มลพิษอากาศที่บุคคลได้รับจากการเดินทาง และการจราจร ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

นางสาวกุลธิดา ตระสินธุ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-533-419-7

HUMAN EXPOSURE TO AIR POLLUTANTS FROM COMMUTATION AND TRAFFIC IN NAKHON RATCHASIMA MUNICIPALITY.

Miss Kulthida Trasin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2004

ISBN 974-533-419-7

มลพิษอากาศที่บุคคลได้รับจากการเดินทาง และการจราจร
ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อ. ดร.วุฒิ ด่านกิตติกุล)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.สุดจิต ครุจิต)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร.จรียา ยิ้มรัตนบวร)
กรรมการ

(อ. ดร.นเรศ เชื้อสุวรรณ)
กรรมการ

(รศ. น.ท. ดร.สราวุฒิ สุจิตจร)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. น.อ. ดร.วรพจน์ ขำพิศ)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

กุลธิดา ตระสินธุ์: มลพิษอากาศที่บุคคลได้รับจากการเดินทางและการจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (HUMAN EXPOSURE TO AIR POLLUTANTS FROM COMMUTATION AND TRAFFIC IN NAKHON RATCHASIMA MUNICIPALITY.) อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ. ดร.สุดจิต ครุจิต, 102 หน้า.
ISBN: 974-533-419-7

งานวิจัยนี้ศึกษาระดับฝุ่นละอองในการเดินทาง และการจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา และประมาณปริมาณฝุ่นที่ได้รับ รวมทั้งประเมินความเสี่ยงของประชากรกลุ่มต่างๆ โดยเก็บตัวอย่างความเข้มข้นของฝุ่นรวม (TSP) และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ในรถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถประจำทางขนาดเล็ก และรถยนต์ ผลการวิจัยพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในรถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถประจำทางขนาดเล็ก และรถยนต์ มีค่า 144 56 30 และ 89 มค.ก./ลบ.ม. ตามลำดับ สำหรับฝุ่นรวมมีค่า 306 188 51 และ 170 มค.ก./ลบ.ม. ตามลำดับ การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่บุคคลได้รับระหว่างกลุ่มพบว่ากลุ่มเด็กมีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นที่ได้รับมากกว่ากลุ่มผู้ใหญ่อย่างมีนัยสำคัญ กลุ่มผู้ใหญ่เพศชายมีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นที่ได้รับสูงกว่าเพศหญิง กลุ่มพนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศได้รับปริมาณฝุ่นสูงกว่ากลุ่มอาชีพอื่นที่ศึกษา และได้รับปริมาณฝุ่น PM_{10} มากกว่าปริมาณอ้างอิง

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนักศึกษา กุลธิดา ตระสินธุ์

ปีการศึกษา 2547 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

KULTHIDA TRASIN : HUMAN EXPOSURE TO AIR POLLUTANTS FROM COMMUTATION AND TRAFFIC IN NAKHON RATCHASIMA MUNICIPALITY. THESIS ADVISOR : SUDJIT KARUCHIT, Ph.D., 102 PP.
ISBN: 974-533-419-7

TSP/ PM_{10}/ VEHICLE/ TRAFFIC/ EXPOSURE TO POLLUTANT/ POTENTIAL DOSE

This research involves measurement of particulate matters levels during commutation and traffic in Nakhon Ratchasima Municipality area, and estimates corresponding potential dose and relative risk of various population groups. Sampling of TSP and PM_{10} were done for the following types of vehicle: air-conditioning bus, regular bus, small bus and car. Results show the concentration of PM_{10} in air-conditioning bus, regular bus, small bus, and car equal 144, 56, 30, and 89 microgram/m^3, respectively. For TSP, the concentrations equal 306, 188, 51, and 170 microgram/m^3, respectively. Comparisons of potential doses among population groups indicate that children have significantly higher average potential dose values than adults. For adults, men have significantly higher average potential dose values than women. Air-conditioning bus drivers have the highest average potential dose among occupational group, which is higher than the reference dose.

School of Environmental Engineering Student's Signature Kulthida Trasin

Academic Year 2004 Advisor's Signature

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 มลภาวะทางอากาศ 5
2.2 อนุภาคมลสาร 7
2.3 อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน 8
2.4 วิธีการวัดปริมาณฝุ่นละอองและค่ามาตรฐานในบรรยากาศ 10
2.4.1 การวัดปริมาณฝุ่นละออง 10
2.4.2 ค่ามาตรฐานในการควบคุมฝุ่นละออง 10
2.4.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ 11
2.4.4 ชนิดของการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศ 11
2.4.5 เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแบบติดที่ตัวบุคคล 12

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 ข้อมูลพื้นฐานในจังหวัดนครราชสีมา 15
2.5.1 ข้อมูลประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 15
2.5.2 โครงข่ายถนนและการจัดการจราจร 17
2.5.3 รถขนส่งสาธารณะ 18
2.5.4 การให้บริการของตำรวจจราจร 18
2.6 การประเมินความเสี่ยงสุขภาพ 20
2.7 งานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง 24
2.8 บทสรุป 27
3 การดำเนินการวิจัย 28
3.1 การกำหนดพื้นที่เป้าหมาย 28
3.2 การเลือกกลุ่มเป้าหมาย 28
3.3 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 29
3.3.1 รถประจำทางปรับอากาศ และรถประจำทางไม่ปรับอากาศ 29
3.3.2 รถโดยสารขนาดเล็ก 31
3.4 ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง 32
3.5 แผนการเก็บตัวอย่าง 32
3.5.1 รถประจำทาง 33
3.5.2 รถโดยสารขนาดเล็ก 33
3.6 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง 33
3.6.1 การเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม 33
3.6.2 การเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน 34
3.6.3 การสอบเทียบอัตราการไหลอากาศ 35
3.6.4 การสอบเทียบความเที่ยงของเครื่องมือ Air Sampling Systems 35
3.7 การวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละออง 36
3.8 การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการได้รับมลพิษอากาศ 37

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.8.1 สถานศึกษา 39
3.8.2 พนักงานขับรถโดยสาร 39
3.8.3 ตำรวจจราจร 40
3.8.4 กลุ่มคนทำงาน 40
4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล 41
4.1 ความเข้มข้นของฝุ่นรวมและฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน 41
4.2 สัดส่วนฝุ่นละออง PM_{10}/TSP 45
4.3 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละอองในแต่ละจุดตรวจวัด 46
4.4 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละอองกับสภาพอากาศรายวัน 48
4.5 พฤติกรรมการใช้ยานพาหนะของประชาชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 50
4.6 การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่กลุ่มบุคคลได้รับและการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ 53
4.6.1 การเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน 53
4.6.2 การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มประชากรย่อย 56
5 บทสรุป 61
5.1 สรุปผลการวิจัย 61
5.1.1 ผลการเก็บข้อมูลมลพิษบนยานพาหนะ 61
5.1.2 ข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของประชาชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 62
5.1.3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่กลุ่มบุคคลได้รับและประเมินความเสี่ยง 62
5.2 ข้อจำกัดของการวิจัย 63
5.2.1 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศ 63
5.2.2 เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ 63
5.2.3 เส้นทางการเดินรถโดยสาร 63
5.2.4 ความเข้มข้นฝุ่นละอองในรถยนต์ส่วนบุคคล 63
5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป 64

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง.....65

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดลอง 69

ภาคผนวก ข แบบสอบถามพฤติกรรมการเดินทาง ของประชาชนในเขตเทศบาลนคร นครราชสีมา 84

ภาคผนวก ค ความเข้มข้นฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไป จากโครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งในจังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ. 2547 88

ภาคผนวก ง ข้อมูลทางสถิติ 90

ภาคผนวก จ การคำนวณค่าเฉลี่ย PotentialDose 98

ประวัติผู้เขียน 102

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ประเมินอัตราการระบายสารมลพิษทางอากาศในปี พ.ศ. 2545 6
2.2 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อกลไกการตกค้างฝุ่นละอองในส่วนต่างๆของระบบหายใจ 9
2.3 จำนวนประชากรและการจ้างงานในจังหวัดนครราชสีมา ปีพ.ศ. 2545 15
2.4 รายชื่อสถานศึกษา และจำนวนนักเรียนนักศึกษา ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 16
2.5 แสดงเส้นทางการเดินรถประจำทางและรถโดยสารขนาดเล็กในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 19
2.6 อัตราการหายใจ แบ่งตามอายุ เพศ และกิจกรรม 25
3.1 การเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม และฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน 32
3.2 แผนการเก็บตัวอย่างอากาศ 33
3.3 ผลความเข้มข้นฝุ่นละอองในสถานที่ และเวลาเดียวกัน 36
3.4 รายละเอียดโรงเรียนที่ทำการสุ่มเพื่อแจกแบบสอบถาม 39
4.1 ความเข้มข้นฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน 45
4.2 สัดส่วน PM_{10}/TSP ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง 46
4.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละอองที่เก็บตัวอย่างในเวลาเดียวกัน 47
4.4 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละอองใน 4 จุดตรวจวัด 49
4.5 รายละเอียดตัวแปรจากข้อมูลแบบสอบถาม 51
4.6 รายละเอียดจากแบบสอบถามพฤติกรรมการใช้ยานพาหนะของประชาชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 52
4.7 ค่าเฉลี่ย Potential Dose ของฝุ่นรวมและฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในกลุ่มบุคคลต่างๆ 52
4.8 การคำนวณปริมาณอ้างอิง 55
4.9 ผลการทดสอบทางสถิติของปริมาณฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่บุคคลได้รับ เทียบกับปริมาณอ้างอิง 56
4.10 ผลการทดสอบทางสถิติการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับตามกลุ่มอายุ 57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.11 ผลการทดสอบทางสถิติการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับแบ่งตามเพศ 57
4.12 ผลการทดสอบทางสถิติการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับแบ่งตามกลุ่มอาชีพ 58
ก1 น้ำหนักกระดาษกรองก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ 67
ก2 การสอบเทียบอัตราการไหลอากาศ 70
ก3 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นรวม ในที่นั่งตอนหลังรถโดยสารขนาดเล็ก 71
ก4 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในที่นั่งตอนหลังรถโดยสารขนาดเล็ก 72
ก5 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นรวม ในที่นั่งตอนหน้ารถโดยสารขนาดเล็ก 73
ก6 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในที่นั่งตอนหน้ารถโดยสารขนาดเล็ก 74
ก7 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นรวม ในรถประจำทางไม่ปรับอากาศ 75
ก8 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในรถประจำทางไม่ปรับอากาศ 76
ก9 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นรวม ในรถประจำทางปรับอากาศ 77
ก10 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในรถประจำทางปรับอากาศ 78
ก11 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในการสอบเทียบเครื่องมือ 79
ก12 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นรวม ในการสอบเทียบเครื่องมือ 80
ค1 ความเข้มข้นฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไป 86
ง1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson แสดงความสัมพันธ์ของฝุ่นขนาเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถประจำทางปรับอากาศกับข้อมูลสภาพอากาศรายวัน 88
ง2 ผลการทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน 89
ง3 ผลการทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน 90
ง4 ความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นรวมในแต่ละจุดตรวจวัด 91
ง5 ความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในแต่ละจุดตรวจวัด 92
ง6 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นรวม และปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน กับปริมาณอ้างอิง 93

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ง7	ผลการทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบเชิงซ้อน	94
ง8	ผลการทดสอบสมมติฐานของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองประชากร	95
ง9	ผลการทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบเชิงซ้อน	96
จ1	ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม และการกำหนดตัวแปรสำหรับบุคคลทั่วไป	98
จ2	ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม และการกำหนดตัวแปรสำหรับพนักงานขับรถโดยสาร	99
จ3	ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม และการกำหนดตัวแปรสำหรับตำรวจจราจร	100

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การติดเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคล	12
2.2	ปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ	13
2.3	ตลับกรอง	13
2.4	หลักการทำงานของไซโคลน	14
2.5	การสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศด้วย Soap-bubble meter	15
2.6	เส้นทางถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	17
2.7	แผนผังถนนสายหลักเมืองชั้นใน ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	18
2.8	แผนผังการเข้าสู่ร่างกายของสารเคมีโดยการหายใจ	23
3.1	รถประจำทางปรับอากาศ และรถประจำทางไม่ปรับอากาศ ของเส้นทางสายที่ 3	29
3.2	เส้นทางการเดินรถประจำทาง และรถโดยสารขนาดเล็ก	30
3.3	การติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศในกล่องโลหะ	30
3.4	การติดตั้งเครื่องมือในรถประจำทางปรับอากาศ และรถประจำทางไม่ปรับอากาศ	30
3.5	รถโดยสารขนาดเล็ก เส้นทางที่ 8	31
3.6	การติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศในรถโดยสารขนาดเล็ก	31
4.1	ความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถประจำทาง ใน 5 ตัวอย่างที่เก็บข้อมูล	42
4.2	ความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถโดยสารขนาดเล็ก ใน 5 ตัวอย่างที่เก็บข้อมูล	42
4.3	ความเข้มข้นฝุ่นรวม ในรถประจำทาง ใน 5 ตัวอย่างที่เก็บข้อมูล	43
4.4	ความเข้มข้นฝุ่นรวม ในรถโดยสารขนาดเล็ก ใน 5 ตัวอย่างที่เก็บข้อมูล	44
4.5	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นรวมและฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในยานพาหนะประเภทต่างๆ	45
4.6	ระยะเวลาเฉลี่ยที่แต่ละกลุ่มบุคคลอยู่ในบรรยากาศการเดินทางและการจราจร	53
4.7	ค่า Hazard Quotient ของ ฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในแต่ละกลุ่มบุคคล	60

