



นวัตกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศรุ่นใหม่ละอองขนาดเล็กจาก
การจราจร



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

นวัตกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นละอองขนาดเล็กจาก
การจราจร



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "นวัตกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นละอองขนาดเล็กจาก
การจราจร"

ของ โอบาส พุกกลิ่น

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธनिया เจตียนุกรกุล)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปจรรย์ ทองสนิท)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาวัลย์ คณิตชัยเดชา)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ดร.สุภาวรรณ ศรีรัตนา)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ดร.พรนภา สุตะวงศ์)

อนุมัติ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กรรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

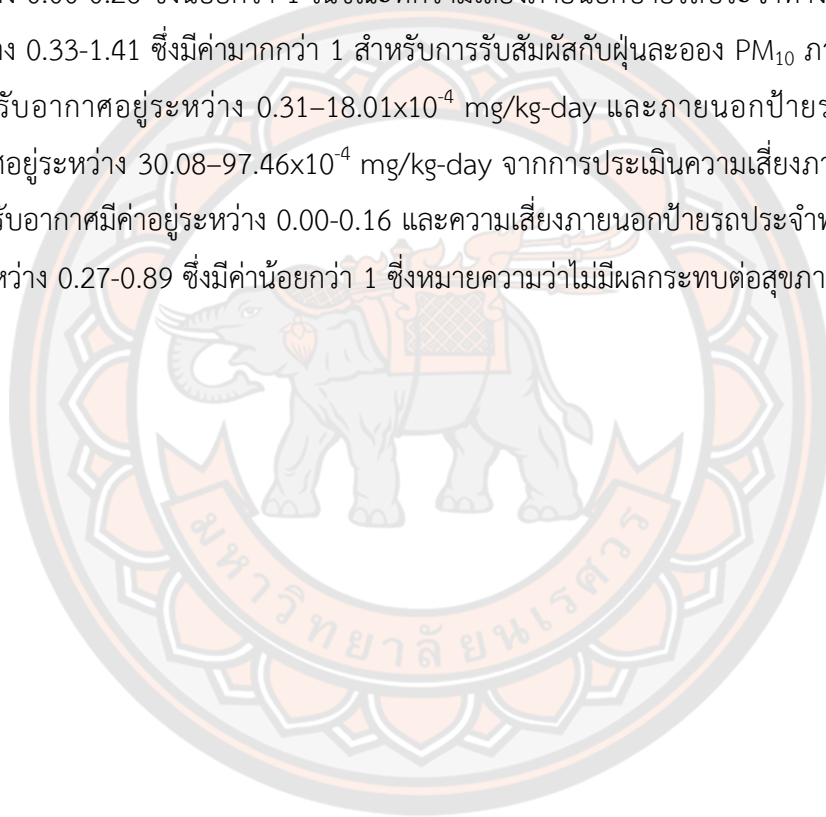
ชื่อเรื่อง	นวัตกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจร
ผู้วิจัย	โอภาส พุกกลิ่น
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาจริย์ ทองสนิท
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ ปร.ด. วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566
คำสำคัญ	นวัตกรรม, ป้ายรถประจำทาง, ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน, ยานพาหนะ, การประเมินการรับสัมผัสทางการหายใจ, การประเมินระดับความเสี่ยง

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยเรื่องนวัตกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจรมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดตั้งอุปกรณ์กรองฝุ่นเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการลดฝุ่นของป้ายรถประจำทางแบบปรับอากาศและกรองฝุ่นสำหรับประชาชนที่ใช้บริการรถประจำทาง โดยตรวจวัดฝุ่นละออง PM_{2.5} และ PM₁₀ ด้วยเครื่องวัดเซ็นเซอร์ PMS7003 การประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} และฝุ่นละออง PM₁₀ จากท่อไอเสียรถยนต์และการจราจรบริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสาร และบริเวณริมถนน ของประชาชนในพื้นที่ จังหวัดอุทัยธานี โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} และ PM₁₀ ด้วยเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบเซ็นเซอร์ PMS5003 จำนวน 3 จุดตรวจวัด ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 และประเมินปริมาณการได้รับสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} และ PM₁₀ ของประชาชนเฉลี่ยรายวันโดยใช้สูตร Hazard Quotient (HQ) = (Exposure (mg/kg/day))/(RfC (mg/kg/day))

จากผลการศึกษาพบว่าบริเวณที่มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} และ PM₁₀ มากที่สุด คือ บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานีซึ่งมีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} และ PM₁₀ เท่ากับ 58.40 µg/m³ และ 64.134 µg/m³ ตามลำดับ และบริเวณที่มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} และ PM₁₀ น้อยที่สุด คือ บริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดอุทัยธานี ซึ่งมีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} และ PM₁₀ เท่ากับ 51.41 µg/m³ และ 58.01 µg/m³ ตามลำดับ โดยพบว่าช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วน (07.00 น. – 08.00 น.) เป็นช่วงเวลาที่มีความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} และ PM₁₀ ค่ามากที่สุด คือ 75.26 µg/m³ และ 81.08 µg/m³ และจากการประเมินปริมาณการได้รับสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} และ PM₁₀ ของประชาชนเฉลี่ยรายวัน พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 15.39 x10⁻³ mg/kg-day - 29.32x10⁻³ mg/kg-day และ 17.85 x10⁻³

mg/kg-day - 30.96×10^{-3} mg/kg-day และจากการประเมินความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) พบว่ามีค่ามากกว่า 1 ในขณะที่วิธีการป้องกันฝุ่นจากภายนอกสามารถลดฝุ่นละอองภายในห้องป้ายรถประจำทาง ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีการด้านวิศวกรรมในการออกแบบ ติดตั้ง ตรวจสอบ และควบคุม กำกับให้เป็นไปตามมาตรฐานด้วยการใช้ระบบความดันอากาศพร้อมระบบฟอกอากาศ จากผลการศึกษาพบว่า การรับสัมผัสกับฝุ่นละออง PM_{2.5} ภายในป้ายรถประจำทางปรับอากาศอยู่ระหว่าง $0.00-12.98 \times 10^{-4}$ mg/kg-day และภายนอกป้ายรถประจำทางปรับอากาศอยู่ระหว่าง $20.47-70.26 \times 10^{-4}$ mg/kg-day จากการประเมินความเสี่ยงภายในป้ายรถประจำทางปรับอากาศมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-0.26 ซึ่งน้อยกว่า 1 ในขณะที่ความเสี่ยงภายนอกป้ายรถประจำทางปรับอากาศมีค่าอยู่ระหว่าง 0.33-1.41 ซึ่งมากกว่า 1 สำหรับการรับสัมผัสกับฝุ่นละออง PM₁₀ ภายในป้ายรถประจำทางปรับอากาศอยู่ระหว่าง $0.31-18.01 \times 10^{-4}$ mg/kg-day และภายนอกป้ายรถประจำทางปรับอากาศอยู่ระหว่าง $30.08-97.46 \times 10^{-4}$ mg/kg-day จากการประเมินความเสี่ยงภายในป้ายรถประจำทางปรับอากาศมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-0.16 และความเสี่ยงภายนอกป้ายรถประจำทางปรับอากาศมีค่าอยู่ระหว่าง 0.27-0.89 ซึ่งค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งหมายความว่าไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ



Title	INNOVATIVE DESIGN FOR AIR-CONDITIONED BUS STOP TO REDUCE FINE PARTICULATE MATTER FROM TRAFFIC
Author	Opas Pukklin
Advisor	Assistant Professor Pajaree Thongsanit, Ph.D.
Academic Paper	Ph.D. Dissertation in Environmental Engineering, Naresuan University, 2023
Keywords	Innovation design, Bus stop, PM _{2.5} and PM ₁₀ , Vehicle emission, Inhalation exposure assessment, Hazard quotient

ABSTRACT

This research aims to study the innovation of a prototype air-conditioned bus waiting stop designed to reduce dust from traffic in the area of the city. Uthai tani Province, Thailand. Objectives are to design a closed air-conditioned bus stop and install a dust filter device and test the effectiveness of reducing the amount of dust generated by traffic in the bus stop area. Data on PM_{2.5} (Particulate Matter of size less than 2.5 micron) and PM₁₀ (Particulate Matter of size less than 10 micron) was collected with the air quality sensor model number PMS7003. The concentrations of PM_{2.5} and PM₁₀ in three stations in the city of Uthai tani were investigated using PM_{2.5} and PM₁₀ air quality detectors with dust detector model number of PMS5003 sensor meter in January 2022 to May 2022. The PM_{2.5} and PM₁₀ exposure of the people near those stations was evaluated and the health risk was calculated using Hazard Quotient (HQ).

The results indicated that the highest concentrations of PM_{2.5} and PM₁₀ were detected at the station on the roadside in front of the Central Stadium of Uthai thani Province with the PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations of 58.40 µg/m³ and 64.13 µg/m³, respectively. Whereas the lowest concentrations of PM_{2.5} and PM₁₀ were found at the main bus station of Uthai thani Province with the PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations of 51.41 µg/m³ and 58.01 µg/m³, respectively. In addition, the results also showed that, in the rush hours (7:00 a.m. to 8:00 a.m.), the PM_{2.5} and PM₁₀

concentrations reached the peak of $75.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $81.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. From exposure assessment, the average daily intake of $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} of people were in the range of 15.39×10^{-3} to 29.32×10^{-3} $\text{mg}/\text{kg}\text{-day}$ and 17.85×10^{-3} to 30.96×10^{-3} $\text{mg}/\text{kg}\text{-day}$, respectively. The HQ values from both $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} exposure were greater than 1. The study found that the designed air-conditioned bus stop prototype can reduce the amount of particulate matter caused by traffic from the application of engineering knowledge in its design, installation, inspection, and can control dust levels with air pressure systems and air purification systems. Exposure to $\text{PM}_{2.5}$ dust within air-conditioned bus stops reduces dust within the range $0.00\text{--}12.98 \times 10^{-4}$ $\text{mg}/\text{kg}\text{-day}$ outside the air-conditioned bus stop reduces dust within the range $20.47\text{--}70.26 \times 10^{-4}$ $\text{mg}/\text{kg}\text{-day}$. The evaluation of HQ inside air-conditioned bus stops reduces dust in the range of $0.00\text{--}0.26$, which is less than 1. Outside air-conditioned bus stops, dust reduction is in the range of $0.33\text{--}1.41$, which has a value greater than 1. Exposure to PM_{10} dust within air-conditioned bus stops reduces dust within the range $0.31\text{--}18.01 \times 10^{-4}$ $\text{mg}/\text{kg}\text{-day}$ outside the air-conditioned bus stop reduces dust within the range $30.08\text{--}97.46 \times 10^{-4}$ $\text{mg}/\text{kg}\text{-day}$. The HQ evaluation inside the air-conditioned bus stop reduces dust is in the range of $0.00\text{--}0.16$ and outside the air-conditioned bus stop reduces dust is in the range $0.27\text{--}0.89$, which has a value less than 1, meaning that those who use the service at each measurement point do not have an impact to health.

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปจรรย์ ทองสนิท อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาเป็นทีปรึกษาในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทาง รวมทั้งการติดตามประเมินผลการทำวิทยานิพนธ์อย่างต่อเนื่องและผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณองค์การบริหารส่วนจังหวัดอุทัยธานี ที่ได้เปิดโอกาสให้ได้เข้ารับการศึกษาล่าเรียนระหว่างอยู่ในราชการ

ขอขอบคุณประชาชนที่อยู่ในกลุ่มเป้าหมายทั้ง 3 จุด ในการช่วยทำแบบสอบถาม

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง รวมทั้งให้ใช้ห้องปฏิบัติการมลพิษทางอากาศ ซึ่งทำให้การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณบุคลากร เจ้าหน้าที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่คอยให้คำแนะนำการทำงานวิจัย และการทพเรื่องเอกสารต่าง ๆ ในการสำเร็จการศึกษา

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่ได้คอยช่วยสนับสนุนให้ได้รับการศึกษาล่าเรียน ตลอดตนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

โอภาส พุกกลิ่น

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
ประกาศคุณูปการ.....	ช
สารบัญ.....	ซ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	๗
ตัวอักษรย่อ.....	ด
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	6
คำถามการวิจัย.....	7
ขอบเขตของการวิจัย.....	8
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
ตัวแปรที่มีผลต่อการศึกษา.....	9
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับฝุ่นละออง.....	10
ความรู้เกี่ยวกับการตรวจวัดฝุ่นละออง.....	19
ผลกระทบของฝุ่นละออง.....	28
ความรู้เกี่ยวกับระบบขนส่ง.....	33

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ.....	42
ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการป้องกันฝุ่นละออง.....	45
ความรู้เกี่ยวกับจังหวัดอุทัยธานี.....	51
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	62
บทที่ 3 วิธีการศึกษาวิจัย.....	66
พื้นที่ในการศึกษาวิจัย.....	66
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	67
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	68
วิธีการศึกษาวิจัย.....	70
การวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผล.....	76
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....	80
ข้อมูลผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก.....	80
ข้อมูลผลการประเมินการสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อ สุขภาพ.....	90
ข้อมูลผลการออกแบบป้ายรถประจำทาง.....	101
ข้อมูลประสิทธิภาพการลดการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กของป้ายรถประจำทาง.....	103
สรุปและอภิปรายผล.....	116
บทที่ 5 บทสรุป.....	122
สรุปผลการศึกษา.....	122
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	125
ข้อเสนอแนะจากการศึกษา.....	125
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	126

บรรณานุกรม.....	127
ภาคผนวก.....	134
ประวัติผู้วิจัย.....	199



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในต่างประเทศ.....	17
ตาราง 2 ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศไทย.....	18
ตาราง 3 วิธีการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศไทย.....	20
ตาราง 4 ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ	27
ตาราง 5 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย.....	28
ตาราง 6 ประเภทรถยนต์ที่จดทะเบียนในช่วงปีงบประมาณ 2561 – 2564.....	34
ตาราง 7 การปลดปล่อยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) ของยานพาหนะแต่ ละประเภท.....	41
ตาราง 8 ช่องทางต่าง ๆ ของร่างกายที่สิ่งคุกคามเข้าสู่ร่างกายของผู้รับสัมผัส	43
ตาราง 9 ค่าคงที่สำหรับประเมินการได้รับสัมผัส.....	44
ตาราง 10 สรุปแนวทางการประเมินการรับสัมผัส.....	45
ตาราง 11 ขอบเขตการปกครองจังหวัดอุทัยธานี.....	54
ตาราง 12 การคมนาคมทางบกของจังหวัดอุทัยธานี.....	55
ตาราง 13 การคมนาคมทางบกของจังหวัดอุทัยธานี.....	56
ตาราง 14 ค่าเฉลี่ยรายเดือนปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM _{2.5}) และฝุ่นละอองขนาดไม่ เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) ในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานี ปี พ.ศ. 2565-2566	60
ตาราง 15 ค่าเฉลี่ยรายเดือนปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM _{2.5}) และฝุ่นละอองขนาดไม่ เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) ในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานีและจังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2565- 2566.....	61

ตาราง 16 ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่พิจารณาจากจำนวนประชากร (คิดเป็นร้อยละ).....	68
ตาราง 17 การแทนค่าของตัวแปรการคำนวณปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจร.....	77
ตาราง 18 การแทนค่าของตัวแปรการคำนวณระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ.....	78
ตาราง 19 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) และไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565.....	82
ตาราง 20 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) และไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565.....	85
ตาราง 21 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) และไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิม พระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565.....	88
ตาราง 22 ผลการประเมินการรับสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) สุขภาพ จากฝุ่นละอองขนาดเล็ก บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี	92
ตาราง 23 การอธิบายลักษณะความเสี่ยงต่อสุขภาพจากจำนวนวันที่มีการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กบริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี.....	94
ตาราง 24 ผลการประเมินการรับสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ จากฝุ่นละอองขนาดเล็ก บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี.....	95
ตาราง 25 การอธิบายลักษณะความเสี่ยงต่อสุขภาพจากจำนวนวันที่มีการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี.....	97

ตาราง 26 ผลการประเมินการรับสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ จากฝุ่นละอองขนาดเล็ก บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี.....	99
ตาราง 27 การอธิบายลักษณะความเสี่ยงต่อสุขภาพจากจำนวนวันที่มีการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี.....	101
ตาราง 28 ผลการประเมินการรับสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) ระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง.....	111
ตาราง 29 การอธิบายลักษณะความเสี่ยงต่อสุขภาพจากจำนวนวันที่มีการสัมผัสฝุ่นละอองฝุ่น PM _{2.5} จากการจราจรภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง ระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2565.....	113
ตาราง 30 ผลการประเมินการรับสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) ระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง.....	114
ตาราง 31 การอธิบายลักษณะความเสี่ยงต่อสุขภาพจากจำนวนวันที่มีการสัมผัสฝุ่นละอองฝุ่น PM ₁₀ จากการจราจรภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง ระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2565.....	116

สารบัญภาพ

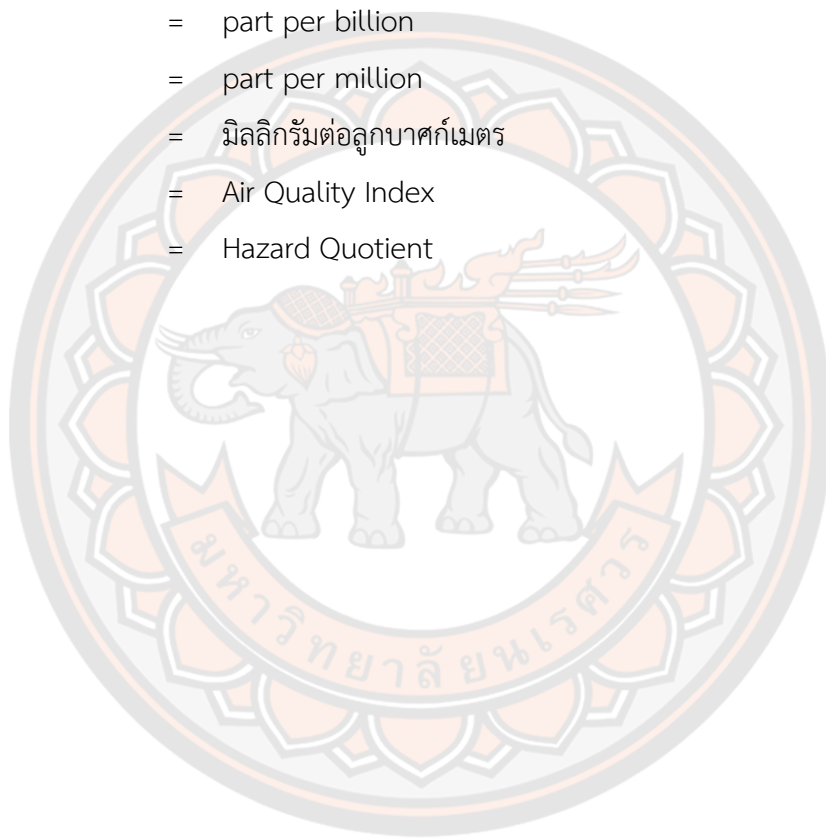
	หน้า
ภาพ 1 แผนที่แสดงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM _{2.5} ในแต่ละประเทศทั่วโลก	2
ภาพ 2 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM _{2.5} เฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2555-2564.....	3
ภาพ 3 แผนผังแสดงระบบภาวะมลพิษอากาศ (Air Pollution System).....	11
ภาพ 4 ประเภทของแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง.....	16
ภาพ 5 วิธีการตรวจวัดแบบ Beta Radiation Attenuation หรือ Beta Ray Attenuation	21
ภาพ 6 ระบบตรวจวัดฝุ่นละอองแบบ Tapered Element Oscillating Microbalance	21
ภาพ 7 เครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองแบบ Light Scattering	22
ภาพ 8 ระบบการทำงานของเครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นด้วย Dichotomus Air Sample	23
ภาพ 9 ระบบการทำงานของเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแบบ High Volume Air Sampler.....	23
ภาพ 10 เครื่องวัดคุณภาพอากาศ PM _{2.5} (PMS7003 WiFi)	24
ภาพ 11 การเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ.....	33
ภาพ 12 รถโดยสารแบบมาตรฐาน (Standard buses).....	37
ภาพ 13 รถโดยสารขนาดเล็ก (Minibuses).....	38
ภาพ 14 รถโดยสารแบบสองชั้น (Double Decker Buses).....	38
ภาพ 15 รถโดยสารแบบต่อพ่วง (Articulated or bending buses)	39
ภาพ 16 รถตู้มาตรฐาน (Standard van)	39
ภาพ 17 รถตู้ที่ได้รับการต่อเติม (Modified van).....	40
ภาพ 18 รถโดยสารขนาดเล็ก (Small bus).....	40
ภาพ 19 กลไกการทำงานของแผ่นกรอง HEPA	48

ภาพ 20	หลักการกรองแบบทางกล.....	48
ภาพ 21	หลักการกรองทางไฟฟ้า.....	49
ภาพ 22	หลักการกรองทางเคมี.....	49
ภาพ 23	แผนที่จังหวัดอุทัยธานี	53
ภาพ 24	พื้นที่ในการศึกษาศึกษาวิจัย.....	67
ภาพ 25	เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นชนิดพกพา รุ่น PMS5003	69
ภาพ 26	เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นชนิดพกพา รุ่น PMS7003	69
ภาพ 27	การออกแบบพื้นและโครงสร้างพื้น	71
ภาพ 28	อาคารปิดแบบโปร่งแสง สามารถมองเห็นด้านนอกได้ จำนวน 3 ด้าน.....	72
ภาพ 29	ลักษณะอาคารแบบปิดป้องกันฝุ่นจากภายนอกเข้าไปภายใน.....	73
ภาพ 30	การติดตั้งระบบปรับอากาศ ระบบกรองฝุ่น และระบบฟอกอากาศ	74
ภาพ 31	แบบจำลองป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจร	75
ภาพ 32	ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) บริเวณสถานี ขนส่งจังหวัดอุทัยธานี.....	83
ภาพ 33	ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) บริเวณสถานี ขนส่งจังหวัดอุทัยธานี.....	84
ภาพ 34	ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) บริเวณริมถนน สายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี.....	86
ภาพ 35	ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) บริเวณริมถนน สายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี.....	87
ภาพ 36	ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) บริเวณ มหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี.....	89

ภาพ 37 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) บริเวณ มหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี.....	90
ภาพ 38 ทิศทางการไหลของอากาศภายในป้ายรถประจำทาง	102
ภาพ 39 ป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดตั้งอุปกรณ์กรองฝุ่น	103
ภาพ 40 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ภายนอก - ภายในป้ายรถประจำทาง ระหว่างเดือนมิถุนายน - เดือนสิงหาคม 2565.....	104
ภาพ 41 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายนอก - ภายในป้ายรถประจำทาง ระหว่างเดือนมิถุนายน - เดือนสิงหาคม 2565.....	105
ภาพ 42 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ภายนอก - ภายในป้ายรถประจำทางในเดือน มิถุนายน 2565.....	106
ภาพ 43 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ภายนอก-ภายในป้ายรถประจำทางในเดือน กรกฎาคม 2565	107
ภาพ 44 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ภายนอก - ภายในป้ายรถประจำทางในเดือน สิงหาคม 2565.....	107
ภาพ 45 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM_{10} ภายนอก - ภายในป้ายรถประจำทางในเดือน มิถุนายน 2565.....	108
ภาพ 46 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM_{10} ภายนอก - ภายในป้ายรถประจำทางในเดือน กรกฎาคม 2565	109
ภาพ 47 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM_{10} ภายนอก - ภายในป้ายรถประจำทางในเดือน สิงหาคม 2565.....	109

ตัวอักษรย่อ

Respirable dust	=	อนุภาคขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับ 10 ไมโครเมตร แขนงลอยในอากาศที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ และสามารถเข้าถึงและสะสมในบริเวณพื้นที่แลกเปลี่ยนอากาศของปอด
PM _{2.5}	=	Particulate matter with diameter of less than 2.5 micron
PM ₁₀	=	Particulate matter less than 10 microns
ppb	=	part per billion
ppm	=	part per million
mg/m ³	=	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
AQI	=	Air Quality Index
HQ	=	Hazard Quotient

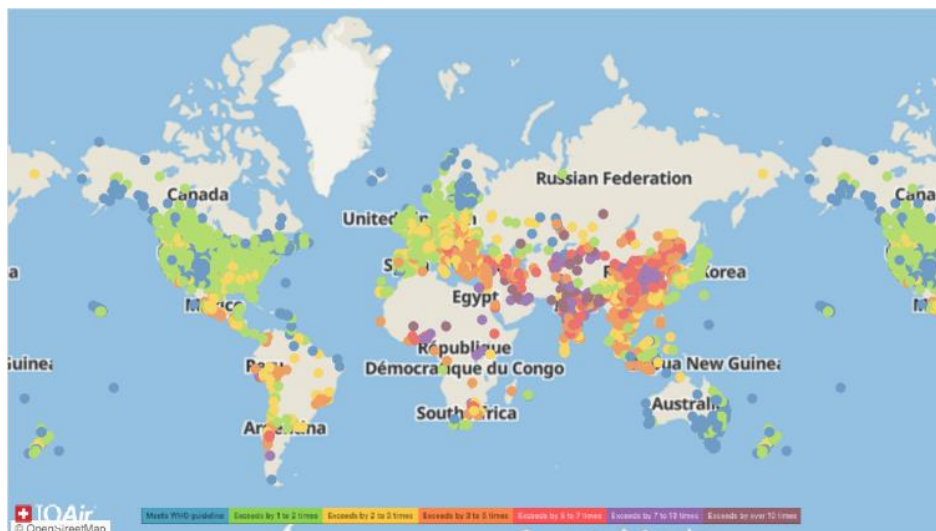


บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

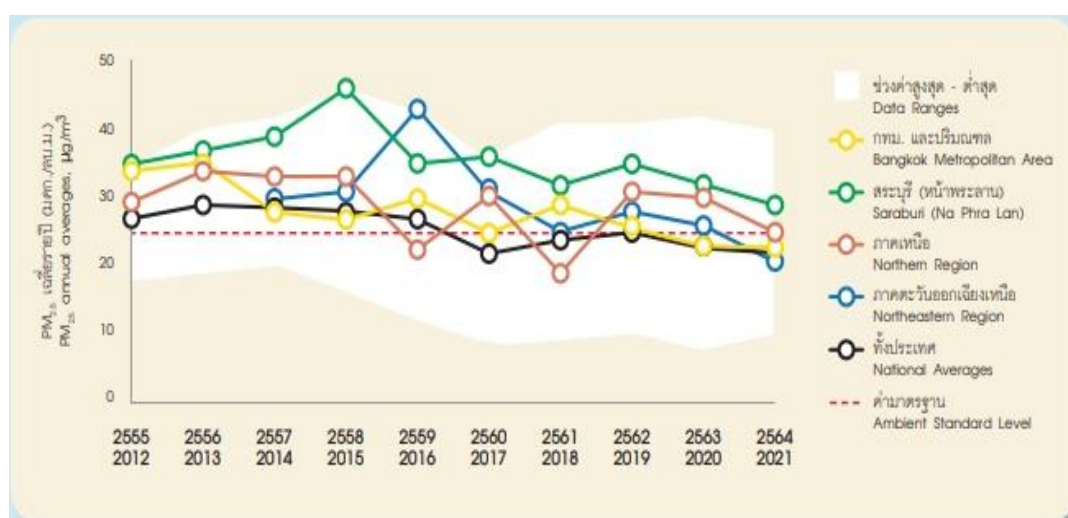
อากาศ เป็นหนึ่งในความต้องการขั้นพื้นฐานทางกายภาพเพื่อความอยู่รอดของมนุษย์ เมื่ออากาศเต็มไปด้วยมลพิษทั้งจากก๊าซอันตรายและฝุ่นละอองขนาดเล็กจึงส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ทั้งระบบทางเดินหายใจ หัวใจ เยื่อปอดและจมูก จากรายงานข้อมูลคุณภาพสิ่งแวดล้อมสะท้อนให้เห็นว่า ฝุ่นพิษ หรือมลพิษทางอากาศประเภทฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) และขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วง 10 ปีที่ผ่านมามลพิษทางอากาศยังคงเป็นภัยคุกคามต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่ร้ายแรงที่สุดชนิดหนึ่ง ซึ่งการสัมผัสมลพิษทางอากาศเป็นสาเหตุที่ทำให้สุขภาพของประชากรกลุ่มเปราะบางแยลงและเสียชีวิตก่อนวัยอันควร โดยเฉพาะในกลุ่มประชากรที่ป่วยด้วยโรคหอบหืด โรคมะเร็ง โรคปอด และโรคหัวใจ (1, 2) ในแต่ละปี มีประชากรทั่วโลกมากกว่า 6 ล้านคนเจ็บป่วยและเสียชีวิตจากมลพิษทางอากาศซึ่ง 90% ของการเสียชีวิตจากมลพิษทางอากาศ เกิดขึ้นในประเทศที่มีรายได้น้อยและรายได้ปานกลาง (3) จากรายงานคุณภาพอากาศโลกประจำปีครั้งที่ 5 ขององค์การอนามัยโลก (4) จากสถานีตรวจวัดทั่วโลกกว่า 7,323 สถานี ใน 131 ประเทศ พบว่า ในปี 2565 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} อยู่ที่ 5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (µg/m³) โดย 118 ประเทศพบปัญหาความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} สูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ WHO กำหนด ซึ่งประเทศที่พบปัญหาความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} สูงที่สุดของโลก 5 อันดับแรก ได้แก่ ซาอุดีอาระเบีย (89.7 µg/m³) อิรัก (80.1 µg/m³) ปากีสถาน (70.9 µg/m³) บาห์เรน (66.6 µg/m³) และบังกลาเทศ (65.8 µg/m³) และมีเพียง 6 ประเทศเท่านั้นที่มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} เป็นไปตามมาตรฐานที่ WHO กำหนด ได้แก่ ออสเตรเลีย เอสโตเนีย ฟินแลนด์ เกรเนดา ไอแลนด์ และนิวซีแลนด์ โดยภูมิภาคเอเชียกลางและเอเชียใต้เป็น 8 ใน 10 เมืองที่มีปัญหาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} เลวร้ายที่สุดในโลก โดยประเทศอินโดนีเซีย เป็นประเทศที่มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ยสูงที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีอยู่ที่ 30.4 µg/m³ รองลงมาคือ ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว 27.6 µg/m³ และประเทศเวียดนาม 27.2 µg/m³



ภาพ 1 แผนที่แสดงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} ในแต่ละประเทศทั่วโลก (5)

สำหรับประเทศไทยนั้น รายงานสถานการณ์และคุณภาพอากาศประเทศไทย (6) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอัตโนมัติทั้งหมด 77 สถานี ทั่วประเทศในปี 2565 พบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM_{2.5} อยู่ที่ 18.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยกรุงเทพมหานครเป็นเมืองที่มีค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} เฉลี่ยรายปีสูงเป็นอันดับที่ 5 ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเป็นอันดับที่ 52 ของโลก โดยมีค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} เฉลี่ย 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งลดลงจากปี 2564 ร้อยละ 10.4 จากรายงานพบว่าในปี 2565 เดือนมีนาคมคือเดือนที่ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} สูงมากที่สุดในรอบปี รองลงมาคือเดือนเมษายน โดยจังหวัดที่มีความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} เฉลี่ยต่อปีสูงสุด คือ จังหวัดสระบุรี รองลงมาคือ จังหวัดหนองคาย จังหวัดน่าน จังหวัดลำปาง และจังหวัดขอนแก่น ตามลำดับ โดยดัชนีคุณภาพอากาศของทั้ง 5 จังหวัดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน มีแค่ 4 ระดับ เท่านั้นคือ ระดับที่ส่งผลกระทบต่อกลุ่มเปราะบางที่มีความเสี่ยงสูง ได้แก่ เด็กเล็ก หญิงตั้งครรภ์ ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยหรือร่างกายอ่อนแอ (สีส้ม) ระดับที่ส่งผลกระทบต่อทุกคน ระดับเสี่ยงต่อสุขภาพอย่างมาก และระดับอันตราย (สีแดงเลือดหมู) รวมทั้งยังเป็นช่วงที่ประชาชนในภาคเหนือของไทยมีความเสี่ยงจากผลกระทบด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศรุนแรงอีกด้วย สำหรับช่วงที่อากาศดีที่สุดในประเทศไทยในปี 2565 พบว่าเป็นช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม ซึ่งคุณภาพอากาศในช่วงดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากฤดูฝนบวกกับมีความชื้นสูงและพายุอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์ลานีญาในช่วงเดือนสิงหาคมส่งผลให้ประเทศไทยมีคุณภาพอากาศโดยรวมดีขึ้นเมื่อเทียบกับปี 2564 (รายละเอียดดังแสดงใน ภาพ 2) ในขณะที่ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) นั้น ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอัตโนมัติทั้งหมด 77 สถานี ทั่วประเทศ

พบค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุด อยู่ในช่วง 42 – 527 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ เฉลี่ยทั้งประเทศ 138 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ยรายปีอยู่ในช่วง 19 – 99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยลดลงร้อยละ 7 จากปี พ.ศ. 2563 ยกเว้นในเขตพื้นที่ตำบลหน้าพระลาน จังหวัดสระบุรี ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและเกินกว่าที่เกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้ทุกปี โดยภาพรวมแนวโน้มของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{10} มีแนวโน้มลดลงในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา



ภาพ 2 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก $\text{PM}_{2.5}$ เฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2555-2564 (7)

จากผลการศึกษาสัดส่วนแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) ในพื้นที่กรุงเทพมหานครของกรมควบคุมมลพิษ (8) ด้วยแบบจำลอง Positive Matrix Factorization (PMF) Receptor Model ด้วยผลการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ได้แก่ ธาตุโลหะหนัก ไอออนละลายน้ำ และองค์ประกอบคาร์บอน พบว่าบริเวณริมถนนฝุ่นละอองขนาดเล็ก $\text{PM}_{2.5}$ มีองค์ประกอบคาร์บอน คือ Organic Carbon (OC) และ Elemental Carbon สูงกว่าในพื้นที่ทั่วไปและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการอุตสาหกรรม โดยมีสาเหตุมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และฝุ่นทุติยภูมิ ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ธาตุโลหะหนักในองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็ก $\text{PM}_{2.5}$ พบเหล็ก (Fe) ในปริมาณสูงสุดตามด้วยอลูมิเนียม (Al) และสังกะสี (Zn) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากอุตสาหกรรม ฝุ่นดิน และการเผาผลาญหรือวัสดุชีวมวล สำหรับผลการวิเคราะห์ไอออนละลายน้ำ พบไนเตรต (NO_3) ในปริมาณสูงสุด ตามด้วยซัลเฟต (SO_4^{2-}) และแอมโมเนียม (NH_4^+) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากฝุ่นทุติยภูมิและฝุ่น โดยกรมควบคุมมลพิษได้สรุปผลการวิเคราะห์แหล่งกำเนิดและองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) ในกรุงเทพมหานคร โดยการพิจารณาจากปริมาณองค์ประกอบและการใช้แบบจำลองทางสถิติและ

การประเมินสัดส่วนแหล่งกำเนิดด้วยวิธีทางสถิติไว้ ดังนี้ การจราจรและการขนส่ง ร้อยละ 38-50 การเผาไหม้ขยะของเสียและชีวมวล ร้อยละ 9-32 ฝุ่นทุติยภูมิ ร้อยละ 20-24 ฝุ่นดิน และฝุ่นจากถนน ร้อยละ 8-11 และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเตาเผาและอุตสาหกรรม ร้อยละ 6-14 เนื่องจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ มีขนาดที่เล็กมากจึงทำให้สามารถรอดพ้นจากการดักจับของขนจมูกและหลอดลมใหญ่เข้าไปสู่ถุงลมฝอยที่อยู่ปลายทางได้ ผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{2.5}$ จึงเกิดขึ้นได้ทั้งกับอวัยวะภายนอก ได้แก่ ตา และผิวหนัง และอวัยวะภายใน ได้แก่ ทางเดินหายใจตั้งแต่เยื่อบุโพรงจมูก ลำคอ หลอดลม หลอดลมย่อยในปอด ถุงลมฝอย ระบบภูมิคุ้มกันและระบบอื่น ๆ ในปอด โดยเฉพาะเส้นเลือดในอวัยวะที่สำคัญอย่างหัวใจและสมอง ซึ่งในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ผลกระทบต่อสุขภาพและอัตราการเสียชีวิตจากฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 15.8 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรและการเพิ่มขึ้นของประชากรกลุ่มเสี่ยง ข้อมูลการเสียชีวิตจากมลภาวะทางอากาศของไทยที่เผยแพร่ในฐานข้อมูลองค์การอนามัยโลกในปี 2561 พบว่าประชากรไทยมีการเสียชีวิตที่มีสาเหตุมาจากมลพิษอากาศทั้งหมด 33,456 ราย หรือคิดเป็นจำนวน 48.71 ต่อประชากรแสนคน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มโรค คือ การติดเชื้อที่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง มะเร็งปอด โรคหัวใจขาดเลือด โรคหลอดเลือดสมอง และโรคปอดอุดกั้น (9) และต่อมาในปี พ.ศ. 2564 จากรายงานการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศของทุกเขตสุขภาพในประเทศไทย (10) พบว่ามีจำนวนผู้ป่วย (รายโรค) ที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศรวมทั้งประเทศจำนวน 5,415,262 ราย โดยในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนมีจำนวนผู้ป่วยสูงสุด คือ 602,373 รายซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรคทางเดินหายใจอุดกั้น กลุ่มโรคตาอักเสบ และกลุ่มโรคผิวหนังอักเสบ ในขณะที่กรมควบคุมโรคได้รายงานอัตราป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ 4 กลุ่มโรคเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายเดือน พบว่าอัตราป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจในพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ สูงเกินมาตรฐาน มีแนวโน้มสูงกว่าในระยะปกติ โดยในเขตพื้นที่ภาคเหนือมีอัตราป่วยสูงสุด ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าผลกระทบต่อสุขภาพจากปัญหามลพิษอากาศของประเทศไทยในปัจจุบัน จึงนับเป็นหนึ่งในอุบัติการณ์ของปัญหาสาธารณสุขและการเปลี่ยนแปลงภาวะเจ็บป่วยของประชากรในประเทศที่จำเป็นจะต้องหาแนวทางในการลดและป้องกันปัญหาผลกระทบต่อสุขภาพในระยะที่จะตามมาในอนาคตที่สอดคล้องกับบริบทและวิถีชีวิตของประชากรไทยในสังคมปัจจุบัน

ปัจจุบันวิถีชีวิตของการประชากรไทยเปลี่ยนไปตามความทันสมัยของเทคโนโลยี โดยเฉพาะในเรื่องของการเดินทางที่ทุกคนจะต้องแข่งขันกับการติดขัดของจราจร หรือการต่อแถวเพื่อใช้บริการขนส่งสาธารณะ ข้อมูลจาก Baania (11) ได้รวบรวมสถิติการเดินทางส่วนใหญ่ของประชากรที่อยู่ในเขตเมือง พบว่า ประชากรไทยในพื้นที่กรุงเทพมหานครใช้เวลาเดินทางเพื่อไปทำงานนานถึง 2 ชั่วโมงต่อวัน โดยในปี 2564 พบว่า ประชากร 1 คน ใช้เวลาเพื่อเดินทางอยู่บนท้องถนนเฉลี่ย 71 ชั่วโมงต่อปี หรือประมาณ 3 วัน ซึ่งหนึ่งในปัญหาใหญ่ของการเดินทาง คือ สภาพปัญหาการจราจรที่ติดขัด

เนื่องจากระบบและจำนวนเส้นทางในพื้นที่กรุงเทพมหานครที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งสวนทางกันกับปริมาณรถยนต์แต่ละประเภทที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ ปี ซึ่งจากรายงานสถิติการขนส่ง 5 ปี (12) ของกรมการขนส่งทางบก ณ วันที่ 30 กันยายน 2564 พบว่า ประเทศไทยมีจำนวนรถจดทะเบียนสะสมทั้งสิ้น 43,152,117 คัน เป็นการจดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ จำนวน 41,801,329 คัน หรือคิดเป็นร้อยละ 96.87 และรถจดทะเบียนสะสมตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบก จำนวน 1,350,788 คัน คิดเป็นร้อยละ 3.13 โดยรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ พบว่าเป็นรถจักรยานยนต์ส่วนบุคคลมากที่สุด จำนวน 22,022,563 คัน เป็นร้อยละ 52.68 รองลงมาคือรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง จำนวน 11,241,525 คัน คิดเป็นร้อยละ 26.89 และรถบรรทุกส่วนบุคคล จำนวน 7,072,444 คัน คิดเป็นร้อยละ 16.92 ตามลำดับ โดยรถจดทะเบียนสะสมมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.91 หรือประมาณ 0.97 ล้านคันต่อปี โดยรถบรรทุกมีอัตราเพิ่มขึ้นสูงที่สุดในประเภทรถบรรทุกสะสม ซึ่งในช่วงปีงบประมาณ 2561 – 2564 ประเทศไทยมีรถจดทะเบียนใหม่เฉลี่ย 2.90 ล้านคันต่อปี เฉลี่ยเดือนละประมาณ 241,765 คัน วันละประมาณ 7,949 คัน หรือทุก ๆ ชั่วโมงจะมีรถจดทะเบียนใหม่ประมาณ 322 คัน และเมื่อจำแนกตามชนิดเชื้อเพลิง พบว่า รถที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทเบนซิน ดีเซล ไฟฟ้า ไฮบริด และไม่ใช่เชื้อเพลิง มีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้น ส่วนรถที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทก๊าซ LPG และก๊าซ CNG มีอัตราลดลง แต่ที่น่าสนใจคือ มีการคำนวณถึงการสูญเสียปีสุขภาวะและต้นทุนทางสุขภาพที่เกิดจากมลพิษอากาศ (13) จากการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลและรถโดยสารสาธารณะ พบว่า ประชากรในพื้นที่กรุงเทพมหานครสูญเสียปีสุขภาวะ หรือปีแห่งการมีสุขภาพดีรวมกันถึง 3,116 ปี ต่อประชากรกรุงเทพมหานคร 566,6182,700 คน เทียบเท่ากับมูลค่าการสูญเสียถึง 1,595 ล้านบาท เช่นเดียวกับเมืองใหญ่อื่นอย่างจังหวัดเชียงใหม่ ที่มีค่าเฉลี่ยสาเหตุของมลพิษทางอากาศมาจากภาคขนส่งที่ก่อให้เกิดปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} สูงถึงร้อยละ 51.6 ตามด้วยการเผาไหม้พื้นที่ป่า ร้อยละ 16.2 การเผาไหม้เครื่องยนต์ดีเซลร้อยละ 10.6 และการเผาไหม้จากภาคการเกษตร ร้อยละ 3.70 ตามลำดับ (14) ใน 1 ปี ในขณะที่จังหวัดภูเก็ตก็มีสาเหตุสำคัญของปัญหาที่ก่อให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} มาจากภาคขนส่งสูงถึงร้อยละ 55.5 ตามด้วยการเผาพื้นที่ป่า ร้อยละ 10.9 การเผาไหม้เครื่องยนต์ดีเซล ร้อยละ 6.1 และการเผาไหม้ในภาคอุตสาหกรรม ร้อยละ 5.10 ตามลำดับ (15)

จังหวัดอุทัยธานีเป็นจังหวัดที่มีที่ตั้งอยู่ในเขตภาคเหนือตอนล่าง และมีพื้นที่ป่าไม้กว่าร้อยละ 51.43 ของพื้นที่จังหวัด ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีสัดส่วนพื้นที่ป่าเทียบกับพื้นที่ของจังหวัดมากที่สุดของภาคเหนือตอนล่าง มีประชากรทั้งหมด 325,234 คน เป็นเพศชายจำนวน 158,965 คน และเป็นเพศหญิง 166,269 คน ประชากรร้อยละ 90 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และสับปะรดโรงงาน ในช่วงระยะ 3 ปีที่ผ่านมาจังหวัดอุทัยธานีมีแนวโน้มประสบปัญหาหมอกพิษอากาศจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} และ PM₁₀ ที่เพิ่มขึ้น

อย่างต่อเนื่องจากภาคเกษตรกรรม ตามด้วยการเผาพื้นที่ป่า และการเผาไหม้เครื่องยนต์ดีเซล (16) ซึ่งปัญหามลพิษอากาศเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันของประชากรเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะผู้ที่อาศัยอยู่ในเขตเมือง เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากมลพิษอากาศจากจังหวัดข้างเคียงที่เป็นเมืองใหญ่และมีการจราจรที่พลุกพล่าน ประกอบกับในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานีมีพื้นที่ติดกับถนนสายสำคัญอย่างถนนสายเอเชียร่วมด้วย โดยในปี 2564 พบว่าประชากรมีการเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศทั้งหมด 61,622 ราย โดยกลุ่มโรค 5 อันดับแรกที่พบการป่วยมากที่สุด ได้แก่ กลุ่มโรคผิวหนังอักเสบ จำนวน 18,310 ราย รองลงมาคือโรคหลอดเลือดสมอง จำนวน 12,912 ราย กลุ่มโรคตาอักเสบ จำนวน 10,554 ราย โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง จำนวน 8,651 ราย และโรคคออักเสบ จำนวน 4,840 ราย ซึ่งพบจำนวนป่วยมากที่สุดในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม (17) ในส่วนของการดำเนินการติดตามตรวจวัดมลพิษอากาศของกรมควบคุมมลพิษนั้น พบว่า ในเดือนมีนาคม 2563 กรมควบคุมมลพิษได้ดำเนินการติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศ ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} แบบชั่วคราว ณ บริเวณหน้าศาลากลางจังหวัดอุทัยธานี พบว่าค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2563 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม 2564 พบว่า มีจำนวนวันที่มีค่าเกินมาตรฐาน จำนวน 27 วัน คิดเป็นร้อยละ 6.85 จากสถานการณ์และปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำนวัตกรรมป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและนำเทคโนโลยีด้านอุปกรณ์กรองฝุ่น มาใช้ในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากการจราจร สำหรับประชาชนที่ใช้ชีวิตอยู่กับการเดินทางและการขนส่งภาคต่าง ๆ อันจะเป็นการช่วยลดความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสกับฝุ่นละอองขนาดเล็กและลดการเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศของประชาชนในพื้นที่ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. วัตถุประสงค์ทั่วไป

1.1 เพื่อศึกษาสถานการณ์ฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจร การรับสัมผัส และระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรทางการหายใจของประชาชน ในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี

1.2 เพื่อออกแบบป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น

1.3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการลดการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรของป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น

2. วัตถุประสงค์เฉพาะ

2.1 เพื่อศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี

2.2 เพื่อประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรของประชาชนในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี

2.3 เพื่อประเมินระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรทางการหายใจของประชาชน ในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี

2.4 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น

2.5 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรของประชาชนระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น

2.6 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรของประชาชนระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น

คำถามการวิจัย

1. ปัจจุบันปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี มีปริมาณเท่าใด

2. ปัจจุบันปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรของประชาชนในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี มีปริมาณเท่าใด

3. ปัจจุบันระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรทางการหายใจของประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทาง ในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี อยู่ในระดับใด

4. ป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่นสามารถลดการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรของประชาชนที่ใช้บริการได้จริงหรือไม่

5. ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น มีความแตกต่างกันหรือไม่ และแตกต่างกันในปริมาณเท่าใด

6. ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรของประชาชนระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น มีความแตกต่างกันหรือไม่ และแตกต่างกันในปริมาณเท่าใด

7. ระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรของประชาชนระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น มีความแตกต่างกันหรือไม่ และอยู่ในระดับใด

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานวัตกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจร ครั้งนี้มีขอบเขตการวิจัยดังนี้

ขอบเขตด้านพื้นที่

ดำเนินการศึกษาวิจัยในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี โดยกำหนดจุดออกแบบและติดตั้งป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจรบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานีและกำหนดจุดตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองจากการจราจรครอบคลุมพื้นที่การจราจร 3 บริเวณหลัก ดังนี้ 1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ขอบเขตด้านเนื้อหาการวิจัยประกอบด้วย 1) ลักษณะพื้นที่และการจราจรในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี 2) ความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์และการออกแบบโครงสร้างอาคารปิดแบบโปร่งแสง 3) ความรู้เกี่ยวกับระบบกรองฝุ่น 4) ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นชนิดพกพา รุ่น PMS5003 และรุ่น PMS7003 และ 5) ความรู้เกี่ยวกับการประเมินการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก

ขอบเขตด้านระยะเวลา

ดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนมกราคม - เดือนสิงหาคม 2565

นิยามศัพท์เฉพาะ

นวัตกรรม หมายถึง การคิดค้น ออกแบบ และจำลองป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจร ในลักษณะของอาคารปิดแบบโปร่งแสง ป้องกันฝุ่นจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องปรับอากาศอุปกรณ์กรองฝุ่น และระบบฟอกอากาศไว้ภายในอาคาร

ป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจร หมายถึง อาคารปิดแบบโปร่งแสง ป้องกันฝุ่นจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องปรับอากาศอุปกรณ์กรองฝุ่นและระบบฟอกอากาศไว้ภายในอาคาร

ฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจร หมายถึง อนุภาคแขวนลอยในบรรยากาศโดยการคัดแยกขนาดเพื่อเป็นตัวแทนกลุ่มสารมลพิษในอากาศ จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) และขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)

พื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี หมายถึง บริเวณริมถนนสายหลักที่ครอบคลุมพื้นที่การจราจร 3 บริเวณ คือ 1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

ระบบปรับอากาศ หมายถึง เครื่องปรับอากาศชนิดฝั้วเพดาน และใช้แผ่นกรองชนิด N95

ระบบกรองฝุ่น หมายถึง การใช้ฟิลเตอร์กรองฝุ่นในระบบปรับอากาศ

ระบบฟอกอากาศ หมายถึง การประยุกต์ใช้หลักการกำจัดอนุภาคของฝุ่นละอองแบบกรองด้วยวัสดุหรือแบบไฟฟ้าสถิต

เครื่องมือตรวจวัดปริมาณฝุ่นจากการจราจร หมายถึง เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นชนิดพกพารุ่น PMS5003 และรุ่น PMS7003

ตัวแปรที่มีผลต่อการศึกษา

การศึกษานี้มุ่งเน้นนวัตกรรมการออกแบบและการสร้างป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดตั้งอุปกรณ์กรองฝุ่น โดยนำความรู้ด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีด้านสิ่งแวดล้อมมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินการศึกษาวิจัย โดยมีตัวแปรที่มีผลต่อการศึกษา ดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) เป็นตัวแปรที่เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบ คือ จำนวนและชนิดยานพาหนะจากการจราจรในพื้นที่การศึกษาวิจัย
2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) เป็นตัวแปรที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรอิสระ คือ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจร
3. ตัวแปรควบคุม (Control Variable) เป็นตัวแปรที่อาจทำให้ผลการศึกษาคาดเคลื่อนถ้าไม่มีการควบคุมให้เหมือนกัน คือ ความสูงของตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจร และจำนวนวันในการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง
4. ตัวแปรสอดแทรก (Intervening Variable) เป็นตัวแปรที่อาจมีผลกระทบต่อตัวแปรตามและไม่อาจคาดการณ์ล่วงหน้าได้ว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่ คือ สภาพภูมิอากาศ สภาพการจราจร แต่ละวันของการศึกษา เป็นต้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานวัตกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจร ในครั้งนี้ เพื่อออกแบบป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น ทดสอบ ประสิทธิภาพการลดการ สัมผัสฝุ่นละอองจากการจราจรโดยการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองจาก การจราจรและประเมินระดับ ความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัส ฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรทางการหายใจของประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทาง เปรียบเทียบระหว่างภายในและภายนอกป้ายรถประจำทาง ซึ่งเป็นไปตามหลักการ ความรู้ แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7 ส่วน ดังนี้

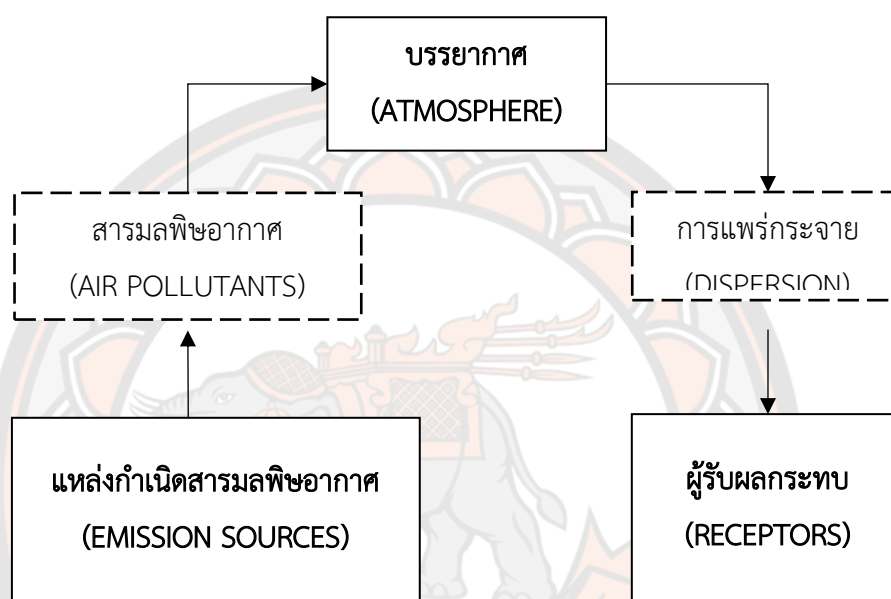
- แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับฝุ่นละออง
- ความรู้เกี่ยวกับการตรวจวัดฝุ่นละออง
- ผลกระทบของฝุ่นละออง
- ความรู้เกี่ยวกับระบบขนส่ง
- แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ
- ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการป้องกันฝุ่นละออง
- ความรู้เกี่ยวกับจังหวัดอุทัยธานี
- ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับฝุ่นละออง

มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าระดับปกติ เป็นเวลานานพอที่จะทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ สัตว์ พืช หรือทรัพย์สินต่าง ๆ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองตาม ธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองจากลมพายุ ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว ไฟไหม้ป่า ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น อากาศเสียที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติเป็นอันตรายต่อมนุษย์น้อยมาก เพราะแหล่งกำเนิดอยู่ไกลและ ปริมาณที่เข้าสู่สภาพแวดล้อมของมนุษย์และสัตว์มีปริมาณน้อย มลพิษทางอากาศที่เกิดจาก การกระทำของมนุษย์ ได้แก่ มลพิษจากท่อไอเสียของรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรม ขบวนการผลิต กิจกรรมด้านการเกษตร การระเหยของก๊าซบางชนิดที่เกิดจากขยะมูลฝอยและของเสีย เป็นต้น

1. ระบบภาวะมลพิษอากาศ

ระบบภาวะมลพิษอากาศ (Air Pollution System) (18) มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนที่มีความสัมพันธ์กัน คือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ (Emission Sources) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) และผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptors) แสดงเป็นแผนภูมิความสัมพันธ์รายละเอียดดังแสดงในภาพ 3



ภาพ 3 แผนผังแสดงระบบภาวะมลพิษอากาศ (Air Pollution System) (18)

2. ความหมายของฝุ่นละออง

กรมควบคุมมลพิษ (19) ได้ให้ความหมายของฝุ่นละอองไว้ ดังนี้ ฝุ่นละออง หมายถึงอนุภาคของแข็งหรือของเหลวที่มีอยู่ในอากาศ ฝุ่นละอองเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งโดยธรรมชาติและจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยเกิดได้ทั้งจากการขนส่ง กิจกรรมอุตสาหกรรม และการเผาในที่โล่งทำให้องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของฝุ่นละอองมีความหลากหลาย นอกจากนี้ยังเกิดจากการรวมตัวของอนุภาคฝุ่นและก๊าซบางตัว เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ไนโตรเจน เป็นต้น ฝุ่นละอองในบรรยากาศจึงอาจแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ฝุ่นละอองชนิดปฐมภูมิ ซึ่งเกิดขึ้นและแพร่กระจายสู่บรรยากาศโดยตรง และฝุ่นละอองชนิดทุติยภูมิ เกิดจากปฏิกิริยาต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น การรวมตัวของฝุ่นละอองด้วยกัน การรวมตัวของฝุ่นละอองกับก๊าซ การรวมตัวของฝุ่นละอองกับของเหลวหรือรวมตัวกับของแข็ง โดยฝุ่นละอองขนาดเล็ก สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เป็นฝุ่นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเผาในที่โล่ง กระบวนการอุตสาหกรรม การบด การโม่ หรือการทำให้เป็นผงจากการก่อสร้าง ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพเนื่องจากเมื่อหายใจเข้าไปสามารถเข้าไปสะสมภายในระบบทางเดินหายใจ

2) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) เป็นฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้จากยานพาหนะ การเผาวัสดุ การเกษตร ไฟป่า และกระบวนการอุตสาหกรรม สามารถเข้าไปถึงถุงลมในปอดได้ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ และโรคปอดต่าง ๆ หากได้รับในปริมาณมากหรือเป็นเวลานานจะสะสมในเนื้อเยื่อปอดทำให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลง ทำให้หลอดลมอักเสบ มีอาการหอบหืด เป็นต้น

U.S. EPA (20) ได้ให้คำจำกัดความของ Particulate Matter 10: PM_{10} ไว้ว่า PM_{10} หมายถึง ฝุ่นหยาบ (Course Particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-10 ไมครอน มีแหล่งกำเนิดจากการจราจรบนท้องถนนที่ไม่ได้ลาดยางจากการขนส่งวัสดุ และฝุ่นจากกิจกรรมบดย่อยหิน เป็นต้น และได้ให้คำจำกัดความของ Particulate Matter 2.5: $PM_{2.5}$ ไว้ว่า $PM_{2.5}$ หมายถึง ฝุ่นละเอียด (Fine Particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ฝุ่นละเอียดมีแหล่งกำเนิดจากควันเสียของรถยนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม ควันที่เกิดจากการหุงต้มอาหารโดยใช้ฟืน นอกจากนี้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) จะทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ในอากาศทำให้เกิดเป็นฝุ่นละเอียดได้

3. ประเภทของฝุ่นละออง

การจำแนกประเภทของฝุ่นละอองในบรรยากาศ สามารถจำแนกตามลักษณะของการเกิดฝุ่นละอองได้ ดังนี้ (21)

1. ฝุ่นปฐมภูมิ (Primary Emission Particulate Matter) เกิดจากการปล่อยจากแหล่งกำเนิดมลพิษโดยตรง เช่น ฝุ่นจากถนน ฝุ่นเกล็ดจากทะเล ชี้อากาศ เหมืองแร่ เป็นต้น

2. ฝุ่นทุติยภูมิ (Secondary Emission Particulate Matter) เกิดจากปฏิกิริยาต่าง ๆ ในบรรยากาศหลังจากที่ฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดได้ระยะหนึ่ง ฝุ่นประเภทนี้อาจเป็นอนุภาคใหม่หรือเป็นอนุภาคเดิมที่มีองค์ประกอบเพิ่มขึ้น สารที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ ซัลเฟตไนเตรทและคาร์บอนอินทรีย์ โดยซัลเฟตและไนเตรทในบรรยากาศเกือบทั้งหมดเป็น Secondary Emission โดยมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นสารเริ่มต้นปฏิกิริยาของฝุ่นทุติยภูมิ กล่าวคือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อถูกปล่อยสู่บรรยากาศจะถูกออกซิไดซ์เป็นกรดซัลฟูริกทำให้เริ่มจับตัวเป็นฝุ่นขนาดเล็กจากกระบวนการ Nucleation และเพิ่มขนาดเม็ดฝุ่นจากกระบวนการ Coagulation และ Condensation ปฏิกิริยาต่าง ๆ ทั้งในวัฏภาคก๊าซและในกลุ่มเมฆลึ้นเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ซัลเฟตจับตัวเป็นเม็ดฝุ่นใหม่ และยังมีส่วนทำให้สารอินทรีย์จับกันเป็นเม็ดฝุ่นใหม่

เช่นกัน โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับของการจับกันเป็นเม็ดฝุ่นใหม่ ได้แก่ ปริมาณของ Precursor สภาพบรรยากาศและปฏิกิริยาของ Precursor กับอนุภาคฝุ่นที่มีอยู่ในกลุ่มเมฆหรือละอองหมอก

4. ชนิดของฝุ่นละออง

ชนิดของฝุ่นละอองสามารถแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมีได้ ดังนี้

1. ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ (Organic Dust) มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน แบ่งออกเป็น

1.1 ฝุ่นละอองสารอินทรีย์จากยานพาหนะ ที่เกิดจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ โดยมีอนุภาคของคาร์บอนเป็นผงหรือเขม่าที่หลุดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่มีการใช้น้ำมันดีเซล เป็นส่วนใหญ่

1.2 ฝุ่นละอองสารอินทรีย์ที่ไม่มีชีวิต ซึ่งเกิดจากวัชพืช หญ้า และต้นไม้ มีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา สามารถลอยในอากาศได้ ขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศและอุณหภูมิ เช่น ละอองเกสรของพืชหรือหญ้า ซึ่งทำให้เกิดอาการแพ้หรือทำให้เกิดโรคมะเร็งได้

1.3 ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส นั้น พบได้เสมอในอากาศ โดยเฉพาะเชื้อราที่พบในอากาศทำให้เกิดโรคได้หลายชนิด เช่น บาดทะยัก คอตีบวัณโรค ไทฟอยด์ เป็นต้น สิ่งมีชีวิตเหล่านี้อาจล่องลอยอยู่ตามลำพังด้วยตัวของมันเอง หรืออาจติดอยู่กับอนุภาคต่าง ๆ

2. ฝุ่นละอองจากสารอนินทรีย์ (Inorganic Dust) มีองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น SO_4^{2-} NO_3^- Ca^{2+} Mg^{2+} K^+ Na^+ Cl^- Br^- หรือประกอบด้วยโลหะ เช่น ตะกั่ว แคดเมียม แอสเบสตอส เมื่อร่างกายได้รับฝุ่นนี้เข้าไปและสะสมในร่างกายจะทำให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรง

5. แหล่งกำเนิดฝุ่นละออง

แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (Natural Particle) และฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-made Particle) หรือฝุ่นละอองที่มนุษย์สร้างขึ้น มีรายละเอียด ดังนี้

1. ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Particle) แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาตินั้นมีปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหลายอย่างที่เกิดขึ้นและมีส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง ได้แก่

1.1 อนุภาคมลสารต่าง ๆ จากดินลม และพายุสามารถพัดพาเอาอนุภาคมลสารจากผิวดินให้ขึ้นไปแขวนลอยในอากาศอยู่ในบรรยากาศ และตกลงสู่พื้นดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผิวดินที่มีลักษณะไม่จับกันแน่น เช่น ดินที่ผ่านการคราดไถหรือดินที่ปราศจากต้นไม้ใบหญ้าปกคลุม

1.2 ละอองเกสรจากพืชเกิดจากวัชพืชหญ้าและต้นไม้มีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดเล็ก และมีน้ำหนักเบาสามารถล่องลอยในอากาศได้

1.3 ภูเขาไฟระเบิดเมื่อเกิดการระเบิดของภูเขาไฟชั้นจะมีเถ้าถ่าน และควันถูกปล่อย ออกสู่บรรยากาศเป็นจำนวนมาก ซึ่งอนุภาคมลสารเหล่านี้อาจลอยขึ้นไปได้สูง และคงอยู่ในอากาศได้นานนับปีกว่าก่อนที่จะตกกลับคืนสู่พื้นโลก

1.4 ไฟป่าควันที่เกิดจากไฟป่าเพิ่มปริมาณมลพิษได้มากอย่างหนึ่ง แต่จำกัดขอบเขตอยู่ในบริเวณใกล้กับพื้นที่เกิดไฟป่าเท่านั้น ดังนั้นควันจากไฟไหม้ป่าจึงได้รับพิจารณาว่าไม่ได้เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของควันฝุ่นละอองในแหล่งที่อยู่อาศัย

2. ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-made Particle) หรือฝุ่นละอองที่มนุษย์สร้างขึ้นซึ่งแหล่งกำเนิดประเภทนี้มีหลายชนิด ดังนี้

2.1 ฝุ่นละอองที่เกิดจากระบบการคมนาคมขนส่งและการจราจร ฝุ่นดินทรายที่ฟุ้งกระจายในถนนขณะที่รถวิ่งผ่านหรือที่ตกหล่นจากการบรรทุกขนส่ง การกองวัสดุสิ่งของบนทางเท้า ดินโคลนที่ติดอยู่ที่ล้อของรถ ไอเสียจากรถยนต์จากเครื่องยนต์ดีเซลที่ปล่อยเข้ามาฝุ่นควันดำออกมา และรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะซึ่งจะระบายฝุ่นละอองออกสู่อากาศในลักษณะควันขาวเป็นละอองไอของน้ำมันหล่อลื่น การก่อสร้างถนนใหม่ หรือการปรับปรุงผิวจราจรทำให้เกิดฝุ่นมากรวมทั้งฝุ่นที่เกิดจากยางรถยนต์และผ้าเบรก เป็นต้น

2.2 ฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง เช่น ฝุ่นจากการสร้างถนน/อาคาร การปรับปรุงผิวจราจร การรื้อถอนอาคารและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ การก่อสร้างเพื่อติดตั้งหรือปรับปรุงระบบสาธารณูปโภค นอกจากนี้การก่อสร้างหลายชนิดมักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้างซึ่งทำให้เกิดฝุ่นได้ง่ายการก่อสร้างอาคารสูงอาจทำให้ฝุ่นปูนซีเมนต์ถูกลมพัดออกมาจากอาคาร รวมถึงการรื้อถอนทำลายอาคารหรือสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ด้วยเช่นกัน

2.3 ฝุ่นละอองจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในบ้านเป็นกระบวนการที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์การประกอบกิจกรรมประจำวัน ภายในบ้านมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อนำพลังงานความร้อนไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ เช่น การหุงต้มอาหาร เครื่องทำความร้อนในบ้าน ซึ่งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดังกล่าวก่อให้เกิดอนุภาคมลสารและฝุ่นควัน

2.4 ฝุ่นละอองจากกิจการพาณิชย์การค้าขาย สถาบันศึกษา และหน่วยงานของรัฐที่มีการประกอบกิจกรรมดำเนินงาน เช่น อู่ซ่อมรถ ภัตตาคาร ร้านอาหาร และร้านอาหารย่อมมีการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อทำให้เกิดพลังงานนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ หรือสามารถก่อให้เกิดสารมลพิษเช่นเดียวกับในอาคารบ้านเรือนแต่มีปริมาณมลพิษที่ปล่อยออกมามากกว่า

2.5 ฝุ่นละอองจากการประกอบกิจการอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น โรงงานถลุงและหลอมโลหะ อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมเคมีอุตสาหกรรมผลิตอาหาร อุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน ดิน ทราย สำหรับการใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างอย่างใดอย่างหนึ่ง ได้แก่ การไม่บดย่อยหินหรือการร่อนคัดแยกกรวดหิน ดินทราย

2.6 ผุ่นละอองจากโรงไฟฟ้า เนื่องจากการที่จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งออกมาได้นั้นจำเป็นต้องมีการเผาไหม้ เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตาถ่านหินชนิดต่าง ๆ และเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ เพื่อให้เกิดพลังงานความร้อน นำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดังกล่าวทำให้เกิดอนุภาคมลสารต่าง ๆ

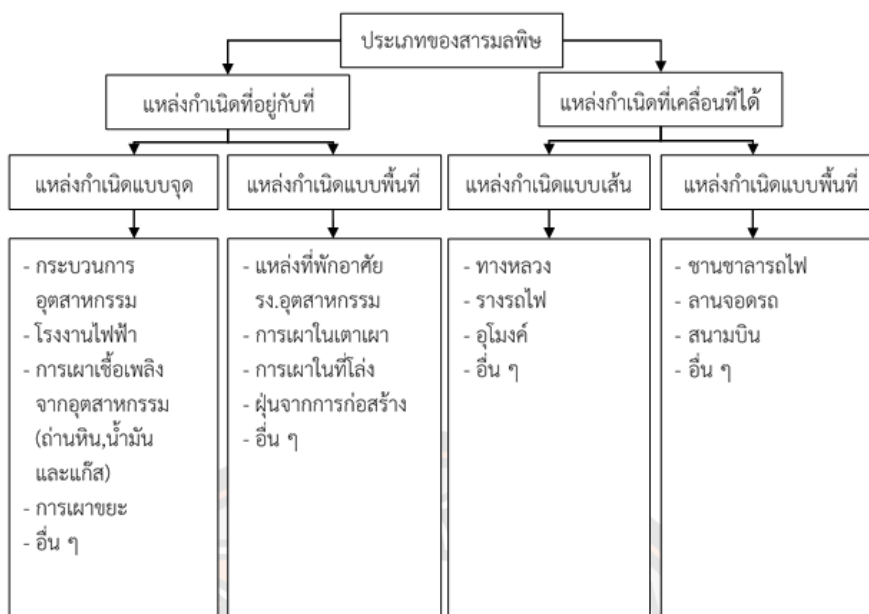
2.7 การเผาขยะสิ่งปฏิกูลและชีวมวลในเขตชุมชนที่มีประชากรอยู่หนาแน่นบางแห่ง อาจจะมีการกำจัดขยะมูลฝอยโดยการเผา นอกจากนี้กิจการอุตสาหกรรมรวมถึงกิจการของรัฐ มีการเผาขยะเป็นกิจการของตนเองด้วย เตาเผาขยะไม่ว่าจะเป็นแบบใดจะก่อให้เกิดการปล่อยสารมลพิษ ออกมาได้แก่ ผุ่นละออง PM₁₀ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์

นอกจากนี้แหล่งกำเนิดที่สำคัญของผุ่นละอองเมื่อแบ่งตามลักษณะของการเคลื่อนไหวของแหล่งกำเนิดจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่หรือพื้นที่ที่เป็นแหล่งกำเนิด ผุ่นละอองโดยตรง แหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ได้แก่ กิจกรรมในโรงงาน อุตสาหกรรม การเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในบ้านพักอาศัย และแหล่งกำเนิดที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงในรถยนต์ เรือยนต์ (22) ดังนี้

1. แหล่งกำเนิดแบบฟุ้งกระจายหรือแบบพื้นที่ (Fugitive Sources or Area Sources) หมายถึง อุตสาหกรรมที่ไม่มีปล่องระบายของเสีย ได้แก่ ผุ่นละอองจากการทำเหมืองจากการสร้างถนน/อาคาร การรื้อถอนอาคารและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ การก่อสร้างเพื่อติดตั้งหรือปรับปรุงระบบสาธารณูปโภค การเผาในที่โล่ง เป็นต้น

2. แหล่งกำเนิดแบบอยู่กับที่ (Stationary sources or Point sources) หมายถึง อุตสาหกรรมที่มีปล่องระบายของเสีย ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรม สถานประกอบการ โรงไม่หิน โรงแต่งแร่ โรงปูนขาวและกลุ่มวัสดุก่อสร้างกลุ่มอื่น ๆ เช่น ชุตตักดิน โรงสีข้าว และจากอาคารบ้านเรือน เป็นต้น

3. แหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่ (Mobile Sources or Line Sources) หมายถึง การจราจรที่ทำให้เกิดผุ่นที่ฟุ้งการกระจายจากผิวถนน ได้แก่ รถบรรทุกหิน ดิน ทราบ ซีเมนต์หรือวัสดุที่ทำให้เกิดผุ่นจากการไม่ปิดคลุม หรือดินโคลนที่ติดอยู่ที่ล้อรถขณะแล่นจะมีผุ่นติดอยู่ที่ถนนแล้วกระจายตัวอยู่ในอากาศ ไอเสียจากรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซลปล่อยเขม่า ผุ่น คาร์บอน เป็นต้น



ภาพ 4 ประเภทของแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง (23)

6. ค่ามาตรฐานของฝุ่นละออง

ปัจจุบันหลายประเทศได้กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศ (24) สำหรับการจัดการคุณภาพอากาศของประเทศตนเอง ส่วนใหญ่กำหนดเป็นค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และเฉลี่ย 1 ปี เพื่อให้สามารถป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับฝุ่นละอองในบรรยากาศ ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ทั้งนี้ ค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศจะแตกต่างกันไปตามความเหมาะสมกับบริบทและสภาวะการณ์ของประเทศตัวเอง เช่น ระดับการพัฒนาและความสามารถในการจัดการคุณภาพอากาศของประเทศ ความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยีการพิจารณาด้านเศรษฐกิจ และปัจจัยทางการเมืองและสังคม เป็นต้น รายละเอียดดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในต่างประเทศ

ประเทศ	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	24 ชั่วโมง	1 ปี	24 ชั่วโมง	1 ปี
องค์การอนามัยโลก (WHO)	50	20	25	10
US.EPA	150	-	35	12
สหภาพยุโรป (EU)	50	40	-	25
ออสเตรเลีย	-	50	25	8
จีน				
- Class 1 ¹	50	40	35	15
- Class 2 ²	150	70	75	35
อินเดีย	100	60	60	40
สิงคโปร์	50	20	37.5	12

สำหรับค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในประเทศไทยได้ถูกกำหนดขึ้น เพื่อควบคุมความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยมาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะสั้น (24 ชั่วโมง) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยอย่างเฉียบพลัน (acute effect) และมาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะยาว (1 ปี) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบยาว หรือผลกระทบเรื้อรังที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพอนามัย (chronic effect) โดยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้ออกประกาศภายใต้พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เพื่อเป็นกฎหมายในการกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศไทย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2547) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 121 ตอนพิเศษ 104 ง. วันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2547

2. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดใหญ่ 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139 ตอนพิเศษ 163 ง. วันที่ 8 กรกฎาคม 2565

3. ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2566 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่ม 140 ตอนพิเศษ 157 ง วันที่ 3 กรกฎาคม 2566

ตาราง 2 ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศไทย

ฝุ่นละออง	ค่ามาตรฐาน ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	24 ชั่วโมง	1 ปี
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน	ไม่เกิน 330	ไม่เกิน 100
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	ไม่เกิน 120	ไม่เกิน 50
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	ไม่เกิน 37.5	ไม่เกิน 15

7. การแพร่กระจายของฝุ่นละออง

คุณสมบัติของการแพร่กระจายของฝุ่นละอองขึ้นอยู่กับขนาดซึ่งมักอยู่ในรูปร่างที่ซับซ้อนและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยทั่วไปอนุภาคของฝุ่นละอองมักมีรูปร่างเป็นทรงกลมและเคลื่อนที่แบบแอโรไดนามิก (aerodynamic) ขนาดของอนุภาคกำหนดตามความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลม จะมีหน่วยเป็นไมโครเมตร (10-6 เมตร) หรือเรียกว่า ไมครอน และในปัจจุบันวิธีที่ง่ายที่สุดในการแจกแจงฝุ่นละออง คือ การแบ่งขนาดอนุภาคออกเป็นช่วง ๆ ตามลำดับของอนุภาค ซึ่งพบว่าฝุ่นละอองที่มีสัดส่วนมากที่สุดเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ประมาณ 80-90% โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลทำให้เกิดการแพร่กระจายของฝุ่นละออง มีดังนี้

1. อุตุวิทยาและสภาวะอากาศ (meteorology)

1.1 อุณหภูมิ (temperature) โดยทั่วไปในอากาศเมื่อระดับความสูงมากขึ้นไป อุณหภูมิยิ่งเย็นลง ส่วนอากาศบนพื้นผิวโลกจะอุ่นและลอยตัวสูงขึ้นเมื่อกระทบอากาศเย็นก็จะขยายตัวออก ในขณะที่อากาศอุ่นลอยตัวสูงขึ้นไปจะพาเอาควันพิษจากระดับพื้นดินขึ้นไปด้วย บางครั้งในขณะที่มีการเคลื่อนที่ของอากาศดังกล่าวจะเกิดมีกลุ่มอากาศในแอนตี้ไซโคลนจมลง หรือลอยต่ำลงมาสู่ระดับที่ก่อให้เกิด “อุณหภูมิผกผัน (temperature inversion)” ซึ่งปกติแล้วอุณหภูมิของบรรยากาศในชั้นโทรโปสเฟียร์ซึ่งอยู่ติดกับผิวเปลือกโลกจะลดลงตามระดับความสูงของบรรยากาศ สภาพอินเวอร์ชันจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ความสูงระดับใดระดับหนึ่งของบรรยากาศขึ้นมาจากภาวะปกติ เมื่อเกิดสภาพอินเวอร์ชันขึ้นขึ้นความเสถียรของบรรยากาศในบริเวณนั้นจะสูงมาก ซึ่งเป็นสภาพ Stable State สูงมากทำให้เกิดการยับยั้งการการกระจายตัวและการเจือจางของมลพิษทางอากาศ ส่งผลทำให้มลพิษทางอากาศในบริเวณนั้นมีความเข้มข้นสูง และเป็นภาวะที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้

1.2 ทิศทางและความเร็วลม (wind direction and velocity) ลมที่แรงและพัดพาหอบเอาสารมลพิษจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่งจนทำให้บริเวณที่มีสารมลพิษถูกพัดเข้าไปมีความเข้มข้นของสารมลพิษสูงขึ้น กระแสลมและมลพิษทางอากาศ ความเร็วลม (wind speed) กระแสลมสามารถที่จะเจือจาง (dilute) หรือเคลื่อนมลพิษออกไป (Transport) ถ้ากระแสหมุนวน (eddy) เล็กกว่ากลุ่มของมลพิษ อาจจะไม่เจือจางมลพิษ แต่ถ้ากระแสหมุนวนใหญ่กว่ามลพิษที่จะเคลื่อนมลพิษออกไป โดยการเจือจางมลพิษนั้นไปในทิศทางที่ตามลมหรือเกิดกระแสหมุนวนไปในทิศทางแนวขวางหรือแนวตั้ง

1.3 ฝน (rain) ฝนที่ตกลงมาจะช่วยชะล้างเอาสิ่งสกปรกที่แขวนลอยและสะสมในชั้นบรรยากาศให้ตกลงมาสู่พื้นดินได้ น้ำฝนเป็นตัวทำละลายที่ดี (solvent) สามารถรวมตัวกับก๊าซชนิดต่าง ๆ ที่อยู่ในอากาศ เช่น รวมตัวกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์กลายเป็นกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ทำให้เกิดการกัดกร่อนโลหะต่าง ๆ ได้

1.4 ความชื้น (humidity) บริเวณที่มีความชื้นสูง ๆ จะทำให้เกิดการรวมตัวกันระหว่างควัน (smoke) กับหมอก (fog) เกิดเป็นหมอกควัน (smog) ทำให้ทัศนวิสัยการมองเห็นไม่ชัดเจนก่อให้เกิดปัญหาอุปสรรคในการขับขี่รถยนต์ได้

2. สภาพลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งพื้นที่ราบจะช่วยทำให้สารมลพิษที่ลอยตัวในบรรยากาศถูกพัดพาถ่ายเทได้ง่าย ในขณะที่พื้นที่ที่มีภูเขาล้อมรอบหรือพื้นที่ที่เป็นแอ่งกระทะทำให้เกิดการสะสมของสารมลพิษในอากาศได้มากและทำให้เกิดสภาวะอุณหภูมิผกผัน และพื้นที่ที่เป็นหุบเขาทำให้การไหลถ่ายเทของสารมลพิษในอากาศเป็นไปได้ยาก เพราะการไหลเวียนของอากาศที่พัดพาทำให้ฟุ้งกระจาย

ความรู้เกี่ยวกับการตรวจวัดฝุ่นละออง

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศเป็นเป้าหมายระดับคุณภาพอากาศที่ต้องการ ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของความเข้มข้นเฉลี่ยของสารมลพิษแต่ละชนิดที่ยอมให้มีได้ในบรรยากาศในช่วงระยะเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งกำหนดโดยใช้ข้อมูลและผลการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ที่บ่งบอกถึงผลเสียหายและอันตรายของมลพิษแต่ละชนิดหากสัมผัสกับสารมลพิษนั้น ๆ ที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ กัน เป็นพื้นฐานหลักและอาจใช้ปัจจัยอื่น ๆ ประกอบเข้าด้วย เช่น ปัจจัยทางเทคโนโลยีและปัจจัยทางเศรษฐกิจ เป็นต้น ดังนั้นมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศจะต้องได้รับการทบทวน และปรับปรุงให้เหมาะสมกับสถานการณ์เป็นระยะ ๆ

1. วิธีการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ

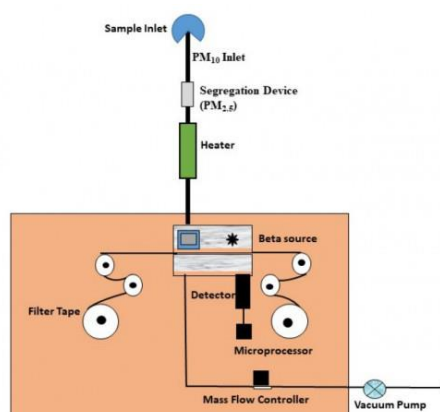
ประเทศไทยได้ประกาศใช้มาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศ โดยทั่วไปตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 โดยค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา 1 ปี ไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศทั่วไปในปี พ.ศ. 2565 โดยค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 37.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา 1 ปี ไม่เกิน 15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การพิจารณากำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นอำนาจของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ซึ่งมาตรฐานได้กำหนดเป็นค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารมลพิษทางอากาศ (PM₁₀ และ PM_{2.5}) ที่ยอมให้มีได้ในบรรยากาศและกำหนดวิธีตรวจวัดค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองในบรรยากาศเพื่อให้วิธีการตรวจวัดเป็นมาตรฐาน เดียวกัน และเป็นวิธีที่ยอมรับในระดับสากล สำหรับวิธีการตรวจวัดระบบอื่นหรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบและได้กำหนดไว้ในประกาศกรมควบคุมมลพิษ (25) มีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 วิธีการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศไทย

สารมลพิษทางอากาศ	วิธีการวัด/วิธีตรวจวัดตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ	วิธีการตรวจวัดตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ
- ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀)	-ระบบกราวิเมตริก (Gravimetric Method) -วิธีการตรวจวัดมาตรฐาน	- Beta Radiation Attenuation หรือ Beta Ray Attenuation - Tapered Element Oscillating
- ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5})	Federal Reference Method (FRM) ตามที่ US.EPA กำหนด	Microbalance: TEOM - Light Scattering - Dichotomus Air Sample

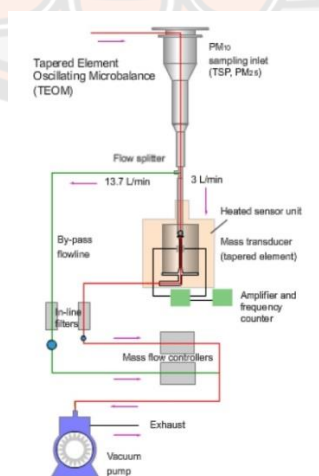
1. วิธีการตรวจวัดแบบ Beta Radiation Attenuation หรือ Beta Ray Attenuation วิธีการตรวจวัดระบบดูดกลืนรังสีเบต้า เป็นการตรวจวัดอนุภาคฝุ่นอย่างต่อเนื่องเมื่อดูดอากาศเข้ามาในระบบ อนุภาคฝุ่น จะตกลงบนกระดาษกรองโดยมีรังสีเบต้าฉายผ่านกระดาษกรองอย่างต่อเนื่อง การวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคฝุ่นได้จากความสัมพันธ์ของปริมาณรังสีที่ฉายและรังสีที่ผ่านกระดาษกรองออกมาเมื่อไม่มีและมีอนุภาคฝุ่นเกาะอยู่และนำไปเทียบหาความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่ตรวจวัด โดยมีหลักการของเครื่องมือ ดังนี้

- 1.1 ฉายรังสีเบต้าไปยังฝุ่นละอองบนแผ่นกรองซึ่งดูผ่านหัวคัตขนาด สำหรับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀)
- 1.2 วัดความสามารถในการดูดซับรังสีเบต้าเพื่อนำมาแปลงเป็นค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองในบรรยากาศ
- 1.3 Carbon-14 (C-14) เป็นแหล่งกำเนิดรังสีเบต้า



ภาพ 5 วิธีการตรวจวัดแบบ Beta Radiation Attenuation หรือ Beta Ray Attenuation (26)

2. วิธีการตรวจวัดโดย Tapered Element Oscillating Microbalance: TEOM เป็นอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบ Low volume air sampler โดยที่กระดาศกรองจะถูกติดอยู่ที่ปลายของ tapered quartz tube ซึ่งจะทำหน้าที่เหมือนส้อมเสียงซึ่งมีความไวกับการเปลี่ยนแปลงของความถี่ในการสั่นตามน้ำหนักของฝุ่นที่ตกลงบนกระดาศกรอง



ภาพ 6 ระบบตรวจวัดฝุ่นละอองแบบ Tapered Element Oscillating Microbalance(27)

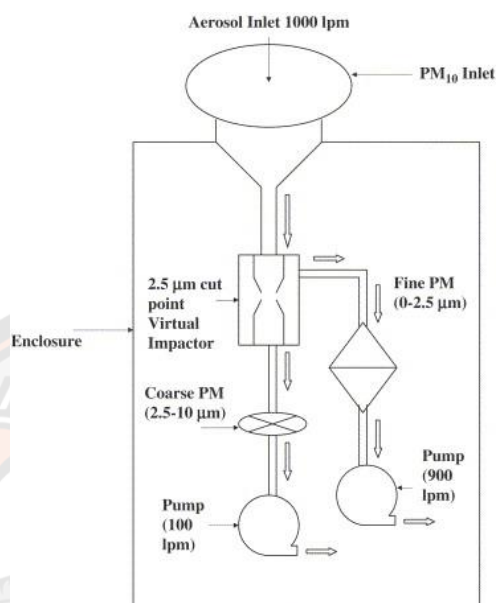
3. วิธีการตรวจวัดแบบ Light Scattering ภายในเครื่องจะมีแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนยิงแสงให้กระทบกับอนุภาคขนาดต่าง ๆ ที่เข้าสู่ภายในเครื่อง มีส่วนตรวจวัดความเข้มแสงที่กระเจิงเป็นมุมน้อย ๆ โดยแสงที่กระเจิงจากอนุภาคที่มีขนาดต่างกันจะมีมุมที่แตกต่างกันออกไปทำให้สามารถตรวจวัดฝุ่นขนาดต่าง ๆ ได้ และสามารถแสดงผลการตรวจวัดได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านการชั่งกระดาษกรอง



ภาพ 7 เครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองแบบ Light Scattering (28)

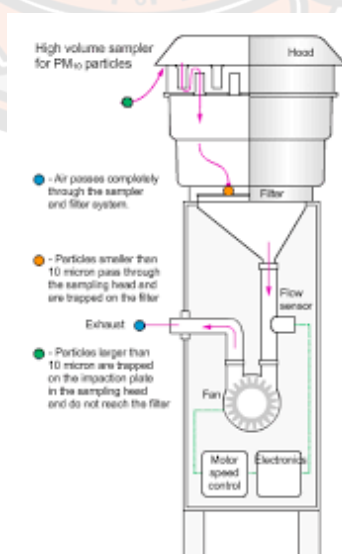
4. วิธีการตรวจวัดแบบ Dichotomus Air Sample การตรวจวัดอนุภาคฝุ่นด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นแบบ Dichotomus Air Sample หรือ Virtual impactor ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บอนุภาคฝุ่นโดยแยกเก็บเป็น 2 ขนาด สามารถตรวจวัดขนาดฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดระหว่าง 2.5 – 10 ไมครอน ($PM_{2.5}$ และ PM_{10}) โดยใช้เครื่องมือเครื่องเดียวกัน อุปกรณ์ชนิดนี้มีขนาดเล็กและใช้อัตราการไหลของอากาศน้อยกว่าเครื่อง High-Volume โดยใช้ในการดูดอากาศผ่านหัวคัดขนาดสำหรับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ให้ตกกระทบกับอุปกรณ์คัดแยกฝุ่นละออง (Virtual Impactor) เพื่อแยกฝุ่นละอองออกเป็น

สองขนาด คือ ขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และขนาดตั้งแต่ 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) แล้วนำแผ่นกรองทั้งสองแผ่นมาชั่งหาน้ำหนักรวมของฝุ่นละอองทั้งหมด



ภาพ 8 ระบบการทำงานของเครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นด้วย Dichotomous Air Sampler (29)

5. การตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศด้วยระบบกราวิเมตริก (Gravimetric) ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่าง High Volume Air Sampler



ภาพ 9 ระบบการทำงานของเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแบบ High Volume Air Sampler (30)

6. การตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศด้วยเครื่องวัดคุณภาพอากาศ PM_{2.5} (PMS7003 WiFi) สามารถวัดค่าฝุ่นละอองขนาด PM_{2.5}, PM₁₀, PM_{1.0} วัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ พร้อมแสดงวัน เดือน ปี และเวลา มีความแม่นยำในการวัดค่า PM_{2.5} ± 10% ของค่าที่อ่านได้ ช่วงวัดค่า PM_{2.5} อยู่ระหว่าง 1- 999 µg/m³ มีเวลาตอบสนอง 10 วินาที และแสดงผลการตรวจวัด 1 ครั้งต่อ 10 วินาที สามารถทำงานในช่วงอุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ถึง 60 องศาเซลเซียส มีการคำนวณเพื่อชดเชยค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ มีแผ่นกรองความละเอียด 37 ไมโครเมตรเพื่อป้องกันการอุดตันจากแมลงหรือเศษผงขนาดใหญ่ แสดงผลแบบ LCD มีระบบตั้งเวลาเปิด ปิด เครื่องอัตโนมัติ สามารถแสดงผลแบบ Realtime บนเครื่องคอมพิวเตอร์, สมาร์ทโฟน, แท็บเล็ต และแสดงผล Dashboard บน IoT platform ได้ สามารถส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ตผ่าน wifi



ภาพ 10 เครื่องวัดคุณภาพอากาศ PM_{2.5} (PMS7003 WiFi) (31)

2. ดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index: AQI)

ดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index: AQI) (32) เป็นการรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจของประชาชนทั่วไป เพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้สาธารณชนได้รับทราบถึงสถานการณ์มลพิษทางอากาศในแต่ละพื้นที่ว่าอยู่ในระดับใด มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่ ดัชนีคุณภาพอากาศ 1 ค่า ใช้เป็นตัวแทนค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ 6 ชนิด ดังนี้

1. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) เป็นฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ทั้งจากยานพาหนะ การเผาวัสดุการเกษตร ไฟป่า และกระบวนการอุตสาหกรรม สามารถเข้าไปถึงถุงลมในปอดได้ เป็นผลทำให้เกิดโรคในระบบทางเดิน

หายใจและโรคปอดต่าง ๆ หากได้รับในปริมาณมากหรือเป็นเวลานานจะสะสมในเนื้อเยื่อปอดทำให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลง ทำให้หลอดลมอักเสบ มีอาการหอบหืด เป็นต้น

2. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เป็นฝุ่นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมครอน ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเผาในที่โล่ง กระบวนการอุตสาหกรรม การบด การโม่ หรือการทำให้เป็นผงจากการก่อสร้าง ส่งผลกระทบต่อสุขภาพเนื่องจากเมื่อหายใจเข้าไปสามารถเข้าไปสะสมในระบบทางเดินหายใจ

3. ก๊าซโอโซน (O_3) เป็นก๊าซที่ไม่มีสีหรือมีสีฟ้าอ่อน มีกลิ่นฉุน ละลายน้ำได้เล็กน้อย เกิดขึ้นได้ทั้งในระดับบรรยากาศชั้นที่สูงจากผิวโลกและระดับชั้นบรรยากาศผิวโลกที่ใกล้พื้นดิน ก๊าซโอโซนที่เป็นสารมลพิษทางอากาศคือก๊าซโอโซนในชั้นบรรยากาศผิวโลก เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีผลกระทบต่อสุขภาพ โดยก่อให้เกิดการระคายเคืองตา และระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจและเยื่อต่างๆ ความสามารถในการทำงานของปอดลดลง เหนื่อยเร็ว โดยเฉพาะในเด็ก คนชรา และคนที่เป็โรคปอดเรื้อรัง

4. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี กลิ่น และรส เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ก๊าซนี้สามารถสะสมอยู่ในร่างกายได้โดยจะไปรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจนประมาณ 200-250 เท่า เมื่อหายใจเข้าไปทำให้ก๊าซชนิดนี้จะไปแย่งจับกับฮีโมโกลบินในเลือด เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (CoHb) ทำให้การลำเลียงออกซิเจนไปสู่เซลล์ต่างๆ ของร่างกายลดน้อยลง ส่งผลให้ร่างกายเกิดอาการอ่อนเพลียและหัวใจทำงานหนักขึ้น

5. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เป็นก๊าซที่ไม่มีสีและกลิ่น ละลายน้ำได้เล็กน้อยมีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงต่าง ๆ อุตสาหกรรมบางชนิด เป็นต้น ก๊าซนี้มีผลต่อระบบการมองเห็นและผู้ที่มีการหอบหืดหรือโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ

6. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นก๊าซที่ไม่มีสีหรืออาจมีสีเหลืองอ่อน ๆ มีรสและกลิ่นที่ระดับความเข้มข้นสูง ซึ่งเกิดจากธรรมชาติและการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถัน (ซัลเฟอร์) เป็นส่วนประกอบ สามารถละลายน้ำได้ดี สามารถรวมตัวกับสารมลพิษอื่นแล้วก่อตัวเป็นอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กได้ ก๊าซนี้มีผลกระทบต่อสุขภาพ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อปอด ผิวหนัง และระบบทางเดินหายใจ หากได้รับเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้เป็นโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรังได้

การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศรายวันของสารมลพิษทางอากาศแต่ละประเภท คำนวณจากค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ โดยมีระดับของค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศที่ระดับต่าง ๆ

รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.1 การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศในช่วงระดับ เป็นสมการเส้นตรง ดังนี้

$$\text{กำหนดให้} \quad I = \frac{I_j - I_i}{X_j - X_i} (X - X_i) + I_i$$

เมื่อ I = ค่าดัชนีย่อยคุณภาพอากาศ

X = ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการตรวจวัด

X_i, X_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงความเข้มข้นสารมลพิษที่มีค่า X

I_i, I_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงดัชนีคุณภาพอากาศที่ตรงกับช่วงความเข้มข้น X จากค่าดัชนีย่อยที่คำนวณได้ สารมลพิษทางอากาศประเภทใดมีค่าดัชนีสูงสุด จะใช้เป็นดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) ณ ช่วงเวลานั้น

ช่วงเวลาเฉลี่ยและหน่วยสารมลพิษทางอากาศที่ใช้ในการคำนวณ มีดังนี้

- PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง: ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- PM₁₀ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง: ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- O₃ เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง: ส่วนในพันล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000
- CO เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง: ส่วนในล้านส่วน หรือ ppm หรือ 1/1,000,000
- NO₂ เฉลี่ย 1 ชั่วโมง: ส่วนในพันล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000
- SO₂ เฉลี่ย 1 ชั่วโมง: ส่วนในพันล้านส่วน หรือ ppb หรือ 1/1,000,000,000

ตาราง 4 ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ

AQI	PM _{2.5}	PM ₁₀	O ₃	CO	NO ₂	SO ₂
	($\mu\text{g./m}^3$)	($\mu\text{g./m}^3$)	(ppb)	(ppm)	(ppb)	(ppb)
	เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง			เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง	เฉลี่ย 1 ชั่วโมงต่อเนื่อง	
0 – 25	0 – 15	0 – 50	0 – 35	0 – 4.4	0 – 60	0 – 100
26 – 50	15.1–25.0	51 – 80	36 – 50	4.5 – 6.4	61 – 106	101 – 200
51 – 100	25.1–37.5	81–120	51 – 70	6.5 – 9.0	107 – 170	201 – 300
101 – 200	37.6–75.0	121– 180	71 – 120	9.1 – 30.0	171 – 340	301 – 400
มากกว่า 200	75.1 ขึ้นไป	181 ขึ้นไป	121 ขึ้นไป	30.1 ขึ้นไป	341 ขึ้นไป	401 ขึ้นไป

ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทยแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ตั้งแต่ 0 ถึง 201 ขึ้นไป ซึ่งแต่ละระดับจะใช้สีเป็นสัญลักษณ์เปรียบเทียบระดับของผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยโดยดัชนีคุณภาพอากาศ 100 จะมีค่าเทียบเท่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป หากดัชนีคุณภาพอากาศมีค่าสูงเกินกว่า 100 แสดงว่าค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศมีค่าเกินมาตรฐาน และคุณภาพอากาศในวันนั้นจะเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน รายละเอียดดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย

AQI	ความหมาย(ระดับ คุณภาพอากาศ)	สีที่ใช้	คำอธิบาย
0 – 25	ดีมาก	ฟ้า	ประชาชนทุกคนสามารถดำเนินชีวิตได้ตามปกติ
26 – 50	ดี	เขียว	ประชาชนทั่วไป: สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งได้ตามปกติ ประชาชนกลุ่มเสี่ยง: ควรสังเกตอาการผิดปกติ เช่น ไอบ่อย หายใจลำบาก หายใจถี่ หายใจไม่ออก หายใจมีเสียงวี๊ด แน่นหน้าอก เจ็บหน้าอก ใจสั่น คลื่นไส้ เมื่อมีอาการผิดปกติ หรือวิงเวียนศีรษะ
51 – 100	ปานกลาง	เหลือง	ประชาชนทั่วไป: ประชาชนกลุ่มเสี่ยง:
101 – 200	เริ่มมีผลกระทบต่อ สุขภาพ	ส้ม	ประชาชนทั่วไป: ควรเฝ้าระวังสุขภาพ ถ้ามีอาการทางสุขภาพ ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเอง ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ: ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเอง ถ้ามีอาการทางสุขภาพ ควรปรึกษาแพทย์
201 ขึ้นไป	มีผลกระทบต่อ สุขภาพ	แดง	ทุกคนควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้งหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศสูง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีอาการทางสุขภาพควรปรึกษาแพทย์

ผลกระทบของฝุ่นละออง (33)

1. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ฝุ่นละอองจะจับบนใบพืชทำให้ก๊าซเข้าสู่ใบพืชได้น้อยลงในที่สุดก็เกิดเป็นใบเหลืองและเฉา นอกจากนี้ฝุ่นละอองยังทำให้รังสีจากดวงอาทิตย์ซึ่งมีความยาวคลื่น 400-760 นาโนเมตรสะท้อนออกเพิ่มขึ้นเป็นผลให้การสังเคราะห์แสงลดลง ในทางตรงกันข้ามกลับดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์ที่มีความยาวคลื่น 1,750-1,850 นาโนเมตร ในปริมาณมากขึ้นทำให้ความร้อนภายในใบมีเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ฝุ่นละอองที่ตกลงมาตามแรงดึงดูดของโลกทำให้เกิดความสกปรกแก่อาคารบ้านเรือน วัตถุ และสิ่งก่อสร้าง รวมทั้งฝุ่นละอองยังมีคุณสมบัติในการดูดซับโลหะสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ไว้ที่พื้นผิวอนุภาค หรือจากฝุ่นละอองเองที่เป็นชนิดที่มีสภาพเป็นกรดหรือองค์ประกอบ

ทางเคมีที่เป็นอันตราย เมื่อเกาะติดวัตถุหรือสิ่งก่อสร้างจะสามารถทำอันตรายต่อสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ได้ เช่น การทำลายและกัดกร่อนผิวหน้าของโลหะ ทินอ่อน รั้วเหล็ก หลังคาสังกะสี และรูปปั้น เป็นต้น

2. ผลกระทบต่อสุขภาพ

มนุษย์แต่ละคนจะหายใจเข้าประมาณ 22,000 ครั้งต่อวัน หรือจะเอาอากาศเข้าไปภายในปอดประมาณ 16 กิโลกรัม หากในอากาศมีปริมาณฝุ่นละอองสูงจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความสามารถในการผ่านเข้าไปในทางเดินหายใจด้วย โดยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) เมื่อหายใจเข้าไปจะผ่านทางเดินหายใจ ผ่านเนื้อเยื่อในปอด และไปฝังตัวอยู่ในถุงลมปอด (alveoli) ความสามารถในการฝังตัวของอนุภาคฝุ่นละอองขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นละออง ซึ่งอนุภาคของฝุ่นละอองที่จะเข้าไปสู่ระบบทางเดินหายใจนอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดแล้วยังขึ้นอยู่กับรูปร่าง ความหนาแน่น ความเป็นกรดต่าง และความสามารถในการละลายน้ำอีกด้วย ประสิทธิภาพในการฝังตัวของฝุ่นละอองยังแตกต่างกันในคนที่สูบบุหรี่และคนที่ไม่สูบบุหรี่ รวมทั้งคนที่ เป็นโรคปอด หลังจากฝุ่นละอองฝังตัวในทางเดินหายใจแล้วกลไกของร่างกายในการกำจัดฝุ่นละออง เหล่านี้จะแตกต่างกันไปตามตำแหน่งของทางเดินหายใจในบริเวณจมูก ลำคอ และหลอดลมส่วนต้น จะมีขนาดเล็ก ๆ คอยโบกพัดและกำจัดฝุ่นละอองภายในระยะเวลา 1 วัน ซึ่งบริเวณถุงลมในปอดใช้เวลา ในการกำจัดฝุ่นละอองเป็นสัปดาห์หรือเป็นเดือน ฝุ่นละอองที่มีความสามารถในการฝังตัวอยู่บริเวณถุงลมปอดจะมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มากเพราะฝุ่นละอองกลุ่มนี้ส่วนมากจะเป็นฝุ่นละอองของสารพิษ คือ ตะกั่ว โครเมียม และแคดเมียม เป็นต้น ถ้าองค์ประกอบในฝุ่นเป็นโลหะหนัก เช่น ซิลิกา แอสเบส ตอส หรือสารก่อมะเร็งบางชนิด ก็อาจจะทำให้เป็นโรคปอดชนิดต่าง ๆ รวมทั้งโรคมะเร็งปอดได้ มีการศึกษาทางระบาดวิทยาถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลของระดับอนุภาคของฝุ่นละอองและผลกระทบต่อสุขภาพร่างกาย สรุปได้ดังนี้

1. เพิ่มอัตราการตายที่ระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งหมดประมาณ 1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2. ทำให้เกิดหลอดลมอักเสบที่ระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งหมด ตั้งแต่ 250 – 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3. ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของปอดในเด็กที่ระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งหมด 200 – 420 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ อนุภาคฝุ่นละอองที่รวมตัวกับสารมลพิษอื่น ๆ สามารถก่อให้เกิดอันตรายอย่างรุนแรงต่อสุขภาพของประชาชน สารมลพิษส่วนใหญ่เข้าสู่ร่างกายมนุษย์ทางระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดการทำลายอวัยวะของระบบทางเดินหายใจโดยตรง

3. ทางรับสัมผัสฝุ่นละออง (Routes of exposure)

ทางเดินหายใจแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนบนและส่วนล่าง โดยส่วนบนเริ่มตั้งแต่ จมูก คอหอย จนถึงหลอดลมคอ และส่วนล่าง ได้แก่ หลอดลมคอส่วนนอก หลอดลม และปอด ซึ่งส่วนต่าง ๆ ของทางเดินหายใจ จะถูกกระทบโดยสารพิษต่าง ๆ ที่ได้รับจากการหายใจ ทางเดินหายใจส่วนบนมีขนจมูก และความชื้นสำหรับช่วยในการกรองฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ สำหรับทางผ่านของอากาศในทางเดินหายใจส่วนล่างในปอดประกอบด้วยหลอดลมฝอยมากมายซึ่งจะทำให้ความเร็วของการไหลของอากาศในปอดลดลงจึงมีผลต่อการตกค้างของฝุ่นละอองในปอด กลไกการตกค้างของฝุ่นละอองในทางเดินหายใจ ได้แก่

1. การปะทะเนื่องจากความเฉื่อย (inertial impaction)
2. การตกตะกอนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (sedimentation)
3. การแผ่ของโมเลกุลแบบบราวเนียน (diffusion)

ผลกระทบต่อสุขภาพที่มาจากฝุ่นละอองมีตั้งแต่อาการเพียงเล็กน้อย เช่น ทำให้มีอาการ แสบตา ตาแดง มีน้ำตาไหล น้ำมูกไหล เจ็บคอ คออักเสบ และไอ เป็นต้น ซึ่งฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) จะมีผลต่อกลไกการตกค้างของฝุ่นละอองในส่วนต่าง ๆ ของระบบหายใจ ส่วนบนตั้งแต่จมูก คอหอย หลอดลมคอ หลอดลมคอส่วนนอก และปอด ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อปอด เช่น การอักเสบของถุงลมปอด และบางรายอักเสบมากจนทำให้ เกิดการหายใจลำบากจนถึงขั้นภาวะวิกฤตได้

4. กลไกการทำอันตรายของอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก

1. การอักเสบของถุงลมปอด (Alveolar inflammation) การตกค้างของอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก เกิดจากเม็ดเลือดขาวไม่สามารถจับและทำลายฝุ่นละอองขนาดเล็กได้ จากการทดลองในสัตว์ทดลองนำไปสู่สมมติฐานที่ว่าอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กและไวต่อปฏิกิริยาทางเคมีจะทำให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองอย่างเดียวกันกับในมนุษย์ คือ ทำให้เกิดการอักเสบของถุงลมปอดจากการกระตุ้นของอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดเล็ก และเกิดกระบวนการอักเสบของปอดซึ่งพบได้จากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในพลาสมาที่จะกลายเป็นไฟบรินและมีจำนวนเม็ดเลือดขาวที่เพิ่มขึ้น

2. การจับตัวเป็นก้อนของเลือดในเส้นเลือด (Clotting pathway) เม็ดเลือดขาวที่ถูกกระตุ้นโดยสิ่งเร้าต่าง ๆ รวมทั้งอนุภาคของฝุ่นละอองขนาดเล็กจะนำไปสู่กระบวนการจับตัวเป็นก้อนของเลือด โดยโปรตีนในพลาสมาจะเปลี่ยนไปเป็นไฟบริโนเจนที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือดซึ่งหลั่งออกมาจาก Pneumatocytes เนื่องจากการอักเสบของเซลล์ถุงลมในปอด ซึ่งมีส่วนกระตุ้นให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนของเลือดและเป็นสาเหตุของอุบัติการณ์ของโรคหัวใจล้มเหลว

3. ความหนืดของพลาสมา (Plasma viscosity) การศึกษาในประเทศเยอรมนีพบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของพลาสมากับการเปลี่ยนแปลงของระดับมลพิษทางอากาศในกลุ่มผู้หญิงและกลุ่มผู้ชายที่ไม่สูบบุหรี่ ซึ่งจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนของโลหิต

เนื่องมาจากกระบวนการอักเสบของเซลล์ถุงลมในปอดนำไปสู่ปฏิกิริยาเฉียบพลันทางพยาธิวิทยาที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นละอองในอากาศและอุบัติการณ์การเสียชีวิตในเวลาต่อมา

4. การถูกกระตุ้นของอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กผ่านอากาศในท่อหายใจ (Airway reactivity) การหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นเมื่อตัวรับสัมผัสในหลอดลมคอ (Trachea) และหลอดลมใหญ่ (Large bronchi) ถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้า เช่น อากาศเย็น ควันบุหรี่ และมลพิษทางอากาศ สารเคมีที่หลังจากกล้ามเนื้อเรียบของทางเดินหายใจที่สำคัญ คือ สารก่อภูมิแพ้และสารที่มีฤทธิ์กระตุ้นการบีบตัวของกล้ามเนื้อเรียบ เช่น พรอสตาแกลนดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหลอดลมของผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดจะทำให้มีอาการกำเริบได้เร็วมาก การหดตัวของหลอดลมมีผลทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางของทางผ่านอากาศลดลง ซึ่งมีผลทำให้เพิ่มแรงต้านของอากาศที่ผ่านเข้าออกในท่อหายใจ และทำให้เกิดอาการหายใจมีเสียงวี๊ดหรือฮืดในอก ไอแน่นหน้าอก หายใจลำบากและอาการรุนแรงขึ้นเมื่อออกกำลังกาย (34)

โรคที่เกิดจากฝุ่นละอองเป็นสาเหตุทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อต่าง ๆ รวมทั้งบริเวณปลายประสาท รบกวนการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต ทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจ โรคหัวใจและหลอดเลือดกลไกการป้องกันโรคลดลง ระบบภูมิคุ้มกันบกพร่อง เซลล์บริเวณปอดเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและเป็นสารก่อมะเร็ง สำหรับฝุ่นละอองที่ไม่ตกสู่พื้นหรือกลุ่มที่ต้องใช้เวลานานกว่าจะตกสู่พื้นเป็นต้นเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพแก่ผู้ที่ได้รับฝุ่นละอองเข้าสู่ร่างกาย โดยเราสามารถพบโรคที่มีฝุ่นละอองเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคมามากมาย เช่น ซิลิโคซิส ที่มีสาเหตุมาจากฝุ่นผงซิลิกาในธรรมชาติเป็นสารที่ทนต่อการแปรสภาพของกรด ด่าง และสารเคมี พบมากในเหมืองทราย ผงฝุ่นจากโรงงานบัดหินและบัดแร่ ซึ่งจะกระจายตัวในอากาศแล้วผ่านเข้าสู่จมูกและหลอดลมไปติดอยู่ในเนื้อเยื่อของปอดได้ ผงฝุ่นผงซิลิกาขนาดเล็กนี้เมื่อสัมผัสกับเนื้อเยื่อหุ้มเซลล์จะทำให้เซลล์แตกออก เนื้อเยื่อของปอดจะถูกทำลายจนปอดพรุน สูญเสียหน้าที่ของระบบการหายใจ ทำให้หายใจไม่สะดวก ปริมาตรของลมหายใจเข้าออกลดลง หัวใจถูกกด ปอดติดเชื้อได้ง่ายเพราะบางส่วนของปอดจะหยุดนิ่งจึงทำให้ไม่มีการถ่ายเทอากาศระหว่างข้างในกับข้างนอก ดังนั้นผู้ป่วยอาจจะมีโรคปอดบวม วัณโรค รวมถึงถุงลมโป่งพองแทรกซ้อนได้

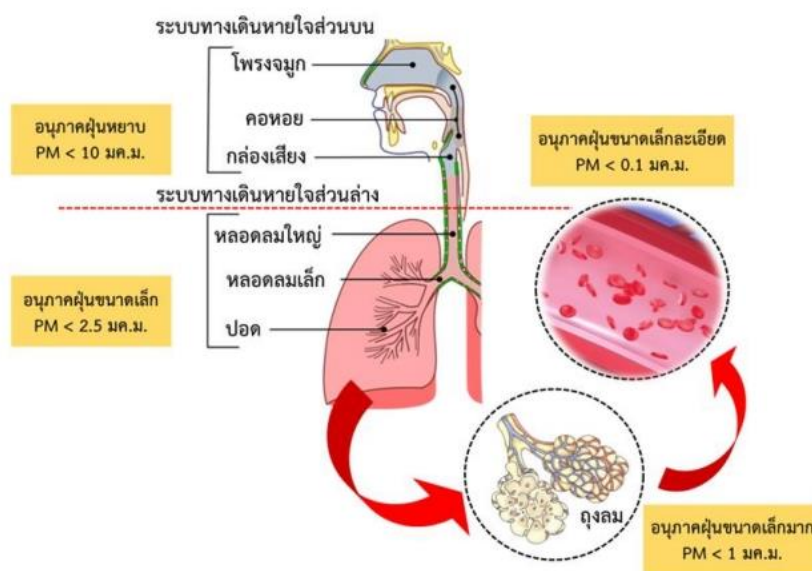
1. แอสเบสโตซิสมีสาเหตุมาจากผงฝุ่นแอสเบสตอส เป็นสารจำพวกแมกนีเซียม ซิลิเกต มีลักษณะเป็นเส้นใยไม่ละลายน้ำ อาการของโรคคล้าย ๆ กับโรคซิลิโคซิส คือ ระบบทางเดินหายใจไม่สะดวก หายใจสั้นหอบ ไอบ่อย อาจเป็นมะเร็งหลอดลม และมะเร็งปอดได้ง่าย ในสัตว์ทดลองพบว่า ถ้ามีการฉีดยาเส้นใยเล็ก ๆ ของแอสเบสตอสเข้าใต้ผิวหนัง เส้นใยสามารถจะกระจายไปทั่วร่างกายของสัตว์ทดลองได้

2. โรคหืดเป็นโรคของทางเดินหายใจ ซึ่งมีความไวเกินของหลอดลมในการสนองตอบต่อสารภูมิแพ้ สิ่งระคาย เช่น ฝุ่นละออง เกสรดอกไม้ ทำให้หลอดลมตีบตัวลง แสดงออกให้เห็นทางคลินิกโดยการหายใจลำบากหายใจมีเสียงดังหรือจะทราบได้จากการตรวจการทำงานของปอด อาการหอบที่เกิดขึ้นนี้อาจจะเกิดขึ้นอย่างฉับพลันทันทีหรือค่อย ๆ เกิดขึ้นตามลำดับมากขึ้นหรือยาวแล้วแต่ความรุนแรง อาการอื่น ๆ ที่อาจพบได้อีก คือ อาการไอ น้ำมูกไหล โรคนี้พบได้ตั้งแต่อายุ 3 สัปดาห์ ซึ่งในรายที่มีอาการแล้วไม่ได้รับการรักษาอย่างทันท่วงทีผู้ป่วยอาจเสียชีวิตได้

3. ภูมิแพ้เป็นปฏิกิริยาไวเกินของระบบภูมิคุ้มกัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาของร่างกายที่มากเกินไปกว่าปกติเมื่อมีสารแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย อาจจะเป็นละอองขนสัตว์ ฝุ่นละอองในบ้าน สารเหล่านี้จะเรียกว่า แอนติเจน ซึ่งจะไปกระตุ้นให้ร่างกายของผู้ที่เป็นภูมิแพ้ สร้างภูมิคุ้มกันชนิดพิเศษที่เรียกว่า IgE ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้ร่างกายเกิดปฏิกิริยาที่มากเกินไปปกติทำให้เกิดอาการแพ้ขึ้น ภูมิแพ้ทำให้เกิดโรคหลายชนิดด้วยกัน เช่น โรคหัดเรื้อรัง ผื่นแพ้ ลมพิษ จมูกอักเสบ จากภูมิแพ้ แพ้แมลง ผิวหนังอักเสบจากการสัมผัส เป็นต้น สำหรับโรคที่มีสาเหตุมาจากภูมิแพ้ ได้แก่ โรคหัดเรื้อรัง อาการของหัดเรื้อรังที่มีสาเหตุมาจากโรคภูมิแพ้หรือที่เรียกกันง่าย ๆ ว่าแพ้อากาศ ซึ่งพบได้บ่อยที่สุดในกลุ่มโรคภูมิแพ้ อาการของหัดแตกต่างจากอาการหอบหืด คือ บริเวณที่เกิดปฏิกิริยาขึ้นมาเป็นทางเดินหายใจส่วนบนเท่านั้น คือ จมูก ตา และคอ ส่วนปอดและหลอดลมไม่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องด้วย มีสาเหตุที่สำคัญมาจากผู้ป่วยได้หายใจเอาสิ่งที่แพ้เข้าไป ซึ่งสิ่งเหล่านี้เจือปนอยู่ในอากาศ เช่น ฝุ่นละออง ขนสัตว์เลี้ยง เกสรพืช ไรฝุ่น และเชื้อราในอากาศ โดยอาการที่เป็นลักษณะเฉพาะของโรคนี้ คือ อาการจามติด ๆ กันหลายครั้ง คันจมูก คัดจมูก และมีน้ำมูกใส ๆ

การศึกษาทางด้านผลกระทบของฝุ่นละอองต่อการทำงานของระบบทางเดินหายใจ โดย Kim et al. (2015) และ Falcon-Rodriguez et al. (2016) รายงานว่าฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 99 ของฝุ่นละอองทั้งหมด จะติดอยู่บริเวณโพรงจมูกและปากเท่านั้น ไม่สามารถผ่านเข้าสู่หลอดลมได้ ส่วนฝุ่นที่มีขนาด 5 – 10 ไมครอน จะเข้าสู่หลอดลม (trachea) และแขนงหลอดลม (bronchus) สำหรับฝุ่นละอองขนาด 1-5 ไมครอน จะเข้าสู่หลอดลมฝอย (bronchioles) ถุงลม (alveoli) และฝุ่นละเอียดขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน สามารถดูดกลืนเข้าสู่กระแสโลหิตผ่านเส้นเลือดฝอยในปอดเข้าสู่ร่างกายได้ โดยจะมีเฉพาะฝุ่นขนาดเล็กมาก ๆ เท่านั้นที่จะสามารถเข้าไปได้ถึงระดับถุงลม ถ้าเข้าไปในถุงลมจะทำให้การแลกเปลี่ยนอากาศน้อยลง ทำให้ช่วงจังหวะหายใจสั้น และหัวใจทำงานหนักมากขึ้นเพื่อทดแทนปริมาณการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ลดลง ผู้ที่มีปัญหาของโรกระบบทางเดินหายใจ เช่น หอบหืด โรคถุงลมโป่งพอง โรคหัวใจจะมีผลกระทบมากขึ้น นอกจากนั้น ฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้จะมีความเป็นพิษต่ออวัยวะต่าง ๆ โดยตรงไม่ว่าจะเป็น ปอด ตับ หรือไต และถ้าฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้เป็นอนุภาคของกรด เช่น อนุภาคของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ อนุภาคกรดเหล่านี้เมื่อรวมกับความชื้นในระบบทางเดินหายใจก็จะกลายเป็น

ซัลเฟต และกลายเป็นกรดซัลฟูริก ซึ่งเป็นสารกัดกร่อน เกิดการระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ และลดความสามารถของร่างกายในการจัดการเชื้อแบคทีเรียและทำให้การติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจง่ายขึ้น



ภาพ 11 การเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ (35)

ความรู้เกี่ยวกับระบบขนส่ง

ประเทศไทยมีรถจดทะเบียนใหม่เฉลี่ย 2.90 ล้านคันต่อปี เฉลี่ยเดือนละประมาณ 241,765 คัน วันละประมาณ 7,949 คัน หรือทุก ๆ ชั่วโมงจะมีรถจดทะเบียนใหม่ประมาณ 322 คัน จากรายงานสถิติการขนส่ง 5 ปี (10) ของกรมการขนส่งทางบก ณ วันที่ 30 กันยายน 2564 พบว่าประเทศไทยมีจำนวนรถจดทะเบียนสะสมทั้งสิ้น 43,152,117 คัน เป็นการจดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ จำนวน 41,801,329 คัน หรือคิดเป็นร้อยละ 96.87 และรถจดทะเบียนสะสมตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบก จำนวน 1,350,788 คันคิดเป็นร้อยละ 3.13 โดยรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์พบว่า เป็นรถจักรยานยนต์ส่วนบุคคลมากที่สุด จำนวน 22,022,563 คัน เป็นร้อยละ 52.68 รองลงมาคือรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง จำนวน 11,241,525 คัน คิดเป็นร้อยละ 26.89 และรถบรรทุกส่วนบุคคล จำนวน 7,072,444 คัน คิดเป็นร้อยละ 16.92 ตามลำดับ โดยรถจดทะเบียนสะสมมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.91 หรือประมาณ 0.97 ล้านคันต่อปี โดยรถบรรทุกมีอัตราเพิ่มขึ้นสูงที่สุดในประเภทรถบรรทุกสะสม ซึ่งในช่วงปีงบประมาณ 2561 – 2564 ประเทศไทยมีรถจดทะเบียนใหม่เฉลี่ย 2.90 ล้านคันต่อปี เฉลี่ยเดือนละประมาณ 241,765 คัน วันละ

ประมาณ 7,949 คัน หรือทุก ๆ ชั่วโมงจะมีรถจดทะเบียนใหม่ประมาณ 322 คัน และเมื่อจำแนกตามชนิดเชื้อเพลิง พบว่า รถที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทเบนซิน ดีเซล ไฟฟ้า ไฮบริด และไม่ใช่เชื้อเพลิง มีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นส่วนรถที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทก๊าซ LPG และก๊าซ CNG มีอัตราลดลง รายละเอียดดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ประเภทรถยนต์ที่จดทะเบียนในช่วงปีงบประมาณ 2561 – 2564

จำนวนรถจดทะเบียน ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์						
	หน่วย : พันคัน					
ประเภทรถ	2559	2560	2561	2562	2563	2564
- รถยนต์นั่งส่วนบุคคล ไม่เกิน 7 คน	552	638	698	723	559	398
- รถยนต์นั่งส่วนบุคคล เกิน 7 คน	13	18	15	15	28	14
- รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล	245	262	273	270	226	157
- รถจักรยานยนต์	1,914	2,001	1,942	1,876	1,681	1,193
- รถอื่น ๆ	71	71	82	74	67	40
รวม	2,795	2,990	3,010	2,958	2,561	1,802

1. ความรู้เกี่ยวกับระบบขนส่งสาธารณะ

ระบบขนส่งสาธารณะ หมายถึง บริการคมนาคมขนส่งผู้โดยสารที่ประชาชนทุกคนสามารถใช้บริการได้ เช่น รถไฟฟ้า รถไฟฟ้าใต้ดิน รถไฟฟ้าบนดิน รถโดยสาร รถเมล์ เป็นต้น ระบบการขนส่งสาธารณะส่วนใหญ่ให้บริการโดยมีการกำหนดเส้นทางและตารางเวลาของการให้บริการที่แน่นอนไว้แล้ว

การจำแนกประเภทของระบบขนส่งสาธารณะ

การจำแนกประเภทของระบบขนส่งสาธารณะโดยพิจารณาจากประเภทของบริการแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ การขนส่งส่วนบุคคล การขนส่งผู้โดยสารแบบรับจ้าง การขนส่งผู้โดยสารด้วยบริการสาธารณะ และระบบขนส่งสาธารณะเขตเมือง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การขนส่งส่วนบุคคล (Private transportation) คือ การขนส่งที่ใช้ยานพาหนะที่ครอบครองเองได้ใช้ในการเดินทาง เช่น รถยนต์ส่วนบุคคล รถจักรยาน รถจักรยานยนต์ เป็นต้น

2. การขนส่งผู้โดยสารแบบรับจ้าง (For-hire urban passenger transportation) คือ การขนส่งที่ผู้ให้บริการและผู้ใช้บริการมีการตกลงราคาค่าบริการล่วงหน้าก่อนใช้บริการ การขนส่ง

รูปแบบนี้มักไม่มีเส้นทางและตารางการให้บริการที่แน่นอน สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการของผู้ใช้บริการ เช่น รถแท็กซี่ มอเตอร์ไซค์รับจ้าง เป็นต้น

3. การขนส่งผู้โดยสารด้วยบริการสาธารณะ (Common-carrier urban passenger transportation) คือ การขนส่งที่มีการกำหนดเส้นทาง ตารางการให้บริการและค่าโดยสารไว้แน่นอน เช่น รถไฟฟ้า รถโดยสารประจำทาง รถเมล์ เป็นต้น

4. ระบบขนส่งสาธารณะเขตเมือง (Urban public transportation) คือ การขนส่งที่รวมการขนส่งผู้โดยสารแบบรับจ้างและการขนส่งผู้โดยสารด้วยบริการสาธารณะ

องค์ประกอบของระบบขนส่งสาธารณะ

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ (36) กล่าวว่าองค์ประกอบทางกายภาพของระบบขนส่ง โดยทั่วไปแล้ว สามารถแบ่งได้ ดังนี้

1. ยานพาหนะหรือรถ (Vehicles or car) มีความหมายเดียวกับคำว่า Fleet และ Rolling stock และยังมีคำอีกคำหนึ่งคือ Transit unit (TU) หมายถึงกลุ่มหรือชุดของยานพาหนะที่ประกอบเข้าด้วยกันและเคลื่อนที่ไปพร้อมกันขณะเดินทาง

2. ทาง เส้นทางเดินทาง หรือขอบเขตทาง (Ways, Travel ways or Right-of-way) มีความหมายตั้งแต่ถนนทั่วไป ทางหลวง ถนนสำหรับระบบขนส่งสาธารณะและช่องทางรถโดยสาร

3. สถานที่เข้ารับบริการ (Transit stop facilities) เป็นตำแหน่งที่ใช้หยุดเพื่อรับ – ส่งผู้โดยสารแบ่งออกเป็นหลายประเภท ได้แก่

3.1 ป้ายรับส่ง (stop) คือ ตำแหน่งที่ใช้หยุดเพื่อรับ – ส่งผู้โดยสารตลอดเส้นทางให้บริการ

3.2 สถานี (station) คือ อาคารที่มีกiosk สร้างไว้เพื่อรองรับการให้บริการของผู้ใช้บริการและการดำเนินงานต่าง ๆ ของระบบขนส่ง

3.3 ท่าเทียบรถ (Terminals) คือ สถานีสุดท้ายของเส้นทางขนส่งที่มากกว่าหนึ่งเส้นทางขึ้นไป และเป็นจุดที่ผู้โดยสารใช้เป็นสถานที่สำหรับเปลี่ยนเส้นทางเดินทาง

3.4 สถานีเปลี่ยนถ่ายผู้โดยสาร (Multimodal transfer stations) คือ สถานีสำหรับการเปลี่ยนถ่ายผู้โดยสารระหว่างระบบขนส่งรูปแบบต่าง ๆ

4. โรงเก็บยานพาหนะและโรงซ่อมบำรุง โรงเก็บยานพาหนะเป็นพื้นที่สำหรับให้ยานพาหนะเข้าจอดหลังการให้บริการ โรงซ่อมบำรุงเป็นสถานที่สำหรับซ่อมแซมยานพาหนะ

5. ระบบที่เกี่ยวข้อง (Relevant systems) ระบบควบคุม (Control systems) ประกอบไปด้วย ระบบติดตามยานพาหนะ ระบบสื่อสารและอุปกรณ์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร รวมถึงศูนย์ควบคุมและระบบพลังงานสำรอง

6. สายการเดินรถหรือเส้นทางให้บริการ (Transit routes or Transit lines) คือถนนหรือเขตทางที่ให้นยานพาหนะใช้ในการสัญจรไปมา สายการเดินรถ (Route) มักใช้กับบริการรถโดยสารประจำทางและเส้นทางขนส่ง (Line) มักใช้กับการขนส่งแบบรางหรือบนช่วงถนนที่มีสายการเดินรถซ้อนกันเป็นจำนวนมาก หากเส้นทางที่ให้บริการอยู่ในเขตเมืองจะถูกเรียกว่าโครงข่ายระบบขนส่งสาธารณะ (Transit Networks)

2. การจัดกลุ่มระบบขนส่งสาธารณะโดยทั่วไป

โดยทั่วไปรูปแบบการเดินทางประเภทต่าง ๆ มักจะถูกพิจารณาว่ามีความแตกต่างกัน ถ้ามีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่หนึ่งเกณฑ์ขึ้นไป การจำแนกระบบขนส่งสาธารณะที่นิยมกันอย่างแพร่หลายโดยอ้างอิงจากลักษณะของเขตทาง (ROW) สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1. การขนส่งบนถนน (Street transit) มักถูกเรียกในอีกชื่อหนึ่งว่า การขนส่งบนพื้นผิวทาง (Surface transit) ถูกกำหนดให้เป็นรูปแบบการขนส่งที่ให้บริการบนถนนโดยใช้พื้นที่ถนนร่วมกับกระแสดจราจร ทำให้ความน่าเชื่อถือของบริการค่อนข้างต่ำ เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากกระแสดจราจรอื่นที่อยู่โดยรอบ ความเร็วที่ใช้ในการให้บริการต่ำกว่าความเร็วของกระแสดจราจรโดยรวมอันเป็นผลมาจากการที่ต้องสูญเสียเวลาในขณะที่จอดรับ - ส่ง ผู้โดยสารเป็นระยะ ๆ รูปแบบการขนส่งที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ รถโดยสาร

2. การขนส่งแบบกึ่งเร่งด่วน (Semi-rapid transit) ประกอบด้วยรูปแบบการขนส่งที่ให้บริการบนเส้นทางวิ่งที่มีขอบเขตการควบคุมการเข้าถึงเป็นบางช่วง ทางต่างระดับ และพื้นผิวถนนทั่วไป ระบบขนส่งที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้มีตั้งแต่รถโดยสาร และการขนส่งแบบรางความจุต่ำ ที่ยังมีเขตทางร่วมกับกระแสดจราจรประเภทอื่นจนถึง LRT ที่มีเขตทางแยกจากกระแสดจราจรประเภทอื่นอย่างชัดเจนโดยประสิทธิภาพการให้บริการของระบบขนส่งในกลุ่มนี้ขึ้นอยู่กับระดับของการแยกเขตทางออกจากกระแสดจราจรอื่น และตำแหน่งที่ตั้งของเขตทาง

3. การขนส่งแบบเร่งด่วน (Rapid transit) เป็นระบบขนส่งที่มีระดับการให้บริการสูง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของความรวดเร็ว ความสามารถในการเคลื่อนย้ายผู้โดยสาร ความน่าเชื่อถือของการให้บริการ และความปลอดภัย ระบบขนส่งแบบเร่งด่วนที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบันทั้งหมดมักเป็นการขนส่งแบบราง

การขนส่งด้วยรถโดยสารเป็นระบบขนส่งสาธารณะอีกรูปแบบหนึ่งที่ได้รับนิยมนิยมและมีการนำมาใช้เป็นเวลานาน อีกทั้งเป็นรูปแบบการขนส่งที่มีความหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นพาหนะที่ใช้หรือรูปแบบการให้บริการ ฯลฯ ซึ่งในหัวข้อนี้จะนำเสนอข้อมูลการบริการของรถโดยสารรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้มองเห็นภาพรวมของบริการด้วยรถโดยสารที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปยานพาหนะที่ใช้ในระบบบริการขนส่งด้วยรถโดยสารสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. รถโดยสารแบบมาตรฐาน (Standard buses)

รถโดยสารแบบมาตรฐาน จะมีความยาวของตัวรถโดยเฉลี่ยระหว่าง 35 – 40 ฟุต (11 – 12 เมตร) จำนวนที่นั่งผู้โดยสารจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความยาวของตัวรถและรูปแบบการจัดเรียงที่นั่งเหล่านั้น ปัจจุบันผู้ออกแบบรถโดยสารได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาและปรับปรุงลักษณะต่าง ๆ ของตัวรถมากขึ้น รถโดยสารรูปแบบใหม่ได้ถูกออกแบบให้มีระดับพื้นภายในตัวรถที่ต่ำ มีประตูที่กว้างขึ้น มีทางขึ้นหรืออุปกรณ์ยกสำหรับผู้พิการที่ไร้รถเข็น และลักษณะอื่น ๆ ของตัวรถที่ถูกออกแบบเพื่ออำนวยความสะดวกและช่วยให้ผู้โดยสารที่เป็นผู้สูงอายุหรือมีข้อจำกัดทางร่างกายสามารถใช้บริการได้อย่างสะดวกและปลอดภัยยิ่งขึ้น



ภาพ 12 รถโดยสารแบบมาตรฐาน (Standard buses) (37)

2. รถโดยสารขนาดเล็ก (Minibuses)

เป็นรถโดยสารที่มีรูปแบบและลักษณะของตัวรถที่หลากหลาย รถโดยสารขนาดเล็กแต่ละรุ่นมักผลิตในปริมาณที่ค่อนข้างน้อยเนื่องจากเป็นรถที่มักถูกนำไปใช้ในบริการที่มีลักษณะเฉพาะตัว ได้แก่ การจัดให้บริการแก่ผู้สูงอายุและผู้พิการ การให้บริการในลักษณะรถรับจ้างและการให้บริการในพื้นที่เขตชานเมืองหรือพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของผู้ใช้บริการต่ำ และมีการเปลี่ยนแปลงช่องทางจราจรไปมาค่อนข้างสูง อาทิ พื้นที่แถบชานเมือง เป็นต้น



ภาพ 13 รถโดยสารขนาดเล็ก (Minibuses) (37)

3. รถโดยสารความจุสูง (High-capacity buss)

รถโดยสารความจุสูง เป็นรูปแบบของการบริการรถโดยสารที่นิยมใช้กันมานาน ซึ่งรถโดยสารความจุสูงนี้มีค่าใช้จ่ายเริ่มต้นของการดำเนินการที่สูงกว่ารถโดยสารรูปแบบอื่นแต่ในขณะเดียวกันก็เป็นรูปแบบที่ก่อให้เกิดความประหยัดและความคุ้มค่าในการลงทุนด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเส้นทางที่มีความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสูง โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ รถโดยสารแบบสองชั้น (Double Decker Buses) และรถโดยสารแบบต่อพ่วง (Articulated or bending buses)



ภาพ 14 รถโดยสารแบบสองชั้น (Double Decker Buses) (38)



ภาพ 15 รถโดยสารแบบต่อพ่วง (Articulated or bending buses) (37)

4. รถโดยสารรูปแบบพิเศษ (Specialized categories)

ส่วนมากแล้วนิยมใช้พาหนะที่มีขนาดเล็กมาใช้สำหรับให้บริการ โดยทั่วไปมี 4 รูปแบบด้วยกัน ได้แก่

5. รถตู้มาตรฐาน (Standard van) มีความจุขนาด 5 – 15 ที่นั่ง มีอายุการใช้งานสั้น (ประมาณ 3 – 5 ปี) และมีหลังคาต่ำ ทำให้การเดินเข้า - ออก เป็นไปด้วยความล่าช้า



ภาพ 16 รถตู้มาตรฐาน (Standard van) (37)

6. รถตู้ที่ได้รับการต่อเติม (Modified van) เป็นรถตู้ที่มีหลังคาสูงกว่าแบบมาตรฐาน และบางครั้งอาจมีระดับพื้นภายในตัวรถที่ต่ำกว่าและมีลำตัวรถที่กว้างกว่าแบบมาตรฐาน รถลักษณะนี้ โดยทั่วไปมีความจุ 9 – 16 ที่นั่ง มีความทนทานสูงกว่ารถตู้แบบมาตรฐาน อายุการใช้งานประมาณ 5 – 7 ปี



ภาพ 17 รถตู้ที่ได้รับการต่อเติม (Modified van) (39)

7. รถโดยสารขนาดเล็ก (Small bus) เป็นพาหนะที่มีช่วงล่างและระบบขับเคลื่อนที่มีการออกแบบให้มีลักษณะคล้ายรถโดยสารแบบมาตรฐาน มักใช้เครื่องยนต์ดีเซลแต่จะมีขนาดเล็กกว่ารถโดยสารแบบมาตรฐาน พาหนะประเภทนี้มีความจุ 18 – 35 ที่นั่ง มีความทนทานสูงมาก อายุการใช้งานเฉลี่ย 10 – 15 ปี และมีพื้นที่ภายในมากกว่าพาหนะแบบอื่น



ภาพ 18 รถโดยสารขนาดเล็ก (Small bus) (40)

3. มลภาวะจากท่อไอเสียของยานพาหนะ

มลภาวะจากท่อไอเสียยานพาหนะต่าง ๆ ที่แล่นไปด้วยพลังงานการเผาไหม้ของน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ เช่น รถยนต์ รถมอเตอร์ไซด์ รถสามล้อ เรือ และเครื่องบิน จะปล่อยสารพิษ คาร์บอน และก๊าซต่าง ๆ หลากหลายชนิดออกมาทางท่อไอเสีย และเข้าสู่อากาศในอัตราสูง โดยเฉพาะรถยนต์ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศมากที่สุดและควบคุมแก้ไขได้ยาก เพราะในปัจจุบันการคมนาคมกลายเป็นปัจจัยที่สำคัญของการเดินทาง โดยสารและมลพิษที่ปลดปล่อยจากรถยนต์มี ดังนี้

1. ไอเสีย ประกอบด้วย คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) สารกลุ่มอัลดีไฮด์ (Aldehyde) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)
2. เขม่า ประกอบด้วย ผงคาร์บอน (Carbon) สารประกอบของตะกั่ว (Teraelthy Lead) สารจากกลุ่มฟีนอลส์ (Phenol) น้ำมันรถยนต์ (Fuel) และสารอินทรีย์จากกลุ่มไนโตร (Nitro organic)
3. ไอเสียของรถดีเซล ประกอบด้วย ไอน้ำ (Vapor) คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และสารกลุ่มอัลดีไฮด์ (Aldehyde)
4. เขม่าของรถดีเซล ประกอบด้วย ผงคาร์บอนเป็นจำนวนมาก เขม่าเหนียวจากควันที่ประกอบด้วยโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) (41) เป็นต้น

ตาราง 7 การปลดปล่อยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ของยานพาหนะแต่ละประเภท

Vehicle classification	HiVol (mg/km)	Partisol (mg/km)	DSFU (mg/km)	NAEI ^a (mg/km)
Motorcycles	0.0010	0.0010	0.0003	0.0020
Cars	33.4000	28.8000	26.1000	33.0000
LDVs	3.0000	2.5000	2.4000	10.3000
HDV	2.8	2.4	2.2	22.3
Buses	0.1	0.1	0.1	0.7

^a Calculated using emission factor data for an average speed of 112 kph (NAEI, 2008).

