บทความ: ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) ในอาคารและสถานศึกษา

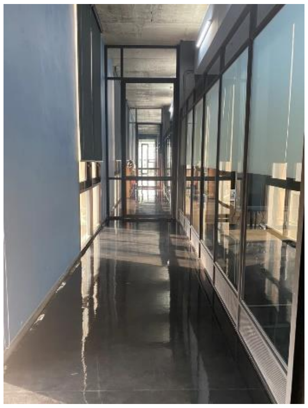
ศิลาลักษณ์ โกรฟ [1], รักจิต กัลยาณะธรรม [2], สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ [1,2], ณัฏฐา ฐานีพานิชสกุล [3]

[1] หลักสูตรสิ่งแวดล้อม การพัฒนาและความยั่งยืน (Environment Development and Sustainability) บัณฑิตศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[3] วิทยาลัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

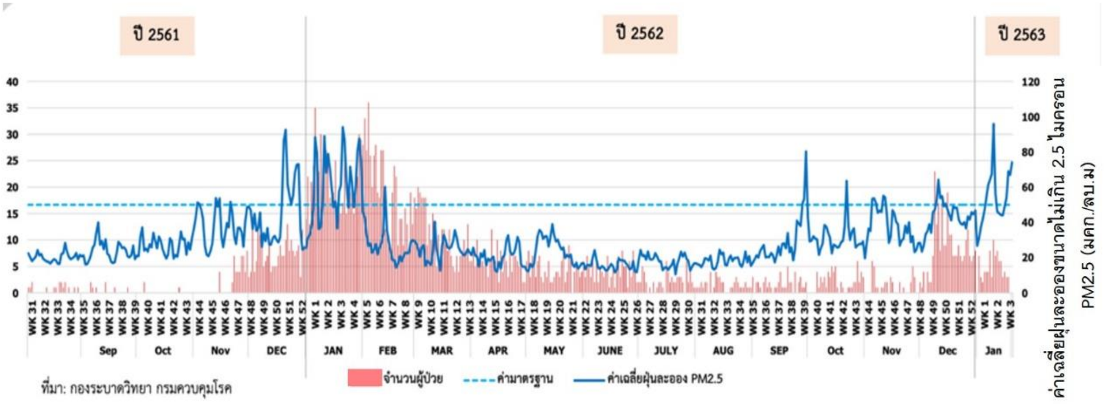
การอ้างอิง: ศิลาลักษณ์ โกรฟ, รักจิต กัลยาณะธรรม, สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ, ณัฏฐา ฐานีพานิชสกุล. (2564). ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) ในอาคารและสถานศึกษา. วารสารสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 25 (ฉบับที่ 3).



PM 2.5 กับสถานการณ์โรคระบบทางเดินหายใจ

มลพิษทางอากาศนับเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมอันดับต้น ๆ ของประเทศมาแล้วกว่าศตวรรษ โดยเฉพาะปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยเฉพาะผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ปอดและถุงลมปอด ซึ่งเป็นอวัยวะในการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระแสเลือด ซึ่งการรับสัมผัส $PM_{2.5}$ ในระยะยาวอาจนำไปสู่สาเหตุการเกิดมะเร็งปอดได้ นอกจากนี้ ยังส่งผลกระทบต่อสภาพความเป็นอยู่และรูปแบบการใช้ชีวิตของประชาชนผู้รับสัมผัสอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ข้อมูลจากกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (2563) ได้รายงานผลแนวโน้มจำนวนผู้ป่วยและค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน จากสถานีตรวจวัด 16 แห่ง ระหว่างวันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2561 ถึง 20 มกราคม พ.ศ. 2563 ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทั้งนี้ เป็นที่สังเกตว่าจำนวนของผู้ป่วยที่มีอาการทางระบบทางเดินหายใจมีแนวโน้มสัมพันธ์กับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาว ได้แก่ เดือน พฤศจิกายน ธันวาคม มกราคม และมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ของทุกปี เป็นต้นไป

(รูปภาพที่ 1) ขณะเดียวกัน ข้อมูลของสำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย อ้างอิงข้อมูลจากองค์การอนามัยโลก (2549) ยังได้รายงานระดับอันตรายของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และ 10 ไมครอน (PM_{10}) ที่ส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการเสียชีวิตในระยะสั้นลง 1.2 – 5.0% โดยประมาณ (**ตารางที่ 1**)