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

TSP	=	ฝุ่นรวม (Total Suspended Solid)
PM_{10}	=	ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (Particulate Matter Diameter Less Than 10 Micron)
NIOSH	=	National Institute for Occupational Safety and Health
IR	=	อัตราการหายใจ
BW	=	น้ำหนักตัว
mg	=	มิลลิกรัม
sd.	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
HQ	=	Hazard Quotient
RfD.	=	ปริมาณอ้างอิง (Reference Dose)
W	=	น้ำหนักกระดาษกรอง
V	=	ปริมาตรอากาศ
WHO	=	World Health Organization
NO_x	=	ไนโตรเจนออกไซด์
SO_2	=	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์
CO	=	คาร์บอนมอนนอกไซด์
PM	=	ฝุ่นละออง
VOC	=	สารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compound)
HC	=	สารไฮโดรคาร์บอน
TLV	=	Threshold Limit Value
EPA	=	Environmental Protection Agency
CDI	=	Chronic Daily Intake
PF	=	Carcinogenic Potency Factor
IRIS	=	Integrated Risk Information System
$^{\circ}C$	=	องศาเซลเซียส
RH	=	ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
kg.	=	กิโลกรัม

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

m^3	=	ลูกบาศก์เมตร
C_i	=	ความเข้มข้นฝุ่นละออง
t_i	=	ระยะเวลา
$\overline{X}$	=	ค่าเฉลี่ย
มค.ก.	=	ไมโครกรัม
ม.ก.	=	มิลลิกรัม
ลบ.ม.	=	ลูกบาศก์เมตร
ชม.	=	ชั่วโมง

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

สถานการณ์มลพิษอากาศของประเทศไทย จากการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศโดยกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมในปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2545 พบว่าสำหรับคุณภาพอากาศในเมืองใหญ่ๆ ของประเทศไทยนั้น ฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) เป็นปัญหาสำคัญที่ต้องแก้ไขเนื่องจากมีค่าเกินมาตรฐานบ่อยครั้งที่สุดเมื่อเทียบกับมลพิษประเภทอื่น โดยเฉพาะบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นจะมีปัญหารุนแรงกว่าพื้นที่ทั่วไปเนื่องจากอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญ ได้แก่ ยานพาหนะ นอกจากนี้มีการศึกษาพบว่าปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศจะแปรตามปริมาณการจราจรเป็นสำคัญ บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นพบปริมาณฝุ่นละอองมากกว่าบริเวณที่มีการจราจรเบาบาง (Cheursuwan, 2545; ศิริวรรณ แก้วงาม, 2543)

ผลกระทบที่สำคัญจากฝุ่นละอองในเขตเมืองได้แก่ผลกระทบทางสุขภาพ ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เป็นตัวชี้วัดได้ดีในการส่งผลกระทบทางสุขภาพ เนื่องจากมีขนาดเล็กจึงสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ลึกกว่าฝุ่นขนาดใหญ่ และก่อให้เกิดโรคทางเดินหายใจ แหล่งที่มาที่สำคัญของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ได้แก่ ฝุ่นปลิวจากถนน ฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ ฝุ่นจากการก่อสร้าง และฝุ่นจากโรงผลิตไฟฟ้า ซึ่งฝุ่นปลิวจากถนนและฝุ่นจากไอเสียรถยนต์ นั้น ส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดดีเซล หรือที่เรียกว่า Diesel Exhaust Particulates คิดเป็นร้อยละ 55.8 ของแหล่งกำเนิดฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนทั้งหมดในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (ชัชวาล จันทรวิจิตร, 2542) นับว่าฝุ่นที่เกิดจากยานพาหนะและการจราจรเป็นปัจจัยหลักในการก่อให้เกิดฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

ธาตุที่พบในฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ได้มีการศึกษาพบในกรุงเทพมหานคร อาทิ คาร์บอนโซเดียม อลูมิเนียม ซิลิกา คลอรีน เหล็กโพแทสเซียม ซัลเฟอร์ สังกะสี แมงกานีส ตะกั่ว ทองแดง ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนของธาตุที่เป็นตัวระบุถึงแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง พบว่าธาตุดังกล่าวข้างต้นส่วนใหญ่จะพบในฝุ่นที่มีแหล่งกำเนิดมาจากการจราจร (อรุบล โชติพงษ์, 2541;

สมานชัย เลิศกมลวิทย์, 2543; รพีพัฒน์ เกริกไกวัล, 2543) ธาตุที่พบในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเหล่านี้จะก่อให้เกิดผลกระทบทางสุขภาพได้หลายทาง เช่น โรคปอดอันเนื่องมาจากการสะสมของอนุภาค เป็นไข้เนื่องจากการได้รับฟูมของโลหะการแพ้การระคายเคืองของจมูกและคอ และ อันตรายของอวัยวะอันเนื่องจากอนุภาคอนินทรีย์ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด โดยเฉพาะตะกั่ว ซึ่งจะทำอันตรายต่ออวัยวะภายในร่างกายอาทิ ปอดไขกระดูก ไต ระบบสืบพันธุ์ ระบบประสาท และทำอันตรายต่อสมอง

รายงานผลการศึกษาบ่งชี้ถึงอันตรายของอนุภาคมลสารที่มีขนาดเล็ก ที่สามารถผ่านลมหายใจเข้าสู่ปอดได้ (Respirable Particulate Matter, RPM) รวมทั้งอนุภาคมลสารที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนทำให้เกิดผลกระทบทางสุขภาพ โดยมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มจำนวนผู้ป่วยในโรคของระบบทางเดินหายใจ และอัตราการตาย กล่าวคือระดับของฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเพิ่มขึ้น 10 มค.ก./ลบ.ม. (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) จะสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลประจำวัน อันเนื่องมาจากการเจ็บป่วยด้วยโรคของระบบทางเดินหายใจประมาณร้อยละ 0.5-4.5 ความสัมพันธ์ที่พบนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาอื่นๆทั่วโลก (มาริสา เพ็ญสุต ภู่ภิญโญกุล, 2542) อย่างไรก็ตามจากการค้นคว้าเกี่ยวกับการได้รับมลพิษของบุคคล พบว่างานวิจัยโดยทั่วไปจะทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป ไม่ได้ทำการตรวจวัดที่ตัวบุคคล ทำให้ไม่ทราบปริมาณมลพิษแท้จริงที่บุคคลได้รับ เช่น งานวิจัยของ สมานชัย เลิศกมลวิทย์ (2543) และศิริวรรณ แก้วงาม (2543) เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาเกี่ยวกับมลพิษอากาศในสิ่งแวดล้อมที่เชื่อมโยงกับการจราจรโดยตรง คือ ภายในห้องโดยสารของยานพาหนะรูปแบบต่างๆ มีน้อยมาก และยังไม่พบการศึกษาในรูปแบบดังกล่าวในประเทศไทย

จากปัญหาและข้อจำกัดของผลการวิจัยปัญหามลพิษอากาศของฝุ่นละอองดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาเกี่ยวกับมลพิษอากาศที่บุคคลได้รับจากการเดินทางและการจราจร และได้เลือกพื้นที่ศึกษาในเขตเมืองของจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีตัวเมืองขนาดใหญ่มีประชากรเป็นอันดับที่สองของประเทศไทย มีความเจริญทางด้านอุตสาหกรรม การก่อสร้าง และมีประชากรหนาแน่นในเขตเมือง ส่งผลให้การจราจรมีความติดขัดและแออัดในช่วงเวลาเร่งด่วน ซึ่งประชาชนโดยทั่วไปจำเป็นต้องใช้การจราจรเพื่อเดินทางไปยังสถานที่ทำงาน หรือสถานศึกษาเป็นประจำทุกวัน โดยกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่บุคคลที่ได้รับมลพิษอากาศระหว่างการเดินทางเป็นประจำทุกวัน ซึ่งแบ่งประเภทของยานพาหนะที่ใช้เดินทางเป็น รถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถโดยสารขนาดเล็ก และรถยนต์ส่วนบุคคล

การศึกษานี้ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างโดยการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่ตัวบุคคล เพื่อให้ได้ปริมาณของมลพิษที่บุคคลได้รับอย่างแท้จริงด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดฝุ่นที่ติดที่ตัวบุคคล ทำการเก็บ

ตัวอย่างในเวลากลางวัน เนื่องจากเป็นช่วงที่คนส่วนใหญ่เดินทาง และเก็บตัวอย่างเฉพาะวันทำงาน เพื่อมลพิษที่เก็บตัวอย่างจะเป็นมลพิษอากาศอันเนื่องมาจากการเดินทางของ นักเรียน นักศึกษา และผู้ที่เดินทางไปทำงาน การวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศทำโดยการชั่งน้ำหนักหาปริมาณฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จากนั้นจะวิเคราะห์ผลโดยเปรียบเทียบมลพิษที่บุคคลได้รับในกรณีต่างๆ และประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการได้รับมลพิษดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์

การศึกษาปริมาณมลพิษอากาศที่บุคคลได้รับจากการเดินทางและการจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ดังนี้

1. เพื่อตรวจวัดและเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่บุคคลได้รับจากการเดินทางและการจราจรในรูปแบบต่างๆ ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา
2. เพื่อประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ จากการได้รับฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จากการเดินทางและการจราจรของประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

เพื่อการศึกษาปริมาณมลพิษอากาศที่บุคคลได้รับจากการเดินทาง และการจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงได้กำหนดขอบเขตการศึกษาดังนี้ ทำการศึกษา และตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในห้องโดยสารของยานพาหนะ 4 ประเภท ได้แก่ รถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถโดยสารขนาดเล็ก และรถยนต์ส่วนบุคคล โดยใช้ที่นั่งตอนหน้าของรถโดยสารขนาดเล็กเป็นตัวแทนของรถยนต์ส่วนบุคคล เพื่อให้เส้นทางการเดินทาง และเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศเหมือนกัน เก็บตัวอย่างอากาศในห้องโดยสารของยานพาหนะประเภทละ 1 คัน เก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนกันยายน 2546 ถึง ธันวาคม 2546 ตรวจวัดในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ในช่วงเวลาประมาณ 7.00 น.-19.00 น. วันจันทร์ ถึง ศุกร์

การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ ทำโดยรวบรวมข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของประชาชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาปริมาณฝุ่นที่แต่ละกลุ่มบุคคลได้รับในช่วงเวลาการเดินทาง โดยใช้แบบจำลองการได้รับมลพิษทางการหายใจ โดยใช้ความเข้มข้นฝุ่นละอองที่ตรวจวัดในการศึกษาครั้งนี้ รวมกับข้อมูลความเข้มข้นฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไปซึ่งใช้เป็นตัวแทนของความเข้มข้นฝุ่นละอองสำหรับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ หรือการรอรถโดยสารในการประเมินหาปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับ และใช้ค่ามาตรฐานคุณภาพ

อากาศในบรรยากาศ สำหรับเวลา 24 ชั่วโมงในการคำนวณหาปริมาณอ้างอิง เพื่อใช้เทียบกับปริมาณฝุ่นที่แต่ละกลุ่มบุคคลได้รับ

อนึ่ง คำนิยามของศัพท์สำคัญที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการได้รับสารมลพิษจากสิ่งแวดล้อมในการศึกษานี้ อ้างอิงจาก US.EPA (1992a) โดยรวบรวมไว้ในหัวข้อ 2.6

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มลภาวะทางอากาศ

ความหมายของมลภาวะทางอากาศ (Air Pollution) จากหลายแหล่งข้อมูล อาจกล่าวได้ว่าการที่สารเคมีหรือสิ่งเจือปนในบรรยากาศตั้งแต่หนึ่งสิ่งขึ้นไปจะจัดเป็นมลพิษทางอากาศนั้นจะต้องประกอบด้วยปัจจัยที่สำคัญ คือ

1. ความเข้มข้นของสารเจือปน จะต้องมีความเข้มข้นอยู่ในระดับหนึ่ง
2. ระยะเวลาในการเจือปนในบรรยากาศ และ
3. ผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ พืช หรือ สิ่งแวดล้อมอื่นๆ

ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ (Air Pollution System) ประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วนที่สัมพันธ์กัน คือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ (Emission Sources) อากาศ หรือบรรยากาศ (Atmosphere) และผู้รับผลกระทบอันเสียหาย (Receptors)

สารมลพิษทางอากาศสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทตามประเภทของแหล่งกำเนิดได้ดังนี้

2.1.1 แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural Source) เป็นแหล่งแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดและปล่อยสารมลพิษทางอากาศออกสู่อากาศ โดยแบ่งไปตามกระบวนการทางธรรมชาติ ไม่มีการกระทำของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องแต่อย่างใด ดังนี้ พวกลมพัดพาฝุ่นละอองมา ควัน และขี้เถ้าจากไฟไหม้ป่า จุลชีพแขวนลอยในอากาศ อนุภาคปนเปื้อนมากับหมอก ควัน และขี้เถ้าจากภูเขาไฟระเบิด เกิดปฏิกริยาชีวเคมีของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินและน้ำ จะได้ก๊าซต่างๆ

2.1.2 แหล่งกำเนิดที่เป็นกิจกรรมหรือการกระทำของมนุษย์ เป็นแหล่งกำเนิดที่มนุษย์หรือกิจกรรมที่มนุษย์กระทำ เป็นตัวการที่ทำให้เกิดและระบายสารมลพิษทางอากาศออกสู่บรรยากาศ แหล่งกำเนิดที่มนุษย์กระทำสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ประเภทแรกได้แก่ แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Source) ได้แก่ รถยนต์ประเภทต่างๆ เรือยนต์ เครื่องบิน รถไฟ เป็นต้น ส่วนประเภทที่สอง ได้แก่ แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Source) ได้แก่ แหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ คือการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ได้แก่ โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าพลังความร้อน หม้อไอน้ำของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เตาหุงต้มตามบ้านเรือน และการเผาขยะ เป็นต้น หรือเป็นแหล่งกำเนิดที่เกิดจากกระบวนการผลิตต่างๆ

ข้อมูลในระหว่างปี พ.ศ.2534-พ.ศ.2539 พบว่าค่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากสถานีต่างๆของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมในเขตกรุงเทพมหานคร พบระดับฝุ่นรวมในบริเวณย่านที่อยู่อาศัยมีค่าสูงกว่ามาตรฐานค่าเฉลี่ยรายปีของประเทศไทย ซึ่งสอดคล้องกับกระทรวง

