



**Myanmar
(Burma)**

Naypyitaw

Chiang Mai
เทศบาลนคร
เชียงใหม่

Laos

Hanoi

Vientiane

Thailand

Bangkok

กรุงเทพมหานคร

Pattaya City
เมืองพัทยา

Cambodia

Ho Chi
Minh C

Andaman Sea

Gulf of
Thailand

KEDAH

TERENGGANU

ACEH

PERAK

Medan

Malaysia

Google

อัตลักษณ์สภาพอากาศจังหวัดเชียงใหม่ที่ส่งผลต่อสภาวะ น่าสบายที่ยอมรับได้เพื่อการออกแบบอาคารระบบธรรมชาติ The Chiang Mai weather identification affecting acceptable thermal comfort to passive building design

ยุทธนา ทองท้วม¹
Yuttana Tongtuam

บทคัดย่อ

สภาพอากาศเป็นดัชนีการออกแบบอาคารหนึ่งในการเลือกใช้เทคนิคทางธรรมชาติ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เข้าใจสภาพอากาศเฉพาะท้องถิ่นเชียงใหม่ได้โดยประเมินจากแผนภาพไบโอไคลเมติก และเข้าใจศักยภาพการออกแบบระบบธรรมชาติ ด้วยเงื่อนไขที่ยอมรับได้ของสภาวะน่าสบายตามมาตรฐาน ASHRAE 55 วิเคราะห์ตามเงื่อนไขช่วงเวลาการใช้งานอาคาร มวลสารอาคาร และความเร็วลม พบว่าลักษณะเฉพาะสภาพอากาศส่วนใหญ่ 29.50% มีลักษณะอุณหภูมิสูง ความชื้นเหมาะสม ร่องลงมา 23.97% มีลักษณะอุณหภูมิเหมาะสมแต่ความชื้นสูงมาก และ 21.01% มีลักษณะสภาวะน่าสบาย ส่วนศักยภาพของการออกแบบระบบธรรมชาติ พบว่าการทำงานในช่วงกลางวัน 10.00-17.00 น. มีสัดส่วนสภาวะน่าสบายที่ยอมรับได้น้อยเนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิโดยเฉพาะในฤดูร้อนและฝน กรณีอาคารมวลสารน้อยจะมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายใกล้เคียงกับภายนอก กรณีอาคารมวลสารกลางมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายน้อยเนื่องจากปัญหาการสะสมความร้อน ซึ่งหากไม่เปิดหน้าต่างจะยังมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายน้อยลง ส่วนกรณีอาคารมวลสารมากจะมีความสามารถในการกักเก็บความร้อนได้นานกว่าจึงมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายสูงที่สุด

คำสำคัญ: สภาพอากาศ สภาวะน่าสบาย การออกแบบระบบธรรมชาติ เชียงใหม่

1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
E-mail: yuttana.t@cmu.ac.th

Abstract

Weather is a building design index in the choice of passive techniques. This study aims to understand the weather identification, Chiang Mai, which is evaluated by Bioclimatic Chart, the potential of the passive design with acceptable conditions of comfort by using ASHRAE 55 analyze the conditions, building mass and wind speed. The study of weather identification found that most weather patterns are characterized by high temperatures and comfortable relative humidity of 29.50%. In some parts, the temperature is right but very high humidity is 23.97% with a comfortable 21.01%. The study on the potential of passive design, found that during daytime at 10.00-17.00, it was relatively less acceptable due to the influence of air temperature, especially in summer and rainy seasons. In the low mass buildings, the comfort is close to outdoor. In the medium mass buildings, the comfort is due to heat accumulation. In the case of high mass buildings, the ability to retain heat appears much longer than the first two, thus more comfortable.

Keywords: climate, thermal comfort, passive design, Chiang Mai

บทนำ

การออกแบบอาคารปัจจุบันในสถานการณ์วิกฤตสิ่งแวดล้อมและพลังงาน จำเป็นจะต้องเข้าใจถึงลักษณะเฉพาะของธรรมชาติอย่างสภาพอากาศที่ส่งผลกระทบต่อความรู้สึกที่มนุษย์สัมผัสได้ เช่น อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วกระแสลม ซึ่งนั่นก็จะนำไปสู่เทคนิคการออกแบบระบบธรรมชาติ (passive design) ก่อนที่จะยกระดับการแก้ปัญหาด้วยการใช้พลังงานโดยเทคนิคการออกแบบระบบเชิงกล (active design) การออกแบบที่เหมาะสมจึงเป็นการให้ความสำคัญในเบื้องต้นจากการเข้าใจถึงสภาพอากาศที่เกิดขึ้นรู้ถึงรูปแบบ วัฏจักร และข้อจำกัดของปรากฏการณ์ซึ่งไม่อาจควบคุมได้ แต่เป็นต้นทุนที่สำคัญอย่างมาก สภาพอากาศท้องถิ่นอย่างเชียงใหม่ก็มีรูปแบบเฉพาะที่แตกต่างจากจังหวัดอื่นๆ โดยเฉพาะภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากภูมิประเทศ พืชพรรณต่างๆ เป็นต้น ดังนั้นการออกแบบอาคารในสภาพอากาศท้องถิ่นปัจจุบันของเชียงใหม่จึงจะมีอัตลักษณ์ที่แตกต่างและนำไปสู่เทคนิคการออกแบบด้วยระบบธรรมชาติได้อย่างฉลาด โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ ได้แก่ สามารถเข้าใจสภาพอากาศท้องถิ่นของจังหวัดเชียงใหม่ได้ และสามารถเข้าใจศักยภาพของการออกแบบระบบธรรมชาติด้วยเงื่อนไขที่ยอมรับได้ของสภาว์น่านสบาย

สภาว์น่านสบายและการรับรู้แบบยอมรับได้

สภาว์น่านสบาย จากการศึกษาของสุนทร บุญญาธิการ (Boonyatikarn, 1999) ที่ได้นำเสนอถึงแผนภาพไบโอไคลเมติก (Bioclimatic Chart) จากการศึกษาของโอจาย (Olgay, 1973) พบว่า คนรู้สึกสบายหรือการที่ไม่สามารถแยกออกได้ว่าร้อนหรือหนาว เมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20-75 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถปรับสภาพความรู้สึกได้จากตัวแปรหลักคือ ความเร็วกระแสลม อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิเฉลี่ยจากพื้นผิวโดยรอบ ความชื้นจากการระเหยของน้ำ ความร้อน รวมถึงเสื้อผ้าเครื่องแต่งกายและกิจกรรมที่มีผลต่อการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ซึ่งแบ่งรูปแบบปรากฏการณ์เป็น 7 แบบได้แก่ AA, A, B, C, D, E และสภาว์น่านสบาย ดังภาพที่ 1 ทั้งนี้ยังได้นำเสนอการประเมินความรู้สึกเย็นลงอันเนื่องมาจากความเร็วลม (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) และความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) ดังสมการที่ 1

$$\text{ความรู้สึกเย็นลง (องศาเซลเซียส)} = 0.381V + 0.016RH \quad (\text{สมการที่ 1})$$

เมื่อ V คือ ความเร็วลม (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)

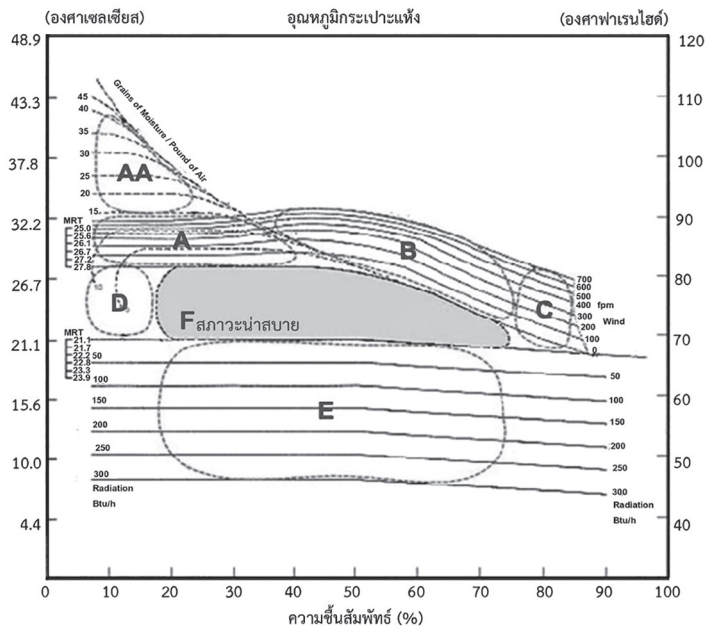
จากแผนภาพไบโอไคลเมติกสามารถสรุปรูปแบบทั้ง 7 ได้คือ

1) รูปแบบ AA มีสภาพที่ร้อนเกินไปมาก ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำซึ่งสามารถใช้การระเหยของน้ำช่วยให้รู้สึกเย็นลงได้

2) รูปแบบ A มีสภาพที่ร้อนเกินไป ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำซึ่งสามารถใช้การระเหยของน้ำและแรงลมช่วยให้รู้สึกเย็นลงได้

