



# ความเสี่ยงสุขภาพของประชาชนจากการรับสัมผัส ฝุ่นละอองภายในอาคารเขตเมือง จังหวัดขอนแก่น

ภาณุวัฒน์ ศรีโยธา<sup>1\*</sup>, ณัฐฐนิชา แซ่เต๋ย<sup>2</sup> และประณิดา คำย้อม<sup>2</sup>

Received: September 4, 2024

Revised: December 12, 2024

Accepted: December 12, 2024

## บทคัดย่อ

ปัญหามลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะฝุ่นละอองภายในอาคารที่ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจของประชาชนทุกกลุ่มวัย เพราะประชาชนส่วนใหญ่ได้รับการสัมผัสฝุ่นละอองภายในอาคารจากการอยู่อาศัยอยู่ในบ้านเป็นระยะเวลายาวนาน การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนภายในอาคารเขตเมือง จังหวัดขอนแก่น และประเมินความเสี่ยงสุขภาพของประชาชนจากการรับสัมผัสต่อฝุ่นละออง ซึ่งศึกษาปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคารที่พักอาศัยจำนวน 2 หลัง โดยใช้วิธีการตรวจวัดฝุ่นละอองชนิดอ่านค่าทันที และวิธีการตรวจวัดฝุ่นละอองจากการชั่งน้ำหนัก ข้อมูลที่ได้ถูกวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด สถิติเชิงอนุมาน One sample t-test เพื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองกับค่ามาตรฐานกำหนด

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณฝุ่นละอองรวมจากอาคารที่พักอาศัย หลังที่ 1 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 65.10 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (S.D. = 14.21) ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองรวมภายนอกอาคารตามกรมควบคุมมลพิษ ภายในค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เท่ากับ 330 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน และมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 28.02 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (S.D. = 3.02) ซึ่งเกินค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (WHO) ภายใน 24 ชั่วโมงที่กำหนดไว้ที่ 25 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ในขณะที่อาคารที่พักอาศัยหลังที่ 2 ปริมาณฝุ่นละอองรวม มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 74.40 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (S.D. = 20.09) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 18.42 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (S.D. = 6.58) ทั้ง 2 ค่าไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด นอกจากนี้ยังพบว่าประชาชนทุกกลุ่มวัยจากทั้ง 2 หลัง มีความเสี่ยงต่อโรคระบบทางเดินหายใจจากการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้สร้างความตระหนักรู้ในการป้องกันตนเองและแจ้งให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดทำมาตรการลดปริมาณฝุ่นละอองได้

**คำสำคัญ:** ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน / ฝุ่นละอองรวม / ฝุ่นละอองภายในอาคาร / ความเสี่ยงต่อสุขภาพ

\* ผู้รับผิดชอบบทความ: นายภาณุวัฒน์ ศรีโยธา วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น 90/1 ถนนอนามัย ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000 E-mail: phanuwat@scphkk.ac.th

<sup>1</sup> อาจารย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น

<sup>2</sup> นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขชุมชน วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น





# Health Risk due to Exposure to Indoor Particulate Matter in Urban Area of Khon Kaen City

Phanuwat Sriyotha<sup>1\*</sup>, Natthanicha Saetiae<sup>2</sup> and Pranida Khamyom<sup>2</sup>

## Abstract

This cross-sectional study aimed to determine concentration of indoor particulate matter (PM) in urban areas and to assess the public health risk due to the exposure the indoor particulate matter in Khon Kaen city. The samples were collected at two residential locations using a real-time PM monitor and personal air sampling pumps. The data were analyzed using descriptive statistics, presenting means, standard deviations, maximum, and minimum. The inferential statistic: one sample t-test was also conducted to compare means against regulatory standards.

The results showed that levels of Total Suspended Particulate (TSP) from the location 1 were lower than the regulatory standard (mean = 65.12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , S.D. = 14.21). While, the levels of PM<sub>2.5</sub> did exceed the regulatory standard (mean = 28.02  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , S.D. = 3.02). Levels of TSP and PM<sub>2.5</sub> in the location 2 were observed lower than the regulatory standards (mean = 74.40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , S.D. = 20.09; mean = 18.42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , S.D. = 6.58). Additionally, risk assessment revealed that individuals at all ages from both locations were at risk of respiratory diseases due to exposure of PM<sub>2.5</sub>. The results of this research could be used to raise awareness among individuals for self-protection and to inform related agencies to develop PM mitigation measures.

**Keywords:** Particulate matter with diameter of less than 2.5 micron (PM<sub>2.5</sub>) /

Total Suspended Particulate (TSP) / Indoor air particulate matter / Health risk

\* **Corresponding Author:** Phanuwat Sriyotha, Sirindhorn College of Public Health Khon Kaen, 90/1 Anamai Road Tambon Naimueang Muang Khon Kaen Province 40000 E-mail: phanuwat@scphkk.ac.th

<sup>1</sup> MSPH, PhD, Phanuwat Sriyotha, Sirindhorn College of Public Health Khon Kaen

<sup>2</sup> BPH Student (Community Public Health) Sirindhorn College of Public Health Khon Kaen





## 1. บทนำ

ปัญหามลพิษทางอากาศ ถือว่าเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมหนึ่งที่มีความสำคัญของโลกในลำดับต้น ๆ จากรายงานสภาวะอากาศโลก ปี พ.ศ. 2567 ระบุว่า ปัญหามลพิษทางอากาศ เป็นสาเหตุการเสียชีวิตของทั่วโลกมากกว่า 8.1 ล้านคน รวมถึงการเสียชีวิตของเด็ก อายุต่ำกว่า 5 ปี มีจำนวนมากกว่า 700,000 คน (State of global air, 2024) ทั้งนี้รายงานจากองค์การอนามัยโลกได้ระบุว่า ในประเทศไทยพบปัญหาเดียวกัน และเป็นไปได้ว่า หากได้รับสัมผัสจะส่งผลกระทบต่อประชาชน กลุ่มเสี่ยงทั้งเด็ก หญิงตั้งครรภ์ ผู้สูงอายุ และผู้ที่มีโรคประจำตัว (World Health Organization [WHO], 2019) ซึ่งปัญหาข้างต้น อาจเกิดจากฝุ่นละอองประกอบไปด้วย 2 ประเภท ได้แก่ ฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate: TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (Particulate matter with a diameter of 2.5 micron or less: PM2.5) (World Health Organization [WHO], 2019) นอกจากนี้ฝุ่นละอองสามารถแทรกซึมเข้าสู่ภายในอาคารได้ (IQAir, 2018) และรายงานหลายฉบับได้จากสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (EPA) แสดงให้เห็นว่า ระดับมลพิษทางอากาศภายในอาคารอาจเกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ที่รุนแรงกว่าระดับมลพิษทางอากาศภายนอกอาคารอย่างรวดเร็วถึง 100 เท่า โดยเฉพาะภายในบ้าน ที่ทำงาน และสถานศึกษา (IQAir, 2018)

