



01

สิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของภาพ
จิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราช
บูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา *

Environmental Factors Affecting the
Deterioration of the Mural Paintings Inside
the Crypt of Wat Ratchaburana, Phra
Nakhon Sri Ayutthaya Province

Received: April 8, 2020 | Revised: July 21, 2020 | Accepted: September 21, 2020

กรรณิการ์ สุธีรัตนภิรมย์ **

Kannika Suteerattanapirom

* บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่อง “สิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา” หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานุรักษ์ศิลปกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

** นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชานุรักษ์ศิลปกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
อีเมล: nnikas@hotmail.com

Master Student of Arts Program in Conservation of Fine Art, Graduate School,
Silpakorn University. email: nnikas@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยศึกษาสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และคุณภาพของอากาศ จากการศึกษพบว่า วัดราชบูรณะสร้างในสมัยเจ้าสามพระยา ราวปี พ.ศ.1967 พระปรางค์วัดราชบูรณะอันเป็นประธานของวัดอยู่ในสภาพที่ดี สามารถเดินเข้าไปยังห้องโถงกลางขององค์พระปรางค์ได้ ภายในห้องโถงกลางมีบันไดลงไปยังกรุตอนล่างที่มีอยู่อีก 2 ชั้น ภายในกรุพระปรางค์มีสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ (microclimate) ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในมีสภาพชำรุดและเสื่อมสภาพเปื่อย สีจืดจาง พบคราบเกลือ ผุพัง พบซากมูลกิ้งกือ ซากกิ้งกือ และมีค้างคาวอาศัยภายในโถงกลางเป็นจำนวนมาก และจากการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และคุณภาพของอากาศ พบว่าในปัจจุบันยังไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น อนุภาคและฝุ่นละอองในอากาศ ให้มีค่าคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ค่าที่ได้จึงมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศภายนอก ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อ การเสื่อมสภาพและการชำรุดเสียหายของภาพจิตรกรรมฝาผนัง โดยพบคราบเกลือและฝุ่นละอองจำนวนมาก ดังนั้นการอนุรักษ์เชิงป้องกันการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จึงควรมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น รวมทั้งปรับปรุงระบบระบายอากาศใหม่ ในกรณีที่ยังไม่สามารถจัดหาระบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิให้คงที่ ควรเปิดประตูและหน้าต่างบริเวณห้องโถงกลางเพื่อระบายและถ่ายเทอากาศ และไม่ควรให้นักท่องเที่ยวเข้าไปหากยังไม่ได้มีการควบคุมสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: การอนุรักษ์เชิงป้องกัน, การควบคุมสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ, กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ

A b s t r a c t

The aim of this research is to study the three environmental factors namely, temperature, relative humidity and air quality, affecting the deterioration of the mural paintings inside the crypt of Wat Ratchaburana, Phra Nakhon Sri Ayutthaya Province. The findings are as follows:

Wat Ratchaburana was built by Chao Sam Phraya in 1424 and the crypt of Wat Ratchaburana is still in good condition. There is a cella or small central hall inside the prang containing the crypt, which contains a two-level crypt. The space inside the crypt has a microclimate. The mural paintings inside the crypt are beginning to crack, the colour is changing and fading, and they are affected by salt weathering and dust. Moreover, snake stains, millipedes and bats are found inside the central hall.

The environmental monitoring of temperature, relative humidity and air quality conducted inside the crypt showed that there was no control of temperature, relative humidity and particles and dust in the air. Temperature and relative humidity changes depending on the weather conditions which have caused the deterioration of the mural paintings. Therefore, preventive conservation should focus on temperature and relative humidity control and improve the ventilation system. The doors and windows should be opened to increase ventilation and air exchange rates if there is no climate control system installed. Moreover, tourists should not be allowed to walk down the stairs to the lower crypt.

Keywords: preventive conservation, microclimate control, crypt of Wat Ratchaburana

1. บทนำ

วัดราชบูรณะเป็นโบราณสถานสำคัญตั้งอยู่ภายในเกาะเมืองพระนครศรีอยุธยา สร้างในรัชสมัยของสมเด็จพระบรมราชาธิราชที่ 2 (เจ้าสามพระยา) ราวปี พ.ศ. 1967 ในบริเวณพื้นที่ถวายพระเพลิงศพของเจ้าอ้ายพระยาและเจ้ายี่พระยา พระเชษฐาของพระองค์ที่สิ้นพระชนม์ภายหลังกระทำยุทธหัตถีเพื่อแย่งชิงพระราชสมบัติของสมเด็จพระนครินทราธิราช พระราชบิดา (กรมศิลปากร 2504: 4-5)

กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเป็นห้องขนาดเล็กอยู่ภายในองค์พระปรางค์ประธานของวัดราชบูรณะ มีลักษณะเป็นกรุปิดตาย ได้รับการค้นพบในปี พ.ศ. 2499 เมื่อมีกลุ่มคนร้ายได้ลักลอบขุดกรุภายในพระปรางค์ประธาน และได้พบของมีค่าจำพวกเครื่องทองเป็นจำนวนมาก โดยตำรวจได้เข้าตรวจสอบและยึดของกลางคืนได้ในปี พ.ศ. 2500 (กรมศิลปากร 2557: 25) จากการตรวจสอบพบว่าบริเวณที่กลุ่มคนร้ายได้ลักลอบขุดกรุนั้นอยู่ตรงศูนย์กลางภายในห้ององค์พระปรางค์ ภายหลังจากที่ตำรวจจับคนร้ายและเจ้าหน้าที่กรมศิลปากรได้สำรวจตรวจสอบเพิ่มเติมทำให้ได้พบเครื่องทองเป็นจำนวนมาก เช่น เครื่องราชูปโภค พระพุทธรูปทองคำ พระเจดีย์แก้วผลึก เครื่องประดับทอง พระพิมพ์ สลูปทองคำ เป็นต้น (กรมศิลปากร 2557: 29) จากการศึกษาเพิ่มเติมในภายหลังพบว่า กรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเป็นกรุปิดตายไว้บรรจุเครื่องทองเป็นจำนวนมาก กรุนี้มีลักษณะเป็น