- 3) รูปแบบ B มีสภาพที่ร้อนเกินไปซึ่งสามารถใช้แรงลมช่วยให้รู้สึกเย็นลงได้
- 4) รูปแบบ C มีสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินไป ต้องลดความชื้นและสามารถใช้แรงลมช่วยได้
- 5) รูปแบบ D มีสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินไป ยากต่อการปรับสภาพให้ดีขึ้น
- 6) รูปแบบ E มีสภาพที่อุณหภูมิอากาศต่ำเกินไปซึ่งสามารถใช้ความร้อน เช่น การแผ่รังสีจากพื้นผิวโดยรอบ หรือจากรังสีอาทิตย์ช่วยให้อุ่นขึ้นได้
- 7) รูปแบบสภาวะน่าสบาย (comfort zone) เป็นสภาวะที่เหมาะสม

จากสมการที่ 1 แสดงให้เห็นว่าความรู้สึกรับรู้จริงสามารถคลาดเคลื่อนได้อีกเนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลมที่สัมพันธ์กับผิวกาย จนทำให้รู้สึกเย็นลงได้ด้วยหลักการร่างกายระเหยเพื่อนำความร้อนที่ผิวแลกเปลี่ยนกับอากาศที่ไหลผ่านไป ยิ่งกระแสลมแรงก็ยิ่งรู้สึกเย็นลงมากขึ้น



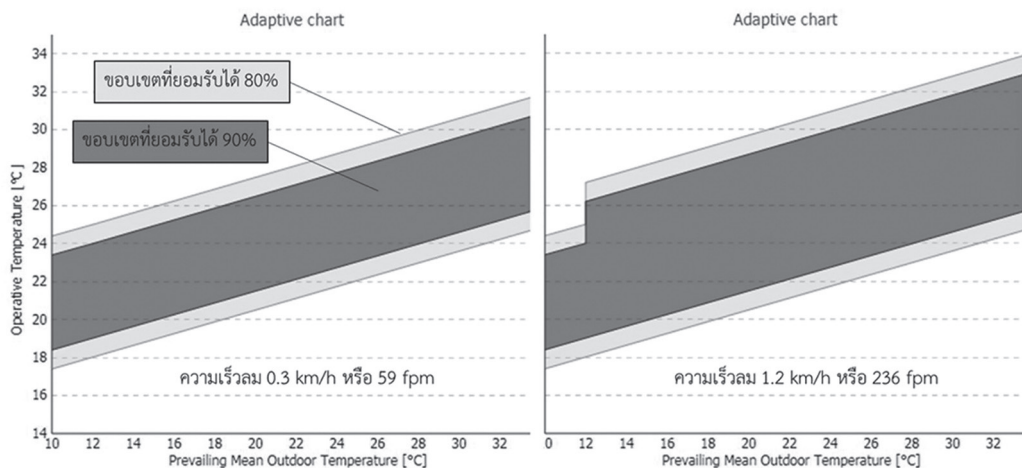
ภาพที่ 1 การแบ่งรูปแบบสภาพอากาศและแนวทางการปรับปรุงสภาพอากาศให้รู้สึกสบายได้จากตัวแปรต่างๆ

ที่มา: Soontorn Boonyatikarn (1999)

อย่างไรก็ตามความรู้สึกสบายได้ถูกศึกษาจากคนหลายพื้นที่ เพศ อายุ โดยได้มีการกำหนดเป็นมาตรฐาน ASHRAE 55 (2017) ขึ้นเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินสภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสม ซึ่งอธิบายความสบายเชิงอุณหภูมิแบบปรับตัวได้ (adaptive thermal comfort) พบว่าการปรับตัวให้อยู่ในสภาวะน่าสบายสำหรับสภาพอากาศที่ไม่คงที่อย่างระบบธรรมชาติที่มีผลต่อสภาพร่างกายมนุษย์ที่สามารถ

ปรับตัวได้ สามารถรับรู้ในขอบเขตที่รุนแรงมากขึ้นโดยเฉพาะอุณหภูมิที่สูงหรือเย็นลงได้ตามช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงไปตลอดวันและตลอดปี โดยอาจมีการปรับเปลี่ยนทั้งทางกายภาพของร่างกาย หรือการปรับเปลี่ยนทางพฤติกรรม เช่น การเปลี่ยนเสื้อผ้า การอาบน้ำ การเปิดพัดลม ซึ่งได้มีการสรุปเป็นขอบเขตสมการเชิงเส้นระหว่างค่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมโดยเฉลี่ย (mean monthly outdoor air temperature) กับอุณหภูมิใช้งานในแต่ละช่วงเวลา (indoor operative temperature) ดังภาพที่ 2 โดยจากการสำรวจความพึงพอใจสามารถระบุขอบเขตการยอมรับได้ 2 ระดับ ได้แก่ ยอมรับได้มากระดับร้อยละ 90 (90% acceptability limits) และยอมรับได้มากระดับร้อยละ 80 (80% acceptability limits)

ทั้งนี้ในเงื่อนไขเฉพาะสำหรับพื้นที่ปรับสภาพอากาศแบบธรรมชาติที่อยู่ในเกณฑ์ต่อไปนี้คือ (1) ไม่มีระบบระบายความร้อนเชิงกลติดตั้ง ไม่มีระบบทำความร้อนทำงาน (2) อัตราการเผาผลาญตั้งแต่ 1.0 ถึง 1.3 และ (3) ผู้ใช้งานพื้นที่สามารถปรับเปลี่ยนเสื้อผ้าของตนให้เข้ากับสภาพความร้อนในร่มและ / หรือกลางแจ้งได้ระหว่าง 0.5-1.0 clo



ภาพที่ 2 ตัวอย่างขอบเขตของ CBE Thermal Comfort Tool สอดคล้องกับมาตรฐาน ASHRAE 55

ที่มา: Center for the Built Environment (2017)

อิทธิพลของมวลสารอาคารต่อสภาพอากาศภายในอาคารระบบเปิด

จากการศึกษาของยุทธนา ทองท้วม (Tongtuam, 2004) ได้ทำการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลอาคาร 3 ประเภท ได้แก่ อาคารมวลสารน้อย มวลสารกลาง และมวลสารมาก ได้แก่ อาคารไม้ อาคารก่ออิฐฉาบปูน ครึ่งแผ่น และอาคารก่ออิฐฉาบปูนหนามากกว่า 30 ซม. ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่ได้ศึกษากรณีที่ใช้วัสดุที่เป็นวัสดุฉนวนร่วม สรุปเป็นสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear regression) ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least squares method) ดังสมการที่ 2 และ 3

สำหรับอาคารมวลสารน้อย

(Multiple R = 0.8907, R Square = 0.7934, Adjusted R Square = 0.7918)

$T_m = 3.9194 + (0.8849 T_o) + (0.3758 \text{ con}) + (1.2501 \text{ time})$ (สมการที่ 2)

สำหรับอาคารมวลสารปานกลางและมาก

(Multiple R = 0.8514, R Square = 0.7248, Adjusted R Square = 0.7242)

$T_m = 13.3228 + (0.5682 T_o) + (0.7191 \text{ con}) + (0.6853 \text{ time}) - (0.7238 m)$ (สมการที่ 3)

เมื่อ T_m คือ อุณหภูมิอากาศภายในเนื่องจากอิทธิพลของมวลสารอาคาร (องศาเซลเซียส)

T_o คือ อุณหภูมิอากาศภายนอก (องศาเซลเซียส)

con คือ เงื่อนไขการเปิด-ปิดอาคาร โดย (เปิดหน้าต่าง เป็น 0 และปิดหน้าต่างเป็น 1)

time คือ เงื่อนไขช่วงเวลา (6.00-17.00 เป็น 0 และ 18.00-5.00 เป็น 1)

m คือ เงื่อนไขมวลสารอาคาร (มวลสารปานกลาง เป็น 0 มวลสารมาก เป็น 1)

จากการศึกษาพบว่าในกรณีของอาคารมวลสารน้อยอุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะแปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิอากาศภายนอกอย่างรวดเร็วและใกล้เคียงกันไม่ว่าจะเปิดหรือปิดหน้าต่าง ส่วนอาคารมวลสารกลางและมากนั้นจะมีความสามารถในการเก็บความร้อนได้ตามลักษณะของปริมาณมวลสาร ซึ่งในกรณีมวลสารกลางส่งผลให้อากาศภายในค่อนข้างสูงกว่าภายนอกโดยเฉพาะกรณีปิดหน้าต่าง แต่สำหรับกรณีอาคารมวลสารมากจะสามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้โดยเฉพาะในกรณีปิดอาคารซึ่งมีโอกาสทำให้อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าภายนอกได้ในบางช่วงเวลา

ระเบียบวิธีและขั้นตอนการศึกษา

เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ตามวัตถุประสงค์ สามารถอธิบายแยกตามขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ดำเนินการเรียบเรียงข้อมูล โดยใช้ฐานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ (The Thai Meteorological Department, 2018) ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิอากาศรายชั่วโมง ความชื้นสัมพัทธ์รายชั่วโมง และปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมง ประกอบกับข้อมูลรายเดือน เพื่อสรุปรูปแบบภาพรวมรายเดือน จากฐานข้อมูล 5 ปี ช่วง พ.ศ. 2556 ถึง 2560 นำมาหาค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ตามหลักการของแผนภาพไบโอไคลเมติก โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์รายชั่วโมง เพื่อคัดแยกลักษณะเฉพาะของรูปแบบสภาพอากาศและโอกาสการเกิดปรากฏการณ์ในแต่ละรูปแบบ

