

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิด จากควันธูป กรณีศึกษาวัดบางพลีใหญ่ใน ตำบลบางพลีใหญ่ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ

Health Risk Assessment of Respirable Dust from Burning Incense, A case study: Wat Bang Phli Yai Nai, Bang Phli Yai District, Samutprakarn Province

นันทิรา วรกาญจนบุญ¹ ปองเดช กวินปัทย์^{1*} พรทิพย์ ว่องสรรพการ²
กุลธิดา กิ่งสวัสดิ์³ และ ประภัสสร ตันติพันธ์วดี⁴
Nantira Vorakarnchanabun¹, Phongdej Kawinpat^{1*},
Porntip Wongsanpakarn², Kunthida Kingsawat³
and Prapassorn Tantiphanwadi⁴

Received: 16 January 2024

Revised: 13 March 2024

Accepted: 19 June 2024

บทคัดย่อ

ควันธูปก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศหลายชนิด หากได้รับสัมผัสปริมาณมากและระยะเวลาานก็อาจเป็นสาเหตุของโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจได้ การศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินผลกระทบสุขภาพจากควันธูปบริเวณพื้นที่ภายในวัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ โดยมีวัตถุประสงค์ศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ได้แก่ ฝุ่นละอองที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (Respirable dust: RD) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) ที่เกิดจากการจุดธูปในวัด ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่าง Personal air sampler pump และเครื่องตรวจวัดปริมาณแก๊สในอากาศแบบ Indoor air quality monitor ระหว่าง

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ สมุทรปราการ ประเทศไทย 10540

¹ School of Engineering, Science and Technology, Suvarnabhumi Institute of Technology, Samutprakarn, Thailand 10540

² คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ สมุทรปราการ ประเทศไทย 10540

² School of Business Administration, Suvarnabhumi Institute of Technology, Samutprakarn Thailand 10540

³ คณะสาธารณสุขศาสตร์และสหเวชศาสตร์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร สุพรรณบุรี ประเทศไทย 72000

³ Faculty of Public Health and Allied Health Sciences, Sirindhorn College of Public Health, Suphan Buri, Thailand 72000

⁴ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม ประเทศไทย 73140

⁴ Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom, Thailand 73140

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน (Corresponding author) e-mail: phongdej@hotmail.com

วันที่ 16 – 22 ธันวาคม 2566 และเก็บข้อมูลด้านสุขภาพ ได้แก่ อายุงาน น้ำหนักและระยะเวลาที่สัมผัสของผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ภายในวัดบางพลีใหญ่ในจำนวน 24 คน เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ผลการศึกษาพบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น RD และฝุ่น PM 2.5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.551 mg/m^3 และ $0.079 \pm 0.054 \text{ mg/m}^3$ ตามลำดับ และผลการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของฝุ่น RD และฝุ่น PM 2.5 ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (HQ) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.029 และ 1.586 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าหรือเท่ากับ 1 หมายถึง ปริมาณสารมลพิษที่เกิด มีภาวะเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัส จึงต้องหาแนวทางในการดำเนินการแก้ไขและป้องกัน เช่น ยกเลิกการจุดธูปเทียน ติดตั้งระบบระบายอากาศ และสวมหน้ากากป้องกัน เป็นต้น

คำสำคัญ: ควันธูป ประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ฝุ่นละอองที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ฝุ่นละอองขนาดเล็กเกิน 2.5 ไมครอน

ABSTRACT

Incense smoke is cause many types of air pollutants. If exposed in high volume and long period, it may cause related to the respiratory diseases. This study aimed to assess the health effects of incense smoke at Wat Bang Phli Yai Nai in Samut Prakan Province. The objective was to measure the concentrations of Respirable Dust (RD) and Particulate Matter less than 2.5 microns (PM 2.5), which impact the health of workers. A personal air sampler pump and an indoor air quality monitor duration December 16 – 22, 2023 and collected health information including working time, weight, and exposure time of workers 24 person. Then were used for the health risk assessment. The results showed that the average concentrations of RD and PM2.5 were 0.551 mg/m^3 and $0.079 \pm 0.054 \text{ mg/m}^3$, respectively. The health risk assessment indicated that the Hazard Quotient (HQ) levels for RD and PM2.5 averaged 5.029 and 1.586, respectively, both exceeding the threshold value of 1. This indicates a significant health risk from exposure to these pollutants. Therefore, it is necessary to find corrective and preventive measures such as, cancel lighting incense and candles, install a ventilation system and wearing mask etc.

