

อิทธิพลของปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและการกระจายตัวของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กในอาคารจอดรถใต้ดิน

อรรถพร ประชาอนุรักษ์¹ และ ประรตนา ประชาอนุรักษ์^{2*}

¹ กองวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์, โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

² ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: pradthanap@swu.ac.th

วันที่รับบทความ: 4 ตุลาคม 2566; วันที่ทบทวนบทความ: 15 กุมภาพันธ์ 2567; วันที่ตอบรับบทความ: 27 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 25 เมษายน 2567

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} และ PM₁₀ ที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะภายในบริเวณพื้นที่จอดรถใต้ดิน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยได้ทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กในบริเวณชั้นใต้ดิน 1 (ชั้นใต้ดิน A) และชั้นใต้ดิน 2 (ชั้นใต้ดิน B) ในช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์ นอกจากนี้ยังได้เก็บข้อมูลปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM₁₀ อยู่ในช่วง 156.3-225.4 µg/m³ ส่วนปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} มีค่าอยู่ในช่วง 15.5-45.9 µg/m³ โดยในบางจุดตรวจวัดมีค่าเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ ซึ่งปริมาณฝุ่นละอองทั้งสองชนิดนี้จะเกิดขึ้นมากในช่วง 06.00-07.00 น. และจะค่อยๆ ลดลงแล้วเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงเวลา 15.00-18.00 น. จุดที่สามารถวัดปริมาณฝุ่นละอองได้มากจะเป็นบริเวณทางเข้า-ออกทางด้านโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ประสานมิตร) และบางบริเวณที่ระบบระบายอากาศทำงานไม่ทั่วถึง จากการตรวจวัดความเร็วลมที่ช่องดูดอากาศของระบบระบายอากาศภายในอาคารจอดรถทั้ง 36 จุดในแต่ละชั้น พบว่าปริมาณอากาศที่สามารถระบายอากาศออกได้จริงไม่เพียงพอเมื่อเทียบกับการคำนวณ จึงได้เสนอแนวทางแก้ไขระยะสั้น คือ ให้ผู้ที่ทำงานอยู่ในบริเวณพื้นที่อาคารจอดรถใต้ดินมีอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก ส่วนแนวทางแก้ไขระยะยาว คือ เสนอให้มีการฉีดพ่นหมอกละอองน้ำใน 2 ช่วงเวลาเร่งด่วนที่มีการจราจรคับคั่ง และเสนอให้มีการติดตั้งพัดลมเป็นจุด ๆ บริเวณภายในอาคารจอดรถใต้ดิน เพื่อช่วยให้มีการไหลเวียนของอากาศได้ดียิ่งขึ้น พร้อมทั้งเสนอให้มีการติดตั้งพัดลมดูดอากาศเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการระบายอากาศออกได้เพียงพอ

คำสำคัญ: ฝุ่นละอองขนาดเล็ก; PM_{2.5}; PM₁₀; ยานพาหนะ; อาคารจอดรถใต้ดิน

Influence of Meteorological factors and Distribution of Particulate Matter at Underground Parking

Akaporn Prachanurak¹ and Pradthana Prachanurak^{2*}

¹ Department of Mathematics and Computer Science, Chulachomkiao Royal Military Academy

² Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University

* Corresponding author, E-mail: pradthanap@g.swu.ac.th

Received: 4 October 2023; Revised: 15 February 2024; Accepted: 27 February 2024

Online Published: 25 April 2024

Abstract: This research focused on studying the amount of fine particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀) generated from vehicle emissions at the underground parking area in Srinakharinwirot University. The methodology was performed by measuring the amount of particulate matter in underground basement 1 (floor A) and underground basement 2 (floor B) from Monday to Friday. Moreover, environmental factors, such as, humidity and temperature were measured. The result found that the average concentration of PM₁₀ ranged from 156.3-225.4 µg/m³, while PM_{2.5} ranged from 15.5-45.9 µg/m³. At some measurement points, the values exceeded the Air Quality standards. Both particulate matter types were found to be highest between 6.00-7.00 am and gradually decreased and increased again at 3.00-6.00 pm, respectively. The high particulate matter concentrations were identified at the entrances and exits near the demonstration school (Prasanmit) and some areas where the air circulation system was inadequate. The wind speed measurement at the air vents of the ventilation system inside the underground parking area all 36 points per floor revealed insufficient air volume compared to the calculated requirements. Short-term solutions proposed include providing dust protection equipment for individuals working in the underground parking area. Long-term solutions involve implementing urgent mist spraying during heavy traffic hours and installing fans at specific points within the underground parking facility to enhance air circulation. Additionally, the installation of additional exhaust fans to improve overall air ventilation efficiency is recommended.

Keywords: particulate matter; PM_{2.5}; PM₁₀; vehicle; underground parking



1. บทนำ

อนุภาคฝุ่นละออง (Particulate Matter; PM) เป็นอนุภาคขนาดเล็กที่ประกอบด้วยสารต่าง ๆ เช่น สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์หลายชนิด โลหะหนัก และโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAH) โดยสารประกอบเหล่านี้บางชนิดถูกดูดซับอยู่บนผิวของอนุภาค การจำแนกประเภทของฝุ่นละอองจะแบ่งตามขนาดอนุภาคฝุ่นโดยใช้เส้นผ่าศูนย์กลาง ดังนี้ (1) อนุภาคฝุ่นทั้งหมด (Total Suspended Particulate; TSP) เป็นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน (2) อนุภาคฝุ่นหยาบที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10} และ 3) อนุภาคฝุ่นละเอียดที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) [1]

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไปมีมาจาก 2 แหล่งใหญ่ ๆ คือ (1) ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติ ทำให้เกิดฝุ่น และ (2) ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การคมนาคมขนส่ง โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น [2] โดยฝุ่นละอองขนาดเล็กมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ทำให้เกิดอาการระคายเคืองตาและเกิดอันตรายต่อระบบหายใจ โดยเฉพาะฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{10} และ $PM_{2.5}$ ที่สามารถเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ ทำให้การทำงานของปอดเสื่อมลง เกิดการระคายเคืองเรื้อรังจนเป็นพังผืด และมีความเสี่ยงเป็นมะเร็งของระบบทางเดินหายใจ [3]

ในปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของประชากรในเมืองใหญ่ส่งผลให้ปริมาณยานพาหนะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งมักจะประสบปัญหาที่จอดรถเนื่องจากที่ดินมีราคาแพง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการสร้างอาคารจอดรถใต้ดินเพื่อประหยัดพื้นที่ จากผลการศึกษาของ He และคณะ [4]

พบว่าจำนวนรถยนต์มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้มีการนิยมก่อสร้างที่จอดรถใต้ดินสำหรับการอยู่อาศัยที่สร้างขึ้นใหม่ เนื่องจากความต้องการพื้นที่จอดรถในปัจจุบันที่เพิ่มมากขึ้นและที่ดินมีราคาแพง จากผลการศึกษาของ Liu และคณะ [5] พบว่า อาคารจอดรถใต้ดินส่วนใหญ่ มักนิยมใช้การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการระบายอากาศที่ต่ำ ดังนั้นมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้น เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็ก มลพิษอื่น ๆ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), สารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ (VOCs) ฯลฯ จึงส่งผลกระทบต่อสุขภาพผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ เช่น รถยก. แม่บ้าน หรือผู้เข้ามาใช้บริการ เป็นต้น

จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่ทำการศึกษาระดับอนุภาคขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะภายในบริเวณอาคารจอดรถใต้ดิน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ประสานมิตร) จังหวัดกรุงเทพมหานครเทียบกับมาตรฐานคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ ที่กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศโดยทั่วไป ให้ค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน $37.5 \mu g/m^3$ [6] นอกจากนี้ยังมีการตรวจวัดความเร็วลมที่ช่องดูดอากาศของระบบระบายอากาศภายในอาคารจอดรถ เนื่องจากพื้นที่อาคารจอดรถใต้ดินเป็นแบบอาคารใต้ดินสองชั้นแบบปิด ซึ่งอาจมีบางบริเวณที่มีการระบายอากาศไม่ทั่วถึง โดยจากการศึกษาในครั้งนี้จะทำให้ทราบปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะที่เข้ามาใช้บริการ บริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กสูง ช่วงเวลาที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กสูง และระบบดูดอากาศภายในอาคารจอดรถในปัจจุบันเพียงพอหรือไม่ เพื่อจะได้นำมาวิเคราะห์และเสนอแนะแนวทาง



บทความวิจัย

เบื้องต้นในการแก้ปัญหาที่เกิดจากผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็ก และลดผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้บริการในบริเวณนั้น

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

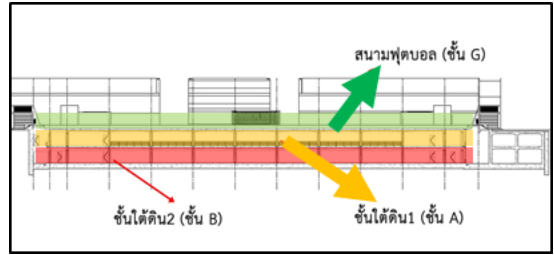
2.1 สถานที่เก็บตัวอย่างและจุดเก็บตัวอย่าง

อาคารจอดรถใต้ดิน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เป็นอาคารจอดรถใต้ดิน 2 ชั้น และอาศัยเครื่องดูดอากาศในการระบายอากาศออกข้างนอก ส่วนด้านบนสุดของอาคารจอดรถเป็นสนามฟุตบอล (ชั้น G) ในการเก็บข้อมูล แบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 2 ชั้น คือ บริเวณชั้นใต้ดิน 1 (ชั้นใต้ดิน A) และชั้นใต้ดิน 2 (ชั้นใต้ดิน B) แสดงในรูปแบบที่ 1

ในการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กได้กำหนดจุดตรวจวัดชั้นใต้ดิน A จำนวน 8 จุด ดังรูปที่ 2 เนื่องจากชั้นใต้ดิน A มีทางเข้าออกที่มาจากภายนอกทั้งหมด 4 ทาง รอบอาคารจอดรถ และทางลงไปชั้นใต้ดิน B อีก 2 ทาง รวมเป็น 6 ทาง

ส่วนชั้นใต้ดิน B มีจุดตรวจวัดจำนวน 6 จุด ดังรูปที่ 3 เนื่องจากชั้นใต้ดิน B มีทางเข้าออกเพียง 2 ทาง ที่เป็นทางลงมาจากชั้นใต้ดิน A

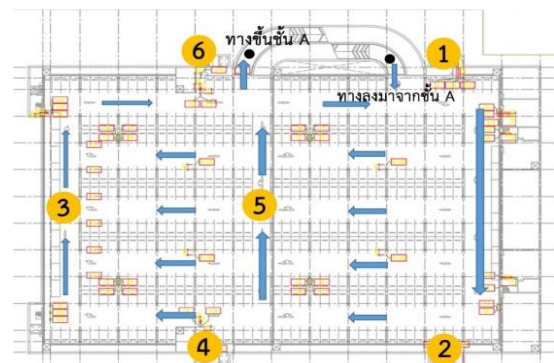
ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองจะทำการเก็บข้อมูลจำนวนยานพาหนะ และปริมาณฝุ่นในวันและเวลาปกติ คือเฉพาะวันจันทร์-วันศุกร์ ในช่วงเวลาตั้งแต่ 6.00-18.00 น. โดยจะทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นและปัจจัยอื่น ได้แก่ ความเร็วลม ความชื้นในอากาศ และอุณหภูมิเฉลี่ย แยกเป็นในช่วงโมงเร่งด่วนที่มีปริมาณยานพาหนะจำนวนมาก ได้แก่ ช่วงเวลา 6.00-8.00 น. และ 15.00-18.00 น. จะทำการตรวจวัดทุกๆ ครึ่งชั่วโมง ส่วนในช่วงเวลา 8.00-15.00 น. จะทำการตรวจวัดทุกชั่วโมง และเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด



รูปที่ 1 แผนผังด้านข้าง (cross section) ของอาคารจอดรถใต้ดิน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



รูปที่ 2 แผนผังทิศทางการเดินรถของลานจอดรถชั้นใต้ดิน A และจุดตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก



รูปที่ 3 แผนผังทิศทางการเดินรถของลานจอดรถชั้นใต้ดิน B และจุดตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก



บทความวิจัย

เป็นเครื่องมือวัดภาคสนามจะใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างจุดละประมาณ 2-3 นาที (ทำการวัด 3 ครั้ง) ในการเก็บแต่ละวันจะทำการเก็บตัวอย่างที่ชั้นใต้ดิน A ก่อน (8 จุด) แล้วจึงเก็บตัวอย่างที่ชั้นใต้ดิน B (6 จุด) ตามลำดับ

ในการตรวจวัดความเร็วลมที่ช่องดูดอากาศของระบบระบายอากาศภายในอาคารจอดรถ ได้กำหนดจุดตรวจวัดความเร็วลมที่ช่องดูดอากาศในชั้นใต้ดิน A และชั้นใต้ดิน B จำนวน 36 จุดต่อชั้น จากการสำรวจพบว่าในแต่ละชั้นมีพัดลมดูดอากาศจำนวน 4 ตัว (a, b, c, d) โดยแต่ละตัวจะต่อท่อดูดอากาศแยกเป็น 3 ท่อ ซึ่งในแต่ละท่อจะประกอบด้วยช่องดูดอากาศท่อละ 3 ช่อง ดังรูปที่ 4 และในการตรวจวัดแต่ละช่องดูดอากาศจะทำการตรวจวัด 3 ครั้ง

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดประกอบด้วย เครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก

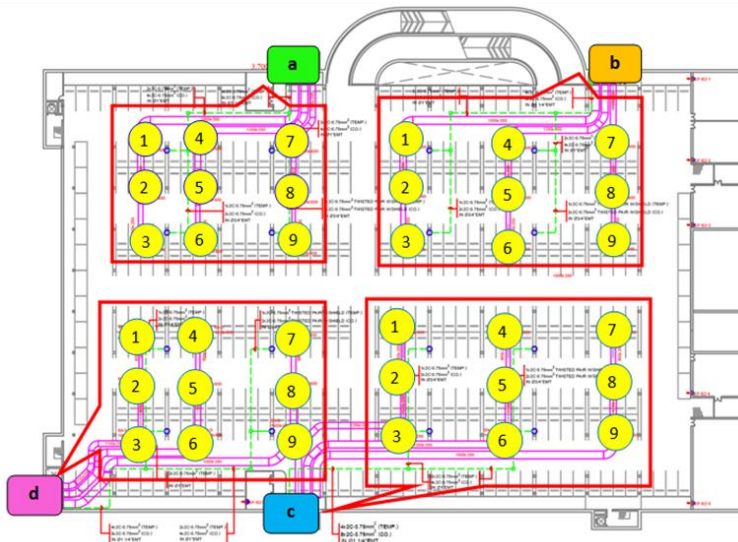
ยี่ห้อ Met One รุ่น Aerocet 831 เครื่องวัดความเร็วลมยี่ห้อ KIMO รุ่น VT210 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศยี่ห้อ KIMO รุ่น HD200