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ตามหลักการของมาตรฐาน ASHRAE 55 ด้วยวิธีการปรับสภาพได้ (adaptive method) โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายชั่วโมง ปรับปรุงด้วยสมการเนื่องจากมวลสารอาคาร (สมการ 2 และ 3) เพื่อประเมินการยอมรับได้ของสภาวะน่าสบายระดับ 80% และระดับ 90% ด้วย CBE thermal comfort tool

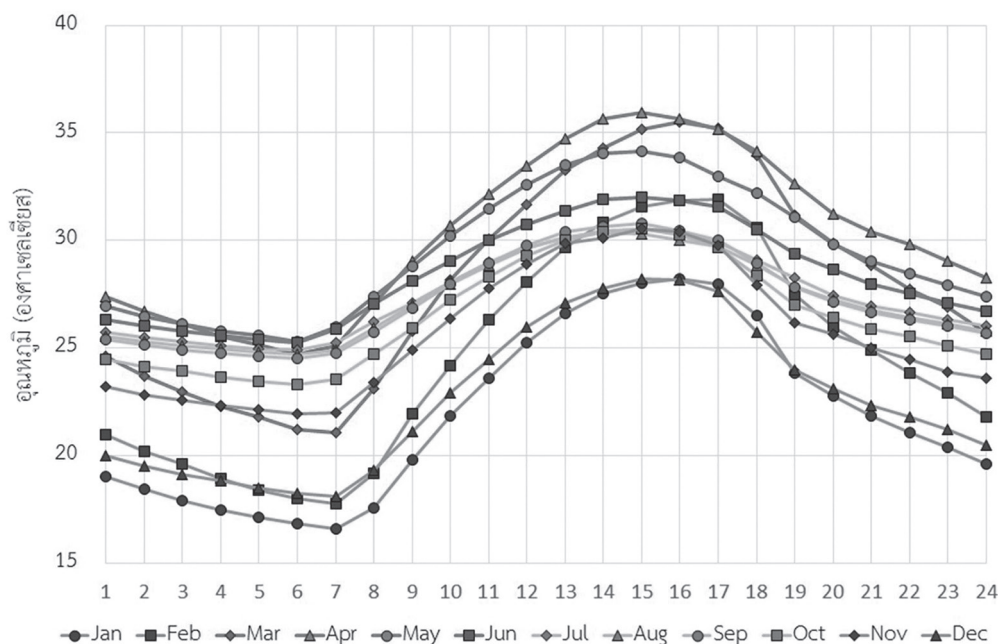
ขั้นตอนที่ 4 สรุปผลการศึกษาเพื่อกำหนดอัตลักษณ์ของสภาพอากาศหรือลักษณะเฉพาะท้องถิ่น เชียงใหม่

โดยแบ่งช่วงเวลาฤดูหนาวเป็นช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ ฤดูร้อนเป็นช่วงเดือนมีนาคมถึงมิถุนายน และฤดูฝนเป็นช่วงเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม และแบ่งช่วงเวลาพิจารณารายวันเป็น 10.00-17.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาดำเนินกิจกรรมช่วงกลางวันที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วยอิทธิพลของกลางวันและช่วงเวลา 18.00-9.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาพักผ่อนและอุณหภูมิลดลง

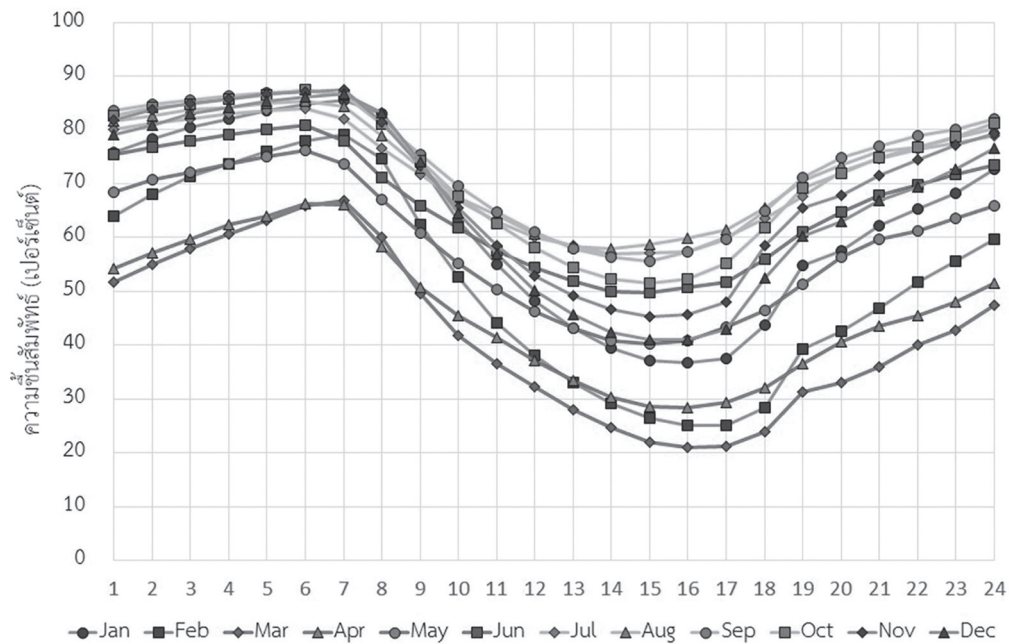
รูปแบบสภาพอากาศเชียงใหม่

สภาพอากาศท้องถิ่นเชียงใหม่ อ้างอิงที่ระดับความสูงกว่าระดับน้ำทะเล 312 เมตร จากภาพที่ 3 และ 4 พบว่า

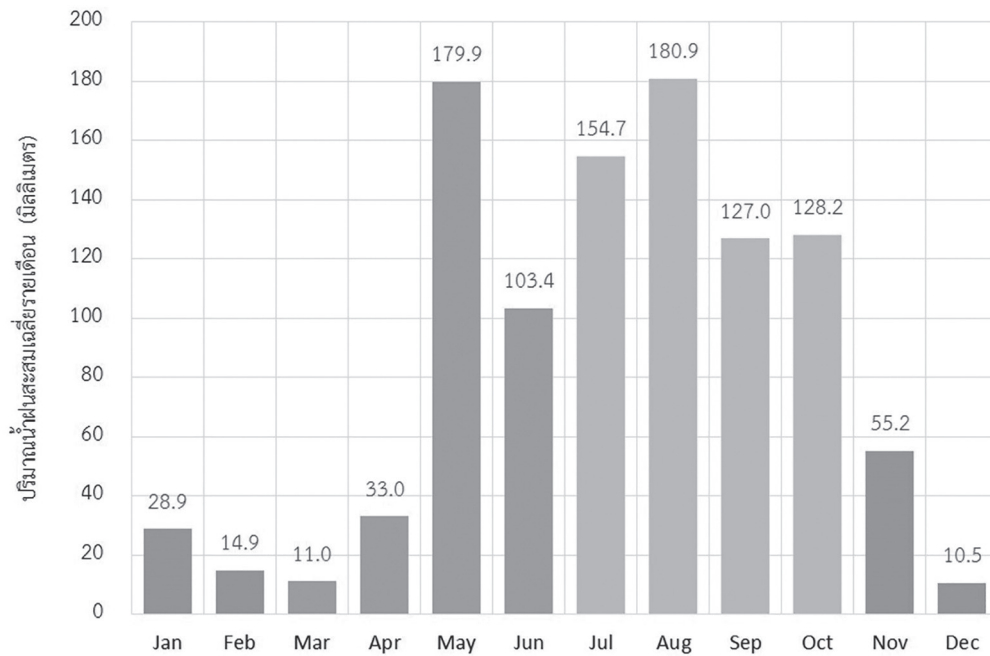
- 1) ช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิสูงและมีการกระจายค่าสูงต่ำค่อนข้างมาก 21-36 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 20-80 เปอร์เซ็นต์ และมีการกระจายค่าสูงต่ำค่อนข้างมากเช่นกัน
- 2) ช่วงฤดูฝนอุณหภูมิปานกลางแต่การกระจายค่าสูงต่ำน้อย 24-31 องศาเซลเซียส ไม่ค่อยแตกต่างกันเช่นเดียวกับความชื้นสัมพัทธ์ 50-85 เปอร์เซ็นต์
- 3) ช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำมีการกระจายค่าสูงต่ำค่อนข้างมาก 16-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 25-85 เปอร์เซ็นต์ และมีการกระจายค่าสูงต่ำค่อนข้างมากเช่นกัน