Keywords: Incense Smoke; Health Risk Assessment; Respirable Dust; Particulate Matter Less Than 2.5 Microns

บทนำ

ธูป เป็นองค์ประกอบหลักในการใช้ประกอบพิธีกรรมทางพุทธศาสนา เช่น การจุดธูปบูชาสิ่งศักดิ์สิทธิ์ การจุดธูปตามความเชื่อเป็นการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ประกอบพิธีกรรมกับสิ่งศักดิ์สิทธิ์ ซึ่งมีการใช้งานกันมาตั้งแต่โบราณและจนถึงปัจจุบัน โดยมีการใช้ธูปในกิจกรรมต่างๆ เฉลี่ยมากกว่า 1 ล้านดอกต่อปี [1] การจุดธูปในแต่ละครั้งก็จะมีปล่อยสารมลพิษต่างๆ ออกมา มีทั้งฝุ่นละอองขนาดเล็ก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และสารก่อมะเร็งหลายชนิด เช่น พอร์มาลดีไฮด์ Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) และ สารอินทรีย์ระเหยง่าย เช่น

เบนซีน (Benzene) และ 1, 3-บิวทาไดเอน (1,3-butadiene) [2] ซึ่งสารแต่ละชนิดล้วนแต่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่ต่างกันออกไป

ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่สำคัญได้แก่ ได้แก่ 1) ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM 10) ที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (Respirable dust) ผ่านโพรงจมูกเข้าไปถึงถุงลมในปอด ทำให้เกิดการอักเสบและการระคายเคืองเรื้อรัง 2) ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM 2.5) ที่เกิดจากรวมตัวของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ซึ่งเป็นอันตรายก่อให้เกิดการแพ้และระคายเคืองผิวหนังและดวงตา ทำลายระบบทางเดินหายใจและฝุ่นละอองขนาดเล็กยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางนำพาสารมลพิษต่างๆ เข้าสู่ในระบบทางเดินหายใจ เมื่อหายใจเข้าไปในปอดจะเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง สหรัฐอเมริกาพบว่าผู้ที่ได้รับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในระดับหนึ่งจะทำให้เกิดโรคหอบหืด (Asthma) และฝุ่น PM 2.5 ในบรรยากาศมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจและโรคปอด ที่เข้ามารักษาตัวในห้องฉุกเฉิน เพิ่มอาการของโรคทางเดินหายใจ ลดประสิทธิภาพการทำงานของปอดและเกี่ยวข้องกับการเสียชีวิตก่อนวันอันควร โดยเฉพาะผู้ป่วยสูงอายุผู้ป่วยโรคหัวใจ โรคหอบหืด และเด็กจะมีอัตราเสี่ยงสูงกว่าคนปกติ [3] จากผลการศึกษาคณพิกาศอากาศในวัดพัฒนาราม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่จุดรูป จำนวน 400-500 ดอกต่อวัน พบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM 10) บริเวณกระถางรูปมากกว่าภายในโบสถ์และภายนอกโบสถ์ เท่ากับ 0.89 ± 0.70 0.24 ± 0.37 และ 0.11 ± 0.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ [4] การศึกษาปริมาณฝุ่น PM10 ในวัดจังหวัดปทุมธานี มีค่าเฉลี่ยสูงถึง $0.677 - 0.719$ mg/m^3 [5] โดยค่ายังไม่เกินมาตรฐานของ OSHA [6] แต่หากได้รับสัมผัสเป็นระยะเวลานานก็จะส่งผลต่อสุขภาพระยะยาวได้ และการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่น PM 2.5 เฉลี่ย 8 ชั่วโมง จากการเผาไหม้รูปในศาลเจ้าจังหวัด เชียงใหม่ในช่วงตรุษจีน ช่วงเทศกาลอื่นๆ และช่วงเวลาปกติ พบความเข้มข้นช่วงตรุษจีนมากกว่าช่วงเทศกาลอื่นๆ และช่วงเวลาปกติ เท่ากับ 625 ± 147 , 184 ± 85 และ 100 ± 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ เนื่องจากในช่วงตรุษจีนมีผู้ที่เข้ามาทำบุญเป็นจำนวนมากส่งผลให้มีการจุดธูปและปริมาณฝุ่นจำนวนมากด้วยเช่นกัน [7] เช่นเดียวกับการศึกษาวัดในประเทศฮ่องกงพบค่าฝุ่น PM 2.5 เฉลี่ย 8 ชั่วโมง เท่ากับ 360 ± 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [8]

