

อิทธิพลของปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและการจราจรต่อปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน  
ของพื้นที่ริมถนนในเขตกรุงเทพมหานคร



นายตระวรรณ หาญกิจรุ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

ปีการศึกษา 2556

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิต สำนักวิทยบริการฯ ที่ส่งมาทางบัณฑิตวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS AND TRAFFIC ON PM<sub>10</sub>  
AT ROADSIDE AREA OF BANGKOK

Mr. Trawan Harnkijroong

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science  
(Interdisciplinary Program)  
Graduate School  
Chulalongkorn University  
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

อิทธิพลของปัจจัยทางอุดมศึกษาและการจราจรต่อ  
ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของพื้นที่ริม  
ถนนในเขตกรุงเทพมหานคร

โดย

นายตระวรรณ หาญกิจรุ่ง

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. นภาพร พานิช

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมใจ เพ็งปรีชา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์ ดร. นภาพร พานิช)

.....กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พุกษาสลิต)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติมา รุ่งรัตนอุบล)

ตระวรรณ หาญกิจรุ่ง : อิทธิพลของปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและการจราจรต่อปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของพื้นที่ริมถนนในเขตกรุงเทพมหานคร. (INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS AND TRAFFIC ON PM<sub>10</sub> AT ROADSIDE AREA OF BANGKOK) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. นภาพร พานิช , 88 หน้า.

การศึกษาความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาและปริมาณจราจรในพื้นที่ริมถนนเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 3 เส้นทาง ได้แก่ ถนนอินทรพิทักษ์ ถนนดินแดง และถนนลาดพร้าว โดยนำข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2554 จากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ โดยใช้สหสัมพันธ์เพียร์สัน สมการถดถอยเชิงเส้น และสมการถดถอยพหุคูณ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น ผลการศึกษาพบว่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนบริเวณริมถนนมีแนวโน้มลดลง โดยถนนดินแดงมีปริมาณฝุ่นละอองมากที่สุด เมื่อศึกษาจากพื้นที่ริมถนนทั้งหมดโดยแยกเป็นช่วงฤดูกาลพบว่าในช่วงฤดูหนาวมีปริมาณฝุ่นละอองสูงสุด และลดลงในช่วงฤดูร้อนและมีปริมาณน้อยที่สุดในช่วงฤดูฝน ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนกับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาพบว่าอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละอองมากที่สุดและมีความสัมพันธ์เชิงลบในถนนสองเส้นทาง มีค่าสหสัมพันธ์ (r) ดังนี้ ถนนอินทรพิทักษ์  $r = -0.239$  และถนนลาดพร้าว  $r = -0.441$  เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองกับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาทั้งหมด พบว่าปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีอิทธิพลต่อฝุ่นละอองของแต่ละถนน คือ 27.5% 41.9% และ 38.1% ตามลำดับ จากการศึกษาทำให้สรุปได้ว่าปริมาณฝุ่นละอองเพิ่มขึ้นเมื่อ ความเร็วลมต่ำ อากาศเย็นและเสถียร แสงแดดไม่มาก ส่วนปริมาณน้ำฝนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละอองขนาดเล็กอย่างชัดเจนในช่วงฤดูฝน โดยน้ำฝนช่วยลดช่วยลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากผิวถนนทำให้ปริมาณฝุ่นละอองในช่วงฤดูฝนมีค่าลดลง ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนกับปริมาณจราจรซึ่งในแต่ละถนนมีปริมาณการจราจรแตกต่างกันแต่รถยนต์ส่วนใหญ่ของแต่ละถนนเป็นรถยนต์ส่วนบุคคลรองลงมาคือรถจักรยานยนต์ แต่จากการศึกษาพบว่าฝุ่นละอองในบริเวณพื้นที่ริมถนนมีความสัมพันธ์กับรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะอย่างยิ่งรถโดยสารประจำทาง และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองกับปริมาณจราจรทั้งหมด พบว่า ปริมาณจราจรโดยรวมทั้งหมดนั้นไม่มีอิทธิพลต่อฝุ่นละอองอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพื้นที่เก็บตัวอย่างอยู่ในเมืองซึ่งมีปริมาณของยานพาหนะที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยมาก จึงได้มีข้อเสนอแนะให้ใช้สถานที่ซึ่งมียานพาหนะเหล่านี้เป็นสัดส่วนที่สูงในบริเวณชานเมืองและบริเวณใกล้ท่าเรือในการศึกษาต่อไป นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ปัจจัยอุตุนิยมวิทยา และปริมาณการจราจร พบว่าปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละอองอย่างมีนัยสำคัญตามลักษณะภูมิศาสตร์ของพื้นที่ริมถนน

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2556

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

# # 5387140220 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS: PM10 / METEOROLOGY / ROADSIDE / TRAFFIC VOLUME

TRAWAN HARNKIJROONG: INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS AND TRAFFIC ON PM<sub>10</sub> AT ROADSIDE AREA OF BANGKOK. ADVISOR: ASSOC. PROF. NOPPAPORN PANICH., D.Eng., 88 pp.

This study is on relationship between particulate matter of less than 10 micron (PM<sub>10</sub>) and meteorological and traffic factors. The sites chosen for the study were three roads in Bangkok, Thailand, which are Indrapitak Road, Din Daeng Road and Lad Phrao Road. PM<sub>10</sub> data (2002-2011) were obtained from Pollution Control Department's monitoring stations, and statistical analysis was performed by Pearson's correlation, linear regression and multiple regression. The results indicates that while PM<sub>10</sub> concentration in general is decreasing throughout the years studied, the seasonal pattern is clear that winter months have highest concentrations, followed by summer and rainy season's months respectively. Among the meteorological parameters, temperature exhibits strongest negative correlation with PM<sub>10</sub> concentrations, with  $r = -0.239$  and  $-0.441$  for Indrapitak Road and Lad Phrao Road respectively. It also shows that low wind speeds, low temperature, stable condition and low sunlight radiation promote higher PM<sub>10</sub> concentrations. Rain effects on PM<sub>10</sub> only during rainy season which may be due to the suppression of fugitive road dust re-entrainment. On the effect of traffic volume on PM<sub>10</sub> concentrations it was found that the PM<sub>10</sub> was not related to the traffic volume as a whole but was more related to diesel vehicles, particularly buses, but since the study sites are urban with few of the diesel vehicles (buses) the effects are not very clear, and this study recommends that future studies may choose sites with more diesel vehicles, such as suburbs and near major ports. Local factors such as geographical features also influence meteorological at sites and were found to have effects on PM<sub>10</sub>.

Field of Study: Environmental Science

Student's Signature .....

Academic Year: 2013

Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย ขอกราบขอบพระคุณ สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความอนุเคราะห์ส่งข้อมูลฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและข้อมูลอนุกรมวิธานในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ รวมถึงกรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ได้ส่งข้อมูลอนุกรมวิธานมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ พันตำรวจเอก ธนวัตร วัฒนกุล ผู้กำกับการสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย และหัวหน้าสถานีดับเพลิงและกู้ภัยธนบุรี ที่ความอนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ในการสำรวจข้อมูลจราจร คุณมนตรี ชูติชัยศักดิ์ดา นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ที่อนุเคราะห์ให้ข้อมูลเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองและเครื่องตรวจวัดอนุกรมวิธาน

ขอกราบขอบพระคุณ ราชกรีฑาสโมสร และสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนศึกษาและวิจัยเพื่อใช้ในการดำเนินการศึกษาในครั้งนี้ จวบจนกระทั่งสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. นภาพร พานิช ที่คอยให้ความปรึกษา แนะนำแนวทางการทำงาน รวมถึงได้แนะนำสั่งสอนเพื่อทำให้เกิดทักษะในการทำงานต่างๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ในชีวิต

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมใจ เพ็งปรีชา ที่กรุณาเป็นประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึง อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พุกทาสสิทธิ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติมา รุ่งรัตนอุบล ที่ได้เสียสละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น เพื่อแก้ไขให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้ดียิ่งขึ้น

และสุดท้ายขอกราบขอบคุณอย่างยิ่ง สำหรับบิดา มารดา ครอบครัว และเพื่อน ที่คอยให้การสนับสนุน คอยให้กำลังใจ และยังช่วยร่วมแก้ปัญหา ให้คำแนะนำปรึกษา อยู่ตลอดเวลาเสมอมา

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
สารบัญตาราง.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย .....	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.3.1 ขอบเขตเนื้อหา.....	2
1.3.2 ขอบเขตพื้นที่.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ผู้่นละเอง.....	4
2.1.1 ความหมายของผู้่นละเอง.....	4
2.1.2 การแพร่กระจายของผู้่นละเองในบรรยากาศ .....	5
2.1.3 แหล่งกำเนิดผู้่นละเอง.....	5
2.1.4 ผลกระทบของผู้่นละเอง .....	6
2.1.5 การเก็บตัวอย่างและการตรวจวัดผู้่นละเอง .....	9
2.1.6 ค่ามาตรฐานผู้่นละเอง .....	13
2.2 อุตุนิยมวิทยา.....	15
2.2.1 อุณหภูมิ.....	15
2.2.2 ความชื้นสัมพัทธ์ .....	16
2.2.3 หยาดน้ำฟ้า.....	16
2.2.4 ลม .....	16
2.2.5 การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์.....	16

2.3 ปริมาณการจราจร .....	17
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	23
3.1 ข้อมูลพื้นที่ใช้ทำการศึกษา.....	23
3.1.1 สถานีไฟฟ้าอโยธยบุรี.....	23
3.1.2 สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย.....	23
3.1.3 การเคหะดินแดง.....	23
3.1.4 การจราจร .....	25
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการศึกษา .....	26
3.2.1 เครื่องมือวัดความเข้มข้นฝุ่นละออง.....	26
3.2.2 เครื่องมือตรวจวัดสภาพอุตุนิยมวิทยา.....	27
3.2.3 เครื่องมือสำรวจปริมาณการจราจร .....	27
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย .....	27
3.3.1 ช่วงเวลาทำการเก็บข้อมูล.....	27
3.3.2 ข้อมูลการศึกษา.....	28
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	28
3.4.1 ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน .....	29
3.4.2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	29
3.4.3 ข้อมูลปริมาณจราจร.....	30
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	32
4.1 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนบริเวณริมถนน ....	32
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา .....	39
4.2.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์เพียร์สัน.....	39
4.2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้น.....	43
4.2.3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ด้วยวิธีสมการถดถอยพหุคูณ .....	45



4.2.4 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ตามช่วง ฤดูกาลด้วยวิธีสัมประสิทธิ์เพียร์สัน .....	47
4.2.5 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ตามช่วง ฤดูกาลสมการถดถอยเชิงเส้น.....	54
4.2.6 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ตามช่วง ฤดูกาลสมการถดถอยพหุคูณ.....	57
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปริมาณการจราจร .....	61
4.3.1 ปริมาณการจราจร .....	61
4.3.2 ความสัมพันธ์ฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปริมาณจราจรบริเวณถนนอินทรพิทักษ์ .....	67
4.3.3 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปริมาณจราจรบริเวณถนนดินแดง.....	68
4.3.4 ความสัมพันธ์ฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปริมาณจราจรบริเวณถนนลาดพร้าว .....	69
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> ปัจจัยอุตุนิยมวิทยา และปริมาณการจราจร.....	71
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ .....	73
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	73
5.1.1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน .....	73
5.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา .....	73
5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน .....	74
5.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> ปัจจัยอุตุนิยมวิทยา และปริมาณการจราจร... ..	75
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	75
รายการอ้างอิง .....	76
ภาคผนวก.....	80
ภาคผนวก ก.....	81
ภาคผนวก ข.....	82
ภาคผนวก ค.....	83
ภาคผนวก ง .....	85
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	88

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 อันตรกิริยาของแสงกับฝุ่นละออง.....	7
ภาพที่ 2.2 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองปริมาตรสูง .....	10
ภาพที่ 2.3 เครื่องเก็บตัวอย่างปริมาตรต่ำ.....	10
ภาพที่ 2.4 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบไดโคโตมัส.....	11
ภาพที่ 2.5 เครื่องตรวจวัดฝุ่นด้วยรังสีบีตา.....	12
ภาพที่ 2.6 การทำงานเครื่องตรวจวัดฝุ่นด้วยรังสีบีตา.....	12
ภาพที่ 2.7 Tapered Element Oscillating Microbalance, TEOM.....	13
ภาพที่ 2.8 เครื่องนับแบบท่อความดัน (Pneumatic Road Tube).....	19
ภาพที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีไฟฟ้าอ้อยธนบุรี .....	24
ภาพที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย .....	24
ภาพที่ 3.3 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณการเคหะดินแดง .....	25
ภาพที่ 3.4 แผนผังการศึกษา .....	31
ภาพที่ 4.1 ปริมาณฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> ของถนนแต่ละสาย (รายปี).....	33
ภาพที่ 4.2 ปริมาณฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> ของถนนแต่ละสาย (รายเดือน).....	34
ภาพที่ 4.3 ปริมาณฝุ่นละออง P <sub>10</sub> รายวันบริเวณถนนอินทรพิทักษ์.....	35
ภาพที่ 4.4 ปริมาณฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> รายวันบริเวณถนนดินแดง.....	36
ภาพที่ 4.5 ปริมาณฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> รายวันบริเวณถนนลาดพร้าว.....	37
ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> แต่ละปีบริเวณถนนอินทรพิทักษ์ .....	38
ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> แต่ละปีบริเวณถนนดินแดง.....	38
ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> แต่ละปีบริเวณถนนลาดพร้าว.....	39
ภาพที่ 4.9 ปริมาณการจราจรทั้งหมดของถนนอินทรพิทักษ์.....	62
ภาพที่ 4.10 ปริมาณการจราจรทั้งหมดของถนนดินแดง.....	62
ภาพที่ 4.11 ปริมาณการจราจรทั้งหมดของถนนลาดพร้าว .....	63
ภาพที่ 4.12 สัดส่วนรถยนต์ของถนนอินทรพิทักษ์.....	64
ภาพที่ 4.13 สัดส่วนรถยนต์ของถนนดินแดง.....	65
ภาพที่ 4.14 สัดส่วนรถยนต์ของถนนลาดพร้าว.....	66

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศ .....	14
ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในต่างประเทศ.....	14
ตารางที่ 3.1 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลฝุ่นละอองและปริมาณการจราจร.....	27
ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์เพียร์สันบริเวณถนนอินทรพิทักษ์ .....	41
ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์เพียร์สันบริเวณถนนดินแดง.....	41
ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์เพียร์สันบริเวณถนนลาดพร้าว.....	42
ตารางที่ 4.4 สมการถดถอยเชิงเส้นของปัจจัยอุตุนิมวิทยาบริเวณถนนอินทรพิทักษ์ .....	43
ตารางที่ 4.5 สมการถดถอยเชิงเส้นของปัจจัยอุตุนิมวิทยาบริเวณถนนดินแดง .....	44
ตารางที่ 4.6 สมการถดถอยเชิงเส้นของแต่ละปัจจัยอุตุนิมวิทยาบริเวณถนนลาดพร้าว.....	44
ตารางที่ 4.7 สมการถดถอยพหุคูณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยทาง อุตุนิมวิทยา.....	46
ตารางที่ 4.8 ปัจจัยทางอุตุนิมวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> สูงสุด .....	47
ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิมวิทยาของถนนอินทรพิทักษ์ในช่วง ฤดูร้อน.....	48
ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิมวิทยาของถนนอินทรพิทักษ์ในช่วง ฤดูฝน.....	49
ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิมวิทยาของถนนอินทรพิทักษ์ในช่วง ฤดูหนาว.....	49
ตารางที่ 4.12 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิมวิทยาของถนนดินแดงในช่วง ฤดูร้อน.....	50
ตารางที่ 4.13 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิมวิทยาของถนนดินแดงในช่วง ฤดูฝน.....	51
ตารางที่ 4.14 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิมวิทยาของถนนดินแดงในช่วง ฤดูหนาว.....	51
ตารางที่ 4.15 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิมวิทยาของถนนลาดพร้าวในช่วง ฤดูร้อน.....	52
ตารางที่ 4.16 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิมวิทยาของถนนลาดพร้าวในช่วง ฤดูฝน.....	53
ตารางที่ 4.17 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิมวิทยาของถนนลาดพร้าวในช่วง ฤดูหนาว.....	53
ตารางที่ 4.18 สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> บริเวณถนนอินทรพิทักษ์ในช่วงฤดูร้อน ..	54

ตารางที่ 4.19	สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> บริเวณถนนอินทรพิทักษ์ในช่วงฤดูฝน	54
ตารางที่ 4.20	สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> บริเวณถนนดินแดงในช่วงฤดูร้อน	55
ตารางที่ 4.21	สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> บริเวณถนนดินแดงในช่วงฤดูฝน	55
ตารางที่ 4.22	สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> บริเวณถนนดินแดงในช่วงฤดูหนาว	55
ตารางที่ 4.23	สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> บริเวณถนนลาดพร้าวในช่วงฤดูร้อน	56
ตารางที่ 4.24	สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> บริเวณถนนลาดพร้าวในช่วงฤดูฝน	56
ตารางที่ 4.25	สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> บริเวณถนนลาดพร้าวในช่วงฤดูหนาว	56
ตารางที่ 4.26	สมการถดถอยพหุคูณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยทาง อนุนิยมหาวิทยาลัยบริเวณถนนอินทรพิทักษ์	58
ตารางที่ 4.27	สมการถดถอยพหุคูณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยทาง อนุนิยมหาวิทยาลัยบริเวณถนนดินแดง	58
ตารางที่ 4.28	สมการถดถอยพหุคูณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> กับปัจจัยทาง อนุนิยมหาวิทยาลัยบริเวณถนนลาดพร้าว	59
ตารางที่ 4.29	ปัจจัยทางอนุนิยมหาวิทยาลัยที่มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> สูงสุดตามช่วงฤดูกาล	60
ตารางที่ 4.30	ปริมาณรถยนต์ของถนนอินทรพิทักษ์	64
ตารางที่ 4.31	ปริมาณรถยนต์ของถนนดินแดง	65
ตารางที่ 4.32	ปริมาณรถยนต์ของถนนลาดพร้าว	66
ตารางที่ 4.33	สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างรถยนต์และฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> ของถนนอินทรพิทักษ์	67
ตารางที่ 4.34	สมการถดถอยเชิงเส้นของถนนอินทรพิทักษ์	68
ตารางที่ 4.35	สมการถดถอยพหุคูณของถนนอินทรพิทักษ์	68
ตารางที่ 4.36	สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างรถยนต์และฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> ของถนนดินแดง	69
ตารางที่ 4.37	สมการถดถอยเชิงเส้นของถนนดินแดง	69
ตารางที่ 4.38	สมการถดถอยพหุคูณของถนนดินแดง	69
ตารางที่ 4.39	สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างรถยนต์และฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> ของถนนลาดพร้าว	70
ตารางที่ 4.40	สมการถดถอยเชิงเส้นของถนนลาดพร้าว	70
ตารางที่ 4.41	สมการถดถอยพหุคูณของถนนลาดพร้าว	70
ตารางที่ 4.42	สมการถดถอยพหุคูณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> ปัจจัยทาง อนุนิยมหาวิทยาลัย และปริมาณ การจราจร	72

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กรุงเทพมหานครเป็นศูนย์กลางของประเทศไทยทำให้มีการเติบโตทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของประชากรที่เข้ามาในกรุงเทพมหานครมากขึ้น มีการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ รวมไปถึงสิ่งสาธารณูปโภค เช่น เส้นทางคมนาคม โรงไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนี้การเติบโตทางเศรษฐกิจทำให้มีการสร้างอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษต่างๆ ปัญหามลพิษที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในกรุงเทพมหานครอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหามลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในเมืองส่วนใหญ่ที่มีการพัฒนาทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยี มลพิษทางอากาศที่เป็นปัญหาสำคัญ คือ ฝุ่นละออง โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจอย่างมาก จากการตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษพบว่าฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ยังคงเป็นปัญหาหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ริมถนนมีค่าเกินมาตรฐานอยู่หลายครั้งมากกว่าพื้นที่ทั่วไป โดยแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มาจากยานพาหนะ อุตสาหกรรม สิ่งก่อสร้าง และการเผาในพื้นที่โล่ง ในเขตเมืองแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองหลักมาจากยานพาหนะที่อยู่ในเมืองและคิดเป็นสัดส่วนมากกว่า 50% ของการแหล่งกำเนิดทั้งหมด (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

การปลดปล่อยฝุ่นละอองนั้นขึ้นอยู่กับรูปแบบของพาหนะ เครื่องยนต์ ชนิดน้ำมัน ความเร็วของพาหนะ รอบเครื่อง (Revolutions Per Minute : RPM) และการบรรทุก (Srimuruganandam and Shiva Nagendra S. M., 2011) ปริมาณการจราจรมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  โดยส่งผลคือ หากปริมาณจราจรสูงฝุ่นละออง  $PM_{10}$  จะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตามเช่นเดียวกัน (Harrison, Jones, and Barrowcliffe, 2004) ยิ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของคนมากยิ่งขึ้น องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  สามารถจำแนกองค์ประกอบได้หลายอย่าง เช่น ซัลเฟต ไนเตรต แอมโมเนียม สารคาร์บอน และธาตุปริมาณน้อย (กัลยากร ตั้งอุไรวรรณ, 2549) ซึ่งองค์ประกอบของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มีผลกระทบต่อสุขภาพของคนที่ได้รับสัมผัสทำให้เกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจได้ หากมีปริมาณของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มากเกินไปย่อมส่งผลให้เกิดผู้ป่วยมากยิ่งขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลการกระจายตัวของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ได้แก่ ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา จะส่งผลกระทบต่อปริมาณและการกระจายตัวของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  อย่างมาก ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับปริมาณของฝุ่นละอองมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ปัจจัยอุตุนิยมวิทยายังสามารถเป็นตัวกำหนดลักษณะองค์ประกอบฝุ่นละอองได้ (Pateraki, Asimakopoulos, Flocas, Maggos, and Vasilakos, 2012) ในแต่ละปีมีการเปลี่ยนแปลงด้านอุตุนิยมวิทยาอยู่ตลอดทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ในทุกปี จึงทำให้ปริมาณและการกระจายตัวของฝุ่น  $PM_{10}$  มีความแตกต่างออกไป ดังนั้นการศึกษาวินิจฉัยครั้งนี้จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ที่เกิดขึ้นจากปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการ

เปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> หรือไม่ และอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> เช่นกัน คือ ปริมาณการจราจร ซึ่งฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> บริเวณริมถนนเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปริมาณจราจร จะมีลักษณะแบบแปรผันกัน คือ หากปริมาณจราจรสูงขึ้นปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> เพิ่มสูงขึ้น และแหล่งกำเนิดมาจากรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ในอดีต รวมไปถึงหาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปริมาณจราจรเพื่อหาความสัมพันธ์ในเชิงสถิติ ซึ่งทั้งปัจจัยอุตุนิยมหาวิทยาลัยและปริมาณจราจรเป็นปัจจัยที่สำคัญและมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ของพื้นที่ริมถนนอินทรพิทักษ์ ถนนดินแดง และถนนลาดพร้าว เพื่อหาข้อสรุปว่าสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ อีกทั้งเพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูลในการศึกษาต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.2.1 ศึกษาปริมาณและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) ของพื้นที่ริมถนน ตั้งแต่ปี 2545 - 2554

1.2.2 ศึกษาอิทธิพลระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยกับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ของพื้นที่ริมถนน

1.2.3 ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการจราจรกับปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ของพื้นที่ริมถนนที่มีปริมาณการจราจรแตกต่างกัน

## 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

### 1.3.1 ขอบเขตเนื้อหา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> บริเวณริมถนนในเขตกรุงเทพมหานคร ทำการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี 2545 - 2554 จากกรมควบคุมมลพิษ และทำการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยต่อปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ซึ่งนำข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่เก็บข้อมูลได้ในสถานีตรวจวัดเดียวกันมาทำการศึกษาวเคราะห์ ซึ่งปัจจัยอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่ใช้ศึกษา ได้แก่ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ จากนั้นหาความสัมพันธ์ด้วยวิธีสหสัมพันธ์เพียร์สัน สมการถดถอยเชิงเส้น และสมการถดถอยพหุคูณ

การศึกษาความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปริมาณการจราจรในถนน ทำการศึกษาโดยเก็บข้อมูลปริมาณการจราจรในจุดเดียวกันกับจุดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองของกรมควบคุมมลพิษและนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้วยวิธีสหสัมพันธ์เพียร์สัน และสมการถดถอยเชิงเส้น

### 1.3.2 ขอบเขตพื้นที่

พื้นที่ศึกษาจะศึกษาในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยการนำข้อมูลของสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มาทำการ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถานีตรวจวัดมลพิษของกรมควบคุมมลพิษที่นำข้อมูลมาศึกษา ได้แก่ สถานีตรวจวัดสถานีไฟฟ้าอยุธยาธนบุรี (ถนนอินทรพิทักษ์) สถานีตรวจวัดการเคหะดินแดง (ถนนดินแดง) และสถานีตรวจวัดสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย (ถนนลาดพร้าว) โดยนำข้อมูลตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2545 ถึงปี พ.ศ. 2554 มาใช้ซึ่งข้อมูลที่ทำกรรวบรวมเป็นข้อมูลรายชั่วโมงต่อเนื่องกัน

ส่วนพื้นที่ในการศึกษาปริมาณจราจรอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันกับสถานีตรวจวัดมลพิษทั้ง 3 สถานี ซึ่งจุดสำรวจปริมาณจราจร มีดังต่อไปนี้ สถานีดับเพลิงและกู้ภัยธนบุรี (ถนนอินทรพิทักษ์) การเคหะดินแดงอาคารที่ 2 (ถนนดินแดง) และสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย(ถนนลาดพร้าว) โดยเริ่มสำรวจเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 7.00 – 19.00 น. โดยแต่ละจุดสำรวจทำการสำรวจเป็นเวลา 7 วันติดต่อกัน

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  บริเวณริมถนนที่เกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนด

1.4.2 ทราบถึงอิทธิพลของปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาต่อฝุ่นละออง  $PM_{10}$  พร้อมทั้งสามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้ด้วยสมการที่สร้างขึ้น

1.4.3 ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการจราจรและปริมาณฝุ่นละออง  $PM_{10}$  และสร้างสมการพยากรณ์ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  กับรถยนต์แต่ละชนิด

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ฝุ่นละออง

##### 2.1.1 ความหมายของฝุ่นละออง

ฝุ่นละออง คือ อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศ อนุภาคที่แขวนลอยในอากาศ บางชนิดมีขนาดใหญ่และมีสีดำจางมองเห็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศโดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมาและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช ก่อให้เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือนร้อนรำคาญต่อประชาชน และทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคมขนส่ง

ฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้ 3 ช่วงขนาด ได้แก่ ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate: TSP) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 100 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) มีขนาดเล็กกว่าเส้นผม และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM<sub>2.5</sub>) มีขนาดเท่ากับเชื้อโรคจนไปถึงระดับโมเลกุล ซึ่งฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กจะตกสะสมได้ช้ากว่าขนาดใหญ่คงอยู่ในอากาศได้นาน และยังสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจถึงชั้นถุงลมปอดได้

จากการศึกษาของ US.EPA. ได้แบ่งฝุ่นละอองขนาดเล็กออกได้เป็น 2 ช่วง คือ ฝุ่นละอองส่วนหยาบ (Coarse particles) และฝุ่นละอองส่วนละเอียด (Fine particles) ซึ่งโดยทั่วไปฝุ่นละอองแต่ละส่วนจะมีแหล่งกำเนิด องค์กรประกอบทางเคมี และพฤติกรรมที่แตกต่างกัน

- ฝุ่นละอองส่วนหยาบ (Coarse particles) เป็นฝุ่นละอองที่ขนาดใหญ่กว่า 2.5 ไมครอนแต่เล็กกว่า 10 ไมครอน โดยมีกำเนิดจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นดิน สปอร์เชื้อรา หรือเกสรดอกไม้ เป็นต้น นอกจากนี้ยังเกิดจากการกระทำของมนุษย์ได้เช่นกัน อาทิ การขัด สี หรือการบดวัสดุต่างๆ

- ฝุ่นละอองส่วนละเอียด (Fine particles) มีขนาดตั้งแต่ 2.5 ไมครอนลงมา เป็นฝุ่นละอองที่เกิดจากการรวมตัวของอนุภาคแล้วทำปฏิกิริยาเคมีและฟิสิกส์ในชั้นบรรยากาศแล้วเกิดเป็นฝุ่นละออง ซึ่งฝุ่นละอองประเภทนี้ยังแบ่งได้เป็น กลุ่มส่วนละเอียดมาก (Ultra-fine) ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 0.05-0.7 ไมครอน (US.EPA, 1996; US.EPA., 2010)

ฝุ่นละอองในบรรยากาศเมื่อแยกตามขนาดพบว่าประมาณร้อยละ 60 เป็นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ซึ่งอาจเกิดจากรถประจำทางและรถบรรทุกที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล บางส่วนมาจากโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนมากพบในเขตเมือง เขตอุตสาหกรรม และเขตกิ่งขนบท หากพบในปริมาณที่สูงอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ (สุธีลา ตูลยะเสถียร โกศล วงศ์สวรรค์ และ สกิต วงศ์สวรรค์, 2544) โดยทั่วไปมลสารต่างๆ เช่น ฝุ่นละออง เมื่อถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดจะแขวนลอยอยู่ในอากาศภายนอก จะเข้าสู่บรรยากาศซึ่งเป็นสิ่งที่รองรับฝุ่นละออง นอกจากนี้บรรยากาศยังเป็นตัวกลางในการเคลื่อนที่ให้ฝุ่นละอองเกิดการแพร่กระจายออกไป โดยมีปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ เป็นต้น จากนั้นฝุ่นละอองจะถูกพัดพาและ



แพร่กระจายไปสู่ผู้ได้รับผลกระทบซึ่งเป็นส่วนที่สัมผัสกับฝุ่นละอองในบรรยากาศ ทำให้ได้รับความเสียหายหรือได้รับอันตราย

### 2.1.2 การแพร่กระจายของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศขึ้นอยู่กับปริมาณของอากาศที่สะอาดและศักยภาพของแหล่งกำเนิด โดยความเข้มข้นของฝุ่นละอองอาจมีความผันแปรและขึ้นอยู่กับแต่ละพื้นที่ ในกรุงเทพมหานครพบว่าพื้นที่ริมถนนมีความเข้มข้นฝุ่นละอองมากกว่าพื้นที่ทั่วไปซึ่งเกิดจากเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะต่างๆ ในส่วนต่างจังหวัดปริมาณฝุ่นละอองมีสูงในบริเวณโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งเป็นผลมาจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจทำให้เกิดโรงงานอุตสาหกรรม และปริมาณยานพาหนะเพิ่มขึ้น (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2555)

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศนั้นสามารถแปรผันตามฤดูกาลได้ เนื่องจากสภาพทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน และทิศทางลม (Chan, 2001) โดยพบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นในช่วงฤดูหนาวสูงกว่าฤดูฝน และระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าในฤดูฝน (รพีพัฒน์ เกิร์กไกล, 2543; ศิริวรรณ แก้วงาม, 2543) แสดงให้เห็นว่ากระบวนการทางธรรมชาติสามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่บรรยากาศ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละอองมีอยู่หลายปัจจัย เช่น ความเร็วลมและทิศทางลม ความปั่นป่วน และอุณหภูมิ

ความเร็วลมนั้นสามารถทำให้ความเข้มข้นเจือจางลงได้ โดยจะพัดเอาฝุ่นละอองที่มีความเข้มข้นสูงมาสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า นอกจากนี้ทิศทางก็มีความสำคัญเพราะเป็นตัวกำหนดว่าฝุ่นละอองแพร่กระจายไปในทิศทางใด ปัจจัยต่อมาคือ ความปั่นป่วน (Turbulence) ของบรรยากาศเกิดขึ้นเมื่อการไหลของอากาศมีการเคลื่อนที่แบบกระแสวน (Eddy) ซึ่งหมายถึงอากาศที่เคลื่อนไหวแบบอิสระในลักษณะขึ้นลง (Fluctuating) โดยกระแสวนนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในแนวราบและแนวตั้ง ซึ่งส่งผลต่อการแพร่กระจายและการเจือจางของฝุ่นละออง หากความปั่นป่วนของบรรยากาศลดลงฝุ่นละอองมีความเข้มข้นสูงขึ้น ส่วนปัจจัยอุณหภูมิของบรรยากาศมีผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละออง โดยในเวลากลางวันแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดความปั่นป่วนของมวลอากาศเป็นผลให้มีการแพร่กระจายฝุ่นละอองในบรรยากาศได้เป็นอย่างดี ส่วนในเวลากลางคืนอุณหภูมิลดต่ำลงทำให้มวลอากาศนิ่งส่งผลให้มีการแพร่กระจายฝุ่นละอองในบรรยากาศไม่ดี

### 2.1.3 แหล่งกำเนิดฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองที่กระจายตัวอยู่ในบรรยากาศทั่วไปมีแหล่งกำเนิดแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

### 2.1.3.1 อนุภาคฝุ่นที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural particle)

เกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติ ทำให้เกิดฝุ่น เช่น ดิน ทราย ละอองน้ำ เขม่าควันจากไฟฟ้า ฝุ่นเกลือจากทะเล ภูเขาไฟ และเกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอลของก๊าซ (Photochemical gas reactions)

2.1.3.2 อนุภาคฝุ่นที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-made Particle) ยังแบ่งได้หลายแหล่งกำเนิดดังต่อไปนี้

1) การคมนาคมขนส่ง ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงจากยานพาหนะ รวมถึงการขนส่งต่างๆ เช่น การขนส่งหิน ดินทราย หรือถนนสกปรกทำให้เกิดฝุ่นละอองติดอยู่ที่ล้อ หรือถนน เมื่อรถแล่นผ่านทำให้เกิดการกระจายตัวของฝุ่นละอองในอากาศ