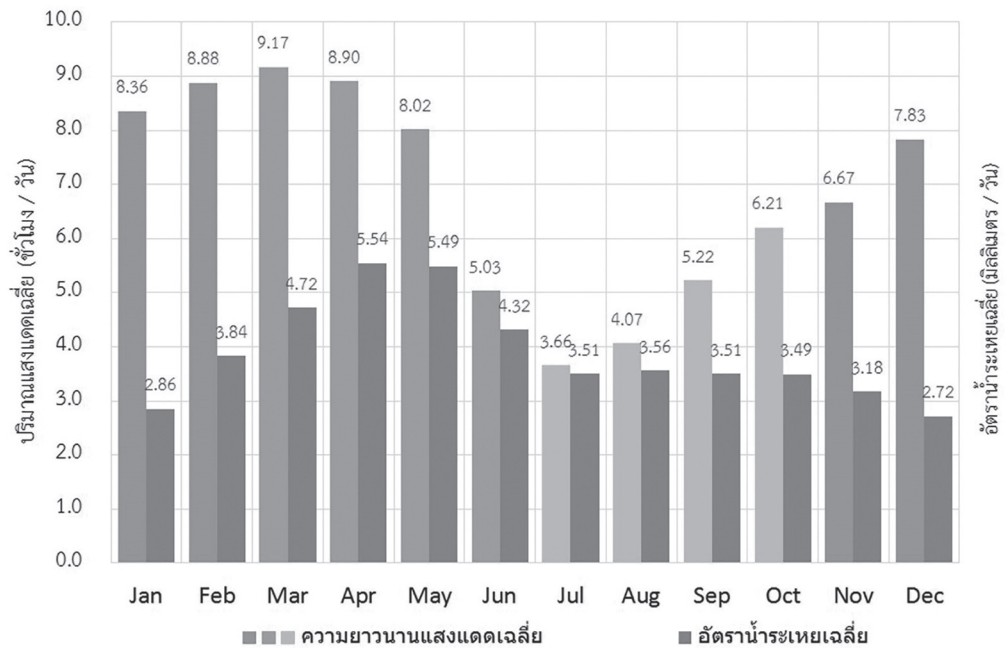
ภาพที่ 3 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศรายชั่วโมง เฉลี่ย 5 ปี



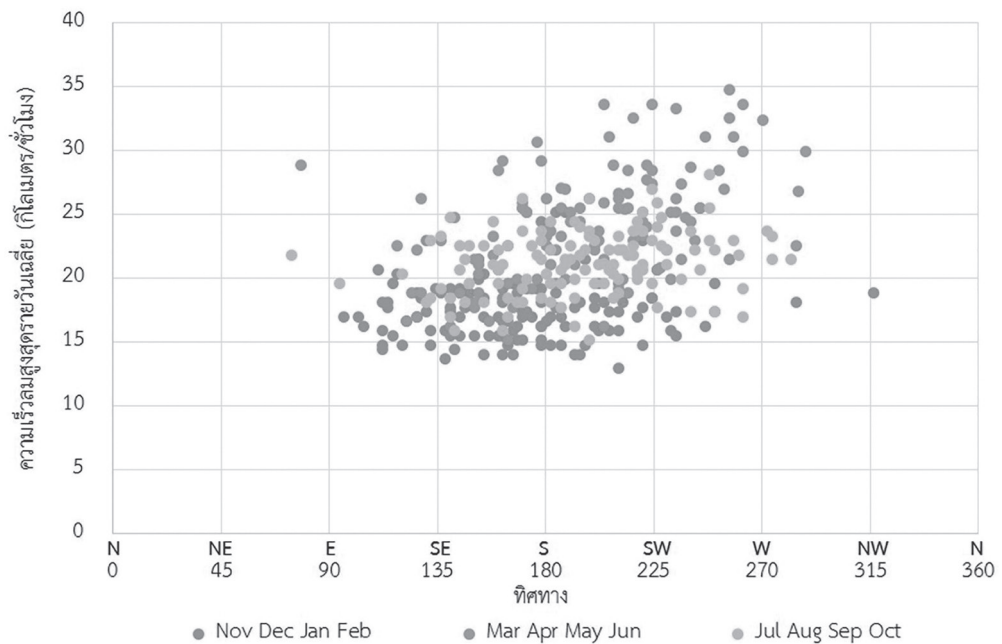
ภาพที่ 4 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์อากาศรายชั่วโมง เฉลี่ย 5 ปี



ภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายวัน เฉลี่ย 5 ปี



ภาพที่ 6 ค่าเฉลี่ยปริมาณแสงแดดและการะเหยของน้ำรายวัน เฉลี่ย 5 ปี



ภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ยความเร็วลมรายวันสูงสุดเฉลี่ย 5 ปี

จากภาพที่ 5 และ 6 พบว่าในช่วงฤดูร้อนได้ผลกระทบจากมรสุมในช่วงเดือนเมษายนมีผลให้มีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าปกติในช่วงฤดูเดียวกัน ในขณะที่ฤดูหนาวและร้อนมีจำนวนชั่วโมงของแสงแดดสูงกว่าฤดูฝน ซึ่งฤดูร้อนจะมีอัตราการระเหยของน้ำสูงกว่าเนื่องจากอุณหภูมิอากาศและความชื้นต่ำกว่าเมื่อเทียบกับอีก 2 ฤดูกาล และจากภาพที่ 7 พบว่าในภาพรวมฤดูร้อนมีความเร็วลมมากที่สุด รองลงมาคือฤดูฝน และฤดูหนาวตามลำดับ พบได้ว่ากระแสลมที่แรงมาจากทางทิศตะวันออก ตะวันออกเฉียงใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันตก และตะวันตกเฉียงเหนือ

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและความรู้สึกเปลี่ยนแปลงจากสภาน่าสบาย

ความเร็วลม		ความรู้สึกในการเปลี่ยนแปลง ในสภาน่าสบาย	ผลที่อาจเกิดขึ้น
f/m	Km/h		
0 – 50	0-0.91	ไม่มีความเปลี่ยนแปลง	ไม่สามารถสังเกตได้
50 – 100	0.91-1.83	ต่ำลง 2 – 3 °F	สบาย
100 – 200	1.83-3.66	ต่ำลง 4 – 5 °F	โดยทั่วไปรู้สึกสบายแต่รู้สึกได้ว่ามีเคลื่อนไหวของอากาศ
200 – 300	3.66-5.49	ต่ำลง 5 – 7 °F	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อย จนถึงรู้สึกถูกรบกวน
สูงกว่า 300	สูงกว่า 5.49	ต่ำลงมากกว่า 5 – 7 °F	ควรแก้ไขให้ทำงานได้อย่างสุขลักษณะมีประสิทธิภาพ

ที่มา: Victor Olgyay (1992)

โดยสรุปข้อมูลสภาพอากาศท้องถิ่นเชียงใหม่ยังสามารถแยกออกได้เป็น 3 ฤดูกาล ฤดูร้อนมีอุณหภูมิสูงแต่ก็มีฝนตกเนื่องจากมรสุม ฤดูฝนอุณหภูมิยังคงสูง โดยทั้งฤดูร้อนและฝนมีความเร็วลมค่อนข้างแรง (1 km/h = 54.68 fpm) ในขณะที่ฤดูหนาวลมมีความรุนแรงน้อยกว่าแต่ไม่มีความจำเป็นเนื่องจากความเย็นของอากาศ อีกทั้งฤดูหนาวเป็นฤดูแล้งอากาศแห้ง และมีปริมาณน้ำฝนน้อย ในส่วนของปริมาณแสงแดดมีปริมาณมาก ซึ่งส่วนใหญ่มากกว่า 5 ชั่วโมง และสูงถึง 9 ชั่วโมง ทำให้ช่วงฤดูหนาวยังมีแสงแดดช่วยให้อบอุ่นขึ้นได้

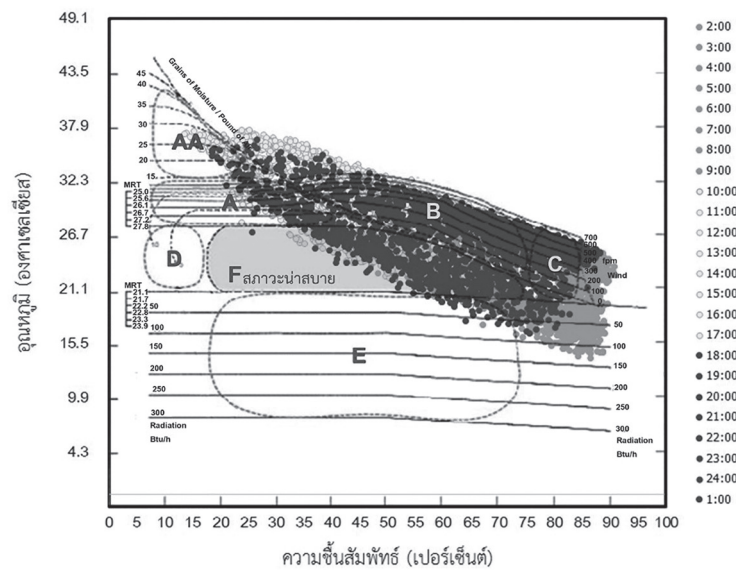
วิเคราะห์ตามหลักการของแผนภาพไบโอไคลเมติก

