแต่ละสภาพแวดล้อม ขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนที่สะสมในองค์ประกอบรอบที่ตั้ง สภาพแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบแดดแข็งจะมีปริมาณความร้อนสูง เช่น พื้นผิวยางมะตอย คอนกรีต และแกรนิต สามารถวัดอุณหภูมิผิวได้ 59.2, 56.4 และ 49.6 องศาเซลเซียสตามลำดับ ปริมาณความร้อนที่สะสมในตัววัสดุจะถ่ายเทผ่านผิววัสดุสู่สภาพแวดล้อมด้านบนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมนั้นเพิ่มสูงขึ้น ในทางกลับกัน สภาพแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบแดดอ่อน จะมีปริมาณความร้อนต่ำ เช่น พื้นน้ำ (แหล่งน้ำ) หรือพื้นดินชุ่มน้ำ (แปลงเกษตรฯ) สามารถวัดอุณหภูมิผิวได้ 30.7 และ 34 องศาเซลเซียสตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป ปริมาณความร้อนในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงกว่า จะถ่ายเทลงสู่ผิววัสดุ ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณนั้นลดต่ำลง



รูปที่ 4.29 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของสภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งวัสดุแดดแข็ง (Group 1) วัสดุแดดอ่อน (Group 2) และพื้นที่ใต้ร่มเงา (Group 3) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ในช่วงเวลากลางวัน (12:00น.) และช่วงเวลากลางคืน (0:00น.)

จากรูปที่ 4.30 จะเห็นได้ถึงระดับความแตกต่างของอุณหภูมิผิวพื้นของสภาพแวดล้อมที่ทำการสำรวจข้อมูล ลักษณะการถ่ายเทความร้อนจากผิววัสดุสู่สภาพแวดล้อม บ่งบอกถึงอิทธิพลขององค์ประกอบรอบที่ตั้งต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ถ้าองค์ประกอบรอบที่ตั้งมีปริมาณความ

ร้อนสูง จะส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นและถ้าองค์ประกอบรอบที่ตั้งมีปริมาณความร้อนต่ำ จะส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิลดต่ำลงตามไปด้วย ปริมาณความร้อนจากผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง จึงมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 4.30 แสดงอุณหภูมิผิวของวัสดุผิวพื้นของสภาพแวดล้อมในพื้นที่โล่งแจ้งวัสดุคาดแข็ง (Group 1) วัสดุคาดอ่อน (Group 2) และพื้นที่ที่ได้รับเงา (Group 3) ในช่วงเวลากลางวัน (12:00น.) และช่วงเวลากลางคืน (0:00น.)

ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อม เกิดจากการถ่ายเทปริมาณความร้อนจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่แตกต่างกัน ซึ่งสภาพแวดล้อมดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากแหล่งความร้อนหลักคือ ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar radiation) ส่งผลทำให้อากาศเหนือระนาบผิวพื้นมีอุณหภูมิอากาศแตกต่างกันตามปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับ จากรูปที่ 4.30 จะเห็นได้ว่าระดับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในช่วงกลางวัน (6:00-18:00 น.) แตกต่างกันมากถึง 21 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่รังสีดวงอาทิตย์มีอิทธิพลและช่วงเวลากลางคืน (19:00-5:00 น.) อุณหภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน 6 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่รังสีดวงอาทิตย์หมดอิทธิพล ทั้งนี้ ปริมาณความร้อนที่คงเหลือหลังรังสีดวงอาทิตย์หมดอิทธิพลลง จะสะสมอยู่ในองค์ประกอบรอบที่ตั้ง เพื่อรอการถ่ายเทความร้อนสู่สภาพแวดล้อมจนกว่าอุณหภูมิผิววัสดุและอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมมีความใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน

4.1.2 ตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ได้แก่ ปัจจัยจากสภาพแวดล้อม และปัจจัยจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง

การวิเคราะห์อิทธิพลจากปัจจัยองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ซึ่งเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ เกิดจากการถ่ายเทความร้อนของวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งสู่สภาพแวดล้อมในระดับที่แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อมจึงสัมพันธ์กับระดับอุณหภูมิผิวของวัสดุโดยรอบ ทั้งนี้ ปริมาณความร้อนขององค์ประกอบรอบที่ตั้งขึ้นอยู่กับการสะสมความร้อนและการถ่ายเทความร้อนของวัสดุตามคุณสมบัติตัวแปรความร้อนของวัสดุ ได้แก่

1. ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ (Heat capacity)
มีหน่วยเป็น Kcal/g C
2. ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ (Emissivity)
มีหน่วยเป็น ϵ
3. ตัวแปรความเข้มของสีวัสดุ (Color)
มีหน่วยเป็น %
4. ตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุ (Conductivity)
มีหน่วยเป็น W/m K

ผู้วิจัยได้มีการตรวจสอบและเก็บข้อมูลตัวแปรทั้ง 4 ตัวแปร พร้อมกับอุณหภูมิอากาศในช่วงระยะเวลากลางวัน โดยจะหาอิทธิพลของตัวแปรที่ทำให้อุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน จากตารางที่ 4.24 แสดงให้เห็นถึงค่าตัวแปรขององค์ประกอบรอบที่ตั้ง อุณหภูมิผิววัสดุ และระดับอุณหภูมิอากาศที่แตกต่างกันของแต่ละสภาพแวดล้อม ซึ่งประกอบไปด้วยสภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งประเภทวัสดุแดดแข็ง สภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งประเภทวัสดุแดดอ่อน และสภาพแวดล้อมพื้นที่ได้ร่มเงา

ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิในสภาพแวดล้อม เรียงลำดับจากมากที่สุดถึงน้อยที่สุด ได้แก่ (1)ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ 53.4% (2)ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ 22.2% (3)ตัวแปรความเข้มสีของวัสดุ มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ 11.9% (4)ตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุ มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ 11.5% ดังนี้

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าตัวแปรขององค์ประกอบรอบที่ตั้งจากสภาพแวดล้อมที่มีการสำรวจข้อมูลจำนวน 19 สภาพแวดล้อม และระดับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวของวัสดุองค์ประกอบที่ตั้ง 11 ประเภทวัสดุ [39]

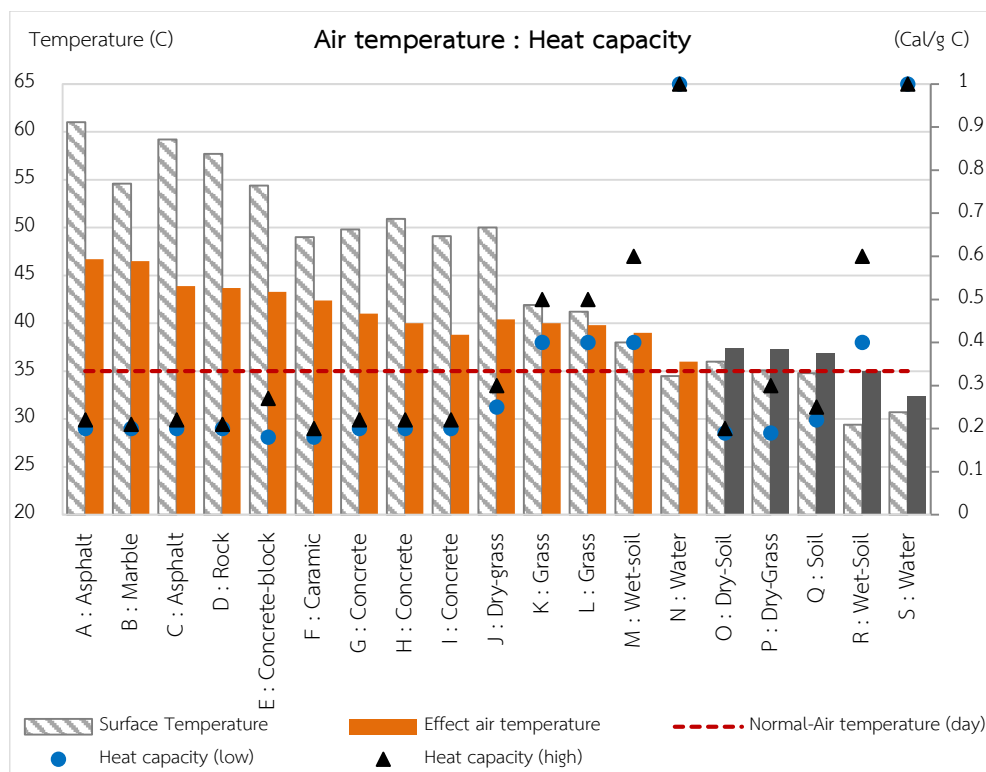
site	Site elements	Effect		Factors			
		Surface temp. (°C)	Air temp. (°C)	Heat capacity (Kcal/g C)	Emissivity (E)	Conductivity (W/m K)	Color (%)
กลุ่มที่ 1 สภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้ง ประเภทวัสดุลาดแข็ง							
A	ยางมะตอย (Asphalt)	61	46.7	0.20-0.22	0.90-0.98	0.8	60
B	หินอ่อน (Marble)	54.6	46.5	0.20-0.21	0.90-0.95	0.79	20
C	ยางมะตอย (Asphalt)	59.2	43.9	0.20-0.22	0.90-0.98	0.8	50
D	หินกรวด (Rock)	57.7	43.7	0.20-0.21	0.9	1.3	40
E	คอนกรีตบล็อก (Concrete-block)	54.4	43.3	0.18-0.27	0.95-0.96	0.29	30
F	เซรามิค (Caramic)	49	42.4	0.18-0.20	0.90-0.93	0.17-2.7	20
G	คอนกรีต (Concrete)	49.8	41	0.20-0.22	0.93-0.96	0.9-1.82	40
H	คอนกรีต (Concrete)	50.9	40	0.20-0.22	0.80-0.96	0.9-1.82	40
I	คอนกรีต (Concrete)	49.1	38.8	0.20-0.22	0.93-0.96	0.9-1.82	30
กลุ่มที่ 2 สภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้ง ประเภทวัสดุลาดอ่อน							
J	ดินแห้ง (Dry-soil)	50	40.4	0.25-0.30	0.92	1.2	40
K	หญ้า (Grass)	41.9	40	0.40-0.50	0.9	1.7	60
L	หญ้า (Grass)	41.2	39.8	0.40-0.50	0.9	1.7	60
M	ดินชุ่มน้ำ (Wet-soil)	38	39	0.40-0.60	0.66-0.95	2.1	40
N	น้ำ (Water)	35.5	36	1	0.67-0.96	0.6	70
กลุ่มที่ 3 สภาพแวดล้อมพื้นที่ได้ร่มเงา							
O	หญ้าแห้ง (Dry-Grass)	36	37.4	0.19-0.20	0.90-0.98	0.25-0.52	60
P	หญ้าแห้ง (Dry-Grass)	35.1	37.3	0.19-0.30	0.9	1.2	60
Q	ดินแห้ง (Dry-Soil)	34.8	36.9	0.22-0.25	0.92	1.7	60
R	ดินชุ่มน้ำ (Wet-Soil)	29.4	35	0.40-0.60	0.66-0.95	2.1	60
S	น้ำ (Water)	30.7	32.4	1	0.67-0.96	0.56-0.6	20

1) ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ (Heat capacity)

ตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศสูงสุดได้แก่ ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ จากข้อมูลพบว่า สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศต่ำสุด ได้แก่ สภาพแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบน้ำซึ่งมีค่าความจุความร้อนสูง ส่วนสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศสูงสุด ได้แก่ สภาพแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบผิวยางมะตอย ซึ่งมีค่าความจุความร้อนต่ำ จึงพอสรุปได้ว่า ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ สภาพแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า สภาพแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบและที่ตั้งที่มีค่าความจุความร้อนสูง

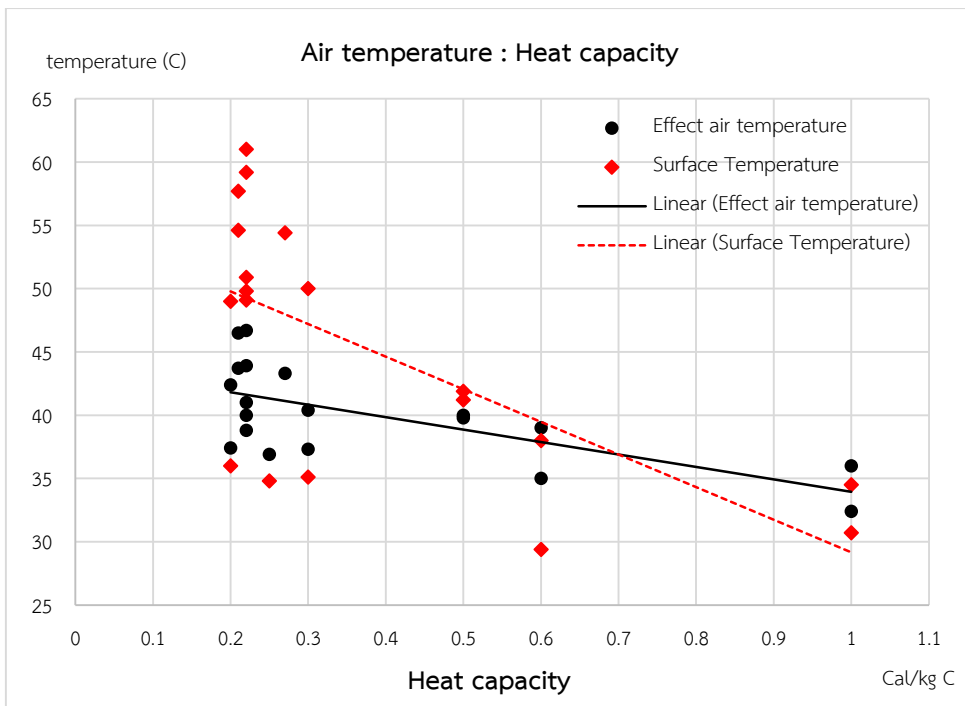
การเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศทั่วไปอยู่ระดับ 35 องศาเซลเซียส สภาพแวดล้อมตำแหน่ง 5 มีองค์ประกอบรอบที่ตั้งเป็นแหล่งน้ำกลางแจ้ง มีความจุความร้อนเท่ากับ 1 ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างสภาพแวดล้อมที่มีค่าความจุความร้อนขององค์ประกอบรอบที่ตั้งสูงสุด มีอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น 0.5 องศาเซลเซียส จึงพอสรุปได้ว่า สภาพแวดล้อมในพื้นที่โล่งแจ้ง จะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจะเพิ่มสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปเสมอ แต่สำหรับสภาพแวดล้อมในร่ม มีเพียงสภาพแวดล้อมเดียวที่มีอุณหภูมิอากาศเท่ากับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ได้แก่ตำแหน่ง ๖ ซึ่งมีองค์ประกอบรอบที่ตั้งเป็นพื้นดินชุ่มน้ำ มีค่าความจุความร้อน 0.6 Kcal/g C ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ส่วนสภาพแวดล้อมที่เป็นแหล่งน้ำในร่ม (ตำแหน่ง 1) มีค่าความจุความร้อน 1 Kcal/g C มีอุณหภูมิอากาศลดลง 4.3 องศาเซลเซียส ส่วนสภาพแวดล้อมในร่ม ที่มีค่าความจุความร้อนมากกว่า 0.6 Kcal/g C จะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศลดลง

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งกับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิววัสดุที่เปลี่ยนแปลง จากรูปที่ 4.31 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความจุความร้อนของวัสดุมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลทำให้มีระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวลดลง ในทางกลับกันเมื่อค่าความจุความร้อนของวัสดุมีปริมาณลดต่ำลง จะส่งผลทำให้มีระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวเพิ่มสูงขึ้น เส้นแนวโน้มบอกถึงค่าเฉลี่ยของอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งมีค่าตัวแปรความจุความร้อนระหว่าง 0.2-1 Kcal/g C ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน 9.6 องศาเซลเซียส หรือคิดเป็นสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของค่าตัวแปรความจุความร้อนขององค์ประกอบรอบที่ตั้ง 0.1 Kcal/g C จะส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิอากาศลดต่ำลง 1.2 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.31 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิววัสดุที่เปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป และค่าความจุความร้อนของวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง

การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมจากอิทธิพลตัวแปรความจุความร้อน ที่มีองค์ประกอบ ระบายบนพื้นเป็นวัสดุคอนกรีต (มีค่าความจุความร้อน 0.22 Kcal/g C) เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นผิวน้ำ (มีค่าความจุความร้อน 1 Kcal/g C) จะสามารถช่วยทำให้อุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมดังกล่าวลดลงมากถึง 9 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศดังกล่าวนอกจากอิทธิพลตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุแล้ว ยังมีอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมโดยรอบที่ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศลดลง เช่น การบดบังร่มเงาแก่วัสดุจะช่วยลดการสะสมความร้อนให้กับวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำได้ และการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากการระเหยของผิวน้ำและการคายน้ำของต้นไม้ จะช่วยทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมลดลงได้



รูปที่ 4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อม กับค่าตัวแปร ความจุความร้อนของวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.709 ^a	.502	.461	2.22461

a. Predictors: (Constant), Heat

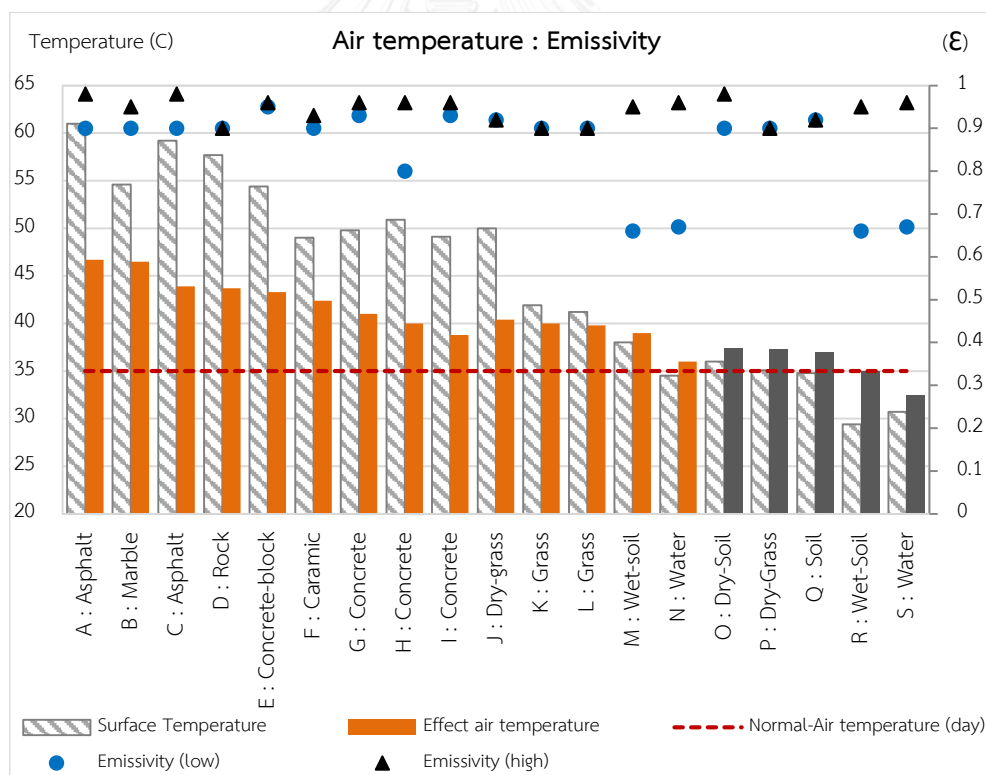
รูปที่ 4.33 แสดงผล Model summary ความสัมพันธ์ทางสถิติของตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ กับอุณหภูมิอากาศ

จากการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุต่ออุณหภูมิอากาศพบว่าค่า R Square หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ = .502 ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์ในการตัดสินใจของค่า R Square = 1 แล้ว มีความน่าเชื่อถือปานกลาง กล่าวคือ ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันน้อย การพิจารณาเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ อาจจะต้องใช้ปัจจัยอื่นร่วมด้วยและเมื่อดูค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard Error = 2.22 จะเห็นได้ว่ามีความคาดเคลื่อนในการคาดเดาระดับอุณหภูมิอากาศ = 2.22 องศาเซลเซียส หรือคิดเป็นร้อยละ 15.38 ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่าง

2) ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ (Emissivity)

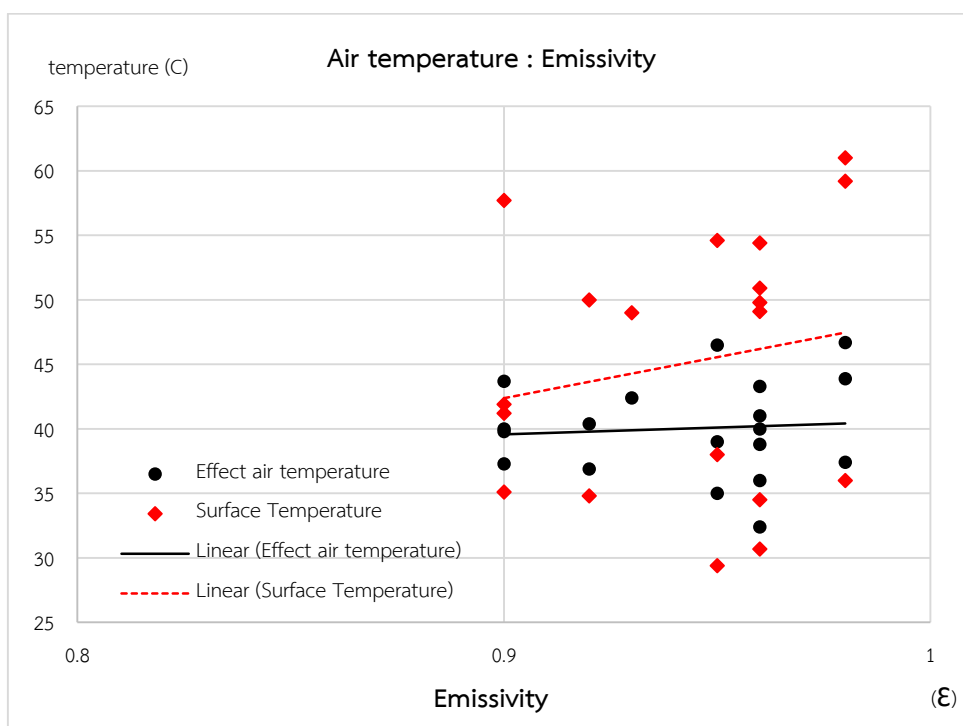
สภาพแวดล้อมรอบที่ตั้ง ประกอบด้วยวัสดุหลากหลายชนิด ซึ่งมีค่าการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุไม่เท่ากัน โดยผู้วิจัยคาดว่าตัวแปรดังกล่าวมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อม จากข้อมูลพบว่า ตัวแปรดังกล่าวมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศน้อย แต่กลับมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิววัสดุมากกว่าอุณหภูมิอากาศ จากรูปที่ 4.34 จะเห็นได้ว่า กลุ่มสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงและกลุ่มสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ มีค่าตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุใกล้เคียงกัน ซึ่งวัสดุส่วนใหญ่มีค่าตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุระหว่าง 0.9-1 ซึ่งเป็นคุณสมบัติของวัสดุทั่วไปที่มีค่าการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุเฉลี่ยประมาณ 0.95 ความแตกต่างของวัสดุในแต่ละสภาพแวดล้อมจากตัวแปรดังกล่าว จึงส่งผลหรือมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศใกล้เคียงกัน

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลอุณหภูมิผิววัสดุและหาความสัมพันธ์จากตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนที่มีอิทธิพล พบว่ามีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวมากกว่าอุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 4.34 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิววัสดุที่เปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป และค่าการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง

จากรูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุกับระดับอุณหภูมิอากาศจะเป็นลักษณะการกระจายตัว ซึ่งค่าตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุจะกระจายตัวอยู่ในช่วงแคบตั้งแต่ 0.9-1 ส่งผลให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อม 12 องศาเซลเซียส และความแตกต่างของอุณหภูมิผิววัสดุมากถึง 32 องศาเซลเซียส ทำให้ความลาดเอียงของเส้นแนวโน้มอุณหภูมิผิววัสดุมีมากกว่าเส้นแนวโน้มอุณหภูมิอากาศ และจากเส้นแนวโน้มดังกล่าวจะบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ของสภาพแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพียง 1 องศาเซลเซียส จากอิทธิพลของตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุทั้งหมด



รูปที่ 4.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อม กับค่าตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.457 ^a	.209	.143	2.80470

a. Predictors: (Constant), Emiss

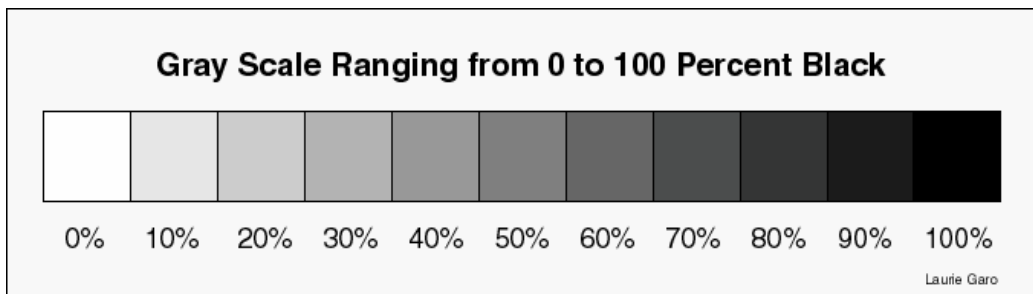
รูปที่ 4.36 แสดงผล Model summary ความสัมพันธ์ทางสถิติของตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุกับอุณหภูมิอากาศ

จากการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุต่ออุณหภูมิอากาศพบว่า ค่า R Square หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ = .209 ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์ในการตัดสินใจของค่า R Square = 1 แล้ว มีความน่าเชื่อถือน้อย กล่าวคือ ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันน้อย การพิจารณาเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ อาจจะต้องใช้ปัจจัยอื่นร่วมด้วยและเมื่อดูค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard Error = 2.80 จะเห็นได้ว่ามีความคาดเคลื่อนในการคาดเดาระดับอุณหภูมิอากาศ = 2.80 องศาเซลเซียส

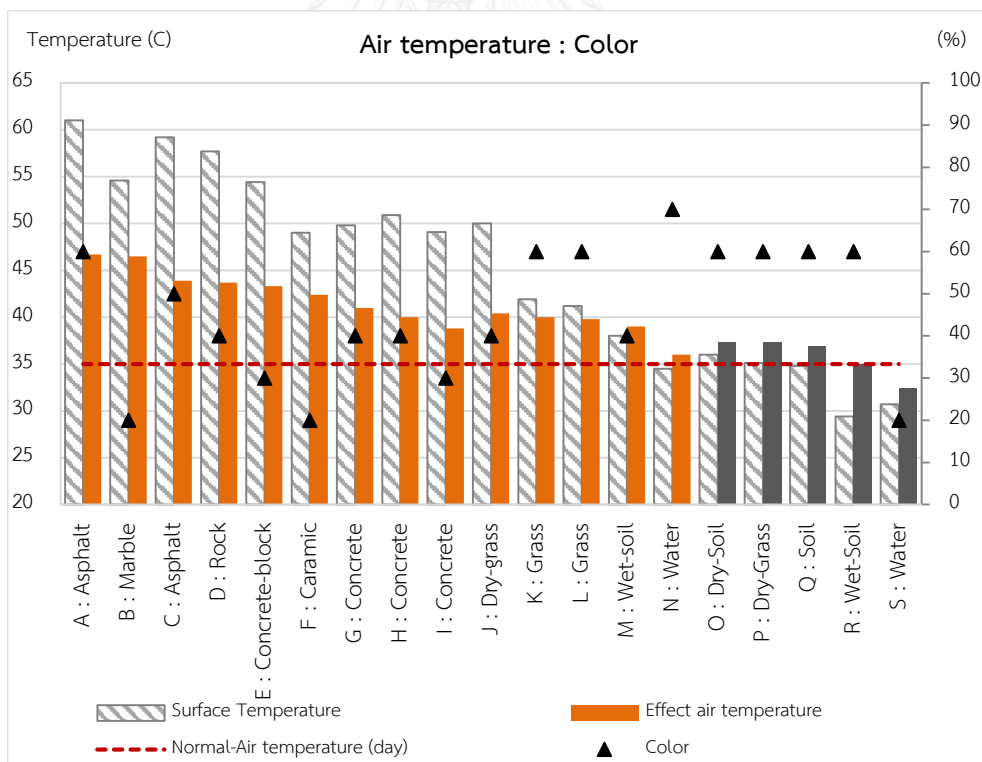


3) ตัวแปรความเข้มสีผิววัสดุ (Color)

มีอิทธิพลต่อการดูดซับความร้อนของผิววัสดุ วัสดุที่มีสีเข้มจะมีความสามารถในการดูดซับความร้อนได้มากกว่าวัสดุที่มีสีอ่อน ในทางกลับกันวัสดุที่มีสีอ่อนย่อมมีความสามารถในการสะท้อนความร้อนได้มากกว่าวัสดุสีเข้ม ในสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่างประกอบไปด้วยวัสดุที่มีความเข้มสีหลากหลายระดับ Matric energy ได้แบ่งระดับการดูดซับความร้อนของสีผิววัสดุ


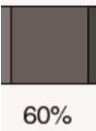

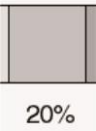

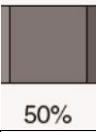

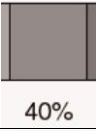
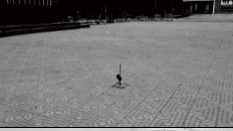
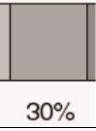

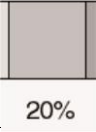

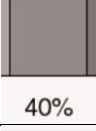

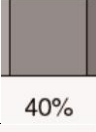



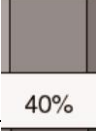

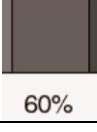



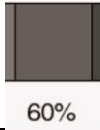

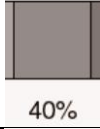

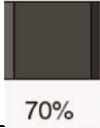

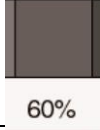

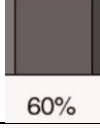
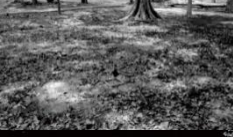
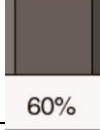

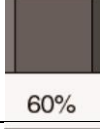


รูปที่ 4.37 แสดงปริมาณการดูดซับความร้อนจากอิทธิพลสีผิววัสดุ ตามระดับความเข้มสี (Matric energy inc., 2015)



รูปที่ 4.38 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิววัสดุที่เปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป และค่าความเข้มของสีผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง

ตารางที่ 4.25 แสดงระดับค่าความเข้มสีผิววัสดุพื้น 11 ประเภทวัสดุ ของสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่าง 19 สภาพแวดล้อม ในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่

	Environment	Color factor		
		Photo	Scale	%
A	Asphalt		 60%	60
B	Marble		 20%	20
C	Asphalt		 50%	50
D	Rock		 40%	40
E	Concrete-block		 30%	30
F	Ceramic		 20%	20
G	Concrete		 40%	40
H	Concrete		 40%	40
I	Concrete		 30%	30
J	Dry-grass		 40%	40
K	Grass		 60%	60

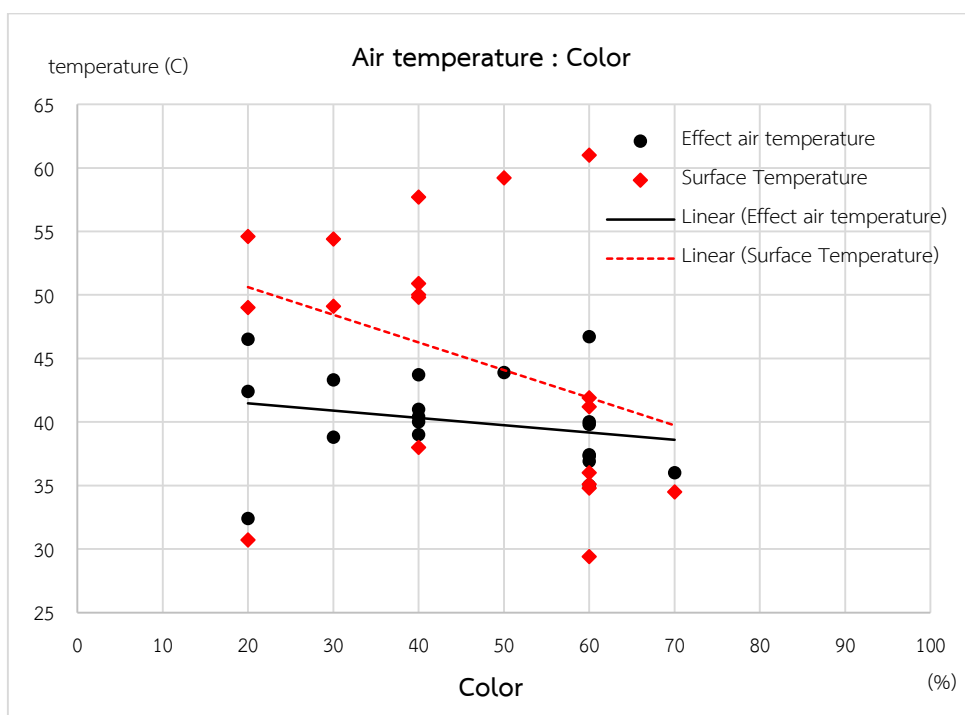
L	Grass			60
M	Wet-soil			40
N	Water			70
O	Dry-Grass (shade 79.2%)			60
P	Dry-Grass (shade 83.96%)			60
Q	Dry-Soil (shade 85.32%)			60
R	Wet-Soil (shade 86.32%)			60
S	Water (shade 87.6%)			20

CHULALONGKORN UNIVERSITY

การหาความสัมพันธ์ของความเข้มสีผิววัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ผู้วิจัยได้นำเอาองค์ประกอบรอบที่ตั้งของสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่าง มาเปรียบเทียบกับค่าการดูดซับความร้อนของระดับสีเริ่มจากสีขาวหรือสีสว่างซึ่งมีค่าการดูดซับความร้อนน้อย ไปจนถึงระดับสีดำหรือสีมืดสนิทซึ่งมีค่าการดูดซับความร้อนมากที่สุด เพื่อดูความน่าจะเป็นในการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมที่มีระดับความเข้มสีผิววัสดุที่แตกต่างกัน จากสมมติฐานว่าสภาพแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบสีเข้มจะส่งผลทำให้มีอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าสภาพแวดล้อมที่มีองค์ประกอบสีอ่อน จากข้อมูลพบว่า ความเข้มสีผิววัสดุมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศน้อย

ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศสูง ได้แก่ ตำแหน่ง B ที่ประกอบไปด้วย พื้นทรายล้างสีน้ำตาลอ่อนและพื้นหินสีขาว-เทา มีระดับความเข้มสีผิววัสดุอยู่ในโทนสว่าง ซึ่งเมื่อเทียบกับระดับการดูดซับความร้อนของสี จะมีค่าการดูดซับความร้อนจากอิทธิพลสีผิววัสดุเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ แต่ใน

สภาพแวดล้อมที่มีระดับอุณหภูมิอากาศต่ำ เช่นตำแหน่ง S ที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบแหล่งน้ำ เลี้ยงพันธุ์ปลาและสาหร่ายของคณะเทคโนโลยีการประมง ซึ่งมีระดับความชื้นสีผิวในโทนมืด และเมื่อเทียบกับระดับการดูดซับความร้อนของสี จะมีค่าการดูดซับความร้อนจากอิทธิพลสีผิววัสดุ มากถึง 70%



รูปที่ 4.39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อม กับค่าตัวแปรความชื้นของสีผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.348 ^a	.121	.048	2.95558

a. Predictors: (Constant), Color

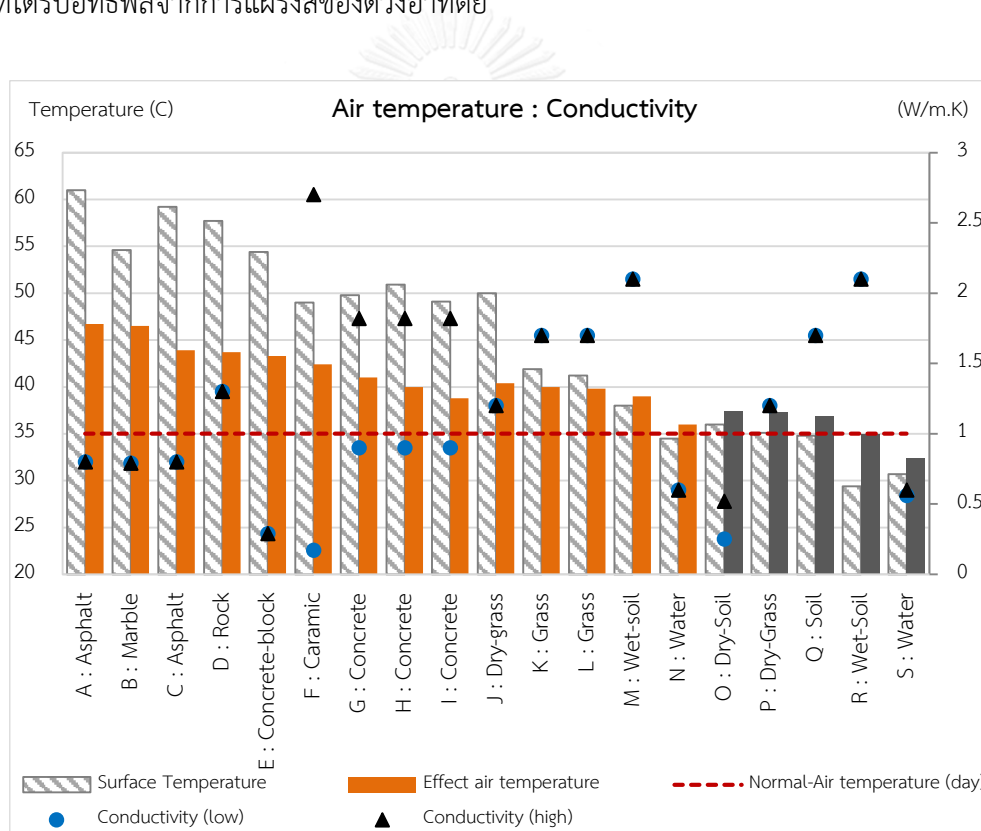
รูปที่ 4.40 แสดงผล Model summary ความสัมพันธ์ทางสถิติของตัวแปรความชื้นสีผิววัสดุกับอุณหภูมิอากาศ

จากการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรความชื้นสีผิววัสดุต่ออุณหภูมิอากาศพบว่าค่า R Square หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ = .121 ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์ในการตัดสินใจของค่า R Square = 1 แล้ว มีความน่าเชื่อถือน้อย กล่าวคือ ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน การพิจารณาเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ จะต้องใช้ปัจจัยอื่นในการพิจารณาและเมื่อดูค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard Error = 2.95 จะเห็นได้ว่ามีความคาดเคลื่อนในการคาดเดาระดับ

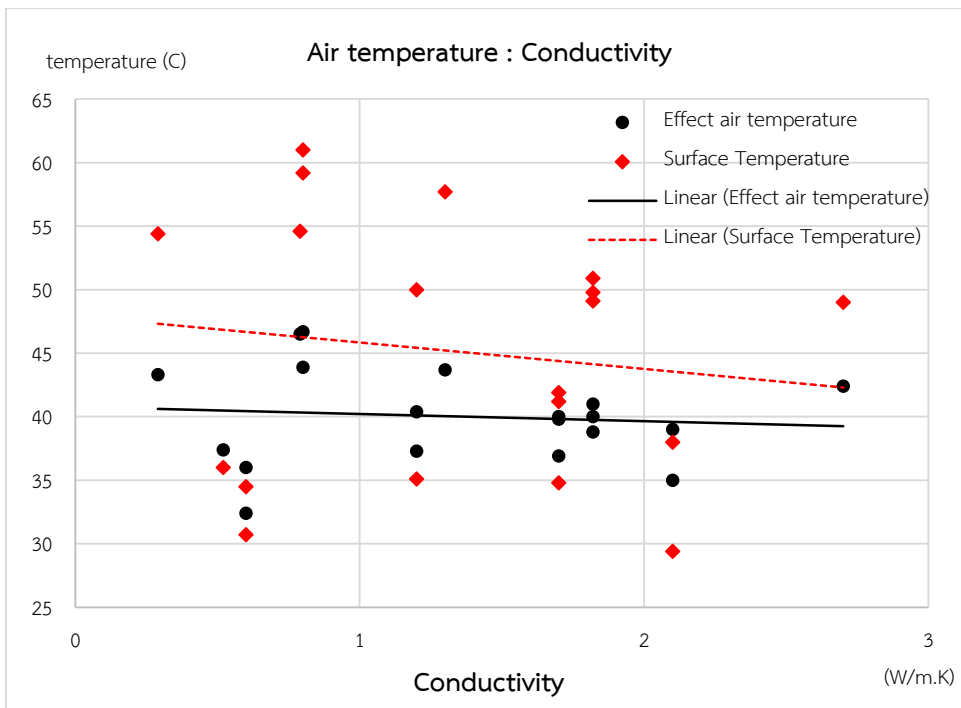
อุณหภูมิอากาศ = 2.95 องศาเซลเซียส อีกทั้ง การหาค่าปริมาณความร้อนของวัสดุที่เกิดจากอิทธิพลความชื้นสีผิวจะต้องเปรียบเทียบจากวัสดุชนิดเดียวกัน ในสภาพแวดล้อมซึ่งประกอบไปด้วยวัสดุหลากหลายชนิดจึงไม่สามารถนำตัวแปรความชื้นสีผิววัสดุมาเปรียบเทียบกับปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นได้ ส่งผลทำให้ตัวแปรความชื้นสีผิววัสดุในสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศน้อย

4) ตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุ (Conductivity)

ตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ผู้วิจัยคาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อม เนื่องจาก มีผลต่อปริมาณความร้อนของวัสดุที่ได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์