ในเขตพื้นที่ตำบลบางพลีใหญ่ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ มีศาสนสถานที่เป็นที่เคารพสักการะของชาวจังหวัดสมุทรปราการและจังหวัดใกล้เคียง ได้แก่ วัดบางพลีใหญ่ใน ซึ่งเป็นที่ประดิษฐานพระพุทธรูป ที่เป็นที่เคารพของพุทธศาสนิกชน “หลวงพ่อดโต” จึงเป็นศาสนสถานที่มีประชาชนเข้ามาประกอบพิธีกรรมทางศาสนา ทำบุญและท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในวันสำคัญทางพุทธศาสนา วันพระและวันหยุดเสาร์ อาทิตย์ ดังเห็นได้จากเจ้าหน้าที่ที่คอยบริการตามแผนกต่างๆ มีประมาณ 100 กว่าคนคอยแนะนำและอำนวยความสะดวกให้กับนักท่องเที่ยว [9, 10] ซึ่งก็ทำให้มีการประกอบพิธีกรรมทางศาสนา มีการจุดธูป เทียน ทำให้เกิดเขม่าควันจำนวนมาก โดยในบริเวณภายในวัดมีลักษณะเป็นอาคารกึ่งเปิด มีหลังคาปิดทำให้มีควันรูปสะสมอยู่ในบริเวณวัด จึงต้องเฝ้าระวังคุณภาพภายในอาคารตามประกาศของกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ.2565 [11] อีกทั้งเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานภายในวัดและนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ล้วนแต่เป็นกลุ่มเปราะบางที่มีความเสี่ยงสูงกว่าคนทั่วไป คือ ผู้สูงอายุ ซึ่งมีโอกาสเสี่ยงที่จะได้รับสารมลพิษและส่งผลกระทบต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาว จากสถิติผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาโรงพยาบาลบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ พบมีผู้ป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศในปี พ.ศ.2566 สูงถึง 11,169 ราย [12]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญต่อสุขภาพของผู้ที่ปฏิบัติงานในบริเวณดังกล่าว จึงทำการศึกษ ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ได้แก่ ฝุ่นละอองที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (Respirable

dust: RD) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) ที่เกิดจากการจุดธูปในวัดเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ภายในวัดบางพลีใหญ่ใน ตำบลบางพลีใหญ่ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ และเพื่อเสนอแนะแนวทางการเฝ้าระวังและการป้องกันต่อไป

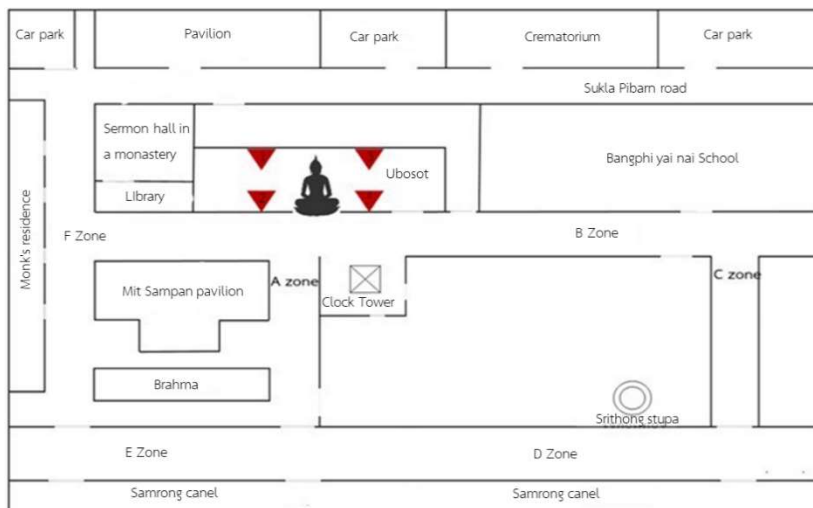
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาในรูปแบบงานวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive studies) การศึกษาเชิงปริมาณในลักษณะการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross sectional analytic study) ซึ่งประกอบไปด้วยการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ ฝุ่น RD และฝุ่น PM 2.5 ภายในบริเวณวัดบางพลีใหญ่ใน และการนำข้อมูลของผู้ที่อาศัยและผู้ปฏิบัติงานภายในบริเวณวัดบางพลีใหญ่ใน ตำบลบางพลีใหญ่ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ไปประเมินการสัมผัสเพื่อหาระดับผลกระทบสุขภาพที่เกิดจากการสูดดมควันธูป โครงการวิจัยนี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ หมายเลขใบรับรองที่ IRB 002/2566

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากร คือ เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานภายในอุโบสถทั้งหมด 24 คน โดยข้อมูลที่สอบถาม ได้แก่ อายุงาน น้าหนัก และระยะเวลาที่สัมผัส