2.3 การคำนวณปริมาณอากาศที่ต้องระบายออก

การคำนวณปริมาณอากาศที่ต้องระบายออกของแต่ละช่องดูดอากาศในชั้นใต้ดิน A และชั้นใต้ดิน B ได้ทำการแบ่งพื้นที่เพื่อคำนวณปริมาณอากาศที่ไหลผ่านปากช่องลมในแต่ละช่องดูดอากาศเป็น 36 พื้นที่ย่อยแล้วนำไปคำนวณ โดยใช้สมการที่ 1

$$Q_{air} = Volume \times 35.28 \times ACH \times \frac{1}{60} \quad (1)$$

เมื่อ Q_{air} คือ ปริมาณอากาศที่ต้องการระบายออก (ft³/min หรือ CFM), $Volume$ คือ ปริมาตรอากาศภายในจุดที่ต้องการระบาย (m³), ACH คือ จำนวน Air Changes/hr. โดยค่า ACH ของอาคารจอดรถใต้ดินใช้ค่าเท่ากับ 10 [7]



รูปที่ 4 จุดตรวจวัดความเร็วลมที่ช่องดูดอากาศของระบบระบายอากาศในชั้นใต้ดิน A และ B



บทความวิจัย

ส่วนปริมาณอากาศที่ไหลผ่านช่องดูดอากาศแต่ละช่องที่ตรวจวัดได้ โดยการตรวจวัดความเร็วลมที่ช่องดูดอากาศของระบบระบายอากาศภายในอาคารจอตลอดในชั้นใต้ดิน A และชั้นใต้ดิน B (รูปที่ 4) แล้วนำไปคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2 เพื่อหาปริมาณอากาศที่ไหลผ่านช่องดูดอากาศแต่ละช่องที่ตรวจวัดได้

$$Q_{air} = V_{hood} \times A_{hood} \quad (2)$$

เมื่อ V_{hood} คือ ความเร็วในการพาวด์ได้ที่ปากช่องลม (Hood Face Velocity) โดยเครื่องวัดความเร็วลม (m/s), A_{hood} คือ พื้นที่หน้าตัดของช่องลม (m^2), Q_{air} คือ ปริมาณอากาศที่ไหลผ่านปากช่องลม (m^3/s)

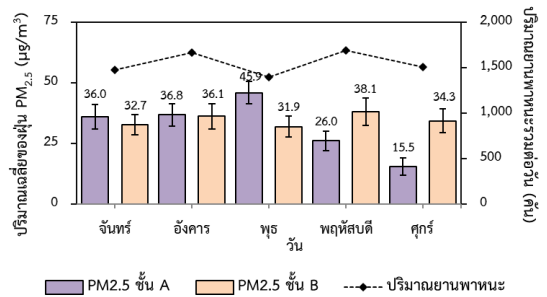
3. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กในแต่ละจุด บริเวณชั้นใต้ดิน A และชั้นใต้ดิน B ของอาคารจอตลอดใต้ดิน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ตั้งแต่เวลา 06.00-18.00 น. สามารถวิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลองดังนี้

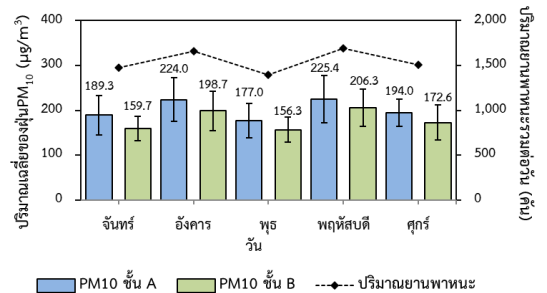
3.1 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กเฉลี่ยในแต่ละวัน

ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลทั้ง 5 วัน พบว่าบริเวณชั้นใต้ดิน A และ B มีปริมาณฝุ่นละอองขนาด $PM_{2.5}$ เฉลี่ย $32.4 \pm 4.4 \mu g/m^3$ และ $34.6 \pm 2.3 \mu g/m^3$ ตามลำดับ (รูปที่ 5) ส่วนปริมาณฝุ่นละอองขนาด PM_{10} บริเวณชั้นใต้ดิน A และ B เฉลี่ย $201.9 \pm 43.0 \mu g/m^3$ และ $178.7 \pm 20.3 \mu g/m^3$ ตามลำดับ (รูปที่ 6) จากการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่วัดได้กับปริมาณจราจรที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน พบว่าปริมาณยานพาหนะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของฝุ่นละอองทั้งสองขนาด โดยปริมาณที่เพิ่มขึ้นของยานพาหนะที่เข้ามาใช้บริการภายใน

อาคารจอตลอดส่งผลให้ค่าฝุ่นละอองทั้งสองประเภทที่ตรวจวัดได้มีค่าที่สูง จากข้อมูลการตรวจวัดฝุ่นละอองที่ได้ จะพบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาด $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ที่ตรวจวัดได้มีค่าที่สูงในวันอังคาร และวันพฤหัสบดี มากกว่าในวันอื่นๆ โดยพบว่าตลอดทั้งวันมียานพาหนะเข้ามาใช้บริการรวม 1,663 และ 1,691 คัน ตามลำดับ เนื่องจากเป็นวันที่มีการจัดตลาดนัดในพื้นที่มหาวิทยาลัย จึงมียานพาหนะเข้ามาใช้บริการลานจอตลอดใต้ดินจำนวนมาก ทั้งบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัย เช่น ผู้ที่มาค้าขาย และยังมีบุคคลภายในมหาวิทยาลัย เช่น นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่



รูปที่ 5 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ตรวจวัดได้ในชั้นใต้ดิน A และชั้นใต้ดิน B



รูปที่ 6 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ที่ตรวจวัดได้ในชั้นใต้ดิน A และชั้นใต้ดิน B



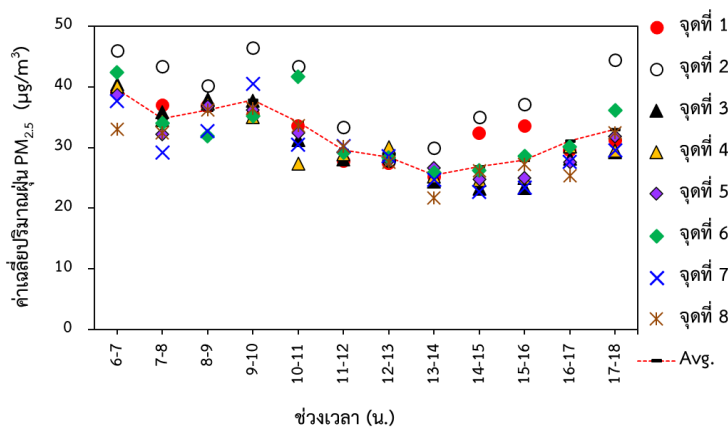
บทความวิจัย

จากการศึกษาของ Bai และคณะ [8] พบว่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ที่ตรวจวัดได้ในอาคารจอดรถใต้ดินหลาย ๆ แห่ง นอกจากจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณรถที่เข้ามาภายในอาคารจอดรถแล้ว ยังเพิ่มขึ้นตามประเภทยานพาหนะและความจุของยานพาหนะอย่างน้อยสำคัญเนื่องจากยานพาหนะแต่ละประเภทจะมีจำนวนผู้โดยสารที่บรรทุกในรถไม่เท่ากัน ยานพาหนะที่มีความจุของผู้โดยสารสูง เช่น รถซีดาน และรถ SUV มีส่วนทำให้ความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ภายในลานจอดรถมากที่สุด อีกทั้งยังพบว่าในรถรุ่นเก่า ๆ จะปล่อยมลภาวะทางอากาศ เช่น เขม่า ฝุ่นละอองขนาดเล็ก เป็นต้น เพิ่มมากกว่ารถยนต์รุ่นใหม่ ๆ เนื่องจากในรถรุ่นเก่า ระบบการสันดาปเครื่องยนต์ไม่ดี ทำให้เกิดการปล่อยมลพิษออกมามากกว่า