2) การก่อสร้าง การก่อสร้างหลายชนิดมักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้าง ทำให้เกิดฝุ่นได้ เช่น อาคารสิ่งก่อสร้าง การปรับปรุงสาธารณูปโภค การก่อสร้างอาคารสูงทำให้เกิดฝุ่นปูนซีเมนต์ถูกลมพัดออกจากอาคารหรือการรื้อถอนทำลายอาคาร สิ่งก่อสร้าง เป็นต้น

3) โรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน ฟืน แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในกระบวนการผลิตทำให้เกิดฝุ่นละออง รวมถึงกระบวนการผลิตที่มีฝุ่นออกมา เช่น การโม่หิน การผลิตปูนซีเมนต์ เป็นต้น

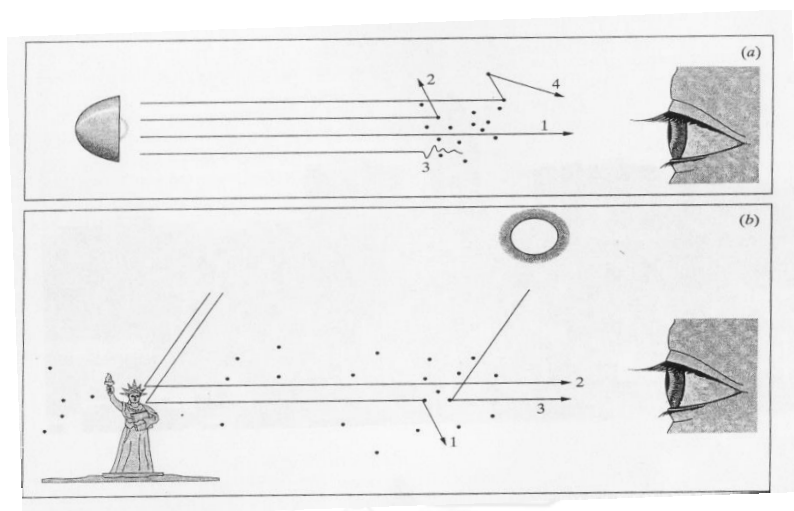
4) การเผาวัสดุในที่โล่งแจ้ง การเผาขยะมูลฝอยหรือวัสดุต่างๆ ฝุ่นละอองที่เกิดจากแหล่งกำเนิดชนิดต่างๆ จะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ และอาจจะแขวนลอยในบรรยากาศหรือถูกพัดพาไปโดยการพัดพาของอากาศและกระแสลม

## 2.1.4 ผลกระทบของฝุ่นละออง

### 2.1.4.1 ผลกระทบต่อความสามารถในการมองเห็น

ฝุ่นละอองทุกขนาดในบรรยากาศนั้นมีผลโดยตรงต่อการปิดกั้นทางเดินของแสง ถ้ามีปริมาณสูงจะทำให้ระยะในการมองเห็นลดลง ภาพที่ 2.1a แสดงอันตรกิริยาของแสงกับฝุ่นละออง รูปบนแสดงทางเดินแสงจากไฟหน้ารถมายังดวงตา เส้นที่ 1 แสงจากดวงไฟสามารถเข้าสู่ดวงตาโดยตรง เส้นที่ 2 บางกลุ่มเกิด Refraction ทำให้แสงเปลี่ยนทิศทางไป เส้นที่ 3 แสงถูกอนุภาคดูดกลืนพลังงานไว้ และเส้นที่ 4 บางกลุ่มเกิด Refraction ครั้ง จากเส้นทางเดินแสงทั้ง 4 เส้น ดวงตาจะรับแสงได้จากเส้นที่ 1 และ 4 เท่านั้น ในภาพที่ 2.1b เรามองเห็นอนุสาวรีย์เทพีสันติภาพได้ชัดเจนในวันที่มีแดดจัด แสงแดดสะท้อนมายังตาเราทำให้เห็นเทพีได้ชัดเจน แต่ในวันที่มีหมอกควัน จะถูกฝุ่นละอองดูดกลืนหรือเกิด Refraction ทำให้มองเห็นไม่ชัดเจน

การถูกดูดกลืนหรือเกิดการกระเจิงขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคกับค่าความยาวช่วงคลื่นของแสง ถ้าขนาดอนุภาคใหญ่กว่าความยาวคลื่น แสงจะถูกดูดกลืนหรือสะท้อนกลับ และถ้าขนาดอนุภาคเล็กกว่าความยาวคลื่น แสงก็จะส่องผ่านไป แต่อนุภาคเล็กขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่นจะเกิดการกระเจิงแสง (Nevers, 2000)



ภาพที่ 2.1 อันตรกิริยาของแสงกับฝุ่นละออง

ที่มา : Nevers (2000)

#### 2.1.4.2 ผลกระทบต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้าง

ฝุ่นละอองในบรรยากาศสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้างได้ เช่น การสึกกร่อนของโลหะ การทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง การเสื่อมคุณภาพของผลงานศิลปะ และความสกปรกของวัตถุ เป็นต้น โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นมีกระบวนการที่สำคัญดังต่อไปนี้ (Stem, 1986)

1) การถลอก (Abrasion) คือ การที่ฝุ่นละอองมีการเคลื่อนตัวอย่างรวดเร็วสามารถทำให้เกิดรอยถลอกของวัตถุได้ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาด ความเร็ว และรูปร่างความแหลมคมของฝุ่นละออง

2) การตกสะสมและการกำจัด (Deposition and Removal) ฝุ่นละอองที่เกาะติดกับวัตถุหรือสิ่งก่อสร้างอาจไม่ได้ทำลายวัตถุโดยตรง แต่ทำให้วัตถุหรือสิ่งก่อสร้างนั้นสกปรกเกิดความยุ่งยากในการทำความสะดวก ซึ่งส่งผลให้เกิดการสึกกร่อนจากการทำความสะอาดวัตถุเหล่านั้นได้

3) การสึกกร่อนโดยปฏิกิริยาทางเคมีอิเล็กโทรนิคส์ (Electrochemical corrosion) วัตถุประเภทโลหะหลายชนิด เช่น เหล็ก สามารถถูกทำลายได้โดยปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งเกิดสนิมขึ้นที่บริเวณผิวของโลหะเมื่อสัมผัสกับอากาศ ส่งผลให้เกิดประจุไฟฟ้าที่แตกต่างกันทำให้เกิดการสึกกร่อนขึ้น

4) องค์ประกอบอื่นๆ ที่มีความสำคัญต่อการเกิดผลกระทบของฝุ่นละอองมากขึ้นได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ ความเข้มของแสง และการเคลื่อนตัวของอากาศ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ความชื้น (Moisture) เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการละลาย โดยเฉพาะวัตถุที่มีผิวขรุขระจะถูกทำลายได้มากกว่าวัตถุผิวเรียบ และการทำลายจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีก๊าซบาง

ชนิดร่วมอยู่ด้วย เช่น ฝุ่นละอองและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เมื่อมีความชื้นจะเกิดเป็นกรดกำมะถันสามารถทำลายวัตถุได้มากขึ้น

- อุณหภูมิ (Temperature) เป็นตัวกระตุ้นให้ฝุ่นละอองเกิดปฏิกิริยาได้ดีขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้เกิดความเสียหายมากขึ้น

- แสงแดด (Sunlight) การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของแสงจะมีมากขึ้น เมื่อมีความเข้มของแสงมาก ส่งผลให้เกิดการทำลายวัตถุหรือสิ่งก่อสร้างมากขึ้น

- การเคลื่อนตัวของอากาศ (Air movement) กระแสลมเป็นตัวการสำคัญที่พัดพาฝุ่นละออง ทำให้เกิดการกระแทกและเกาะตัวของฝุ่นละอองกับวัตถุ ส่งผลให้เกิดการถลอกที่บริเวณผิววนอกของวัตถุได้

#### 2.1.4.3 ผลกระทบต่อพืช

ผลกระทบต่อพืชจะเกิดขึ้นเมื่อฝุ่นละอองในบรรยากาศ ได้ตกลงจับบนใบและส่วนต่างของพืช อาจอยู่ในสภาพแห้งๆ เป็นคราบเหนียวเหมือนน้ำมันดิน ทำให้ก๊าซผ่านเข้าสู่ใบน้อยลง ใบจะเหลืองและเฉาไปในที่สุด นอกจากนี้ฝุ่นละอองที่ตกเคลือบอยู่บนใบบังกั้นและสะท้อนแสงแดดในช่วงความยาวคลื่นสั้น (400 – 700 นาโนเมตร) ซึ่งพืชใช้ในการสังเคราะห์แสงไว้ ทำให้พืชสังเคราะห์แสงได้น้อยลง ในขณะที่เดียวกันกลับดูดแสงแดดช่วงความยาวคลื่นยาว (1,750 – 1,850 นาโนเมตร) ซึ่งเป็นรังสีความร้อนทำให้อุณหภูมิภายในสูงขึ้น ใบจะเกิดการเหี่ยวเฉา (นพภาพรพานิช และแสงสันต์ พานิช, 2544) ; (วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ นิตยา มหาผล และ ชีระ เกรอต, 2543)

#### 2.1.4.4 ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์

โดยปกติฝุ่นละอองที่แพร่กระจายอยู่ในบรรยากาศจะเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้โดยการหายใจ หากฝุ่นละอองนั้นมีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอนจะถูกกรองโดยระบบทางเดินหายใจส่วนบน ส่วนฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนหรือที่เรียกว่า ฝุ่นที่หายใจเข้าไป (Respiration Particulate Matter) จะหลุดลอดเข้าไปถึงปอดได้ ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน สามารถเข้าไปถึงถุงลมปอดได้ ซึ่งฝุ่นละอองเหล่านี้ทำให้เกิดการระคายเคือง และมีผลต่ออาการและโรคทางเดินหายใจ ความรุนแรงของผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์นั้นยังขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ชนิดของฝุ่นละออง ความเข้มข้นของฝุ่นละออง ขนาดของฝุ่นละออง ระยะเวลาที่ได้รับ และภูมิคุ้มกันของแต่ละบุคคล (บัญญัติ ปรีชญานนท์, 2532)

เมื่อฝุ่นละอองเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจจะทำอันตรายอวัยวะส่วนต่างๆ ทั้งนี้ความรุนแรงขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้น แม้ว่าร่างกายจะมีกลไกกำจัดมลสารเหล่านี้ได้บ้างจากการสร้างเมือก แต่อนุภาคขนาดเล็กที่เป็นพิษจะทำลายระบบทางเดินหายใจได้หลายลักษณะ (Gardner, 1994; วินิดา จินศาสตร์, 2550) ได้แก่

1) การอักเสบของถุงลมปอด (Alveolar inflammation) การคั่งค้างของฝุ่นละอองขนาดเล็กมากเกิดจากความล้มเหลวของเม็ดเลือดขาวที่จะจับและทำลายฝุ่นละอองขนาดเล็ก ทำให้เกิดการอักเสบของถุงลมปอดจากการกระตุ้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก กระบวนการเกิดการ

อีกเสบของปอดพบว่าได้จากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในพลาสมาที่จะกลายเป็นไฟบรินและมีจำนวนเม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น

2) การจับตัวเป็นลิ่มของทางเดินโลหิต (Clotting pathway) เม็ดเลือดขาวที่ถูกกระตุ้นโดยสิ่งเร้าต่างๆ นำไปสู่กระบวนการตกตะกอนเลือดโดยโปรตีนในพลาสมาจะเปลี่ยนไปเป็นโปรตีนไฟบริโนเจน ที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด ซึ่งหลังจากออกจาก Pneumatocytes เนื่องจากการอักเสบของเซลล์ถุงลมในปอดมีส่วนส่งเสริมให้เกิดการตกตะกอนของเลือดและเป็นสาเหตุของอุบัติการณ์ของโรคหัวใจล้มเหลว

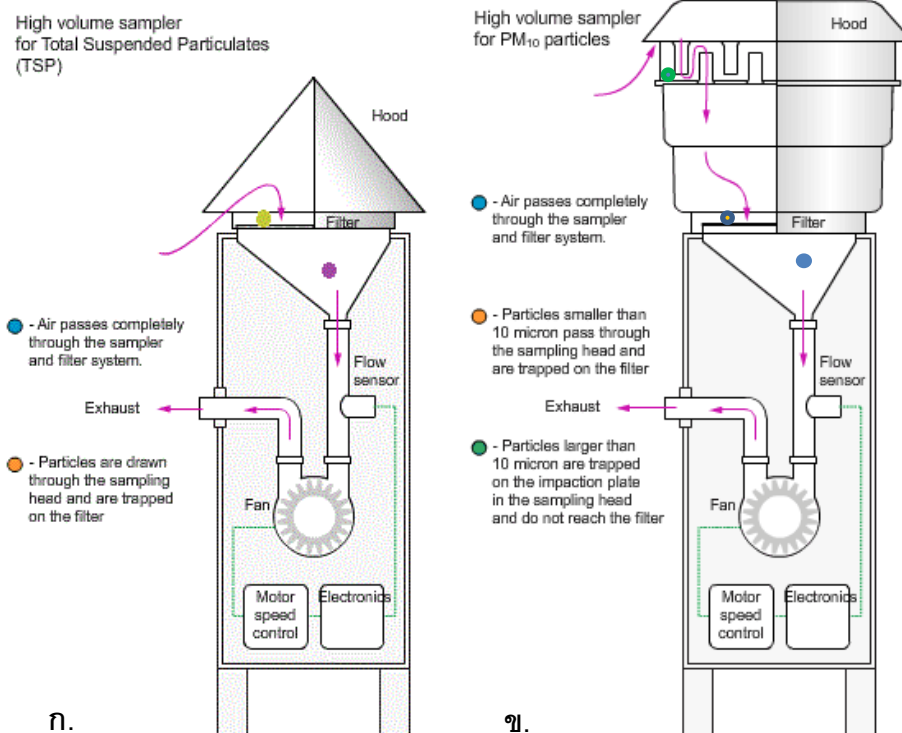
3) ความข้นเหนียวของพลาสมา (Plasma viscosity) การศึกษาในเยอรมนีพบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของพลาสมากับการเปลี่ยนแปลงระดับมลพิษทางอากาศในกลุ่มผู้หญิงและกลุ่มผู้ชายที่ไม่สูบบุหรี่ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนของโลหิตเนื่องมาจากกระบวนการอักเสบของเซลล์ถุงลมในปอด นำไปสู่ปฏิบัติการเฉียบพลันทางพยาธิวิทยาใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นละอองในอากาศและอุบัติการณ์การเสียชีวิต

4) การถูกกระตุ้นของทางผ่านอากาศในท่อนหายใจ (Airway reactivity) การหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นเมื่อตัวรับสัมผัสในหลอดลมคอ (Trachea) และหลอดลมใหญ่ (Large bronchi) ถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้า เช่น มลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหลอดลมของผู้ที่เป็นโรคหืด จะทำให้มีอาการกำเริบได้มากและง่ายยิ่งขึ้น

## 2.1.5 การเก็บตัวอย่างและการตรวจวัดฝุ่นละออง

2.1.5.1 เครื่องเก็บตัวอย่างปริมาตรสูง (High-Volume Air Sampler) เป็นการตรวจวัดฝุ่นละอองโดยการดูดอากาศผ่านแผ่นกรอง ซึ่งสามารถกรองฝุ่นละอองขนาด 0.3 ไมครอน ได้ร้อยละ 99 แล้วหาน้ำหนักจากฝุ่นละอองจากแผ่นกรองนั้น ในกรณีการตรวจวัดฝุ่นละออง  $PM_{10}$  เครื่องเก็บอากาศปริมาตรสูงจะติดตั้งหัวคัดแยกขนาด (Size Selective Inlet : SSI) ตามภาพที่ 2.2 วัสดุส่วนบนเครื่อง โดยดูดอากาศในบรรยากาศด้วยอัตราการไหลคงที่เข้าสู่ช่องทางเข้าอากาศที่ได้รับการออกแบบพิเศษเพื่อให้สามารถคัดขนาดของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ และจะถูกกรองไว้โดยกระดาษกรอง ตลอดช่วงเวลาการตรวจวัด (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

เมื่อครบกำหนดการตรวจวัด (24 ชั่วโมง) นำกระดาษกรอง (หลังจากอบกระดาษกรองเพื่อไล่ความชื้นแล้ว) มาชั่งน้ำหนักทั้งก่อนและหลังตรวจวัด เพื่อหาน้ำหนักสุทธิของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  โดยปริมาตรอากาศทั้งหมดที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างต้องปรับแก้ค่าตามสภาวะมาตรฐาน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความความกดอากาศ 760 มิลลิเมตรปรอท



ภาพที่ 2.2 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองปริมาณสูง

ก. เครื่องเก็บตัวอย่างปริมาณสูง ข. เครื่องเก็บตัวอย่างปริมาณสูงที่ติดตั้งหัวคัดแยก

ดัดแปลงจาก : Queensland Government (2014)

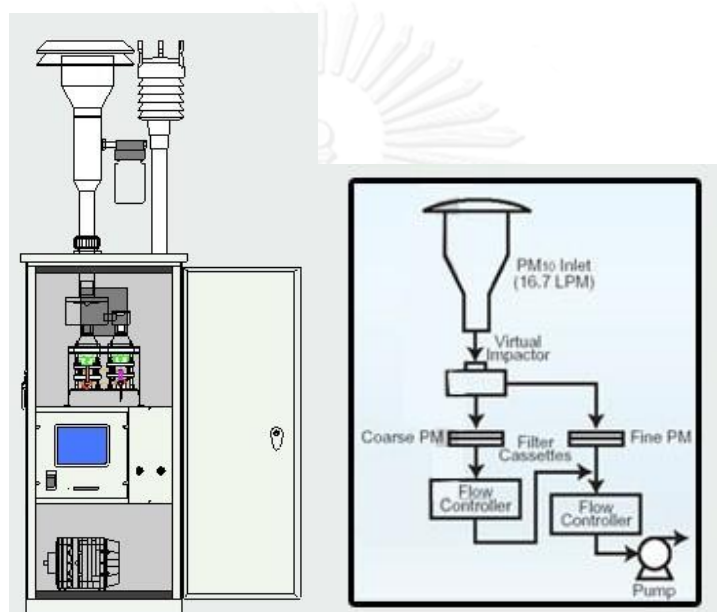
2.1.5.2 เครื่องเก็บตัวอย่างปริมาณต่ำ (Low-Volume Air Sampler) ใช้สำหรับการเก็บตัวอย่างเฉพาะที่ ภายในอาคาร และฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับสัมผัส หลักคล้ายคลึงกับเครื่องเก็บตัวอย่างปริมาณสูง ซึ่งสามารถใช้ร่วมกับหัวคัดแยกขนาด (Cascade Impactor) จะสามารถเก็บได้ทั้งฝุ่นละออง PM<sub>10-2.5</sub> และฝุ่นละออง PM<sub>2.5</sub> (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 เครื่องเก็บตัวอย่างปริมาณต่ำ

ที่มา : Atlantic Nuclear Corp. (2014)

2.1.5.3 เครื่องเก็บตัวอย่างแบบไดโคโตมัส (Dichotomous Air Sampler) เป็นการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง  $PM_{2.5}$  โดยใช้หลักการแยกอนุภาคอาศัยคุณสมบัติความแตกต่างในด้านมวล ขนาด และแรงเฉื่อยของอนุภาค โดยใช้อัตราการไหลของอากาศในการแบ่งแยกอนุภาคฝุ่นละอองเป็น 2 ขนาด คือ อนุภาคหยาบ (Coarse particle) เป็นฝุ่นขนาด 2.5 – 10 ไมครอน ใช้แยกโดยใช้อัตราการไหลของอากาศที่ 1.67 ลิตรต่อนาที และอนุภาคส่วนละเอียด (Fine Particle) เป็นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน แยกได้โดยใช้อัตราการไหลของอากาศที่ 15.03 ลิตรต่อนาที (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.4 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบไดโคโตมัส

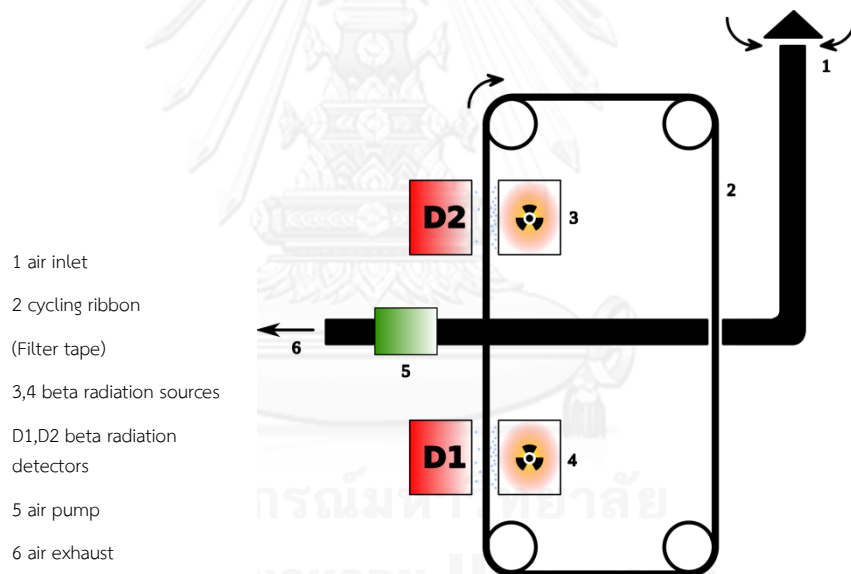
ที่มา : Great River Equipment and Supply Inc. (2012)

2.1.5.4 เครื่องตรวจวัดฝุ่นด้วยรังสีบีตา (Beta Attenuation Mass Monitor) ใช้หลักการดูดกลืนของรังสีบีตาที่เพิ่มขึ้นได้ส่วนกับมวลของวัตถุ ฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ถูกเก็บในแผ่นกระดาษเทปกรอง Filter tape ที่ Beta gauge และการวัดความเข้มรังสีบีตาสัมพันธ์กับความเข้มของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  บน Filter tape และแปลงสัญญาณกลับมาเป็นค่าความเข้มของฝุ่นละอองในบรรยากาศ (ภาพที่ 2.5 และ 2.6)



ภาพที่ 2.5 เครื่องตรวจวัดฝุ่นด้วยรังสีบีตา

ที่มา : Reehoo E Systems (2012)

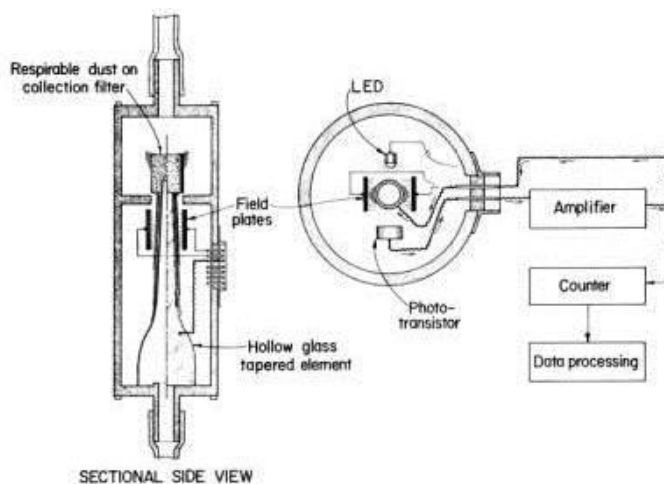


ภาพที่ 2.6 การทำงานเครื่องตรวจวัดฝุ่นด้วยรังสีบีตา

ที่มา : Wikipedia (2014)

2.1.5.5 เครื่องชั่งละเอียดที่วัดการสั่นพ้อง (Resonating microbalance) เป็นการ  
ใช้กระแสไฟฟ้า ทำให้ผลึกควอตซ์ที่วางอยู่บนเครื่องชั่งละเอียดเกิดการสั่น (Piezoelectric quartz)  
เมื่อฝุ่นละอองตกลงบนแผ่นควอตซ์ น้ำหนักจะเกิดการเปลี่ยนแปลงส่งผลให้สัญญาณความถี่ของการ  
สั่นเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน ทำให้สามารถอ่านค่าฝุ่นละอองได้ อุปกรณ์ชนิดนี้เรียกว่า TEOM  
(Tapered Element Oscillating Microbalance) สามารถเก็บตัวอย่างอากาศแบบต่อเนื่อง และ  
เก็บตัวอย่างได้ทั้งฝุ่นละออง  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  (ภาพที่ 2.7)





ภาพที่ 2.7 Tapered Element Oscillating Microbalance, TEOM

ที่มา : Molnár (2002)

## 2.1.6 ค่ามาตรฐานฝุ่นละออง

### 2.1.6.1 ค่ามาตรฐานในประเทศไทย

ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในประเทศไทยได้ถูกกำหนด เพื่อเป็นควบคุมความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศ ไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้ออกกฎหมายเพื่อกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองในบรรยากาศ (ตารางที่ 2.1) โดยกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับค่ามาตรฐานฝุ่นละออง ได้แก่

ก) ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศในกิจจานุเบกษา เล่ม 112 ตอนที่ 52ง. วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2538

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

ค) ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 36 (พ.ศ. 2553) เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 127 ตอนพิเศษ 37ง วันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2553

ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศ

ฝุ่นละออง	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	1 ปี	ไม่เกิน 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	1 ปี	ไม่เกิน 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	1 ปี	ไม่เกิน 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## 2.1.6.2 ค่ามาตรฐานต่างประเทศ

ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในต่างประเทศได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานโดยสอดคล้องกับกฎหมายของแต่ละประเทศ โดยแต่ละประเทศมีการกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองแสดงตัวอย่างในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในต่างประเทศ

ประเทศ	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	24 hours	1 year	24 hours	1 year
WHO	50	20	25	10
EU	50	40	25	-
US.EPA	150	-	35	15
UK	50	40	-	25
Scotland	50	18	-	12
Japan	100	-	35	15
Australia	-	50	25	8
China	150	70	75	35
Hong Kong	100	50	75	35
South Korea	100	50	50	25

## 2.2 อุตุนิยมวิทยา

เป็นการศึกษาที่กล่าวถึงเรื่องราวของบรรยากาศ ไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกับทางกายภาพ ทางเคมี และทางพลวัตของบรรยากาศเท่านั้น แต่ยังมีส่วนสัมพันธ์โดยตรงระหว่างบรรยากาศกับพื้นโลก มหาสมุทรและสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปอีกด้วย จุดมุ่งหมายของการศึกษานี้อยู่ที่การศึกษาให้เข้าใจในเรื่องราวของบรรยากาศ การพยากรณ์ลมฟ้าอากาศให้เป็นไปโดยสมบูรณ์ถูกต้องและแม่นยำ ตลอดจนการควบคุมอากาศในบรรยากาศหรือในสถานที่บางแห่ง เพื่อใช้ประโยชน์ในกิจการบางอย่างหรือการทำบรรยากาศเทียม (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2522) พารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการศึกษารังสีนี้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มีดังต่อไปนี้

### 2.2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิตามความหมาย คือ ตัววัดพลังงานจลน์เฉลี่ยของอนุภาคสสารที่สอดคล้องกับความร้อน อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้นหรือมีการเปลี่ยนแปลงนั้นเกิดจากการปลดปล่อยพลังงานความร้อนจากพื้นดินให้กับบรรยากาศ โดยพลังงานความร้อนดังกล่าวนี้เป็นพลังงานที่เกิดจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์เปลี่ยนรูปมาเป็นพลังงานความร้อนสัมผัส (Sensible heat) โดยเกิดจากกระบวนการนำความร้อนจากพื้นผิวดินที่มีอุณหภูมิสูงให้กับอากาศที่อยู่ใกล้บริเวณพื้นผิวโลก และอากาศใกล้ผิวดินจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่อยู่สูงขึ้นไปอีกด้วย ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ที่สำคัญประกอบด้วยปัจจัยดังต่อไปนี้ (รังสรรค์ อาภาศัพท์กุล, 2547)

- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นผิวโลกได้รับ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีผลต่ออุณหภูมิจะกล่าวในหัวข้อการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ต่อไป

- พื้นดินและพื้นน้ำ บริเวณพื้นดินมีการเปลี่ยนแปลงความร้อนความเย็นเร็วกว่าบริเวณที่เป็นพื้นน้ำแม้ว่าจะได้รับพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์เท่ากัน ทำให้อุณหภูมิเหนือพื้นดินมีการเปลี่ยนแปลงที่เร็วกว่าพื้นน้ำ

- ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ บริเวณที่เป็นชายฝั่งทะเลจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้อยกว่าบริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน เนื่องจากจากอิทธิพลของน้ำทะเลจะควบคุมไม่ให้อุณหภูมิอากาศไม่ร้อนหรือหนาวจนเกินไป

- ความสูงของพื้นที่ ในบริเวณที่มีพื้นที่สูงจะมีความกดอากาศและความหนาแน่นน้อยกว่าพื้นที่ที่อยู่ต่ำ ทำให้บรรยากาศบนที่พื้นที่สูงนั้นจะดูดกลืนและสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ได้น้อยกว่าพื้นที่ที่อยู่ต่ำ เป็นผลทำให้พื้นดินที่อยู่สูงในช่วงกลางวันได้รับพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ได้รวดเร็วและอุณหภูมิสูงขึ้นได้รวดเร็วกว่า เช่นเดียวกับในเวลากลางคืนพื้นดินที่อยู่สูงจะมีการคายความร้อนได้รวดเร็วกว่าพื้นดินที่อยู่ต่ำกว่าทำให้อุณหภูมิกอากาศนั้นลดลงอย่างรวดเร็ว

- กระแสน้ำในมหาสมุทร การหมุนเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทรจะเป็นตัวการทางธรรมชาติที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศที่สำคัญอีกประการหนึ่ง หากบริเวณใดมีกระแสน้ำอุ่นหรือกระแสน้ำเย็นไหลเลียบชายฝั่งทวีป อุณหภูมิอากาศในบริเวณนั้นจะอุ่นหรือเย็นตามไปด้วย

### 2.2.2 ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความดันไอน้ำจริง ( $e_a$ ) ต่อความดันไอน้ำอิ่มตัว ( $e_s$ ) ที่อุณหภูมิเดียวกันมีหน่วยเป็นร้อยละ ค่าความชื้นสัมพัทธ์นี้เป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในการแสดงถึงความชื้นในบรรยากาศ ซึ่งแสดงได้ในสมการที่ 2.1

$$RH = \frac{e_a}{e_s} 100 \quad (2.1)$$

หน่วยของ  $e_a$  และ  $e_s$  คือ กิโลพาสคัล หรือมิลลิบาร์

### 2.2.3 หยาดน้ำฟ้า

ในทางอุตุนิยมวิทยาหมายถึง น้ำที่เป็นของเหลว หรืออนุภาคที่เป็นของแข็งตกลงมาจากบรรยากาศลงสู่พื้น หยาดน้ำฟ้าอาจจะคงตัวอยู่ได้นาน หรือตกลงมาเป็นครั้งคราวแต่มีความสำคัญในการรักษาสสมดุลของไอน้ำในบรรยากาศ รูปแบบของหยาดน้ำฟ้ามีหลายลักษณะ ได้แก่ ฝน หิมะ เกร็ดน้ำแข็ง ฝนเยือกแข็ง และลูกเห็บ ส่วนน้ำค้างและฟรอสต์ ไม่จัดเป็นหยาดน้ำฟ้าเนื่องจากไม่ผ่านกระบวนการรวมตัวกับโมเลกุลของน้ำ เกิดการเปลี่ยนวัฏภาคแล้วจึงตกลงตามแรงโน้มถ่วงของโลก

### 2.2.4 ลม

การเคลื่อนที่ของอากาศเหนือผิวโลกมีลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบ่งออกเป็น 2 แบบที่สำคัญกล่าวคือ อากาศที่เคลื่อนที่ในแนวราบจากผลของความแตกต่างความกดอากาศ เรียกว่า ลม (Wind) ส่วนอากาศที่เคลื่อนที่ในแนวตั้งจากผลของความแตกต่างของก๊อนอากาศภายนอก เรียกว่า กระแสอากาศ (Current) การเคลื่อนที่ของอากาศทั้งสองแบบมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะบรรยากาศโลกที่สำคัญหลายประการ ยกตัวอย่างเช่น การเคลื่อนย้ายพลังงาน ความร้อน มวลความชื้น ปริมาณก๊าซชนิดต่างๆ และสารแขวนลอย ก่อให้เกิดหมอก เมฆ ฝน การไหลเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทร การเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ต่างๆ ทางธรรมชาติและอื่นๆ อีกมากมาย นอกจากนี้แล้วความแปรปรวนของสภาพอากาศจะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เร็วขึ้นตามความรุนแรงการเคลื่อนที่ของอากาศ

### 2.2.5 การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของโลก การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์เป็นการจ่ายพลังงานที่สำคัญที่สุดต่อระบบนิเวศต่างๆ และการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตบนโลก เป็นต้นเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติ ยิ่งไปกว่านั้นปริมาณและระยะเวลาที่โลกได้รับรังสีดวงอาทิตย์ยังเป็นปฐมเหตุของการผันแปรลมฟ้าอากาศและเกิดห่วงโซ่อาหารที่สำคัญของโลกด้วย โดยรังสีอาทิตย์แบ่งออกได้ดังนี้

รังสีดวงอาทิตย์ (Solar Radiation) เป็นรังสีประเภทซึ่งความยาวช่วงคลื่นสั้น และในการวัดปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านมายังบรรยากาศชั้นต่ำๆ นั้น สามารถที่จะแบ่งประเภทออกได้เป็น 7 ประเภท คือ (สุวพันธ์ นิลายน, 2543)