รูปที่ 4.41 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิววัสดุที่เปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป และค่าการนำความร้อนของผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง



รูปที่ 4.42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อม กับค่าตัวแปรการนำความร้อนของผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.328 ^a	.108	.034	2.97824

a. Predictors: (Constant), Cond

รูปที่ 4.43 แสดงผล Model summary ความสัมพันธ์ทางสถิติของตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุกับอุณหภูมิอากาศ

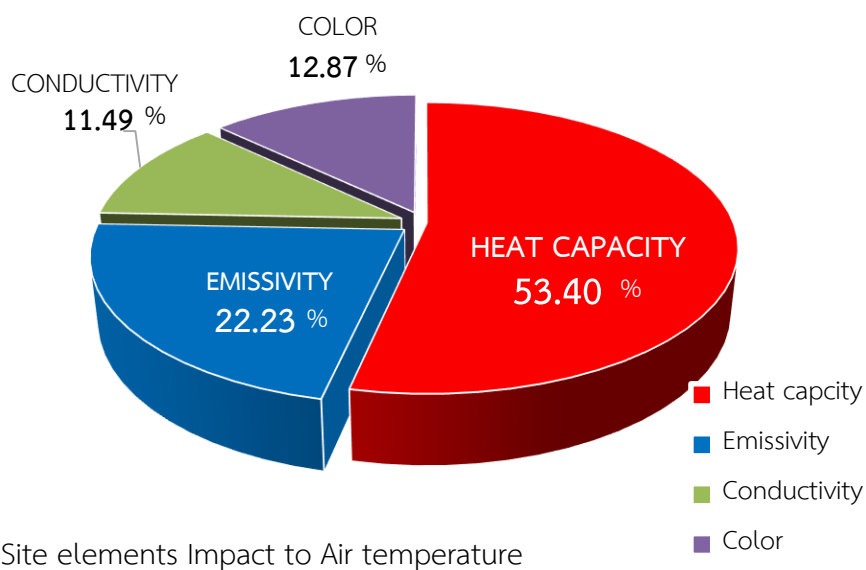
จากการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุต่ออุณหภูมิอากาศพบว่าค่า R Square หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ = .108 ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์ในการตัดสินใจของค่า R Square = 1 แล้ว มีความน่าเชื่อถือน้อยมากหรือไม่น่าเชื่อถือเลย กล่าวคือ ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน การพิจารณาเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ จะต้องใช้ปัจจัยอื่นในการพิจารณาและเมื่อดูค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard Error = 2.97 จะเห็นได้ว่ามีความคาดเคลื่อนในการคาดเดาระดับอุณหภูมิอากาศ = 3 องศาเซลเซียส

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ทั้ง 4 ตัวแปร พบว่า ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศมากที่สุด 53.40% ส่วนตัวแปรอื่นๆ จะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศน้อย เรียงลำดับอิทธิพลจากน้อยถึงน้อยที่สุด ได้แก่ ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ ตัวแปรความชื้นสีผิววัสดุ และตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ 22.23% 12.87% และ 11.49% ตามลำดับ

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศยังเกิดจากปัจจัยสภาพแวดล้อมซึ่งเป็นตัวแปรจากสภาพภูมิอากาศขนาดใหญ่ ได้แก่ รังสีดวงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และความเร็วลม ซึ่งมีอิทธิพลต่อระดับปริมาณความร้อนขององค์ประกอบรอบที่ตั้ง การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสภาพแวดล้อมกับตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิอากาศ จะสามารถทำนายระดับอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันได้

ตารางที่ 4.26 แสดงสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Error) ของตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ

	Site element Factor	Model Summary	
		R Square	Standard Error of the Estimate
1	Heat capacity	.502	2.22
2	Emissivity	.209	2.80
3	Color	.121	2.95
4	Conductivity	.108	2.98



Site elements Impact to Air temperature

รูปที่ 4.44 แสดงสัดส่วนตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ (ข้อมูลการสำรวจปริมาณความร้อนของวัสดุ 11 ชนิด จาก 19 สภาพแวดล้อม ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่)

4.1.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง

ผู้วิจัยมีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศตลอด 24 ชั่วโมง จากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันจำนวน 16 สภาพแวดล้อม เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไปที่วัดได้จากสถานีวิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ซึ่งตั้งอยู่ติดกับมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพื่อนำมาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งในแต่ละสภาพแวดล้อม ตลอด 24 ชั่วโมง พร้อมกับตัวแปรจากสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพล ประกอบด้วย

- ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ (W/m^2h)
- ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (%)
- ตัวแปรความเร็วลม (m/s)

การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างสภาพแวดล้อม พิจารณาจากตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลสูงสุด คือ ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ การแบ่งช่วงและการกระจายค่าตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุระนาบพื้น ซึ่งเป็นองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่ได้รับอิทธิพลความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มากที่สุด ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งการเก็บกลุ่มตัวอย่างตามสภาพแวดล้อม (1)สภาพแวดล้อมขนาดใหญ่ ได้แก่ พื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ ครอบคลุมพื้นที่ 30 ไร่ (2)สภาพแวดล้อมขนาดกลาง ได้แก่ โครงการขวงจันทร์เฮอริเทจ จ.เชียงใหม่ ครอบคลุมพื้นที่ 3 ไร่ และ(3)สภาพแวดล้อมขนาดเล็ก ได้แก่ บ้านพักอาศัย จ.เชียงใหม่ ครอบคลุมพื้นที่ 1 ไร่ เพื่อค้นหาอิทธิพลขององค์ประกอบที่ตั้งที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศครอบคลุมทุกสภาพแวดล้อมที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไปในงานภูมิทัศน์และมีสัดส่วนพื้นที่การใช้งานมาก อีกทั้งยังสามารถเปรียบเทียบอิทธิพลขององค์ประกอบรอบที่ตั้งในสภาพแวดล้อมที่มีขนาดแตกต่างกันได้

- กลุ่มตัวอย่างสภาพแวดล้อมขนาดใหญ่ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ ครอบคลุมพื้นที่ 30 ไร่ จำนวน 4 สภาพแวดล้อมโล่งแจ้ง และ 4 สภาพแวดล้อมใต้ร่มเงารวมทั้งหมด 8 สภาพแวดล้อม ประกอบด้วย

1) พื้นดินแห้ง (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.19 Kcal/g °C
2) พื้นคอนกรีต (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.22 Kcal/g °C
3) พื้นดินชุ่มน้ำ (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.6 Kcal/g °C
4) พื้นหญ้าชุ่มน้ำ (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.7 Kcal/g °C
5) พื้นดินแห้ง (ใต้ร่มเงา)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.19 Kcal/g °C
6) พื้นคอนกรีต (ใต้ร่มเงา)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.22 Kcal/g °C
7) พื้นดินชุ่มน้ำ (ใต้ร่มเงา)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.6 Kcal/g °C
8) พื้นหญ้าชุ่มน้ำ (ใต้ร่มเงา)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.7 Kcal/g °C

- กลุ่มตัวอย่างสภาพแวดล้อมขนาดกลาง ภายในโครงการช่วงจันทร์เซอร์เทจแอนด์บูติค्रीส์ออร์ท จ.เชียงใหม่ ครอบคลุมพื้นที่ 3 ไร่ จำนวน 4 สภาพแวดล้อมโล่งแจ้ง โดยพิจารณาจากการแบ่งค่าตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ ซึ่งเป็นตัวแปรจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลสูงสุด ประกอบด้วย

9) พื้นดินแห้ง (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.19 Kcal/g °C
10) พื้นไม้ (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.2 Kcal/g °C
11) พื้นอิฐโบราณ (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.22 Kcal/g °C
12) พื้นหญ้าชุ่มน้ำ (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.7 Kcal/g °C

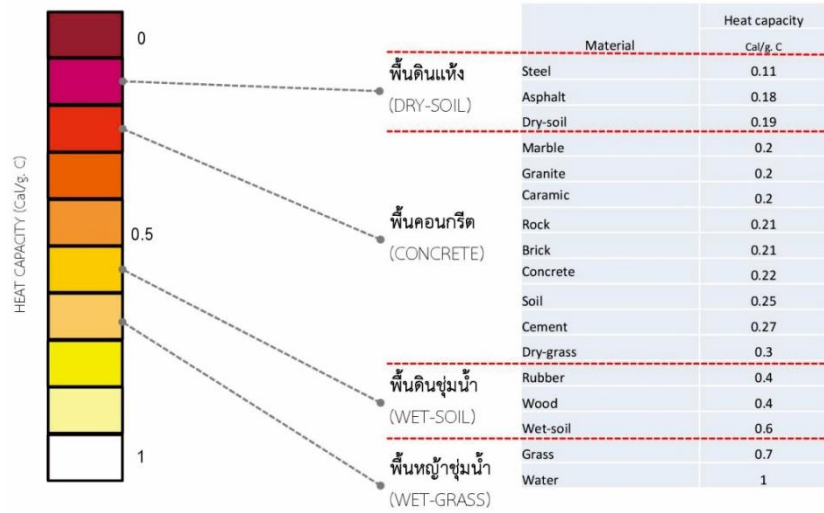
- กลุ่มตัวอย่างสภาพแวดล้อมขนาดเล็ก ภายในบ้านพักอาศัย จ.เชียงใหม่ ครอบคลุมพื้นที่ 1 ไร่ จำนวน 2 สภาพแวดล้อมโล่งแจ้ง และ 2 สภาพแวดล้อมใต้ร่มเงา รวมทั้งหมด 4 สภาพแวดล้อม ประกอบด้วย

13) พื้นกระเบื้องเซรามิก (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.2 Kcal/g °C
14) พื้นไม้ (ในร่ม)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.2 Kcal/g °C
15) พื้นบล็อกหญ้า (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.46 Kcal/g °C
16) พื้นบล็อกหญ้า (ในร่ม)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.46 Kcal/g °C

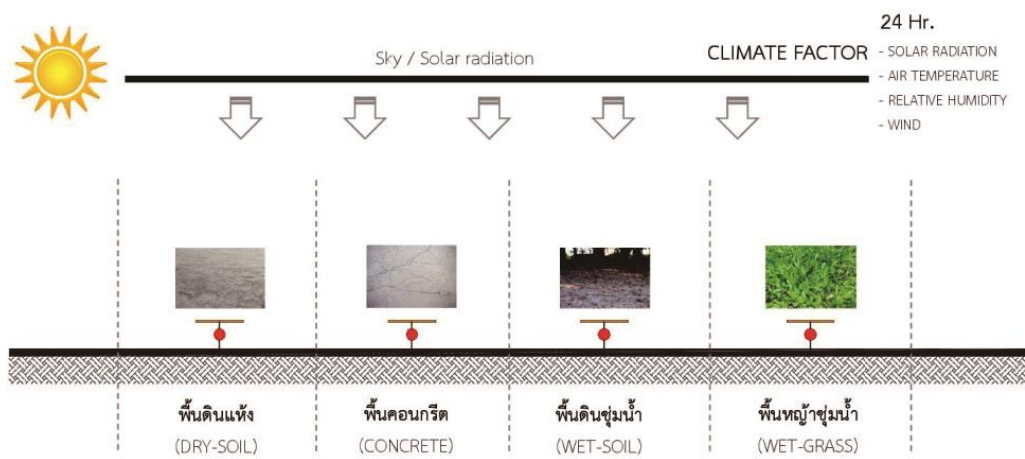
การเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพล จะทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างสภาพแวดล้อมทั้งในพื้นที่โล่งแจ้งและพื้นที่ใต้ร่มเงา เพื่อดูลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งความร้อนหลักจากสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อปริมาณความร้อนในวัสดุที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.27 แสดงกลุ่มตัวอย่างสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการเก็บข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ

	กลุ่มตัวอย่างสภาพแวดล้อม	สถานที่	ครอบคลุมพื้นที่
1	ขนาดใหญ่	มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่	30 ไร่
2	ขนาดกลาง	ช่วงจันทร์เซอร์เทจ จ.เชียงใหม่	3 ไร่
3	ขนาดเล็ก	บ้านพักอาศัย จ.เชียงใหม่	1 ไร่



รูปที่ 4.45 การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เก็บข้อมูลตามกลุ่มตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ



รูปที่ 4.46 ลักษณะการติดตั้งเครื่องที่ใช้เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง

- มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่

ผู้วิจัยมีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศตลอด 24 ชั่วโมง จากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่แตกต่างกันของแต่ละสภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้ง ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ของตัวแปรจากปัจจัยสภาพแวดล้อมและตัวแปรจากปัจจัยองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่

กลุ่มตัวอย่างองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ประกอบด้วย

1) พื้นดินแห้ง (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.19 Kcal/g °C
2) พื้นคอนกรีต (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.22 Kcal/g °C
3) พื้นดินชุ่มน้ำ (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.6 Kcal/g °C
4) พื้นหญ้าชุ่มน้ำ (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.7 Kcal/g °C

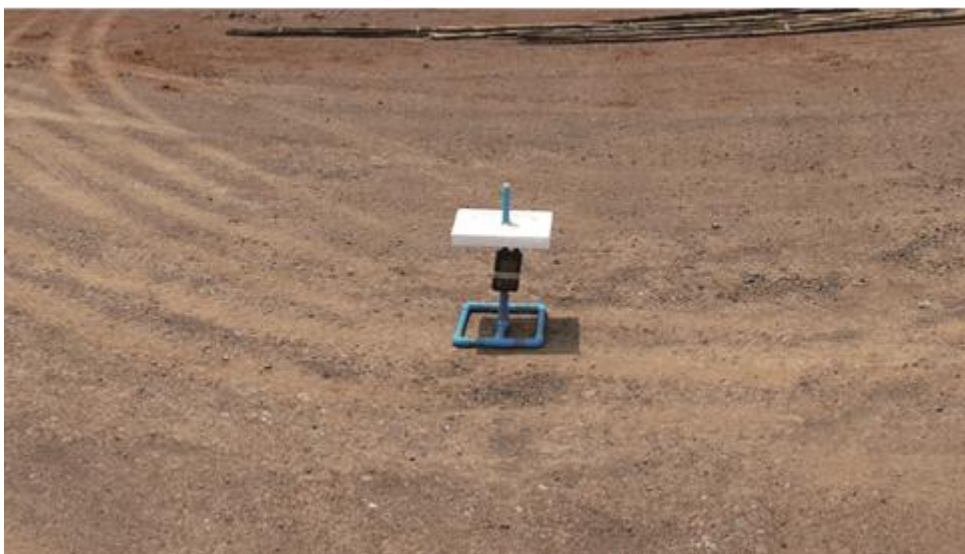
ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพล ประกอบด้วย

- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ($W/m^2/h$)
- ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (%)
- ความเร็วลม (m/s)

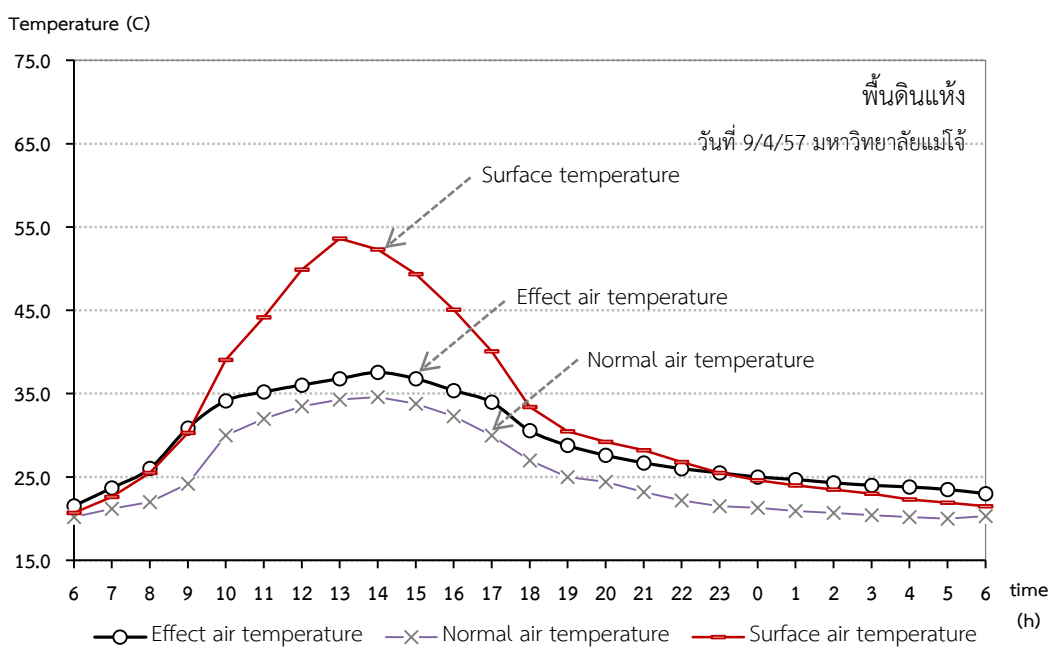


รูปที่ 4.47 แสดงสภาพแวดล้อม ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่

1) พื้นดินแห้ง (โล่งแจ้ง)



รูปที่ 4.48 แสดงลักษณะบริเวณพื้นดินแห้ง ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้

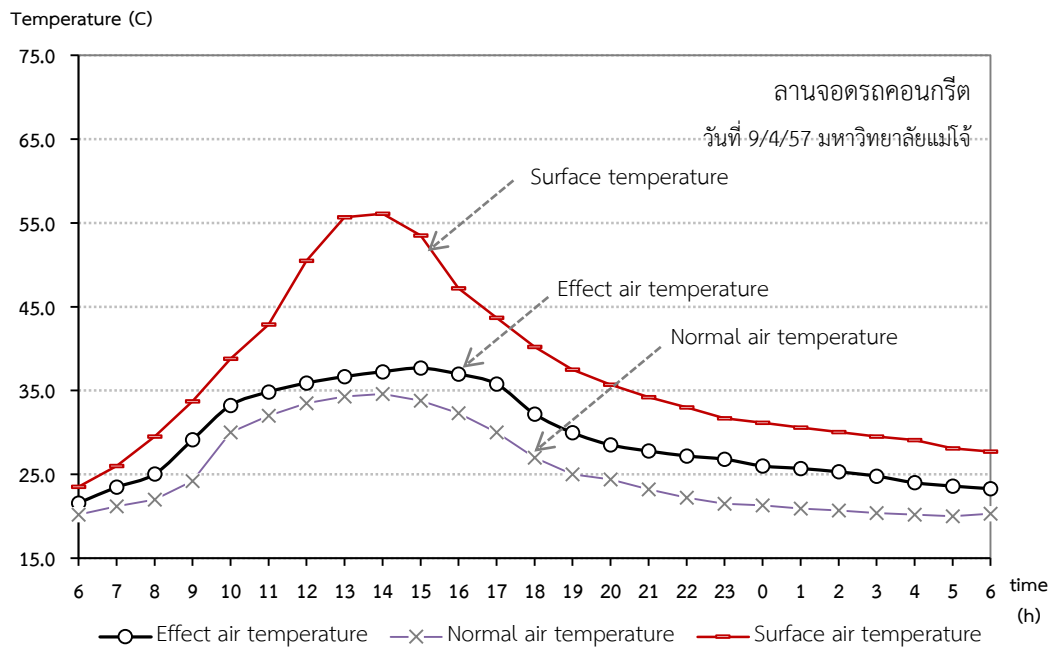


รูปที่ 4.49 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นดินแห้ง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 9 เมษายน 2557)

2) พื้นคอนกรีต (โล่งแจ้ง)



รูปที่ 4.50 แสดงลักษณะบริเวณพื้นคอนกรีต ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้

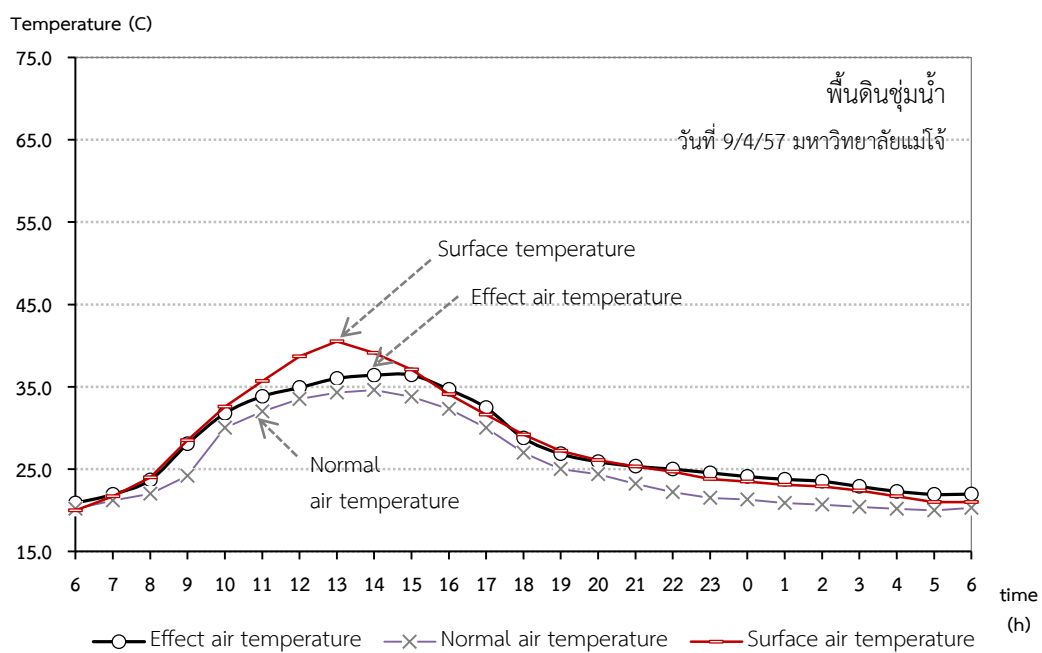


รูปที่ 4.51 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นคอนกรีต
เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 9 เมษายน 2557)

3) พื้นดินชุ่มน้ำ (โล่งแจ้ง)



รูปที่ 4.52 แสดงลักษณะบริเวณพื้นดินชุ่มน้ำ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้

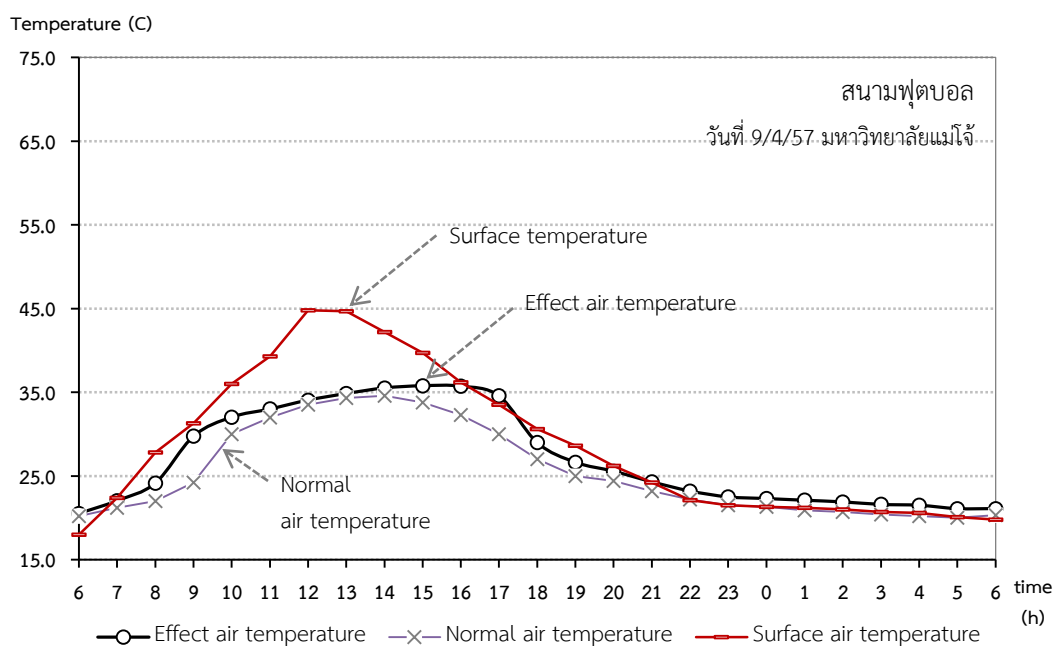


รูปที่ 4.53 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นดินชุ่มน้ำ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 9 เมษายน 2557)

4) พื้นหญ้าชุ่มน้ำ (โล่งแจ้ง)



รูปที่ 4.54 แสดงลักษณะบริเวณพื้นหญ้าชุ่มน้ำ ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้



รูปที่ 4.55 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวพื้นจากอิทธิพลพื้นหญ้าเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง (ข้อมูลวันที่ 9 เมษายน 2557)

จากการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในพื้นที่โล่งแจ้ง ตลอด 24 ชั่วโมงของวันที่ 9 เมษายน 2557 ในสภาพแวดล้อมโล่งแจ้งที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบ พื้นดินแห้ง พื้นคอนกรีต พื้นดินชุ่มน้ำ และพื้นหญ้าชุ่มน้ำที่มีการรดน้ำเป็นประจำภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ พบว่า อุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อมมีความแตกต่างกัน โดยช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 13.00 น. ที่มีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดสามารถวัดได้ $73.2 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ ($250 \text{ btu/ft}^2 \text{ h}$) มีระดับอุณหภูมิอากาศทั่วไป 33.5 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อมเรียงลำดับจากมากที่สุดถึงต่ำสุดได้แก่ พื้นดินแห้ง 36 องศาเซลเซียส (สูงเกินกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 2.5 องศาเซลเซียส) พื้นคอนกรีต 35.9 องศาเซลเซียส (สูงเกินกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 2.4 องศาเซลเซียส) พื้นดินชุ่มน้ำ 34.9 องศาเซลเซียส (สูงเกินกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 1.4 องศาเซลเซียส) พื้นหญ้าชุ่มน้ำ 34.1 องศาเซลเซียส (สูงเกินกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 0.6 องศาเซลเซียส) ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศดังกล่าวสัมพันธ์กับค่าตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุแต่ละประเภท วัสดุทั้ง 4 ประเภทส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป โดยวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำจะมีผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงมากกว่าวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูง

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเหนือพื้นผิววัสดุกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่โล่งแจ้งทั้ง 4 ชนิด มีระดับสูงเกินกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปทั้งหมด โดยวัสดุในกลุ่มที่มีความจุความร้อนต่ำ เช่น พื้นดินแห้ง และพื้นคอนกรีต (มีระดับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 3.45 และ 3.9 °C ตามลำดับ) จะมีระดับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าวัสดุในกลุ่มที่มีค่าความจุความร้อนสูง เช่น ดินชุ่มน้ำและพื้นหญ้าชุ่มน้ำ (มีระดับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 2.11 และ 1.58 °C ตามลำดับ) อิทธิพลดังกล่าวเกิดจากการถ่ายเทรังสีความร้อนจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์กับพื้นผิววัสดุ ส่งผลให้วัสดุมีปริมาณการสะสมความร้อนแตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบจากระดับอุณหภูมิพื้นผิววัสดุที่แตกต่างกัน

จากตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งผลทำให้องค์ประกอบรอบที่ตั้งมีปริมาณความร้อนเพิ่มสูงขึ้นจนทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมดังกล่าวสูงเกินกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป การลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมจึงต้องลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ลงด้วย ทั้งนี้ ผู้วิจัยมีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมที่ได้รับอิทธิพลร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ซึ่งสามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงระยะเวลากลางวันลงได้เฉลี่ยร้อยละ 78 จากวัสดุกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด (วันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2557) พบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเหนือพื้นผิววัสดุทั้ง 4 ชนิด มีระดับการเปลี่ยนแปลงต่ำกว่าระดับอุณหภูมิอากาศทั่วไปตลอดทั้งวัน โดยมีความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุดเฉลี่ยที่ 12.8 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 3.7 องศา

เซลเซียส ส่วนในช่วงเวลากลางคืน จะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศใกล้เคียงอุณหภูมิประกาศทั่วไป โดยมีความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศสูงสุดถึงต่ำสุด เฉลี่ย 5.4 องศาเซลเซียส เท่ากับการอุณหภูมิอากาศทั่วไป

การลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จากอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่ ส่งผลทำให้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมมีระดับต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป เนื่องจาก อิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่สามารถสกัดกั้นการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ผิววัสดุได้ ส่งผลทำให้การสะสมปริมาณความร้อนในตัววัสดุเกิดขึ้นน้อยและวัสดุสามารถรองรับปริมาณความร้อนดังกล่าวได้ตลอดทั้งวัน ทำให้ปริมาณความร้อนของวัสดุไม่ถ่ายเทสู่สภาพแวดล้อมเนื่องจากผิววัสดุมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ

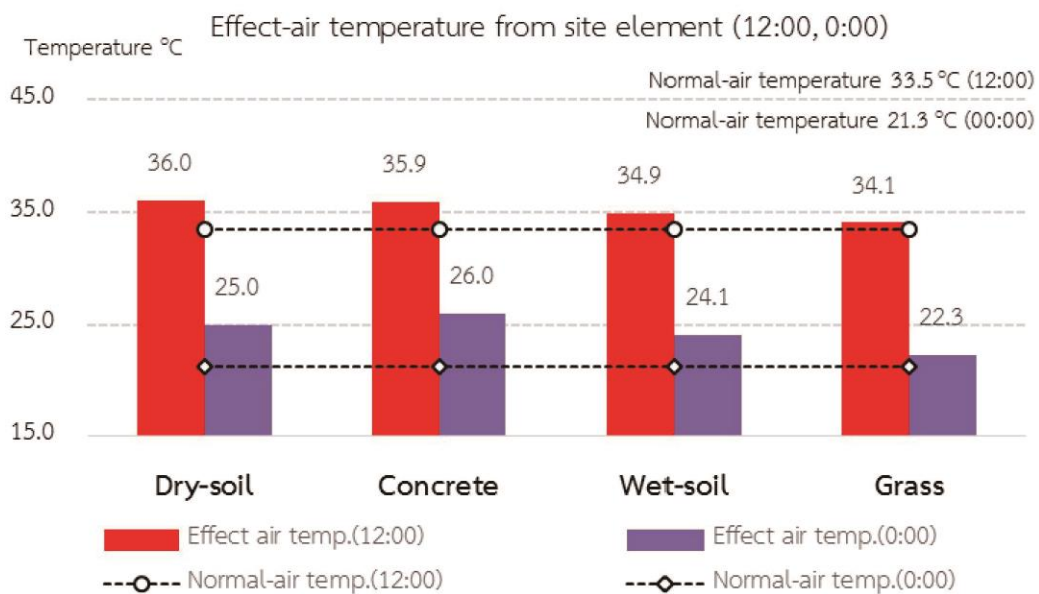
ผู้วิจัยมีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศตลอด 24 ชั่วโมง จากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่แตกต่างกันของแต่ละสภาพแวดล้อมพื้นที่ได้ร่มเงา ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ของตัวแปรจากปัจจัยสภาพแวดล้อมและตัวแปรจากปัจจัยองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่

กลุ่มตัวอย่างองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ประกอบด้วย

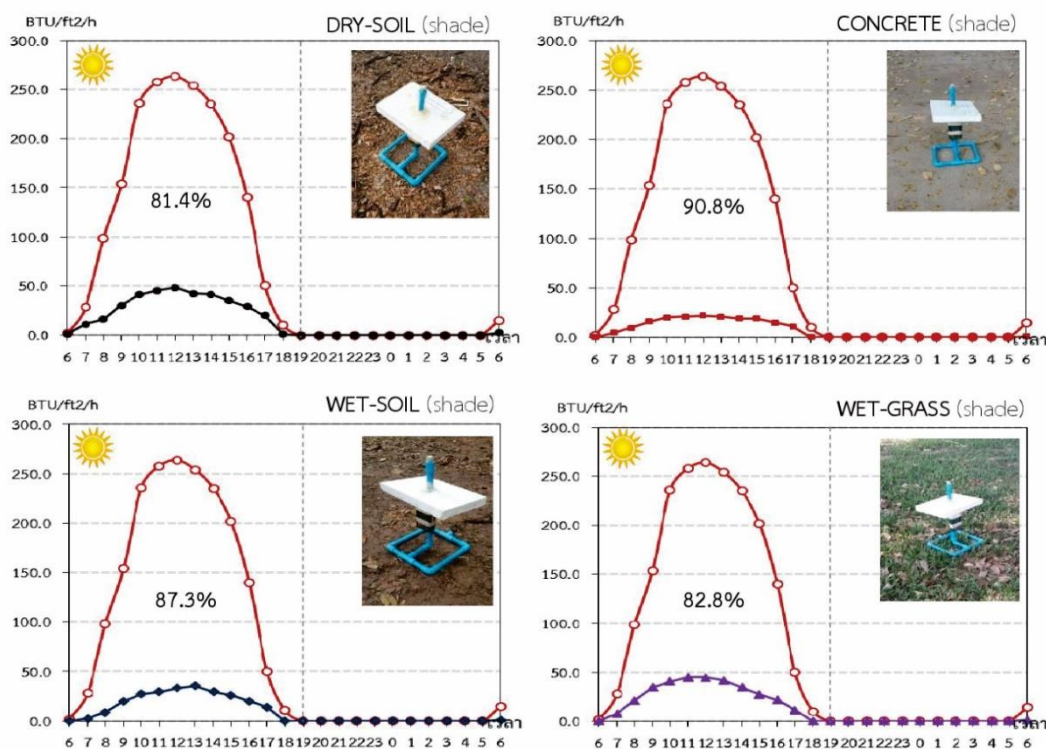
5) พื้นดินแห้ง (ได้ร่มเงา)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.19 Kcal/g °C)
6) พื้นคอนกรีต (ได้ร่มเงา)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.22 Kcal/g °C)
7) พื้นดินชุ่มน้ำ (ได้ร่มเงา)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.6 Kcal/g °C)
8) พื้นหญ้าชุ่มน้ำ (ได้ร่มเงา)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.7 Kcal/g °C)

ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพล ประกอบด้วย

- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ($W/m^2/h$)
- ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (%)
- ความเร็วลม (m/s)



รูปที่ 4.56 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศเหนือพื้นผิวดินแห้ง คอนกรีต ดินชุ่มน้ำ และหญ้าชุ่มน้ำ ช่วงเวลากลางวัน (12:00 น.) และช่วงเวลากลางคืน (0:00 น.) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 9 เมษายน 2557 มหาวิทยาลัยแม่โจ้)

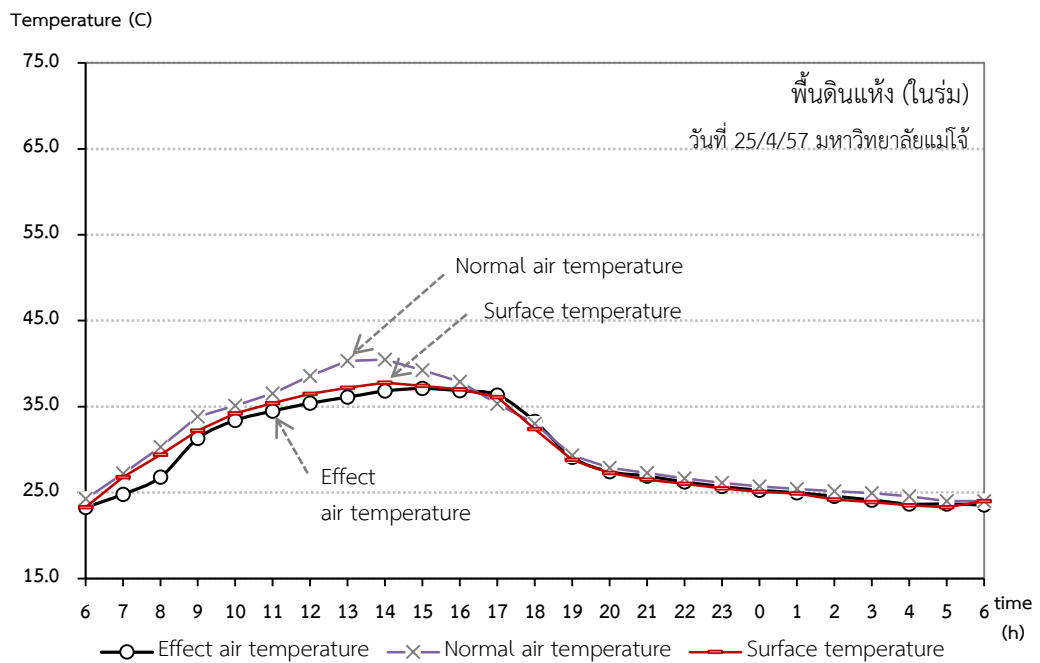


รูปที่ 4.57 ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับการสกัดกั้นจากอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่ ของกลุ่มตัวอย่าง พื้นผิว 4 กลุ่ม (ข้อมูลวันที่ 25 เมษายน 2557 มหาวิทยาลัยแม่โจ้)

5) พื้นดินแห้ง (ไต้ร่มเงา)



รูปที่ 4.58 แสดงลักษณะบริเวณพื้นดินแห้ง (ในร่ม) ภายใต้มหาวิทยาลัยแม่โจ้

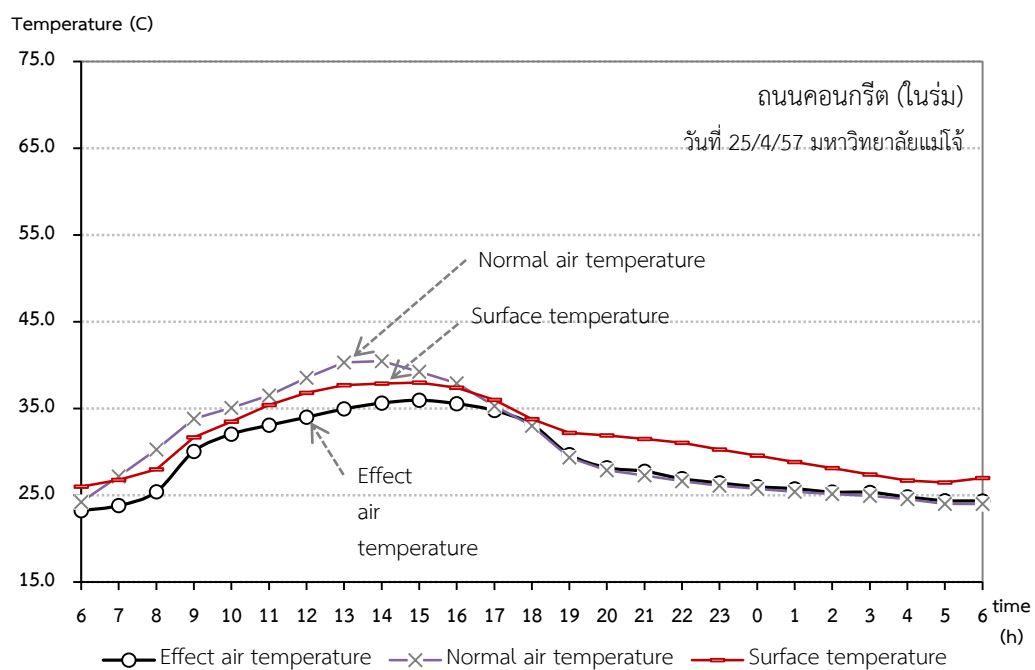


รูปที่ 4.59 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นดินแห้ง (ในร่ม) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป

6) พื้นคอนกรีต (ได้ร่มเงา)



รูปที่ 4.60 แสดงลักษณะบริเวณพื้นคอนกรีต (ในร่ม) ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้

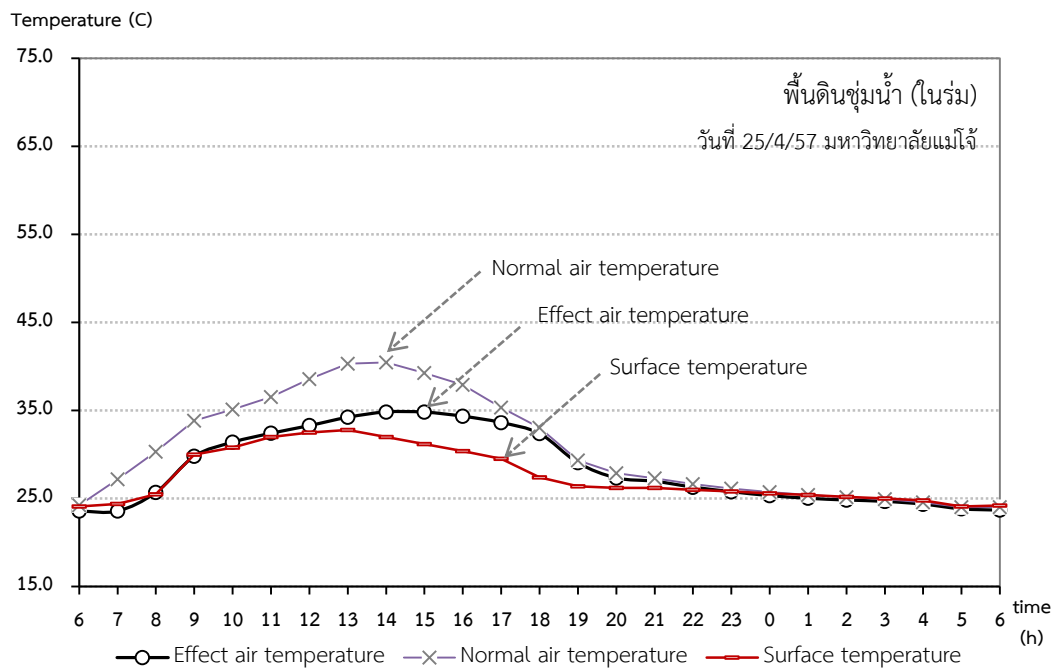


รูปที่ 4.61 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นคอนกรีต (ในร่ม) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป

7) พื้นดินชุ่มน้ำ (ไต้ร่มเงา)



รูปที่ 4.62 แสดงลักษณะบริเวณพื้นดินชุ่มน้ำ (ในร่ม) ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้