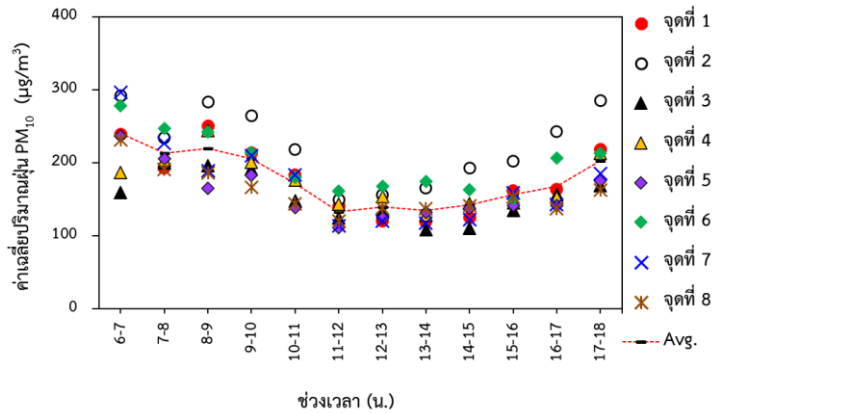
3.2 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา

ในการเก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองขนาด $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ได้นำค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลทั้ง 5 วันมาเฉลี่ย โดยแบ่งเป็นรายชั่วโมงตั้งแต่เวลา 06.00-18.00 น.

ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในชั้นใต้ดิน A (รูปที่ 7 และรูปที่ 8) พบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ตรวจวัดได้จะมีค่ามากในช่วงเช้าตั้งแต่เวลา 06.00-10.00 น. โดยในช่วง 06.00-07.00 น. พบว่ามีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กมากที่สุดคือมีปริมาณ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย $39.7 \pm 3.5 \mu g/m^3$ และมีปริมาณ PM_{10} เฉลี่ย $240.1 \pm 45.7 \mu g/m^3$ หลังจากเวลา 10.00 น. ปริมาณฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้จะมีค่าลดลงและจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงเวลาตั้งแต่ 15.00 น. เป็นต้นไปจนถึงเวลา 18.00 น. เนื่องจากในช่วงเช้าเป็นช่วงเวลาที่มียุโรปการมาส่งนักเรียนที่เรียนอยู่โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยใช้เส้นทางสัญจรภายในอาคารจอดรถใต้ดิน เป็นทางผ่านรวมถึงบุคลากรและนิสิตของทางมหาวิทยาลัยที่เดินทางมาเพื่อทำการสอน การเรียนหรือทำงานจึงทำให้ในช่วงนี้มีปริมาณฝุ่นละอองเกิดขึ้นในปริมาณมาก ส่วนในเวลาเย็นเป็นเวลาที่มีผู้ปกครองเดินทางมารับบุตรหลานกลับ และบุคลากรในมหาวิทยาลัยเลิกงาน จึงทำให้ตรวจวัดค่าฝุ่นละอองได้ปริมาณที่สูงขึ้นเช่นกัน



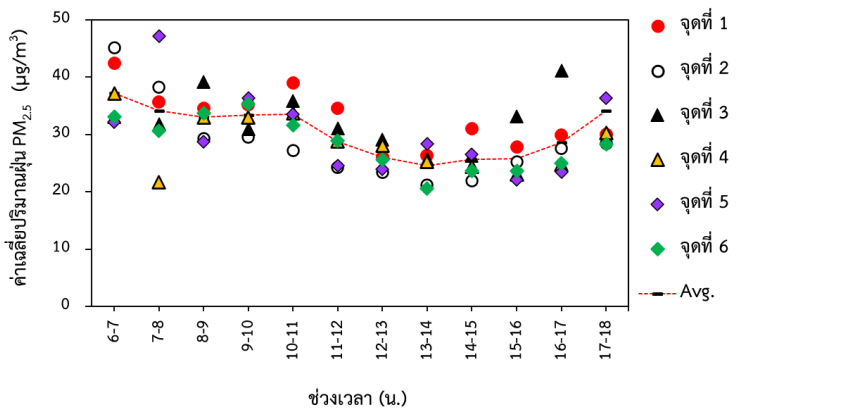
รูปที่ 7 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ตรวจวัดได้แต่ละช่วงเวลาในชั้นใต้ดิน A



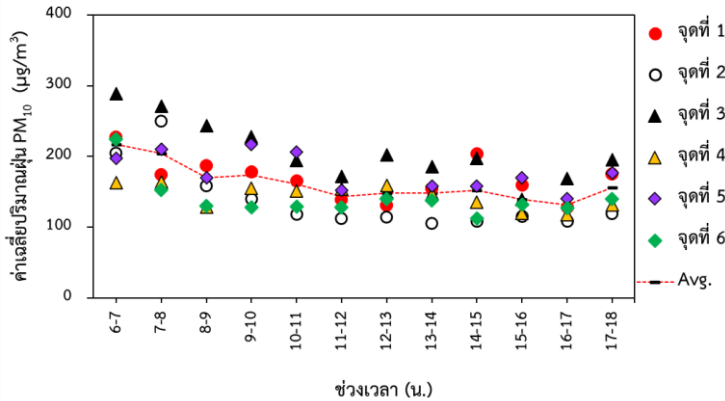
รูปที่ 8 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น PM₁₀ ที่ตรวจวัดได้แต่ละช่วงเวลาในชั้นใต้ดิน A

ส่วนในชั้นใต้ดิน B (รูปที่ 9 และรูปที่ 10) พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ตรวจวัดได้จะมีค่า เป็นไปในทิศทางที่คล้ายกับชั้นใต้ดิน A คือมีปริมาณ มากในช่วงเช้าแล้วค่อยๆ ลดลงและเพิ่มขึ้นในช่วงเย็น โดยพบว่ามีปริมาณฝุ่นละอองขนาด PM_{2.5} และ PM₁₀ มากที่สุดในช่วง 06.00-07.00 น. โดยมีค่าเฉลี่ย 37.2±13.6 µg/m³ และ 217.3±75.9 µg/m³ ตามลำดับ จากงานวิจัยของ Liu และคณะ [9] พบว่า ในช่วง

ชั่วโมงเร่งด่วนของวันทำงาน จะตรวจวัดปริมาณฝุ่น ละอองขนาดเล็กได้มากกว่าช่วงเวลาอื่น และยังพบว่า ระดับความเข้มข้นของ PM₁₀ จะขึ้นอยู่กับปริมาณ ความหนาแน่นยานพาหนะที่เข้าออกพื้นที่โรงจอดรถ เป็นหลัก ส่วนระดับความเข้มข้นของ PM_{2.5} นอกจาก จะขึ้นอยู่กับปริมาณยานพาหนะแล้วคุณภาพของ อากาศโดยรอบพื้นที่ยังเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความ เข้มข้นของ PM_{2.5} ด้วยเช่นกัน



รูปที่ 9 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น PM_{2.5} ที่ตรวจวัดได้แต่ละช่วงเวลาในชั้นใต้ดิน B



รูปที่ 10 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น PM₁₀ ที่ตรวจวัดได้แต่ละช่วงเวลาในชั้นใต้ดิน B

3.3 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กเฉลี่ยในแต่ละจุดตรวจวัด