- รังสีตกโดยตรง (Direct Radiation) จากดวงอาทิตย์ซึ่งวัดได้จากรังสีที่ตกลงมาตั้งฉากกับพื้นผิวโลก
- รังสีของโลก (Global Radiation) ซึ่งได้รับบนแนวระดับเป็นรังสีที่รวมทั้งรังสีที่ได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และรังสีที่กระจัดกระจาย หรือสะท้อนอยู่ในบรรยากาศ
- รังสีของท้องฟ้า (Sky Radiation) คือ รังสีกระจัดกระจาย หรือสะท้อนอยู่ในบรรยากาศเป็นส่วนหนึ่งที่นอกเหนือไปจากรังสีของโลก
- รังสีสะท้อนของรังสีดวงอาทิตย์ จากพื้นดิน
- รังสีบางแถบของสเปกตรัมของรังสีตกโดยตรง รังสีของโลก และรังสีของท้องฟ้า ในกรณีนี้รวมถึงการวัดความสว่างของแสงแดดในเวลากลางวันด้วย
- การวัดรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนพื้นที่ของวัตถุทรงกลม การวัดนี้เป็นการพยายามที่จะวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกบนวัตถุสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวเรา เช่น ต้นไม้ อาคาร เป็นต้น

### 2.3 ปริมาณการจราจร

ปริมาณการจราจรเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ในพื้นที่ริมถนน แหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> บริเวณพื้นที่ริมถนน คือ การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของรถยนต์ดีเซล การชนวัสดุ เช่น ดิน ทราช หรือวัสดุที่ทำให้เกิดฝุ่น การก่อสร้างถนน และฝุ่นจากผ้าเบรก หรือยางรถยนต์ โดยแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ที่สำคัญในกรุงเทพมหานครมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและการเพิ่มขึ้นของปริมาณการจราจร (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2555) แสดงว่าปริมาณการจราจรมีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ คือ อนุภาคของคาร์บอนที่เผาไหม้ไม่หมด ทำให้มีการปล่อยออกมาในลักษณะเขม่าหรือควันดำจากรถยนต์ดีเซลต่างๆ

การศึกษาปริมาณการจราจร คือ การรวบรวมข้อมูลจำนวนยานพาหนะและคนเดินเท้าในบริเวณหนึ่ง รวมถึงลักษณะของการจราจรตามวัน เวลา และสัดส่วนของยานพาหนะชนิดต่างๆ ซึ่งมีค่าจำกัดความที่ใช้ด้านปริมาณการจราจรดังต่อไปนี้

AADT (Average Annual Daily Traffic) หมายถึง ปริมาณการจราจรโดยเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี ซึ่งเป็นจำนวนยานพาหนะที่แล่นผ่านจุดหนึ่งจุดใดของทางหลวงตลอดปีหารด้วยจำนวนวันในปีนั้นๆ

ADT (Average Daily Traffic) หมายถึง ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน ซึ่งเป็นจำนวนยานพาหนะที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งของทางหลวงในเวลาเกินกว่า 1 วัน แต่ไม่เกิน 1 ปี หารด้วยจำนวนวันที่ทำการสำรวจ

PHF (Peak Hour Volumes) หมายถึง ปริมาณการจราจรต่อชั่วโมงที่สูงที่สุดของวันหรือในช่วงเวลาครึ่งวัน คือ ช่วงเช้าก่อนเที่ยงและช่วงบ่ายหลังเที่ยงวัน

VPD (Vehicle Per Day) หมายถึง จำนวนยานพาหนะเป็นจำนวนคันต่อวัน

PCU (Passenger Car Unit) หมายถึง หน่วยนับของยานพาหนะเมื่อเทียบกับรถยนต์นั่ง (Passenger Car) เช่น รถบรรทุกทุกขนาด 6 ล้อ จะเทียบได้เท่ากับ 2 PCU โดยเฉลี่ย ส่วน

รถจักรยานยนต์เท่ากับ 1/3 PCU หน่วยปริมาณจราจรต่างๆ โดยใช้ค่าเทียบเท่ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Equivalent, PCE)

โดยทั่วไป การสำรวจปริมาณจราจรสามารถดำเนินการได้ 3 แนวทาง (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2551) ได้แก่

#### 1) การนับโดยใช้พนักงานเก็บข้อมูล (Manual Counting Methods)

การสำรวจปริมาณจราจรด้วยวิธีนี้โดยทั่วไปเรียกว่าการนับรถ หลายกรณีจำเป็นต้องใช้แรงงานมนุษย์ ประการแรก เนื่องจากในบางกรณีการสำรวจใช้เวลาไม่น้อยกว่า 8 หรือ 10 ชั่วโมง ซึ่งในการสำรวจดังกล่าวหากมีการนำอุปกรณ์ติดตั้งถาวร หรือนำอุปกรณ์เคลื่อนที่มากใช้อาจทำให้ไม่สะดวกในการดำเนินงาน และไม่คุ้มค่ากับค่าใช้จ่าย

ประการที่สองการสำรวจปริมาณจราจร สามารถดำเนินการได้สะดวกและได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องมากกว่า เช่น การจำแนกประเภทรถยนต์ การเลี้ยวรถ การนับจำนวนคนเดิน เป็นต้น ซึ่งการนับด้วยพนักงานทำให้สามารถจำแนกข้อมูลเชิงคุณภาพได้มากกว่าการใช้อุปกรณ์ นอกจากนี้การนับรถด้วยพนักงานสามารถวางแผนดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว ใช้อุปกรณ์ไม่มากและเสียค่าใช้จ่ายต่ำ อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการสำรวจข้อมูล ได้แก่ แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลจำนวนยานพาหนะแบบแยกประเภท และอาจใช้อุปกรณ์เสริม ได้แก่ เครื่องนับจำนวนสะสม (Accumulating hand counters)

#### 2) เครื่องนับเชิงกลแบบเคลื่อนย้ายได้ (Portable Mechanical Counters)

อุปกรณ์นับรถประเภทนี้ใช้หลักการของการส่งสัญญาณความดัน (Pneumatic pulse) ซึ่งเกิดจากการที่ยานพาหนะวิ่งผ่านท่ออย่างกว้างตามความกว้างของช่องจราจร (Pneumatic road tube) ความดันที่เกิดขึ้นจะถูกส่งจากท่อผ่านไปยังเครื่องนับแบบสะสม (Accumulating counters) ซึ่งจะทำการบันทึกจำนวนครั้งของการวิ่งผ่านท่อของยานพาหนะในช่วงเวลาที่ทำการสำรวจข้อมูล นอกจากนี้ยังมีเครื่องนับแบบรายงานผลด้วยการพิมพ์ (Printed-tape counters) ซึ่งจะทำการพิมพ์จำนวนครั้งของการวิ่งผ่านท่อโดยอัตโนมัติ ทุกช่วงเวลาที่ตั้งค่าไว้ ตัวอย่างเครื่องนับดังกล่าว แสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 เครื่องนับแบบท่อความดัน (Pneumatic Road Tube)

ที่มา : Jean-Paul Rodrigue (2011)

ข้อจำกัดของวิธีการนี้ก็คือ จำนวนที่เครื่องนับบันทึกนั้นจะเป็นจำนวนเพลลาของยานพาหนะที่วิ่งผ่านท่อ ไม่ใช่จำนวนยานพาหนะ แต่ละเพลลาของยานพาหนะที่วิ่งผ่านท่อ จะทำให้เกิดสัญญาณความดันถูกส่งไปบันทึกที่เครื่องนับ ด้วยเหตุนี้ ในกรณีที่ยานพาหนะในกระแสรถจรไม่ได้เป็นรถยนต์ที่มีสองเพลลาทั้งหมดควรใช้การนับรถด้วยพนักงานมาทำการสำรวจตัวอย่าง เพื่อนำผลการสำรวจที่ได้ไปใช้ในการปรับแก้จำนวนเพลลาที่นับได้ ให้สอดคล้องกับจำนวนยานพาหนะที่นับได้ โดยการจำแนกประเภทของยานพาหนะตามจำนวนเพลลา จากนั้นคำนวณหาจำนวนเพลลาเฉลี่ยต่อยานพาหนะ และใช้ค่านี้สำหรับปรับแก้จำนวนยานพาหนะทั้งหมดที่นับได้ตลอดช่วงเวลาที่ทำการสำรวจข้อมูลให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง

ปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีการบันทึกภาพที่ทันสมัยมากขึ้น การบันทึกสภาพการจราจรด้วยกล้องวิดีโอ ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการสำรวจข้อมูลปริมาณจราจร กล้องวิดีโอจะถูกนำไปติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสมที่ทำให้สามารถบันทึกภาพการเคลื่อนที่ของยานพาหนะในกระแสรถจรได้อย่างครบถ้วนและครอบคลุมช่วงถนน หรือทางแยกที่ต้องการสำรวจข้อมูล ข้อได้เปรียบของการใช้กล้องวิดีโอก็คือ สามารถบันทึกรายละเอียดทุกอย่างที่เกิดขึ้น รวมถึงวันที่และเวลาที่ทำการสำรวจข้อมูลด้วย อุปกรณ์ที่ใช้ก็ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ภาพที่บันทึกได้จะถูกนำไปใช้ในการนับรถในสำนักงาน ทำให้พนักงานนับรถไม่เกิดความล่าช้าที่อาจส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของข้อมูลได้ และสามารถทำการนับแยกประเภทยานพาหนะ และจำแนกตามช่องจราจรได้อย่างสะดวกรวดเร็วนอกจากนี้ ยังเป็นวิธีการที่สามารถทำการตรวจสอบข้อมูลซ้ำได้ตามที่ต้องการ ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบรายละเอียดเพิ่มเติมจากข้อมูลชุดเดิม

### 3) เครื่องนับติดตั้งถาวร (Permanent Counters)

การสำรวจข้อมูลปริมาณจราจรบางประเภท อาทิ การสำรวจปริมาณจราจรระดับจังหวัดและภูมิภาค ฯลฯ จำเป็นต้องดำเนินการสำรวจข้อมูลอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งวัน (24 ชั่วโมง) หรือตลอดทั้งปี (365 วัน) กรณีดังกล่าว ต้องการอุปกรณ์ที่สามารถตรวจสอบปริมาณจราจรได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องใช้พนักงานในการควบคุมอุปกรณ์ดังกล่าวตลอดเวลา ในกรณีเช่นนี้ เครื่องนับ

ปริมาณจราจรแบบติดตั้งถาวรจะถูกนำมาใช้ ซึ่งจะประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจจับยานพาหนะ (Detectors) อุปกรณ์บันทึกข้อมูล และอุปกรณ์ประมวลผล ที่ถูกติดตั้งไว้อย่างถาวรบนช่วงถนนหลักที่จำเป็นต้องใช้การสำรวจข้อมูลในลักษณะดังกล่าว อาทิ บนถนนสายหลัก หรือทางแยกขนาดใหญ่ เป็นต้น

อุปกรณ์นับรถแบบติดตั้งถาวร จำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่

ก) เครื่องตรวจจับแบบแผ่นความดัน (Pressure-plate Detector) เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยแผ่นโลหะสองแผ่นประกบกันฝังอยู่ในพื้นผิวจราจร ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองจะมีสปริงและวัสดุรองรับการกระแทกติดตั้งไว้ เมื่อยานพาหนะวิ่งผ่านผิวจราจรที่มีแผ่นโลหะนั้นจะกดแผ่นโลหะลง น้ำหนักยานพาหนะจะทำให้แผ่นโลหะทั้งสองติดกันชั่วคราวก่อให้เกิดสัญญาณที่มีลักษณะเป็นกระแสไฟฟ้าส่งไปยังเครื่องรับเพื่อทำการบันทึกข้อมูลต่อไป

ข) เครื่องตรวจจับแบบคลื่นแม่เหล็ก (Magnetic Loop Detector) วงรอบที่ทำขึ้นจากลวดจะถูกฝังไว้ในพื้นผิวจราจร วงรอบนี้จะถูกเชื่อมต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นโดยรอบวงรอบนี้ เมื่อมียานพาหนะวิ่งผ่านพื้นผิวจราจรในบริเวณที่มีวงรอบดังกล่าวฝังอยู่ จะมีการรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้น สัญญาณที่เกิดจากการรบกวนนี้จะถูกส่งไปยังเครื่องรับเพื่อบันทึกเป็นข้อมูลปริมาณจราจรต่อไป

ค) เครื่องตรวจจับแบบคลื่น (Sonic Detector) เครื่องรับส่งคลื่นจะถูกติดตั้งบริเวณริมถนน หรือเหนือช่องจราจร คลื่นที่ถูกส่งออกไปเมื่อกระทบกับยานพาหนะก็จะสะท้อนกลับมายังเครื่องรับ และบันทึกเป็นข้อมูลปริมาณจราจร

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Yassen (2003) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคฝุ่นกับอุณหภูมิในพื้นที่ยุทธศาสตร์ Kuala Lumpur และ Petaling Jaya ประเทศ Malaysia โดยนำข้อมูลจาก Department of Environment (DOE) และ Alam Sekitar Malaysia Sdn Bhd (ASMA) ซึ่งใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี 1983 – 1997 ในการวิเคราะห์ข้อมูลใช้ Regression analysis ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำฝนกับอนุภาคของฝุ่นมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ ค่า  $r$  จะอยู่ในช่วง -0.050 ถึง -0.687 ด้านความสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กับฝุ่นในเชิงลบ โดยค่า  $r$  จะอยู่ในช่วง 0.013 ถึง -0.712 อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับฝุ่นในเชิงบวก มีค่า  $r$  ในช่วง 0.02 ถึง 0.612 ความเร็วลมมีความสัมพันธ์ต่ำ ค่า  $r$  อยู่ระหว่าง 0.063 และ -0.510 นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วย Multiple Linear Regression ยังพบว่าปริมาณของอนุภาคฝุ่น 46% ( $R^2 = 0.462$ ) ที่มีการเปลี่ยนแปลงมีอิทธิพลมาจากปัจจัยทางอุณหภูมิวิทยา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และอุณหภูมิ โดยปัจจัยทางอุณหภูมิวิทยามีอิทธิพลในทางผกผันกับปริมาณฝุ่นละออง คือ หากปัจจัยอุณหภูมิวิทยามีค่าสูงจะส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละอองต่ำลง

Harrison et al. (2004) ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยทางอุณหภูมิวิทยาและปริมาณการจราจรต่อฝุ่นละอองพื้นที่ริมถนนในเขตเมือง โดยทำการศึกษาที่สถานีตรวจวัดริมถนน 4 สถานีตรวจวัด โดยตรวจวัดตั้งแต่ เมษายน 2000 ถึง มกราคม 2002 ผลการศึกษาพบว่าบริเวณที่มีปริมาณการจราจรสูง



นั่นทำให้มีปริมาณของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> สูงขึ้น ค่าเฉลี่ยสูงสุดที่วัดได้อยู่ที่สถานี Park Lane วัดได้ 63.28 g/m<sup>3</sup> และวัดปริมาณการจราจรได้ 104,000 คันต่อวัน ซึ่งเป็นค่าปริมาณการจราจรสูงสุดและพบว่า ความเร็วลมมีผลต่อปริมาณของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> โดยเมื่อวิเคราะห์ด้วย Regression Analysis มีค่า R<sup>2</sup> = 0.53 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเร็วลมมีผลต่อปริมาณของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ในระดับกลาง

Jina (2005) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ วิธีการศึกษาจะทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM<sub>10</sub>) ที่สถานีดินแดงของกรมควบคุมมลพิษ และใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี 2001 – 2004 จากนั้นหาความสัมพันธ์ด้วยวิธี Multiple Regression Analysis ผลการศึกษาพบว่า 42.3% (R<sup>2</sup> = 0.423) ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> นอกจากนี้ในปี 2001, 2002, 2003 และ 2004 พบว่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มีค่า 72.8% (R<sup>2</sup> = 0.728), 35.8% (R<sup>2</sup> = 0.358), 40.6% (R<sup>2</sup> = 0.406) และ 66.5% (R<sup>2</sup> = 0.665) ตามลำดับ

Karar and Gupta (2006) ศึกษาการแปรผันตามฤดูกาลของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ในพื้นที่อุตสาหกรรมและพื้นที่ชุมชนของเมือง Kolkata วิธีการศึกษาจะทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นในพื้นที่เขต Kasba ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ในเขตชุมชน และพื้นที่เขต Cossipore เป็นตัวแทนในเขตอุตสาหกรรม ซึ่งเก็บตัวอย่างตลอด 24 ชั่วโมงสัปดาห์ละครั้ง ตั้งแต่ พฤศจิกายน 2003 ถึง พฤศจิกายน 2004 และทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Spearman rank correlation หาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับอุตุนิยมวิทยา ผลการศึกษา ในพื้นที่เขตอุตสาหกรรมมีค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มีปริมาณสูงกว่าพื้นที่เขตชุมชน ซึ่งมีค่าตรวจวัดได้ 196.6±88.2 µg/m<sup>3</sup> และ 140.1±43.1 µg/m<sup>3</sup> ตามลำดับ โดยสาเหตุที่พื้นที่อุตสาหกรรมมีค่าตรวจวัดที่สูงเนื่องจากการจราจรของรถบรรทุก กิจกรรมอุตสาหกรรม และฝุ่นถนน นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณฝุ่น PM<sub>10</sub> ทั้งในพื้นที่อุตสาหกรรมและชุมชนมีการสะสมในฤดูหนาวสูงสุดและมีค่าต่ำที่สุดในฤดูมรสุม เมื่อหาความสัมพันธ์ทางสถิติของปริมาณฝุ่น PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน ในพื้นที่อุตสาหกรรมมีค่าสหสัมพันธ์ -0.19, -0.64, -0.47 และ -0.12 ตามลำดับ และในพื้นที่ชุมชนมีค่าสหสัมพันธ์ -0.33, -0.52, -0.44 และ -0.01 ตามลำดับ ซึ่งมิแสดงว่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาดังกล่าวมีความสัมพันธ์ที่ผกผันกับปริมาณของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ทั้งในพื้นที่อุตสาหกรรมและชุมชน

Bhaskar (2010) ศึกษาความสัมพันธ์ของอนุภาคมลพิษทางอากาศกับอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ Ahmedabad ทำการศึกษาฝุ่น SPM (Suspended Particulate Matter) และ PM<sub>10</sub> โดยทำการเก็บข้อมูลจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมด 13 สถานี โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่ปี 2005 – 2008 และใช้สถิติ Pearson correlation analysis ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นและอุตุนิยมวิทยา ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณของฝุ่น SPM และ PM<sub>10</sub> ทั้งสามปี มีแนวโน้มลดลง โดยปริมาณของ SPM สูงสุดจะอยู่ในช่วง 432 - 616 µg/m<sup>3</sup> และต่ำสุดอยู่ในช่วง 98 - 208 µg/m<sup>3</sup> ส่วนปริมาณของ PM<sub>10</sub> สูงสุดจะอยู่ในช่วง 145 - 222 µg/m<sup>3</sup> และต่ำสุดอยู่ในช่วง 38.7 - 92.2 µg/m<sup>3</sup> นอกจากนี้การศึกษาความสัมพันธ์ฝุ่นและฤดูกาลพบว่าตั้งแต่ปี 2005 – 2008 ค่าเฉลี่ยทั้งของ SPM และ PM<sub>10</sub> ค่าสูงสุดที่วัดได้จะอยู่ในช่วงฤดูหลังมรสุมหรือฤดูหนาว ค่าต่ำสุดที่วัดได้อยู่ในฤดูมรสุม บริเวณที่วัดค่าฝุ่นได้สูง

สุดจะอยู่ในบริเวณที่เป็นพื้นที่อุตสาหกรรมและบริเวณที่วัดได้ต่ำสุดวัดได้ที่บริเวณที่อยู่อาศัย ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน SPM มีค่าช่วง -0.6 ถึง -0.83 และ PM<sub>10</sub> มีค่าช่วง -0.51 ถึง -0.86 ความเร็วลม SPM มีค่าช่วง -0.17 ถึง -0.51 และ PM<sub>10</sub> มีค่าช่วง -0.17 ถึง -0.60 ความชื้น SPM มีค่าช่วง -0.54 ถึง -0.91 และ PM<sub>10</sub> มีค่าช่วง -0.44 ถึง -0.89 อุณหภูมิ SPM มีค่าช่วง -0.78 ถึง 0.27 และ PM<sub>10</sub> มีค่าช่วง -0.34 ถึง 0.24

Srimuruganandam and Shiva Nagendra S. M. (2011) ศึกษาฝุ่นละอองและการจราจรในเขตเมืองของประเทศอินเดีย โดยตั้งสถานีตรวจวัดริมถนน เก็บข้อมูลตั้งแต่ พฤศจิกายน 2007 ถึง พฤษภาคม 2009 และวัดปริมาณจราจรในพื้นที่เดียวกันโดยวัด ผลการศึกษาพบว่า ในฤดูมรสุมจะมีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มากที่สุด วัดได้ 188.75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ในปี 2007 และค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ที่วัดได้น้อยที่สุดในฤดูร้อน วัดได้ 75.96  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ในปี 2009 และพบว่าปริมาณของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> นั้นมีค่าสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณการจราจรที่วัดได้สูงสุดจะอยู่ช่วงเช้า (8.00 – 10.00 น.) ในวันธรรมดา มีค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> คือ 274  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  และ ปริมาณการจราจรน้อยที่สุดในช่วงเย็น (19.00 – 21.00 น.) ของวันสุดสัปดาห์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> คือ 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

จากผลการศึกษาที่กล่าวในข้างต้น พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองเพิ่มสูงสุดในฤดูหนาวและลดลงต่ำสุดในช่วงฤดูมรสุมหรือฤดูฝน ส่วนปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละอองในแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่าง เช่น ในประเทศมาเลเซีย ความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อฝุ่นละอองมากที่สุด ส่วนในประเทศอินเดีย อุณหภูมิมีผลต่อฝุ่นละอองมากที่สุด และในสหราชอาณาจักร ความเร็วลมมีอิทธิพลมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าพื้นที่แต่ละสถานที่มีความแตกต่างกันทางอุตุนิยมวิทยาซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ รวมไปถึงตำแหน่งที่ตั้งในของเมืองที่ทำการศึกษานั้น การศึกษาค้นคว้านี้เป็นการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศและอุตุนิยมวิทยาที่ต่างออกไป ทำให้ผลการศึกษาที่ได้ อาจมีความแตกต่างจากสถานที่อื่น จึงต้องมีการศึกษาค้นคว้าต่อไป

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 ข้อมูลพื้นที่ใช้ทำการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและปริมาณการจราจร ดังนั้นพื้นที่ที่ใช้การศึกษาจะเป็นพื้นที่บริเวณริมถนนในกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีความแตกต่างของการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงปริมาณการจราจร ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยพื้นที่เก็บข้อมูลฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มีอยู่ 3 บริเวณ คือ สถานีไฟฟ้าอ้อยธนบุรี สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย และการเคหะดินแดง ส่วนการเก็บปริมาณการจราจรจะเก็บข้อมูลที่ถนนในบริเวณใกล้เคียงกับจุดเก็บข้อมูลฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ซึ่งได้แก่ ถนนอินทรีพิทักษ์ ถนนลาดพร้าว และถนนดินแดง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### 3.1.1 สถานีไฟฟ้าอ้อยธนบุรี

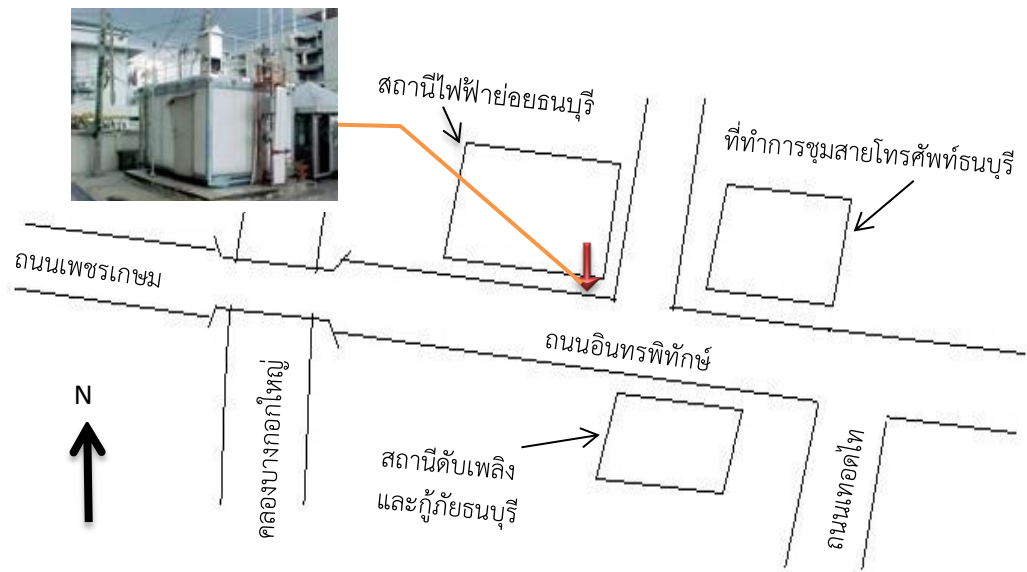
ตั้งอยู่บริเวณถนนอินทรีพิทักษ์ ในบริเวณนี้มีชุมชนกันอย่างหนาแน่นริมถนน มีสถานีราชการ ตลาด จึงทำให้มีการสัญจรอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจุดเก็บข้อมูลอยู่ใกล้กับคลองบางกอกน้อย ถนนอินทรีพิทักษ์มีจุดเริ่มต้นจากวงเวียนใหญ่จนมาบรรจบกับถนนเพชรเกษม ด้านเชิงสะพานเนาวจำเนียรฝั่งตะวันตก ซึ่งจะเป็นจุดเริ่มต้นของถนนเพชรเกษมต่อไป เป็นถนนขนาด 6 ช่องการจราจร ทั้งสองฝั่งมีอาคารพาณิชย์ตั้งอยู่ตลอดเส้นทาง จากการกำหนดผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 ได้กำหนดให้บริเวณนี้เป็นพื้นที่ที่ดินประเภทแหล่งที่อยู่อาศัยหนาแน่น (ภาพที่ 3.1)

##### 3.1.2 สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย

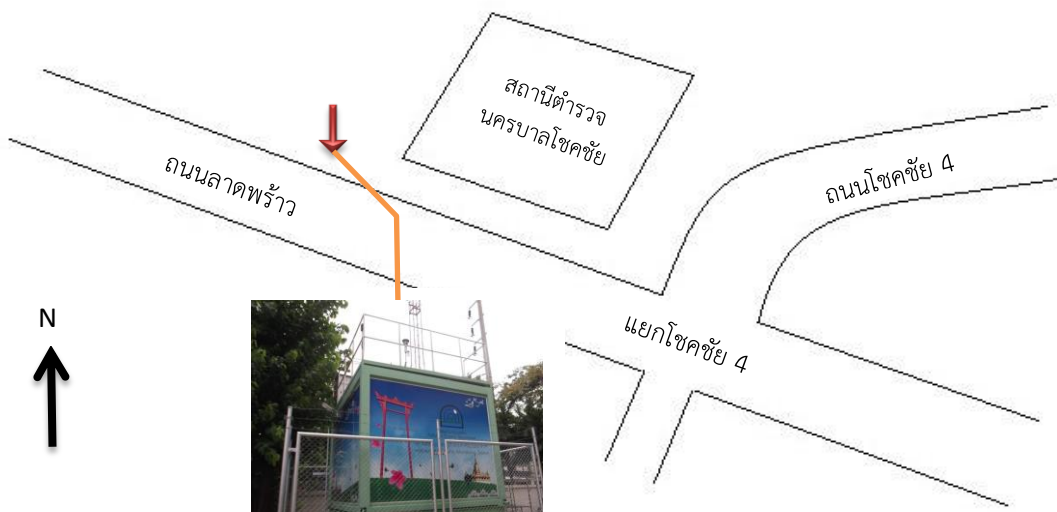
ตั้งอยู่บริเวณริมถนนลาดพร้าว ในบริเวณใกล้เคียงมีร้านค้า ห้างสรรพสินค้า และชุมชนที่อยู่อาศัย โดยถนนลาดพร้าว (หมายเลขทางหลวง 336) เป็นถนนขนาด 6 ช่องการจราจรมีจุดเริ่มต้นที่แยกลาดพร้าว ในพื้นที่เขตจตุจักร ซึ่งเป็นจุดตัดกับถนนพหลโยธินและถนนวิภาวดีรังสิต มีทิศทางมุ่งไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ไปสิ้นสุดที่สี่แยกบางกะปิติดกับถนนนวมินทร์และถนนพวงศิริทตอนสองฝั่งถนนมีอาคารพาณิชย์ ห้างสรรพสินค้าตั้งอยู่ตลอดเส้นทาง ผังเมืองได้กำหนดให้บริเวณพื้นที่นี้เป็นที่ดินประเภทพาณิชยกรรม (ภาพที่ 3.2)

##### 3.1.3 การเคหะดินแดง

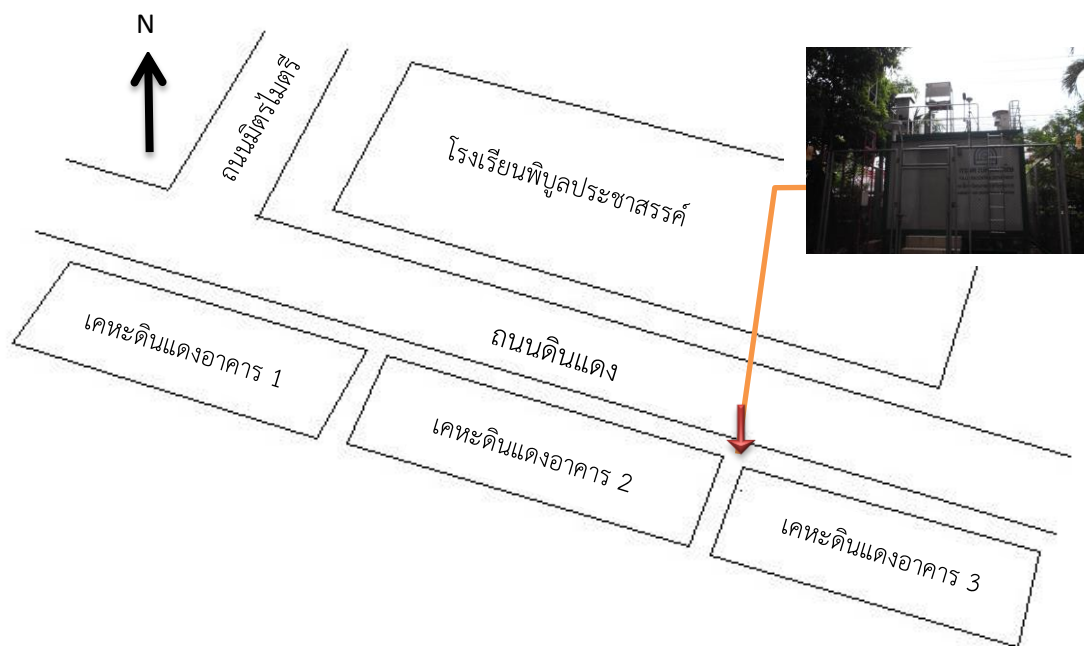
ตั้งอยู่บริเวณถนนดินแดง ซึ่งในบริเวณนี้มีเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของคนเป็นจำนวนมาก ทำให้มีการคมนาคมอยู่ตลอดเวลา อีกทั้งมีโรงเรียนและสถานรับเลี้ยงเด็กอยู่ใกล้เคียง จึงทำให้พื้นที่นี้มีความอ่อนไหวต่อมลพิษที่เกิดขึ้น ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานครได้กำหนดให้บริเวณนี้เป็นที่ดินประเภทแหล่งที่อยู่อาศัยหนาแน่น (ภาพที่ 3.3)



ภาพที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีไฟฟ้าย่อยอุบลบุรี



ภาพที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย



ภาพที่ 3.3 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณการเคหะดินแดง

### 3.1.4 การจราจร

แนวโน้มการจราจรของถนนในเขตกรุงเทพมหานครมีลักษณะคล้ายคลึงกัน เนื่องจากกิจวัตรประจำวันของประชาชนจะมีลักษณะที่คล้ายกัน เป็นผลให้ปริมาณการจราจรมีสูงมากในบางช่วงเวลา ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวได้แก่ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า (7.00 – 9.00 น.) และช่วงเร่งด่วนตอนเย็น (17.00 – 19.00 น.) ส่วนช่วงนอกเวลาเร่งด่วน (9.00 – 17.00 น.) ปริมาณจราจรลดลงเห็นได้อย่างชัดเจน สาเหตุที่การจราจรมีการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้มาจากในช่วงเช้าประชาชนมีการเดินทางออกที่อยู่อาศัยเพื่อไปทำกิจกรรมต่างๆ เช่น ไปโรงเรียนหรือไปประกอบอาชีพ เป็นต้น จึงทำให้มีการเดินทางในช่วงนี้มาก และในช่วงเย็นก็เช่นกันมีการเดินทางจากที่ต่างๆ เพื่อกลับที่อาศัย ทำให้ในช่วงเย็นมีการจราจรมากขึ้นเช่นกัน ในส่วนของช่วงนอกเวลาเร่งด่วนมีปริมาณจราจรลดลงทั้งนี้เป็นเพราะประชากรส่วนใหญ่ได้เดินทางถึงจุดหมาย และการจราจรในช่วงเวลานี้เป็นการจราจรที่เกิดการขนส่งหรือผู้ที่ประกอบอาชีพนอกสถานที่ทำงาน จึงจำเป็นต้องมีการเดินทางอยู่ตลอดเวลา ลักษณะการสัญจรของถนนแต่ละสายมีลักษณะดังนี้