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

สภาวิจัยแห่งชาติของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกาได้เสนอรูปแบบการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) ออกเป็น 4 ขั้นตอน ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางจากหน่วยงานต่าง ๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกา รวมทั้งองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency หรือ EPA) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (42) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification)

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure Assessment)

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment)

ขั้นตอนที่ 4 การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization) มีรายละเอียดดังนี้

1. การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification)

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาเพื่อตอบคำถามว่าสิ่งที่คุกคามที่กำลังสนใจมีความสัมพันธ์กับผลกระทบต่อสุขภาพหรือไม่ โดยระบุถึงความเป็นอันตรายของสิ่งคุกคาม หรือระบุว่าสิ่งคุกคามตัวใดมีความเป็นอันตรายมากน้อยเพียงใด ขั้นตอนการเลือกสิ่งคุกคามต้องทราบคุณสมบัติของสิ่งคุกคามที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมี 3 ประเด็นหลักที่นำมาประเมิน ได้แก่

1. สารเคมีหรือสิ่งคุกคามที่มีความเป็นพิษสูง
2. สารเคมีหรือสิ่งคุกคามที่มีความคงทนสูง มีความเข้มข้นและกระจายตัวสูง
3. สารเคมีหรือสิ่งคุกคามมีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้สูง

การรายงานสารเคมีหรือสารคุกคามต้องประกอบด้วยความเสี่ยงของสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Cancer Risk) และความเสี่ยงในอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง (Non Cancer Risk)

2. การประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure Assessment)

การประเมินการได้รับสัมผัสเป็นวิธีการประมาณหรือวัดปริมาณความเข้มข้นของสิ่งที่คุกคามหรือสารที่แต่ละคนได้รับ โดยประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การกำหนดลักษณะของการสัมผัส จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ เช่น สภาพอากาศ สภาพทางอุตุนิยมวิทยา สภาพทางภูมิศาสตร์ ตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นต้น

2. การค้นหาเส้นทางการรับสัมผัส (Identifying Exposure Pathways) เส้นทางการรับสัมผัสเป็นการแสดงถึงการเป็นพิษและการเข้าถึงผู้รับสัมผัสของสิ่งคุกคาม ดังนั้นในการวิเคราะห์เส้นทางการรับสัมผัสต้องทราบแหล่งกำเนิดของสิ่งคุกคามด้วยเช่นกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 8 ช่องทางต่าง ๆ ของร่างกายที่สิ่งคุกคามเข้าสู่ร่างกายของผู้รับสัมผัส

ตัวกลาง	ช่องทางต่าง ๆ ของร่างกายที่สิ่งคุกคามเข้าสู่ร่างกายของผู้รับสัมผัส
น้ำใต้ดิน	ทางเดินอาหาร ผิวหนัง ทางการหายใจระหว่างอาบน้ำ
น้ำผิวดิน	ทางเดินอาหาร ผิวหนัง ทางการหายใจระหว่างอาบน้ำ
ตะกอนดิน	ทางเดินอาหาร ผิวหนัง
อากาศ	ทางการหายใจ
ดินและฝุ่น	ทางเดินอาหาร ผิวหนัง
อาหาร	ทางเดินอาหาร

3. การวัดการได้รับสัมผัส (Quantifying Exposure)

คือ การประเมินการรับสิ่งคุกคามเข้าสู่ร่างกายตามเส้นทางการรับสัมผัสผ่านตัวกลางต่าง ๆ ในส่วนของการได้รับสัมผัสสิ่งคุกคามในกรณีตัวกลางที่เป็นอากาศสามารถคำนวณหาปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยรายวัน (Average Daily Intake หรือ ADI) ดังสมการที่ 1 โดยค่าคงที่สำหรับพารามิเตอร์ต่าง ๆ มีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 9

(สมการที่ 1)

$$ADI = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

โดยที่	ADI	คือ	ปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยรายวัน (มก./กก.-น้ำหนักร่างกาย/วัน)
	CA	คือ	ความเข้มข้นของสารในอากาศ (มก./ลบ.ม.)
	IR	คือ	อัตราการหายใจ (ลบ.ม./ชม.)
	ET	คือ	เวลาในการรับสัมผัส (ชม./วัน)
	EF	คือ	ความถี่ในการได้รับสัมผัส (204 วัน/ปี)
	ED	คือ	ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี) (อายุขัยเฉลี่ยของประชากร – อายุของผู้โดยสาร)
	BW	คือ	น้ำหนักของร่างกาย (กก.)
	AT	คือ	ช่วงเวลาในการได้รับสัมผัส (วัน) (ED X 365 วัน/ปี)

ตาราง 9 ค่าคงที่สำหรับประเมินการได้รับสัมผัส

พารามิเตอร์	ตัวแปร	ค่าคงที่	อ้างอิง
น้ำหนักเฉลี่ยของร่างกายผู้ใหญ่		70 kg.	
น้ำหนักเฉลี่ยของร่างกายเด็ก			
0 – 1.5 ปี		10 kg.	
1.5 – 5 ปี	BW	14 kg.	US EPA
5 – 12 ปี		26 kg.	(1989)
อัตราการหายใจของผู้ใหญ่		0.830 ลบ.ม./ชม.	
อัตราการหายใจของเด็ก	IR	0.208 ลบ.ม./ชม.	
ระยะเวลาที่สัมผัส	ED	อายุขัยเฉลี่ยของประชากร (70 ปี) - อายุของผู้โดยสารจากแบบสอบถาม	US EPA (1989)
ความถี่ในการได้รับสัมผัส (วัน/ปี)	EF	เวลาราชการ (วันจันทร์ - วันศุกร์)	จรรยา (2552)
ช่วงเวลาในการได้รับสัมผัส (วัน)	AT	ED X 365 วัน/ปี	

4. การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของการสัมผัสกับโอกาสของการเกิดผลเสียด้านสุขภาพผลลัพธ์สุดท้ายจะนำไปสู่การหาค่ามาตรฐานที่ปลอดภัยในมนุษย์ โดยการประเมินความเป็นพิษมี 2 รูปแบบ ได้แก่ ความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็งและความเป็นพิษที่เป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง โดยมีค่า Slope Factor (SF) เป็น ค่าความเป็นพิษที่ใช้ในการ ประเมินความเป็นพิษของสารก่อมะเร็ง และ ค่า Reference Concentration (RfC) เป็นค่าความเป็นพิษที่ใช้ในการประเมินความเป็นพิษที่เป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง (43)

5. การอธิบายลักษณะของความเสียหาย (Risk Characterization)

การอธิบายลักษณะของความเสียหายเป็นการนำข้อมูลจาก 3 ขั้นตอนข้างต้นมาอธิบายลักษณะการรับสัมผัสของสารมลพิษที่ประชาชนได้รับสัมผัส โดยประเมินจากค่าสัดส่วนการรับสัมผัส (HQ) เพื่อแปรผลว่าประชาชนได้รับสัมผัสสารมลพิษแต่ละตัวนั้นมีผลกระทบต่อสุขภาพหรือไม่ (44) ดังนี้

- ค่าสัดส่วนการรับสัมผัส (HQ) ≥ 1 หมายถึง ปริมาณสารมลพิษที่ร่างกายได้รับแล้วอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพหรือเกิดภาวะเสี่ยงต่อสุขภาพ
- ค่าสัดส่วนการรับสัมผัส (HQ) < 1 หมายถึง ปริมาณสารมลพิษที่ร่างกายได้รับยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรืออยู่ในภาวะที่ยอมรับได้ต่อการรับสัมผัสสารมลพิษ

ตาราง 10 สรุปแนวทางการประเมินการรับสัมผัส

ขั้นตอน	ข้อมูล
การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification)	- บ่งชี้สารมลพิษในสิ่งแวดล้อมที่เป็นอันตราย/รุนแรงในพื้นที่ - เป็นสารมลพิษก่อให้เกิดผลกระทบในวงกว้าง
การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment)	- ความเข้มข้นของสารมลพิษ - ความถี่ที่รับสัมผัส - ระยะเวลาที่รับสัมผัส - ช่องทางการรับสัมผัส
การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment)	- ความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็ง - ความเป็นพิษที่เป็นอันตรายอื่นนอกจากมะเร็ง
การอธิบายลักษณะการรับสัมผัส (Risk Characterization)	- แปรจากค่าสัดส่วนความเสี่ยง - $HQ \geq 1$ = ภาวะเสี่ยง - $HQ < 1$ = ภาวะยอมรับได้

ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการป้องกันฝุ่นละออง

เทคโนโลยีที่นิยมนำมาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กจากแหล่งกำเนิดประเภทต่าง ๆ สามารถแยกตามหลักการทำงานได้ (45) ดังนี้

1. ห้องดักฝุ่น (Setting chamber)

ห้องดักฝุ่นหรือห้องตกอนุภาค เป็นอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศชนิดอนุภาคอย่างง่ายและเป็นรูปแบบแรก ๆ ของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ โดยใช้หลักการทางกลศาสตร์ ซึ่งทำการแยกอนุภาคออกจากกระแสของก๊าซหรืออากาศโดยอาศัยกลไกการตกโดยแรงโน้มถ่วงของโลก ดังนั้น ห้องตกอนุภาคจึงถูกออกแบบให้เป็นห้องที่ขยายใหญ่และมีความยาวตามแนวนอน โดยอากาศจะไหลเข้าสู่ห้องที่ส่วนต้นและไหลออกทางด้านท้ายของห้องเพื่อให้ความเร็วของกระแส

อากาศซึ่งมีอนุภาคอยู่ มีความเร็วลดลงส่งผลให้อนุภาคสามารถตกลงด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกในห้องตกอนุภาค

2. ระบบดักบนผิวตัวกลาง (Packed scrubber)

ระบบดักบนผิวตัวกลาง เป็นอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศชนิดอนุภาค ซึ่งใช้ของเหลวในการดักจับอนุภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีหลักการทำงานที่สำคัญคือ การทำให้อากาศเสียหรืออากาศที่มีอนุภาคไหลผ่านของเหลว โดยทั่วไปสำหรับการดักจับอนุภาคจะใช้น้ำซึ่งการไหลผ่านของเหลวนี้สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การฉีดพ่นของเหลวให้เป็นละอองฝอยสู่กระแสอากาศ หรือให้กระแสอากาศไหลผ่านแผ่นฟิล์มของเหลว หรือให้อากาศไหลผ่านชั้นวัสดุที่มีของเหลวเคลือบอยู่ เมื่ออนุภาคที่อยู่ในกระแสอากาศเคลื่อนที่เข้าใกล้ละอองหรือหยดน้ำจะสัมผัสกับหยดน้ำเกิดกลไกในการดักจับอนุภาคที่สำคัญ 3 กลไก คือ การกระทบเนื่องจากความเฉื่อย การสกัดกั้นโดยตรงและการแพร่ กลไกที่สำคัญที่สุดคือกลไกกระทบเนื่องจากความเฉื่อยทำให้อนุภาคถูกดักจับโดยน้ำ หลังจากนั้นของเหลวหรือน้ำจะต้องถูกทำให้แยกออกจากกระแสของอากาศด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ด้วยแรงเหวี่ยงหรือแรงหนีศูนย์กลาง หรือการใช้แผ่นกั้น เป็นต้น โดยน้ำที่แยกได้ต้องนำไปบำบัดก่อนนำกลับมาใช้ใหม่หรือระบายทิ้งต่อไป

3. ระบบไซโคลน (Cyclone)

ไซโคลน เป็นอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศชนิดอนุภาคอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งใช้หลักการทางกลศาสตร์คล้ายกับห้องตกอนุภาค แต่ไซโคลนใช้กลไกหลักในการแยกอนุภาคคือแรงเหวี่ยง หรือแรงหนีศูนย์กลางซึ่งเกิดจากการทำให้อากาศหรือแก๊สเกิดการหมุนวนขึ้นภายในตัวไซโคลน ส่งผลให้อนุภาคถูกเหวี่ยงและกระทบกับผนังของไซโคลน เนื่องจากความเฉื่อยหรือโมเมนตัม จากนั้นอนุภาคจะตกลงเบื้องล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้อากาศหมุนเป็นวงเพื่อแยกฝุ่นออกจากกระแสอากาศ กระแสอากาศที่มีฝุ่นปะปนอยู่จะผ่านเข้าสู่ด้านบนของไซโคลนในทิศทางที่ตั้งฉากกับรัศมีของไซโคลนหรือในทิศทางการไหลที่ขนานกับเส้นรอบวงของส่วนที่เป็นทรงกระบอกของไซโคลน รูปร่างของไซโคลนจะบังคับให้อากาศไหลวนลงสู่ด้านล่างของไซโคลน แรงหนีศูนย์กลางทำให้ฝุ่นเคลื่อนที่เบนออกจากกระแสอากาศ และชนกับผนังของไซโคลนแล้วเคลื่อนตัวไหลลงสู่ด้านล่าง กระแสอากาศจะไหลย้อนกลับขึ้นสู่ด้านบน ฝุ่นจะถูกลำเลียงออกจากไซโคลนทางด้านล่างทางสายพานรูปเกลียว

4. ระบบผ้ากรอง (Bag filter)

ผ้ากรองหรือถุงกรอง เป็นอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศชนิดอนุภาคประเภทหนึ่งที่ยิยมใช้กันแพร่หลายเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเก็บกักอนุภาคสูง หลักการทำงานของถุงกรอง คือการปล่อยให้อากาศที่มีอนุภาคไหลผ่านถุงกรอง ซึ่งโดยปกติทำด้วยผ้าทอหรือผ้าสักหลาดที่มีช่องว่างระหว่างเนื้อผ้า เมื่อเริ่มต้นเดินเครื่องอากาศที่มีอนุภาคจะเคลื่อนที่เข้าหาผ้ากรองอากาศสามารถไหล

ผ่านผ้ากรองส่วนอนุภาคจะถูกจับไว้ที่เส้นใยของผ้ากรองโดยอาศัยกลไกหลักที่สำคัญ คือ การสกัดกั้นโดยตรง การกระทบเนื่องจากความเฉื่อยและการแพร่ เมื่อทำการกรองต่อไปเรื่อย ๆ จะเกิดการสะสมมวลของอนุภาคเป็นชั้นขึ้นที่บนและในผ้ากรองซึ่งเรียกว่าชั้นของอนุภาค เมื่อเกิดชั้นของอนุภาคขึ้นที่ผ้ากรองแล้วจะเกิดกลไกที่สำคัญขึ้นอีกกลไกหนึ่ง คือ กลไกการลอดผ่านซึ่งเป็นกลไกการดักจับอนุภาคที่เกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคมีขนาดใหญ่เกินกว่าช่องว่างที่จะลอดได้

5. ระบบดักฝุ่นโดยอาศัยประจุไฟฟ้า (Electrostatic precipitator)

ระบบดักฝุ่นแบบอาศัยประจุไฟฟ้าหรือแบบไฟฟ้าสถิต เป็นเครื่องมือที่ใช้แรงไฟฟ้าในการแยกอนุภาคโดยใส่ประจุให้อนุภาคแล้วผ่านอนุภาคที่มีประจุเข้าไปในสนามไฟฟ้าสถิต อนุภาคจะเคลื่อนเข้าหาแผ่นเก็บที่มีศักย์ไฟฟ้าตรงข้ามกัน เครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตมีประสิทธิภาพสูงมากในการดักฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน ได้มากกว่าร้อยละ 99.5 ความดันสูญเสียต่ำและสามารถจับก๊าซร้อนได้ หลักในการทำงานของเครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตมีดังนี้

- 1) ใส่ประจุไฟฟ้าให้กับอนุภาค
- 2) เก็บอนุภาคที่มีประจุโดยใช้แรงไฟฟ้าสถิตจากสนามแม่เหล็ก
- 3) กำจัดอนุภาคที่เก็บได้

เครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตถูกประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในการควบคุมฝุ่น เช่น การควบคุมฝุ่นจากอุตสาหกรรมโลหะอุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมกระดาษ โรงงานผลิตไฟฟ้าและซีเมนต์ เป็นต้น

6. ระบบสเปรย์น้ำ (Spray chamber)

ระบบสเปรย์น้ำ เป็นระบบขจัดฝุ่นละอองหรือก๊าซที่มีประสิทธิภาพต่ำใช้สำหรับดักฝุ่นละอองขนาดใหญ่ เช่น ฝุ่นเถ้ากลบ และฝุ่นละอองจากการหลอมโลหะ ส่วนใหญ่จะใช้ในกรณีที่สถานที่ตั้งของแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองอยู่ห่างไกลจากชุมชน

7. ระบบฉีดดักแบบเวนจูรี (Venturi scrubber)

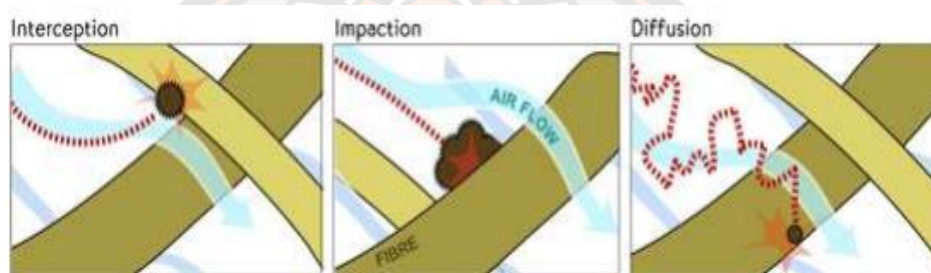
ระบบฉีดดักแบบเวนจูรี มีหลักการทำงานโดยการให้อากาศเสีย (Wastegae) ไหลผ่านตัวระบบที่เป็นช่องแคบ (Venturi tube) ด้วยความเร็วสูงประมาณ 15,000-20,000 fpm เข้าไปในระบบในขณะที่ใช้ของเหลวฉีดเพื่อชะหรือดูดซับทันทีในช่วงเวลาที่สั้น โดยระบบฉีดดักแบบเวนจูรีมีประสิทธิภาพในการขจัดมลสารอยู่ในเกณฑ์ระบบที่มีประสิทธิภาพสูง เหมาะสำหรับการใช้ในการขจัดมลสารชนิดก๊าซหรือฝุ่นละอองขนาดเล็ก

8. ระบบกรองอากาศ

ระบบกรองอากาศ ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่ปีคริสต์ศักราช 1900 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 โดยแผ่นกรองอากาศที่นิยมใช้เป็นแผ่นกรองอากาศชนิด High-Efficiency Particulate Absorption หรือ HEPA ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการกรอง

สิ่งปนเปื้อนกัมมันตภาพรังสีขนาด 0.3 ไมครอน แผ่นกรอง HEPA ประกอบด้วยเส้นใยไฟเบอร์กลาสขนาด 0.5–2.0 ไมครอน ที่จัดเรียงตัวกันโดยมีปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกรองของแผ่นกรอง ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย ความหนาของแผ่นกรอง และความเร็วลมที่ผิวหน้า ช่องว่างระหว่างเส้นใยแผ่นกรอง หลักการทำงานของแผ่นกรองคือการดักจับอนุภาคขนาดเล็กไว้ภายในเส้นใยด้วย 3 กลไก(46) ดังนี้

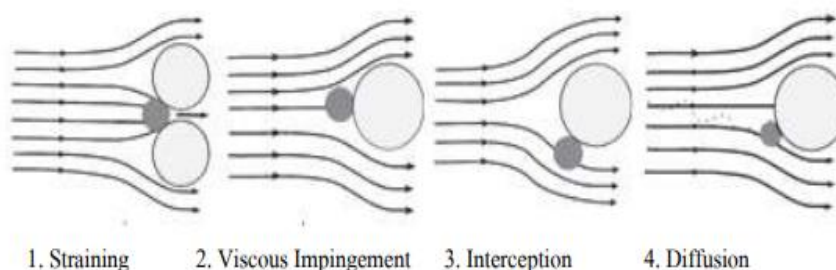
- 1) Interception อนุภาคที่อยู่ภายในกระแสอากาศจะถูกยึดติดกับเส้นใย
- 2) Impaction เป็นรูปแบบที่ดักจับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่
- 3) Diffusion เป็นกลไกที่ทำหน้าที่ดักจับอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน



ภาพ 19 กลไกการทำงานของแผ่นกรอง HEPA (46)

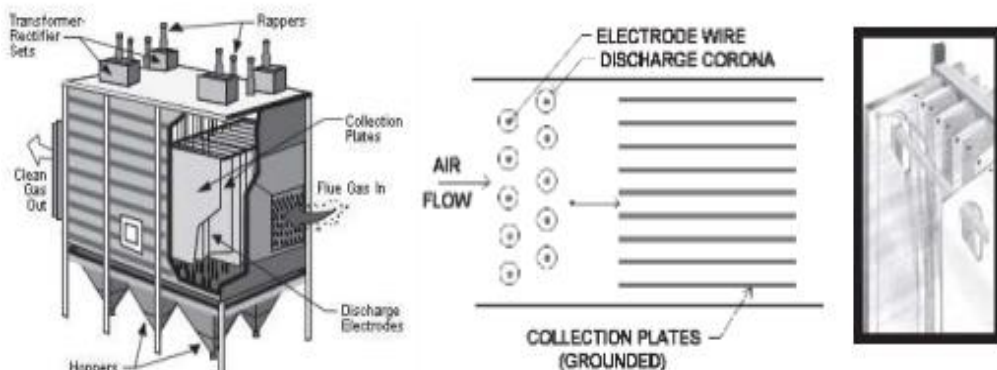
แผ่นกรองอากาศจะต้องมีประสิทธิภาพเหมาะสมกับประเภทการใช้งาน ซึ่งสามารถจำแนกตามหลักการกรองอากาศเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การกรองแบบทางกล โดยการใช้เส้นใยเนื้อกรอง Media ที่มีขนาดต่าง ๆ กันมา ถักสานกันในลักษณะต่าง ๆ ให้มีช่องว่างระหว่างเส้นใยให้กระแสนลมที่มากับอากาศมาพร้อมสิ่งปนเปื้อนถูกเนื้อกรองดักจับ



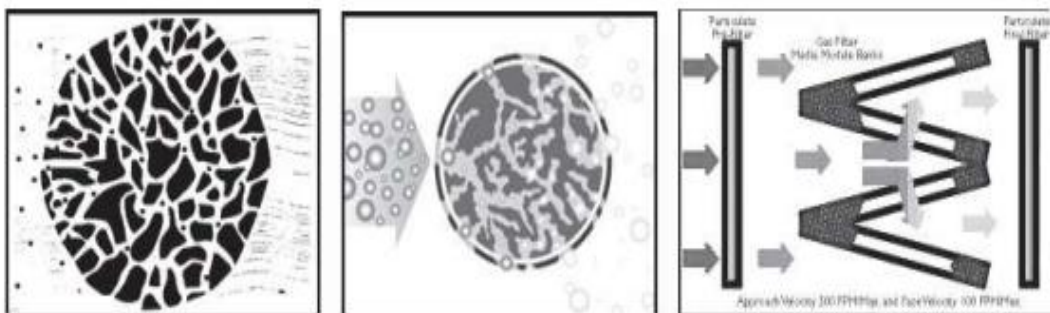
ภาพ 20 หลักการกรองแบบทางกล (46)

2. การกรองทางไฟฟ้า โดยการใช้ไฟฟ้าเหนี่ยวนำอิเล็กตรอน โดยการชาร์จประจุ ซึ่งระบบกรองแบบนี้ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับความเร็วลม โดยความเร็วลมต่ำมักมีประสิทธิภาพสูง และ ยังขึ้นอยู่กับอีกหลายปัจจัย เช่น ขนาดของอนุภาค ความต่างศักย์ ระยะห่างของ Ionizer และ Collector



ภาพ 21 หลักการกรองทางไฟฟ้า (46)

3. การกรองทางเคมี การกรองแบบทางเคมีโดยใช้สาร Activated Carbon Alumina เคลือบด้วยโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ฯลฯ โดยการเลือกชนิดของสารเคมีที่ใช้เคลือบนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊สหรืออนุภาคปนเปื้อนที่ต้องการดักจับ ซึ่งการกรองประเภทนี้จะใช้กลไกการดูดซับ (Adsorption) และการทำปฏิกิริยา (Chemisorption) ในการดักจับอนุภาคการปนเปื้อนที่มีขนาดเล็กมากกว่า 0.01 ไมครอน ประสิทธิภาพของการกรองขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย เช่น ความเร็วของการไหลของอากาศที่มีอนุภาคการปนเปื้อน หรือเวลาที่ดักจับ (Resident time) อุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มข้นของอนุภาคการปนเปื้อน เป็นต้น



ภาพ 22 หลักการกรองทางเคมี (46)

ส่วนประกอบหลักและคุณสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นกรองอากาศมีดังนี้

1. เนื้อกรอง (Media) มีอยู่หลายประเภทขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น ประเภทใยแก้ว ใยสังเคราะห์แบบหยาบและแบบละเอียด (Glass fiber and Micro Fine Glass Fiber Media) ใยสังเคราะห์แบบหยาบและแบบละเอียด (Synthetic Fiber and Micro Synthetic Fiber Media) เซลลูโลสผสมใยสังเคราะห์ (Cellulose with Synthetics) ใยสังเคราะห์ผสมฝ้าย (Synthetic with Cotton) นอกจากนี้ปัจจุบันยังมีการพัฒนาเนื้อกรองเพิ่มเติมด้วย โดยเทคโนโลยีที่มีการพัฒนามาใหม่คือ เนื้อกรองแบบเทฟลอน (Poly Tetra Fluoro Ethylene Media – PTFE) สำหรับแผ่นกรอง HEPA/ULPA ที่ต้องการความดันตกคร่อมเริ่มต้นต่ำเพื่อประหยัดพลังงาน ซึ่งเนื้อกรองประเภทนี้มีคุณสมบัติทนกรดได้ดีและมีความคงทน ไม่เสียหายง่าย ส่วนใหญ่แล้วเนื้อกรองที่ดีควรมีคุณสมบัติแบบ Dual หรือ progressive density หรือมีชั้นกรองฝุ่นแบบหยาบและแบบละเอียด เพื่อให้สามารถใช้ได้อย่างทั่วถึง มีประสิทธิภาพ รวมทั้งควรมีคุณสมบัติทนต่อความชื้นได้ดี (Water Resistance Media) และอาจมีคุณสมบัติป้องกันเชื้อราและแบคทีเรียไม่อมน้ำร่วมด้วย

2. กรอบของเนื้อกรอง (Cell Side) ส่วนใหญ่มักทำจากโลหะ เช่น Galvanized steel Extrusion aluminum Plywood MDF Particleboard ABS plastics Card board paper หรือทำจาก Stainless steel สำหรับงานบางประเภท เช่น อุณหภูมิสูง มีแก๊สกัดกร่อนสูง หรือติดชายทะเล การเลือก Cell sides ควรเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานซึ่งต้องเลือกชนิดที่มีความแข็งแรงเพียงพอ

3. ซีลแลนต์ (Sealant) เป็นสารที่ใช้สำหรับ HEPA หรือ ULPA ส่วนใหญ่ใช้โพลียูรีเทน (Poly urethane) ซึ่งมีหลายเกรด มีคุณสมบัติในการยึด Media filters เข้ากับ Cell side ได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะถ้าเป็นแผ่นกรองที่ใช้กับ Gas Turbin ที่ใช้งานที่ความเร็วลมสูง 3.125 m/s จะต้องมีการทดสอบ Burst pressure ซึ่งเป็นความดันที่แผ่นกรองอากาศจะเริ่มหลุดออกจาก Cell side

4. ปะเก็น (Gasket) ใช้สำหรับป้องกันไม่ให้แผ่นกรองและ Frame รั่ว หรือเกิดการ By Pass ของอากาศโดยไม่ผ่านแผ่นกรอง โดยทั่วไปมีอยู่ 2 ชนิดคือ 1) แบบ Dry เช่น ฟองน้ำและยางดำ 2) แบบ liquid หรือ Gel Sealant ใช้กับ HEPA หรือ ULPA Filters ที่มี Cell side แบบ Knife edge frame ซึ่งใช้กับห้องสะอาดที่เป็น Class สูง ๆ เช่น Class 100 (ISO5) Class 10 (ISO4) Class 1 (ISO3) หรือในโรงงานผลิตยา เป็นต้น

9. การฟอกอากาศ

การฟอกอากาศ (Air Purifier) เป็นการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งช่วยฟอกอากาศให้สะอาดบริสุทธิ์มากขึ้นด้วยการดักจับสิ่งแปลกปลอมในอากาศ ไม่ว่าจะเป็นฝุ่นควัน เชื้อโรค รวมไปถึงกลิ่นไม่พึงประสงค์อย่างอื่น โดยใช้หลักการดูดอากาศเข้าไปจากนั้นก็ดักจับสิ่งแปลกปลอมด้วยแผ่น

กรองหรือฆ่าเชื้อโรค หรือกำจัดกลิ่นด้วยระบบอื่น ๆ จากนั้นจึงปล่อยอากาศที่บริสุทธิ์มากขึ้นออกมา โดยหลักการฟอกอากาศ มีดังนี้

1. แผ่นกรอง (Air Filter) มีหน้าที่กรองสิ่งสกปรกต่าง ๆ เช่น ฝุ่นละออง ไรฝุ่น เชื้อโรค เชื้อรา และสารกระตุ้นให้เกิดภูมิแพ้ เป็นต้น แผ่นกรองมีหลายลักษณะอาจเป็นเส้นใย กระดาษ หรือตาข่าย แต่ลักษณะแผ่นกรองที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือแบบ High Efficiency Particulate (HEPA) ซึ่งเป็นแผ่นกรองที่ผลิตจากใยแก้วนำแสง มีประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 0.3 ไมครอน และมีอายุการใช้งาน 3-5 ปี
2. ระบบกรองอากาศ (Electrostatic Precipitator) เป็นระบบที่ทำงานโดยใช้หลักการไฟฟ้าสถิต โดยการปล่อยประจุลบออกมาเพื่อจับประจุบวกให้อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม และเมื่อมีน้ำหนักมากพอจะตกลงพื้นโดยไม่ฟุ้งกระจาย
3. ระบบกำจัดกลิ่น (Gas-Phase Air Filters) เป็นระบบที่ใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ในการดูดซับกลิ่นไม่พึงประสงค์รวมไปถึงกลิ่นสารเคมีหรือก๊าซพิษอื่น ๆ
4. ระบบกำจัดกลิ่นโดยใช้แสงยูวี (Ozone generator) เป็นระบบที่สร้างโอโซนเพื่อนำมาใช้กำจัดเชื้อโรคหรือกลิ่นไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ที่ยังปะปนอยู่ในอากาศ
5. UV Light เป็นระบบกำจัดเชื้อโรคในอากาศเช่นเดียวกัน โดยการนำรังสีอัลตราไวโอเล็ตมาใช้ฆ่าเชื้อโรค

ความรู้เกี่ยวกับจังหวัดอุทัยธานี

1. ข้อมูลทั่วไปของจังหวัดอุทัยธานี

ภูมิประเทศจังหวัดอุทัยธานี ตั้งอยู่ตอนล่างสุดของภาคเหนือ ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15° 22' 48" องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 100° 1' 48" องศาตะวันออก บริเวณลุ่มน้ำสะแกกรังอยู่เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง 21 เมตร มีพื้นที่ทั้งหมด ๖,๗๓๐ ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ ๔,๒๐๖,๔๐๔ ไร่ มีพื้นที่ขนาดใหญ่เป็นอันดับที่ 29 ของ ประเทศ สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าและภูเขาลาดเทจากทิศตะวันตกลงมาทางทิศตะวันออก

- ทิศตะวันตก เป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน และมีสภาพเป็นพื้นที่คุ้มครองเป็นป่าสงวนแห่งชาติ 9 แห่ง วนอุทยาน 2 แห่ง เขตห้ามล่าสัตว์ป่า 1 แห่ง และที่สำคัญมีเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง (อยู่ในเขตจังหวัด อุทัยธานี ประมาณ 1.5 ล้านไร่) ซึ่ง UNESCO ได้ประกาศขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งมรดกโลกทางธรรมชาติที่มีความหลากหลายทางชีวภาพและมีความอุดมสมบูรณ์ มีสัตว์ป่าหายากและใกล้สูญพันธุ์อาศัยอยู่ เช่น ควายป่าวัวแดง กระทิง ช้าง เป็นต้น รวมพื้นที่ป่าและภูเขาทั้งหมดประมาณ 2.2 ล้านไร่เศษ

- ตอนกลางของจังหวัด เป็นพื้นที่ตอนสลับพื้นที่ราบลักษณะเป็นลูกคลื่น
- ทิศตะวันออก เป็นพื้นที่ราบลุ่มที่เกิดจากตะกอนที่แม่น้ำพัดพามาและน้ำหลากท่วมพื้นที่ ทำให้มีความเหมาะสมในการทำการเกษตร เพาะปลูก มีพื้นที่ประมาณ 2 ล้านไร่เศษ จากลักษณะพื้นที่ดังกล่าวทำให้จังหวัดอุทัยธานี ประสบกับปัญหาขาดแคลนน้ำด้านทิศตะวันตก และหากปีใดมีน้ำมากหรือน้ำหลากจะเกิดน้ำท่วมทางด้านทิศตะวันออกเป็นประจำ

จังหวัดอุทัยธานีอยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครไปทางทิศเหนือ ตามถนนสายเอเชีย ประมาณ 206 กิโลเมตร แยกเข้าจังหวัดอุทัยธานีตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 333 ที่บ้านทำน้ำอ้อย บริเวณหลักกิโลเมตรที่ 206 ข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาประมาณ 16 กิโลเมตร รวมระยะทาง 222 กิโลเมตร ที่ตั้งจังหวัดอุทัยธานี ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14 องศา 56 ลิปดาเหนือ ถึง 15 องศา 47 ลิปดาเหนือ และเส้นแวงที่ 89 องศา 59 ลิปดาตะวันออก ถึง 100 องศา 7 ลิปดาตะวันออก บริเวณลุ่มน้ำสะแกกรังทางฝั่งตะวันตกมีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดต่าง ๆ หลายจังหวัด ดังนี้

มีอาณาเขตติดต่อดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับ อำเภอยะหริ่ง อำเภอกงหรา อำเภอลาดยาว และอำเภอแม่

วงค์ จังหวัดนครสวรรค์

ทิศใต้ ติดต่อกับ อำเภอดงสิงห์ และอำเภอด่านช้าง จังหวัดชัยนาท และอำเภอด่าน

ช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ อำเภอยะหริ่ง จังหวัดนครสวรรค์และอำเภอมโนรมย์

จังหวัดชัยนาท โดยมีแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นเส้นแบ่งเขตแดน

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก อำเภอสังขละบุรีและอำเภอ

ศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี



ภาพ 23 แผนที่จังหวัดอุทัยธานี (47)

สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นป่าและภูเขาลาดเทจากทิศตะวันตกต่ำลงมาทางทิศตะวันออก ทางทิศตะวันตกเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารและเขตป่าสงวนแห่งชาติ เทือกเขาที่เป็นแหล่งต้นน้ำของแม่น้ำสะแกกรัง คือ เทือกเขาโมโกจู มีความสูงประมาณ 1,960 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีลำน้ำสำคัญที่ไหลรวมเป็นแม่น้ำสะแกกรัง 3 สาย คือ ห้วยแม่วังที่อยู่ตอนบน คลองโพธิ์อยู่ตอนกลาง และห้วยทับเสลาอยู่ตอนล่าง ระบายน้ำจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือลงสู่ทิศตะวันออก โดยไหลจากอำเภอมะขามและอำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์ ไปรวมกับคลองโพธิ์ที่อำเภอสว่างอารมณ์ จังหวัดอุทัยธานี แล้วไหลไปรวมกับห้วยทับเสลาที่อำเภอมองูทัยธานี ต่อจากนั้นไหลไปรวมกับแม่น้ำเจ้าพระยาที่อำเภอมองูทัยธานี เนื่องจากห้วยแม่วังก็เป็นลำน้ำหลักที่ใหญ่ที่สุดมีความยาวประมาณ 200 กิโลเมตร ตอนต้นน้ำมีความลาดชันค่อนข้างสูง ประมาณ 1: 250 แล้วลดลงเหลือประมาณ 1: 1,500 ในตอนปลายของลำน้ำ ซึ่งมีความแตกต่างกันมากทำให้ ความลาดของท้องน้ำเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในฤดูฝนจึงเกิดน้ำท่วมเป็นประจำทุกปีในพื้นที่ตอนล่าง สภาพพื้นที่ตอนล่างด้านทิศใต้และทิศตะวันออกส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มใช้ทำนา มีอ่างเก็บน้ำที่สำคัญ คือ อ่างเก็บน้ำทับเสลา และอ่างเก็บน้ำห้วยขุนแก้ว

ลักษณะภูมิอากาศ ลักษณะภูมิอากาศจังหวัดอุทัยธานีจัดอยู่ในลักษณะร้อนชื้น คือ มีอากาศร้อนชื้นในช่วงฤดูฝนและแห้งแล้งในช่วงฤดูหนาว โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูฝน และได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาว ซึ่งแบ่งฤดูตามระยะเวลาได้ดังนี้

- ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์จนถึงกลางเดือนพฤษภาคม อากาศจะร้อนจัดช่วงเดือนมีนาคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม
- ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม โดยฝนจะตกด้านทิศตะวันตกมากกว่าด้านทิศตะวันออก เนื่องจากอยู่ในเขตอิทธิพลของมรสุมและดีเปรสชัน ฝนตกชุกมากที่สุดในเดือนกันยายน
- ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนมกราคม โดยเดือนธันวาคมอากาศจะหนาว และแห้งแล้งมากที่สุด

2. การปกครองและประชากรของจังหวัดอุทัยธานี

ขอบเขตการปกครองจังหวัดอุทัยธานี แบ่งเขตการปกครองส่วนภูมิภาคและท้องถิ่นจำนวน 8 อำเภอ 70 ตำบล 642 หมู่บ้าน ได้แก่ อำเภอเมืองอุทัยธานี อำเภอหนองขาหย่าง อำเภอหนองฉาง อำเภอกัทพัตน์ อำเภอสว่างอารมณ์ อำเภอบ้านไร่ อำเภอลานสัก และอำเภอย้ายคตการปกครองส่วนท้องถิ่นประกอบด้วยองค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 แห่ง เทศบาลเมือง 1 แห่ง เทศบาลตำบล 13 แห่ง และองค์การบริหารส่วนตำบล 49 แห่ง

ตาราง 11 ขอบเขตการปกครองจังหวัดอุทัยธานี

อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	ระยะห่าง จากอำเภอ ถึงจังหวัด	เทศบาล	อบต.	พื้นที่ (ตร.กม.)
เมือง อุทัยธานี	14	86	2	2	8	250.103
กัทพัตน์	10	90	19	3	4	323.633
สว่าง อารมณ์	5	65	32	3	3	341.441
หนองฉาง	10	97	22	2	8	341.181
หนองขา หย่าง	9	53	10	1	5	347.776

อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	ระยะห่าง จากอำเภอ ถึงจังหวัด	เทศบาล	อบต.	พื้นที่ (ตร.กม.)
บ้านไร่	13	136	80	2	12	3,621.492
ลานสัก	6	84	54	1	6	1,080.445
ห้วยคต	3	31	50	-	3	424.175
รวม	70	642	-	14	49	6,730.246

ข้อมูลประชากรจังหวัดอุทัยธานี มีประชากรตามประกาศสำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2564 จำนวน 325,116 คน จำแนกเป็น เพศชายจำนวน 158,926 คน เพศหญิง จำนวน 166,190 คน

ตาราง 12 การคมนาคมทางบกของจังหวัดอุทัยธานี

อำเภอ	จำนวนประชากร (คน)		
	ชาย	หญิง	รวม
เมืองอุทัยธานี	23,460	26,077	59,537
ทัพทัน	18,412	19,662	38,074
สว่างอารมณ์	15,711	15,812	31,523
หนองฉาง	20,769	22,226	42,995
หนองขาหย่าง	7,543	8,392	15,935
บ้านไร่	33,815	34,296	68,111
ลานสัก	29,265	29,545	58,810
ห้วยคต	9,951	10,180	20,131
รวม	158,926	166,190	325,116

3. การคมนาคมจังหวัดอุทัยธานี

การคมนาคมทางน้ำ มีแม่น้ำสามารถใช้สัญจรติดต่อกับจังหวัดต่าง ๆ ได้ คือ แม่น้ำสะแกกรังไหลผ่านจังหวัดอุทัยธานี ไปบรรจบแม่น้ำเจ้าพระยาที่อำเภอมโนรมย์ จังหวัดชัยนาท แต่ไม่เป็นที่นิยมมากนัก ส่วนใหญ่เป็นลักษณะของการท่องเที่ยวทางธรรมชาติ

การคมนาคมทางบก ประกอบด้วย ถนนทางหลวงแผ่นดิน (333) จากแยกถนนสายเอเชียเข้าพื้นที่จังหวัดอุทัยธานีเป็นระยะทาง 15 กิโลเมตร สำหรับถนนสายสำคัญในจังหวัดอุทัยธานี ดังนี้

ตาราง 13 การคมนาคมทางบกของจังหวัดอุทัยธานี

ทางหลวง หมายเลข	เชื่อมโยงระหว่าง	ระยะทาง (ก.ม.)
333	ผ่านอำเภอเมืองฯ อำเภอหนองขาหย่าง อำเภอบ้านไร่	80
1090	อุทัยธานี ไป อำเภอลานสัก	57.7
3221	อุทัยธานี ไป อำเภอทัพทัน	15.9
3220	อุทัยธานี ไป อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์	18
3183	อุทัยธานี ไป อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัตนาท	19.5
3319	อำเภอทัพทัน ไป อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์	17.9
3013	อำเภอทัพทัน ไป อำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์	45.6
3211	อำเภอบ้านไร่ ไป อำเภอหันคา จังหวัดชัตนาท	55.2
3230	อำเภอบ้านไร่ ไป อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี	13.3
3282	อำเภอบ้านไร่ ไป อำเภอลานสัก	55.2
3456	อำเภอลานสัก ไป อำเภอสว่างอารมณ์	34

4. สภาพเศรษฐกิจของจังหวัดอุทัยธานี

โครงสร้างเศรษฐกิจจังหวัดอุทัยธานี ปี 2562 ขึ้นอยู่กับภาคนอกเกษตรร้อยละ 65.34 และภาคเกษตรร้อยละ 34.66 โดยสาขาการผลิตที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของจังหวัดอุทัยธานี ประกอบด้วย สาขาเกษตรกรรมฯ ร้อยละ 34.66 สาขาอุตสาหกรรมร้อยละ 16.79 สาขาขายส่งขายปลีก ร้อยละ 11.60 และสาขาอื่น ๆ ร้อยละ 36.95

ภาวะเศรษฐกิจจังหวัดอุทัยธานี ปี 2562 มีสภาวะเศรษฐกิจหดตัวจากปี พ.ศ. 2561 โดยมีการหดตัว -4.22 ในปี พ.ศ. 2562 สาขาที่มีการหดตัวอย่างชัดเจนจากปี พ.ศ. 2561 คือ “สาขากิจกรรมทางการเงินและการประกันภัย” “สาขาเกษตรกรรม การล่าสัตว์และการป่าไม้” “สาขาอุตสาหกรรม” สาขาที่มีการขยายตัวจากปี พ.ศ. 2561 คือ “สาขาข้อมูลข่าวสารและการสื่อสาร”

ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดอุทัยธานี ปี พ.ศ. 2562 ณ ราคาตลาดมีมูลค่า 28,617 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อหัว (GPP Per Capita) เท่ากับ 102,710 บาท/คน/ปี จัดอยู่ลำดับที่ 7 ของภาคเหนือ และลำดับที่ 42 ของประเทศ

การเงินและธนาคารโครงสร้างตลาดการเงินในระบบของจังหวัดอุทัยธานีประกอบด้วย สถาบันการเงินที่สำคัญ คือ ธนาคารพาณิชย์ 13 สำนักงาน ธนาคารออมสิน 4 สาขา ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม 1 สาขา ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร 8 สาขา และสถานธนาทูล 1 แห่ง

พืชเศรษฐกิจ จังหวัดอุทัยธานีมีพืชเศรษฐกิจที่สำคัญประกอบด้วย ข้าวนาปี จำนวนพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 145,040.08 ไร่ อ้อยโรงงานจำนวนพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 82,930.49 ไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวนพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 1,837.70 ไร่ มันสำปะหลังจำนวนพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 165,595.18 ไร่ และสับปะรดจำนวนพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 2,474.90 ไร่

การปศุสัตว์/ประมง จังหวัดอุทัยธานีมีการเลี้ยงสัตว์หลากหลายชนิดเนื่องจากสภาพพื้นที่เหมาะสม เช่น โค กระบือ มีตลาดนัดโคกระบือขนาดใหญ่ที่มีชื่อเสียงที่อำเภอทัพทัน นอกจากนี้มีการเลี้ยงไก่ เลี้ยงปลากระชังในลำน้ำสะแกกรัง โดยเฉพาะปลาแรดที่มีรสชาติอร่อย รวมทั้ง กุ้งขาว และจระเข้ เป็นต้น

การอุตสาหกรรม จังหวัดอุทัยธานีมีโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 225 แห่ง เป็นประเภทโรงงาน คือ ผลิตภัณฑ์จากพืช อุตสาหกรรมอาหาร ผลิตภัณฑ์โลหะ ผลิตภัณฑ์ยานพาหนะ และอุปกรณ์ รวมทั้งการซ่อมยานพาหนะ และอุปกรณ์แปรรูปไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ และการผลิตอื่นๆ

การประกอบอาชีพ ปี พ.ศ. 2564 พบว่าในไตรมาส 1 อัตราการจ้างงานในจังหวัดอุทัยธานีมีอัตราร้อยละ 63.18 เพิ่มขึ้นจากไตรมาสที่ผ่านมาร้อยละ 0.46 และเพิ่มขึ้นจากไตรมาสเดียวกันของปีที่ผ่านมาร้อยละ 2.80 แต่ปัญหาที่น่าเป็นห่วง คือ ปัญหาการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ที่เริ่มกลับมาแพร่ระบาดรุนแรงมากกว่าเดิมในช่วงต้นไตรมาส 2 ปี พ.ศ. 2564 ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อนอกภาคเกษตรมากขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา ทั้งนี้จากสภาพภูมิศาสตร์ของจังหวัดอุทัยธานีเหมาะสมกับการเพาะปลูก/การเลี้ยงสัตว์/การประมง สามารถทำการเกษตรแบ่งเป็น 2 เขต ตามลักษณะการชลประทาน ผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของจังหวัด ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และสับปะรดโรงงาน

เขตชลประทาน ทำนาเป็นหลัก และมีการปลูกไม้ผล พืชผัก พืชไร่ พืชอายุสั้น เป็นบางพื้นที่ ได้แก่ อำเภอเมืองอุทัยธานี หนองฉาง หนองขาหย่าง สว่างอารมณ์ และลานสัก

นอกเขตชลประทาน ทำนา ปลูกพืชไร่ โดยอาศัยน้ำฝน ได้แก่ อำเภอบ้านไร่ ห้วยคต ทัพทัน ลานสัก สว่างอารมณ์ หนองขาหย่าง และหนองฉาง

การประมาณการเศรษฐกิจจังหวัดอุทัยธานี

ด้านการขยายตัวเศรษฐกิจ เศรษฐกิจจังหวัดอุทัยธานีในปี 2565 คาดว่าจะขยายตัวในอัตราร้อยละ 2.0 (โดยมีช่วงคาดการณ์ที่ร้อยละ 1.7 – 2.5) จากการขยายตัวของภาคเกษตรกรรม ภาคบริการ ภาคอุตสาหกรรม การใช้จ่ายด้านการบริโภคภาคเอกชน การลงทุนภาคเอกชน เป็นสำคัญ ในขณะที่การใช้จ่ายภาครัฐคาดว่าจะหดตัว

อุปทาน ภายในจังหวัดคาดว่าจะมีแนวโน้มขยายตัวจากการผลิตภาคเกษตร คาดว่าจะขยายตัวในอัตราร้อยละ 3.8 จากปริมาณผลผลิตพืชเศรษฐกิจหลักของจังหวัดเพิ่มขึ้น ได้แก่ ข้าว อ้อย โรงงาน และมันสำปะหลัง เนื่องจากเกษตรกรเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตต่อไร่คาดว่าจะสูงขึ้น เนื่องจากสภาพภูมิอากาศเอื้ออำนวยต่อการเพาะปลูก ประกอบกับการผลิตภาคบริการคาดว่าจะขยายตัวในอัตราร้อยละ 3.3 จากการได้รับวัคซีนในอัตราที่เพิ่มขึ้น เกิดภูมิคุ้มกันหมู่ คาดว่านักท่องเที่ยวและผู้เยี่ยมเยือนเข้ามาท่องเที่ยวจังหวัดอุทัยธานีเพิ่มขึ้น และประชาชนจับจ่ายใช้สอยมากขึ้น ส่งผลให้เศรษฐกิจและการท่องเที่ยวทยอยฟื้นตัวดีขึ้น รวมทั้งการผลิตภาคอุตสาหกรรมคาดว่าจะขยายตัวในอัตราร้อยละ 1.5 จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคอุตสาหกรรม และยอดขายที่ผู้ประกอบการแจ้งเสียภาษีมูลค่าเพิ่มด้านอุตสาหกรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

อุปสงค์ ภายในจังหวัดคาดว่าจะมีแนวโน้มขยายตัว จากการบริโภคภาคเอกชนคาดว่าจะขยายตัวอัตราร้อยละ 1.7 จากการออกมาตรการและนโยบายกระตุ้นเศรษฐกิจเพื่อกระตุ้นการจับจ่ายใช้สอยของประชาชนจากสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) อีกทั้งจำนวนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่จะทะเบียนใหม่และจำนวนรถจักรยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การลงทุนภาคเอกชนคาดว่าจะขยายตัวในอัตราร้อยละ 1.6 จากแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพื้นที่อนุญาตก่อสร้างรวมและปริมาณสินเชื่อเพื่อการลงทุนในขณะที่การใช้จ่ายภาครัฐคาดว่าจะหดตัวในอัตราร้อยละ - 1.5 จากการที่รายจ่ายประจำได้รับจัดสรรงบประมาณในพระราชบัญญัติงบประมาณรายจ่าย พ.ศ.2565 ลดลง ด้านเสถียรภาพเศรษฐกิจภายในจังหวัดคาดว่าจะอัตราเงินเฟ้อทั่วไปในปี พ.ศ. 2565 จะอยู่ที่ร้อยละ 0.2 (โดยมีช่วงคาดการณ์ที่ร้อยละ 0.1 – 0.3) ตามความเชื่อมั่นในการอุปโภคบริโภคและการจับจ่ายใช้สอยในจังหวัดอุทัยธานีฟื้นตัวดีขึ้น จากมาตรการกระตุ้นเศรษฐกิจของรัฐบาลประกอบกับราคาอาหารปรับตัวสูงขึ้น โดยเฉพาะราคาผัก ผลไม้ และสัตว์น้ำ เป็นต้น

ปัจจัยเสี่ยงเศรษฐกิจจังหวัดอุทัยธานีปี พ.ศ. 2565

สถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) และไวรัสสายพันธุ์โอมิครอน (Omicron) หากมาตรการการป้องกันการแพร่ระบาดและพฤติกรรมสุขภาพในการป้องกันโรคของประชาชนลดลง อาจส่งผลให้มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) อีกครั้ง

ภัยธรรมชาติ การเกิดอุทกภัยน้ำท่วมเฉียบพลันพื้นที่เกษตรเกิดความเสียหายส่งผลต่อปริมาณผลผลิตพืชเศรษฐกิจของจังหวัด

การบริโภคของประชาชน สัดส่วนหนี้สินของภาคครัวเรือนที่อยู่ในระดับสูง มีผลทำให้ภาคครัวเรือนระมัดระวังในการใช้จ่าย

การฟื้นตัวของภาคการท่องเที่ยว เป็นไปอย่างช้า ๆ สถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ยังเป็นข้อกังวลสำหรับนักท่องเที่ยวในการตัดสินใจเข้ามาท่องเที่ยวในจังหวัดอุทัยธานี

5. คุณภาพอากาศจังหวัดอุทัยธานี

จังหวัดอุทัยธานีมีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศตรวจวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) ของกรมควบคุมมลพิษ จำนวน 1 สถานี ตั้งอยู่บริเวณหน้าศาลากลางจังหวัดอุทัยธานีตำบลอุทัยใหม่ อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี โดยในปี พ.ศ. 2565 ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม - เดือนธันวาคม พบว่าค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ไม่เกินค่ามาตรฐาน (50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) และในปี พ.ศ. 2566 พบว่าค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) เกินค่ามาตรฐานจำนวน 28 วัน (ค่ามาตรฐาน 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เกินค่ามาตรฐาน จำนวน 9 วัน (ค่ามาตรฐาน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งในห้วงเดือนที่พบค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เกินค่ามาตรฐานอยู่ในช่วงเดือน มกราคม - เมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศแห้งแล้ง มลพิษทางอากาศอาจเกิดจากกิจกรรมต่างๆ เช่น การเผาในที่โล่ง การเผาวัสดุทางการเกษตร ไฟป่า การคมนาคม หรือทิศทางการลม ที่พัดมาจากจังหวัดข้างเคียง เป็นต้น

ตาราง 14 ค่าเฉลี่ยรายเดือนปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{2.5}) และฝุ่นละอองขนาดใหญ่ 10 ไมครอน (PM₁₀) ในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานี ปี พ.ศ. 2565-2566

เดือน	ฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (มค.ก./ลบ.ม.)				ฝุ่นละอองขนาดใหญ่ 10 ไมครอน (PM ₁₀) (มค.ก./ลบ.ม.)			
	ปี พ.ศ.	ค่าเฉลี่ย	ปี พ.ศ.	ค่าเฉลี่ย	ปี พ.ศ.	ค่าเฉลี่ย	ปี พ.ศ.	ค่าเฉลี่ย
	2565	สูงสุด 24 ชม.	2566	สูงสุด 24 ชม.	2565	สูงสุด 24 ชม.	2566	สูงสุด 24 ชม.
มกราคม	-	-	40	82	-	-	65	120
กุมภาพันธ์	-	-	49	97	-	-	72	135
มีนาคม	-	-	58	96	-	-	86	130
เมษายน	-	-	62	93	-	-	89	127
พฤษภาคม	-	-	27	43	-	-	44	63
มิถุนายน	-	-	14	23.3	-	-	26	43
กรกฎาคม	13.0	27	13	21.1	24.0	46	26	42
สิงหาคม	11.0	24	16	21.1	23.0	44	33	44
กันยายน	11.0	21	13	24.2	23.0	41	28	49
ตุลาคม	20.0	43	16	29.3	34.0	73	32	57
พฤศจิกายน	24.0	34	-	-	42.0	58	-	-
ธันวาคม	30.0	44	-	-	51.0	74	-	-