จากภาพที่ 1 สามารถแบ่งรูปแบบสภาพอากาศท้องถิ่นเชียงใหม่ได้เป็นสัดส่วนตามตารางที่ 2 และภาพที่ 8 ซึ่งพบว่า ในภาพรวมทั้งปีไม่ปรากฏรูปแบบ D หรือสภาพที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมากในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม รูปแบบสภาพอากาศส่วนใหญ่เป็นแบบ C ช่วง 18.00-9.00 น. เป็นช่วงที่มีความชื้นสูงมากในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม และรูปแบบ B ทั้ง 2 ช่วงเวลา เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงความชื้นค่อนข้างเหมาะสม แต่สามารถใช้ความเร็วลมช่วยได้ และมีรูปแบบ F สภาน่าสบาย 20% โดยส่วนใหญ่ 16% เป็นช่วง 18.00-9.00 น. เมื่อพิจารณาเป็นฤดูกาล พบว่า

1) ฤดูหนาว ส่วนใหญ่เป็นรูปแบบ E ช่วง 18.00-9.00 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเย็น และแบบ C ช่วง 18.00-9.00 น. เดือนพฤศจิกายน ซึ่งมีอุณหภูมิเหมาะสมแต่ความชื้นสัมพัทธ์สูงมาก แต่ก็จะมีสภาน่าสบายประมาณ 4-26% ทั้งวันโดยพบมากช่วงกลางวัน

2) ฤดูร้อน ส่วนใหญ่มีรูปแบบ A ซึ่งมีอุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ รูปแบบ B ซึ่งมีอุณหภูมิสูง เช่นกันแต่ความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสม มีรูปแบบ C ช่วง 18.00-9.00 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเหมาะสมแต่ความชื้นสัมพัทธ์สูงมาก ส่วนรูปแบบ F สภาวะน่าสบายมักพบในช่วง 18.00-9.00 น. 10-40% โดยจะเป็นช่วงเดือนมีนาคม ที่เป็นรอยต่อของฤดูกาล

3) ฤดูฝน ส่วนใหญ่มีรูปแบบ C ช่วง 18.00-9.00 น. ซึ่งมีอุณหภูมิเหมาะสมแต่ความชื้นสูงมาก รูปแบบ B ทั้งวันแต่ส่วนมากเป็น 10.00-17.00 น. ซึ่งมีมีอุณหภูมิสูงเช่นกันแต่ความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสม ส่วนรูปแบบ F สภาวะน่าสบายมักพบในช่วง 18.00-9.00 น. เล็กน้อย



ภาพที่ 8 รูปแบบความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ของเชียงใหม่ในแผนภาพไพอีโคลเมติก

ตารางที่ 2 สัดส่วนร้อยละรูปแบบสภาพอากาศท้องถิ่นเชียงใหม่

รูปแบบ	A-D	A-N	B-D	B-N	C-D	C-N	D-D	D-N	E-D	E-N	F-D	F-N	รวม
Nov	6.5	0.0	22.8	4.9	0.0	40.4	0.0	0.0	0.0	3.2	4.0	18.2	100
Dec	10.3	0.0	6.5	0.3	0.0	5.6	0.0	0.0	0.7	38.6	15.9	22.2	100
Jan	13.8	1.1	0.7	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5	47.0	18.3	18.3	100
Feb	25.9	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.8	7.4	26.6	100
Mar	26.9	19.8	0.8	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	5.6	39.9	100
Apr	29.9	17.9	3.5	22.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.7	100
May	16.1	3.6	17.2	33.9	0.0	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.9	100
Jun	1.8	0.0	31.5	28.1	0.0	28.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	100
Jul	0.0	0.0	32.7	16.7	0.1	45.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	4.2	100
Aug	0.0	0.0	33.1	14.1	0.1	49.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.2	100
Sep	0.0	0.0	32.5	11.3	0.4	54.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.0	100
Oct	0.4	0.0	31.2	7.0	0.1	48.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	10.9	100
รวม	10.9	4.18	17.8	11.7	0.07	23.9	0.0	0.0	0.1	10.4	4.51	16.5	100

หมายเหตุ: อักษร -D คือช่วง 10.00-17.00 น. และ -N คือช่วง 18.00-9.00 น. และรวมรูปแบบ AA กับ A ไว้ด้วยกัน

โดยสรุปสภาพอากาศท้องถิ่นเชียงใหม่ส่วนใหญ่แล้วมีสภาวะไม่สบายเนื่องจากความชื้นสูงมาก ในช่วงที่อุณหภูมิสูงยังอยู่ในรูปแบบที่บางช่วงสามารถใช้ความเร็วลมช่วยให้รู้สึกเย็นลงได้ คือรูปแบบ B ช่วง 10.00-17.00 น. และ C ช่วง 18.00-9.00 น. ทุกฤดูมีรูปแบบทั้งอุณหภูมิสูง สบาย และอุณหภูมิต่ำ แต่ฤดูฝนส่วนใหญ่มีความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงมาก

วิเคราะห์ตามหลักการของการปรับสภาพได้ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานของ ASHRAE 55

สำหรับการศึกษาดังนี้พิจารณาว่า ความรู้ที่รับรู้สามารถที่จะยอมรับความไม่สบายได้โดยการปรับสภาพร่างกายและพฤติกรรมในระดับ 80% และ 90% เพื่อให้เกิดแนวทางที่เป็นประโยชน์อย่างแนวทางการออกแบบผังอาคารเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานของ Chanthima, et al. (2017) ซึ่งใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้งอาคารในการออกแบบเป็นต้น โดยการศึกษาได้แยกตัวแปรออกเป็นส่วนๆ ที่ความเร็วลม 1.079 - 4.316 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (59-236 fpm) ตามเงื่อนไขมาตรฐาน ASHRAE 55 ได้แก่ 1) การประเมินสภาพอากาศภายนอกอาคาร และ 2) การประเมินสภาพอากาศภายในอาคารมวลสารน้อย กลาง และมากโดยพิจารณาจากการมีโอกาสเกิดกระแสลมจากช่องเปิดหรือพัดลม

จากตารางที่ 3 และ 4 พบว่าในกรณีสภาพอากาศภายนอก สภาวะน่าสบายจะขึ้นอยู่กับการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยของวันภายนอก มีผลให้สภาวะน่าสบายที่ยอมรับได้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงกลางคืนฤดูร้อนถึงฤดูฝน ส่วนฤดูหนาวจะยอมรับได้ในช่วงกลางวัน กลางคืนบางช่วงเวลาอากาศหนาวจึงรู้สึกไม่สบาย เช่น ช่วง 3.00-7.00 น. มีนาคม และ 5.00-7.00 น. พฤศจิกายน และเมื่อเพิ่มความเร็วลมมีผลให้การยอมรับสภาวะน่าสบายเพิ่มขึ้นในช่วงกลางวันอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 3 การยอมรับได้ของสภาพอากาศท้องถิ่นเชียงใหม่ภายนอกอาคาร ความเร็วลมที่ 1.079 km/h หรือ 59 fpm

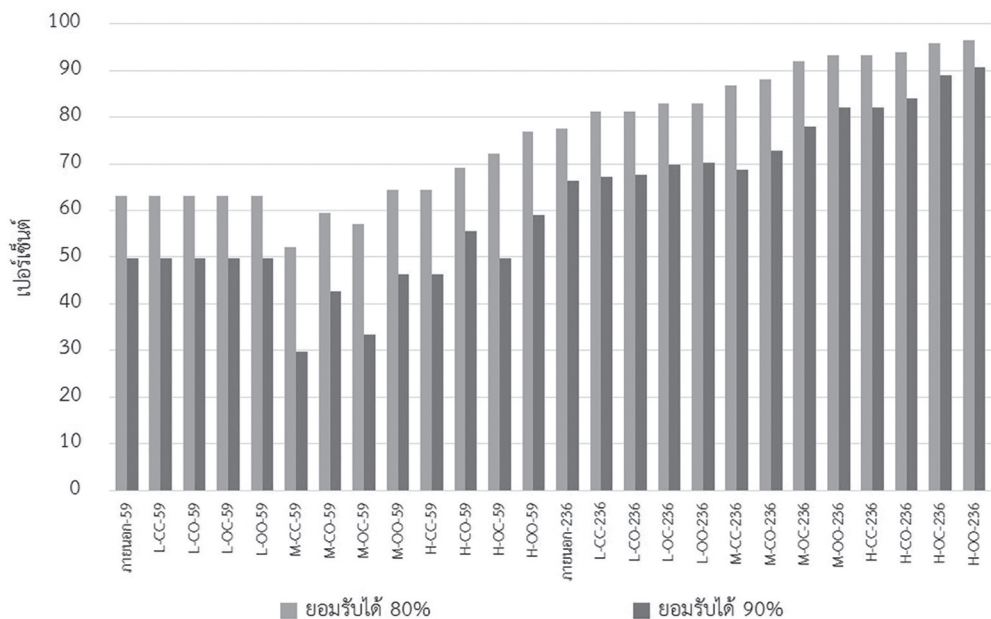
เวลา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	90	90	90	80	80	0	80	90	90	90	80	0	0	0
Feb	0	0	0	0	0	0	0	0	80	90	90	80	0	0	0	0	0	0	90	90	90	90	90	0
Mar	90	80	0	0	0	0	0	80	90	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	90	90	90	90
Apr	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	80	90	90
May	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	90	90	90	90
Jun	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80	0	0	0	0	0	0	0	80	90	90	90	90	90
Jul	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80	80	0	0	0	0	0	80	90	90	90	90	90	90
Aug	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80	80	0	0	0	0	80	80	90	90	90	90	90	90
Sep	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80	80	0	0	0	0	0	80	90	90	90	90	90	90
Oct	90	90	90	90	80	80	90	90	90	90	90	80	0	0	0	0	0	90	90	90	90	90	90	90
Nov	80	80	80	80	0	0	0	90	90	90	90	80	0	0	0	0	0	90	90	90	90	90	90	90
Dec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	90	90	90	80	80	80	80	90	90	90	90	80	0	0