รูปภาพที่ 1 แนวโน้มจำนวนผู้ป่วยและค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) จากสถานีตรวจวัด 16 แห่ง ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ที่มา: กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (2563)

ตารางที่ 1 อันตรายของฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อร่างกายมนุษย์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยองค์การอนามัยโลก

PM_{10} ($\mu g/m^3$)	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	ผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์
150	75	เพิ่มอัตราการเสียชีวิตระยะสั้น 5.0%
100	50	เพิ่มอัตราการเสียชีวิตระยะสั้น 2.5%
75	37.5	เพิ่มอัตราการเสียชีวิตระยะสั้น 1.2%
50	25	ระดับที่กำหนดไว้ใน Air Quality Guideline

ที่มา: สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย (2559)

$PM_{2.5}$ ภายในอาคารและสถานศึกษา

ปัญหาฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ มิใช่เพียงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่พบในพื้นที่กลางแจ้งภายนอกอาคารเท่านั้น หากแต่พื้นที่ในอาคารยังตรวจพบฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ จากการถ่ายเทของอากาศจากภายนอกเข้ามาสู่ภายในอาคาร ผ่านช่องประตู หน้าต่าง หรือการเปิดเข้า-ออกของประตู ทั้งนี้ จากการศึกษาของ Ji และ Zhao (2015) พบความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ภายนอกและภายในอาคาร กล่าวคือ หากสภาพแวดล้อม

ของภายนอกอาคารนั้น ๆ มีค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ สูง จะส่งผลให้ระดับ $PM_{2.5}$ ที่ตรวจพบในพื้นที่อาคารมีค่าสูงไปด้วย และส่งผลกระทบต่อผู้อาศัย หรือบุคลากรที่ทำงานหรือใช้ชีวิตประจำวันอยู่ในพื้นที่อาคารดังกล่าว บุคคลเหล่านี้จึงเป็นกลุ่มเสี่ยงที่อาจได้รับผลกระทบจาก $PM_{2.5}$ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ **รูปภาพที่ 2** แสดงความแตกต่างของสีแผ่นกรองอากาศ (Air Filter) ของเครื่องปรับอากาศในห้องขนาด 45 ตารางเมตรที่ใช้แล้ว (ระยะเวลาการใช้งานประมาณ 8 ชั่วโมงต่อวัน) ในช่วงเดือน สิงหาคม ถึงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 เทียบกับสีของแผ่นกรองอากาศใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน ทั้งนี้ อาจกล่าวได้ว่า คราบฝุ่นที่ติดอยู่บนแผ่นกรองอากาศมีปริมาณมาก แม้ว่าจะมีการเปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อใช้งานเพียง 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งเป็นระยะเวลาการทำงานทั่วไปในแต่ละวัน (Office Hour) โดยไม่ได้เปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารและผลกระทบทางสุขภาพที่อาจจะเกิดขึ้นจากการรับสัมผัสทางการหายใจตลอดระยะเวลาการใช้งานอาคาร

(a) (b)

รูปภาพที่ 2 แสดงความแตกต่างของ (a) สีของแผ่นกรองอากาศของเครื่องปรับอากาศที่ผ่านการใช้งานแล้ว ในช่วงเดือน สิงหาคม ถึงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2563 (ระยะเวลาใช้งานประมาณ 8 ชั่วโมงต่อวัน) กับ (b) แผ่นกรองอากาศแผ่นใหม่ที่ยังไม่ได้ใช้งาน