และจากการศึกษาค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{2.5}) และฝุ่นละอองขนาดใหญ่ 10 ไมครอน (PM₁₀) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศใกล้เคียงคือ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ตำบลปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ ในปี พ.ศ. 2565 ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม - เดือนธันวาคม พบว่าค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{2.5}) และฝุ่นละอองขนาดใหญ่ 10 ไมครอน (PM₁₀) ไม่เกินค่ามาตรฐาน และในปี พ.ศ. 2566 พบว่าค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{2.5}) เกินค่ามาตรฐานจำนวน 37 วัน (ค่ามาตรฐาน 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) และฝุ่นละอองขนาดใหญ่ 10 ไมครอน (PM₁₀) เกินค่ามาตรฐาน จำนวน 3 วัน (ค่ามาตรฐาน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งในห้วงเดือนที่พบว่าค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{2.5}) และฝุ่นละอองขนาดใหญ่ 10 ไมครอน (PM₁₀) เกินค่ามาตรฐานอยู่ในช่วงเดือนมกราคม - เมษายน เช่นกัน

ตาราง 15 ค่าเฉลี่ยรายเดือนปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{2.5}) และฝุ่นละอองขนาดใหญ่ 10 ไมครอน (PM₁₀) ในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานีและจังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2565-2566

เดือน	ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5})				ฝุ่นละอองขนาดใหญ่ไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀)			
	(มค.ก./ลบ.ม.)				(มค.ก./ลบ.ม.)			
	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.
	2565	2565	2566	2566	2565	2565	2566	2566
จ.	จ.	จ.	จ.	จ.	จ.	จ.	จ.	
อุทัยธานี	นครสวรรค์	อุทัยธานี	นครสวรรค์	อุทัยธานี	นครสวรรค์	อุทัยธานี	นครสวรรค์	
มกราคม	-	33	40	34	-	68	65	64
กุมภาพันธ์	-	27	49	43	-	46	72	91
มีนาคม	-	30	58	51	-	-	86	96
เมษายน	-	32	62	53	-	-	89	-
พฤษภาคม	-	14	27	23	-	-	44	-
มิถุนายน	-	11	14	11	-	27	26	-
กรกฎาคม	13.0	12	13	10	24.0	29	26	-
สิงหาคม	11.0	11	16	14	23.0	27	33	-
กันยายน	11.0	10	13	10	23.0	25	28	-
ตุลาคม	20.0	17	16	12	34.0	40	32	-
พฤศจิกายน	24.0	20	-	-	42.0	45	-	-
ธันวาคม	30.0	27	-	-	51.0	58	-	-

6. การเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศของประชาชน

จากรายงานข้อมูลในระบบ HDC Dashboard ของกระทรวงสาธารณสุข ในปี พ.ศ. 2565 พบว่าประชาชนในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานีมีการเจ็บป่วยด้วยโรคจากมลพิษทางอากาศ 5 กลุ่มโรค จำนวน 74,218 ราย โดยมีรายละเอียดจำแนกรายกลุ่มโรค ดังนี้

6.1 กลุ่มโรคทางเดินหายใจ ได้แก่ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic Obstructive Pulmonary Disease หรือ COPD) พบประชาชนเจ็บป่วยทั้งหมด จำนวน 8,498 ราย โรคหืด (Asthma) จำนวน 186 ราย โรคปอดอักเสบ (pneumonia) จำนวน 3,308 ราย ไข้หวัดใหญ่ (Influenza) จำนวน 246 ราย โรคคออักเสบ (Acute Pharyngitis) จำนวน 13,334 ราย โรคจมูกอักเสบเรื้อรัง (Chronic rhinitis) จำนวน 833 ราย และโรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) จำนวน 6,331 ราย

6.2 กลุ่มโรคหัวใจหลอดเลือดและสมองอุดตันขาดเลือด ได้แก่ โรคหัวใจขาดเลือด (Ischemic heart disease, IHD) จำนวน 101 ราย และโรคหลอดเลือดในสมอง (Cerebrovascular diseases: Stroke) จำนวน 12,930 ราย

6.3 กลุ่มโรคตาอักเสบ จำนวน 10,591 ราย

6.4 กลุ่มโรคผิวหนังอักเสบ จำนวน 17,105 ราย

6.5 กลุ่มโรคอื่น ๆ ได้แก่ มะเร็งปอด (Lung cancer) จำนวน 755 ราย

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อนุสร รัตธานี อ้างถึงใน ศศิธร ร่มพา และจิรชญา สุขคำ (49) ได้ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ภายในห้องโดยสารรถโดยสารสาธารณะในกรุงเทพฯ พบว่ารถประจำทางปรับอากาศมีความเข้มข้น $PM_{2.5}$ เฉลี่ย (มก./ลบ.ม.) ตลอดระยะเวลาการเดินทางมากที่สุด ($2,650 \pm 2,348$) รองลงมาคือ รถมินิบัส ($1,996 \pm 1,042$) รถไฟฟ้าบีทีเอส ($1,070 \pm 626$) รถไฟฟ้าเอ็มอาร์ที (806 ± 645) รถตุ๊กตาสาธารณะ (424 ± 324) และรถแท็กซี่ (366 ± 362) ตามลำดับ เมื่อประเมินการได้รับสัมผัสในรูปแบบของปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยรายวัน (Average Daily Intake หรือ ADI) (มก./กก.-นน.ร่างกาย/วัน) พบว่า ในกลุ่มผู้ใหญ่รถประจำทางปรับอากาศมีการรับสัมผัสมากที่สุด (0.0063) รองลงมา คือ รถมินิบัส (0.0034) รถตุ๊กตา (0.0014) รถไฟฟ้าเอ็มอาร์ที (0.0011) และรถไฟฟ้าบีทีเอส (0.0008) ตามลำดับ ส่วนในกลุ่มเด็กพบว่า รถประจำทางปรับอากาศมีการรับสัมผัสมากที่สุด (0.0149) รองลงมา คือ รถไฟฟ้าบีทีเอส (0.0028) รถตุ๊กตาสาธารณะ (0.0026) และรถไฟฟ้าเอ็มอาร์ที (0.0016) ตามลำดับ (รถมินิบัสไม่พบกลุ่มผู้โดยสารที่เป็นเด็กขณะทำการสำรวจ) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ $PM_{2.5}$ กับสภาวะการขับขี่ยานพาหนะพบว่า $PM_{2.5}$ มีแนวโน้มที่สูงขึ้นในช่วงที่รถโดยสารสาธารณะมีการชะลอ ซึ่งอาจมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่มีผล เช่น การขึ้นลงของผู้โดยสารระหว่างสถานี สภาพการจราจร ฯลฯ

วรวิมล คมนตรี (50) ได้ศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากการคมนาคมบนท้องถนนที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน ทัศนศึกษาโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนค่าเฉลี่ย 0.247 ± 0.178 มก./ลบ.ม. ส่วน โรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียนค่าเฉลี่ย 0.110 ± 0.056 มก./ลบ.ม. ส่วนการรับสัมผัส PM_{10} ของนักเรียนในโรงเรียนกลุ่มศึกษา มีค่าต่ำสุด 0.0060 มก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน สูงสุด 0.0611 มก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน และมีค่าเฉลี่ย 0.0202 ± 0.0145 มก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน โรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ มีค่าต่ำสุด 0.0026 มก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน สูงสุด 0.0205 มก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน และ

มีค่าเฉลี่ย 0.0089 ± 0.0045 มก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/ วัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ PM_{10} การรับสัมผัส พบว่า โรงเรียนในกลุ่มศึกษา มีปริมาณ PM_{10} มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ส่งผลต่อปริมาณการรับสัมผัสของนักเรียนในกลุ่มศึกษาอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ โรงเรียนในกลุ่มศึกษามีปริมาณการรับสัมผัส PM_{10} (0.0202 ± 0.0145 มก./ กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน) มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ (0.0089 ± 0.0045 มก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน)

สุกิมพร นาสมทรง (51) ได้ศึกษาการประเมินการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ของวินจักรยานยนต์รับจ้าง ในพื้นที่เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของวินที่ตั้งบริเวณริมถนนหลัก ถนนรอง และถนนในซอย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1287 ± 0.0128 มก./ลบ.ม. (ซึ่งเกินค่ามาตรฐานกำหนด เท่ากับ 0.05 มก./ลบ.ม.) 0.0467 ± 0.0428 มก./ลบ.ม. และ 0.0144 ± 0.0132 มก./ลบ.ม. ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ ด้วยสถิติ One-Way ANOVA พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในประเด็นปริมาณความเข้มข้นการรับสัมผัสของผู้ขับขี่จักรยานยนต์รับจ้างที่อยู่บริเวณริมถนนหลัก ถนนรอง และถนนในซอย มีค่า EC เฉลี่ยเท่ากับ 0.0477 มก./ลบ.ม. 0.0175 มก./ลบ.ม. และ 0.0004 มก./ลบ.ม. ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน กำหนด 0.05 มก./ ลบ.ม. ไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด รวมถึงค่า HQ มีค่า 0.9532 , 0.3499 และ 0.0096 ตามลำดับ ซึ่ง $HQ < 1$ แปรผลได้ว่าผู้ขับขี่จักรยานยนต์รับจ้างได้รับสัมผัสปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่ร่างกายได้รับยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรืออยู่ในภาวะที่ยอมรับได้

พีรพงษ์ ฮาดทักษ์วงศ์ และคณะ (52) ได้ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ในกลุ่มพนักงานร้านอาหารการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พบว่า ห้องครัวทุกแห่งมีระดับความเข้มข้นของ PM_{10} อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กระทรวงแรงงาน กำหนด คือ ไม่เกิน $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ การรายงานผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสฝุ่นจากการประกอบอาหารในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา พบว่า พนักงานส่วนใหญ่มีอาการอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 52.46 รองลงมา คือ มีอาการเล็กน้อย ร้อยละ 27.87 อย่างไรก็ตามพบว่า มีการรายงานอาการระดับรุนแรง ในตำแหน่งงานแม่ครัว ร้อยละ 1.64 จากการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับการมีอาการผิดปกติของพนักงาน พบว่า ปัจจัยการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กในพื้นที่ปฏิบัติงานและการไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลขณะปฏิบัติงาน เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความแตกต่างของระดับอาการผิดปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) และผลจากการประเมินความเสี่ยงผ่านเมตริกความเสี่ยงเชิงคุณภาพ พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความเสี่ยงต่อสุขภาพตั้งแต่ระดับค่อนข้างสูงขึ้นไป ถึงระดับสูงมาก และเมื่อแบ่งระดับความเสี่ยงตามตำแหน่งงาน พบว่า ตำแหน่งแม่ครัวมีระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง (ร้อยละ 77.77) รองลงมาคือระดับค่อนข้างสูง(ร้อยละ 16.67) และระดับสูงมาก (ร้อยละ 5.56) ตำแหน่งผู้ช่วยแม่ครัวทุกคนมีระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง (ร้อยละ 100) ตำแหน่ง

พนักงานเสิร์ฟ มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง (ร้อยละ 88.46) รองลงมาคือระดับค่อนข้างสูง (ร้อยละ 11.54) และตำแหน่งแคชเชียร์ (Cashier) มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง (ร้อยละ 54.55) รองลงมาคือระดับค่อนข้างสูง (ร้อยละ 45.45)

ศิริอุมา เจาะจิตต์ และคณะ (53) ได้ศึกษาการประเมินความเสี่ยงในการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ระหว่างชุมชนที่อยู่ใกล้และไกลโรงโม่หิน จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ในชุมชนใกล้โรงโม่หิน มีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นใน วันที่มีฝนตก 0.0434 มก./ลบ.ม. และวันที่ฝนไม่ตก 0.175 มก./ลบ.ม. มีค่าที่เกินมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศตามประกาศกรมควบคุมมลพิษที่กำหนดค่ามาตรฐาน 0.12 มก./ลบ.ม. ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นในชุมชนใกล้โรงโม่หินมีปริมาณฝุ่นในวันที่มีฝนตก 0.0463 มก./ลบ.ม. และวันที่ฝนไม่ตก 0.068 มก./ลบ.ม. มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน และทั้งสองชุมชนมีความเสี่ยงในการรับสัมผัสฝุ่นละออง โดยชุมชนใกล้โรงโม่หินมีความเสี่ยงมากกว่าชุมชนที่ไกลจากโรงโม่หิน โดยค่าเฉลี่ยสัดส่วนความเสี่ยงในการรับสัมผัส (HQ) ของชุมชนใกล้โรงโม่หินในวันที่ฝนตกและฝนไม่ตกมีค่า HQ 1.27 และ 5.09 ตามลำดับ ชุมชนใกล้โรงโม่หินมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนความเสี่ยงในการรับสัมผัส HQ ในวันที่ฝนตกและฝนไม่ตกเท่ากับ 1.34 และ 2.00 ตามลำดับ

ธันวดี ศรีธาวีรัตน์ (54) ได้ศึกษาการจำแนกแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในพื้นที่เขตเมืองจังหวัดพิษณุโลก พบว่า ค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{2.5} ในเขตพื้นที่เมืองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10.9±3.9-70.7±14.7 µg/m³ และมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปที่กำหนดไว้ 50 µg/m³ อยู่ 3 เดือน คือ เดือนมกราคม - มีนาคม พ.ศ. 2564 ส่วนฝุ่น PM_{2.5} ในพื้นที่กึ่งเมืองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 16.8±9.6 - 84.6±18.5 µg/m³ และมีค่าเกินมาตรฐานอยู่ 4 เดือน คือ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 - มีนาคม พ.ศ. 2564

กฤษฏาธร ทรัพย์อุไรรัตน์ และกุลธิดา บรรจงศิริ (55) ได้ศึกษาความสัมพันธ์เชิงปริมาณของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ของแต่ละภูมิภาคและฤดูกาล พบว่า PM₁₀ และ PM_{2.5} มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป โดยช่วงฤดูแล้งจะมีปริมาณฝุ่นละอองมากกว่าช่วงฤดูฝน เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า ฝุ่นละอองทั้งสองขนาดมีความสัมพันธ์กันและช่วงฤดูแล้ง มีระดับความสัมพันธ์สูงกว่าช่วงฤดูฝน โดยค่าสัดส่วนของ PM_{2.5}/PM₁₀ ของภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ จะมีค่าเท่ากับ 0.67, 0.65, 0.64, 0.59 และ 0.45 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนฝุ่นละอองของแต่ละภูมิภาค พบว่าภาคใต้แตกต่างจากทุกภูมิภาคและภาคเหนือแตกต่างจากภาคตะวันออก จากการเปรียบเทียบสัดส่วนฝุ่นละออง ระหว่างฤดูกาล พบว่า ฤดูแล้งและฤดูฝนมีสัดส่วนฝุ่นละอองแตกต่างกัน โดยสัดส่วนฝุ่นละอองในฤดูแล้งภาคใต้มีค่าสัดส่วน

ฝุ่นละอองแตกต่างจากภูมิภาคอื่น ขณะที่ฤดูฝนมีเพียงภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีสัดส่วนฝุ่นละอองไม่แตกต่างกับภูมิภาคอื่น

สาวตรี ภมร (56) ได้ศึกษาคุณลักษณะของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{10} และ $PM_{2.5}$ และความสัมพันธ์ของโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ ในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 พบว่า คุณลักษณะของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{10} และ $PM_{2.5}$ จะมีความจำเพาะกับแหล่งกำเนิดมลพิษในพื้นที่ ซึ่งจะแตกต่างกันในแต่ละสถานีตรวจวัดโดยสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) แหล่งกำเนิดมลพิษจากการประกอบกิจการโรงโม่ บด และย่อยหิน และการประกอบกิจการเหมืองหินในพื้นที่ ได้แก่ บริเวณจังหวัดสระบุรี และ 2) แหล่งกำเนิดมลพิษจากการจราจรขนส่ง การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากควันของรถยนต์ ได้แก่ จังหวัดปทุมธานี นนทบุรี พระนครศรีอยุธยา และสระบุรีโดยแหล่งกำเนิดกลุ่มที่ (1) จะมีค่าเฉลี่ยรายปี รายเดือนและรายชั่วโมงสูงกว่ากลุ่มที่ (2) เนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิดแบบอยู่กับที่ แต่กลุ่มที่ 2 จะมีค่าร้อยละสัดส่วน $PM_{2.5}$ ใน PM_{10} มากกว่า โดยภาพรวม PM_{10} และ $PM_{2.5}$ จะมีค่าสูงในช่วงฤดูหนาว ลดลงในช่วงฤดูร้อน และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงฤดูฝนเนื่องจากเกิดจากการชะล้างของน้ำฝน ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของสถานีตรวจวัดส่วนใหญ่จะมีค่าสูงขึ้นในช่วงเช้าและช่วงค่ำ

สุกัญญา พันธุ์ และคณะ (57) ได้ศึกษาการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับฝุ่น $PM_{2.5}$ ในช่วงฤดูแล้ง จากพื้นที่เทศบาลเมืองมาบตาพุด จังหวัดระยอง ไว้ดังนี้ ค่าความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ มีค่าอยู่ในช่วง $3.9-136.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ มีค่าเฉลี่ย $44.0 \pm 28.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ นอกจากนี้ เมื่อทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพด้วยการคำนวณจากค่าสัดส่วนความเสี่ยง (HQ) พบว่า ค่าเฉลี่ย HQ ของฝุ่น $PM_{2.5}$ ของเด็กในช่วงฤดูแล้งมีค่ามากกว่าผู้ใหญ่ และมีค่าเกิน 1.0 ซึ่งแสดงว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ เนื่องจากเด็กมีความต้องการปริมาณออกซิเจนสูงจึงส่งผลให้อัตราการหายใจต่อน้ำหนักตัวสูง เมื่อทำการประเมินความเสี่ยงการก่อมะเร็งปอดในมนุษย์ (RiC) จากการได้รับฝุ่น $PM_{2.5}$ อยู่ในช่วง 10-6 ถึง 10-4 ซึ่งหมายความว่า ความเสี่ยงในการก่อมะเร็งอาจเกิดขึ้นได้

บทที่ 3

วิธีการศึกษาวิจัย

การศึกษานวัตกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจรในครั้ง นี้ เพื่อออกแบบป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดตั้งอุปกรณ์กรองฝุ่น ทดสอบประสิทธิภาพ การลดการสัมผัสฝุ่นละอองจากการจราจรโดยการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองจากการจราจรและ ประเมินระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาด เล็กจากการจราจรทางการหายใจของประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทางเปรียบเทียบกับระหว่าง ภายในและภายนอกป้ายรถประจำทาง โดยมีรายละเอียดและวิธีการศึกษาวิจัย 4 ส่วน ดังนี้

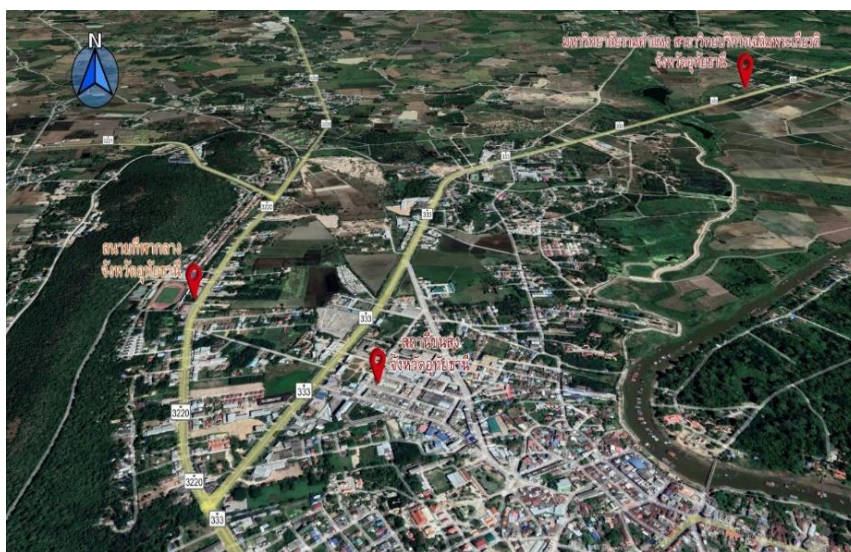
1. พื้นที่ในการศึกษาวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย
4. วิธีการศึกษาวิจัย
5. การวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผล

พื้นที่ในการศึกษาวิจัย

พื้นที่ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 พื้นที่การศึกษาสถานการณ์ฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจร ประเมินการรับ สัมผัสและประเมินระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่น ละอองขนาดเล็กจากการจราจรทางการหายใจของประชาชน ในเขตพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี จำนวน 3 บริเวณ ดังนี้ 1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสาย หลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยบริการ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

ส่วนที่ 2 พื้นที่ในการออกแบบและติดตั้งป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจาก การจราจร โดยทำการศึกษาในบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี



ภาพ 24 พื้นที่ในการศึกษาศึกษาวิจัย (58)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ (N) ได้แก่ ประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี จำนวน 3 บริเวณ ดังนี้ 1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี จำนวน 2,477 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทางในเขตพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี จำนวน 3 บริเวณ ดังนี้ 1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี จำนวน 180 คน ที่ได้มาจากการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้กฎแห่งความชัดเจน (Rule of Thumb) ซึ่งเป็นการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยคำนึงถึงขนาดของประชากรในลักษณะของอัตราส่วนที่คิดเป็นร้อยละ (59) ร่วมกับการกำหนดขนาดตัวอย่างที่พิจารณาจากจำนวนประชากร (คิดเป็นร้อยละ) ของ สุวิมล ตรีภานันท์ (60) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.1 และเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนในขณะเก็บรวบรวมข้อมูลและลดปัญหาการตอบกลับของแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์หรือน้อยกว่าที่กำหนด หรือมีข้อมูลสูญหาย (Missing data) ซึ่งคาดว่าจะเกิดขึ้นร้อยละ 10 ผู้วิจัยจึงปรับขนาดตัวอย่างใหม่เป็น 367 คน ซึ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ

ตาราง 16 ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่พิจารณาจากจำนวนประชากร (คิดเป็นร้อยละ)

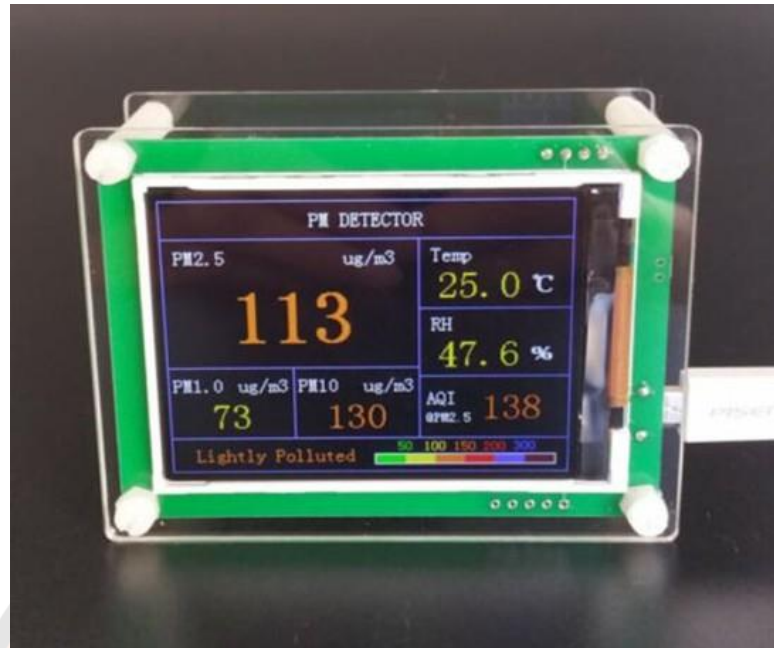
ขนาดประชากร (N)	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (n)
100 – 300	50
500 – 700	40
1,000 – 1,500	25
2,000 – 2,500	15
3,000 – 5,000	10
6,000 – 10,000	5
15,000 – 20,000	2.5
30,000 – 50,000	1
70,000 ขึ้นไป	0.5

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสำรวจข้อมูลทั่วไปของประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทางในเขตพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี จำนวน 3 บริเวณ ดังนี้ 1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี และประชาชนประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น ซึ่งประกอบด้วย เพศ อายุ น้ำหนัก และระยะเวลาในการอยู่อาศัยในพื้นที่

ส่วนที่ 2 อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจร ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้ 1) เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นชนิดพกพา รุ่น PMS5003 สำหรับการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี ทั้ง 3 บริเวณ คือ 1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี



ภาพ 25 เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นชนิดพกพา รุ่น PMS5003 (61)

2) เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นชนิดพกพา รุ่น PMS7003 สำหรับการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรภายในและภายนอกอาคารป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจร



ภาพ 26 เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นชนิดพกพา รุ่น PMS7003 (31)

วิธีการศึกษาวิจัย

การการศึกษาบัณฑิตกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจรในครั้งนี้ มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. ขั้นตอนที่ 1

การเก็บรวบรวมข้อมูลและศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ขั้นตอนที่ 2

การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรโดยกำหนดให้ครอบคลุมพื้นที่การจราจรหลักทั้งหมดในเขตอำเภอเมืองอุทัยธานี จำนวน 3 บริเวณ คือ 1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นชนิดพกพา รุ่น PMS5003 ในช่วงระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 โดยดำเนินการตรวจวัดในทุก ๆ 2 ชั่วโมง จำนวน 7 ครั้งต่อวัน ช่วงเวลา 06.00 น. 08.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. 16.00 น. และ 18.00 น.

3. ขั้นตอนที่ 3

ดำเนินการสำรวจข้อมูลทั่วไปของประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทางในเขตพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี จำนวน 3 บริเวณ ดังนี้ 1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

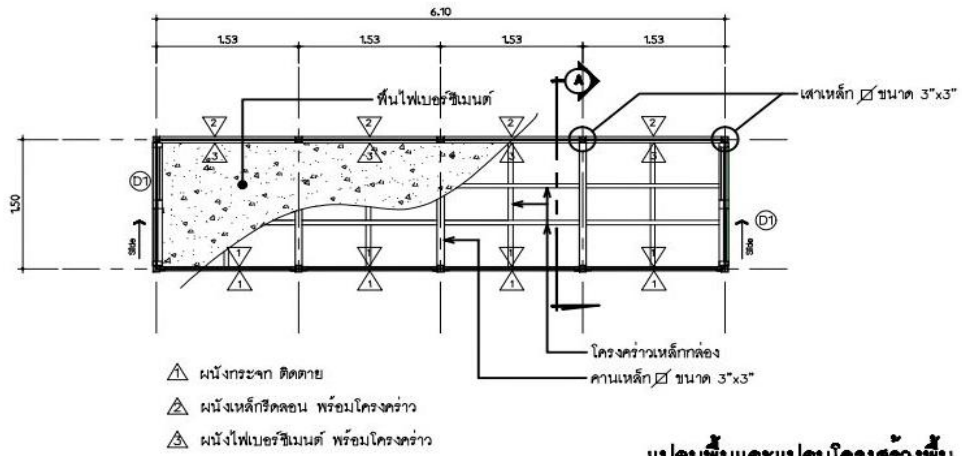
4. ขั้นตอนที่ 4

ดำเนินการประเมินการรับสัมผัส และประเมินระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ จากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรทางการหายใจของประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทาง ในเขตพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี จำนวน 3 บริเวณ คือ 1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

5. ขั้นตอนที่ 5

การออกแบบและติดตั้งป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่นจากการจราจร โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการ ดังนี้

1. ออกแบบป้ายรถประจำทางโดยให้เป็นอาคารปิดแบบโปร่งแสงขนาด 1.5*6*3 เมตร วัสดุโครงสร้างทำจากเหล็ก ปูพื้น ติดผ้า กรูผนัง กระจกบานตาย และประตูกระจกแบบเลื่อน สามารถมองเห็นด้านนอกได้ จำนวน 3 ด้าน คือ ด้านหน้า ด้านข้างฝั่งซ้าย และด้านข้างฝั่งขวา

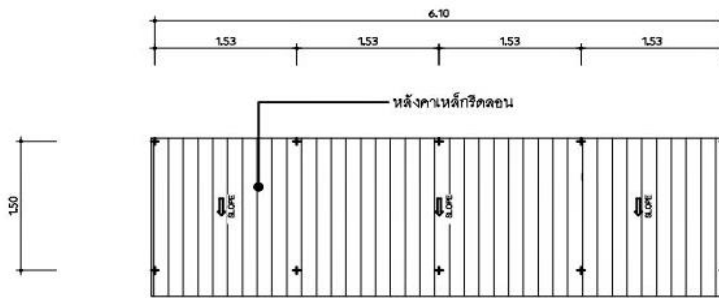


แปลนพื้นและแปลนโครงสร้างพื้น

SCALE 1 : 50



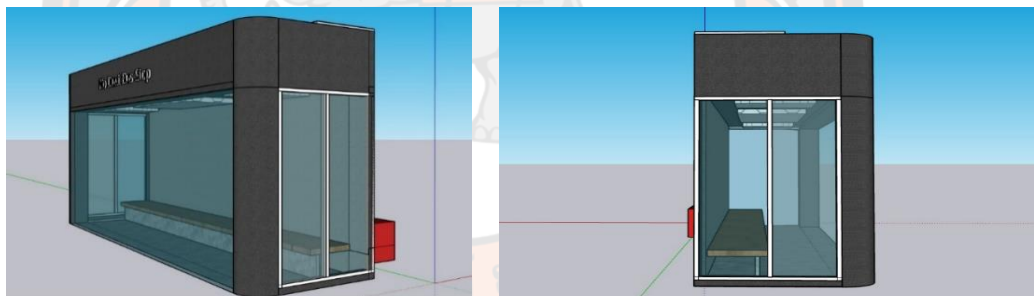
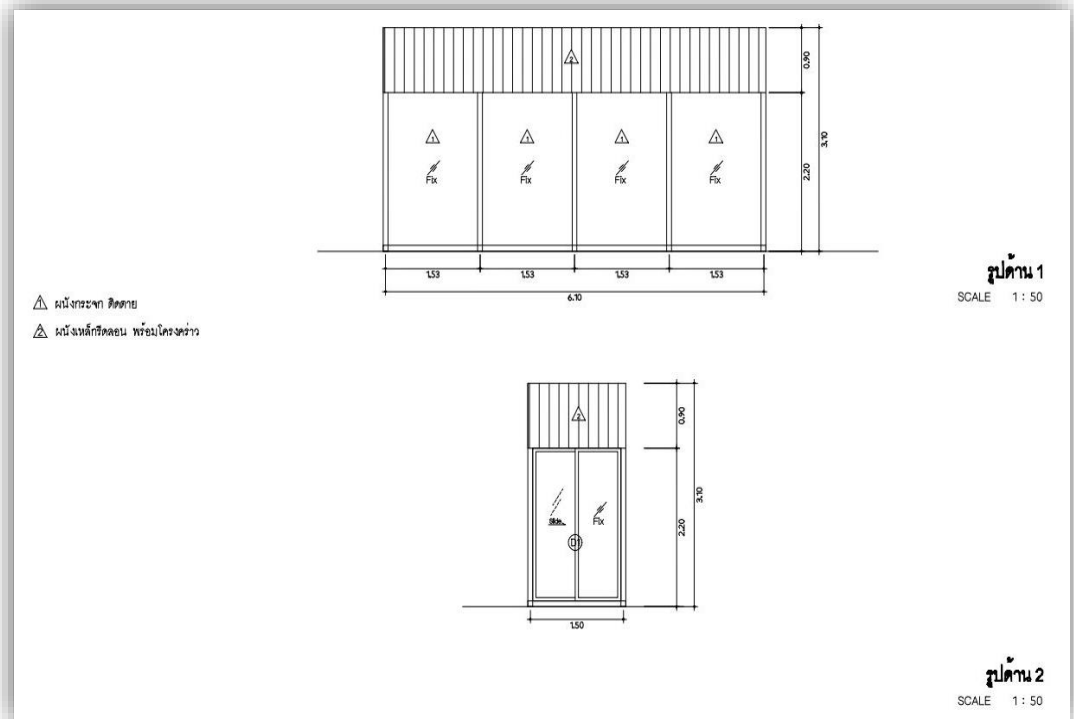
ทิศทางแสดงรูปถ่าย



แปลนหลังคา

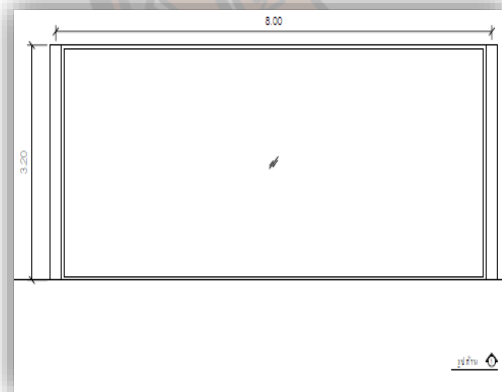
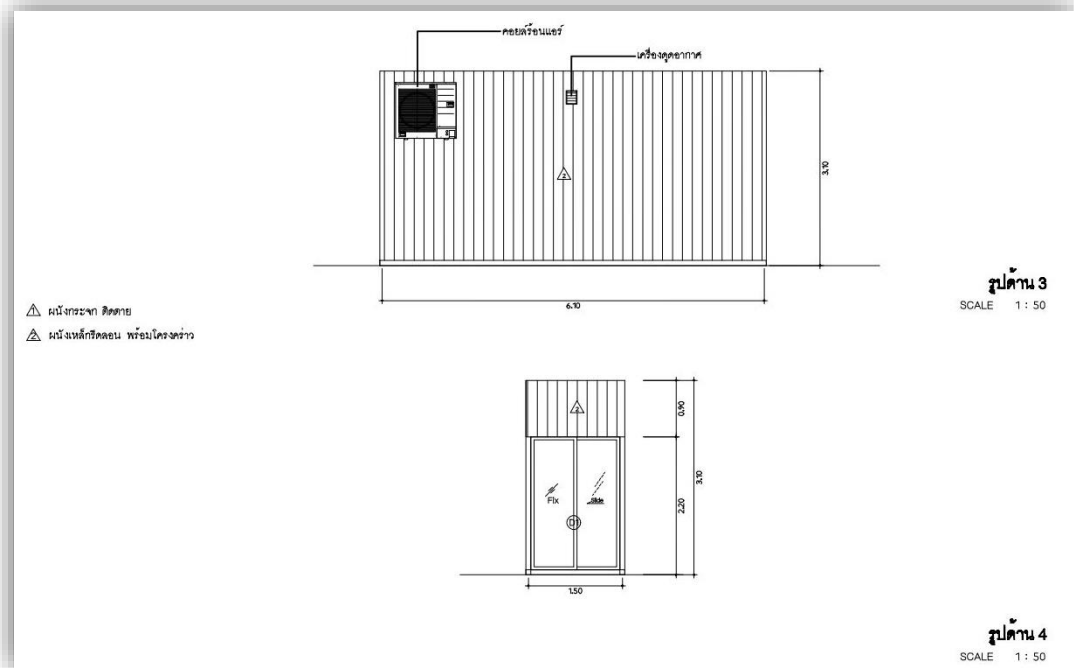
SCALE 1 : 50

ภาพ 27 การออกแบบพื้นและโครงสร้างพื้น



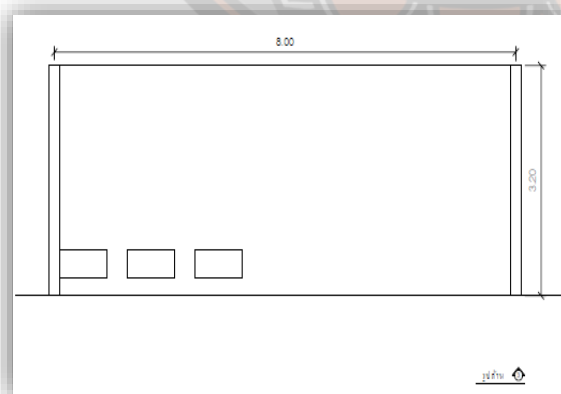
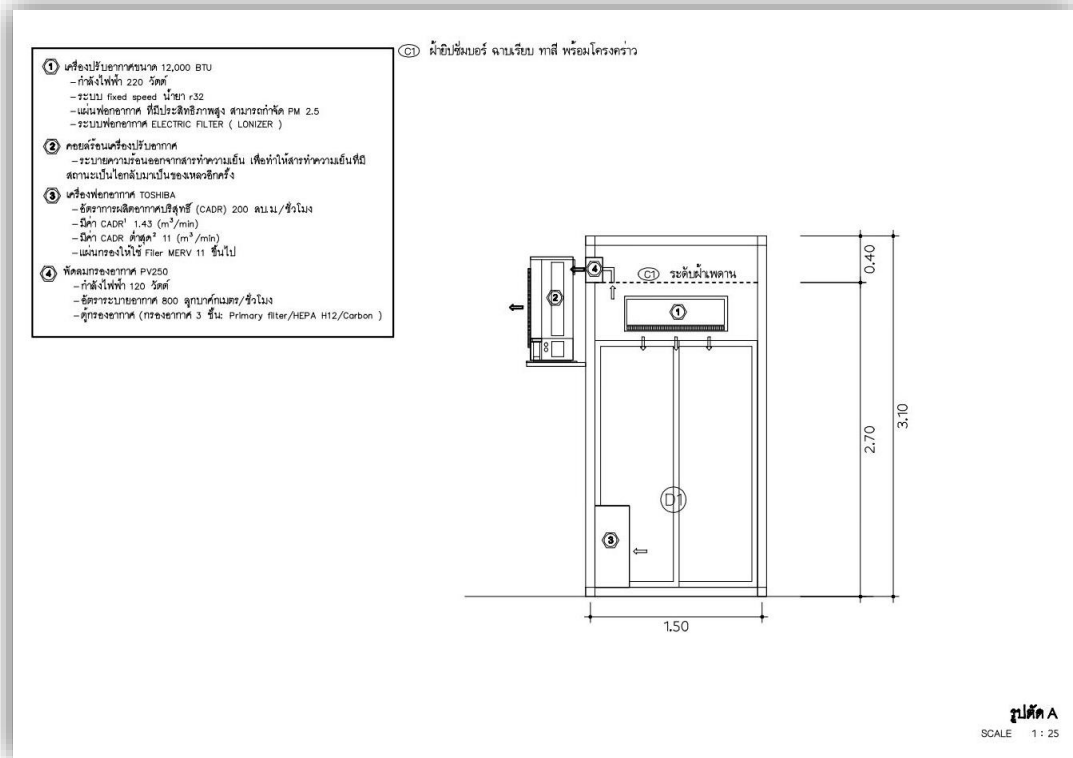
ภาพ 28 อาคารปิดแบบโปร่งแสง สามารถมองเห็นด้านนอกได้ จำนวน 3 ด้าน

2. ป้องกันฝุ่นจากการจราจรเข้าไปภายในอาคารโดยการปิดช่องว่างและรอยต่อต่าง ๆ บริเวณรอบอาคาร ที่เป็นช่องทางให้ฝุ่นจากการจราจรด้านนอกเข้ามาได้



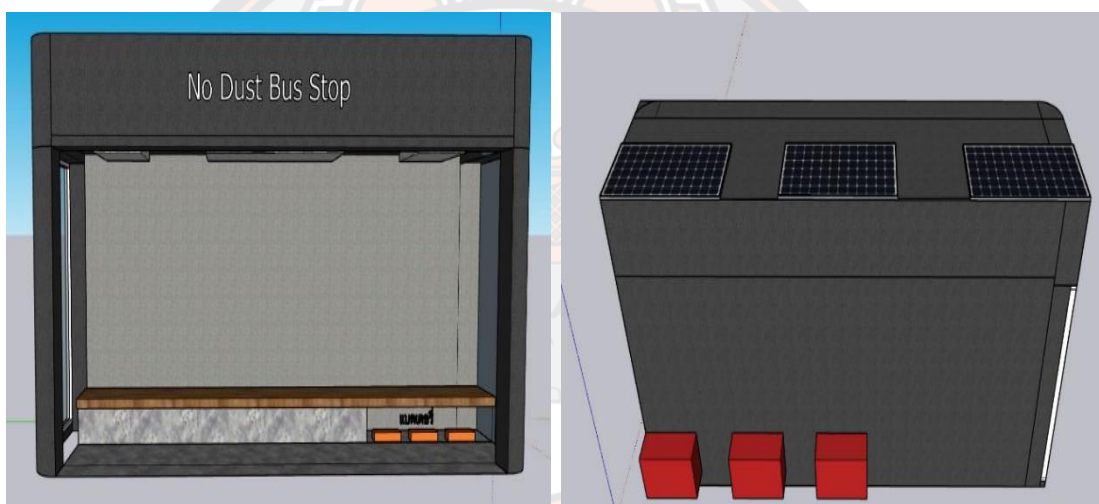
ภาพ 29 ลักษณะอาคารแบบปิดป้องกันฝุ่นจากภายนอกเข้าไปภายใน

3. ติดตั้งระบบปรับอากาศชนิดฝังฝ้าเพดานและใช้แผ่นกรองชนิด N95 ติดตั้งระบบกรองฝุ่นโดยการใช้ฟิลเตอร์กรองฝุ่นในระบบปรับอากาศ และติดตั้งระบบพอกอากาศโดยการประยุกต์ใช้หลักการกำจัดอนุภาคของฝุ่นละอองแบบกรองด้วยวัสดุหรือแบบไฟฟ้าสถิต



ภาพ 30 การติดตั้งระบบปรับอากาศ ระบบกรองฝุ่น และระบบพอกอากาศ

4. การประยุกต์ใช้หลักการป้องกันฝุ่นจากการจราจรจากภายนอกเข้าไปภายในอาคารแบบปิด โดยการปิดประตูให้สนิท และการประยุกต์ใช้พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอก (Intake Fan) ที่ผ่านการลดปริมาณฝุ่นละอองแล้วด้วยวิธีการกรองฝุ่นละอองโดยใช้ฟิลเตอร์ระดับ MERV 11 ขึ้นไป จ่ายเข้ามาภายในอาคารแบบปิด เพื่อให้ภายในป้ายรถประจำทางมีแรงดันอากาศสูงกว่าบรรยากาศภายนอก (Positive Pressure) อากาศที่จ่ายเข้ามาจะผลักดันฝุ่นละอองออกจากห้องอย่างต่อเนื่องจนภายในอาคาร มีปริมาณฝุ่นละอองต่ำกว่ามาตรฐาน ทั้งนี้มีพัดลมดูดอากาศออก (Exhaust Fan) บางส่วนเพื่อเป็นการบังคับทิศทางการไหลของอากาศภายในป้ายรถประจำทาง โดยควรมีอัตราการดูดออกน้อยกว่าอัตราการนำอากาศเข้ามา เพื่อช่วยลดฝุ่นละอองในห้องและช่วยเพิ่มการระบายอากาศภายในอาคาร



ภาพ 31 แบบจำลองป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจร

6. ขั้นตอนที่ 6

การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดตั้งอุปกรณ์กรองฝุ่น ด้วยเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นชนิดพกพารุ่น PMS7003 ในทุก ๆ 2 ชั่วโมง ห่างกัน 7 ครั้ง ต่อวัน ดังนี้ 06.00 น. 08.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. 16.00 น. และ 18.00 น. ทุกวัน เป็นเวลา 3 เดือน คือตั้งแต่เดือนมิถุนายน – เดือนสิงหาคม 2565

7. ขั้นตอนที่ 7

ดำเนินการสำรวจข้อมูลทั่วไปของประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดตั้งอุปกรณ์กรองฝุ่น

8. ขั้นตอนที่ 8

ดำเนินการประเมินการรับสัมผัสและประเมินระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรทางการหายใจของประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น

การวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผล

1. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรภายนอกและภายในอาคารป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น คัดแยกชนิดอนุภาคแขวนลอยเพื่อเป็นตัวแทนกลุ่มสารมลพิษในอากาศ จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) และขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) โดยวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กเปรียบเทียบระหว่างภายนอกและภายในอาคารป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น

2. การคำนวณปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก

จากการจราจรโดยตัวแปรที่พิจารณา ได้แก่ ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมี ความถี่ของการได้รับสัมผัส ระยะเวลาการได้รับสัมผัส และช่องทางการรับสัมผัส โดยใช้การพิจารณาการรับสัมผัสทางการหายใจ ซึ่งสามารถคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$PM - I = \frac{(C \times IR \times ET \times EF \times ED)}{(BW \times AT)}$$

เมื่อ I = ปริมาณสิ่งคุกคามที่คนได้รับ [ปริมาณฝุ่น PM_{10} , $PM_{2.5}$ (mg/kg-day)]

C = ความเข้มข้นเฉลี่ยของสิ่งคุกคามหรือสารมลพิษในอากาศ (mg/m^3)

IR = อัตราการหายใจ (m^3/hr)

ET = เวลาในการสัมผัส (hrs /days)

EF = ความถี่ของการสัมผัส (days/years)

ED = ระยะเวลาที่สัมผัส/ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ (years)

BW = น้ำหนักของร่างกาย (kg)

AT = ระยะเวลาที่ใช้เฉลี่ย (days)

โดยสามารถแทนค่าตัวแปรจากการศึกษาครั้งนี้ รายละเอียดดังแสดงในตาราง 14

ตาราง 17 การแทนค่าของตัวแปรการคำนวณปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจร

ตัวแปร	ค่า	หน่วย	แหล่งอ้างอิง
C = ความเข้มข้นของสิ่ง คุกคามในอากาศ	ค่า PM ₁₀ และ ค่า PM _{2.5}	mg/m ³	สำนักการจัดการคุณภาพอากาศ และเสียง กรมควบคุมมลพิษ
IR = อัตราการหายใจ	0.83 (ค่าเฉลี่ย)	m ³ /hrs	ATSDR
FR = Factor of Retention	1	-	
FA = Factor of Absorption	1	-	
ET = เวลาในการสัมผัส	ค่าเฉลี่ยรายวันใช้ 24	hrs /days	คนหายใจ 24 ชั่วโมง
EF=ความถี่ของการสัมผัส	107 วันทำการ (ค่าเฉลี่ยวันทำการ ระหว่างเดือน ม.ค. - พ.ค. 2565)	days/years	คนหายใจทุกวัน 365 วัน
ED=ระยะเวลาที่สัมผัส/ ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ใน พื้นที่	อายุเฉลี่ยของกลุ่ม ตัวอย่าง	years	ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ของกลุ่ม ตัวอย่าง
BW=น้ำหนักของร่างกาย	น้ำหนักเฉลี่ยของกลุ่ม ตัวอย่าง	kg	น้ำหนักเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง จากการเก็บข้อมูล
AT=ระยะเวลาที่ใช้เฉลี่ย	อายุเฉลี่ยของกลุ่ม ตัวอย่าง	days	อายุเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างจาก การเก็บข้อมูล
RfC PM ₁₀	0.011	mg/kg-day	EU legislation
RfC PM _{2.5}	0.005	mg/kg-day	U.S.EPA

3. การคำนวณระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ)

ต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรทางทางหายใจของประชาชน ซึ่งสามารถคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$\text{Hazard Quotient (HQ)} = \frac{\text{CDI (mg/kg-day)}}{\text{RfC (mg/kg-day)}}$$

เมื่อ HQ = ค่าสัดส่วนความเสี่ยง

CDI = ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก (mg/kg-day)

RfC = ค่ามาตรฐานกำหนด (mg/kg-day)

โดยสามารถแทนค่าตัวแปรจากการศึกษาครั้งนี้ รายละเอียดดังแสดงในตาราง 18

ตาราง 18 การแทนค่าของตัวแปรการคำนวณระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ

ตัวแปร	ค่า	หน่วย	แหล่งอ้างอิง
RfC (Reference concentration)	0.011	mg/kg-day	EU legislation, 2005
C = ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก	การสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก ที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง	mg/m ³	
IR = อัตราการหายใจ	0.83 (ค่าเฉลี่ย)	m ³ /hrs	ATSDR, 2005
ET = เวลาในการสัมผัส	ระยะเวลาสัมผัสแต่ละวันของ กลุ่มตัวอย่าง	hrs /days	แบบสอบถาม
EF = ความถี่ของการสัมผัส	ระยะเวลาสัมผัสแต่ละวันของ กลุ่มตัวอย่างใน 1 ปี	days/years	แบบสอบถาม
ED = ระยะเวลาในการอยู่ในพื้นที่	ระยะเวลาการอยู่ในพื้นที่ของ กลุ่มตัวอย่าง	years	แบบสอบถาม
BW = น้ำหนักของร่างกาย	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของกลุ่ม ตัวอย่าง	kg	แบบสอบถาม
AT = ระยะเวลาที่ใช้เฉลี่ย	ED ปี * 365 วัน	days	

การแปลค่าระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

$HQ < 0.1$	หมายถึง	ไม่มีอันตราย
$0.1 \geq HQ \leq 1.0$	หมายถึง	มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ
$1.1 \geq HQ \leq 10$	หมายถึง	มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง
$HQ > 10$	หมายถึง	มีอันตรายอยู่ในระดับสูง



บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษานวัตกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจรในครั้ง นี้ เพื่อออกแบบป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดตั้งอุปกรณ์กรองฝุ่น ทดสอบประสิทธิภาพ การลดการสัมผัสฝุ่นละอองจากการจราจรโดยการประเมินการสัมผัสฝุ่นละอองจากการจราจรและ ประเมินระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาด เล็กจากการจราจรทางรถยนต์ของประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทางเปรียบเทียบระหว่าง ภายในและภายนอกป้ายรถประจำทาง ซึ่งจะนำไปสู่การนำมาใช้ในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพ จากสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากการจราจร สำหรับประชาชนที่ใช้ชีวิตอยู่กับการเดินทาง และการขนส่งภาคต่าง ๆ อันจะเป็นการช่วยลดความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสกับฝุ่นละอองขนาดเล็ก และลดการเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศของประชาชนต่อไปในอนาคตโดย สามารถสรุปผลการศึกษาวิจัยได้ 6 ส่วน ดังนี้

1. ข้อมูลผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก
2. ข้อมูลผลการประเมินการสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ
3. ข้อมูลผลการออกแบบป้ายรถประจำทาง
4. ข้อมูลประสิทธิภาพการลดการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กของป้ายรถประจำทาง
5. ผลการประเมินการสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ จากฝุ่นละอองขนาดเล็กระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง
6. สรุป และอภิปรายผล

ข้อมูลผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก

จากการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรโดยกำหนดให้ครอบคลุมพื้นที่ การจราจรหลักทั้งหมดในเขตอำเภอเมืองอุทัยธานี ครอบคลุม 3 บริเวณ คือ 1) บริเวณสถานีขนส่ง จังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณ มหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี โดยใช้เครื่องมือ ตรวจวัดฝุ่นชนิดพกพา รุ่น PMS5003 ในช่วงระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 โดย

ดำเนินการตรวจวัดในทุก ๆ 2 ชั่วโมง จำนวน 7 ครั้งต่อวัน ช่วงเวลา 06.00 น. 08.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. 16.00 น. และ 18.00 น. มีรายละเอียดดังนี้

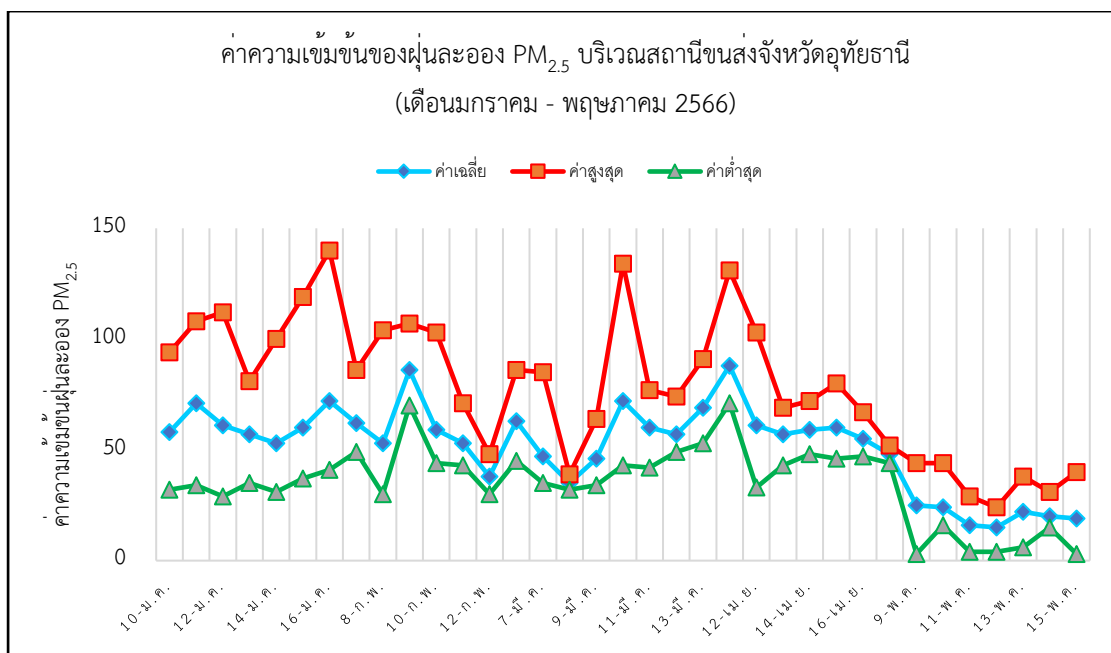
1. บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี

จากการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรบริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี พบว่า มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ใน 24 ชั่วโมง ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 เท่ากับ $51.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ $87.89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ $14.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ในภาพรวมและค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด คือ ไม่ควรเกิน $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ใน 24 ชั่วโมง โดยเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความเข้มข้น $PM_{2.5}$ แยกรายเดือน พบว่า ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น $PM_{2.5}$ รายเดือนเท่ากับ 61.68 , 59.29 , 54.98, 61.19 และ $19.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ โดยเดือนที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น $PM_{2.5}$ สูงที่สุดคือเดือนมกราคม เท่ากับ $61.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และเดือนที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น $PM_{2.5}$ ต่ำสุด คือ เดือนพฤษภาคม เท่ากับ $19.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ สำหรับค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) 24 ชั่วโมง ในระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 เท่ากับ $58.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ $93.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ $15.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด คือ $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ใน 24 ชั่วโมง และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{10} แยกรายเดือน พบว่าในเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{10} รายเดือนเท่ากับ 68.75, 67.25, 62.59, 70.16 และ $21.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ โดยเดือนที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{10} สูงที่สุดคือเดือนเมษายน เท่ากับ $70.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และเดือนที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{10} ต่ำที่สุด คือ เดือนพฤษภาคมเท่ากับ $21.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ รายละเอียดดังแสดงในตาราง 19

ตาราง 19 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) และไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565

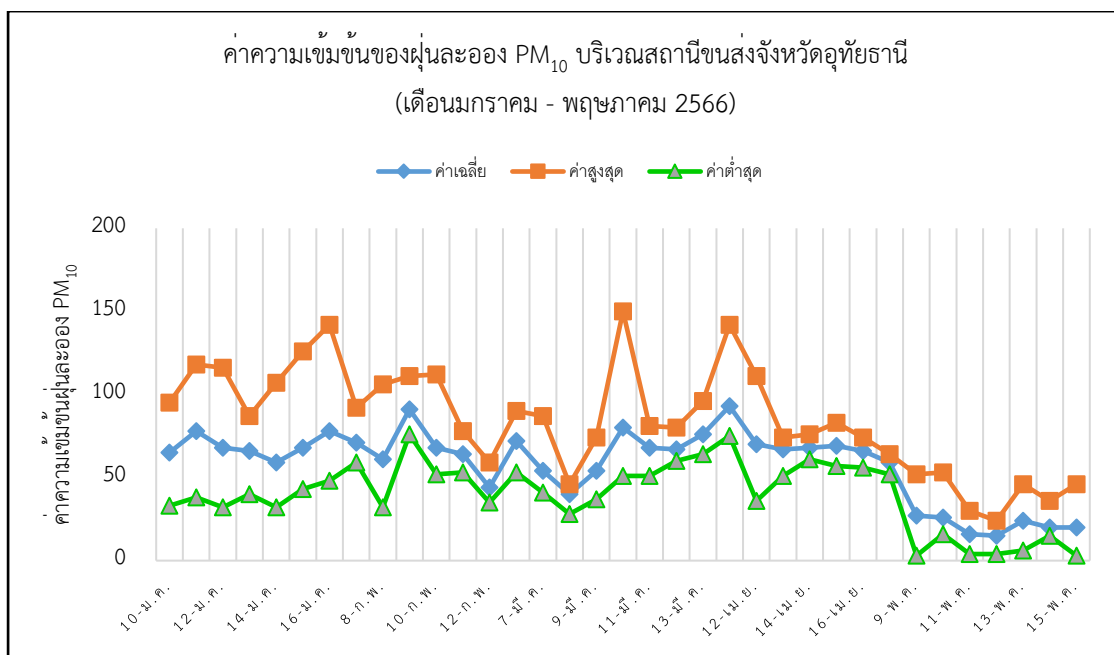
เดือน	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5})				ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀)			
	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (µg/m ³)			ค่าเฉลี่ยรายเดือน	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (µg/m ³)			ค่าเฉลี่ยรายเดือน
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	จำนวนวัน>std.		ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	จำนวนวัน>std.	
มกราคม	72.44	52.56	7/7	61.85	77.89	58.89	0/7	68.75
กุมภาพันธ์	86.11	38.0	6/7	59.29	91.00	44.00	0/7	67.25
มีนาคม	72.44	34.78	4/7	54.98	79.89	39.56	0/7	62.59
เมษายน	87.89	48.33	6/7	61.19	93.11	59.00	0/7	70.16
พฤษภาคม	24.67	14.56	0/7	19.92	26.56	15.44	0/7	21.32
ค่ามาตรฐาน	50 µg/m ³			-	120 µg/m ³			-

เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ในบริเวณสถานีขนส่งจังหวัด อุทัยธานี ตามช่วงเวลาตรวจวัด คือ ช่วงเวลา 06.00 น. 08.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. 16.00 น. และ 18.00 น. ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 พบว่ามีค่าความเข้มข้น PM_{2.5} อยู่ระหว่าง 3 – 140 µg/m³ และเมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้น PM_{2.5} แยกรายเดือนพบว่า มีค่าความเข้มข้น PM_{2.5} อยู่ระหว่าง 29-140, 30-107, 28-134, 33-131 และ 3-44 µg/m³ ตามลำดับ โดยพบว่ามีค่าความเข้มข้น PM_{2.5} สูงสุดเท่ากับ 140 µg/m³ ในเดือนมกราคม และมีค่าความเข้มข้น PM_{2.5} ต่ำสุดเท่ากับ 3 µg/m³ ในเดือนพฤษภาคม โดยช่วงเวลาที่พบค่าความเข้มข้น PM_{2.5} สูงที่สุดคือเวลา 08.00 น. รองลงมาคือ เวลา 06.00 น. ของทุกวัน โดยในเดือนมกราคม - มีนาคม พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{2.5} สูงที่สุด เวลา 08.00 น. เท่ากับ 107.71, 77.14 และ 67.29 µg/m³ ตามลำดับ และในเดือนเมษายน และเดือนพฤษภาคม พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{2.5} สูงที่สุด เวลา 06.00 น. เท่ากับ 76.86 และ 30.00 µg/m³ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 32



ภาพ 32 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี

สำหรับค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี ตามช่วงเวลาตรวจวัด ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 พบว่ามีค่าความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 3 – 150 µg/m³ และเมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นรายเดือนพบว่า มีค่าความเข้มข้น PM₁₀ อยู่ระหว่าง 32-142, 32-112, 28-150, 36-142 และ 53-3 µg/m³ ตามลำดับ โดยมีค่าความเข้มข้น PM₁₀ สูงสุดเท่ากับ 150 µg/m³ ในเดือนมีนาคม และมีค่าความเข้มข้น PM₁₀ ต่ำสุดเท่ากับ 3 µg/m³ ในเดือนพฤษภาคม ทั้งนี้ช่วงเวลาที่พบค่าความเข้มข้น PM₁₀ สูงที่สุดคือเวลา 08.00 น. รองลงมาคือ เวลา 06.00 น. ของทุกวัน โดยในเดือนมกราคม - มีนาคม พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{2.5} สูงที่สุด เวลา 08.00 น. เท่ากับ 113.29, 83.00 และ 75.86 µg/m³ ตามลำดับ และในเดือนเมษายน และเดือนพฤษภาคม พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{2.5} สูงที่สุด เวลา 06.00 น. เท่ากับ 86.43 และ 33.57 µg/m³ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 33



ภาพ 33 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี

2. บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี

จากการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) 24 ชั่วโมง ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 เท่ากับ 58.40 µg/m³ มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 102.33 µg/m³ และมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 14.56 µg/m³ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ในภาพรวมและค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{2.5} สูงสุดมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด คือ ไม่ควรเกิน 50 µg/m³ ใน 24 ชั่วโมง และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{2.5} แยกรายเดือน พบว่า ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{2.5} รายเดือนเท่ากับ 66.90 , 68.32 , 64.71, 70.89 และ 21.17 µg/m³ ตามลำดับ โดยเดือนที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{2.5} รายเดือนสูงที่สุดคือเดือนเมษายน เท่ากับ 70.89 µg/m³ และเดือนที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นต่ำที่สุดคือ เดือนพฤษภาคม เท่ากับ 21.17 µg/m³ สำหรับค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) 24 ชั่วโมง ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 เท่ากับ 64.14 µg/m³ มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 105.11 µg/m³ และมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 16.11 µg/m³ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ไม่เกินค่ามาตรฐานที่

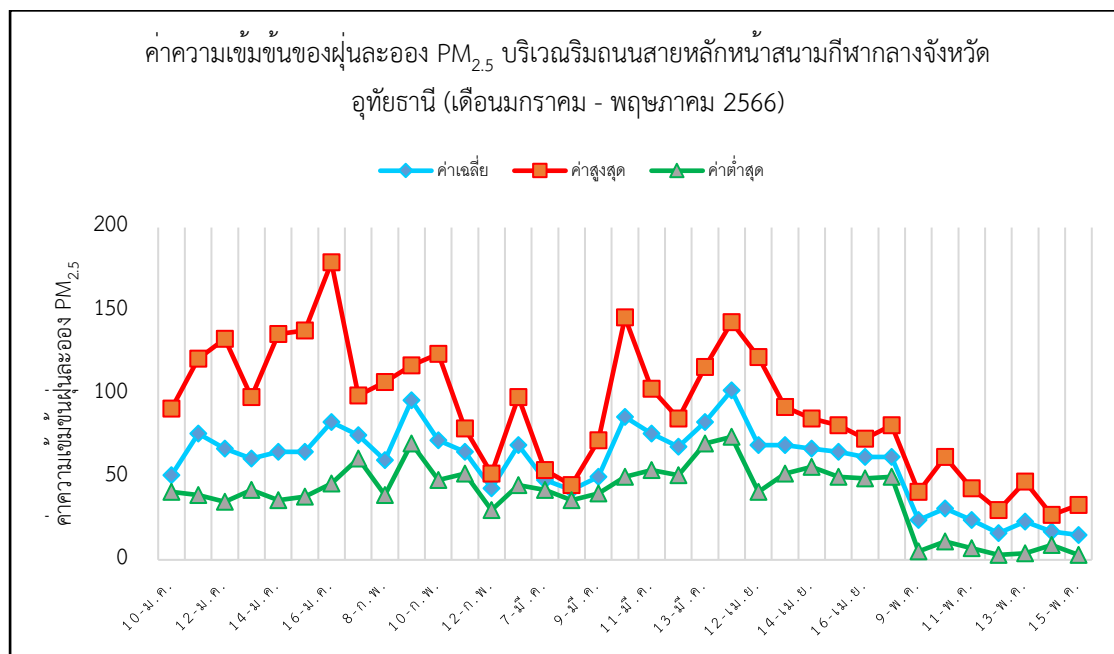
กำหนด คือ $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ใน 24 ชั่วโมง และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{10} แยกรายเดือนพบว่าระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{10} รายเดือนเท่ากับ 74.60, 75.29, 70.75, 77.00 และ $23.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ โดยเดือนที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{10} สูงที่สุดคือเดือนเมษายน เท่ากับ $105.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และเดือนที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{10} ต่ำสุดคือเดือนพฤษภาคม เท่ากับ $16.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ รายละเอียดดังแสดงในตาราง 20