ก) ถนนอิทรพิทักษ์ ถนนสายนี้เป็นถนนที่ต่อจากถนนเพชรเกษม มี 6 ช่องการจราจร ทั้งสองฝั่งมีอาคารพาณิชย์ซึ่งเป็นที่พักอาศัย โดยส่วนใหญ่เป็นรถประเภทรถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน รongลงมาเป็นจักรยานยนต์ ซึ่งสอดคล้องกันพื้นที่ซึ่งเป็นแหล่งที่มีชุมอยู่อย่างหนาแน่น นอกจากนี้ยังมีพบรถบรรทุกขนาดใหญ่ เช่น รถบรรทุกพ่วง เนื่องจากถนนสายเชื่อมต่อกับถนนเพชรเกษมเป็นทางที่มุ่งสู่ต่างจังหวัด ทำให้มีการขนส่งสินค้าหรืออุปกรณ์ต่างๆ ระหว่างในกรุงเทพมหานคร และต่างจังหวัด จึงสามารถพบรถประเภทนี้ จากการสำรวจของสำนักจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร ปริมาณจราจรปี 2554 มีเท่ากับ 39,228 คัน/วัน

ข) ถนนดินแดง ถนนเส้นทางนี้มีปริมาณการจราจรสูง ทั้งนี้เป็นเพราะถนนเส้นนี้อยู่ใกล้ใจกลางกรุงเทพมหานคร อีกทั้งโดยรอบมีที่พักอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นและมีโรงเรียนอยู่ใกล้เคียง ยิ่งส่งผลให้ปริมาณการจราจรเพิ่มมากขึ้น โดยรถยนต์ส่วนใหญ่ของถนนดินแดง จะเป็นรถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน รองลงมาเป็นจักรยานยนต์ ซึ่งมีความคล้ายกับถนนอินทพิทักษ์ ซึ่งเป็นเขตที่มีอยู่อาศัยหนาแน่น นอกจากนี้ยังพบรถบรรทุกพ่วง และรถบรรทุกกึ่งพ่วง เป็นที่ขนส่ง และรถบรรทุกก๊าซธรรมชาติ ทำให้เห็นได้ว่าถนนนี้เป็นเส้นทางการขนส่งที่สำคัญเส้นทางหนึ่ง เพราะเป็นทางผ่านเข้าสู่ใจกลางเมืองได้ จึงทำให้มีปริมาณจราจรสูง จากการสำรวจของสำนักจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร ปริมาณจราจรปี 2555 มีเท่ากับ 78,789 คัน/วัน

ค) ถนนลาดพร้าว ถนนสายนี้มีช่องการจราจร 6 ช่อง เป็นถนนที่อยู่ใกล้ใจกลางกรุงเทพมหานครและผ่านพื้นที่เป็นห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า และมีที่อยู่อาศัยอย่างหนาแน่น ทำให้มีการจราจรคับคั่ง โดยรถยนต์ส่วนใหญ่จะเป็นรถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน และรองมาเป็นรถจักรยานยนต์ ซึ่งสอดคล้องกันกับถนนอินทพิทักษ์และถนนดินแดง แต่ในถนนสายนี้ไม่พบรถบรรทุกพ่วงหรือรถบรรทุกกึ่งพ่วง เนื่องจากไม่ใช่เส้นทางสำคัญในภาคการขนส่ง อีกทั้งที่ด้วยปริมาณรถยนต์ที่มากและเกิดการติดขัดสูงทำให้ไม่เหมาะแก่การใช้เป็นเส้นทางขนส่งสินค้าได้ จากการสำรวจของสำนักจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร ปริมาณจราจรปี 2555 มีเท่ากับ 48,710 คัน/วัน

### 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการศึกษา

การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ดำเนินการโดยใช้สถานีตรวจวัดอัตโนมัติของกรมควบคุมมลพิษ สามารถตรวจวัดมลพิษทางอากาศได้หลายชนิด เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) เป็นต้น ซึ่งจุดตั้งของสถานีตรวจวัดอยู่บริเวณริมถนนสายต่างๆ รวมถึงบริเวณอื่นทั่วกรุงเทพมหานครเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงมลพิษทางอากาศ ข้อมูลที่ทำการเก็บตัวอย่างจะถูกรายงานเป็นรายชั่วโมง และแสดงผลการตรวจวัดที่หน้าเว็บไซต์ของกรมควบคุมมลพิษ เพื่อให้ประชาชนได้รับทราบอย่างรวดเร็ว

#### 3.2.1 เครื่องมือวัดความเข้มข้นฝุ่นละออง

กรมควบคุมมลพิษได้ติดตั้งเครื่องตรวจวัดมลพิษทางอากาศตามสถานีพื้นที่ทั่วไปและพื้นที่ริมถนน รวมทั้งหมด 17 สถานี แต่การศึกษาครั้งนี้ใช้เพียง 3 สถานี โดยเครื่องมือตรวจวัดที่นำมาใช้มีวิธีการตรวจวัดตามที่กฎหมายกำหนด เครื่องตรวจวัดที่กรมควบคุมมลพิษใช้ มีดังนี้ (มนตรีชุติชัยศักดิ์ดา, 2557)

3.2.1.1 เครื่องตรวจวัดฝุ่นละออง Graseby รุ่น FH621-N เครื่องตรวจวัดรุ่นนี้จะติดตั้งอยู่ที่สถานีตรวจวัดสถานีไฟฟ้าอโยธยาบุรีและสถานีตรวจวัดสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย โดยเครื่องตรวจวัดรุ่นนี้ใช้หลักการ Beta Ray ในการตรวจวัดฝุ่นละออง

3.2.1.2 เครื่องตรวจวัดฝุ่นละออง RP รุ่น 1400a เครื่องรุ่นนี้ติดตั้งอยู่ที่สถานีตรวจวัดการเคหะดินแดง โดยเครื่องใช้หลักการ Tapered Element Oscillating Microbalance (TEOM)

### 3.2.2 เครื่องมือตรวจวัดสภาพอุตุนิยมวิทยา

กรมควบคุมมลพิษทำการเก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยาโดยติดตั้งไว้ที่สถานีตรวจวัดมลพิษในแต่ละแห่ง โดยเครื่องมือเก็บข้อมูลเป็นแบบอัตโนมัติ ยี่ห้อ Met One โดยสามารถเก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลม ทิศทางลม ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน ความดันบรรยากาศ และการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลเป็นแบบรายชั่วโมง

### 3.2.3 เครื่องมือสำรวจปริมาณการจราจร

การสำรวจปริมาณจราจร ทำโดยการบันทึกวิดีโอในบริเวณเดียวกันกับสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศ และทำการนับรถยนต์ด้วยมือ จากนั้นนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ที่ตรวจวัดได้ในเวลาขณะเดียวกัน เพื่อดูความสัมพันธ์ต่อไป

## 3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

### 3.3.1 ช่วงเวลาทำการเก็บข้อมูล

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> และปัจจัยอุตุนิยมวิทยา ทำการเก็บข้อมูลเป็นรายชั่วโมงทุกสถานีตรวจวัด ข้อมูลที่ใช้ศึกษาเริ่มตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2545 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 เป็นข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ นอกจากนี้มีการศึกษาความสัมพันธ์ที่ในแต่ละฤดูกาลโดยแบ่งช่วงเวลาตามกรมอุตุนิยมวิทยา ดังนี้

- ฤดูร้อน เริ่มต้นประมาณเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม
- ฤดูฝน เริ่มต้นประมาณเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม
- ฤดูหนาว เริ่มต้นประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์

ส่วนการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> และปริมาณจราจร ทำการเก็บข้อมูลฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> และปริมาณจราจร เป็นรายชั่วโมง ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทั้งหมด 7 วัน โดยแบ่งการเก็บข้อมูลแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลฝุ่นละอองและปริมาณการจราจร

สถานีตรวจวัด	ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล
สถานีตรวจวัดสถานีไฟฟ้าอ้อยธนบุรี	3/6/2556 – 9/6/2556
สถานีตรวจวัดการเคหะดินแดง	10/6/2556 – 16/6/2556
สถานีตรวจวัดสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย	17/6/2556 – 23/6/2556

### 3.3.2 ข้อมูลการศึกษา

การศึกษาความสัมพันธ์ ทำการเก็บข้อมูลฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> พร้อมกับข้อมูลปัจจัยอุตุนิยมวิทยา ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน และการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ รวมถึงทำการสำรวจข้อมูลปริมาณจราจรในบริเวณถนนอินทรพิทักษ์ ถนนดินแดงและถนนลาดพร้าว เพื่อหาความสัมพันธ์ทางสถิติต่อไป

การสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรของถนนแต่ละเส้นทางได้ติดตั้งกล้องอยู่ใกล้กับบริเวณริมถนน โดยการสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรมีการแบ่งยานพาหนะแต่ละชนิดดังต่อไปนี้

- รถจักรยานยนต์
- รถรับจ้างสาธารณะ
- รถยนต์ส่วนบุคคล
- รถโดยสารขนาดเล็ก
- รถโดยสารขนาดใหญ่
- รถบรรทุกขนาดเล็ก
- รถบรรทุกขนาดใหญ่

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยา และความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปริมาณจราจรจะทำการศึกษาด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้ข้อมูลที่เป็นลักษณะรายเดือนในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ในที่นี้ได้ใช้โปรแกรม SPSS for Windows version 17 ในการวิเคราะห์ โดยความสัมพันธ์ที่ศึกษามีดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) การศึกษาความสัมพันธ์ใช้วิธีการศึกษาด้วยสัมประสิทธิ์เพียร์สันเป็นการหาความสัมพันธ์และทิศทางของความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัวแปร ซึ่งระดับความสัมพันธ์สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ต่ำ โดยในกลุ่มนี้จะมีค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าเข้าใกล้ 0 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองตัวนั้นมีน้อย
2. ความสัมพันธ์สูง โดยในกลุ่มนี้มีค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้ 1 โดยตัวแปรในกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างมาก

การศึกษาด้วยวิธีนี้นอกจากบอกถึงระดับความสัมพันธ์ ยังสามารถบ่งบอกได้ถึงทิศทางความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ด้วยเช่นกัน โดยหาก  $r$  มีค่าเป็นลบ (-) แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของตัวแปรมีทิศทางผกผันกัน และค่าบวก (+) แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของตัวแปรมีทิศทางแปรผันตาม



- การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) การศึกษาความสัมพันธ์ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสมการที่สามารถใช้ประมาณหรือทำนายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Dependence Variable) และตัวแปรอิสระ (Independence Variable) เช่น ถ้าตัวแปร X มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้ตัวแปร Y มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เป็นต้น ในการพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรนั้นสามารถพิจารณาได้จากการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ เรียกว่า แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram)

- การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เป็นการศึกษาคล้ายกับสมการถดถอยเชิงเส้น เพียงแต่การศึกษาด้วยวิธีการนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ (X) ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงตัวแปรตาม (Y) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง  $PM_{10}$  กับปัจจัยอุตุนิยมในเพื่อให้มีความสอดคล้องกับพื้นที่จริง เนื่องจากความสัมพันธ์ไม่ได้เกิดขึ้นแค่ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงตัวแปรเดียวเท่านั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาด้วยวิธีการสมการถดถอยพหุคูณเพื่อดูความสัมพันธ์ของปัจจัยทุกตัวแปรที่มีต่อฝุ่นละออง  $PM_{10}$

### 3.4.1 ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

ข้อมูลฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ที่นำมาใช้ศึกษาในครั้งนี้ เป็นข้อมูลนำมาจากสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ข้อมูลที่นำมาเป็นข้อมูลจาก 3 สถานีตรวจวัด คือ สถานีไฟฟ้าย่อยธนบุรี สถานีการเคหะดินแดง และสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย โดยข้อมูลเบื้องต้นที่นำมาเป็นข้อมูลฝุ่นละออง  $PM_{10}$  แบบรายชั่วโมง ตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2545 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2554 รวมเป็นระยะเวลา 10 ปี จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อทำเป็นค่าเฉลี่ยรายวัน รายเดือน และรายปี ของแต่ละสถานีตรวจวัด และนำข้อมูลในแบบรายเดือนใส่ในโปรแกรม SPSS เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีทางสถิติที่ได้กล่าวไปเบื้องต้น โดยการนำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมวิเคราะห์จำเป็นต้องมีการจัดการข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งทำให้ต้องมีการจัดข้อมูลฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ในรูปแบบที่เป็นค่าเฉลี่ยรายเดือน เนื่องจากค่าเฉลี่ยรายเดือนสามารถจัดรูปแบบให้เป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งสอดคล้องกับเงื่อนไขวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งเป็นเหตุทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ข้อมูลในรูปแบบรายวันได้ เนื่องจากไม่มีการกระจายแบบปกติทำให้ต้องมีการจัดรูปแบบข้อมูลให้อยู่เป็นรายเดือนแทน อีกทั้งข้อมูลฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ที่นำมาศึกษามีบางช่วงเวลาไม่มีการตรวจวัด อันเนื่องมาจากเครื่องตรวจวัดเสียหาย ทำให้ข้อมูลบางส่วนไม่สามารถใช้ได้ จึงต้องมีการตรวจสอบข้อมูลที่นำมาศึกษาให้มีความถูกต้อง ตัวอย่างข้อมูลฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ที่ใช้วิเคราะห์อยู่ในภาคผนวก ก

### 3.4.2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

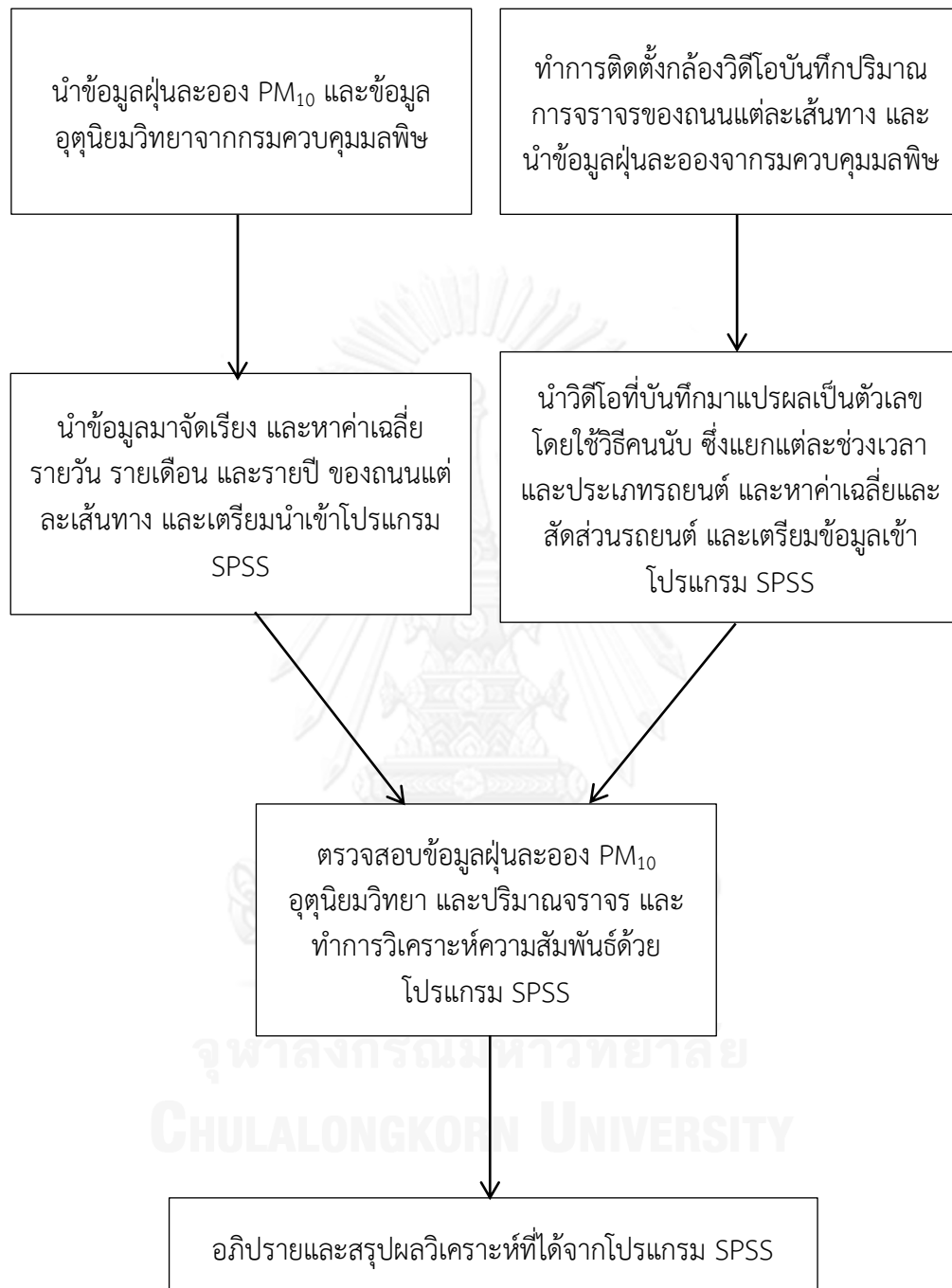
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ศึกษานำมาจากสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียงเช่นกัน เนื่องจากต้องการนำข้อมูลที่อยู่ในบริเวณเดียวกันมาหาความสัมพันธ์ได้อย่างถูกต้อง ปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่นำมาศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน และการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การตรวจวัดปัจจัยอุตุนิยมวิทยาทำการตรวจวัดด้วยเครื่องอัตโนมัติและข้อมูลที่นำมา

ศึกษาเป็นข้อมูลแบบรายชั่วโมง และก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS ต้องต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องเช่นเดียวกับข้อมูลฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> เนื่องจากบางช่วงเวลาไม่มีข้อมูลการตรวจวัดเนื่องจากเครื่องมือชำรุด ตัวอย่างข้อมูลฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาได้แสดงในตารางที่ 3.2 ตัวอย่างข้อมูลอุตุนิยมวิทยาอยู่ในภาคผนวก ก

### 3.4.3 ข้อมูลปริมาณจราจร

ข้อมูลจราจรทำการสำรวจด้วยการบันทึกลงในกล้องวิดีโอเมื่อทำการบันทึกเสร็จในแต่ละวันจะทำการแปรผลเป็นตัวเลขโดยการนับด้วยคน โดยจุดตั้งกล้องวิดีโออยู่บริเวณเดียวกันกับสถานีตรวจวัดมลพิษของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งการบันทึกปริมาณจราจรนั้นจะเริ่มบันทึกตั้งแต่ 7.00 น. ถึง 19.00 น. รวมเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ข้อมูลจราจรหลังจากผ่านการนับด้วยคนแล้วจัดทำเป็นข้อมูลรายชั่วโมง และแบ่งยานพาหนะออกเป็นแต่ละประเภท จากนั้นค่าเฉลี่ยปริมาณจราจร สัดส่วนของยานพาหนะ และนำไปศึกษาความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ด้วยโปรแกรม SPSS ต่อไป ตัวอย่างของมูลปริมาณจราจร แสดงในตารางที่ 3.3 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณจราจรอยู่ภาคผนวก ข

วิธีการศึกษาหาความสัมพันธ์ทั้งหมดแสดงในแผนภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 แผนผังการทำการศึกษา

## บทที่ 4 ผลการศึกษา

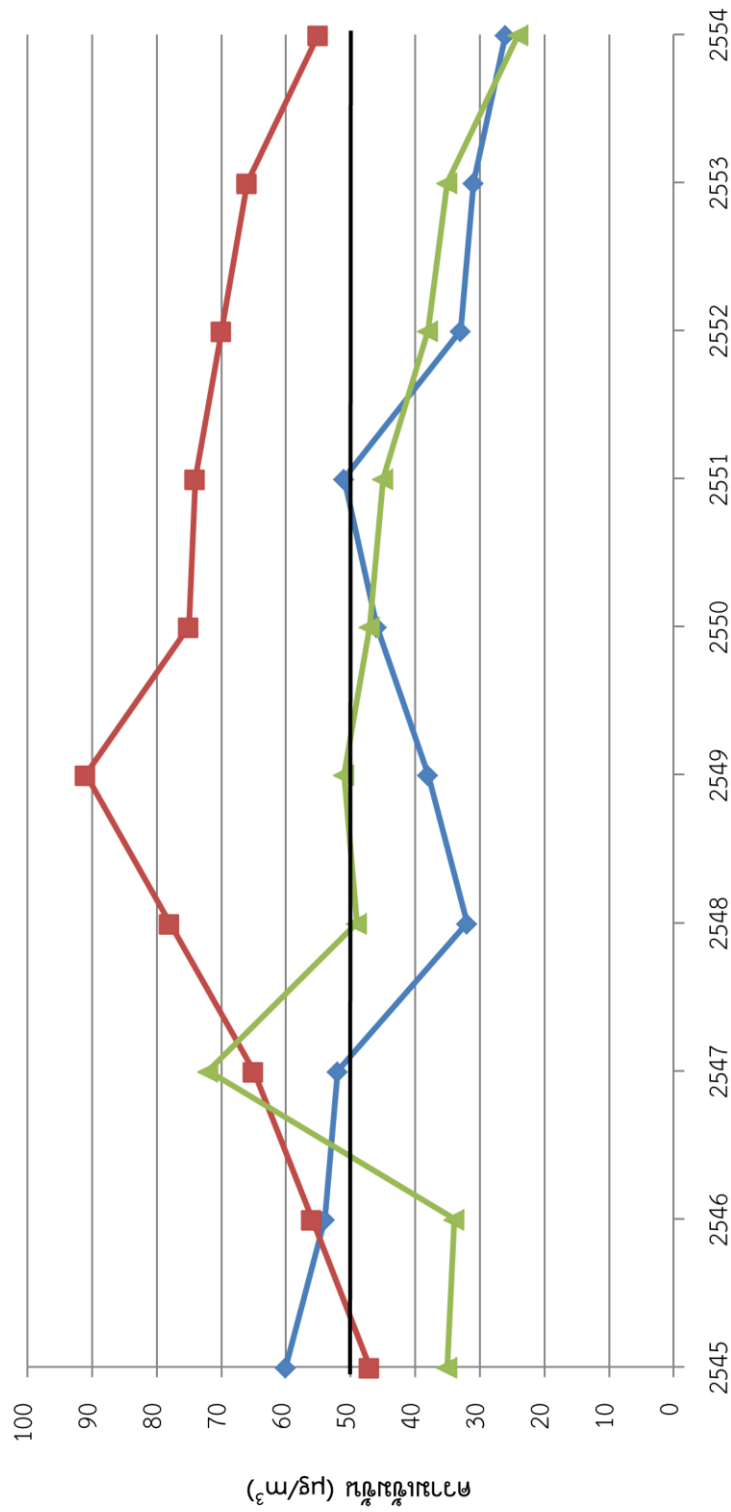
### 4.1 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนบริเวณริมถนน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) ของกรมควบคุมมลพิษ ณ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศซึ่งดำเนินการตรวจวัดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 -2554 บริเวณถนน 3 สาย คือ ถนนอินทพิทักษ์ ถนนดินแดง และถนนลาดพร้าว โดยในสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศได้มีการเก็บข้อมูลอุตุนิยมิวิทยาไปพร้อมกัน

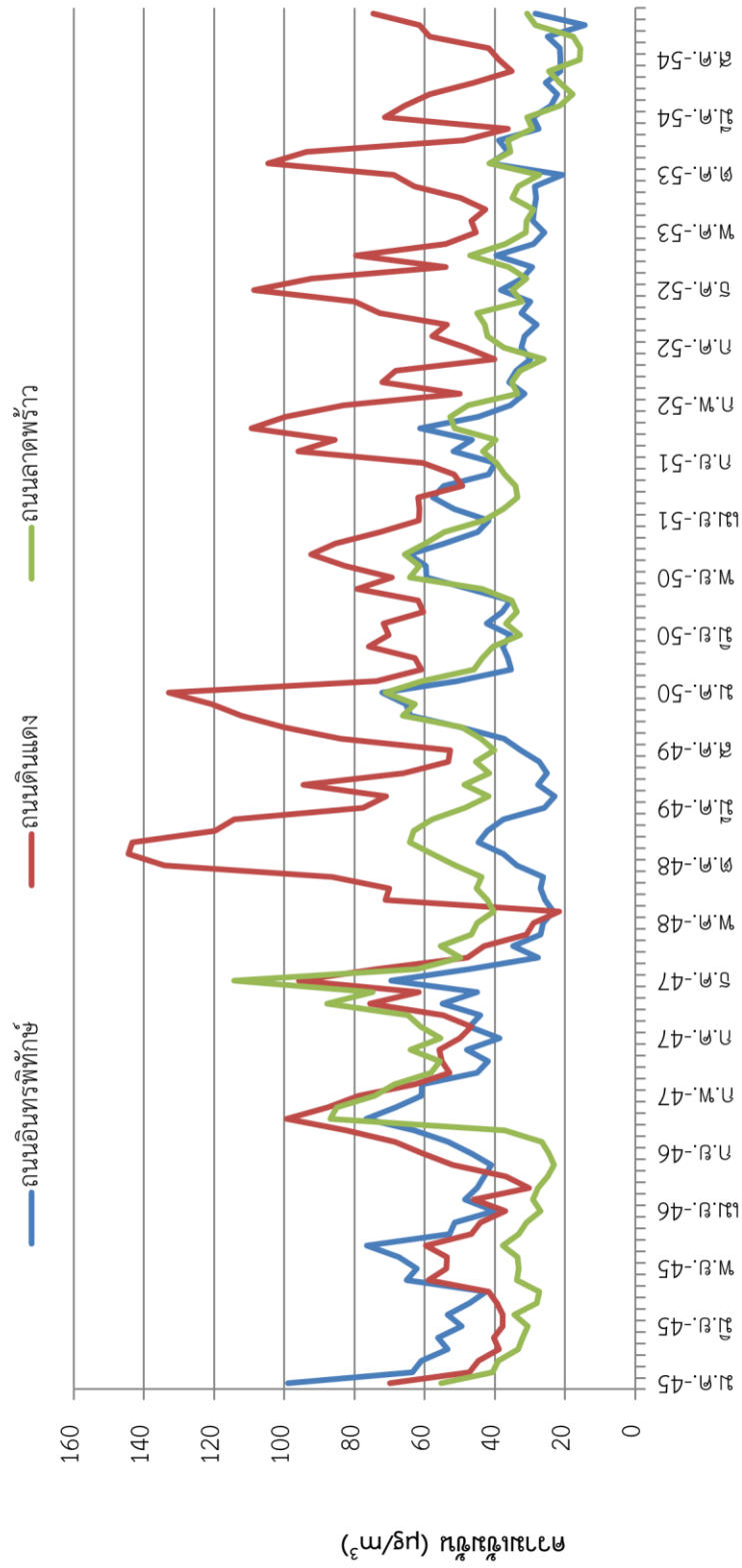
การเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> บริเวณริมถนนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายปัจจัย เช่น โครงสร้างถนน ปริมาณการจราจร ปัจจัยอุตุนิยมิวิทยา เป็นต้น จากการศึกษาบริเวณถนนทั้ง 3 เส้นทาง พบว่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ของถนนแต่ละเส้นทางมีแนวโน้มลดลงทุกเส้นทาง นอกจากนี้พบว่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> บริเวณถนนดินแดงมีค่าเกินกว่าที่ค่ามาตรฐานกำหนดไว้ ส่วนบริเวณถนนอินทพิทักษ์และถนนลาดพร้าวโดยความเข้มข้นยังไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด มีเพียงบางปีที่สูงเกินมาตรฐาน รวมถึงมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันตามฤดูกาล ทั้งนี้เป็นผลมาจากปัจจัยทางอุตุนิยมิวิทยาที่เปลี่ยนแปลงในขณะนั้นของพื้นที่กรุงเทพมหานครส่งผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> (ภาพที่ 4.1 และ 4.2) ทั้งนี้สาเหตุที่บริเวณถนนดินแดงนั้นมีปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มีสูงกว่าบริเวณถนนอื่น เป็นผลมาจากปริมาณการจราจรที่มีมากกว่าถนนเส้นอื่นรวมไปถึงลักษณะโครงสร้างถนนที่ทั้งสองฝั่งมีลักษณะอาคารสูงขึ้นไปทำให้การกระจายตัวของฝุ่นละอองไม่ดี ทำให้ความเข้มข้นในบริเวณนี้สูงมากกว่าบริเวณอื่น อีกปัจจัยหนึ่งที่อาจส่งผลให้ความปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ในบริเวณถนนดินแดงมีค่าสูงกว่าบริเวณถนนอื่นนั้นคือ สถานีตรวจวัดมลพิษของกรมควบคุมมลพิษตั้งอยู่ใกล้กับอาคารสูง และในบริเวณนั้นมีการหมุนเวียนอากาศที่ไม่ดีพอส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> สูงกว่าบริเวณอื่นอย่างชัดเจน

การเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ของถนนแต่ละเส้นทางมีความสอดคล้องกัน คือ ความเข้มข้นของฝุ่นเพิ่มสูงขึ้นและสูงสุดในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาว ความเข้มข้นฝุ่นเริ่มลดลงในเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคมในช่วงนี้ตรงกับช่วงฤดูร้อน และความเข้มข้นจะลดต่ำสุดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคมหรือฤดูฝนแล้วเพิ่มสูงขึ้นในเดือนถัดไป เป็นวัฏจักรที่คล้ายคลึงกันในทุกๆปี (ภาพที่ 4.6 4.7 และ 4.8) สอดคล้องกับการศึกษาของ Cheng, Ho, Lee, and Law (2006) ซึ่งพบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> เพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูหนาวและลดลงในฤดูร้อนกับฤดูฝน

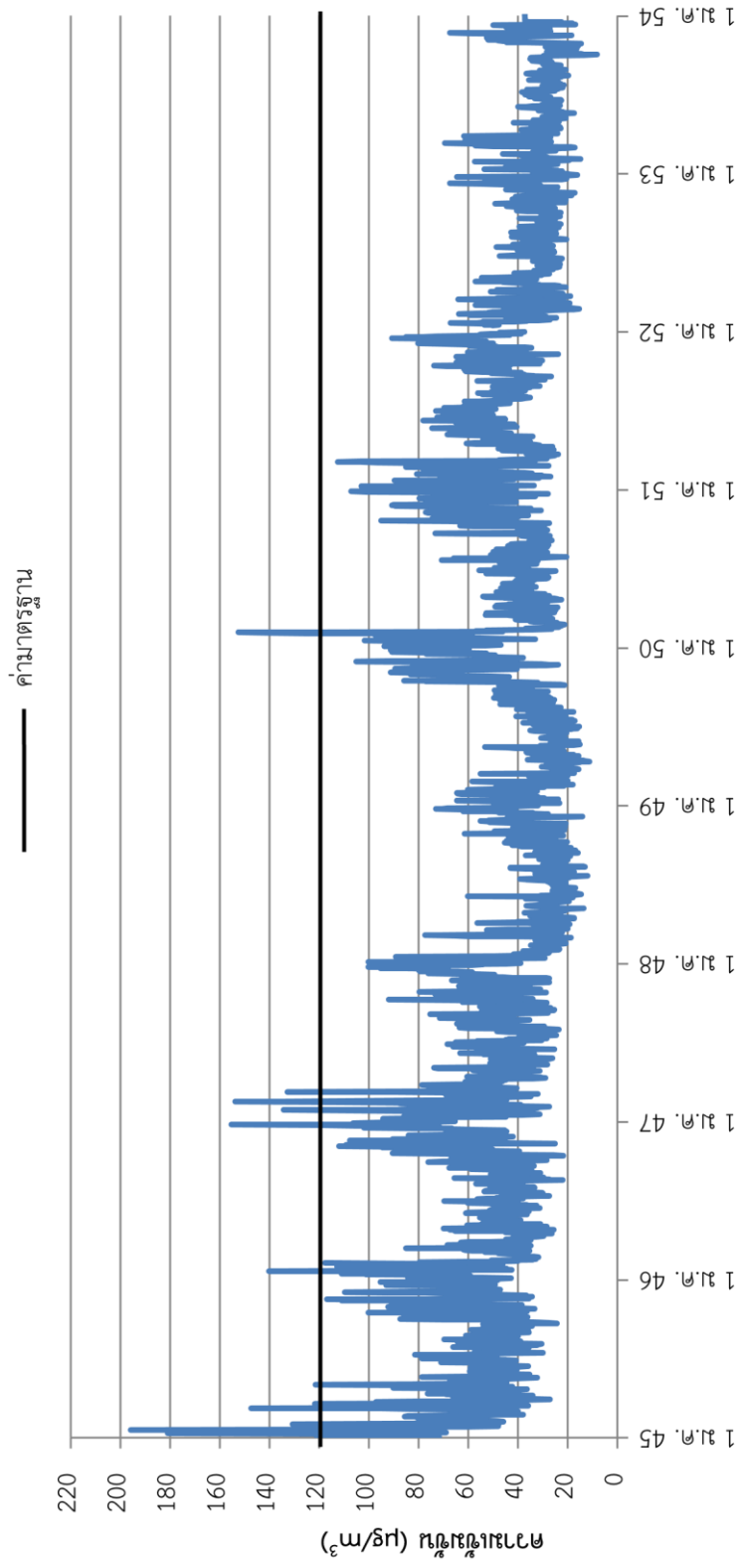
จากภาพที่ 4.3 4.4 และ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ในแบบรายวัน แสดงให้เห็นว่า บริเวณถนนดินแดงมีจำนวนวันที่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ต้องไม่เกิน 120 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีมากกว่าบริเวณถนนอินทพิทักษ์และถนนลาดพร้าว ซึ่งให้เห็นว่าบริเวณถนนดินแดงนั้นมีปัญหาฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มากที่สุดจากถนนทั้งหมดที่ทำการศึกษา การที่บริเวณถนนดินแดงมีปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> สูงกว่าบริเวณถนนอื่นนั้น มาจากปัจจัยทางอุตุนิยมิวิทยาที่แตกต่างจากบริเวณอื่น และปริมาณการจราจรที่มีมากกว่า ส่งผลให้บริเวณถนนดินแดงมีปริมาณสูงมากที่สุด รวมถึงปัจจัยที่ได้กล่าวไปในข้างต้น