สำหรับ ปัญหาฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ในพื้นที่อาคารของสถานศึกษาเป็นประเด็นที่เริ่มได้รับความสนใจในการศึกษาวิจัย อาทิ Rovelli และคณะ (2014) ได้วิจัยเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในห้องเรียน พบอนุภาค $PM_{2.5}$ ขนาดเล็กภายในห้องเรียนที่มีความสัมพันธ์กับการปนเปื้อนของ $PM_{2.5}$ ภายนอกอาคาร ส่งผลให้นักศึกษาและบุคลากรในสถานศึกษาเป็นกลุ่มคนที่ได้รับผลกระทบจาก $PM_{2.5}$ เนื่องจากต้องใช้เวลาในสถานศึกษาทั้งภายนอกอาคารและภายในอาคารประมาณ 8 ชั่วโมงต่อวัน นักศึกษาของสถาบันศึกษาของประเทศไทยโดยปกติแล้วต้องมีการเปลี่ยนห้องเรียน เปลี่ยนอาคารเรียนในการเรียนแต่ละสาขาวิชาของตน การเดินทางระหว่างการเปลี่ยนชั้นเรียนระหว่างอาคารจึงเป็นเรื่องที่เลี่ยงไม่ได้ ยิ่งไปกว่านั้น บุคลากรในสถานศึกษา เช่น อาจารย์ เจ้าหน้าที่ธุรการงานเอกสารต่าง ๆ ที่ต้องใช้ชีวิตอยู่ในห้องทำงาน หากห้องทำงานไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุม $PM_{2.5}$ เท่ากับว่า

บุคลากรทางการศึกษาเหล่านี้ได้มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัส $PM_{2.5}$ **ตารางที่ 2** แสดงข้อมูลงานวิจัยด้าน Indoor Air Pollution โดยเฉพาะข้อมูลสถานการณ์ รวมไปถึงความเชื่อมโยงของกิจกรรมและแหล่งกำเนิดที่ส่งผลต่อการตรวจพบฝุ่นละออง PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ในอาคาร

ตารางที่ 2 งานวิจัยด้านฝุ่นละออง PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ภายในอาคาร

กรณีศึกษา (เมือง: ประเทศ)	**สรุปผลวิจัย**	**อ้างอิง**
Queensland: ออสเตรเลีย	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กในอาคารมีความสัมพันธ์กับภายนอกอาคารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีแนวโน้มว่ามาจากการปล่อยมลพิษจากการจราจร	Guo และคณะ (2010)
Rome: อิตาลี	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละออง (Chemical Composition) ที่พบทั้งภายในและนอกอาคารเรียนของ 3 โรงเรียนในกรุงโรม ประเทศอิตาลี พบองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมการเผาไหม้ การจราจร เป็นต้น	Tofful และคณะ (2014)
Barcelona: สเปน	ระดับความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ภายนอกอาคารมีค่าสูงเกือบ 2 เท่าเมื่อเทียบกับระดับความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ภายในอาคาร และการจราจรเป็นแหล่งกำเนิดหนึ่งของฝุ่นละอองภายในบริเวณโรงเรียน	Rivas และคณะ (2014)
Northeastern: สหรัฐอเมริกา	ผลการศึกษาสถานการณ์และแหล่งกำเนิด $PM_{2.5}$ ภายในอาคารของโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในเขตเมืองชั้นใน (Inner-City Schools) พบ 6 แหล่งกำเนิดหลักของฝุ่น $PM_{2.5}$ จากภายนอกอาคาร ได้แก่ 1. สารมลพิษอากาศทุติยภูมิ (Secondary Pollution: ร้อยละ 41) 2. ยานยนต์ (Motor Vehicles: ร้อยละ 17) 3. การเผาไหม้ชีวภาพ (Biomass Burning: ร้อยละ 15) 4. อนุภาคที่มีองค์ประกอบแคลเซียมเป็นหลัก ซึ่งพบได้จาก ฝุ่นจากถนน ปูนซีเมนต์ที่เสื่อมสภาพ ฝ้าบุผนังที่ผุกร่อน เป็นต้น (Calcium (Ca)-Rich Particles: ร้อยละ 12) 5. ฝุ่นจากดิน (Soil Dust: ร้อยละ 6) และ 6. ละอองในอากาศจากทางทะเล (Marine Aerosols: ร้อยละ 4).	Carrion และคณะ (2019)