จังหวัดขอนแก่นเป็นเมืองที่มีประชากรเป็นจำนวนมากและการจราจรที่หนาแน่น และยังมีบ้านและอาคารหลายแห่ง รวมถึงสถานศึกษา ที่ทำงานต่าง ๆ (พรพรรณ สกุลคู และธนาวุธ โนราช, 2564) ซึ่งอาจพบปริมาณฝุ่นละอองภายนอกอาคารแทรกซึมเข้าสู่ภายในอาคารได้ (IQAir, 2018) จึงมักเกิดปัญหามลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน สาเหตุมาจากการจราจร อุตสาหกรรม การเผาวัสดุทางเกษตร (ภายนอกอาคาร) (กระทรวงสาธารณสุข กรมควบคุมโรค, 2564) และการใช้แก๊สหุงต้มหรือการใช้ฟืนในการประกอบอาหารและควันทจากการสูบบุหรี่ (ภายในอาคาร) (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กลุ่มเฝ้าระวังฝุ่น, 2562) โดยเฉพาะ อาคารที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก และมีอัตราการหมุนเวียนอากาศต่ำ มักพบปริมาณฝุ่นละอองสูงกว่าค่ามาตรฐานกำหนด (US Environmental Protection Agency [US EPA], 2023) เมื่อผู้อยู่อาศัยภายในอาคารได้รับการสัมผัสฝุ่นละอองจะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดการไอ จาม และเกิดการสะสมสารพิษที่ติดมากับฝุ่นละออง (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กลุ่มเฝ้าระวังฝุ่น, 2562) หากได้รับการสัมผัสฝุ่นละอองในระยะสั้น (ติดต่อกัน 8 - 24 ชั่วโมง) การสัมผัสฝุ่นละอองในระยะยาว (ตลอดทั้งปี) องค์กรก็ตามผลกระทบต่อร่างกายจะขึ้นอยู่กับสุขภาพของบุคคลที่แตกต่างกันไป (World Health Organization [WHO], 2019) ดังนั้นจึงเกิดการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ โดยประมาณค่าของความเป็นไปได้ หรือโอกาสที่คนซึ่งสัมผัสกับสภาพแวดล้อมที่มีสิ่งคุกคามต่อสุขภาพ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2564) ผลการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนในกลุ่มนักเรียนและช่างขณะทำโครงการเกี่ยวกับโลหะ พบว่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน อาจจะทำให้กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวมีความเสี่ยงสุขภาพที่ชนิดที่ไม่ใช่มะเร็ง (Non-carcinogenic health risk) (Algarni at al., 2021)

จากการศึกษางานวิจัยส่วนใหญ่ พบว่ามีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับปริมาณฝุ่นละอองภายนอกอาคารหรือจากการประกอบอาชีพมากกว่าปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคารที่พักอาศัยทั่วไป โดยปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคารส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ผลการศึกษา พบว่า ห้องปฏิบัติการตรวจสอบและประเมินคุณค่าเอกสารมีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน สูงกว่าห้องอื่น ๆ เนื่องจากเป็นห้องขนาดเล็กและมีอัตราการหมุนเวียนอากาศต่ำ ทั้งนี้ยังมีความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในบริเวณนั้นอีกด้วย (สุคนธ์ ขาวกริบ และคณะ, 2563) จากงานวิจัยดังกล่าว การศึกษาครั้งนี้จึงสำคัญเพื่อจะหาปัจจัยสิ่งคุกคามทางสิ่งแวดล้อมที่อยู่ภายนอกอาคารที่พักอาศัย โดยเฉพาะฝุ่นละอองจากภายนอกอาคารที่อาจจะถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารผ่านช่องทางต่าง ๆ และประกอบกับกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร เช่น การประกอบอาหาร



ในครัวเรือน การสูบบุหรี่ เป็นต้น นอกจากนี้อีกหนึ่งประเด็นที่สำคัญคือ ผู้คนส่วนใหญ่ใช้เวลาอาศัยอยู่ในอาคารมากกว่าร้อยละ 87 ของเวลาทั้งวัน (IQAir, 2018)

## 2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนภายในอาคารในเขตเมืองจังหวัดขอนแก่น

2.2 เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนจากการสัมผัสฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ ปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคารเขตเมืองและความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนจากการสัมผัสฝุ่นละอองดังกล่าว โดยทำการศึกษาบริเวณที่มีประชาชนอาศัยอยู่ในเขตเมือง จังหวัดขอนแก่น ระยะเวลาเดือนมกราคม พ.ศ.2567

## 4. ผลการวิจัย

4.1 รูปแบบการวิจัย การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive research)

4.2 ประชากร อาคารที่พักอาศัยและประชาชนที่พักอาศัยภายในเขตเมือง จังหวัดขอนแก่น

4.3 วิธีการเลือกสุ่มตัวอย่าง การศึกษาในครั้งนี้มีการสุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยการเลือกอาคารที่พักอาศัยที่สถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุด (Worst case scenario) เป็นตัวแทนของอาคารที่พักอาศัยอื่น ๆ ซึ่งทั้ง 2 หลัง ตั้งอยู่ใกล้ถนนที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่นตลอดเวลาอยู่ในแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ และบริเวณใกล้เคียงยังมีสถานศึกษาขนาดใหญ่ รวมถึงมีการประกอบอาหารภายในอาคารเป็นประจำทุกวัน ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยของแหล่งสะสมฝุ่นละอองภายในอาคาร

4.4 เครื่องมือการวิจัย ในการศึกษาครั้งนี้มีการศึกษาปริมาณฝุ่นละออง โดยมีวิธีการตรวจวัด 2 วิธี ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ ดังนี้

4.4.1 การตรวจวัดฝุ่นละอองแบบอ่านค่าทันที (Direct reading method) ใช้เครื่อง MET ONE รุ่น Aerocet 831 สำหรับตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM<sub>2.5</sub> และ TSP ซึ่งตรวจวัดต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง รวบรวมข้อมูลและตรวจวัดทุก ๆ 5 นาที โดยเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองถูกปรับเทียบโดยใช้หัว Zero Filters for Met One Particle Counters (ME-G3111) ทุกครั้งก่อนการใช้ตรวจวัดฝุ่นละออง

4.4.2 การตรวจวัดฝุ่นละอองจากการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method) ด้วยวิธีมาตรฐาน NIOSH 0500 โดยใช้เครื่องมือได้แก่ เครื่องปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ (GilAir5 Tri-Mode Air Sampler) อัตราการไหล 1.7 ลิตร/นาที และ ฟิลเตอร์แบบ PVC ขนาด 37 มิลลิเมตร 5 ไมครอน ที่ผ่านเครื่องดูดความชื้น จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง โดยเครื่องปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศถูกปรับเทียบโดยใช้เครื่อง Primary flow Calibrator (Gilian Gilibrator 2) ก่อนการออกเก็บตัวอย่างทุกครั้ง