สาธารณสุข ซึ่งพบความเข้มข้นฝุ่นรวมในเขตกรุงเทพมหานครระหว่าง 0.13-0.38 มก./ลบ.ม. (ชัชวาล จันทรวิจิตร, 2542) สอดคล้องกับงานวิจัยของ WHO (1992) อ้างถึงใน ชัชวาล จันทรวิจิตร (2542) ซึ่งพบว่ากรุงเทพมหานครเป็น 1 ใน 20 มหานครที่มีปัญหาฝุ่นละอองรุนแรงแห่งหนึ่งในโลก

ข้อมูลจากฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ได้ทำการตรวจวัดอัตราการระบายสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบจุด แหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่ และแหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ ในกรุงเทพและเขตปริมณฑล ในปี พ.ศ. 2540 พบว่าอัตราการระบายสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่ เป็นแหล่งสำคัญในการระบายมลพิษอากาศประเภทต่างๆ ได้ระบายมลพิษเกือบทุกประเภทเป็นปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิดประเภทอื่นๆ และเป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองหลัก ได้ระบายมลพิษประเภทฝุ่นละอองออกมาทั้งหมด 20,602 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 53.94 ของแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองทั้งหมด นอกจากนั้นยังได้คาดการณ์อัตราการระบายมลพิษทางอากาศในปีพ.ศ.2545 ในแต่ละแหล่งกำเนิด โดยพิจารณาจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ปริมาณการจราจร จำนวนประชากร และข้อมูลที่สำคัญอื่นๆ ทำให้สามารถประเมินอัตราการระบายสารมลพิษต่างๆได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และทำให้ทราบว่าสารมลพิษส่วนใหญ่เกิดจากแหล่งกำเนิดชนิดเคลื่อนที่ ยกเว้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ตารางที่ 2.1 การประเมินอัตราการระบายสารมลพิษทางอากาศในปี พ.ศ. 2545

สารมลพิษ	แหล่งกำเนิดแบบจุด		แหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่		แหล่งกำเนิดประเภทพื้นที่		รวม	
	ตันต่อปี	ร้อยละ	ตันต่อปี	ร้อยละ	ตันต่อปี	ร้อยละ	ตันต่อปี	ร้อยละ
NO_x	48,887	15.99	247,533	80.99	9,220	3.02	305,641	100
SO_2	200,410	94.98	110,416	4.94	183	0.08	211,009	100
CO	5,458	1.09	387,997	77.41	9,220	21.50	501,233	100
PM	3,246	8.84	19,735	53.77	13,724	37.39	36,705	100
VOC	1,747	6.77	-	-	24,073	93.23	25,820	100
HC	-	-	272,670	100	-	-	272,670	100

<u>หมายเหตุ</u> จาก กรมควบคุมมลพิษ, 2546

ข้อมูลดังกล่าวสอดคล้องกับการตรวจวัดคุณภาพอากาศของประเทศไทย ปี พ.ศ.2544-2545 โดยกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งพบมลพิษทางอากาศสูงกว่าพื้นที่ทั่วไปเมื่อวัดริมถนนและบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น และพบปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญที่สุดได้แก่ฝุ่นละอองและฝุ่นละออง

ขนาดเล็ก จึงอาจกล่าวได้ว่าปัญหาฝุ่นละอองเป็นปัญหาหลักด้านมลพิษทางอากาศในประเทศไทย ซึ่งมีแหล่งกำเนิดที่สำคัญมาจากยานพาหนะ จึงควรมีการศึกษาถึงปริมาณและผลกระทบของฝุ่นละอองที่มีต่อสุขภาพของประชาชน

2.2 อนุภาคมลสาร (Particulate Matter)

อนุภาคมลสาร คือมลสารใดๆในบรรยากาศหรือไอเสีย ซึ่งอยู่ในสภาพของแข็งหรือของเหลวที่อุณหภูมิและความดันปกติ ยกเว้นไอน้ำ ซึ่งเกาะรวมกันเป็นกลุ่มและมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.0002 ไมครอน แต่ไม่เกิน 500 ไมครอน อาจประกอบด้วยสารนานาชนิด เช่น ซัลเฟต ไฮโดรคาร์บอน โลหะต่างๆ รวมทั้งละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ฝุ่นละอองในบรรยากาศ อาจแยกได้เป็นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นและแพร่กระจายจากแหล่งกำเนิดโดยตรง และฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาต่างๆในบรรยากาศ เช่นการรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ หรือปฏิกิริยาทางเคมี หรือปฏิกิริยาเคมีแสง (Photochemical) ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะมีชื่อเรียกกันไปตามลักษณะการรวมตัวของฝุ่นละออง เช่น ควัน ฟูม หมอก เป็นต้น ขนาดและความหนาแน่นของอนุภาคมลสารเป็นองค์ประกอบสำคัญซึ่งควบคุมให้อนุภาคมลสารตกลงสู่พื้น ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่อาจแขวนลอยในบรรยากาศได้เพียง 2-3 นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก อาจแขวนลอยในอากาศได้นานเป็นปีๆ

ฝุ่นละอองแต่ละชนิด เมื่อแยกออกมาจากสารเดิมแล้ว จะทำให้มีพื้นที่รอบผิวของสารมากขึ้น เกิดมีช่องว่างมากขึ้น และขนาดของมลสารก็เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน ซึ่งการแตกแยกออกมานี้จะทำให้ฝุ่นละอองที่เกิดจากสารนั้นๆมีคุณลักษณะด้านกายภาพ และด้านเคมีบางชนิดเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เช่น มีขนาดเล็กลงกว่าเดิม มีอัตราการฟุ้งกระจายเพิ่มขึ้น มีการละลายน้ำได้ดีขึ้น และทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ดีขึ้นด้วย

การที่ฝุ่นละอองจะฟุ้งกระจายไปได้ไกลเท่าใด ขึ้นอยู่กับทิศทางและความเร็วของกระแสลม ความชื้น และอุณหภูมิ เช่น ถ้ามีความชื้นน้อย อุณหภูมิสูง และมีลมพัดแรง ก็จะทำให้ฝุ่นละอองฟุ้งกระจายไปได้ไกล

2.3 อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10})

อนุภาคมลสารที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน หรืออาจเรียกว่าอนุภาคแขวนลอย สารแขวนลอยจะตกลงบนพื้นจากบรรยากาศโดยแรงโน้มถ่วงอย่างช้าๆ และจะแขวนลอยอยู่ในอากาศเป็นเวลานาน อาจเรียกว่า Respirable Particulate

ฝุ่นรวม (TSP) โดยทั่วไปในจังหวัดกรุงเทพและปริมณฑล เมื่อแยกตามขนาดพบว่าร้อยละ 60 โดยประมาณเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (อรุบล โชติพงศ์, 2541)

ประเทศไทยมีการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองในบรรยากาศตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 และพบว่า ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในกรุงเทพมหานครมีระดับสูงกว่ามาตรฐานค่าเฉลี่ยเลขคณิตต่อปี ที่ประเทศไทยกำหนดไว้ คือ 50 มค.ก./ลบ.ม. จำนวน108 ครั้ง จากการสังเกตการณ์ 1,692 ครั้ง ตั้งแต่ปี พ.ศ.2531 ถึง พ.ศ. 2541 (เรเดียนอินเตอร์เนชันแนล, 2541 อ้างถึงใน ชัชวาล จันทรวิจิตร, 2541) ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกกว่า 10 ไมครอนจึงเป็นปัญหาทางมลภาวะอากาศที่รุนแรงที่สุดในกรุงเทพมหานครและเมืองใหญ่ เพราะมีระดับเกินมาตรฐานนับเป็นจำนวนครั้งสังเกตการณ์มากที่สุดเมื่อเทียบกับมลภาวะประเภทอื่น

แหล่งที่มาของฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมี 3 แหล่งใหญ่ คือ

- ฝุ่นจากถนน
- ฝุ่นจากแหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่ โดยเฉพาะรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ที่เรียกว่า Diesel Exhaust Particles (DEP) เช่น รถโดยสารประจำทาง รถบรรทุก
- ฝุ่นจากการก่อสร้าง และอุตสาหกรรม แต่ไม่มากเท่า 2 กรณีแรก

ร่างกายคนเรามีทางรับสัมผัสฝุ่นละอองสารพิษต่างๆที่หายใจได้ โดยทางเดินหายใจ ซึ่งแบ่งเป็นสองส่วนคือ ทางเดินหายใจส่วนบน ได้แก่ จมูก โพรงจมูก คอหอย หลอดลมคอ ซึ่งมีขนจมูกและความชื้นกรองฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ และทางเดินหายใจส่วนล่าง ได้แก่ หลอดลม คอส่วนอก และปอด ซึ่งประกอบด้วยหลอดลมฝอยมากมายทำให้ความเร็วของการไหลของอากาศในปอดลดลง จึงมีผลต่อการตกค้างของฝุ่นละอองในปอด

กลไกการตกค้างฝุ่นละอองในทางเดินหายใจ ได้แก่

- การปะทะเนื่องจากความเฉื่อย
- การตกตะกอนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
- การแพร่ของโมเลกุลแบบบราวเนี่ยน

กลไกการตกค้างของฝุ่นละอองในส่วนต่างๆของระบบทางเดินหายใจ แสดงไว้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อกลไกการตกค้างฝุ่นละอองในส่วนต่างๆของระบบหายใจ

ขนาดของฝุ่นละออง	กลไกของฝุ่นในทางเดินหายใจ	บริเวณตกค้างของฝุ่น
5 – 30 ไมครอน	การปะทะเนื่องจากความเฉื่อย	จมูกและคอหอยส่วนจมูก
1 - 10 ไมครอน	การตกตะกอน	คอหอย และหลอดลม
1 ไมครอนและเล็กกว่า	การแพร่	หลอดลมคอและหลอดลมฝอย ถุงลม และบริเวณถุงลม

หมายเหตุ จาก “ฝุ่นจากการจราจร: กลไกลการเกิดผลกระทบทางสุขภาพ” โดยมาริสา เพ็ญสุต ภู่ภิญโญกุล, 2542, สถานการณ์ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 4.

กลไกการทำอันตรายของอนุภาคมลสาร มี 4 กลไกหลัก ดังนี้

1) การอักเสบของถุงลมปอด (Alveolar inflammation)

การคั่งค้างของอนุภาคมลสารเกิดจากความล้มเหลวของเม็ดเลือดขาวที่จะจับ และทำลายอนุภาคมลสารขนาดเล็ก หลักฐานในสัตว์ทดลองสู่สมมติฐานที่ว่าอนุภาคมลสารขนาดเล็กและไวต่อปฏิกิริยาทางเคมีจะทำให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองอย่างเดียวกันในมนุษย์ ทำให้เกิดการอักเสบของถุงลมปอด การกระตุ้นของอนุภาคมลสารขนาดเล็ก กระบวนการเกิดการอักเสบของปอดพบได้จากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในพลาสมาที่จะกลายเป็น ไฟบรินและเม็ดเลือดขาวที่เพิ่มขึ้น

2) การจับตัวเป็นลิ่มเลือดในทางเดินโลหิต (Clotting pathway)

เม็ดเลือดขาวที่ถูกกระตุ้นโดยสิ่งเร้าต่างๆนำไปสู่กระบวนการตกตะกอนของเลือด พบว่าโปรตีน ในพลาสมาจะเปลี่ยนไปเป็นโปรตีน(ไฟบริโนแจน) ก่อให้เกิดการแข็งตัวของเลือด

3) ความข้นเหนียวของพลาสมา (Plasma viscosity)

การศึกษาที่ประเทศเยอรมัน พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของพลาสมากับการเปลี่ยนแปลงระดับมลพิษทางอากาศ ในกลุ่มผู้หญิงและกลุ่มผู้ชายสูบบุหรี่ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนโลหิต เนื่องมาจากกระบวนการอักเสบของเซลล์ในถุงลมปอด นำไปสู่ปฏิกิริยาเฉียบพลันทางพยาธิวิทยา ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นละอองในอากาศ และอุบัติการณ์การเสียชีวิต

4) การถูกกระตุ้นของทางผ่านอากาศในท่อหายใจ (Airway reactivity)

การหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นเมื่อตัวรับสัมผัสในหลอดลมคอ และหลอดลมใหญ่

ถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้า เช่น บุหรี่ หรืออากาศพิษ สารเคมีที่หลั่งจากกล้ามเนื้อเรียบของทางเดินหายใจที่สำคัญคือสารก่อภูมิแพ้ และสารที่มีฤทธิ์กระตุ้นการหดตัวของหลอดลม การหดตัวของหลอดลมมีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางของทางเดินอากาศลดลงและเพิ่มแรงต้านของอากาศ ที่ผ่านเข้าออกในท่อหายใจ ส่งผลให้การหายใจมีเสียงวี้ดในอก ไอ และหายใจลำบาก อาการจะรุนแรงขึ้นเมื่อออกกำลังกาย

ทีมวิจัยของวิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2538) ศึกษาผลกระทบของปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศต่อสุขภาพแล้วพบว่า อัตราการตายของประชาชนมีความสัมพันธ์กับระดับฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในอากาศ คือ วันใดมีฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนสูงก็จะมีอัตราตายสูงตามไปด้วย อัตราการเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาลก็สูงขึ้นตามลำดับ เช่นเดียวกับอาการของโรคทางเดินหายใจจะเพิ่มตามปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และจากงานวิจัยของ World Bank (1998) พบว่าถ้าฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เพิ่มขึ้น 30 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราการตายจากโรคทางเดินหายใจจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 7-20 ดังนั้นถ้าสามารถลดระดับฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ได้ 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อปี ก็จะสามารถลดปริมาณต่างๆได้ เช่น อัตราตายลดลง การใช้บริการห้องฉุกเฉินลดลง จำนวนวันที่เป็นโรคหืดลดลง ลดค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพลงได้เป็นจำนวนมากต่อปี และมีการประมาณกันว่าค่าสูญเสียรายได้แต่ละครอบครัวต้องจ่ายร้อยละ 1.6 ของรายได้รายเดือนในครอบครัวหรือเท่ากับ 131บาท เป็นค่ารักษาพยาบาลโรคที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นละออง มูลค่านี้คิดเป็นร้อยละ 13 ของค่าใช้จ่ายพยาบาลจากโรคทั้งหมดทุกโรคของแต่ละครอบครัว และมีการประมาณว่ารัฐบาลจะประหยัดเงินได้ถึง 65,000-175,000 ล้านบาท ถ้าสามารถลดระดับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ลงได้ 20 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อปี