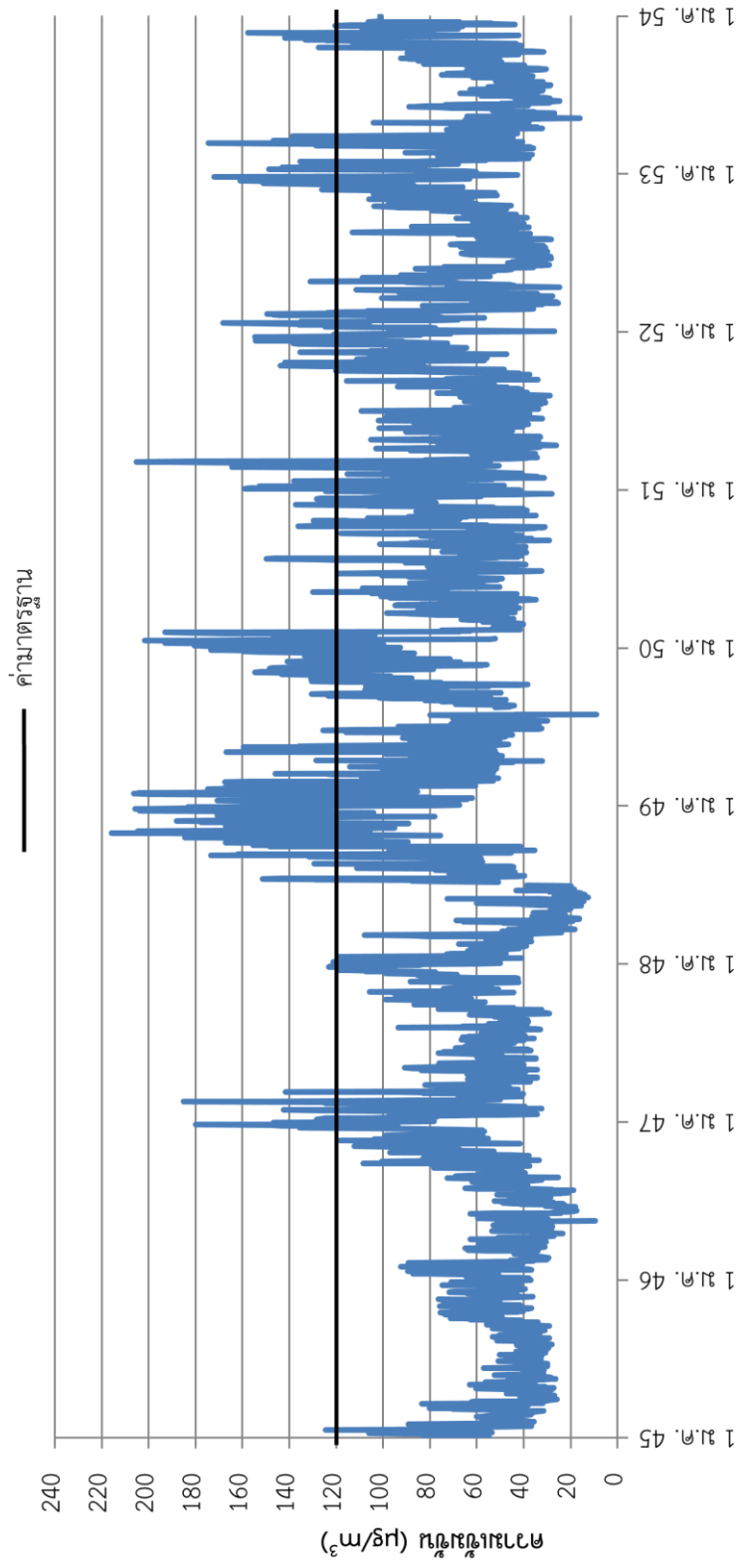
ภาพที่ 4.1 ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ของถนนแต่ละสาย (รายปี)



ภาพที่ 4.2 ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ของถนนแต่ละสาย (รายเดือน)

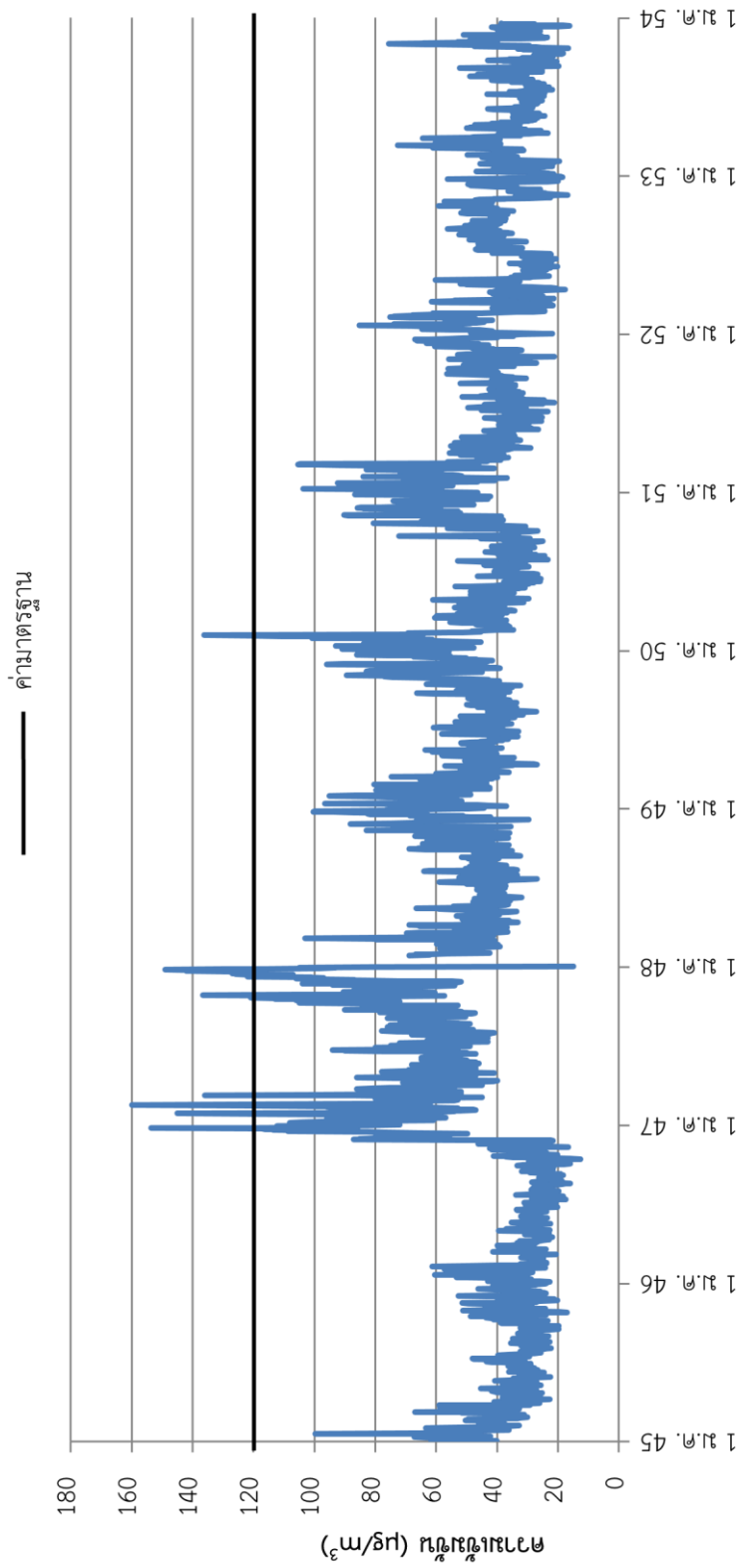


ภาพที่ 4.3 ปริมาณฝุ่นละออง P<sub>10</sub> รายวันบริเวณถนนอินทรพิทักษ์

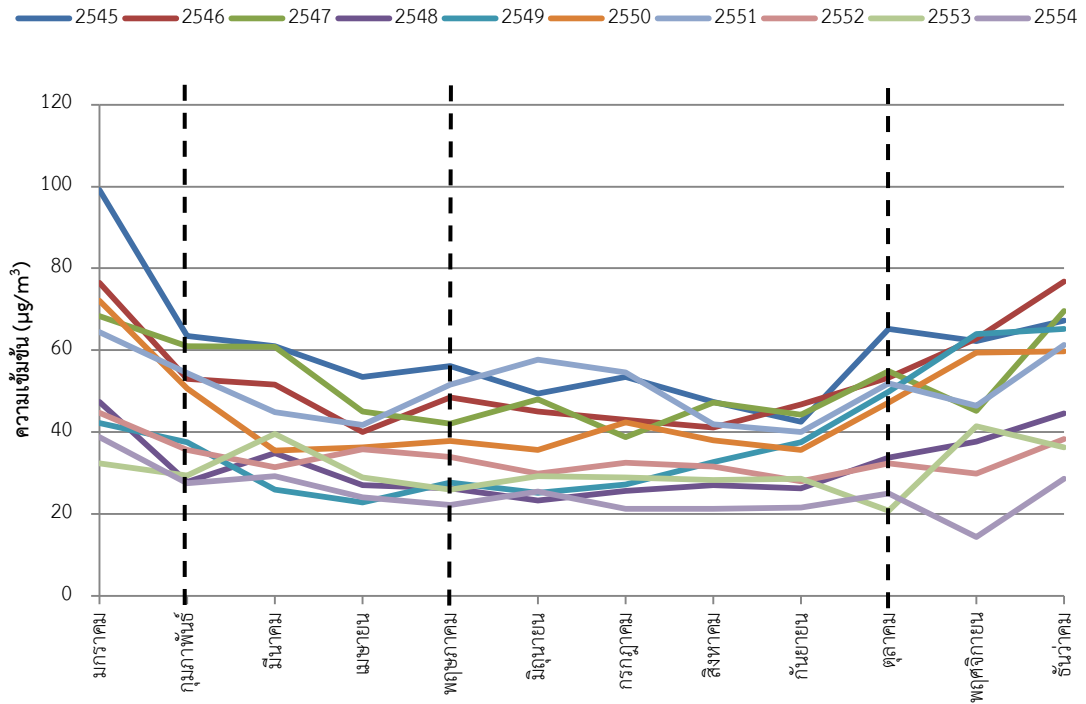


ภาพที่ 4.4 ปริมาณฝุ่นของ PM<sub>10</sub> รายวันบริเวณถนนดินแดง

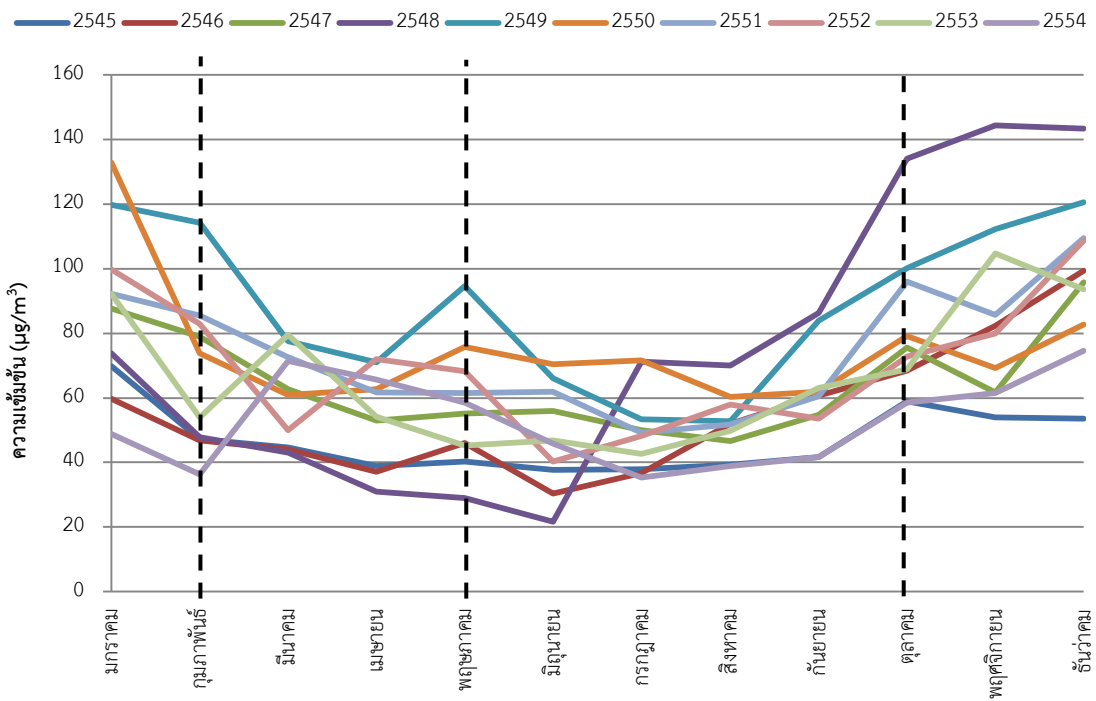




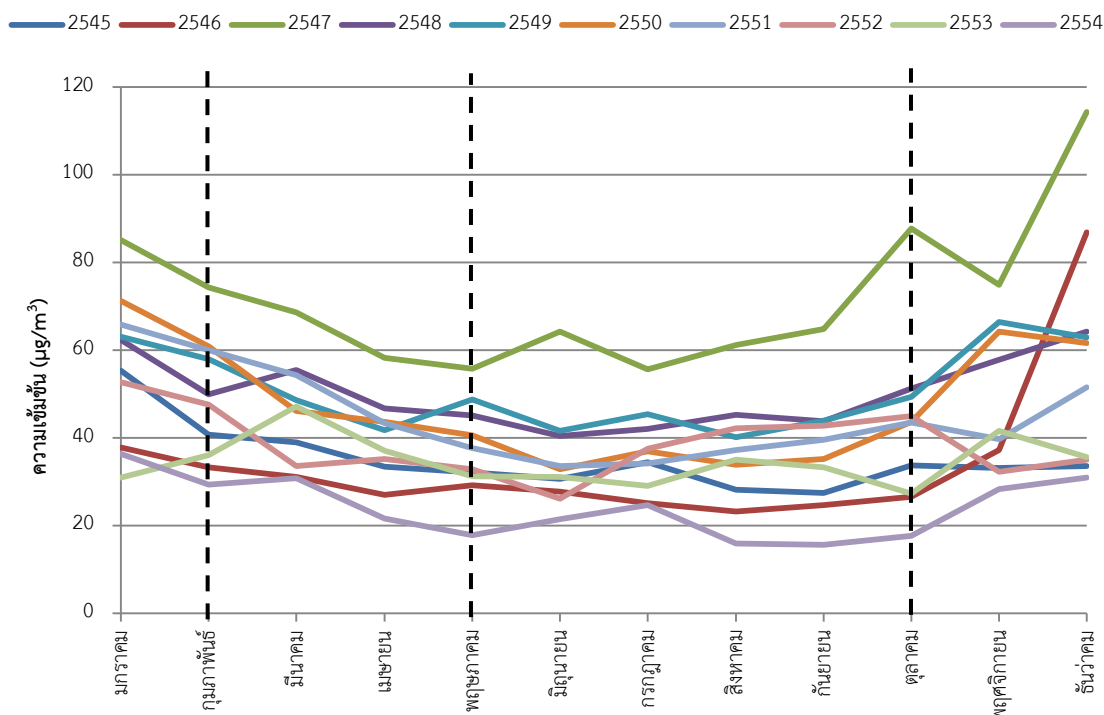
ภาพที่ 4.5 ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> รายวันบริเวณถนนลาดพร้าว



ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> แต่ละปีบริเวณถนนอินทรพิทักษ์



ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> แต่ละปีบริเวณถนนดินแดง



ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> แต่ละปีบริเวณถนนลาดพร้าว

#### 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา

##### 4.2.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์เพียร์สัน

การศึกษาความสัมพันธ์ใช้วิธีการศึกษาด้วยสัมประสิทธิ์เพียร์สัน เป็นการหาความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัวแปร การศึกษาด้วยวิธีนี้นอกจากบอกถึงระดับความสัมพันธ์ ยังสามารถบ่งบอกได้ถึงทิศทางความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ด้วยเช่นกัน โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เป็นค่าบ่งบอกถึงระดับความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ตัวแปร และหากมีค่าเป็นลบ (-) แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของตัวแปรมีทิศทางตรงข้ามกัน และค่าบวก (+) แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของตัวแปรมีทิศทางแปรผันตาม

จากผลการศึกษาดังตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยา ของบริเวณถนนอินทรพิทักษ์โดยใช้สถานีตรวจวัดสถานีไฟฟ้าอ้อยธนบุรีในการเก็บข้อมูลฝุ่นและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา พบว่า คู่ที่มีความสัมพันธ์สูงสุดคือ ความเร็วลมกับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ( $r=0.645$ ) คู่ที่มีความสัมพันธ์ต่ำสุดคือ ปริมาณน้ำฝนกับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ( $r=-0.002$ ) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์เฉพาะของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> พบว่าปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับฝุ่นละอองมากที่สุด ( $r=-0.408$ ) โดยมีทิศทางแปรผกผันกันกล่าวคือ หากปริมาณน้ำฝนมากขึ้นฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> จะมีความเข้มข้นลดลง รองลงมาได้แก่อุณหภูมิ ( $r=-0.239$ ) แสดงถึงบริเวณถนนอินทรพิทักษ์ ปริมาณน้ำฝนมีผลต่อฝุ่นละอองมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอุตุนิยมวิทยาอื่นที่มีความสัมพันธ์กับ

ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีทิศทางตรงข้ามกันได้แก่ ความเร็วลม ( $r=-0.327$ ) และการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ( $r=-0.197$ ) ซึ่งสรุปได้ว่าหากมีอุณหภูมิสูง ปริมาณน้ำฝนมาก ความเร็วลมสูง และมีการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สูง ส่งผลทำให้ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มีปริมาณลดลงได้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการศึกษาระยะดินแดน คู่ที่มีความสัมพันธ์ต่อกันมากที่สุดคือ อุณหภูมิกับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ( $r=0.500$ ) และคู่ที่มีความสัมพันธ์ต่ำที่สุดคือ ปริมาณน้ำฝนกับความเร็วลม ( $r=-0.007$ ) เมื่อพิจารณาเฉพาะความสัมพันธ์ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> พบว่า อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มากที่สุดและมีทิศทางแปรผันตามกัน ( $r=0.550$ ) รองลงมาคือ การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ( $r=0.516$ ) ซึ่งทิศทางความสัมพันธ์แปรผันตามเช่นกัน นอกจากนี้ปัจจัยอุตุนิยมหาวิทยาลัย ความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญกับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ( $r=-0.419$ ) ปริมาณน้ำฝน ( $r=-0.221$ ) และความเร็วลม ( $r=-0.335$ ) โดยมีทิศทางตรงข้าม แต่ในบริเวณถนนดินแดง อุณหภูมิและการแผ่รังสีดวงอาทิตย์มีผลต่อฝุ่นละอองในทิศทางบวก กล่าวคือ หากอุณหภูมิสูงและการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สูงปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> จะสูงมากตามไปด้วย อาจเป็นผลมาจากในบริเวณสถานีตรวจวัดการเคหะดินแดงอยู่ใกล้กับอาคารสูงทำให้การทำให้การกระจายตัวของฝุ่นละอองทำไม่ได้จึงส่งผลให้ความสัมพันธ์ของตัวแปรออกมาในทิศทางแปรผันกันซึ่งแตกต่างจากถนนลาดพร้าว และถนนอินทรพิทักษ์ที่ในบริเวณนี้ไม่มีตึกสูงอยู่ใกล้กับสถานีตรวจวัด

ผลการศึกษาระยะถนนลาดพร้าวในตารางที่ 4.3 คู่ที่มีความสัมพันธ์ต่อกันมากที่สุดคือ ปริมาณน้ำฝนกับความชื้นสัมพัทธ์ ( $r=0.464$ ) และคู่ที่มีความสัมพันธ์ต่ำที่สุดคือ ปริมาณน้ำฝนกับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ( $r=0.019$ ) และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิยมหาวิทยาลัย พบว่า อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มากที่สุด ( $r=-0.441$ ) และมีทิศทางแปรผกผันกัน รองลงมาได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ( $r=-0.420$ ) และยังพบปัจจัยทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ( $r=-0.265$ ) และความเร็วลม ( $r=0.347$ ) จะเห็นได้ว่าในบริเวณถนนลาดพร้าวนี้ หากอุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์สูง ปริมาณน้ำฝนมาก และความเร็วมต่ำส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ลดต่ำลง ซึ่งคล้ายกับบริเวณถนนอินทรพิทักษ์แตกต่างที่ตัวแปรความเร็วลม เป็นเพราะบริเวณนี้มีการจราจรหนาแน่นและติดขัดสูงทำให้ลมที่พัดผ่านมานั้นมีการพัดนำเอาฝุ่นละอองจากบริเวณอื่นมาด้วยทำให้ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> สูงขึ้น

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์เพียร์สันบริเวณถนนอินทรพิทักษ์

	PM <sub>10</sub>	T	H	F	W	R
PM <sub>10</sub>	1	-0.239**	0.012	-0.408**	-0.327**	-0.197*
T	-0.239**	1	-0.188*	0.262**	0.491**	0.584**
H	0.012	0.188*	1	0.361	0.258**	0.119
F	-0.408**	0.262**	0.361**	1	0.221*	-0.002
W	-0.327**	0.491**	0.258**	0.221*	1	0.645**
R	-0.197*	0.584**	0.119	-0.002	0.645**	1

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ H = ความชื้นสัมพัทธ์ F = ปริมาณน้ำฝน W = ความเร็วลม R = ฝุ่นละอองขนาดเล็ก

\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.05, \*\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์เพียร์สันบริเวณถนนดินแดง

	PM <sub>10</sub>	T	H	F	W	R
PM <sub>10</sub>	1	0.550**	-0.419**	-0.221*	-0.335*	0.516**
T	0.550**	1	-0.275**	-0.167	-0.439**	0.668**
H	-0.419**	-0.275**	1	0.544*	0.007	-0.315**
F	-0.221*	-0.167	0.544**	1	-0.119	-0.337**
W	-0.335**	0.439**	0.007	-0.119	1	-0.099
R	0.516**	0.668**	-0.315**	-0.337**	-0.099	1

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ H = ความชื้นสัมพัทธ์ F = ปริมาณน้ำฝน W = ความเร็วลม R = ฝุ่นละอองขนาดเล็ก

\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.05, \*\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์เพียร์สันบริเวณถนนลาดพร้าว

	PM <sub>10</sub>	T	H	F	W	R
PM <sub>10</sub>	1	-0.441**	-0.265**	-0.420**	0.347**	0.082
T	-0.441**	1	0.118	0.156	-0.241*	0.310**
H	-0.265*	0.118	1	0.464**	0.258**	-0.189
F	-0.420**	0.156	0.464**	1	0.036	0.019
W	0.347**	-0.241*	0.258**	0.036	1	0.272**
R	0.082	0.310**	-0.189	0.019	0.272**	1

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ H = ความชื้นสัมพัทธ์ F = ปริมาณน้ำฝน W = ความเร็วลม R = ริงส์ดวงอาทิตย์

\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.05, \*\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

จากการศึกษาความสัมพันธ์ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์เพียร์สันโดยใช้ข้อมูลในลักษณะรูปแบบรายเดือนของถนนทั้งสามเส้นทาง พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มากที่สุด เมื่อพิจารณาจากทิศทางความสัมพันธ์ของแต่ละถนนจะพบว่าส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์ในรูปแบบผกผันกัน คือ หากอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ลดลง และปริมาณน้ำฝนมีผลต่อความเข้มข้นฝุ่นละอองในระดับรองลงมา หากมีปริมาณน้ำฝนมากส่งผลให้ฝุ่นละอองมีความเข้มข้นลดลง แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> สอดคล้องกับการศึกษาของ Galindo, Varea, Gil-Moltó, Yubero, and Nicolás (2010) ศึกษาความสัมพันธ์ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาพื้นที่ริมถนน ซึ่งผลการศึกษาศออุณหภูมิมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญมากที่สุด ส่วนปริมาณน้ำฝนมีผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> .คือเป็นตัวชะล้างฝุ่นละอองในอากาศให้ตกลงสู่พื้นทำให้ปริมาณฝุ่นละอองนั้นลดลงหรือฝนทำให้ถนนเปียกและป้องกันการฟุ้งกระจายขึ้นมาใหม่ (Bhaskar, 2010; Mok and Hoi, 2005)

อุณหภูมิส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ได้โดย หากบริเวณใดที่มีอุณหภูมิสูงทำให้เกิดการยกตัวของอากาศทำให้ลอยตัวสูงขึ้นแล้วอากาศในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าไหลผ่านเข้ามาแทนที่ ทำให้เกิดลมขึ้นมาส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> นั้นเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจากการศึกษาทั้งสามเส้นทางพบว่าฝุ่นละอองมีการแปรผกผันกับอุณหภูมิและความเร็วลม ส่วนการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์มีผลต่อการเปลี่ยนฝุ่นในทางอ้อม หากมีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์สูงส่งผลให้บริเวณพื้นถนนที่เป็นสีดำมีการสะสมความร้อนมากขึ้น อุณหภูมิบริเวณผิวถนนก็สูงทำให้อากาศยกตัวขึ้นและก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลอากาศส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ส่วนความสัมพันธ์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> โดยหากมีความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงจะทำให้ปริมาณฝุ่นละอองลดลงเนื่องจากไอน้ำในบรรยากาศนั้นมีปริมาณสูงทำให้ฝุ่นละอองได้ดูดซับเอาไอน้ำนั้นจนอิมตัวแล้วเกิดการตกลงกลับของฝุ่นละอองสู่พื้นดิน (Chang and Tsai, 2003) ซึ่งคล้ายกับปริมาณน้ำฝนหากบริเวณใด

มีน้ำฝนสูงจะส่งผลให้ฝนนั้นชะล้างเอาฝุ่นละอองในบรรยากาศนั้นตกลงสู่พื้น นอกจากนี้ฝนยังเป็นตัวช่วยในการลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองบริเวณผิวดินได้

#### 4.2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้น

การศึกษาคือความสัมพันธ์ด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) เป็นการศึกษาที่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสมการที่สามารถใช้ประมาณหรือทำนายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Dependence Variable) และตัวแปรอิสระ (Independence Variable) เช่น ถ้าตัวแปร X มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้ตัวแปร Y มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เป็นต้น ในการพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรนั้นสามารถพิจารณาได้จากการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ เรียกว่า แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram) การศึกษาด้วยวิธีการนี้สามารถบอกอิทธิพลของปัจจัยอุตุนิยมวิทยาแต่ละปัจจัยว่ามีผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นสามารถสร้างสมการทำนายความสัมพันธ์แต่ละปัจจัยได้ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R<sup>2</sup>) เป็นค่าที่บอกระดับความสัมพันธ์ซึ่งสามารถแสดงอยู่ในรูปแบบร้อยละ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลรูปแบบรายเดือนในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์

##### 4.2.2.1 สมการถดถอยเชิงเส้นบริเวณถนนอินทรพิทักษ์

จากการศึกษาความสัมพันธ์ด้วยวิธีการเพียร์สันจึงทำการศึกษาด้วยวิธีการเชิงเส้นในปัจจัยที่มีความความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ การด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R<sup>2</sup>) ของแต่ละปัจจัยอุตุนิยมวิทยา มีดังนี้ อุณหภูมิมีค่า 0.049 ปริมาณน้ำฝนมีค่า 0.159 ความเร็วลมมีค่า 0.099 รังสีดวงอาทิตย์มีค่า 0.031 บริเวณถนนอินทรพิทักษ์ปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ซึ่งค่า R<sup>2</sup> ยังสามารถบอกได้ว่า ปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อยู่ที่ 15.9% ความเร็วลม 9.9% อุณหภูมิ 4.9% และรังสีดวงอาทิตย์ 3.1% ที่เหลือเป็นอิทธิพลจากปัจจัยอื่นๆ ผลการศึกษาและสมการถดถอยเชิงเส้นของแต่ละปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สมการถดถอยเชิงเส้นของปัจจัยอุตุนิยมวิทยาบริเวณถนนอินทรพิทักษ์

พารามิเตอร์	สมการถดถอย	r	R <sup>2</sup>	p-Value	N
อุณหภูมิ	PM <sub>10</sub> = 13.721 - 0.251 T	0.239	0.049	0.009	117
ปริมาณน้ำฝน	PM <sub>10</sub> = 6.942 - 3.189 F	0.408	0.159	0.000	117
ความเร็วลม	PM <sub>10</sub> = 7.652 - 0.938 W	0.327	0.099	0.000	117
รังสีดวงอาทิตย์	PM <sub>10</sub> = 7.629 - 0.015 R	0.197	0.031	0.033	117

#### 4.2.2.2 สมการถดถอยเชิงเส้นบริเวณถนนดินแดง

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการศึกษาและสมการถดถอยเชิงเส้นบริเวณถนนดินแดง ค่า  $R^2$  ของปัจจัยอุตุนิยมวิทยา มีค่าดังนี้ อุณหภูมิมีค่า 0.550 ความชื้นสัมพัทธ์มีค่า 0.419 ปริมาณน้ำฝนมีค่า 0.221 ความเร็วลมมีค่า 0.335 และรังสีดวงอาทิตย์มีค่า 0.516 ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มากที่สุด คือ อุณหภูมิ มีค่า 29.6% รองลงมาคือรังสีดวงอาทิตย์ 26% ความชื้นสัมพัทธ์ 16.9% ความเร็วลม 10.4% และปริมาณน้ำฝน 4.1% ที่เหลือเป็นผลมาจากปัจจัยอื่นๆ

ตารางที่ 4.5 สมการถดถอยเชิงเส้นของปัจจัยอุตุนิยมวิทยาบริเวณถนนดินแดง

พารามิเตอร์	สมการถดถอย	r	$R^2$	p-Value	N
อุณหภูมิ	$PM_{10} = 5.010 + 1.533 T$	0.550	0.296	0.000	118
ความชื้นสัมพัทธ์	$PM_{10} = 13.001 - 0.074 H$	0.419	0.169	0.000	118
ปริมาณน้ำฝน	$PM_{10} = 8.411 - 1.886 F$	0.221	0.041	0.016	118
ความเร็วลม	$PM_{10} = 8.838 - 0.783 W$	0.335	0.104	0.000	118
รังสีดวงอาทิตย์	$PM_{10} = 2.779 + 2.924 R$	0.516	0.260	0.000	118

#### 4.2.2.3 สมการถดถอยเชิงเส้นบริเวณถนนลาดพร้าว

ตารางที่ 4.6 เป็นผลการศึกษาบริเวณถนนลาดพร้าว ค่า  $R^2$  ของปัจจัยอุตุนิยมวิทยา มีค่าดังต่อไปนี้ อุณหภูมิมีค่า 0.441 ความชื้นสัมพัทธ์มีค่า 0.365 ปริมาณน้ำฝนมีค่า 0.420 และความเร็วลมมีค่า 0.347 เมื่อพิจารณาค่า  $R^2$  อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มากที่สุด มีค่า 18.7% ปริมาณน้ำฝน 16.9% ความเร็วลม 12.1% และความชื้นสัมพัทธ์ 6.1% ในส่วนที่เหลือเป็นอิทธิพลจากปัจจัยอื่นๆ

ตารางที่ 4.6 สมการถดถอยเชิงเส้นของแต่ละปัจจัยอุตุนิยมวิทยาบริเวณถนนลาดพร้าว

พารามิเตอร์	สมการถดถอย	r	$R^2$	p-Value	N
อุณหภูมิ	$PM_{10} = 15.316 - 0.306 T$	0.441	0.187	0.000	108
ความชื้นสัมพัทธ์	$PM_{10} = 9.108 - 0.041 H$	0.265	0.061	0.006	108
ปริมาณน้ำฝน	$PM_{10} = 6.847 - 2.363 F$	0.420	0.169	0.000	108
ความเร็วลม	$PM_{10} = 6.057 + 2.662 W$	0.347	0.121	0.000	108

การศึกษาความสัมพันธ์ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นได้ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับผลการศึกษาด้วยวิธีการเพียร์สัน พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มากที่สุด และปริมาณน้ำฝนมีผลต่อความเข้มข้นฝุ่นละอองในระดับรองลงมา แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Galindo et al. (2010) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง  $PM_{10}$  กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาใน



เขตเมืองด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มากที่สุดซึ่งมีระดับความสัมพันธ์ (r) -0.60 และงานวิจัยของ Aryal et al. (2008) ผลการศึกษาอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> .โดยหากอุณหภูมิสูงฝุ่นละอองจะลดลง และปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลโดยเฉพาะในช่วงฤดูมรสุม

#### 4.2.3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิมวิทยา ด้วยวิธีสมการถดถอยพหุคูณ

สมการถดถอยพหุคูณเป็นการศึกษาค่ายกับสมการถดถอยเชิงเส้น เพียงแต่การศึกษาด้วยวิธีการนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ (X) ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงตัวแปรตาม (Y) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิมวิทยา เพื่อให้มีความสอดคล้องกับพื้นที่จริง เนื่องจากความสัมพันธ์ไม่ได้เกิดขึ้นแค่ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงตัวแปรเดียวเท่านั้น นอกนี้การศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกวิธีการ Stepwise ซึ่งเป็นการคัดเลือกตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญให้อยู่ในสมการพหุคูณ โดยเรียงลำดับตัวแปรที่มีความสำคัญมากเข้าสู่สมการพยากรณ์ก่อนตามลำดับ

ผลการศึกษาในตารางที่ 4.7 พบว่า บริเวณถนนอินทรพิทักษ์เมื่อพิจารณาจากค่า R<sup>2</sup> ปัจจัยอุตุนิมวิทยานี้มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อยู่ที่ 27.5% และสมการถดถอยพหุคูณได้ตัดปัจจัยบางตัวออก ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ และการแผ่รังสีดวงอาทิตย์

บริเวณถนนดินแดงปัจจัยอุตุนิมวิทยามีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อยู่ที่ 41.9% ที่เหลือเป็นอิทธิพลจากปัจจัยอื่นๆ สมการถดถอยพหุคูณได้ตัดปัจจัยปริมาณน้ำฝนออกจากสมการทำนาย ซึ่งระดับอิทธิพลใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Jina (2005) ซึ่งศึกษาอิทธิพลของปัจจัยอุตุนิมวิทยาต่อฝุ่นละอองบริเวณถนนดินแดง มีระดับอยู่ที่ 42.3%