**4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล** การศึกษาครั้งนี้นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ตามวิธีทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS (IBM SPSS Statistics for Macintosh, Version 28.0. Armonk, NY: IBM Corp) นำเสนอข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าต่ำสุดและสูงสุด และใช้สถิติ One sample t-test เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าปริมาณฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้กับค่ามาตรฐาน

**4.6 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย**

**4.6.1 ดำเนินการรวบรวมข้อมูลปริมาณฝุ่นละออง** ด้วยวิธีการตรวจวัดฝุ่นละอองแบบอ่านค่าทันที และการตรวจวัดฝุ่นละอองจากการชั่งน้ำหนัก โดยผู้วิจัยจะบันทึกค่าปริมาณฝุ่นละอองด้วยตนเอง ช่วงระยะเวลาการเก็บข้อมูล: กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง จำนวน 2 จุด จุดละ 10 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 20 ตัวอย่าง ใน 1 ตัวอย่าง ใช้เวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน คือเวลา 08.00 - 18.00 น. โดยระยะเวลาการเก็บตัวอย่างในเดือนมกราคม พ.ศ.2567 และนับปริมาณการจราจร 30 นาที ในช่วงเวลา 8.00 น. 12.00 น. และ 18.00 น. ของแต่ละวันเก็บตัวอย่าง ซึ่งจะนำผลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ภายในอาคารตามเกณฑ์มาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (WHO) ภายใน 24 ชั่วโมงที่กำหนดไว้ที่ 25 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (World Health Organization [WHO], 2019) และ เกณฑ์มาตรฐานของฝุ่นละอองรวมภายนอกอาคารตามกรมควบคุมมลพิษ ภายในค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เท่ากับ 330 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

**4.6.2 นำข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองที่ได้จากเครื่องมือมาประเมินความเสี่ยงสุขภาพ** โดยการประเมินความเสี่ยงสุขภาพ มี 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) *การบ่งชี้อันตราย (Hazard identification)* คือ กระบวนการที่บอกว่าสิ่งใดเป็นสิ่งที่คุกคามซึ่งฝุ่นละอองรวม มีขนาดใหญ่ค้างอยู่ที่ระบบทางเดินหายใจส่วนบน มักจะทำให้เกิดการไอ จาม ปวดศีรษะ เกิดการระคายเคืองและอักเสบบริเวณดวงตา จมูก คอ ได้ (Mbazima, 2022) ในขณะที่ฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีขนาดเล็กและรวดเร็วทำให้สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจที่ลึกขึ้นและอาจสามารถผ่านเข้าสู่ร่างกายได้ ส่งผลต่อร่างกายทำให้มีความเสี่ยงของโรคทางเดินหายใจหรือโรคหลอดเลือดหัวใจและมะเร็งปอดมาก โดยเฉพาะในกลุ่มเปราะบาง เช่น เด็ก ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัว (Oliveira et al., 2012)

2) *การประเมินขนาดสัมผัสกับผลกระทบที่เกิดขึ้น (Dose-Response Assessment)* โดยในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ค่า Reference dose (RfD) เป็นปริมาณสารที่มนุษย์สามารถรับเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวัน โดยที่ไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใด ๆ ต่อสุขภาพอนามัย และ Reference Concentration (RfC) ซึ่งเป็นความเข้มข้นหรือปริมาณสารที่มนุษย์สามารถรับเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านการหายใจเข้าทุกวันโดน

ไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติใด ๆ ต่อสุขภาพอนามัย (วรนุช ดีละมัน และศิวัช พงษ์เพียจันทร์, 2564) ซึ่งการประเมินความเสี่ยงสุขภาพในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ค่า RfC ของ PM2.5 จาก Algami et al. (2021) โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.008 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2564)

3) *การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment)* เป็นการประเมินระดับการสัมผัส PM2.5 ที่ประชาชนได้รับ โดยระดับการสัมผัสของประชาชนและน้ำหนักร่างกายเฉลี่ยตามช่วงอายุในครั้งนี้จะคำนวณโดยใช้ค่ามาตรฐานจากคู่มือปัจจัยการรับสัมผัส (Exposure Factors Handbook Chapter 6-Inhalation Rates) ของ US Environmental Protection Agency (US EPA, 2011) โดยการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละอองที่ได้รับในแต่ละวัน หรือ Average Daily Dose (ADD) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน

จากสมการ

$$ADD = \frac{C \times IR \times ET \times EF \times ED}{Body Weight \times AT}$$





- เมื่อ C = ความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในอาคาร (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)  
IR = อัตราการสัมผัสสิ่งคุกคามต่อหน่วยเวลา คือ 0.83 มิลลิกรัม/ชั่วโมง (IQAir, 2018)  
ET = ระยะเวลาในการสัมผัส (ชั่วโมง/วัน)  
EF = ความถี่ในการสัมผัส (วัน/ปี)  
ED = ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี)  
BW = น้ำหนักร่างกายเฉลี่ย (กิโลกรัม)  
AT = ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย (วัน) คือ ED × 365 (วัน/ปี)

4) การอธิบายความเสี่ยง (Risk characterization) เป็นการนำข้อมูลของจาก 3 ขั้นตอนแรกมาวิเคราะห์ว่าการรับสัมผัส PM2.5 มีโอกาสจะก่อให้เกิดความเสี่ยงมากน้อยเพียงใดต่อสุขภาพของประชาชน โดยในการศึกษานี้ จะมีเพียงการอธิบายความเสี่ยงสุขภาพชนิดที่ไม่ใช่มะเร็ง (Non-carcinogenic risk) เท่านั้น เนื่องจากข้อมูลการรับสัมผัสยังไม่ชัดเจนจึงไม่สามารถอธิบายความเสี่ยงสุขภาพชนิดมะเร็งได้ โดยการอธิบายความเสี่ยงที่ไม่ใช่สารก่อมะเร็งจะพิจารณาจากการหาค่าสัดส่วนความเสี่ยงของการเกิดผลกระทบ (Hazard Quotient: H.Q.) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$H. Q. = \frac{\text{Average Daily Dose (ADD)}}{\text{Reference Dose (RfD)}}$$

- เมื่อ H.Q. = สัดส่วนความเสี่ยงของการเกิดผลกระทบ  
ADD = ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละอองที่ได้รับในแต่ละวัน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน)  
RfD = ปริมาณฝุ่นละอองเข้าสู่ร่างกายในแต่ละวัน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน)

โดย ค่า Hazard Quotient (H.Q.) สามารถแปลผลค่า H.Q. ได้ 2 กรณี คือ หากค่า H.Q. มีค่าน้อยกว่าหรือใกล้เคียง 1 แสดงว่าการรับสัมผัส PM2.5 ในปริมาณนี้ไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดผลเสียหรือผลกระทบต่อร่างกายได้ หรือ หากค่า H.Q. มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่า การรับสัมผัส PM2.5 ในปริมาณนี้ เกินค่ามาตรฐาน ถือว่าอยู่ในระดับไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อร่างกาย (จุฑารัตน์ จิโน, 2562)