ในการวิเคราะห์ส่วนนี้ได้นำค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองขนาด PM_{2.5} และ PM₁₀ ในแต่ละวันมาเฉลี่ย โดยแบ่งเป็นแต่ละจุดตรวจวัด ในชั้นใต้ดิน A มีจำนวนจุดตรวจวัดทั้งหมด 8 จุด ส่วนชั้นใต้ดิน B มีจำนวนจุดตรวจวัดทั้งหมด 6 จุด จากผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในชั้นใต้ดิน A (รูปที่ 11 และรูปที่ 12) พบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} ที่ตรวจวัดได้มีค่าสูงสุดที่จุดตรวจวัดที่ 2 (ค่าเฉลี่ย 39.80±6.7 µg/m³) รองลงมาคือจุดที่ 6 และจุดที่ 1 ตามลำดับ (ค่าเฉลี่ย 32.45±5.3 และ 32.42±4.6 µg/m³ ตามลำดับ) สอดคล้องกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM₁₀ ที่ตรวจวัดได้มีค่าสูงสุดที่จุดที่ 2 เช่นกัน (ค่าเฉลี่ย 223.99±49.2 µg/m³) รองลงมาคือจุดที่ 6 และจุดที่ 1 (ค่าเฉลี่ย 199.97±38.5 และ 177.55±44.2 µg/m³ ตามลำดับ) จะเห็นได้ว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กในชั้นใต้ดิน A มีค่าสูงในจุดที่ 2, 6 และ 1 เนื่องจากในจุดที่ 1 และจุดที่ 2 (รูปที่ 2) เป็นบริเวณทางเข้าออกที่อยู่ใกล้โรงเรียนสาริตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(ประสานมิตร) ซึ่งมีปริมาณยานพาหนะของผู้ปกครองที่เข้ามาใช้บริการเพื่อรับส่งบุตรหลานโดยผ่านทั้ง 2 จุดเป็นส่วนใหญ่ ส่วนในจุดที่ 6 เป็นบริเวณที่ยานพาหนะมีการสัญจรผ่านบ่อยกว่าจุดอื่น เพื่อใช้ในการผ่านเข้าออกแต่ละประตู และผ่านเพื่อลงไปลานจอดรถชั้น B อีกทั้งยังพบว่าในจุดดังกล่าวพัดลมดูดอากาศไม่สามารถดูดอากาศในบริเวณนั้นได้ทั่วถึง ในจุดที่ 6 จึงเป็นบริเวณที่อากาศนิ่งไม่มีการถ่ายเท ทำให้เกิดการสะสมของฝุ่นละอองเป็นจำนวนมาก และในบางครั้งพบว่า มีผู้ที่มาใช้บริการติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้เพื่อนั่งรอในรถ ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ที่ตรวจวัดได้จึงเป็นฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ

สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chlebnikovas และคณะ [2] พบว่า ในโรงจอดรถแบบปิด แหล่งที่มาของฝุ่นละอองขนาดเล็กจะเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากท่อไอเสียของยานพาหนะเป็นหลัก ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพเนื่องจากเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กมาก (0.3-10 ไมครอน) นอกจากนี้การปล่อยมลพิษจากการทำความร้อน การระบายอากาศ เครื่องปรับอากาศก็ทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กด้วยเช่นกัน และจาก

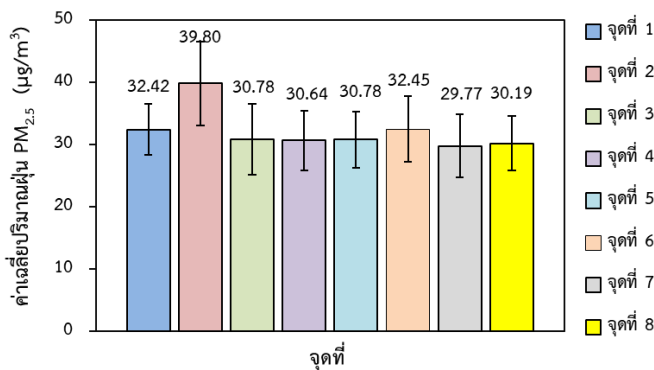


บทความวิจัย

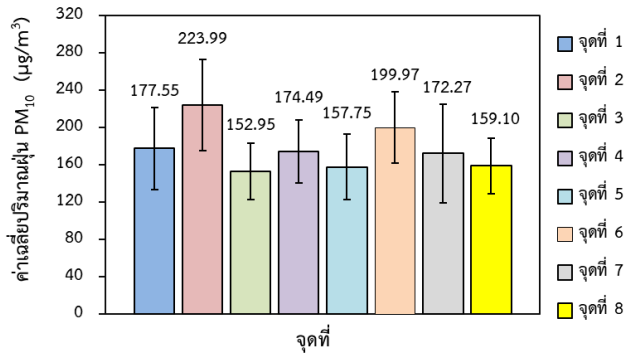
การศึกษาของ ซญาพรและคณะ [10] ได้ทำการศึกษากการกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็กมากระดับต่ำกว่า 100 nm ในบรรยากาศในกรุงเทพมหานคร พบว่าปริมาณฝุ่นละอองประเภทนี้จะมีค่าสูงในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น โดยมาจากท่อไอเสียของยานพาหนะ ซึ่งจะทำให้เกิดมลพิษทางอากาศและมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจได้

ในชั้นใต้ดิน B จากผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง (รูปที่ 13 และรูปที่ 14) พบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} ที่ตรวจวัดได้มีค่าสูงสุดที่จุดที่ 3 (ค่าเฉลี่ย 34.07±6.8 µg/m³) รองลงมาคือจุดที่ 1 และจุดที่ 5 ตามลำดับ (ค่าเฉลี่ย 32.71±4.8 และ 30.29±6.9 µg/m³ ตามลำดับ) สอดคล้องกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM₁₀ ที่ตรวจวัดได้มีค่าสูงสุดที่จุดที่ 3 เช่นกัน (ค่าเฉลี่ย 207.08±41.5 µg/m³) รองลงมาคือจุดที่ 5 และจุดที่ 1 (ค่าเฉลี่ย 174.57±25.8 และ 168.48±28.0 µg/m³ ตามลำดับ) จากผลการตรวจวัดพบว่าปริมาณฝุ่นละออง

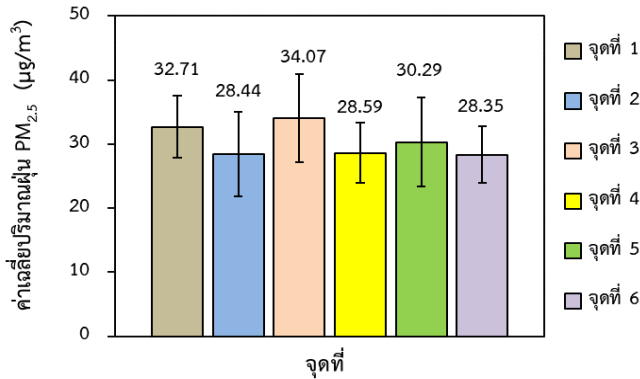
ขนาดเล็กในชั้นใต้ดิน B มีค่าสูงในจุดที่ 3, 5 และ 1 เนื่องจากในจุดที่ 3 ชั้น B (รูปที่ 3) เป็นพื้นที่อับและมีการถ่ายเทของอากาศน้อย เมื่อรถผ่านในบริเวณจุดที่ 3 ทำให้เกิดการสะสมของฝุ่นละออง ต่างจากจุดที่ 7 ในชั้น A (รูปที่ 2) ที่อยู่ตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งพบว่าในจุดที่ 7 ชั้น A มีการถ่ายเทของอากาศดีกว่า เพราะเชื่อมต่อกับทางออก 2 ทาง ส่วนในจุดที่ 5 ชั้น B ที่ตรวจพบว่ามีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กสูง เนื่องจากจุดนี้เป็นบริเวณที่ยานพาหนะมีการสัญจรผ่านบ่อยกว่าจุดอื่น เพื่อใช้ในการผ่านขึ้นไปลานจอดรถชั้น A อีกทั้งยังพบว่าในจุดดังกล่าวพัดลมดูดอากาศไม่สามารถดูดอากาศในบริเวณนั้นได้ทั่วถึงเช่นเดียวกับจุดที่ 6 ชั้น A ส่วนในจุดที่ 1 ชั้น B เป็นบริเวณที่เป็นทางลงมาจากชั้น A ซึ่งตลอดระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง พบว่ามักมีรถของผู้ปกครองที่เข้ามารับส่งบุตรหลานเข้ามาจอดสตาร์ทรถเพื่อรอในบริเวณนี้ เพราะใกล้ทางออกไปโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