บริเวณถนนลาดพร้าวปัจจัยอุตุนิมวิทยามีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อยู่ที่ 38.1% ส่วนที่เหลือเป็นผลจากปัจจัยอื่น และสมการถดถอยพหุคูณได้ตัดปัจจัยความชื้นสัมพัทธ์และการแผ่รังสีดวงอาทิตย์

ผลการศึกษาที่ได้มีการนำปัจจัยทางอุตุนิมวิทยาบางตัวออกจากสมการพหุคูณซึ่งเป็นปัจจัยที่ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการตัดปัจจัยนี้ไม่มีแบบแผนที่แน่นอนจึงต้องมีการศึกษาโดยแบ่งเป็นฤดูกาลเพื่อหาความสัมพันธ์ที่ชัดเจนซึ่งศึกษาในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 4.7 สมการถดถอยพหุคูณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุทกนิยมนิคมวิทยา

ถนนจุดเก็บตัวอย่าง	สมการถดถอยพหุคูณ	R <sup>2</sup>	p-Value	N
ถนนอินทพรทักษ์	$PM_{10} = 5.830 - 3.365F - 0.845W + 0.033H$	0.275	0.000	117
ถนนลาดพร้าว	$PM_{10} = 12.850 - 0.217T - 2.147F + 2.189W$	0.381	0.000	108
ถนนดินแดง	$PM_{10} = 7.917 + 0.523T - 0.049H + 1.596R - 0.520W$	0.419	0.000	118

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ, H = ความชื้นสัมพัทธ์, F = ปริมาณน้ำฝน, W = ความเร็วลม, R = รังสีดวงอาทิตย์

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาด้วยวิธีสัมประสิทธิ์เพียร์สัน การถดถอยเชิงเส้น และการถดถอยพหุคูณ พบว่า ผลการศึกษามีความสอดคล้องกัน คือ อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นมากที่สุดแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ริมถนน อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> เนื่องจากในพื้นที่ถนนที่ทำการศึกษาล้วนใหญ่ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิมากที่สุดและมีทิศทางความสัมพันธ์ที่แปรผกผันกันสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kong et al. (2013) และผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.8

ในการสร้างสมการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นและถดถอยพหุคูณ สมการที่ได้มีผลที่แตกต่างกันเนื่องด้วยวิธีการวิเคราะห์การหาความสัมพันธ์ดังนั้นการใช้สมการพยากรณ์ในการพยากรณ์ควรใช้สมการที่ได้จากการศึกษาด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณเนื่องจากวิธีการนี้เป็นการสร้างสมการพยากรณ์โดยใช้ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาทั้งหมดเพื่อหาความสัมพันธ์และสร้างสมการซึ่งในบางครั้งความสัมพันธ์อาจมีความแตกต่างจากวิธีการเพียร์สันและการถดถอยเชิงเส้นเพราะตัวแปรบางตัวอาจมีความสัมพันธ์กันซึ่งมีความสอดคล้องกับในพื้นที่ศึกษามากกว่า

ตารางที่ 4.8 ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> สูงสุด

พื้นที่ศึกษา	สัมประสิทธิ์เพียร์สัน	การถดถอยเชิงเส้น	การถดถอยพหุคูณ
ถนนอินทรพิทักษ์	ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณน้ำฝน
ถนนดินแดง	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ
ถนนลาดพร้าว	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ

#### 4.2.4 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ตามช่วงฤดูกาลด้วยวิธีสัมประสิทธิ์เพียร์สัน

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มีผลมาจากปัจจัยอุตุนิยมวิทยาตั้งผลในข้อ 4.2.3 ดังนั้นการศึกษาความสัมพันธ์ตามช่วงฤดูกาลเพื่อบ่งบอกความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูกาลนั้นๆ อีกทั้งเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ในช่วงฤดูกาลต่างๆ มีความแตกต่างกัน การศึกษาได้นำข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษจากพื้นที่ริมถนนทั้ง 3 เส้นทาง และนำมาแยกออกเป็นแต่ละฤดูกาลโดยแบ่งช่วงตามที่กรมอุตุนิยมวิทยาได้กำหนด ดังนี้ ฤดูร้อน ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ฤดูฝน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม และ ฤดูหนาว ตั้งแต่พฤศจิกายนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์นั้นได้รวบรวมตั้งแต่ปี 2545 – 2554 และวิเคราะห์ผลโดยใช้ค่าเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละปี

##### 4.2.4.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยา บริเวณถนนอินทรพิทักษ์

ตารางที่ 4.9 4.10 และ 4.11 เป็นผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของถนนอินทรพิทักษ์ โดยแบ่งตามฤดูกาลต่างๆ ตารางที่ 4.9 เป็นผลศึกษาในฤดูร้อน จากตารางคู่ที่มีความสัมพันธ์

มากที่สุด คือ ปริมาณน้ำฝนกับความเร็วลม ( $r=-0.606$ ) คู่ที่มีความสัมพันธ์น้อยที่สุด คือ ฝุ่นละออง  $PM_{10}$  กับความชื้นสัมพัทธ์ ( $r=0.399$ ) ในช่วงฤดูร้อนบริเวณถนนอินทรพิทักษ์พบว่าความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ( $r=0.399$ ) เนื่องจากในฤดูร้อนมีการเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์มากส่งผลให้ต่อฝุ่นละออง  $PM_{10}$  อย่างมีนัยสำคัญ

ความสัมพันธ์ในช่วงฤดูฝนปัจจัยที่ความสัมพันธ์มากที่สุดคือ ความเร็วลมกับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ( $r=0.560$ ) และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์น้อยที่สุดคือ ปริมาณน้ำฝนกับความเร็วลม และ ปริมาณน้ำฝนกับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ( $r=-0.294$ ) ความสัมพันธ์ในช่วงฤดูฝนพบว่าปริมาณน้ำฝนมีผลต่อฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มากที่สุด ( $r=-0.377$ ) ซึ่งปริมาณน้ำฝนนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง  $PM_{10}$  โดยเกิดการชะล้างฝนจากบรรยากาศให้ตกลงสู่พื้นดิน และยังลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองบริเวณผิวถนนด้วย (ตารางที่ 4.10)

ในส่วนฤดูหนาวคู่ที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดคือ ความเร็วลมกับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ( $r=0.705$ ) และน้อยที่สุดคือ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม ( $r=0.456$ ) เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง  $PM_{10}$  พบว่าไม่มีปัจจัยใดได้มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญอันเนื่องมาจากความแปรปรวนของอากาศทำให้ปัจจัยทางอุตุนิยมมีความผันแปรมากทำให้ไม่มีตัวแปรใดส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละอองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาของถนนอินทรพิทักษ์ในช่วงฤดูร้อน

	$PM_{10}$	T	H	F	W	R
$PM_{10}$	1	-0.350	0.399*	-0.356	0.286	-0.044
T	-0.350	1	-0.180	0.108	0.104	0.537**
H	0.399*	-0.180	1	-0.074	-0.065	0.116
F	-0.356	0.108	-0.074	1	-0.606**	-0.429*
W	0.286	0.104	-0.065	-0.606**	1	0.578**
R	0.044	0.537**	0.116	-0.429*	0.578**	1

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ H = ความชื้นสัมพัทธ์ F = ปริมาณน้ำฝน W = ความเร็วลม R = รังสีดวงอาทิตย์

\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.05, \*\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาของถนนอินทรพิทักษ์ในช่วงฤดูฝน

	PM <sub>10</sub>	T	H	F	W	R
PM <sub>10</sub>	1	0.240	0.175	-0.377**	-0.171	0.086
T	0.240	1	-0.420**	-0.418*	0.449**	0.545**
H	0.175	-0.420**	1	0.338*	-0.301*	-0.184
F	-0.337**	-0.418**	0.338*	1	-0.294*	-0.294*
W	-0.171	0.449*	-0.301*	-0.294*	1	0.560**
R	0.086	0.545**	-0.184	-0.294*	0.560*	1

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ H = ความชื้นสัมพัทธ์ F = ปริมาณน้ำฝน W = ความเร็วลม R = ริงส์ตวงอาทิตย์

\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.05, \*\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาของถนนอินทรพิทักษ์ในช่วงฤดูหนาว

	PM <sub>10</sub>	T	H	F	W	R
PM <sub>10</sub>	1	-0.140	0.173	-0.015	-0.029	-0.159
T	-0.140	1	0.286	0.017	0.169	0.125
H	0.173	0.286	1	0.270	0.456**	0.072
F	-0.015	0.017	0.270	1	0.118	-0.037
W	-0.029	0.169	0.456**	0.118	1	0.705**
R	-0.159	0.125	0.072	-0.037	0.705**	1

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ H = ความชื้นสัมพัทธ์ F = ปริมาณน้ำฝน W = ความเร็วลม R = ริงส์ตวงอาทิตย์

\*\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

4.2.4.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยา บริเวณถนนดินแดง

บริเวณถนนดินแดงในช่วงฤดูร้อนคู่ที่มีความสัมพันธ์นัยสำคัญมากที่สุดคือ ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับความเร็วลม ( $r=-0.572$ ) และต่ำสุดคือ อุณหภูมิกับความเร็วลม ( $r=0.459$ ) ปัจจัยที่มีสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มากที่สุดคือ ความเร็วลม ( $r=-0.572$ ) และมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิ ( $r=-0.460$ ) และความเร็วลมด้วย ( $r=-0.572$ ) ซึ่งสอดคล้องว่าปริมาณฝุ่นละอองจะลดลง

เพราะในช่วงฤดูร้อนนั้นอุณหภูมิสูง ความเร็วลมสูง และความชื้นสูง ซึ่งส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละอองในช่วงฤดูร้อนนี้มีปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ลดลง (ตารางที่ 4.12)

ในช่วงฤดูฝนจากศึกษาคู่ที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญสูงสุดคือ อุณหภูมิกับรังสีดวงอาทิตย์ ( $r=0.507$ ) และต่ำที่สุดคือของ ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ( $r=-0.305$ ) ซึ่งในช่วงฤดูฝนฝุ่นได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิมากที่สุด ( $r=-0.433$ ) นอกจากนี้การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ยังมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญซึ่งมีทิศทางที่แปรผกผันกับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์มีสูง อุณหภูมิจะสูงขึ้นตามส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ลดลงซึ่งทั้งสองตัวแปรเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> บริเวณถนนดินแดงในฤดูฝนมีการเปลี่ยนแปลงไป (ตารางที่ 4.13)

ส่วนในฤดูหนาวคู่ที่มีความสัมพันธ์นัยสำคัญมากที่สุดคือ อุณหภูมิกับรังสีดวงอาทิตย์ ( $r=0.618$ ) และคู่ที่มีความสัมพันธ์น้อยที่สุดคือ ปริมาณน้ำฝนกับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ( $r=-0.329$ ) ปัจจัยที่มีผลต่อฝุ่นในช่วงฤดูหนาวมากที่สุดคือความชื้นสัมพันธ์ ( $r=-0.506$ ) และยังสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ อุณหภูมิ ( $r=-0.393$ ) ความเร็วลม ( $r=-0.499$ ) และการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ( $r=-0.351$ ) ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงฤดูหนาวมีอุณหภูมิต่ำ ความเร็วลมต่ำ แสงแดดไม่มาก และความชื้นต่ำส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ในช่วงนี้มีสูงกว่าในฤดูอื่น (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.12 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาของถนนดินแดงในช่วงฤดูร้อน

	PM <sub>10</sub>	T	H	F	W	R
PM <sub>10</sub>	1	-0.460*	-0.469*	0.177	-0.572**	-0.088
T	-0.460*	1	0.158	-0.202	0.459*	0.507*
H	-0.469*	0.158	1	0.075	0.257	0.029
F	0.177	-0.202	0.075	1	-0.048	-0.178
W	-0.572**	0.459*	0.257	-0.048	1	0.126
R	-0.088	0.507*	0.029	-0.178	0.126	1

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ H = ความชื้นสัมพัทธ์ F = ปริมาณน้ำฝน W = ความเร็วลม R = รังสีดวงอาทิตย์

\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.05, \*\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

ตารางที่ 4.13 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาของถนนดินแดงในช่วงฤดูฝน

	PM <sub>10</sub>	T	H	F	W	R
PM <sub>10</sub>	1	-0.433**	-0.029	0.143	-0.273	-0.305*
T	-0.433**	1	-0.127	-0.223	0.437**	0.669**
H	-0.029	-0.127	1	0.590**	-0.056	-0.189
F	0.143	-0.223	0.590**	1	-0.044	-0.240
W	-0.273	0.437**	-0.056	-0.044	1	0.258
R	-0.305*	0.669*	-0.189	-0.240	0.258	1

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ H = ความชื้นสัมพัทธ์ F = ปริมาณน้ำฝน W = ความเร็วลม R = รังสีดวงอาทิตย์

\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.05, \*\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

ตารางที่ 4.14 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาของถนนดินแดงในช่วงฤดูหนาว

	PM <sub>10</sub>	T	H	F	W	R
PM <sub>10</sub>	1	-0.393*	-0.506**	0.259	-0.499**	-0.351*
T	-0.393*	1	0.404*	0.155	0.537**	0.618**
H	0.506*	0.404**	1	0.151	0.182	0.401*
F	0.259	0.155	0.151	1	-0.134	0.329*
W	-0.499**	0.537*	0.182	-0.134	1	0.363*
R	-0.351*	0.618*	0.401*	0.329*	0.363*	1

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ H = ความชื้นสัมพัทธ์ F = ปริมาณน้ำฝน W = ความเร็วลม R = รังสีดวงอาทิตย์

\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.05, \*\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

#### 4.2.4.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยา บริเวณถนนลาดพร้าว

ฤดูร้อนของถนนลาดพร้าวคู่ที่มีความสัมพันธ์นัยสำคัญสูงที่สุดคือ ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับอุณหภูมิ ( $r=-0.442$ ) และต่ำสุดคือ ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปริมาณน้ำฝน ( $r=-0.387$ ) ในช่วงนี้ปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มากที่สุดคือ อุณหภูมิ ( $r=-0.442$ ) และมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนอย่างมีนัยสำคัญ ( $r=-0.387$ ) ซึ่งในฤดูนี้อุณหภูมิสูงทำให้ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ลดลงรวมกับในช่วงนี้มีฝนตกทำให้ฝุ่นละอองลดลงอย่างชัดเจน (ตารางที่ 4.15)

ในฤดูฝนคู่ที่มีความสัมพันธ์นัยสำคัญสูงสุดคือ ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับความเร็วลม (r=0.489) และมีความสัมพันธ์ต่ำสุดคือ ปริมาณน้ำฝนกับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (r=-0.303) ฤดูฝนฝุ่นละอองได้รับอิทธิพลจากความเร็วลมมากที่สุด (r=0.489) มีความสัมพันธ์กับ อุณหภูมิ (r=-0.468) และปริมาณน้ำฝน (r=-0.316) จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าในฤดูนี้อุณหภูมิต่ำ ความเร็วลมต่ำ รวมทั้งการที่มีฝนตก ทำให้ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มีค่าลดลง (ตารางที่ 4.16)

ส่วนในฤดูหนาวคู่ที่มีความสัมพันธ์นัยสำคัญสูงสุดคือ ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับอุณหภูมิ (r=-0.536) คู่ที่มีความสัมพันธ์นัยสำคัญต่ำที่สุดคือ ความเร็วลมกับรังสีดวงอาทิตย์ (r=0.317) ฤดูนี้ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิมากที่สุด (r=-0.536) และสัมพันธ์กับความเร็วลมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเห็นได้ว่าในฤดูหนาวอุณหภูมิจะต่ำ ส่งผลให้ปริมาณฝุ่นเพิ่มสูงขึ้น แต่มีความเร็วลมมีความสัมพันธ์ในทิศทางแตกต่างจากถนนอื่นในช่วงฤดูเดียวกัน เป็นผลจากที่บริเวณถนนลาดพร้าวมีตึกขึ้นอยู่ทั้งสองฝั่งรวมถึงมีการจราจรที่ติดขัดทำให้ตลอดเส้นทางทำให้ลมพัดเอาฝุ่นมาจากบริเวณอื่นได้ (ตารางที่ 4.17)

ตารางที่ 4.15 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาของถนนลาดพร้าวในช่วงฤดูร้อน

	PM <sub>10</sub>	T	H	F	W	R
PM <sub>10</sub>	1	-0.442*	0.018	-0.387*	0.270	0.183
T	-0.442*	1	0.036	-0.075	-0.309	0.217
H	0.018	0.036	1	0.053	0.223	-0.111
F	-0.387*	-0.075	0.053	1	0.181	-0.201
W	0.270	-0.309	0.223	0.181	1	0.261
R	0.183	0.217	-0.111	-0.201	0.261	1

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ H = ความชื้นสัมพัทธ์ F = ปริมาณน้ำฝน W = ความเร็วลม R = รังสีดวงอาทิตย์

\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.05



ตารางที่ 4.16 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิมวิทยาของถนนลาดพร้าวในช่วงฤดูฝน

	PM <sub>10</sub>	T	H	F	W	R
PM <sub>10</sub>	1	-0.468**	-0.230	-0.316*	0.489**	0.201
T	-0.468**	1	-0.204	-0.024	-0.324*	0.104
H	-0.230	-0.204	1	0.258	0.174	-0.334*
F	-0.316*	-0.024	0.258	1	-0.326*	-0.303*
W	0.489**	-0.324*	0.174	-0.326*	1	0.472**
R	0.201	0.104	-0.334*	-0.303*	0.472*	1

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ H = ความชื้นสัมพัทธ์ F = ปริมาณน้ำฝน W = ความเร็วลม R = ริงส์ตวงอาทิตย์

\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.05, \*\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

ตารางที่ 4.17 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิมวิทยาของถนนลาดพร้าวในช่วงฤดูหนาว

	PM <sub>10</sub>	T	H	F	W	R
PM <sub>10</sub>	1	-0.536**	-0.117	0.014	0.512**	0.237
T	-0.536**	1	0.140	-0.236	-0.408**	-0.204
H	-0.117	0.140	1	0.412**	0.187	-0.157
F	0.015	-0.236	0.412**	1	0.348*	-0.023
W	0.512**	-0.408**	0.187	0.348*	1	0.317*
R	0.237	-0.204	-0.157	-0.023	0.317*	1

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ H = ความชื้นสัมพัทธ์ F = ปริมาณน้ำฝน W = ความเร็วลม R = ริงส์ตวงอาทิตย์

\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.05, \*\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิมวิทยาซึ่งแต่ละฤดูกาลมีความแตกต่างกัน โดยในช่วงฤดูร้อนนั้นพบว่า อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ซึ่งส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ เนื่องจากการเคลื่อนของมวลอากาศนั้น จำต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างพื้นที่ที่แตกต่างกันออกไปจึงทำให้เกิดลมขึ้น

เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูฝนพบว่าปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่ส่งผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ของแต่ละถนนมีความแตกต่างกัน โดยปัจจัยที่ส่งผลมากที่สุด ได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน โดยอุณหภูมิทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ส่วนน้ำฝนทำให้เกิดการชะล้างฝุ่นละอองจากอากาศทำให้ปริมาณฝุ่นละอองลดลง

ส่วนในฤดูหนาวปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ของแต่ละถนน มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญเหมือนกัน ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลม ซึ่งเหตุที่เป็นเช่นนี้เป็นหลักการเดียวกันกับในช่วงฤดูร้อน โดยสรุปแล้วอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลอากาศและเกิดลมขึ้นมา ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มีมากที่สุดในช่วงฤดูหนาวเนื่องจากมีลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา คือ อุณหภูมิต่ำ ความเร็วลมต่ำ และปริมาณน้ำฝนน้อย ทำให้ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> สามารถคงตัวอยู่ในอากาศให้นานขึ้นสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Aryal et al. (2008) ; Bhaskar (2010) ; Turalioglu, Nuhoglu, and Bayraktar (2005)

#### 4.2.5 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ตามช่วงฤดูกาลสมการถดถอยเชิงเส้น

การศึกษาในแต่ละช่วงของฤดูกาลนั้นปัจจัยอุตุนิยมวิทยามีอิทธิพลแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง และเพื่อสร้างสมการพยากรณ์ของปัจจัยแต่ละตัวแปรซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลานั้นๆ

##### 4.2.5.1 ความสัมพันธ์ตามช่วงฤดูกาลสมการถดถอยเชิงเส้นถนนอินทรพิทักษ์

จากศึกษาในช่วงฤดูร้อน (ตารางที่ 4.18) พบว่า ปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ดังนี้ ค่า R<sup>2</sup> ของ ความชื้นสัมพัทธ์มีค่า 0.399 (12.5%) ในช่วงนี้ความชื้นสัมพัทธ์มีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญ ฤดูฝนปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้แก่ ปริมาณน้ำฝนมีค่า 0.377 (12.3%) (ตารางที่ 4.19) และในฤดูหนาวไม่มีทางปัจจัยอุตุนิยมวิทยาใดมีผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.18 สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> บริเวณถนนอินทรพิทักษ์ในช่วงฤดูร้อน

พารามิเตอร์	สมการถดถอย	r	R <sup>2</sup>	p-Value	N
ความชื้นสัมพัทธ์	PM <sub>10</sub> = 1.650 + 0.517 H	0.399	0.125	0.039	27

ตารางที่ 4.19 สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> บริเวณถนนอินทรพิทักษ์ในช่วงฤดูฝน

พารามิเตอร์	สมการถดถอย	r	R <sup>2</sup>	p-Value	N
ปริมาณน้ำฝน	PM <sub>10</sub> = 47.746 – 34.852 F	0.377	0.123	0.009	47

#### 4.2.5.2 ความสัมพันธ์ตามช่วงฤดูกาลสมการถดถอยเชิงเส้นถนนดินแดง

เมื่อวิเคราะห์ช่วงฤดูร้อนปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญ โดยพิจารณาจากค่า R<sup>2</sup> ได้ดังนี้ อุณหภูมิ 0.406 (17.5%) ความชื้นสัมพัทธ์ 0.469 (18.5%) และความเร็วลม 0.572 (29.7%) โดยในฤดูร้อนความเร็วลมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มากที่สุด (ตารางที่ 4.20)

ในฤดูฝนปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญ ค่า R<sup>2</sup> ของแต่ละปัจจัยมีค่าดังต่อไปนี้ อุณหภูมิ 0.433 (17%) และรังสีดวงอาทิตย์ 0.305 (7.4%) โดยปัจจัยที่มีผลต่อฝุ่นละอองในช่วงฤดูฝนมากที่สุดคือ อุณหภูมิ (ตารางที่ 4.21)

ส่วนในฤดูหนาวปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ มีค่า R<sup>2</sup> ดังนี้ อุณหภูมิ 0.393 (13.2%) ความชื้นสัมพัทธ์ 0.506 (23.6%) ความเร็วลม 0.499 (23%) และรังสีดวงอาทิตย์ 0.351 (10%) โดยในช่วงนี้ความชื้นสัมพัทธ์ส่งต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มากที่สุด (ตารางที่ 4.22)

ตารางที่ 4.20 สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> บริเวณถนนดินแดงในช่วงฤดูร้อน

พารามิเตอร์	สมการถดถอย	r	R <sup>2</sup>	p-Value	N
อุณหภูมิ	PM <sub>10</sub> = 267.920 – 6.709 T	0.406	0.175	0.024	24
ความชื้นสัมพัทธ์	PM <sub>10</sub> = 199.475 – 2.150 H	0.469	0.185	0.021	24
ความเร็วลม	PM <sub>10</sub> = 73.470 – 15.906 W	0.572	0.297	0.003	24

ตารางที่ 4.21 สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> บริเวณถนนดินแดงในช่วงฤดูฝน

พารามิเตอร์	สมการถดถอย	r	R <sup>2</sup>	p-Value	N
อุณหภูมิ	PM <sub>10</sub> = 241.888 – 6.071 T	0.433	0.170	0.002	49
รังสีดวงอาทิตย์	PM <sub>10</sub> = 82.132 – 0.266 R	0.305	0.074	0.033	49

ตารางที่ 4.22 สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> บริเวณถนนดินแดงในช่วงฤดูหนาว

พารามิเตอร์	สมการถดถอย	r	R <sup>2</sup>	p-Value	N
อุณหภูมิ	PM <sub>10</sub> = 203.631 – 4.188 T	0.393	0.132	0.012	40
ความชื้นสัมพัทธ์	PM <sub>10</sub> = 191.057 – 1.736 H	0.506	0.236	0.001	40
ความเร็วลม	PM <sub>10</sub> = 106.384 – 20.430 W	0.499	0.230	0.001	40
รังสีดวงอาทิตย์	PM <sub>10</sub> = 92.133 – 0.342 R	0.351	0.100	0.026	40

#### 4.2.5.3 ความสัมพันธ์ตามช่วงฤดูกาลสมการถดถอยเชิงเส้นถนนลาดพร้าว

จากการวิเคราะห์พบว่า ในฤดูร้อนปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีนัยสำคัญ ค่า  $R^2$  มีดังนี้ อุณหภูมิ 0.442 (16.7%) และปริมาณน้ำฝน 0.387 (11.9%) ซึ่งในฤดูกาลนี้ อุณหภูมิมีผลต่อฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มากที่สุด (ตารางที่ 4.23)

ฤดูฝนมีค่า  $R^2$  ของแต่ละปัจจัยอุตุนิยมวิทยา มีดังนี้ อุณหภูมิ 0.468 (21.9%) ปริมาณน้ำฝน 0.316 (8.1%) และความเร็วม 0.489 (22.3%) โดยที่ความเร็วมมีผลต่อฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มากที่สุด (ตารางที่ 4.24)

ฤดูหนาวปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง  $PM_{10}$  อย่างมีนัยสำคัญมีค่า  $R^2$  มีดังนี้ อุณหภูมิ 0.536 (26.9%) และความเร็วม 0.512 (24.2%) ซึ่งอุณหภูมิมีผลต่อฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มากที่สุด (ตารางที่ 4.25)

ตารางที่ 4.23 สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  บริเวณถนนลาดพร้าวในช่วงฤดูร้อน

พารามิเตอร์	สมการถดถอย	r	$R^2$	p-Value	N
อุณหภูมิ	$PM_{10} = 171.106 - 4.311 T$	0.442	0.167	0.014	30
ปริมาณน้ำฝน	$PM_{10} = 45.861 - 29.968 F$	0.387	0.119	0.035	30

ตารางที่ 4.24 สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  บริเวณถนนลาดพร้าวในช่วงฤดูฝน

พารามิเตอร์	สมการถดถอย	r	$R^2$	p-Value	N
อุณหภูมิ	$PM_{10} = 198.439 - 5.491 T$	0.468	0.219	0.001	50
ปริมาณน้ำฝน	$PM_{10} = 45.342 - 25.627 F$	0.316	0.081	0.025	50
ความเร็วม	$PM_{10} = 16.532 + 13.923 W$	0.489	0.223	0.000	50

ตารางที่ 4.25 สมการถดถอยเชิงเส้นของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  บริเวณถนนลาดพร้าวในช่วงฤดูหนาว

พารามิเตอร์	สมการถดถอย	r	$R^2$	p-Value	N
อุณหภูมิ	$PM_{10} = 220.648 - 6.012 T$	0.536	0.269	0.000	40
ความเร็วม	$PM_{10} = 15.135 + 29.074 W$	0.512	0.242	0.001	40

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาซึ่งแต่ละฤดูกาลมีความแตกต่างกัน โดยในช่วงฤดูร้อนนั้นพบว่า อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูฝนพบว่าปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่ส่งผลต่อฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ของแต่ละถนนมีความแตกต่างกัน โดยปัจจัยที่ส่งผลมากที่สุด ได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน ส่วนในฤดูหนาวปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ของแต่ละถนน มีความสัมพันธ์อย่างมี

นัยสำคัญเหมือนกัน ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลม ซึ่งเหตุที่เป็นเช่นนี้เป็นหลักการเดียวกันกับในช่วงฤดูร้อน โดยสรุปแล้วอุณหภูมิเป็นปัจจัยความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ในทุกฤดูกาล ซึ่งทุกถนนที่ทำการศึกษาล้วนแสดงความสัมพันธ์เหมือนกัน ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการลดอุณหภูมิส่งผลให้ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับวิธีการเพียร์สันซึ่งอุณหภูมิที่อิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญมากที่สุด

#### 4.2.6 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ตามช่วงฤดูกาลสมการถดถอยพหุคูณ

##### 4.2.6.1 การศึกษาบริเวณถนนอินทรพิทักษ์

จากการศึกษาพบว่า (ตารางที่ 4.26) ในฤดูร้อนปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งสมการพยากรณ์ที่วิเคราะห์ได้ ไม่ได้ใส่ตัวแปรความเร็วลม รั้งสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝนลงไปด้วย เพราะมีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ปัจจัยอุตุนิยมวิทยาในสมการพยากรณ์มีอิทธิพลต่อฝุ่นละอองอยู่ที่ 12.5% นอกเหนือจากนี้ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นๆ

ในช่วงฤดูฝนปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> คือ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน โดยปัจจัยอุตุนิยมวิทยาทั้งหมดนี้มีผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อยู่ที่ 21.1%

ส่วนฤดูหนาวปัจจัยอุตุนิยมวิทยาไม่มีตัวแปรใดที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้ไม่สามารถสร้างสมการทางสถิติเพื่อใช้ทำนายการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละอองในบริเวณถนนอินทรพิทักษ์ช่วงฤดูหนาวได้

##### 4.2.6.2 การศึกษาบริเวณถนนดินแดง

ผลการศึกษาของถนนดินแดง (ตารางที่ 4.27) ในฤดูร้อนปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> คือ ความเร็วลม ซึ่งในสมการพยากรณ์ไม่มีตัวแปรอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน และรั้งสีดวงอาทิตย์ ซึ่งปัจจัยอุตุนิยมวิทยาในสมการพยากรณ์มีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง 29.7%

ในฤดูฝนปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> คือ อุณหภูมิ ในสมการพยากรณ์ไม่มีตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ปริมาณน้ำฝนและรั้งสีดวงอาทิตย์ โดยปัจจัยอุตุนิยมในสมการมีอิทธิพลต่อฝุ่น 17%

ในฤดูหนาวปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> คือ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน ซึ่งสมการพยากรณ์ไม่มีปัจจัยอุณหภูมิ และรั้งสีดวงอาทิตย์ รวมอยู่ในสมการ ซึ่งในฤดูนี้ปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง 46.7%

ตารางที่ 4.26 สมการถดถอยพหุคูณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยบริเวณถนนอินทรพิทักษ์

ฤดูกาล	สมการถดถอยพหุคูณ	R <sup>2</sup>	p-Value	N
ฤดูร้อน	$PM_{10} = 1.650 + 0.517 H$	0.125	0.039	27
ฤดูฝน	$PM_{10} = 4.762 - 45.498 F + 0.636 H$	0.211	0.002	47
ฤดูหนาว	-	-	-	-

ตารางที่ 4.27 สมการถดถอยพหุคูณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยบริเวณถนนดินแดง

ฤดูกาล	สมการถดถอยพหุคูณ	R <sup>2</sup>	p-Value	N
ฤดูร้อน	$PM_{10} = 73.470 - 15.906 W$	0.297	0.003	24
ฤดูฝน	$PM_{10} = 241.888 - 6.071 T$	0.170	0.002	49
ฤดูหนาว	$PM_{10} = 197.868 - 1.648 H - 15.313 W + 149.973 F$	0.461	0.000	40

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ, H = ความชื้นสัมพัทธ์, F = ปริมาณน้ำฝน, W = ความเร็วลม, R = รังสีดวงอาทิตย์

ตารางที่ 4.28 สมการถดถอยพหุคูณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุทกนิยมหาวิทยาลัยบริเวณถนนลาดพร้าว

ฤดูกาล	สมการถดถอยพหุคูณ	R <sup>2</sup>	p-Value	N
ฤดูร้อน	$PM_{10} = 186.419 - 4.621T - 32.735F$	0.327	0.002	30
ฤดูฝน	$PM_{10} = 221.980 + 12.065W - 4.809T - 0.887H$	0.455	0.000	50
ฤดูหนาว	$PM_{10} = 150.134 - 4.405T + 19.955W$	0.357	0.000	40

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ, H = ความชื้นสัมพัทธ์, F = ปริมาณน้ำฝน, W = ความเร็วลม, R = รังสีดวงอาทิตย์

#### 4.2.6.3 การศึกษาบริเวณถนนลาดพร้าว

จากการศึกษา (ตารางที่ 4.28) ปัจจัยอุตุนิยมวิทายามีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ในฤดูร้อน คือ อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน ทั้งนี้สมการพยากรณ์ไม่มีปัจจัยความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งอิทธิพลของปัจจัยอุตุนิยมวิทายาในสมการพยากรณ์ดังกล่าวอยู่ที่ 32.7%

ในฤดูฝนปัจจัยอุตุนิยมวิทายามีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> คือ ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ในฤดูกาลนี้สมการพยากรณ์ที่สร้างขึ้นไม่มีตัวแปรรังสีดวงอาทิตย์ และปริมาณน้ำฝน ทั้งนี้ปัจจัยอุตุนิยมวิทายามีอิทธิพลต่อฝุ่นละอองอยู่ที่ 45.5%

ในฤดูหนาวปัจจัยอุตุนิยมวิทายามีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> คือ อุณหภูมิ และความเร็วลม ในฤดูกาลนี้สมการพยากรณ์ที่สร้างขึ้นไม่มีตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ รังสีดวงอาทิตย์ และปริมาณน้ำฝน ซึ่งปัจจัยอุตุนิยมวิทายาทั้งหมดมีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง 35.7%