## 5. ผลการวิจัย

5.1 ลักษณะทั่วไปของอาคารที่พักอาศัย อาคารที่พักทั้ง 2 หลังคาเรือน เป็นตัวแทนในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในเขตเมือง จังหวัดขอนแก่น เนื่องจากตั้งอยู่เขตชุมชน สถานที่ศึกษา และติดถนนที่มีการจราจรที่หนาแน่นในช่วงเวลาที่เร่งรีบ อาทิเช่น เช้า กลางวัน และเย็น รวมถึงบริเวณที่ติดตั้งเครื่องมืออยู่ภายในห้องครัวที่มีการประกอบอาหารอยู่เป็นประจำ ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยของแหล่งสะสมฝุ่นละอองภายในอาคาร โดยมีลักษณะทางกายภาพ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1





ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพและการประกอบกิจกรรมภายในสถานที่เก็บตัวอย่าง

สถานที่	ขนาดห้อง	ลักษณะทางกายภาพ	บริเวณที่ติดตั้ง	เครื่องมือที่ใช้
ห้องครัว บ้าน หลังที่ 1	ห้องครัว กว้าง 3.00 เมตร ยาว 5.00 เมตร ดังนั้นห้องจะมี ขนาด 15.00 ตารางเมตร	มีลักษณะเป็นห้องปิด มีประตูเข้า-ออก 2 ประตู ไม่มีหน้าต่าง ภายในห้อง ไม่มีเครื่องดูดอากาศหรือ ที่ระบายอากาศและพัดลม จึงเป็นแหล่งสะสมของ ฝุ่นละอองได้ง่าย	ติดตั้งภายใน ห้องครัว ตลอดการเก็บ ตัวอย่างฝุ่นละออง	ผู้วิจัยติดตั้งเครื่องมือแบบ Gravimetric method (ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง) และแบบ Direct reading method (ได้ค่าจากเครื่องโดยอัตโนมัติ) ซึ่งเครื่องตรวจวัดอยู่สูงจากพื้น 1.5 เมตร หรือที่ระดับหายใจ
ห้องครัว บ้าน หลังที่ 2	ห้องครัว กว้าง 3.50 เมตร ยาว 6.30 เมตร ดังนั้นห้องจะมี ขนาด 21.70 ตารางเมตร	มีประตูเข้าออก 2 ประตู แต่ไม่มีหน้าต่าง ซึ่งช่วงเวลา ที่เก็บตัวอย่างมีการเปิด พัดลม เครื่องปรับอากาศ ตลอดการเก็บ ทำให้เกิด การแลกเปลี่ยนของอากาศ ภายนอกด้วย	ติดตั้งบริเวณ จุดประกอบอาหาร ตลอดการเก็บ ตัวอย่างฝุ่นละออง	ผู้วิจัยติดตั้งเครื่องมือแบบ Gravimetric method (ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง) และแบบ Direct reading method (ได้ค่าจากเครื่องโดยอัตโนมัติ) ซึ่งเครื่องตรวจวัดอยู่สูงจากพื้น 1.5 เมตร หรือที่ระดับหายใจ

อาคารที่พักอาศัยหลังที่ 1 ตั้งอยู่ในเขตชุมชนอยู่ติดกับถนนของหมู่บ้าน โดยมีห้องครัวอยู่ภายในตัวที่พักอาศัย ภายในไม่มีพัดลมดูดอากาศหรือช่องระบายอากาศ หน้าต่างปิดตลอดเวลา ดังเห็นในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของอาคารที่พักอาศัยหลังที่ 1

ในขณะที่อาคารที่พักอาศัยหลังที่ 2 เป็นอาคารกึ่งพาณิชย์ดังในภาพที่ 2 โดยตั้งอยู่ในเขตกึ่งชุมชน กึ่งธุรกิจติดอยู่กับถนนสายหลัก ภายในมีการระบายอากาศที่ดี และมีห้องครัวอยู่ภายนอกตัวที่พักอาศัย





ภาพที่ 2 ลักษณะทั่วไปของอาคารที่พักอาศัยหลังที่ 2

## 5.2 ปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)

ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละอองอาคารที่พักอาศัยหลังที่ 1 ส่วนใหญ่ไม่เกินค่าเผื่อระวางคุณภาพอากาศหรือค่ามาตรฐาน โดยพบว่าระดับค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ของปริมาณฝุ่นละอองรวมมากที่สุด 77.0 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (S.D. = 44.1) และค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนในบางวันที่เกินค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคารตามเกณฑ์มาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ภายใน 24 ชั่วโมงที่กำหนดไว้ที่ 25 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยตรวจพบที่ 35.9 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (S.D. = 19.1) แต่เมื่อหาค่าเฉลี่ยของของทั้งหมด 5 ตัวอย่างจะพบว่าผลการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่าเกินค่ามาตรฐานกำหนดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ ( $p$ -value = 0.249; 95%CI อยู่ระหว่าง 3.96 - 29.20) ในขณะที่ปริมาณฝุ่นละอองรวมของอาคารที่พักอาศัยหลังที่ 1 ทั้งหมดจำนวน 5 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองรวม 65.1 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองรวมที่เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ ตามประกาศของกรมควบคุมมลพิษ ภายในค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ต้องมีค่าไม่เกิน 330 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value < 0.001 ; 95%CI อยู่ระหว่าง 247.24 - 282.52) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน มีค่าเฉลี่ย 28.02 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานกำหนดอยู่ 3.02 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์

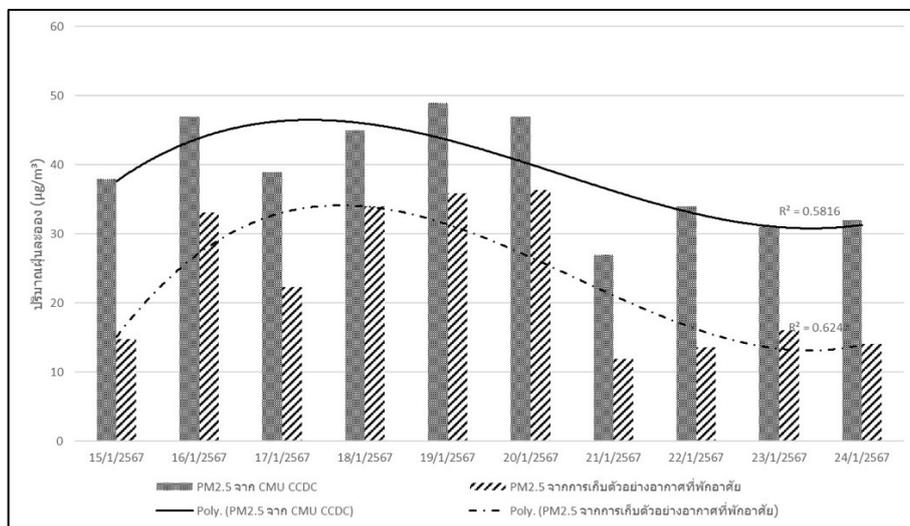
การศึกษาค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละอองอาคารที่พักอาศัยหลังที่ 2 ส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด โดยมีค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ของปริมาณฝุ่นละอองรวมมากที่สุด 108.2 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (S.D. = 21.1) และมีค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ที่เกินค่ามาตรฐานกำหนดมากที่สุด 36.4 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (S.D. = 6.1) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองรวมของอาคารที่พักอาศัยหลังที่ 2 จำนวน 5 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองรวม 74.40 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนดอยู่ 255.60 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายนอกอาคาร พบว่า ไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value < 0.001; 95%CI อยู่ระหว่าง 230.66 - 280.54) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีค่าเฉลี่ย 18.42 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานกำหนดอยู่ 6.58 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ผลการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร พบว่า เกินค่ามาตรฐานกำหนดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value = 0.111; 95%CI อยู่ระหว่าง -6.04 - 19.20) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2