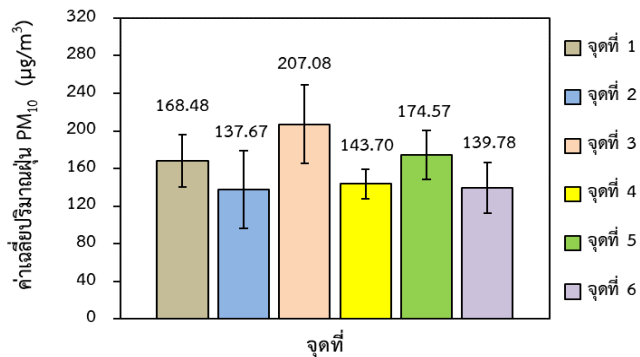
รูปที่ 11 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น PM_{2.5} ที่ตรวจวัดได้ในแต่ละจุดตรวจวัดในชั้นใต้ดิน A



รูปที่ 12 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น PM₁₀ ที่ตรวจวัดได้ในแต่ละจุดตรวจวัดในชั้นใต้ดิน A



รูปที่ 13 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น PM_{2.5} ที่ตรวจวัดได้ในแต่ละจุดตรวจวัดในชั้นใต้ดิน B



รูปที่ 14 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น PM₁₀ ที่ตรวจวัดได้ในแต่ละจุดตรวจวัดในชั้นใต้ดิน B



บทความวิจัย

จากการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} และ PM₁₀ ที่อาคารจอดรถใต้ดินชั้น A และชั้น B เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่กำหนดให้ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} ต้องมีค่าไม่เกิน 37.5 µg/m³ และ PM₁₀ ต้องมีค่าไม่เกิน 120 µg/m³ [6] ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} ของชั้นใต้ดิน A และชั้นใต้ดิน B ในบางจุดเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ รวมถึงค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM₁₀ ของชั้นใต้ดิน A และชั้นใต้ดิน B มีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ด้วยเช่นกัน ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพเมื่อได้หายใจเข้าไป

จากการตรวจวัดปริมาณ PM_{2.5} ในแต่ละจุดตรวจวัดพบว่าส่วนใหญ่มีค่าสูงเกินกว่ามาตรฐานกำหนด ซึ่งผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} มีมากกว่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM₁₀ โดยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} สามารถถูกสูดเข้าลึกถึงทางเดินหายใจและปอดจนไปถึงถุงลมในปอดได้ [3] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} ไปคำนวณเพื่อหาค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI ; Air Quality Index) [11] ซึ่งการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} ของชั้นใต้ดิน A และชั้นใต้ดิน B มีค่าเฉลี่ย 32.1±5.1 µg/m³ และ 30.4±5.7 µg/m³ ตามลำดับ ซึ่งตามมาตรฐานของ EPA ของสหรัฐอเมริกา จะได้ค่า AQI ของ PM_{2.5} ของชั้นใต้ดิน A และชั้นใต้ดิน B อยู่ในช่วง 88-112 และ 85-95 ตามลำดับ แปลความหมายได้ว่าคุณภาพอากาศปานกลางถึงเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งอาจทำให้เกิดการระคายเคืองตา ไอหรือหายใจลำบาก แขนงหน้าอก ปวดศีรษะ อ่อนเพลียได้ [3]

Thongchom และคณะ [12] ได้ทำการศึกษาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ในการรับสัมผัส PM₁₀ ของกลุ่มตัวอย่างพนักงานภายในอาคาร พบว่าหาก

พนักงานมีระยะเวลาทำงานที่มากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน จะเพิ่มความเสี่ยงต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อตรวจวัดภายในอาคารมีค่าเฉลี่ยของ PM₁₀ เท่ากับ 38.1±14.0 µg/m³ โดยพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอาการทั่วไป 75%, ระคายเคืองเยื่อบุโพรงจมูก 57.4%, ระคายเคืองผิวหนัง 45.5% และระคายเคืองดวงตา 54.9% นอกจากนี้ Sundam และคณะ [13] ได้ศึกษาประเมินความเข้มข้นของ PM_{2.5} และผลกระทบของ PM_{2.5} ต่อสุขภาพระบบทางเดินหายใจของคนทำงานกลางแจ้งที่สัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของ PM_{2.5} เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อสุขภาพเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจของผู้รับสัมผัสฝุ่นละอองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยความเข้มข้นสูงสุดของ PM_{2.5} ที่วัดได้คือ 122.9±2.07 µg/m³

3.4 ความเร็วลมที่ช่องดูดอากาศของระบบระบายอากาศภายในอาคารจอดรถใต้ดิน

การตรวจสอบว่าปริมาณอากาศที่ต้องระบายออกของแต่ละช่องดูดอากาศเพียงพอหรือไม่ จะทำการคำนวณโดยใช้สมการที่ 1 แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดจริงในแต่ละช่องดูดอากาศที่นำมาคำนวณปริมาณอากาศที่ต้องระบายออกจริงโดยใช้สมการที่ 2 ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 พบว่าปริมาณอากาศในอาคารจอดรถใต้ดินชั้น A และ B ที่ต้องการระบายออกซึ่งได้จากการคำนวณ เมื่อเทียบกับปริมาณอากาศที่ได้จากการตรวจวัดนั้นไม่เพียงพอต่อการระบายอากาศออกปล่องดูดอากาศ ซึ่งปล่องดูดอากาศที่สามารถดูดอากาศได้เพียงพอส่วนใหญ่จะเป็นปล่องที่อยู่ใกล้กับตัวพัดลมดูดอากาศมากที่สุด เพราะท่อดูดอากาศจะเป็นที่ยาวต่อกัน และในแต่ละชั้นจะมีเครื่องดูด



บทความวิจัย

อากาศ (a, b, c, d) ที่ได้ติดตั้งไว้จำนวน 4 ตัว (รูปที่ 4) โดยเครื่องดูดอากาศแต่ละตัวจะต่อกับปล่องดูดอากาศ 9 ช่อง และบริเวณปากช่องลมไม่มีตัวพัดลมช่วยดูดอากาศ ทำให้กำลังในการดูดอากาศเสียน้อยลง

ตามระยะท่อ ซึ่งปล่องดูดอากาศที่อยู่ไกลจากพัดลมดูดอากาศ เช่น ปล่อง 3a, 6a, 9a เมื่อตรวจวัดแรงลมพบว่าจะมีแรงดูดน้อยกว่าปล่อง 1a, 4a, 7a เป็นต้น

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ต้องระบายออกจากการคำนวณและตรวจวัดได้ในแต่ละช่องดูดอากาศ (หน่วย: m^3/s) (n=216)