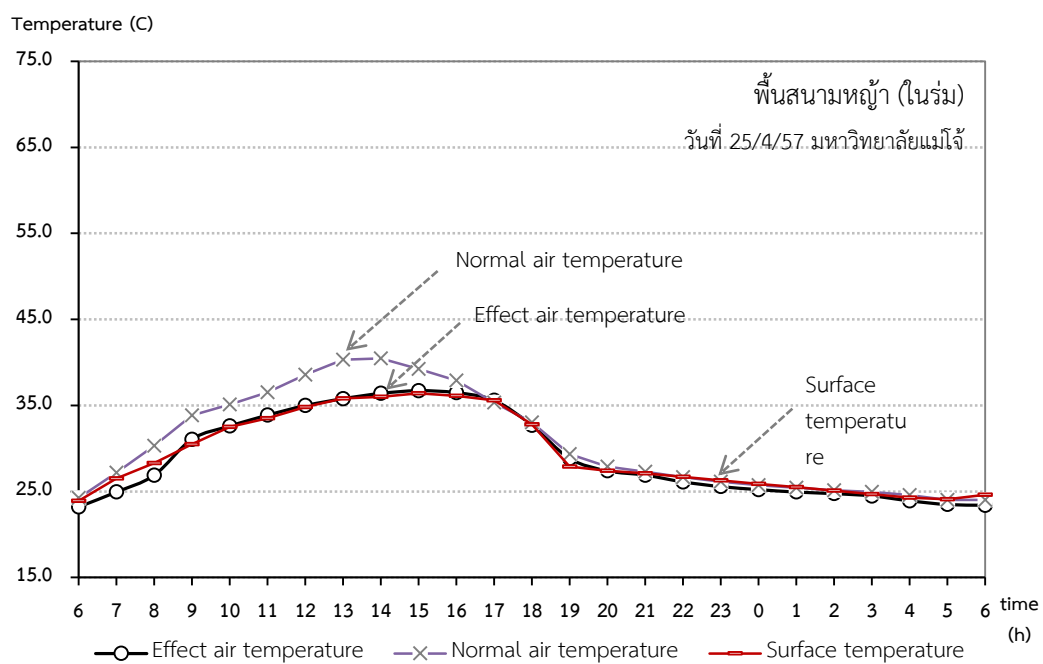


รูปที่ 4.63 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นดินชุ่มน้ำ (ในร่ม) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป

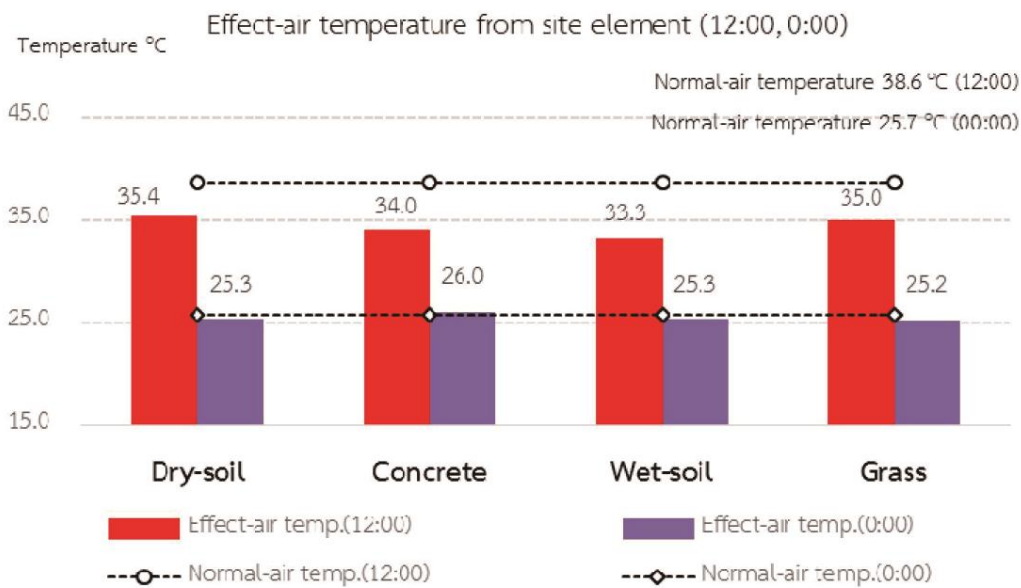
8) พื้นที่หญ้าชุ่มน้ำ (ได้ร่มเงา)



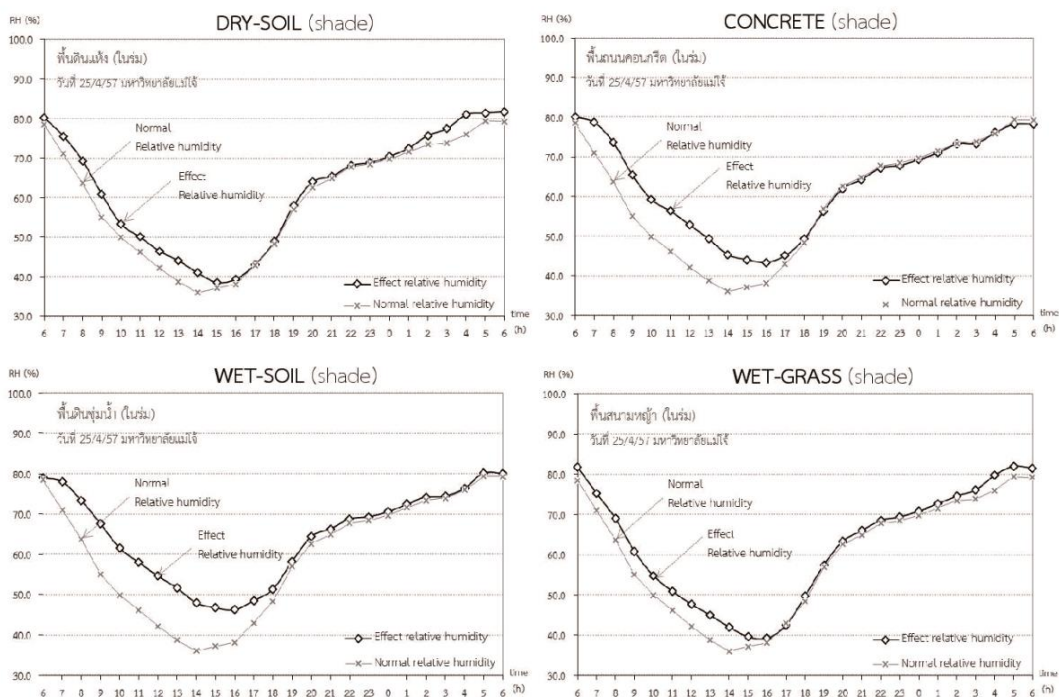
รูปที่ 4.64 แสดงลักษณะบริเวณพื้นที่หญ้า (ในร่ม) ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้



รูปที่ 4.65 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นที่หญ้า (ในร่ม) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป



รูปที่ 4.66 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศเหนือพื้นผิวดินแห้ง คอนกรีต ดินชุ่มน้ำ และหญ้าชุ่มน้ำ ได้รุ่มเงาต้นไม้ใหญ่ ในช่วงเวลากลางวัน (12:00 น.) และช่วงเวลากลางคืน (0:00 น.) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 25 เมษายน 2557 มหาวิทยาลัยแม่โจ้)



รูปที่ 4.67 ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลง บริเวณใต้ต้นไม้ใหญ่ของสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด (ข้อมูลวันที่ 25 เมษายน 2557 มหาวิทยาลัยแม่โจ้)

- ช่วงจันทร์เฮอริเทจ จ.เชียงใหม่

ผู้วิจัยมีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศตลอด 24 ชั่วโมง จากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่แตกต่างกันของแต่ละสภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้ง ภายในโครงการช่วงจันทร์เฮอริเทจฯ จ.เชียงใหม่ เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ของตัวแปรจากปัจจัยสภาพแวดล้อมและตัวแปรจากปัจจัยองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่

กลุ่มตัวอย่างองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ประกอบด้วย

9) พื้นดินแห้ง (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.19 Kcal/g °C)
10) พื้นไม้ (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.2 Kcal/g °C)
11) พื้นอิฐโบราณ (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.22 Kcal/g °C)
12) พื้นหญ้าชุ่มน้ำ (โล่งแจ้ง)	มีค่าความจุความร้อน	= 0.7 Kcal/g °C)

ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพล ประกอบด้วย

- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (W/m²/h)
- ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (%)
- ความเร็วลม (m/s)

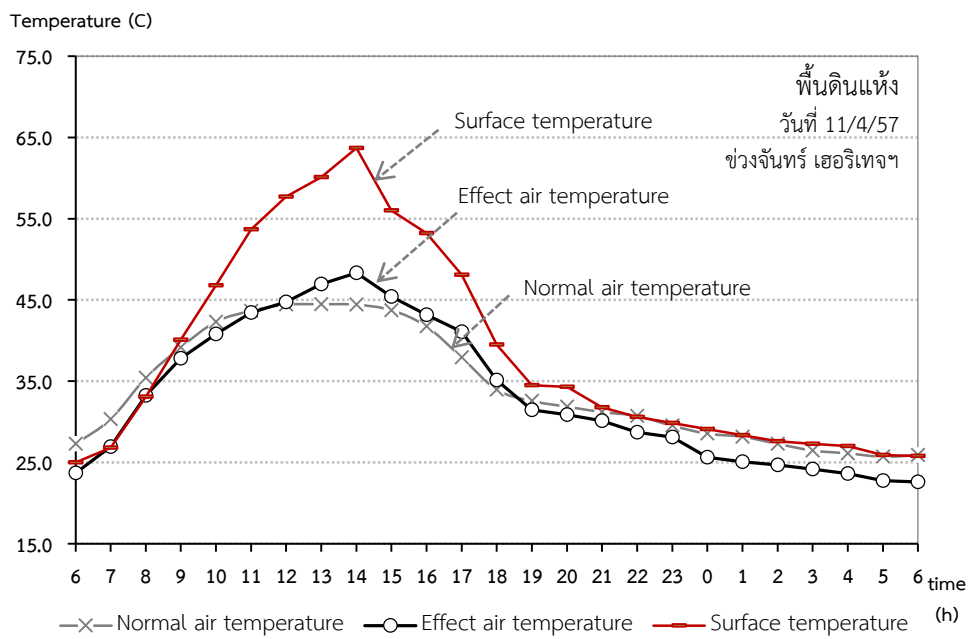


รูปที่ 4.68 แสดงสภาพแวดล้อมพื้นที่ขนาดกลาง ภายในพื้นที่โครงการช่วงจันทร์เฮอริเทจ จ.เชียงใหม่ (วันที่ 11 เมษายน 2557)

9) พื้นดินแห้ง (โล่งแจ้ง)



รูปที่ 4.69 แสดงลักษณะบริเวณพื้นดินแห้ง ภายในสภาพแวดล้อมโครงการช่วงจันทร์เฮอริเทจฯ

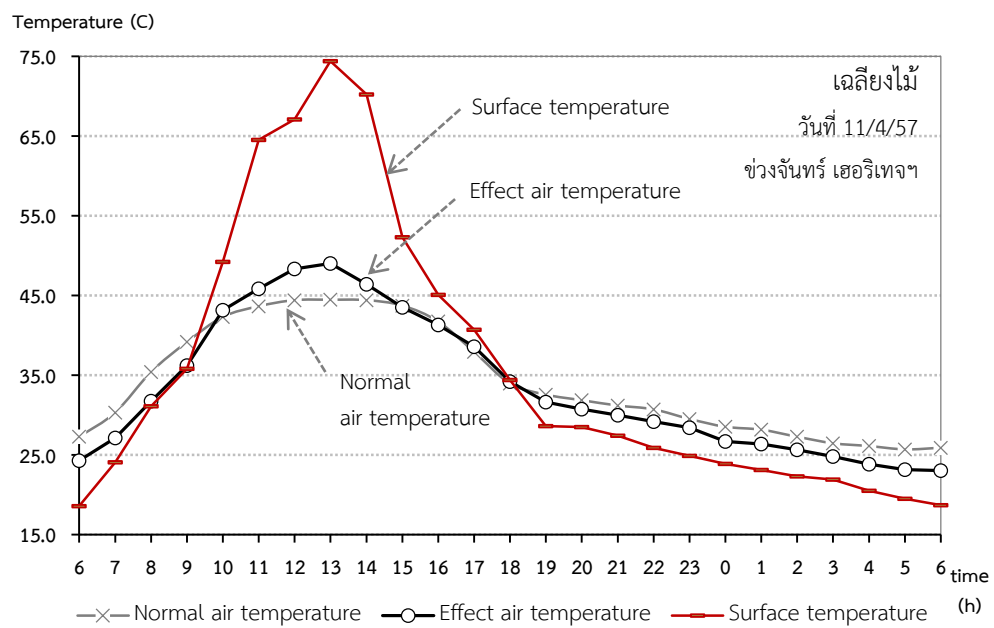


รูปที่ 4.70 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นดินแห้ง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 11 เมษายน 2557)

10) พื้นไม้ (โล่งแจ้ง)

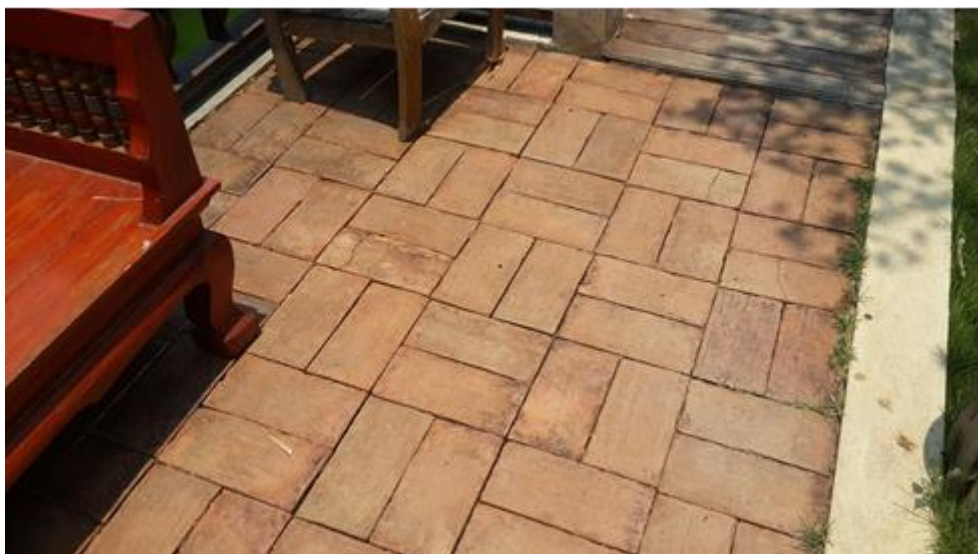


รูปที่ 4.71 แสดงลักษณะบริเวณพื้นไม้ ภายในสภาพแวดล้อมโครงการช่วงจันทร์เฮอริเทจฯ

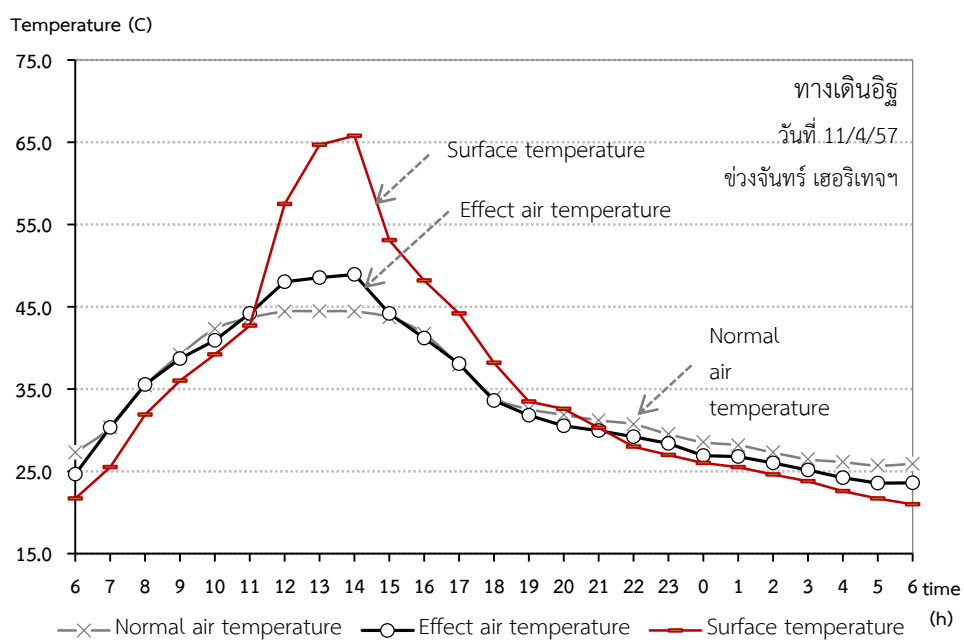


รูปที่ 4.72 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นไม้ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 11 เมษายน 2557)

11) พื้นทางเดินอิฐ (โล่งแจ้ง)



รูปที่ 4.73 แสดงลักษณะบริเวณพื้นทางเดินอิฐ ภายในสภาพแวดล้อมโครงการช่วงจันทร์เฮอริเทจฯ

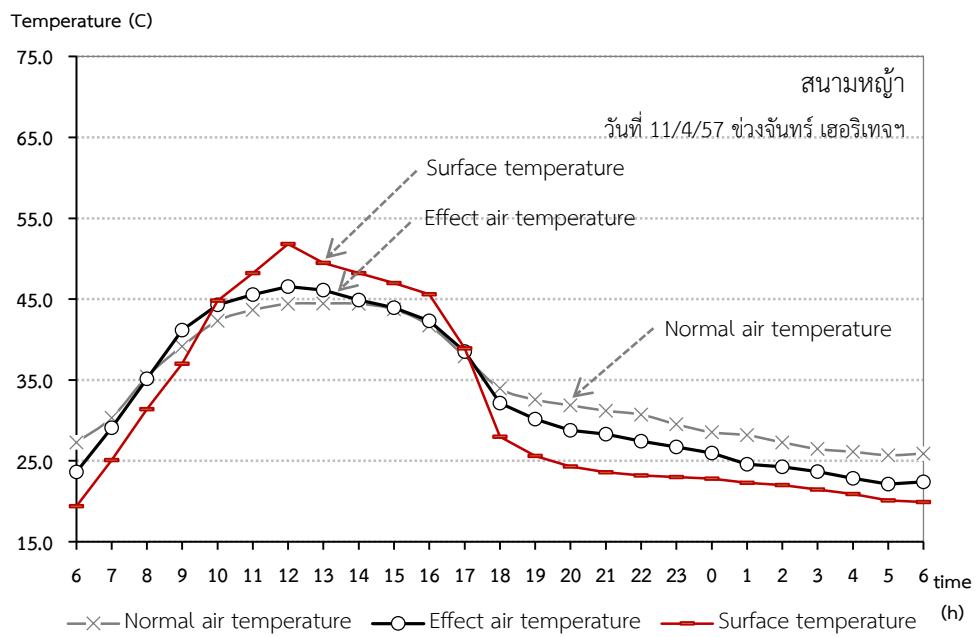


รูปที่ 4.74 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นทางเดินอิฐ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 11 เมษายน 2557)

12) พื้นหญ้า (โล่งแจ้ง)



รูปที่ 4.75 แสดงลักษณะบริเวณพื้นหญ้า ภายในสภาพแวดล้อมโครงการช่วงจันทร์เฮอริเทจฯ



รูปที่ 4.76 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นหญ้า เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 11 เมษายน 2557)

- บ้านพักอาศัย จ.เชียงใหม่

ผู้วิจัยมีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศตลอด 24 ชั่วโมง จากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่แตกต่างกันของแต่ละสภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งและใต้ร่มเงา บริเวณบ้านพักอาศัย จ.เชียงใหม่ เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ของตัวแปรจากปัจจัยสภาพแวดล้อมและตัวแปรจากปัจจัยองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่

กลุ่มตัวอย่างองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ประกอบด้วย

- | | | |
|-------------------------------------|---------------------|------------------|
| 13) พื้นกระเบื้องเซรามิก (โล่งแจ้ง) | มีค่าความจุความร้อน | = 0.2 Kcal/g °C |
| 14) พื้นไม้ (ในร่ม) | มีค่าความจุความร้อน | = 0.2 Kcal/g °C |
| 15) พื้นบล็อกหญ้า (โล่งแจ้ง) | มีค่าความจุความร้อน | = 0.46 Kcal/g °C |
| 16) พื้นบล็อกหญ้า (ในร่ม) | มีค่าความจุความร้อน | = 0.46 Kcal/g °C |

ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพล ประกอบด้วย

- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ($W/m^2/h$)
- ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (%)
- ความเร็วลม (m/s)

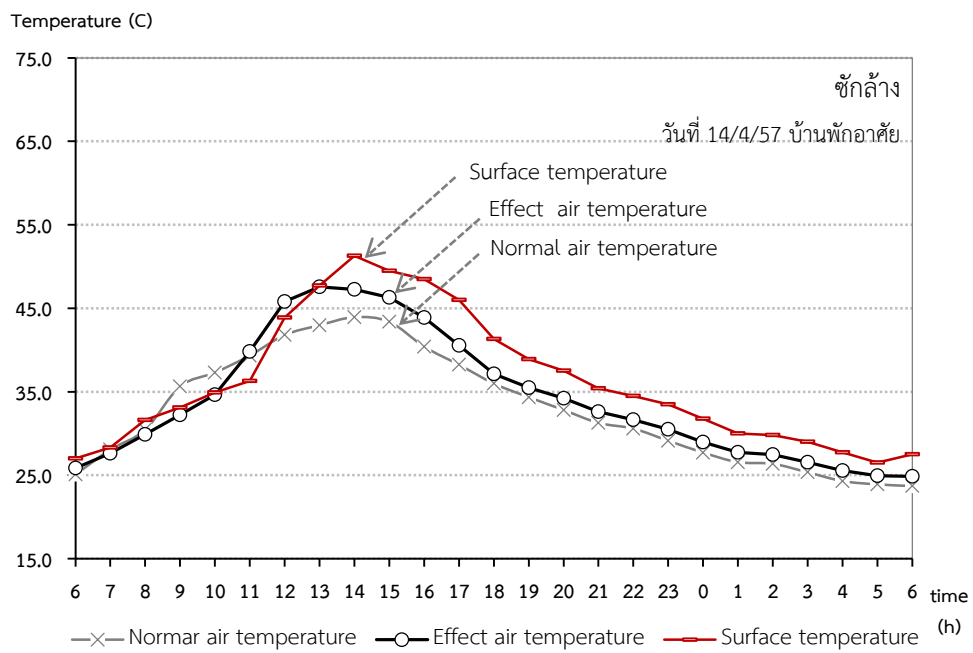


รูปที่ 4.77 แสดงสภาพแวดล้อมพื้นที่ขนาดเล็ก ภายในบ้านพักอาศัย จ.เชียงใหม่
(วันที่ 14 เมษายน 2557)

13) พื้นกระเบื้องเซรามิก (โล่งแจ้ง)

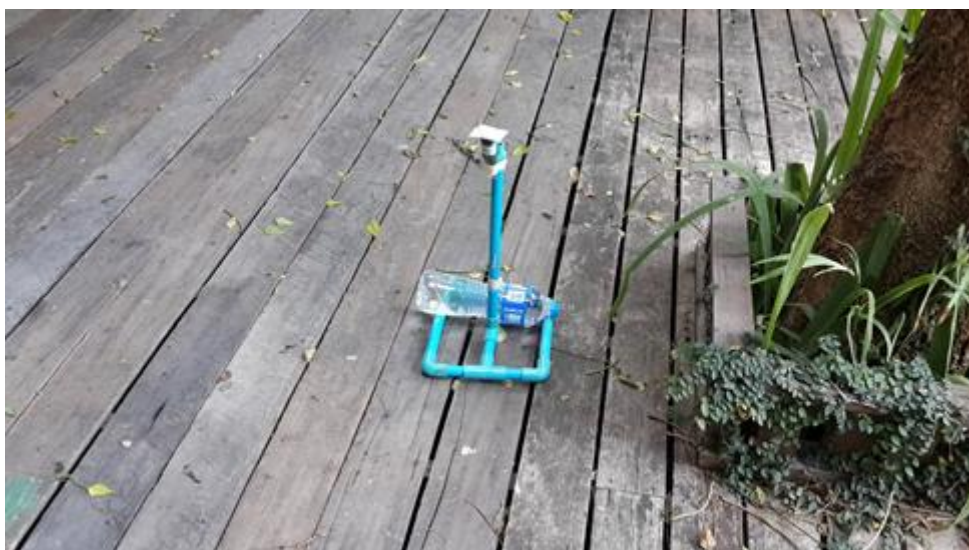


รูปที่ 4.78 แสดงลักษณะบริเวณพื้นกระเบื้องเซรามิก ภายในบ้านพักอาศัย

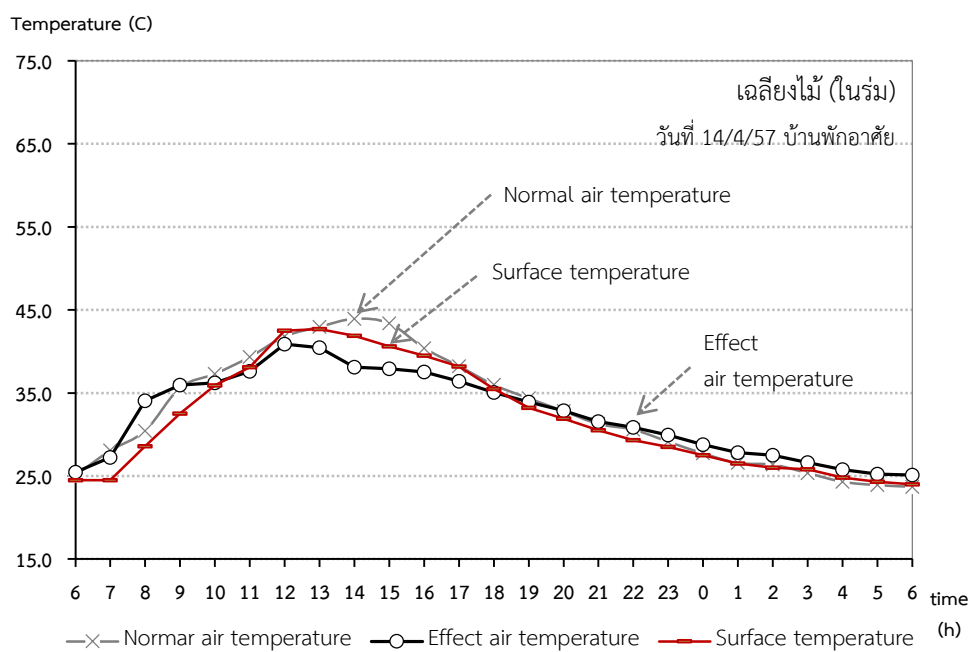


รูปที่ 4.79 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นกระเบื้องเซรามิก เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 14 เมษายน 2557)

14) พื้นไม้ (ในร่ม)



รูปที่ 4.80 แสดงลักษณะบริเวณพื้นไม้ (ในร่ม) ภายในบ้านพักอาศัย

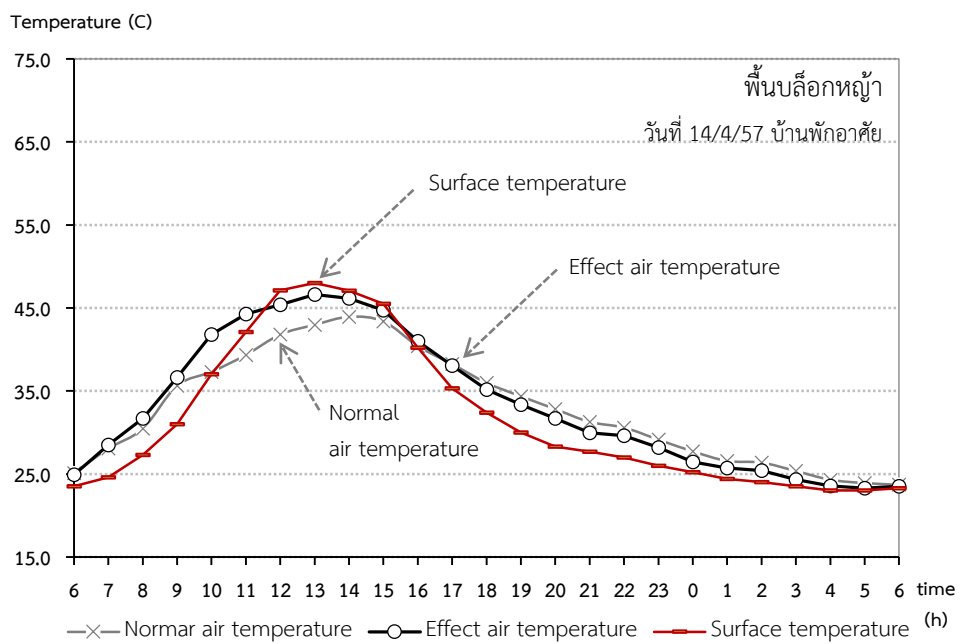


รูปที่ 4.81 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นไม้ (ในร่ม) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 14 เมษายน 2557)

15) พื้นบล็อกหญ้า (โล่งแจ้ง)



รูปที่ 4.82 แสดงลักษณะบริเวณพื้นบล็อกหญ้า ภายในบ้านพักอาศัย

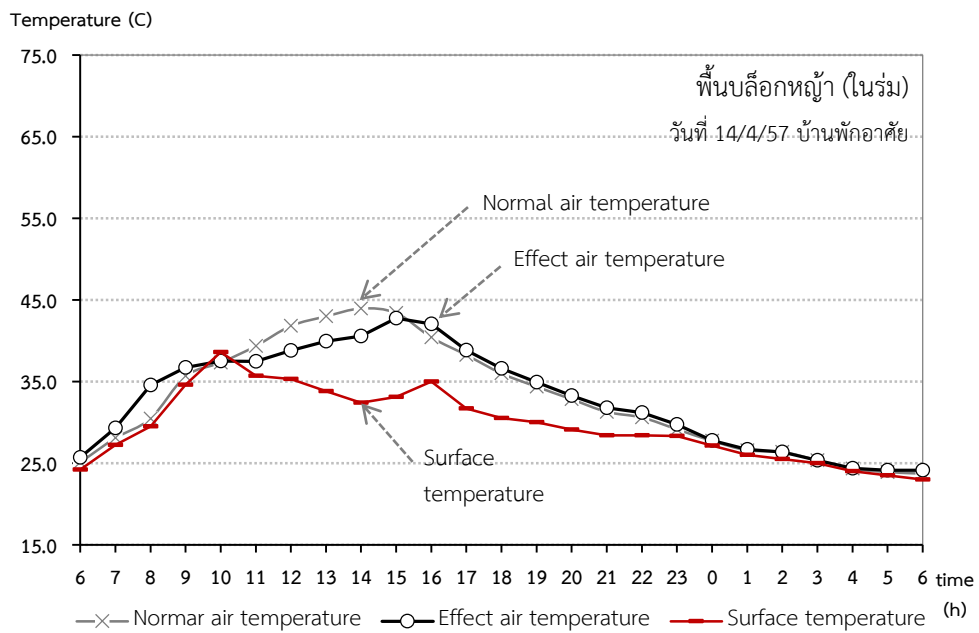


รูปที่ 4.83 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นบล็อกหญ้า เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 14 เมษายน 2557)

16) พื้นบล็อกหญ้า (ในร่ม)



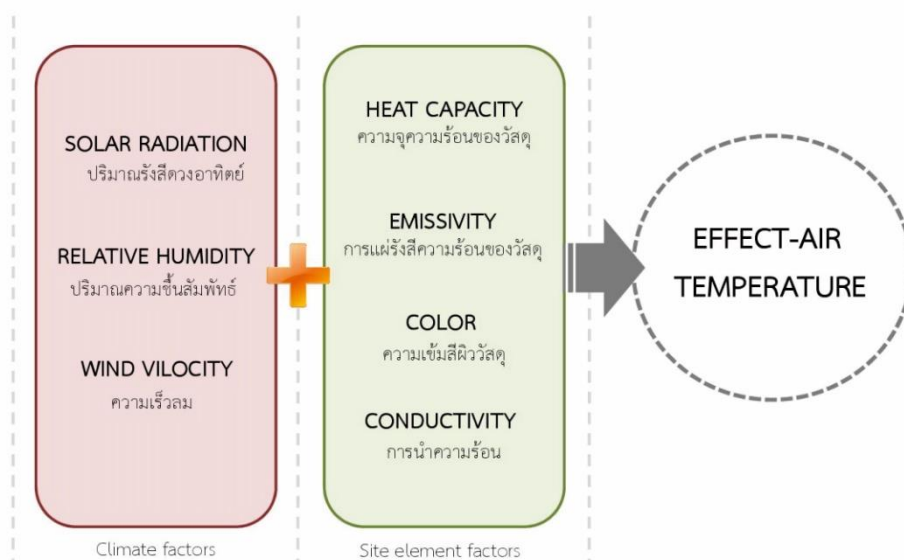
รูปที่ 4.84 แสดงลักษณะบริเวณพื้นบล็อกหญ้า (ในร่ม) ภายในบ้านพักอาศัย



รูปที่ 4.85 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวจากอิทธิพลพื้นบล็อกหญ้า (ในร่ม) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (ข้อมูลวันที่ 14 เมษายน 2557)

อิทธิพลขององค์ประกอบรอบที่ตั้งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละสภาพแวดล้อม ทั้งนี้เกิดจากถ่ายเทความร้อนผ่านผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศตลอด 24 ชั่วโมง พบว่า สภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยวัสดุมีค่าความจุความร้อนต่ำจะมีการถ่ายเทความร้อนในปริมาณที่มากกว่าสภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูง สิ่งที่ได้จากรับอุณหภูมิผิววัสดุแต่ละชนิด วัสดุที่มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศจะถ่ายความร้อนสู่สภาพแวดล้อมได้ง่ายกว่าวัสดุที่มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าหรือใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศ ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน เช่น สภาพแวดล้อมพื้นดินแห้ง ซึ่งมีค่าความจุความร้อนต่ำจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นสูงกว่าสภาพแวดล้อมพื้นหญ้า ซึ่งมีค่าความจุความร้อนสูง

องค์ประกอบรอบที่ตั้งในสภาพแวดล้อมที่ได้รับอิทธิพลปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด คือ องค์ประกอบระนาบพื้น เนื่องจากทิศทางการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์กระทำมุมในแนวตั้งฉากกับวัสดุพื้นในช่วงเวลากลางวันซึ่งมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด และลดอิทธิพลลงในช่วงเวลาเช้าและบ่าย ส่งผลทำให้มีปริมาณความร้อนสะสมในตัววัสดุสูงและเป็นระยะเวลานาน ปริมาณความร้อนที่สะสมในตัววัสดุจะถูกถ่ายเทสู่สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าผิววัสดุ โดยการแผ่รังสีความร้อน อิทธิพลความร้อนดังกล่าวจะลอยตัวขึ้นปะปนกับอากาศในสภาพแวดล้อมบริเวณนั้น ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่มีอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป



รูปที่ 4.86 ตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

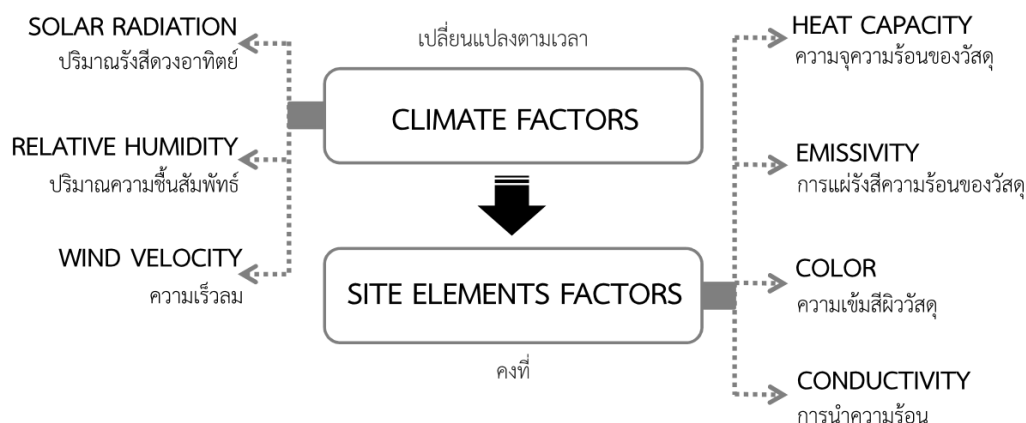
4.2 สมการทำนายอุณหภูมิอากาศ จากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพล

อิทธิพลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากปัจจัยสภาพแวดล้อม ประกอบด้วยตัวแปร 3 ตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และตัวแปรความเร็วลม อิทธิพลดังกล่าวเป็นปัจจัยที่เกิดจากสภาพภูมิอากาศขนาดใหญ่ ส่งผลต่อการเกิดปริมาณความร้อนของวัสดุในระดับที่แตกต่างกันตามตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพล 4 ตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ ตัวแปรการสะท้อนรังสีความร้อนของผิววัสดุ ตัวแปรความเข้มสีของวัสดุ และตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุ โดยตัวแปรดังกล่าวเป็นปัจจัยภายในที่เกิดจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งในสภาพแวดล้อมนั้นๆ ตัวแปรจากสภาพแวดล้อมและตัวแปรจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งถือเป็นตัวแปรต้นที่ส่งผลทำให้ตัวแปรตาม ได้แก่ อุณหภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลง

ค่าตัวแปรดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงและส่งอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศในแต่ละช่วงเวลา การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลเพื่อใช้ทำนายอุณหภูมิอากาศ จะต้องเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไปตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อมที่เกิดจากปัจจัยที่มีอิทธิพล ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศทั้งหมด สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ตามแหล่งที่มาของอิทธิพล ดังนี้

1. ปัจจัยสภาพแวดล้อม
 - ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation)
 - ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Relative humidity)
 - ตัวแปรความเร็วลม (Wind velocity)
2. ปัจจัยองค์ประกอบรอบที่ตั้ง
 - ตัวแปรความจุความร้อน (Heat capacity)
 - ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ (Emissivity)
 - ตัวแปรความเข้มสีผิววัสดุ (Color)
 - ตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุ (Conductivity)

ปัจจัยสภาพแวดล้อมเป็นตัวแปรที่เกิดจากแหล่งอิทธิพลสภาพแวดล้อมขนาดใหญ่ ได้แก่ (1) ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ (2) ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และ (3) ตัวแปรความเร็วลม ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศโดยตรง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในแต่ละช่วงเวลาจะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามปัจจัยดังกล่าวนี้ การควบคุมปัจจัยภายนอกจะสามารถลดอิทธิพลการเกิดความร้อน-ความเย็นของสภาพแวดล้อมได้



รูปที่ 4.87 ตัวแปรสภาพแวดล้อมและตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่

ปัจจัยองค์ประกอบรอบที่ตั้งเป็นตัวแปรที่เกิดจากแหล่งสภาพแวดล้อมขนาดเล็กหรือเฉพาะพื้นที่ ได้แก่ (1)ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ (2)ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ (3)ตัวแปรความเข้มสีผิววัสดุ (4)ตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุ ซึ่งเป็นอิทธิพลที่เกิดจากสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่ การเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งดังกล่าว จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมได้

ปัจจัยสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การควบคุมอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมจึงต้องใช้ปัจจัยจากลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้ที่จะสร้างสรรค์สภาพแวดล้อมให้มีอุณหภูมิอากาศใกล้เคียงสภาวะน่าสบายของมนุษย์

การทำนายระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่ที่สามารถคำนวณได้จากตัวแปรที่มีอิทธิพล ดังนี้ (1)ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ (2)ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และ(3)ตัวแปรความเร็วลม และ(4)ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ ส่วน (5)ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ (6)ตัวแปรความเข้มสีผิววัสดุ และ(7)ตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุ เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หรือ R Square จะมีอิทธิพลต่อการทำนายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่น้อย ส่งผลต่อค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือ Standard error ที่ลดลงไม่ถึง 1 องศาเซลเซียส ทำให้ตัวแปร (1)-(4) ดังกล่าวข้างต้น เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลในการสร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ

ความแตกต่างระหว่างกลางวัน-กลางคืนมีผลต่อความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม ระหว่างตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุกับตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งอิทธิพลความร้อนจากสภาพท้องฟ้าในช่วงเวลากลางวัน ส่วนช่วงเวลากลางคืน สภาพท้องฟ้าจะเป็นแหล่งอิทธิพลความเย็นให้กับ

วัสดุในสภาพแวดล้อม ส่งผลต่อความแตกต่างของสมการทำนายอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลากลางคืน อีกทั้ง ข้อมูลการวิจัยพบว่าสภาพอากาศช่วงมีลมกับไม่มีลมส่งผลต่อการทำนาย การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในระดับที่แตกต่างกัน

งานวิจัยชิ้นนี้มีแนวคิดที่จะเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่ให้ ใกล้เคียงสภาวะน่าสบายของมนุษย์ โดยใช้อิทธิพลจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งควบคุมปัจจัย สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ ได้แก่ ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ ในอากาศ ตัวแปรความเร็วและอุณหภูมิลม รวมถึงตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ ความสัมพันธ์ของ ตัวแปรดังกล่าว สามารถทำนายระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมได้จากสมการ



4.2.1 ความสัมพันธ์ของตัวแปรสภาพแวดล้อมและตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ตลอด 24 ชั่วโมง

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่จำเป็นต้องทราบตัวแปรจากปัจจัยที่มีอิทธิพล ได้แก่ ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมและปัจจัยจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง อิทธิพลจากตัวแปรของ 2 ปัจจัยนี้ จะสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ของสภาพแวดล้อมที่มีลักษณะที่แตกต่างกันได้ ตัวแปรจากปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพล ได้แก่ ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ ตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ และตัวแปรความเร็วลม ส่วนตัวแปรจากปัจจัยองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพล ได้แก่ ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ ตัวแปรความชื้นสีผิววัสดุ และตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุ โดยมีระดับอุณหภูมิอากาศทั่วไปเป็นตัวเปรียบเทียบและใช้ในการหาค่าความแตกต่างของตัวแปรตาม คือ อุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศตลอด 24 ชั่วโมง จะทำให้ทราบถึงระดับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมในแต่ละช่วงเวลา

การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศสามารถ แบ่งได้ดังนี้

ตัวแปรจากปัจจัยสภาพแวดล้อม

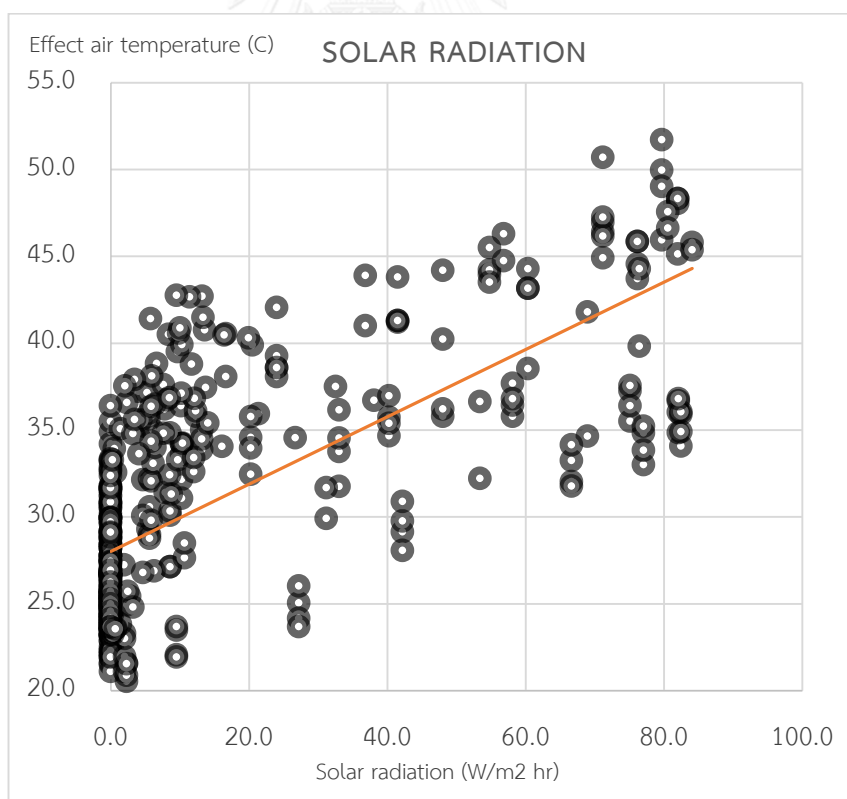
- 1) ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
- 2) ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
- 3) ตัวแปรความเร็วลมต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

ตัวแปรจากปัจจัยองค์ประกอบรอบที่ตั้ง

- 4) ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
- 5) ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
- 6) ตัวแปรความชื้นสีวัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
- 7) ตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

1) ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีความสัมพันธ์แบบแปรผันกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ กล่าวคือ เมื่อปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีระดับเพิ่มสูงขึ้น จะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย จากรูปที่ 4.88 เส้นแนวโน้มแสดงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นทุกๆ $14.65 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ ($50 \text{ Btu/ft}^2/\text{h}$) ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้น 3 องศาเซลเซียส การกระจายตัวของข้อมูลในกราฟแสดงให้เห็นถึงข้อมูลอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากสภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่แตกต่างกัน ส่งผลทำให้มีระดับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วงกว้าง เนื่องจากในแต่ละสภาพแวดล้อมยังมีอิทธิพลจากปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ เช่น ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม และปัจจัยจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง เป็นต้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลากลางวัน เมื่อปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้มีอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเพิ่มขึ้น การปรับแต่งสภาพแวดล้อมโดยการลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ จะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณนั้นลดต่ำลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.88 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ กับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ตลอด 24 ชั่วโมง

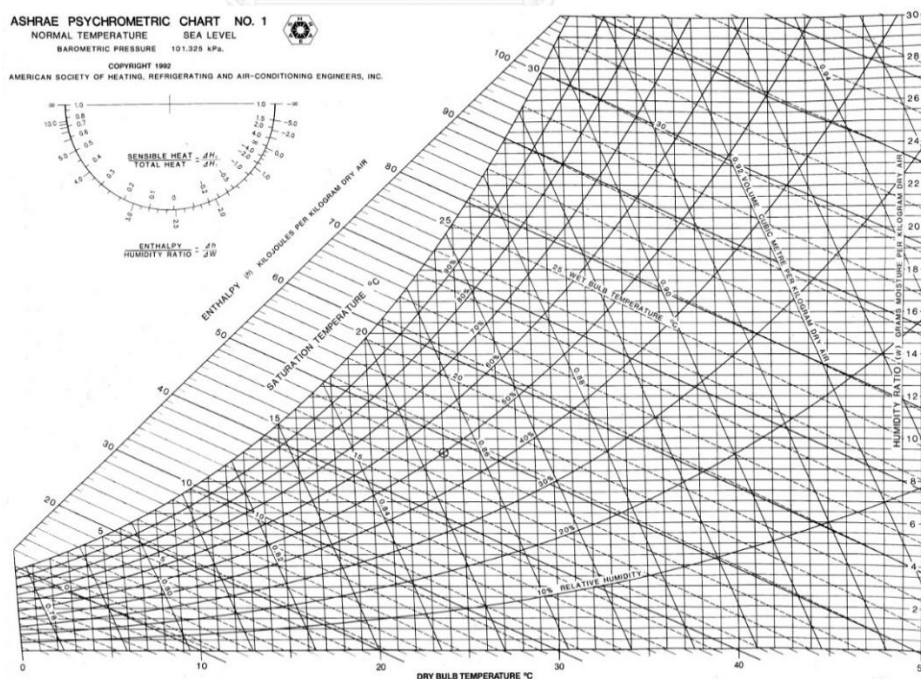
Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.599 ^a	.358	.355	4.0559

a. Predictors: (Constant), Solar radiation

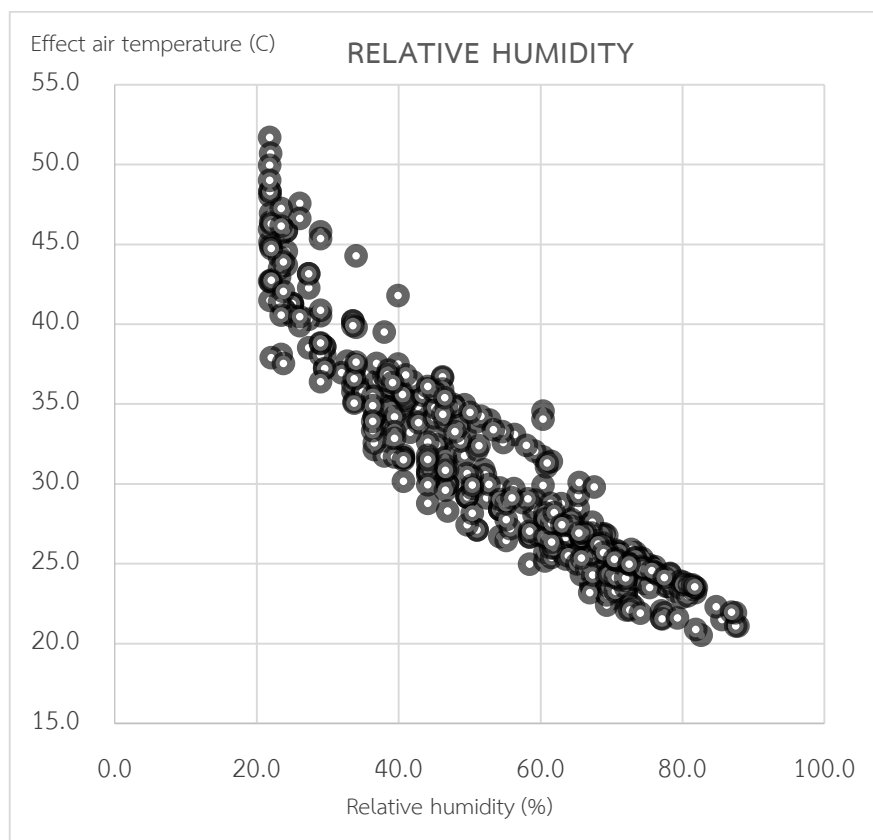
รูปที่ 4.89 แสดงค่า R Square จากปัจจัยการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

2) ตัวแปรความสัมพันธ์ในอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เป็นอัตราส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอน้ำในอากาศกับระดับอุณหภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นสัมพัทธ์จะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ กล่าวคือ เมื่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลทำให้ระดับอุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงลดลง ในสภาพแวดล้อมที่ไม่การเก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเวลากลางวันตั้งแต่ 21% จนถึง 73% ในช่วงเวลารุ่งเช้า สำหรับในช่วงเวลากลางวันมีปริมาณความชื้นที่ต่ำส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าสภาวะน่าสบาย จากรูป 4.91 เส้นแนวโน้มบอกถึงค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ลดลง 10% ต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศ 3.8 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.90 แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ บนแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric chart)



รูปที่ 4.91 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ กับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ตลอด 24 ชั่วโมง

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.962 ^a	.926	.925	1.3814

a. Predictors: (Constant), Relative humidity

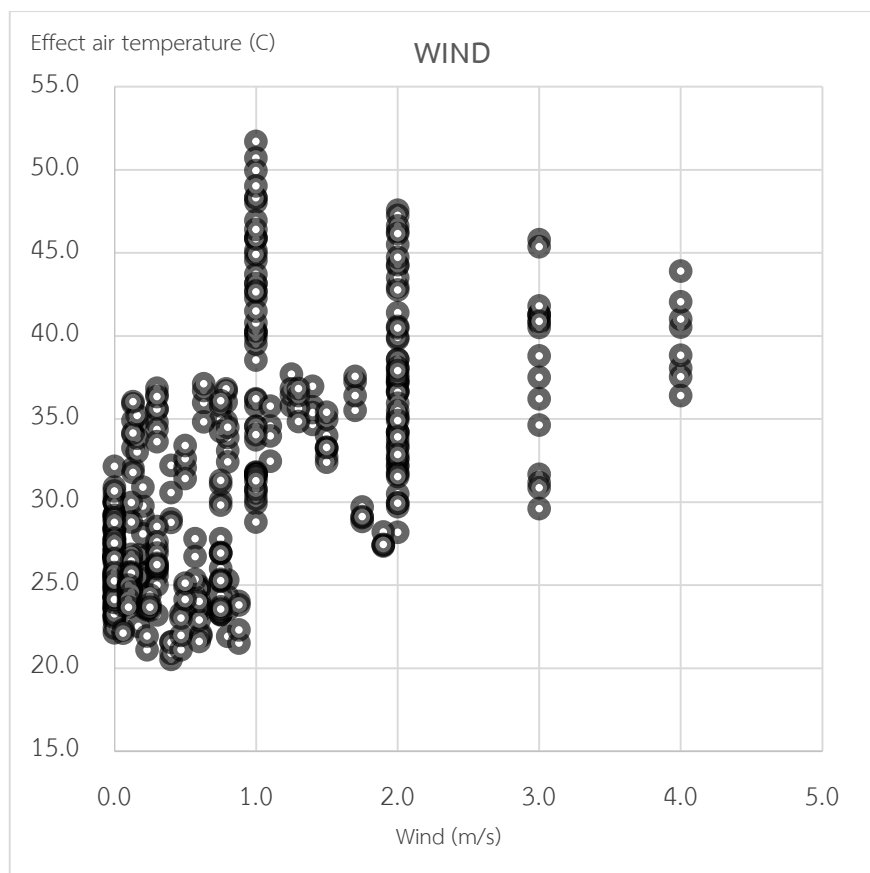
รูปที่ 4.92 แสดงค่า R Square จากปัจจัยปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

ในช่วงเวลากลางวันซึ่งมีอุณหภูมิอากาศสูงเกินกว่าสภาวะน่าสบายของมนุษย์จะมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าช่วงเวลากลางคืน ความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าวสามารถทำให้ทราบถึงระดับการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศช่วงเวลากลางวันที่ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมลดลงได้

3) ตัวแปรความเร็วลมต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากความเร็วลม เป็นอิทธิพลจากอุณหภูมิอากาศของลมต้นทาง การเคลื่อนที่ของอากาศจะพาเอาปริมาณความร้อนและความเย็น ของสภาพแวดล้อมหนึ่งมาสู่อีกสภาพแวดล้อมหนึ่ง โดยอุณหภูมิอากาศจะถูกเปลี่ยนถ่ายความร้อน-ความเย็นไปตามระยะทางที่ได้รับอิทธิพล ในสภาพแวดล้อมที่มีการเก็บข้อมูลช่วงฤดูร้อน จะพบว่า เมื่อความเร็วลมเพิ่มสูงขึ้นส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากกระแสลมที่พัดมาในช่วงเวลาดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ทั้งนี้ มีบางสภาพแวดล้อมที่อิทธิพลความเร็วลมจะทำให้อุณหภูมิอากาศลดลง จากรูปที่ 4.93 สภาพแวดล้อมในการเก็บข้อมูลส่วนใหญ่จะมีปริมาณความเร็วลมต่ำกว่า 1 m/s ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในช่วงกว้าง ตั้งแต่ 26-52 องศาเซลเซียส นั้นแสดงให้เห็นถึงความเร็วลมสามารถช่วยเพิ่มอุณหภูมิอากาศและลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมได้ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมต้นทิศทางลม

ความสัมพันธ์ของปัจจัยดังกล่าว สามารถทำให้ทราบถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต้นทิศทางลม ในการลดอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางวันจะต้องสร้างสรรค์สภาพแวดล้อมต้นทางให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ อิทธิพลของกระแสลมจึงจะสามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมนั้นได้ เมื่อกระแสลมมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศอิทธิพลความเร็วลมจะสามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลความรู้สึกละมุนของมนุษย์ได้



รูปที่ 4.93 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยความเร็วลม กับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง จากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ตลอด 24 ชั่วโมง

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.396 ^a	.157	.153	4.6490

a. Predictors: (Constant), Wind

รูปที่ 4.94 แสดงค่า R Square จากปัจจัยความเร็วลมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

4) ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

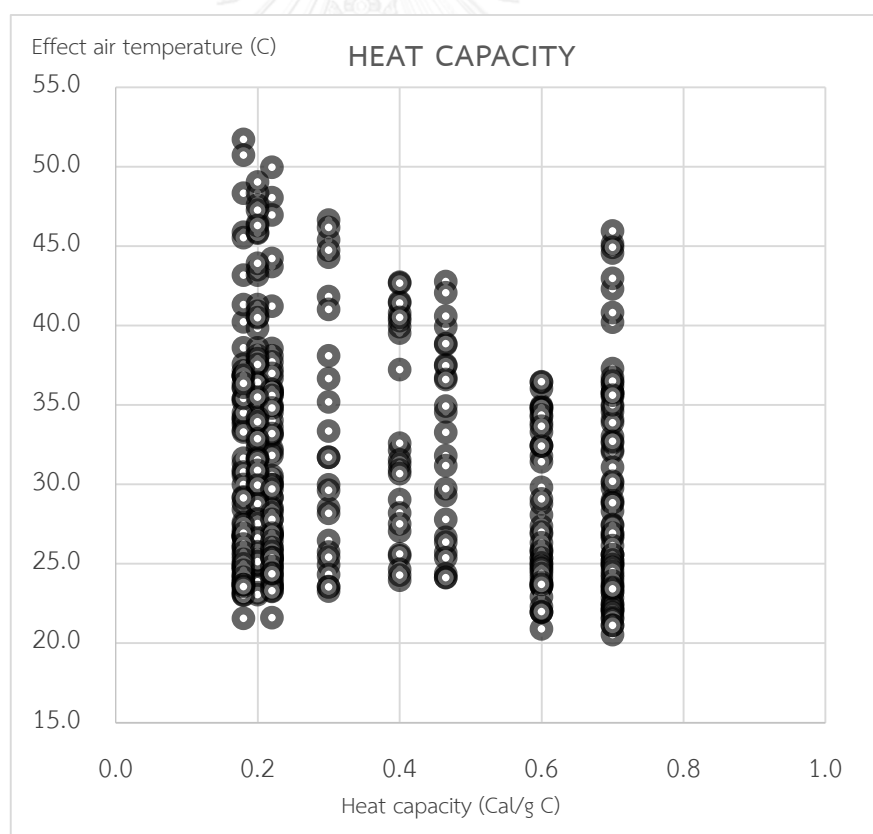
อิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งซึ่งถือเป็นปัจจัยที่เกิดจากลักษณะทางกายภาพของสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน มีตัวแปรที่ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ความจุความร้อนของวัสดุ การสะท้อนรังสีความร้อนของผิววัสดุ การนำความร้อนของวัสดุ และความชื้นของวัสดุ ซึ่งตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือ ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ

ผู้วิจัยได้ใช้ตัวแปรดังกล่าว หาความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อม 16 สภาพแวดล้อมตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าสภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีค่าความจุความร้อนสูง จะมีระดับอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าสภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศตลอด 24 ชั่วโมง ในสภาพแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยพื้นผิวคอนกรีต ซึ่งมีค่าความจุความร้อนต่ำที่ 0.22 Kcal/g C พบว่ามีระดับอุณหภูมิอากาศสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 22 ชั่วโมงซึ่งคิดเป็นร้อยละ 95 ของระยะเวลาทั้งวัน มีเพียง 2 ชั่วโมงในช่วงเวลาใกล้รุ่งเช้าที่มีระดับอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป ส่วนสภาพแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยพื้นดินชุ่มน้ำซึ่งมีค่าความจุความร้อนสูงที่ 0.6 Kcal/g C พบว่ามีระดับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปเล็กน้อยในช่วงเวลากลางวันและในช่วงเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิอากาศใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศทั่วไป จากรูป 4.95 บ่งบอกถึงอิทธิพลการลดลงของอุณหภูมิอากาศจากตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ โดยเมื่อค่าความจุความร้อนของวัสดุเพิ่มขึ้น 1.44 Kcal/g C จะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศลดลง 1 องศาเซลเซียส ส่วนสภาพแวดล้อมได้ร่มเงามีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย $7.61 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ (26 Btu/ft²h) หรือลดลงร้อยละ 78 จากสภาพแวดล้อมโล่งแจ้ง เมื่อแหล่งอิทธิพลความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ลดลงจะส่งผลทำให้เกิดปริมาณความร้อนสะสมในตัววัสดุน้อยทำให้อิทธิพลการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศใต้พื้นที่ร่มเงาน้อยกว่าพื้นที่โล่งแจ้ง

ความสัมพันธ์ของปัจจัยดังกล่าวสามารถทำให้ทราบถึงระดับอิทธิพลขององค์ประกอบรอบที่ตั้งที่สามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่ได้ องค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีค่าความจุความร้อนสูงจะสามารถช่วยให้อุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นน้อยกว่าองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ เนื่องจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีค่าความจุความร้อนของวัสดุสูง จะสามารถรองรับปริมาณความร้อนจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ได้มากกว่าองค์ประกอบที่ตั้งที่มีค่าความจุความร้อนของวัสดุต่ำ ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในระดับต่ำกว่าสภาพแวดล้อมทั่วไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพหน่วงความร้อน (Time lag) ของวัสดุแต่ละชนิด สภาพแวดล้อมที่

ประกอบด้วยวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูงจะส่งผลทำให้ความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวัน-กลางคืนลดลง และการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จากร่มเงาต้นไม้ใหญ่จะสามารถลดแหล่งที่มาความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งส่งผลต่อระยะเวลาในการรองรับปริมาณความร้อนจากตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุได้ตลอดทั้งวัน ส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมใต้ร่มเงาต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป

การออกแบบสภาพแวดล้อมให้มีพื้นที่ร่มเงาแก่วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ จะสามารถลดการสะสมความร้อนให้กับวัสดุเหล่านั้นได้ เมื่อวัสดุมีการสะสมความร้อนในปริมาณน้อยการถ่ายเทความร้อนจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งวัสดุสภาพแวดล้อมจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆหรือเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งเป็นช่วงที่ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์หมดอิทธิพลลง ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่เปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป



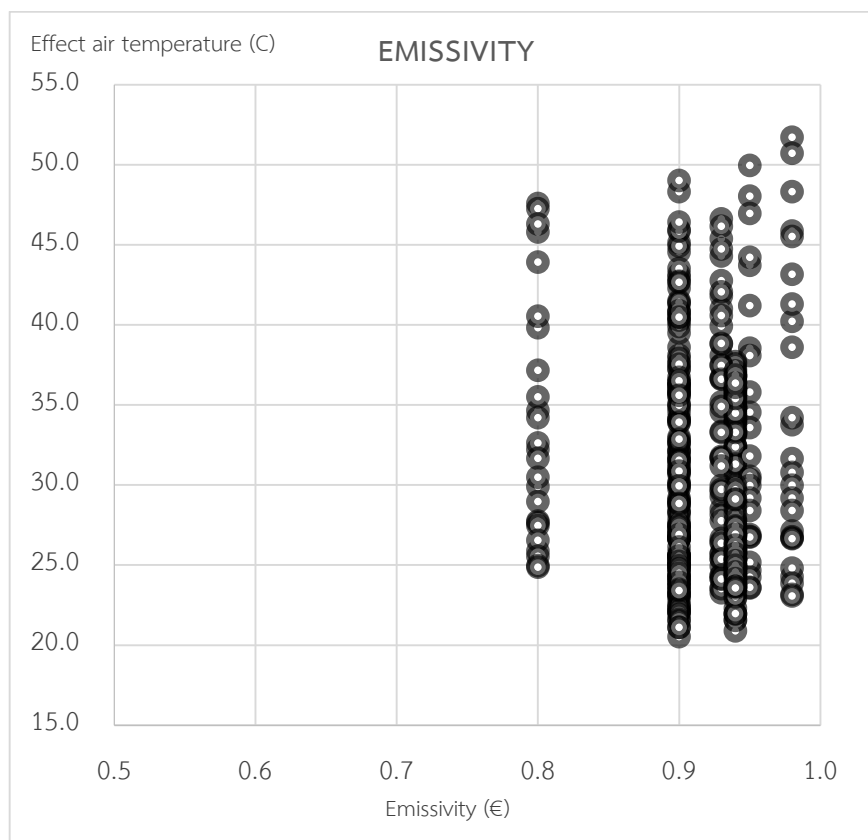
รูปที่ 4.95 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความจุความร้อน กับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจากสภาพแวดล้อมพื้นที่ใต้ร่มเงา

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.109 ^a	.012	.007	5.0329
a. Predictors: (Constant), Heat capacity				

รูปที่ 4.96 แสดงค่า R Square จากตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ



5) ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ



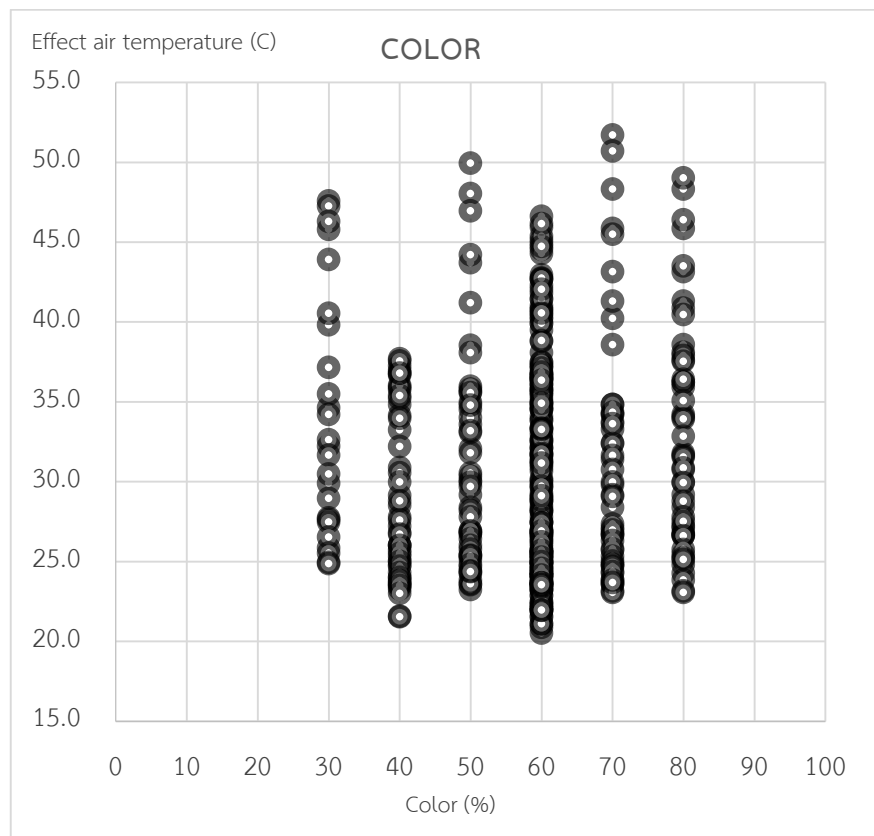
รูปที่ 4.97 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ กับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจากสภาพแวดล้อมพื้นที่ได้ร่มเงา

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.062 ^a	.004	-.001	5.0531

a. Predictors: (Constant), Emiss

รูปที่ 4.98 แสดงค่า R Square จากตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

6) ตัวแปรความเข้มสีผิววัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ



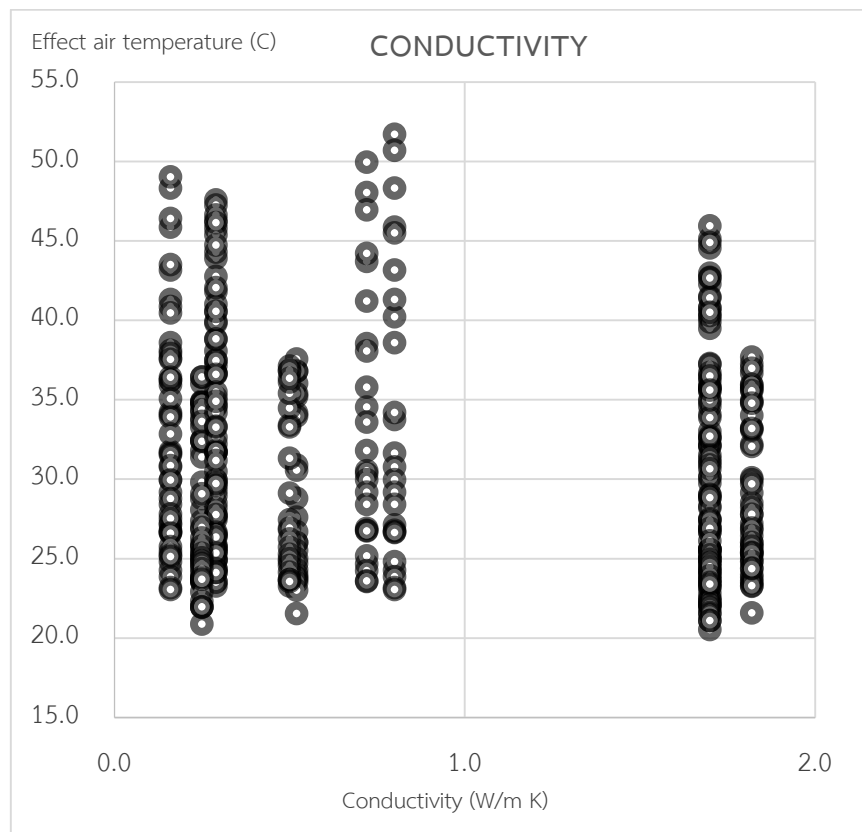
รูปที่ 4.99 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความเข้มสีผิววัสดุกับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจากสภาพแวดล้อมพื้นที่ได้ร่มเงา

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.067 ^a	.005	.000	5.0514

a. Predictors: (Constant), Color

รูปที่ 4.100 แสดงค่า R Square จากตัวแปรความเข้มสีผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

7) ตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 4.101 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุกับอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจากสภาพแวดล้อมพื้นที่ได้รุ่มเงา

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.024 ^a	.001	-.004	5.0614

a. Predictors: (Constant), Conduct

รูปที่ 4.102 แสดงค่า R Square จากตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุองค์ประกอบรอบที่ติดตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

สรุปปัจจัยสภาพแวดล้อมและองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้แก่

1. ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Relative humidity)

ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีความสัมพันธ์กับเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศโดยตรง ในสภาพอากาศปกติเมื่อมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศลดลง และในทางกลับกันเมื่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศลดลงจะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หรือ R Square = .926 ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศสูงสุด

2. ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation)

รังสีดวงอาทิตย์เป็นแหล่งอิทธิพลความร้อนหลักของสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมขนาดใหญ่ เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน โดยตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์จะมีอิทธิพลชัดเจนที่สุดในช่วงเวลากลางวัน สำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่ ขึ้นอยู่กับอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่แตกต่างกัน การสกัดกันการแผ่รังสีดวงอาทิตย์จากองค์ประกอบรอบที่ตั้งจะทำให้อิทธิพลของตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ลดลง ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หรือ R Square = .358

3. ตัวแปรความเร็วลม (Wind velocity)

ความเร็วลมเป็นปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับอุณหภูมิของอากาศของลมต้นทาง ลมที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป(ลมร้อน) ส่วนลมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป(ลมเย็น) และลมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป(ลมหนาว) ส่วนความเร็วลมจะมีอิทธิพลทำให้อุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกับลมต้นทาง มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หรือ R Square = .157 เป็นตัวแปรจากสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศน้อยที่สุด

4. ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ (Heat capacity)

ความจุความร้อนของวัสดุเป็นตัวแปรจากปัจจัยจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลน้อยกว่าตัวแปรจากปัจจัยสภาพแวดล้อม แต่มีอิทธิพลสูงสุดต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ เนื่องจากตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุมีความสัมพันธ์โดยตรงกับตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งอิทธิพลความร้อนหลักของสภาพแวดล้อม สภาพแวดล้อมโล่งแจ้งที่ประกอบไปด้วยวัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำจะส่งผลทำให้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศอยู่ในระดับที่สูงกว่าสภาพแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยวัสดุที่มีความจุความร้อนสูง ทั้งนี้ การสกัดกันปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จากพื้นที่ร่มเงาแก่วัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำ จะสามารถลดอิทธิพลตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศได้ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หรือ R Square = .120

5. ตัวแปรการสะท้อนรังสีความร้อนของผิววัสดุ (Emissivity)

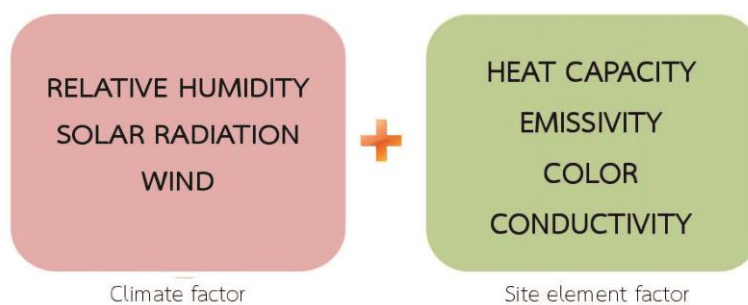
การสะท้อนรังสีความร้อนของผิววัสดุเป็นปัจจัยจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่บ่งบอกถึงความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุแต่ละชนิด การตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์กับผิววัสดุจะสะท้อนรังสีความร้อนสู่สภาพแวดล้อมในระดับที่แตกต่างกันตามค่า Emissivity ของวัสดุ (วัสดุธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.8-0.98) วัสดุที่มีค่า Emissivity ต่ำจะมีความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนจากผิววัสดุได้มาก ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมมีปริมาณความร้อนเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลากลางวัน ส่วนวัสดุที่มีค่า Emissivity สูงจะสะท้อนรังสีความร้อนได้น้อย แต่ปริมาณความร้อนจะถูกเก็บกักในวัสดุตามค่าความจุความร้อนและคายสู่สภาพแวดล้อมในช่วงเวลากลางคืน มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หรือ R Square = .004

6. ตัวแปรความเข้มสีผิววัสดุ (Color)

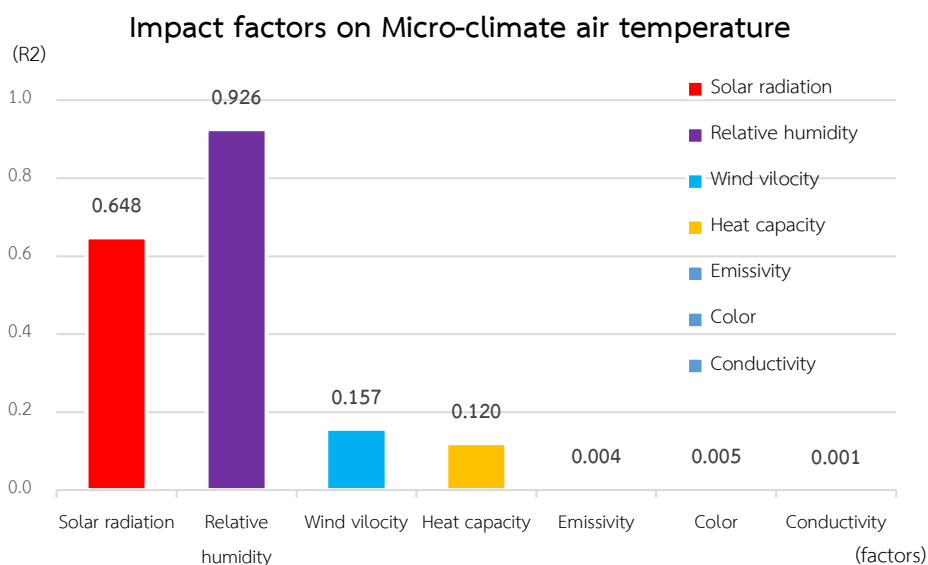
ความเข้มสีผิววัสดุเป็นตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการสะสมปริมาณความร้อนในวัสดุ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลตัวแปรความเข้มสีผิวของวัสดุน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากประเภทวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งในสภาพแวดล้อมที่ทำการสำรวจประกอบด้วยวัสดุหลากหลายประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความเข้มสีผิววัสดุกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจึงมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หรือ R Square = .005

7. ตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุ (Conductivity)

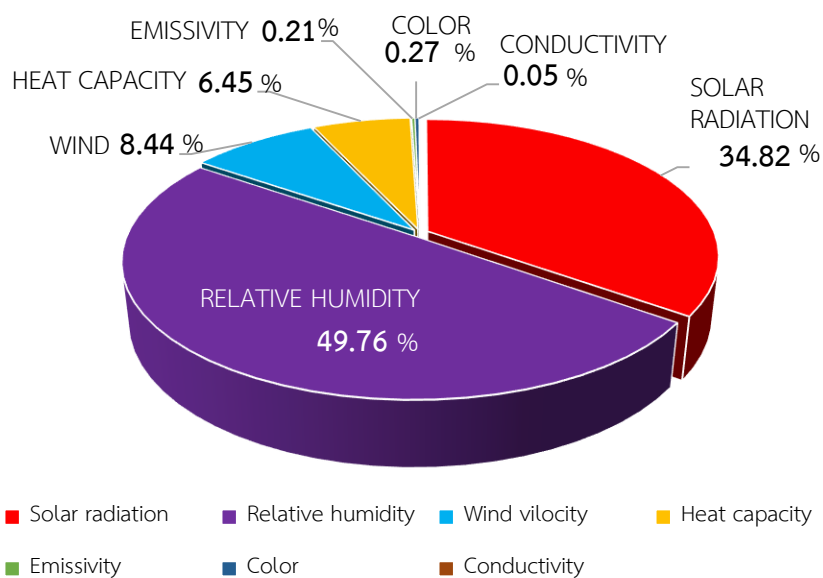
การนำความร้อนของวัสดุเป็นตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศน้อยที่สุด มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หรือ R Square = .001



รูปที่ 4.103 แสดงกลุ่มตัวแปรจากปัจจัยสภาพแวดล้อมและปัจจัยองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่



รูปที่ 4.104 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ (ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อม 16 สภาพแวดล้อม ภายใน จ.เชียงใหม่)



รูปที่ 4.105 แสดงสัดส่วนตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่

4.2.2 สมการทำนายอุณหภูมิอากาศจากตัวแปรที่มีอิทธิพล

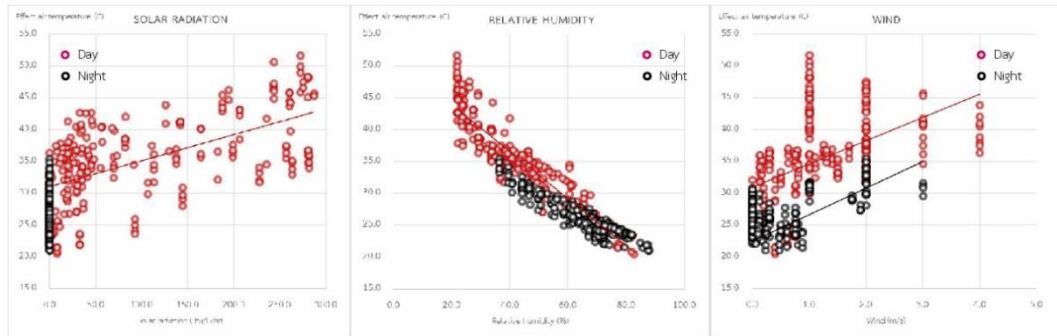
การคำนวณอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจากตัวแปรที่มีอิทธิพล เป็นผลมาจากการเก็บข้อมูล การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศทุก 10 นาที จากอิทธิพลสภาพแวดล้อมทั้งหมดจำนวน 16 สภาพแวดล้อมเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ครอบคลุมระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน 384 ชั่วโมงในช่วงเดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ.2557 ซึ่งสามารถสรุปตัวแปรที่มีอิทธิพลได้ดังนี้

- ปัจจัยจากสภาพแวดล้อม ได้แก่ (1)ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (2)ตัวแปรการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (3)ตัวแปรความเร็วลม
- ปัจจัยจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ได้แก่ (1)ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ (2)ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุ (3)ตัวแปรความเข้มสีผิววัสดุ (4)ตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุ

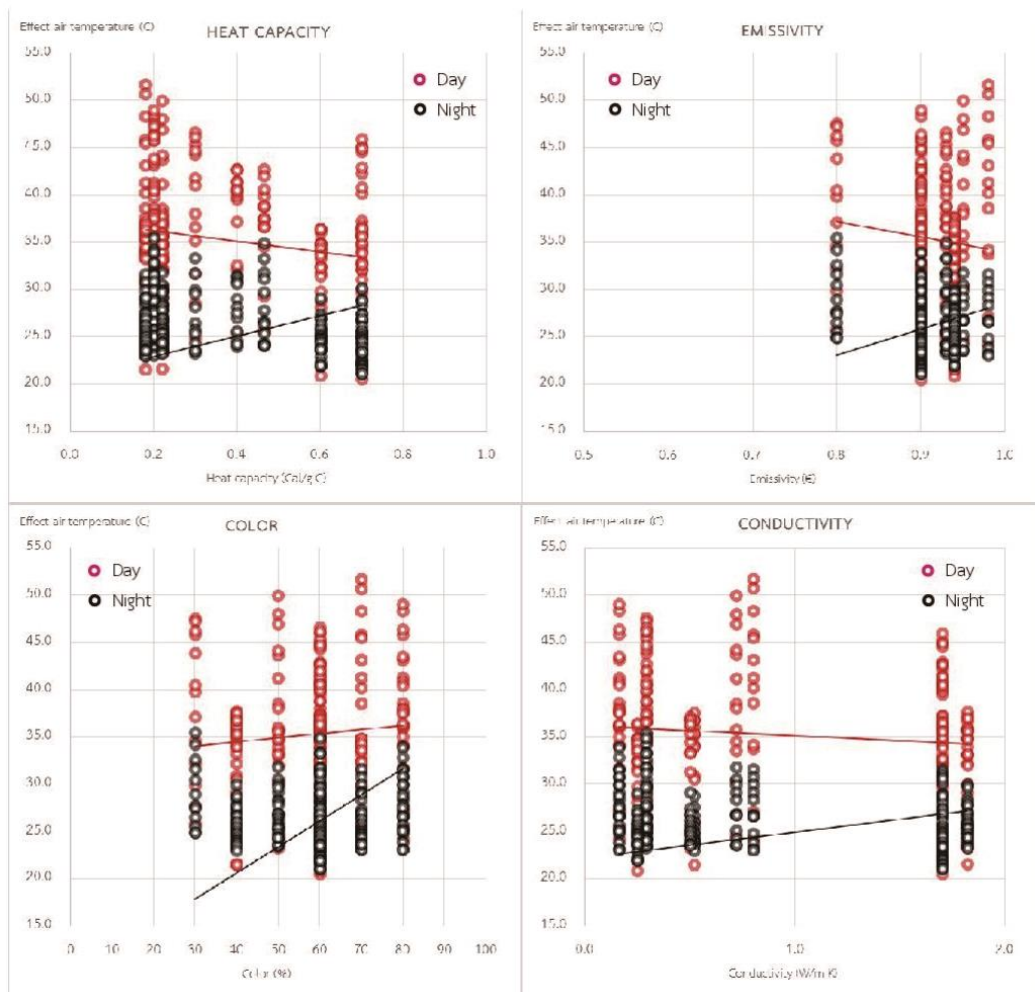
ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมและปัจจัยจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งดังกล่าวข้างต้น สามารถบ่งบอกถึงระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่ที่มีลักษณะแตกต่างกันได้ การสร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศจากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลทั้งหมด พบว่าช่วงเวลากลางวันและกลางคืนกลุ่มตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งทั้ง 4 ตัวแปรอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นและลดลงของอุณหภูมิอากาศในทิศทางแตกต่างกัน โดยในช่วงเวลากลางวัน (Solar time) เมื่อค่าตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ และตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมลดลง แต่ในช่วงเวลากลางคืนอิทธิพลการเพิ่มขึ้นของตัวแปรดังกล่าวจะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมบริเวณนั้นเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากตัวแปรดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับแหล่งอิทธิพลความร้อนจากดวงอาทิตย์และความเย็นจากท้องฟ้า ในช่วงเวลากลางวันที่ได้รับอิทธิพลความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ส่งผลทำให้วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูง เช่น น้ำ (ค่าความจุความร้อน = 1 Kcal/vg C) สามารถเก็บกักปริมาณความร้อนไว้ได้มาก และเมื่อถึงช่วงเวลากลางคืนที่ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์หมดอิทธิพลลง การถ่ายเทความร้อนสู่สภาพแวดล้อมของวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูงจึงใช้ระยะเวลาการถ่ายเทความร้อนนานกว่าวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นมีอุณหภูมิอากาศลดลงอย่างช้าๆและมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าสภาพแวดล้อม อีกทั้งวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำจะมีการถ่ายเทความร้อนและแลกเปลี่ยนความเย็นจากท้องฟ้าได้ง่ายและเร็วกว่าวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูง

การสร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศจากตัวแปรดังกล่าว จึงต้องแบ่งการสร้างสมการออกเป็น 2 สมการ คือ (1)สมการทำนายอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวัน และ (2)สมการทำนายอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางคืน โดยการแบ่งช่วงกลางวัน-กลางคืน จากการขึ้น-ลงของดวงอาทิตย์

(Solar time) ซึ่งสมการทำนายอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางคืนจะเริ่มนับจากชั่วโมงที่ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์หมดคือที่พลลง



รูปที่ 4.106 แสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวแปรสภาพแวดล้อมต่ออุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน



รูปที่ 4.107 แสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ในช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศแตกต่างกัน

- วิเคราะห์อุณหภูมิอากาศจากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพล

ช่วงเวลากลางวัน

จากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลสามารถบอกความน่าเชื่อถือของการทำนายอุณหภูมิอากาศที่ 95% หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square = .951) โดยมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมการ (Standard error = 1.3878) ซึ่งมีรูปแบบความสัมพันธ์ของสมการ ดังนี้

$$Y_{\text{day}} - (0.39N_{\text{temp}}) = 38.145 + (-0.213X_{\text{RH}}) + (0.251X_{\text{wind}}) + (-2.395X_{\text{heat}}) + (-9.84X_{\text{emiss}}) + (0.034X_{\text{color}}) + (0.041X_{\text{cond}}) + (0.007X_{\text{solar}})$$

แทนค่า

Y_{day} = Effect air temperature

X_{RH} = Relative humidity

X_{wind} = Wind velocity

X_{heat} = Heat capacity

X_{emiss} = Emissivity

X_{color} = Color

X_{cond} = Conductivity

X_{solar} = Solar radiation

N_{temp} = Normal air temperature

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	38.145	12.041		3.168	.002
	Solar radiation	.007	.002	.109	3.496	.001
	Air temperature	.390	.036	.403	10.711	.000
	Relative humidity	-.213	.018	-.551	-11.805	.000
	Wind	.251	.272	.023	.922	.358
	Heat capacity	-2.395	1.474	-.091	-1.624	.107
	Emiss	-9.840	12.976	-.037	-.758	.450
	Color	.034	.024	.060	1.392	.167
	Conduct	.041	.260	.004	.157	.876

a. Dependent Variable: Effect air temperature

รูปที่ 4.108 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำนายอุณหภูมิอากาศ

ช่วงเวลากลางคืน

จากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลสามารถบอกความน่าเชื่อถือของการทำนาย อุณหภูมิอากาศที่ 93% หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square = .939) โดยมีค่าความ เบี่ยงเบนมาตรฐานของสมการ (Standard error = 0.556) ซึ่งมีรูปแบบความสัมพันธ์ของ สมการ ดังนี้

$$Y_{\text{night}} - (0.359N_{\text{temp}}) = 22.807 + (-0.163X_{\text{RH}}) + (-0.033X_{\text{wind}}) + (3.684X_{\text{heat}}) + (11.647X_{\text{emiss}}) + (-0.114X_{\text{color}}) + (-0.79X_{\text{cond}})$$

แทนค่า

- Y_{night} = Effect air temperature
- X_{RH} = Relative humidity
- X_{wind} = Wind velocity
- X_{heat} = Heat capacity
- X_{emiss} = Emissivity
- X_{color} = Color
- X_{cond} = Conductivity
- N_{temp} = Normal air temperature

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	22.807	5.236		4.356	.000
	Air temperature	.359	.027	.505	13.251	.000
	Relative humidity	-.163	.009	-.690	-19.101	.000
	Wind	-.033	.126	-.007	-.259	.796
	Heat capacity	3.684	.632	.387	5.826	.000
	Emiss	11.647	5.451	.121	2.137	.035
	Color	-.114	.011	-.559	-10.170	.000
	Conduct	-.790	.118	-.241	-6.704	.000

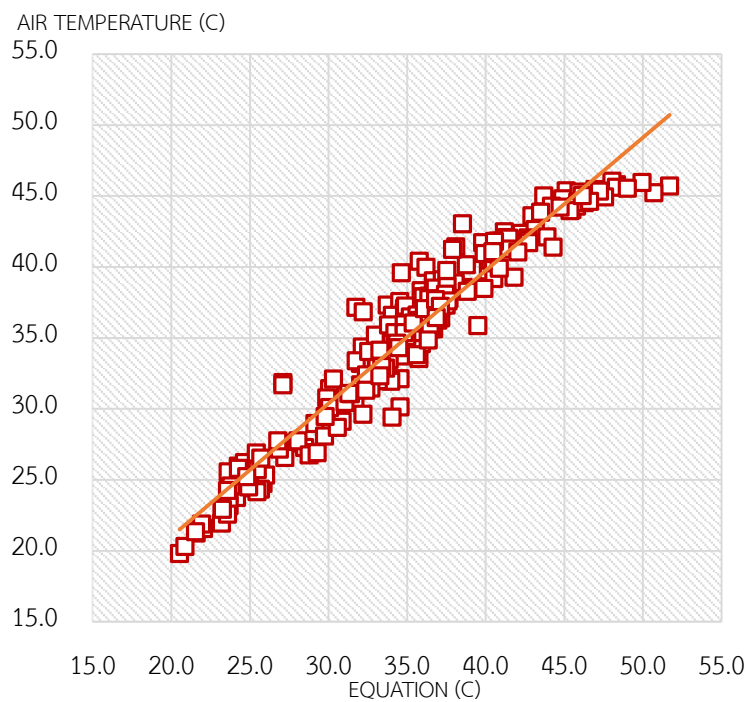
a. Dependent Variable: Effect air temperature

รูปที่ 4.109 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำนายอุณหภูมิอากาศ

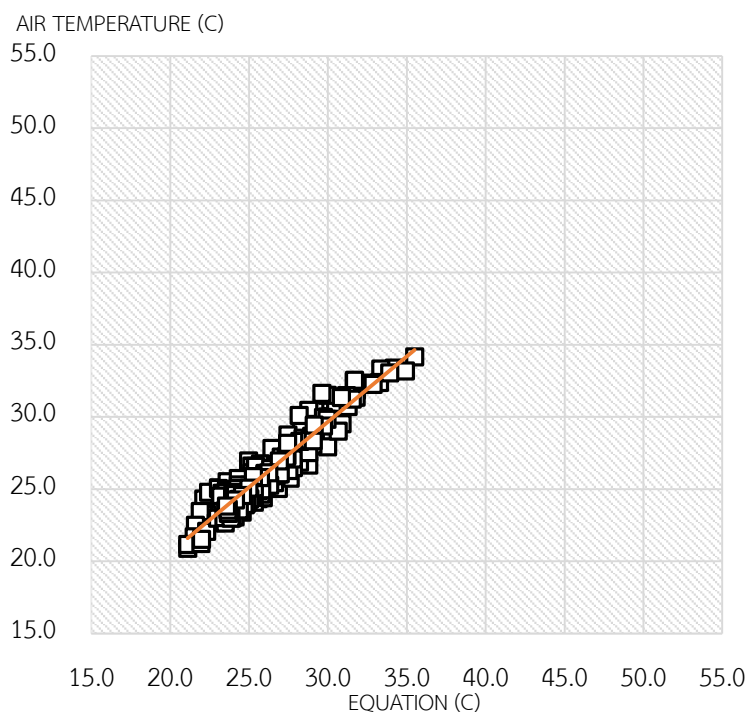
สมการทำนายอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางวัน-กลางคืน ผู้วิจัยได้นำสมการดังกล่าวมาคำนวณหาระดับอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันจำนวน 16 สภาพแวดล้อมที่ได้จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นมาเปรียบเทียบกัน พบว่าระดับอุณหภูมิอากาศจากการเก็บข้อมูลจริงกับระดับอุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณของสมการมีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศไปในทิศทางเดียวกัน

รูปที่ 4.110 และ 4.111 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณผ่านสมการทำนายอุณหภูมิอากาศเปรียบเทียบกับข้อมูลอุณหภูมิอากาศจากการเก็บข้อมูลจริงในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน พบว่าผลที่ได้จากสมการมีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน 1.38 องศาเซลเซียสและช่วงเวลากลางคืน 0.55 องศาเซลเซียส ซึ่งถือเป็นระดับความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิอากาศที่ยอมรับได้ เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศดังกล่าวไม่ส่งผลต่อความรู้สึกร้อน-หนาวของมนุษย์ (ค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศที่มนุษย์รู้สึกได้มากกว่า 2 องศาเซลเซียส)





รูปที่ 4.110 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศจากการเก็บข้อมูลกับค่าที่คำนวณจากสมการ ในช่วงเวลากลางวัน



รูปที่ 4.111 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศจากการเก็บข้อมูลกับค่าที่คำนวณจากสมการ ในช่วงเวลากลางคืน

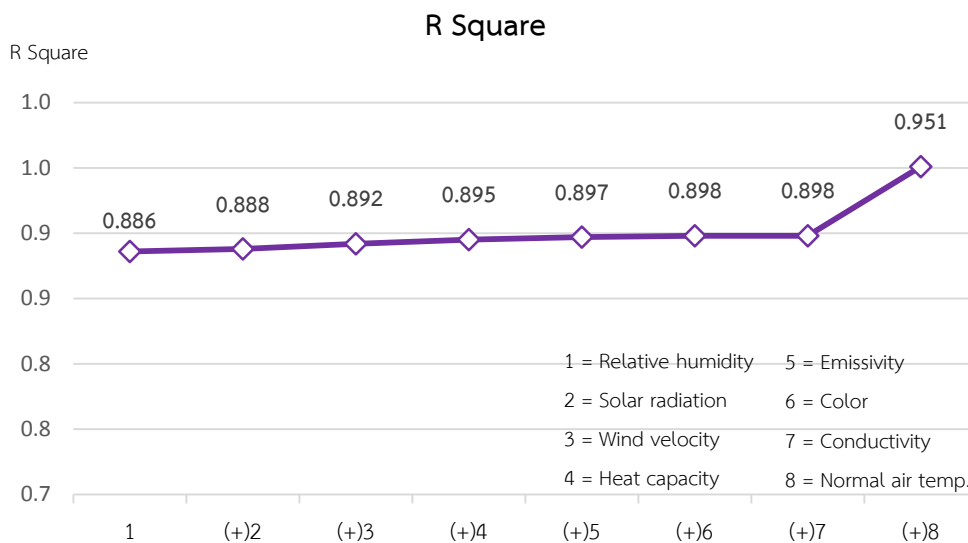
- การคัดเลือกตัวแปรที่มีอิทธิพลเพื่อใช้ในการสร้างสมการ

จากตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของอากาศดังกล่าวข้างต้น ซึ่งมีระดับอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยทำการคัดเลือกตัวแปรที่มีอิทธิพลเพื่อใช้ในการสร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ โดยหาความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard error)

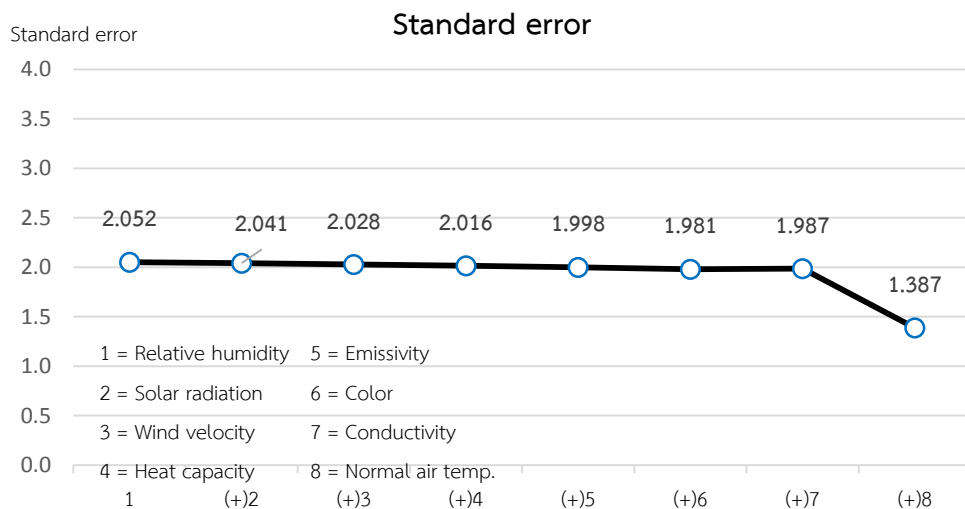
ในช่วงเวลากลางวัน พบว่ากลุ่มตัวแปรสภาพแวดล้อม (Climate factors) ที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศมากที่สุด คือ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (R Square 0.886) ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (R Square 0.28) และความเร็วมวล (R Square 0.195) และกลุ่มตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง (Site elements factors) ได้แก่ ความจุความร้อนของวัสดุ (R Square 0.054) การแผ่รังสีของผิววัสดุ (R Square 0.030) ความเข้มสีผิววัสดุ (R Square 0.026) และการนำความร้อนของวัสดุ (R Square 0.001) มีความสัมพันธ์รองลงมา ส่วนตัวแปรตามได้แก่ อุณหภูมิอากาศทั่วไป (Normal air temperature) จะใช้เป็นข้อมูลอุณหภูมิอากาศตั้งต้นในการคำนวณและเปรียบเทียบเพื่อหาอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง (Effect air temperature) เมื่อนำตัวแปรทั้งหมดมาหาความสัมพันธ์รวม โดยเริ่มตั้งแต่ตัวแปรที่มีค่า R Square มากที่สุดถึงน้อยที่สุด จะพบว่า เมื่อค่า R Square เพิ่มระดับขึ้นจากการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงสุดจนถึงตัวแปรที่ 4 ซึ่งเป็นตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ ค่า R Square จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึงตัวแปรที่ 5 ซึ่งเป็นตัวแปรการสะท้อนรังสีความร้อนของผิววัสดุ นั่นแสดงให้เห็นว่าตัวแปรที่ 6 และ 7 ซึ่งเป็นตัวแปรความเข้มสีผิวและการนำความร้อนของวัสดุไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard error)

ตารางที่ 4.28 ตารางแสดงสมการความสัมพันธ์ (Equation) ค่า R Square และค่า Standard error ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลากลางวัน

	Impact factors	Equation	R Square	Standard error
1	Relative humidity	$Y = 51.086 + (-0.364 * X)$	0.886	2.052
2	Solar radiation	$Y = 29.644 + (0.032 * X)$	0.280	5.150
3	Wind	$Y = 28.978 + (4.879 * X)$	0.195	5.444
4	Heat capacity	$Y = 35.094 + (-6.033 * X)$	0.054	5.903
5	Emissivity	$Y = -22.409 + (59.132 * X)$	0.030	5.978
6	Color	$Y = 27.62 + (0.092 * X)$	0.026	5.988
7	Conductivity	$Y = 33.063 + (-0.335 * X)$	0.001	6.065
8	Normal air temp.	$Y = 5.445 + (0.834 * X)$	0.744	3.073



รูปที่ 4.112 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) จากการรวมความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลากลางวัน

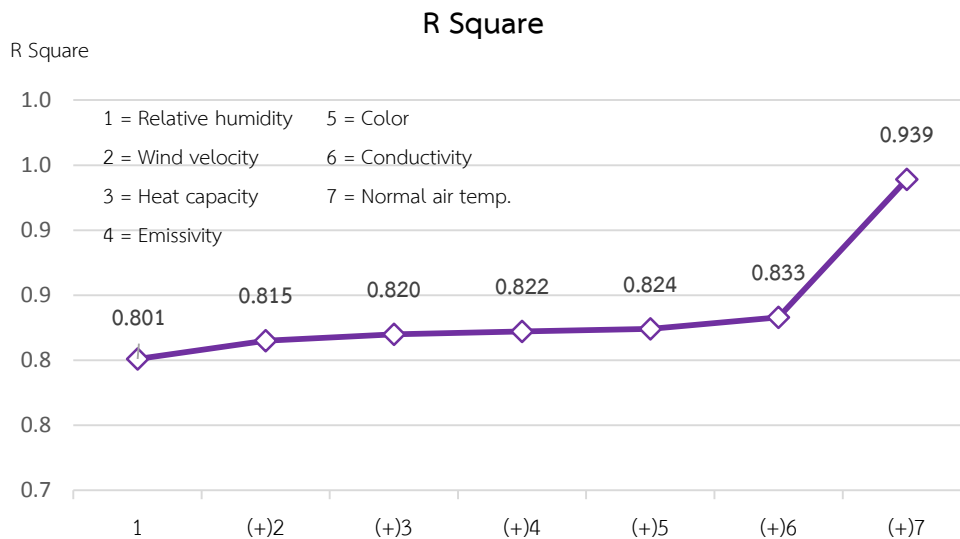


รูปที่ 4.113 แสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard error) จากการรวมความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลากลางวัน

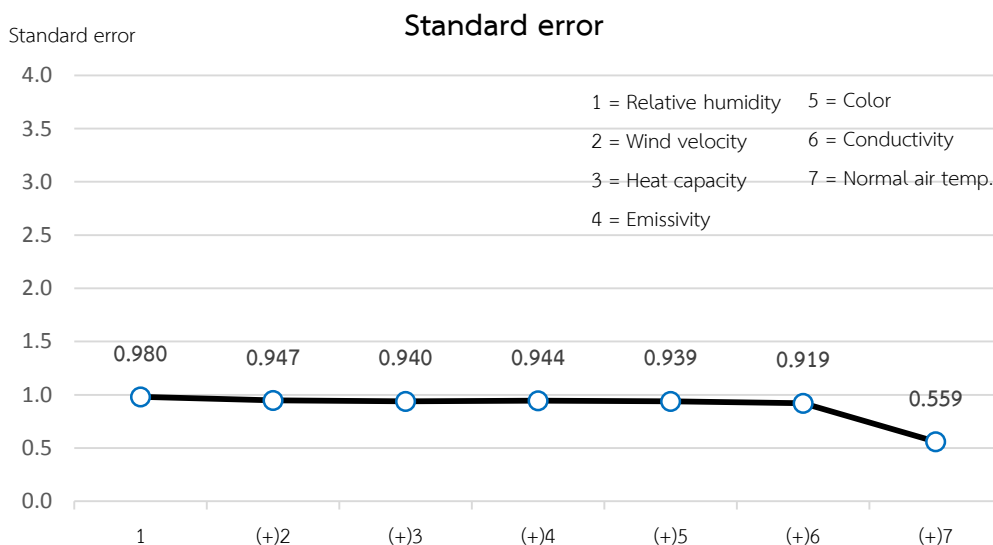
ช่วงเวลากลางคืน พบว่า กลุ่มตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ คือ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (R Square 0.801) และความเร็วลม (R Square 0.087) โดยตัวแปรปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ไม่มีอิทธิพลในช่วงเวลาดังกล่าว และกลุ่มตัวแปรองค์ประกอบบรอบที่ตั้ง ได้แก่ ความจุความร้อนของวัสดุ (R Square 0.133) พบว่าในช่วงเวลากลางคืนเมื่อปริมาณรังสีดวงอาทิตย์หมดอิทธิพลลงส่งผลทำให้ตัวแปรการสะท้อนรังสีความร้อนของผิววัสดุและตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ รวมทั้งตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์วัสดุ ในช่วงเวลากลางคืนด้วย ส่วนตัวแปรอุณหภูมิอากาศทั่วไป (Normal air temperature) เป็นตัวแปรตามที่ใช้เป็นอุณหภูมิอากาศตั้งต้นในการเปรียบเทียบและคำนวณหาอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง (Effect air temperature)

ตารางที่ 4.29 ตารางแสดงสมการความสัมพันธ์ (Equation) ค่า R Square และค่า Standard error ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลากลางคืน

	Impact factors	Equation	R Square	Standard error
1	Relative humidity	$Y = 40.138 + (-0.212 * X)$	0.801	0.979
2	Solar radiation	ไม่มีความสัมพันธ์		
3	Wind	$Y = 24.74 + (1.325 * X)$	0.087	2.098
4	Heat capacity	$Y = 26.713 + (-3.472 * X)$	0.133	2.043
5	Emissivity	$Y = -6.425 + (33.954 * X)$	0.121	2.057
6	Color	$Y = 26.069 + (-0.013 * X)$	0.004	2.190
7	Conductivity	$Y = 25.306 + (0.025 * X)$	0.000	2.195
8	Normal air temp.	$Y = 12.143 + (0.541 * X)$	0.580	1.422



รูปที่ 4.114 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) จากการรวมความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลากลางคืน



รูปที่ 4.115 แสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard error) จากการรวมความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเวลากลางคืน

ตัวแปรที่มีอิทธิพลเพื่อใช้สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวัน ได้แก่ (1)ความจุความร้อนของวัสดุ (Heat capacity) (2)ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) (3)ความเร็วลม (Wind velocity) และ (4)ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation) ส่วนตัวแปรที่ใช้สร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางคืน ได้แก่ (1)ความจุความร้อนของวัสดุ (Heat capacity) (2)ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) และ (3)ความเร็วลม (Wind velocity)

ตารางที่ 4.30 แสดงระดับการเพิ่มขึ้น-ลดลงของอุณหภูมิอากาศ (35°C) จากการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรที่มีอิทธิพล ในช่วงเวลากลางวัน

	Climate factors				Site factors				Effect air t
	Solar radia	Normal air	Reletive hu	Wind veloc	Heat capac	Emissivity	Color	Conductivity	
Day	250.0	35.0	40	2.00	0.2	0.95	80	1.00	38.5
	100	35.0	40	2.00	0.2	0.95	80	1.00	37.4
	100	35.0	50	2.00	0.2	0.95	80	1.00	35.3
	100	35.0	50	1.00	0.2	0.95	80	1.00	35.0
	100	35.0	50	1.00	0.7	0.95	80	1.00	33.8
	100	35.0	50	1.00	0.7	0.98	80	1.00	33.5
	100	35.0	50	1.00	0.7	0.98	30	1.00	31.8
	100	35.0	50	1.00	0.7	0.98	30	2.00	31.9

ตารางที่ 4.31 แสดงระดับการเพิ่มขึ้น-ลดลงของอุณหภูมิอากาศ (20 °C) จากการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรที่มีอิทธิพล ในช่วงเวลากลางคืน

	Climate factors				Site factors				Effect air t
	Solar radia	Normal air	Reletive hu	Wind veloc	Heat capac	Emissivity	Color	Conductivity	
Night	0.0	20.0	80	0.00	0.2	0.95	80	1.00	18.4
	0.0	20.0	80	0.00	0.2	0.95	80	1.00	18.4
	0.0	20.0	70	0.00	0.2	0.95	80	1.00	20.0
	0.0	20.0	70	1.00	0.2	0.95	80	1.00	20.0
	0.0	20.0	70	1.00	0.7	0.95	80	1.00	21.9
	0.0	20.0	70	1.00	0.7	0.98	80	1.00	22.2
	0.0	20.0	70	1.00	0.7	0.98	30	1.00	27.9
	0.0	20.0	70	1.00	0.7	0.98	30	2.00	27.1

ตารางที่ 4.30-4.31 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่เกิดจากการแทนค่าตัวแปรในสมการที่ได้จากงานวิจัย ทั้งนี้อิทธิพลกระแสลมเกิดจากการเคลื่อนตัวของมวลอากาศ เมื่อมวลอากาศของสภาพแวดล้อมต้นทิศทางลมมีอุณหภูมิอากาศสูงจะส่งผลให้สภาพแวดล้อมที่ลมพัดผ่านมีระดับอุณหภูมิอากาศที่เพิ่มสูงขึ้น และเมื่อมวลอากาศของสภาพแวดล้อมต้นทิศทางลมมีอุณหภูมิอากาศต่ำจะส่งผลให้สภาพแวดล้อมที่ลมพัดผ่านมีระดับอุณหภูมิอากาศที่ลดลงตามไปด้วย กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลตัวแปรกระแสลมขึ้นอยู่กับลักษณะสภาพแวดล้อมของลมต้นทาง เนื่องจากช่วงระยะเวลาของข้อมูลที่ได้จากการวิจัยเป็นการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2557 ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน การพัดผ่านของลมประจำถิ่นในช่วงเวลาดังกล่าวที่มีความเร็วลมมากกว่า 2 m/s จะส่งผลทำให้ค่าที่ได้จากการทำนายอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นซึ่งเป็นผลจากตัวแปรความเร็วลมที่เพิ่มมากขึ้น

การสร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศจากตัวแปรที่มีอิทธิพลในช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืน ผู้วิจัยจึงแบ่งสมการออกเป็น 2 กรณี คือ (1)สมการทำนายอุณหภูมิอากาศกรณีที่มีลม และ (2)สมการทำนายอุณหภูมิอากาศกรณีที่ไม่มีลม เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้กับสภาพแวดล้อมไม่มีลมได้

(1.1) สมการทำนายอุณหภูมิอากาศ กรณีที่มีลม (ช่วงเวลากลางวัน)

จากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลสามารถบอกความน่าเชื่อถือของการทำนายอุณหภูมิอากาศที่ 95% หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square = .950) โดยมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมการ (Standard error = 1.3821) ซึ่งมีรูปแบบความสัมพันธ์ของสมการ ดังนี้

$$Y_{\text{day}} - (0.401N_{\text{temp}}) = 29.788 + (-0.856X_{\text{heat}}) + (-0.212X_{\text{RH}}) + (0.283X_{\text{wind}}) + (0.022X_{\text{solar}})$$

แทนค่า	Y_{day}	= Effect air temperature (°C)
	X_{heat}	= Heat capacity (Kcal/g C)
	X_{RH}	= Relative humidity (%)
	X_{wind}	= Wind velocity (m/s)
	X_{solar}	= Solar radiation (W/m ² h)
	N_{temp}	= Normal air temperature (°C)

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.975 ^a	.950	.948	1.3821

a. Predictors: (Constant), Air temperature, Heat capacity, Solar radiation, Wind, Relative humidity

รูปที่ 4.116 แสดงค่า R Square และค่า Standard error ของสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศกรณีที่มีลม (ช่วงเวลากลางวัน)

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	29.788	2.022		14.736	.000
	Heat capacity	-.856	.571	-.033	-1.499	.137
	Relative humidity	-.212	.018	-.548	-11.892	.000
	Wind	.283	.268	.026	1.053	.295
	Solar radiation	.022	.006	.108	3.540	.001
	Air temperature	.401	.035	.415	11.489	.000

a. Dependent Variable: Effect air temperature

รูปที่ 4.117 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำนายอุณหภูมิอากาศกรณีที่มีลม (ช่วงเวลากลางวัน)

(1.2) สมการทำนายอุณหภูมิอากาศ กรณีที่มีลม (ช่วงเวลากลางคืน)

จากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลสามารถบอกความน่าเชื่อถือของการทำนายอุณหภูมิอากาศที่ 87% หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square = .870) โดยมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมการ (Standard error = 0.8043) ซึ่งมีรูปแบบความสัมพันธ์ของสมการ ดังนี้

$$Y_{\text{night}} - (0.218N_{\text{temp}}) = 30.901 + (-0.547X_{\text{heat}}) + (-0.155X_{\text{RH}}) + (0.436X_{\text{wind}})$$

แทนค่า

- Y_{night} = Effect air temperature (°C)
- X_{heat} = Heat capacity (Kcal/g C)
- X_{RH} = Relative humidity (%)
- X_{wind} = Wind velocity (m/s)
- N_{temp} = Normal air temperature (°C)

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.933 ^a	.870	.864	.8043

a. Predictors: (Constant), Air temperature, Heat capacity, Wind, Relative humidity

รูปที่ 4.118 แสดงค่า R Square และค่า Standard error ของสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศกรณีที่มีลม (ช่วงเวลากลางคืน)

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	30.901	1.455		21.237	.000
	Heat capacity	-.547	.376	-.058	-1.457	.148
	Relative humidity	-.155	.012	-.656	-12.960	.000
	Wind	.436	.167	.097	2.607	.011
	Air temperature	.218	.034	.306	6.480	.000

a. Dependent Variable: Effect air temperature

รูปที่ 4.119 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำนายอุณหภูมิอากาศกรณีที่มีลม (ช่วงเวลากลางคืน)

(2.1) สมการทำนายอุณหภูมิอากาศ กรณีที่ไม่มีลม (ช่วงเวลากลางวัน)

จากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลสามารถบอกความน่าเชื่อถือของการทำนายอุณหภูมิอากาศที่ 95% หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square = .949) โดยมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมการ (Standard error = 1.3828) ซึ่งมีรูปแบบความสัมพันธ์ของสมการ ดังนี้

$$Y_{\text{day}} - (0.405N_{\text{temp}}) = 30.134 + (-0.860X_{\text{heat}}) + (-0.216X_{\text{RH}}) + (0.021X_{\text{solar}})$$

แทนค่า	Y_{day}	= Effect air temperature (°C)
	X_{heat}	= Heat capacity (Kcal/g C)
	X_{RH}	= Relative humidity (%)
	X_{solar}	= Solar radiation (W/m ² h)
	N_{temp}	= Normal air temperature (°C)

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.974 ^a	.949	.948	1.3828

a. Predictors: (Constant), Air temperature, Heat capacity, Solar radiation, Relative humidity

รูปที่ 4.120 แสดงค่า R Square และค่า Standard error ของสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศกรณีไม่มีลม (ช่วงเวลากลางวัน)

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	30.131	1.996		15.096	.000
	Heat capacity	-.860	.571	-.033	-1.505	.135
	Relative humidity	-.216	.017	-.559	-12.467	.000
	Solar radiation	.021	.006	.102	3.399	.001
	Air temperature	.405	.035	.419	11.665	.000

a. Dependent Variable: Effect air temperature

รูปที่ 4.121 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำนายอุณหภูมิอากาศกรณีไม่มีลม (ช่วงเวลากลางวัน)

(2.2) สมการทำนายอุณหภูมิอากาศ กรณีที่ไม่มีลม (ช่วงเวลากลางคืน)

จากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลสามารถบอกความน่าเชื่อถือของการทำนายอุณหภูมิอากาศที่ 86% หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square = .861) โดยมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมการ (Standard error = 0.8264) ซึ่งมีรูปแบบความสัมพันธ์ของสมการ ดังนี้

$$Y_{\text{night}} - (0.229N_{\text{temp}}) = 31+(-0.402X_{\text{heat}})+(-0.159X_{\text{RH}})$$

แทนค่า Y_{night} = Effect air temperature ($^{\circ}\text{C}$)
 X_{heat} = Heat capacity (Kcal/g C)
 X_{RH} = Relative humidity (%)
 N_{temp} = Normal air temperature ($^{\circ}\text{C}$)

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.928 ^a	.861	.857	.8264

a. Predictors: (Constant), Air temperature, Heat capacity, Relative humidity

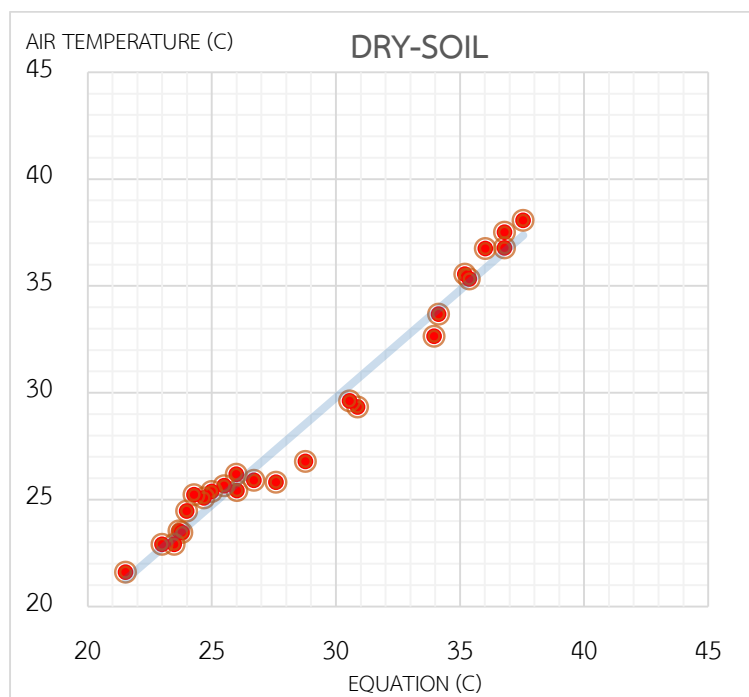
รูปที่ 4.122 แสดงค่า R Square และค่า Standard error ของสมการทำนายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศกรณีไม่มีลม (ช่วงเวลากลางคืน)

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	31.000	1.495		20.742	.000
	Heat capacity	-.402	.382	-.042	-1.052	.295
	Relative humidity	-.159	.012	-.670	-12.976	.000
	Air temperature	.229	.034	.322	6.698	.000

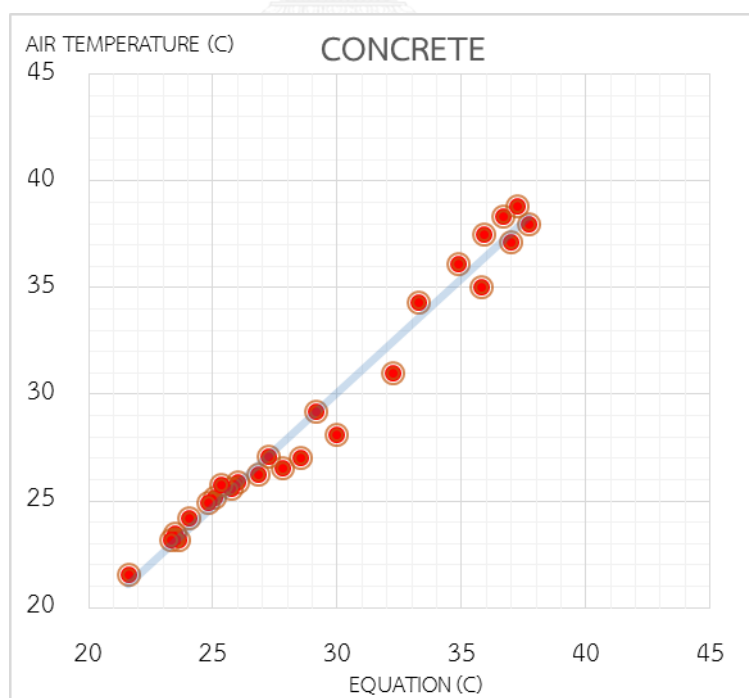
a. Dependent Variable: Effect air temperature

รูปที่ 4.123 แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำนายอุณหภูมิอากาศกรณีไม่มีลม (ช่วงเวลากลางคืน)

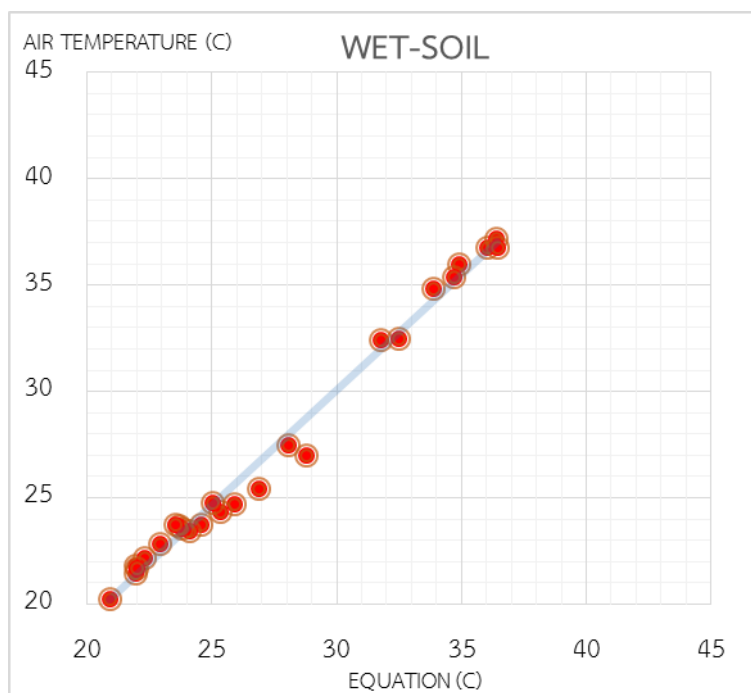
- การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากสมการเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง



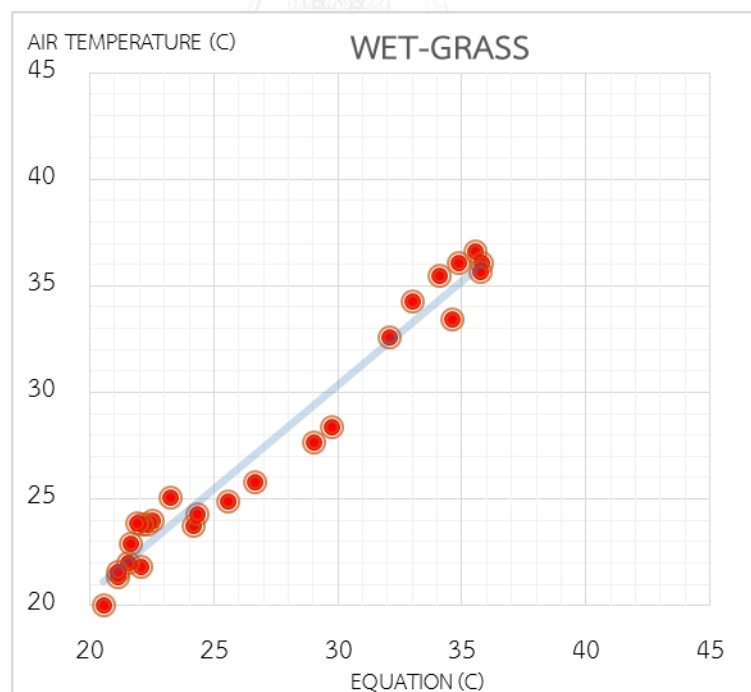
รูปที่ 4.124 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ได้จากสมการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศที่วัดได้จริง จากอิทธิพลพื้นดินแห้ง



รูปที่ 4.125 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ได้จากสมการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศที่วัดได้จริง จากอิทธิพลพื้นคอนกรีต



รูปที่ 4.126 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ได้จากสมการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศที่วัดได้จริง จากอิทธิพลพื้นดินชุ่มน้ำ



รูปที่ 4.127 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ได้จากสมการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศที่วัดได้จริง จากอิทธิพลพื้นหญ้าชุ่มน้ำ

4.2.3 ทดสอบความน่าเชื่อถือของสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ เปรียบเทียบกับข้อมูลสภาพแวดล้อมจริง

ผู้วิจัยได้มีการคัดเลือกสภาพแวดล้อมที่มีลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้งแตกต่างกันตามตัวแปรที่ได้จากผลการวิจัย เพื่อใช้เป็นกรณีตัวอย่างในกรณีศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งซึ่งอยู่ในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ตั้งอยู่ที่ละติจูด 18.8 องศาเหนือ จากความสูงระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 350 เมตร ลักษณะทั่วไปประกอบด้วยพื้นที่ราบเป็นส่วนใหญ่และมีแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค การเกษตรและเลี้ยงสัตว์ สภาพแวดล้อมที่ผู้วิจัยใช้เก็บข้อมูลความแตกต่างของตัวแปรที่มีอิทธิพลในแต่ละสภาพแวดล้อม เพื่อนำมาคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากสมการความสัมพันธ์เปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิอากาศที่วัดได้จากสถานที่จริงทั้งหมด 3 สภาพแวดล้อม โดยสภาพแวดล้อมแต่ละพื้นที่มีระยะห่างประมาณ 0.5-0.6 กิโลเมตร มีลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้งเป็นไปตามหลักการวิจัย ได้แก่

- สภาพแวดล้อมทั่วไป (Normal-Climate factors)
ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมทั่วไป (ข้อมูล 12:00 น. วันที่ 26 เมษายน 2557)
 - (1) ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ $73.26 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ ($250 \text{ Btu/ft}^2 \text{ h}$)
 - (2) ค่าความจุความร้อน 0.19 Kcal/g C
 - (3) ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 38%
 - (4) ความเร็วลม 0.7 m/s
- สภาพแวดล้อม A (สวนป่าสัก)
ประกอบด้วยต้นไม้ทรงสูง (ต้นสัก) ทรงพุ่มโปร่ง พื้นผิวดินเป็นดินแห้ง
ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อม A : สวนป่าสัก (ข้อมูล 12:00 น. วันที่ 26 เมษายน 2557)
 - (1) ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ $13.42 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ ($45.8 \text{ Btu/ft}^2 \text{ h}$)
 - (2) ค่าความจุความร้อน 0.19 Kcal/g C
 - (3) ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 44%
 - (4) ความเร็วลม 0.03 m/s
- สภาพแวดล้อม B (สวนหย่อมหน้าคณะผลิตกรรมการเกษตร)
ประกอบด้วย ต้นไม้ใหญ่ (ต้นอินทนิล) ทรงพุ่มหนาแน่นปานกลาง พื้นผิวสนามหญ้าที่มีการรดน้ำเป็นประจำ
ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อม B : สวนหย่อมหน้าคณะผลิตกรรมการเกษตร (ข้อมูล 12:00 น. วันที่ 26 เมษายน 2557)