2.4 วิธีการวัดปริมาณฝุ่นละอองและค่ามาตรฐานในบรรยากาศ

2.4.1 การวัดปริมาณฝุ่นละออง

2.4.1.1 มิลลิกรัม/อากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร (มก./ลบ.ม.) เก็บอากาศผ่านกระดาษกรอง กรองเอาฝุ่นไว้ต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร เทียบกับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2.4.1.2 จำนวนไฟเบอร์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ส่อง นับเป็นจำนวนไฟเบอร์

2.4.2 ค่ามาตรฐานในการควบคุมฝุ่นละออง

2.4.2.1 ค่า TLV (Threshold Limit Value) เป็นการวัดค่าปริมาณฝุ่นละออง

หรือก๊าซ ในบริเวณทำงาน โดยถือเป็นค่าจำกัดสูงสุดในบริเวณที่ที่คนงานปฏิบัติงานอยู่ ที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถจะรับได้เป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวันทำงาน ซึ่งมาจากหลักความจริงที่ว่าร่างกายคนเราสามารถกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายตลอดเวลา

2.4.2.2 ค่า Emission จะเป็นการวัดค่าปริมาณฝุ่นละอองหรือก๊าซ ที่ปล่อยออกทางปล่อง เพื่อให้เจือจางลงมาจนกว่าจะตกถึงพื้น ซึ่งจะเป็นค่าจำกัดสูงสุดของปริมาณสาร ที่จะปล่อยออกทางปล่องได้โดยต้องมีส่วนสัมพันธ์กับความเร็วลม ความสูงของปล่อง สิ่งแวดล้อมรอบข้าง ค่า TLV และปริมาณสารที่มีอยู่ดั้งเดิมโดยรอบโรงงาน

2.4.2.3 ค่า Ambient จะเป็นการวัดค่าปริมาณฝุ่นละออง ที่มีอยู่ในบรรยากาศทั่วไปโดยถือค่าจำกัดสูงสุดที่จะยอมให้ปริมาณของสารนั้นมีอยู่ในสภาวะแวดล้อมปกติ

2.4.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

2.4.3.1 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ US.EPA กำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ไว้ดังนี้

150 มก./ลบ.ม. สำหรับค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง

50 มก./ลบ.ม. สำหรับค่าเฉลี่ยเลขคณิตต่อปี

2.4.3.2 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย (กรมควบคุม
มลพิษ, 2538) กำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ไว้ดังนี้

120 มก./ลบ.ม. สำหรับค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง

50 มก./ลบ.ม. สำหรับค่าเฉลี่ยเลขคณิตต่อปี

และกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นรวม ไว้ดังนี้

330 มก./ลบ.ม. สำหรับค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง

100 มก./ลบ.ม. สำหรับค่าเฉลี่ยเลขคณิตต่อปี

2.4.4 ชนิดของการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศ

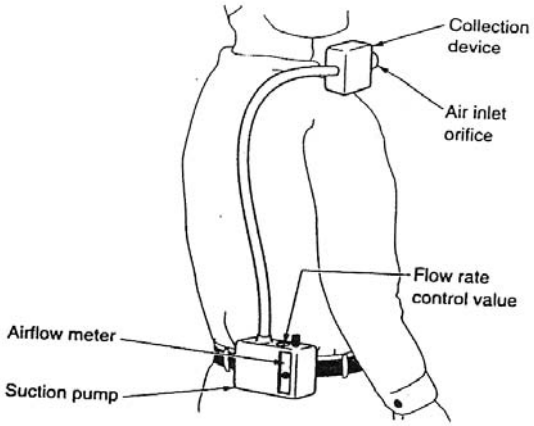
การเก็บตัวอย่างอากาศใช้ในการประเมินการได้รับสัมผัสสารพิษทางอากาศ ช่วยในการออกแบบหรือประเมินมาตรการควบคุมที่มีอยู่ และใช้ในการตรวจติดตามระดับสารมลพิษ

2.4.4.1 การเก็บตัวอย่างระยะสั้น (Grab Sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างในระยะเวลาสั้นๆ ส่วนใหญ่น้อยกว่า 5 นาที การเก็บตัวอย่างระยะสั้นเป็นการเก็บตัวอย่างเพื่อหาความเข้มข้นของสารมลพิษในขณะนั้น ในกรณีที่มีสารที่ทำให้เกิดการระคายเคือง เช่น แอมโมเนีย การเก็บตัวอย่างระยะสั้น เป็นวิธีที่มีประโยชน์มากในการหา Peak Exposure และความเข้มข้นที่สูง

2.4.4.2 การเก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (Integrated Sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างอากาศที่ใช้เวลานาน การเก็บตัวอย่างอากาศที่รู้ปริมาตรการไหลแน่นอนโดยให้อากาศผ่านเข้าไปในวัสดุที่ใช้จับสาร เพื่อให้จับสารไว้แล้วส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ทั้งวิธีการเก็บตัวอย่างระยะสั้นและการเก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่อง สามารถเก็บตัวอย่างได้ทั้งที่ตัวบุคคล (Personal Sampling) และพื้นที่ทำงาน (Area Sampling)

การเก็บตัวอย่างที่ตัวบุคคล (Personal Sampling) ทำโดยเก็บอากาศในบริเวณที่ใกล้กับจมูกและปากของคนในระหว่างที่ทำงานในช่วงรัศมี 6-9 นิ้ว เพื่อว่าข้อมูลที่ได้จะเป็นความเข้มข้นของสารที่บุคคลอาจจะได้รับเข้าร่างกายโดยการหายใจ เป็นวิธีที่ใช้ในการประเมินการได้รับสารเคมีที่ตัวบุคคล โดยให้กลุ่มตัวอย่างติดอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างไว้ที่ปกเสื้อ การเก็บตัวอย่างอากาศจะทำการเก็บตลอดช่วงเวลาที่เราสนใจ เครื่องมือส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นจะใช้ไซโคลน ติดที่ปกเสื้อ โดยใช้ปั๊มดูดอากาศทำให้เก็บฝุ่นขนาดเล็กที่อาจจะได้รับเข้าไปในปอดแล้วหาปริมาณฝุ่นนั้นได้ การเก็บตัวอย่างที่ตัวบุคคลจะให้ข้อมูลที่แสดงถึงความเข้มข้นของสารที่บุคคลอาจได้รับสัมผัสตลอดช่วงเวลาที่เราต้องการ ไม่ว่าจะเคลื่อนที่ไปที่ใด ตัวอย่างที่เก็บได้จะแสดงถึงปริมาณสารที่บุคคลจะได้รับจากสิ่งแวดล้อมในการทำงานนั้นๆ การติดเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแสดงดังรูปที่ 2.1 (พรพิมล กองทิพย์, 2540) อากาศจะถูกดูดเข้ามาในอุปกรณ์เก็บตัวอย่างโดยผ่านเข้าทางรูเล็กๆ และฝุ่นละอองจะถูกจับอยู่บนตัวกลางที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง อัตราการไหลของอากาศจะถูกควบคุมโดยวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศ และใช้ปั๊มดูดอากาศผ่านเข้าไปในอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง



รูปที่ 2.1 การติดเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคล (พรพิมล กองทิพย์, 2540)

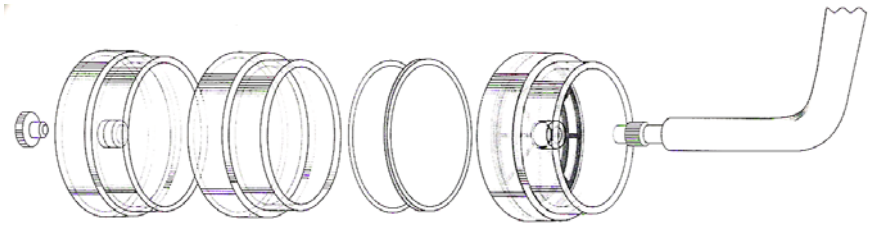
การเก็บตัวอย่างที่พื้นที่ทำงาน (Area Sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างที่อุปกรณ์หรือที่พื้นที่ทำงาน แทนที่จะเก็บตัวอย่างที่บุคคล สามารถใช้หาแหล่งกำเนิดของมลพิษ รูปแบบการกระจายของมลพิษ โดยแบ่งตามลักษณะงานหรือพื้นที่ประเภทต่างๆ

2.4.5 เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแบบติดที่ตัวบุคคล

2.4.5.1 ปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ(Air Sampling Pump)เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างยิ่งในการเก็บตัวอย่างอากาศ ทำหน้าที่ในการดูดอากาศผ่านเข้าไปที่อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ควรเลือกปั๊มให้เหมาะสมและมีการสอบเทียบอัตราการไหลก่อนใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 ปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ

2.4.5.2 ตลับกรอง (Closed Face Filter Cassette) เป็นตลับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ที่มีแผ่นรองรับกระดาษกรอง เวลาเก็บตัวอย่างต้องใส่กระดาษกรองและแผ่นรองรับกระดาษกรอง และเปิดฝาเฉพาะด้านบนที่เป็นทางเข้าของอากาศ ส่วนด้านล่างจะต่อเข้ากับสายยางเพื่อต่อเข้ากับปั๊มดูดอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.3

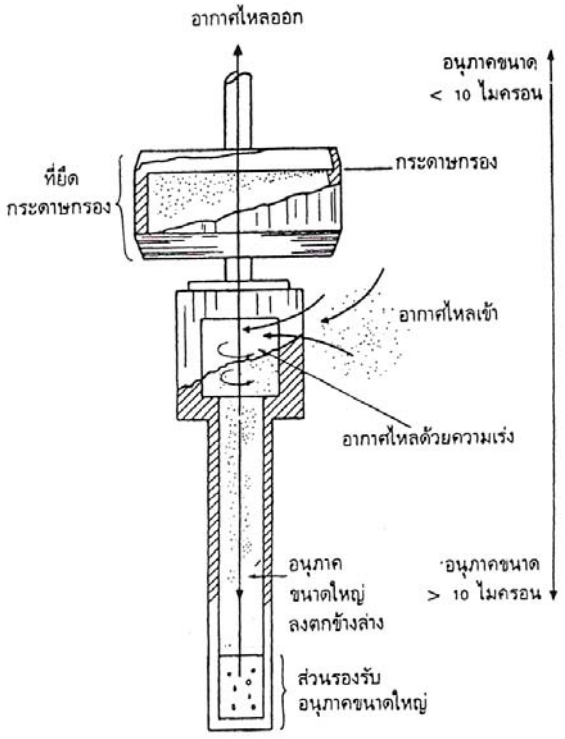


รูปที่ 2.3 ตลับกรอง

2.4.5.3 กระดาษกรอง (Filter) เป็นตัวกลางที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอนุภาค กระดาษ

กรองมีหลายชนิด การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการเก็บอนุภาค และความเหมาะสมในการวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ

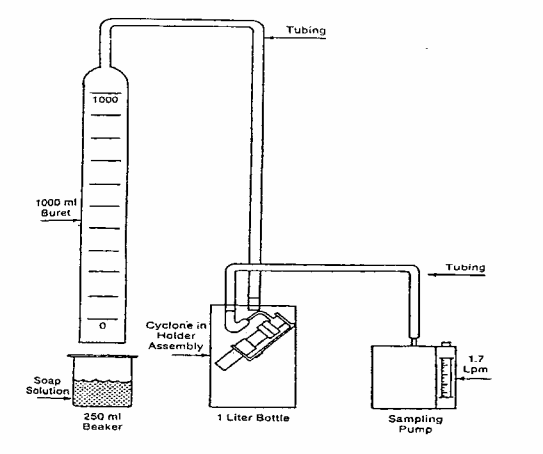
2.4.5.4 ไซโคลน (Cyclone) ใช้สำหรับเก็บอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน รูปที่ 2.4 แสดงหลักการทำงานของไซโคลน โดยอากาศจะถูกดูดผ่านช่องเล็กๆของไซโคลนแล้วถูกเร่งให้เป็นวงกลมในไซโคลน ทำให้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าถูกเหวี่ยงจากขอบของไซโคลน แล้วตกลงสู่ส่วนล่างของไซโคลน อนุภาคที่เล็กกว่า 10 ไมครอนจะลอยขึ้นไปติดที่กระดาษกรองด้านบน



รูปที่ 2.4 หลักการทำงานของไซโคลน

2.4.5.5 การปรับอุปกรณ์ และการสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ ปั๊มสำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศจะต้องได้รับการสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ ตามที่กำหนดไว้ในวิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อให้ได้ปริมาตรของอากาศที่ถูกต้อง อุปกรณ์ที่ใช้ในการสอบเทียบอากาศมีหลายวิธี แต่ที่นิยมใช้คือการใช้ Soap-bubble meter เนื่องจากเป็นวิธีที่ถูกต้องและมีความสะดวก

มากที่สุด ประกอบด้วยบิวเรตซึ่งอยู่ในลักษณะคว่ำลงติดกับขาตั้ง มีท่อต่อไปที่อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศด้วย Soap-Bubble Meter

2.5 ข้อมูลพื้นฐานในจังหวัดนครราชสีมา

จังหวัดนครราชสีมาเป็นเมืองขนาดใหญ่ มีประชากรมากเป็นลำดับที่สองของประเทศและมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจในอัตราเฉลี่ยสูง สืบเนื่องจากนโยบายการกระจายความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคมไปสู่ภูมิภาค นับตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 4 เป็นต้นมา ทำให้มีการขยายการลงทุน โดยเฉพาะทางด้านอุตสาหกรรมการผลิต การส่งออก และการท่องเที่ยวเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้จำนวนประชากร และจำนวนยานพาหนะมีปริมาณสูงขึ้น ทำให้เกิดปัญหาการจราจรและขนส่งตามมา

2.5.1 ข้อมูลประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

เทศบาลนครนครราชสีมาได้รวบรวมข้อมูลด้านต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวเนื่องกับการเดินทางและการจราจร ได้แก่ ข้อมูลประชากร นักเรียน นักศึกษา ซึ่งเป็นตัวกำเนิดของการเดินทาง และข้อมูลการจ้างงานซึ่งเป็นตัวดึงดูดการเดินทางดังตารางที่ 2.3 และจำนวนนักเรียนนักศึกษาแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 จำนวนประชากรและการจ้างงานในจังหวัดนครราชสีมา ปีพ.ศ. 2545