พื้นที่และจุดเก็บตัวอย่างออกเป็น 4 จุด บริเวณแนวที่ตั้งของกระถางธูปและเชิงเทียน ที่นักท่องเที่ยวสามารถจุดธูปเทียนสักการะบูชาได้ ซึ่งจุดเก็บตัวอย่างดังกล่าวเป็นอุโบสถประดิษฐานของพระพุทธรูป “หลวงพ่อดโต” จึงเป็นพื้นที่ที่มีการจุดธูปในการประกอบพิธีกรรมทางศาสนาอยู่เป็นจำนวนมากกว่า 1,000 ดอกต่อวัน ส่งผลให้ในบริเวณนี้มีเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน พุทธศาสนิกชนและนักท่องเที่ยวหนาแน่นที่สุด โดยเก็บตัวอย่างตลอดระยะเวลาเปิดทำการของวัด คือ 07.30 – 15.30 น. วันที่ 16 – 22 ธันวาคม 2566 ซึ่งเป็นตัวแทนของช่วงฤดูหนาวที่มักมีปัญหาปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศสูงเกินมาตรฐาน ดังแสดง Figure 1 – 2



▼ Sampling point

Figure 1 Show layout of Wat BangPhi Yai Nai and sampling point.



Figure 2 Show of RD sampling by Personal air sampler pump and PM 2.5 sampling by Indoor air quality monitor.

2.เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นฝุ่น RD เป็นการเก็บตัวอย่างการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองแบบพื้นที่ (Area sampling) ด้วย Personal air sampler pump รุ่น GilAir Plus เข้ากับอุปกรณ์คัดขนาดฝุ่น SKC Aluminum Cyclone ขนาด 37 มิลลิเมตร ตลอดระยะเวลาการจุ่ม 8 ชั่วโมง และวิเคราะห์ฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจเป็นไปตามหลักการของ NIOSH method โดยเครื่องมือติดตั้งไว้ในพื้นที่บริเวณที่มีการจุ่มและมีผู้ปฏิบัติงาน ติดตั้งแนวระดับความสูง 1.2 เมตร [11] จากพื้นที่ซึ่งเป็นการตรวจในระดับการหายใจ (Breathing zone) จะเป็นเสมือนอากาศที่ผู้ปฏิบัติงานหายใจเข้าไป

การคำนวณปริมาณฝุ่นโดยการชั่งน้ำหนักกระดาศกรองทั้งก่อนและหลังเก็บตัวอย่าง (หลังการอบกระดาศกรองเพื่อไล่ความชื้น) และหาค่าความแตกต่างของน้ำหนักแล้วนำมาคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นสุทธิ ของฝุ่นละอองที่สามารถเก็บรวบรวมได้ ดังสมการ

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3 \text{ mg/m}^3 \quad (1)$$

เมื่อ C = ความเข้มข้นของฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ (mg/m^3)
 W_1 = น้ำหนักกระดาศกรองก่อนการเก็บตัวอย่าง (mg)
 W_2 = น้ำหนักกระดาศกรองหลังการเก็บตัวอย่าง (mg)
 B_1 = น้ำหนักกระดาศกรองเฉลี่ยที่เป็น Blank ก่อนการเก็บตัวอย่าง (mg)
 B_2 = น้ำหนักกระดาศกรองเฉลี่ยที่เป็น Blank หลังการเก็บตัวอย่าง (mg)
 V = ปริมาตรอากาศที่เก็บตัวอย่าง (m^3)

2.2 การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ใช้เครื่องตรวจวัดปริมาณแก๊สในอากาศแบบ Indoor air quality monitor รุ่น YESAIR 8-Channel IAQ Monitor เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดปริมาณแก๊สในทางสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ใช้สำหรับตรวจสอบปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีในพื้นที่ในร่ม

3.การวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่นละออง ใช้แนวทางการประเมินความเสี่ยง ของกระทรวงสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2557 ประกอบไปด้วย [13, 14]

3.1 การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard identification) โดยศึกษาถึงแหล่งคุกคามที่ผู้ปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่ภายในวัด ต้องหายใจรับเอาสารมลพิษ ได้แก่ ฝุ่น RD และฝุ่น PM 2.5 เข้าไปในร่างกายจนทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ

3.2 การประเมินการสัมผัส (Exposure assessment) โดยประเมินจาก ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น RD, PM 2.5 ความถี่การรับสัมผัสระยะ เวลาการสัมผัสและช่องทางการรับสัมผัส คือ ทางการหายใจ (Inhalation route) สมการสำหรับการประเมินการสัมผัสทางการหายใจ ดังนี้

$$\text{Exposure RD} = \frac{C(\text{mg/m}^3) \times IR(\text{m}^3/\text{hrs}) \times ET(\text{hrs/days}) \times EF(\text{days/years}) \times ED(\text{years})}{\text{BW}(\text{kg}) \times AT(\text{days})} \quad (2)$$

(mg/kg^{-day})

เมื่อ C = ความเข้มข้นเฉลี่ยของสิ่งคุกคามในอากาศ (mg/m³)
 IR = อัตราการหายใจ (m³/hrs) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.83 m³/hrs (ATSDR)
 ET = เวลาในการสัมผัส (hrs/days)
 EF = ความถี่ของการสัมผัส (days/years)
 ED = ระยะเวลาที่สัมผัส/ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ (years)
 BW = น้ำหนักของร่างกาย (kg)
 AT = ระยะเวลาที่ใช้เฉลี่ย (days)

$$\text{Exposure PM 2.5} = \frac{C(\text{mg/m}^3) \times FR \times FA \times IR(\text{m}^3/\text{hrs}) \times ET(\text{hrs/days}) \times EF(\text{days/years}) \times ED(\text{years})}{\text{BW}(\text{kg}) \times AT(\text{days})} \quad (3)$$

(mg/kg^{-day})

เมื่อ C = ความเข้มข้น เฉลี่ยของสิ่งคุกคามในอากาศ (mg/m³)
 FR = Factor of retention = 1 (ATSDR)
 FA = Factor of absorption = 1 (ATSDR)
 IR = อัตราการหายใจ (m³/hrs) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.83 m³/hrs (ATSDR)
 ET = เวลาในการสัมผัส (hrs/day)
 EF = ความถี่ของการสัมผัส (days/year)
 ED = ระยะเวลาที่สัมผัส/ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ (year)
 BW = น้ำหนักของร่างกาย (kg)
 AT = ระยะเวลาที่ใช้เฉลี่ย (days)

3.3 การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-Response assessment) ประเมินขนาดการสัมผัสฝุ่น RD, PM_{2.5} จากสมการ ดังนี้

$$\text{Hazard Quotient (HQ)} = \frac{\text{Exposure(mg/kg/day)}}{\text{RfC (mg/kg/day)}} \quad (4)$$

เมื่อ HQ = ค่าสัดส่วนความเสี่ยง
Exposure = ค่าปริมาณการรับสัมผัสต่อวัน (mg/kg/day)
RfC (Reference concentration) = ค่ามาตรฐานกำหนดความเข้มข้น
RD = 0.011 mg/kg/day (EU Legislation) และ PM 2.5 = 0.005 mg/kg/day (U.S.EPA) อ้างอิงของสารมลพิษที่เข้าสู่ร่างกายทางการหายใจโดยไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ (mg/kg/day)

3.4 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk characterization) การอธิบายลักษณะความเสี่ยงของสารมลพิษที่คนได้รับสัมผัส โดยประเมินจากค่าสัดส่วนความเสี่ยง (HQ) โดยแปลผล ดังนี้

≥ 1 = ปริมาณสารมลพิษที่เกิดภาวะเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัส สารมลพิษเข้าสู่ร่างกาย

< 1 = ปริมาณสารมลพิษที่ยอมรับได้ต่อการรับสัมผัส สารมลพิษเข้าสู่ร่างกาย

ผลการวิจัย

1. ผลการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมในพื้นที่บริเวณอุโบสถ วัดบางพลีใหญ่ใน จ.สมุทรปราการ วันที่ 16-22 ธันวาคม 2566 ได้ผล ดังนี้

ผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (Respirable dust: RD) ด้วยเครื่อง Personal air sampler pump (Gilliam, USA) และคำนวณหาค่าความเข้มข้นของปริมาณฝุ่น RD เฉลี่ย และผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ด้วยเครื่องตรวจวัดปริมาณก๊าซในอากาศแบบ Indoor air quality monitor รุ่น YESAIR 8-Channel IAQ Monitor ผลที่ได้ดังแสดงใน Table 1 และปริมาณความเข้มข้นสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวันของปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ดังแสดงใน Table 2