### 5.3 การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ภายในอาคารกับภายนอกอาคาร

ข้อมูลตรวจวัดรายวันจากศูนย์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (Climate Change Data Center of Chiangmai University: CMU CCDC, 2562) ที่ตรวจวัดปริมาณ PM2.5 โดยใช้เครื่องตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศด้วยระบบเซนเซอร์ DustBoy ตรวจวัดที่สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น พบว่าแนวโน้มปริมาณฝุ่นละอองมีความใกล้เคียงกับปริมาณที่ได้จากการตรวจวัดในการศึกษาครั้งนี้ โดยจะเห็นจากเส้นแนวโน้มพหุนาม (Polynomial trendline) ที่จำลองจากข้อมูลตรวจวัดรายวันจาก CMU CCDC ( $R^2 = 0.5816$ ) ที่มีความใกล้เคียงกัน ขึ้นและลงแต่ละวันในรูปแบบเดียวกัน แต่อยู่ในระดับปริมาณที่สูงกว่าเส้นแนวโน้มพหุนามที่จำลองจากข้อมูลการตรวจวัดในการศึกษาครั้งนี้ ( $R^2 = 0.6248$ ) ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกอาคาร



ตารางที่ 2 ปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ภายในอาคาร

อาคารที่พักอาศัย หลังที่ 1								อาคารที่พักอาศัย หลังที่ 2								
วัน/ เดือน/ปี	การตรวจวัดฝุ่น ละอองจากการซั้ง น้ำหนัก			การตรวจวัดฝุ่นละอองแบบอ่านค่าทันที				วัน/ เดือน/ปี	การตรวจวัดฝุ่น ละอองจากการซั้ง น้ำหนัก			การตรวจวัดฝุ่นละอองแบบอ่านค่าทันที				
	ฝุ่นละอองรวม (ไมโครกรัม/ ลูกบาศก์เมตร)	Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max		Mean	S.D.	Min-Max	Mean	S.D.	Min-Max		
15/1/67	162	40.4	50.9	13.4-403.8	14.8	2.3	11.8-23.3	15/1/67	86	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
16/1/67	196	69.7	46.0	23.6-294.3	33.1*	16.4	11.1-68.2	16/1/67	59	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
17/1/67	167	77.0	44.1	12.5-241.2	22.3	8.9	10.1-50.0	17/1/67	83	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
18/1/67	47	68.8	68.8	22.3-551.2	34.0*	17.6	11.0-80.4	18/1/67	176	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
19/1/67	98	69.7	46.4	33.5-235.9	35.9*	19.1	18.8-87.4	19/1/67	189	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
22/1/67	42	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	22/1/67	108	108.2	21.1	72.0-200.5	36.4	6.1	28.8-77.1	
23/1/67	32	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	23/1/67	113	65.9	17.9	38.1-179.3	11.9	5.6	5.3-50.0	
24/1/67	93	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	24/1/67	132	70.4	33.2	34.2-263.3	13.6	6.1	7.2-42.3	
25/1/67	199	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	25/1/67	59	72.6	23.2	36.2-131.2	16.1	5.4	8.9-45.4	
26/1/67	29	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	26/1/67	28	54.9	20.6	28.1-141.4	14.1	8.7	8.6-75.8	
เกณฑ์	ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน							25 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร								
มาตรฐาน	ฝุ่นละอองรวม							330 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร								

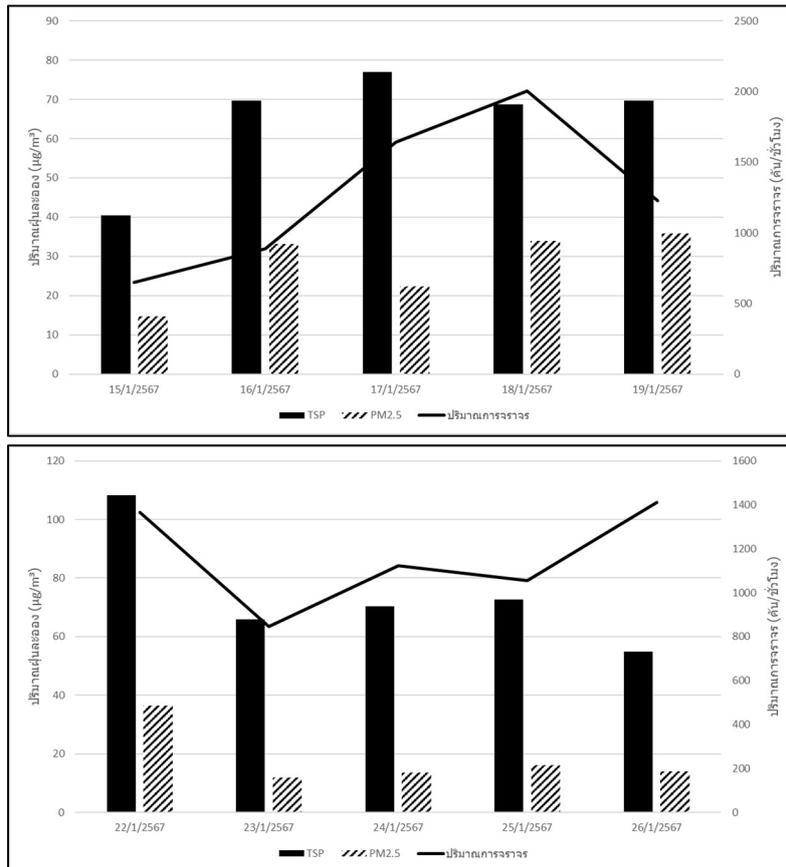
หมายเหตุ N.A. (Not Available) หมายถึง ไม่มีการเก็บข้อมูลตัวอย่างฝุ่นละอองในช่วงเวลานั้น

\* เกินค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ภายในอาคารตามเกณฑ์มาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (WHO) ภายใน 24 ชั่วโมง เท่ากับ 25 ไมโครกรัมลูกบาศก์เมตร

# เกินค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองรวมภายนอกอาคารตามกรมควบคุมมลพิษ ภายในค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เท่ากับ 330 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร



5.4 การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคารกับปริมาณการจราจร เมื่อใช้ข้อมูลปริมาณการจราจร (คัน/ชั่วโมง) ที่ได้จากการนับพาหนะที่ผ่านหน้าบ้านที่มีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเปรียบเทียบกับผลปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ที่ตรวจวัดได้ พบว่ามีหลายๆ ช่วงของการตรวจวัดที่แนวโน้มของทั้งสองไปแนวทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อปริมาณการจราจรสูงขึ้น ปริมาณฝุ่น TSP และ PM2.5 ก็สูงขึ้นเช่นกัน ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคารกับปริมาณการจราจร (ภาพบน: อาคารที่พักอาศัยหลังที่ 1, ภาพล่าง: อาคารที่พักอาศัยหลังที่ 2)

### 5.5 ความเสี่ยงสุขภาพของประชาชนในเขตเมืองจากการสัมผัสฝุ่นละออง

ผลการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละอองที่ได้รับในแต่ละวัน หรือ Average Daily Dose (ADD) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน โดยใช้ค่ามาตรฐานจากคู่มือปัจจัยการสัมผัส (Exposure Factors Handbook Chapter 6-Inhalation Rates) ของ USEPA 2011 รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3



ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละอองที่ได้รับในแต่ละวัน หรือ (Average Daily Dose: ADD) (mg/kg/day)

อายุ (ปี)	ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ภายในอาคาร (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร) (C)	อัตราการสัมผัสสิ่งคุกคาม ต่อหน่วยเวลา (มิลลิกรัม/ชั่วโมง) (IR)	ระยะเวลา ในการสัมผัส (ชั่วโมง/วัน) (ET)	ความถี่ในการ สัมผัส (วัน/ปี) (EF)	น้ำหนักร่างกาย เฉลี่ย (กิโลกรัม) (BW)	ระยะเวลาที่ใช้ใน การเฉลี่ย (วัน) (AT)	ค่าเฉลี่ยปริมาณ ฝุ่นละอองที่ได้รับ ในแต่ละวัน (ADD)
2	0.036	0.83	24	10,950	28	0.717	0.026
13-18	0.036	0.83	24	10,950	57	0.717	0.013
19-35	0.036	0.83	24	10,950	69	0.717	0.010
35-60	0.036	0.83	24	10,950	72	0.717	0.009
>60	0.036	0.83	24	10,950	78	0.717	0.009





จากการข้อมูลการรับสัมผัส ผลจากการคำนวณหาค่าสัดส่วนความเสี่ยงของการเกิดผลกระทบ (H.Q.) จากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ของประชาชนทุกกลุ่มอายุมีค่ามากกว่า 1 และค่าจะสูงขึ้นในช่วงอายุน้อยโดยเฉพาะ 5-12 ปี ซึ่งอธิบายได้ว่าประชาชนทุกกลุ่มอายุมีความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัส PM2.5 และความเสี่ยงนี้จะสูงขึ้นในกลุ่มกลุ่มวัยที่อายุน้อย ๆ โดยเฉพาะกลุ่ม 5-12 ปีที่มีความเสี่ยงมากกว่ากลุ่มวัยอื่นถึงสามเท่า โดยรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละอองที่ได้รับในแต่ละวัน ปริมาณฝุ่นละอองที่เข้าสู่ร่างกายในแต่ละวัน โดยจำแนกตามช่วงอายุ

อายุ (ปี)	ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละอองที่ได้รับในแต่ละวัน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน)	ปริมาณฝุ่นละอองที่หายใจเข้าสู่ร่างกายในแต่ละวัน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน)	สัดส่วนความเสี่ยงของการเกิดผลกระทบ
5-12	0.026	0.008	3.25
13-18	0.013	0.008	1.63
19-35	0.010	0.008	1.25
35-60	0.009	0.008	1.13
>60	0.009	0.008	1.13

## 6. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าปริมาณฝุ่นละอองจากทั้งอาคารที่พักอาศัยทั้ง 2 หลัง พบปริมาณฝุ่นละอองที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้จากหลายเหตุปัจจัย แต่เมื่อดูแนวโน้มค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) และ ฝุ่นละอองรวม (TSP) จะเห็นได้ว่าปริมาณฝุ่นละอองของอาคารที่พักอาศัยหลังที่ 1 จะสูงกว่าอาคารที่พักอาศัยหลังที่ 2 ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากลักษณะการไหลเวียนอากาศภายในอาคารที่มีลักษณะปิดทึบ ไม่มีพัดลมระบายอากาศ และมีกิจกรรมทำอาหารที่ครัวที่อยู่ภายในอาคาร สภาพดังกล่าวมีผลต่อการสะสมของฝุ่นทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ซึ่งถึงแม้ว่าอาคารที่พักอาศัยดังกล่าวจะอยู่ใกล้ถนนรองที่มีปริมาณการจราจรน้อยกว่าถนนหลักของอาคารที่พักอาศัยหลังที่ 2 ที่อยู่ในเขตกึ่งธุรกิจ แต่ด้วยระบบการถ่ายเทอากาศ และลักษณะอาคารที่เปิดโล่งทำให้มีปริมาณฝุ่นสะสมที่น้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของกรวิภา และคณะ ที่ศึกษาคุณภาพอากาศในครัวเรือนในเขตเมืองและชนบท จังหวัดนครราชสีมา พบว่า PM10 และ PM2.5 เกินค่ามาตรฐานหรือค่าเฝ้าระวัง นอกจากนี้ยังพบว่า การเปิดหน้าต่างสัมพันธ์กับค่า PM10 ซึ่งสรุปได้ว่าคุณภาพอากาศภายในอาคารทั้งเมืองและชนบทมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมในครัวเรือน (กรวภา ปณศร และคณะ, 2564)

นอกจากนี้การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ภายในอาคารเปรียบเทียบกับภายนอกอาคาร พบว่า แนวโน้มปริมาณฝุ่นละอองมีความใกล้เคียงกัน โดยปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคารมีแนวโน้มสูงขึ้นและลดลงในแต่ละวันสอดคล้องกับปริมาณฝุ่นละอองภายนอกอาคาร แต่ปริมาณฝุ่นละอองภายนอกอาคารสูงกว่าภายในอาคาร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ ที่พบว่าค่าอัตราส่วนระหว่างระดับฝุ่นละอองภายในกับภายนอกอาคาร (I/O ratio) ของพื้นที่ศึกษามีค่าสูง แสดงให้เห็นโอกาสการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ภายในอาคารมากกว่าภายนอกอาคาร ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายปริมาณฝุ่นละอองได้อย่างแม่นยำ (วินัย มีแสง และคณะ, 2565)

การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคารที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณการจราจร โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีการจราจรหนาแน่น ปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ภายใน



อาคารก็มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับความเข้าใจทั่วไปที่ว่า การจราจรเป็นหนึ่งในแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ โดยเฉพาะฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของปฏิภาณ เกษนาคและวิไลลักษณ์ สวนมะลิ ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณยานพาหนะกับปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM<sub>2.5</sub>) ในพื้นที่สี่แยกทางหลวงแผ่นดินอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองทั้งสองชนิดกับปริมาณยานพาหนะ ซึ่งบ่งชี้ว่าหากปริมาณยานพาหนะเพิ่มขึ้น ปริมาณฝุ่นละอองก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน (ปฏิภาณ เกษนาค และวิไลลักษณ์ สวนมะลิ, 2566) อย่างไรก็ตามการศึกษาไม่ได้ระบุความสัมพันธ์เชิงตัวเลขที่ชัดเจนระหว่างปริมาณฝุ่นละอองและปริมาณการจราจร แต่แสดงให้เห็นเพียงแนวโน้มที่สัมพันธ์กันในภาพรวม ซึ่งอาจมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคาร เช่น ลักษณะการระบายอากาศ กิจกรรมภายในอาคาร และสภาพอากาศภายนอกอาคาร

ประชาชนทุกกลุ่มอายุในเขตเมืองมีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM<sub>2.5</sub>) ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับงานวิจัยอื่นๆ (เมตตา เก่งชูวงศ์, 2561 และวัชรารัตน์ วงศ์สกุลกาญจน์ และขวัญแข หนูนภักดิ์, 2566) โดยเฉพาะเด็กอายุ 5-12 ปีที่มีความเสี่ยงสูงกว่ากลุ่มอื่นถึงสามเท่า เนื่องจากเด็กมีอัตราการหายใจที่เร็วกว่าและมีน้ำหนักตัวน้อยกว่าผู้ใหญ่ ทำให้ได้รับฝุ่นละอองในปริมาณที่มากกว่าเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว ซึ่งความเสี่ยงนี้แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการดำเนินมาตรการเพื่อลดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM<sub>2.5</sub>) ทั้งภายในและภายนอกอาคาร สอดคล้องกับงานวิจัยของสุธารัตน์ หมั้นมี และศุภิระ บุตรดี (2564) ศึกษาการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับฝุ่น PM<sub>2.5</sub> จากพื้นที่อุตสาหกรรมในอำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง พบว่า ส่วนใหญ่ค่า HQ ในเด็กมีค่ามากกว่าผู้ใหญ่และมีค่าเกินกว่า 1.0 เนื่องจากการใช้กลุ่มประชากรที่คล้ายคลึงกัน ได้แก่ เด็ก และผู้ใหญ่ เพื่อปกป้องสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยง เช่น เด็ก ผู้สูงอายุ และผู้ที่มีโรคประจำตัว ผลการวิจัยนี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการควบคุมและลดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM<sub>2.5</sub>) ในเขตเมือง จังหวัดขอนแก่น เพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มเด็ก ซึ่งอาจได้รับผลกระทบรุนแรงกว่าจากการสัมผัสฝุ่นละออง สร้างความตระหนักและความรู้แก่ประชาชนเกี่ยวกับวิธีการป้องกันตนเองจากฝุ่นละออง เช่น การสวมหน้ากากอนามัย การรักษาความสะอาดทั้งจากร่างกายหรือที่พักอาศัย จะเป็นส่วนสำคัญในการลดความเสี่ยงต่อสุขภาพได้

## 7. ข้อจำกัดการวิจัย

7.1 ระยะเวลาในการวิจัย การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบตามขวาง (Cross-sectional study) โดยศึกษาในช่วงเวลาทำให้ไม่สามารถสังเกตแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝุ่นละอองในภาพรวมที่อาจแตกต่างกันไปตามฤดูกาลหรือกิจกรรมต่างๆ ได้ หรือผลการศึกษาในระยะยาวได้

7.2 การประเมินความเสี่ยงสุขภาพ การประเมินความเสี่ยงสุขภาพในงานวิจัยนี้อาศัยข้อมูลจาก Exposure Factors Handbook chapter 6 - Inhalation rates ซึ่งอาจทำให้คลาดเคลื่อนจากการรับสัมผัสจริงของประชาชนในพื้นที่

7.3 สถานที่เก็บตัวอย่าง สถานที่เก็บตัวอย่างมีความหลากหลายไม่มากนัก และอาจไม่ครอบคลุมลักษณะที่อยู่อาศัยทั้งหมดของประชากรในจังหวัดขอนแก่น ทำให้ผลการวิจัยอาจไม่สามารถสะท้อนถึงสถานการณ์ฝุ่นละอองในจังหวัดขอนแก่นได้ทั้งหมด เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านจำนวนเครื่องมือ





## 8. ข้อเสนอแนะจากการวิจัยและการนำไปใช้ประโยชน์

8.1 การปรับปรุงพื้นที่และอาคาร สถานที่หรืออาคารที่อยู่ในบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองสูง ควรได้รับการปรับปรุง เช่น การเพิ่มพื้นที่ระบายอากาศหรือการปรับปรุงระบบระบายอากาศ และดูแลความสะอาดเป็นประจำ เพื่อลดความแออัดและสะสมของฝุ่นละอองภายในอาคาร

8.2 การวางแผนป้องกัน สร้างความตระหนักในการป้องกันตนเองการรับสัมผัสจากฝุ่นละออง เช่น การสวมใส่หน้ากากอนามัย ล้างมือเป็นประจำ มีประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดทำแผนป้องกันความเสี่ยงจากการสัมผัสฝุ่นละออง การดำเนินมาตรการต่างๆ เช่น การควบคุมการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ การส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด

## 9. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

9.1 ควรเพิ่มระยะเวลาในการเก็บข้อมูลตลอดทั้งปี จะทำให้พบแนวโน้มปริมาณฝุ่นละอองในภาครวมที่มีความแตกต่างทางฤดูกาล กิจกรรมต่าง ๆ ของประชากรเพิ่มมากขึ้น

9.2 ควรเพิ่มสถานที่ที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่มีความหลากหลาย อาจจะใช้สถานที่ที่มีกลุ่มเปราะบาง/กลุ่มที่เสี่ยงสูงอาศัยอยู่ เช่น โรงพยาบาล เรือนจำ โรงเรียน เป็นต้น

9.3 ควรพิจารณาถึงการวัดปริมาณฝุ่นละอองและปริมาณการจราจรอย่างละเอียดและต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างสองปัจจัยนี้ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยให้สามารถประเมินผลกระทบของการจราจรต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร และนำไปสู่การกำหนดนโยบายและมาตรการควบคุมมลพิษทางอากาศที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

9.4 เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง 3 ชนิด และมีวิธีการ 2 วิธี ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรเพิ่มความหลากหลายของชนิดฝุ่นละอองและวิธีการหรือเครื่องมือ ซึ่งจะสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของเครื่องมือหรือวิธีการได้

## 10. การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาในครั้งนี้เข้าข่ายการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์แบบยกเว้น (Exempt research) รหัสโครงการ HE661081 ได้รับการรับรองโดยสำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น ณ วันที่ 6 ธันวาคม 2566

## 11. เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2563). *คุณภาพอากาศและเสียง*. <https://www.pcd.go.th/faqs/>.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2564). *ความหมายของ RfD และ RfC, ความหมายของ RfD และ RfC*.