ตารางที่ 4 การยอมรับได้ของสภาพอากาศท้องถิ่นเชียงใหม่ภายนอกอาคาร ความเร็วลมที่ 4.316 km/h หรือ 236 fpm

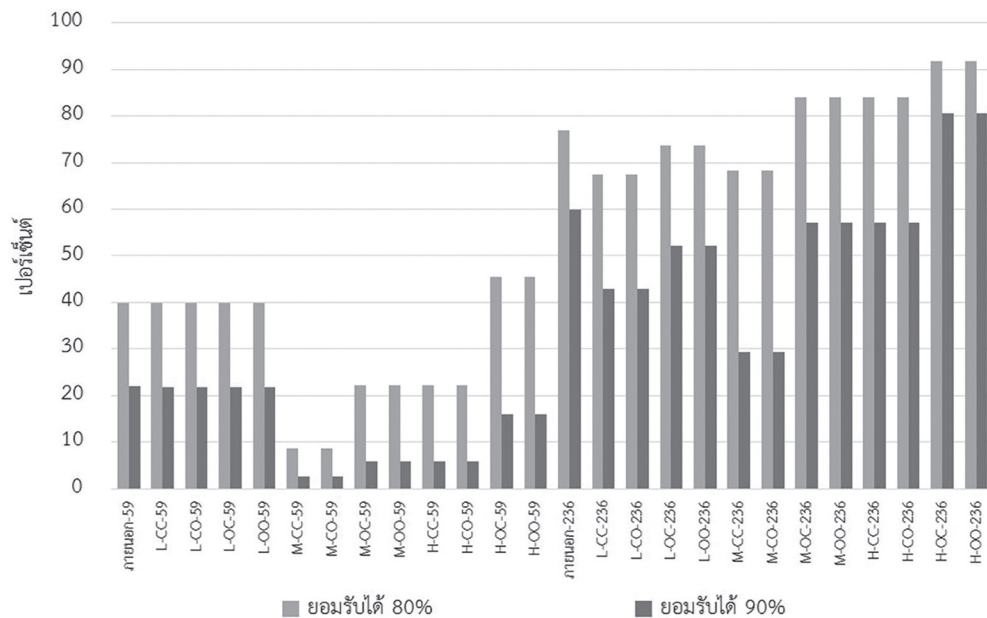
เวลา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80	0	0	0	0
Feb	0	0	0	0	0	0	0	0	80	90	90	90	90	80	0	0	0	80	90	90	90	90	90	0
Mar	90	80	0	0	0	0	0	80	90	90	90	80	0	0	0	0	0	80	90	90	90	90	90	90
Apr	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80	0	0	0	0	0	0	80	90	90	90	90	90	90
May	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80	0	0	0	0	0	80	90	90	90	90	90	90	90
Jun	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80	80	80	80	80	90	90	90	90	90	90	90
Jul	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Aug	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Sep	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Oct	90	90	90	90	80	80	90	90	90	90	90	90	90	90	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Nov	80	80	80	80	0	0	0	90	90	90	90	90	90	90	80	80	90	90	90	90	90	90	90	90
Dec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80	0	0	0

กรณีศึกษาการประเมินสภาพอากาศ โดยกำหนดสัญลักษณ์ดังนี้

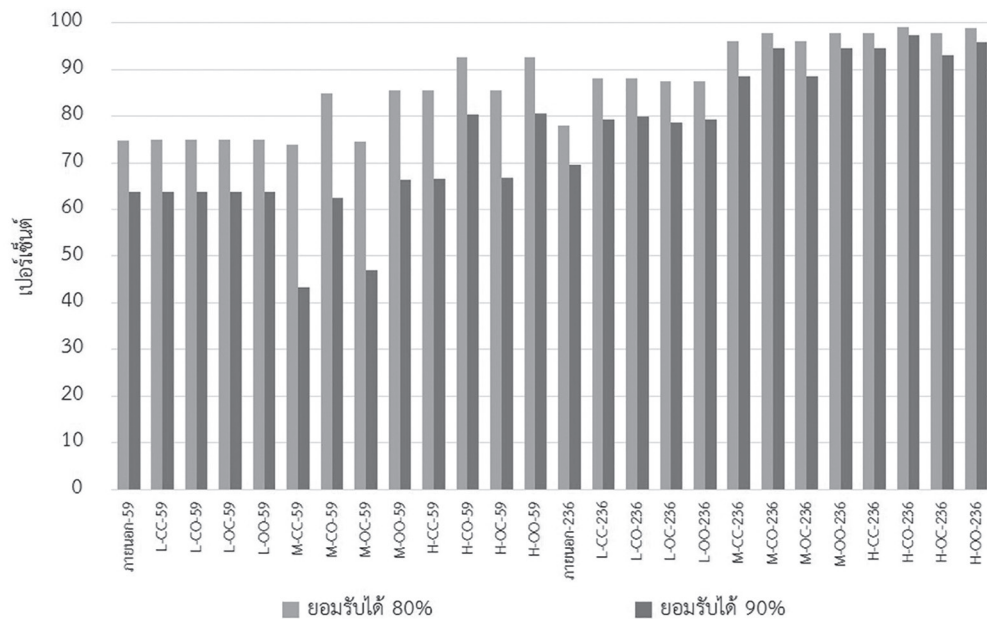
- 1) มวลสารอาคาร ได้แก่ L คืออาคารมวลสารน้อย M คืออาคารมวลสารกลาง และ H คืออาคารมวลสารมาก
- 2) การเปิดปิดช่องเปิดอาคาร ได้แก่ OO คือเปิดหน้าต่างทั้งวัน OC คือเปิดหน้าต่างกลางวันและปิดกลางคืน CO คือปิดหน้าต่างกลางวันและเปิดกลางคืน CC คือปิดหน้าต่างทั้งวัน
- 3) ความเร็วกระแสลม 59 คือความเร็วลม 59 fpm 236 คือความเร็วลม 236 fpm



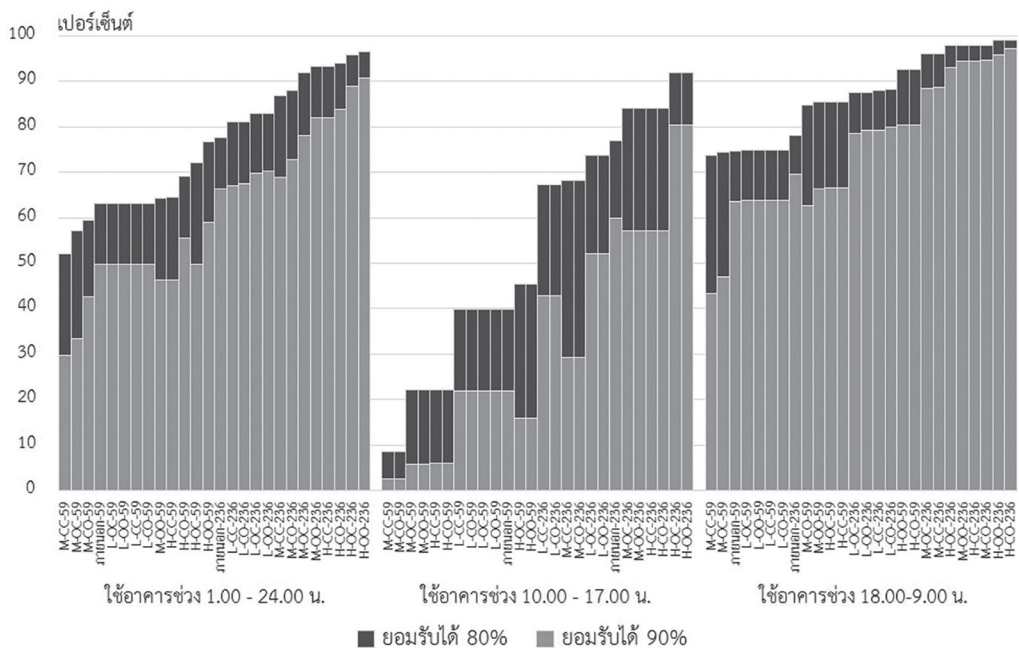
ภาพที่ 9 ค่าสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การยอมรับได้ของสภาพอากาศท้องถิ่นเชียงใหม่ในเงื่อนไขต่างๆ ช่วง 1.00-24.00 น.



ภาพที่ 10 ค่าสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การยอมรับได้ของสภาพอากาศท้องถิ่นเชียงใหม่ในเงื่อนไขต่างๆ ช่วง 10.00-17.00 น.