ช่องดูดอากาศ	ปริมาณอากาศที่ต้องระบายออก			
	ค่าที่คำนวณ	ค่าเฉลี่ยที่ตรวจวัด	ค่าที่คำนวณ	ค่าเฉลี่ยที่ตรวจวัด
	ชั้นใต้ดิน A		ชั้นใต้ดิน B	
1a	2.5	2.2 \pm 0.09	2.3	3.0 \pm 0.21
2a	2.4	1.0 \pm 0.08	2.2	1.6 \pm 0.09
3a	2.2	0.6 \pm 0.16	2	0.6 \pm 0.05
4a	2.5	1.7 \pm 0.08	2.3	2.5 \pm 0.17
5a	2.4	0.7 \pm 0.05	2.2	1.2 \pm 0.12
6a	2.2	0.2 \pm 0.9	2	0.5 \pm 0.05
7a	2.7	1.9 \pm 0.26	2.5	3.7 \pm 0.26
8a	2.5	0.8 \pm 0.12	2.3	1.0 \pm 0.09
9a	2.3	0.0 \pm 0.00	2.1	0.5 \pm 0.08
1b	2.7	1.4 \pm 0.08	2.5	2.9 \pm 0.09
2b	2.5	1.0 \pm 0.09	2.3	1.0 \pm 0.16
3b	2.3	0.4 \pm 0.05	2.1	0.5 \pm 0.05
4b	2.8	2.2 \pm 0.05	2.6	3.5 \pm 0.12
5b	2.7	0.7 \pm 0.09	2.5	1.4 \pm 0.09
6b	2.5	0.5 \pm 0.05	2.3	0.4 \pm 0.00
7b	2.8	2.4 \pm 0.08	2.6	3.0 \pm 0.12
8b	2.7	0.7 \pm 0.05	2.5	1.1 \pm 0.05
9b	2.5	0.0 \pm 0.00	2.3	0.3 \pm 0.05
1c	2.3	0.6 \pm 0.05	2.1	0.3 \pm 0.08
2c	2.3	1.2 \pm 0.08	2.1	1.6 \pm 0.05



ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบปริมาณอากาศที่ต้องระบายออกจากการคำนวณและตรวจวัดได้ในแต่ละช่องดูดอากาศ (หน่วย: m^3/s) (n=216)

ช่องดูดอากาศ	ปริมาณอากาศที่ต้องระบายออก			
	ค่าที่คำนวณ	ค่าเฉลี่ยที่ตรวจวัด	ค่าที่คำนวณ	ค่าเฉลี่ยที่ตรวจวัด
	ชั้นใต้ดิน A		ชั้นใต้ดิน B	
3c	2.6	1.1 \pm 0.09	2.4	2.5 \pm 0.17
4c	2.5	0.0 \pm 0.00	2.3	0.4 \pm 0.05
5c	2.5	0.7 \pm 0.17	2.3	1.1 \pm 0.08
6c	2.7	1.9 \pm 0.09	2.5	2.5 \pm 0.08
7c	2.5	0.4 \pm 0.08	2.3	0.5 \pm 0.00
8c	2.5	0.4 \pm 0.05	2.3	1.7 \pm 0.09
9c	2.7	1.6 \pm 0.05	2.5	2.4 \pm 0.05
1d	2.2	0.0 \pm 0.00	2.0	0.3 \pm 0.00
2d	2.2	0.7 \pm 0.05	2.0	1.1 \pm 0.05
3d	2.5	2.2 \pm 0.08	2.3	3.7 \pm 0.08
4d	2.2	0.3 \pm 0.08	2.0	0.4 \pm 0.00
5d	2.2	0.6 \pm 0.09	2.0	1.4 \pm 0.08
6d	2.5	1.7 \pm 0.09	2.3	3.0 \pm 0.16
7d	2.3	0.0 \pm 0.00	2.1	0.7 \pm 0.05
8d	2.3	0.8 \pm 0.08	2.1	1.4 \pm 0.09
9d	2.6	1.3 \pm 0.12	2.4	2.8 \pm 0.09

3.5 ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ

จากการตรวจวัดปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (รูปที่ 15 และรูปที่ 16) พบว่าจะมีค่าลดลงตั้งแต่ช่วงเวลา 06.00 น. เป็นต้นไปและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงเวลาประมาณ 17.00-18.00 น. ทั้งนี้เนื่องจากในเวลากลางวันอากาศร้อน ทำให้ความชื้นในบรรยากาศลดลง ความร้อนจะทำให้ไอน้ำมีการระเหย ส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ลดลงใน

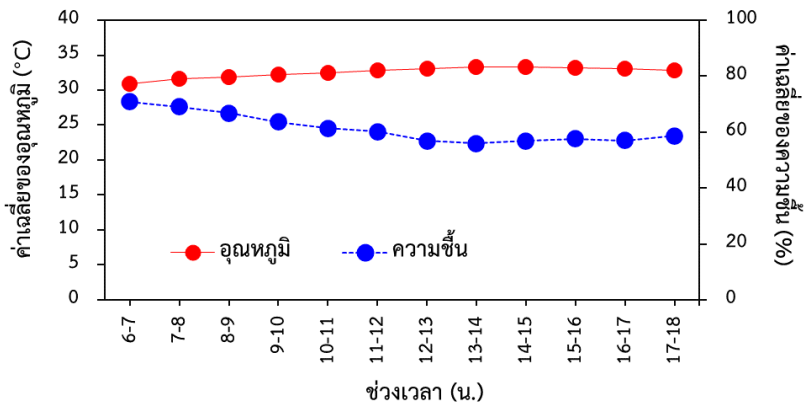
ช่วงเวลากลางวัน ตรงกันข้ามกับในช่วงเย็นที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากอุณหภูมิในตอนเย็นลดลงเล็กน้อยส่งผลให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ในชั้นใต้ดิน A และชั้นใต้ดิน B มีทิศทางของการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดที่ตรวจวัดได้ในชั้นใต้ดิน A และชั้นใต้ดิน B มีค่า 70.8 \pm 0.89% และ 68.0 \pm 1.1% ตาม



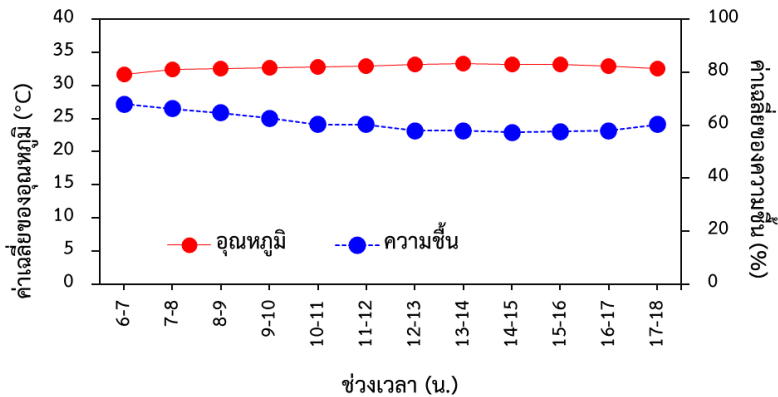
บทความวิจัย

ลำดับ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ 57.7±2.67% และ 57.2±2.09% ตามลำดับ การที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้น สอดคล้องกับผลจากการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ (รูปที่ 15 และรูปที่ 16) ที่พบว่าในช่วงเช้า (06.00-07.00 น.) อุณหภูมิที่ตรวจวัดได้เฉลี่ยจะมีค่าต่ำ หลังจากนั้นตั้งแต่เวลา 07.00 น. อุณหภูมิที่ตรวจวัดได้จะค่อยๆสูงขึ้น และจะ

ลดลงเล็กน้อยในช่วงเย็น (17.00-18.00 น.) โดยจากการตรวจวัดพบว่า อุณหภูมิต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ในพื้นที่ชั้นใต้ดิน A และชั้นใต้ดิน B คือ 30.9±0.46°C และ 31.6±0.50°C ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิสูงสุดในพื้นที่ชั้นใต้ดิน A และชั้นใต้ดิน B คือ 33.4±0.54°C และ 33.2±0.13°C ตามลำดับ



รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ที่ตรวจวัดได้ในชั้นใต้ดิน A



รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ที่ตรวจวัดได้ในชั้นใต้ดิน B