Kuala Lumpur: มาเลเซีย	ผลการศึกษาการรับสัมผัสฝุ่นและ $PM_{2.5}$ ของเด็กนักเรียนทั้งจากการสัมผัสจากภายในและภายนอกอาคารเรียนพบว่า กิจกรรมของนักเรียนทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน ล้วนแต่ส่งผลต่อการรับสัมผัสฝุ่นและ $PM_{2.5}$ อาทิ การเพิ่มขึ้นฉับพลันของ $PM_{2.5}$ เวลา 10:00 ซึ่งเป็นช่วงระหว่างพักเรียน และระหว่างการเดินออกจากห้องเรียนของนักเรียน อีกทั้งยังพบค่า $PM_{2.5}$ สูงสุดเมื่อเวลา 10:30 ซึ่งเป็นเวลาที่นักเรียนเดินกลับเข้าห้อง เป็นต้น	Othman และคณะ (2019)
Pathumwan: ไทย	ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสสาร Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) ที่เคลือบบนอนุภาคฝุ่น $PM_{2.5}$ ทางการหายใจของคนที่อาศัยในย่านที่พักอาศัยในตัวเมืองชั้นในของกรุงเทพมหานคร	Parnnarong, K. (2014)
Selangor: มาเลเซีย	คนที่ทำงานในพื้นที่ที่มีค่า $PM_{2.5}$ สูงกว่า 53.88 $\mu g/m^3$ มีแนวโน้มการเกิดภาวะ Sick Building Syndrome สูงประมาณ 7 เท่า เมื่อเทียบกับคนทำงานในพื้นที่ที่ค่า $PM_{2.5}$ น้อยกว่า 53.88 $\mu g/m^3$	Zamani และคณะ (2013)
Barcelona: สเปน	ห้องเรียนที่มีที่ตั้งและทิศทางของหน้าต่างที่ตั้งอยู่ฝั่งเดียวกับถนนและย่านจราจร พบค่า $PM_{2.5}$ สูงกว่าห้องเรียนที่มีหน้าต่างและรับอากาศจากฝั่งตึกเรียนอื่นหรือทางสนามเด็กเล่น	Amato และคณะ (2014)
Barcelona: สเปน	ปัจจัยที่มีผลต่อระดับ $PM_{2.5}$ ในอาคาร ได้แก่ การเปิดปิดหน้าต่าง ประเภทของหน้าต่าง อายุของอาคาร เป็นต้น	Rivas และคณะ (2015)
Northeast States: สหรัฐอเมริกา	การวิจัยด้าน Modeling Indoor Particulate Exposures in Inner-City School Classrooms ของโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในเขตเมืองชั้นใน พบว่า ระดับมลพิษภายนอกมีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมภายในอาคาร โดยเฉพาะ อนุภาคจำพวก Black Carbon ที่แทรกซึมเข้ามาในโรงเรียนและห้องเรียน	Gaffin และคณะ (2017)
Beijing: จีน	การศึกษาและประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารของห้องเรียนระดับประถมศึกษา พบว่า ถึงแม้ว่าจะมีการปิดหน้าต่างและประตูของอาคารเรียนแล้ว แต่ระดับความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ในอาคารยังคงสูงถึงร้อยละ 60 -70 ของปริมาณ $PM_{2.5}$ ภายนอกอาคาร	Hou และคณะ (2015)

Bangkok: ไทย	ระดับ $PM_{2.5}$ ที่วัดได้ภายในอาคารมีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอกอาคาร เนื่องจากมีแหล่งกำเนิด $PM_{2.5}$ เช่น ร้านค้า ร้านอาหาร เป็นต้น ในขณะที่ผลศึกษาพบว่าค่า $PM_{2.5}$ ภายในหอพักพยาบาลมีค่าน้อยกว่าด้านนอกอาคาร สาเหตุอาจเนื่องมาจากไม่พบแหล่งกำเนิด $PM_{2.5}$ ในบริเวณใกล้เคียง	Tsai และคณะ (200)
Athens: กรีซ	ผลวิจัยตรวจพบค่าฝุ่นละอองสูงในพื้นที่โรงยิมที่มีการเข้าใช้บริการในสถานศึกษา ในขณะที่พบค่าฝุ่นละอองในระดับที่ต่ำในบริเวณห้องสมุด	Diapouli และคณะ (2008)
Urban Areas: อินเดีย	การศึกษาสถานการณ์ของฝุ่นละอองในห้องเรียนที่มีการระบายอากาศทางธรรมชาติ (Naturally Ventilated Classrooms) ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เมือง พบว่าทั้ง $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ในอาคารเรียนมีค่าสูงกว่านอกอาคารในช่วงวันธรรมดาเนื่องจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในอาคาร	Goyal และคณะ (2011)
Mountain West: สหรัฐอเมริกา	ค่าฝุ่นละอองในห้องเรียนมีค่าสูงกว่าที่ตรวจพบในบริเวณพื้นที่ส่วนกลาง สาเหตุอาจเนื่องมาจากห้องเรียนมีผู้เข้าใช้ต่อปริมาณพื้นที่มากกว่าพื้นที่ส่วนกลาง	Eriandson และคณะ (2019)