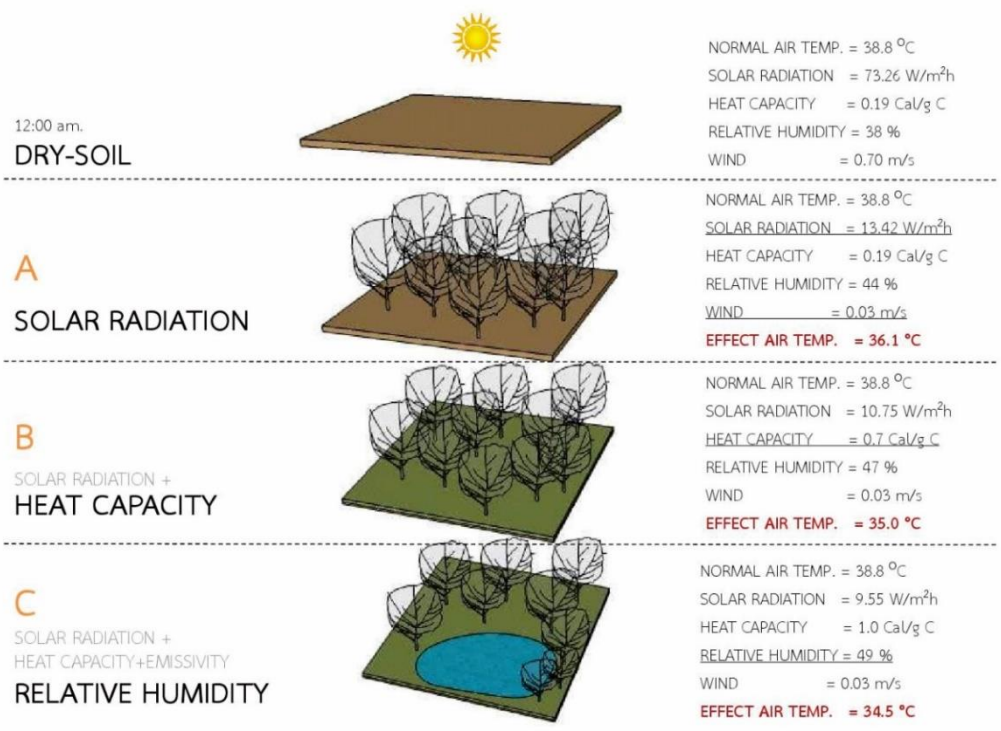
- (1)ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ 10.75 W/m² h (36.7 Btu/ft² h)
- (2)ค่าความจุความร้อน 0.7 Kcal/g C
- (3)ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 47%
- (4)ความเร็วลม 0.03 m/s

- สภาพแวดล้อม C (แหล่งน้ำอาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี)

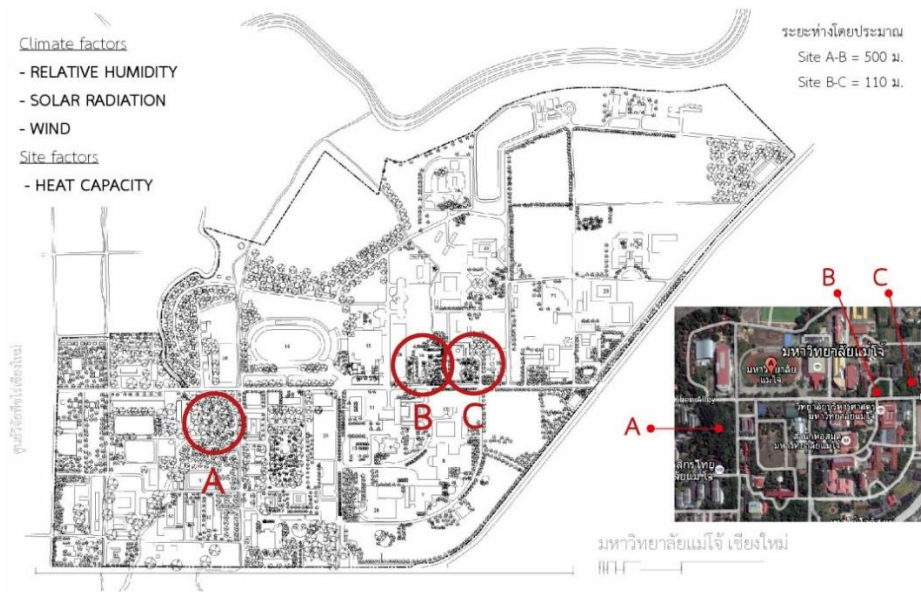
ประกอบด้วย ต้นไม้ใหญ่ (ต้นไทร) ทรงพุ่มหนาแน่นมาก พื้นผิวสนามหญ้า สลับดินชุ่มน้ำ และแหล่งน้ำขนาดปานกลาง ลึกประมาณ 2 เมตร

ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อม C : แหล่งน้ำอาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี (ข้อมูล 12:00 น. วันที่ 26 เมษายน 2557)

- (1)ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ 9.55 W/m² h (32.6 Btu/ft² h)
- (2)ค่าความจุความร้อน 1 Kcal/g C
- (3)ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 49%
- (4)ความเร็วลม 0.03 m/s



รูปที่ 4.128 ข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมและองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ เวลา 12:00 น. ของสภาพแวดล้อมตัวอย่าง 3 สภาพแวดล้อม



รูปที่ 4.129 แผนที่แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อม A B และ C ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ (ข้อมูลวันที่ 26 เมษายน 2557)



รูปที่ 4.130 แสดงลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ของสภาพแวดล้อมพื้นดินแห้ง และสภาพแวดล้อม ตำแหน่ง A, B และ C ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่

- ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation factor)

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อม โดยใช้อิทธิพลจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งควบคุมตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์สามารถทำได้โดยสร้างพื้นที่ร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่เพื่อบดบังการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันซึ่งมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ $73.26 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ (250 Btu/ft²/h) พื้นที่ A (สวนป่าสัก) อิทธิพลต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มโปร่งสามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้ร้อยละ 84 พื้นที่ B (สวนหย่อมหน้าคณะผลิตกรรมการเกษตร) อิทธิพลต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่นปานกลางสามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้ร้อยละ 87.2 พื้นที่ C (แหล่งน้ำอาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี) อิทธิพลต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่นสามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้ร้อยละ 88.6 ทั้ง 3 สภาพแวดล้อม ส่งผลให้มีระดับอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 2.7, 3.8 และ 4.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

- ตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)

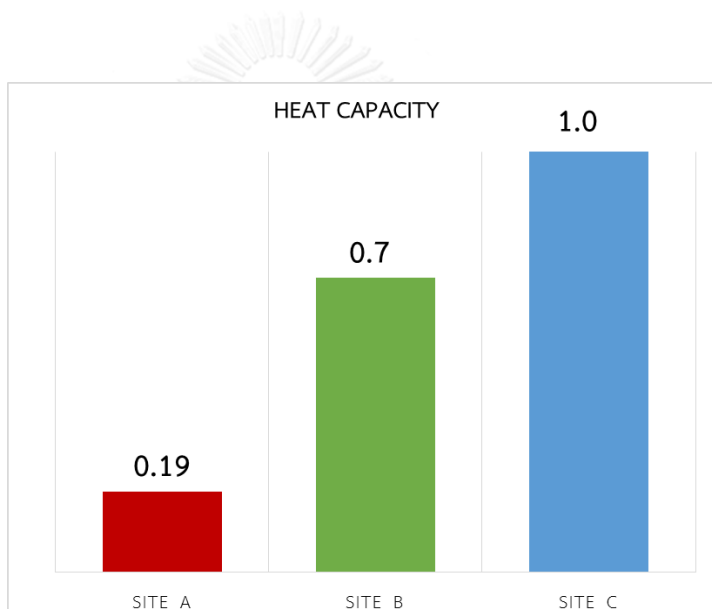
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อม โดยใช้อิทธิพลจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งควบคุมตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสามารถทำได้โดยอาศัยอิทธิพลจากแหล่งน้ำส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิอากาศลดลง ในสภาพแวดล้อมที่มีองค์ประกอบรอบที่ตั้งแตกต่างกันทั้ง 3 สภาพแวดล้อม จะพบว่าพื้นที่ที่ประกอบด้วยแหล่งน้ำจะมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าสภาพแวดล้อมอื่น เนื่องจากได้รับอิทธิพลการระเหยของน้ำส่งผลทำให้มีระดับอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าสภาพแวดล้อมอื่น ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศดังกล่าวจะได้รับอิทธิพลการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ของต้นไม้ทรงพุ่มหนาแน่นด้วย แต่ทั้งนี้การออกแบบสภาพแวดล้อมโดยการวางตำแหน่งต้นไม้ใหญ่บริเวณรอบบ่อ ส่งผลทำให้พื้นที่กลางแหล่งน้ำได้รับการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงซึ่งเป็นปัจจัยที่ช่วยเพิ่มการระเหยของน้ำในสระได้เร็วขึ้น อีกครั้งปริมาณน้ำยังรองรับการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวันโดยไม่ทำให้อุณหภูมิน้ำเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิอากาศ

- ตัวแปรความเร็วลม (Wind velocity)

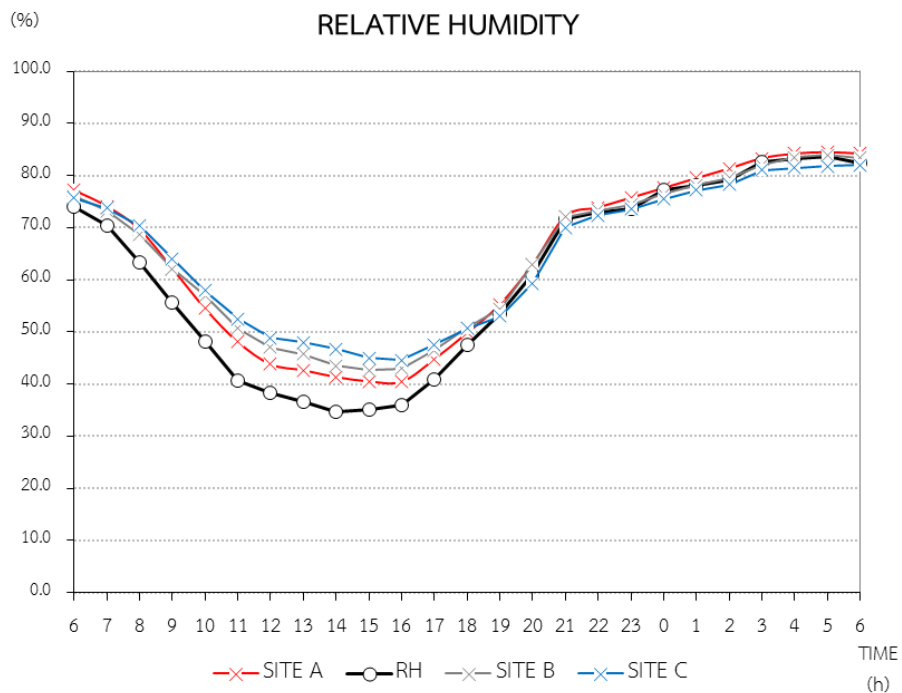
เนื่องจากวันที่เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อม ทั้ง 3 สภาพแวดล้อม มีการเคลื่อนตัวของมวลอากาศอย่างช้าๆ สามารถวัดความเร็วลมในสภาพแวดล้อมทั่วไปช่วงเวลากลางวัน สูงสุด 2.40 m/s ซึ่งมากกว่าความเร็วลมในสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกัน อิทธิพลดังกล่าวส่งผลให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่างลดลงเล็กน้อย เนื่องจากสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 สภาพแวดล้อมมีระดับอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก อิทธิพลของกระแสลมจะทำให้ปริมาณความร้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่างมีอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นได้

- ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ (Heat capacity)

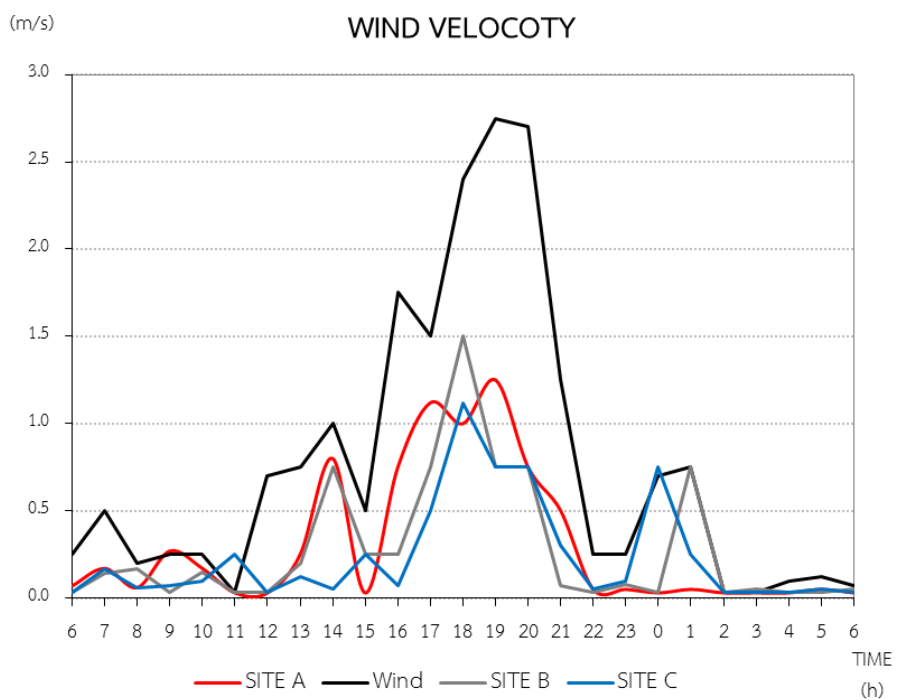
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมโดยใช้อิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งควบคุมตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุสามารถทำได้โดยใช้สิ่งปกคลุมพื้นผิว ทั้งนี้ความแตกต่างของสิ่งปกคลุมพื้นผิวของสภาพแวดล้อมทั้ง 3 สภาพแวดล้อม ซึ่งมีค่าความจุความร้อนของวัสดุแตกต่างกัน ได้แก่ พื้นดินแห้ง (Dry-soil) มีค่าความจุความร้อน 0.19 Kcal/g C พื้นหญ้าชุ่มน้ำ (Wet-grass) มีค่าความจุความร้อน 0.6 Kcal/g C และพื้นน้ำ (Water) มีค่าความจุความร้อน 1 Kcal/g C ในช่วงเวลากลางวันที่มีระดับอุณหภูมิอากาศ 38.8 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศทั้ง 3 สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิอากาศแตกต่างกัน สภาพแวดล้อม A, B และ C มีระดับอุณหภูมิอากาศ 36.5 35.2 และ 34.4 องศาเซลเซียสตามลำดับ



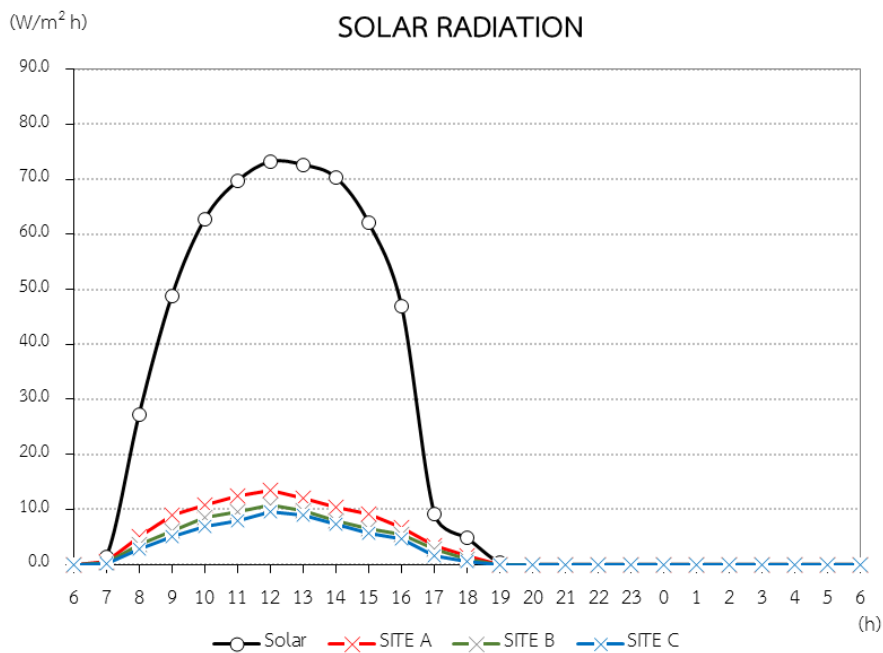
รูปที่ 4.131 แสดงข้อมูลตัวแปรค่าความจุความร้อนของวัสดุพื้นในสภาพแวดล้อมตำแหน่ง A, B และ C



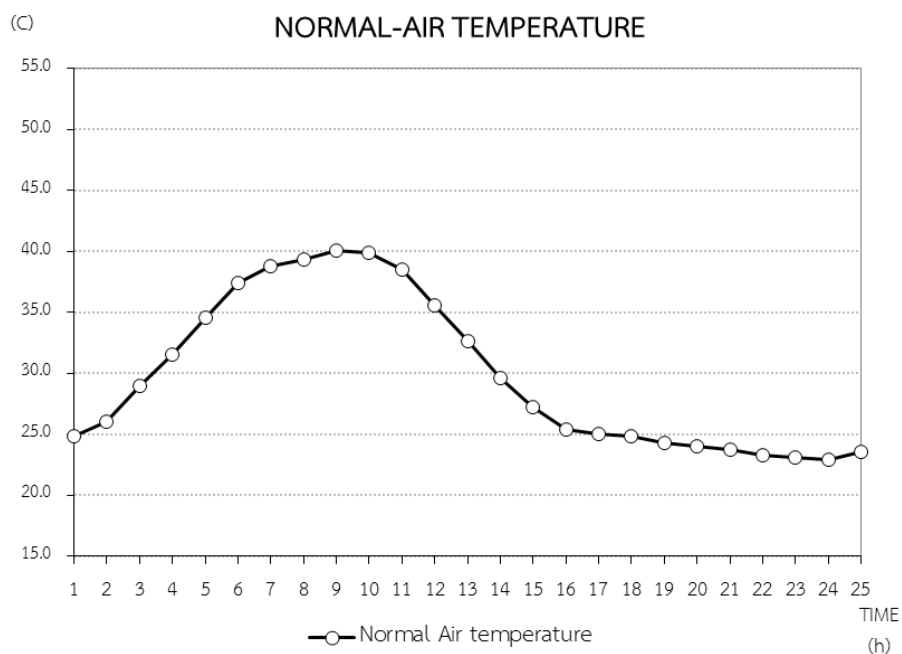
รูปที่ 4.132 แสดงข้อมูลตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศของสภาพแวดล้อมตำแหน่ง A, B และ C เปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4.133 แสดงข้อมูลตัวแปรความเร็วลมของสภาพแวดล้อมตำแหน่ง A, B และ C เปรียบเทียบกับความเร็วลมทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4.134 แสดงข้อมูลตัวแปรปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ของสภาพแวดล้อมตำแหน่ง A, B และ C เปรียบเทียบกับปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ตลอด 24 ชั่วโมง



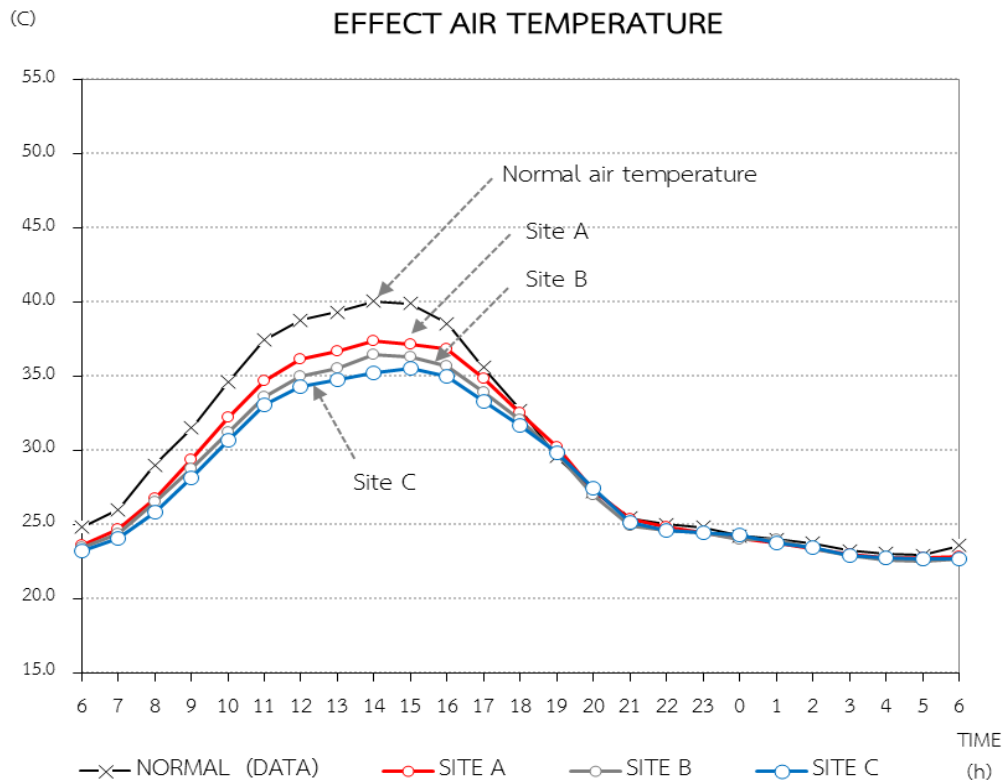
รูปที่ 4.135 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.32 แสดงข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้แทนค่าลงในสมการทำนาย
อุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง

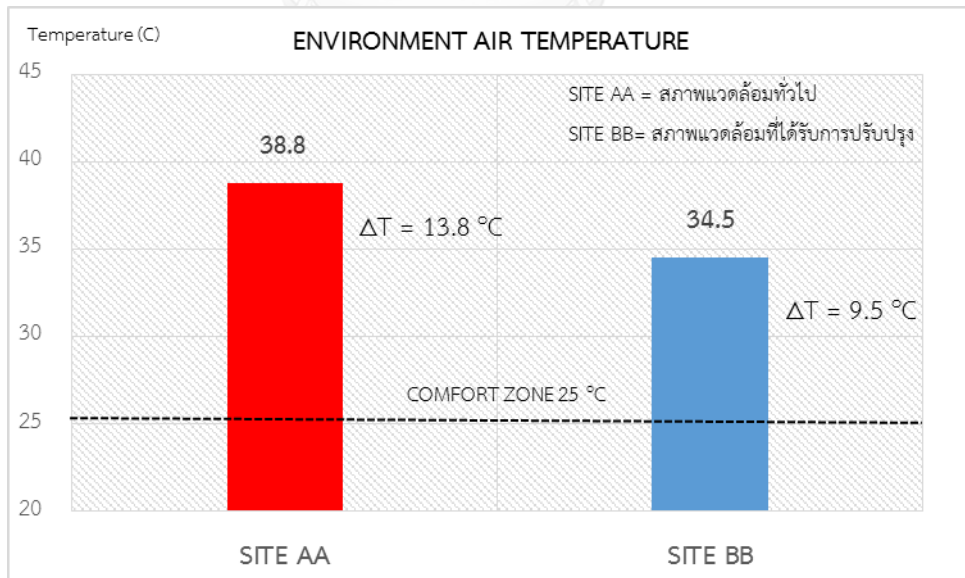
time	IMPACT FACTORS OF ENVIRONMENTS FOR EQUATION											
	SITE A				SITE B				SITE C			
	Heat Cal/gC	RH %	Wind m/s	Solar W/m ² h	Heat Cal/gC	RH %	Wind m/s	Solar W/m ² h	Heat Cal/gC	RH %	Wind m/s	Solar W/m ² h
6.00	0.19	77	0.07	0.0	0.70	76	0.03	0.0	1.00	76	0.03	0.0
7.00	0.19	74	0.17	0.4	0.70	73	0.14	0.3	1.00	74	0.17	0.1
8.00	0.19	70	0.06	5.1	0.70	69	0.17	3.7	1.00	70	0.06	2.8
9.00	0.19	62	0.27	8.9	0.70	62	0.75	6.1	1.00	64	0.07	5.0
10.00	0.19	54	0.17	10.8	0.70	57	0.15	8.5	1.00	58	0.10	6.9
11.00	0.19	48	0.03	12.5	0.70	51	0.03	9.6	1.00	52	0.25	7.9
12.00	0.19	44	0.03	13.4	0.70	47	0.03	10.8	1.00	49	0.03	9.6
13.00	0.19	43	0.25	12.0	0.70	46	0.20	9.7	1.00	48	0.12	9.0
14.00	0.19	41	1.20	10.4	0.70	44	0.75	7.9	1.00	47	0.05	7.4
15.00	0.19	41	0.03	9.1	0.70	43	0.25	6.4	1.00	45	0.25	5.7
16.00	0.19	40	0.75	6.6	0.70	43	0.25	5.4	1.00	45	0.07	4.7
17.00	0.19	45	1.12	3.5	0.70	46	0.75	2.7	1.00	48	0.50	1.6
18.00	0.19	50	1.00	1.6	0.70	51	1.50	0.9	1.00	51	1.12	0.6
19.00	0.19	55	1.25	0.0	0.70	54	0.75	0.0	1.00	53	0.75	0.0
20.00	0.19	63	0.75	0.0	0.70	63	0.75	0.0	1.00	59	0.75	0.0
21.00	0.19	72	0.50	0.0	0.70	72	0.07	0.0	1.00	70	0.30	0.0
22.00	0.19	74	0.05	0.0	0.70	73	0.03	0.0	1.00	72	0.05	0.0
23.00	0.19	76	0.05	0.0	0.70	74	0.08	0.0	1.00	74	1.00	0.0
0.00	0.19	78	0.03	0.0	0.70	76	0.03	0.0	1.00	76	0.75	0.0
1.00	0.19	80	0.05	0.0	0.70	78	0.75	0.0	1.00	77	0.25	0.0
2.00	0.19	81	0.03	0.0	0.70	80	0.03	0.0	1.00	78	0.03	0.0
3.00	0.19	83	0.03	0.0	0.70	82	0.05	0.0	1.00	81	0.03	0.0
4.00	0.19	84	0.03	0.0	0.70	83	0.03	0.0	1.00	82	0.03	0.0
5.00	0.19	85	0.05	0.0	0.70	84	0.03	0.0	1.00	82	0.05	0.0
6.00	0.19	84	0.03	0.0	0.70	83	0.05	0.0	1.00	82	0.03	0.0

ข้อมูลตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ผู้วิจัยได้นำมาแทนค่าลงในสมการ เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศตลอด 24 ชั่วโมง พบว่า สภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 สภาพแวดล้อมในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีระดับอุณหภูมิอากาศลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปในช่วงเวลากลางวันและใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศทั่วไปในช่วงเวลากลางคืน อิทธิพลความแตกต่างขององค์ประกอบรอบที่ตั้งแต่ละสภาพแวดล้อมส่งผลให้อุณหภูมิอากาศลดลงต่ำสุด โดยค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศทั่วไปกับสภาพแวดล้อม A, B และ C ในช่วงเวลา 12:00 น. อยู่ที่ 2.7, 3.8 และ 4.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

การปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกด้วยองค์ประกอบรอบที่ตั้ง สามารถสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น เมื่อวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากสมการ จะเห็นถึงประสิทธิผลการลดลงของอุณหภูมิอากาศเข้าสู่ใกล้เขตสบายของมนุษย์ ในช่วงเวลา 12:00 น. พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมที่ได้รับการปรับปรุงสูงกว่าเกณฑ์น่าสบายทางด้านอุณหภูมิอากาศของมนุษย์ (25°C) เพียง 9.5 องศาเซลเซียส ซึ่งถ้าไม่มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อมดังกล่าวจะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศทั่วไปสูงกว่าเกณฑ์สภาวะน่าสบายของมนุษย์มากถึง 13.8°C ทั้งนี้เกิดจากการลดค่าตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์กับตัวแปรความเร็วลมจากอิทธิพลองค์ประกอบต้นไม้ใหญ่ และเพิ่มค่าตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศกับตัวแปรความจุความร้อนจากอิทธิพลองค์ประกอบแหล่งน้ำกับสิ่งปกคลุมพื้นผิว



รูปที่ 4.136 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน 3 สภาพแวดล้อม เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป



รูปที่ 4.137 แสดงระดับอุณหภูมิอากาศช่วงเวลา 12:00 น. ของสภาพแวดล้อมทั่วไป (Site AA) กับสภาพแวดล้อมที่ได้รับการปรับปรุง (Site BB) เปรียบเทียบกับสภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส

4.3 แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมในเขตร้อนชื้น

ในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้นที่มีระดับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์สบายของมนุษย์ตลอดทั้งปี การควบคุมระดับอุณหภูมิอากาศให้เข้าไปใกล้เขตสบายของมนุษย์ต้องคำนึงถึงปัจจัยจากอิทธิพลความร้อนเป็นหลัก ได้แก่ (1) อิทธิพลความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ และ (2) อิทธิพลความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนของสภาพแวดล้อม การป้องกันปริมาณความร้อนจาก 2 แหล่งความร้อนดังกล่าวสามารถทำได้โดยการออกแบบองค์ประกอบรอบที่ติดตั้งให้สามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนหลักและเลือกใช้วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูงเพื่อลดการเกิดปริมาณความร้อนจากสภาพแวดล้อม การสร้างพื้นที่ร่มเงาแก่สภาพแวดล้อมด้วยอิทธิพลต้นไม้ใหญ่จะทำให้ระดับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมได้ร่มเงาต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 2-4 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอิทธิพลการสกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์ของทรงพุ่มไม้ ถ้าสภาพแวดล้อมบริเวณนั้นได้รับอิทธิพลร่มเงาจากการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มากจะส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป โดยเฉพาะการให้ร่มเงากับวัสดุคาดแข็งหรือวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ เช่น พื้นคอนกรีต หรือถนนผิวยางมะตอย เป็นต้น ซึ่งเป็นหนึ่งในองค์ประกอบรอบที่ติดตั้งของสภาพแวดล้อม จะเป็นการช่วยลดการเกิดปริมาณความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนของวัสดุสู่สภาพแวดล้อมได้

สำหรับพื้นที่เปิดโล่งที่ไม่สามารถสร้างร่มเงาให้กับสภาพแวดล้อมได้ ควรจะใช้สิ่งปกคลุมพื้นผิวที่มีค่าความจุความร้อนสูง เช่น พื้นหญ้าชุ่มน้ำ จะทำให้อุณหภูมิพื้นดินใต้หญ้า มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปตลอดทั้งวัน อีกทั้งหญ้าจะมีกระบวนการคายน้ำซึ่งจะทำให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นมีอุณหภูมิอากาศใกล้เคียงหรือเพิ่มสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปเล็กน้อย

เมื่อป้องกันการเกิดปริมาณความร้อนจากแหล่งอิทธิพลความร้อนได้แล้ว การสร้างแหล่งความเย็นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยทำให้ระดับอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป แหล่งอิทธิพลความเย็นจากสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป ได้แก่ แหล่งน้ำบนที่มีความลึกมากกว่า 1.20 เมตรและผิวท้องฟ้า แต่เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนศักยภาพการดึงความเย็นจากท้องฟ้าซึ่งเป็นทิศทางเดียวกันกับแหล่งที่มาของความร้อนจากดวงอาทิตย์จึงเป็นไปได้ยาก การใช้อิทธิพลแหล่งความเย็นจากระบบพื้นไม่ว่าจะเป็นพื้นน้ำหรือพื้นดินชุ่มน้ำจึงมีความเหมาะสมกับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น การออกแบบให้มีองค์ประกอบแหล่งน้ำในสภาพแวดล้อม จะเป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิอากาศได้โดยเฉพาะพื้นที่โล่งแจ้งเพราะน้ำมีค่าความจุความร้อนสูง สามารถรองรับการถ่ายเทปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวันโดยที่อุณหภูมิไม่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป อีกครั้งการตกกระทบของรังสีจากดวงอาทิตย์กับผิวน้ำจะ

เกิดกระบวนการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นไอรระเหยขึ้นสู่สภาพแวดล้อม ทำให้สภาพอากาศบริเวณนั้นมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น 11 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศลดลงได้มากกว่า 2.3 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ผิวน้ำ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ และอิทธิพลความเร็วลมจะช่วยให้ปริมาณการระเหยของน้ำเพิ่มมากขึ้น

ในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบรอบที่ตั้งในสภาพแวดล้อมตามหลักการวิจัย สามารถควบคุมตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการลดอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ได้ โดยองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่สามารถควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพล ได้แก่

1. ต้นไม้ใหญ่

อิทธิพลร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่สามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้มากกว่า 80% ส่งผลทำให้ค่าตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ในระดับใต้ทรงพุ่มลดลง อีกทั้ง กระบวนการคายน้ำของต้นไม้จะเปลี่ยนสถานะจากน้ำได้ดินเป็นไอรระเหย ส่งผลทำให้ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น และการใช้ต้นไม้เป็นแนวกันลมจะสามารถสกัดกั้นอิทธิพลความเร็วลมจากภายนอก ซึ่งเป็นลมต้นทางที่มีอุณหภูมิสูงกว่าสภาพแวดล้อม

การลดค่าตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ และเพิ่มค่าตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และความเร็วลมอยู่ในระดับไม่เกิน 2 m/s จากอิทธิพลต้นไม้ใหญ่ จะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมลดลง

2. แหล่งน้ำ

องค์ประกอบแหล่งน้ำมีค่าความจุความร้อนสูง การสร้างแหล่งน้ำในสภาพแวดล้อมโล่งแจ้งมีผลให้ค่าตัวแปรความจุความร้อนเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ส่งผลต่อการเปลี่ยนสถานะของน้ำกลายเป็นไอรระเหย เมื่อไอน้ำในอากาศมีมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นตัวแปรหลักที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

การเพิ่มค่าตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุและตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากอิทธิพลแหล่งน้ำ จะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมลดลง

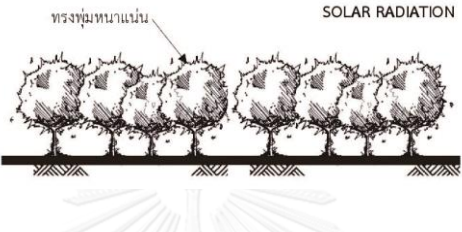
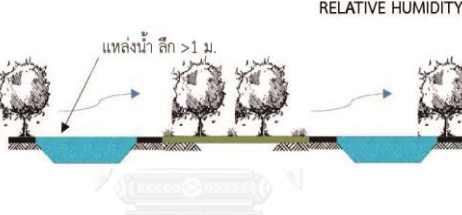
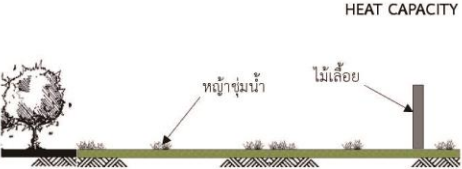
3. สิ่งปกคลุมพื้นผิว

พื้นผิวหญ้าซึ่งมีค่าตัวแปรความจุความร้อนสูง สามารถรองรับปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ได้ดีกว่าพื้นผิวดินแห้งซึ่งมีค่าความจุความร้อนต่ำ การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมพื้นผิวดังกล่าวส่งผลทำให้ค่าตัวแปรความจุความร้อนเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวหญ้าจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง และเปลี่ยนพลังงานความร้อน

เป็นไอระเหยผ่านปากใบจากกระบวนการคายน้ำ ส่งผลทำให้ค่าตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น

การเพิ่มค่าตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุและตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากอิทธิพลสิ่งปกคลุมพื้นผิว จะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมลดลง

ตารางที่ 4.33 แสดงการออกแบบองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ในการควบคุมตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

Site element	Design	Impact factor
TREE/VEGETATION		SOLAR RADIATION RELATIVE HUMIDITY WIND VELOCITY
WATER BODIES		RELATIVE HUMIDITY HEAT CAPACITY
GROUND COVER		HEAT CAPACITY RELATIVE HUMIDITY

การลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศทั่วไปเฉลี่ยสูงกว่าสภาวะน่าสบายของมนุษย์ตลอดทั้งปี ต้องลดแหล่งอิทธิพลความร้อนจากตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์จากอิทธิพลร่มเงาด้วยการปลูกต้นไม้ใหญ่ปกคลุมพื้นที่หรือผิววัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง โดยเฉพาะวัสดุวัสดุที่มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ เพื่อลดการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์กับผิววัสดุ ส่งผลต่อการสะสมและการถ่ายเทปริมาณความร้อนสู่สภาพแวดล้อม

การเพิ่มค่าตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศด้วยอิทธิพลการระเหยขององค์ประกอบแหล่งน้ำในสภาพแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นบึงธรรมชาติขนาดใหญ่ สระว่ายน้ำ น้ำตก หรือน้ำพุเป็นต้น อิทธิพลการระเหยจากแหล่งน้ำดังกล่าว จะช่วยเพิ่มค่าตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มขึ้นได้

อีกทั้ง กระแสลมที่พัดผ่านผิวน้ำดังกล่าวจะช่วยเร่งการระเหยของน้ำได้เร็วขึ้น ส่งผลต่อความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศลดลง การสร้างสภาพแวดล้อมต้นทิศทางลมให้มีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป จะส่งผลต่อการลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมที่มีลมพัดผ่าน ฉะนั้น การลดอุณหภูมิอากาศด้วยความเร็วลมจึงขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมต้นทิศทางลม ในฤดูร้อนเขตร้อนชื้น ควรกำหนดสภาพแวดล้อมบริเวณทิศใต้และทิศตะวันตกให้มีอุณหภูมิอากาศต่ำด้วยการสร้างพื้นที่ร่มเงาในกับวัสดุแดดแข็งประเภทคอนกรีตหรือพื้นยางมะตอยรวมถึงพื้นดินแห้ง จะทำให้วัสดุดังกล่าวมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ และสร้างแหล่งน้ำในพื้นที่โล่งแจ้ง นอกจากผิวน้ำจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิอากาศเหนือผิวน้ำจะลดลงด้วยอิทธิพลการระเหยของน้ำกับความเร็วม

การเพิ่มตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุด้วยอิทธิพลสิ่งปกคลุมผิวพื้น เช่น พื้นผิวสนามหญ้า โล่งแจ้งที่มีการรดน้ำเป็นประจำทุกวัน พื้นผิวไม้เลื้อยประเภทตีนตุ๊กแกหรือเถาวัลย์ปกคลุมวัสดุคอนกรีตหรือโลหะ เป็นต้น จะสามารถลดการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์กับผิววัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ ส่งผลถึงความสามารถของการสะสมความร้อนและการถ่ายเทความร้อนสู่สภาพแวดล้อมจากองค์ประกอบดังกล่าวและลดการเกิดปริมาณความร้อนให้กับสภาพแวดล้อม

การลดค่าตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์จากอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่ การเพิ่มค่าตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากอิทธิพลแหล่งน้ำ และการเพิ่มค่าตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุจากอิทธิพลสิ่งปกคลุมพื้นผิว จะสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปได้ ส่วนตัวแปรความเร็วมจะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมต้นทิศทางลม

4.3.1 องค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในเขตร้อนชื้น

ในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น องค์ประกอบรอบที่ตั้งในสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ได้แก่

- อิทธิพลต้นไม้ใหญ่
- อิทธิพลแหล่งน้ำ
- อิทธิพลสิ่งปกคลุมผิวพื้น

แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้นควรทำเป็นลำดับขั้นตอน ตั้งแต่การสกัดกั้นแหล่งที่มาความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ โดยใช้อิทธิพลร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่นที่ผลัดใบช่วงฤดูหนาวปกคลุมองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ เช่น ถนนผิวคอนกรีตหรือผิวยางมะตอย ส่วนพื้นที่โล่งแจ้งสามารถกำหนดวัสดุปูพื้นที่มีค่าความจุความร้อนสูง เช่น พื้นผิวหญ้าหรือพื้นผิวดินชุ่มน้ำ จะสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนในวัสดุ ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมไม่เพิ่มสูงขึ้นมากเกินไป เมื่อป้องกันแหล่งที่มาของความร้อนและสามารถยับยั้งการถ่ายเทความร้อนจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งได้แล้ว การสร้างแหล่งความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมจากอิทธิพลการระเหยของแหล่งน้ำ จะสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมลดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปได้ การวางตำแหน่งแหล่งน้ำขนาดใหญ่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งเป็นทิศทางที่ลมประจำถิ่นพัดผ่าน จะช่วยเร่งการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นไอระเหยได้ดีขึ้นและทำให้อุณหภูมิลมที่พัดผ่านลดต่ำลงจากอิทธิพลการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมลดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป

การจัดวางองค์ประกอบรอบที่ตั้งในสภาพแวดล้อมเพื่อการลดอุณหภูมิอากาศ ผู้วิจัยได้จำลองสภาพอากาศจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพล ส่งผลทำให้ตัวแปรสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลง ได้แก่ การเลือกใช้สิ่งปกคลุมผิวพื้นในการควบคุมตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ การวางตำแหน่งต้นไม้และเลือกใช้ต้นไม้ตามลักษณะความหนาแน่นทรงพุ่มในการควบคุมตัวแปรปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ และการกำหนดองค์ประกอบแหล่งน้ำ (ความลึกมากกว่า 1.20 เมตร) ตามขนาดพื้นที่ผิวน้ำในการควบคุมตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ พบว่า เมื่อสภาพแวดล้อมมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ $73.26 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ ($250 \text{ Btu/ft}^2 \text{ h}$) ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 40% และอุณหภูมิอากาศทั่วไป 37°C ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมเหนือพื้นผิวคอนกรีตมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 2.2°C พื้นผิวหญ้าชุ่มน้ำ 1.2°C ส่วนพื้นผิวคอนกรีตที่มีต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มโปร่ง ทรงพุ่มหนาแน่นปานกลาง และทรงพุ่มหนาแน่นมากปกคลุม จะมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 0.1, 0.4 และ 1°C ตามลำดับ ส่วนลักษณะสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปและมีอุณหภูมิอากาศต่ำสุดจะประกอบด้วยองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่ปกคลุมด้วยพื้นผิวหญ้าชุ่มน้ำที่ได้รับ

อิทธิพลร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่นและมีแหล่งน้ำในตำแหน่งต้นทิศทางลม ส่งผลทำให้มีอุณหภูมิอากาศลดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปมากถึง 4°C