บทความวิจัย

3.6 ข้อเสนอแนะเพื่อการลดผลกระทบปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก

แนวทางในการบรรเทาผลกระทบจากฝุ่นละอองขนาดเล็กสามารถเสนอแนวทางที่แบ่งเป็นในระยะสั้นและระยะยาว เพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้เข้ามาใช้บริการและเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานภายในอาคารจอดรถใต้ดิน ได้ดังนี้

3.6.1 แนวทางการแก้ไขปัญหาระยะสั้น

ก) ให้ผู้ทำงานอยู่ในบริเวณพื้นที่อาคารจอดรถใต้ดินมีอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก เช่น สวมหน้ากาก N95 เป็นต้น

3.6.2 แนวทางการแก้ไขปัญหาระยะยาว

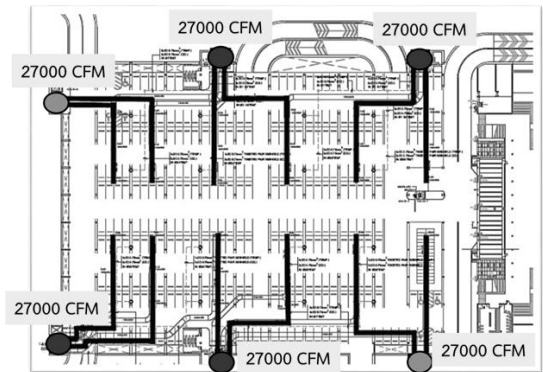
ก) ให้มีการติดตั้งจุดฉีดพ่นหมอกละอองน้ำขนาดเล็กใน 2 ช่วงเวลาที่มีการจราจรคับคั่ง คือ 06.00-08.00 น. และ 16.00-18.00 น. โดยทำการฉีดพ่นละอองน้ำเพื่อให้ฝุ่นละอองขนาดเล็กสามารถจับตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่แล้วตกลงสู่พื้น แต่เนื่องจากละอองน้ำเป็นละอองน้ำที่มีขนาดเล็กมาก จึงสามารถระเหยได้รวดเร็ว และไม่ทำให้เกิดน้ำเสียขึ้นภายในบริเวณอาคารจอดรถ

ข) ให้มีการติดตั้งพัดลม (รูปที่ 17) [14] เป็นจุด ๆ บริเวณภายในอาคารจอดรถใต้ดิน โดยเฉพาะจุดที่เป็นพื้นที่อับลม และจุดที่มีการตรวจวัดได้ค่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กสูง เพื่อช่วยให้มีการไหลเวียนของอากาศได้ดียิ่งขึ้น

ค) ให้มีการติดตั้งพัดลมดูดอากาศเพิ่มเพื่อให้สามารถระบายอากาศออกได้เพียงพอ ซึ่งพัดลมเดิมที่มีอยู่จะสามารถดูดอากาศได้สำหรับท่อ 2 เส้น หรือปล่อง 6 ปล่องเท่านั้น โดยให้เพิ่มพัดลมดูดอากาศอีกชั้นละ 2 ตัวแล้วต่อเชื่อมปล่องดูดอากาศดังรูปที่ 18



รูปที่ 17 ตัวอย่างพัดลมที่ใช้ช่วยในการไหลเวียนของอากาศ



รูปที่ 18 ตัวอย่างการติดตั้งพัดลมดูดอากาศเพิ่มและการแบ่งปล่องดูดอากาศในชั้นใต้ดิน A และ B

4. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กในอาคารจอดรถใต้ดิน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าปริมาณยานพาหนะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ที่พบว่าในวันที่มีปริมาณยานพาหนะเข้ามาใช้บริการในอาคารจอดรถมาก รวมถึงช่วงเวลาที่ปริมาณยานพาหนะเข้าออกมาก จะทำให้ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ และ



บทความวิจัย

PM₁₀ เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพต่อผู้ที่เข้ามาใช้บริการในอาคารจอดรถใต้ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในบริเวณนั้น เนื่องจากตรวจพบว่าการระบายอากาศไม่สามารถระบายอากาศได้เพียงพอ และมีบริเวณที่อับลมที่ระบบระบายอากาศไม่ทั่วถึง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องลดผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากยานพาหนะโดยสามารถทำได้หลายวิธี รวมถึงสวมอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลเพื่อลดการสูดดมฝุ่นละอองขนาดเล็กเข้าสู่ร่างกาย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2564 หมายเลขโครงการ 177/2564 ผู้วิจัยขอขอบคุณนิสิตที่ช่วยเก็บข้อมูลในการทำวิจัย ส่วนพัฒนากายภาพมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่เอื้อเพื่อข้อมูลเบื้องต้นและสถานที่ในการเก็บข้อมูลวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่เอื้อเพื่อวัสดุอุปกรณ์ให้กับคณะผู้วิจัยเพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างงานวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] X. Wang and H.O. Gao, Exposure to fine particle mass and number concentrations in urban transportation environments of New York city, Transportation Research Part D, 2011, 16, 384-391.

- [2] A. Chlebnikovas and R. Jasevičius, Air pollution with fine particles in closed parking and theoretical studies of the interaction of inhaled particles in respiratory tract, Buildings, 2022, 12, 1-19.
- [3] S. You, Z. Yao, Y. Dai and C.H. Wang, A comparison of PM exposure related to emission hotspots in a hot and humid urban environment: concentrations, compositions, respiratory deposition, and potential health risks, Science of The Total Environment, 2017, 599-600, 464-473.
- [4] B.J. He, D.X. Zhao, J. Zhu, A. Darko and Z.H. Gou, Promoting and implementing urban sustainability in China: an integration of sustainable initiatives at different urban scales, Habitat International, 2018, 82, 83-93.
- [5] Z. Liu, K. Cheng, H. Li, G. Cao, D. Wu and Y. Shi, Exploring the potential relationship between indoor air quality and the concentration of airborne culturable fungi: a combined experimental and neural network modeling study, Environmental Science and Pollution Research, 2018, 25, 3510-3517.
- [6] <https://www.pcd.go.th/laws/30035>. (Accessed on 5 November 2023)
- [7] ASHRAE 62.1, Standard Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 2022.



- [8] L. Bai, J.Q. Fu and Y.T. Sun, Analysis on factors that influence concentration of PM_{2.5} expelled in vehicle exhaust in underground parking lots of large shopping centers in Changchun, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2020, 605, 1-8.
- [9] Z. Liu, H. Yin, G. Jin, J. Gao and W. Ding, On-site assessments on variations of PM_{2.5}, PM₁₀, CO₂ and TVOC concentrations in naturally ventilated underground parking garages with traffic volume, Environmental Pollution, 2019, 247, 626-637.
- [10] C. Pheutfoo and S. Bualert, Size distribution of ambient nanosized particulate matters in urban area: Bangkok, KKU Research Journal, 2014, 4(4), 80-92. (in Thai)
- [11] <https://www.airnow.gov/aqi/aqi-calculator/>. (Accessed on 15 November 2023)
- [12] T. Thongchom, N. On-si, C. Puongphan, T. Chumprasittichok and T. Neamhom, Health risks from indoor PM₁₀ and effects of sick building syndrome in office workers, Thai Journal of Public Health, 2021, 51(2), 170-180.
- [13] T.K.M. Sundram, E.S.S. Tan, S.C. Cheah, H.S. Lim, M.S. Seghayat, N.A. Bustami and C.K. Tan, Impacts of particulate matter (PM_{2.5}) on the health status of outdoor workers: observational evidence from Malaysia, Environmental Science and Pollution Research, 2022, 29, 71064-71074.
- [14] <http://www.parking-net.com/parking-news/underground-parking-garage-ventilation>. (Accessed on 5 November 2023)