ห้องสี่เหลี่ยม ขนาด 1.4 x 1.4 x 2.75 เมตร กรู๋ชั้นล่างหรือกรู๋ประธานอยู่ภายในฐานของพระปรางค์ประธานมีจิตรกรรมฝาผนังที่เขียนมาพร้อมกับองค์พระปรางค์ มีอายุราวสมัยอยุธยาตอนต้น (เสมอชัย พูลสุวรรณ 2539: 43) เพดานกรู๋ด้วยแผ่นหิน ผนังด้านข้างโอบกุ่มและมีกระจนำประจำอยู่ทั้งสี่ด้าน ภายในกรู๋ทั้งสี่ด้านและเพดานด้านบนมีภาพเขียนสีปิดทองเต็มทั้งพื้นที่

ภายในกรู๋ชั้นล่างส่วนเหนือกระจนำ มีภาพเขียนสีแบ่งออกเป็นสี่แถว แถวบนสุดเขียนภาพพระอดีตพุทธเจ้าประทับนั่งบนพระรัตนบัลลังก์ภายใต้โพธิมณฑล เรียงเป็นแถวเดี่ยว 24 พระองค์ (ผนังละ 6 พระองค์) สองแถวถัดมาแสดงเรื่องราวพระพุทธรูปประวัติหลายตอน แถวถัดมาแถวสุดท้ายเป็นภาพพระสาวก 80 รูป เพดานกรู๋เป็นภาพเขียนสีปิดทองบนพื้นสีแดงเป็นรูปวงกลมใหญ่และมีวงกลมขนาดเล็กกระจายอยู่โดยทั่วไป (เสมอชัย พูลสุวรรณ 2539: 45-47)

กรู๋ชั้นบนหรือกรู๋บริวาร มีภาพจิตรกรรมฝาผนังทั้งสี่ด้าน มีรูปแบบศิลปะแบบไทยป็นจีน แสดงภาพเทวดาสวมมงกุฎช่อดอกไม้อยู่ในพระหัตถ์และภาพบุคคลแสดงออกในลักษณะที่แตกต่างกันออกไป

ภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรู๋พระปรางค์วัดราชบูรณะแห่งนี้มีคุณค่าสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งเป็นภาพจิตรกรรมที่ใช้สื่อความหมายในเชิงสัญลักษณ์ร่วมกับองค์พระปรางค์ประธานและเครื่องทองที่บรรจุภายในภาพจิตรกรรมฝาผนังในสมัยอยุธยาตอนต้นมีอยู่ไม่มากนักและภาพ

จิตรกรรมในที่แห่งนี้ยังมีสภาพสมบูรณ์ที่สุด เป็นที่น่าเสียดายเป็นอย่างยิ่ง หากจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเลื่อนหายไปโดยไม่สามารถนำกลับคืนมาได้

ในเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2561 ระบบไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมระบบระบายอากาศและแสงไฟภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเกิดขัดข้อง ทำให้กรมศิลปากรได้ตัดสินใจปิดกรุเพื่อซ่อมแซมระบบไฟฟ้าดังกล่าว จากเหตุการณ์นี้พบว่า จิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะยังไม่มีระบบการควบคุมและมาตรการการดูแลสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม นับตั้งแต่ที่กลุ่มคนร้ายได้เข้าไปขุดกรุขโมยของมีค่าออกไปและการเปิดกรุให้เยี่ยมชมโดยเสรี ประกอบกับปริมาณนักท่องเที่ยวที่เข้าชมกรุเป็นจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปี นับเป็นเวลาล่วงมา 60 ปีแล้วยังไม่เคยมีการศึกษาใดที่อธิบายผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น มลภาวะทางอากาศ ที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ และจากการตรวจสอบประเมินสภาพได้พบร่องรอยของการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนัง ซึ่งปัจจัยสำคัญของการเสื่อมสภาพก็น่าจะเกิดมาจากสิ่งแวดล้อมที่ไม่เคยมีการควบคุมและป้องกันอย่างเหมาะสม

ลักษณะของกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ เป็นพื้นที่ที่มีขอบเขตกัน ซึ่งมีสภาพอากาศในระบบปิด หรือเรียกโดยสากลว่า สภาพอากาศในพื้นที่เฉพาะ (microclimate) การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ หรือ Thermo - Hygrometric Microclimate เป็นวิธีการขั้นพื้นฐานของการอนุรักษ์เชิงป้องกัน เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะ จุดประสงค์ของการควบคุม คือ เพื่อทำให้ค่าของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีความเสถียรหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (Cannistraro & Guglielmino 2019: 3-5) โดยการวัดผลนั้นจะต้องวัดค่าอย่างต่อเนื่องอาจวัดในระดับความถี่รายชั่วโมง ตลอดทั้งวัน โดยค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ดังนั้นการวัดจึงจำเป็นต้องหาค่าตลอดทั้งเดือนหรือตลอดทั้งปี โดยการวัด

นั้นใช้เครื่องมือบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติ หรือที่เรียกว่า Datalogger เพื่อเก็บและบันทึกค่าของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และนำมาวิเคราะห์ต่อไปได้

ในต่างประเทศมีการศึกษาผลกระทบของสิ่งแวดล้อมที่ทำให้แหล่งโบราณคดี แหล่งศิลปกรรมหรือโบราณสถานในสภาพแวดล้อมในพื้นที่เฉพาะเช่นนี้เสื่อมสภาพ เช่น การศึกษาผลกระทบของสิ่งแวดล้อมต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังในสุสานตุตันคาเมน โดยความร่วมมือระหว่างสถาบันอนุรักษ์เกตตี้ (The Getty Conservation Institute) และกระทรวงของโบราณของอียิปต์ (Egypt's Ministry of Antiquities) การศึกษาสิ่งแวดล้อมในการเสื่อมสภาพของภาพเขียนสีในถ้ำลาสโกส ทำให้พบว่าปัญหาของการเสื่อมสภาพคือความชื้นที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำ (condensation) (Martin-Sanchez et al. 2015: 283) ที่เกิดขึ้นมาก โดยเฉพาะในช่วงทศวรรษ 1970 และ 1990 ซึ่งไม่มีการควบคุมความชื้น อุณหภูมิ และยังก่อให้เกิดความเสียหายด้านภูมิอากาศชีวภาพ (bioclimatic crisis) ทำให้ภาครัฐได้จัดทำโปรแกรมอนุรักษ์ถ้ำลาสโกสในระยะยาว เพื่อซ่อมแซมภาพที่เสียหายและป้องกันสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพ (The Getty Conservation Institute 2019) โดยเกิดเป็นโครงการลาสโกส 2 (Lascaux II) และลาสโกส 4 (Lascaux IV) ในเวลาต่อมา

2. วัตถุประสงค์และคำถามการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และคุณภาพของอากาศที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

วัตถุประสงค์ดังกล่าวตั้งไว้เพื่อตอบคำถามวิจัย คือ สิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และคุณภาพของอากาศ ก่อให้เกิดผลกระทบใดบ้าง ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา อันสามารถนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางป้องกันในอนาคตได้ต่อไป

3. วิธีการวิจัย

เนื่องด้วยวัดราชบูรณะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นโบราณสถานสำคัญระดับชาติ และเป็นโบราณสถานที่ได้รับการขึ้นทะเบียนตามราชกิจจานุเบกษา ประกาศตั้งแต่วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2478 ตามพระราชบัญญัติโบราณสถาน โบราณวัตถุ และพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ พ.ศ. 2504 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2535) การกระทำใด ๆ ต่อโบราณสถานจึงจะต้องขออนุญาตอธิบดีกรมศิลปากรเสียก่อน ซึ่งการขออนุญาตเพื่อเก็บตัวอย่างได้รับการอนุญาตตั้งแต่วันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2561 เป็นต้นมา

การวิจัยในครั้งนี้ได้กำหนดวิธีการวิจัย ดังนี้

3.1 การตรวจสอบสภาพและประเมินความเสียหายของภาพของจิตรกรรมฝาผนังกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ โดยตรวจสอบสภาพด้วยตาเปล่า และด้วยไฟฉาย UV เพื่อตรวจสอบสภาพในปัจจุบัน สภาพของการชำรุด โดยแบ่งเป็นการตรวจสอบสภาพกรุในแต่ละชั้น ในแต่ละผนัง และบันทึกในเชิงพรรณนา แบบบันทึกและภาพถ่าย

3.2 การเก็บข้อมูลตัวอย่าง วิธีการ และเครื่องมือวิเคราะห์ ได้แก่

3.2.1 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity: RH) และอุณหภูมิ (Temperature: T)

การเก็บค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิได้ใช้อุปกรณ์ Datalogger ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT330B เพื่อบันทึกสภาพความชื้นสัมพัทธ์ร่วมกับอุณหภูมิโดยอัตโนมัติ โดยเก็บข้อมูลทั้งกรุชั้นบน กรุชั้นล่าง และโถง โดยเก็บข้อมูลเปรียบเทียบในสภาพแวดล้อมจำลอง 2 กรณี คือ

สภาพแวดล้อมแบบเปิด (สภาพเปิดกรุที่มีนักท่องเที่ยวเข้าออกโถงกลางตลอดทั้งวัน) เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 3 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม-31 พฤษภาคม 2562 วันละ 24 ชั่วโมง และเปิดระบบระบายอากาศ

สภาพแวดล้อมแบบปิด (สภาพปิดกรุที่นักท่องเที่ยวไม่สามารถ

เดินเข้าไปด้านในพระปรางค์ได้) เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 10 วัน ตั้งแต่วันที่ 17-26 ธันวาคม 2562 วันละ 24 ชั่วโมง และปิดระบบระบายอากาศ

3.2.2 คุณภาพของอากาศ

การตรวจวัดคุณภาพของอากาศเป็นการตรวจวัดอนุภาคและฝุ่นในอากาศด้วยเครื่อง DustTrak II Model 8530 ยี่ห้อ TSI เป็นเวลา 10 นาทีต่อตัวอย่าง โดยใช้เครื่องมือของภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร และเก็บโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คือ นายสิรภพ พินิจการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล อ้นแอ้ง โดยเก็บข้อมูลทั้งกรุชั้นบน กรุชั้นล่าง ในสภาพแวดล้อม 2 ลักษณะ คือ สภาพแวดล้อมขณะเปิดระบบระบายอากาศ และ สภาพแวดล้อมขณะปิดระบบระบายอากาศ

การตรวจวัดคุณภาพของอากาศมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบว่า คุณภาพอากาศภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเป็นอันตรายต่อการเข้าชม ของนักท่องเที่ยวหรือไม่หรือคนที่เข้าไปสามารถอยู่ได้อย่างสบายหรือไม่ โดยเฉพาะฝุ่นละอองโดยรวม (Total Suspended Particulate: TSP) ที่ลอยอยู่ในอากาศมีปริมาณเท่าไร ซึ่งมีผลต่อการเกิดคราบเปื้อนของจิตรกรรมฝาผนัง นอกจากนั้นระบบระบายอากาศที่ใช้ในปัจจุบันสามารถระบายฝุ่นที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่

ทั้งนี้ ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร (ค่าเฉลี่ยในเวลา 8 ชั่วโมง) ของกรมอนามัย มีดังนี้

ฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) เท่ากับ 50 ไมโครกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร

ฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) เท่ากับ 35 ไมโครกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร

4. ผลการศึกษา

เมื่อเดินขึ้นไปในภายในพระปรางค์วัดราชบูรณะ จะพบห้องโถงกลาง ก่อด้วยศิลาแลง พื้นมีช่องระบายอากาศแต่เดิมเป็นช่องที่คนร้ายขุดกรู จากห้องโถงกลางมีบันไดเดินลงไปในกรูได้อีก 2 ชั้น

กรูชั้นบน หรือกรูบริวารอยู่ถัดมาจากห้องโถงกลาง มีภาพจิตรกรรมฝาผนังทั้งสี่ด้าน มีรูปแบบศิลปะแบบไทยปนจีน แสดงเรื่องราวทั้งสี่ด้าน

กรูชั้นล่าง มีภาพเขียนทั้งสี่ด้าน และเพดานชั้นบน เขียนด้วยสีแดง ทอง และดำ มีภาพเขียนเรียงเป็นแถว แถวบนสุดเขียนภาพพระอดีตพุทธเจ้าประทับนั่งบนพระรัตนบัลลังก์ภายใต้โพธิมณฑล เรียงเป็นแถวเดียว ที่ได้พุทธบัลลังก์มีตัวอักษรบอกพระนามของพระพุทธเจ้าเหล่านั้นทั้ง 24 พระองค์ สองแถวถัดมาแสดงเรื่องราวพระพุทธประวัติ แถวถัดมาแถวสุดท้ายเป็นภาพพระสาวก 80 รูป เพดานกรูเป็นภาพเขียนสีปิดทองบนพื้นสีแดงเป็นรูปวงกลมใหญ่และมีวงกลมขนาดเล็กกระจายอยู่โดยทั่วไป

4.1 การตรวจสอบและประเมินสภาพของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรูพระปรางค์ วัดราชบูรณะ

การตรวจสอบและประเมินสภาพของจิตรกรรมฝาผนังภายในกรูพระปรางค์ วัดราชบูรณะ พบว่าภาพจิตรกรรมฝาผนังมีลักษณะเปียก ยุ่ย หลุดร่อน และมีคราบเกลือในบางบริเวณ โดยเฉพาะผนังด้านทิศใต้ มีเกลือขึ้นเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 เซนติเมตร และทำลายภาพจิตรกรรมไปบางส่วนแล้ว นอกจากนั้นยังมีฝุ่นติดบนภาพจิตรกรรมและพื้น เมื่อเข้าไปภายในกรูชั้นล่างจะหายใจลำบากและสัมผัสได้ว่ามีฝุ่นหนาทั่วบริเวณทั้งติดกับผนัง พื้น ราวบันได และในอากาศ และยังมีสัตว์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ค้างคาว อาศัยอยู่ในโถงภายในพระปรางค์ ทำให้บริเวณภายในห้องโถงและภายในกรูมีมูลค้างคาวเป็นจำนวนมากและส่งกลิ่นแอมโมเนียไปทั่วบริเวณ ชากงลูกคราบและกิ้งกือพบบริเวณบันไดทางลงสู่กรูชั้นล่าง



ภาพที่ 1 พระปรางค์ประธานวัดราชบูรณะ (ซ้าย) และโถงกลางด้านในกรพระปรางค์ พื้นเป็นช่องระบายอากาศ เดิมเคยเป็นช่องที่คนร้ายขุดกรุ (กลาง) ภาพจิตรกรรมฝาผนังในกรุชั้นล่าง (ขวา)



ภาพที่ 2 กรุชั้นบนมีพัดลมระบายอากาศจากกรุชั้นล่างสู่กรุชั้นกลางและระบายผ่านท่อสู่กรุชั้นบน

4.2 ผลการวิเคราะห์ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ

การศึกษาได้ตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในกรพระปรางค์วัดราชบูรณะ โดยได้ผลดังนี้

4.2.1 การตรวจวัดในสภาพแวดล้อมแบบเปิด (สภาพเปิดกรุที่มีนักท่องเที่ยวเข้าออกโถงกลางตลอดทั้งวัน) ทั้งกรุชั้นบนและกรุชั้นล่างเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 3 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม-31 พฤษภาคม 2562 วันละ 24 ชั่วโมง และเปิดระบบระบายอากาศ สรุปผลดังนี้ (ภาพที่ 3-4 และตารางที่ 1)

กรุชั้นบน

ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่าง 51.3-90.4% ส่วนใหญ่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 80-87% ในขณะที่อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 27.6-34.2 องศาเซลเซียส จากกราฟแสดงให้เห็นว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิค่อนข้างคงที่เมื่อเปรียบเทียบกับการตรวจวัดในสภาพแวดล้อมแบบปิด

สังเกตได้ว่าในวันที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดคือมีค่ามากกว่า 89% มีทั้งหมด 9 วัน ในช่วงเวลาที่ฝนตก ได้แก่ วันที่ 26 มีนาคม 2562, 3 เมษายน 2562, 13 เมษายน 2562, 2-3 พฤษภาคม 2562, 13-14 พฤษภาคม 2562 และ 22-25 พฤษภาคม 2562 จะเห็นได้ว่าในช่วงระหว่างเดือนมีนาคม มีความชื้นสัมพัทธ์ลดลงต่ำกว่า 80% ในขณะที่เดือนเมษายน 2562 เป็นต้นไปจะมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 80%

กรุชั้นล่าง

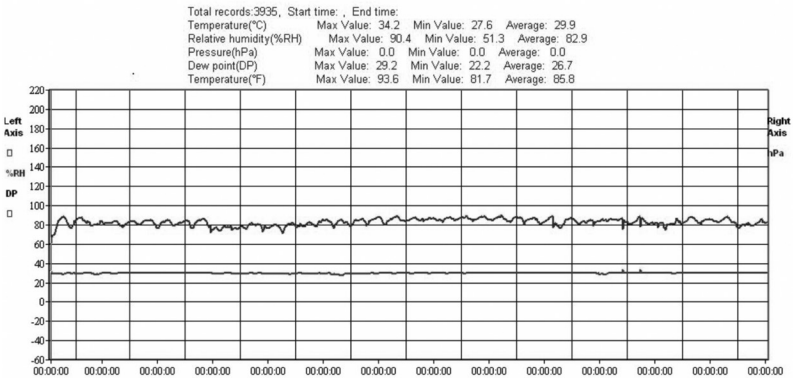
ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่าง 64.7-89.8% จากกราฟแสดงให้เห็นว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์มีแนวโน้มผันผวนมากกว่ากรุชั้นบน

สังเกตได้ว่าในวันที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดคือมีค่ามากกว่า 85% จะเกาะกลุ่มในช่วงฝนตกเช่นเดียวกับกรุชั้นบน แต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างคงที่และค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ ในวันที่ฝนไม่ตก และไม่ผันผวนเหมือนกรุชั้นบน แสดงให้เห็นว่ากรุชั้นล่างมีการระบายความชื้นได้ช้ากว่าหรือการไหลเวียนของอากาศได้น้อยกว่ากรุชั้นบน

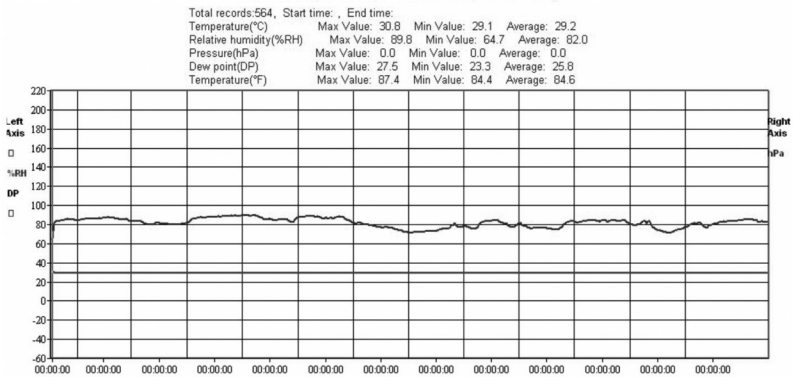
ในขณะที่อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 30.8-29.1 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าค่อนข้างคงที่ และไม่เปลี่ยนแปลงจนมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 1 ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของกรุชั้นบนในสภาพแวดล้อมแบบเปิด

ผลการวิเคราะห์	กรุชั้นบน		กรุชั้นล่าง	
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ความชื้นสัมพัทธ์ (RH: %)	51.3	90.4	64.7	89.8
อุณหภูมิ (T: C)	27.6	34.2	29.1	30.8



ภาพที่ 3 ความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิของกรุชั้นบนในสภาพแวดล้อมแบบเปิด



ภาพที่ 4 ความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิของกรุชั้นล่างในสภาพแวดล้อมแบบเปิด

4.2.2 สภาพแวดล้อมแบบปิด (สภาพปิดกั้นที่นักท่องเที่ยวไม่สามารถเดินเข้าไปด้านในกรุพระปรางค์ได้) ทั้งกรุชั้นบนและกรุชั้นล่างเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 10 วัน ตั้งแต่วันที่ 17-26 ธันวาคม 2561 วันละ 24 ชั่วโมง และปิดระบบระบายอากาศ สรุปผลดังนี้ (ภาพที่ 5 และ 6 และตารางที่ 2)

กรุชั้นบน-ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่าง 42.2-82.7% ในขณะที่อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 22.9-32.9 องศาเซลเซียส โดยมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุดที่ 10 องศาเซลเซียส

สังเกตได้ว่าในวันที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดคือมีค่าน้อยกว่า 60% มีทั้งหมด 2 วัน คือวันที่ 18-19 ธันวาคม ทั้งหมดอยู่ในวันที่ฝนไม่ตก หลังจากนั้นค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าคงที่ระหว่าง 70-80%

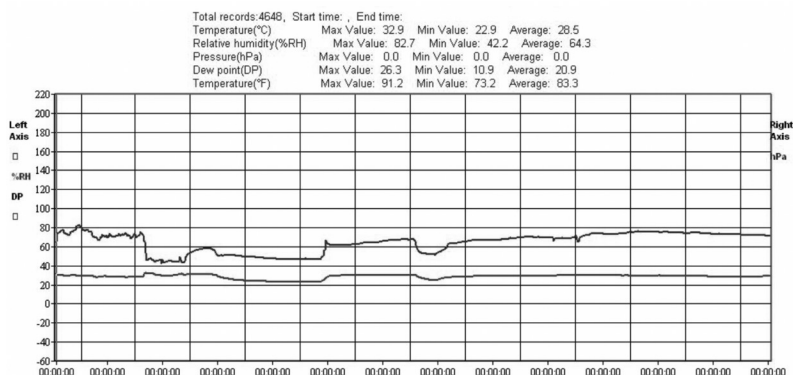
กรุชั้นล่าง-ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่าง 58.9-90.6 % ในขณะที่อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 28.2-30.8 องศาเซลเซียส

สังเกตได้ว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิก่อนข้างคงที่ น่าจะมีผลเนื่องมาจากกรุชั้นล่างมีการเก็บความชื้นได้ดี ความชื้นจึงไม่ได้รับระบายหรือไหลเวียนอย่างรวดเร็วเหมือนกรุชั้นบน

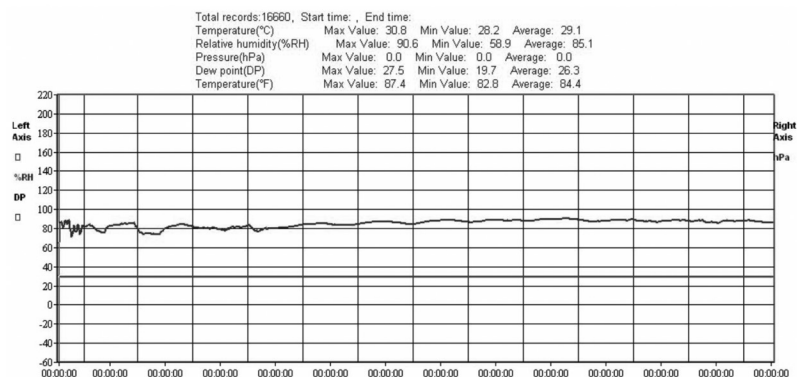
จากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า ในสภาพแวดล้อมแบบปิดในกรุชั้นบนและชั้นล่างมีความแตกต่างกัน โดยกรุชั้นล่างค่อนข้างมีความคงที่มากกว่า ทั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ

ตารางที่ 2 ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของกรุชั้นบนในสภาพแวดล้อมแบบปิด

ผลการวิเคราะห์	กรุชั้นบน		กรุชั้นล่าง	
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ความชื้นสัมพัทธ์ (RH: %)	42.2	82.7	58.9	90.6
อุณหภูมิ (T: C)	22.9	32.9	28.2	30.8



ภาพที่ 5 ความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิของกรู๊ชั้นบน ในสภาพแวดล้อมแบบปิด



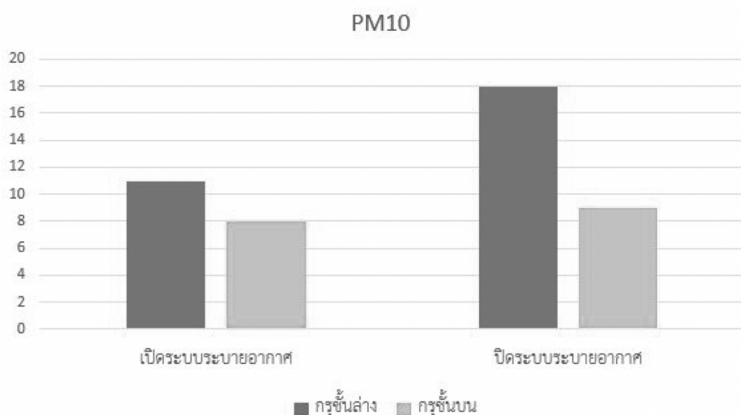
ภาพที่ 6 ความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิของกรู๊ชั้นล่างในสภาพแวดล้อมแบบปิด

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของอากาศ

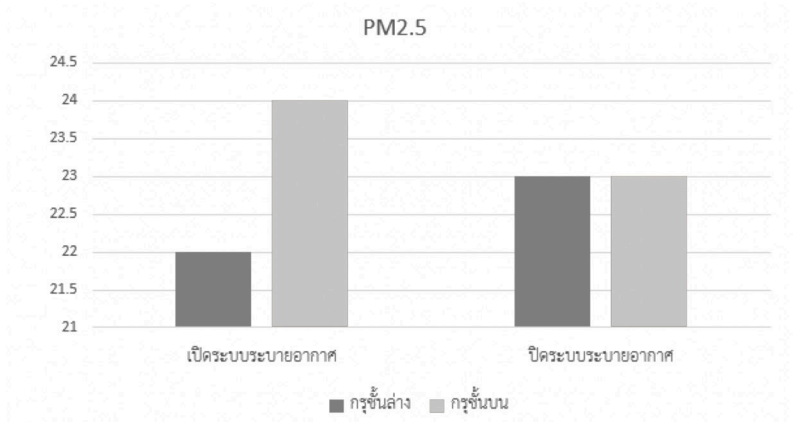
การตรวจวัดคุณภาพของอากาศเป็นการตรวจวัดอนุภาคและฝุ่นในอากาศ ด้วยเครื่อง DustTrak II Model 8530 ยี่ห้อ TSI เป็นเวลา 10 นาที ต่อตัวอย่าง โดยใช้เครื่องมือของภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยเก็บข้อมูลทั้งกรู๊ชั้นบน กรู๊ชั้นล่าง ในสภาพแวดล้อม 2 ลักษณะ คือ สภาพแวดล้อมขณะเปิดระบบระบายอากาศ และขณะปิดระบบระบายอากาศทั้งกรู๊ชั้นบนและกรู๊ชั้นล่าง โดยมีการตรวจวัดฝุ่นละออง PM10 (ภาพที่ 7) และ PM2.5 (ภาพที่ 8)

การระบายอากาศภายในกรุงเทพมหานครใช้ระบบพัดลมดูดมลพิษอากาศในกรุชั้นล่างขึ้นไปสู่กรุชั้นบน ก่อนจะมีพัดลมดูดอากาศผ่านท่อระบายจากกรุชั้นบนต่อออกไปยังห้องโถงกลาง ผลการตรวจวัดอนุภาคและฝุ่นละอองในอากาศพบว่า ระบบระบายอากาศสามารถระบายอากาศทั้งอนุภาค PM10 และ PM2.5 ในกรุชั้นล่างได้แต่ไม่มาก สังเกตจากค่าฝุ่นละอองในระหว่างที่เปิดระบบระบายอากาศที่ลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปิดระบบระบายอากาศ คือ PM10 และ PM2.5 ลดลงเพียง 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

อย่างไรก็ตาม ระบบระบายอากาศไม่สามารถดูดอากาศและฝุ่นอนุภาคต่างๆ ในกรุชั้นบนขึ้นไปยังโถงกลางได้ โดยกรุชั้นบนจะมีฝุ่นละอองสะสมและหมุนเวียนภายในกรุโดยไม่ได้ถูกระบายออก



ภาพที่ 7 ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศ PM10 ภายในกรุงเทพมหานคร



ภาพที่ 8 ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศ PM2.5 ภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ

5. อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

สิ่งแวดล้อมที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และคุณภาพอากาศ สามารถอภิปรายผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะได้ดังนี้

1. ในสภาพแวดล้อมแบบเปิด หรือ การเปิดประตูหน้าต่างบริเวณโถงกลางภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ ทำให้อากาศมีการไหลเวียน มีการถ่ายเทความชื้นและอุณหภูมิบริเวณกรุชั้นบนได้ดีกว่าสภาพแวดล้อมแบบปิด หรือ การปิดประตูหน้าต่างบริเวณโถงกลาง จะเห็นได้ว่าค่าสูงสุดและต่ำสุดของอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมแบบเปิดของกรุชั้นบน มีความแตกต่างและเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมแบบปิด อย่างไรก็ตามกรุชั้นล่างมีความชื้นและอุณหภูมิก่อนข้างคงที่และไม่ผันผวนเท่ากับกรุชั้นบน แสดงให้เห็นว่ากรุชั้นล่างมีการระบายหรือถ่ายเทอากาศได้น้อยกว่า ทำให้สามารถกักเก็บความชื้นและอุณหภูมิไม่ให้เปลี่ยนแปลงได้ดีกว่า

2. ไม่ว่าในสภาพแวดล้อมแบบเปิดหรือปิด ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะสูงเป็นพิเศษโดยเฉพาะในวันที่ฝนตก โดยมีค่าสูงสุดถึง 90.6% ในกรุ

ชั้นล่าง โดยกรุชั้นล่างจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่ากรุชั้นบน และค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่มากกว่า 70% ขึ้นไป เชื้อราจะเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งควรจะต้องระวังเชื้อราที่จะทำความเสียหายให้กับภาพจิตรกรรมฝาผนัง และควรมีการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิให้มีค่าคงที่เท่าที่จะเป็นไปได้ รวมทั้งความชื้นและความอับชื้นเป็นสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการดำรงอยู่ของสัตว์หลายชนิด ดังพบเห็นคราบกาวและกิ่งก้อยภายในกรุพระปรางค์

3. เกือบที่ขึ้นเป็นวงบนภาพจิตรกรรมฝาผนังนั้นยังไม่ทราบว่าเป็นเกลื้อชนิดใดมาจากไหน ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นเกลื้อที่เกิดขึ้นจากปัจจัยสำคัญ คือ

3.1 เกลื้อที่เกิดจากภายนอก คือ ความชื้นและน้ำนำพาเกลื้อเคลื่อนที่จากใต้ดินสู่ผนังด้านบนโดยอาศัยแรงดึงดูดจากรูพรุนขึ้นสู่อิฐที่เป็นวัสดุก่อผนัง (capillarity) และหากผนังนั้นน้ำระเหยออกได้สะดวกและต่อเนื่อง โดยไม่มีการปิดกั้นการระเหยของน้ำด้วยการฉาบปูนซีเมนต์หรือปิดทับด้วยวัสดุปิดผิว ก็จะไม่เกิดปัญหาใดมากนัก หากผนังของกรุพระปรางค์มีการบูรณะใหม่หลังปี พ.ศ. 2500 โดยเป็นผนังฉาบปูนซีเมนต์ทำให้หน้าไม่สามารถระเหยได้ น้ำที่มีสารละลายเกลื้อจึงเคลื่อนที่สูงขึ้นตามแรงดึงดูดจากรูพรุน พอผลึกเกลื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น จะออกแรงดันต่อรูพรุนทำให้รูพรุนผุกร่อนและทำให้ผนังและภาพเสียหายในเวลาต่อมา ดังนั้นเกลื้ออาจจะมาจากน้ำใต้ดินหรือเกลื้อจากปูนซีเมนต์ก็เป็นไปได้ ซึ่งควรมีการศึกษาอย่างลุ่มลึกในประเด็นนี้ต่อไป

3.2 เกลื้อที่เกิดจากภายใน คือ เกลื้อที่เกิดจากมลภาวะทางอากาศหรือที่เกิดจากมูลค้างคาวภายในกรุพระปรางค์ รวมตัวกับความชื้นที่กลายเป็นหยดน้ำ (condensation) จะทำให้เกิดเกลื้อ ซึ่งอาจจะเป็นเกลื้อไนเตรท (หรือเกลื้อไนไตรท์) หรือเกลื้อซัลเฟต (เกลื้อโซเดียมของกรดกำมะถัน (Na_2SO_4) เป็นเกลื้อที่ละลายน้ำได้ดี จึงแทรกซึมขึ้นไปสะสมในผนังและภาพจิตรกรรมได้ดี เมื่อความชื้นภายนอกระเหยออกที่ผิวของภาพจิตรกรรม เกลื้อจะตกผลึกอยู่บนผิวหน้าของภาพจิตรกรรมฝาผนังหรืออยู่

ภายในชั้นสีและชั้นรองพื้น

จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบว่าภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะมีร่องรอยความเสียหายมาจากเกลือ ซึ่งสัมพันธ์กับความชื้นในอากาศที่เป็นส่วนหนึ่งของสาเหตุที่ทำให้เกิดเกลือ และเพื่อความชัดเจนและแก้ไขปัญหาการเกิดเกลือได้ตรงจุดจึงควรมีการเก็บตัวอย่างเกลือและนำไปวิเคราะห์ชนิดของเกลือต่อไป เพื่อศึกษาว่าเกลือเกิดจากภายนอกหรือภายใน จึงจะสามารถหาวิธีในการป้องกันการเกิดขึ้นของเกลือได้ตรงประเด็นต่อไป

4. ระบบระบายอากาศที่ใช้ในปัจจุบันทำให้เกิดอากาศหมุนเวียนในกรุชั้นล่าง แต่ไม่สามารถระบายอนุภาคและฝุ่นในอากาศได้จริง โดยเฉพาะการไหลเวียนอากาศภายในกรุชั้นบน ซึ่งเท่ากับว่าไม่สามารถระบายความชื้นได้เช่นกัน ดังนั้นจึงควรปรับปรุงระบบระบายอากาศ โดยคำนึงถึงอัตราการไหลเวียนของอากาศและการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิให้เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดหรือคงที่ ซึ่งเป็นการป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับภาพจิตรกรรมฝาผนังทั้งภายในกรุชั้นบนและกรุชั้นล่าง

5. นอกจากสิ่งแวดล้อมข้างต้นที่ได้กล่าวมาแล้ว พบว่าสิ่งแวดล้อมอีกชนิดหนึ่ง คือ ค้างคาว เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นแอมโมเนีย และอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดเกลือ ดังนั้นระบบระบายอากาศและการสร้างสภาพแวดล้อมแบบเปิดจึงมีความสำคัญมากในการระบายอากาศและสภาพแวดล้อมให้โปร่งโล่ง ทั้งนี้ ต้องมีการควบคุมและจัดการค้างคาวและที่อยู่อาศัยของสัตว์ชนิดต่างๆ ให้ออกจากองค์พระปรางค์ด้วย

จากการอภิปรายข้างต้น สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

จากการตรวจวัดสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น อนุภาคและฝุ่นละออง ปรากฏว่ายังไม่มี การควบคุมค่าต่างๆ ให้คงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ค่าที่ได้จึงมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศภายนอก ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพและการชำรุดเสียหายของภาพจิตรกรรมฝาผนัง โดยปรากฏคราบเกลือและฝุ่นละอองจำนวน

มาก ดังนั้นการอนุรักษ์เชิงป้องกันการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จึงควรมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น รวมทั้งปรับปรุงระบบระบายอากาศใหม่ ในกรณีที่ยังไม่สามารถจัดหาระบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิให้คงที่ ควรมีการเปิดกรุเพื่อระบายและถ่ายเทอากาศ และไม่ควรให้นักท่องเที่ยวเข้าไป

อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะ จำเป็นต้องศึกษาสิ่งแวดล้อมประเภทอื่นๆ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) รวมทั้งตรวจสอบเกลือ มูลสัตว์ เพื่อให้การศึกษาล้อมรอบครอบคลุมรอบด้านเพื่อสามารถนำไปสู่การออกแบบการควบคุมสภาพแวดล้อมและการป้องกันเพื่อไม่ให้จิตรกรรมฝาผนังภายในกรุพระปรางค์วัดราชบูรณะเกิดการเสื่อมสภาพที่รวดเร็วเกินกว่าจะควบคุมได้ต่อไป

ขอขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานและบุคคลดังต่อไปนี้ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ ได้แก่ อุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา สำนักศิลปากรที่ 3 พระนครศรีอยุธยา กลุ่มวิทยาศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์ กลุ่มอนุรักษ์จิตรกรรมและประติมากรรม กองโบราณคดี กรมศิลปากร อาจารย์จิราภรณ์ อรัญยะนาถ อาจารย์ ดร.กวี เวณุนันท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐพล อันแจ่ม ผู้ช่วยศาสตราจารย์พีระพัฒน์ สำราญ นายสินวัตร ชีระพงศ์รามกุล และนายสิริภาพ พินิจการ



บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรมศิลปากร, 2504. พระราชพงศาวดารกรุงศรีอยุธยา (ฉบับหลวงประเสริฐอักษรนิติ์ และ ฉบับกรมพระปรมานุชิตฯ) และพงศาวดารเหนือฉบับพระวิเชียรปรีชา (น้อย) เล่ม 2. พระนคร: องค์การค้าของคุรุสภา.

_____, 2557. จิตรกรรมและศิลปวัตถุในกรุงพระปรางค์วัดราชบูรณะ จังหวัด พระนครศรีอยุธยา. กรุงเทพฯ: บริษัทไทมูมิ จำกัด.

จิราภรณ์ อริณยานาค, 2535. บทบาทของเกลือและความชื้นบนโบราณสถาน. (เอกสารอัดสำเนา) ม.ป.ท.

เสมอชัย พูลสุวรรณ, 2539. สัญลักษณ์ในงานจิตรกรรมไทย ระหว่างพุทธศตวรรษที่ 19 ถึง 24. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

Cannistraro M. & Guglielmino C., 2019. “Considerations on the Thermo-hygrometric and Luminous Microclimate of a Museum Building. A Case Study Messina Museum.” *TECNICA ITALIANA-Italian Journal of Engineering Science* 63 (2-4): 211-220.

Kuntz M., 2003. “Designed for Ceremony: The Cappella Paolina at the Vatican Palace.” *Journal of the Society of Architectural Historians* 62 (2): 228-255.

Larzen P. K., 2007. “Climate Control in Danish Churches.” *Museum Microclimates* (pp.167 – 174). Copenhagen: National Museum of Denmark.

Martin-Sanchez P.M., Miller A.Z. & Saiz-Jimenez C., 2015. “Lascaux Cave : An Example of Fragile Ecological Balance in Subterranean Environments.” *Microbial Life of Cave Systems* (pp.283-286). Berlin: Walter de Gruyter.

Mora P., 1974. *Causes of deterioration of mural paintings*. Rome: International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property.

The Getty Conservation Institute, 2019. *Conservation Perspectives: The GCI Newsletter: Rock Art Conservation*. 34 (1).