การจ้างงาน	จำนวนนักเรียน นักศึกษา	จำนวนประชากร (คน)		
		การศึกษาภาคบังคับ(8-15ปี)	เยาวชน (15-24ปี)	วัยเจริญพันธุ์ (15-49ปี)
138,572	54,5291	306,768	451,295	1,473,284

หมายเหตุ จาก เทศบาลนครนครราชสีมา, 2546

ตารางที่ 2.4 รายชื่อสถานศึกษาและจำนวนนักเรียนนักศึกษาในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ชื่อสถานศึกษา	จำนวน(คน)	ชื่อสถานศึกษา	จำนวน (คน)
<u>ระดับประถมศึกษา</u>		<u>ระดับมัธยมศึกษา</u>	
โรงเรียนเทศบาล 1	1,771	โรงเรียนสุรนารีวิทยา 1	4,515
โรงเรียนเทศบาล 2	1,329	โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย	4,353
โรงเรียนเทศบาล 3	1,788	โรงเรียนโคราชพิทยาคม	1,540
โรงเรียนเทศบาล 4	737	**รวม**	**10,408**
โรงเรียนเทศบาล 5	385	<u>ระดับประถม-มัธยมศึกษา</u>	
โรงเรียนสามัคคีรถไฟ	657	โรงเรียนมารีย์วิทยา	5,112
โรงเรียนชลประทานสงเคราะห์	759	โรงเรียนอุบลรัตน์	441
โรงเรียนศึกษาพิเศษ	-	โรงเรียนอัสสัมชัญ	2,308
โรงเรียนเมืองนครราชสีมา	3,015	โรงเรียนเกียรติคุณวิทยา	1,898
โรงเรียนอนุบาลนครราชสีมา	4,551	โรงเรียนสมบูรณ์วิทยานุกูล	1,010
โรงเรียนหนองไผ่ล้อม	177	โรงเรียนรวมมิตรวิทยา	2,739
โรงเรียนสุขานารี	3,602	ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน	-
โรงเรียนบ้านหลักร้อย	369	**รวม**	**23,916**
โรงเรียนวัดสระแก้ว	2,672	<u>ระดับอาชีวศึกษา</u>	
โรงเรียนวัดทุ่งสว่าง	440	โรงเรียนอัสสัมชัญบริหารธุรกิจ	164
โรงเรียนสวนหม่อน	1,056	โรงเรียนแมรีเทคโนโลยี	382
โรงเรียนบ้านหัวทะเล	763	โรงเรียนมารีย์บริหารธุรกิจ	1,560
โรงเรียนโยธินนุกูล	369	โรงเรียนช่างกลพาณิชยการ	3,500
โรงเรียนวัดโคกพรมตรั้งตรงจิต	526	วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา	4,860
รวม	**24,966**	วิทยาลัยอาชีวศึกษา	4,847
		รวม	**15,313**
		<u>ระดับอุดมศึกษา</u>	
		สถาบันราชภัฏนครราชสีมา	6,735
		สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล	5,308

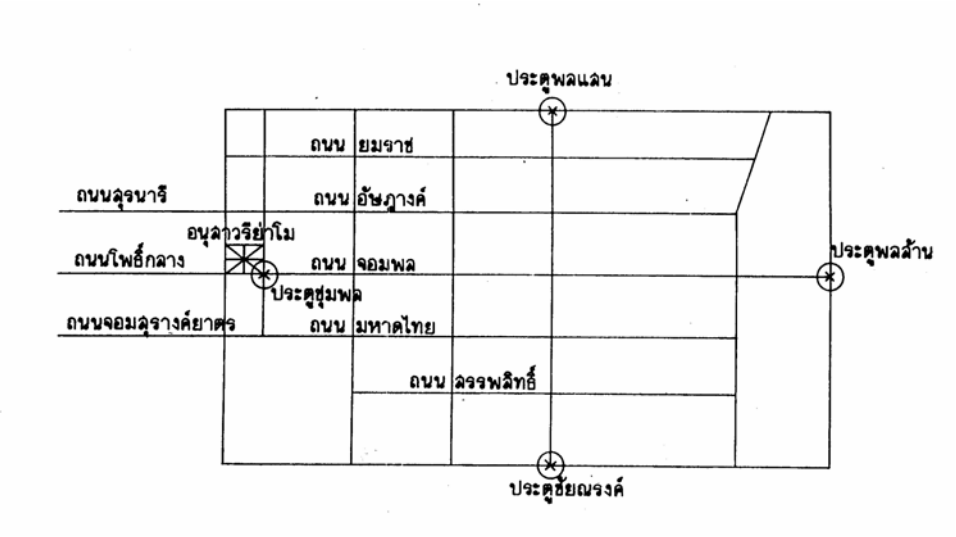
2.5.2 โครงข่ายถนน และการจัดการจราจร

จังหวัดนครราชสีมาเชื่อมต่อกับส่วนต่างๆของประเทศ ด้วยทางหลวงแผ่นดินหลายสาย ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 คือ ถนนมิตรภาพ เป็นถนนสายสำคัญที่เชื่อมต่อกรุงเทพมหานครกับภาคอีสาน โดยพาดผ่านตัวจังหวัดจากฝั่งตะวันตกไปยังฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นระยะทางภายในจังหวัดนครราชสีมาประมาณ 210 กม.โครงข่ายถนนสายหลัก–สายรอง ภายในเขตผังเมืองรวม ถนนมิตรภาพเป็นทางหลวงสายหลักระหว่างเมืองเป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจร มีเกาะกลางถนน มีจุดเปิดเกาะสำหรับกลับรถเป็นระยะๆ และช่วงที่ผ่านเขตชุมชนจะมีถนนคู่ขนานเพิ่มขึ้นอีกทั้ง 2 ฝั่ง ถนนมิตรภาพช่วงผ่านในตัวเมืองนครราชสีมา คือตั้งแต่แยกปักธงชัยจนถึงแยกหนองคายมีจำนวนช่องทางเพิ่มเป็นถนน 6 ช่องจราจร ทางหลวงสายหลักระหว่างเมืองอีก 2 สาย คือถนนสุรนารายณ์ ซึ่งเชื่อมต่อเมืองด้านเหนือ และทางหลวงสาย 224 ไปอำเภอโชคชัย ซึ่งเชื่อมต่อตัวเมืองทางด้านตะวันออก และตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งถนนสายดังกล่าวมียานพาหนะเดินทางผ่านเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ

ถนนสายหลักภายในเมือง นอกจากถนนมิตรภาพแล้วยังมีถนนมุขมนตรี ซึ่งมีแนวเส้นทางขนานกับถนนมิตรภาพในแนวตะวันตก-ตะวันออก อย่างไรก็ดีลักษณะทางกายภาพ เช่น ความกว้างของถนนในบางช่วงค่อนข้างแคบ ทำให้มีปัญหาด้านการจราจร เกิดการจราจรติดขัดและเกิดมลพิษทางอากาศสูง ต่อเนื่องจากถนนมุขมนตรีช่วงเข้าสู่เมืองมีถนนสามสายมาเชื่อมคือ ถนนสุรนารี ถนนโพธิ์กลาง และถนนจอมสุรางค์ยาตร ถนนสายหลักในเมืองชั้นในนอกเหนือจากถนนรอบคูเมืองทั้ง 4 แล้วคือ ถนนยมราช ถนนอัษฎางค์ ถนนจอมพล ถนนสรรพสิทธิ์ และถนนมหาดไทย ซึ่งเป็นถนนในแนว ตะวันตก-ตะวันออก และถนนประจักษ์ ถนนมนัส ถนนจักรี และถนนกุดั่นในแนวเหนือ-ใต้ ดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 เส้นทางถนนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

จังหวัดนครราชสีมา เป็นจังหวัดที่มีการออกแบบผังเมือง ที่เป็นระเบียบรูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยมีถนนในแนวตะวันออก และตะวันตก ขนานกันกับถนนเส้นหลัก หรือ ถนนจอมพล ด้านบนถนนจอมพล 2 เส้น ได้แก่ ถนนอัษฎางค์ และถนนยมราช ด้านล่างถนนจอมพล 2 เส้น ได้แก่ ถนนมหาดไทย และถนนสรรพสิทธ์ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แผนผังถนนสายหลักเมืองชั้นใน ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

2.5.3 รถขนส่งสาธารณะ

จังหวัดนครราชสีมามีบริการรถประจำทาง และรถรับจ้างสาธารณะคล้ายกับที่อื่นๆ คือ มีรถประจำทาง รถโดยสารขนาดเล็ก รถสามล้อเครื่อง รถจักรยานยนต์รับจ้าง รถสามล้อ รถประจำทางและรถโดยสารขนาดเล็กมีทั้งหมด 18 เส้นทาง ดังแสดงในตาราง 2.5

2.5.4 การให้บริการของตำรวจจราจร

การรับผิดชอบให้บริการประชาชนของเจ้าหน้าที่ตำรวจ แบ่งงานจราจรออกเป็น 5 เขต รับผิดชอบ แต่ละเขตรับผิดชอบเวลา 07.00 น.-18.00 น. ดังนี้ (สถานีตำรวจภูธร อำเภอเมืองนครราชสีมา, 2545)

เขต 1 รับผิดชอบ ตั้งแต่ ถนนโยธา ถนนสุรนารี ถนนจันทร์ ถนนมิตรภาพ ถนนมุขมนตรีไปทิศตะวันตก จรดเขตท้องที่ สภ.ต. โพธิ์กลาง

เขต 2 รับผิดชอบตั้งแต่ ถนนบัวรอง ถนนจอมสุรางยาตร์ ถนนโพธิ์กลาง ถนนสุรนารี ถนนมิตรภาพ ไปทางทิศตะวันตกจรดเขตที่ 1 (ถนนโยธา)

เขต 3 รับผิดชอบถนนชุมพล ถนนราชดำเนิน ถนนมิตรภาพ ไปทางทิศตะวันตก จรดเขตที่ 2 (ถนนบัวรอง)

ตารางที่ 2.5 เส้นทางการเดินรถโดยสารประจำทางในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ชื่อบริษัท	สายรถ	เส้นทางที่	ชนิดรถโดยสาร
เฉลิมพลขนส่ง	สาย1	1	รถโดยสารขนาดเล็ก
		2	รถประจำทางปรับอากาศ
ราชสีมาไตรมิตร	สาย2	1	รถประจำทาง
		2	รถประจำทางปรับอากาศ
ราชสีมาไตรมิตร	สาย3	1	รถประจำทาง/รถประจำทางปรับอากาศ
ประกิจยนต์	สาย4	1	รถประจำทาง
ประกิจยนต์	สาย5	1	รถประจำทาง
ประกิจยนต์	สาย6	1	รถประจำทาง
		2	รถประจำทางปรับอากาศ
		3	รถประจำทาง
บุญเกียรติ	สาย7	1	รถโดยสารขนาดเล็ก
บุญเกียรติ	สาย8	1	รถโดยสารขนาดเล็ก
		2	รถโดยสารขนาดเล็ก
กิจการราชสีมายานยนต์	สาย9	1	รถโดยสารขนาดเล็ก
ประกิจยนต์	สาย10	1	รถโดยสารขนาดเล็ก
ราชสีมาไตรมิตร	สาย11	1	รถโดยสารขนาดเล็ก
ราชสีมาไตรมิตร	สาย12	1	รถโดยสารขนาดเล็ก
วงศ์วานิชกังวาน	สาย13	1	รถโดยสารขนาดเล็ก
เฉลิมพลขนส่ง	สาย14	1	รถประจำทางปรับอากาศ
พฤษภาเดินรถ	สาย15	1	รถประจำทางปรับอากาศ
พฤษภาเดินรถ	สาย16	1	รถประจำทางปรับอากาศ
พฤษภาเดินรถ	สาย17	1	รถประจำทางปรับอากาศ
โคราชท่าตะโกเดินรถ	สาย19	1	รถโดยสารขนาดเล็ก

หมายเหตุ จาก ขนส่งจังหวัดนครราชสีมา, 2538

เขต 4 รับผิดชอบถนนมนัส ถนนจักรี-วัชรสฤษดิ์ ถนนกำแหงสงคราม ถนนราชนิกูล ถนนมหาดไทย ถนนพลแสน ถนนยมราช ถนนอัษฎางค์ และถนนมิตรภาพ ไปทิศตะวันตก จรดเขตที่ 3 (ถนนชุมพล)

เขต 5 รับผิดชอบถนนมนัส ถนนราชนิกูล ถนนไชยณรงค์-ประจักษ์ ถนนสรรพสิทธิ์ ถนนเบญจรงค์ ถนนกุดั่น ถนนยมราช ถนนพลแสน ถนนท้าวสุระ จรดเขตท้องที่สภ.ต.มะเริง จอหอ โดยมีรายละเอียดดังนี้ (สถานีตำรวจภูธร อำเภอเมืองนครราชสีมา, 2545)

อัตรากำลังนายตำรวจสัญญาบัตร	6 นาย
อัตรากำลังตำรวจชั้นประทวน และพลตำรวจ	
- ธุรการจราจร	3 นาย
- พลขับและพนักงานวิทยุ	2 นาย
- งานซ่อมบำรุง	3 นาย
- รับผิดชอบงานจราจร เขต1	13 นาย
- รับผิดชอบงานจราจร เขต2	13 นาย
- รับผิดชอบงานจราจร เขต3	14 นาย
- รับผิดชอบงานจราจร เขต4	13 นาย
- รับผิดชอบงานจราจร เขต5	12 นาย
- รับผิดชอบงานจราจร เขต1-5 ในเวลากลางคืน	5 นาย

รวมกำลังเจ้าหน้าที่รับผิดชอบชุดกลางวันจำนวน 65 ราย ชุดกลางคืนจำนวน 5 นาย

2.6 การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ (Health Risk Assessment)