ตาราง 20 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) และไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565

เดือน	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$)				ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})			
	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	จำนวนวัน>std.	รายเดือน	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	จำนวนวัน>std.	รายเดือน
มกราคม	72.44	52.56	7/7	66.90	90.67	60.78	0/7	74.60
กุมภาพันธ์	95.56	43.00	6/7	68.32	98.67	54.11	0/7	75.29
มีนาคม	85.56	42.11	4/7	64.71	89.00	49.44	0/7	70.75
เมษายน	102.33	61.78	7/7	70.89	105.11	69.89	0/7	77.00
พฤษภาคม	31.22	14.56	0/7	21.17	33.67	16.00	0/7	23.00
ค่ามาตรฐาน	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$			-	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$			-

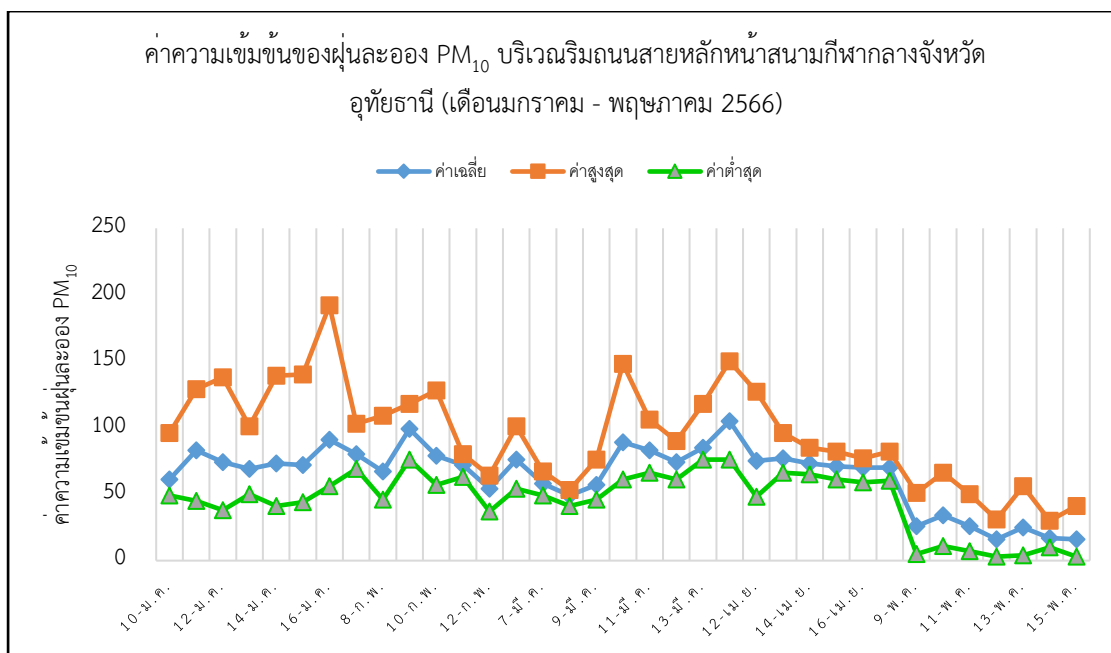
เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) ในบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี ตามช่วงเวลาตรวจวัดระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 พบว่า มีค่าความเข้มข้นอยู่ระหว่าง $3 - 179 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และเมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นแยกรายเดือนพบว่า มีค่าความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$ อยู่ระหว่าง 35-179, 30-124, 28-134, 36-146 และ $3-44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ โดยพบว่ามีค่าความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$ สูงสุดเท่ากับ $179 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในเดือนมกราคม และมีค่าความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$ ต่ำสุดเท่ากับ $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในเดือนพฤษภาคมโดยช่วงเวลาที่พบค่าความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$ สูงที่สุดคือเวลา 08.00 น. รองลงมาคือ เวลา 06.00 น. ของทุกวัน ในเดือนมกราคม - มีนาคม พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$ สูงที่สุด เวลา 08.00 น. เท่ากับ

127.71, 88.43 และ 82.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ และในเดือนเมษายน -เดือนพฤษภาคม พบค่าเฉลี่ย ความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$ สูงที่สุด เวลา 06.00 น. เท่ากับ 87.71 และ 30.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 34



ภาพ 34 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬากลางจังหวัดอุทัยธานี

สำหรับค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬากลางจังหวัดอุทัยธานี ตามช่วงเวลาตรวจวัด ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 พบว่ามีค่าความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 3 – 192 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และเมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นแยกรายเดือนพบว่า มีค่าความเข้มข้น PM_{10} อยู่ระหว่าง 38-192, 37, 28-150, 36-142 และ 53-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ โดยมีค่าความเข้มข้น PM_{10} สูงสุดเท่ากับ 192 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในเดือนมีนาคม และมีค่าความเข้มข้น PM_{10} ต่ำสุดเท่ากับ 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในเดือนพฤษภาคม โดยช่วงเวลาที่พบค่าความเข้มข้น PM_{10} สูงที่สุดคือเวลา 08.00 น. รองลงมาคือ เวลา 06.00 น. ของทุกวัน ในเดือนมกราคม - มีนาคม พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$ สูงที่สุด เวลา 08.00 น. เท่ากับ 132.43, 92.86, 86.86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 32.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในเดือนพฤษภาคม สำหรับเดือนเมษายนนั้นพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$ สูงที่สุด เวลา 06.00 น. เท่ากับ 88.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 35



ภาพ 35 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี

3. บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

จากการตรวจวัดบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) 24 ชั่วโมง ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 เท่ากับ 52.12 µg/m³ มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุด เท่ากับ 93.11 µg/m³ และมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 14.56 µg/m³ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ในภาพรวมและค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด คือ ไม่ควรเกิน 50 µg/m³ ใน 24 ชั่วโมง โดยเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{2.5} แยกรายเดือน พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 64.30 , 58.13 , 57.60, 62.10 และ 19.56 µg/m³ ตามลำดับ โดยเดือนที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{2.5} สูงที่สุดคือเดือนมกราคม เท่ากับ 64.30 µg/m³ และเดือนที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{2.5} ต่ำสุด คือ เดือนพฤษภาคม เท่ากับ 19.56 µg/m³ สำหรับค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) 24 ชั่วโมง ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 เท่ากับ 58.53 µg/m³ มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุด เท่ากับ 96.44 µg/m³ และมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 15.11 µg/m³ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM₁₀ ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด คือ 120 µg/m³ ใน 24 ชั่วโมง และเมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้น PM₁₀ แยกรายเดือน พบว่า มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM₁₀ เท่ากับ 69.79, 66.38, 65.43,

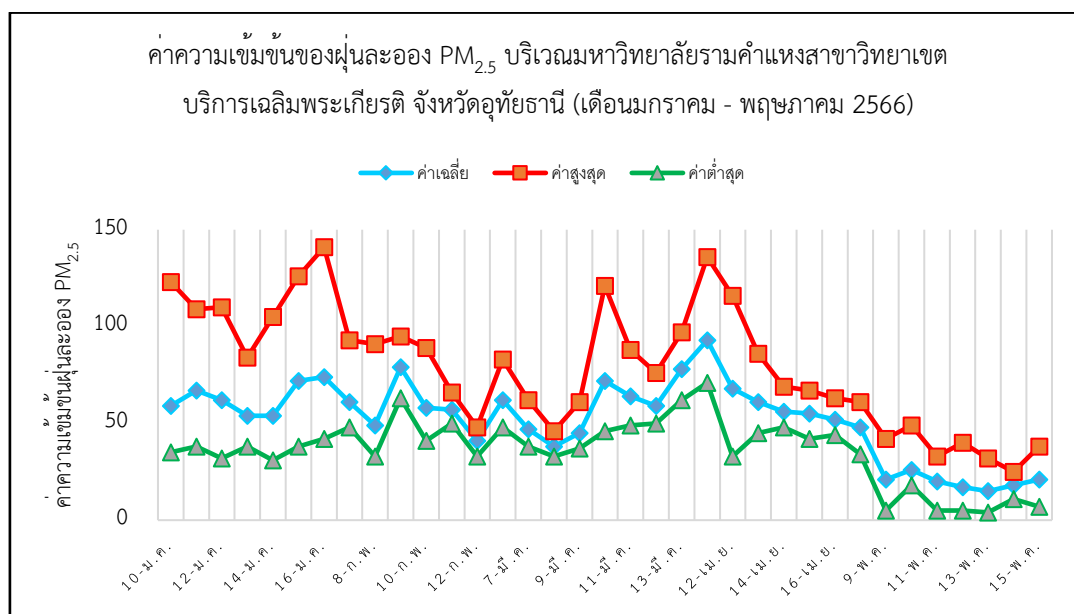
70.11 และ 21.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ โดยเดือนที่มีค่าความเข้มข้น PM_{10} สูงที่สุดคือเดือนเมษายน เท่ากับ 70.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และเดือนที่มีค่าเฉลี่ยเข้มข้น PM_{10} ต่ำสุดคือเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 21.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ รายละเอียดดังแสดงในตาราง 21

ตาราง 21 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) และไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565

เดือน	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$)				ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})			
	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	จำนวนวัน>std.	รายเดือน	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	จำนวนวัน>std.	รายเดือน
มกราคม	73.67	54.00	7/7	64.30	82.44	60.67	0/7	69.79
กุมภาพันธ์	79.00	41.33	4/7	58.13	83.67	48.67	0/7	66.38
มีนาคม	77.67	38.00	4/7	57.60	81.89	44.56	0/7	65.43
เมษายน	93.11	48.22	6/7	62.10	96.44	58.33	0/7	70.11
พฤษภาคม	26.00	14.56	0/7	19.56	27.89	15.11	0/7	21.00
ค่ามาตรฐาน	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			-	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			-

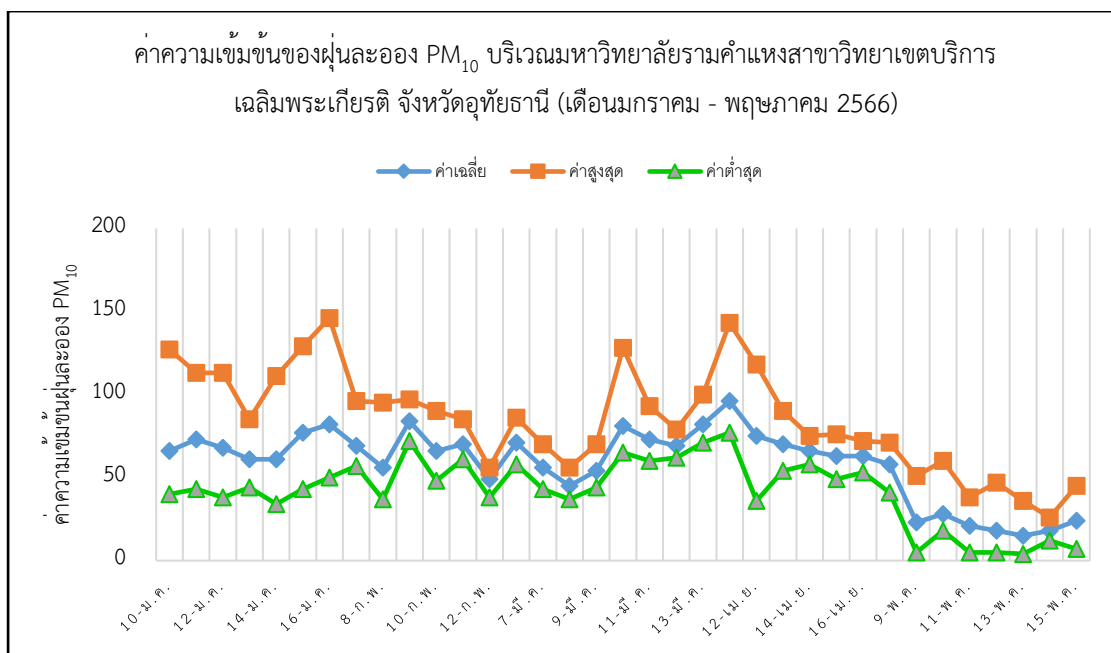
เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) ในบริเวณบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี ตามช่วงเวลาตรวจวัด ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 พบว่า มีค่าความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 3 – 148 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และเมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นแยกรายเดือนพบว่า มีค่าความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$ อยู่ระหว่าง 31-141, 37-97, 37-128, 37-148 และ 3-44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ โดยพบว่ามีค่าความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$ สูงสุดเท่ากับ 148 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในเดือนมกราคม และมีค่าความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$ ต่ำสุดเท่ากับ 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในเดือนพฤษภาคม โดยช่วงเวลาที่พบค่าความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$ สูงที่สุดคือเวลา 08.00 น. รองลงมาคือ เวลา 06.00 น. ในเดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคม พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้น $\text{PM}_{2.5}$ สูงที่สุด เวลา 08.00 น. เท่ากับ 110.86, 70.71 และ 29.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ และในเดือน

กุมภาพันธ์ พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้น $PM_{2.5}$ สูงที่สุด เวลา 06.00 น. เท่ากับ $70.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และเดือนเมษายน เท่ากับ $80.86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับของทุกวันรายละเอียดดังแสดงในภาพ 36



ภาพ 36 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

สำหรับค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี ตามช่วงเวลาตรวจวัดระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 พบว่ามีค่าความเข้มข้นอยู่ระหว่าง $3 - 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และเมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นแยกรายเดือนพบว่า มีค่าความเข้มข้น PM_{10} อยู่ระหว่าง 34-146, 32-112, 28-150, 36-142 และ 53-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ โดยมีค่าความเข้มข้น PM_{10} สูงสุดเท่ากับ $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในเดือนมีนาคม และมีค่าความเข้มข้น PM_{10} ต่ำสุดเท่ากับ $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในเดือนพฤษภาคม โดยช่วงเวลาที่พบค่าความเข้มข้น PM_{10} สูงที่สุดคือเวลา 08.00 น. รองลงมาคือ เวลา 06.00 น. ของทุกวัน โดยในเดือนมกราคม - มีนาคม พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้น $PM_{2.5}$ สูงที่สุด เวลา 08.00 น. เท่ากับ 114.43, 77.00 และ 79.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ และในเดือนเมษายน - เดือนพฤษภาคมพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้น $PM_{2.5}$ สูงที่สุด เวลา 06.00 น. เท่ากับ 88.57 และ 32.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 37



ภาพ 37 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

ข้อมูลผลการประเมินการสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ

จากการประเมินการสัมผัสและการประเมินระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ (Health risk assessment) โดยการคำนวณจากค่าสัดส่วนความเสี่ยง หรือ ค่า Hazard Quotient; HQ จากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรทางรถจักรยานยนต์ และการคำนวณประเมินค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละอองที่ได้รับจากการหายใจในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวันของประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทาง ในพื้นที่ 3 บริเวณ คือ (1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี (2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ (3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม 2565 ในทุก ๆ 2 ชั่วโมง จำนวน 7 ครั้งต่อวัน ในช่วงเวลา 06.00 น. 08.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. 16.00 น. และ 18.00 น. โดยพิจารณาจากค่าสัดส่วนความเสี่ยง (HQ) ใน 4 ระดับ คือ (1) ระดับไม่มีอันตราย $HQ < 0.1$ (2) มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ $0.1 \geq HQ \leq 1.0$ (3) มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง $1.1 \geq HQ \leq 10$ และ (4) มีอันตรายอยู่ในระดับสูง $HQ > 10$ โดยผลการศึกษาทั้ง 3 บริเวณ มีรายละเอียด ดังนี้

1. บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี

จากการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ในบริเวณ สถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม 2565 พบว่า มีค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 0.584 - 3.4992 x 10⁻² mg/kg-day โดยเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายเดือน พบว่า เดือนมกราคมมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 2.0926 - 2.8841 x 10⁻² mg/kg-day และเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนพฤษภาคม และมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 1.5129 - 2.5082, 1.3847 - 2.7340, 1.9242 - 3.4992 และ 0.584 - 0.982 x 10⁻² mg/kg-day ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่อเดือนอยู่ระหว่าง 0.793 - 2.4558 x 10⁻² mg/kg-day โดยมี ค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสสูงสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 2.4558 x 10⁻² mg/kg-day และ ค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่ำที่สุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 0.793 x 10⁻² mg/kg-day รายละเอียดดังแสดงในตาราง 22

สำหรับการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ในบริเวณ สถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม 2565 พบว่า มีค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 0.6147 - 3.7070 x 10⁻² mg/kg-day โดยเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายเดือน พบว่า เดือนมกราคมมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 2.3446 - 3.1010 x 10⁻² mg/kg-day และเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนพฤษภาคม และมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 1.7518 - 3.6230, 1.5750 - 3.1807, 2.3490 - 3.7070 และ 0.6147 - 1.0574 x 10⁻² mg/kg-day ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่อเดือนอยู่ระหว่าง 0.8486 - 2.7933 x 10⁻² mg/kg-day โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสสูงสุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 2.7933 x 10⁻² mg/kg-day และค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่ำที่สุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 0.8486 x 10⁻² mg/kg-day รายละเอียดดังแสดงในตาราง 22

ตาราง 22 ผลการประเมินการรับสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ)
 อสุขภาพ จากฝุ่นละอองขนาดเล็ก บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี

วันที่	ค่าเฉลี่ยความ เข้มข้น PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ค่าเฉลี่ยความ เข้มข้น PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ค่าปริมาณการรับสัมผัส		ระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ)	
			Mean (S.D.)			
			ฝุ่น PM _{2.5}	ฝุ่น PM ₁₀	ฝุ่น PM _{2.5}	ฝุ่น PM ₁₀
มกราคม						
10 ม.ค.	57.67	64.56	2.2960	2.5703	4.59	2.34
11 ม.ค.	71.44	77.67	2.8442	3.0923	5.69	2.81
12 ม.ค.	60.89	68.22	2.4242	2.7160	4.85	2.47
13 ม.ค.	56.89	65.56	2.2650	2.6101	4.53	2.37
14 ม.ค.	52.56	58.89	2.0926	2.3446	4.19	2.13
15 ม.ค.	59.59	68.44	2.3844	2.7248	4.77	2.48
16 ม.ค.	72.44	77.89	2.8841	3.1010	5.77	2.82
กุมภาพันธ์						
7 ก.พ.	61.89	71.33	2.4640	2.8399	4.93	2.58
8 ก.พ.	53.33	60.67	2.1232	2.4155	4.25	2.20
9 ก.พ.	86.11	91.00	3.4283	3.6230	6.86	3.29
10 ก.พ.	59.44	68.11	2.3665	2.7117	4.73	2.47
11 ก.พ.	53.22	64.00	2.1188	2.5480	4.24	2.32
12 ก.พ.	38.00	44.00	1.5129	1.7518	3.03	1.59
13 ก.พ.	63.00	71.67	2.5082	2.8534	5.02	2.59
มีนาคม						
7 มี.ค.	47.11	53.78	1.8756	2.1411	3.75	1.95
8 มี.ค.	34.78	39.56	1.3847	1.5750	2.77	1.43
9 มี.ค.	45.78	53.89	1.8226	2.1455	3.65	1.95
10 มี.ค.	72.44	79.89	2.8841	3.1807	5.77	2.89
11 มี.ค.	59.56	68.22	2.3713	2.7160	4.74	2.47
12 มี.ค.	56.56	67.00	2.2518	2.6675	4.50	2.42
13 มี.ค.	68.67	75.78	2.7340	3.0166	5.47	2.74

วันที่	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าปริมาณการรับสัมผัส		ระดับความเสี่ยง	
	เข้มข้น PM _{2.5}	เข้มข้น PM ₁₀	Mean (S.D.)		(Hazard Quotient; HQ)	
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\times 10^{-2}$ mg/kg-day)			
			ฝุ่น PM _{2.5}	ฝุ่น PM ₁₀	ฝุ่น PM _{2.5}	ฝุ่น PM ₁₀
เมษายน						
11 เม.ย.	87.89	93.11	3.4992	3.7070	7.00	3.37
12 เม.ย.	61.44	69.56	2.4461	2.7694	4.89	2.52
13 เม.ย.	57.11	66.78	2.2737	2.6587	4.55	2.42
14 เม.ย.	58.67	67.56	2.3358	2.6898	4.67	2.45
15 เม.ย.	60.00	69.33	2.3888	2.7602	4.78	2.51
16 เม.ย.	54.89	65.78	2.1853	2.6189	4.37	2.38
17 เม.ย.	48.33	59.00	1.9242	2.3490	3.85	2.14
พฤษภาคม						
9 พ.ค.	24.67	26.56	0.982	1.0574	1.96	0.96
10 พ.ค.	23.89	26.33	0.951	1.0483	1.90	0.95
11 พ.ค.	15.56	16.00	0.619	0.6370	1.24	0.58
12 พ.ค.	14.67	15.44	0.584	0.6147	1.17	0.56
13 พ.ค.	21.67	24.11	0.863	0.9599	1.73	0.87
14 พ.ค.	19.89	20.44	0.792	0.8138	1.58	0.74
15 พ.ค.	19.11	20.33	0.761	0.8094	1.52	0.74

และจากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนบริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานีจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) พบว่ามีจำนวนวันที่ประชาชนมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} อยู่ในระดับ “มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง – มีอันตรายอยู่ในระดับสูง” โดยมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 1.17 – 7.00” โดยพบว่ามีวันที่ค่า HQ สูงที่สุดอยู่ในเดือนเมษายน คือ 7.00 และวันที่มีค่า HQ ต่ำสุดอยู่ในเดือนพฤษภาคม คือ 1.17 โดยสามารถแยกจำนวนวันที่มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสของแต่ละเดือนได้ดังนี้ เดือนมกราคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 4.19 – 5.77 และเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนพฤษภาคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 3.03 – 6.86, 2.77 – 5.77, 3.85 – 7.00 และ 1.17 – 1.96 ตามลำดับ สำหรับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนบริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานีจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10ไมครอน (PM₁₀) พบว่ามีจำนวนวันที่ประชาชนมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ

จากการสัมผัสฝุ่น PM_{10} อยู่ในอันตรายระดับต่ำ จำนวน 7 วัน คิดเป็นร้อยละ 20 โดยพบว่ามีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.56 – 0.96 และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ อยู่ในเกณฑ์ “มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง – มีอันตรายอยู่ในระดับสูง” จำนวน 28 วัน คิดเป็นร้อยละ 80 โดยมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 1.43 – 3.37 ” โดยมีค่า HQ สูงที่สุดอยู่ในเดือนเมษายน คือ 3.37 และมีค่า HQ ต่ำสุดในเดือนมีนาคม คือ 1.43 รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.5 โดยสามารถแยกจำนวนวันที่มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสของแต่ละเดือนได้ดังนี้ เดือนมกราคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 2.13 – 2.82 และเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนพฤษภาคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 1.59 – 3.29, 1.43 – 2.89, 2.14 – 3.37 และ 0.56 – 0.96 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตาราง 23

ตาราง 23 การอธิบายลักษณะความเสี่ยงต่อสุขภาพจากจำนวนวันที่มีการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กบริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี

ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ	จำนวนวัน (ร้อยละ)	
	ฝุ่น $PM_{2.5}$	ฝุ่น PM_{10}
ไม่มีอันตราย (HQ < 0.1)	0	0
อันตรายอยู่ในระดับต่ำ ($0.1 \geq HQ \leq 1.0$)	0	7 (20.00)
อันตรายอยู่ในระดับปานกลาง ($1.1 \geq HQ \leq 10$)	35 (100.00)	28 (80.00)
อันตรายอยู่ในระดับสูง (HQ > 10)	0	0

2. บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี

จากการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ในบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม 2565 พบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง $0.5052 - 3.5506 \times 10^{-2}$ mg/kg-day โดยเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายเดือน พบว่า เดือนมกราคมมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง $1.7772 - 2.8837 \times 10^{-2}$ mg/kg-day และเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนพฤษภาคม และมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 1.4920 – 3.3157, 1.4611 – 2.8837, 2.1436– 3.5506 และ $0.5052 - 1.0832 \times 10^{-2}$ mg/kg-day ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่อเดือนอยู่ระหว่าง $0.7348 - 2.4596 \times 10^{-2}$ mg/kg-day โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสสูงสุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 2.4596×10^{-2} mg/kg-day และค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่ำที่สุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 0.7348×10^{-2} mg/kg-day รายละเอียดดังแสดงในตาราง 24

สำหรับการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ในบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม 2565 พบว่า มีค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 0.5252 – 3.6470 x 10⁻² mg/kg-day โดยเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายเดือน พบว่า เดือนมกราคมมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 2.1089 – 3.1460 x 10⁻² mg/kg-day และเดือนกุมภาพันธ์ – เดือนพฤษภาคม และมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 1.8775 – 3.4236, 1.7154 – 3.0880, 2.4250 – 3.6470 และ 0.5052 – 1.0832 x 10⁻² mg/kg-day ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่อเดือนอยู่ระหว่าง 0.7348 – 2.6810 x 10⁻² mg/kg-day โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสสูงสุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 2.6810 mg/m³ และค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่ำที่สุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 0.7348 mg/m³ รายละเอียดดังแสดงในตาราง 24

ตาราง 24 ผลการประเมินการรับสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ จากฝุ่นละอองขนาดเล็ก บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี

วันที่	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าปริมาณการรับสัมผัส		ระดับความเสี่ยง	
	เข้มข้น PM _{2.5}	เข้มข้น PM ₁₀	Mean (S.D.)		(Hazard Quotient; HQ)	
	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(x 10 ⁻² mg/kg-day)		ฝุ่น PM _{2.5}	ฝุ่น PM ₁₀
มกราคม						
10 ม.ค.	51.22	60.78	1.7772	2.1089	3.55	1.92
11 ม.ค.	75.78	82.67	2.6294	2.8684	5.26	2.61
12 ม.ค.	67.00	73.78	2.3247	2.5600	4.65	2.33
13 ม.ค.	61.44	69.33	2.1318	2.4056	4.26	2.19
14 ม.ค.	64.56	72.78	2.2400	2.5253	4.48	2.30
15 ม.ค.	65.22	72.22	2.2629	2.5058	4.53	2.28
16 ม.ค.	83.11	90.67	2.8837	3.1460	5.77	2.86
กุมภาพันธ์						
7 ก.พ.	75.00	80.11	2.6023	2.7796	5.20	2.53
8 ก.พ.	60.00	66.56	2.0818	2.3094	4.16	2.10
9 ก.พ.	95.56	98.67	3.3157	3.4236	6.63	3.11
10 ก.พ.	71.56	79.22	2.4829	2.7487	4.97	2.50

วันที่	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าปริมาณการรับสัมผัส		ระดับความเสี่ยง	
	เข้มข้น PM _{2.5}	เข้มข้น PM ₁₀	Mean (S.D.)		(Hazard Quotient; HQ)	
	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(x 10 ⁻² mg/kg-day)			
			ฝุ่น PM _{2.5}	ฝุ่น PM ₁₀	ฝุ่น PM _{2.5}	ฝุ่น PM ₁₀
11 ก.พ.	64.56	71.89	2.2400	2.4944	4.48	2.27
12 ก.พ.	43.00	54.11	1.4920	1.8775	2.98	1.71
13 ก.พ.	68.56	76.44	2.3788	2.6523	4.76	2.41
มีนาคม						
7 มี.ค.	48.22	58.11	1.6731	2.0163	3.35	1.83
8 มี.ค.	42.11	49.44	1.4611	1.7154	2.92	1.56
9 มี.ค.	49.56	56.78	1.7196	1.9701	3.44	1.79
10 มี.ค.	85.56	89.00	2.9687	3.0880	5.94	2.81
11 มี.ค.	76.00	82.56	2.6370	2.8646	5.27	2.60
12 มี.ค.	68.44	74.33	2.3747	2.5790	4.75	2.34
13 มี.ค.	83.11	85.00	2.8837	2.9493	5.77	2.68
เมษายน						
11 เม.ย.	102.33	105.11	3.5506	3.6470	7.10	3.32
12 เม.ย.	68.89	74.67	2.3903	2.5908	4.78	2.36
13 เม.ย.	69.44	76.78	2.4094	2.6640	4.82	2.42
14 เม.ย.	67.11	73.11	2.3285	2.5367	4.66	2.31
15 เม.ย.	64.67	71.44	2.2439	2.4788	4.49	2.25
16 เม.ย.	62.00	69.89	2.1512	2.4250	4.30	2.20
17 เม.ย.	61.78	69.89	2.1436	2.4250	4.29	2.20
พฤษภาคม						
9 พ.ค.	23.67	26.22	0.8213	0.9098	1.64	0.83
10 พ.ค.	31.22	33.67	1.0832	1.1681	2.17	1.06
11 พ.ค.	23.56	25.56	0.8175	0.8867	1.63	0.81
12 พ.ค.	15.78	16.11	0.5475	0.5590	1.10	0.51
13 พ.ค.	22.78	24.67	0.7904	0.8558	1.58	0.78
14 พ.ค.	16.67	17.22	0.5784	0.5975	1.16	0.54
15 พ.ค.	14.56	16.00	0.5052	0.5551	1.01	0.50

และจากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี จากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) พบว่ามีจำนวนวันที่ประชาชนมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับอันตรายระดับต่ำ จำนวน 1 วัน คิดเป็นร้อยละ 2.86 โดยพบว่ามีค่า HQ เท่ากับ 1.01 และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ อยู่ในเกณฑ์ “มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง – มีอันตรายอยู่ในระดับสูง” จำนวน 34 วัน คิดเป็นร้อยละ 97.14 โดยมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 1.10 – 7.10 ” โดยมีค่า HQ สูงที่สุดอยู่ในเดือนเมษายน คือ 7.10 และมีค่า HQ ต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม คือ 1.01 โดยสามารถแยกจำนวนวันที่มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสของแต่ละเดือนได้ดังนี้ เดือนมกราคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 3.55 – 5.77 และเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนพฤษภาคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 2.98 – 6.63, 2.92 – 5.94, 4.29 – 7.10 และ 1.01 – 2.17 ตามลำดับ สำหรับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี จากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) พบว่ามีจำนวนวันที่ประชาชนมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในอันตรายระดับต่ำ จำนวน 7 วัน คิดเป็นร้อยละ 20 โดยพบว่ามีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.46 – 0.98 และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ อยู่ในเกณฑ์ “มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง – มีอันตรายอยู่ในระดับสูง” จำนวน 28 วัน คิดเป็นร้อยละ 80 โดยมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 1.56 – 3.32 ” โดยมีค่า HQ สูงที่สุดอยู่ในเดือนเมษายน คือ 3.32 และมีค่า HQ ต่ำสุดในเดือนมีนาคม คือ 1.56 โดยสามารถแยกจำนวนวันที่มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสของแต่ละเดือนได้ดังนี้ เดือนมกราคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 1.92 – 2.86 และเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนพฤษภาคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 1.71 – 3.11, 1.56 – 2.81, 2.20 – 3.32 และ 0.46 – 0.98 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตาราง 25

ตาราง 25 การอธิบายลักษณะความเสี่ยงต่อสุขภาพจากจำนวนวันที่มีการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี

ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ	จำนวนวัน (ร้อยละ)	
	ฝุ่น PM _{2.5}	ฝุ่น PM ₁₀
ไม่มีอันตราย (HQ < 0.1)	0	0
อันตรายอยู่ในระดับต่ำ (0.1 ≥ HQ ≤ 1.0)	1 (2.86)	7 (20.00)
อันตรายอยู่ในระดับปานกลาง (1.1 ≥ HQ ≤ 10)	34 (97.14)	28 (80.00)
อันตรายอยู่ในระดับสูง (HQ > 10)	0	0

3. บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

จากการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ในบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม 2565 พบว่า มีค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 0.5452 - 3.4867 × 10⁻² mg/kg-day โดยเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายเดือน พบว่า เดือนมกราคมมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 2.0222 - 2.7588 × 10⁻² mg/kg-day และเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนพฤษภาคม และมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 1.5477 - 3.1332, 1.4230 - 2.9085, 1.8057 - 3.4867 และ 0.5452 - 0.9736 × 10⁻² mg/kg-day ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่อเดือนอยู่ระหว่าง 0.7324 - 2.3681 × 10⁻² mg/kg-day โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสสูงสุดในเดือนมกราคมเท่ากับ 2.3681 × 10⁻² mg/kg-day และค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่ำที่สุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 0.7324 × 10⁻² mg/kg-day

สำหรับการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ในบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม 2565 พบว่า มีค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 0.5658 - 3.6114 × 10⁻² mg/kg-day โดยเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายเดือน พบว่า เดือนมกราคมมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 2.2719 - 3.0872 × 10⁻² mg/kg-day และเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนพฤษภาคม และมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสต่อวันอยู่ระหว่าง 1.8226 - 3.1332, 1.6687 - 3.0666, 2.1843 - 3.6114 และ 0.5658 - 1.0444 × 10⁻² mg/kg-day ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่อเดือนอยู่ระหว่าง 0.7846 - 2.6255 × 10⁻² mg/kg-day โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสสูงสุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 2.6255 × 10⁻² mg/kg-day และค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่ำที่สุดในเดือนพฤษภาคม เท่ากับ 0.7846 × 10⁻² mg/kg-day รายละเอียดดังแสดงในตาราง 26

ตาราง 26 ผลการประเมินการรับสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ)
ต่อสุขภาพ จากฝุ่นละอองขนาดเล็ก บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขต
บริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

วันที่	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าปริมาณการรับสัมผัส		ระดับความเสี่ยง	
	เข้มข้น PM _{2.5}	เข้มข้น PM ₁₀	Mean (S.D.)		(Hazard Quotient; HQ)	
	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(x 10 ⁻² mg/kg-day)			
			ฝุ่น PM _{2.5}	ฝุ่น PM ₁₀	ฝุ่น PM _{2.5}	ฝุ่น PM ₁₀
มกราคม						
10 ม.ค.	58.89	66.22	2.2053	2.4798	4.41	2.25
11 ม.ค.	67.33	72.67	2.5213	2.7213	5.04	2.47
12 ม.ค.	62.00	68.44	2.3217	2.5629	4.64	2.33
13 ม.ค.	54.00	61.11	2.0222	2.2884	4.04	2.08
14 ม.ค.	54.44	60.67	2.0386	2.2719	4.08	2.07
15 ม.ค.	72.33	77.00	2.7086	2.8835	5.42	2.62
16 ม.ค.	73.67	82.44	2.7588	3.0872	5.52	2.81
กุมภาพันธ์						
7 ก.พ.	60.56	69.00	2.2678	2.5839	4.54	2.35
8 ก.พ.	49.00	55.78	1.8349	2.0888	3.67	1.90
9 ก.พ.	79.00	83.67	2.9584	3.1332	5.92	2.85
10 ก.พ.	57.78	66.22	2.1637	2.4798	4.33	2.25
11 ก.พ.	56.89	70.22	2.1304	2.6296	4.26	2.39
12 ก.พ.	41.33	48.67	1.5477	1.8226	3.10	1.66
13 ก.พ.	62.33	71.11	2.3341	2.6629	4.67	2.42
มีนาคม						
7 มี.ค.	46.89	55.56	1.7559	2.0806	3.51	1.89
8 มี.ค.	38.00	44.56	1.4230	1.6687	2.85	1.52
9 มี.ค.	45.00	53.67	1.6851	2.0098	3.37	1.83
10 มี.ค.	72.00	80.67	2.6962	3.0209	5.39	2.75
11 มี.ค.	64.44	72.89	2.4131	2.7295	4.83	2.48
12 มี.ค.	59.22	68.78	2.2176	2.5756	4.44	2.34

วันที่	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าปริมาณการรับสัมผัส		ระดับความเสี่ยง	
	เข้มข้น PM _{2.5}	เข้มข้น PM ₁₀	Mean (S.D.)		(Hazard Quotient; HQ)	
	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(x 10 ⁻² mg/kg-day)			
			ฝุ่น PM _{2.5}	ฝุ่น PM ₁₀	ฝุ่น PM _{2.5}	ฝุ่น PM ₁₀
13 มี.ค.	77.67	81.89	2.9085	3.0666	5.82	2.79
เมษายน						
11 เม.ย.	93.11	96.44	3.4867	3.6114	6.97	3.28
12 เม.ย.	68.44	74.56	2.5629	2.7921	5.13	2.54
13 เม.ย.	61.11	70.00	2.2884	2.6213	4.58	2.38
14 เม.ย.	56.33	65.67	2.1094	2.4592	4.22	2.24
15 เม.ย.	55.22	63.22	2.0678	2.3674	4.14	2.15
16 เม.ย.	52.22	62.56	1.9555	2.3427	3.91	2.13
17 เม.ย.	48.22	58.33	1.8057	2.1843	3.61	1.99
พฤษภาคม						
9 พ.ค.	20.89	23.11	0.7823	0.8654	1.56	0.79
10 พ.ค.	26.00	27.89	0.9736	1.0444	1.95	0.95
11 พ.ค.	19.89	20.56	0.7448	0.7699	1.49	0.70
12 พ.ค.	16.89	18.11	0.6325	0.6782	1.26	0.62
13 พ.ค.	14.56	15.11	0.5452	0.5658	1.09	0.51
14 พ.ค.	17.78	18.33	0.6658	0.6864	1.33	0.62
15 พ.ค.	20.89	23.56	0.7823	0.8823	1.56	0.80

และจากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี จากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) พบว่ามีจำนวนวันที่ประชาชนมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับอันตรายระดับต่ำ จำนวน 1 วัน คิดเป็นร้อยละ 2.86 โดยพบว่ามีค่า HQ เท่ากับ 1.09 และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ อยู่ในเกณฑ์ “มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง – มีอันตรายอยู่ในระดับสูง” จำนวน 34 วัน คิดเป็นร้อยละ 97.14 โดยมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 1.26 – 6.97 ” โดยมีค่า HQ สูงที่สุดอยู่ในเดือนเมษายน คือ 6.97 และมีค่า HQ ต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม คือ 1.09 โดยสามารถแยกจำนวนวันที่มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสของแต่ละเดือนได้ดังนี้ เดือนมกราคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 4.04 – 5.52 และเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนพฤษภาคม มีค่า HQ อยู่

ระหว่าง 3.10 – 5.92, 2.85 – 5.80, 3.61 – 6.97 และ 1.09 – 1.95 ตามลำดับ สำหรับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานีจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) พบว่ามีจำนวนวันที่ประชาชนมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในอันตรายระดับต่ำ จำนวน 7 วัน คิดเป็นร้อยละ 20 โดยพบว่ามีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.51 – 0.95 และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ อยู่ในเกณฑ์ “มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง – มีอันตรายอยู่ในระดับสูง” จำนวน 28 วัน คิดเป็นร้อยละ 80 โดยมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 1.52 – 3.28” โดยมีค่า HQ สูงที่สุดในเดือนเมษายน คือ 3.28 และมีค่า HQ ต่ำสุดในเดือนมีนาคม คือ 1.52 โดยสามารถแยกจำนวนวันที่มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสของแต่ละเดือนได้ดังนี้ เดือนมกราคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 2.07 – 2.81 และเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนพฤษภาคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 1.66 – 2.85, 1.52 – 2.79, 1.99 – 3.28 และ 0.51 – 0.95 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตาราง 24

ตาราง 27 การอธิบายลักษณะความเสี่ยงต่อสุขภาพจากจำนวนวันที่มีการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ	จำนวนวัน (ร้อยละ)	
	ฝุ่น PM _{2.5}	ฝุ่น PM ₁₀
ไม่มีอันตราย (HQ < 0.1)	0	0
อันตรายอยู่ในระดับต่ำ (0.1 ≥ HQ ≤ 1.0)	1 (2.86)	7 (20.00)
อันตรายอยู่ในระดับปานกลาง (1.1 ≥ HQ ≤ 10)	34 (97.14)	28 (80.00)
อันตรายอยู่ในระดับสูง (HQ > 10)	0	0

ข้อมูลผลการออกแบบป้ายรถประจำทาง

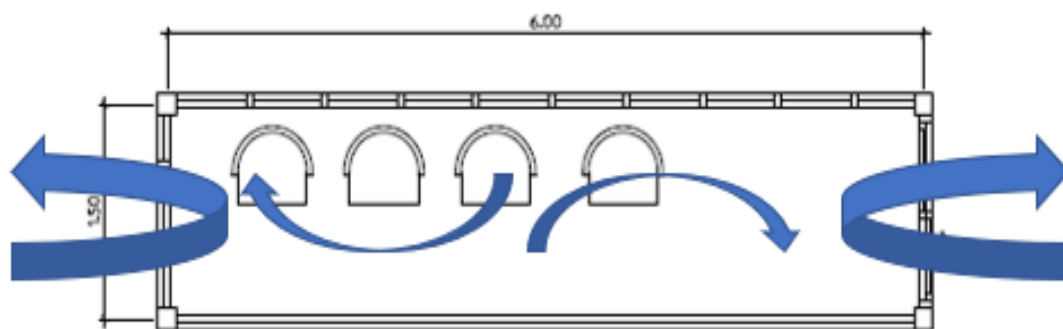
จากการออกแบบและติดตั้งป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจร โดยทำการติดตั้งในบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬากลางจังหวัดอุทัยธานี มีหลักการในการลดปริมาณฝุ่นละอองจากการจราจร ดังนี้

1. ระบบการป้องกันฝุ่นจากภายนอก เป็นการประยุกต์ใช้หลักการป้องกันฝุ่นจากภายนอกเข้าสู่ภายในป้ายรถประจำทาง โดยการปิดประตูให้สนิท เพื่อลดการซึมผ่านของอากาศภายนอกที่มีฝุ่นละอองจากการจราจรสูงเข้ามายังภายในป้ายรถประจำทาง ซึ่งวิธีนี้เป็นการรักษาระดับฝุ่นละอองภายในป้ายรถประจำทางไม่ให้สูงขึ้นจากการซึมผ่านของฝุ่นละอองจากการจราจรภายนอก ทั้งนี้

ประสิทธิภาพการลดปริมาณฝุ่นละอองจากการจราจรขึ้นอยู่กับความปิดสนิทของประตูป้ายรถประจำทางปรับอากาศ

2. ระบบฟอกอากาศ เป็นการประยุกต์ใช้หลักการกำจัดอนุภาคของฝุ่นละอองที่อยู่ภายในป้ายรถประจำทางด้วยเครื่องฟอกอากาศ (แบบกรองด้วยวัสดุ) ร่วมกับการป้องกันฝุ่นจากภายนอกเข้าไปภายในป้ายรถประจำทาง โดยประสิทธิภาพการลดฝุ่นละอองภายในป้ายรถประจำทางขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องฟอกอากาศและขนาดเครื่องฟอกอากาศที่มีขนาดเหมาะสมกับห้อง

3. ระบบความดันอากาศพร้อมระบบฟอกอากาศ เป็นการประยุกต์ใช้หลักการป้องกันฝุ่นจากการจราจรภายนอกเข้ามาภายในป้ายรถประจำทางและกำจัดอนุภาคที่อยู่ภายในป้ายรถประจำทาง แต่ระบบนี้พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอก (Intake Fan) ที่ผ่านการลดปริมาณฝุ่นละอองแล้วด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การกรองฝุ่นละอองโดยใช้ฟิลเตอร์ระดับ MERV 11 ขึ้นไปจ่ายเข้ามาภายในป้ายรถประจำทางเพื่อให้ภายในป้ายรถประจำทางมีแรงดันอากาศสูงกว่าบรรยากาศภายนอก (Positive Pressure) อากาศที่จ่ายเข้ามาจะผลักดันฝุ่นละอองออกจากห้องอย่างต่อเนื่องจนภายในป้ายรถประจำทาง มีปริมาณฝุ่นละอองต่ำกว่ามาตรฐาน ทั้งนี้มีพัดลมดูดอากาศออก (Exhaust Fan) บางส่วนเพื่อเป็นการบังคับทิศทางการไหลของอากาศภายในป้ายรถประจำทาง โดยควรมีอัตราการดูดออกน้อยกว่าอัตราการนำอากาศเข้ามา วิธีการดังกล่าวนี้สามารถลดฝุ่นละอองในห้องได้และยังช่วยเพิ่มการระบายอากาศภายในป้ายรถประจำทางด้วยเช่นกัน



ภาพ 38 ทิศทางการไหลของอากาศภายในป้ายรถประจำทาง



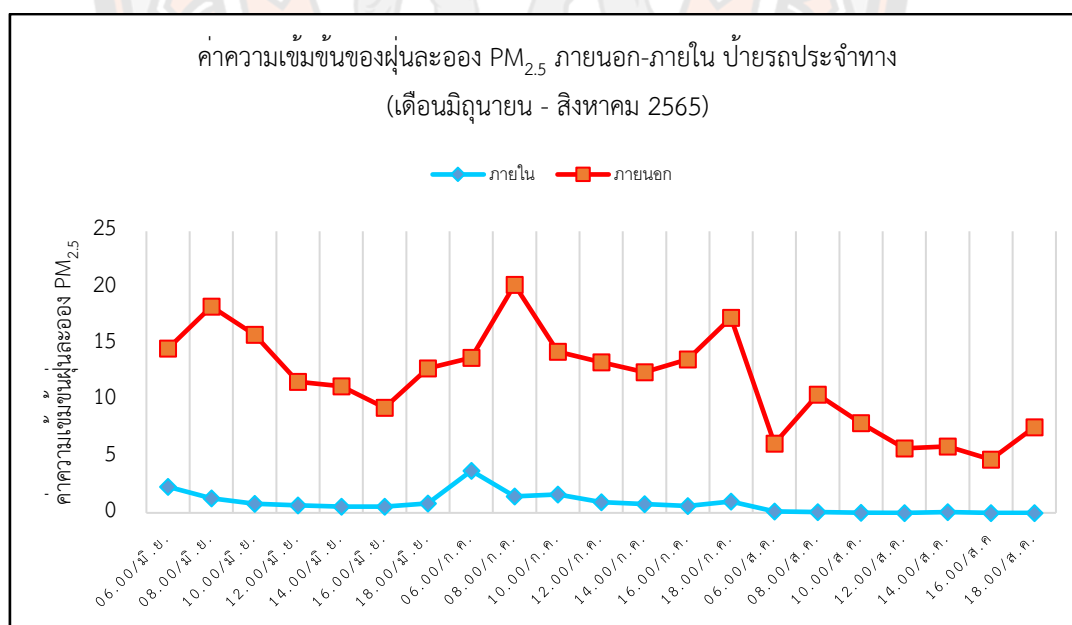
ภาพ 39 ป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น

ข้อมูลประสิทธิภาพการลดการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กของป้ายรถประจำทาง

จากการศึกษาประสิทธิภาพการลดการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรของป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น โดยการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2565 เป็นเวลา 92 วัน ด้วยเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นชนิดพกพารุ่น PMS7003 ในทุก ๆ 2 ชั่วโมง ห่างกัน 7 ครั้งต่อวัน ในเวลา 06.00 น. 08.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. 16.00 น. และ 18.00 น. ทุกวัน พบว่า สามารถลดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ได้เฉลี่ยร้อยละ 92.66, 91.95 และ 99.49 และสามารถลดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ได้เฉลี่ยร้อยละ 92.66, 89.09 และ 96.88 ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

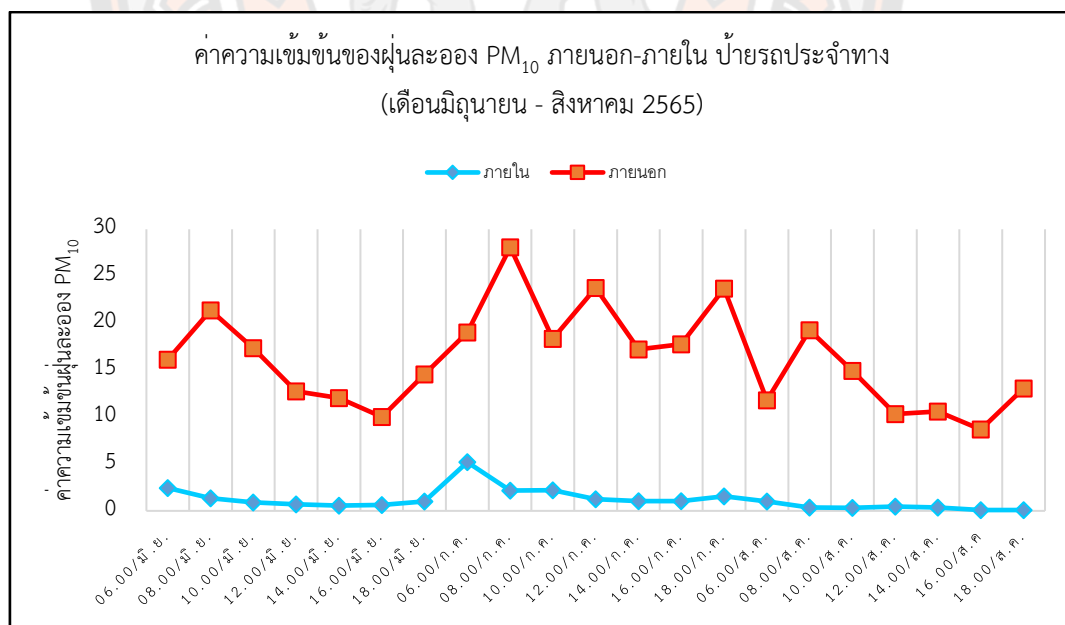
1. ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) พบว่าในเดือนมิถุนายน ภายนอกป้ายรถประจำทางมีความเข้มข้นของฝุ่น PM_{2.5} อยู่ระหว่าง 1-45 µg/m³ โดยพบค่าความเข้มข้นสูงสุดในเวลา 08.00 น. ของวันที่ 16 มิถุนายน 2565 นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{2.5} ภายในป้ายรถประจำทางมีค่าความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 0-9 µg/m³ โดยพบค่าความเข้มข้นสูงสุดในเวลา 06.00 น. ของวันที่ 9 มิถุนายน 2565 และในเดือนกรกฎาคม 2565 พบค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{2.5} ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 1-55 µg/m³ โดยพบค่าความเข้มข้นสูงสุดในเวลา 18.00 น. ของวันที่ 1 กรกฎาคม 2565 และพบค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{2.5} ภายในป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 0-19 µg/m³ โดยพบค่าความเข้มข้นสูงสุดในเวลา 06.00 น. ของวันที่ 3 กรกฎาคม 2565 และในเดือนสิงหาคม 2565 พบค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{2.5} ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 1-33 µg/m³ โดยพบค่าความเข้มข้นสูงสุดในเวลา 10.00 น. ของวันที่ 16 สิงหาคม 2565 และพบค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{2.5} ภายในป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 0-3 µg/m³ โดยพบค่าความเข้มข้นสูงสุดในเวลา 06.00 น. ของวันที่ 9 สิงหาคม 2565 รายละเอียดดังแสดงในภาพ 40



ภาพ 40 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ภายนอก - ภายในป้ายรถประจำทาง ระหว่างเดือนมิถุนายน - เดือนสิงหาคม 2565

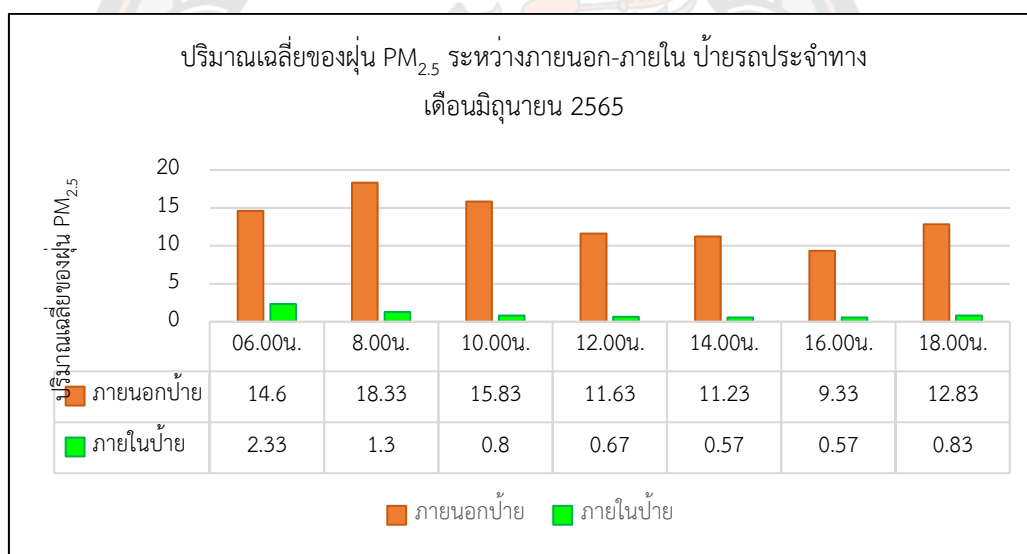
สำหรับผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2565 เป็นเวลา 92 วัน ด้วยเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นชนิดพกพา รุ่น PMS7003 ในทุก ๆ 2 ชั่วโมง ห่างกัน 7 ครั้งต่อวัน ในเวลา 06.00 น. 08.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. 16.00 น. และ 18.00 น. ทุกวัน พบว่าในเดือนมิถุนายนความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 1-57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยพบค่าความเข้มข้นสูงสุดในเวลา 08.00 น. ของวันที่ 16 มิถุนายน 2565 นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของฝุ่น PM₁₀ ภายในป้ายรถประจำทางมีค่าความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 0-9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยพบค่าความเข้มข้นสูงสุดในเวลา 06.00 น. ของวันที่ 9 มิถุนายน 2565 และในเดือนกรกฎาคม 2565 พบค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM₁₀ ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 1-69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยพบค่าความเข้มข้นสูงสุดในเวลา 18.00 น. ของวันที่ 1 กรกฎาคม 2565 และพบค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM₁₀ ภายในป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 0-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยพบค่าความเข้มข้นสูงสุดในเวลา 06.00 น. ของวันที่ 3 กรกฎาคม 2565 และในเดือนสิงหาคม 2565 พบค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM₁₀ ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 1-55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยพบค่าความเข้มข้นสูงสุดในเวลา 10.00 น. ของวันที่ 16 สิงหาคม 2565 และพบค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM₁₀ ภายในป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 0-8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยพบค่าความเข้มข้นสูงสุดในเวลา 06.00 น. ของวันที่ 9 สิงหาคม 2565 รายละเอียดดังแสดงในภาพ 41



ภาพ 41 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ภายนอก - ภายในป้ายรถประจำทาง ระหว่างเดือนมิถุนายน - เดือนสิงหาคม 2565

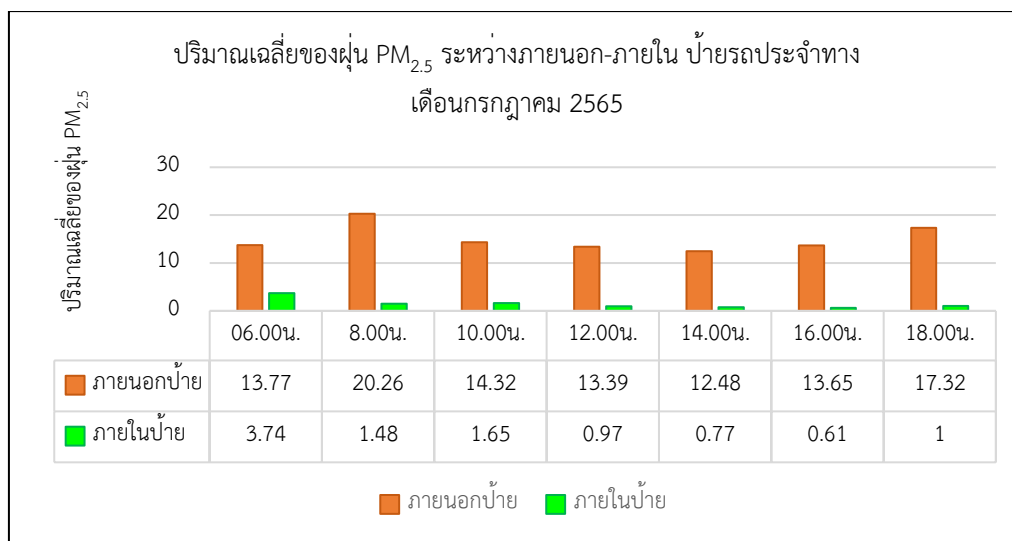
2. ผลการเปรียบเทียบปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง

ผลการเปรียบเทียบปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจรวจระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง ในระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2565 ในแต่ละวันตามช่วงเวลาการตรวจวัดของแต่ละเดือน พบว่า ในทุกเดือนปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยพบว่าปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ภายนอกป้ายรถประจำทาง อยู่ระหว่าง 4.74 – 20.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และภายในป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 0.00 – 3.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยในเดือนมิถุนายนปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM_{2.5} ภายนอกป้ายรถประจำทาง อยู่ระหว่าง 9.33 – 18.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในขณะที่ภายในป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 0.57 – 2.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 42



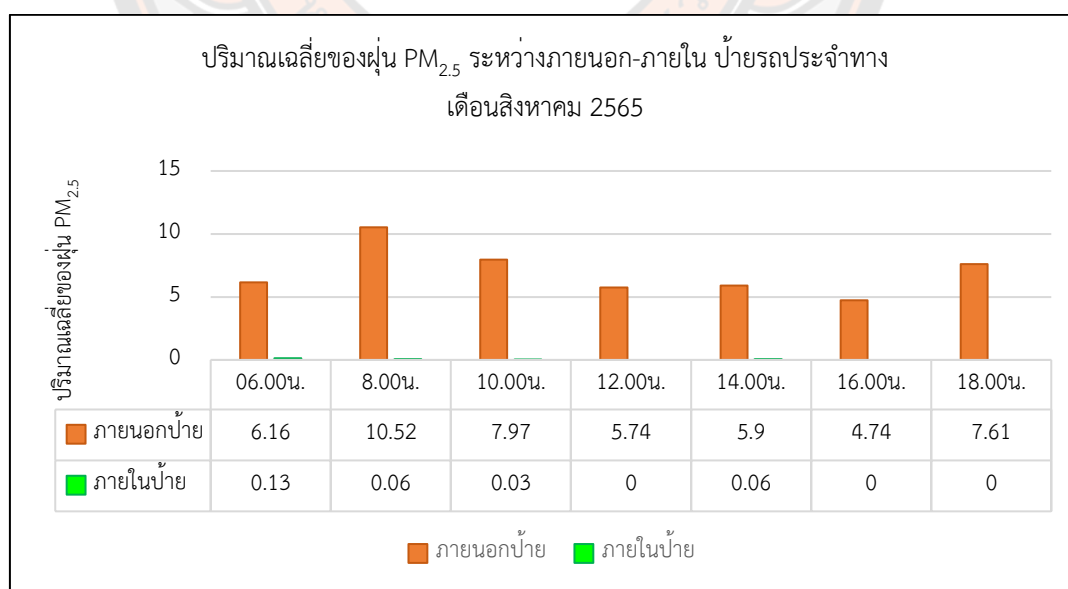
ภาพ 42 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM_{2.5} ภายนอก - ภายในป้ายรถประจำทางในเดือน มิถุนายน 2565

ในเดือนกรกฎาคมปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 12.48 – 20.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในขณะที่ภายในป้ายรถประจำทางปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น PM_{2.5} อยู่ระหว่าง 0.61 – 3.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 43



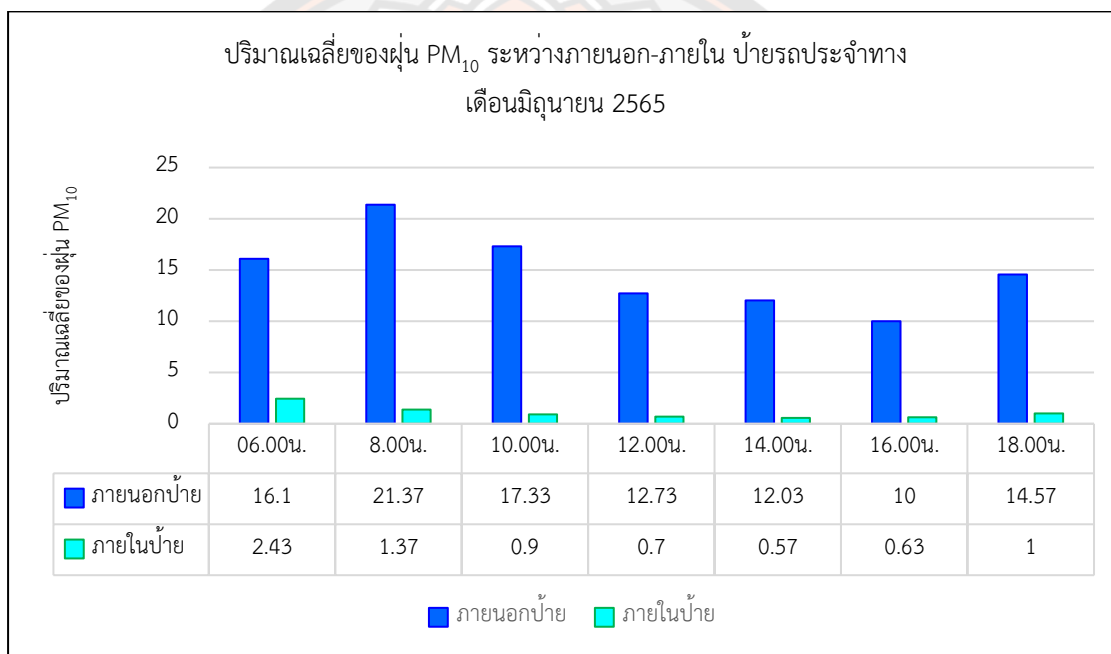
ภาพ 43 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM_{2.5} ภายนอก-ภายในป้ายรถประจำทางในเดือนกรกฎาคม 2565

ในเดือนสิงหาคมปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ภายนอกป้ายรถประจำทาง อยู่ระหว่าง 4.74 – 10.52 µg/m³ ภายในป้ายรถประจำทาง ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น PM_{2.5} อยู่ระหว่าง 0.00 – 0.13 µg/m³ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 44



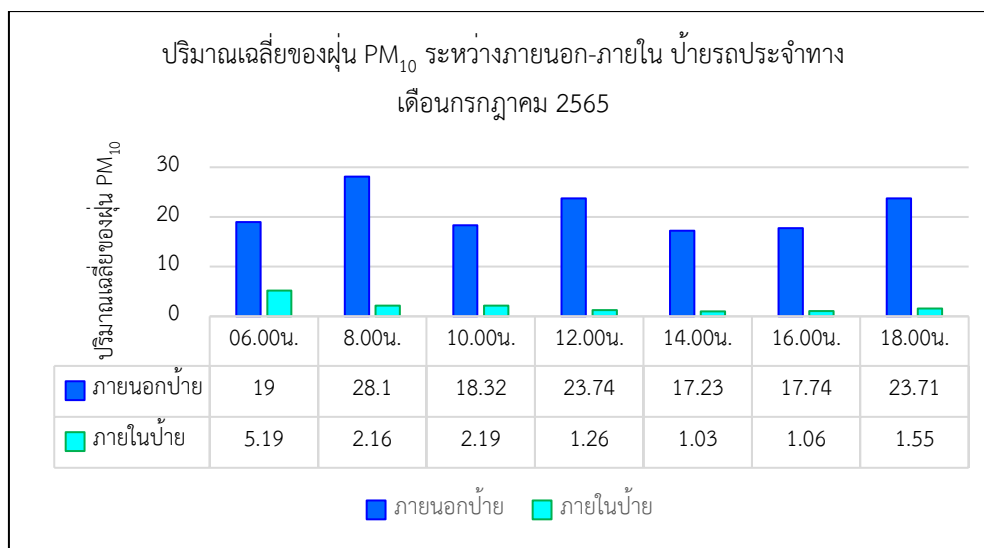
ภาพ 44 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM_{2.5} ภายนอก - ภายในป้ายรถประจำทางในเดือนสิงหาคม 2565

สำหรับผลการเปรียบเทียบปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง ในระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2565 ในแต่ละวันตามช่วงเวลาการตรวจวัดของแต่ละเดือน พบว่า ในทุกเดือนปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยพบว่าปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น PM₁₀ ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 8.68 – 28.10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และภายในป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 0.10 – 5.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยในเดือนมิถุนายนปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM₁₀ ภายนอกป้ายรถประจำทาง อยู่ระหว่าง 10.00 – 21.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในขณะที่ภายในป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 0.57 – 2.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 45



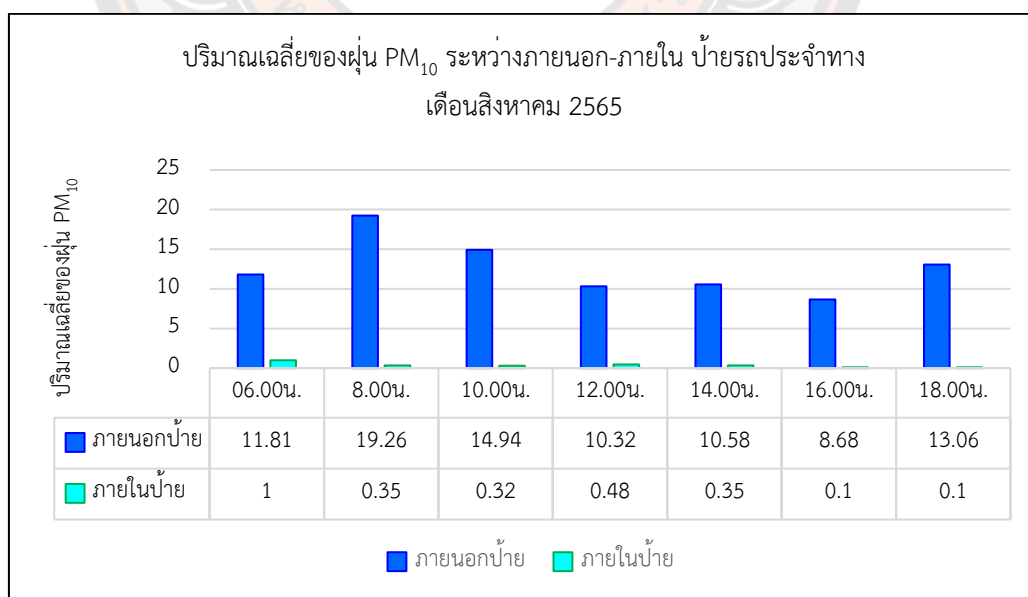
ภาพ 45 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM₁₀ ภายนอก - ภายในป้ายรถประจำทางในเดือน มิถุนายน 2565

ในเดือนกรกฎาคมปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ภายนอกป้ายรถประจำทาง อยู่ระหว่าง 17.23 – 28.10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในขณะที่ภายในป้ายรถประจำทาง ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น PM₁₀ อยู่ระหว่าง 1.03 – 5.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 46



ภาพ 46 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM_{10} ภายนอก - ภายในป้ายรถประจำทางในเดือนกรกฎาคม 2565

ในเดือนสิงหาคมปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายนอกป้ายรถประจำทาง อยู่ระหว่าง 8.68 – 19.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ภายในป้ายรถประจำทางปริมาณเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} อยู่ระหว่าง 0.10 – 1.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ รายละเอียดดังแสดงในภาพ 47



ภาพ 47 ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละออง PM_{10} ภายนอก - ภายในป้ายรถประจำทางในเดือนสิงหาคม 2565

3. ผลการประเมินการรับสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ)

ต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็กระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง

จากการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) จากการจราจรของประชาชนระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น ระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2565 ในทุกๆ 2 ชั่วโมง จำนวน 7 ครั้งต่อวัน ในช่วงเวลา 06.00 น. 08.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. 16.00 น. และ 18.00 น. พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} ภายนอกป้ายรถประจำทางต่อวันอยู่ระหว่าง 0.164 – 0.703 × 10⁻³ mg/kg-day โดยเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายเดือน พบว่า เดือนมิถุนายนมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} ภายนอกป้ายรถประจำทางต่อวันอยู่ระหว่าง 0.324 – 0.636 × 10⁻³ mg/kg-day และเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม และมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} ภายนอกป้ายรถประจำทางต่อวันอยู่ระหว่าง 0.433 – 0.703 และ 0.164 – 0.365 × 10⁻³ mg/kg-day ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} ภายนอกป้ายรถประจำทางต่อเดือนอยู่ระหว่าง 0.241 – 0.521 × 10⁻³ mg/kg-day โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสสูงสุดในเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 0.521 × 10⁻³ mg/kg-day และค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสต่ำที่สุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 0.241 × 10⁻³ mg/kg-day ในขณะที่ค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} ภายในป้ายรถประจำทางต่อวันอยู่ระหว่าง 0.000 – 0.130 × 10⁻³ mg/kg-day โดยเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายเดือน พบว่า เดือนมิถุนายนมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} ภายในป้ายรถประจำทางต่อวันอยู่ระหว่าง 0.019 – 0.081 × 10⁻³ mg/kg-day และเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม และมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} ภายในป้ายรถประจำทางต่อวันอยู่ระหว่าง 0.021 – 0.130 × 10⁻³ mg/kg-day และ 0.000 – 0.004 × 10⁻³ mg/kg-day ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} ภายในป้ายรถประจำทางต่อเดือนอยู่ระหว่าง 0.07 – 0.051 × 10⁻³ mg/kg-day โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสสูงสุดในเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 0.051 × 10⁻³ mg/kg-day และค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสต่ำที่สุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 0.007 × 10⁻³ mg/kg-day รายละเอียดดังแสดงในตาราง 28

ตาราง 28 ผลการประเมินการรับสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ)

ต่อสุขภาพ จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง

เวลา	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าปริมาณการรับสัมผัส		ระดับความเสี่ยง	
	เข้มข้น PM _{2.5}	เข้มข้น PM _{2.5}	Mean (S.D.)		(Hazard Quotient; HQ)	
	ภายนอกป้าย ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ภายในป้าย ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(x 10 ⁻³ mg/kg-day)		ภายนอก	ภายใน
			ภายนอก	ภายใน	ภายนอก	ภายใน
			ป้าย	ป้าย	ป้าย	ป้าย
มิถุนายน						
06.00 น.	14.60	2.33	0.507	0.081	1.01	0.16
08.00 น.	18.33	1.30	0.636	0.045	1.27	0.09
10.00 น.	15.83	0.80	0.549	0.028	1.10	0.06
12.00 น.	11.63	0.67	0.404	0.023	0.81	0.05
14.00 น.	11.23	0.57	0.390	0.019	0.78	0.04
16.00 น.	9.33	0.57	0.324	0.019	0.65	0.04
18.00 น.	12.83	0.83	0.445	0.029	0.89	0.06
กรกฎาคม						
06.00 น.	13.77	3.74	0.478	0.13	0.96	0.26
08.00 น.	20.26	1.48	0.703	0.051	1.41	0.10
10.00 น.	14.32	1.65	0.497	0.057	0.99	0.11
12.00 น.	13.39	0.97	0.464	0.033	0.93	0.07
14.00 น.	12.48	0.77	0.433	0.027	0.87	0.05
16.00 น.	13.65	0.61	0.473	0.021	0.95	0.04
18.00 น.	17.32	1.00	0.601	0.035	1.20	0.07
สิงหาคม						
06.00 น.	6.16	0.13	0.214	0.004	0.43	0.01
08.00 น.	10.52	0.06	0.365	0.002	0.73	0.00
10.00 น.	7.97	0.03	0.276	0.001	0.55	0.00
12.00 น.	5.74	0.00	0.199	0	0.40	0.00
14.00 น.	5.90	0.06	0.205	0.002	0.41	0.00
16.00 น.	4.74	0.00	0.164	0	0.33	0.00

เวลา	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าปริมาณการรับสัมผัส		ระดับความเสี่ยง	
	เข้มข้น PM _{2.5}	เข้มข้น PM _{2.5}	Mean (S.D.)		(Hazard Quotient; HQ)	
	ภายนอกป้าย	ภายในป้าย	(x 10 ⁻³ mg/kg-day)		ภายนอก	ภายใน
	(µg/m ³)	(µg/m ³)	ภายนอก	ภายใน	ภายนอก	ภายใน
			ป้าย	ป้าย	ป้าย	ป้าย
18.00 น.	7.61	0.00	0.264	0	0.53	0.00

และจากการประเมินระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพของประชาชนจากการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) จากการจราจรภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น ระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2565 พบว่า มีจำนวนวันที่ประชาชนมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} ภายนอกป้ายรถประจำทาง อยู่ในระดับอันตรายระดับต่ำ จำนวน 17 วัน คิดเป็นร้อยละ 80.95 โดยพบว่ามีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.33 - 1.01 และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ อยู่ในเกณฑ์ “มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง – มีอันตรายอยู่ในระดับสูง” จำนวน 4 วัน คิดเป็นร้อยละ 19.05 โดยมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 1.10 – 1.41 ” โดยมีค่า HQ สูงสุดอยู่ในเดือนกรกฎาคม คือ 1.41 และมีค่า HQ ต่ำสุดในเดือนมิถุนายน คือ 1.01 โดยสามารถแยกจำนวนวันที่มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} ภายนอกป้ายรถประจำทางของแต่ละเดือนได้ดังนี้ เดือนมิถุนายน มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.65 – 1.27 และเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.87 – 1.41 และ 0.33 – 0.73 ตามลำดับ สำหรับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนจากการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) จากการจราจรภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น ระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2565 พบว่า มีจำนวนวันที่ประชาชนมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} ภายในป้ายรถประจำทางอยู่ในระดับไม่มีอันตรายจำนวน 17 วัน คิดเป็นร้อยละ 80.95 และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับอันตรายระดับต่ำ จำนวน 4 วัน คิดเป็นร้อยละ 19.05 โดยมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.00 – 0.10 โดยสามารถแยกจำนวนวันที่มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} ภายในป้ายรถประจำทางของแต่ละเดือนได้ดังนี้ เดือนมิถุนายน มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.04 – 0.16 และเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.04 – 0.11 และ 0.00 – 0.01 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตาราง 29

ตาราง 29 การอธิบายลักษณะความเสี่ยงต่อสุขภาพจากจำนวนวันที่มีการสัมผัสฝุ่นละอองฝุ่น PM_{2.5} จากการจราจรภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง ระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2565

ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ	จำนวนวัน (ร้อยละ)	
	ภายนอกป้ายรถ ประจำทาง	ภายในป้ายรถ ประจำทาง
ไม่มีอันตราย (HQ < 0.1)	0	17(80.95)
อันตรายอยู่ในระดับต่ำ (0.1 ≥ HQ ≤ 1.0)	17 (80.95)	4 (19.05)
อันตรายอยู่ในระดับปานกลาง (1.1 ≥ HQ ≤ 10)	4 (19.05)	0
อันตรายอยู่ในระดับสูง (HQ > 10)	0	0

จากการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) จากการจราจรของประชาชนระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น ระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2565 ในทุกๆ 2 ชั่วโมง จำนวน 7 ครั้งต่อวัน ในช่วงเวลา 06.00 น. 08.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. 16.00 น. และ 18.00 น. พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสฝุ่น PM₁₀ ภายนอกป้ายรถประจำทางต่อวันอยู่ระหว่าง 0.301 – 0.975 × 10⁻³ mg/kg-day โดยเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายเดือน พบว่า เดือนมิถุนายนมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสฝุ่น PM₁₀ ภายนอกป้ายรถประจำทางต่อวันอยู่ระหว่าง 0.347 – 0.741 × 10⁻³ mg/kg-day และเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม และมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสฝุ่น PM₁₀ ภายนอกป้ายรถประจำทางต่อวันอยู่ระหว่าง 0.597 – 0.975 และ 0.301 – 0.668 × 10⁻³ mg/kg-day ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสฝุ่น PM₁₀ ภายนอกป้ายรถประจำทางต่อเดือนอยู่ระหว่าง 0.439 – 0.733 × 10⁻³ mg/kg-day โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสสูงสุดในเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 0.733 × 10⁻³ mg/kg-day และค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่ำที่สุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 0.439 × 10⁻³ mg/kg-day ในขณะที่ค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสฝุ่น PM₁₀ ภายในป้ายรถประจำทางต่อวันอยู่ระหว่าง 0.003 – 0.180 × 10⁻³ mg/kg-day โดยเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายเดือน พบว่า เดือนมิถุนายนมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสฝุ่น PM₁₀ ภายในป้ายรถประจำทางต่อวันอยู่ระหว่าง 0.022 – 0.084 × 10⁻³ mg/kg-day และเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม และมีค่าเฉลี่ยปริมาณการสัมผัสฝุ่น PM₁₀ ภายในป้ายรถประจำทางต่อวันอยู่ระหว่าง 0.037 – 0.180 × 10⁻³ mg/kg-day และ 0.003 – 0.035 × 10⁻³ mg/kg-day ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสฝุ่น PM₁₀ ภายในป้ายรถประจำทางต่อเดือนอยู่ระหว่าง 0.021 – 0.071 × 10⁻³ mg/kg-day โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณการ

รับสัมผัสสูงสุดในเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 0.071×10^{-3} mg/kg-day และค่าเฉลี่ยปริมาณการรับสัมผัสต่ำที่สุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 0.003×10^{-3} mg/kg-day รายละเอียดดังแสดงในตาราง 30

ตาราง 30 ผลการประเมินการรับสัมผัสและระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง

เวลา	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าปริมาณการรับสัมผัส		ระดับความเสี่ยง	
	เข้มข้น PM ₁₀	เข้มข้น PM ₁₀	Mean (S.D.)		(Hazard Quotient; HQ)	
	ภายนอกป้าย ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ภายในป้าย ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\times 10^{-3}$ mg/kg-day)		ภายนอก	ภายใน
			ป้าย	ป้าย	ป้าย	ป้าย
มิถุนายน						
06.00 น.	16.10	2.43	0.559	0.084	0.51	0.08
08.00 น.	21.37	1.37	0.741	0.047	0.67	0.04
10.00 น.	17.33	0.90	0.601	0.031	0.55	0.03
12.00 น.	12.73	0.70	0.442	0.024	0.40	0.02
14.00 น.	12.03	0.57	0.417	0.019	0.38	0.02
16.00 น.	10.00	0.63	0.347	0.022	0.32	0.02
18.00 น.	14.57	1.00	0.505	0.035	0.46	0.03
กรกฎาคม						
06.00 น.	19.00	5.19	0.659	0.18	0.60	0.16
08.00 น.	28.10	2.16	0.975	0.075	0.89	0.07
10.00 น.	18.32	2.19	0.636	0.076	0.58	0.07
12.00 น.	23.74	1.26	0.824	0.043	0.75	0.04
14.00 น.	17.23	1.03	0.597	0.036	0.54	0.03
16.00 น.	17.74	1.06	0.616	0.037	0.56	0.03
18.00 น.	23.71	1.55	0.822	0.053	0.75	0.05
สิงหาคม						
06.00 น.	11.81	1.00	0.409	0.035	0.37	0.03
08.00 น.	19.26	0.35	0.668	0.012	0.61	0.01

เวลา	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าเฉลี่ยความ	ค่าปริมาณการรับสัมผัส		ระดับความเสี่ยง	
	เข้มข้น PM ₁₀	เข้มข้น PM ₁₀	Mean (S.D.)		(Hazard Quotient; HQ)	
	ภายนอกป้าย (µg/m ³)	ภายในป้าย (µg/m ³)	(× 10 ⁻³ mg/kg-day)		ภายนอก	ภายใน
			ภายนอก	ภายใน	ป้าย	ป้าย
10.00 น.	14.94	0.32	0.518	0.011	0.47	0.01
12.00 น.	10.32	0.48	0.358	0.017	0.33	0.02
14.00 น.	10.58	0.35	0.367	0.012	0.33	0.01
16.00 น.	8.68	0.10	0.301	0.003	0.27	0.00
18.00 น.	13.06	0.10	0.453	0.003	0.41	0.00

และจากการประเมินระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพของประชาชนจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) จากการจราจรภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น ระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2565 พบว่า มีจำนวนวันที่ประชาชนมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสฝุ่น PM₁₀ ภายนอกป้ายรถประจำทางทั้งหมด อยู่ในระดับอันตรายระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 100 โดยพบว่ามีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.27 – 0.89 โดยมีค่า HQ สูงสุดอยู่ในเดือนกรกฎาคม คือ 0.89 และมีค่า HQ ต่ำสุดในเดือนสิงหาคม คือ 0.27 โดยสามารถแยกจำนวนวันที่มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่น PM₁₀ ภายนอกป้ายรถประจำทางของแต่ละเดือนได้ดังนี้ เดือนมิถุนายน มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.32 – 0.67 และเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.54 – 0.89 และ 0.27 – 0.61 ตามลำดับ สำหรับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) จากการจราจรภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น ระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2565 พบว่า มีจำนวนวันที่ประชาชนมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสฝุ่น PM₁₀ ภายในป้ายรถประจำทางอยู่ในระดับไม่มีอันตรายจำนวน 20 วัน คิดเป็นร้อยละ 95.24 และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับอันตรายระดับต่ำ จำนวน 1 วัน คิดเป็นร้อยละ 4.76 โดยมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.00 – 0.16 โดยสามารถแยกจำนวนวันที่มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่น PM₁₀ ภายในป้ายรถประจำทางของแต่ละเดือนได้ดังนี้ เดือนมิถุนายน มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.02 – 0.08 และเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม มีค่า HQ อยู่ระหว่าง 0.03 – 0.16 และ 0.00 – 0.03 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตาราง 31

ตาราง 31 การอธิบายลักษณะความเสี่ยงต่อสุขภาพจากจำนวนวันที่มีการสัมผัสฝุ่นละอองฝุ่น PM₁₀ จากการจราจรภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง ระหว่างเดือนมิถุนายน-สิงหาคม 2565

ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพ	จำนวนวัน (ร้อยละ)	
	ภายนอกป้ายรถ ประจำทาง	ภายในป้ายรถ ประจำทาง
ไม่มีอันตราย (HQ < 0.1)	0	20 (95.24)
อันตรายอยู่ในระดับต่ำ (0.1 ≥ HQ ≤ 1.0)	21 (100)	1 (4.76)
อันตรายอยู่ในระดับปานกลาง (1.1 ≥ HQ ≤ 10)	0	0
อันตรายอยู่ในระดับสูง (HQ > 10)	0	0

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษานวัตกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจร โดยดำเนินการศึกษาในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - เดือนสิงหาคม 2565 นั้นสามารถสรุปผลการศึกษิตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ ดังนี้

1. ผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจร ในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี

ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรโดยกำหนดให้ครอบคลุมพื้นที่การจราจรหลักทั้งหมดในเขตอำเภอเมืองอุทัยธานี ครอบคลุม 3 บริเวณ คือ 1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2565 พบว่า บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานีมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) สูงที่สุดอยู่ที่ 51.41 µg/m³ โดยในแต่ละเดือนมีค่าความเข้มข้นของฝุ่น อยู่ระหว่าง 29-140, 30-107, 28-134, 33-131 และ 3-44 µg/m³ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) สูงที่สุดอยู่ที่ 58.01 µg/m³ โดยในแต่ละเดือนมีค่าความเข้มข้นของฝุ่น อยู่ระหว่าง 32-142, 32-112, 28-150, 36-142 และ 53-3 µg/m³ ตามลำดับ สำหรับบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี พบ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) สูงที่สุดอยู่ที่ 58.4 µg/m³ โดยในแต่ละเดือนมีค่าความเข้มข้นของฝุ่น อยู่ระหว่าง 35-179, 30-124, 28-134, 36 -146 และ 3-44 µg/m³ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) สูงที่สุดอยู่ที่

64.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยในแต่ละเดือนมีค่าความเข้มข้นของฝุ่น อยู่ระหว่าง 38-192, 37, 28-150, 36-142 และ 53-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ในขณะที่ บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) สูงที่สุดอยู่ที่ 52.12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยในแต่ละเดือนมีค่าความเข้มข้นของฝุ่น อยู่ระหว่าง 31-141, 37-97, 37-128, 37-148 และ 3-44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) สูงที่สุดอยู่ที่ 58.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยในแต่ละเดือนมีค่าความเข้มข้นของฝุ่น อยู่ระหว่าง 34-146, 32 112, 28-150, 36-142 และ 53-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 บริเวณมีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) สูงที่สุด คือเดือนเมษายน และค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) สูงที่สุดคือเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของกฤษฎาธร ทรัพย์อุไรรัตน์ และกุลธิดา บรรจงศิริ (55) ที่พบว่า ฝุ่นละอองทั้งสองขนาดมีความสัมพันธ์กันและช่วงฤดูแล้ง มีระดับความสัมพันธ์สูงกว่าช่วงฤดูฝน และสอดคล้องกับการศึกษาของสุกัญญา พันธุ์ และคณะ (57) ที่พบว่าฝุ่น $\text{PM}_{2.5}$ ในช่วงฤดูแล้ง จากพื้นที่เทศบาลเมืองมาบตาพุด จังหวัดระยอง ไว้ดังนี้ ค่าความเข้มข้นของฝุ่น $\text{PM}_{2.5}$ มีค่าอยู่ในช่วง 3.9-136.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และมีค่าเฉลี่ย 44.0 \pm 28.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

2. ผลการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรของประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทาง ในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี

ผลการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรในพื้นที่ 3 บริเวณ คือ 1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม 2565 พบว่า บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี มีค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) สูงที่สุดในเดือนมกราคม ช่วงเวลา 08.00 น. คือ 0.043 mg/kg-day โดยในแต่ละเดือนมีค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองอยู่ระหว่าง 0.021 – 0.029, 0.015 – 0.034, 0.014 – 0.029, 0.019 – 0.035 และ 0.006 – 0.010 mg/kg-day ตามลำดับ และค่าการรับสัมผัสต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม ช่วงเวลา 16.00 น. คือ 0.005 mg/kg-day และผลการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) พบว่า ค่าการรับสัมผัสสูงที่สุดในเดือนมกราคม ช่วงเวลา 08.00 น. คือ 0.045 mg/kg-day และค่าการรับสัมผัสต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม ช่วงเวลา 20.00 น.คือ 0.005 mg/kg-day โดยในแต่ละเดือนมีค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองอยู่ระหว่าง 0.023 – 0.031, 0.018 – 0.036, 0.016 – 0.032, 0.023 – 0.037 และ 0.006 – 0.110 mg/kg-day ตามลำดับ สำหรับบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี พบว่า ค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($\text{PM}_{2.5}$) สูงที่สุดในเดือนมกราคม ช่วงเวลา 08.00 น. คือ

0.044 mg/kg-day และค่าการรับสัมผัสต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม ช่วงเวลา 20.00 น. คือ 0.004 mg/kg-day โดยในแต่ละเดือนมีค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองอยู่ระหว่าง 0.018 – 0.029, 0.015 – 0.033, 0.015 – 0.030, 0.021 – 0.036 และ 0.005 – 0.011 mg/kg-day ตามลำดับ และผลการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) พบว่า ค่าการรับสัมผัสสูงที่สุดในเดือนมกราคม ช่วงเวลา 08.00 น. คือ 0.046 mg/kg-day และค่าการรับสัมผัสต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม ช่วงเวลา 20.00 น. คือ 0.004 mg/kg-day โดยในแต่ละเดือนมีค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองอยู่ระหว่าง 0.021 – 0.031, 0.025 – 0.034, 0.017 – 0.031, 0.024 – 0.036 และ 0.005 – 0.011 ตามลำดับ ในขณะที่ บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี พบว่า ค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) สูงที่สุดในเดือนมกราคม ช่วงเวลา 08.00 น. คือ 0.042 mg/kg-day และค่าการรับสัมผัสต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม ช่วงเวลา 23.00 น. คือ 0.003 mg/kg-day โดยในแต่ละเดือนมีค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองอยู่ระหว่าง 0.020 – 0.028, 0.015 – 0.030, 0.014 – 0.029, 0.018 – 0.035 และ 0.005 – 0.010 mg/kg-day ตามลำดับ และผลการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) พบว่า ค่าการรับสัมผัสสูงที่สุดในเดือนมกราคม ช่วงเวลา 08.00 น. คือ 0.043 mg/kg-day และค่าการรับสัมผัสต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม ช่วงเวลา 23.00 น. คือ 0.004 mg/kg-day โดยในแต่ละเดือนมีค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองอยู่ระหว่าง 0.023 – 0.031, 0.018 – 0.031, 0.017 – 0.031, 0.022 – 0.036 และ 0.006 – 0.010 mg/kg-day ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 บริเวณมีการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) สูงที่สุด คือ วันจันทร์ ซึ่งสัมพันธ์กับการศึกษาของวรุฒิ คมนตรี (50) ได้ศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) จากการคมนาคมบนท้องถนนที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียนที่พบว่า โรงเรียนในกลุ่มศึกษามีปริมาณ PM₁₀ มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ส่งผลต่อปริมาณการรับสัมผัสของนักเรียนในกลุ่มศึกษาอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ โรงเรียนในกลุ่มศึกษามีปริมาณการรับสัมผัส PM₁₀ (0.0202 ± 0.0145 มก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน) มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ (0.0089 ± 0.0045 มก./กก. ของน้ำหนักร่างกาย/วัน)

3. ผลการประเมินระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรทางการหายใจของประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทาง ในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี

ผลการประเมินระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ (Health risk assessment) โดยการคำนวณจากค่าสัดส่วนความเสี่ยง หรือ ค่า Hazard Quotient; HQ จากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรทางการหายใจ และการคำนวณประเมินค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละอองที่ได้รับจากการหายใจในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวันของประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทาง ใน

พื้นที่ 3 บริเวณ คือ 1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬา กลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม 2565 พบว่า บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ระหว่าง 1.17 – 7.00 โดยในแต่ละเดือนมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 4.19 – 5.77, 3.03 – 6.86, 2.77 – 5.77, 3.85 – 7.00 และ 1.17 – 1.96 ตามลำดับ และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับ สัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ระหว่าง 0.56 – 3.37 โดยในแต่ละเดือนมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 2.13 – 2.82, 1.59 – 3.29, 1.43 – 2.89, 2.14 – 3.37 และ 0.56 – 0.96 ตามลำดับ สำหรับบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬากลางจังหวัดอุทัยธานี พบว่า มีค่าระดับความเสี่ยง ต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ระหว่าง 1.01 – 7.10 โดยในแต่ละเดือนมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 3.55 – 5.77, 2.98 – 6.63, 2.92 – 5.94, 4.29 – 7.10 และ 1.01 – 2.17 ตามลำดับ และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาด ไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ระหว่าง 0.46 – 3.32 โดยในแต่ละเดือนมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 1.92 – 2.86, 1.71 – 3.11, 1.56 – 2.81, 2.20 – 3.32 และ 0.46 – 0.98 และบริเวณมหาวิทยาลัย รามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ จากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ระหว่าง 1.09 – 6.97 โดยในแต่ละ เดือนมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 4.04 – 5.52, 3.10 – 5.92, 2.85 – 5.82, 3.61 – 6.97 และ 1.09 – 1.95 ตามลำดับ และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาด ไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ระหว่าง 0.51 – 3.28 โดยในแต่ละเดือนมีค่า HQ อยู่ระหว่าง 2.07 – 2.81, 1.66 – 2.85, 1.52 – 2.79, 1.99 – 3.28 และ 0.51 – 0.70 ตามลำดับ โดยทั้ง 3 บริเวณ มีระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละออง ขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) อยู่ในระดับมี อันตรายอยู่ในระดับปานกลาง – มีอันตรายอยู่ในระดับสูง ซึ่งเดือนที่มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ สูงที่สุด คือ เดือนเมษายน และเดือนที่มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพต่ำที่สุด คือ เดือนพฤษภาคม และช่วงเวลาที่มียค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงที่สุด คือ เวลา 08.00 น. ช่วงเวลาที่มียค่าระดับความ เสี่ยงต่อสุขภาพต่ำที่สุด คือ 20.00 น. ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ศิริอุมา เจาะจิตต์ และคณะ (53) ได้ศึกษาการประเมินความเสี่ยงในการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเมตร ระหว่าง ชุมชนที่อยู่ใกล้และไกลโรงโม่หิน จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ทั้งสองชุมชนมีความเสี่ยงในการรับ สัมผัสฝุ่นละออง โดยชุมชนใกล้โรงโม่หินมีความเสี่ยงมากกว่าชุมชนที่ไกลจากโรงโม่หิน โดยค่าเฉลี่ย สัดส่วนความเสี่ยงในการรับสัมผัส (HQ) ของชุมชนใกล้โรงโม่หินในวันที่ฝนตกและฝนไม่ตกมีค่า HQ 1.27 และ 5.09 ตามลำดับ ชุมชนไกลโรงโม่หินมีค่าเฉลี่ยสัดส่วนความเสี่ยงในการรับสัมผัส

HQ ในวันที่ฝนตกและฝนไม่ตกเท่ากับ 1.34 และ 2.00 ตามลำดับ และสอดคล้องกับการศึกษาของ สุกัญญา พันธุ์ และคณะ (57) ได้ศึกษาการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับฝุ่น $PM_{2.5}$ ในช่วงฤดูแล้ง จากพื้นที่เทศบาลเมืองมาบตาพุด จังหวัดระยอง พบว่า ค่าเฉลี่ย HQ ของฝุ่น $PM_{2.5}$ ของเด็กในช่วงฤดูแล้งมีค่ามากกว่าผู้ใหญ่ และมีค่าเกิน 1.0 ซึ่งแสดงว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพของ มนุษย์ เนื่องจากเด็กมีความต้องการปริมาณออกซิเจนสูงจึงส่งผลให้อัตราการหายใจต่อน้ำหนักตัวสูง เมื่อทำการประเมินความเสี่ยงการก่อมะเร็งปอดในมนุษย์ (Ric) จากการได้รับฝุ่น $PM_{2.5}$ อยู่ในช่วง 10-6 ถึง 10-4 ซึ่งหมายความว่า ความเสี่ยงในการก่อมะเร็งอาจเกิดขึ้นได้

4. ผลการออกแบบป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดตั้งอุปกรณ์กรองฝุ่น

การออกแบบป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดตั้งอุปกรณ์กรองฝุ่น สามารถ ดำเนินการสร้างและใช้งานได้จริง โดยเป็นอาคารปิดแบบโปร่งแสงขนาด 1.5*6*3 เมตร วัสดุ โครงสร้างทำจากเหล็ก ปูพื้น ติดผ้า กรูผนัง กระจกบานตาย และประตูกระจกแบบเลื่อน สามารถ มองเห็นด้านนอกได้จำนวน 3 ด้าน คือ ด้านหน้า ด้านข้างฝั่งซ้าย และด้านข้างฝั่งขวา มีหลักการใน การลดปริมาณฝุ่นละอองจากการจราจร 3 ขั้นตอน คือ 1) ระบบการป้องกันฝุ่นจากภายนอกโดยการ ปิดประตูให้สนิท 2) ระบบฟอกอากาศด้วยเครื่องฟอกอากาศ (แบบกรองด้วยวัสดุ) และ 3) ระบบ ความดันอากาศพร้อมระบบฟอกอากาศ

5. ผลการศึกษาประสิทธิภาพการลดฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรของป้ายรถ ประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดตั้งอุปกรณ์กรองฝุ่น

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการลดการฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรของป้าย รถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดตั้งอุปกรณ์กรองฝุ่น พบว่า สามารถลดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ได้เฉลี่ยร้อยละ 92.66, 91.95 และ 99.49 และสามารถลดฝุ่นละอองขนาด ไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ได้เฉลี่ยร้อยละ 92.66, 89.09 และ 96.88 โดยเมื่อเปรียบเทียบปริมาณ เฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง พบว่า ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ภายนอกป้ายรถประจำทาง อยู่ระหว่าง 4.74 – 20.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และภายในป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 0.00 – 3.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ สำหรับปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ ระหว่าง 8.68 – 28.10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และภายในป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 0.10 – 5.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

6. ผลการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง

ผลการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรของประชาชนระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่น พบว่า ค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 0.00164 – 0.00703 mg/kg-day และภายในอยู่ระหว่าง 0.00000 – 0.00130 mg/kg-day ในขณะที่ค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง 0.00301 – 0.00975 mg/kg-day และภายในอยู่ระหว่าง 0.00003 – 0.00180 mg/kg-day

7. ผลการประเมินระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง

ผลการประเมินระดับความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรทางรถโดยสารของประชาชนที่ใช้บริการป้ายรถประจำทางระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศและติดอุปกรณ์กรองฝุ่นที่พบว่า ค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ในระดับ มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ – มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง มีค่า HQ ระหว่าง 0.33 – 1.41 และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพภายในป้ายรถประจำทางอยู่ในระดับไม่มีอันตราย – มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ มีค่า HQ ระหว่าง 0.00 – 0.26 สำหรับระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) พบว่า ค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ในระดับ มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ มีค่า HQ ระหว่าง 0.27 – 0.89 และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพภายในป้ายรถประจำทางอยู่ในระดับไม่มีอันตราย – มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ มีค่า HQ ระหว่าง 0.00 – 0.16

บทที่ 5

บทสรุป

การศึกษานวัตกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจรในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี ระหว่างเดือนมกราคม - เดือนสิงหาคม 2565 สามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ได้ 4 ส่วน ดังนี้

1. สรุปผลการศึกษา
2. ข้อจำกัดของการวิจัย
3. ข้อเสนอแนะจากการศึกษา
4. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี ครอบคลุมพื้นที่การจราจรหลักทั้งหมด 3 บริเวณ คือ 1) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี 2) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี และ 3) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี พบว่าบริเวณที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) สูงเป็นอันดับ 1 คือ บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี โดยมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) สูงสุดอยู่ที่ 58.4 µg/m³ และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) สูงสุดอยู่ที่ 64.14 µg/m³ รองลงมา คือ บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) สูงที่สุดอยู่ที่ 52.12 µg/m³ และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) สูงที่สุดอยู่ที่ 58.53 µg/m³ และลำดับสุดท้าย คือ บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานีมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) สูงที่สุดอยู่ที่ 51.41 µg/m³ และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) สูงที่สุดอยู่ที่ 58.01 µg/m³ โดยทั้ง 3 บริเวณมีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) สูงที่สุดคือเดือนเมษายน และค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) สูงที่สุดคือเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5})

เกินค่ามาตรฐานในทุกบริเวณ อย่างไรก็ตามปัญหาที่แท้จริงของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากแหล่งกำเนิดประเภทการขนส่งและการจราจร คือ การเดินทางไม่สะดวก ไม่ปลอดภัย หรือราคาแพง ทำให้ประชาชนต้องแก้ปัญหาด้วยตนเองโดยการใช้รถส่วนตัวมากขึ้น จึงส่งผลให้พื้นที่ถนนไม่เพียงพอและเกิดปัญหาการจราจรหนาแน่นและติดขัดตามมา ดังนั้น การควบคุมแหล่งกำเนิดจากการขนส่งและความหนาแน่นของการจราจรควรเป็นการแก้ปัญหาในมิติของการทำให้การเดินทางมีความสะดวกปลอดภัยมากขึ้น โดยการปรับปรุงระบบขนส่งสาธารณะให้ครอบคลุมพื้นที่เส้นทางหลัก และการใช้รถโดยสารประจำทางที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

สำหรับผลการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรในพื้นที่ 3 บริเวณพบว่า บริเวณที่มีค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรสูงที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง คือ บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี โดยมีค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) สูงที่สุด คือ 0.043 mg/kg-day และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) 0.045 mg/kg-day รองลงมาคือ บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี มีค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) สูงที่สุดคือ 0.043 mg/kg-day และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) สูงที่สุดคือ 0.045 mg/kg-day และลำดับที่ 3 คือ บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี มีค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) สูงที่สุด คือ 0.042 mg/kg-day และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) สูงที่สุด คือ 0.043 mg/kg-day โดยทั้ง 3 บริเวณ มีค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) สูงที่สุดในเดือนมกราคม ช่วงเวลา 08.00 น. และค่าการรับสัมผัสต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม ช่วงเวลา 20.00 น. ยกเว้นบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี ที่พบค่าการรับสัมผัสต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม ช่วงเวลา 23.00 น. ในขณะที่ผลการประเมินระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรทางการหายใจ พบว่าบริเวณที่มีระดับความเสี่ยงสูงเป็นอันดับหนึ่ง คือ บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ระหว่าง 1.01 – 7.10 และมีฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ระหว่าง 0.46 – 3.32 รองลงมา คือ บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานีมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ระหว่าง 1.17 – 7.00 และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ระหว่าง 0.56 – 3.37 และลำดับสุดท้าย คือ บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ระหว่าง 1.09 – 6.97 และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ระหว่าง 0.51 – 3.28 โดยทั้ง 3 บริเวณ มีระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่น

ละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) อยู่ในระดับมีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง – มีอันตรายอยู่ในระดับสูง ซึ่งเดือนที่มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงที่สุด คือ เดือนเมษายน และเดือนที่มีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพต่ำที่สุด คือ เดือนพฤษภาคม และช่วงเวลาที่มียุทธศาสตร์ความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงที่สุด คือ เวลา 08.00 น. ช่วงเวลาที่มียุทธศาสตร์ความเสี่ยงต่อสุขภาพต่ำที่สุด คือ 20.00 น. จะเห็นได้ว่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) อยู่ในระดับ มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง – มีอันตรายอยู่ในระดับสูง ดังนั้นเพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กได้อย่างยั่งยืนนั้น จำเป็นจะต้องมีการสร้างความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องให้กับประชาชนในการป้องกันและลดการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กรวมถึงหลักการของการจัดการคุณภาพอากาศที่ถูกต้องร่วมด้วย นอกจากนี้ประชาชนจะต้องสามารถเข้าถึงข้อมูลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กได้แบบเรียลไทม์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของตนเองมากขึ้น

ผลการศึกษานวัตกรรมรถออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจรสามารถดำเนินการสร้างและใช้งานได้จริง โดยสามารถลดฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรทั้ง 2 ชนิด คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ได้เฉลี่ยร้อยละ 92.66, 91.95 และ 99.49 และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ได้เฉลี่ยร้อยละ 92.66, 89.09 และ 96.88 และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ภายนอกป้ายรถประจำทาง อยู่ระหว่าง $4.74 - 20.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และภายในป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง $0.00 - 3.74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง $8.68 - 28.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และภายในป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง $0.10 - 5.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งผลการประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรของประชาชนระหว่างภายนอกและภายในป้ายรถประจำทาง แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการลดการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรได้อย่างชัดเจน โดยค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง $0.00164 - 0.00703 \text{ mg}/\text{kg}\cdot\text{day}$ และภายในอยู่ระหว่าง $0.00000 - 0.00130 \text{ mg}/\text{kg}\cdot\text{day}$ และค่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ระหว่าง $0.00301 - 0.00975 \text{ mg}/\text{kg}\cdot\text{day}$ และภายในอยู่ระหว่าง $0.00003 - 0.00180 \text{ mg}/\text{kg}\cdot\text{day}$ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ซึ่งมีผลการศึกษาสอดคล้องกับการทดสอบประสิทธิภาพป้ายรถประจำทางใน 2 ขั้นตอนแรกและเป็นการยืนยันความสามารถในการลดการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กของป้ายรถประจำทางได้จริง เนื่องจากค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ

จากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ในระดับ มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ – มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง มีค่า HQ ระหว่าง 0.33 – 1.41 และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพภายในป้ายรถประจำทางอยู่ในระดับไม่มีอันตราย – มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ มีค่า HQ ระหว่าง 0.00 – 0.26 สำหรับระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) พบว่า ค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพภายนอกป้ายรถประจำทางอยู่ในระดับ มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ มีค่า HQ ระหว่าง 0.27 – 0.89 และมีค่าระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพภายในป้ายรถประจำทางอยู่ในระดับไม่มีอันตราย – มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ มีค่า HQ ระหว่าง 0.00 – 0.16 ซึ่งสามารถสรุปผลได้ว่าการศึกษาวัฏกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจรสามารถลดการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจรได้และสามารถนำมาใช้ได้จริงกับสถานการณ์ปัญหาในปัจจุบัน

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. การศึกษาวัฏกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจรในประเทศไทยยังไม่แพร่หลายมากนัก จึงทำให้ยังขาดข้อมูลด้านการประยุกต์ใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษารวมทั้งแหล่งข้อมูลอ้างอิง ทำให้ผู้วิจัยต้องทำความเข้าใจและศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเป็นจำนวนมาก เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทยและสามารถหาได้ง่ายและสามารถใช้งานได้จริง
2. ต้องประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมในการออกแบบระบบการป้องกันฝุ่นจากการจราจรจากภายนอกเข้าไปภายในป้ายรถประจำทาง เนื่องจากมีหลักการและวัสดุอุปกรณ์ที่หลากหลายรูปแบบ ซึ่งหลักการและแนวคิดการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจรในครั้งนี้เหมาะกับบริบทและสภาพปัญหาของพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานีเท่านั้น

ข้อเสนอแนะจากการศึกษา

จากผลการศึกษาวัฏกรรมการออกแบบป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจรในครั้งนี้ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วนจำเป็นต้องดำเนินการเพื่อลดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) โดยการลดมลพิษจากการจราจรควบคู่กับการจัดการแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองขนาดเล็กนอกพื้นที่การจราจรร่วมกัน ดังนี้

1. มาตรการระยะสั้นในการแก้ปัญหาการลดการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจร โดยการขยายผลการใช้ป้ายรถประจำทางปรับอากาศลดฝุ่นจากการจราจรให้ครอบคลุมพื้นที่ที่มีปัญหาการจราจรหนาแน่น

2. มาตรการระยะยาวในการแก้ปัญหา นั้น จำเป็นจะต้องมีการจัดการรถยนต์ดีเซลและรถเก่าด้วยมาตรการการใช้ยานพาหนะไฟฟ้า (Electrical Vehicle: EV) การจัดทำ EV Conversion การนำรถเก่ามาติดเป็นรถไฟฟ้า รวมถึงการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง (EV Conversion) เป็นต้น โดยรัฐบาลหรือหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องต้องมีการกำหนดนโยบายด้านการสนับสนุนการใช้ยานพาหนะไฟฟ้า (Electrical Vehicle: EV) เช่น การกำหนดให้มีการเพิ่มจำนวนสถานีชาร์จพลังงานสำหรับยานพาหนะไฟฟ้า รวมทั้งภาครัฐจำเป็นต้องส่งเสริมให้เกิด Intermodal Node หรือการรับส่งประชาชนด้วยสถานีรถไฟไฟฟ้าที่ต้นทางปลายทางไปยังพื้นที่แบบครบวงจร หรือการขนส่งและบริการขนาดเล็กที่ยืดหยุ่น รวมถึงการให้บริการระบบสัญจรทางเลือกแบบครบวงจร Mobility as a Service: Maas ซึ่งจะสามารถทำให้ค่า PM_{2.5} ลดลงได้อย่างมีนัยสำคัญจากการลดจำนวนพาหนะที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและลดความหนาแน่นของการจราจร

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาการนำพลังงานทางเลือก เช่น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและเป็นพลังงานทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
2. ควรมีการศึกษารูปแบบการกรองฝุ่นหรืออุปกรณ์กรองฝุ่นประเภทอื่น ๆ ให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น เพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายและง่ายต่อการเข้าถึงและการนำมาใช้
3. ควรมีการเพิ่มสถานีตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองหรือการตรวจวัดโลหะหนักแบบเรียลไทม์ในพื้นที่ชุมชน เพื่อให้เข้าใจบริบทการปนเปื้อนของมลพิษอากาศในพื้นที่ซึ่งเป็นประโยชน์ในการค้นหาแหล่งกำเนิด และการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนมากขึ้น

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

1. The World Bank. The global health cost of PM2.5 air pollution: A case for action beyond 2021. Washington, DC: World Bank License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO; 2022.
2. Zehnder C, Manoylov K, Mutiti S, et al. Introduction to environmental science: (2nd ed.) Biological Sciences Open Textbooks. [Cited 2018]. Available from <https://oer.galileo.usg.edu/biology-textbooks/4>
3. Fuller R, Landrigan PJ, Balakrishnan K. Pollution and health: A progress update. The Lancet Planetary Health. 2022; 6, (6), E535-E547. Doi: 10.1016/S2542-5196(22)00090-0
4. World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide: executive summary. World Health Organization (Cited 2021) Available from <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345334>.
5. แผนที่แสดงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} ในแต่ละประเทศทั่วโลก. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน 2566] จาก: <https://www.iqair.com/th/world-air-quality-report>
6. World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide: executive summary. World Health Organization; 2021 [Cited 2021] Available from <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345334>
7. กรมควบคุมมลพิษ. รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงของประเทศไทย ปี 2564; 2064. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 10 มิถุนายน 2566] จาก: <https://www.pcd.go.th/publication/27805>.
8. กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. การศึกษาสัดส่วนแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ในกรุงเทพมหานคร [อินเทอร์เน็ต]. กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2565 [สืบค้นเมื่อ 10 มิถุนายน 2566] จาก: <https://shorturl.asia/NCJlp>

9. Manojkumar, N., Srimuruganandam, B. Health benefits of achieving fine particulate matter standards in India – A nationwide assessment. *Science of The Total Environment*, 763, 142999; 2021 Doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142999>
10. กรมควบคุมโรค. รายงานสถานการณ์มลพิษอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก; ม.ป.ป. [อินเทอร์เน็ต] [สืบค้นเมื่อ 10 มิถุนายน 2566] จาก <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/940820191121040835.pdf>
11. พนิต ภูจินดา. ทุกวันนี้เราใช้เวลาเดินทางไปทำงานนานเกินไปหรือเปล่า. ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2562 [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2566] จาก: shorturl.asia/eN8nW, shorturl.asia/JftUC
12. กลุ่มสถิติการขนส่ง.(2565). รายงานสถิติการขนส่ง 5 ปี (ปีงบประมาณ 2561- 2565) . กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก TRANSPORT STATISTICS GROUP; 2565 [อินเทอร์เน็ต] [สืบค้นเมื่อ 10 มิถุนายน 2566] จาก: <https://shorturl.asia/uCxz9>
13. ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และต้นทุนทางสุขภาพของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากรถยนต์ส่วนบุคคลและรถโดยสารสาธารณะประเทศไทย, พัชรกรร สักเพ็ง (วิทยานิพนธ์) นครปฐม: มหาวิทยาลัยมหิดล; 2563.
14. Effects of Agricultural Waste Burning on PM2.5- Bound Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Carbonaceous Compositions, and Water-Soluble Ionic Species in the Ambient Air of Chiang-Mai, Thailand.
15. Long-range Transboundary Atmospheric Transport of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Carbonaceous Compositions, and Water-soluble Ionic Species in Southern Thailand.
16. สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดอุทัยธานี. รายงานประจำปี 2564. สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดอุทัยธานี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2564. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2566]. จาก: <https://shorturl.asia/9LxNq>
17. ระบบคลังข้อมูลสุขภาพ Health Data Center (HDC). กลุ่มรายงานมาตรฐาน การป่วยด้วยโรคจากมลพิษอากาศ จำนวนป่วยจำแนกรายกลุ่มโรคและรายโรค รายเดือน ไวรัสที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2565]. จาก: <https://shorturl.asia/yzA7h>
18. นภาพร พานิช และคณะ. ตำราระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2550.

19. กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. การจัดการคุณภาพอากาศและเสียงในกรุงเทพมหานครรู้ทันมลพิษ เพื่อพลิกกรุงเทพฯ ให้สดใส. สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร; 2555.
20. US Environmental Protection Agency. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F) Final. EPA-540-R-070-002. Washington, D.C.: Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, Environmental Protection Agency; 2009.
21. กรมควบคุมมลพิษ. รายงานสถานการณ์ มลพิษของประเทศไทย ปี 2561. กรุงเทพฯ: สไตลครีเอทีฟเฮ้าส์; 2562
22. ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. มลพิษทางอากาศ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย; 2556.
23. นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์. เคมีบรรยากาศ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2552.
24. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน. ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 139 ตอนพิเศษ 163 (ลงวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2565)
25. ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. การเก็บตัวอย่างและตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2556.
26. Shukla, K., Aggarwal, S. G. A Technical Overview on Beta-Attenuation Method for the Monitoring of Particulate Matter in Ambient Air. Aerosol Air Qual. Res. 22, 220195. [Cited 2022]. Available from <https://doi.org/10.4209/aaqr.220195>.
27. ระบบตรวจวัดฝุ่นละอองแบบ Tapered Element Oscillating Microbalance. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 21 กรกฎาคม 2566]. จาก: <https://www.qld.gov.au/environment/management/monitoring/air/air-monitoring/measuring/oscillating-microbalance>
28. Environmental Monitoring Systems. เครื่องตรวจวัดปริมาณฝุ่นและก๊าซแบบต่อเนื่อง รุ่น APM-6 จากแบรนด์ Comde Derenda. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2566]. จาก: <https://www.entech.co.th/apm-6-comde-derenda/?lang=th>
29. Satya B. Sardar., Michael D. Geller., Constantinos Siouta., Paul A. Solomon. Development and evaluation of a high-volume dichotomous sampler for chemical speciation of coarse and fine particles. Journal of Aerosol Science, 11, 1455 – 1466. [Cited 2006 November] Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021850206000887#preview-section-cited-by>

30. ระบบการทำงานของเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแบบ High Volume Air Sampler. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2566]. จาก: <https://tisch-env.com/high-volume-air-sampler/TSP>
31. เครื่องวัดคุณภาพอากาศ PM_{2.5} (PMS7003 WiFi). [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2566]. จาก: http://www.nanogenstore.com/index.php?route=product/product&product_id=376
32. กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. ข้อมูลดัชนีคุณภาพอากาศ; 2562. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2566]. จาก: http://air4thai.pcd.go.th/webV2/aqi_info.php
33. กรมควบคุมโรค. คู่มือการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากปัญหาหมอกควันสำหรับบุคลากรสาธารณสุข. กรุงเทพฯ: อักษรกราฟฟิกแอนติตี้ไซน์; 2561.
34. อรัญ ขวัญปาน. การส่งเสริมการท่องเที่ยวเกี่ยวกับการฟุ้งกระจายของสภาวะฝุ่นละออง ในเส้นทางสู่แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดสมุทรสงคราม. งานวิจัยได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. กรุงเทพมหานคร; 2553.
35. วียงค์ กังวานสุขุมงคล. ภัยจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก. ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ; 2565. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2566]. จาก: <https://science.royalsociety.go.th/wp-content/uploads/2022/11/Chapter-7.pdf>
36. สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. วิศวกรรมขนส่ง. เอกสารประกอบการสอนวิชา 533371. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา; 2551. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2566]. จาก: <https://engfanatic.tumcivil.com/engfanatic/article/1724>
37. ศศิธร ร่มพา และจิรัชญา สุขคำ. ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ใน รถโดยสารสาธารณะ. โครงการงานวิจัยปริญญาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2557
38. รถโดยสารแบบสองชั้น (Double Decker Buses). [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 21 กรกฎาคม 2566]. จาก: <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A3%E0%B8%96%E0%B9%82%E0%B8%94%E0%B8%A2%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AA%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%8A%E0%B8%B1%E0%B9%89%E0%B8%99>.
39. รถตู้ที่ได้รับการต่อเติม (Modified van). [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 21 กรกฎาคม 2566]. จาก: <https://www.sanook.com/auto/56565/>
40. รถโดยสารขนาดเล็ก (Small bus). [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 21 กรกฎาคม 2566]. จาก: <https://12go.asia/th/operator/triple-t>

41. รวีวรรณ ลัมพิบูลย์. การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2558.
42. จรรยา บรวิชชาวิสุทธิ. การประเมินความเสี่ยงของการได้รับสารไตรฮาโลมีเทนจากสระว่ายน้ำที่ฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2552.
43. ปวีณา ทิพย์เสวต. อิทธิพลของสิ่งก่อสร้างต่อการกระจายตัวของฝุ่นละอองบริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2546.
44. กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย. แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศกรณีฝุ่นละอองขนาดเล็ก; 2558. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข.
45. สุชาติ เกียรติวัฒนเจริญ. มลพิษทางอากาศ. เชียงใหม่: คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2555.
46. ธวัชชัย เสถียรรัตนกุล. เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับกรองอากาศ. สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. acat.or.th. Published 2008. Retrieved 31 May 2023.
47. แผนที่จังหวัดอุทัยธานี. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 21 กรกฎาคม 2566]. จาก: https://www.panteethai.com/province_show.php?pv_name=%E0%B8%AD%E0%B8%B8%E0%B8%97%E0%B8%B1%E0%B8%A2%E0%B8%98%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%B5&pv_image=province/Uthaithani.jpg.
48. สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดอุทัยธานี. รายงานประจำปีสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดอุทัยธานี พ.ศ. 2564. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2546. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 21 กรกฎาคม 2566]. จาก: <https://www.mnre.go.th/attachment/iu/download.php?WP=qUlcnKtlpQEgZaqCGWOghJstqTgcWat2pQAgAap0GQAgG2rDqYyc4Uux>
49. อนุสราร รอดธานี. ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ภายในห้องโดยสารรถโดยสารสาธารณะในกรุงเทพฯ; 2558.
50. วรุฒิ คะมนตวี. ผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) จากการคมนาคมบนท้องถนนที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน กรณีศึกษา โรงเรียนพระปฐม วิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม [ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2560.
51. สุกิมพร นาสมทรง. การประเมินการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) ของวินจักรยานยนต์รับจ้าง ในพื้นที่เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร [ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

52. พีรพงษ์ ฮาดทักษ์วงศ์ และสุนิสา ชายเกลี้ยง. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) ในกลุ่มพนักงานร้านอาหาร การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 12(4),60-69; 2562.
53. ศิริอุมา เจาะจิตต์, ปนัดดา พิบูลย์, น้ำเพชร หมั่นราช, และอโณทัย เกื้อกุล. การประเมินความเสี่ยงในการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเมตร ระหว่างชุมชนที่อยู่ใกล้และไกล โรงโม่หิน จังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 27(2), 336-348; 2562.
54. ธันวดี ศรีธาวิรัตน์. การศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากการจราจรโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก, 10; 2552
55. กฤษณาธร ทรัพย์อุไรรัตน์ และกุลธิดา บรรจงศิริ. ความสัมพันธ์เชิงปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) ของแต่ละภูมิภาคและฤดูกาล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, 6(1), น. 94-103; 2563.
56. สาวิตรี ภมร. คุณลักษณะของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM₁₀ และ PM_{2.5} และความสัมพันธ์ของโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ ในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 4 . [รายงานการค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์; 2564.
57. สุกัญญา พันธู, กนิษฐา แก่นบุบผา, ณัฐนันท์ พลอยพรม, ศุภิระ บุตรดี. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับฝุ่น PM_{2.5} ในช่วงฤดูแล้ง จากพื้นที่เทศบาลเมืองมาบตาพุด จังหวัดระยอง. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 14 (19), น.64-82; 2565.
58. พื้นที่ในการศึกษาศึกษาวิจัย. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2566]. จาก: <https://www.google.co.th/maps>
59. Neuman, W. L. Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches. Boston: Allyn and Bacon, 1991.
60. สุวิมล ตรีกานันท์. การใช้สถิติในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์: แนวทางสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
61. เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นชนิดพกพา รุ่น PMS5003. [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2566]. จาก: <https://shorturl.asia/fNUYi>



ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยนครพนม

ภาคผนวก ก.-1 ปริมาณฝุ่น PM_{2.5} บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (µg/m ³) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี										
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.	20.00 น.	23.00 น.
10/1/65	จ.	72	94	65	44	40	35	32	84	53
11/1/65	อ.	83	108	95	83	34	44	49	79	68
12/1/65	พ.	98	112	81	45	44	29	35	52	52
13/1/65	พฤ.	72	81	46	50	45	35	48	70	65
14/1/65	ศ.	89	100	45	31	34	33	34	56	51
15/1/65	ส.	82	119	66	44	39	37	41	52	59
16/1/65	อา.	95	140	81	48	41	43	42	95	67
7/2/65	จ.	83	86	59	53	57	49	49	60	61
8/2/65	อ.	104	82	30	32	48	39	45	48	52
9/2/65	พ.	76	79	99	94	70	75	70	107	105
10/2/65	พฤ.	85	103	44	45	49	53	44	55	57
11/2/65	ศ.	49	71	55	61	57	45	49	49	43
12/2/65	ส.	30	37	36	35	43	48	46	33	34
13/2/65	อา.	61	82	86	62	63	50	45	59	59
7/3/65	จ.	37	45	37	35	40	42	42	61	85
8/3/65	อ.	39	37	32	35	33	28	37	35	37
9/3/65	พ.	64	59	43	44	34	37	36	47	48
10/3/65	พฤ.	74	134	73	72	43	48	62	76	70
11/3/65	ศ.	72	71	77	42	47	49	51	59	68
12/3/65	ส.	55	56	57	49	50	49	51	68	74
13/3/65	อา.	91	69	66	53	62	63	62	80	72
11/4/65	จ.	131	114	87	74	90	80	76	71	68
12/4/65	อ.	103	100	58	67	55	34	33	51	52
13/4/65	พ.	69	64	65	53	56	48	43	60	56
14/4/65	พฤ.	64	54	50	54	65	48	53	72	68

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (µg/m ³) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี										
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.	20.00 น.	23.00 น.
15/4/65	ศ.	64	59	68	52	53	46	49	80	69
16/4/65	ส.	58	56	55	47	51	52	49	59	67
17/4/65	อา.	49	46	48	51	50	44	45	50	52
9/5/65	จ.	36	28	25	24	32	44	27	3	3
10/5/65	อ.	42	44	16	19	17	16	19	20	22
11/5/65	พ.	29	26	18	20	17	14	4	7	5
12/5/65	พฤ.	24	18	15	13	4	7	12	19	20
13/5/65	ศ.	38	34	35	20	24	18	13	7	6
14/5/65	ส.	19	22	31	16	15	22	18	20	16
15/5/65	อา.	22	31	40	24	22	16	3	6	8



ภาคผนวก ก.-2 ปริมาณฝุ่น PM_{2.5} บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (µg/m ³) บริเวณบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬา กลางจังหวัดอุทัยธานี										
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.	20.00 น.	23.00 น.
10/1/65	จ.	49	91	52	45	43	45	41	42	53
11/1/65	อ.	105	119	121	84	39	48	51	53	62
12/1/65	พ.	110	133	90	48	45	35	39	54	49
13/1/65	พฤ.	83	98	57	59	46	42	51	51	66
14/1/65	ศ.	110	136	62	52	41	36	44	43	57
15/1/65	ส.	96	138	69	49	42	38	44	54	57
16/1/65	อา.	118	179	113	63	46	48	50	53	78
7/2/65	จ.	84	99	75	82	74	69	67	61	64
8/2/65	อ.	107	81	40	83	39	45	45	49	51
9/2/65	พ.	70	103	107	112	90	89	77	117	95
10/2/65	พฤ.	105	124	55	68	65	57	48	58	64
11/2/65	ศ.	57	75	72	79	68	63	64	52	51
12/2/65	ส.	33	41	48	49	52	50	50	30	34
13/2/65	อา.	80	96	98	58	57	45	54	62	67
7/3/65	จ.	45	53	43	42	45	47	53	52	54
8/3/65	อ.	45	43	42	43	36	39	42	44	45
9/3/65	พ.	54	72	46	46	40	49	40	49	50
10/3/65	พฤ.	93	146	96	85	57	50	70	82	91
11/3/65	ศ.	91	103	99	55	57	54	58	82	85
12/3/65	ส.	64	80	83	51	50	52	68	83	85
13/3/65	อา.	116	82	84	78	70	74	82	84	78
11/4/65	จ.	139	143	106	104	98	91	87	74	79
12/4/65	อ.	122	112	79	69	68	42	44	41	43
13/4/65	พ.	92	84	81	73	68	56	52	60	59

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (µg/m ³) บริเวณบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬา กลางจังหวัดอุทัยธานี										
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.	20.00 น.	23.00 น.
14/4/65	พฤ.	75	69	61	70	60	59	56	85	69
15/4/65	ศ.	66	77	72	52	56	50	52	81	76
16/4/65	ส.	66	73	67	58	54	49	56	66	69
17/4/65	อา.	54	54	54	68	67	54	50	74	81
9/5/65	จ.	40	37	41	21	16	21	23	5	9
10/5/65	อ.	53	62	28	26	16	11	27	28	30
11/5/65	พ.	30	31	25	37	43	19	7	8	12
12/5/65	พฤ.	22	19	3	5	14	22	30	15	12
13/5/65	ศ.	33	47	39	22	21	19	14	6	4
14/5/65	ส.	15	25	27	11	19	16	17	11	9
15/5/65	อา.	14	33	28	11	14	15	3	6	7

ภาคผนวก ก.-3 ปริมาณฝุ่น PM_{2.5} บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

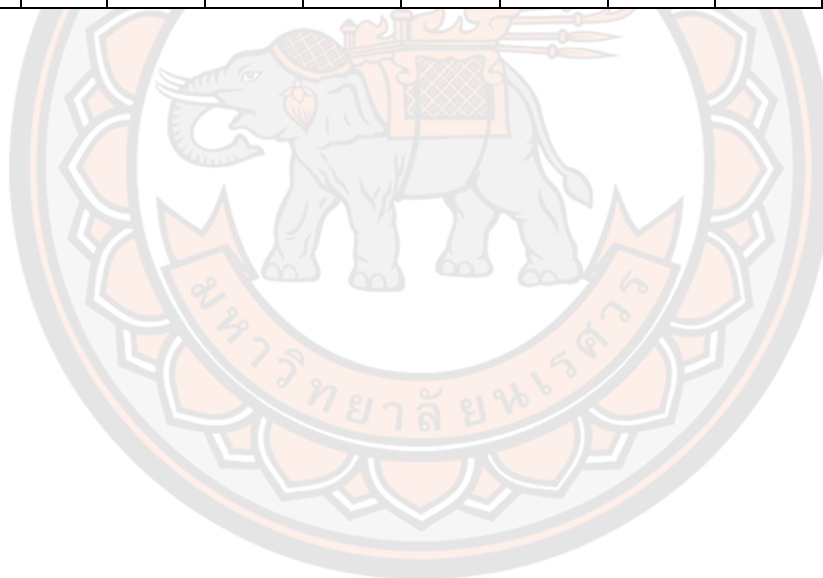
ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (µg/m ³) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี										
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.	20.00 น.	23.00 น.
10/1/65	จ.	64	123	59	48	39	35	41	53	68
11/1/65	อ.	72	88	109	73	38	41	48	55	82
12/1/65	พ.	110	109	71	49	40	32	35	49	63
13/1/65	พฤ.	69	84	67	42	39	38	41	48	58
14/1/65	ศ.	98	105	58	31	35	33	37	41	52
15/1/65	ส.	79	126	83	51	38	39	78	76	81
16/1/65	อา.	92	141	125	49	50	46	42	50	68
7/2/65	จ.	83	93	59	53	49	50	48	48	62
8/2/65	อ.	91	66	33	38	37	40	39	46	51
9/2/65	พ.	67	80	95	94	87	63	65	74	86
10/2/65	พฤ.	89	81	53	50	58	47	41	47	54
11/2/65	ศ.	59	52	55	52	58	59	50	61	66
12/2/65	ส.	33	35	42	45	47	44	48	38	40
13/2/65	อา.	69	75	83	50	48	49	50	71	66
7/3/65	จ.	40	51	38	40	42	46	44	59	62
8/3/65	อ.	41	46	40	35	33	36	39	35	37
9/3/65	พ.	49	61	46	40	41	37	41	43	47
10/3/65	พฤ.	64	121	85	56	46	59	57	84	76
11/3/65	ศ.	81	88	55	53	49	50	56	79	69
12/3/65	ส.	56	65	56	58	50	52	54	76	66
13/3/65	อา.	97	63	62	89	80	83	73	78	74
11/4/65	จ.	136	132	95	89	80	71	83	77	75
12/4/65	อ.	116	100	71	55	53	50	33	67	71