Table 1 Show concentration of RD and PM2.5 on December 16 - 22, 2023

Date	RD (mg/m ³)	PM 2.5		Temp. (°C)	RH
		(mg/m ³)	S.D.		
16/12/66	0.300	0.078	0.050	33.31	58.06
17/12/66	0.507	0.090	0.052	33.11	60.06
18/12/66	0.750	0.082	0.066	31.85	58.18
19/12/66	0.336	0.066	0.056	32.49	54.35
20/12/66	0.876	0.076	0.070	32.68	56.35
21/12/66	0.399	0.078	0.044	33.68	55.18
22/12/66	0.691	0.080	0.040	33.36	57.82
Average	0.551	0.079	0.054	32.92	57.14

ผลการตรวจปริมาณความเข้มข้นของปริมาณฝุ่น RD วันที่ 16-22 ธันวาคม 2566 เฉลี่ยเท่ากับ 0.551 mg/m³ และฝุ่น PM 2.5 เฉลี่ยเท่ากับ 0.079 ± 0.054 mg/m³ และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) และความชื้น (RH) เฉลี่ยคือ 32.92 °C และ 57.14% ตามลำดับ

Table2 Show peak-low of PM 2.5 on December 16-22, 2023

Date	PM 2.5 Peak		PM 2.5 Low	
	Time	mg/m ³	Time	mg/m ³
16/12/66	11:44	0.243	15:14	0.035
17/12/66	10:22	0.190	13:22	0.028
18/12/66	09:15	0.248	07:45	0.013
19/12/66	12:35	0.233	08:05	0.016
20/12/66	10:10	0.214	14:40	0.015
21/12/66	09:34	0.177	14:04	0.020
22/12/66	13:10	0.164	15:10	0.024

จากผลการตรวจวัด พบปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM 2.5) สูงสุด คือ วันที่ 18 ธันวาคม 2566 เวลา 09:15 เท่ากับ 0.248 mg/m³ และต่ำที่สุดคือ วันที่ 18 ธันวาคม 2566 เวลา 07:45 น. เท่ากับ 0.013 mg/m³

2. ผลการสอบถามข้อมูลด้านสุขภาพของเจ้าหน้าที่ทั้งหมด 24 คน พบค่าเฉลี่ยของอายุงาน น้ำหนักตัว วันทำงานต่อปีและระยะเวลาทำงาน ได้แก่ 10 ปี 60.88 กิโลกรัม 336 วันต่อปี และ 3,650 วันตามลำดับ ซึ่งเป็นการสัมผัสฝุ่นมาค่อนข้างนานและข้อมูลอื่นที่สำคัญอื่นๆ ได้แก่ อายุเฉลี่ยของเจ้าหน้าที่

ทั้งหมด คือ 67 ปี และส่วนใหญ่ยังมีโรคประจำตัว ได้แก่ เบาหวาน ความดันโลหิต เป็นต้น จึงจัดว่าเป็นกลุ่มเปราะบางที่มีความเสี่ยงด้านสุขภาพสูงกว่าคนทั่วไป

3. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานภายในวัดบางพลีใหญ่ในได้ผลจากข้อมูลปริมาณความเข้มข้นของปริมาณฝุ่น RD และฝุ่น PM 2.5 ใน Table 1 และข้อมูลด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานภายในบริเวณอุโบสถ 24 คน ได้แก่ ความถี่การสัมผัส ระยะเวลาที่สัมผัส น้ำหนัก ช่องทางการสัมผัส คือ ทางการหายใจ (Inhalation route) นำไปประเมินการสัมผัส (Exposure assessment) และประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-Response assessment) ดังแสดงใน Table 3 และ Table 4

Table 3 Show Exposure assessment (N=24)

Dust	C mg/m ³	IR m ³ /hrs	FR	FA	ET hrs/ days	EF days/ year	ED Year	BW Kg	AT Days	Exposure
RD	0.551	0.83	-	-	8	336	10	60.88	3650	0.0553
PM2.5	0.079	0.83	1	1	8	336	10	60.88	3650	0.0079

ผลการประเมินการสัมผัส ฝุ่น RD และ ฝุ่น PM2.5 ของผู้ปฏิบัติงานภายในบริเวณอุโบสถ เท่ากับ 0.0553 และ 0.0079 ตามลำดับ

Table 4 Show Dose-Response assessment

Dust	Exposure	Reference concentration (mg/kg/day)	Hazard Quotient (HQ)
RD (mg/m ³)	0.0553	0.011	5.029
PM 2.5 (mg/m ³)	0.0079	0.005	1.586

ผลการประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-Response assessment) ฝุ่น RD และฝุ่น PM 2.5 ของผู้ปฏิบัติงานภายในบริเวณอุโบสถ พบค่าสัดส่วนความเสี่ยง (HQ) เฉลี่ยรวมเท่ากับ 5.029 และ 1.586 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 หมายถึง ปริมาณสารมลพิษที่เกิดภาวะเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารมลพิษเข้าสู่ร่างกาย