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ เป็นวิธีซึ่งช่วยให้เห็นภาพของผลกระทบจากมลพิษสิ่งแวดล้อม ได้อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม และเป็นประโยชน์ในการลำดับความสำคัญของปัญหา โดยหมายถึง กระบวนการทำนายเชิงปริมาณถึงความเป็นไปได้ในการเกิดผลไม่พึงประสงค์ขึ้นในมนุษย์ อันเนื่องมาจากการได้รับสัมผัสสารเคมี 1 ชนิด หรือมากกว่า เป็นกระบวนการที่มีการยอมรับกันอย่างกว้างขวาง เพราะการประเมินนี้ได้นำเอาความเป็นพิษ (Toxicity) สิ่งคุกคาม (Hazard) และความเสี่ยง (Risk) เข้ามารวมไว้ในภาพเดียวกัน ส่วนผลอันไม่พึงประสงค์นั้นส่วนใหญ่จะหมายถึงการเจ็บป่วยและการตายรวมถึงอุบัติเหตุต่างๆที่เกิดขึ้น มีองค์ประกอบร่วมกัน 4 ขั้นตอน (พาลาภ สิงหเสนี, 2540) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การชี้ให้เห็นอันตราย (Hazard Identification)

เป็นการประเมินเชิงคุณภาพเพื่อตอบคำถามว่า วัตถุอันตรายชนิดใดชนิดหนึ่งมีความเป็นพิษในตัวเองมากน้อยเพียงใด หรืออีกนัยหนึ่ง มีความน่าจะเป็นไปได้เพียงใดที่วัตถุอันตรายนั้นจะแสดงผลไม่พึงประสงค์ในลักษณะต่างๆที่อาจก่อให้เกิดอันตรายแก่สุขภาพของสิ่งมีชีวิต

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินการตอบสนองต่อปริมาณสารที่ได้รับ (Dose Response Assessment or Hazard Characterization)

ข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่ศึกษาในสัตว์ทดลอง มาประเมินความเสี่ยงอันตรายในสภาพการใช้ของมนุษย์ ซึ่งต้องทำการอนุมาน ในหลายประเด็น โดยเฉพาะประเด็น เช่น ความแตกต่างระหว่างชนิดของสัตว์ทดลอง ขนาด ช่วงชีวิต เมตาบอลิซึม ขนาด และผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น วิธีการอนุมานข้อมูลดังกล่าว ในปัจจุบันยังมีความแตกต่างของวิธีการและค่าที่นำมาใช้ รวมถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีผู้คิดขึ้น เป็นสาเหตุให้ตัวเลขการประเมินความเสี่ยงต่อวัตถุอันตรายมีค่าแตกต่างกันได้

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินสัมผัส (Exposure Assessment)

เนื่องจากการสัมผัสมีความสัมพันธ์กับหลายปัจจัย เช่น ความเข้มข้นของสาร ระยะเวลา และความถี่ในการสัมผัสขนาดของวัตถุอันตรายในร่างกาย ซึ่งมีความสัมพันธ์กับพิษของวัตถุอันตราย ดังนั้น การสัมผัสจึงมีความสำคัญอย่างมากต่อการประเมินความเสี่ยงจากพิษของวัตถุอันตราย

ขั้นตอนที่ 4 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการนำข้อมูลที่รวบรวมในขั้นตอนที่1-3 นำมาเชื่อมโยงเพื่อประเมินความรุนแรงหรือความเป็นไปได้ที่จะเกิดพิษจากวัตถุอันตราย มี 2 รูปแบบ คือ

รูปแบบที่ 1 การอธิบายลักษณะความเสี่ยงต่อสารที่ไม่ใช่สารก่อมะเร็ง มีรูปแบบคือ

$$\text{Hazard Quotient (HQ)} = \frac{\text{ปริมาณสารเคมีที่ผ่านเข้าสู่ร่างกาย (mg/kg-day)}}{\text{ปริมาณอ้างอิง (RfD) (mg/kg-day)}} \qquad (2.1)$$

ค่า RfD หรือปริมาณอ้างอิง ได้จากการทำการศึกษาในสัตว์ทดลอง และถูกนำมาหารด้วยค่า Uncertainly Factor แล้วนำมากำหนดใช้กับมนุษย์

สำหรับความเสี่ยงอันเนื่องมาจากสารมากกว่า 1 ชนิด Hazard Index จะใช้อธิบายถึงค่าความอันตรายแทน ได้แก่

Hazard Index = ผลรวมของ Hazard Quotient (2.2)

การแปลผล ถ้าค่า Hazard Index น้อยกว่าหรือใกล้เคียง 1 แสดงว่า ปริมาณสารโดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับนั้นไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อร่างกายได้ แต่ถ้ามากกว่า 1 แสดงว่าปริมาณสารโดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับอยู่นั้นเกินมาตรฐานหรืออยู่ในระดับที่เสี่ยงต่อสุขภาพ

รูปแบบที่ 2 การอธิบายลักษณะความเสี่ยงต่อสารก่อมะเร็ง

$$\text{ความเสี่ยง (Risk)} = \text{CDI (mg/kg-day)} \times \text{PF (mg/kg-day)}^{-1} \quad (2.3)$$

โดยที่ CDI = ปริมาณการรับสัมผัสตลอดชั่วชีวิต (Chronic Daily Intake)

PF = ศักยภาพในการก่อมะเร็งของสาร (Carcinogenic Potency Factor)

ซึ่งสำหรับ มลพิษที่ได้รับโดยการหายใจ (Inhalation) สามารถคำนวณหา CDI ได้ดังนี้

$$\text{CDI} = \frac{\text{Concentration (mg/m}^3) \times \text{Intake Rate (m}^3\text{/day)} \times \text{Exposure (days/life)}}{\text{BW (kg)} \times 70 \text{ (years/life)} \times 365 \text{ (days/year)}} \quad (2.4)$$

โดยที่ Concentration = Contaminant Concentration

Intake Rate = ปริมาณอากาศที่บุคคลซึ่งได้รับมลภาวะดังกล่าวหายใจระหว่างวัน

Exposure = จำนวนวันในชีวิต (70ปี) ที่บุคคลได้รับมลพิษดังกล่าว

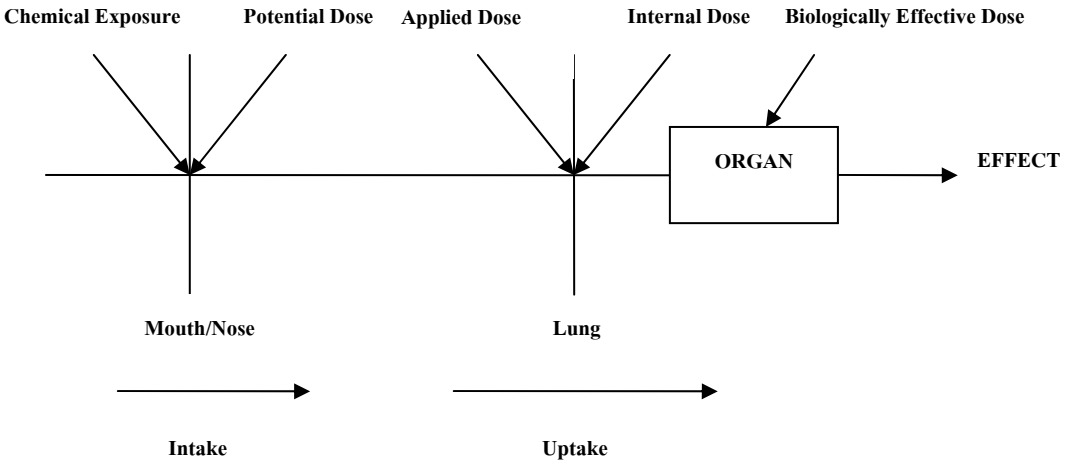
ตัวอย่างเช่น ค่าประมาณสำหรับบุคคลซึ่งมีน้ำหนัก 70 กิโลกรัมอาศัยในย่านการค้าและอุตสาหกรรมจะมี Intake Rate = 20 m^3/day มีค่า Exposure = 250 วันต่อปี และมี Exposure Duration = 25 ปี เป็นต้น (US.EPA, 1991 quoted in Master, G.M., 1998) ค่าเหล่านี้จำเป็นอย่างยิ่งต้องใช้การประเมินความเสี่ยง ซึ่งจะหาได้จากฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องเช่น US.EPA

สำหรับค่า PF หาได้จากฐานข้อมูลใน US.EPA เช่นเดียวกัน ในส่วนที่เรียกว่า Integrated Risk Information System (IRIS) ค่า PF ได้มาจากค่าความชันของกราฟ Dose Response Curve ซึ่งมีแกน y ได้แก่ความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดมะเร็ง และแกน x เป็นค่าเฉลี่ยของสารที่ได้รับต่อวันตลอดชีวิต (70ปี) มีหน่วยเป็น mg/kg-day ดังนั้น PF จึงมีหน่วยเป็น $(\text{mg/kg-day})^{-1}$

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการศึกษา จึงขออธิบายศัพท์ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่สารมลพิษเดินทางจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกาย และเข้าถึงอวัยวะที่ได้รับผลกระทบ ดังนี้ (US.EPA, 1992a)

Exposure	คือ การได้รับสัมผัสสารทางปาก ผิวหนัง หรือการหายใจ
Outer Boundary	คือ อวัยวะที่เปิดรับสารเคมีเข้าสู่ร่างกาย เช่น จมูก
Exchange Boundary	คือ อวัยวะภายในร่างกาย หรือเนื้อเยื่อที่กั้นมิให้สารแพร่ผ่านเข้าร่างกาย
Potential Dose	คือ ปริมาณสารเคมีทั้งหมดที่ผ่าน Outer Boundary เข้าสู่ร่างกาย
Applied Dose	คือ ปริมาณสารเคมีที่สามารถผ่าน Outer Boundary และผ่านเข้าไปถึง Exchange Boundary
Internal Dose	คือ ปริมาณสารเคมีที่สามารถซึมผ่านExchange Boundary เข้าสู่ร่างกาย
Delivered Dose	คือ ปริมาณสารเคมีที่ถูกส่งไปถึงยังอวัยวะ
Biologically Effective Dose	คือ ปริมาณสารเคมีที่สามารถแพร่เข้าไปยังเซลล์ และส่งผลกระทบต่อร่างกาย

ปกติแล้วสารเคมีต้องการตัวกลาง เช่น อากาศ อาหาร และน้ำ ในการเข้าสู่ร่างกาย ดังนั้น การหาค่าปริมาณสารเคมีที่เข้าสู่ร่างกายจะพิจารณาว่ามีปริมาณการบริโภคตัวกลางดังกล่าวไปเท่าใด การที่สารเคมีเข้าสู่ร่างกายมีกระบวนการเกิดขึ้น 2 กระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 (US.EPA, 1992a) กระบวนการแรก เรียกว่า Intake คือ การเคลื่อนที่ทางกายภาพในการนำสารเคมีผ่าน Outer Boundary ซึ่งในกระบวนการหายใจ Outer Boundary ได้แก่ ปาก และจมูก



รูปที่ 2.8 แผนผังการเข้าสู่ร่างกายของสารเคมีโดยการหายใจ (US.EPA, 1992a)

กระบวนการที่สอง เรียกว่า Uptake คือการดูดซึมสารเคมีผ่านผิวหนัง หรือเนื้อเยื่ออื่นๆ รวมถึง Exchange Boundary ซึ่งในกระบวนการหายใจ Exchange Boundary ได้แก่ ปอด แม้ว่าสารเคมีจะอยู่ในตัวกลาง แต่อัตราการซึมผ่านของสารเคมีเข้าสู่ร่างกายไม่เท่ากับอัตราการซึมผ่านของตัวกลางเข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นการประมาณค่าสารเคมีที่ผ่านเข้าสู่ร่างกายในกระบวนการ Uptake จึงไม่สามารถหาวิธีเดียวกับกระบวนการ Intake ได้

อัตราการหายใจเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งสำคัญอย่างยิ่งในการประเมินมลพิษอากาศที่เข้าสู่ร่างกาย จากการศึกษาอัตราการหายใจ ตั้งแต่อดีต จนถึงปัจจุบัน ค่าอัตราการหายใจที่แนะนำให้ใช้ในการประเมินมลพิษทางอากาศที่ได้รับ แสดงดังตารางที่ 2.6 โดยจะแบ่งตามเพศ อายุ และกิจกรรม (US.EPA, 1997)

2.7 งานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

วิชัย เอกพลากร และคณะ (2543) ศึกษาการหายใจของตำรวจจราจรจำนวน 210 คนที่ทำงานในถนนที่มีการจราจรคับคั่งในกรุงเทพมหานคร ที่มีระดับฝุ่นละอองในอากาศสูงกว่า 330 มค.ก./ลบ.ม. เปรียบเทียบกับตำรวจที่ไม่ได้ทำงานด้านการจราจร พบว่าตำรวจที่ทำงานด้านการจราจรมีอัตราเสี่ยงต่อโรค และอาการของโรคทางเดินหายใจสูงกว่าตำรวจที่ไม่ได้ทำงานด้านการจราจรอย่างมีนัยสำคัญ และมีสมรรถภาพทางปอดด้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในปีต่อมา (วิชัย เอกพลากร, 2539 อ้างถึงใน วนิดา ศศิวิมลกุล, 2535) ที่พบอัตราชุกของโรคทางเดินหายใจอักเสบเรื้อรังร้อยละ 20 ในตำรวจจราจรในกรุงเทพมหานคร และพบว่าในปี พ.ศ.2538 (วิทยาลัยสาธารณสุข, 2538) ศึกษาภาวะสุขภาพทางเดินหายใจของเด็กอายุระหว่าง 6-15 ปีที่เรียนอยู่ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีระดับฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน อยู่ระหว่าง 55.3-168 มค.ก./ลบ.ม. เปรียบเทียบกับเด็กที่เรียนอยู่บริเวณชานเมืองซึ่งมีปริมาณฝุ่นละอองต่ำกว่าผลการศึกษาพบว่าเด็กในกลุ่มเมืองมีอัตราเสี่ยงของอาการทางเดินหายใจสูงกว่าเด็กในกลุ่มชานเมือง เช่น การมีเสมหะ หายใจไม่สะดวก เจ็บคอ และแสบตา แต่ไม่พบความแตกต่างของสมรรถภาพทางปอด และมีการวิจัยในลักษณะเดียวกันในปี 2543 (วนิดา ทรัพย์สุข, 2543) ศึกษาผลกระทบของฝุ่นขนาดเล็กและก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ภายในที่พักอาศัยในกรุงเทพมหานคร และอำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา และทำการตรวจสมรรถภาพปอด พบว่าปริมาณฝุ่นมีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์สมรรถภาพปอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากงานวิจัยทั้งสี่ข้างต้น บ่งบอกว่ามลพิษจากการจราจร รวมถึงฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมีผลต่อความเสี่ยงทางด้านสุขภาพทางเดินหายใจในระดับสูง

ตารางที่ 2.6 อัตราการหายใจ แบ่งตามอายุ เพศ และกิจกรรม

Population	Mean	Population	Mean
Long-term Exposures		Short-term Exposures	
Infants		Adults	
< 1 year	4.5 m^3/day	Rest	0.4 m^3/hr
		Sedentary Activities	0.5 m^3/hr
Children		Light Activities	1 m^3/hr
1-2 years	6.8 m^3/day	Moderate Activities	1.6 m^3/hr
3-5 years	8.3 m^3/day	Heavy Activities	3.2 m^3/hr
6-8 years	10 m^3/day		
9-11 years		Children	
males	14 m^3/day	Rest	0.3 m^3/hr
females	13 m^3/day	Sedentary Activities	0.4 m^3/hr
12-14 years		Light Activities	1 m^3/hr
males	15 m^3/day	Moderate Activities	1.2 m^3/hr
females	12 m^3/day	Heavy Activities	1.9 m^3/hr
15-18 years			
males	17 m^3/day	Outdoor workers	
females	12 m^3/day	Hourly Average	1.3 m^3/hr
		Slow Activities	1.1 m^3/hr
Adults (19-65+ years)		Moderate Activities	1.5 m^3/hr
males	15.2 m^3/day	Heavy Activities	2.5 m^3/hr
females	11.3 m^3/day		

หมายเหตุ จาก US.EPA, 1997.