จากการศึกษาจากบริเวณถนนทั้งสามเส้นทาง พบว่า ในแต่ละฤดูกาลมีปัจจัยทางอุตุนิยมวิทายาที่ส่งผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> แตกต่างกันไปทั้งนี้อาจมาจากความแตกต่างทางด้านลักษณะภูมิประเทศ เช่น ลักษณะสิ่งปลูกสร้าง หรือพื้นที่โล่ง เป็นต้น ทำให้ลักษณะอุตุนิยมวิทายาไม่เหมือนกันในแต่ละพื้นที่ส่งผลให้อิทธิพลที่มีต่อฝุ่นละอองแตกต่างกันออกไป (Harrison et al., 2004)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทายาโดยแยกตามฤดูกาลปัจจัยทางอุตุนิยมวิทายาของแต่ละถนนนั้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> แตกต่างเนื่องจากแต่ละถนนมีสภาพปัจจัยทางอุตุนิยมวิทายาเฉพาะ เมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ของแต่ละวิธีการพบว่าผลการศึกษามีความสอดคล้องกัน และส่วนใหญ่ปัจจัยอุณหภูมิมีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละอองในหลายฤดูกาลซึ่งผลการศึกษาคลายกับผลการศึกษาความสัมพันธ์ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยอุตุนิยมวิทายา (ตารางที่ 4.29)

ตารางที่ 4.29 ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทายาที่มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> สูงสุดตามช่วงฤดูกาล

พื้นที่ศึกษา	ค่าสัมประสิทธิ์เพียร์สัน			การถดถอยเชิงเส้น			การถดถอยพหุคูณ		
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
ถนนอินทรพิทักษ์	H	F	-	H	F	-	H	F	-
ถนนดินแดง	W	T	H	W	T	H	W	T	H
ถนนลาดพร้าว	T	W	T	T	W	T	T	W	T

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ, H = ความชื้นสัมพัทธ์, F = ปริมาณน้ำฝน, W = ความเร็วลม, R = รังสีดวงอาทิตย์



### 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปริมาณการจราจร

#### 4.3.1 ปริมาณการจราจร

##### 4.3.1.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจราจรในรอบวัน

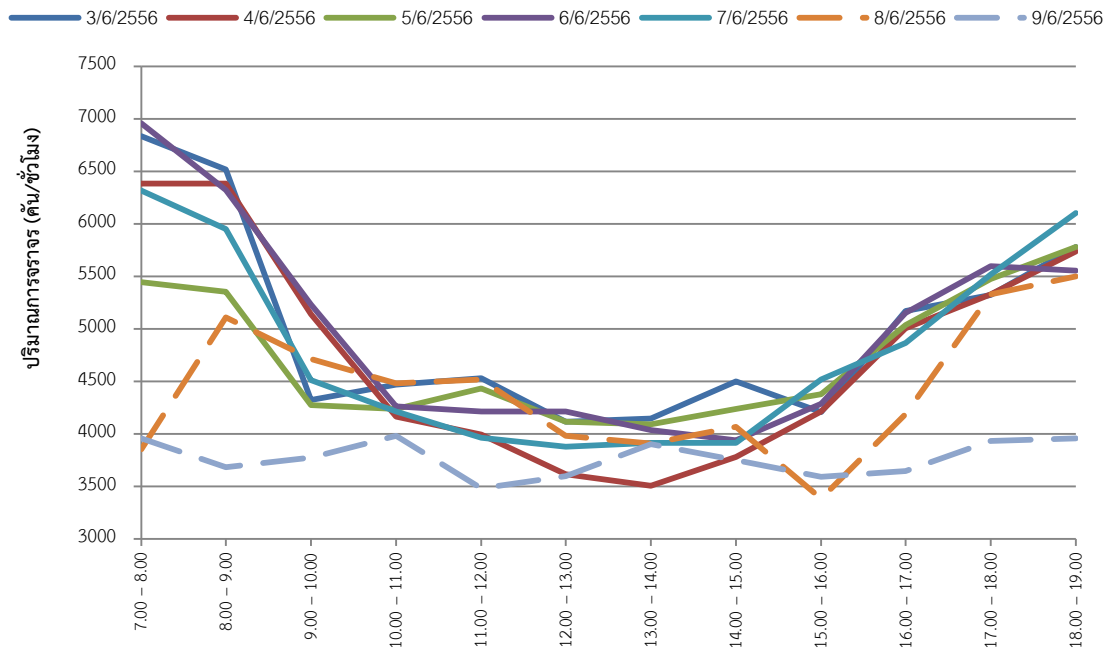
ปริมาณการจราจรในกรุงเทพมหานครมีปริมาณคับคั่งอย่างมาก แต่ช่วงเวลาที่มีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับกิจกรรมของประชาชนในขณะนั้นๆ โดยการศึกษาปริมาณจราจรได้มีการแบ่งช่วงเวลาดังนี้ ช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเช้า ตั้งแต่ 7.00 – 9.00 น. ช่วงนอกเวลาเร่งด่วน ตั้งแต่ 9.00 – 16.00 น. และช่วงเวลาเร่งด่วนตอนเย็น ตั้งแต่ 16.00 – 19.00 น. การเปลี่ยนแปลงปริมาณจราจรของถนนแต่ละเส้นทางนั้น มีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ในช่วงเวลาเร่งด่วนในตอนเช้าและตอนเย็นมีปริมาณการจราจรเพิ่มมากยิ่งขึ้น เนื่องจากประชาชนต้องใช้ช่วงเวลานี้ออกเดินทางเพื่อมาทำงานหรือเริ่มต้นกิจกรรมต่างๆ ในช่วงเช้า ส่วนในช่วงเย็นประชาชนเริ่มเดินทางกลับทำให้ปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในช่วงนอกเวลาเร่งด่วนนั้นปริมาณการจราจรลดลงเพราะประชาชนได้เดินทางถึงจุดหมายแล้ว ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวเป็นการจราจรจากการขนส่งโดยเป็นส่วนใหญ่ แต่ปริมาณจราจรในช่วงวันหยุดมีความแตกต่างในวันทำการปกติ โดยปริมาณจราจรในช่วงวันหยุดมีปริมาณน้อยกว่าวันปกติสอดคล้องกันการศึกษาของ Barmpadimos et al. (2011) ซึ่งปริมาณรถยนต์ในช่วงเวลาต่างได้แสดงใน ภาคผนวก ค และจุดสำรวจปริมาณจราจรแสดงในภาคผนวก ง

ถนนอินทรพิทักษ์ปริมาณการจราจรแสดงเป็นกราฟในภาพที่ 4.9 เห็นได้ว่าในวันทำการปกติ คือ วันที่ 3 – 6 มิถุนายน ช่วงเวลา 7.00 – 9.00 น. มีปริมาณการจราจรที่สูงมาก ปริมาณการจราจรในช่วงเร่งด่วนนี้มีปริมาณสูงสุดอยู่ที่ 6,960 คัน/ชั่วโมง ปริมาณต่ำสุดคือ 3,508 คัน/ชั่วโมง อยู่ในช่วงนอกเวลาเร่งด่วน ในส่วนของวันหยุด คือ วันที่ 7 – 8 มิถุนายน (แสดงในกราฟเป็นเส้นประ) ปริมาณการจราจรสูงสุดคือ 5,500 คัน/ชั่วโมง อยู่ในช่วง 17.00 – 18.00 น. และมีปริมาณต่ำสุด 3,384 คัน/ชั่วโมง ในเวลา 15.00 – 16.00 น.

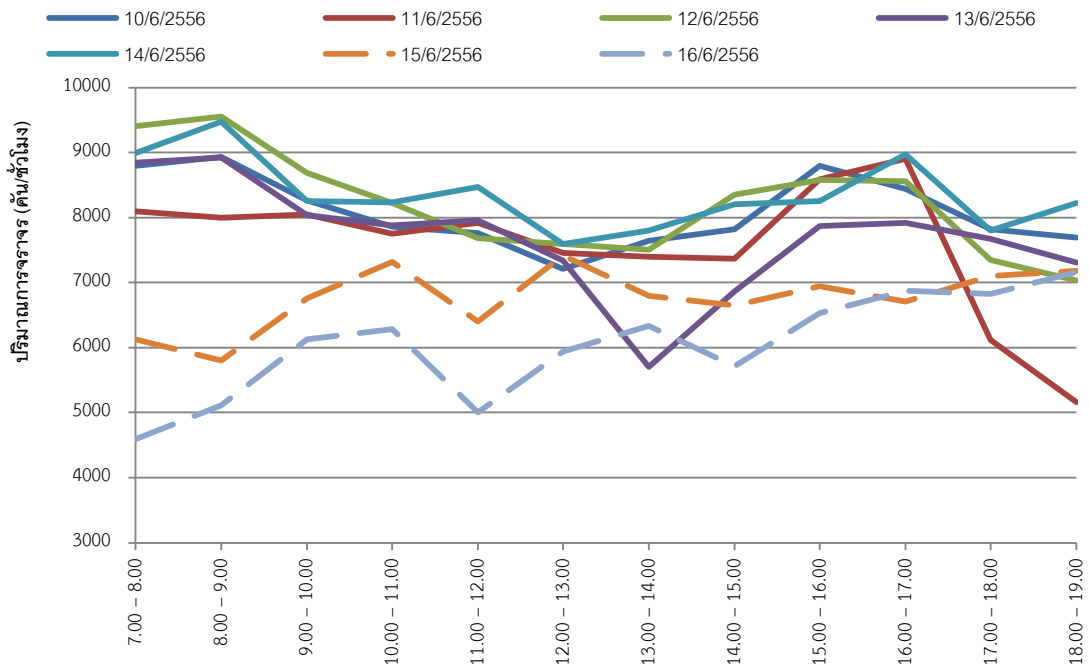
ถนนดินแดงมีปริมาณการจราจรสูงสุดในถนนทั้งหมดสามเส้นทาง ในภาพที่ 4.10 เห็นได้ว่าปริมาณจราจรในวันทำการปกติตั้งแต่วันที่ 10 – 14 มิถุนายน มีปริมาณสูงกว่าวันหยุดอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยในวันทำการปกติปริมาณการจราจรมีสูงในช่วงเร่งด่วนทั้งเช้าและเย็น ซึ่งในวันทำการปกติปริมาณการจราจรสูงสุดคือ 9,552 คัน/ชั่วโมง และมีปริมาณต่ำที่สุดอยู่ที่ 6,120 คัน/ชั่วโมง ในวันหยุดตั้งแต่วันที่ 15 – 16 มิถุนายน มีปริมาณการจราจรสูงสุดอยู่ที่ 7,420 คัน/ชั่วโมง ปริมาณการจราจรต่ำสุดคือ 5,004 คัน/ชั่วโมง

ถนนลาดพร้าวเป็นถนนที่มีการจราจรติดขัดมากที่สุดในกรุงเทพมหานคร เนื่องจากเป็นเส้นทางที่เป็นพื้นที่ทางเศรษฐกิจ ห้างสรรพสินค้าต่างๆ อีกทั้งช่องทางการจราจรนั้นมีเพียง 6 ช่องทางจราจร ส่งผลให้การจราจรติดขัดมากที่สุด จากการศึกษาพบว่าช่วงวันปกติตั้งแต่วันที่ 17 – 21 มิถุนายน ช่วงเวลาเร่งด่วนมีปริมาณสูงถึง 8,250 คัน/ชั่วโมง และปริมาณต่ำสุดอยู่ในช่วงนอกเวลาเร่งด่วน คือ 4,260 คัน/ชั่วโมง วันหยุดตั้งแต่วันที่ 22 – 23 มิถุนายน มีปริมาณการจราจรสูงสุดคือ 6,188 คัน/ชั่วโมง และมีปริมาณต่ำสุดอยู่ที่ 4,232 คัน/ชั่วโมง แต่เมื่อพิจารณาในวันปกติช่วงเร่งด่วนตอน

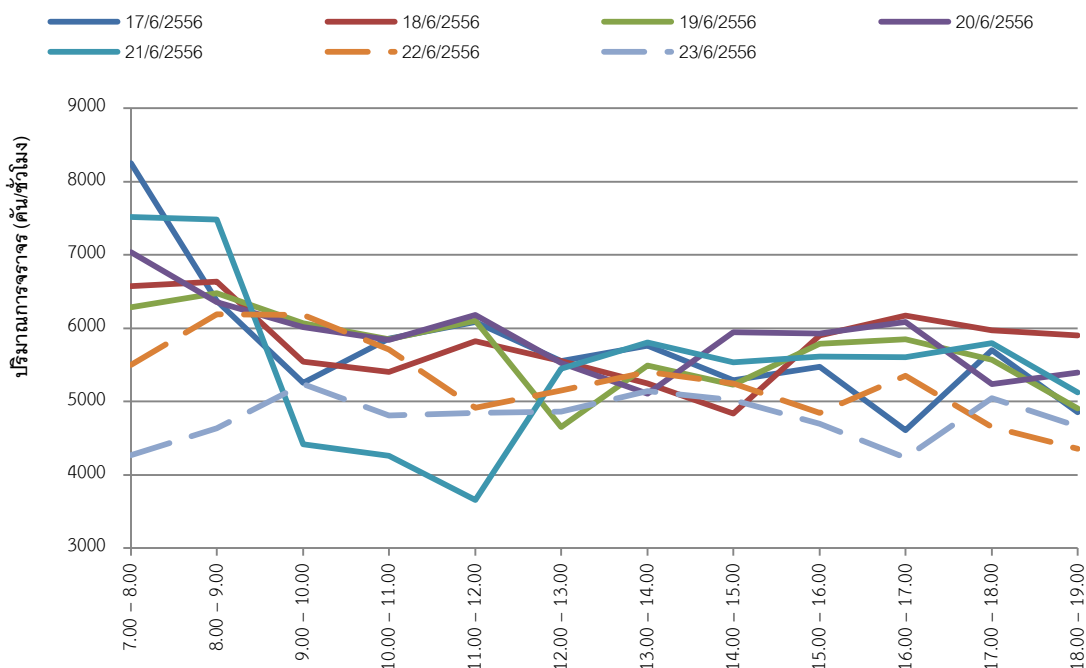
เย็นปริมาณจราจรไม่สูงเหมือนกับถนนสายอื่น เนื่องจากช่วงเวลานี้การจราจรติดขัดสูงมากทำให้ปริมาณจราจรลดลง ส่งผลให้มีความแตกต่างจากถนนอีก 2 เส้นทาง (ภาพที่ 4.11)



ภาพที่ 4.9 ปริมาณการจราจรทั้งหมดของถนนอินทรพิทักษ์



ภาพที่ 4.10 ปริมาณการจราจรทั้งหมดของถนนดินแดง



ภาพที่ 4.11 ปริมาณการจราจรทั้งหมดของถนนลาดพร้าว

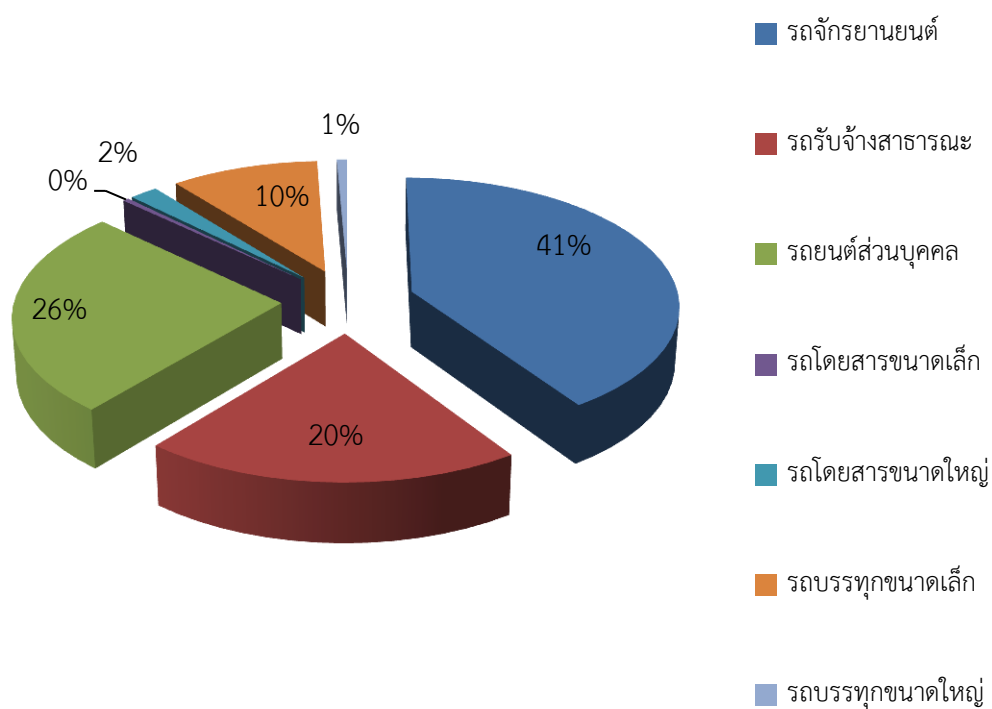
#### 4.3.1.2 ปริมาณรถยนต์แต่ละประเภท

การศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งรถยนต์ออกเป็น 7 ประเภท ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยรถยนต์แต่ละประเภทมีการปลดปล่อยมลพิษที่แตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณของมลพิษ รวมถึงพฤติกรรมการขับซึ่งมีผลต่อการปล่อยมลพิษออกมาเช่นกัน รถยนต์ที่มีผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ได้แก่รถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เช่น รถบรรทุกชนิดต่างๆ รถโดยสาร เป็นต้น ถนนแต่ละเส้นทางมีปริมาณรถยนต์แต่ละชนิดที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างถนนและการใช้ประโยชน์ในพื้นที่นั้น

การศึกษาในครั้งนี้ปริมาณรถยนต์แต่ละประเภทของถนนอินทรพิทักษ์จากตารางที่ 4.30 และภาพที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่ารถจักรยานยนต์มีจำนวนมากที่สุด โดยเฉลี่ยมีถึง 22,567 คัน/วัน คิดเป็น 40% จากจำนวนรถยนต์ทั้งหมด ปริมาณรองลงมาคือรถยนต์ส่วนบุคคล เฉลี่ยอยู่ที่ 12,441 คิดเป็น 26% จากจำนวนรถทั้งหมด ในส่วนของรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ได้แก่ รถบรรทุก และรถโดยสาร คิดเป็นสัดส่วน เป็น 11% และ 2% จากรถทั้งหมดซึ่งเป็นสัดส่วนที่น้อย

ตารางที่ 4.30 ปริมาณรถยนต์ของถนนอินทรพิทักษ์ (คัน/วัน)

ประเภท	3/6/56	4/6/56	5/6/56	6/6/56	7/6/56	8/6/56	9/6/56	เฉลี่ย
รถจักรยานยนต์	26,123	24,692	23,144	25,636	24,240	20,948	13,186	22,567
รถรับจ้างสาธารณะ	10,964	11,144	11,948	11,880	11,044	10,640	11,710	11,333
รถยนต์ส่วนบุคคล	15,235	13,612	13,892	14,725	14,772	14,984	13,868	14,441
รถโดยสารขนาดเล็ก	215	228	280	236	248	248	207	237
รถโดยสารขนาดใหญ่	987	1,164	1,220	1,116	1,016	1,028	980	1,073
รถบรรทุกขนาดเล็ก	5,973	5,780	5,960	5,806	6,008	5,472	3,999	5,571
รถบรรทุกขนาดใหญ่	419	556	344	424	344	328	234	378

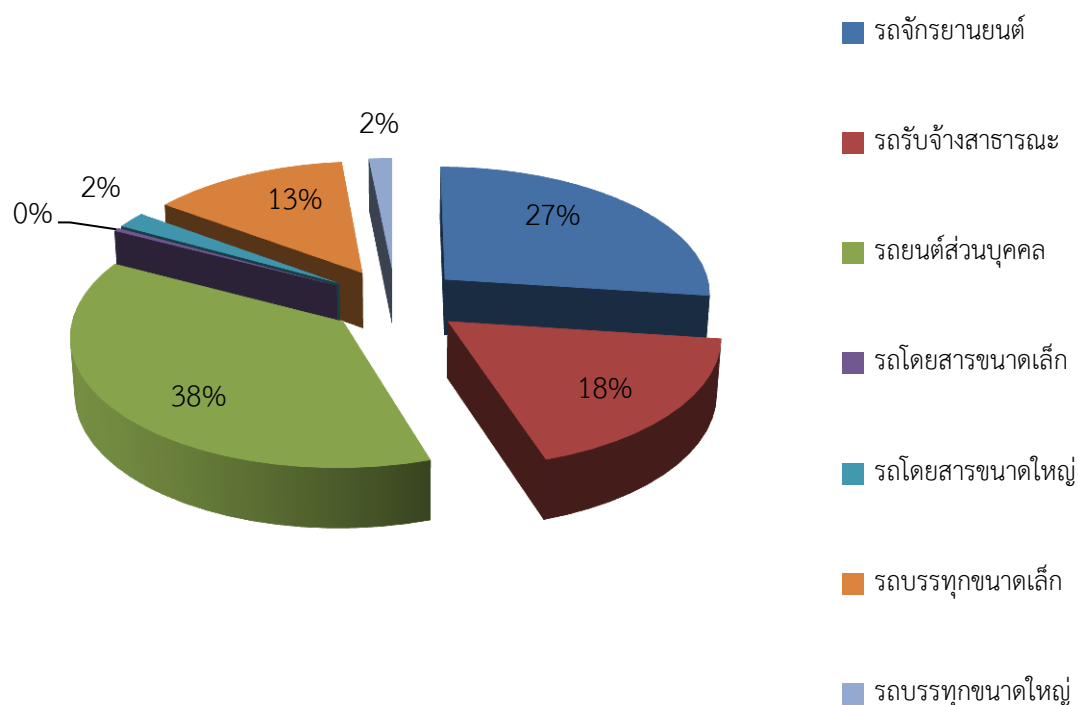


ภาพที่ 4.12 สัดส่วนรถยนต์ของถนนอินทรพิทักษ์

ปริมาณรถยนต์ของถนนดินแดงจากรายการที่ 4.31 และภาพที่ 4.13 แสดงว่ารถยนต์ส่วนบุคคลมีปริมาณมากที่สุด โดยเฉลี่ยมี 33,936 คัน/วัน คิดเป็นสัดส่วน 38% จากรถยนต์ทั้งหมด รองลงมาได้แก่ รถจักรยานยนต์ เฉลี่ย 24,460 คัน/วัน คิดเป็น 27% ส่วนรถบรรทุกและรถโดยสาร คิดเป็น 15% และ 2%

ตารางที่ 4.31 ปริมาณรถยนต์ของถนนดินแดง (คัน/วัน)

ประเภท	10/6/56	11/6/56	12/6/56	13/6/56	14/6/56	15/6/56	16/6/56	เฉลี่ย
รถจักรยานยนต์	29,258	26,975	29,296	25,804	29,652	17,172	13,060	24,460
รถรับจ้างสาธารณะ	15,698	16,629	15,508	14,648	16,356	16,556	18,060	16,208
รถยนต์ส่วนบุคคล	36,717	31,262	36,744	34,904	36,644	31,772	29,508	33,936
รถโดยสารขนาดเล็ก	386	405	328	372	532	328	412	395
รถโดยสารขนาดใหญ่	1,907	2,017	1,844	1,912	1,948	1,736	1,680	1,863
รถบรรทุกขนาดเล็ก	11,772	12,278	13,348	13,280	13,672	11,716	85,16	12,083
รถบรรทุกขนาดใหญ่	1,301	1,226	1,460	1,396	1,464	1,916	1,240	1,429

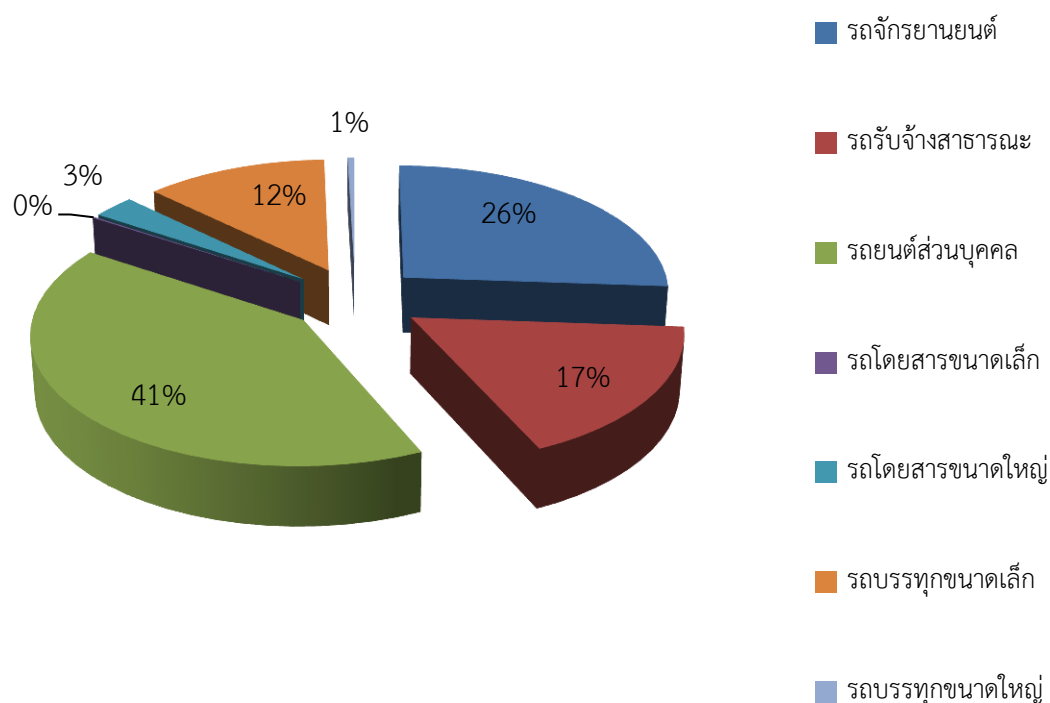


ภาพที่ 4.13 สัดส่วนรถยนต์ของถนนดินแดง

ปริมาณรถยนต์ของถนนลาดพร้าวแสดงในตารางที่ 4.32 และภาพที่ 4.14 พบว่ารถยนต์ส่วนบุคคลมีปริมาณมากที่สุด เฉลี่ย 27,151 คัน/วัน คิดเป็น 41% และจักรยานยนต์มีปริมาณรองลงมา เฉลี่ย 17,331 คัน/วัน คิดเป็น 26% รถบรรทุกและรถโดยสารคิดเป็น 12% และ 3% จากปริมาณรถยนต์ทั้งหมด

ตารางที่ 4.32 ปริมาณรถยนต์ของถนนลาดพร้าว

ประเภท	17/6/56	18/6/56	19/6/56	20/6/56	21/6/56	22/6/56	23/6/56	เฉลี่ย
รถจักรยานยนต์	19,830	19,528	19,484	19,744	20,184	13,320	9,228	17,331
รถรับจ้างสาธารณะ	11,270	10,744	10,996	11,444	10,160	12,084	12,908	11,372
รถยนต์ส่วนบุคคล	27,078	27,929	26,712	28,492	25,980	27,288	26,580	27,151
รถโดยสารขนาดเล็ก	100	103	96	100	100	96	104	100
รถโดยสารขนาดใหญ่	1,940	1,977	1,976	2,132	1,572	1,868	1,924	1,913
รถบรรทุกขนาดเล็ก	8400	8959	8692	8456	7944	8416	6524	8,199
รถบรรทุกขนาดใหญ่	320	313	292	284	312	408	192	303



ภาพที่ 4.14 สัดส่วนรถยนต์ของถนนลาดพร้าว

#### 4.3.2 ความสัมพันธ์ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปริมาณจราจรบริเวณถนนอินทรพิทักษ์

จากการศึกษาด้วยวิธีสหสัมพันธ์เพียร์สันของบริเวณถนนอินทรพิทักษ์ (ตารางที่ 4.33) พบว่ารถรับจ้างสาธารณะ (รถแท็กซี่ และรถสามล้อ) รถโดยสารขนาดเล็ก และรถโดยสารขนาดใหญ่ มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากค่า r ของรถโดยสารขนาดเล็ก และรถโดยสารขนาดใหญ่ ได้ชี้ให้เห็นว่ารถยนต์ทั้งสองประเภทส่งผลต่อปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> หรือกล่าวได้ว่าเป็นแหล่งก่อให้เกิดฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ส่วนรถรับจ้างสาธารณะ มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> สูงที่สุด แต่ค่า r นั้น มีทิศทางที่เป็นลบ แสดงให้เห็นว่า รถรับจ้างสาธารณะนั้นไม่ได้เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub>

ตารางที่ 4.34 เป็นผลการศึกษาด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้น โดยผลการศึกษาความสัมพันธ์ด้วยวิธีการนี้ได้ผลความสัมพันธ์เหมือนกัน เมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) พบว่า รถโดยสารขนาดเล็ก 4% และรถโดยสารขนาดใหญ่ 4.9% หากพิจารณาเฉพาะในกลุ่มที่มีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นพลังงานเชื้อเพลิง รถโดยสารขนาดเล็กและขนาดใหญ่เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ที่สำคัญในบริเวณถนนอินทรพิทักษ์

เมื่อทำการศึกษาด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณ (ตารางที่ 4.35) พบว่าสมการพยากรณ์ได้แต่นำตัวแปรออกเหลือเพียงรถโดยสารขนาดเล็กเพียงตัวแปรเดียว เนื่องจากเมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นรถยนต์ชนิดต่างๆ พบว่ารถโดยสารขนาดเล็กมีค่านัยสำคัญมากพอที่สามารถใส่ในสมการพยากรณ์ได้ รถโดยสารขนาดเล็กมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อยู่ที่ 4% ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาด้วยวิธีสหสัมพันธ์เพียร์สันและการถดถอยเชิงเส้น

ตารางที่ 4.33 สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างรถยนต์และฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ของถนนอินทรพิทักษ์

ประเภท	ค่าสหสัมพันธ์
รถจักรยานยนต์	0.029
รถรับจ้างสาธารณะ	-0.276*
รถยนต์ส่วนบุคคล	-0.026
รถโดยสารขนาดเล็ก	0.228*
รถโดยสารขนาดใหญ่	0.221*
รถบรรทุกขนาดเล็ก	-0.181
รถบรรทุกขนาดใหญ่	-0.014

หมายเหตุ \* ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

ตารางที่ 4.34 สมการถดถอยเชิงเส้นของถนนอินทรพิทักษ์

ชนิดรถยนต์	สมการถดถอย	r	R <sup>2</sup>	p-Value	N
รถโดยสารขนาดเล็ก	PM <sub>10</sub> = 8.789 + 0.218 SB	0.228	0.040	0.038	83
รถโดยสารขนาดใหญ่	PM <sub>10</sub> = 7.823 + 0.059 LB	0.221	0.049	0.045	83

ตารางที่ 4.35 สมการถดถอยพหุคูณของถนนอินทรพิทักษ์

ชนิดรถยนต์	สมการถดถอยพหุคูณ	R <sup>2</sup>	p-Value	N
รถโดยสารขนาดเล็ก	PM <sub>10</sub> = 8.789 + 0.218 SB	0.040	0.038	83

### 4.3.3 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปริมาณจราจรบริเวณถนนดินแดง

การศึกษาด้วยวิธีสหสัมพันธ์เพียร์สันของบริเวณถนนดินแดงจากการศึกษา (ตารางที่ 4.36) พบว่า รถโดยสารขนาดใหญ่ และรถจักรยานยนต์ มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลการศึกษาที่ได้นั้นแสดงให้เห็นว่า ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> เกิดจากรถยนต์ทั้งสองประเภทนี้ เนื่องจากบริเวณถนนดินแดงมีการใช้รถจักรยานยนต์และรถโดยสารขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก ซึ่งรถโดยสารขนาดใหญ่ในถนนดินแดงนี้มีค่า r คือ 0.320 เป็นค่าที่สูงที่สุด แสดงว่ารถโดยสารขนาดใหญ่เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นหลักของถนนดินแดง เนื่องจากรถยนต์ประเภทนี้มีการใช้น้ำดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ส่วนรถจักรยานยนต์ส่งผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญอันมาจากรถจักรยานยนต์บางคันใช้เครื่องยนต์สองจังหวะทำให้มีการปล่อยควันขาวออกมาส่งผลให้นัยสำคัญการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง

จากการศึกษาด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้นของถนนดินแดง (ตารางที่ 4.37) พบว่า รถยนต์ที่มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ได้แก่ รถโดยสารขนาดใหญ่ ซึ่งรถมีอิทธิพลต่อฝุ่น 9.1% แสดงว่ารถโดยสารขนาดใหญ่เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นของถนนดินแดง

การศึกษาด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณของถนนดินแดงพบว่าผลการศึกษาสอดคล้องกับวิธีสหสัมพันธ์เพียร์สันและการถดถอยเชิงเส้นนั่นคือ รถโดยสารขนาดใหญ่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญ โดยรถโดยสารขนาดใหญ่มีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง 9.1% (ตารางที่ 4.38)



ตารางที่ 4.36 สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างรถยนต์และฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ของถนนดินแดง

ประเภท	ค่าสหสัมพันธ์
รถจักรยานยนต์	0.313**
รถรับจ้างสาธารณะ	0.074
รถยนต์ส่วนบุคคล	-0.062
รถโดยสารขนาดเล็ก	-0.097
รถโดยสารขนาดใหญ่	0.320**
รถบรรทุกขนาดเล็ก	-0.180
รถบรรทุกขนาดใหญ่	-0.139

หมายเหตุ \*\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

ตารางที่ 4.37 สมการถดถอยเชิงเส้นของถนนดินแดง

ชนิดรถยนต์	สมการถดถอย	r	R <sup>2</sup>	p-Value	N
รถโดยสารขนาดใหญ่	PM <sub>10</sub> = 34.386 + 0.157 LB	0.320	0.091	0.003	84

ตารางที่ 4.38 สมการถดถอยพหุคูณของถนนดินแดง

ชนิดรถยนต์	สมการถดถอยพหุคูณ	R <sup>2</sup>	p-Value	N
รถโดยสารขนาดใหญ่	PM <sub>10</sub> = 34.386 + 0.157 LB	0.091	0.003	84