อิทธิพลองค์ประกอบภาพที่ตั้งในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น ที่สามารถควบคุมตัวแปรที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศมีดังนี้

- อิทธิพลต้นไม้ใหญ่

ผลการวิจัยพบว่า ต้นไม้ใหญ่สามารถให้ร่มเงาแก่พื้นที่และองค์ประกอบโดยรอบได้ อิทธิพลดังกล่าวสามารถสกัดกั้นแหล่งที่มาความร้อนจากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันได้มากกว่าร้อยละ 90 ทำให้พื้นที่และองค์ประกอบใต้ร่มเงาได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์น้อยกว่าพื้นที่โล่งแจ้งและมีปริมาณการสะสมความร้อนต่ำ ส่งผลทำให้มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน จากข้อมูลการวิจัย วัสดุคอนกรีตซึ่งเป็นวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ จะมีระดับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิววัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน ทำให้ไม่เกิดการถ่ายเทความร้อนสู่สภาพแวดล้อม ส่งผลให้สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นมีอุณหภูมิอากาศไม่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป

การลดค่าตัวแปรปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จากอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่นมาก ได้แก่ ต้นเลียบ และต้นไทรย่อย สามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้มากกว่า 90% ทรงพุ่มหนาแน่นปานกลาง ได้แก่ ต้นปืบ สามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้ 80-89% และทรงพุ่มโปร่ง ได้แก่ ต้นหางนกยูง และต้นลีลาวดี สามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้ 70-79% การจัดวางตำแหน่งต้นไม้ใหญ่แบบผสมผสานปกคลุมสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร ช่วงเวลากลางวัน (12:00 น.) สามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้เฉลี่ย 85% จากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด $73.26 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ ($250 \text{ Btu/ft}^2 \text{ h}$)

อีกครั้งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่ที่เกิดจากกระบวนการคายน้ำของต้นไม้ จะทำให้ปริมาณความร้อนจากสภาพแวดล้อมถูกต้นไม้นำไปใช้ในกระบวนการดังกล่าว และการคายน้ำออกสู่สภาพแวดล้อมในรูปแบบของไอรระเหย ส่งผลให้สภาพแวดล้อมมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการลดลงของอุณหภูมิอากาศ

- อิทธิพลแหล่งน้ำ

น้ำ เป็นองค์ประกอบรอบที่ตั้งทางธรรมชาติที่มีระดับการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนในตัววัสดุน้อยกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป เนื่องจาก น้ำ มีค่าความจุความร้อนสูงสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนที่ส่งผลถึงอุณหภูมิผิววัสดุในเกณฑ์ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมเหนือผิวน้ำไม่มีอุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นจากการถ่ายเทความร้อน

นอกจากการลดปริมาณความร้อนในสภาพแวดล้อมด้วยอิทธิพลความจุความร้อนของน้ำ อิทธิพลการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นไอรยะจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ จะช่วยทำให้มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศเหนือผิวน้ำลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป การสร้างสภาพแวดล้อมเขตร้อนขึ้นด้วยอิทธิพลการระเหยของน้ำ เช่น การสร้างแหล่งน้ำ การใช้น้ำพุหรือมาน้ำตกในพื้นที่โล่งแจ้ง จะสามารถทำให้มีอุณหภูมิอากาศลดลง อีกทั้งกระแสลมที่พัดผ่านผิวน้ำจะสามารถช่วยเร่งการระเหยของน้ำได้ดีขึ้น

การวางตำแหน่งแหล่งน้ำในพื้นที่โล่งแจ้ง ซึ่งมีค่าความจุความร้อนสูงในบริเวณทิศตะวันออก ทิศใต้และทิศตะวันตก ซึ่งเป็นทิศทางการโคจรของโลกทำมุมกับดวงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน จะสามารถใช้เป็นพื้นที่ในการรองรับการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์โดยไม่เกิดปริมาณความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมได้ตลอดทั้งวัน อีกทั้งการวางองค์ประกอบแหล่งน้ำในทิศทางดังกล่าวจะสามารถลดอุณหภูมิอากาศของลมประจำถิ่น (ลมร้อน) ซึ่งพัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงฤดูร้อนลงได้ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่เป็นปัจจัยให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นไอรยะและความเร็วลมจะเป็นปัจจัยช่วยเร่งการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นไอรยะได้เร็วขึ้น ส่งผลทำให้ตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้นกว่าสภาพแวดล้อมทั่วไป 11% จากแผนภูมิไฮโครเมตริกชาร์ท พบว่าเมื่อสภาพอากาศที่ระดับอุณหภูมิอากาศ 37 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้นจาก 40% เป็น 51% จะส่งผลทำให้ระดับอุณหภูมิอากาศลดลง 3.5 องศาเซลเซียส

- อิทธิพลสิ่งปกคลุมผิวพื้น

ในพื้นที่สภาพแวดล้อมโล่งแจ้ง ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิววัสดุแต่ละชนิด จะส่งผลต่อการสะสมและถ่ายเทความร้อนสู่สภาพแวดล้อมในระดับที่แตกต่างกัน ตามค่าความจุความร้อนของวัสดุ จากกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยพบว่า วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูง เช่น พื้นหญ้าชุ่มน้ำ พื้นดินชุ่มน้ำ จะมีการถ่ายเทปริมาณความร้อนสู่สภาพแวดล้อมต่ำกว่าวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ เช่น คอนกรีตหรือ พื้นดินแห้ง เป็นต้น ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมโล่งแจ้งเหนือพื้นผิวหญ้าและผิวดินชุ่มน้ำ ต่ำกว่าพื้นผิวกอนกรีตและพื้นผิวดินแห้ง

การใช้สิ่งปกคลุมผิวพื้นประเภทหญ้าชุ่มน้ำที่มีการรดน้ำเป็นประจำทุกวันปกคลุมพื้นผิวสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร มีค่าตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ 0.6 Cal/g C ซึ่งมากกว่าผิวกอนกรีต ผิวยางมะตอยและผิวดินแห้ง จะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเหนือพื้นผิวหญ้าชุ่มน้ำในพื้นที่โล่งแจ้งมีอุณหภูมิอากาศใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศทั่วไป ส่วนผิวกอนกรีตในพื้นที่ได้ร่มเงาจะมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปตลอดทั้งวัน สำหรับพื้นผิวกอนกรีตและผิว











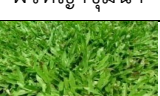








ดินแห้งหรือพื้นยางมะตอย ที่ใช้เป็นถนนหรือลานจอดรถ ควรได้รับอิทธิพลร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ปกคลุม จะสามารถยับยั้งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมช่วงเวลากลางวัน

สำหรับพื้นที่โล่งแจ้งที่ปราศจากสิ่งปกคลุม ผู้ออกแบบได้กำหนดให้เป็นพื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งองค์ประกอบน้ำจะมีค่าความจุความร้อนของวัสดุมากถึง 1 Cal/g C เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน โดยที่มีอุณหภูมิผิวน้ำเปลี่ยนแปลงไม่มากและไม่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป (จากข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวน้ำช่วงกลางวัน-กลางคืน น้อยกว่า 6.5 องศาเซลเซียส)

ในช่วงฤดูร้อน การปรับปรุงสภาพแวดล้อมในตำแหน่งต้นทิศทางลมให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปจะสามารถลดอิทธิพลความร้อนจากกระแสลมได้ การวางองค์ประกอบแหล่งน้ำในตำแหน่งต้นทิศทางลม (ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก) จะสามารถลดอุณหภูมิลมประจำถิ่นจากอิทธิพลการระเหยของน้ำในช่วงฤดูร้อนได้ ส่วนในช่วงฤดูหนาวกระแสลมจะพัดมาจากทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งกระแสลมดังกล่าวจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปและต่ำกว่าเกณฑ์สบายของมนุษย์ การเพิ่มปริมาณความร้อนให้กับองค์ประกอบรอบที่ตั้งในตำแหน่งต้นทิศทางลมจะสามารถเพิ่มอุณหภูมิอากาศให้กับสภาพแวดล้อมได้ องค์ประกอบที่มีค่าความจุความร้อนต่ำและค่าการแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุสูง เช่น พื้นผิวคอนกรีต พื้นยางมะตอยและพื้นดินแห้ง จะสามารถเพิ่มปริมาณความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมได้ ส่งผลทำให้มวลอากาศที่พัดมาในช่วงฤดูหนาวมีอุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้น

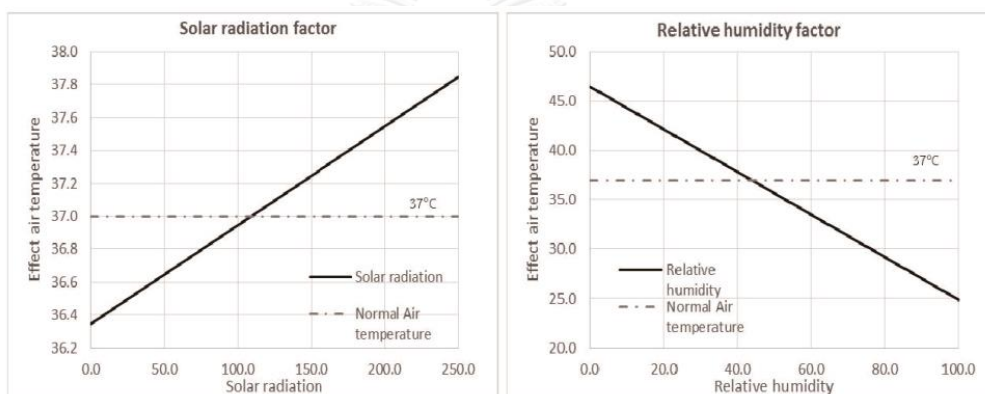
การกำหนดองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศให้มีประสิทธิภาพสูงสุดสามารถทำได้โดยการบูรณาการร่วมกัน จากข้อมูลการวิจัย พบว่า พื้นคอนกรีตโล่งแจ้งและพื้นหญ้าโล่งแจ้ง มีระดับอุณหภูมิอากาศสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป เมื่อได้รับอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่จะมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 0.1-1.3 องศาเซลเซียส และเมื่อสภาพแวดล้อมดังกล่าวได้รับอิทธิพลการระเหยจากแหล่งน้ำ จะมีอุณหภูมิอากาศลดลงต่ำลง 2-4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.34 แสดงแนวทางการลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น จากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง

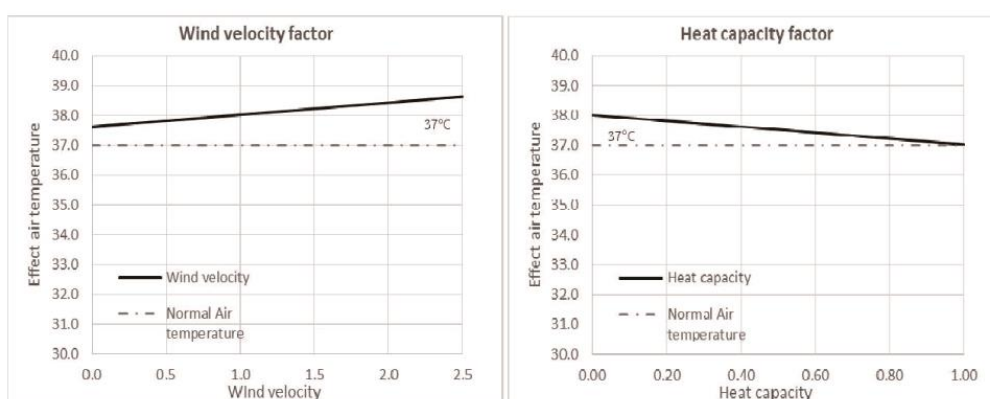
	Ground cover	Vegetation	Water bodies	อุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง (C)
1				เพิ่มขึ้น 2.2
	ผิวคอนกรีต			
2				เพิ่มขึ้น 1.2
	ผิวหญ้าชุ่มน้ำ			
3				ลดลง 0.1
	ผิวคอนกรีต	ทรงพุ่มโปร่ง		
4				ลดลง 0.4
	ผิวคอนกรีต	พุ่มหนาแน่นปานกลาง		
5				ลดลง 1
	ผิวคอนกรีต	พุ่มหนาแน่นมาก		
6				ลดลง 1.3
	ผิวหญ้าชุ่มน้ำ	ต้นไม้ทรงพุ่มโปร่ง		
7				ลดลง 2
	ผิวหญ้าชุ่มน้ำ	พุ่มหนาแน่นปานกลาง	บ่อเลี้ยงปลา	
8				ลดลง 2.7
	ผิวคอนกรีต	พุ่มหนาแน่นมาก	สระว่ายน้ำ	
9				ลดลง 4.0
	ผิวหญ้าชุ่มน้ำ	พุ่มหนาแน่นมาก	บึงธรรมชาติ	

หมายเหตุ ค่าที่ระบุในตารางได้มาจากการคำนวณสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรสภาพแวดล้อมช่วงเวลากลางวัน (12:00 น.) ซึ่งมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ $73.26 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ ($250 \text{ Btu/ft}^2 \text{ h}$) ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 40% อุณหภูมิอากาศทั่วไป 37°C

ผลการสำรวจข้อมูลหรือพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของสภาพแวดล้อมที่ได้รับการปรุงแต่ง เพื่อลดอุณหภูมิอากาศจากตัวแปรที่มีอิทธิพล พบว่า ความแตกต่างขององค์ประกอบรอบที่ตั้งสามารถส่งผลให้อุณหภูมิอากาศลดลง เนื่องจากลักษณะสภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีค่าความจุความร้อนที่สูง เช่น ผิวน้ำ สามารถรองรับการถ่ายเทความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวันโดยไม่ทำให้อุณหภูมิผิวน้ำสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ การใช้อิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งในการควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น อิทธิพลการสกัดกั้นปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จากต้นไม้อื่นๆ และการเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากองค์ประกอบแหล่งน้ำ เมื่อการออกแบบสภาพแวดล้อมได้ผนวกการใช้องค์ประกอบรอบที่ตั้งเพื่อควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมแล้ว จะส่งผลทำให้ระดับอุณหภูมิอากาศลดลง การออกแบบองค์ประกอบรอบที่ตั้งเพื่อควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมจึงเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญที่ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน



รูปที่ 4.138 แสดงช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ที่อุณหภูมิอากาศทั่วไป 37°C



รูปที่ 4.139 แสดงช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรความเร็วลมและความจุความร้อนของวัสดุที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ที่อุณหภูมิอากาศทั่วไป 37°C

4.3.2 แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น

หลักการออกแบบสภาพแวดล้อมในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นซึ่งมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์สบายตลอดทั้งปี การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมจึงต้องป้องกันการเกิดปริมาณความร้อนจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่เกิดจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์กับวัสดุเป็นหลัก การให้ร่มเงาแก่วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำจะทำให้ไม่มีปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิอากาศใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศทั่วไป การลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมให้ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป สามารถทำได้โดยเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากการวางองค์ประกอบแหล่งน้ำให้กับสภาพแวดล้อม การวางองค์ประกอบน้ำพุ น้ำตก หรือม่านน้ำในพื้นที่โล่งแจ้งทางทิศใต้ จะช่วยลดอุณหภูมิอากาศได้จากอิทธิพลการระเหยของน้ำ อีกทั้งความเร็วลมจะมีผลทำให้การระเหยของน้ำเพิ่มสูงขึ้นสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศลดลงได้

การใช้อิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งในการควบคุมตัวแปรสภาพแวดล้อมตามหลักการวิจัยแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ ส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ให้ใกล้เคียงสภาวะน่าสบายของมนุษย์ได้ ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบสภาพแวดล้อม ดังนี้ (1) องค์ประกอบต้นไม้ใหญ่ ควบคุมตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ (2) องค์ประกอบแหล่งน้ำ ควบคุมตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (3) องค์ประกอบสิ่งปกคลุมผิวพื้น ควบคุมตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ

ระดับอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้นตลอดทั้งปี ส่วนมากอยู่ในระดับสูงกว่าสภาวะน่าสบายของมนุษย์ (25 องศาเซลเซียส) แต่มีบางช่วงเวลา เช่น ฤดูหนาว จะมีระดับอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าสภาวะน่าสบายของมนุษย์ แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้นจึงสามารถแบ่งลักษณะการออกแบบได้ 2 แนวทาง คือ

1. แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น เพื่อลดอุณหภูมิอากาศ

จากตัวแปรในสมการความสัมพันธ์ พบว่า การลดค่าตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ และเพิ่มค่าตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์และค่าตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ จะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศลดลง ใกล้เคียงสภาวะน่าสบาย การสร้างสภาพแวดล้อมจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งใช้เป็นแนวทางการออกแบบ มีดังนี้

- ปลูกต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่น เช่น ต้นเลียบ ต้นไทร ปกคลุมพื้นที่โดยรอบอาคาร โดยมีพื้นที่ร่มเงาปกคลุมตลอดระยะ 20 เมตร จากตัวอาคาร และสร้างพื้นที่ร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ปกคลุมถนนผิวคอนกรีตหรือผิวยางมะตอย อิทธิพลร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่จะส่งผลทำให้ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ลดลง

- วางตำแหน่งแหล่งน้ำหรือบึงขนาดใหญ่ทางทิศใต้และทิศตะวันตก สำหรับบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก ให้วางองค์ประกอบที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ เช่น สระว่ายน้ำขนาดเล็ก บ่อปลา หรือน้ำตก บริเวณทิศใต้และทิศตะวันตก อิทธิพลการระเหยของน้ำจะส่งผลทำให้ตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น

- กำหนดวัสดุหญ้าที่มีการรดน้ำเป็นประจำทุกวันเป็นวัสดุผิวพื้นในพื้นที่โล่งแจ้ง การปลูกไม้เลื้อย เช่น ตีนตุ๊กแก ปกคลุมกำแพงรั้วคอนกรีต และปลูกไม้พุ่ม เช่น ไทรเกาหลี บดบังผนังปูนทางทิศใต้และทิศตะวันตกของอาคาร อิทธิพลดังกล่าวจะส่งผลทำให้ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุเพิ่มสูงขึ้น

- สร้างสภาพแวดล้อมบริเวณทิศใต้และทิศตะวันตก ด้วยวัสดุตาอ่อน เช่น สนามหญ้า ต้นไม้ใหญ่ ดินชุ่มน้ำ บ่อปลา เป็นต้น จะส่งผลทำให้อุณหภูมิของลมประจำถิ่นที่พัดเข้ามามีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป

2. แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น เพื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศ

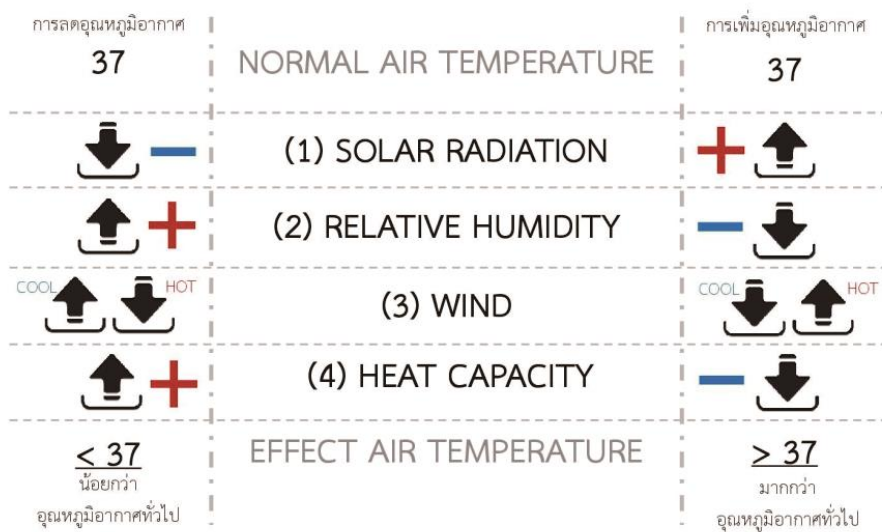
จากตัวแปรในสมการความสัมพันธ์ พบว่า การเพิ่มค่าตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ และลดค่าตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์และค่าตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ จะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้น การสร้างสภาพแวดล้อมจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ใช้เป็นแนวทางการออกแบบ มีดังนี้

- ปลูกต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มโปร่งหรือต้นไม้ใหญ่ที่มีการผลัดใบในช่วงฤดูหนาว เช่น ต้นหางนกยูง ต้นลีลาวดีบริเวณทิศใต้ของอาคาร และสร้างพื้นที่เปิดโล่งให้กับลานผิวคอนกรีตหรือถนนผิวยางมะตอยบริเวณทิศเหนือ อิทธิพลดังกล่าวจะไม่ส่งผลทำให้ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ลดลง

- ไม่สร้างแหล่งน้ำหรือองค์ประกอบที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบในสภาพแวดล้อม

- กำหนดวัสดุผิวพื้นบริเวณทิศเหนือด้วยวัสดุผิวคอนกรีต หรือผิวยางมะตอย และวางองค์ประกอบประเภทวัสดุตาแข็ง เช่น ทางเดินคอนกรีต ปูนปั้น ม้านั่งผิวโลหะ ในพื้นที่โล่งแจ้ง อิทธิพลดังกล่าวจะส่งผลทำให้ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุลดต่ำลง

- สร้างสภาพแวดล้อมบริเวณทิศเหนือและทิศตะวันออก ด้วยวัสดุตาแข็ง เช่น ลานคอนกรีต ถนนผิวยางมะตอย หรือโครงสร้างโลหะในพื้นที่โล่งแจ้ง เป็นต้น จะส่งผลทำให้อุณหภูมิของลมประจำถิ่นที่พัดเข้ามามีอุณหภูมิเพิ่มสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป



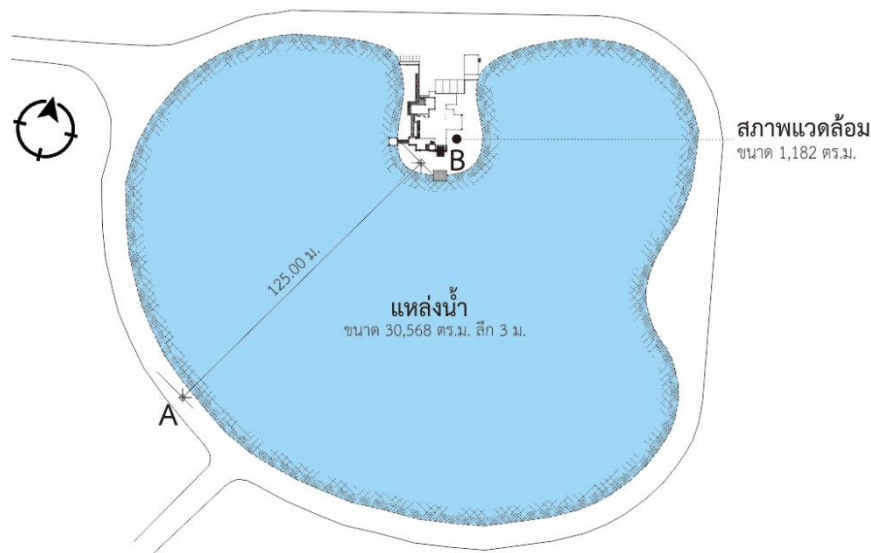
รูปที่ 4.140 แสดงแนวทางการควบคุมค่าตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการลดอุณหภูมิอากาศ และเพิ่มอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่

4.3.3 ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากการออกแบบสภาพแวดล้อม (กรณีศึกษา)

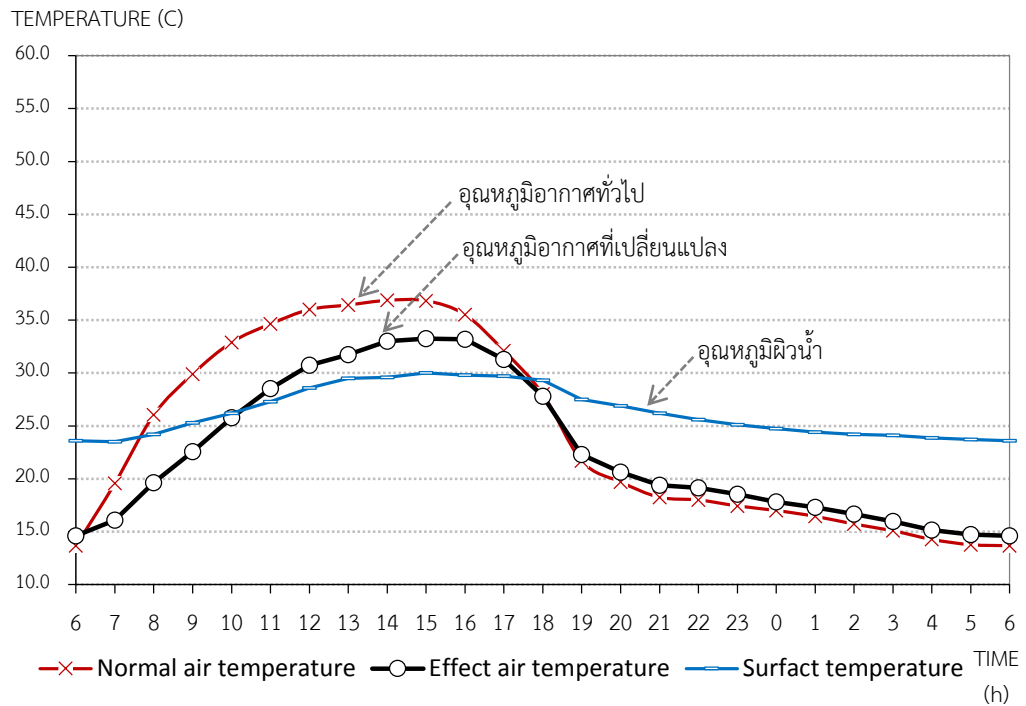
การประยุกต์ผลงานวิจัยสู่การออกแบบสภาพแวดล้อม โดยใช้อิทธิพลจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งในการควบคุมตัวแปรสภาพแวดล้อมเพื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศให้อยู่ใกล้เขตสบายของมนุษย์มากที่สุด ทั้งนี้การออกแบบสภาพแวดล้อมดังกล่าวมีลักษณะเป็นพื้นที่โล่ง (ทุ่งนาสลับสวนลำไย) ในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ มีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าสภาวะน่าสบายของมนุษย์ในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งผู้วิจัยสามารถใช้ผลที่ได้จากข้อมูลการวิจัยเพื่อออกแบบสภาพแวดล้อมในการลดอุณหภูมิอากาศ ดังนี้

- กำหนดองค์ประกอบแหล่งน้ำ เพื่อเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ
- กำหนดองค์ประกอบต้นไม้ใหญ่ เพื่อลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน
- กำหนดองค์ประกอบหญ้าเป็นสิ่งปกคลุมผิวพื้น เพื่อเพิ่มค่าความจุความร้อนของวัสดุ

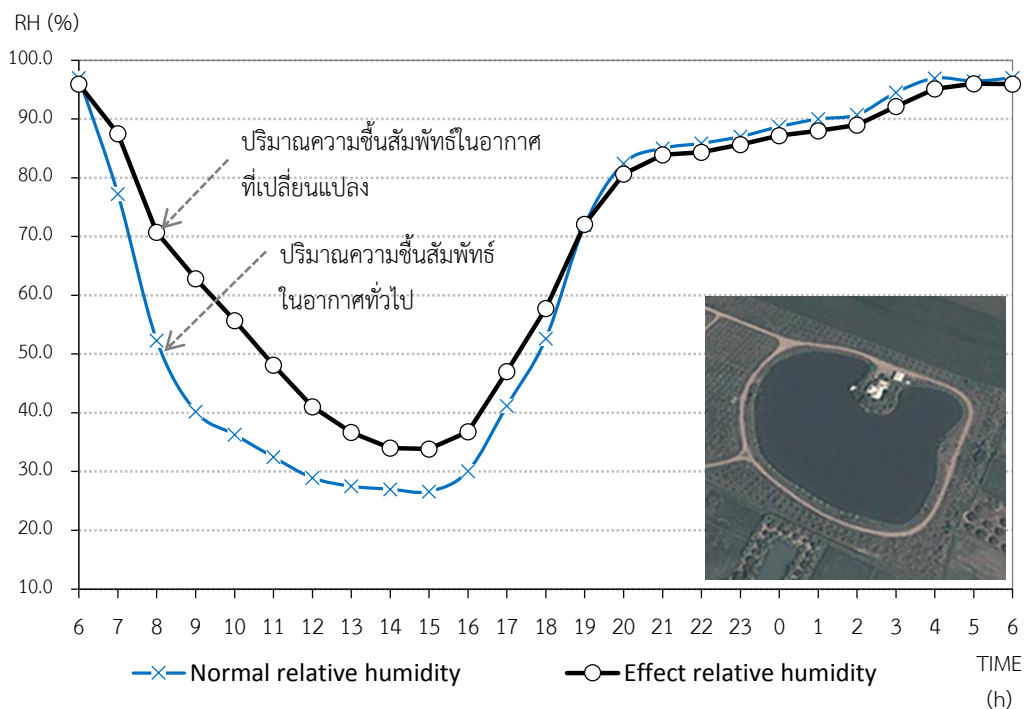
หลังจากสภาพแวดล้อมที่ได้รับการปรับปรุงเสร็จ ผู้วิจัยได้มีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมที่ได้รับการปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไปตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าช่วงเวลากลางวัน (12:00 น.) สภาพแวดล้อมดังกล่าวมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 5.3 องศาเซลเซียส โดยเป็นผลมาจากควบคุมตัวแปรที่มีอิทธิพล ได้แก่ (1) ตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ลดลง 90% (2) ตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้น 11% (3) ตัวแปรความเร็วลมอยู่ระหว่าง 1-2 m/s และ(4) ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุเพิ่มขึ้น 8 Cal/g C จากสภาพแวดล้อมทั่วไป



รูปที่ 4.141 แสดงขนาดพื้นที่แหล่งน้ำที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมที่ปรับปรุง (area ratio 1:26)



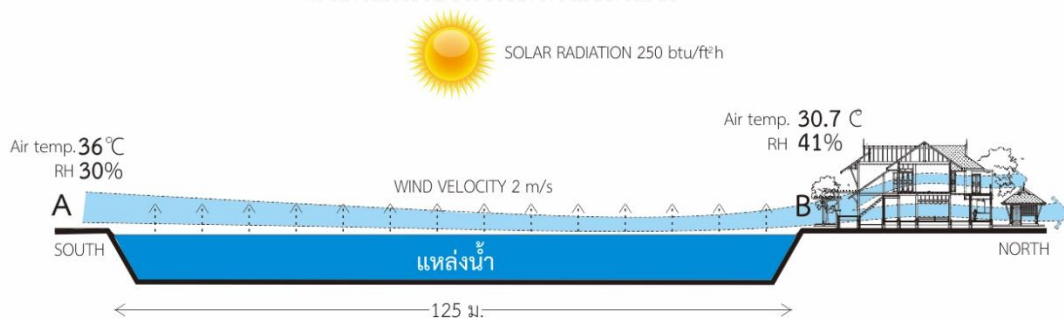
รูปที่ 4.142 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งและอุณหภูมิผิวน้ำ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง (14 กุมภาพันธ์ 2558 จ.เชียงใหม่)



รูปที่ 4.143 แสดงข้อมูลปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้นจากการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำ เปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ทั่วไป ตลอด 24 ชั่วโมง (14 กุมภาพันธ์ 2558 จ.เชียงใหม่)

อิทธิพลการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำในสภาพแวดล้อมช่วงเวลากลางวัน (12:00 น.) ซึ่งวัด อุณหภูมิอากาศทั่วไป 36 องศาเซลเซียส (ตำแหน่ง A) ความเร็วลม 1-2 m/s และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ 73.26 W/m² h (250 btu/ft² h) ซึ่งมีระยะทางการพัดผ่านของลมเหนือผิวน้ำตามแนว ทิศทางลม 125 เมตร ส่งผลให้สภาพแวดล้อมมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มขึ้น 11% หรือ ทุกระยะทาง 11.36 เมตร จะมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มขึ้น 1% อิทธิพลดังกล่าวทำให้ อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อม (ตำแหน่ง B) วัดได้ 30.7 องศาเซลเซียส ลดลง 5.3 องศาเซลเซียส หรือทุกระยะ 23.58 เมตร จะสามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ 1 องศาเซลเซียส ความสัมพันธ์ของขนาด แหล่งน้ำกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ อากาศและสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบสภาพแวดล้อมได้

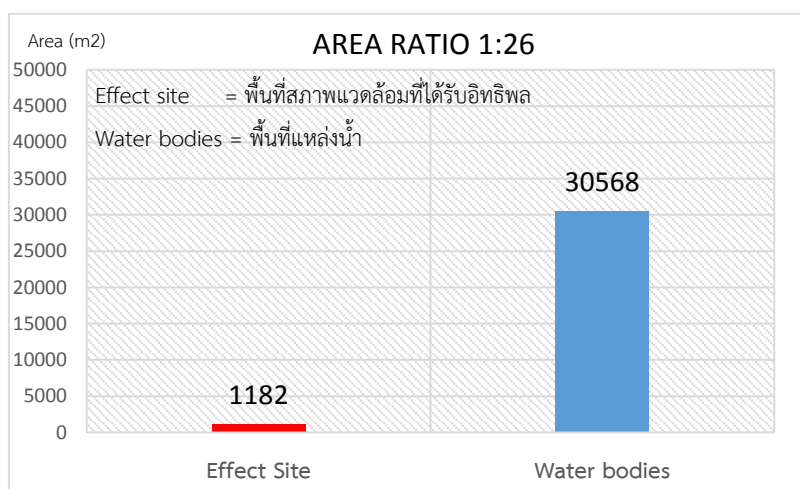
การออกแบบสภาพแวดล้อมโดยใช้อิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่เป็นแหล่งน้ำในการลด อุณหภูมิอากาศ จะต้องมีความลึกมากกว่า 1.20 เมตร เนื่องจากอุณหภูมิน้ำจะคงที่ตั้งแต่ระดับความ ลึกที่ 1.20 เมตรขึ้นไป ในสภาพแวดล้อมที่ได้รับการออกแบบมีความลึกของแหล่งน้ำมากกว่า 3 เมตร สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้สูงสุด 5.25 องศาเซลเซียสในช่วงเวลากลางวันที่มีปริมาณรังสีดวง อาทิตย์สูงสุด ซึ่งระดับอุณหภูมิอากาศทั่วไปสูงเกินสภาวะน่าสบายของมนุษย์ และสามารถเก็บกัก ความร้อนในช่วงเวลากลางคืน ส่งผลให้สภาพแวดล้อมที่ได้รับการออกแบบมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่า อุณหภูมิอากาศทั่วไป 1.15 องศาเซลเซียส (ระดับอุณหภูมิอากาศทั่วไปช่วงเวลากลางคืนต่ำกว่า สภาวะน่าสบายของมนุษย์) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศให้เข้าใกล้เขตสบายของมนุษย์จาก อิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์ในเขตร้อนชื้น



รูปที่ 4.144 ผังบริเวณ แสดงองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร

อัตราส่วนพื้นที่ (Area ratio) ของสภาพแวดล้อมที่ได้รับอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากองค์ประกอบแหล่งน้ำขนาดพื้นที่ผิว 30,568 ตร.ม. กับสภาพแวดล้อม 1,182 ตร.ม. หรือ 3.86% ของพื้นที่แหล่งน้ำ ซึ่งคิดเป็น 1 : 26 กล่าวคือ การใช้อิทธิพลขององค์ประกอบแหล่งน้ำในการลดอุณหภูมิอากาศจากการเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ได้จากผลการออกแบบ มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวน้ำ 26 เท่า ของพื้นที่สภาพแวดล้อม

$$(1,182/30,568)*100 = 3.86\% \text{ (หรือ 1 : 26)}$$



รูปที่ 4.145 แสดงอัตราส่วนพื้นที่สภาพแวดล้อมที่ได้รับอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ กับพื้นที่แหล่งน้ำ

การออกแบบสภาพแวดล้อมมีการกำหนดตำแหน่งต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่นหนา ได้แก่ ต้นเลียบ ต้นพิกุล บริเวณทิศใต้ ทิศตะวันตก และต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มโปร่ง ได้แก่ ต้นลีลาวดี ต้นหางนกยูง บริเวณทิศตะวันออก จะสามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จาก 73.26 W/m² h (250 btu/ft² h) โดยเฉลี่ยลดลงเหลือ 12.60 W/m² h (43 btu/ft² h) หรือลดลง 82.8% ในช่วงเวลากลางวัน การวางตำแหน่งต้นไม้ปกคลุมสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงลดลง จากอิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่ อีกครั้งสภาพอากาศได้รับเงาต้นไม้ใหญ่จะมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น 3% จากอิทธิพลการคายน้ำของต้นไม้

การกำหนดพื้นที่หญ้าเป็นสิ่งปกคลุมพื้นผิวในพื้นที่โล่งแจ้งรอบอาคารทำให้สภาพแวดล้อมไม่มีปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้นจากอิทธิพลดังกล่าว เนื่องจากหญ้าที่มีการรดน้ำเป็นประจำทุกวัน จะมีอุณหภูมิผิวใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน ลักษณะดังกล่าวจะไม่สร้างปริมาณความร้อนให้กับสภาพแวดล้อม แตกต่างจากพื้นคอนกรีตหรือถนนยางมะตอยในพื้นที่โล่งแจ้ง ที่มีระดับอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน ผู้ออกแบบจึงกำหนดพื้นที่ทางเดินคอนกรีตใน

ตำแหน่งได้ร่มเงาต้นไม้ใหญ่ ส่งผลทำให้อุณหภูมิผิวทางเดินที่ปกคลุมด้วยร่มเงาต้นไม้ใหญ่มีระดับต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งวัน และการวางตำแหน่งองค์ประกอบพื้นคอนกรีตและพื้นดินแห้งที่มีค่าความจุความร้อนต่ำบริเวณทิศเหนือ ซึ่งเป็นตำแหน่งท้ายลมประจำถิ่น ส่งผลทำให้ไม่มีปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากอิทธิพลการพัดผ่านของลมในช่วงฤดูร้อน อีกทั้งตำแหน่งดังกล่าวเป็นตำแหน่งต้นทิศทางลมในช่วงฤดูหนาว กระแสลมที่พัดผ่านจะช่วยส่งผลทำให้ลมมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น จนเข้าสู่สภาวะน่าสบายของมนุษย์ได้



รูปที่ 4.146 แสดงลักษณะสภาพแวดล้อมที่ใช้อิทธิพลจากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ในการควบคุมตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น (area ratio 1:26)



รูปที่ 4.147 ลักษณะการใช้องค์ประกอบรอบที่ตั้ง ได้แก่ ต้นไม้ใหญ่ พืชพันธุ์ธรรมชาติ และสิ่งปกคลุมผิวพื้นที่สามารถควบคุมการเพิ่มขึ้นของปริมาณความร้อนในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

5.1 ข้อสรุปการวิจัย

การสำรวจพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ และข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้นจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ซึ่งให้เห็นว่าตัวแปรสำคัญที่เป็นปัจจัยหลักของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ คือ กลุ่มตัวแปรสภาพแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลม กลุ่มตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ได้แก่ ความจุความร้อนของวัสดุ การแผ่รังสีความร้อนของผิววัสดุ ความชื้นสีผิววัสดุ และการนำความร้อนของวัสดุ ซึ่งองค์ประกอบรอบที่ตั้งจะได้รับปริมาณความร้อนจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนในวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งขึ้นอยู่กับตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูงจะสามารถเก็บกักการเกิดปริมาณความร้อนได้มากกว่าวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ ส่งผลทำให้ปริมาณความร้อนในตัววัสดุทั้งสองแตกต่างกัน วัสดุที่มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศจะแผ่รังสีความร้อนสู่สภาพแวดล้อม ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นมีอุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น ส่วนวัสดุที่มีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศจะสามารถรองรับปริมาณความร้อนจากสภาพแวดล้อมได้ ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณนั้นมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป ทั้งนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ เช่น การแลกเปลี่ยนความร้อน-ความเย็นกับท้องฟ้า ช่วงเวลากลางวัน-กลางคืนและการหน่วงความร้อนของวัสดุ (Timelag) ที่ส่งผลต่อระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในแต่ละสภาพแวดล้อม

การทำนายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ สามารถคำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพล ได้แก่ (1)ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (2)ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (3)ความเร็วลม และ (4)ความจุความร้อนของวัสดุ ความสัมพันธ์กับแหล่งที่มาความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ช่วงเวลากลางวันและกลางคืน (Solar time) ส่งผลทำให้อิทธิพลของตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งกระทำต่ออุณหภูมิอากาศแตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งสมการทำนายอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวันจากอิทธิพลตัวแปร(1)ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (2)ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (3)ความเร็วลม (4)ความจุความร้อนของวัสดุ และสมการทำนายอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางคืนจากอิทธิพลตัวแปร(1)ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (2)ความเร็วลม (3)ความจุความร้อนของวัสดุ การนำสมการไปใช้ในการออกแบบสภาพแวดล้อม จะกำหนดค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลเพื่อหาอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง ตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าความคลาดเคลื่อนของสมการช่วงเวลากลางวัน 1.38 องศา

เซลเซียส และสมการช่วงเวลากลางคืน 0.8 องศาเซลเซียส (ซึ่งเป็นผลมาจากสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมและองค์ประกอบรอบที่ตั้งภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้เท่านั้น สำหรับการทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากสถานที่อื่น จะต้องเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมจากพื้นที่นั้นๆเพื่อแทนค่าในสมการโดยใช้ตัวแปรที่ได้จากผลการวิจัยนี้เป็นแนวทาง)