สมานชัย เลิศกมลวิทย์ (2543) ศึกษาปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในกรุงเทพมหานคร พบว่าปริมาณฝุ่นละอองทั้งสองขนาดมีค่าเกินมาตรฐานที่ประเทศไทยกำหนดในบางจุดตรวจวัด สำหรับฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 มีค่าเกินมาตรฐานในเขต ดินแดง ปทุมวัน งามวงศ์วาน สอดคล้องกับ งานวิจัยในปีเดียวกันและปีต่อมา (ศิริวรรณ แก้วงาม, 2543; Chersuwan, 2545) ที่พบปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ยในกรุงเทพมหานครบางพื้นที่มีค่าเกินมาตรฐานและบริเวณริมถนนมีปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ยมากกว่าฝุ่นในบริเวณทั่วไป ฝุ่นส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน นอกจากนั้นปริมาณฝุ่นละอองจะแปรตามระยะทางที่ไกลจากบริเวณที่มีการจราจรออกมา นั่นคือ บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นหรืออยู่ใกล้ถนนจะมีปริมาณฝุ่นละอองสูง ส่วนบริเวณที่มีการจราจรเบาบางหรือห่างจากบริเวณที่มีการจราจรออกมาจะมีปริมาณฝุ่นละอองต่ำ

อรุบล โชติพงษ์ (2541); สมานชัย เลิศกมลวิทย์ (2543); รพีพัฒน์ เกริกไกวัล (2543) ศึกษาพบธาตุที่พบในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ได้แก่ คาร์บอน โซเดียม อลูมิเนียม ซิลิกา คลอรีน เหล็ก โพแทสเซียม ซัลเฟอร์ สังกะสี แมงกานีส ตะกั่ว ทองแดง ซึ่งบ่งบอกว่าแหล่งกำเนิดของฝุ่นในกรุงเทพมหานครมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะมากที่สุด และบริเวณริมถนนจะพบองค์ประกอบธาตุสูงกว่าบรรยากาศทั่วไป

ชัชวาล จันทรวิจิตร (2542) อ้างถึงใน เรเดียนอินเตอร์เนชันแนล (2541) พบว่าฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานครร้อยละ 55.8 เกิดจากการวิ่งของยานพาหนะและจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ สอดคล้องกับ ศิริวรรณ แก้วงาม (2543) ที่ศึกษาแหล่งที่มาของฝุ่นละอองจากลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่น ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่าแหล่งกำเนิดส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์เบนซินมากที่สุด

Rank et al. (2001) ทดสอบความเข้มข้นของระดับฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับโดยใช้เครื่องมือที่วัดติดที่ตัวบุคคล ระหว่างคนขี่จักรยาน และในห้องโดยสารรถยนต์ พบว่าระดับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่บุคคลได้รับในห้องโดยสารรถยนต์สูงกว่าที่คนขี่จักรยานได้รับ 4 เท่า สอดคล้องกับ Kingham (1998) ที่ทดสอบระดับมลพิษอากาศที่บุคคลได้รับในรถโดยสาร 4 ประเภท ได้แก่ รถไฟ รถประจำทาง รถยนต์ และรถจักรยาน ซึ่งระดับมลพิษที่สูงที่สุดจะพบในห้องโดยสารรถยนต์และระดับมลพิษที่ได้รับต่ำที่สุดจะพบในบุคคลที่ขี่รถจักรยาน และจากงานวิจัยของ Adam et al. (2001) ทดสอบความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ที่บุคคลได้รับในยานพาหนะ 3 ประเภท ได้แก่ รถจักรยาน รถยนต์ และรถประจำทาง พบว่าความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนต่ำที่สุดพบในการเดินทางโดยจักรยาน สำหรับรถยนต์ และรถประจำทางให้ผลใกล้เคียงกัน และงานวิจัยของ Gulliver and Briggs (2004) ทดสอบความเข้มข้นของฝุ่น 3 ขนาด ได้แก่ ฝุ่น

ขนาดเล็กกว่า 10, 2.5 และ 1 ไมครอน สำหรับการเดินทางโดยรถยนต์ และการโดยการเดิน ในเวลาการเดินทางที่เท่ากัน พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในการโดยสารรถยนต์มากกว่าการเดินประมาณร้อยละ 16 แต่ไม่พบความแตกต่างของความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 และ 1 ไมครอน ระหว่างการเดินทางในรูปแบบดังกล่าว จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นบ่งชี้ให้เห็นว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศการจราจรนั้นแปรตามลักษณะยานพาหนะ ห้องโดยสารแบบเปิดมักพบความเข้มข้นของระดับมลพิษต่ำกว่าห้องโดยสารแบบปิด

2.8 บทสรุป

เนื่องจากปริมาณฝุ่นละอองที่เพิ่มขึ้นมีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เนื่องจากแหล่งกำเนิดหลักของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ และบุคคลส่วนใหญ่ใช้เวลาอยู่ในบรรยากาศการจราจรในการเดินทางไปทำงาน หรือสถานศึกษาเป็นประจำทุกวัน ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับมลพิษอากาศด้านฝุ่นละอองที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของบุคคลที่ได้รับจากการเดินทางและการจราจรจึงเป็นงานวิจัยหนึ่งซึ่งน่าสนใจศึกษา โดยกลุ่มบุคคลที่ควรพิจารณาศึกษา ได้แก่บุคคลที่ได้รับมลพิษอากาศระหว่างการเดินทางเป็นประจำทุกวัน และกลุ่มบุคคลซึ่งมีอาชีพเกี่ยวข้องกับการจราจร เพื่อเป็นเครื่องมือในการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพของกลุ่มบุคคลดังกล่าว

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การกำหนดพื้นที่เป้าหมาย

ในการกำหนดพื้นที่เป้าหมายการศึกษาครั้งนี้ เพื่อให้ครอบคลุม และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย จึงพิจารณาพื้นที่เป้าหมายครอบคลุมในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

3.2 การเลือกกลุ่มเป้าหมาย

การดำเนินการวิจัยศึกษาหาปริมาณมลพิษอากาศที่บุคคลได้รับจากการเดินทาง และการจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา เพื่อให้การศึกษาครอบคลุมถึงมลพิษจากการจราจร จึงทำการแบ่งกลุ่มของสิ่งแวดล้อมที่ต้องการเก็บตัวอย่างอากาศ เป็น 4 กลุ่มด้วยกัน ได้แก่

1. รถประจำทางปรับอากาศ
2. รถประจำทางไม่ปรับอากาศ
3. รถโดยสารขนาดเล็ก
4. รถยนต์ส่วนบุคคล

ซึ่งการเดินทางด้วยยานพาหนะดังกล่าว เป็นชนิดของการโดยสารที่มีผู้ใช้บริการจำนวนมากเป็นประจำทุกวัน กลุ่มเป้าหมายทั้ง 4 กลุ่มนี้ จะใช้เป็นตัวแทนของมลพิษในสิ่งแวดล้อมขนาดเล็ก (Micro-environment) ที่บุคคลส่วนใหญ่ได้รับเป็นประจำ เนื่องมาจากการเดินทางไปสถานทำงานหรือสถานศึกษา เป็นอย่างดี ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดในการเก็บตัวอย่างอากาศในรถยนต์ส่วนบุคคล จึงใช้ที่นั่งตอนหน้าของรถโดยสารขนาดเล็กเป็นตัวแทน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ รถยนต์ส่วนบุคคลจึงมีความหมายจำกัดแค่เพียงห้องโดยสารที่ไม่ได้เปิดเครื่องปรับอากาศ และเปิดกระจกในส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลนอกจากจะแบ่งกลุ่มสิ่งแวดล้อมเป็นประเภทตามที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังแบ่งบุคคลออกเป็นสี่กลุ่มเพื่อประเมินปริมาณ และความเสี่ยงจากฝุ่นละอองที่แต่ละกลุ่มจะได้รับ โดยแบ่งตามช่วงอายุ และอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการจราจร ได้แก่ กลุ่มเด็ก (อายุ 9-18 ปี) กลุ่มผู้ใหญ่ (อายุ 19 ปีขึ้นไป) กลุ่มพนักงานขับรถโดยสาร และกลุ่มตำรวจจราจร

3.3 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

3.3.1 รถประจำทางปรับอากาศ และรถประจำทางไม่ปรับอากาศ

รายละเอียดของรถประจำทางได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.5 และจากข้อมูลดังกล่าวได้คัดเลือกสายรถประจำทางที่มีทั้งชนิดรถปรับอากาศ และไม่ปรับอากาศอยู่ในเส้นทางเดียวกัน เพื่อให้

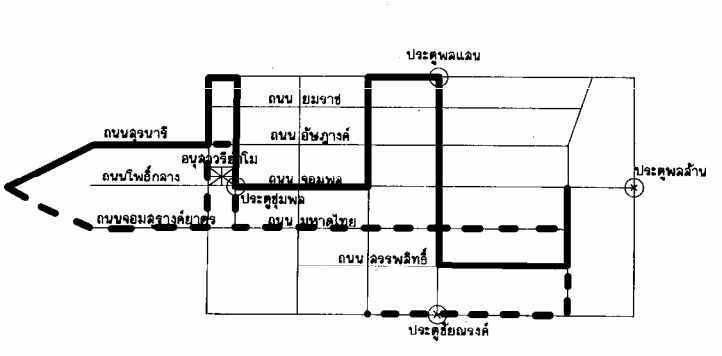
เป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการนำข้อมูลของปริมาณฝุ่นละอองในรถทั้งสองชนิด มาทำการเปรียบเทียบกัน ซึ่งจากข้อมูลเส้นทางรถโดยสารที่มี พบว่าเส้นทางสายที่ 3 บ้านมะขามเฒ่า-วัดสระแก้ว เป็นเพียงสายเดียวซึ่งมีรถประจำทางทั้งสองชนิด ดังแสดงในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 รถประจำทางปรับอากาศ (ภาพซ้าย) และรถประจำทางไม่ปรับอากาศ (ภาพขวา)

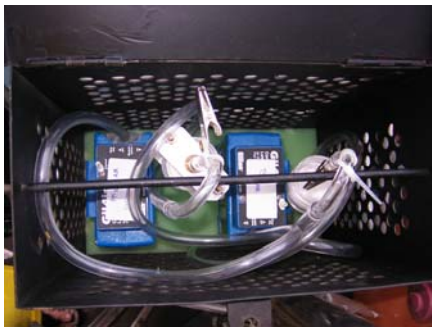
เส้นทางเริ่มต้นจากสถานที่จอดรถประจำทางบ้านมะขามเฒ่า ไปตามถนนมุขมนตรี ผ่านบ้านใหม่ บ้านภูเขาลาด บ้านศิรษะละเลิง แยกขวาไปตามถนนจอมสุรางยาตร์ แยกซ้ายไปตามถนนราชดำเนิน แยกขวาผ่านตลาดเทศบาล 1 ไปตามถนนอัษฎางค์ แยกขวาไปตามถนนชุมพล แยกซ้ายไปตามถนนมหาดไทย แยกขวาไปถนนพลล้าน แยกขวาไปตามถนนกำแหงสงคราม ผ่านตลาดเทศบาล 5 ไปสุดเส้นทาง ณ สถานที่จอดรถโดยสารประจำทางวัดสระแก้ว มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 16 กม. ดังแสดงในรูปที่ 3.2

ลักษณะการติดตั้งของเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ ต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ของเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ จึงทำการติดตั้งเครื่องมือในกล่องโลหะ เพื่อป้องกันการหาย ดังแสดงในรูปที่ 3.3 และในการติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ ต้องคำนึงถึงการติดตั้งเครื่องมือที่ไม่รบกวนต่อการโดยสารของผู้โดยสาร และการทำงานของพนักงาน จึงทำการติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศบริเวณตอนหน้าของรถประจำทาง แสดงดังรูปที่ 3.4 การติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศของรถแต่ละชนิดติดตั้งในรถคันเดิมทุกวัน โดยการนำเครื่องมือไปติดตั้งที่สถานที่จอดรถประจำทาง (บ้านมะขามเฒ่า) ก่อนรถออกในเวลาเช้า ในช่วงเวลาประมาณ 6.00น.-7.00น. ขึ้นอยู่กับ

พฤติกรรมการทำงานของพนักงานขับรถโดยสาร และไปเก็บเครื่องมือทุกวันที่อู่จอดรถโดยสาร (ถนนมุขมนตรี) ในเวลาที่รถเข้าจอดแล้วในเวลาประมาณ 21.00 น.