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (µg/m ³) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขต บริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี										
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.	20.00 น.	23.00 น.
13/4/65	พ.	86	72	63	64	58	55	45	52	55
14/4/65	พฤ.	69	55	53	48	51	48	51	67	65
15/4/65	ศ.	54	65	64	42	48	42	44	71	67
16/4/65	ส.	53	54	63	52	45	45	44	60	54
17/4/65	อา.	52	47	45	46	47	34	45	61	57
9/5/65	จ.	30	42	39	16	18	16	14	8	5
10/5/65	อ.	49	34	19	20	23	18	23	30	18
11/5/65	พ.	27	33	23	24	29	20	12	6	5
12/5/65	พฤ.	19	21	6	5	40	19	15	14	13
13/5/65	ศ.	27	14	11	13	32	14	11	5	4
14/5/65	ส.	25	23	24	15	17	14	16	15	11
15/5/65	อา.	17	38	31	29	30	13	14	7	9

ภาคผนวก ก.-4 ปริมาณฝุ่น PM₁₀ บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) (µg/m ³) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี										
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.	20.00 น.	23.00 น.
10/1/65	จ.	76	97	72	53	48	39	33	95	68
11/1/65	อ.	90	118	97	87	38	55	58	81	75
12/1/65	พ.	106	116	83	57	54	32	39	64	63
13/1/65	พ.จ.	77	87	58	63	55	40	59	77	74
14/1/65	ศ.	92	107	54	32	39	36	38	69	63
15/1/65	ส.	85	126	74	54	45	43	48	69	72
16/1/65	อา.	98	142	82	58	48	50	49	99	75
7/2/65	จ.	87	92	69	66	70	59	61	68	70
8/2/65	อ.	106	86	32	33	61	47	55	58	68
9/2/65	พ.	83	83	101	99	76	79	76	111	111
10/2/65	พ.จ.	86	112	52	53	59	64	52	65	70
11/2/65	ศ.	61	78	70	69	70	55	61	59	53
12/2/65	ส.	35	41	41	40	53	59	56	35	36
13/2/65	อา.	69	89	90	69	73	61	53	72	69
7/3/65	จ.	41	55	42	43	47	51	49	69	87
8/3/65	อ.	46	43	36	42	36	28	44	41	40
9/3/65	พ.	74	68	51	55	37	42	43	57	58
10/3/65	พ.จ.	81	150	79	77	51	57	72	77	75
11/3/65	ศ.	80	74	81	51	60	62	62	69	75
12/3/65	ส.	68	65	68	62	60	62	62	76	80
13/3/65	อา.	96	76	71	64	72	73	70	82	78
11/4/65	จ.	142	125	88	77	92	84	79	75	76
12/4/65	อ.	111	103	68	76	67	37	36	64	64
13/4/65	พ.	74	71	74	64	68	59	51	72	68
14/4/65	พ.จ.	73	65	61	66	72	58	65	76	72
15/4/65	ศ.	73	72	73	63	67	57	58	83	78

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) (µg/m ³) บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี										
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.	20.00 น.	23.00 น.
16/4/65	ส.	71	68	65	56	65	63	59	71	74
17/4/65	อา.	61	59	56	62	60	52	54	63	64
9/5/65	จ.	41	29	25	24	32	52	30	3	3
10/5/65	อ.	53	52	16	19	17	16	21	21	22
11/5/65	พ.	30	28	19	20	17	14	4	7	5
12/5/65	พ.จ.	24	18	17	15	4	7	12	19	23
13/5/65	ศ.	46	40	39	22	26	18	13	7	6
14/5/65	ส.	19	22	36	16	15	22	18	20	16
15/5/65	อา.	22	35	46	24	23	16	3	6	8



ภาคผนวก ก.-5 ปริมาณฝุ่น PM₁₀ บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬากลางจังหวัดอุทัยธานี

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬากลางจังหวัดอุทัยธานี										
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.	20.00 น.	23.00 น.
10/1/65	จ.	60	96	66	58	51	53	49	49	65
11/1/65	อ.	111	121	129	86	45	59	60	64	69
12/1/65	พ.	113	138	91	58	53	38	47	65	61
13/1/65	พ.ศ.	85	101	68	69	55	50	61	62	73
14/1/65	ศ.	115	139	71	71	49	41	52	50	67
15/1/65	ส.	96	140	77	60	49	44	52	65	67
16/1/65	อา.	122	192	113	71	56	58	60	64	80
7/2/65	จ.	85	103	78	85	79	76	73	69	73
8/2/65	อ.	109	84	47	84	46	54	54	59	62
9/2/65	พ.	76	107	109	118	94	90	78	118	98
10/2/65	พ.ศ.	109	128	67	74	72	67	57	68	71
11/2/65	ศ.	67	80	77	80	73	72	71	64	63
12/2/65	ส.	36	49	59	60	64	61	61	60	37
13/2/65	อา.	86	99	101	68	68	54	66	72	74
7/3/65	จ.	53	65	52	49	54	57	63	63	67
8/3/65	อ.	53	51	50	52	41	46	49	51	52
9/3/65	พ.	66	76	55	55	47	46	47	59	60
10/3/65	พ.ศ.	94	148	96	85	68	61	75	83	91
11/3/65	ศ.	92	106	105	66	69	66	68	82	89
12/3/65	ส.	72	80	85	62	61	63	73	83	90
13/3/65	อา.	118	82	85	81	76	77	83	84	79
11/4/65	จ.	144	150	112	105	102	91	87	76	79
12/4/65	อ.	127	114	83	75	72	49	52	48	52
13/4/65	พ.	96	89	85	77	76	66	66	68	68
14/4/65	พ.ศ.	78	74	70	76	69	68	65	85	73

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัด อุทัยธานี										
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.	20.00 น.	23.00 น.
15/4/65	ศ.	74	79	76	63	66	61	64	82	78
16/4/65	ส.	74	77	73	67	65	59	67	72	75
17/4/65	อา.	67	66	65	74	73	66	60	76	82
9/5/65	จ.	51	42	48	21	16	21	23	5	9
10/5/65	อ.	66	71	28	26	16	11	27	28	30
11/5/65	พ.	31	34	25	43	50	19	7	8	13
12/5/65	พฤ.	22	19	3	5	15	23	31	15	12
13/5/65	ศ.	35	56	45	22	21	19	14	6	4
14/5/65	ส.	15	26	30	11	19	16	17	11	10
15/5/65	อา.	14	41	33	11	14	15	3	6	7

ภาคผนวก ก.-6 ปริมาณฝุ่น PM₁₀ บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) (µg/m ³) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี										
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.	20.00 น.	23.00 น.
10/1/65	จ.	72	127	70	58	45	40	48	64	72
11/1/65	อ.	77	90	113	77	43	48	57	64	85
12/1/65	พ.	113	113	76	60	47	38	39	59	71
13/1/65	พ.ฤ.	76	85	74	50	46	44	48	59	68
14/1/65	ศ.	100	111	69	34	39	36	44	49	64
15/1/65	ส.	82	129	85	63	43	46	84	78	83
16/1/65	อา.	92	146	128	61	62	55	50	62	86
7/2/65	จ.	85	96	70	64	60	61	57	57	71
8/2/65	อ.	95	74	37	44	42	47	45	56	62
9/2/65	พ.	73	83	97	96	91	72	73	77	91
10/2/65	พ.ฤ.	90	83	65	62	68	56	48	59	65
11/2/65	ศ.	69	85	67	63	69	69	61	74	75
12/2/65	ส.	38	39	50	55	56	52	58	43	47
13/2/65	อา.	86	79	87	62	58	59	61	75	73
7/3/65	จ.	49	63	43	48	50	57	52	68	70
8/3/65	อ.	50	56	48	39	37	41	46	42	42
9/3/65	พ.	60	70	55	47	49	44	48	52	58
10/3/65	พ.ฤ.	73	128	86	68	65	69	69	89	79
11/3/65	ศ.	85	93	68	66	60	60	67	81	76
12/3/65	ส.	67	74	67	69	62	63	65	79	73
13/3/65	อา.	100	72	71	91	82	85	78	80	78
11/4/65	จ.	143	134	98	91	84	77	83	80	78
12/4/65	อ.	118	101	77	66	64	61	36	71	77
13/4/65	พ.	90	77	71	72	68	68	54	62	68

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) (µg/m ³) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขต บริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี										
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.	20.00 น.	23.00 น.
14/4/65	พ.ฤ.	75	66	65	58	60	59	61	73	74
15/4/65	ศ.	66	72	72	50	58	49	53	76	73
16/4/65	ส.	64	66	72	65	54	54	53	70	65
17/4/65	อา.	64	57	55	57	57	41	54	71	69
9/5/65	จ.	33	51	46	16	18	16	15	8	5
10/5/65	อ.	60	37	20	20	23	18	23	32	18
11/5/65	พ.	27	38	23	24	29	20	12	7	5
12/5/65	พ.ฤ.	19	21	7	5	47	21	16	14	13
13/5/65	ศ.	27	14	11	13	36	14	12	5	4
14/5/65	ส.	25	23	26	15	17	14	17	16	12
15/5/65	อา.	18	45	38	33	32	14	14	7	11

ภาคผนวก ข.-1 ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงจากฝุ่น PM_{2.5} บริเวณสถานีขนส่ง
จังหวัดอุทัยธานี

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) ตาม ช่วงเวลาบริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
ม.ค.	06.00 น.	0.034	6.72	mg/kg-day
	08.00 น.	0.043	8.58	mg/kg-day
	10.00 น.	0.027	5.45	mg/kg-day
	12.00 น.	0.020	3.92	mg/kg-day
	14.00 น.	0.016	3.15	mg/kg-day
	16.00 น.	0.015	2.91	mg/kg-day
	18.00 น.	0.016	3.20	mg/kg-day
	20.00 น.	0.028	5.55	mg/kg-day
	23.00 น.	0.024	4.72	mg/kg-day
	ก.พ.	06.00 น.	0.028	5.55
08.00 น.		0.031	6.14	mg/kg-day
10.00 น.		0.023	4.65	mg/kg-day
12.00 น.		0.022	4.35	mg/kg-day
14.00 น.		0.022	4.40	mg/kg-day
16.00 น.		0.020	4.08	mg/kg-day
18.00 น.		0.020	3.96	mg/kg-day
20.00 น.		0.023	4.67	mg/kg-day
23.00 น.		0.023	4.67	mg/kg-day
มี.ค.		06.00 น.	0.025	4.91
	08.00 น.	0.027	5.36	mg/kg-day
	10.00 น.	0.022	4.38	mg/kg-day
	12.00 น.	0.019	3.75	mg/kg-day
	14.00 น.	0.018	3.51	mg/kg-day
	16.00 น.	0.018	3.59	mg/kg-day
	18.00 น.	0.019	3.88	mg/kg-day
	20.00 น.	0.024	4.85	mg/kg-day
	23.00 น.	0.026	5.16	mg/kg-day
	เม.ย.	06.00 น.	0.031	6.12

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) ตาม ช่วงเวลาบริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
	08.00 น.	0.028	5.61	mg/kg-day
	10.00 น.	0.025	4.90	mg/kg-day
	12.00 น.	0.023	4.53	mg/kg-day
	14.00 น.	0.024	4.78	mg/kg-day
	16.00 น.	0.020	4.00	mg/kg-day
	18.00 น.	0.020	3.96	mg/kg-day
	20.00 น.	0.025	5.04	mg/kg-day
	23.00 น.	0.025	4.91	mg/kg-day
พ.ค	06.00 น.	0.012	2.39	mg/kg-day
	08.00 น.	0.012	2.31	mg/kg-day
	10.00 น.	0.010	2.05	mg/kg-day
	12.00 น.	0.008	1.55	mg/kg-day
	14.00 น.	0.007	1.49	mg/kg-day
	16.00 น.	0.008	1.56	mg/kg-day
	18.00 น.	0.005	1.09	mg/kg-day
	20.00 น.	0.005	0.93	mg/kg-day
	23.00 น.	0.005	0.91	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) รายวัน บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี					
เดือน	วัน	ว./ต./ป.	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง	หน่วย
มกราคม	จ	10-ม.ค.	0.023	4.59	mg/kg-day
	อ	11-ม.ค.	0.028	5.69	mg/kg-day
	พ	12-ม.ค.	0.024	4.85	mg/kg-day
	พฤ	13-ม.ค.	0.023	4.53	mg/kg-day
	ศ	14-ม.ค.	0.021	4.19	mg/kg-day
	ส	15-ม.ค.	0.024	4.77	mg/kg-day
	อ	16-ม.ค.	0.029	5.77	mg/kg-day
กุมภาพันธ์	จ	7-ก.พ.	0.025	4.93	mg/kg-day
	อ	8-ก.พ.	0.021	4.25	mg/kg-day
	พ	9-ก.พ.	0.034	6.86	mg/kg-day
	พฤ	10-ก.พ.	0.024	4.73	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) รายวัน บริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี					
เดือน	วัน	ว./ต./ป.	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง	หน่วย
	ศ	11-ก.พ.	0.021	4.24	mg/kg-day
	ส	12-ก.พ.	0.015	3.03	mg/kg-day
	อ	13-ก.พ.	0.025	5.02	mg/kg-day
มีนาคม	จ	7-มี.ค.	0.019	3.75	mg/kg-day
	อ	8-มี.ค.	0.014	2.77	mg/kg-day
	พ	9-มี.ค.	0.018	3.65	mg/kg-day
	พฤ	10-มี.ค.	0.029	5.77	mg/kg-day
	ศ	11-มี.ค.	0.024	4.74	mg/kg-day
	ส	12-มี.ค.	0.023	4.50	mg/kg-day
	อ	13-มี.ค.	0.027	5.47	mg/kg-day
เมษายน	จ	11-เม.ย.	0.035	7.00	mg/kg-day
	อ	12-เม.ย.	0.024	4.89	mg/kg-day
	พ	13-เม.ย.	0.023	4.55	mg/kg-day
	พฤ	14-เม.ย.	0.023	4.67	mg/kg-day
	ศ	15-เม.ย.	0.024	4.78	mg/kg-day
	ส	16-เม.ย.	0.022	4.37	mg/kg-day
	อ	17-เม.ย.	0.019	3.85	mg/kg-day
พฤษภาคม	จ	9-พ.ค.	0.010	1.96	mg/kg-day
	อ	10-พ.ค.	0.010	1.90	mg/kg-day
	พ	11-พ.ค.	0.006	1.24	mg/kg-day
	พฤ	12-พ.ค.	0.006	1.17	mg/kg-day
	ศ	13-พ.ค.	0.009	1.73	mg/kg-day
	ส	14-พ.ค.	0.008	1.58	mg/kg-day
	อ	15-พ.ค.	0.008	1.52	mg/kg-day

ภาคผนวก ข.-2 ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงจากฝุ่น PM_{2.5} บริเวณริมถนนสาย
หลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) ตาม ช่วงเวลาบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
ม.ค.	06.00 น.	0.033	6.65	mg/kg-day
	08.00 น.	0.044	8.86	mg/kg-day
	10.00 น.	0.028	5.59	mg/kg-day
	12.00 น.	0.020	3.97	mg/kg-day
	14.00 น.	0.015	2.99	mg/kg-day
	16.00 น.	0.014	2.89	mg/kg-day
	18.00 น.	0.016	3.17	mg/kg-day
	20.00 น.	0.017	3.47	mg/kg-day
	23.00 น.	0.021	4.18	mg/kg-day
	ก.พ.	06.00 น.	0.027	5.31
08.00 น.		0.031	6.14	mg/kg-day
10.00 น.		0.025	4.91	mg/kg-day
12.00 น.		0.026	5.26	mg/kg-day
14.00 น.		0.022	4.41	mg/kg-day
16.00 น.		0.021	4.14	mg/kg-day
18.00 น.		0.020	4.02	mg/kg-day
20.00 น.		0.021	4.25	mg/kg-day
23.00 น.		0.021	4.22	mg/kg-day
มี.ค.		06.00 น.	0.025	5.04
	08.00 น.	0.029	5.74	mg/kg-day
	10.00 น.	0.024	4.89	mg/kg-day
	12.00 น.	0.020	3.97	mg/kg-day
	14.00 น.	0.018	3.52	mg/kg-day
	16.00 น.	0.018	3.62	mg/kg-day
	18.00 น.	0.020	4.09	mg/kg-day
	20.00 น.	0.024	4.72	mg/kg-day
	23.00 น.	0.024	4.84	mg/kg-day
	เม.ย.	06.00 น.	0.030	6.09

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) ตาม ช่วงเวลาบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
	08.00 น.	0.030	6.07	mg/kg-day
	10.00 น.	0.026	5.16	mg/kg-day
	12.00 น.	0.024	4.90	mg/kg-day
	14.00 น.	0.023	4.67	mg/kg-day
	16.00 น.	0.020	3.98	mg/kg-day
	18.00 น.	0.020	3.94	mg/kg-day
	20.00 น.	0.024	4.77	mg/kg-day
	23.00 น.	0.024	4.72	mg/kg-day
พ.ค	06.00 น.	0.010	2.05	mg/kg-day
	08.00 น.	0.013	2.52	mg/kg-day
	10.00 น.	0.009	1.89	mg/kg-day
	12.00 น.	0.007	1.32	mg/kg-day
	14.00 น.	0.007	1.42	mg/kg-day
	16.00 น.	0.006	1.22	mg/kg-day
	18.00 น.	0.006	1.20	mg/kg-day
	20.00 น.	0.004	0.78	mg/kg-day
	23.00 น.	0.004	0.82	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) รายวัน บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี					
เดือน	วัน	ว./ต./ป.	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง	หน่วย
มกราคม	จ	10-ม.ค.	0.018	3.55	mg/kg-day
	อ	11-ม.ค.	0.026	5.26	mg/kg-day
	พ	12-ม.ค.	0.023	4.65	mg/kg-day
	พฤ	13-ม.ค.	0.021	4.26	mg/kg-day
	ศ	14-ม.ค.	0.022	4.48	mg/kg-day
	ส	15-ม.ค.	0.023	4.53	mg/kg-day
	อ	16-ม.ค.	0.029	5.77	mg/kg-day
กุมภาพันธ์	จ	7-ก.พ.	0.026	5.20	mg/kg-day
	อ	8-ก.พ.	0.021	4.16	mg/kg-day
	พ	9-ก.พ.	0.033	6.63	mg/kg-day
	พฤ	10-ก.พ.	0.025	4.97	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) รายวัน บริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬากลางจังหวัดอุทัยธานี					
เดือน	วัน	ว./ต./ป.	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง	หน่วย
	ศ	11-ก.พ.	0.022	4.48	mg/kg-day
	ส	12-ก.พ.	0.015	2.98	mg/kg-day
	อ	13-ก.พ.	0.024	4.76	mg/kg-day
มีนาคม	จ	7-มี.ค.	0.017	3.35	mg/kg-day
	อ	8-มี.ค.	0.015	2.92	mg/kg-day
	พ	9-มี.ค.	0.017	3.44	mg/kg-day
	พฤ	10-มี.ค.	0.030	5.94	mg/kg-day
	ศ	11-มี.ค.	0.026	5.27	mg/kg-day
	ส	12-มี.ค.	0.024	4.75	mg/kg-day
	อ	13-มี.ค.	0.029	5.77	mg/kg-day
เมษายน	จ	11-เม.ย.	0.036	7.10	mg/kg-day
	อ	12-เม.ย.	0.024	4.78	mg/kg-day
	พ	13-เม.ย.	0.024	4.82	mg/kg-day
	พฤ	14-เม.ย.	0.023	4.66	mg/kg-day
	ศ	15-เม.ย.	0.022	4.49	mg/kg-day
	ส	16-เม.ย.	0.022	4.30	mg/kg-day
	อ	17-เม.ย.	0.021	4.29	mg/kg-day
พฤษภาคม	จ	9-พ.ค.	0.008	1.64	mg/kg-day
	อ	10-พ.ค.	0.011	2.17	mg/kg-day
	พ	11-พ.ค.	0.008	1.63	mg/kg-day
	พฤ	12-พ.ค.	0.005	1.10	mg/kg-day
	ศ	13-พ.ค.	0.008	1.58	mg/kg-day
	ส	14-พ.ค.	0.006	1.16	mg/kg-day
	อ	15-พ.ค.	0.005	1.01	mg/kg-day

ภาคผนวก ข.-3 ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงจากจากฝุ่น PM_{2.5} บริเวณ
มหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
ม.ค.	6.00 น.	0.031	6.25	mg/kg-day
	8.00 น.	0.042	8.30	mg/kg-day
	10.00 น.	0.031	6.12	mg/kg-day
	12.00 น.	0.018	3.67	mg/kg-day
	14.00 น.	0.015	2.99	mg/kg-day
	16.00 น.	0.014	2.82	mg/kg-day
	18.00 น.	0.017	3.45	mg/kg-day
	20.00 น.	0.020	3.98	mg/kg-day
	23.00 น.	0.025	5.05	mg/kg-day
	ก.พ.	6.00 น.	0.026	5.25
8.00 น.		0.026	5.16	mg/kg-day
10.00 น.		0.022	4.49	mg/kg-day
12.00 น.		0.020	4.09	mg/kg-day
14.00 น.		0.021	4.11	mg/kg-day
16.00 น.		0.019	3.77	mg/kg-day
18.00 น.		0.018	3.65	mg/kg-day
20.00 น.		0.021	4.12	mg/kg-day
23.00 น.		0.023	4.55	mg/kg-day
มี.ค.		6.00 น.	0.023	4.58
	8.00 น.	0.026	5.30	mg/kg-day
	10.00 น.	0.020	4.09	mg/kg-day
	12.00 น.	0.020	3.97	mg/kg-day
	14.00 น.	0.018	3.65	mg/kg-day
	16.00 น.	0.019	3.88	mg/kg-day
	18.00 น.	0.019	3.89	mg/kg-day
	20.00 น.	0.024	4.86	mg/kg-day
	23.00 น.	0.023	4.61	mg/kg-day
	เม.ย.	6.00 น.	0.030	6.06

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
	8.00 น.	0.028	5.62	mg/kg-day
	10.00 น.	0.024	4.86	mg/kg-day
	12.00 น.	0.021	4.24	mg/kg-day
	14.00 น.	0.020	4.09	mg/kg-day
	16.00 น.	0.018	3.69	mg/kg-day
	18.00 น.	0.018	3.69	mg/kg-day
	20.00 น.	0.024	4.87	mg/kg-day
	23.00 น.	0.024	4.75	mg/kg-day
พ.ค	6.00 น.	0.010	2.08	mg/kg-day
	8.00 น.	0.011	2.19	mg/kg-day
	10.00 น.	0.008	1.64	mg/kg-day
	12.00 น.	0.007	1.31	mg/kg-day
	14.00 น.	0.010	2.02	mg/kg-day
	16.00 น.	0.006	1.22	mg/kg-day
	18.00 น.	0.006	1.12	mg/kg-day
	20.00 น.	0.005	0.91	mg/kg-day
	23.00 น.	0.003	0.70	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี					
เดือน	วัน	ว./ต./ป.	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง	หน่วย
ม.ค.	จ	10-ม.ค.	0.022	4.41	mg/kg-day
	อ	11-ม.ค.	0.025	5.04	mg/kg-day
	พ	12-ม.ค.	0.023	4.64	mg/kg-day
	พฤ	13-ม.ค.	0.020	4.04	mg/kg-day
	ศ	14-ม.ค.	0.020	4.08	mg/kg-day
	ส	15-ม.ค.	0.027	5.42	mg/kg-day
	อ	16-ม.ค.	0.028	5.52	mg/kg-day
ก.พ.	จ	7-ก.พ.	0.023	4.54	mg/kg-day
	อ	8-ก.พ.	0.018	3.67	mg/kg-day
	พ	9-ก.พ.	0.030	5.92	mg/kg-day
	พฤ	10-ก.พ.	0.022	4.33	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี					
เดือน	วัน	ว./ต./ป.	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง	หน่วย
	ศ	11-ก.พ.	0.021	4.26	mg/kg-day
	ส	12-ก.พ.	0.015	3.10	mg/kg-day
	อ	13-ก.พ.	0.023	4.67	mg/kg-day
มี.ค.	จ	7-มี.ค.	0.018	3.51	mg/kg-day
	อ	8-มี.ค.	0.014	2.85	mg/kg-day
	พ	9-มี.ค.	0.017	3.37	mg/kg-day
	พฤ	10-มี.ค.	0.027	5.39	mg/kg-day
	ศ	11-มี.ค.	0.024	4.83	mg/kg-day
	ส	12-มี.ค.	0.022	4.44	mg/kg-day
	อ	13-มี.ค.	0.029	5.82	mg/kg-day
เม.ย.	จ	11-เม.ย.	0.035	6.97	mg/kg-day
	อ	12-เม.ย.	0.026	5.13	mg/kg-day
	พ	13-เม.ย.	0.023	4.58	mg/kg-day
	พฤ	14-เม.ย.	0.021	4.22	mg/kg-day
	ศ	15-เม.ย.	0.021	4.14	mg/kg-day
	ส	16-เม.ย.	0.020	3.91	mg/kg-day
	อ	17-เม.ย.	0.018	3.61	mg/kg-day
พ.ค.	จ	9-พ.ค.	0.008	1.56	mg/kg-day
	อ	10-พ.ค.	0.010	1.95	mg/kg-day
	พ	11-พ.ค.	0.007	1.49	mg/kg-day
	พฤ	12-พ.ค.	0.006	1.26	mg/kg-day
	ศ	13-พ.ค.	0.005	1.09	mg/kg-day
	ส	14-พ.ค.	0.007	1.33	mg/kg-day
	อ	15-พ.ค.	0.008	1.56	mg/kg-day

ภาคผนวก ข-4. ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงจากฝุ่น PM₁₀ บริเวณสถานีขนส่ง
จังหวัดอุทัยธานี

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) ตาม ช่วงเวลาบริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
ม.ค.	6.00 น.	0.035	3.23	mg/kg-day
	8.00 น.	0.045	4.10	mg/kg-day
	10.00 น.	0.030	2.69	mg/kg-day
	12.00 น.	0.023	2.09	mg/kg-day
	14.00 น.	0.019	1.69	mg/kg-day
	16.00 น.	0.017	1.53	mg/kg-day
	18.00 น.	0.018	1.68	mg/kg-day
	20.00 น.	0.032	2.86	mg/kg-day
	23.00 น.	0.028	2.53	mg/kg-day
	ก.พ.	6.00 น.	0.030	2.73
8.00 น.		0.033	3.00	mg/kg-day
10.00 น.		0.026	2.35	mg/kg-day
12.00 น.		0.024	2.22	mg/kg-day
14.00 น.		0.026	2.39	mg/kg-day
16.00 น.		0.024	2.19	mg/kg-day
18.00 น.		0.024	2.14	mg/kg-day
20.00 น.		0.027	2.42	mg/kg-day
มี.ค.	6.00 น.	0.028	2.51	mg/kg-day
	8.00 น.	0.030	2.75	mg/kg-day
	10.00 น.	0.024	2.21	mg/kg-day
	12.00 น.	0.022	2.04	mg/kg-day
	14.00 น.	0.021	1.88	mg/kg-day
	16.00 น.	0.021	1.94	mg/kg-day
	18.00 น.	0.023	2.08	mg/kg-day
	20.00 น.	0.027	2.44	mg/kg-day
เม.ย.	6.00 น.	0.034	3.13	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) ตาม ช่วงเวลาบริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
	8.00 น.	0.032	2.91	mg/kg-day
	10.00 น.	0.028	2.51	mg/kg-day
	12.00 น.	0.026	2.40	mg/kg-day
	14.00 น.	0.028	2.54	mg/kg-day
	16.00 น.	0.023	2.12	mg/kg-day
	18.00 น.	0.023	2.08	mg/kg-day
	20.00 น.	0.029	2.61	mg/kg-day
	23.00 น.	0.028	2.56	mg/kg-day
พ.ค	6.00 น.	0.013	1.22	mg/kg-day
	8.00 น.	0.013	1.16	mg/kg-day
	10.00 น.	0.011	1.02	mg/kg-day
	12.00 น.	0.008	0.72	mg/kg-day
	14.00 น.	0.008	0.69	mg/kg-day
	16.00 น.	0.008	0.75	mg/kg-day
	18.00 น.	0.006	0.52	mg/kg-day
	20.00 น.	0.005	0.43	mg/kg-day
	23.00 น.	0.005	0.43	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) รายวันเวลาบริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี					
เดือน	วัน	ว./ด./ป.	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง	หน่วย
มกราคม	จ	10-ม.ค.	0.026	2.34	mg/kg-day
	อ	11-ม.ค.	0.031	2.81	mg/kg-day
	พ	12-ม.ค.	0.027	2.47	mg/kg-day
	พฤ	13-ม.ค.	0.026	2.37	mg/kg-day
	ศ	14-ม.ค.	0.023	2.13	mg/kg-day
	ส	15-ม.ค.	0.027	2.48	mg/kg-day
	อ	16-ม.ค.	0.031	2.82	mg/kg-day
กุมภาพันธ์	จ	7-ก.พ.	0.028	2.58	mg/kg-day
	อ	8-ก.พ.	0.024	2.20	mg/kg-day
	พ	9-ก.พ.	0.036	3.29	mg/kg-day
	พฤ	10-ก.พ.	0.027	2.47	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) รายวันเวลาบริเวณสถานีขนส่งจังหวัดอุทัยธานี					
เดือน	วัน	ว./ต./ป.	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง	หน่วย
	ศ	11-ก.พ.	0.025	2.32	mg/kg-day
	ส	12-ก.พ.	0.018	1.59	mg/kg-day
	อ	13-ก.พ.	0.029	2.59	mg/kg-day
มีนาคม	จ	7-มี.ค.	0.021	1.95	mg/kg-day
	อ	8-มี.ค.	0.016	1.43	mg/kg-day
	พ	9-มี.ค.	0.021	1.95	mg/kg-day
	พฤ	10-มี.ค.	0.032	2.89	mg/kg-day
	ศ	11-มี.ค.	0.027	2.47	mg/kg-day
	ส	12-มี.ค.	0.027	2.42	mg/kg-day
	อ	13-มี.ค.	0.030	2.74	mg/kg-day
เมษายน	จ	11-เม.ย.	0.037	3.37	mg/kg-day
	อ	12-เม.ย.	0.028	2.52	mg/kg-day
	พ	13-เม.ย.	0.027	2.42	mg/kg-day
	พฤ	14-เม.ย.	0.027	2.45	mg/kg-day
	ศ	15-เม.ย.	0.028	2.51	mg/kg-day
	ส	16-เม.ย.	0.026	2.38	mg/kg-day
	อ	17-เม.ย.	0.023	2.14	mg/kg-day
	พฤษภาคม	จ	9-พ.ค.	0.011	0.96
อ		10-พ.ค.	0.010	0.95	mg/kg-day
พ		11-พ.ค.	0.006	0.58	mg/kg-day
พฤ		12-พ.ค.	0.006	0.56	mg/kg-day
ศ		13-พ.ค.	0.010	0.87	mg/kg-day
ส		14-พ.ค.	0.008	0.74	mg/kg-day
อ		15-พ.ค.	0.008	0.74	mg/kg-day

ภาคผนวก ข-5. ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงจากฝุ่น PM₁₀ บริเวณริมถนนสาย
หลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) ตามช่วงเวลาบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
ม.ค.	6.00 น.	0.035	3.16	mg/kg-day
	8.00 น.	0.046	4.18	mg/kg-day
	10.00 น.	0.030	2.77	mg/kg-day
	12.00 น.	0.023	2.13	mg/kg-day
	14.00 น.	0.018	1.61	mg/kg-day
	16.00 น.	0.017	1.55	mg/kg-day
	18.00 น.	0.019	1.72	mg/kg-day
	20.00 น.	0.021	1.89	mg/kg-day
	23.00 น.	0.024	2.17	mg/kg-day
	ก.พ.	6.00 น.	0.028	2.56
8.00 น.		0.032	2.93	mg/kg-day
10.00 น.		0.027	2.42	mg/kg-day
12.00 น.		0.028	2.56	mg/kg-day
14.00 น.		0.025	2.24	mg/kg-day
16.00 น.		0.023	2.14	mg/kg-day
18.00 น.		0.023	2.07	mg/kg-day
20.00 น.		0.025	2.30	mg/kg-day
มี.ค.	6.00 น.	0.027	2.47	mg/kg-day
	8.00 น.	0.030	2.74	mg/kg-day
	10.00 น.	0.026	2.38	mg/kg-day
	12.00 น.	0.022	2.03	mg/kg-day
	14.00 น.	0.021	1.87	mg/kg-day
	16.00 น.	0.021	1.87	mg/kg-day
	18.00 น.	0.023	2.06	mg/kg-day
	20.00 น.	0.025	2.28	mg/kg-day
เม.ย.	6.00 น.	0.033	2.97	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) ตามช่วงเวลาบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
	8.00 น.	0.032	2.92	mg/kg-day
	10.00 น.	0.028	2.54	mg/kg-day
	12.00 น.	0.027	2.42	mg/kg-day
	14.00 น.	0.026	2.36	mg/kg-day
	16.00 น.	0.023	2.07	mg/kg-day
	18.00 น.	0.023	2.08	mg/kg-day
	20.00 น.	0.025	2.28	mg/kg-day
	23.00 น.	0.025	2.28	mg/kg-day
พ.ค	6.00 น.	0.012	1.05	mg/kg-day
	8.00 น.	0.014	1.30	mg/kg-day
	10.00 น.	0.011	0.96	mg/kg-day
	12.00 น.	0.007	0.63	mg/kg-day
	14.00 น.	0.007	0.68	mg/kg-day
	16.00 น.	0.006	0.56	mg/kg-day
	18.00 น.	0.006	0.55	mg/kg-day
	20.00 น.	0.004	0.36	mg/kg-day
	23.00 น.	0.004	0.38	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) รายวันบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี					
เดือน	วัน	ว./ต./ป.	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง	หน่วย
มกราคม	จ	10-ม.ค.	0.026	2.34	mg/kg-day
	อ	11-ม.ค.	0.031	2.81	mg/kg-day
	พ	12-ม.ค.	0.027	2.47	mg/kg-day
	พฤ	13-ม.ค.	0.026	2.37	mg/kg-day
	ศ	14-ม.ค.	0.023	2.13	mg/kg-day
	ส	15-ม.ค.	0.027	2.48	mg/kg-day
	อ	16-ม.ค.	0.031	2.82	mg/kg-day
กุมภาพันธ์	จ	7-ก.พ.	0.028	2.58	mg/kg-day
	อ	8-ก.พ.	0.024	2.20	mg/kg-day
	พ	9-ก.พ.	0.036	3.29	mg/kg-day
	พฤ	10-ก.พ.	0.027	2.47	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) รายวันบริเวณริมถนนสายหลักหน้าสนามกีฬาากลางจังหวัดอุทัยธานี					
เดือน	วัน	ว./ต./ป.	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง	หน่วย
	ศ	11-ก.พ.	0.025	2.32	mg/kg-day
	ส	12-ก.พ.	0.018	1.59	mg/kg-day
	อ	13-ก.พ.	0.029	2.59	mg/kg-day
มีนาคม	จ	7-มี.ค.	0.021	1.95	mg/kg-day
	อ	8-มี.ค.	0.016	1.43	mg/kg-day
	พ	9-มี.ค.	0.021	1.95	mg/kg-day
	พฤ	10-มี.ค.	0.032	2.89	mg/kg-day
	ศ	11-มี.ค.	0.027	2.47	mg/kg-day
	ส	12-มี.ค.	0.027	2.42	mg/kg-day
	อ	13-มี.ค.	0.030	2.74	mg/kg-day
เมษายน	จ	11-เม.ย.	0.037	3.37	mg/kg-day
	อ	12-เม.ย.	0.028	2.52	mg/kg-day
	พ	13-เม.ย.	0.027	2.42	mg/kg-day
	พฤ	14-เม.ย.	0.027	2.45	mg/kg-day
	ศ	15-เม.ย.	0.028	2.51	mg/kg-day
	ส	16-เม.ย.	0.026	2.38	mg/kg-day
	อ	17-เม.ย.	0.023	2.14	mg/kg-day
พฤษภาคม	จ	9-พ.ค.	0.011	0.96	mg/kg-day
	อ	10-พ.ค.	0.010	0.95	mg/kg-day
	พ	11-พ.ค.	0.006	0.58	mg/kg-day
	พฤ	12-พ.ค.	0.006	0.56	mg/kg-day
	ศ	13-พ.ค.	0.010	0.87	mg/kg-day
	ส	14-พ.ค.	0.008	0.74	mg/kg-day
	อ	15-พ.ค.	0.008	0.74	mg/kg-day

ภาคผนวก ข.-6. ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงจากฝุ่น PM₁₀ บริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) ตามช่วงเวลาบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
ม.ค.	6.00 น.	0.033	2.98	mg/kg-day
	8.00 น.	0.043	3.90	mg/kg-day
	10.00 น.	0.033	2.99	mg/kg-day
	12.00 น.	0.022	1.96	mg/kg-day
	14.00 น.	0.017	1.58	mg/kg-day
	16.00 น.	0.016	1.49	mg/kg-day
	18.00 น.	0.020	1.80	mg/kg-day
	20.00 น.	0.023	2.12	mg/kg-day
	23.00 น.	0.028	2.57	mg/kg-day
	ก.พ.	6.00 น.	0.029	2.61
8.00 น.		0.029	2.62	mg/kg-day
10.00 น.		0.025	2.30	mg/kg-day
12.00 น.		0.024	2.17	mg/kg-day
14.00 น.		0.024	2.16	mg/kg-day
16.00 น.		0.022	2.02	mg/kg-day
18.00 น.		0.022	1.96	mg/kg-day
20.00 น.		0.024	2.14	mg/kg-day
มี.ค.	6.00 น.	0.026	2.35	mg/kg-day
	8.00 น.	0.030	2.70	mg/kg-day
	10.00 น.	0.023	2.13	mg/kg-day
	12.00 น.	0.023	2.08	mg/kg-day
	14.00 น.	0.022	1.97	mg/kg-day
	16.00 น.	0.022	2.04	mg/kg-day
	18.00 น.	0.023	2.07	mg/kg-day
	20.00 น.	0.026	2.39	mg/kg-day
เม.ย.	6.00 น.	0.033	3.02	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) ตามช่วงเวลาบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
	8.00 น.	0.031	2.79	mg/kg-day
	10.00 น.	0.027	2.48	mg/kg-day
	12.00 น.	0.025	2.23	mg/kg-day
	14.00 น.	0.024	2.16	mg/kg-day
	16.00 น.	0.022	1.99	mg/kg-day
	18.00 น.	0.021	1.92	mg/kg-day
	20.00 น.	0.027	2.45	mg/kg-day
	23.00 น.	0.027	2.45	mg/kg-day
พ.ค	6.00 น.	0.011	1.02	mg/kg-day
	8.00 น.	0.012	1.11	mg/kg-day
	10.00 น.	0.009	0.83	mg/kg-day
	12.00 น.	0.007	0.61	mg/kg-day
	14.00 น.	0.011	0.98	mg/kg-day
	16.00 น.	0.006	0.57	mg/kg-day
	18.00 น.	0.006	0.53	mg/kg-day
	20.00 น.	0.005	0.43	mg/kg-day
	23.00 น.	0.004	0.33	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) รายวันบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี					
เดือน	วัน	ว./ด./ป.	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง	หน่วย
ม.ค.	จ	10-ม.ค.	0.025	2.25	mg/kg-day
	อ	11-ม.ค.	0.027	2.47	mg/kg-day
	พ	12-ม.ค.	0.026	2.33	mg/kg-day
	พฤ	13-ม.ค.	0.023	2.08	mg/kg-day
	ศ	14-ม.ค.	0.023	2.07	mg/kg-day
	ส	15-ม.ค.	0.029	2.62	mg/kg-day
	อ	16-ม.ค.	0.031	2.81	mg/kg-day
ก.พ.	จ	7-ก.พ.	0.026	2.35	mg/kg-day
	อ	8-ก.พ.	0.021	1.90	mg/kg-day
	พ	9-ก.พ.	0.031	2.85	mg/kg-day
	พฤ	10-ก.พ.	0.025	2.25	mg/kg-day

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) รายวันบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหงสาขาวิทยาเขตบริการเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดอุทัยธานี					
เดือน	วัน	ว./ต./ป.	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง	หน่วย
	ศ	11-ก.พ.	0.026	2.39	mg/kg-day
	ส	12-ก.พ.	0.018	1.66	mg/kg-day
	อ	13-ก.พ.	0.027	2.42	mg/kg-day
มี.ค.	จ	7-มี.ค.	0.021	1.89	mg/kg-day
	อ	8-มี.ค.	0.017	1.52	mg/kg-day
	พ	9-มี.ค.	0.020	1.83	mg/kg-day
	พฤ	10-มี.ค.	0.030	2.75	mg/kg-day
	ศ	11-มี.ค.	0.027	2.48	mg/kg-day
	ส	12-มี.ค.	0.026	2.34	mg/kg-day
	อ	13-มี.ค.	0.031	2.79	mg/kg-day
เม.ย.	จ	11-เม.ย.	0.036	3.28	mg/kg-day
	อ	12-เม.ย.	0.028	2.54	mg/kg-day
	พ	13-เม.ย.	0.026	2.38	mg/kg-day
	พฤ	14-เม.ย.	0.025	2.24	mg/kg-day
	ศ	15-เม.ย.	0.024	2.15	mg/kg-day
	ส	16-เม.ย.	0.023	2.13	mg/kg-day
	อ	17-เม.ย.	0.022	1.99	mg/kg-day
พ.ค.	จ	9-พ.ค.	0.009	0.79	mg/kg-day
	อ	10-พ.ค.	0.010	0.95	mg/kg-day
	พ	11-พ.ค.	0.008	0.70	mg/kg-day
	พฤ	12-พ.ค.	0.007	0.62	mg/kg-day
	ศ	13-พ.ค.	0.006	0.51	mg/kg-day
	ส	14-พ.ค.	0.007	0.62	mg/kg-day
	อ	15-พ.ค.	0.009	0.80	mg/kg-day

ภาคผนวก ค.-1 ปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (µg/m ³) ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ค./ป.	วัน	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
1 ก.ค. 65	ศ	13	34	27	31	33	25	55
2 ก.ค. 65	ส	2	44	24	13	19	21	47
3 ก.ค. 65	อ	33	33	34	36	19	21	18
4 ก.ค. 65	จ	12	10	8	4	5	9	10
5 ก.ค. 65	อ	6	13	8	9	3	14	7
6 ก.ค. 65	พ	8	13	18	9	11	10	8
7 ก.ค. 65	พฤ	25	23	10	22	7	7	5
8 ก.ค. 65	ศ	3	13	9	7	11	19	17
9 ก.ค. 65	ส	14	17	15	14	11	14	19
10 ก.ค. 65	อ	15	15	10	7	13	17	17
11 ก.ค. 65	จ	18	17	17	11	7	7	11
12 ก.ค. 65	อ	19	29	24	33	33	25	29
13 ก.ค. 65	พ	42	40	25	24	29	28	26
14 ก.ค. 65	พฤ	29	35	22	20	16	19	22
15 ก.ค. 65	ศ	32	35	31	20	18	21	28
16 ก.ค. 65	ส	14	17	15	14	11	14	19
17 ก.ค. 65	อ	4	20	13	17	22	18	32
18 ก.ค. 65	จ	8	12	14	10	9	3	25
19 ก.ค. 65	อ	22	29	21	23	12	15	12
20 ก.ค. 65	พ	5	26	4	10	12	13	4
21 ก.ค. 65	พฤ	2	10	6	4	4	3	3
22 ก.ค. 65	ศ	4	7	6	5	6	8	6
23 ก.ค. 65	ส	10	11	3	5	3	3	4
24 ก.ค. 65	อ	1	1	1	3	2	6	10
25 ก.ค. 65	จ	10	6	3	8	6	6	15
26 ก.ค. 65	อ	3	8	11	3	11	10	13

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (µg/m ³) ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ค./ป.	วัน	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
27 ก.ค. 65	พ	8	19	8	6	2	5	5
28 ก.ค. 65	พฤ	13	21	18	20	23	13	23
29 ก.ค. 65	ศ	28	22	14	10	15	18	12
30 ก.ค. 65	ส	19	24	15	11	12	13	15
31 ก.ค. 65	อ	14	24	10	16	11	18	20
1 มิ.ย. 65	จ	32	37	20	20	19	17	19
2 มิ.ย. 65	อ	24	28	19	23	23	31	27
3 มิ.ย. 65	พ	25	17	16	16	18	13	21
4 มิ.ย. 65	พฤ	25	11	10	11	7	8	11
5 มิ.ย. 65	ศ	14	4	14	7	9	10	9
6 มิ.ย. 65	ส	5	20	5	6	3	4	10
7 มิ.ย. 65	อ	3	1	6	3	4	2	3
8 มิ.ย. 65	จ	7	8	6	5	6	10	7
9 มิ.ย. 65	อ	20	19	22	8	9	11	27
10 มิ.ย. 65	พ	19	35	32	18	21	18	19
11 มิ.ย. 65	พฤ	13	15	13	7	16	9	9
12 มิ.ย. 65	ศ	11	18	11	13	10	11	12
13 มิ.ย. 65	ส	14	19	11	9	10	10	14
14 มิ.ย. 65	อ	10	27	19	18	14	15	24
15 มิ.ย. 65	จ	29	38	31	25	19	16	17
16 มิ.ย. 65	อ	28	45	41	40	39	2	1
17 มิ.ย. 65	พ	17	12	16	15	8	1	13
18 มิ.ย. 65	พฤ	21	10	16	15	12	10	20
19 มิ.ย. 65	ศ	5	20	14	4	4	3	2
20 มิ.ย. 65	ส	7	6	11	2	1	5	11
21 มิ.ย. 65	อ	5	12	9	6	2	3	5
22 มิ.ย. 65	จ	5	9	11	5	4	3	11
23 มิ.ย. 65	อ	7	13	11	7	8	9	14

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (µg/m ³) ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ค./ป.	วัน	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
24 มิ.ย. 65	พ	9	15	13	9	11	7	12
25 มิ.ย. 65	พฤ	10	22	13	24	21	19	26
26 มิ.ย. 65	ศ	33	45	41	19	21	13	15
27 มิ.ย. 65	ส	11	9	10	5	3	14	11
28 มิ.ย. 65	อ	14	13	8	4	3	1	2
29 มิ.ย. 65	จ	11	11	17	2	4	2	8
30 มิ.ย. 65	อ	6	11	9	3	8	3	5
1 ส.ค. 65	พ	20	25	16	13	12	12	13
2 ส.ค. 65	พฤ	14	17	10	17	18	20	23
3 ส.ค. 65	ศ	13	10	8	4	6	6	4
4 ส.ค. 65	ส	11	9	3	8	2	3	5
5 ส.ค. 65	อ	3	10	6	2	6	4	1
6 ส.ค. 65	จ	1	7	2	2	1	1	6
7 ส.ค. 65	อ	1	1	1	1	1	1	1
8 ส.ค. 65	พ	1	1	3	2	1	2	1
9 ส.ค. 65	พฤ	17	11	8	3	4	11	20
10 ส.ค. 65	ศ	7	23	9	8	9	6	10
11 ส.ค. 65	ส	4	9	7	3	14	5	8
12 ส.ค. 65	อ	3	14	6	7	6	9	9
13 ส.ค. 65	จ	8	9	5	3	6	5	12
14 ส.ค. 65	อ	4	15	8	11	9	11	18
15 ส.ค. 65	พ	17	26	22	14	12	11	8
16 ส.ค. 65	พฤ	12	29	33	28	28	1	1
17 ส.ค. 65	ศ	8	7	6	7	1	1	4
18 ส.ค. 65	ส	1	1	7	11	17	3	19
19 ส.ค. 65	อ	1	7	7	1	1	1	1
20 ส.ค. 65	จ	1	1	6	1	1	1	4
21 ส.ค. 65	อ	1	5	4	1	1	1	1

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (µg/m ³) ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ค./ป.	วัน	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
22 ส.ค. 65	พ	1	5	5	1	1	1	3
23 ส.ค. 65	พฤ	2	9	5	2	2	7	11
24 ส.ค. 65	ศ	3	9	6	2	4	2	5
25 ส.ค. 65	ส	2	12	5	15	11	12	17
26 ส.ค. 65	อ	21	26	22	11	12	7	7
27 ส.ค. 65	จ	4	5	5	1	1	8	5
28 ส.ค. 65	อ	7	6	3	1	1	1	1
29 ส.ค. 65	พ	4	5	7	1	1	1	6
30 ส.ค. 65	พฤ	1	5	2	1	1	1	6
31 ส.ค. 65	ศ	5	9	11	5	4	3	11

ภาคผนวก ค.-2 ปริมาณฝุ่น PM₁₀ ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) (µg/m ³) ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ต./ป.	วัน	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
1 ก.ค. 65	ศ	14	38	28	32	36	25	69
2 ก.ค. 65	ส	2	55	25	13	19	22	59
3 ก.ค. 65	อ	44	38	38	43	19	24	20
4 ก.ค. 65	จ	12	13	9	6	4	10	11
5 ก.ค. 65	อ	7	17	9	3	10	15	7
6 ก.ค. 65	พ	10	15	21	11	16	10	15
7 ก.ค. 65	พฤ	28	29	10	23	11	7	5
8 ก.ค. 65	ศ	3	13	9	7	11	19	18
9 ก.ค. 65	ส	15	17	16	14	12	15	20
10 ก.ค. 65	อ	15	18	11	7	20	17	18
11 ก.ค. 65	จ	20	19	19	12	8	7	14
12 ก.ค. 65	อ	24	32	28	39	43	26	29
13 ก.ค. 65	พ	49	47	26	24	30	29	29
14 ก.ค. 65	พฤ	33	43	27	21	19	27	25
15 ก.ค. 65	ศ	35	48	34	22	18	23	32
16 ก.ค. 65	ส	15	17	16	14	12	15	20
17 ก.ค. 65	อ	10	35	19	24	34	27	56
18 ก.ค. 65	จ	3	22	24	21	15	7	49
19 ก.ค. 65	อ	39	53	32	35	19	25	19
20 ก.ค. 65	พ	13	47	9	16	2	21	8
21 ก.ค. 65	พฤ	6	12	11	1	8	8	9
22 ก.ค. 65	ศ	8	15	11	9	14	16	14
23 ก.ค. 65	ส	19	19	8	11	8	6	9
24 ก.ค. 65	อ	0	4	5	8	10	12	17
25 ก.ค. 65	จ	17	16	9	14	10	13	25
26 ก.ค. 65	อ	9	14	18	9	20	16	21

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) (µg/m ³) ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ค./ป.	วัน	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
27 ก.ค. 65	พ	15	21	13	12	5	11	8
28 ก.ค. 65	พฤ	23	32	26	26	35	22	34
29 ก.ค. 65	ศ	45	36	19	18	22	29	19
30 ก.ค. 65	ส	32	43	23	19	24	21	22
31 ก.ค. 65	อ	24	43	15	22	20	25	34
1 มิ.ย. 65	จ	35	45	21	23	20	17	20
2 มิ.ย. 65	อ	29	31	20	24	26	39	32
3 มิ.ย. 65	พ	25	17	17	17	18	13	21
4 มิ.ย. 65	พฤ	30	12	10	11	8	8	12
5 มิ.ย. 65	ศ	14	4	14	8	9	10	9
6 มิ.ย. 65	ส	3	21	6	6	3	4	10
7 มิ.ย. 65	อ	6	1	7	3	4	2	3
8 มิ.ย. 65	จ	7	8	7	5	6	10	7
9 มิ.ย. 65	อ	21	21	22	8	9	12	29
10 มิ.ย. 65	พ	19	44	35	19	21	18	20
11 มิ.ย. 65	พฤ	16	18	14	7	19	9	15
12 มิ.ย. 65	ศ	13	24	11	17	10	13	14
13 มิ.ย. 65	ส	15	23	11	10	12	15	18
14 มิ.ย. 65	อ	10	28	22	19	15	16	25
15 มิ.ย. 65	จ	30	46	33	31	21	19	18
16 มิ.ย. 65	อ	28	57	47	48	44	2	1
17 มิ.ย. 65	พ	18	12	19	15	8	1	14
18 มิ.ย. 65	พฤ	21	13	17	17	13	11	24
19 มิ.ย. 65	ศ	6	21	14	5	4	3	2
20 มิ.ย. 65	ส	8	7	12	2	1	5	13
21 มิ.ย. 65	อ	5	12	10	7	2	5	12
22 มิ.ย. 65	จ	5	10	13	5	4	4	11
23 มิ.ย. 65	อ	10	15	12	7	9	10	14

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) (µg/m ³) ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ค./ป.	วัน	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
24 มิ.ย. 65	พ	12	21	13	9	11	7	12
25 มิ.ย. 65	พฤ	11	24	14	25	21	10	26
26 มิ.ย. 65	ศ	38	57	52	20	21	13	18
27 มิ.ย. 65	ส	14	9	10	5	4	14	11
28 มิ.ย. 65	อ	16	15	11	4	3	3	3
29 มิ.ย. 65	จ	12	11	17	2	5	2	11
30 มิ.ย. 65	อ	6	14	9	3	10	5	2
1 ส.ค. 65	พ	35	46	26	20	20	19	20
2 ส.ค. 65	พฤ	22	26	18	25	28	30	40
3 ส.ค. 65	ศ	20	16	13	7	11	11	8
4 ส.ค. 65	ส	18	18	9	13	6	8	9
5 ส.ค. 65	อ	8	17	11	8	14	8	6
6 ส.ค. 65	จ	2	14	6	5	5	2	10
7 ส.ค. 65	อ	3	3	3	6	3	2	5
8 ส.ค. 65	พ	2	4	7	7	4	7	3
9 ส.ค. 65	พฤ	27	21	14	6	8	18	31
10 ส.ค. 65	ศ	12	38	19	13	17	15	16
11 ส.ค. 65	ส	9	15	14	7	21	10	12
12 ส.ค. 65	อ	8	24	12	12	11	14	14
13 ส.ค. 65	จ	16	16	10	6	10	9	23
14 ส.ค. 65	อ	9	27	17	18	14	22	27
15 ส.ค. 65	พ	25	46	38	22	21	16	13
16 ส.ค. 65	พฤ	23	49	55	46	46	2	2
17 ส.ค. 65	ศ	17	14	12	12	5	3	9
18 ส.ค. 65	ส	2	6	13	22	28	8	29
19 ส.ค. 65	อ	2	13	13	2	3	3	1
20 ส.ค. 65	จ	6	3	11	2	2	2	11
21 ส.ค. 65	อ	2	10	12	2	2	2	2

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) (µg/m ³) ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ต./ป.	วัน	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
22 ส.ค. 65	พ	5	14	10	3	2	2	7
23 ส.ค. 65	พฤ	6	22	11	6	5	12	21
24 ส.ค. 65	ศ	7	14	11	6	7	5	9
25 ส.ค. 65	ส	7	20	11	22	16	18	25
26 ส.ค. 65	อ	35	49	37	17	18	12	13
27 ส.ค. 65	จ	9	10	10	1	2	14	9
28 ส.ค. 65	อ	15	11	8	3	3	1	2
29 ส.ค. 65	พ	8	10	12	1	2	2	11
30 ส.ค. 65	พฤ	3	11	7	1	1	2	10
31 ส.ค. 65	ศ	5	10	13	5	4	4	11

ภาคผนวก ค.-3 ปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (µg/m ³) ภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
1 ก.ค. 65	ศ	6	3	5	2	4	2	8
2 ก.ค. 65	ส	2	3	5	2	3	2	7
3 ก.ค. 65	อ	19	8	9	7	1	1	1
4 ก.ค. 65	จ	2	1	0	0	3	0	0
5 ก.ค. 65	อ	5	0	0	0	0	1	1
6 ก.ค. 65	พ	1	1	0	0	1	3	0
7 ก.ค. 65	พฤ	7	1	0	0	0	1	0
8 ก.ค. 65	ศ	1	0	0	1	0	0	0
9 ก.ค. 65	ส	6	0	1	0	1	0	2
10 ก.ค. 65	อ	7	1	2	1	1	3	1
11 ก.ค. 65	จ	10	2	0	2	0	0	0
12 ก.ค. 65	อ	5	3	16	8	4	3	1
13 ก.ค. 65	พ	4	1	1	2	3	1	2
14 ก.ค. 65	พฤ	5	1	1	1	1	0	1
15 ก.ค. 65	ศ	7	18	1	1	1	2	4
16 ก.ค. 65	ส	6	0	1	0	1	0	2
17 ก.ค. 65	อ	1	0	0	0	0	0	0
18 ก.ค. 65	จ	0	0	2	0	0	0	0
19 ก.ค. 65	อ	11	0	1	1	0	0	0
20 ก.ค. 65	พ	0	0	0	0	0	0	0
21 ก.ค. 65	พฤ	0	0	0	0	0	0	0
22 ก.ค. 65	ศ	0	0	0	0	0	0	0
23 ก.ค. 65	ส	0	0	0	0	0	0	0
24 ก.ค. 65	อ	0	0	0	0	0	0	0
25 ก.ค. 65	จ	0	0	0	0	0	0	0
26 ก.ค. 65	อ	1	0	0	0	0	0	0

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (µg/m ³) ภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
27 ก.ค. 65	พ	2	0	0	0	0	0	0
28 ก.ค. 65	พฤ	0	0	6	2	0	0	0
29 ก.ค. 65	ศ	2	0	0	0	0	0	0
30 ก.ค. 65	ส	1	0	0	0	0	0	0
31 ก.ค. 65	อ	5	3	0	0	0	0	1
1 มิ.ย. 65	จ	5	2	2	1	0	1	2
2 มิ.ย. 65	อ	5	1	1	1	2	2	2
3 มิ.ย. 65	พ	4	0	2	2	5	3	0
4 มิ.ย. 65	พฤ	2	2	0	2	0	1	0
5 มิ.ย. 65	ศ	1	1	1	1	0	2	0
6 มิ.ย. 65	ส	4	3	1	0	0	0	1
7 มิ.ย. 65	อ	0	0	1	0	0	0	0
8 มิ.ย. 65	จ	0	1	0	1	0	0	0
9 มิ.ย. 65	อ	9	4	2	1	1	1	8
10 มิ.ย. 65	พ	5	1	3	1	1	1	2
11 มิ.ย. 65	พฤ	2	1	1	0	0	0	1
12 มิ.ย. 65	ศ	3	1	0	1	0	1	1
13 มิ.ย. 65	ส	1	0	0	0	1	0	1
14 มิ.ย. 65	อ	1	2	0	2	0	1	1
15 มิ.ย. 65	จ	5	3	2	1	1	1	0
16 มิ.ย. 65	อ	3	0	0	6	3	0	0
17 มิ.ย. 65	พ	2	4	0	0	0	1	0
18 มิ.ย. 65	พฤ	0	0	0	0	0	0	0
19 มิ.ย. 65	ศ	1	0	0	0	0	0	1
20 มิ.ย. 65	ส	0	0	0	0	0	0	0
21 มิ.ย. 65	อ	0	2	0	0	0	0	1
22 มิ.ย. 65	จ	1	1	1	0	0	0	0
23 มิ.ย. 65	อ	0	0	1	0	0	0	0

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (µg/m ³) ภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
24 มิ.ย. 65	พ	2	0	1	0	1	0	1
25 มิ.ย. 65	พฤ	0	0	1	0	1	1	2
26 มิ.ย. 65	ศ	6	3	2	0	1	1	0
27 มิ.ย. 65	ส	2	0	2	0	0	0	0
28 มิ.ย. 65	อ	3	2	0	0	0	0	0
29 มิ.ย. 65	จ	2	0	0	0	0	0	0
30 มิ.ย. 65	อ	1	5	0	0	0	0	1
1 ส.ค. 65	พ	0	0	0	0	0	0	0
2 ส.ค. 65	พฤ	0	0	0	0	0	0	0
3 ส.ค. 65	ศ	0	0	0	0	2	0	0
4 ส.ค. 65	ส	0	0	0	0	0	0	0
5 ส.ค. 65	อ	0	0	0	0	0	0	0
6 ส.ค. 65	จ	0	0	0	0	0	0	0
7 ส.ค. 65	อ	0	0	0	0	0	0	0
8 ส.ค. 65	พ	0	0	0	0	0	0	0
9 ส.ค. 65	พฤ	3	0	0	0	0	0	0
10 ส.ค. 65	ศ	0	0	0	0	0	0	0
11 ส.ค. 65	ส	0	0	0	0	0	0	0
12 ส.ค. 65	อ	0	0	0	0	0	0	0
13 ส.ค. 65	จ	0	0	0	0	0	0	0
14 ส.ค. 65	อ	0	0	0	0	0	0	0
15 ส.ค. 65	พ	0	0	0	0	0	0	0
16 ส.ค. 65	พฤ	0	0	0	0	0	0	0
17 ส.ค. 65	ศ	0	0	0	0	0	0	0
18 ส.ค. 65	ส	0	0	0	0	0	0	0
19 ส.ค. 65	อ	0	0	0	0	0	0	0
20 ส.ค. 65	จ	0	0	0	0	0	0	0
21 ส.ค. 65	อ	0	0	0	0	0	0	0

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) (µg/m ³) ภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
22 ส.ค. 65	พ	0	0	0	0	0	0	0
23 ส.ค. 65	พฤ	0	0	0	0	0	0	0
24 ส.ค. 65	ศ	0	0	0	0	0	0	0
25 ส.ค. 65	ส	0	0	0	0	0	0	0
26 ส.ค. 65	อ	0	0	0	0	0	0	0
27 ส.ค. 65	จ	0	0	0	0	0	0	0
28 ส.ค. 65	อ	0	0	0	0	0	0	0
29 ส.ค. 65	พ	0	0	0	0	0	0	0
30 ส.ค. 65	พฤ	0	1	0	0	0	0	0
31 ส.ค. 65	ศ	1	1	1	0	0	0	0

ภาคผนวก ค.-4 ปริมาณฝุ่น PM₁₀ ภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) (µg/m ³) ภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ด./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
1 ก.ค. 65	ศ	9	4	5	2	4	2	9
2 ก.ค. 65	ส	2	3	5	2	3	2	7
3 ก.ค. 65	อ	20	8	9	7	1	1	1
4 ก.ค. 65	จ	2	1	0	0	3	0	0
5 ก.ค. 65	อ	5	0	0	0	0	1	1
6 ก.ค. 65	พ	1	2	0	0	1	3	0
7 ก.ค. 65	พฤ	7	1	0	0	0	1	0
8 ก.ค. 65	ศ	3	0	0	1	0	0	0
9 ก.ค. 65	ส	6	0	1	0	1	0	2
10 ก.ค. 65	อ	7	2	2	1	1	3	1
11 ก.ค. 65	จ	10	2	0	2	0	0	0
12 ก.ค. 65	อ	5	3	16	8	4	3	1
13 ก.ค. 65	พ	4	1	1	2	3	1	3
14 ก.ค. 65	พฤ	5	1	1	1	1	0	1
15 ก.ค. 65	ศ	7	19	1	1	1	2	6
16 ก.ค. 65	ส	6	0	1	0	1	0	2
17 ก.ค. 65	อ	5	3	1	1	1	1	3
18 ก.ค. 65	จ	3	2	6	0	1	0	1
19 ก.ค. 65	อ	19	3	4	5	0	0	0
20 ก.ค. 65	พ	1	0	0	0	0	0	0
21 ก.ค. 65	พฤ	2	0	0	1	0	0	0
22 ก.ค. 65	ศ	0	0	0	0	0	3	0
23 ก.ค. 65	ส	3	0	0	0	0	0	1
24 ก.ค. 65	อ	0	1	0	0	0	0	0
25 ก.ค. 65	จ	0	0	1	0	0	0	2
26 ก.ค. 65	อ	5	0	0	0	0	0	0