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความเสี่ยงด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานภายในวัดบางพลีใหญ่ในและสภาพแวดล้อมของการทำงาน ซึ่งเกิดจากปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้จากธูปส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ ฝุ่นละอองที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (Respirable dust: RD) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) โดยแบ่งพื้นที่การศึกษาออกเป็น 4 จุด ภายในอุโบสถ โดยเก็บตัวอย่างแต่ละจุดทั้งหมด 7 วัน วันละ 8 ชั่วโมง พบปริมาณฝุ่น RD ในพื้นที่บริเวณภายในวัดเฉลี่ยเท่ากับ 0.551 mg/m³ ซึ่งสูงกว่าการศึกษาปริมาณ

ฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจจากการจู่ดรูปในวัดจังหวัดสุราษฎร์ธานีในบริเวณอุโบสถเหมือนกัน [4] และใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่น PM₁₀ ในวัดจังหวัดปทุมธานี ($0.677 - 0.719 \text{ mg/m}^3$) [5] และพบปริมาณฝุ่น PM_{2.5} เฉลี่ยเท่ากับ $0.079 \pm 0.054 \text{ mg/m}^3$ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ที่เกิดจากการจู่ดรูปภายในวัดจังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงวันปกติที่ไม่ใช่ช่วงเทศกาล ($100 \pm 35 \mu\text{g/m}^3$) [7] และวัดในประเทศไต้หวัน ($0.097 \pm 65.4 \text{ mg/m}^3$) [15] ซึ่งผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า กิจกรรมการจู่ดรูปภายในวัดทำให้เกิดฝุ่น RD และฝุ่น PM_{2.5} ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้โดยตรงและการทำปฏิกิริยาของสารมลพิษในอากาศ [16]

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานภายในวัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ โดยประยุกต์จากแนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศ กรณีฝุ่นละอองขนาดเล็ก กระทรวงสาธารณสุข, 2557 วิเคราะห์การประเมินการสัมผัส การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง โดยใช้สมการค่าสัดส่วนความเสี่ยง (HQ) พบความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่น RD และฝุ่น PM_{2.5} เฉลี่ยเท่ากับ 5.029 และ 1.586 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 หมายถึง ปริมาณสารมลพิษที่เกิดภาวะเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารมลพิษเข้าร่างกาย [17] จากผลการประเมินความเสี่ยงที่ได้นี้พบว่ามีความเสี่ยงด้านสุขภาพนั้นอาจเนื่องมาจากผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ทำงานนานติดต่อกันหลายปี โดยทำงานเกือบทุกวันจึงทำให้โอกาสได้รับสัมผัสสูง อีกทั้งผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่อายุค่อนข้างมาก การได้รับสัมผัสควันรูปเป็นระยะเวลานานติดต่อกันอาจจะส่งผลต่อสุขภาพได้ทั้งระยะสั้นและระยะยาว ดังจากการศึกษาผลกระทบของการจู่ดรูปในร่มส่งผลต่อผู้สูงอายุในประเทศฮ่องกง พบว่าควันรูปส่งผลต่อสติปัญญาและสมองของผู้สูงอายุ อีกทั้งยังส่งผลต่อโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบหลอดเลือดอีกด้วย [18] จากการศึกษาทั่วโลกพบว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กส่งผลให้การป่วยการตายระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น รวมทั้งโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มขึ้นและยังทำให้สภาพปอดในเด็กแย่ลง [19] ดังนั้นจึงควรมีการดำเนินการป้องกันและแก้ไข โดยพิจารณาแก้ไขและป้องกันที่แหล่งกำเนิด เช่น การยกเลิกจู่ดรูปซึ่งปัจจุบันก็มีศาสนสถานหลายๆแห่งได้ดำเนินการนำร่องแล้ว หรือพิจารณาการติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่เพื่อให้อากาศถ่ายเท เป็นต้น และไม่ควรรให้ผู้ที่ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่เป็นเวลานาน ควรมีการสลับหน้าที่หรือตำแหน่งงานและแนะนำให้สวมหน้ากากป้องกันตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงประมาณ 09.00 – 13.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ระดับปริมาณฝุ่นสูงที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณ คณะผู้ช่วยนักวิจัย นายศุภกร มีสงเปื้อย นายชินัญญา ศรีสุข นายจักรภาพ ศรีวรชัย นายกฤษณะ แสงแก้ว นางสาวอินทรา อัครจรรย์ และขอขอบคุณ วัดบางพลีใหญ่ใน ต.บางพลีใหญ่ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ศึกษา

References

- [1] Busanian, U. (2016). *Marketing patterns and strategy's the joss sitck making entrepreneur in changwat Nakhon Pathom*, (Master thesis, Silpakorn University). (in Thai)
- [2] Health Impact Assessment Division, Department of Health. (2019) *Health effects from incense smoke, incense ashes, vapors and ashes from burning high volume of silver and gold paper during the Chinese New Year Festival*, Available from <https://multimedia>.