ในส่วนของประเทศไทย กรมอนามัย ได้นำเสนอ**คู่มือแนวทางลดและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ สำหรับสถานศึกษา** โดยมีเนื้อหา 2 ส่วน ได้แก่ **ส่วนที่ 1 คือ การเตรียมความพร้อมระหว่างเปิดภาคเรียน** และ**ส่วนที่ 2 คือ แนวทางการปฏิบัติระหว่างเปิดภาคเรียน** โดยเนื้อหา**ส่วนที่ 1 ยึดกรอบแนวทางทั้ง 6 มิติ** อ้างอิงจากโครงการเพื่อเด็กแห่งสหประชาชาติและองค์กรภาคี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

มิติที่ 1 ความปลอดภัยจากการลดและป้องกันฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ อาศัยการ 1) ทำความสะอาดแหล่งสะสมฝุ่น 2) ระบายอากาศในห้อง 3) จัดสภาพแวดล้อมเพื่อป้องกันฝุ่น เช่น ปลูกต้นไม้ดักจับฝุ่นละออง กำหนดพื้นที่ในการป้องกันไม่ให้เกิดฝุ่น $PM_{2.5}$ เป็นต้น

มิติที่ 2 การเรียนรู้ อาศัยแนวทาง 1) การให้ความรู้เกี่ยวกับ $PM_{2.5}$ แก่นักเรียน นักศึกษา 2) บูรณาการกิจกรรมส่งเสริมพัฒนาในการเรียนการสอน 3) ประชาสัมพันธ์เรื่องการป้องกันตนเอง

มิติที่ 3 ครอบคลุมความรู้ให้ทั่วถึง ทั้งนักเรียนนักศึกษาที่มีความบกพร่องทางสติปัญญาและการเรียนรู้ รวมถึง นักเรียนนักศึกษาในพื้นที่ห่างไกล ประกอบด้วย 1) จัดหาสื่อการเรียนรู้โดยคำนึงถึงข้อจำกัดของผู้เรียน 2) ปรับปรุงแบบการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับบริบท

มิติที่ 4 สวัสดิภาพและการคุ้มครอง ประกอบด้วยกิจกรรม 1) การจัดเตรียมแผนรองรับด้านการเรียนการสอนในช่วงที่ $PM_{2.5}$ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ 2) เฝ้าระวังสุขภาพของนักเรียนนักศึกษา 3) เตรียมความพร้อมของห้องพยาบาล

มิติที่ 5 นโยบาย ประกอบด้วย 1) การกำหนดนโยบายและมาตรการและให้ทำตามอย่างเคร่งครัด 2) การจัดอบรมครูและบุคลากรในสถานศึกษาให้มีความรู้ความเข้าใจ 3) กำหนดบทบาทและหน้าที่ให้ครูในด้านการพยาบาลเกี่ยวกับ $PM_{2.5}$ 4) แต่งตั้งแกนนำอาสาสมัครช่วยดูแลสุขภาพ จากนักเรียน นักศึกษา 5) ให้ความรู้ความเข้าใจกับผู้ปกครองของนักเรียนนักศึกษา 6) ประเมินการเตรียมพร้อม เพื่อเตรียมตัวก่อนเกิดปัญหา $PM_{2.5}$ 7) เตรียมความพร้อมระบบการกำกับและติดตามการการดำเนินงาน

มิติที่ 6 การบริหารการเงิน ประกอบด้วย 1) การพิจารณาการใช้งบประมาณอย่างเหมาะสม 2) จัดหาวัสดุอุปกรณ์ป้องกันฝุ่น $PM_{2.5}$ เช่น หน้ากากป้องกันฝุ่น เป็นต้น