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) (µg/m ³) ภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
27 ก.ค. 65	พ	5	0	0	0	0	0	0
28 ก.ค. 65	พฤ	1	0	10	5	1	0	0
29 ก.ค. 65	ศ	5	1	2	0	1	3	2
30 ก.ค. 65	ส	4	1	1	0	0	0	0
31 ก.ค. 65	อ	9	9	1	0	3	4	5
1 มิ.ย. 65	จ	5	2	2	1	0	1	3
2 มิ.ย. 65	อ	5	1	1	1	2	2	2
3 มิ.ย. 65	พ	4	0	2	3	5	3	1
4 มิ.ย. 65	พฤ	2	2	0	2	0	1	0
5 มิ.ย. 65	ศ	1	1	1	1	0	2	0
6 มิ.ย. 65	ส	4	4	2	0	0	0	1
7 มิ.ย. 65	อ	0	0	1	0	0	0	0
8 มิ.ย. 65	จ	0	1	0	1	0	1	0
9 มิ.ย. 65	อ	9	4	2	1	1	1	8
10 มิ.ย. 65	พ	6	2	3	1	1	1	3
11 มิ.ย. 65	พฤ	2	1	1	0	0	0	1
12 มิ.ย. 65	ศ	3	1	0	1	0	1	1
13 มิ.ย. 65	ส	1	0	0	0	1	0	1
14 มิ.ย. 65	อ	2	2	1	2	0	2	1
15 มิ.ย. 65	จ	5	3	2	1	1	1	0
16 มิ.ย. 65	อ	3	0	0	6	3	0	0
17 มิ.ย. 65	พ	2	4	0	0	0	1	0
18 มิ.ย. 65	พฤ	0	0	0	0	0	0	0
19 มิ.ย. 65	ศ	1	0	0	0	0	0	1
20 มิ.ย. 65	ส	0	0	0	0	0	0	0
21 มิ.ย. 65	อ	0	2	0	0	0	0	2
22 มิ.ย. 65	จ	1	1	1	0	0	0	0
23 มิ.ย. 65	อ	0	0	1	0	0	0	0

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) (µg/m ³) ภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
24 มิ.ย. 65	พ	2	0	1	0	1	0	1
25 มิ.ย. 65	พฤ	0	0	2	0	1	1	2
26 มิ.ย. 65	ศ	6	3	2	0	1	1	0
27 มิ.ย. 65	ส	2	0	2	0	0	0	0
28 มิ.ย. 65	อ	3	2	0	0	0	0	0
29 มิ.ย. 65	จ	2	0	0	0	0	0	0
30 มิ.ย. 65	อ	2	5	0	0	0	0	2
1 ส.ค. 65	พ	2	1	1	1	0	1	2
2 ส.ค. 65	พฤ	3	0	0	2	0	0	0
3 ส.ค. 65	ศ	2	0	0	0	5	0	0
4 ส.ค. 65	ส	0	0	0	0	0	1	0
5 ส.ค. 65	อ	0	0	0	0	0	0	0
6 ส.ค. 65	จ	1	0	1	0	2	0	0
7 ส.ค. 65	อ	0	0	0	5	0	0	0
8 ส.ค. 65	พ	0	0	0	0	0	0	0
9 ส.ค. 65	พฤ	8	1	1	1	0	0	1
10 ส.ค. 65	ศ	2	0	1	0	0	0	0
11 ส.ค. 65	ส	0	0	0	0	0	0	0
12 ส.ค. 65	อ	1	0	0	0	0	0	0
13 ส.ค. 65	จ	0	1	0	0	0	0	0
14 ส.ค. 65	อ	0	0	0	0	1	0	0
15 ส.ค. 65	พ	3	0	0	0	0	0	0
16 ส.ค. 65	พฤ	3	2	2	3	3	0	0
17 ส.ค. 65	ศ	1	1	1	0	0	0	0
18 ส.ค. 65	ส	0	0	1	2	0	0	0
19 ส.ค. 65	อ	0	0	0	1	0	0	0
20 ส.ค. 65	จ	0	0	0	0	0	0	0
21 ส.ค. 65	อ	0	0	0	0	0	0	0

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) (µg/m ³) ภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ								
ว./ต./ป.	เวลา	06.00 น.	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.	18.00 น.
22 ส.ค. 65	พ	0	0	0	0	0	0	0
23 ส.ค. 65	พฤ	1	0	0	0	0	0	0
24 ส.ค. 65	ศ	0	0	1	0	0	0	0
25 ส.ค. 65	ส	0	0	0	0	0	1	0
26 ส.ค. 65	อ	2	0	0	0	0	0	0
27 ส.ค. 65	จ	1	0	0	0	0	0	0
28 ส.ค. 65	อ	0	0	0	0	0	0	0
29 ส.ค. 65	พ	0	0	0	0	0	0	0
30 ส.ค. 65	พฤ	0	4	0	0	0	0	0
31 ส.ค. 65	ศ	1	1	1	0	0	0	0

ภาคผนวก ค.-5 ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงจากฝุ่น PM_{2.5} ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) ตามช่วงเวลา ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
มิ.ย.	06.00 น.	0.00507	1.01	mg/kg-day
	08.00 น.	0.00636	1.27	mg/kg-day
	10.00 น.	0.00549	1.10	mg/kg-day
	12.00 น.	0.00404	0.81	mg/kg-day
	14.00 น.	0.00390	0.78	mg/kg-day
	16.00 น.	0.00324	0.65	mg/kg-day
	18.00 น.	0.00445	0.89	mg/kg-day
ก.ค.	06.00 น.	0.00478	0.96	mg/kg-day
	08.00 น.	0.00703	1.41	mg/kg-day
	10.00 น.	0.00497	0.99	mg/kg-day
	12.00 น.	0.00464	0.93	mg/kg-day
	14.00 น.	0.00433	0.87	mg/kg-day
	16.00 น.	0.00473	0.95	mg/kg-day
	18.00 น.	0.00601	1.20	mg/kg-day
ส.ค.	06.00 น.	0.00214	0.43	mg/kg-day
	08.00 น.	0.00365	0.73	mg/kg-day
	10.00 น.	0.00276	0.55	mg/kg-day
	12.00 น.	0.00199	0.40	mg/kg-day
	14.00 น.	0.00205	0.41	mg/kg-day
	16.00 น.	0.00164	0.33	mg/kg-day
	18.00 น.	0.00264	0.53	mg/kg-day

ภาคผนวก ค.-6 ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงจากฝุ่น PM₁₀ ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) ตามช่วงเวลา ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
มิ.ย.	06.00 น.	0.00559	0.51	mg/kg-day
	08.00 น.	0.00741	0.67	mg/kg-day
	10.00 น.	0.00601	0.55	mg/kg-day
	12.00 น.	0.00442	0.40	mg/kg-day
	14.00 น.	0.00417	0.38	mg/kg-day
	16.00 น.	0.00347	0.32	mg/kg-day
	18.00 น.	0.00505	0.46	mg/kg-day
ก.ค.	06.00 น.	0.00659	0.60	mg/kg-day
	08.00 น.	0.00975	0.89	mg/kg-day
	10.00 น.	0.00636	0.58	mg/kg-day
	12.00 น.	0.00824	0.75	mg/kg-day
	14.00 น.	0.00597	0.54	mg/kg-day
	16.00 น.	0.00616	0.56	mg/kg-day
	18.00 น.	0.00822	0.75	mg/kg-day
ส.ค.	06.00 น.	0.00409	0.37	mg/kg-day
	08.00 น.	0.00668	0.61	mg/kg-day
	10.00 น.	0.00518	0.47	mg/kg-day
	12.00 น.	0.00358	0.33	mg/kg-day
	14.00 น.	0.00367	0.33	mg/kg-day
	16.00 น.	0.00301	0.27	mg/kg-day
	18.00 น.	0.00453	0.41	mg/kg-day

ภาคผนวก ค.-7 ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงจากฝุ่น PM_{2.5} ภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM _{2.5}) ตามช่วงเวลา ภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
มิ.ย.	06.00 น.	0.00081	0.16	mg/kg-day
	08.00 น.	0.00045	0.09	mg/kg-day
	10.00 น.	0.00028	0.06	mg/kg-day
	12.00 น.	0.00023	0.05	mg/kg-day
	14.00 น.	0.00019	0.04	mg/kg-day
	16.00 น.	0.00019	0.04	mg/kg-day
	18.00 น.	0.00029	0.06	mg/kg-day
ก.ค.	06.00 น.	0.00130	0.26	mg/kg-day
	08.00 น.	0.00051	0.10	mg/kg-day
	10.00 น.	0.00057	0.11	mg/kg-day
	12.00 น.	0.00033	0.07	mg/kg-day
	14.00 น.	0.00027	0.05	mg/kg-day
	16.00 น.	0.00021	0.04	mg/kg-day
	18.00 น.	0.00035	0.07	mg/kg-day
ส.ค.	06.00 น.	0.00004	0.01	mg/kg-day
	08.00 น.	0.00002	0.00	mg/kg-day
	10.00 น.	0.00001	0.00	mg/kg-day
	12.00 น.	0.00000	0.00	mg/kg-day
	14.00 น.	0.00002	0.00	mg/kg-day
	16.00 น.	0.00000	0.00	mg/kg-day
	18.00 น.	0.00000	0.00	mg/kg-day

ภาคผนวก ค.-8 ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงจากฝุ่น PM₁₀ ภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ

ผลการประเมินการรับสัมผัสและค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀) ตามช่วงเวลา ภายนอกป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ				
เดือน	ช่วงเวลา	การรับสัมผัส	ความเสี่ยง (HQ)	หน่วย
มิ.ย.	06.00 น.	0.00084	0.08	mg/kg-day
	08.00 น.	0.00047	0.04	mg/kg-day
	10.00 น.	0.00031	0.03	mg/kg-day
	12.00 น.	0.00024	0.02	mg/kg-day
	14.00 น.	0.00019	0.02	mg/kg-day
	16.00 น.	0.00022	0.02	mg/kg-day
	18.00 น.	0.00035	0.03	mg/kg-day
ก.ค.	06.00 น.	0.00180	0.16	mg/kg-day
	08.00 น.	0.00075	0.07	mg/kg-day
	10.00 น.	0.00076	0.07	mg/kg-day
	12.00 น.	0.00043	0.04	mg/kg-day
	14.00 น.	0.00036	0.03	mg/kg-day
	16.00 น.	0.00037	0.03	mg/kg-day
	18.00 น.	0.00053	0.05	mg/kg-day
ส.ค.	06.00 น.	0.00035	0.03	mg/kg-day
	08.00 น.	0.00012	0.01	mg/kg-day
	10.00 น.	0.00011	0.01	mg/kg-day
	12.00 น.	0.00017	0.02	mg/kg-day
	14.00 น.	0.00012	0.01	mg/kg-day
	16.00 น.	0.00003	0.00	mg/kg-day
	18.00 น.	0.00003	0.00	mg/kg-day

Innovative Design of Air-Conditioned Bus Stops Model to Reduce Dust from Traffic, Uthai tani city, Thailand

Opas Pukklin^{*}, Pajaree Thongsanit

Abstract— This research aims to study the innovation of a prototype air-conditioned bus waiting stop designed to reduce dust from traffic in the area of the city. Uthai tani Province, Thailand. Objectives are to design a closed air-conditioned bus stop and install a dust filter device and test the effectiveness of reducing the amount of dust generated by traffic in the bus stop area. Data on PM_{2.5} (Particulate Matter of size less than 2.5 micron) and PM₁₀ (Particulate Matter of size less than 10 micron) was collected with the air quality sensor model number PMS7003. The study found that the designed air-conditioned bus stop prototype can reduce the amount of particulate matter caused by traffic from the application of engineering knowledge in its design, installation, inspection, and can control dust levels with air pressure systems and air purification systems. It was found that the amount of PM_{2.5} and PM₁₀ inside the air-conditioned bus prototype and outside are different. From collecting data on PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations, it was found that the concentrations outside the air-conditioned bus stops were always higher than inside the prototype air-conditioned bus stops. The innovative design of the prototype air-conditioned bus stop can reduce PM_{2.5} particulate matter of 91.95 to 99.49% and PM₁₀ of 89.09 to 96.88%.

Index Terms— innovation design, bus stop, PM_{2.5} and PM₁₀, vehicle emission

I. INTRODUCTION

The PM_{2.5} samples for 2020 were collected at reference points in Uthai tani. The dust data was sampled randomly by the Pollution Control Department (PCD) of Thailand. The dust level was highest at the start of the year, January 2020. In March 2020, the PM_{2.5} concentration was of 37.7 µg/m³. The standard level of PM_{2.5} in the air of Thailand according to PCD is 50 µg/m³. Dust levels higher than the national standard adversely affects people with weaker immune systems [1].

The Uthai tani Province bus interchange has many commuters and passengers, with many minibuses and motorcycles for hire around the vicinity. The number of people using public transportation has increased because it has become an increasingly common mode of transport as compared to private vehicles.

The main air pollutants in Uthai tani would be the chemical compounds nitrogen dioxide, sulfur dioxide, ozone and smog. With reference to the United States if America of Air Quality Index (US AQI) reading, it is found that the air pollution originates from industrial activity, combustion sources and vehicle exhaust.

The various oxides of nitrogen (NO_x) that are also released by cars and combustion sources can undergo a

chemical reaction and form ozone under the right conditions (high exposure to sunlight). Other gases and chemical compounds also add to the formation of ozone. Other pollutants include black carbon, which is the main component in soot, and a potent carcinogen when inhaled, making it a very dangerous form of PM_{2.5} that also has climate-changing properties.

Along with black carbon, Volatile Organic Compounds (VOCs) are also formed from the incomplete combustion of both fossil fuels and organic matter. Some examples of VOCs are chemicals such as benzene, formaldehyde, styrene, and toluene, all of which are extremely harmful to one's health.

Air pollution affects the health of people their respiratory systems. Roadside areas are exposed to the highest levels of fine dust. The main objectives of this research are to design a closed air-conditioned bus stop with the installation of a PM_{2.5} dust filter device, along with testing the effectiveness of the air-conditioned bus stop's dust reduction and filtering of PM_{2.5} for commuters waiting for buses.

II. METHODS

A. Research Method

1. Study and gather information on engineering, technology and design a bus stop in a translucent enclosed building with dimensions of 1.5 m x 6 m x 3 m show as figure 1, made of steel structure, flooring, ceiling, wall paneling, locked glass and sliding glass doors, allowing commuters to see the buses they are waiting for and board them. The air-conditioned system will have air filtering and purifying properties.

2. Minimize external polluted air from entering the building with an air filtration system of PM_{2.5} dust inside incorporated into the establishment.

3. Prevent dust generation inside the bus stop by forbidding activities that generate dust, such as smoking, tracking dust from shoes, etc.

4. Use materials and equipment inside the bus stop that prevent dust accumulation and ensuring the surface of the materials can be easily cleaned.

5. Eliminate dust particles inside bus stops by using an air purifier that can filter dust by filtering with a High Efficiency Particulate Air Filter (HEPA) and Electrostatic precipitators are devices that precipitate particles in a gas stream by inducing an electrostatic charge. Particle's precipitate and then are filtered so that only the desired gas remains. The basic design of an electrostatic precipitator is a row of vertical wires followed by a stack of plates oriented vertically, with a usual separation of 1 to 18 cm. The gas stream flows perpendicular to the wires and then passes through the stack of plates, where a negative voltage of several thousand volts is applied between the wire and the plate. If this voltage is high enough, an electric discharge

Manuscript received XXXX, revised XXXX, accepted XXXX.
P. O.^{*}, T. P. are with the Faculty of Engineering, Naresuan University,
Muang, Phitsanulok, Thailand 65000
^{*}Correspondence: Opasp64@nu.ac.th

ionizes the gas around the electrodes. The negatively charged ions then flow to the plates and charge the particles in the gas. Ionized particles follow the electric field created by the power supply and move to the grounded plates [2].

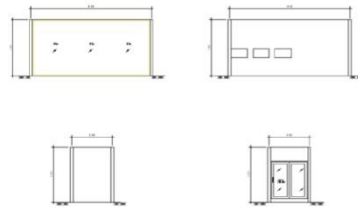


Fig. 1 The bus stop model design.

B. Research Samplings

The dust sampling is based on the buses running from 6:00 a.m. to 6:00 p.m., with sampling every 2 hours apart for 7 times, namely 6:00 a.m., 8:00 a.m., 10:00 a.m., 12:00 a.m., 2:00 p.m., 4:00 p.m., 6:00 p.m. Sampling was done for average 30 days, for 3 consecutive months of June, July and August 2022. The sampling compares the dust levels inside and outside the air-conditioned bus stops.

The sampling system contains an air conditioning ventilator and air filter with first sampling at 6:00 a.m. The system ran at 2hour intervals. Indoor and outdoor measurements were taken simultaneously until 6:00 p.m., after which the said electrical appliances were switched off. The last round of data of the day is then collected and compiled. This process is repeated daily.

III. RESULTS

A. Principles and pattern design of bus stop

The bus stop is designed to be a room that reduces exposure to fine dust show as figure 2. This includes $PM_{2.5}$ and dust smaller PM_{10} to reduce the impact on health for people at risk in risky areas. These are areas which must have the average 24-hour particulate matter in the atmosphere not exceeding the standard the amount of $PM_{2.5}$ with more than 50 micrograms per cubic meter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) or the amount PM_{10} not more than 120 mg/m^3 .

There are 4 principles to make the room dust free

1. Prevent dust from the outside from entering the room by closing gaps or leaks of the building in various places where dust can enter [3].
2. Prevent the formation of dust in the room by not doing any activities that generate dust [4].
3. Prevent the accumulation of dust on the walls and equipment in the room and the material of the surfaces of the room [5].
4. Remove dust particles from the room by choosing equipment that can reduce the amount of dust and purify the air inside. For example, using an air purifier that can filter dust by filtering with materials such as High Efficiency Particulate air filters, Air Filter (HEPA) or air purifiers and dust collection systems.

Based on the mentioned 4 principles, 3 design styles of the dust-free room models can be proposed

Style 1: Protection against external dust

It is an application of the principle of preventing dust from outside entering the room as a method that is easy to do and has the least cost. This is a way to control the amount of fine dust in the room by closing the doors and windows completely, minimizing the gaps. Performance Dust reduction depends on the airtightness of the room to reduce the permeability of outside air and prevent a high amount of dust from entering the room [6]. The level of dust inside the room must be maintained to not increase as much as possible. This is to reduce the chances of dust levels from outside the room affecting the levels inside the room. If the dust levels outside are not high, and there are no ventilation or dust removal systems inside the room, the levels of dust internally might exceed the levels of dust externally. Therefore, ventilation should be performed from time to time show as figure 3.

Style 2: Air purification system

It is an application of the principle of removing dust particles inside the bus stop with an air purifier in conjunction with preventing dust from outside entering the bus stop. The efficiency of reducing dust inside the bus stop depends on the efficiency such air purifiers, so the air purifier used should be of a suitable size for the room [7].

Style 3: Air pressure system with air purification system

It is a highly efficient method. Same to the air purification system in model 2, this is the application of the principle of preventing dust from outside into the room and removing particles that are inside the room as well, but with this design, the fan sucks in air. But with this system, the fan will suck in air from the outside (Intake Fan) that has already been reduced by various methods, such as filtering dust using a filter at MERV 11 (Minimum Efficiency Reporting Value level of 11) higher, supplying it to the bus stop [8].

The inside of the bus stop to have a higher air pressure than the atmosphere outside (Positive Pressure), the air supplied will continuously push the dust out of the room until the dust in the room is lower than the standard. There will be some exhaust fans to direct the air flow inside the bus stop. The suction rate should be less than the air intake rate. This can reduce dust in the room and improve ventilation.



Fig. 2 The bus stop model (No dust bus stop)

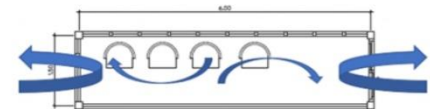


Fig. 3 The ventilation in the bus stop room

B. Dust Concentrations

Figure 4 show the results of the research on $PM_{2.5}$ and PM_{10} dust collection in June 2022.

$PM_{2.5}$ concentration outside the bus stop ranged from 1-45 $\mu g/m^3$, with the highest level being at 8:00 a.m. on June 16. Concentrations inside bus stops ranged from 0-9 $\mu g/m^3$, with the highest level being at 6:00 a.m. on June 9. From the data, it was found that No Dust Bus Stop is effective in reducing dust. When comparing the dust outside the bus stop and inside the bus stop, it was found that the dust can be reduced by an average of 92.66%.

PM_{10} found that concentrations outside bus stops ranged from 1-57 $\mu g/m^3$, with the highest level at 8:00 a.m. on June 16. Concentrations inside bus stops were also found to range from 0-9 $\mu g/m^3$, with the highest level being at 6:00 a.m. on June 9. It was found that an average dust reduction of 92.66% was achieved.

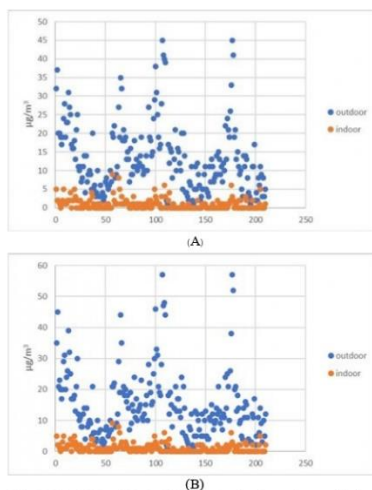


Fig. 4 $PM_{2.5}$ (A) and PM_{10} (B) concentration in outdoor and indoor of the cabinet in June

In figure 5, the results of the study of $PM_{2.5}$ and PM_{10} dust collection in July 2022.

$PM_{2.5}$ concentration outdoors ranged from 1-55 $\mu g/m^3$, with the highest level being at 6:00 p.m. on July 1st. The concentration indoors ranged from 0-19 $\mu g/m^3$, with the highest level being at 6:00 a.m. on July 3rd. From the above data, we can conclude that the dust reduction efficiency of this bus stop model can reduce dust. Upon comparing the dust outdoor and indoor the cabinet, results show that the dust can be reduced by an average of 91.95%.

PM_{10} concentration outdoors ranged from 1-69 $\mu g/m^3$, with the highest level being at 6:00 p.m. on July 1st. The concentration indoor the cabinet ranged from 0-20 $\mu g/m^3$, with the highest level being at 6:00 a.m. on July 3rd. Results conclude that the dust can be reduced to an average of 89.09%.

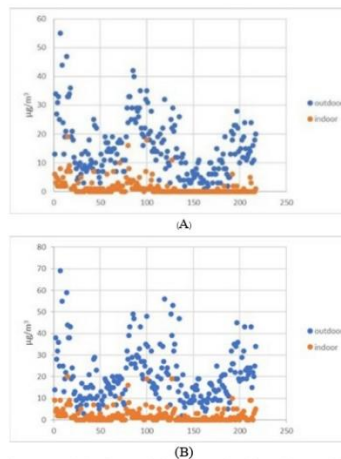


Fig. 5 $PM_{2.5}$ (A) and PM_{10} (B) concentration in outdoor and indoor of the cabinet in July

The result of the study of $PM_{2.5}$ and PM_{10} dust collection in August 2022 show as figure 6. $PM_{2.5}$ concentration outdoors ranged from 1-33 $\mu g/m^3$, with the highest level being at 10:00 a.m. on the August 16. The concentration indoors the cabinet ranged from 0-3 $\mu g/m^3$, with the highest level being at 6:00 a.m. on August 9. Results show that the dust reduction efficiency of this bus stop model can reduce dust as when comparing the dust outdoors and indoors, the dust can be reduced was an average of 99.49%.

PM_{10} concentration outdoors ranged from 1-55 $\mu g/m^3$, with the highest level being at 10:00 a.m. on August 16. The concentration indoors ranged from 0-8 $\mu g/m^3$, with the highest level being at 6:00 a.m. on August 9. Results show that the dust can be reduced an average of 96.88%.

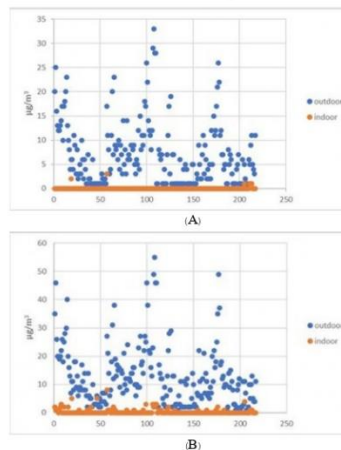


Fig. 6 $PM_{2.5}$ (A) and PM_{10} (B) concentration in outdoor and indoor of the cabinet in August

C. Traffic Data

There are two methods of surveying traffic volume that are commonly used today: Automatic Counters and Manual Counters. There are 2 types of counters in general, namely contact type vehicles (Contact Type) such as Signal detectors and non-contact vehicles (Non-Contact Type) such as video cameras, cameras. This method is expensive and suitable for long and detailed data collection. Storage can be transmitted from the installation in the field via the telephone network to the office [10].

As for the use of the enumerator, it is the easiest way. There is not much cost and information collected is the most accurate and detailed. However, there is a room for error due to boredom and neglect of the counter. The amount of time it takes to count a car depends on your budget and purpose. Use of the information obtained for normal traffic car counting may be studied in many ways, for example: Counting 24 hours, which is the amount of traffic in a day, by doing it on certain days of the week from midnight to midnight of the next day. However, to ascertain the traffic characteristics of business days, data can be selected from noon on Monday to noon on Friday [11].

It is the most ideal to track the traffic for 24 hours a day because during Monday morning and Friday evening, traffic is typically abnormal. During the holidays, tracking will be over a span of 16 hours instead starting from 06:00-22:00. Most of the traffic flows of each day falls between this and the 12-hour count, typically between 7:00 a.m. and 7:00 p.m. This method will cover all traffic during working hours, suitable for roads in community and commercial areas [12]. The traffic survey method in this study was determined with reference to the academic principle. It is a method that is recommended in the academic paper on the traffic volume survey of Department of Rural Roads, namely "How to use enumerators".

TABLE 1: CLASSIFICATION OF VEHICLES

Vehicle type	vehicle type
Motorcycle (MC)	- motorcycle - motor tricycle
Gasoline vehicles (PC)	- 4-wheel passenger cars - car hire (taxi)
Small diesel vehicles (LDT)	- 4-wheel truck - minibus 4 wheels - van
Large diesel vehicles (HDT)	- minibus 6 wheels - medium and large buses - 10 wheels truck - trailers and trailers

Source: The Office of Transport and Traffic Policy and Planning (2003) [9]

The type of vehicles for several consecutive days and as many hours a day as possible must be counted separately to be used to find the average daily traffic volume (Average Daily Traffic: ADT) show as table 1. Regarding the counting of the vehicles separately for each project, the counting should occur for at least 3 days, 8-12 hours per day (7 a.m. to 7 p.m.) and must be 1 weekend (Saturday or Sunday). The area where vehicles pass the most should be selected as the counting and tracking points. The area where the checkpoint is located must consider the width of the road to be the maximum distance that a driver can safely see and be enough to alert the driver of the vehicle that there is a survey point ahead.

The researcher of the traffic volume survey chose to use the method of counting cars in both directions at designated checkpoints within the study area by counting different types of cars cording to the classification of the Pollution Control Department. The method counts the traffic volume for 7 days, Monday to Sunday, for 12 hours a day (6:00 a.m.-6:00 p.m.). The number of different types of cars that can be counted show as figure 7. This data is used to calculate the ADT.

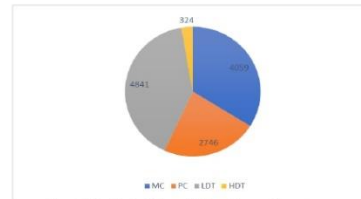


Fig. 7 Pie chart of the vehicle volume at bus stop area

D. Estimation of air pollution emissions

The estimation of air pollution emissions from vehicles in this study is possible. An equation referenced from the Pollution Control Department (2008) was selected based on traffic volume data and the distance traveled by the car in the study area (road length) [13].

$$E_{i,j} = N_j \times EFi,j \times D \quad (1)$$

where $E_{i,j}$ is the discharge rate of pollutant i from category j vehicles (g/day)

N_j is the traffic volume of category j vehicles (cars/day)

EFi,j is the emission factor i from category j vehicles (g/km/vehicle)

D is the distance traveled by the car (km)

TABLE 2: AIR EMISSION FACTOR VALUES FOR THE VEHICLES

Vehicle type	PM (Particulate Matter)
Motorcycle	0.086 [14]
Gasoline vehicles	0.101 [14]
Small diesel vehicles	0.042 [15]
Large diesel vehicles	1.15 [14]

Note: The emission factor values for vehicles are based on the Pollution Control Department to use in the calculation for mobile origin shown in the table 2. Substitute the coefficients in the calculations according to the equation above.

TABLE 3: PARTICLE EMISSION CONCENTRATION

Pollutants	Emission concentration (g/day)				Sum
	MC	PC	LDT	HDT	
PM	6,262.74	4,975.86	3,647.80	6,684.82	21,571.22

For table 3, calculation of emissions from vehicles the area in front of the bus stop reduces dust and calculated as a percentage as shown in figure 8.

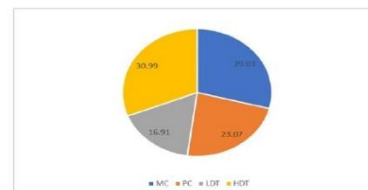


Fig. 8 Proportion of air pollutant emissions from vehicles (%)

IV. CONCLUSION

This study follows an innovative air-conditioned enclosed bus stop developed to reduce exposure to air pollution in people's daily lives such as while waiting for buses. While standing on the side of a road, the level of particulate matter in the atmosphere is at a level that is detrimental to health. This is the issue that this innovation of enclosed air-conditioned bus stops equipped with a dust filter aims to solve. This innovation reduces the amount of dust and the exposure to dust to a level that is safe for health by using an air purifier that can filter dust.

The usage of High Efficiency Particulate Air Filter (HEPA) air filter can reduce the amount of dust and keep the air inside the bus stop clean. The study found that during June-August, the PM_{2.5} particulate matter was highest outside the bus stop between 33-55 µg/m³, while inside the bus station the highest was between 3-19 µg/m³. The amount of particulate matter PM₁₀ during June - August outside the bus stop had a maximum value in the range of 55-69 µg/m³. On the contrary, inside the bus stop, a maximum value of 8-20 µg/m³ was found.

Upon collecting the concentrations of both outdoor and indoor PM_{2.5} and PM₁₀ simultaneously, the value outside the bus stop is higher than inside the bus stop at all intervals. It can be concluded that this prototype can reduce the amount of PM_{2.5} particulate matter by 91.95%, 92.66% and 99.49% in July, June and August respectively and can reduce the amount of PM₁₀ got 89.09 percent, 92.66 and 96.88 in July, June and August respectively.

V. CONFLICT OF INTEREST

The researcher done from researcher of faculty of engineering Naresuan University Phitsanulok Thailand

VI. AUTHOR CONTRIBUTIONS

Opas Pukklin is the Ph.D student and he is the advisee of Assistance Prof Dr. Pajaree Thongsanit. We work at faculty of engineering Naresuan University Phitsanulok Thailand. We wrote this paper together and we are proved final version of this paper.

VII. FUNDING

This paper was funded by Thailand Research Fund Year 2022 and was funded by faculty of engineering Naresuan University Phitsanulok Thailand.

VIII. ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank the staffs of department of civil engineering Naresuan University Phitsanulok Thailand and the staffs of Uthai tani Provincial Administrative Organization.

IX. References

- [1] Air Quality and Noise Management Division Pollution Control Department. (2022) Report on the situation and air quality in Thailand. [online]. Available: <http://air4thai.pcd.go.th/webV2/station.php?station=025#>
- [2] Health Center 4 Saraburi. (2022). Guidelines for making dust-free rooms for homes and public buildings. [online]. Available: <https://region4.anamai.moph.go.th/knowledge/knowledgebox/knowledge/view?id=206>
- [3] Jun Yang, J., McBride, J., Zhou, J., Sun, Z., (2005). The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban Forestry & Urban Greening* 3, 65-78
- [4] The Northwest Territories Government. (2016). Smoke Exposure from Wildfire: Guidelines for Protecting Community Health and Wellbeing. Retrieved April 18, 2020, from <https://www.hss.gov.nt.ca/sites/hss/files/smoke-exposure-wildfire-guidelines.pdf>
- [5] Tonneijck, A E G., (2008). Stadsbomen voor een goede luchtkwaliteit. *Congresboek Nederlandse Boomifodag* 6 November 2008, 8-13. (In Dutch).
- [6] U.S. Environmental Protection Agency. (2018). Guide to Air Cleaners in the Home. Retrieved April 18, 2020, from https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-07/documents/guide_to_air_cleaners_in_the_home_2nd_edition.pdf
- [7] U.S. Environmental Protection Agency. (2018). RESIDENTIAL AIR CLEANERS. Retrieved April 18, 2020, from https://www.epa.gov/sites/production/files/201807/documents/residential_air_cleaners_a_technical_summary_3rd_edition.pdf
- [8] World Health Organization: WHO. (2018). Air pollution. Retrieved April 18, 2020, from <https://www.who.int/news-room/air-pollution>
- [9] Office of Transport and Traffic Policy and Planning. (2003). Traffic master plan project. And urban transportation in the region, Nakhon Ratchasima Province (2nd time) Nakhon Ratchasima: Suranaree University of Technology, Thailand.
- [10] Department of Rural Roads. (2010) Traffic survey document. Bangkok: Office of Maintenance and Administration Traffic safety. [Online]. Available: <http://www.roadmaintenance.thaigov.net>
- [11] Jourard, R. (2009). Air pollution related to transport. *Atmospheric Environment*, 43, 985.
- [12] J. Chotikkrak. *Highway Engineering, 3rd edition*. Bangkok: Thailand Kasetsart University. (2010)
- [13] Pollution Control Department, *Complete Report of Car Air Pollution Measurement Project that uses gasohol Bangkok*: Ministry of Natural Resources and Environment. (2008).
- [14] Pollution Control Department. *Assessment of vehicle emission index in Thailand*. Bangkok: Air Quality and Noise Management Bureau. (2005).
- [15] Pollution Control Department. *Annual Report of Vehicle Pollution Measurement Laboratory, Bangkok: Thailand Vehicle Air Pollution Division, Air Quality and Noise Management Bureau*. (2010)

Copyright © 2023 by the authors. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited (CC BY 4.0).



First A. Mr. Opas Pukklin, Ph.D. student in environmental engineering Naresuan University Thailand. Born on January 20, 1991. Bachelor's degree from Mahidol University, Thailand in Environmental Science and Technology Program and Master's Degree in Environmental Science Program Naresuan University. Currently a civil servant Professional Environmental Academician work as a supervisor, who must supervise, advise, and inspect the work of co-workers in the Tak Provincial Administrative Organization, Thailand



First B. Assistant Prof. Dr. Pajaree Thongsanit, Ph.D. in environmental engineering in year 2002 and lecturer for 26 years at faculty of engineering, Naresuan university, Thailand. Pajaree born on October 30, 1971. Bachelor's degree from Mahidol University, Thailand in Public health Program and master's degree in Environmental Engineering at Kasetsart University Thailand. Doctoral 's degree in Environmental Engineering at Chulalongkorn University. Her research is focus on the air pollution, indoor and outdoor air quality, in Thailand, there are more than 50 publications in this area. The lecture is in subject of the air pollution and control for bachelor, master and doctoral level.

ภาคผนวก ง.-2 เอกสารประกอบการตีพิมพ์ผลงานวิจัย 2

The Inhalation Exposure of PM_{2.5} and PM₁₀ from Traffic Exhaust at the Uthai tani Bus Terminal and Two Roadside Areas in City of Uthai tani, Thailand

Opas Pukklin, Pajaree Thongsanit*

Abstract— This study aimed to determine the concentration of PM_{2.5} (Particulate Matter of size less than 2.5 micron) and PM₁₀ (Particulate Matter of size less than 10 micron) exhaust from traffic around bus station and roadsides, and to assess the exposure of PM_{2.5} and PM₁₀ of people around bus stations and roadsides in Uthai tani province, Thailand. The concentrations of PM_{2.5} and PM₁₀ in three stations in the city of Uthai tani were investigated using PM_{2.5} and PM₁₀ air quality detectors with dust detector model number of PMS5003 sensor meter in January 2022 to May 2022. The PM_{2.5} and PM₁₀ exposure of the people near those stations was evaluated and the health risk was calculated using Hazard Quotient (HQ). The results indicated that the highest concentrations of PM_{2.5} and PM₁₀ were detected at the station on the roadside in front of the Central Stadium of Uthai tani Province with the PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations of 58.40 µg/m³ and 64.13 µg/m³, respectively. Whereas the lowest concentrations of PM_{2.5} and PM₁₀ were found at the main bus station of Uthai tani Province with the PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations of 51.41 µg/m³ and 58.01 µg/m³, respectively. In addition, the results also showed that, in the rush hours (7:00 a.m. to 8:00 a.m.), the PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations reached the peak of 75.26 µg/m³ and 81.08 µg/m³, respectively. From exposure assessment, the average daily intake of PM_{2.5} and PM₁₀ of people were in the range of 15.39x10⁻³ to 29.32x10⁻³ mg/kg-day and 17.85 x10⁻³ to 30.96x10⁻³ mg/kg-day, respectively. The HQ values from both PM_{2.5} and PM₁₀ exposure were greater than 1.

Index Terms— PM_{2.5}, PM₁₀, inhalation exposure assessment, hazard quotient

I. INTRODUCTION

Uthai tani Province, Thailand, is facing the issue of air pollution. The levels of air pollution in the inner-city of Uthai tani is higher than Thailand's National Ambient Air Quality Standards (TNAAQs) [1]. Dust particles are the main pollutant. Dust particles from various sources are different in sizes. More than 90 percent of dust from roads and blowing soil, including dust from construction, is larger than 2.5 microns in size. Less than 10 percent of the dust has PM_{2.5}. Incomplete combustion of agricultural waste releases PM_{2.5} approximately at 80 percent, while burning fuel in vehicles and burning wood in household furnaces generates more than 90 percent of PM_{2.5}. Dust control on the road or in the air using water spraying may effectively reduce the large particles, but this method is ineffective in PM_{2.5} reduction in air [2].

In Thailand, the particulate pollution significantly leads to and aggravates many health problems. The main sources of the particles are construction sites, road repairs, and even demolition sites, including open burning of solid waste. Although, the particle concentration from these sources continuously declines in the main cities, this issue becomes prevalent in the areas far away from the major cities. Uthai tani is one of those areas [3]. Particulate matter can cause respiratory diseases. Exposure to high levels of air pollution can bring about several serious health conditions, hailing both short-term and long-term effects. The short-term ones are dry throat and coughs, as well as chest pains and mild infections of the respiratory tract, while the long-term ones may be continuous chest infections and coughing leading to the scarring of lung tissue, which often results in permanently decreased lung capacity. In year 2022, Uthai tani Provincial Health Office reported that acute upper respiratory tract infections have the highest prevalence rate of 279 per 100,000 population [4]. For dust pollution, the sensitive groups or risk groups are not only the older adults, children, and people with heart and lung diseases [5], but even healthy adults who have lived near highly polluted areas like industrial areas, or near busy roads, or in the areas of traffic congestion for a long period of time.

PM₁₀ is particulate matter 10 micrometers or less in diameter, PM_{2.5} is particulate matter 2.5 micrometers or less in diameter. PM_{2.5} is generally described as fine particles. By way of comparison, a human hair is about 100 micrometers, so roughly 40 fine particles could be placed on its width. Substance name: Particulate matter (less than 10 micrometers in diameter or less than 2.5 micrometers in diameter) Particles of any substances that are less than 10 or 2.5 micrometers diameter [6]. Particles in this size range make up a large proportion of dust that can be drawn deep into the lungs. Larger particles tend to be trapped in the nose, mouth, or throat. The chemical properties vary depending on sources of particles. It is important to note that particulates are not one particular chemical substance but a classification of particles by size rather than chemical properties [7]. PM_{2.5} and PM₁₀ are inhalable particulate matter. These particulate matters are released from various emission sources. PM_{2.5} is generally emitted from the combustion of fuels; gasoline, oil, diesel fuel or wood, while PM₁₀ occurs from different activities that generate dust such as construction, landfills, agriculture, wildfires and waste burning including wind-blown dust from a road [8],[9]. The main sources of particulate pollution in the city of Uthai tani are the main bus station of the city and the two main roads (road number 333 and number 3220) of the city. These areas are densely populated areas; especially surrounding the bus station.

Manuscript received XXXX, revised XXXX, accepted XXXX.
P. O., T. P.* are Ph.D. student and assistant prof. Dr. of Faculty of Engineering, Naresuan University, Muang, Phitsanulok, Thailand 65000

*Correspondence: pajareet@nu.ac.th

The people who have resided in the areas are at a serious health risk caused by exposure to the particles released from these sources. Therefore, in this study, the research paper is aimed to study the concentration of $PM_{2.5}$ and PM_{10} exhaust from traffic around bus station and roadsides and to assess the exposure of $PM_{2.5}$ and PM_{10} of people around bus stations and roadsides in Uthai tani Province. The $PM_{2.5}$ and PM_{10} exposure of the people near those stations was evaluated and the health risk was calculated using Hazard Quotient (HQ).

II. RESEARCH METHOD

A. Sampling sites

This study was conducted in the urban area of Uthai tani Province. Three locations were selected as the sampling stations to measure the concentration of $PM_{2.5}$ and PM_{10} . The first station (SA01) was the main bus station of Uthai tani Province. The second station (SA02) was at the roadside in front of the Central Stadium of Uthai tani Province. The last station (SA03) was at the roadside in front of Ramkhamhaeng University, Academic Service Branch Uthai tani Province. Figure 1 shows the locations of the measurement station.



Fig. 1 Three dust sampling sites at Uthai tani Province

B. Sampling Instrument and Sampling Period

One hundred and eighty samples of $PM_{2.5}$ and of PM_{10} were measured in each sampling site using a dust detector model PMS5003 with the total of 1,080 samples.

The sample collection was divided into 9 periods with intervals of 2 hours (apart from 6:00 a.m., 8:00 a.m., 10:00 a.m., 12:00 p.m., 2:00 p.m., 4:00 p.m. 6:00 p.m. 8:00 p.m. and 11:00 p.m.) (Monday to Sunday) during January year 2022 to May year 2022.

C. Assessment the exposure of $PM_{2.5}$ and PM_{10}

The population was people who lived surrounding the bus station, along the roadside in front of the Central Stadium and Ramkhamhaeng University, Academic Service Branch Uthai tani Province. About 20% of the total population was randomly sampling. 180 questionnaires were collected to assess the exposure with each location of 60 questionnaires.

The data of the samples such as time of exposure (ET), the frequency of exposure (EF), duration of exposure (ED) and body weight (BW) was collected and analyzed with descriptive statistics (mean and maximum) [10], [11], [12].

D. Exposure assessment of $PM_{2.5}$ and PM_{10}

An exposure assessment is a method for estimating or quantifying the concentration of a substance. It consists of the steps as follows:

Step 1 gathering the data of the concentration of $PM_{2.5}$ and PM_{10} of each location and the data from the questionnaire as explained in Study Population [13].

Step 2 assessing the exposure to $PM_{2.5}$ and PM_{10} through inhalation using the quantity of Average Daily Intake (ADI) as the equation below [14].

$$ADI = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (1)$$

Where ADI is the average daily exposure.
(mg/kg-body weight/day)

CA is the concentration of substances in the air
(mg/m^3)

IR is the breathing rate ($m^3/hr.$)

ET is time of exposure (hrs./day)

EF is the frequency of exposure (day/year)

ED is the duration of exposure (years)
(Average life expectancy of the population –
age of passengers)

BW is body weight (kg)

AT is the exposure time period (days)

(EDX365 days/year), which was constant
for the parameters

E. Risk assessment of $PM_{2.5}$ and PM_{10}

Risk level was calculated to explain the health effects from $PM_{2.5}$ and PM_{10} exposure in term of Hazard Quotient (HQ) according to the equation below [14].
expressed as:

$$\text{Hazard Quotient (HQ)} = \frac{\text{Exposure (mg/kg/day)}}{RfC \text{ (mg/kg/day)}} \quad (2)$$

Where HQ is risk ratio

Exposure is daily exposure value (mg/kg/day)

RfC (Reference Concentration) is the reference
concentration of the pollutant or the amount
that enters the body through inhalation without
causing Health Hazard (mg/kg/day)

III. RESULTS

A. Determination of the concentration of $PM_{2.5}$ and PM_{10}

The concentrations of $PM_{2.5}$ and PM_{10} from three stations were collected from January year 2022 to May year 2022 using $PM_{2.5}$ and PM_{10} air quality detectors with PMS5003 sensor meter. The concentrations were showed in time periods of day, days, months, and station as illustrated in Figure 2, 3, 4 and 5, respectively.

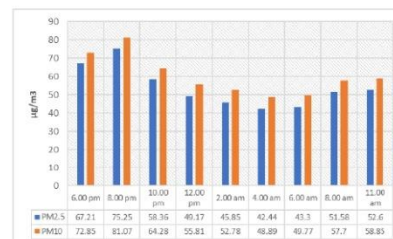


Fig. 2 $PM_{2.5}$ and PM_{10} dust level in each period of day

In Figure 2, it was found that the lowest concentration of PM_{2.5} was 42.45 µg/m³ at 4:00 p.m., while the highest level was 75.26 µg/m³ in the pre-working period at 8:00 a.m. This is in line with the study of Pakorn Pimsanch [15] indicated that the most people use a career path when using the road rush hour (7:00 a.m.–8:00 a.m. and 3:00 p.m.–4:00 p.m.). This causes the traffic congestion and might release additional dust from the fuel combustion of cars.

The lowest level of PM₁₀ was 48.90 µg/m³ at 4:00 p.m. And the highest level was 81.08 µg/m³ in the pre-working period at 8:00 a.m.

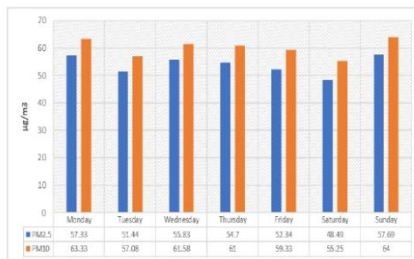


Fig. 3 PM_{2.5} and PM₁₀ dust concentration each day

In Figure 3, the daily PM_{2.5} concentration was the lowest at 48.49 µg/m³ on Saturday and it peaked at 57.69 µg/m³ on Sunday. The PM_{2.5} was 51.44 to 57.33 µg/m³ on weekdays.

PM₁₀ concentration, there was the same trend as PM_{2.5} concentration, the lowest value was 55.25 µg/m³ on Saturday and the highest was 64 µg/m³ on Sunday. On weekdays, the concentrations were between 57.08 to 63.33 µg/m³

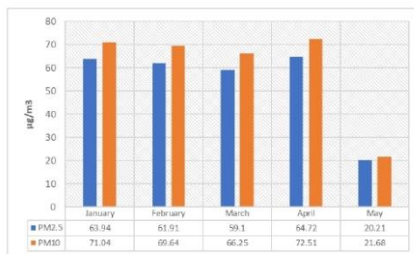


Fig. 4 PM_{2.5} and PM₁₀ dust concentration each month

In Figure 4, result was that monthly concentration of PM_{2.5} was the lowest at 20.22 µg/m³ in May 2022, while the highest was at 64.72 µg/m³ in April. In January year 2022, February, year 2022 and March year 2022, the concentrations were 63.94, 61.91, and 59.10 µg/m³, respectively. The concentration level varies according to the season in the summer, the concentration is higher than the rainy season.

For the monthly concentration of PM₁₀, it was a minimum of 21.68 µg/m³ in May 2022, while a maximum was 72.51 µg/m³ in April year 2022. In January year 2022, February year 2022, and March year 2022, the concentrations were 71.05, 69.64, and 66.25 µg/m³, respectively. It can be seen that the concentration level varies during the season, corresponding to PM_{2.5} level.

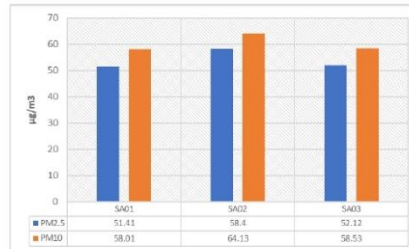


Fig. 5 PM_{2.5} and PM₁₀ dust level at each sampling stations

In Figure 5, it was found that the lowest concentration of PM_{2.5} was 51.41 µg/m³ at the Uthai tani bus station, while the highest level was 58.40 µg/m³ at the main roadside in front of the Central Stadium of Uthai tani Province. In the area of Ramkhamhaeng University, Academic Service Branch in Uthai tani Province, the concentration of PM_{2.5} was 52.12 µg/m³. It should be noted that these concentrations exceeded the standard level of PM_{2.5} of Thailand's National Ambient Air Quality Standards with not exceed 50 micrograms per cubic meter in 24 hours.

The concentration of PM₁₀ at each sampling location, the lowest level was 58.01 µg/m³ at the Uthai tani bus station, whereas the highest level was 64.134 µg/m³ at the main roadside in front of the Central Stadium of Uthai tani Province. As for the area of Ramkhamhaeng University, Academic Service Branch in Uthai tani Province had a PM₁₀ level of 58.53 µg/m³. The results also showed that the Uthai tani Bus Station area and Ramkhamhaeng University, Academic Service Branch Uthai tani Province were similar in the PM₁₀ level.

From the results, it was found that because the area along the main road in front of the Central Stadium of Uthai tani Province is an important road that people use to travel, which connects the city with other districts and Nakhon Sawan Province, which will have heavy traffic every day. In the area of Ramkhamhaeng University, Chaloem Phrakiat Academic Service Branch, Uthai tani Province It is during the teaching and learning in online method, which has a policy to monitor the spread of the corona virus infection 2019. There is light traffic around the Uthai tani bus station, with few public transportations being used. Because there is a small population and most of them are engaged in agriculture, farming, and gardening. The open burning of agricultural waste has been seen every day and it is the main source of this sampling site.

B. Inhalation exposure of PM_{2.5} and PM₁₀

Inhalation exposure of PM_{2.5} of people in the Uthai tani area is shown in Table 1. It was found that the exposure of PM_{2.5} in each measurement point was in the range 15.39x10⁻³-29.32x10⁻³ mg/kg-day during the pre-workout period (08:00 a.m.) had the highest level of PM_{2.5} dust exposure 29.32x10⁻³ mg/kg-day and the lowest level during Afternoon (4:00 p.m.) is 15.39x10⁻³ mg/kg-day during April year 2022. The highest exposure to PM_{2.5} dust was 24.60 x10⁻³mg/kg-day and the lowest level during May was 7.32x10⁻³ mg/kg-day on Monday. The highest exposure to

PM_{2.5} dust was 22.23x10⁻³ mg/kg-day and the lowest on Saturday was 17.72x10⁻³ mg/kg-day.

Table 1: PM_{2.5} INHALATION EXPOSURE LEVEL

Measurement point	SA01	SA02	SA03
6:00 a.m.	25.70	25.14	24.21
8:00 a.m.	28.00	29.32	26.57
10:00 a.m.	21.43	22.43	21.20
12:00 a.m.	18.10	19.41	17.27
2:00 p.m.	17.34	17.01	16.85
4:00 p.m.	16.15	15.85	15.39
6:00 p.m.	16.08	16.42	15.80
8:00 p.m.	21.04	18.00	18.73
11:00 p.m.	20.38	18.79	19.66
Monday	22.23	20.85	21.00
Tuesday	19.50	19.30	18.63
Wednesday	21.14	21.17	20.00
Thursday	20.87	20.92	19.25
Friday	19.67	20.30	18.40
Saturday	18.25	17.72	18.20
Sunday	21.62	21.60	21.18
January	24.56	23.21	23.68
February	23.60	23.70	21.77
March	21.89	22.45	21.57
April	24.36	24.60	23.25
May	7.9	7.34	7.32

Note: exposure level unit ((mg/kg/day) x10⁻³)

Inhalation exposure of PM₁₀ of people in the Uthai tani area is shown in Table 2. it is found that the dust exposure level of PM₁₀ at each measurement point were in the range 17.85x10⁻³-30.96x10⁻³ mg/kg-day during the pre-workout period (08.00 a.m.) had the highest PM₁₀ exposure, which was 30.96x10⁻³ mg/kg-day and the lowest was in the afternoon (4 p.m.) is 17.85x10⁻³ mg/kg-day during April. The highest exposure to PM₁₀ was 27.93x10⁻³ mg/kg-day and the lowest during May was 7.35x10⁻³ mg/kg-day on Monday. The highest exposure to PM₁₀ was 24.63x10⁻³ mg/kg-day and the lowest on Saturday was 19.93x10⁻³ mg/kg-day.

Table 2: PM₁₀ INHALATION EXPOSURE LEVEL

Measurement point	SA01	SA02	SA03
6:00 a.m.	28.18	26.89	26.33
8:00 a.m.	30.62	30.96	28.87
10:00 a.m.	23.73	24.36	23.61
12:00 a.m.	20.83	21.49	19.92
2:00 p.m.	20.21	19.27	19.48
4:00 p.m.	18.76	18.01	17.85
6:00 p.m.	18.69	18.66	18.20
8:00 p.m.	23.66	20.03	20.96
11:00 p.m.	23.19	20.62	22.05
Monday	24.63	22.75	23.24
Tuesday	21.80	21.14	20.63
Wednesday	23.56	22.87	22.19
Thursday	23.61	22.65	21.85
Friday	22.66	22.31	21.13
Saturday	21.15	19.93	20.62
Sunday	24.26	23.36	23.77
January	27.37	25.87	26.14
February	26.78	26.12	24.86
March	24.92	24.55	24.50
April	27.93	26.81	26.26
May	8.49	7.35	7.85

Note: exposure level unit ((mg/kg/day) x10⁻³)

C. Risk assessment of PM_{2.5} and PM₁₀

Risk Assessment of PM_{2.5} of people in the Uthai tani area is shown in table 3. It is found that the Hazard Quotient (HQ) values at the measurement points were in the range of 1.46 to 5.86, which was greater than 1, it referred to those who use the service at each measurement point or live nearby have possibly adverse health effects from PM_{2.5} exposure. Risk Characterization Considered from the risk ratio (HQ) referring to past studies [16] divided into 4 levels as follows

- HQ < 0.1 means no danger
- 0.1 ≥ HQ ≤ 1.0 means low level of danger.
- 1.1 ≥ HQ ≤ 10 means moderate hazard.
- HQ > 10 means there is a high level of danger.

Table 3: RISK ASSESSMENT LEVEL OF PM_{2.5}

Measurement point	SA01	SA02	SA03
6:00 a.m.	5.14	5.03	4.84
8:00 a.m.	5.60	5.86	5.31
10:00 a.m.	4.29	4.49	4.24
12:00 a.m.	3.62	3.88	3.45
2:00 p.m.	3.47	3.40	3.37
4:00 p.m.	3.23	3.17	3.08
6:00 p.m.	3.22	3.28	3.16
8:00 p.m.	4.21	3.60	3.75
11:00 p.m.	4.08	3.76	3.93
Monday	4.45	4.17	4.20
Tuesday	3.90	3.86	3.73
Wednesday	4.23	4.23	4.00
Thursday	4.17	4.18	3.85
Friday	3.93	4.06	3.68
Saturday	3.65	3.54	3.64
Sunday	4.32	4.32	4.24
January	4.91	4.64	4.74
February	4.72	4.74	4.35
March	4.38	4.49	4.31
April	4.87	4.92	4.65
May	1.59	1.47	1.46

Risk Assessment of PM₁₀ of people in the Uthai tani area is shown in table 4. It was found that the HQ evaluation results at each measurement point were in range of 0.67 to 2.81. The HQ is greater than 1, it meant that those who use the service at each measurement point or live nearby have possibly adverse health effects from PM₁₀ exposure.

Table 4: RISK ASSESSMENT LEVEL OF PM₁₀

Measurement point	SA01	SA02	SA03
6:00 a.m.	2.56	2.44	2.40
8:00 a.m.	2.78	2.81	2.62
10:00 a.m.	2.16	2.21	2.15
12:00 a.m.	1.89	1.95	1.81
2:00 p.m.	1.84	1.75	1.77
4:00 p.m.	1.71	1.64	1.62
6:00 p.m.	1.70	1.70	1.65
8:00 p.m.	2.15	1.82	1.90
11:00 p.m.	2.11	1.87	2.00
Monday	2.24	2.07	2.11
Tuesday	1.98	1.92	1.88
Wednesday	2.14	2.08	2.02
Thursday	2.15	2.06	1.97
Friday	2.06	2.03	1.92
Saturday	1.92	1.81	1.87
Sunday	2.21	2.12	2.16
January	2.49	2.35	2.38
February	2.43	2.37	2.26
March	2.27	2.23	2.23
April	2.54	2.44	2.39
May	0.77	0.67	0.71

IV. CONCLUSION

The concentration of $PM_{2.5}$ and PM_{10} from three sites in Uthai tani Province, it was found that the some of $PM_{2.5}$ samples were exceeded the Thailand standard at $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. The reason was the high volume of traffic in the bus terminal and roadside sampling sites in urban areas. The university site is set in rural areas where was low traffic volume and high open burning emission. The PM_{10} concentrations of three sites did not exceed the Thailand standard at $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. The $PM_{2.5}$ was high but the PM_{10} was low. This result shows that the sources of particle in Uthai tani were burning emission. The source of dust was not from industry or unseal road that is the bigger size of particle.

The exposure level of $PM_{2.5}$ and PM_{10} dust had the highest level in morning time, the air temperature was low the fine dust stayed in the ground level until after noon the fine dust flow to upper air level. The assessment of $PM_{2.5}$ and PM_{10} of HQ in each area found that the HQ level of each measurement point was in the range of "greater than 1", meaning that those who use the service at each measurement point suffer adverse health effects. The symptoms and severity depend on the duration of exposure, age and individual resistance. The concentration of pollution, history of lung or heart disease, etc. Symptoms ranging from mild to severe include burning eyes, red eyes, watery eyes, dry throat, throat irritation, coughing, tiredness, tightness in the chest, and trouble breathing.

V. CONFLICT OF INTEREST

The researcher done from researcher of faculty of engineering Naresuan university Phitsanulok Thailand

VI. AUTHOR CONTRIBUTIONS

Opas Pukkin is the Ph.D student and he is the advisee of Assistance Prof.Dr. Pajaree Thongsanit. We work at faculty of engineering Naresuan university Phitsanulok Thailand. Opas was water pollution expert and his project is more than 10 wastewater project in Uthai tani and Tak Province, Dr. Pajaree is the 26 years lecturer in air pollution subject and there are more than 50 publications in air pollution research.

VII. FUNDING

This paper was funded by Thailand Research Fund Year 2022 and was funded by faculty of engineering Naresuan university Phitsanulok Thailand.

VIII. ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank the staffs of department of civil engineering Naresuan university Phitsanulok Thailand and the staffs of Uthai tani Provincial Administrative Organization.

IX REFERENCES

- [1] Pollution Control Department (2019). Air quality management [Online]. Available: https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2021/03/pcdnew-2021-04-07_06-54-58_342183.pdf
- [2] European Environment Agency (EEA) (February 2018) Emissions of primary $PM_{2.5}$ and PM_{10} particulate matter.
- [3] Uthai tani Provincial Public Health Office. (2022). Public Health Statistics, Uthai tani Province [Online]. Available: <https://uthaihealth.moph.go.th/ustat/cupopcause30pd.php?cid=06&fyear=2565&fmonth=00&fsort=T>
- [4] Omar Amador. (March 2013). Opposing seasonal trends for polycyclic aromatic hydrocarbons and PM_{10} . Health risk and sources in southwest Mexico City. ResearchGate
- [5] California Air Resources Board. (2022). Inhalable Particulate Matter and Health ($PM_{2.5}$ and PM_{10}). [online]. Available: <https://www2.arb.ca.gov/resources/inhalable-particulate-matter-and-health>
- [6] Samantha Lawrence, R. S., Khaiwal Ravindra, (March 2016). Quantification of vehicle fleet PM_{10} particulate matter emission factors from exhaust and non-exhaust sources using tunnel measurement techniques. ScienceDirect, 210, 419-428.
- [7] Singapore Standard. (November 2009). Indoor air quality for airconditioned buildings.
- [8] United States Environmental Protection Agency. (2022). Patient Exposure and the Air Quality Index. [online]. Available: <https://www.epa.gov/pmcourse/patient-exposure-and-air-quality-index>
- [9] Pat E. Rasmussen, C. L., Marc Chénier, H. David Gardner, (October 2018). Contribution of metals in resuspended dust to indoor and personal inhalation exposures: Relationships between PM_{10} and settled dust. ScienceDirect.
- [10] U.S. Environmental Protection Agency. (December 1989). Risk Assessment Guideline for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A) Retrieved from <http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsa/index.htm>.
- [11] U.S. Environmental Protection Agency. (January 7, 2016). Guidelines for Human Exposure Assessment. Retrieved from https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-02/documents/guidelines_for_human_exposure_assessment_peer_review_draftv2.pdf
- [12] U.S. Environmental Protection Agency. (July 8, 2008). Standard Operating Procedure for Particulate Matter (PM) Gravimetric Analysis. Environmental and Industrial Sciences Division RTI International.
- [13] World Health Organization. (May 2018) Ambient (outdoor) air quality and health Retrieved from [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- [14] U.S. Department of Health and Human Services. NIOSH Manual of Analytical Methods. SILICA, CRYSTALLINE (P.319) Available: http://www.google.co.th/books?hl=th&lr=&id=JkKIQ8GF4C&oi=fnd&pg=PR3&dq=SILICA,+CRYSTALLINE,+by+VTS&ots=WBqAy_YW_g&sig=M4H6S_vPm7vzGoo4n21tb5ykFLA&redir_esc=y#v=onepage&q=SILICA%2C%20CRYSTALLINE%2C%20by%20VTS&f=false
- [15] Pakom Pimsan, "Problems of road traffic accidents in Naresuan University and surrounding areas", M.S. thesis, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment Naresuan University, 2020
- [16] Lemly AD. Evaluation of the Hazard Quotient Method for Risk Assessment of Selenium. Ecotoxicol Environ Saf. 1996; 35: 156-62.

Copyright © 2023 by the authors. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited (CC BY 4.0).

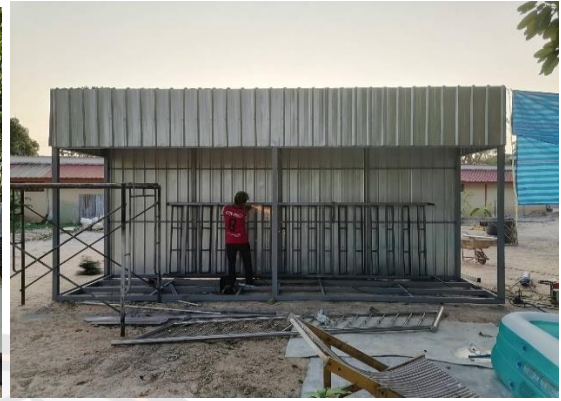


First A. Mr. Opas Pukkin, Ph.D. student in environmental engineering Naresuan University Thailand. Born on January 20, 1991. Bachelor's degree from Mahidol University, Thailand in Environmental Science and Technology Program and Master's Degree in Environmental Science Program Naresuan University. Currently a civil servant Professional Environmental Academician work as a supervisor, who must supervise, advise, and inspect the work of co-workers in the Tak Provincial Administrative Organization, Thailand. The water pollution problem in Uthai tani and Tak province was solved by more than 10 projects a year and it is operated under his duties.



Second B. Assistant Prof. Dr. Pajaree Thongsanit, Ph.D. in environmental engineering in year 2002 and lecturer for 26 years at faculty of engineering, Naresuan university, Thailand. Pajaree born on October 30, 1971. Bachelor's degree from Mahidol University, Thailand in Public Health Program and master's degree in Environmental Engineering at Kasetsart University Thailand. Doctoral's degree in Environmental Engineering at Chulalongkorn University. Her research is focus on the air pollution, indoor and outdoor air quality, in Thailand, there are more than 50 publications in this area. The lecture is in subject of the air pollution and control for bachelor, master and doctoral level at faculty of engineering, Naresuan university

ภาคผนวก จ.-1 การสร้างป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ



ภาคผนวก จ.-2 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดฝุ่น



ภาคผนวก จ.-3 การวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กภายในป้ายรถประจำทางแบบปิดปรับอากาศ