-
- anamai.moph.go.th /help-knowledgs/incense. Accessed date: 27 January 2023. (in Thai)
- [3] Department of Health and Department of Disease Control, Ministry of Public Health. (2015). *Guidelines for monitoring health risk areas from air pollution In the case of Particulate Matter*. Available from <http://hia.anamai.moph.go.th/download/hia/manual/book/book44.pdf>. Accessed date: 27 January 2023. (in Thai)
- [4] Senthong, P., et al. (2020). The Study of Respirable Dust, Carbon Dioxide and Oxygen Concentration Due to Incense Burning in Temples in Mueang District, Surat Thani province. *KKU Research Journal (Graduate Studies)*, 20(4), 165-174. (in Thai)
- [5] Ketsakhon, A. & Sanawin, N. (2017). Relationship between Particle-bound Polycyclic Aromatic Hydrocarbon and PM₁₀ with Environmental Factors: A Case Study on a Religion Place in Pathum Thani Province. *The Journal of KMUTNB*, 27(3), 493-500. (in Thai)
- [6] Occupational Safety and Health Administration. (1988). *OSHA PEL Project Documentation*. Available from <http://www.cdc.gov>. Accessed date: 27 January 2024.
- [7] Bootdee, S., et al. (2016). Determination of PM_{2.5} and polycyclic aromatic hydrocarbons from incense burning emission at shrine for health risk assessment. *Atmospheric Pollution Research*, 7(4), 680-689.
- [8] Wang, B., et al. (2007). Characteristics of emissions of air pollutants from burning of incense in temples, Hong Kong. *Science of The Total Environment*, 377(1), 52-60.
- [9] Samut Prakan Tourism and Sports Office. (2018). *Wat Bang Phli Yai Nai (Luang Pho To Temple)*. Available from <https://www.mots.go.th>. Accessed date: 30 June 2023. (in Thai)
- [10] Salapsri, S. & Wattanapongsiri, P. (2020). The Management of Sustainable Community-Based Tourism: A Case Study of Bangplee Floating Market and Wat Bangplee Yainai, Samutprakarn. *Academy Journal of Northern*, 7(1), 1-15. (in Thai)
- [11] Department of Health, Ministry of Public Health (2022) Announcement of the Department of Health regarding air quality monitoring for public buildings, 2022. (in Thai)
- [12] Samut Prakan Provincial Public Health Office. (2023). *Number of illnesses (per disease) related to air pollution Samut Prakan Province, year 2023*. Available from <https://spk.hdc.moph.go.th>. Accessed date: 8 March 2024. (in Thai)
- [13] Kongdee, W. (2020). *Health Risk Assessment*. Available from <https://www.ohswa.or.th>. Accessed date: 3 December 2023. (in Thai)
- [14] Bunmee, N. (2019). *Risk Assessment of Particulate Matter Less Than 10 Micrometers; A Case Study in Crushing Plant, Chon Buri*, (Master thesis, Burapha University). (in Thai)
- [15] Hien, T. T., et al. (2022). Characterization of Particulate Matter (PM₁ and PM_{2.5}) from Incense Burning Activities in Temples in Vietnam and Taiwan. *Aerosol and Air Quality Research*, 22(11), 220193.
- [16] Pollution Control Department. (2010). Announcement of the National Environment Board (No. 36) B.E 2553. Title: Regarding Setting Standards for Particulate Matter with

- Diameter of Less Than 2.5 Micron in the General Atmosphere. (in Thai)
- [17] Department of Health and Disease Control, Ministry of Public Health. (2014). *Environmental health risk assessment manual for control businesses that are hazardous to health according to the Public Health Act B.E. 2535*. Nonthaburi: Health Impact Assessment Division, Department of Health. (in Thai)
- [18] Wong, A., et al. (2020). Indoor incense burning impacts cognitive functions and brain functional connectivity in community older adults. *Scientific Reports*, 10, 7090.
- [19] Wiwattanadet, P. (2012). *Manual for monitoring results Impact on health from air pollution*. Nonthaburi: Department of Health, Ministry of Public Health. (in Thai)