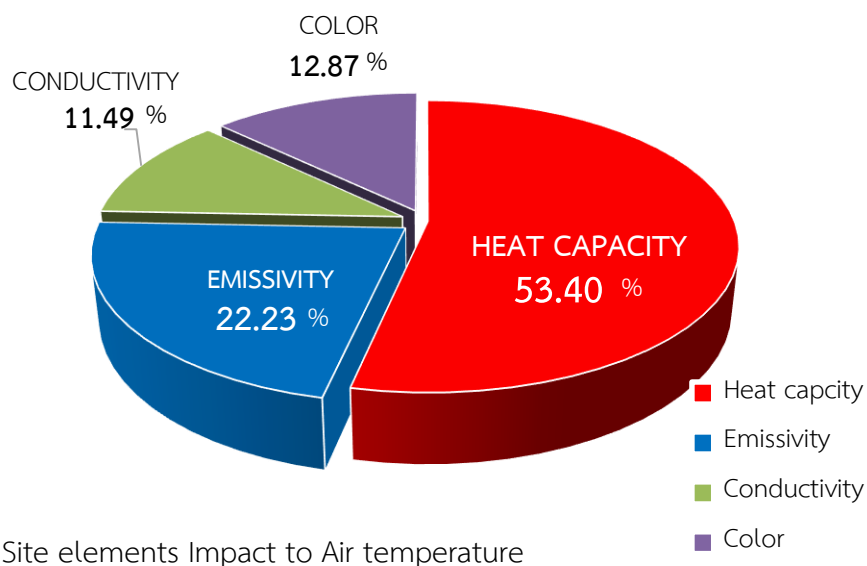
การออกแบบสภาพแวดล้อมในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อลดอุณหภูมิอากาศให้เข้าใกล้เขตสบายของมนุษย์มากที่สุด การออกแบบจัดการองค์ประกอบรอบที่ตั้งอย่างเป็นระบบจะสามารถควบคุมตัวแปรสภาพแวดล้อมได้ การป้องกันรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งอิทธิพลความร้อนหลักจากสภาพแวดล้อมโดยการสร้างพื้นที่ร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ ต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่นจะสามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้มากกว่า 90% การลดตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ลงจะส่งผลทำให้ปริมาณความร้อนถูกสะสมในตัววัสดุน้อยลง และวัสดุจะสามารถรองรับปริมาณความร้อนตามคุณสมบัติความจุความร้อนได้ตลอดทั้งวันโดยไม่ถ่ายเทสู่สภาพแวดล้อม ทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมได้พื้นที่ร่มเงาต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป ส่วนองค์ประกอบในสภาพแวดล้อมพื้นที่โล่งแจ้งที่ไม่ได้รับอิทธิพลร่มเงาจากต้นไม้ใหญ่ปกคลุม ควรกำหนดวัสดุปกคลุมพื้นผิวที่มีค่าความจุความร้อนสูง เช่น พื้นหญ้าชุ่มน้ำ หรือพื้นน้ำ เพื่อรองรับปริมาณความร้อนจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน อีกทั้ง ต้นหญ้ามักมีกระบวนการคายน้ำทำให้สภาพอากาศเหนือพื้นหญ้ามักมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าสภาพอากาศทั่วไป ซึ่งเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมลดลง นอกจากการป้องกันการเกิดความร้อนจากสภาพแวดล้อมแล้ว การสร้างแหล่งความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมจากการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำจะทำให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่เพิ่มสูงขึ้น ความเร็วลมเป็นปัจจัยที่ช่วยเร่งการระเหยของน้ำ การออกแบบสภาพแวดล้อมโดยกำหนดองค์ประกอบแหล่งน้ำในพื้นที่โล่งแจ้งตำแหน่งต้นทิศทางลมจะสามารถช่วยให้กระบวนการระเหยของน้ำกลายเป็นไอได้เร็วขึ้น ทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมลดต่ำลงได้ ทั้งนี้การสร้างสภาพแวดล้อมต้นทิศทางลมให้อุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปจะสามารถลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมลงได้

5.1.1 สรุปตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

การถ่ายเทความร้อนของวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อม เมื่อปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบผิววัสดุจะเกิดการดูดซับและสะท้อนรังสีความร้อนตามคุณสมบัติของวัสดุ ปริมาณความร้อนที่ดูดซับจะเข้าไปสะสมจนเต็มความจุและถ่ายเทสู่สภาพแวดล้อมภายนอกที่มีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่า ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้น

ตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ได้แก่

- 1) ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ (Heat capacity)
มีอิทธิพลมากที่สุด คิดเป็น 53.4%
- 2) ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุ (Emissivity)
มีอิทธิพลมากที่สุด คิดเป็น 22.2%
- 3) ตัวแปรความเข้มสีวัสดุ (Color)
มีอิทธิพลน้อย คิดเป็น 12.9%
- 4) ตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุ (Conductivity)
มีอิทธิพลน้อยที่สุด คิดเป็น 11.5%



รูปที่ 5.1 ตัวแปรองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ
(ข้อมูลการสำรวจปริมาณความร้อนของวัสดุ 16 ชนิด ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้)

5.1.2 สรุปสมการทำนายอุณหภูมิอากาศ จากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพล

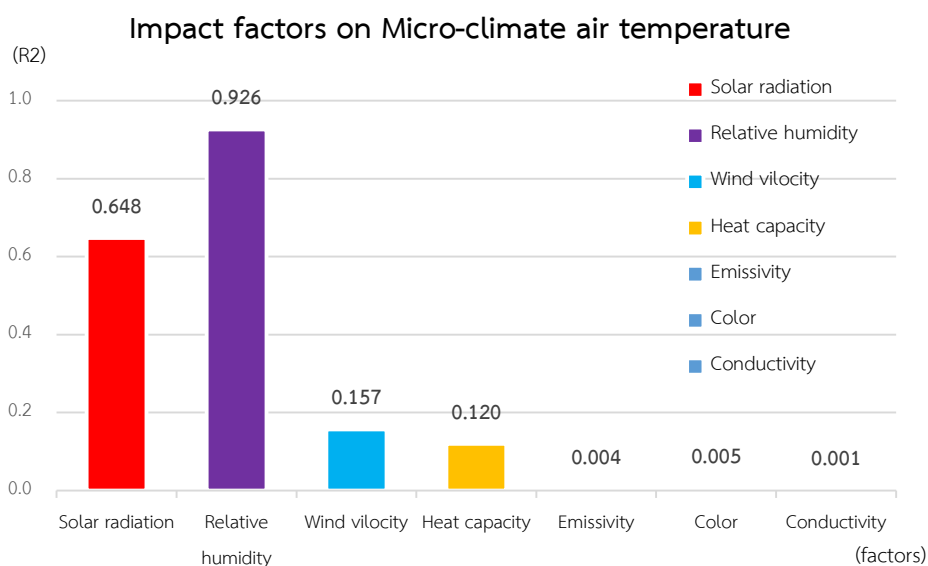
1) สรุปความเข้าใจของตัวแปรในการสร้างสมการ

ปัจจัยสภาพแวดล้อม (Climate factor) มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศขนาดใหญ่และอุณหภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ ซึ่งอยู่นอกเหนือการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์ แต่สามารถควบคุมได้จากองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ได้แก่

- ตัวแปรปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation)
- ตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)
- ตัวแปรความเร็วลม (Wind velocity)

ปัจจัยองค์ประกอบรอบที่ตั้ง (Site elements factor) มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศขนาดเฉพาะพื้นที่ ผลการวิจัยพบว่าสามารถเปลี่ยนแปลงและใช้ควบคุมตัวแปรจากปัจจัยสภาพแวดล้อม ได้แก่

- ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ (Heat capacity)
- ตัวแปรการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุ (Emissivity)
- ตัวแปรความเข้มสีผิววัสดุ (Color)
- ตัวแปรการนำความร้อนของวัสดุ (Conductivity)



รูปที่ 5.2 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Squared) ของตัวแปรที่มีอิทธิพล (ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อม 16 สภาพแวดล้อมภายใน จ.เชียงใหม่)

2) สมการทำนายอุณหภูมิอากาศ

การสร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศจากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพล สามารถแบ่งสมการออกเป็น 4 สมการ คือ (1)สมการทำนายอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางวัน กรณีที่มีลม (2)สมการทำนายอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางคืน กรณีที่มีลม (3)สมการทำนายอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางวัน กรณีที่ไม่มีลม และ (4)สมการทำนายอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางคืน กรณีที่ไม่มีลม

(2.1) สมการทำนายอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางวัน (กรณีที่มีลม)

$$Y_{\text{day}} - (0.401N_{\text{temp}}) = 29.788 + (-0.856X_{\text{heat}}) + (-0.212X_{\text{RH}}) + (0.283X_{\text{wind}}) + (0.022X_{\text{solar}})$$

แทนค่า	Y_{day}	= Effect air temperature
	X_{heat}	= Heat capacity
	X_{RH}	= Relative humidity
	X_{wind}	= Wind velocity (1,2,3 m/s)
	X_{solar}	= Solar radiation
	N_{temp}	= Normal air temperature

(R Square = .95, Standard error = 1.3821)

(2.2) สมการทำนายอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางคืน (กรณีที่มีลม)

$$Y_{\text{night}} - (0.218N_{\text{temp}}) = 30.901 + (-0.547X_1) + (-0.155X_2) + (0.436X_3)$$

แทนค่า	Y_{night}	= Effect air temperature
	X_{heat}	= Heat capacity
	X_{RH}	= Relative humidity
	X_{wind}	= Wind velocity (1,2,3 m/s)
	N_{temp}	= Normal air temperature

(R Square = .87, Standard error = 0.8043)

(2.3) สมการทำนายอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางวัน (กรณีที่ไม่มีลม)

$$Y_{\text{day}} - (0.405N_{\text{temp}}) = 30.134 + (-0.860X_{\text{heat}}) + (-0.216X_{\text{RH}}) + (0.021X_{\text{solar}})$$

แทนค่า

Y_{day} = Effect air temperature

X_{heat} = Heat capacity

X_{RH} = Relative humidity

X_{solar} = Solar radiation

N_{temp} = Normal air temperature

(R Square = .949, Standard error = 1.3828)

(2.4) สมการทำนายอุณหภูมิอากาศช่วงเวลากลางคืน (กรณีที่ไม่มีลม)

$$Y_{\text{night}} - (0.229N_{\text{temp}}) = 31 + (-0.402X_1) + (-0.159X_2)$$

แทนค่า

Y_{night} = Effect air temperature

X_{heat} = Heat capacity

X_{RH} = Relative humidity

N_{temp} = Normal air temperature

(R Square = .861, Standard error = 0.8264)

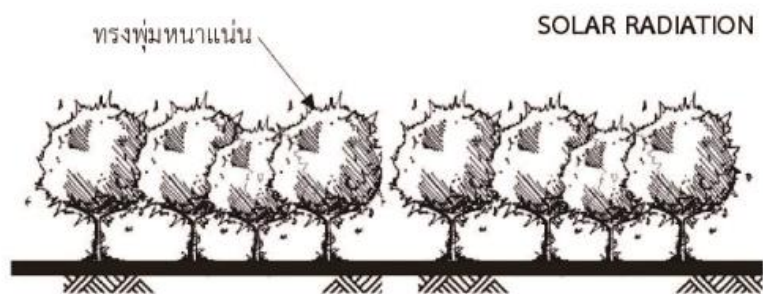
ข้อจำกัดในการใช้สมการ

- สมการเกิดจากความสัมพันธ์ของข้อมูลตัวแปรสภาพแวดล้อมและองค์ประกอบรอบที่ตั้งภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ช่วงเดือนมีนาคม-มิถุนายน 2557 เท่านั้น การนำสมการไปใช้กับสถานที่อื่นนอกเหนือช่วงเวลาที่ดังกล่าว อาจมีความคลาดเคลื่อนของผลการทำนายอุณหภูมิอากาศที่เกิดจากปัจจัยอื่น
- ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ได้จากสมการ ครอบคลุมสภาพอากาศพื้นที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.00 เมตร และระดับความสูงไม่เกิน 2.00 เมตร
- ผลของสมการ เกิดจากการตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพล ได้แก่ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความจุความร้อนของวัสดุ ที่เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยเท่านั้น

5.1.3 สรุปแนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการอยู่อาศัยของมนุษย์ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น

แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้นที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์สบายของมนุษย์ตลอดทั้งปี จึงต้องลดปริมาณความร้อนจากสภาพแวดล้อมให้ได้มากที่สุด การใช้องค์ประกอบรอบที่ตั้งในการควบคุมตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศสามารถทำได้ ดังนี้

- การใช้ต้นไม้ใหญ่ ในการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์
ทรงพุ่มหนาแน่นมาก สามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้ร้อยละ 90
ทรงพุ่มหนาแน่นปานกลาง สามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้ร้อยละ 84
ทรงพุ่มโปร่ง สามารถสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้ร้อยละ 78
(ข้อมูลจากการสำรวจร่มเงาต้นไม้ใหญ่ ในเขต อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ เวลา 12:00 น.)
- การใช้แหล่งน้ำ ในการเพิ่มความเย็นให้กับสภาพแวดล้อม
การวางองค์ประกอบแหล่งน้ำในพื้นที่โล่งแจ้ง นอกจากจะรองรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวันแล้ว การเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นไอระเหยจากอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์และความเร็วลม จะช่วยเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศให้สูงขึ้น อิทธิพลดังกล่าวส่งผลต่อการลดอุณหภูมิอากาศได้สูงสุด
- การใช้สิ่งปกคลุมผิวพื้น ในการรองรับการตกกระทบรังสีดวงอาทิตย์
ในพื้นที่โล่งแจ้ง ควรใช้วัสดุที่มีความจุความร้อนสูงปูผิวพื้น เช่น พื้นผิวน้ำจากสระน้ำ บ่อปลาหรือแหล่งน้ำขนาดใหญ่ จะสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ได้ไม่ให้อุณหภูมิอากาศทั่วไป และพื้นผิวหญ้า ดินที่มีการรดน้ำเป็นประจำ จะสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวใกล้เคียงอุณหภูมิอากาศทั่วไป ส่วนวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ เช่น พื้นผิวคอนกรีต และยางมะตอย จะมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้น การสร้างร่มเงาให้กับวัสดุปูผิวพื้นที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ จะสามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมได้



รูปที่ 5.3 แสดงการใช้อิทธิพลร่มเงาต้นไม้ใหญ่ ในการสกัดกั้นปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ ส่งผลทำให้ อุณหภูมิอากาศลดลง



รูปที่ 5.4 แสดงการใช้อิทธิพลแหล่งน้ำที่มีค่าความจุความร้อนสูง การระเหยของน้ำและความเร็วลม ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ทำให้อุณหภูมิอากาศลดลง



รูปที่ 5.5 แสดงการใช้สิ่งปกคลุมพื้นผิวหญ้าชุ่มน้ำที่มีค่าความจุความร้อนสูง สามารถรองรับการ เพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศที่เกิดจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์

ตารางที่ 5.1 แสดงอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งต่อตัวแปรสภาพแวดล้อมช่วงเวลากลางวัน (Solar time) ที่ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมลดลง

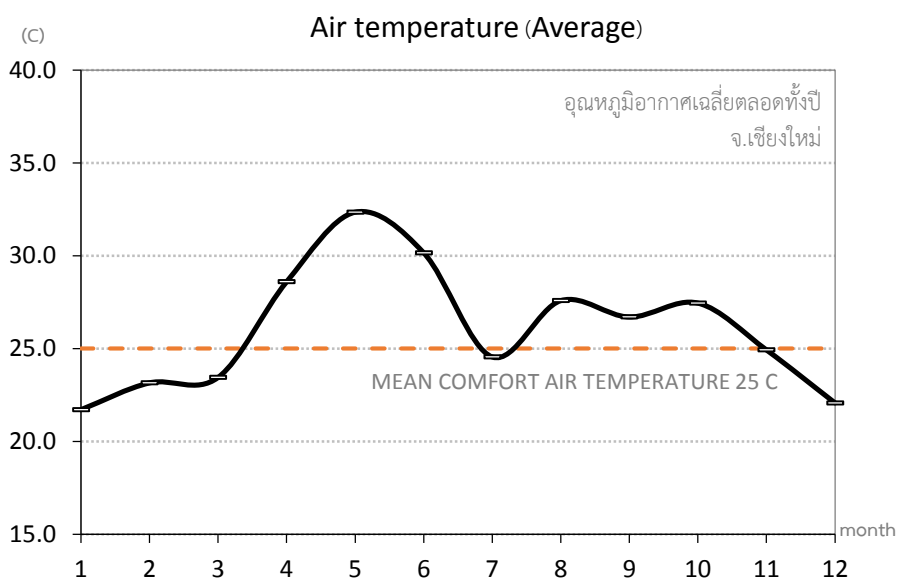
องค์ประกอบรอบที่ตั้ง	ตัวแปรสภาพแวดล้อม	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
ต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มหนาแน่น	ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ลดลง	อุณหภูมิอากาศลดลง
บังธรรมชาติ	ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น	
พื้นผิวหญ้าชุ่มน้ำ	ค่าความจุความร้อนสูง	

ตารางที่ 5.2 แสดงอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งต่อตัวแปรสภาพแวดล้อมช่วงเวลากลางวัน (Solar time) ที่ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้น

องค์ประกอบรอบที่ตั้ง	ตัวแปรสภาพแวดล้อม	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ
ไม่มีต้นไม้ใหญ่ปกคลุม	ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูง	อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้น
ไม่มีแหล่งน้ำ	ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ลดลง	
พื้นผิวคอนกรีต	ค่าความจุความร้อนต่ำ	

5.2 อภิปรายผล

งานวิจัยชิ้นนี้ มีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากตัวแปรที่มีอิทธิพล ในช่วงที่มีอากาศร้อน ตั้งแต่เดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ.2557 ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ส่งผลทำให้สมการทำนายอุณหภูมิอากาศใช้ได้เฉพาะช่วงเวลาดังกล่าว การนำสมการไปใช้กับสถานที่อื่นนอกเหนือช่วงเวลาที่เหมาะสม อาจมีความคลาดเคลื่อนของการทำนายอุณหภูมิอากาศจากปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพล เพื่อประสิทธิภาพการทำนายอุณหภูมิอากาศได้แม่นยำควรมีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากตัวแปรที่มีอิทธิพลครอบคลุมระยะเวลาตลอดทั้งปี เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาล มีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างจากปัจจัยอื่น ๆ ที่มีอิทธิพล โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในช่วงฤดูฝนที่มีการหน่วงอุณหภูมิด้วยปัจจัยความจุความร้อนของน้ำ รวมทั้งการกำหนดพื้นที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลที่มีความหลากหลายของสภาพแวดล้อม จะส่งผลทำให้สมการทำนายอุณหภูมิอากาศ สามารถทำนายได้แม่นยำยิ่งขึ้นและสามารถใช้ได้ในทุกสภาพแวดล้อม



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งปี กับเกณฑ์สบายของมนุษย์ทางด้านอุณหภูมิอากาศ [41]

การถ่ายเทความร้อนขององค์ประกอบรอบที่ตั้งนอกจากตัวแปรความจุความร้อนที่มีอิทธิพลแล้ว ผู้วิจัยพบว่ายังมีตัวแปรและปัจจัยจากสภาพแวดล้อมอื่นๆที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศ เช่น การแผ่รังสีความร้อนจากผนังอาคารและหลังคา ซึ่งมีค่าความจุความร้อนต่ำ ส่งผลให้อุณหภูมิผิวของวัสดุทั้งสองมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป การนำปัจจัยจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT) จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร จากการเก็บข้อมูลวิจัยพบว่าสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีลักษณะองค์ประกอบเป็นอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างล้อมรอบ จะมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าสภาพแวดล้อมแบบเปิดโล่ง ทั้งนี้ อิทธิพลความเร็วลม และอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมดังกล่าว

การศึกษาและเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิววัสดุแต่ละชนิดในรอบปี สามารถทำให้รู้ถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนของผิววัสดุ (Sol air temperature) ซึ่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนจากตัวอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างสู่สภาพแวดล้อมได้ กระบวนการดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาการวิจัยเพื่อค้นหาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศได้อย่างแม่นยำ ซึ่งนอกจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนจากสภาพแวดล้อมที่ได้จากงานวิจัยแล้ว การถ่ายเทความร้อนจากผิวอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างที่มนุษย์สร้างขึ้น (ซึ่งส่วนมากมีค่าความจุความร้อนที่ต่ำ) จะเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นได้

การออกแบบสภาพแวดล้อมโดยใช้อิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งในการลดอุณหภูมิอากาศให้เข้าใกล้เขตสบายของมนุษย์แล้ว ยังสามารถใช้องค์ประกอบรอบที่ตั้งที่ได้จากการออกแบบช่วยลดอุณหภูมิอากาศจากความรู้สึกเสมือนของมนุษย์ได้ ตัวแปรความเร็วลมและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ สามารถทำให้มนุษย์รู้สึกเย็นลง การเพิ่มอิทธิพลความเร็วลมจากการปรับปรุงสภาพแวดล้อมต้นทิศทางลมให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศจะสามารถช่วยทำให้มนุษย์รู้สึกว่าอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมนั้น ต่ำลงกว่าอุณหภูมิอากาศจริง การเพิ่มความเร็วลมทุก 1 m/s (3.6Km/h) จะทำให้รู้สึกเหมือนอุณหภูมิอากาศลดลง 0.48 องศาเซลเซียส ตามระดับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่มีอยู่จริง ดังนั้น การใช้อิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งจึงสามารถพัฒนาไปสู่กระบวนการคิด เพื่อใช้เป็นตัวแปรในการคำนวณหาอุณหภูมิเสมือนของมนุษย์ได้

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากตัวแปรที่มีอิทธิพล ผู้วิจัยพบว่ายังมีปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อการอุณหภูมิอากาศ เช่น

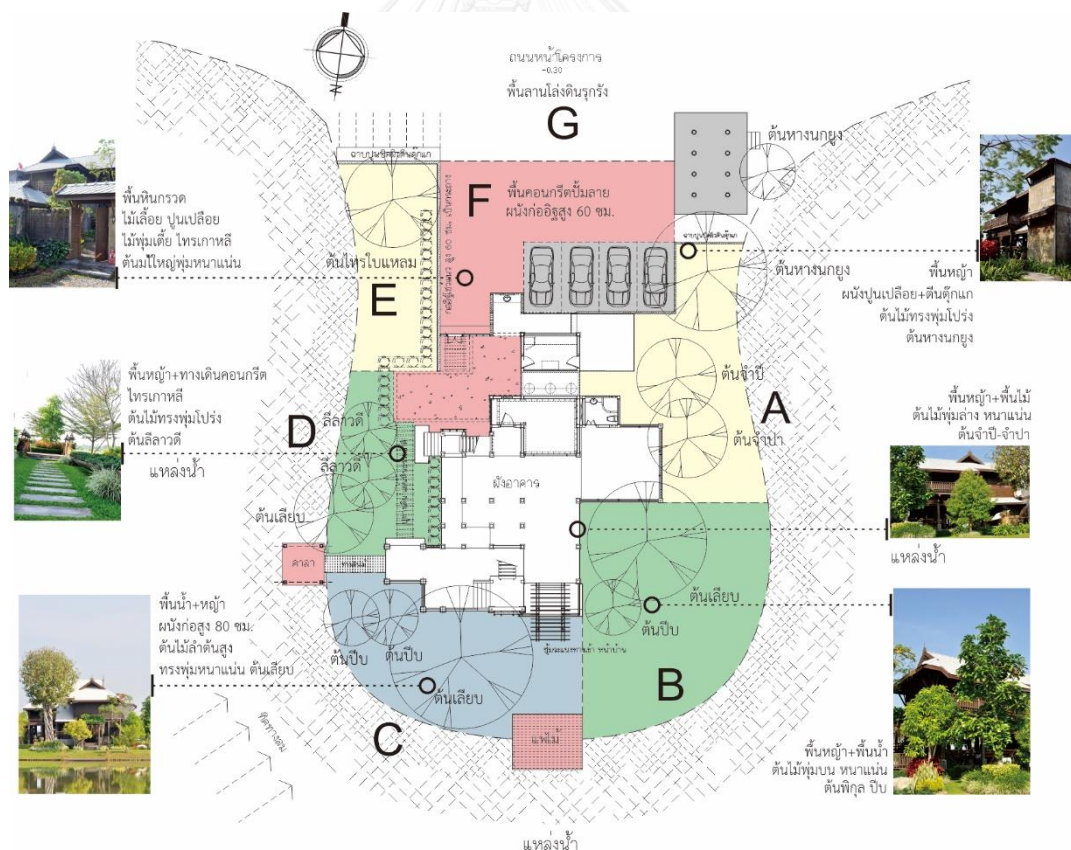
- ตัวแปรปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation)
จะมีการแผ่รังสีจากวัสดุหลังคา และวัสดุผนังที่ปัจจัยที่ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศ
- ตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Relative humidity)
จะสัมพันธ์กับแหล่งปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์และสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นไอรระเหย
- ตัวแปรความเร็วลม (Wind velocity)
ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและปริมาณความชื้นขอสภาพแวดล้อมต้นทิศทางลม
- ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุ (Heat capacity)
จะมีค่าการหน่วงความร้อน (time lag) ที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนในการทำนายอุณหภูมิอากาศ

ทั้งนี้การศึกษาปัจจัยที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของสมการทำนายอุณหภูมิอากาศที่เกิดจากตัวแปรที่มีอิทธิพล

การแทนค่าตัวแปรในสมการควรมีการแบ่งกลุ่มตัวแปรจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้ง เพื่อการนำสมการไปใช้ได้โดยง่ายกับบุคคลทั่วไป เช่น (1)ตัวแปรปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ สามารถแบ่ง 3 กลุ่ม จากอิทธิพลการสกัดกั้นของต้นไม้ใหญ่ทรงพุ่มโปร่ง ทรงพุ่มหนาแน่นปานกลาง และทรงพุ่มหนาแน่นมาก (2)ตัวแปรความจุความร้อนของวัสดุอาจแบ่งกลุ่ม ตามประเภทวัสดุที่มีใช้อยู่ทั่วไป ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูง กลุ่มวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนปานกลาง และความจุความร้อนต่ำเป็นต้น (3)การเพิ่มขึ้นของตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ การเพิ่มขึ้นจากกระบวนการคายน้ำของต้นไม้และการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำ รวมถึง(4)ตัวแปรความเร็วลม (ไม่เกิน 1, 2, 3 m/s) สามารถแบ่งได้เป็น 3 แหล่งที่มา คือ ลมที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปหรือลมร้อน ลมที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิอากาศทั่วไปหรือลมทั่วไป และลมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปหรือลมเย็น ทั้งนี้การแทนค่าตัวแปรในสมการจากการแบ่งกลุ่มดังกล่าว ต้องสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่ส่งผลต่อการรับรู้ของมนุษย์

แนวทางการออกแบบสภาพแวดล้อม สามารถประยุกต์ผลวิจัยสู่การออกแบบปรับปรุงภูมิทัศน์ โดยรอบอาคาร เช่น การเลือกใช้ต้นไม้ตามกลุ่มลักษณะความหนาแน่นทรงพุ่มและการผลัดใบในแต่ละฤดูกาล รวมทั้งการแบ่งกลุ่มวัสดุผิวพื้น วัสดุแดดแข็ง-วัสดุแดดอ่อน ตามค่าความจุความร้อนของวัสดุ และขนาดแหล่งน้ำ ตามระยะทางการพัดผ่านของทิศทางลม จะเป็นศาสตร์ในการควบคุมอุณหภูมิอากาศจากงานภูมิทัศน์ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น

จากการสร้างแนวทางการออกแบบ ผู้วิจัยพบว่า ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไม่เท่ากัน ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งดวงอาทิตย์กับสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารจะสามารถกำหนดอุณหภูมิที่แตกต่างในแต่ละช่วงเวลาได้ เช่น ช่วงเวลาเช้า (9:00 น.) ตำแหน่งดวงอาทิตย์จะอยู่ทางทิศตะวันออก สภาพแวดล้อม A และ B จะได้รับอิทธิพลความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาดังกล่าวมากกว่าสภาพแวดล้อมอื่น ทำให้การประเมินการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลาดังกล่าวมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่กระทำกับสภาพแวดล้อม



รูปที่ 5.7 แสดงแนวทางการแบ่งพื้นที่สภาพแวดล้อมรอบอาคาร เพื่อกำหนดองค์ประกอบรอบที่ติดตั้ง ผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่แตกต่างกัน

ความหลากหลายขององค์ประกอบรอบที่ตั้งในแต่ละสภาพแวดล้อมสัมพันธ์กับขนาดพื้นที่ของแต่ละองค์ประกอบ การคำนวณหาอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจากสมการ (ครอบคลุมพื้นที่สภาพแวดล้อมขนาด 20*20 เมตร และความสูง 2 เมตร) อาจจะต้องใช้สัดส่วนพื้นที่องค์ประกอบรอบที่ตั้งมาคำนวณด้วย เช่น สัดส่วนพื้นที่ต้นไม้ใหญ่ปกคลุม สัดส่วนสิ่งปกคลุมผิวหญ้า ผิวคอนกรีต และผิวน้ำ เป็นต้น

การเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศตลอดทั้งปี ส่งผลต่อการออกแบบสภาพแวดล้อมในแต่ละฤดูกาล การคำนวณหาอิทธิพลความร้อนจากสภาพแวดล้อมในช่วงฤดูหนาวจะเป็นอีกหนึ่งสมการที่มีทิศทางในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศแตกต่างจากฤดูร้อน ส่งผลต่อการออกแบบสภาพแวดล้อมในตำแหน่งต้นทิศทางลมให้มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป การเปลี่ยนแปลงค่าความจุความร้อนจากสิ่งปกคลุมผิวพื้นที่โล่งแจ้ง จะช่วยเพิ่มอุณหภูมิอากาศในช่วงฤดูหนาวได้

จากงานวิจัย พบว่า การลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมโดยการเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการลดอุณหภูมิอากาศมากที่สุด (มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจหรือค่า R Square = .926) การเพิ่มปริมาณความชื้นจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งในสภาพแวดล้อม สามารถเป็นตัวบ่งชี้หรือดัชนีวัดระดับคุณภาพอุณหภูมิอากาศได้เป็นอย่างดี การพัฒนาต่อยอดงานวิจัยเพื่อค้นหาอิทธิพลตัวแปรดังกล่าวในการลดอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น จะสามารถกำหนดองค์ประกอบที่เป็นรูปธรรมและสามารถสร้างเป็นดัชนีชี้วัดระดับอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเหล่านั้นได้ เช่น (1)จำนวนต้นไม้ต่อปริมาณการคายน้ำต่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (2)พื้นที่สนามหญ้าต่อปริมาณการคายน้ำต่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และ(3)พื้นที่ผิวแหล่งน้ำต่อปริมาณไอน้ำที่ระเหยต่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ทั้งหมดทั้งมวลจะสามารถกำหนดอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง จากสภาพแวดล้อมที่เป็นรูปธรรมได้ ตารางที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบรอบที่ตั้งต่อตัวแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

องค์ประกอบรอบที่ตั้ง	กระบวนการ	ตัวแปร	ตัวบ่งชี้
จำนวนต้นไม้	การเปลี่ยนสถานะของน้ำ	ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	อุณหภูมิอากาศ
ขนาดพื้นที่สิ่งปกคลุม	การเปลี่ยนสถานะของน้ำ		
พื้นที่ผิวแหล่งน้ำ	การเปลี่ยนสถานะของน้ำ		

5.3 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยชิ้นนี้ สามารถต่อยอดองค์ความรู้และพัฒนาไปสู่งานวิจัยหลายด้าน ดังนี้

- ความหลากหลายของสภาพแวดล้อมต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากความหลากหลายของสภาพแวดล้อม เช่น (1)สภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้งหลายชนิด ทั้งพื้นที่โล่งแจ้งและพื้นที่มีสิ่งปลูกสร้าง (2)การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมในแต่ละฤดูกาล ตลอดทั้งปี (3)การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในแต่ละระดับความสูงจากน้ำทะเล เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างสมการทำนายอุณหภูมิอากาศมีความแม่นยำและสามารถใช้ได้กับทุกสภาพแวดล้อม

- ปัจจัยด้านความรู้สึกเหมือนของมนุษย์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

นอกจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งแล้ว ปัจจัยอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิววัสดุโดยรอบ (MRT) และความรู้สึกเย็นสบายจากความเร็วลม ยังเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อความรู้สึกของมนุษย์ การศึกษาปัจจัยดังกล่าวจากอิทธิพลสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น จะช่วยทำให้มนุษย์เข้าใจสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

- อัตราส่วนพื้นที่ (Area ratio) ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

ระดับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมภายนอกขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่องค์ประกอบรอบที่ตั้ง ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้กำหนดขอบเขตอิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่ใช้ในการศึกษารอบคลุมพื้นที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 20.00 เมตร สูง 2.00 เมตร การศึกษาอัตราส่วนพื้นที่องค์ประกอบรอบที่ตั้งต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศที่แตกต่างจากงานวิจัยชิ้นนี้ จะทำให้ทราบถึงอิทธิพลของพื้นที่องค์ประกอบรอบที่ตั้งแต่ละขนาด ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแปรในการหาความสัมพันธ์กับตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศได้

- การประยุกต์ใช้อิทธิพลองค์ประกอบรอบที่ตั้งเพื่อการลดอุณหภูมิอากาศ ในงานภูมิทัศน์

จากผลการวิจัยระบุถึงองค์ประกอบรอบที่ตั้ง ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น ได้แก่ ต้นไม้ใหญ่ สิ่งปกคลุมผิวพื้น และแหล่งน้ำ ซึ่งงานภูมิทัศน์สามารถจำแนกองค์ประกอบดังกล่าวตามลักษณะทางกายภาพ เช่น การแบ่งประเภทไม้ยืนต้นตามลักษณะความหนาแน่นทรงพุ่ม ที่ส่งผลถึงการสกัดกั้นปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ การกำหนดวัสดุสิ่งปกคลุมผิวพื้นตามค่าความจุความร้อน และการแบ่งประเภทลักษณะแหล่งน้ำตามขนาดและรูปร่างพื้นที่ผิวน้ำ ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ต่อการใช้งานของบุคคลทั่วไปตามลักษณะที่เป็นรูปธรรม

- การสร้างดัชนีชี้วัดสภาวะน่าสบายของมนุษย์ด้านอุณหภูมิอากาศจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น ตัวแปรอุณหภูมิอากาศและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเป็นตัวแปรที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์ การสร้างดัชนีชี้วัดสภาวะน่าสบายของมนุษย์จากตัวแปรดังกล่าวโดยใช้ลักษณะองค์ประกอบรอบที่ตั้งของแต่ละสภาพแวดล้อม จะสามารถต่อยอดงานวิจัยชิ้นนี้ได้



รายการอ้างอิง

1. Hansen. et al, The Reason Global Warming is Manmade. 2006: The NASA's Goddard Institute for Space Studies.
2. Le Treut, H., Historical overview of climate change science. 2007: In: Climate change. Cambridge University Press.
3. Geografika Nusantara, Why Is It Hotter in Jakarta? The Urban Heat Island Effect in Indonesia. 2011: Kapi'olani Community College in Honolulu.
4. The Global Carbon Project (GCP). Global Carbon Budget: atmospheric CO2 level increasing more rapidly than anticipated. 2007 September 26, 2008; Available from: <http://global.mongabay.com/news/bioenergy/2008/09/global-carbon-budget-atmospheric-co2.html>.
5. Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Energy in Thailand : Facts & Figures Q1/2013. 2013, Bangkok: Alternative Energy and Efficiency Information Center
6. มุลินธิสีบนาคะเสถียร. รายงานสาธารณะ“สถานการณ์ป่าไม้ไทย 2555”. 2555 ; Available from:http://www.seub.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=927:seubnews&Itemid=14.
7. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ENVIRONMENTAL INDICATORS. Forests 2010 December 2010; Available from: <http://unstats.un.org/unsd/ENVIRONMENT/forestarea.htm>.
8. สำนักงานสถิติแห่งชาติ, ประชากรโลก:ประชากรไทย 2554. 2554, กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.
9. Saiyavath, P. and Haocharoen K., Development of Downtown open space to Mitigate urban Heat island effect: A case study of Silom road, Bangkok. Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 2009. 6(2): p. 35-44.
10. พรรณชิตา สายวัฒน์ และ กฤตพร หัวใจเจริญ, การพัฒนาพื้นที่โล่งในเขตเมืองเพื่อการแก้ปัญหาปรากฏการณ์เกาะความร้อน: กรณีศึกษา บริเวณถนนสีลม กรุงเทพมหานคร. วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง, 2552. 6(2).

11. ชญาณิน จิตรานุกเคราะห์, การวิเคราะห์สาระสำคัญของเทคโนโลยีเรือนไทยภาคกลาง. 2550, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพมหานคร.
12. กรมอุตุนิยมวิทยา, ศูนย์ข้อมูลอุณหภูมิกาศเฉลิย 30 ปี. 2554, กรุงเทพมหานคร.
13. lamtrakul, P., Nusook, T., and Ubolchay, P., Impact of Urban heat island on Daily life of People in Bangkok metropolitan region (BMR). *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 2014. 11(2): p. 53-72.
14. Srivanit, M. and Auttarat, S., The Summer Thermal environment and Human comfort of Shaded outdoor and Semi-outdoor spaces to Living in the Urban area of Chiang mai city. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 2015. 12(2): p. 53-72.
15. Misni A., Modifying the outdoor temperature around single-family residences: The influence of landscaping. 2013 Malaysia: Architecture, Planning and Surveying: University Teknologi.
16. Skelhorn C., The impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperature city: A fine scale assessment in Manchester. 2012, UK. Manchester: University of Manchester.
17. Sun R. and Chen L., How can urban water bodies be designed for climate adaptation? 2012, China: Chinese academy of sciences: Beijing.
18. Puraprom, W., The Impact of Site Elements to Micro-Climature Air Temperature. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 2016. 13(1): p. 23-34.
19. Boonyatikarn, S., A method for developing energy budgets and energy design guidelines for institutional buildings. 1982, Architecture, University of Michigan.
20. สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. 2542, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
21. คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 มาตรา 4 2535; Available from: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_envi.html.
22. New, M., et al., A high-resolution data set of surface climate over global land areas. *Climate Research*, 2000. 21: p. 1-25.
23. ตรึงใจ บุรณสมภพ, การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2 ed. 2521, กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์.

24. Olgyay, V., Design with Climate: Bioclimatic approach to Architectural Regionalism. 1992, New York: Van Nostrand Reinhold.
25. S.R.E., Institution., Thermal Energy Transfer: Conduction, Convection, Radiation. 2016 2016 Monday 12th December 2016]; Available from: <http://schoolworkhelper.net/thermal-energy-transfer-conduction-convection-radiation/>.
26. R.a.A.C.E., America Society of Heating, ASHRAE Applications Handbook, ed. I.-P. Edition. 2001, Atlanta Geogia: (n.p.).
27. Bengtson, H., Concrete Blocks as Thermal Mass for a Hot Air Heat Storage System 2010: Chemical Engineering, University of Colorado
28. Environmental Protection Agency, Climate Change and Heat Islands. 2016: US Environmental Protection Agency.
29. Sheng, L., Comparison of the urban heat island intensity quantified by using air temperature and Landsat land surface temperature in Hangzhou, China. Ecological Indicators, 2015. 72: p. 738-746.
30. Dimoudi, A., Nikolopoulou, M., Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. Energy and Buildings international journal, 2002. 35(1): p. 69-76.
31. พันธุ์ระวี กองบุญเทียม และ วุฒิกานต์ ประพพรหม, แนวทางการลดอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมขนาดเล็ก จากอิทธิพลองค์ประกอบระนาบพื้น. วารสารหน้าจั่ว ว่าด้วยสถาปัตยกรรม การออกแบบ และสภาพแวดล้อม, 2558. 29: หน้า 321-334.
32. ชีรศักดิ์ สิงห์ปรีชา, การลดความร้อนภายนอกอาคารโดยใช้สวนขนาดเล็ก. 2546, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
33. Givoni, Building and Urban Design Guidelines for Different Climate. 1994, New York Van Nostrand Reinhold.
34. สุนทร บุญญาธิการและคณะ, โครงการออกแบบเพื่อกายภาพบำบัดและสร้างดัชนีระบบนิเวศ. 2554, กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
35. ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, บรรยายภาค: การเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ. 2546, กองทัพอากาศ: กรุงเทพมหานคร.
36. Meier, A.K., Measured Cooling Savings from Vegetation Landscaping. 1990, Washington D.C.

37. สุดสวาท ศรีสถาปัตยกรรม, การออกแบบวัสดุพืชพันธุ์และการประหยัดพลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. 2545, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
38. Fanger, P.O., Thermal Comfort. 1970, New York: McGraw-Hill.
39. Stein, B. and J.S. Reynolds, Mechanical and electrical equipment for Buildings. 9th ed ed. 2000, New York: John Wiley & Sons.
40. ศิริชัย กาญจนวาสี, สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย (APPLIED STATISTICS FOR BEHAVIORAL RESEARCH) 2550, กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
41. เสริม จันทร์ฉาย, จรุงแสง ลักษณะบุญส่ง., อภิรดี โสมวงศ์, แผนที่ยศกภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลดาวเทียมสำหรับประเทศไทย. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2542, กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล นายวุฒิกันต์ ประพพรหม (Mr. Wuttigarn Puraprom)

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ
สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการ
ออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โทรศัพท์ 053-028200 มือถือ 086-670-1808 Email:
wuttigarn.p@gmail.com, tong_architect@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (สท.ม.) สาขาเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย

สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต (สท.บ.) สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชา

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

ออกแบบสถาปัตยกรรม (Architectural Design) เทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม
(Building and Environmental Technology)

ผลงานด้านวิชาการ

พ.ศ.2558 แนวทางการลดอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมขนาดเล็ก จากอิทธิพล
องค์ประกอบระนาบพื้นวารสารหน้าจั่ว ฉบับที่ 29/2558 : ว่าด้วยสถาปัตยกรรม การออกแบบ
และสภาพแวดล้อม

พ.ศ.2555 การออกแบบสภาวะแวดล้อมภายนอกอาคาร เพื่อลดปริมาณความร้อน ที่
เกิดจากอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ สำนักวิจัยฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ.2553 นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ เครื่องมือจำลองทิศทางแสงอาทิตย์
(Sun path) ที่มีผลต่องานสถาปัตยกรรม สำนักวิจัยฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้