ส่วนที่ 2 แนวทางการปฏิบัติระหว่างเปิดภาคเรียนในระยะเกิดสถานการณ์ คือ ในช่วงที่ฝุ่น $PM_{2.5}$ มีค่ามากกว่า 50 $\mu g/m^3$ ประกอบด้วยแนวทางหลัก 4 ด้าน ดังนี้ 1) แนวทางการปฏิบัติสำหรับผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้อำนวยการศึกษา ครอบคลุมการประกาศนโยบายการปฏิบัติและกำหนดการดำเนินงาน รวมถึงพิจารณาการปิดสถานศึกษา ในกรณีที่ค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ มีมากกว่า 91 $\mu g/m^3$ ติดต่อกัน 3 วัน หรือหาก $PM_{2.5}$ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 151 $\mu g/m^3$ หรือลักษณะสภาพแวดล้อมของสถานศึกษาที่มีลักษณะเปิดโล่ง รวมไปถึงหากสถานการณ์ด้านสุขภาพของนักเรียนนักศึกษาที่ได้รับผลกระทบจาก $PM_{2.5}$ จำนวน 10 คนขึ้นไป 2) แนวทางปฏิบัติสำหรับครูหรือผู้ดูแลนักเรียนนักศึกษา ติดตามสถานการณ์ $PM_{2.5}$ ผ่านทุกช่องทาง ดูแลสุขภาพทั้งตนเองและเด็กในความดูแล ป้องกันตนเองทั้งในด้านของสถานที่และการดูแลส่วนบุคคล 3) แนวทางการปฏิบัติสำหรับนักเรียนนักศึกษาหรือแกนนำนักเรียนนักศึกษา ใส่หน้ากากและเลี่ยงกิจกรรมนอกอาคาร สังเกตอาการตนเอง ทำความสะอาดห้องเรียน แกนนำติดตามสถานการณ์ในทุกช่องทาง ให้ความรู้ เฝ้าสังเกตดูแลความเรียบร้อยของเพื่อนนักเรียน นักศึกษา เป็นแบบอย่างที่ดีในการปฏิบัติตนเองเพื่อป้องกัน $PM_{2.5}$ 4) แนวทางการปฏิบัติสำหรับผู้ปกครอง ติดตามสถานการณ์ในทุกช่องทาง ดูแลเด็กโดยเฉพาะระหว่างที่มีกิจกรรมการเรียนการสอนนอกอาคาร จัดหาหน้ากากให้เด็ก และสังเกตอาการบุตรหลานจากผลกระทบจากปัญหา $PM_{2.5}$

สรุปและอภิปราย

ฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมสำคัญของประเทศไทย ซึ่งมีแนวโน้มที่จะมีความรุนแรงและส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนไทยเพิ่มมากขึ้น รวมถึงปัญหาฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ภายในกลุ่มอาคารที่มีการใช้งานในรูปแบบเฉพาะเจาะจง เช่น สถานศึกษา และโรงเรียน รวมถึงอาคารทั่วไป ยังคงเป็นอีกหนึ่งประเด็นที่รอการแก้ไข ในการแก้ปัญหาฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ อย่างยั่งยืนต้องอาศัยความร่วมมือจากภาคีเครือข่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้ง

ภาครัฐ และเอกชน แนวทางการออกข้อกำหนดบทกฎหมายที่เฉพาะเจาะจงกับปัญหาอาจเป็นหนึ่งแนวทางที่สามารถสนับสนุนการแก้ปัญหา แต่อย่างไรควรดำเนินการควบคู่กับการสร้างความตระหนักรู้ด้านฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ให้แก่ประชาชนเพื่อการจัดการปัญหาอย่างยั่งยืน ทั้งนี้ การแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ ในสถานศึกษาและอาคารทั่วไปอย่างยั่งยืน ต้องอาศัยความร่วมมือของหลายภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐ เอกชน และสถาบันการศึกษา รวมไปถึงบทบาทด้านกฎหมายที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าว โดยเฉพาะการควบคุมและบรรเทาปัญหาตามสาระที่ระบุไว้ในพระราชบัญญัติที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ เช่น พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของชาติ พ.ศ.2535 พระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 เป็นต้น นอกจากนี้ ระบบการประเมินและมาตรฐานการบ่งชี้อาคารสีเขียว (Green Building) ควรคำนึงถึงรูปแบบและแนวทางการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยั่งยืน เป็นรูปธรรม และสนับสนุนให้มีการจัดทำฐานข้อมูลความเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสมลสารอากาศภายในอาคารของผู้ใช้งานและผู้อยู่อาศัยอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง

กิตติกรรมประกาศ

บทความวารสารฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับดำเนินโครงการวิจัยเรื่อง CU-SEI Joint Research Cluster Proposal Transdisciplinary Research to Support SDG Implementation

เอกสารอ้างอิง

Amato, F., Rivas, I., Viana, M., Moreno, T., Bouso, L., Reche, C., ... & Querol, X. (2014). Sources of indoor and outdoor PM2. 5 concentrations in primary schools. *Science of the Total Environment*, *490*, 757-765.

Carrion-Matta, A., Kang, C. M., Gaffin, J. M., Hauptman, M., Phipatanakul, W., Koutrakis, P., & Gold, D. R. (2019). Classroom indoor PM2. 5 sources and exposures in inner-city schools. *Environment international*, *131*, 104968.

Diapouli, E., Chaloulakou, A., Mihalopoulos, N., & Spyrellis, N. (2008). Indoor and outdoor PM mass and number concentrations at schools in the Athens area. *Environmental monitoring and assessment*, *136*(1-3), 13-20.

Erlandson, G., Magzamen, S., Carter, E., Sharp, J. L., Reynolds, S. J., & Schaeffer, J. W. (2019). Characterization of Indoor Air Quality on a College Campus: A Pilot Study. *International journal of environmental research and public health*, *16*(15), 2721.

Gaffin, J. M., Petty, C. R., Hauptman, M., Kang, C. M., Wolfson, J. M., Awad, Y. A., ... & Coull, B. A. (2017). Modeling indoor particulate exposures in inner-city school classrooms. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, *27*(5), 451-457.

Goyal, R., & Khare, M. (2011). Indoor air quality modeling for PM 10, PM 2.5, and PM 1.0 in naturally ventilated classrooms of an urban Indian school building. *Environmental monitoring and assessment*, *176*(1-4), 501-516.

Guo, H., Morawska, L., He, C., Zhang, Y. L., Ayoko, G., & Cao, M. (2010). Characterization of particle number concentrations and PM 2.5 in a school: Influence of outdoor air pollution on indoor air. *Environmental Science and Pollution Research*, *17*(6), 1268-1278.

Hou, Y., Liu, J., & Li, J. (2015). Investigation of indoor air quality in primary school classrooms. *Procedia Engineering*, *121*, 830-837.

Othman, M., Latif, M. T., & Matsumi, Y. (2019). The exposure of children to PM2. 5 and dust in indoor and outdoor school classrooms in Kuala Lumpur City Centre. *Ecotoxicology and environmental safety*, *170*, 739-749.

Parnnarong, K. (2014). *HEALTH RISK ASSESSMENT OF INHALATION EXPOSURE TO PAHs ADSORBED ON PM2. 5 AT RESIDENTIAL AREAS LOCATED IN THE INNER CITY OF BANGKOK* (Doctoral dissertation, Chulalongkorn University).

Rivas, I., Viana, M., Moreno, T., Pandolfi, M., Amato, F., Reche, C., ... & Querol, X. (2014). Child exposure to indoor and outdoor air pollutants in schools in Barcelona, Spain. *Environment international*, *69*, 200-212.

Rivas, I., Viana, M., Moreno, T., Bouso, L., Pandolfi, M., Alvarez-Pedrerol, M., & Querol, X. (2015). Outdoor infiltration and indoor contribution of UFP and BC, OC, secondary inorganic ions and metals in PM2. 5 in schools. *Atmospheric Environment*, *106*, 129-138.

Tofful, L., & Perrino, C. (2015). Chemical composition of indoor and outdoor PM2. 5 in three schools in the city of Rome. *Atmosphere*, *6*(10), 1422-1443.

Tsai, F. C., Smith, K. R., Vichit-Vadakan, N., D OSTRO, B. A. R. T., Chestnut, L. G., & Kungskulniti, N. (2000). Indoor/outdoor PM 10 and PM 2.5 in Bangkok, Thailand. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, *10*(1), 15-26.

Zamani, M. E., Jalaludin, J., & Shaharom, N. (2013). Indoor air quality and prevalence of sick building syndrome among office workers in two different offices in Selangor. *American Journal of Applied Sciences*, *10*(10), 1140.