ภาพที่ 11 ค่าสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การยอมรับได้ของสภาพอากาศท้องถิ่นเชียงใหม่ในเงื่อนไขต่างๆ ช่วง 18.00-9.00 น.



ภาพที่ 12 ค่าสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การยอมรับได้ของสภาพอากาศท้องถิ่นเชียงใหม่ในเงื่อนไขต่างๆ ตามลำดับ

จากภาพที่ 9 พบว่ากรณีของมวลสารอาคารกลางมีสัดส่วนการยอมรับได้ของสภาวะน่าสบายน้อยกว่าสภาพอากาศภายนอก แต่เมื่อใช้ความเร็วลมช่วยจากช่องเปิดหรือพัดลมก็มีผลให้ยอมรับได้มากขึ้น ภาพที่ 10 พบว่าหากใช้งานอยู่ในช่วงเวลา 10.00-17.00 น. ซึ่งเป็นช่วงกลางวันอาคารมวลสารกลางและมวลสารมากมีสัดส่วนการยอมรับได้ของสภาวะน่าสบายน้อยกว่าสภาพอากาศภายนอกและอาคารมวลสารน้อย แต่เมื่อใช้ความเร็วลมช่วยก็มีผลให้ยอมรับได้มากขึ้น ซึ่งอาคารมวลสารกลางกรณีปิดอาคารตอนกลางวันมีผลลัพธ์ไม่ค่อยดีนักเนื่องจากการเก็บสะสมความร้อน ภาพที่ 11 พบว่าหากใช้งานในช่วงเวลา 18.00-9.00 น. โดยภาพรวมมีสัดส่วนการยอมรับได้ของสภาวะน่าสบายเพิ่มขึ้นมากกว่าสภาพอากาศภายนอก ยกเว้นการปิดอาคารช่วงกลางวันของอาคารมวลสารกลางมีผลเนื่องจากการเก็บสะสมความร้อน

จากภาพที่ 12 และตารางที่ 5 เมื่อทำการจัดลำดับสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การยอมรับได้ว่าสบายโดยเงื่อนไขของมวลสารอาคารและความเร็วลม พบว่า

1) กรณีใช้งานอาคารตลอดวัน 1.00-24.00 น. อาคารมวลสารกลางที่มีการปิดหน้าต่างมีสัดส่วนน้อยกว่าอากาศภายนอกกรณีความเร็วลมชั้นต่ำ การมีความเร็วลมสามารถเพิ่มสัดส่วนให้ดีขึ้นได้โดยทุกกรณีอาคารที่มีความเร็วลมต่ำจะมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายที่ยอมรับได้น้อยกว่าสภาวะที่มีความเร็วลมสูง และอาคารมวลสารมากค่อนข้างมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายที่ต่ำกว่า

2) กรณีใช้งานอาคารตลอดวัน 10.00-17.00 น. มีสัดส่วนสภาวะน่าสบายของการยอมรับได้ไม่ค่อนักเนื่องจากมีอุณหภูมิที่สูงตลอดช่วงเวลาใช้งาน ในทุกกรณีอาคารยกเว้นกรณีอาคารมวลสารมากที่เปิดหน้าต่างช่วงกลางวันปิดกลางคืน และเปิดตลอดวันที่มีสัดส่วนน้อยกว่าสภาพอากาศภายนอกสำหรับช่วงความเร็วลมต่ำ ในกรณีความเร็วลมสูงอาคารมวลสารมากทุกกรณีและมวลสารกลางกรณีที่เปิดหน้าต่างกลางวันปิดกลางคืนและเปิดตลอดวันมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายที่ยอมรับได้มากกว่าสภาพอากาศภายนอก

3) กรณีใช้งานอาคารตลอดวัน 10.00-17.00 น. กรณีอาคารมวลสารกลางที่เปิดหน้าต่างทั้งวัน และเปิดหน้าต่างกลางวันปิดกลางคืนมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายที่ยอมรับได้ต่ำกว่าสภาพอากาศภายนอกที่ความเร็วลมระดับต่ำ กรณีอาคารมวลสารน้อยดีกว่าสภาพอากาศภายนอกที่ความเร็วลมระดับต่ำ ส่วนอาคารกรณีอื่นๆ มีสัดส่วนที่ดีกว่าสภาพอากาศภายนอกที่ความเร็วลมต่ำและสูง

ตารางที่ 5 ค่าสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การยอมรับได้ของสภาพอากาศท้องถิ่นเชียงใหม่ในเงื่อนไขต่างๆ ตามลำดับ

ลำดับการยอมรับได้จากน้อยไปมาก	การใช้งานอาคาร 1.00-24.00 น.			การใช้งานอาคาร 10.00-17.00 น.			การใช้งานอาคาร 18.00-9.00 น.		
	เงื่อนไข	การยอมรับได้		เงื่อนไข	การยอมรับได้		เงื่อนไข	การยอมรับได้	
		80%	90%		80%	90%		80%	90%
1	M-CC-59	52.1	29.7	M-CC-59	8.6	2.6	M-CC-59	73.9	43.2
2	M-OC-59	57.1	33.3	M-CO-59	8.6	2.6	M-OC-59	74.6	47.1
3	M-CO-59	59.4	42.6	M-OC-59	22.2	5.9	ภายนอก-59	74.7	63.7
4	ภายนอก-59	63.1	49.8	M-OO-59	22.2	5.9	L-OC-59	74.9	63.9
5	L-OC-59	63.2	49.9	H-CC-59	22.2	5.9	L-OO-59	74.9	63.9
6	L-OO-59	63.2	49.9	H-CO-59	22.2	5.9	L-CC-59	74.9	63.9
7	L-CC-59	63.2	49.9	L-CC-59	39.8	21.8	L-CO-59	74.9	63.9
8	L-CO-59	63.2	49.9	L-CO-59	39.8	21.8	ภายนอก-236	78.0	69.6
9	M-OO-59	64.4	46.2	L-OC-59	39.8	21.9	M-CO-59	84.8	62.6
10	H-CC-59	64.5	46.4	L-OO-59	39.8	21.9	M-OO-59	85.5	66.4
11	H-CO-59	69.1	55.6	ภายนอก-59	39.8	22.0	H-OC-59	85.6	66.7
12	H-OC-59	72.2	49.8	H-OC-59	45.5	15.9	H-CC-59	85.6	66.6
13	H-OO-59	76.9	59.0	H-OO-59	45.5	15.9	L-OC-236	87.5	78.5
14	ภายนอก-236	77.7	66.4	L-CC-236	67.4	42.8	L-OO-236	87.5	79.3
15	L-CC-236	81.2	67.1	L-CO-236	67.4	42.8	L-CC-236	88.1	79.3
16	L-CO-236	81.2	67.6	M-CC-236	68.3	29.2	L-CO-236	88.2	80.0
17	L-OC-236	82.9	69.8	M-CO-236	68.3	29.2	H-OO-59	92.6	80.5
18	L-OO-236	82.9	70.2	L-OC-236	73.7	52.2	H-CO-59	92.6	80.4
19	M-CC-236	86.8	68.8	L-OO-236	73.7	52.2	M-OC-236	96.0	88.5
20	M-CO-236	88.0	72.9	ภายนอก-236	76.9	59.9	M-CC-236	96.0	88.6
21	M-OC-236	92.0	78.0	M-OC-236	84.0	57.1	H-OC-236	97.9	93.1
22	M-OO-236	93.3	82.1	M-OO-236	84.0	57.1	M-OO-236	97.9	94.6
23	H-CC-236	93.3	82.1	H-CC-236	84.1	57.2	H-CC-236	97.9	94.6
24	H-CO-236	94.0	83.9	H-CO-236	84.1	57.2	M-CO-236	97.9	94.7
25	H-OC-236	95.9	88.9	H-OC-236	91.9	80.5	H-OO-236	99.0	95.8
26	H-OO-236	96.6	90.7	H-OO-236	91.9	80.5	H-CO-236	99.0	97.3

บทสรุปและเสนอแนะ

อัตลักษณ์สภาพอากาศจังหวัดเชียงใหม่ที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายที่ยอมรับได้ เพื่อการออกแบบอาคารระบบธรรมชาติสามารถสรุปเป็นประเด็นตามวัตถุประสงค์การศึกษาดังนี้

1) สภาพอากาศท้องถิ่นของจังหวัดเชียงใหม่ มี 3 ฤดูที่ต่างกันตามอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งรูปแบบสภาพอากาศส่วนใหญ่เป็นแบบ B คือมีอุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสม 29.50% โดยเฉพาะกลางวัน แบบ C คือมีอุณหภูมิเหมาะสมแต่ความชื้นสูงมาก 23.97% โดยเกือบทั้งหมดเป็นกลางคืน และมีสภาวะน่าสบาย 21.01% โดยเฉพาะกลางคืน