#### 4.3.4 ความสัมพันธ์ฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับปริมาณจราจรบริเวณถนนลาดพร้าว

การศึกษาด้วยวิธีสหสัมพันธ์เพียร์สันของบริเวณถนนลาดพร้าว (ตารางที่ 4.39) พบว่า รถยนต์จักรยานยนต์ และรถโดยสารขนาดเล็ก มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> เมื่อพิจารณาทิศทางความสัมพันธ์แล้วพบว่ารถโดยสารขนาดเล็กเป็นแหล่งทำให้เกิดฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> บริเวณถนนลาดพร้าว

ในตารางที่ 4.40 เป็นผลการศึกษาด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น พบว่า รถโดยสารขนาดเล็ก (p<0.05) มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีอิทธิพลต่อฝุ่น 3.6% เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของถนนลาดพร้าว

ตารางที่ 4.41 เป็นผลการศึกษาด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณ พบว่า มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาด้วยวิธีเพียร์สันและการถดถอยเชิงเส้น ซึ่งรถโดยสารขนาดเล็กมีอิทธิพลต่อการ

เปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญและมีอิทธิพลอยู่ที่ 3.6% ซึ่งที่เหลือเป็นอิทธิพลจากปัจจัยตัวอื่น

ตารางที่ 4.39 สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างรถยนต์และฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ของถนนลาดพร้าว

ประเภท	ค่าสหสัมพันธ์
รถจักรยานยนต์	-0.316**
รถรับจ้างสาธารณะ	0.181
รถยนต์ส่วนบุคคล	-0.129
รถโดยสารขนาดเล็ก	0.219*
รถโดยสารขนาดใหญ่	-0.202
รถบรรทุกขนาดเล็ก	0.111
รถบรรทุกขนาดใหญ่	0.053

หมายเหตุ \* ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

\*\* ระดับนัยสำคัญที่ 0.01

ตารางที่ 4.40 สมการถดถอยเชิงเส้นของถนนลาดพร้าว

ชนิดรถยนต์	สมการถดถอย	r	R <sup>2</sup>	p-Value	N
รถโดยสารขนาดเล็ก	PM10 = 28.455 - 1.450 SB	0.219	0.036	0.046	84

ตารางที่ 4.41 สมการถดถอยพหุคูณของถนนลาดพร้าว

ชนิดรถยนต์	สมการถดถอยพหุคูณ	R <sup>2</sup>	p-Value	N
รถโดยสารขนาดเล็ก	PM10 = 28.455 - 1.450 SB	0.036	0.046	84

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการจราจรกับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> พบว่า รถโดยสารขนาดเล็ก และรถโดยสารขนาดใหญ่ มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละอองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวได้คือ รถยนต์ทั้งสองประเภทเป็นรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งรถยนต์ประเภทก่อให้เกิดฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> และปลดปล่อยสู่อากาศ ดังนั้น ถนนทุกเส้นทางที่ทำการศึกษามีแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มาจากรถโดยสารที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง นอกจากนี้การศึกษาพบว่ารถบรรทุกส่วนใหญ่มีการติดตั้งระบบเชื้อเพลิงที่ใช้ NGV/CNG ซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วจะไม่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ทำให้ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> กับรถบรรทุกนั้นไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญเลยในทุกถนน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Nanaki, Koroneos, Xydis, and Rovas (2014)

#### 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ปัจจัยอุตุนิยมวิทยา และปริมาณการจราจร

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ปัจจัยอุตุนิยมวิทยา และปริมาณการจราจร โดยศึกษาตั้งแต่ 3 - 23 มิถุนายน 2556 ด้วยวิธีสมการถดถอยพหุคูณ พบว่า ถนนอินทราพิทักษ์ สมการถดถอยพหุคูณมีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ และรถโดยสารขนาดเล็ก ซึ่งค่า R<sup>2</sup> เท่ากับ 18.6% ถนนดินแดงสมการถดถอยพหุคูณมีตัวแปรที่นัยสำคัญทางสถิติ คือ รถโดยสารขนาดเล็ก และรถโดยสารขนาดใหญ่ โดยมีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง 12.5% ส่วนถนนลาดพร้าวสมการถดถอยมีตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ความเร็วลม อุณหภูมิ และรถโดยสารขนาดใหญ่ โดยตัวแปรทั้งหมดมีอิทธิพลต่อฝุ่น 15.4% (ตารางที่ 4.42)

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่ารถโดยสารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ที่สำคัญ ทั้งนี้เห็นได้จากทุกเส้นทางที่ทำการศึกษารถโดยสารมีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญในทุกเส้นทาง โดยเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่ปลดปล่อยฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ออกมาสู่อากาศ แสดงให้เห็นว่าปริมาณการจราจรมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pérez et al. (2010) และงานวิจัยของ Wang et al. (2014) โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณจราจรมีอิทธิพลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> โดยเฉพาะถนนที่มีลักษณะเป็น Steer Canyons มีปริมาณฝุ่นละอองมากซึ่งลักษณะใกล้เคียงกับถนนดินแดงและถนนลาดพร้าว

ตัวแปรอุตุนิยมวิทยานั้นมีอิทธิพลต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน ปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ที่อยู่ในอากาศ ทำให้ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ และฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มีแหล่งกำเนิดมาจากการจราจรโดยเฉพาะอย่างยิ่งรถโดยสาร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Aryal et al. (2008) ที่สรุปว่าปัจจัยอุตุนิยมวิทยาและปริมาณจราจรส่งผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.42 สมการถดถอยพหุคูณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา และปริมาณ การจราจร

ถนนจุดเก็บตัวอย่าง	สมการถดถอยพหุคูณ	R <sup>2</sup>	p-Value	N
ถนนอินทพิทักษ์	$PM_{10} = 4.049 + 0.238H - 0.012SB$	0.186	0.000	84
ถนนดินแดง	$PM_{10} = 49.509 + 0.167LB - 0.015SB$	0.125	0.002	84
ถนนลาดพร้าว	$PM_{10} = -40.372 + 9.717W + 1.872T - 0.050LB$	0.154	0.001	84

หมายเหตุ T = อุณหภูมิ, H = ความชื้นสัมพัทธ์, F = ปริมาณน้ำฝน, W = ความเร็วลม, R = รั้งสีดวงอาทิตย์, LB = รั้งโดยสารถนขนาดใหญ่, SB = รั้งโดยสารถนขนาดเล็ก

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

##### 5.1.1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

จากการศึกษาโดยทำการรวบรวมข้อมูล ตั้งแต่ปี 2545 – 2554 รวมเป็นระยะเวลา 10 ปี พบว่า แนวโน้มของฝุ่นละอองมีแนวโน้มที่ลดลงทุกเส้นทางที่ได้ทำการศึกษา เป็นผลจากการกำหนดมาตรการต่างๆ เพื่อเป็นการลดปริมาณของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> รวมไปถึงการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ ให้ลดการปลดปล่อยมลพิษลง การพัฒนาเชื้อเพลิงทดแทนหรือเชื้อเพลิงสะอาดต่างๆ

ในแต่ละปีฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ของพื้นที่ริมถนนมีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกัน นั่นคือ ในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม (ฤดูร้อน) และเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม (ฤดูฝน) ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มีน้อย เมื่อเข้าสู่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ (ฤดูหนาว) ปริมาณฝุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมากเห็นได้อย่างชัดเจน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่เปลี่ยนแปลงไปทุกๆ ช่วงฤดูกาล ส่งผลต่อปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub>

##### 5.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา

###### 5.1.2.1 ความสัมพันธ์ในช่วงการศึกษาทั้งหมด

ความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มีการแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา สังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละอองในแต่ละปี จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีทางสถิติทั้ง 3 วิธี พบว่า อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> มากที่สุด มีระดับความสัมพันธ์ในระดับปานกลางและมีทิศทางความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน กล่าวคือ หากอุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> จะลดลง ส่วนปัจจัยที่พลรองลงมา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลรองลงมา จากอุณหภูมิมีระดับความสัมพันธ์ปานกลาง โดยที่หากปริมาณน้ำฝนมีมากส่งผลให้ปริมาณฝุ่นนั้นลดลงเนื่องจากการชะล้างของน้ำฝน นอกจากนี้ฝนตกทำให้อากาศผิวถนนเย็นลง ทำให้ไม่กระจายตัวขึ้นสูงและสามารถเห็นหมอกควันได้หลังฝนตกใหม่ๆ ส่วนปัจจัยความเร็วลมมีผลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ในทิศทางผกผัน ปัจจัยการแผ่รังสีดวงอาทิตย์นั้นมีอิทธิพลคล้ายคลึงกับปัจจัยที่มีกล่าวมาข้างต้น หากมีรังสีดวงอาทิตย์มากส่งผลให้พื้นถนนที่เป็นสีดาร์กขึ้น และการยกตัวของอากาศจะเพิ่มขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดน้อยลง ความชื้นสัมพัทธ์มีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญและมีทิศทางที่แปรผกผันกัน

ปัจจัยอุตุนิยมวิทยาทั้งหมดที่นำมาศึกษานั้นเมื่อทำการศึกษาด้วยวิธีการสมการถดถอยพหุคูณ ผลวิเคราะห์พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) สามารถบอกระดับอิทธิพลของปัจจัยอุตุนิยมวิทยาต่อฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ในแต่ละถนนมีอิทธิพลแตกต่างกัน ดังนี้ ถนนอินทพรพิทักษ์มีอิทธิพล 27.5% ถนนดินแดงมีอิทธิพล 41.9% และถนนลาดพร้าวมีอิทธิพล 38.1% ส่วนที่เหลือเป็นอิทธิพลที่

เกิดจากปัจจัยอื่นในบริเวณถนนนั้น การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น หากบรรยากาศโดยรวม มีความเร็วลมต่ำ อากาศเย็นและเสถียร แสงแดดไม่จัดมาก เพราะถ้าหากมี อุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลให้มวลอากาศเกิดการยกตัวขึ้น เป็นผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศซึ่งเกิด เป็นลมพัดผ่าน ปริมาณฝุ่นละออง  $PM_{10}$  จะลดลง ลักษณะอากาศแบบนี้มักพบในฤดูหนาว นอกจากนี้ ปริมาณน้ำฝนมีผลต่อฝุ่นละอองในช่วงฤดูฝน หากมีฝนตกลงมาส่งผลโดยตรงต่อฝุ่นละออง  $PM_{10}$  เนื่องจากเกิดการชะล้างทำให้ฝุ่นละอองตกสู่พื้นหรือลดการฟุ้งกระจายขึ้นใหม่ของฝุ่นบนพื้นถนน

#### 5.1.2.2 ความสัมพันธ์ในแต่ละช่วงฤดูกาล

ในการศึกษาโดยการแบ่งเป็นฤดูกาลของแต่ละถนน ผลการศึกษาพบว่า มีหลาย ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ของแต่ละฤดูกาลที่แตกต่างกัน จากการสรุปใน หัวข้อที่ผ่านมาพบว่าปริมาณฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มีสูงขึ้นเมื่อมีสภาวะอากาศเย็น มีความเร็วลมต่ำและ เสถียร มีแสงแดดไม่มาก ซึ่งในสภาวะแบบนี้มักพบในช่วงฤดูหนาว เป็นผลทำให้ช่วงฤดูหนาวนั้นมี ปริมาณฝุ่นละออง  $PM_{10}$  เพิ่มสูงอย่างมาก เมื่อเทียบกับในฤดูร้อนหรือฤดูฝน การเปลี่ยนแปลงของฝุ่น ในแต่ละฤดูกาลมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

ก) ฤดูร้อน ปัจจัยอุตุนิยมวิทยาที่มีผลมากที่สุดคืออุณหภูมิ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ เกิดการแพร่กระจายปริมาณฝุ่นละออง  $PM_{10}$  จึงลดลงในช่วงฤดูร้อนนี้ เมื่อพิจารณาจากปัจจัย อุตุนิยมวิทยาทุกตัวที่นำมาศึกษา พบว่า บริเวณถนนในช่วงฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิสูง ความเร็วลมสูง และมีแสงแดดมาก ทำให้ฝุ่นมีปริมาณลดลงในฤดูนี้ โดยที่ฝนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง อย่างเห็นได้ชัดในถนนอินทรพิทักษ์และถนนดินแดง

ข) ฤดูฝน ในฤดูนี้มีหลายปัจจัยมีเป็นตัวแปรทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฝุ่น ละออง ได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน และเมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ทั้งหมดของแต่ละถนน พบว่ามีความสอดคล้องกับที่ว่าปริมาณฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มีความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นหากบรรยากาศ โดยรวม มีความเร็วลมต่ำ อากาศเย็น เสถียร แสงแดดไม่จัดมาก ส่วนปริมาณน้ำฝนที่หากมีปริมาณ มากส่งผลให้ฝุ่นลดลงได้เช่นกัน

ค) ฤดูหนาว ปัจจัยที่มีผลมากที่สุดในช่วงฤดูหนาวนี้คือ อุณหภูมิ และความเร็วลมซึ่ง แต่ละถนนจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิลดต่ำ แต่ปริมาณฝุ่นละออง  $PM_{10}$  นั้นเพิ่มสูงขึ้น เป็นผลมาจากในฤดูนี้ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ คือ ลมและการยกตัวของอากาศน้อยกว่าในฤดู ร้อนและฤดูฝน ทำให้การสะสมของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ตรงกับข้อสรุปได้มากที่สุด และจากการศึกษา ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนและฝุ่นละอองในฤดูนี้ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญเลย เนื่องจาก ในช่วงเวลานี้มีฝนตกน้อยมากเมื่อเทียบกับฤดูร้อนและฤดูฝน

#### 5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณจราจรและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

ฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ที่เกิดอยู่พื้นที่ริมถนน แหล่งกำเนิดส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้ เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ของรถยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่ง ได้แก่ รถโดยสารขนาดเล็ก และรถโดยสารขนาดใหญ่ ผลการศึกษาพบว่าฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ของถนน ทุกสายมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับรถโดยสาร ซึ่งเป็นรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมัน

เชื้อเพลิงและทิศทางการความสัมพันธ์เป็นในทิศทางบวกแสดงให้ว่าหากมีทั้งสองประเภทนี้อยู่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ในบริเวณนั้นๆ ได้

#### 5.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง $PM_{10}$ ปัจจัยอุตุนิยมวิทยา และปริมาณการจราจร

จากการศึกษาฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มีความสัมพันธ์กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาของแต่ละถนน มีความแตกต่างกันตามลักษณะพื้นที่ คือ บริเวณถนนอินทรพิทักษ์ปัจจัยความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ถนนดินแดงไม่มีปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาใดที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และถนนลาดพร้าวมีปัจจัยความเร็วและอุณหภูมิมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จะพบว่าถนนที่ได้ทำการศึกษาทั้งหมดมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับรถโดยสารทุกเส้นทาง แสดงให้เห็นว่าฝุ่นละออง  $PM_{10}$  บริเวณพื้นที่ริมถนนมีแหล่งกำเนิดที่สำคัญมากจากรถโดยสารประจำทาง ซึ่งโดยส่วนใหญ่รถโดยสารเป็นรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงและเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ การศึกษาแสดงให้เห็นว่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและปริมาณการจราจรมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฝุ่นละออง  $PM_{10}$  อย่างมีนัยสำคัญในพื้นที่ริมถนน

ในกรณีของรถบรรทุกซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองที่สำคัญหากมีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง แต่ผลการศึกษาในถนนอินทรพิทักษ์และถนนดินแดงนั้นพบว่ารถบรรทุกไม่ได้มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณฝุ่นละอองทั้งนี้เนื่องจากในปัจจุบันรถบรรทุกส่วนใหญ่ได้เปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิงประเภท CNG ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงสะอาดไม่ก่อให้เกิดปัญหาฝุ่นละอองแต่อย่างใด

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งมีการดำเนินการในถนนเพียง 3 เส้นทางเท่านั้น ควรมีการศึกษาจากบริเวณถนนเส้นทางอื่นด้วยเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้นกว่าเดิม รวมไปถึงการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง  $PM_{10}$  กับปริมาณจราจร มีการเก็บจำนวนข้อมูลปริมาณการจราจรน้อยเกินไป คือ จุดทำการสำรวจควรมากกว่านี้โดยทำการสำรวจถนนเส้นทางอื่นๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ได้ดียิ่งขึ้น รวมไปถึงควรมีการศึกษาในถนนที่มีปริมาณรถโดยสารเป็นจำนวนมาก เนื่องจากแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง  $PM_{10}$  มาจากรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล และควรต้องมีการเพิ่มชั่วโมงการสำรวจปริมาณจราจรจาก 12 ชั่วโมง เป็น 24 ชั่วโมงแทนเพื่อสามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง  $PM_{10}$  กับปริมาณจราจรได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

## รายการอ้างอิง

- Aryal, R. K., Lee, B.-K., Karki, R., Gurung, A., Kandasamy, J., Pathak, B. K., . . . Giri, N. (2008). Seasonal PM10 dynamics in Kathmandu Valley. Atmospheric Environment, 42(37), 8623-8633. doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.08.016
- Atlantic Nuclear Corp. (2014). Low Volume Air Sampler. Retrieved 11 February, 2014 from <http://www.atnuke.com/nuclear/Airsampling/pump2.htm>
- Barmpadimos, I., Nufer, M., Oderbolz, D. C., Keller, J., Aksoyoglu, S., Hueglin, C., . . . Prévôt, A. S. H. (2011). The weekly cycle of ambient concentrations and traffic emissions of coarse (PM10–PM2.5) atmospheric particles. Atmospheric Environment, 45(27), 4580-4590. doi: 10.1016/j.atmosenv.2011.05.068
- Bhaskar, B. V. (2010). Atmospheric Particulate Pollutants and their Relationship with Meteorology in Ahmedabad. Aerosol and Air Quality Research, 10. doi: 10.4209/aaqr.2009.10.0069
- Chan, L. E. a. K., W. S.,. (2001). Roadside suspended particulates at haeavily traffic urban site of HongKong seasonal variation and dependence on meterological acondition. Atmospheric Environment, 35.
- Chang, C. T., & Tsai, C. J. (2003). A model for the relative humidity effect on the readings of the PM10 beta-gauge monitor. Journal of Aerosol Science, 34(12), 1685-1697. doi: 10.1016/s0021-8502(03)00356-2
- Cheng, Y., Ho, K. F., Lee, S. C., & Law, S. W. (2006). SEASONAL AND DIURNAL VARIATIONS OF PM1.0, PM2.5 AND PM10 IN THE ROADSIDE ENVIRONMENT OF HONG KONG. China Particuology, 4(6). doi: 10.1016/S1672-2515(07)60281-4
- Galindo, N., Varea, M., Gil-Moltó, J., Yubero, E., & Nicolás, J. (2010). The Influence of Meteorology on Particulate Matter Concentrations at an Urban Mediterranean Location. Water, Air, & Soil Pollution, 215(1-4), 365-372. doi: 10.1007/s11270-010-0484-z
- Gardner, D. E. (1994). Direct and indirect to the respiratory tract. In P. W. S. V. Spagnolo (Ed.), Air Pollution and Lung Disease in Adults (pp. 19-46). Florida United States of America: CRC Press Inc.
- Great River Equipment and Supply Inc. (2012). Air Monitoring. Retrieved 11 February, 2014, from <http://www.greatriverequipment.com/air-monitoring>
- Harrison, R. M., Jones, A. M., & Barrowcliffe, R. (2004). Field study of the influence of meteorological factors and traffic volumes upon suspended particle mass at urban roadside sites of differing geometries. Atmospheric Environment, 38.



- Jean-Paul Rodrigue. (2011). Pneumatic Road Tube Counter. Retrieved 3 January, 2014, from [https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/methods/pneumatic\\_road\\_tube\\_counter.html](https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/methods/pneumatic_road_tube_counter.html)
- Jina, K. (2005). The relationship between metrological parameters and particulate matter concentration. (Master's Thesis), Mahidol University.
- Karar, K., and Gupta, A. K. (2006). Seasonal variations and chemical characterization of ambient PM10 at residential and industrial sites of an urban region of Kolkata (Calcutta), India. Atmospheric Research, 81(1), 36-53. doi: 10.1016/j.atmosres.2005.11.003
- Kong, S., Ji, Y., Liu, L., Chen, L., Zhao, X., Wang, J., . . . Sun, Z. (2013). Spatial and temporal variation of phthalic acid esters (PAEs) in atmospheric PM10 and PM2.5 and the influence of ambient temperature in Tianjin, China. Atmospheric Environment, 74, 199-208. doi: 10.1016/j.atmosenv.2013.02.053
- Mok, K. M., and Hoi, K. I. (2005). Effects of Meteorological Conditions on PM10 Concentrations - A Study in Machu. Environmental Monitoring and Assessment, 102.
- Molnár, P. (2002). Measurement Methods II How to detect, collect and analyse aerosol particles. Retrieved 3 January, 2014, from <http://fy.chalmers.se/OLDUSERS/molnar/lectures/Measurement%20Methods%20II.htm>
- Nanaki, E. A., Koroneos, C., Xydīs, G. A., & Rovas, D. (2014). Comparative environmental assessment of Athens urban buses-Diesel, CNG and Biofuel powered. Transport Policy. doi: 10.1016/j.tranpol.2014.04.001
- Nevers, N. D. (2000). Air Pollution Control Engineering Boston USA: McGraw Hill Higher Education.
- Pateraki, S., Asimakopoulos, D. N., Flocas, H. A., Maggos, T., and Vasilakos, C. (2012). The role of meteorology on different sized aerosol fractions PM10, PM2.5, PM2.5-10. Sci Total Environ, 419, 124-135. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.12.064
- Pérez, N., Pey, J., Cusack, M., Reche, C., Querol, X., Alastuey, A., & Viana, M. (2010). Variability of Particle Number, Black Carbon, and PM10, PM2.5, and PM1 Levels and Speciation: Influence of Road Traffic Emissions on Urban Air Quality. Aerosol Science and Technology, 44(7), 487-499. doi: 10.1080/02786821003758286
- Queensland Government. (2014). High and low volume air samplers. Retrieved 3 January, 2014, from <https://www.qld.gov.au/environment/pollution/monitoring/air-pollution/samplers/>

- Reehoo E Systems. (2012). Beta Ray Attenuation (B) - Air Particulate Concentration. Retrieved 3 January, 2014, from <http://www analysersindia.com/Beta-Ray-Attenuation-Air-Particulate-Concentration.html>
- Srimuruganandam, B., and Shiva Nagendra S. M. (2011). Characteristics of particulate matter and heterogeneous traffic in the urban area of India. Atmospheric Environment, 45(18), 3091-3102. doi: 10.1016/j.atmosenv.2011.03.014
- Stem, A. C. (1986). Air Pollution (3 ed. Vol. 2). New York United States.
- Turalioglu, F. S., Nuhoglu, A., and Bayraktar, H. (2005). Impacts of some meteorological parameters on SO<sub>2</sub> and TSP concentrations in Erzurum, Turkey. Chemosphere, 59.
- US.EPA. (1996). Air Quality Criteria for Particulate Matter (Vol. 1). Washington DC. United States.
- US.EPA. (2010). Integrated Science Assessment for Particulate Matter. United States of America.
- Wang, Y., Li, J., Cheng, X., Lun, X., Sun, D., and Wang, X. (2014). Estimation of PM<sub>10</sub> in the traffic-related atmosphere for three road types in Beijing and Guangzhou, China. Journal of Environmental Sciences, 26(1), 197-204. doi: 10.1016/s1001-0742(13)60398-8
- Wikipedia. (2014). Beta attenuation monitoring. 11 February, from [http://en.wikipedia.org/wiki/Beta\\_attenuation\\_monitoring](http://en.wikipedia.org/wiki/Beta_attenuation_monitoring)
- Yassen, M. E. (2003, 1-5 September 2003). The Relationship Between Dust Particulates and Meteorological Parameters in Kuala Lumpur and Petaling Jaya, Malaysia. Paper presented at the Paper Presented at the 5th International Conference on Urban Climate, Lodz Poland.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2546). คู่มือการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ (Vol. 1). กรุงเทพมหานคร.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2553). สถานการณ์และจัดการปัญหาหมอกพิษทางอากาศและเสียง ปี 2553. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ฮีลท์ จำกัด.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2555). เกร็ดความรู้เรื่องฝุ่นละออง. Retrieved 3 มกราคม, 2557, from [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/air\\_dust.htm](http://www.pcd.go.th/info_serv/air_dust.htm)
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2522). นิยามศัพท์อุตุนิยมวิทยา. กรุงเทพมหานคร: กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม.
- กัลยากร ตั้งอุไรวรรณ. (2549). การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในจังหวัดสมุทรปราการ. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นพภาพร พานิช และแสงสันต์ พานิช. (2544). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- บัญญัติ ปริชญานนท์. (2532). โรคปอดเนื่องจากอาชีพในโรกระบบทางเดินหายใจ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แอดดร้าอินเตอร์เนชันแนล.
- มนตรี ชูติชัยศักดิ์. (2557). เครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองและอนุกรมวิทยา. กรุงเทพมหานคร.
- รพีพัฒน์ เกิร์กไกล. (2543). องค์ประกอบธาตุในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ใน กรุงเทพมหานคร (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รังสรรค์ อาภาศัพท์กุล. (2547). อนุกรมวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพมหานคร.
- วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ นิตยา มหาผล และ ชีระ เกรอต. (2543). มลภาวะอากาศ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วินิตา จินศาสตร์. (2550). มลพิษอากาศและการจัดการคุณภาพอากาศ. กรุงเทพมหานคร: มิสเตอร์ก็อปปี (ประเทศไทย).
- ศิริวรรณ แก้วงาม. (2543). สีฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2555). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2555. กรุงเทพมหานคร.
- สุธีลา ตูลยะเสถียร โกศล วงศ์สุวรรณ และสถิต วงศ์สุวรรณ. (2544). มลพิษสิ่งแวดล้อม (พิมพ์ครั้งที่ 1 ed.). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์รวมสาส์น.
- สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2551). วิศวกรรมขนส่ง. ชลบุรี: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุวพันธ์ นิลายน. (2543). อนุกรมวิทยา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## ภาคผนวก ก

ข้อมูลฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> และอุตุนิยมวิทยาตารางที่ ก-1 ตัวอย่างข้อมูลฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> และปัจจัยอุตุนิยมวิทยาถนนอินทรพิทักษ์

เดือน/ปี	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	ปริมาณ น้ำฝน (mm.)	ความเร็ว ลม (m/s)	รังสีดวง อาทิตย์ ( $\text{w}/\text{m}^2$ )
1/45	99	28.0	78	0.0	1.0	61
2/45	64	29.2	90	0.0	1.5	63
3/45	61	29.7	91	0.1	1.6	105
4/45	53	31.2	82	0.1	1.7	144
5/45	56	30.1	62	0.3	1.3	82
6/45	49	30.0	59	0.1	1.4	84
7/45	53	30.0	73	0.2	1.9	81
8/45	47	29.1	78	0.2	1.7	77
9/45	43	28.8	83	0.3	1.5	75
10/45	65	29.1	80	0.3	0.8	66
11/45	62	28.7	76	0.3	0.7	62
12/45	67	29.0	74	0.1	0.7	56
1/46	77	28.0	58	0.0	1.0	78
2/46	53	29.1	76	0.0	1.5	96
3/46	52	29.4	78	0.1	1.3	92
4/46	40	31.3	71	0.1	1.6	120
5/46	48	30.6	73	0.1	1.7	108
6/46	45	30.0	74	0.3	1.6	98
7/46	43	29.2	80	0.3	1.4	86
8/46	41	29.6	77	0.3	1.7	83
9/46	47	28.5	83	0.3	1.3	75
10/46	53	29.4	77	0.2	0.9	72
11/46	63	30.2	71	0.0	0.9	66
12/46	77	27.4	57	0.0	0.8	69
1/47	68	27.9	74	0.1	1.1	72
2/47	61	27.8	80	0.1	1.4	81
3/47	61	29.9	82	0.0	1.7	93

การผนวก ข.

ตัวอย่างข้อมูลปริมาณจราจร

ตาราง ข ตัวอย่างข้อมูลจราจรบริเวณถนนอินทรพิทักษ์

ช่วงเวลา	จักรยานยนต์	รถรับจ้างสาธารณะ	รถยนต์ส่วนบุคคล	รถโดยสารขนาดเล็ก	รถโดยสารขนาดใหญ่	รถบรรทุกขนาดเล็ก	รถบรรทุกขนาดใหญ่
7.00-8.00	3,732	652	1,976	20	64	392	0
8.00-9.00	3,548	664	1,780	24	68	432	4
9.00-10.00	2,071	644	1,055	7	83	464	0
10.00-11.00	1,856	924	1,072	12	80	512	12
11.00-12.00	1,964	836	908	16	84	712	8
12.00-13.00	1,540	916	880	12	96	672	0
13.00-14.00	1,640	1,212	712	20	76	472	12
14.00-15.00	1,756	1,112	924	28	64	608	8
15.00-16.00	1,632	1,008	1,036	20	64	448	0
16.00-17.00	1,908	1,116	1,416	16	104	608	0
17.00-18.00	2,196	924	1,588	16	88	508	4
18.00-19.00	2,280	956	1,888	27	24	512	0

## ภาคผนวก ค

## ปริมาณการจราจรโดยแบ่งตามช่วงเวลา

ตารางที่ ค-1. ปริมาณการจราจรถนนอินทรพิทักษ์ (คัน/ชั่วโมง)

ช่วงเวลา	3/6/56	4/6/56	5/6/56	6/6/56	7/6/56	8/6/56	9/6/56
7.00 – 8.00	6836	6384	5448	6960	6316	3852	3960
8.00 – 9.00	6520	6384	5352	6324	5952	5108	3683
9.00 – 10.00	4323	5140	4276	5232	4512	4716	3776
10.00 – 11.00	4468	4168	4236	4260	4216	4484	3984
11.00 – 12.00	4528	3996	4436	4212	3964	4520	3484
12.00 – 13.00	4116	3616	4116	4216	3876	3984	3600
13.00 – 14.00	4144	3508	4092	4036	3916	3908	3900
14.00 – 15.00	4500	3780	4236	3940	3916	4068	3752
15.00 – 16.00	4208	4216	4376	4288	4520	3384	3592
16.00 – 17.00	5168	5004	5036	5152	4864	4192	3644
17.00 – 18.00	5324	5328	5476	5600	5516	5332	3932
18.00 – 19.00	5780	5740	5780	5556	6104	5500	3960
รวม	59915	57264	56860	59776	57672	53048	45267

ตารางที่ ค-2. ปริมาณการจราจรถนนดินแดง (คัน/ชั่วโมง)

ช่วงเวลา	10/6/56	11/6/56	12/6/56	13/6/56	14/6/56	15/6/56	16/6/56
7.00 – 8.00	8795	8096	9408	8844	8996	6124	4592
8.00 – 9.00	8930	7999	9552	8924	9476	5800	5108
9.00 – 10.00	8258	8042	8688	8032	8256	6752	6124
10.00 – 11.00	7862	7746	8220	7876	8232	7316	6280
11.00 – 12.00	7763	7916	7680	7956	8472	6400	5004
12.00 – 13.00	7209	7456	7596	7340	7596	7420	5936
13.00 – 14.00	7644	7396	7508	5700	7796	6800	6332
14.00 – 15.00	7823	7368	8352	6868	8204	6652	5708
15.00 – 16.00	8794	8588	8580	7872	8248	6944	6532
16.00 – 17.00	8441	8900	8560	7916	8968	6712	6876
17.00 – 18.00	7824	6120	7352	7676	7800	7100	6828
18.00 – 19.00	7696	5164	7032	7312	8224	7176	7156
รวม	97039	90791	98528	92316	100268	81196	72476

ตารางที่ ค-3. ปริมาณการจราจรถนนลาดพร้าว (คัน/ชั่วโมง)

ช่วงเวลา	17/6/56	18/6/56	19/6/56	20/6/56	21/6/56	22/6/56	23/6/56
7.00 – 8.00	8250	6576	6284	7040	7520	5496	4268
8.00 – 9.00	6372	6632	6480	6356	7480	6188	4632
9.00 – 10.00	5256	5546	6068	6016	4416	6184	5236
10.00 – 11.00	5860	5400	5852	5840	4260	5712	4812
11.00 – 12.00	6088	5824	6104	6180	3656	4912	4840
12.00 – 13.00	5548	5548	4652	5524	5448	5148	4860
13.00 – 14.00	5764	5244	5488	5108	5808	5400	5144
14.00 – 15.00	5288	4836	5228	5944	5536	5244	5016
15.00 – 16.00	5468	5904	5784	5928	5616	4840	4692
16.00 – 17.00	4604	6168	5844	6084	5600	5352	4232
17.00 – 18.00	5700	5972	5564	5236	5792	4652	5048
18.00 – 19.00	4848	5904	4900	5396	5120	4352	4662
รวม	69046	69554	68248	70652	66252	63480	57442



ภาคผนวก ง  
การสำรวจปริมาณจราจร



ภาพที่ ง-1 ลักษณะโครงสร้างถนนอินทพิทักษ์



ภาพที่ ง-2 ลักษณะโครงสร้างถนนดินแดง



ภาพที่ ง-3 ลักษณะโครงสร้างถนนลาดพร้าว



ภาพที่ ง-4 การตั้งกล้องบันทึกบริเวณถนนอินทรพิทักษ์



ภาพที่ ง-5 การตั้งกล้องบันทึกบริเวณถนนดินแดง



ภาพที่ ง-6 การตั้งกล้องบันทึกบริเวณถนนลาดพร้าว



### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ตระวรรณ หาญกิจรุ่ง เกินวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2530 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ปีการศึกษา 2551 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553 การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้มีการนำไปเผยแพร่ผลงานในการประชุมวิชาการแห่งชาติ ครั้งที่ 10 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2556



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY