แนวทางการปรับปรุงเปลือกอาคาร เพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อน กรณีศึกษา อาคารเรียนเดิมโรงเรียนภูเวียงวิทยายน

A Guidelines for improving building envelopes for Reduce heat transfer Case study is Phu Wiang Wittayayon historical Building

สิรภพ ร่มศรี[1], ชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์[2] และ พรสวัสดิ์ พิริยะศรัทธา[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสำรวจและวางแนวทางในการปรับปรุงอาคารเรียนของโรงเรียนภูเวียงวิทยายน เพื่อการประหยัดพลังงาน ด้วยอาคารหลังนี้เป็นอาคารเก่าแก่ที่ได้รับการอนุรักษ์และปรับปรุงมาเป็นระยะ การศึกษานี้เริ่มด้วยสำรวจรวบรวมข้อมูลทางกายภาพเพื่อทำความเข้าใจกับรูปแบบ และวัสดุอาคารก่อนการวางแนวทางในการประหยัดพลังงานเมื่อมีการปรับปรุงการใช้อาคารในอนาคต

การศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านโปรแกรม BEC เพื่อนำไปประกอบการวิเคราะห์ความเป็นไปได้การประหยัดพลังงานเมื่ออาคารติดตั้งเครื่องปรับอากาศ นอกจากนี้ยังได้มีการเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นของอาคาร เพื่อนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิและความชื้นในแต่ละช่วง โดยแบ่งพื้นที่ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นภายในอาคารเป็น 3 ส่วน คือ ห้องเรียน ห้องประชุมและส่วนพิพิธภัณฑ์ ได้ชุดข้อมูลชุดหนึ่งในระยะเวลา 3 วัน หรือ 72 ชั่วโมง จากนั้นจึงได้นำเอาชุดข้อมูลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยพบว่า ในตอนกลางวันส่วนห้องเรียนมีอุณหภูมิสูงสุด และห้องพิพิธภัณฑ์มีความชื้นสูงสุด อย่างไรก็ตามความชื้นเฉลี่ยมีค่าที่สูงเนื่องจากพื้นอาคารเป็นพื้นไม้ที่มีช่องว่างให้ความชื้นจากดินผ่านเข้ามาในพื้นที่ใช้งานได้ ในช่วงกลางคืน ความร้อนและความชื้นของทั้งสามส่วนไม่แตกต่างกันมาก ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) มีค่าเท่ากับ 15.92 วัตต์ต่อตารางเมตร ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)มีค่าเท่ากับ 63.63 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน การเพิ่มฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้ว จะทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) ลดเหลือ 13.21 วัตต์ต่อตารางเมตร

การศึกษาในส่วนนี้สามารถสรุปได้ว่า ในการที่ปรับปรุงอาคารประวัติศาสตร์หลังนี้ให้มีการประหยัดพลังงานเมื่อถูกเพิ่มเครื่องปรับอากาศให้กับอาคารสามารถทำได้โดย การอุดช่องว่างระหว่างพื้นไม้ หรือเปลี่ยนวัสดุพื้น และการเพิ่มฉนวนให้กับหลังคาอาคาร นอกจากนี้ยังพบว่า การสำรวจข้อมูลทางกายภาพของอาคารทั้งสองมิติ และสามมิติ เป็นประโยชน์ต่อการประชาสัมพันธ์ข้อมูลให้ชุมชน และเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงอาคารในอนาคตต่อไป

---

[1] นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Email: siraphopr23@gmail.com

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง โครงการศึกษาการปรับปรุงอาคารเรียนเดิมโรงเรียนภูเวียงวิทยายน เพื่อการประหยัดพลังงาน: กรณีศึกษา อาคารเรียนเดิมโรงเรียนภูเวียงวิทยายน อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น)

ABSTRACT

This research is aimed to survey and plan the approach for maintenance the historical building of Phu Wiang Wittayayon School for Energy saving. This historical building was reserved and renovated for several times. The study began with surveyed the building and the physical infomation for understanding its architectural form and materials before plan to save the energy in the future renovation. Then, the research analyzed the heat transfer by BEC programs for analysis the possibility of energy saving in case that the building will install the air-conditioning in the future. Moreover, there was collecting temperature and humidity of the building for comparing the difference parts of the building. It was divided to be 3 parts; the classroom, the meeting room and the museum room. The temperature and humidity data was recorded for 72 hours or three days. The research result found that there were the highest temperatures in the classroom, while the humidity in the museum room was highest during the daytime. However, the humidity of this building is high due to the floor is made of wood with cavity that lets the humidity from ground pass through the using spaces. During the nighttime, temperatures and humidity in these three parts were not much different.

Overall Thermal Transfer Value, OTTV, of this building is 15.92 W/m^2, which passes the required standard. The Roof Thermal Transfer Value, RTTV, is 63.63 W/m^2, which exceed the required standards. So, the 4 inches fiber glass is advised for the roof insulation. This will reduce the RTTV down to 13.21 W/m^2 ,

This part of the study can be concluded that for renovation this historical building to meet the energy saving standard for air-conditioning building, the cavity of wood floor of the building should be filled or change the material, and the insulation have to be added for the roof. Furthermore, the building that has been surveyed the physical data in both two dimension and three dimension will be useful by its information for the public relations and for the further renovation.

คำสำคัญ: การอนุรักษ์สถาปัตยกรรม อาคารเรียน การประหยัดพลังงาน
Keywords: Architectural Conservation, School Building, Energy Saving.

บทนำ

โรงเรียนภูเวียงวิทยายน มีอาคารเรียนที่ได้รับการอนุรักษ์อันเนื่องจากมีความเป็นมาที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ของพื้นที่ และมีความแตกต่างจากอาคารเรียนในสมัยปัจจุบันเป็นอย่างมาก ตัวอาคารอนุรักษ์นี้ประกอบไปด้วย 6 ห้อง คือ ห้องโถงใหญ่สำหรับประชุมซึ่งภายในได้แบ่งย่อยออกไปอีก 2 ห้อง ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงและติดตั้งเครื่องปรับอากาศใหม่ และห้องที่เหลือคือห้องเรียน ส่วนอีกฝั่งของอาคารได้มีการจัดให้เป็นส่วนพิพิธภัณฑ์ของเก่า วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างได้แก่ ไม้ ดิน และปูนโบราณ ปัจจุบันได้มีการบูรณะซ่อมแซมอาคารในบางส่วนเพื่อ

รักษาสภาพอาคารไว้ แต่ยังคงโครงสร้างและวัสดุดั้งเดิมของอาคารให้มากที่สุดเพื่อคงความเป็นเอกลักษณ์ของอาคารเรียนไว้ (จารึก งามฉลวย, 2559)

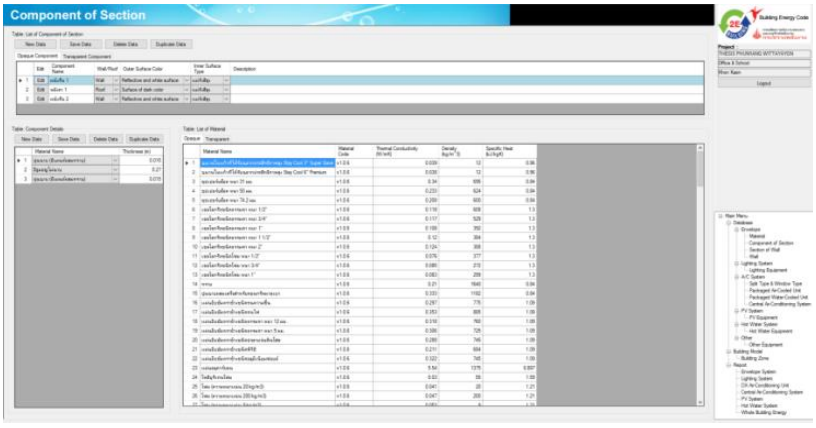
ภาพที่ 1 แสดงภาพด้านหน้าอาคารเรียนเดิมโรงเรียนภูเวียงวิทยายน (ถ่ายเมื่อ 20 ตุลาคม 2559)

เนื่องจากอาคารได้ออกแบบเพื่อตอบสนองต่อการการทำความเย็นโดยธรรมชาติ มีผนังหนาและมีระดับพื้นถึงฝ้าเพดานที่สูง มีช่องเปิดขนาดใหญ่ มีการระบายอากาศที่ดี แต่ในปัจจุบันมีปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป ทำให้อาคารเรียนมีความต้องการในการติดตั้งระบบปรับอากาศเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายโดยเฉพาะในเวลากลางวัน การติดตั้งเครื่องปรับอากาศในบางพื้นที่ของอาคารประสบปัญหาความไม่เหมาะสมต่อการประหยัดพลังงาน เนื่องด้วยลักษณะสถาปัตยกรรมเดิมไม่ได้ออกแบบเพื่อเป็นอาคารระบบปิด มีระยะเพดานที่สูง มีช่องระบายอากาศจำนวนมาก วัสดุพื้นยังเป็นพื้นไม้และมีระยะห่างระหว่างแผ่นไม้ เป็นต้น เหล่านี้เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในการทำความเย็น และรวมทั้งทำให้มีความชื้นในอาคารมาก

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสำรวจข้อมูลทางกายภาพอุณหภูมิ ความชื้น และการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคารในปัจจุบัน และเสนอแนวทางการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมในการลดการใช้พลังงานต่อไป

กระบวนการในการศึกษา

1. สำรวจรูปแบบทางกายภาพของอาคารเรียน
2. สำรวจอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์พื้นที่ภายในอาคาร โดยจะทำการแบ่งพื้นที่การศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือ ห้องเรียน ห้องประชุม ส่วนพิพิธภัณฑ์
3. วิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนและหลังคา (OTTV/RTTV) โดยใช้โปรแกรม BEC (ภาพที่ 2)
4. นำเสนอแนวทางในการปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์รูปแบบและประหยัดพลังงาน



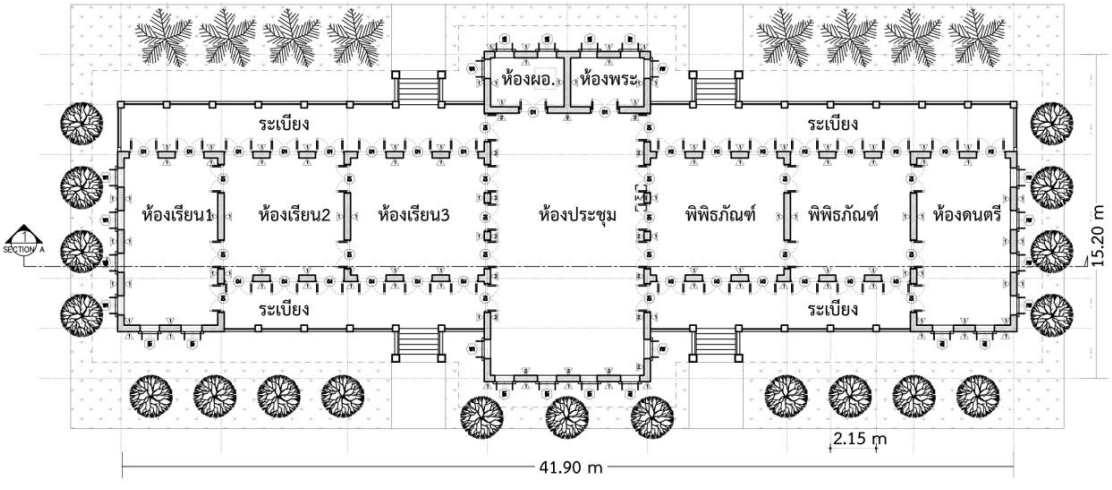
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณค่า OTTV&RTTV โดยโปรแกรมBEC

ผลการศึกษาวิจัย

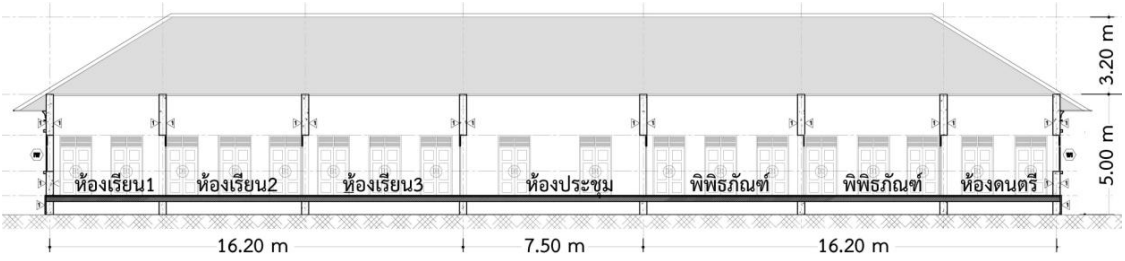
1. สำรวจรูปแบบทางกายภาพของอาคารเรียน

สำรวจกายภาพอาคาร โรงเรียนภูเวียงวิทยายนตั้งอยู่ที่อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น มีอาคารเก่าแก่ที่คู่ควรแก่การศึกษา ซึ่งอาคารได้ถูกออกแบบให้มีการหันทิศหลบแดด ทำให้อาคารมีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนได้ดี

จากภาพที่ 3 ผังพื้นอาคารประกอบด้วยประโยชน์ใช้สอยหลัก ได้แก่ ห้องเรียน ห้องประชุม พิพิธภัณฑ์ ห้องดนตรีไทย ซึ่งปัจจุบันมีการใช้เพียงแค่ส่วนห้องเรียนและห้องดนตรี ส่วนพิพิธภัณฑ์ได้ทำการจัดเป็นพื้นที่เก็บของเก่า อาคารเรียนหลังนี้เป็นอาคารที่มีความสูงจากระดับพื้นถึงระดับฟ้า 5.00 เมตร (ภาพที่ 4) ปัจจุบันอาคารเรียนหลังนี้ได้รับการปรับปรุงหลังคาใหม่ (ภาพที่ 6) และปรับปรุงบริเวณรอบๆ อาคารพร้อมทั้งกรุกระเบื้องลายหินอ่อนภายนอกอาคาร (ภาพที่ 7) เพื่อป้องกันน้ำไหลเข้าสู่พื้นใต้อาคาร

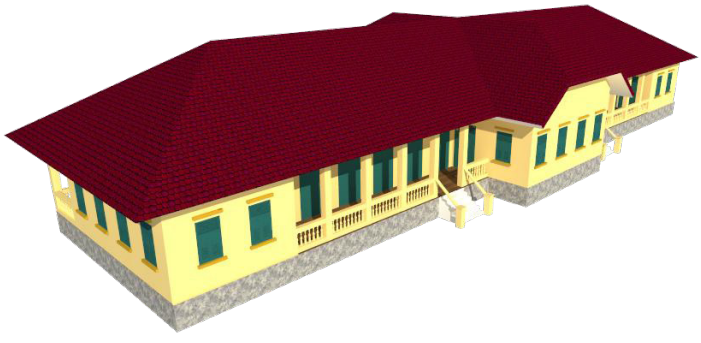


ภาพที่ 3 แสดงแบบ 2 มิติ ผังพื้นอาคารเรียนเดิมโรงเรียนภูเวียงวิทยายน เขียนเมื่อ 12 ธันวาคม 2559

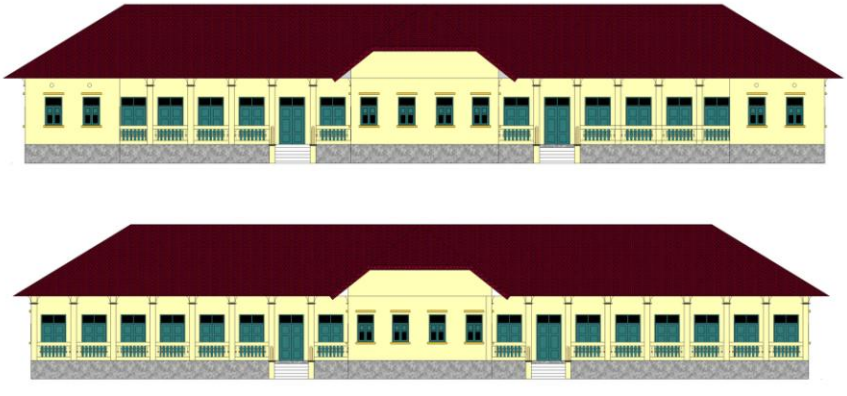


ภาพที่ 4 แสดงแบบ 2 มิติ รูปตัดอาคารเรียนเดิมโรงเรียนภูเวียงวิทยายน เขียนเมื่อ 12 ธันวาคม 2559

ในอดีตอาคารเรียนหลังนี้ได้มีการออกแบบภายในอาคารให้มีประตูเพื่อเปิดสู่ห้องต่างๆ ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงห้องประชุมด้วยการกรุกระเบื้องลายหินอ่อนภายในทั้งหมดและติดตั้งเครื่องปรับอากาศ (ภาพที่ 8) ส่วนห้องอื่นๆ ได้ทำการปรับปรุงทาสีใหม่ (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 5 แสดงแบบ 3 มิติ



ภาพที่ 6 แสดงแบบ 2 มิติ รูปด้านอาคาร

ภาพที่ 7 แสดงภาพภายนอกอาคารเรียนเดิมโรงเรียนภูเวียงวิทยายน (ถ่ายเมื่อ 9 กรกฎาคม 2559)

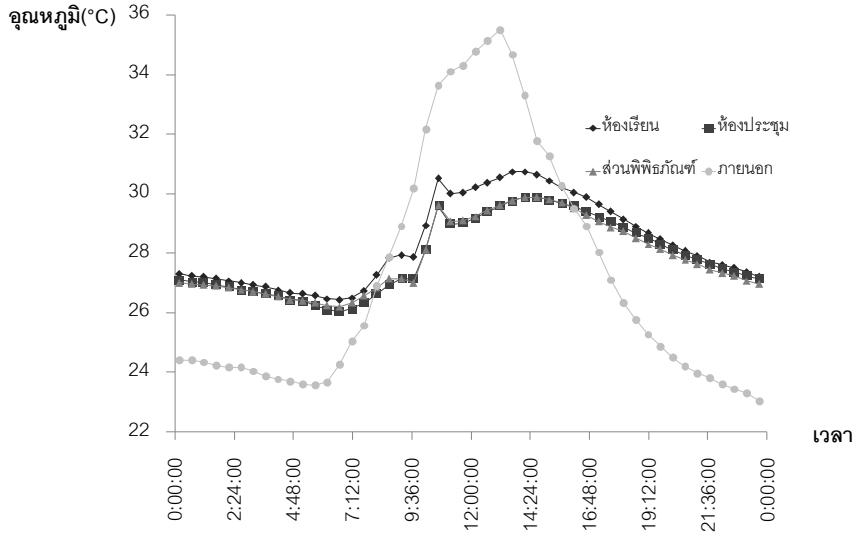
ภาพที่ 8 แสดงภายในห้องเรียนและห้องประชุม (ถ่ายเมื่อ 9 กรกฎาคม 2559)

ภาพที่ 9 แสดงภายในส่วนพิพิธภัณฑ์และห้องดนตรี (ถ่ายเมื่อ 9 กรกฎาคม 2559)

2. อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์

2.1 อุณหภูมิอากาศ

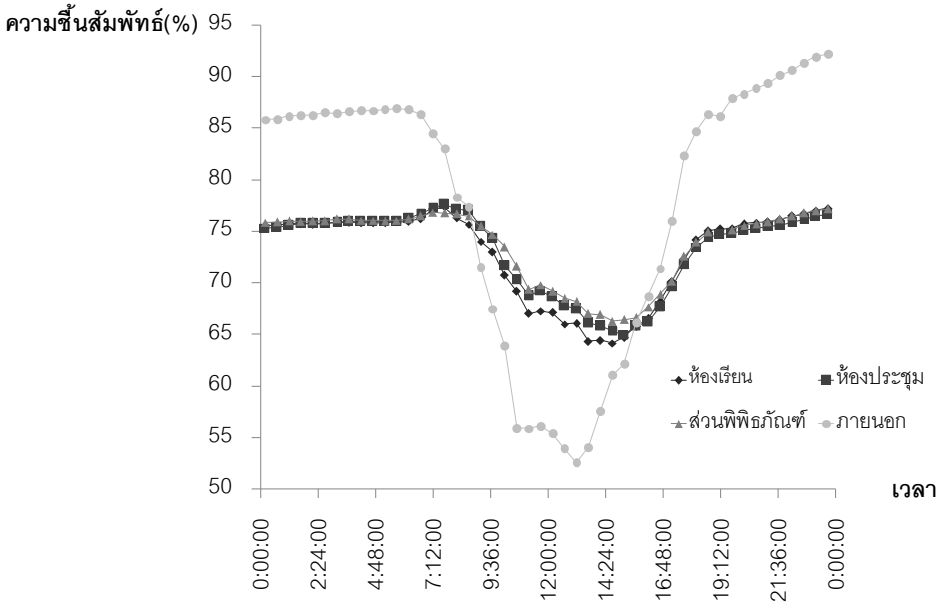
ผลการศึกษาพบว่า ในเวลากลางวันห้องที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดคือห้องเรียน ห้องประชุมและส่วนพิพิธภัณฑ์มีอุณหภูมิเทียบเท่ากันตลอดเวลา จากภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของห้องเรียนเริ่มเพิ่มขึ้นมากกว่าห้องอื่นตั้งแต่ช่วงเช้าของวันและจะเพิ่มมากที่สุดในช่วงกลางวันแล้วจึงลดกลับมาอยู่ในระดับที่เทียบเท่ากับห้องอื่นๆ ในช่วงกลางดึกเนื่องจากในช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิอากาศภายในมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกค่อนข้างมาก ทำให้เห็นว่าประสิทธิภาพการป้องกันรังสีความร้อนจากภายนอกของอาคารทำได้ดี



ภาพที่ 10 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิในแต่ละห้องเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก เฉลี่ย 3 วัน วัดค่าเมื่อวันที่ 12-14 พฤศจิกายน 2559

2.2 ความชื้นสัมพัทธ์

จากภาพที่ 11 จะเห็นได้ว่า ความชื้นสัมพัทธ์ของส่วนพิพิธภัณฑ์มีค่ามากที่สุดในช่วงเวลากลางวันและห้องเรียน มีค่าความชื้นสัมพัทธ์น้อยที่สุดในเวลากลางวัน และระดับความชื้นสัมพัทธ์จะกลับมาเทียบเท่ากันในช่วงเวลา 16.00 น.เป็นต้นไป



ภาพที่ 11 แผนภูมิแสดงความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละห้องเปรียบเทียบกับความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก เฉลี่ย 3 วัน วัดค่าเมื่อวันที่ 12-14 พฤศจิกายน 2559

จากภาพที่ 10 และ ภาพที่ 11 จะเห็นว่า อุณหภูมิอากาศภายในอาคารในช่วงกลางวันต่ำกว่าภายนอกอาคาร ประมาณ 6-8 องศา เนื่องจากอาคารมีการออกแบบที่ดีด้วยกายภาพอาคาร ตำแหน่งการหันทิศทางของอาคาร จำนวนช่วงเปิด และระดับฝ้าที่สูง จึงช่วยส่งผลให้อาคารสามารถป้องกันมวลความร้อนจากภายนอกได้ดี ความชื้นภายในอาคารช่วงเวลากลางวันอาคารก็สามารถสร้างความแตกต่างจากอุณหภูมิภายนอกได้ถึง 10-15 % เนื่องจากโครงสร้างพื้นอาคารยังมีช่องว่างให้ความชื้นสามารถผ่านเข้ามาสู่ภายในอาคารได้ แต่ในช่วงเวลากลางคืนความชื้นสัมพัทธ์ภายในได้เพิ่มขึ้นและมีความแตกต่างจากความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกไม่ถึง 10% ซึ่งอาจจะส่งผลถึงห้องพิพิธภัณฑ์ทำให้ของเก่าเกิดการสึกหรอได้เร็วขึ้น อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในห้องเรียนอาจจะเกิดเชื้อราทำให้ส่งผลต่อผู้ใช้อาคารต่อไป

3. ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังและหลังคา (OTTV/RTTV)

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผนัง (OTTV)	15.92	
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมหลังคา(RTTV)	124.36	13.21

จากการวิเคราะห์ตัวอาคารผ่านโปรแกรม BEC พบว่า

3.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง (OTTV)

ก่อนการปรับปรุงมีค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง (OTTV) เท่ากับ 15.92 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

3.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (RTTV)

ก่อนการปรับปรุงมีค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (RTTV) เท่ากับ 124.36 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จึงได้ทำการปรับปรุงโดยการเพิ่มฉนวนใยแก้วขนาด 4 นิ้ว จึงทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (RTTV) เท่ากับ 12.57 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

การอภิปรายผลและแนวทางการปรับปรุงอาคาร

เนื่องจากอาคารเรียนหลังนี้มีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างยาวนาน วัสดุ วิธีการก่อสร้างยังเป็นรูปแบบดั้งเดิม และด้วยรูปแบบทางกายภาพของอาคารทำให้อุณหภูมิจากภายนอกส่งผลกระทบต่อภายในค่อนข้างน้อย จะมีเพียงรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่งผ่านวัสดุมา ทำให้เกิดความร้อนจากภายในอาคารและมีการระบายออกภายนอกได้น้อย การศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการจำลองอาคารเรียน วัสดุ ผ่านโปรแกรม BEC เพื่อวิเคราะห์ค่า OTTV และ RTTV จากการวิเคราะห์อาคารเรียนด้วยกายภาพเดิมของอาคารพบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารมีค่าเท่ากับ 15.92 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา เท่ากับ 124.36 วัตต์ต่อตารางเมตร ถือว่ายังไม่ผ่านเกณฑ์ ทำให้ต้องมีการปรับปรุงส่วนหลังคาอาคารเพื่อให้ค่า RTTV ผ่าน โดยการติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา 4 นิ้ว เพิ่มเข้าไป ทำให้ค่า RTTV ลดลงมาจากเดิมเหลือเพียง 13.21 วัตต์ต่อตารางเมตร และผ่านเกณฑ์ *เนื่องจากพื้นที่ของหลังคามีสัดส่วนมากพอที่มีผลต่อความร้อนภายในห้องใต้หลังคา การศึกษาถึงการเพิ่มฉนวนป้องกันความร้อน การระบายอากาศที่ดีให้แก่หลังคา รูปแบบของหลังคาที่ดีและเหมาะสมต่อการปรับปรุงกับอาคารจริง ก็จะมีผลทำให้สภาวะน่าสบายในอาคารดีขึ้น(โชติวิทย์ พงษ์เสริมผล, 2539)* ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญ

ที่การปรับปรุงส่วนหลังคาเป็นอันดับแรก เพื่อให้อาคารได้มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาที่น้อยลงพร้อมกับการเตรียมพื้นที่ภายในอาคารเพื่อรองรับการติดตั้งระบบปรับอากาศ ให้เกิดสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิภายในอาคาร

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นจะเห็นได้ว่า ผนังอาคารมีความสามารถในการป้องกันรังสีความร้อนมากพอที่จะทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) มีค่าน้อย ดังนั้นการปรับปรุงอาคารเรียนหลังนี้จึงควรมีการเพิ่มวัสดุฉนวนใยแก้วบริเวณหลังคา เพื่อให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) มีค่าน้อยที่สุด อันจะส่งผลให้สภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิภายในอาคารอยู่ในระดับที่เหมาะสม และลดปัญหาความชื้นที่มีในอาคาร พิรัลยา ลีรุ่งเรือง พันธุ์และอรรถ เศรษฐบุตร (2559) ได้กล่าวไว้ว่า ความผันผวนของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องที่ใช้งานเป็นพิพิธภัณฑ์นั้น เป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญมากที่สุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับโบราณสถาน ซึ่งภายหลัง Muller (2013) ได้ระบุว่าสภาพอากาศที่เหมาะสมกับอาคารที่มีการใช้เป็นพิพิธภัณฑ์นั้น อุณหภูมิภายในที่เหมาะสมคือ 21 องศาเซลเซียส โดยต้องไม่มีความผันผวนไปมากกว่า ±3 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมคือ 55% โดยต้องไม่มีความผันผวนไปมากกว่า ±5 % ซึ่งในขณะเดียวกันผู้เข้าชมรวมทั้งพนักงานประจำพิพิธภัณฑ์ก็ย่อมต้องการสภาพอากาศที่อยู่ในสภาวะน่าสบายเช่นกัน

แนวทางการปรับปรุงอาคาร

1. แนวทางการแก้ปัญหาเรื่องอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร ควรมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนบริเวณหลังคา เพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาให้มีค่าน้อยที่สุด จะช่วยให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารมีค่าลดลงและช่วยให้เกิดสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภูมิได้

2. การปรับปรุงภายในอาคารเพื่อรองรับการใช้งานระบบปรับอากาศในอนาคตควรเริ่มต้นที่การป้องกันความชื้นจากภายนอกอาคาร ปัจจัยหลักของปัญหาอยู่ที่โครงสร้างพื้นของอาคารซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นไม้ที่มีช่องว่างให้อากาศและความชื้นไหลผ่านได้ จึงควรทำการปิดและติดฉนวนกันความชื้นหรืออุปกรณ์ลดความชื้นเป็นอันดับแรกและจึงทำการปรับปรุงช่องเปิด

เอกสารอ้างอิง

จารึก งามฉลวย ผู้อำนวยการโรงเรียนภูเวียงวิทยายน. **ข้อมูลอาคารเรียนโรงเรียนภูเวียงวิทยายน.** (อ้างอิงเมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2559)

นภดลม่วงรุ่ง. 2555. **การศึกษาหาแนวทางในการลดภาระความร้อนเข้าสู่อาคารเรียนของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. การศึกษาอิสระปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พระราชบัญญัติโบราณสถาน โบราณวัตถุ ศิลปวัตถุ และพิพิธภัณฑ์ พ.ศ. 2504 แก้ไขเพิ่มเติมครั้งล่าสุด พ.ศ. 2535, สาระสำคัญและแนวทางการปฏิบัติและกฎหมายว่าด้วยการอนุรักษ์โบราณสถาน พ.ศ. 2528, (อ้างอิงเมื่อวันที่ 14 เมษายน 2560)

โชติวิทย์ พงษ์เสริมผล. 2539. **การปรับปรุงหลังคาเพื่อลดภาระการทำความเย็น กรณีศึกษา อาคารของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิรัลยา ลีรุ่งเรืองพันธุ์และอรรถ เศรษฐบุตร. 2559. “สภาวะน่าสบายในโบราณสถานที่ปรับปรุงเพื่อใช้ประโยชน์ใหม่ กรณีศึกษา พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ หอศิลป, โอ.พี.เพลส และ อาคารกระทรวงมหาดไทย”. **โครงการประชุมวิชาการเทคโนโลยีอาคารด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 3 (Building Technology Alliance Conference on Energy and Environment 2016)**

Mueller, H.F.O. 2013. “Energy efficient museum building”. **Renewable Energy.** 49 232-236.