<https://www.diw.go.th/webdiw/>.

กระทรวงสาธารณสุข, กรมควบคุมโรค, กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2564). *คู่มือเฝ้าระวังป้องกัน ควบคุมโรคและภัยที่คุกคามสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM<sub>2.5</sub>)*.

<https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1202520211213111057.pdf>.

กรวิภา ปุณณศิริ, อำพร บุคศรีงสี, เบญจวรรณ ธวัชสุภา, ทิพย์กมล ภูมิพันธ์, ณีฐฎานันต์ ฉัตรวิไล และณีฐฎานันท์พานิชสกุล. (2564). ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศในครัวเรือนในพื้นที่ เขตเมืองและเขตชนบท กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา. *วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม*, 44(4), 20-31.

จุฑาทาร์ตน์ จิโน. (2562). *ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงสุขภาพ*. มูลนิธิสมมาอาชีวะ,

<https://www.summacheeva.org/>.





- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กลุ่มเฝ้าระวังฝุ่น. (2562). *เรียนรู้ อยู่กับฝุ่น PM2.5*.  
<https://www.chula.ac.th/wp-content/uploads/2019/10/chula-pm25-booklet-1.pdf>.
- ปฏิภาณ เกษนาค และวิไลลักษณ์ สอนมะลิ. (2566). การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณยานพาหนะกับปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) ในอำเภอเมืองจังหวัดกำแพงเพชร. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์*, 3(1), 53-59.
- พรพรรณ สกุลคู่ และธนาวุธ โนราช. (2564). คุณภาพอากาศของจังหวัดขอนแก่นระหว่างปี 2561-2562 และข้อเสนอแนะ ในการเฝ้าระวัง. *วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 14(2), 1-8.
- เมตตา เก่งชูวงศ์. (2561). *การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศและผลกระทบต่อประชาชน ในเขตชุมชนเทศบาลเมืองมหาสารคาม* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ไปได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- วรรณข ดิลละมัน และศิวัช พงษ์เพียจันทร์. (2564). *ฝุ่นละอองกับการเข้าสู่วิถีชีวิตในร่างกาย และรู้จักกับวิธีการลดปัญหา PM2.5 อย่างยั่งยืนด้วยวิธีง่ายๆ กับต้นไม้แต่ละประเภท, ฝุ่นละอองกับการเข้าสู่วิถีชีวิตในร่างกาย และรู้จักกับวิธีการลดปัญหา PM2.5 อย่างยั่งยืนด้วยวิธีง่ายๆ กับต้นไม้แต่ละประเภท*. MGRONLINE, [www.mgronline.com](http://www.mgronline.com).
- วัชรภรณ์ วงศ์สกุลกาญจน์ และขวัญแข หนูนภักดี. (2566). การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพค้าขายริมทางจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กทางการหายใจ ในเขตตำบลคลองหนึ่งอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี. *วารสารสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*, 8(1), 14-24.
- วินัย มีแสง, เอรารัตน์ เบ้าทอง, ปิยวดี ยาบุษดี, วิภาพร กิตติศรีวรพันธุ์, ศิวพร ภูทอง, ภูษณพาส สมนิล และสืบชาติ อันทะไชย. (2565). การติดตามและประเมินปริมาณฝุ่นละอองที่น้อยกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) ในพื้นที่ภายในและ ภายนอกอาคาร: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (ศูนย์การศึกษาสามพร้าว). *วารสารวิชาการปทุมวัน*, 12(35), 50-69.
- สุคนธ์ ขาวกริบ, สายพิณ ไชยพันธ์, สิทธิพันธุ์ ไชยพันธ์, สรินทร พัฒอาพันธ์ และศิริประภา สมวงศ์. (2563). *ความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 ในอาคารหอจดหมายเหตุ กรณีศึกษาอาคารหอจดหมายเหตุแห่งชาติ จันทบุรี*. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 5(1), 35-45.
- สุรารัตน์ หมั่นมี และศุภิระ บุตรดี. (2564). การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับฝุ่น PM2.5 จากพื้นที่อุตสาหกรรมในอำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง. *วารสารนเรศวรพะเยา*, 14(3), 95-110.
- Algarni, S., Khan, R. A., Khan, N. A., & Mubarak, N. M. (2021). Particulate matter concentration and health risk assessment for a residential building during COVID-19 pandemic in Abha, Saudi Arabia. *Environ Sci Pollut Res*, 28, 65822-65831.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-15534-6>
- Climate Change Data Center of Chiangmai University: CMU CCDC. (2562). *ข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากการตรวจวัดรายวัน*. <https://www.cmuccdc.org>.
- IQAir. (2018, Jun 25). *มลพิษทางอากาศกลางแจ้งส่งผลกระทบบต่อคุณภาพอากาศในร่มของฉันทันอย่างไร*. [https://www.iqair.com/th/newsroom/how-does-outdoor-air-pollution-affect-my-indoor-air-quality?srsllid=AfmBOoqjCBSKFZQ-5mWzSsJ\\_0d6\\_pkT6-xdQnsMam0KGDelyXb92TzZm](https://www.iqair.com/th/newsroom/how-does-outdoor-air-pollution-affect-my-indoor-air-quality?srsllid=AfmBOoqjCBSKFZQ-5mWzSsJ_0d6_pkT6-xdQnsMam0KGDelyXb92TzZm).
- Mbazima, S. J. (2022). Health risk assessment of particulate matter 2.5 in an academic metallurgy workshop. *Indoor air*, 32(9), e13111. <https://doi.org/10.1111/ina.13111>





- Oliveira, B. F. A., Ignotti, E., Artaxo, P., Saldiva, P. H. d. N., Junger, W. L., & Hacon, S. (2012). Risk assessment of PM<sub>2.5</sub> to child residents in Brazilian Amazon region with biofuel production. *Environmental Health*, 11, 64.
- State of global air. (2024). *A special report on global exposure to Air Pollution and it's health impacts, with a focus on children's health*. [https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/documents/2024-06/soga-2024-report\\_0.pdf](https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/documents/2024-06/soga-2024-report_0.pdf).
- US Environmental Protection Agency. (2023). *Research on Health Effects from Air Pollution*. US EPA.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2011). *Exposure factors handbook chapter 6*. US EPA.
- World Health Organization (WHO). (2019, January 17). *มลพิษทางอากาศคืออะไร*. [https://www.who.int/docs/default-source/thailand/air-pollution/briefing-on-air-pollution-th-thai.pdf?sfvrsn=408572d4\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/thailand/air-pollution/briefing-on-air-pollution-th-thai.pdf?sfvrsn=408572d4_2).
- World Health Organization. (2021, September 22). *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>.