2) ศักยภาพของการออกแบบระบบธรรมชาติด้วยเงื่อนไขที่ยอมรับได้ของสภาวะน่าสบาย พิจารณาจากเทคนิคการใช้มวลสารอาคาร (Thermal mass) และความเร็วลม (Wind speed) ไม่ได้พิจารณาการใช้การระเหยของน้ำ (Evaporative cooling) เนื่องจากต้องอาศัยเทคนิคที่ซับซ้อน และมีสัดส่วนการเกิดไม่มากนักสามารถใช้เทคนิคเชิงกลแก้ปัญหาได้ ซึ่งจากวิธี Adaptive thermal comfort model ตามมาตรฐานของ ASHRAE 55 ซึ่งพิจารณากรณีของภูมิอากาศแบบร้อนชื้นที่ไม่ต้องพิจารณาความชื้นสัมพัทธ์อีก ใช้ตัวแปรความเร็วลมช่วยที่สามารถทำให้สัดส่วนสภาวะน่าสบายที่ยอมรับได้ทั้งระดับ 80% และ 90% การใช้งานในช่วงเวลากลางวันหรือ 10.00-17.00 น. มีสัดส่วนสภาวะน่าสบายที่ยอมรับได้ค่อนข้างน้อยเนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศโดยเฉพาะในฤดูร้อนและฝน กรณีอาคารมวลสารน้อยจะมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายใกล้เคียงกับสภาพอากาศภายนอก กรณีอาคารมวลสารกลางมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายน้อยเนื่องจากปัญหาการสะสมความร้อน ซึ่งหากไม่มีการเปิดหน้าต่างจะยิ่งมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายน้อยลง ส่วนกรณีอาคารมวลสารมากจะมีความสามารถในการกักเก็บความร้อนได้ยาวนานกว่าอาคารมวลสารมากจึงมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายสูงที่สุด

เมื่อนำมาพิจารณาแยกระดับของสภาวะน่าสบายที่ยอมรับได้ โดยแบ่งเป็น 5 ช่วง จาก 0-100% เนื่องจากบางเงื่อนไขมีสัดส่วนที่ต่ำเกือบเป็น 0% มากจนถึงสูงมากจนเกือบ 100% ดังนี้

เบอร์ 1 ช่วง 0-20% พบว่ามีกับกรณีอาคารมวลสารกลางสำหรับการยอมรับได้ 80% ช่วง 10.00-17.00 น.

เบอร์ 2 ช่วง 21-40% พบว่ามีกับกรณีอาคารทุกมวลสารสำหรับการยอมรับได้ 80% ช่วง 10.00-17.00 น.

เบอร์ 3 ช่วง 41-60% พบว่ามีกับกรณีอาคารมวลสารกลางและมากสำหรับการยอมรับได้ 80% ทั้งวัน ยกเว้นใช้เฉพาะช่วง 18.00-9.00 น.

เบอร์ 4 ช่วง 61-80% พบว่ามีกับทุกกรณีอาคารและช่วงเวลาตามเงื่อนไขที่เหมาะสม

เบอร์ 5 ช่วง 81-100% พบว่ามีกับทุกกรณีอาคารและช่วงเวลาตามเงื่อนไขที่เหมาะสม

เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการประเมินจากฐานข้อมูลและสมการในการทำนายค่าซึ่งมีข้อจำกัด ดังนั้นผลที่ได้จึงควรพิจารณาเป็นระดับ ซึ่งอาจไม่ชัดเจนแม่นยำชัดเจน ซึ่งพบว่าผลที่ได้ยังคงสอดคล้องกับหลักการทางความร้อน หากแต่ในการนำผลไปใช้จะเป็นเพียงแนวทางในการออกแบบเท่านั้น เช่นการเลือกใช้มวลสารอาคารกับอาคารที่มีช่วงเวลาการใช้งานที่รับอิทธิพลจากกลางวันหรือกลางคืนเล็กน้อยต่างกัน และการใช้ความเร็วลมซึ่งอาจมาจากระบบเชิงกลช่วย เนื่องจากไม่สามารถควบคุมตัวแปรนี้ได้อย่างชัดเจนตลอดช่วงเวลากการใช้งาน และควรทำการเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่นๆ เพิ่มเติม

ตารางที่ 6 ค่าสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การยอมรับได้ของสภาพอากาศท้องถิ่นเชียงใหม่ในเงื่อนไขต่างๆ ตามลำดับ

การใช้งานอาคาร 1.00-24.00 น.			การใช้งานอาคาร 10.00-17.00 น.			การใช้งานอาคาร 18.00-9.00 น.		
เงื่อนไขอาคารและความเร็วลม	การยอมรับได้		เงื่อนไขอาคารและความเร็วลม	การยอมรับได้		เงื่อนไขอาคารและความเร็วลม	การยอมรับได้	
	80%	90%		80%	90%		80%	90%
M-CC-59	52.1	29.7	M-CC-59	8.6	2.6	M-CC-59	73.9	43.2
M-OC-59	57.1	33.3	M-CO-59	8.6	2.6	M-OC-59	74.6	47.1
M-CO-59	59.4	42.6	M-OC-59	22.2	5.9	ภายนอก-59	74.7	63.7
ภายนอก-59	63.1	49.8	M-OO-59	22.2	5.9	L-OC-59	74.9	63.9
L-OC-59	63.2	49.9	H-CC-59	22.2	5.9	L-OO-59	74.9	63.9
L-OO-59	63.2	49.9	H-CO-59	22.2	5.9	L-CC-59	74.9	63.9
L-CC-59	63.2	49.9	L-CC-59	39.8	21.8	L-CO-59	74.9	63.9
L-CO-59	63.2	49.9	L-CO-59	39.8	21.8	ภายนอก-236	78.0	69.6
M-OO-59	64.4	46.2	L-OC-59	39.8	21.9	M-CO-59	84.8	62.6
H-CC-59	64.5	46.4	L-OO-59	39.8	21.9	M-OO-59	85.5	66.4
H-CO-59	69.1	55.6	ภายนอก-59	39.8	22.0	H-OC-59	85.6	66.7
H-OC-59	72.2	49.8	H-OC-59	45.5	15.9	H-CC-59	85.6	66.6
H-OO-59	76.9	59.0	H-OO-59	45.5	15.9	L-OC-236	87.5	78.5
ภายนอก-236	77.7	66.4	L-CC-236	67.4	42.8	L-OO-236	87.5	79.3
L-CC-236	81.2	67.1	L-CO-236	67.4	42.8	L-CC-236	88.1	79.3
L-CO-236	81.2	67.6	M-CC-236	68.3	29.2	L-CO-236	88.2	80.0
L-OC-236	82.9	69.8	M-CO-236	68.3	29.2	H-OO-59	92.6	80.5
L-OO-236	82.9	70.2	L-OC-236	73.7	52.2	H-CO-59	92.6	80.4
M-CC-236	86.8	68.8	L-OO-236	73.7	52.2	M-OC-236	96.0	88.5
M-CO-236	88.0	72.9	ภายนอก-236	76.9	59.9	M-CC-236	96.0	88.6
M-OC-236	92.0	78.0	M-OC-236	84.0	57.1	H-OC-236	97.9	93.1
M-OO-236	93.3	82.1	M-OO-236	84.0	57.1	M-OO-236	97.9	94.6
H-CC-236	93.3	82.1	H-CC-236	84.1	57.2	H-CC-236	97.9	94.6
H-CO-236	94.0	83.9	H-CO-236	84.1	57.2	M-CO-236	97.9	94.7
H-OC-236	95.9	88.9	H-OC-236	91.9	80.5	H-OO-236	99.0	95.8
H-OO-236	96.6	90.7	H-OO-236	91.9	80.5	H-CO-236	99.0	97.3

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้นำเสนอจากผลการศึกษาวิจัย ภายใต้งบประมาณรายได้คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โครงการพัฒนาองค์ความรู้และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอาคารจากภูมิปัญญาพื้นถิ่นด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ปี 2561 กรณีศึกษาอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยหน่วยนวัตกรรมเทคโนโลยีอาคาร พลังงาน และสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

- Boonyatikarn, S. (1999). **Technique karn oakbab ban prayad phalangngan phuea khunnaphab chiwit tee dee kwa.** (In Thai) [Home energy-saving design techniques to better quality of life]. Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Center for the Built Environment. (2017). **CBE thermal comfort tool.** (In English) [Thermal comfort tool] Retrieved April 13, 2018, from <http://comfort.cbe.berkeley.edu>.
- Chanthima, U., Hengrasmee, S., Chansomsak, S. & Yiemwattana, S. (2017). Karn oakbab phanang lae plueak arkan phuea prayad phalangngan samrab arkan anekprasong Mahawitthayalai Naresuan. (In Thai) [Wall and building envelope design to save energy for Naresuan University Multipurpose Building]. **Journal of Environmental Design**, 4 (2), 20–49.
- Olgyay, V. (1992). **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism**, New York: Van Nostrand Reinhold.
- The Thai Meteorological Department. (2018, January 10). **Hourly recording report.** Sub Division of Thai Meteorological Department of Thailand, Chiang Mai.
- The Thai Meteorological Department. (2018, January 10). **Monthly recording report.** Sub Division of Thai Meteorological Department of Thailand, Chiang Mai.
- Tongtuam, Y. (2004). **Prohgraem kompiwter phuea pramual phon lae pramuen kha datchani karn prayad phalangngan khong arkan nai phumi akat ron chuen.** (In Thai) [Computer program to process and evaluate energy conservation index for buildings in a hot-humid climate] (Master's thesis). Bangkok: Chulalongkorn University.