รูปที่ 3.2 เส้นทางการเดินรถประจำทาง และรถโดยสารขนาดเล็ก



รูปที่ 3.3 การติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศในกล่องโลหะ

รูปที่ 3.4 การติดตั้งเครื่องมือในรถประจำทางปรับอากาศ (ภาพขวา)
และรถประจำทางไม่ปรับอากาศ (ภาพซ้าย)

3.3.2 รถโดยสารขนาดเล็ก

เลือกสายรถโดยสารขนาดเล็ก ที่มีเส้นทางคล้ายคลึงกับสายรถประจำทางที่เลือกไว้มากที่สุด ซึ่งสายรถโดยสารขนาดเล็กที่เหมาะสม ได้แก่ รถโดยสารขนาดเล็กสายที่ 8 วัดป่าสาละวัน-บ้านหัวถนน ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งมีเส้นทางเริ่มต้นจากสถานที่จอดรถโดยสารประจำทางวัดป่าสาละวัน ไปตามถนนหน้าบ้านพักพนักงานรถไฟ แยกขวาไปตามถนนสุรนารี แยกซ้ายไปตามถนนจันทร์ แยกขวาไปตามถนนมิตรภาพ แยกขวาไปตามถนนชุมพล แยกซ้ายไปตามถนนจอมพล แยกซ้ายไปตามถนนมนัส แยกขวาไปตามถนนมิตรภาพ แยกขวาไปตามถนนประจักษ์ แยกซ้ายไปตามถนนสรรพสิทธิ์ แยกซ้ายไปตามถนนกุดั่น แยกขวาไปตามถนนจอมพล ไปตามถนนพายัพทิศ ผ่านวัดทุ่งสว่าง สุดเส้นทางที่บ้านหัวถนน ดังแสดงในรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.5 รถโดยสารขนาดเล็ก เส้นทางที่ 8

การติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศติดตั้งที่รถโดยสารขนาดเล็กคันเดิมทุกวัน ติดตั้งเครื่องมือสองจุด ได้แก่ที่นั่งตอนหน้า และที่นั่งตอนหลังเพื่อให้สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ การติดตั้งต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของเครื่องมือ และไม่รบกวนต่อผู้โดยสาร การติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 การติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศในรถโดยสารขนาดเล็ก

3.4 ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างในวันจันทร์ ถึงวันศุกร์ เนื่องจากเป็นวันที่มีการโดยสารไปสถานศึกษาและสถานที่ทำงาน สำหรับรถประจำทางปรับอากาศ และรถประจำทางไม่ปรับอากาศทำการเก็บตัวอย่างอากาศ โดยการนำเครื่องมือไปติดตั้งที่สถานที่จอดรถประจำทาง ก่อนรถออกในเวลาเช้าในช่วงเวลาประมาณ 6.00 น.-7.00 น. ขึ้นอยู่กับรถประจำทางจะออกจากสถานที่จอดรถในแต่ละวันเป็นเวลาเท่าใด และไปเก็บเครื่องมือทุกวันที่อู่จอดรถโดยสาร ในเวลาที่รถเข้าจอดแล้วในเวลาประมาณ 21.00น. เนื่องจากการเดินทางของรถประจำทางปรับอากาศ และรถประจำทางไม่ปรับอากาศไม่มีเวลาที่แน่นอนในการไปถึงสถานที่จอดรถ จึงไม่สามารถไปเก็บเครื่องมือในขณะที่รถดังกล่าวยังไม่เสร็จสิ้นการเดินทางได้ สำหรับรถโดยสารขนาดเล็ก นำเครื่องมือไปติดตั้งที่สถานที่จอดรถโดยสารเวลาประมาณ 6.00น.-7.00น. ขึ้นอยู่กับว่ารถโดยสารคันดังกล่าวจะมีกำหนดออกจากสถานที่จอดรถในเวลาเท่าใด และทำการนัดหมายเพื่อไปเก็บเครื่องมือ ในช่วงเวลา 17.00น.-18.00น. เนื่องจากกำหนดการเข้าและออกจากสถานที่จอดรถของรถโดยสารขนาดเล็กมีกำหนดเวลาที่แน่นอน สำหรับระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ 4 วันต่อ 1 ตัวอย่าง เนื่องจาก จากการเก็บตัวอย่างอากาศเบื้องต้น พบว่า หากเก็บตัวอย่างอากาศน้อยกว่า 4 วัน ปริมาณฝุ่นที่ได้อาจจะมีจำนวนไม่เพียงพอต่อค่าความละเอียดของเครื่องชั่งน้ำหนัก

3.5 แผนการเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างอากาศ โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 4 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม และฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

กลุ่มตัวอย่าง	ระยะเวลา	ช่วงเวลา	กรณีที่ศึกษา	ชนิดฝุ่น	จำนวนตัวอย่าง
รถประจำทาง	20 วัน	7.00น.-21.00น.	รถประจำทางปรับอากาศ	PM_{10}	5
				TSP	5
			รถประจำทางไม่ปรับอากาศ	PM_{10}	5
				TSP	5
รถยนต์ส่วนบุคคลและรถโดยสารขนาดเล็ก	20 วัน	7.00น.-18.00น.	รถยนต์ส่วนบุคคล	PM_{10}	5
				TSP	5
			ที่นั่งตอนหลังรถโดยสารขนาดเล็ก	PM_{10}	5
				TSP	5

รวม	40 วัน				40

3.5.1 รถประจำทาง เก็บฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในรถประจำทาง ทั้งรถประจำทางปรับอากาศ และรถประจำทางไม่ปรับอากาศ โดยตัวอย่างอากาศของรถทั้ง 2 ประเภท จะถูกเก็บในวันเดียวกัน ช่วงเวลาประมาณ 7.00น.-21.00น. ติดต่อกัน 4 วันทำงานต่อ 1 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 5 ตัวอย่างต่อชนิดฝุ่น ต่อประเภทรถ

3.5.2 รถโดยสารขนาดเล็ก เก็บฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในที่นั่งตอนหน้าและที่นั่งตอนหลังของรถโดยสารขนาดเล็ก โดยตัวอย่างอากาศของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ประเภท จะถูกเก็บในวันเดียวกัน ช่วงเวลาประมาณ 7.00 น.-18.00น. ติดต่อกัน 4 วันทำงานต่อ 1 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 5 ตัวอย่างต่อชนิดฝุ่น ต่อประเภทรถ

รวมระยะเวลาการเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 40 วัน และจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 40 ตัวอย่าง แสดงแผนการเก็บตัวอย่างอากาศดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แผนการเก็บตัวอย่างอากาศ

ประเภทยานพาหนะ	ตัวอย่างที่	วันที่เก็บตัวอย่างอากาศ
รถประจำทางปรับอากาศ และ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ	1	2, 3, 4, 5 กันยายน 2546
	2	8, 9, 10, 11 กันยายน 2546
	3	12, 15, 16, 17 กันยายน 2546
	4	18, 19, 22, 23 กันยายน 2546
	5	24, 25, 26, 29 กันยายน 2546
รถยนต์ส่วนบุคคล และ รถโดยสารขนาดเล็ก	1	24, 25, 26, 27 พฤศจิกายน 2546
	2	28 พฤศจิกายน 1, 2, 3 ธันวาคม 2546
	3	4, 8, 9, 10 ธันวาคม 2546
	4	11, 12, 15, 16 ธันวาคม 2546
	5	17, 18, 19, 22 ธันวาคม 2546

3.6 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

3.6.1 การเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม (National Institute for Occupational Safety and Health; NIOSH, 1994)

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม ได้แก่ Air Sampling Systems รุ่น Gilair-5 โดยสอบเทียบปั๊มให้มีอัตราการไหลของอากาศเป็น 1.7 ลิตรต่อนาที เพื่อให้เกิดการคัดแยกฝุ่นละออง ผ่านกระดาษกรอง ตามมาตรฐาน NIOSH 0500

- นำกระดาษกรองชนิดเซลลูโลสไนเตรทเอสเตอร์ ไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้นอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนนำไปเก็บตัวอย่าง

- ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองด้วยเครื่องชั่ง 6 ตำแหน่ง ในพื้นที่ควบคุมให้มีอุณหภูมิ 20 °C ±1°C และ 50% ± 5%RH บันทึกน้ำหนัก W_1 โดยหยิบกระดาษกรองด้วยปากคีบ เพื่อไม่ให้น้ำหนักของฝุ่นละอองผิดพลาด

- ใส่กระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนักแล้ว ลงในตลับกรองแบบสองส่วน โดยใช้แผ่นรองที่ทำจากเซลลูโลส ปิดฝาตลับกรองให้แน่นเพื่อป้องกันการรั่วไหลของตัวอย่าง

- ติดตั้งตลับกรองแบบสองส่วนเข้ากับปั๊มดูดอากาศ

- เตรียมกระดาษกรองที่ใช้เป็นแบลงค์ โดยต้องเป็นกระดาษกรองที่ยังไม่ได้ใช้ และผลิตพร้อมกับกระดาษกรองที่ใช้เก็บตัวอย่าง

- ปรับอัตราการไหลของปั๊มเท่ากับ 1.7 ลิตร ต่อ นาที

- หลังเก็บตัวอย่าง นำตลับกรองที่บรรจุกระดาษกรองไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้น เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนนำไปชั่งน้ำหนักด้วยอุปกรณ์และสภาวะแวดล้อมเดิม

เนื่องจากในทางปฏิบัติเป็นการยากที่จะได้ตามสภาวะที่กำหนด อุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาจึงควบคุมที่ 20 °C ± 2°C

3.6.2 การเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (NIOSH, 1998)

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ได้แก่ Air Sampling Systems รุ่น Gilair-5 โดยสอบเทียบปั๊มให้มีอัตราการไหลของอากาศเป็น 1.7 ลิตรต่อนาที เพื่อให้เกิดการคัดแยกฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ผ่านกระดาษกรอง ตามมาตรฐาน NIOSH 0600 โดยมีไซโคลนต่ออยู่ด้วยกับปั๊มและอุปกรณ์สอบเทียบอัตราการไหล

- ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองชนิดเซลลูโลสเอสเตอร์ด้วยเครื่องชั่ง 6 ตำแหน่ง ในพื้นที่ควบคุมให้มีให้มีอุณหภูมิ 20 °C ± 1°C และ 50% ± 5%RH บันทึกน้ำหนัก W_1 โดยหยิบกระดาษกรองด้วยปากคีบ เพื่อไม่ให้น้ำหนักของฝุ่นละอองผิดพลาด

- ใส่กระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนักแล้วลงในตลับกรองแบบสองส่วน โดยใช้แผ่นรองที่ผลิตจากเซลลูโลส หรือสเตนเลสสตีล ปิดฝาตลับกรองให้แน่นเพื่อป้องกันการรั่วไหลของตัวอย่าง

- ติดตั้งตลับกรองแบบสองส่วนเข้ากับไซโคลนและปั๊มดูดอากาศ

- เตรียมกระดาษกรองที่ใช้เป็นแบลงค์ โดยเป็นกระดาษกรองที่ยังไม่ได้ใช้และผลิตพร้อมกับกระดาษกรองที่ใช้เก็บตัวอย่าง

- ปรับอัตราการไหลของปั๊มเท่ากับ 1.7 ลิตร ต่อ นาที

- หลังเก็บตัวอย่าง นำตลับกรองที่บรรจุกระดาษกรองไปใส่ในตู้ควบคุมความชื้น อย่าง

น้อย 24 ชั่วโมงก่อนนำไปชั่งน้ำหนักด้วยอุปกรณ์และสภาวะแวดล้อมเดิม

เนื่องจากในทางปฏิบัติเป็นการยากที่จะได้ตามสภาวะที่กำหนด อุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาจึงควบคุมที่ 20 °C ± 2°C

3.6.3 การสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ (National Institute of Standards And Technology, n.d., quoted in NIOSH, 1998)

- ติดตั้งอุปกรณ์ Soap-Bubble Meter จากนั้นเปิดปั๊มให้ทำงานอย่างน้อย 5 นาที ก่อนทำการสอบเทียบแล้วตรวจสอบด้วยว่า ปั๊มมีค่าความต่างศักดิ์เป็นเท่าใด ถ้ามีค่าต่ำต้อง Recharge ให้ถูกวิธี
- ทำให้ด้านข้างของบิวเรตเปียกด้วยสารละลายสบู่ก่อนทำการตรวจวัด
- ต่อบิวเรต อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง และปั๊ม
- ค่อยๆจุ่มปลายเปิดของบิวเรตไปที่สารละลายสบู่เพื่อให้ได้แผ่นฟิล์มของสบู่ ลอยขึ้นไปตามด้านข้างของบิวเรต
- ให้แผ่นฟิล์ม 2-3 อัน ลอยขึ้นไปตามบิวเรตเพื่อให้แน่ใจว่าแผ่นฟิล์ม ลอยขึ้นไปถึงด้านบนสุด
- เริ่มจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา เมื่อแผ่นฟิล์มของฟองอากาศ เคลื่อนที่จาก 0-1,000 มิลลิลิตร ใช้เวลานานเท่าไรขึ้นกับความเร็วของอากาศที่ต้องการ
- ปรับอัตราการไหลของอากาศจนได้อัตราการไหลที่ต้องการทำซ้ำสองครั้ง และคำนวณค่าอัตราการไหลของอากาศได้ดังนี้

$$\text{อัตราการไหลของอากาศ} = \frac{\text{ปริมาตรอากาศ 1 ลิตร}}{\text{ระยะเวลาที่ฟองสบู่เคลื่อนที่จาก 0 มิลลิลิตร ไปถึงขีดที่1,000 มิลลิลิตร (นาที)}} \quad (3.1)$$

- หรืออาจใช้ Soap-Bubble Meter ที่ใช้ไฟฟ้า จะใช้เวลาในการสอบเทียบน้อยกว่า และมีค่าความถูกต้องสูงกว่าวิธีที่ใช้บิวเรต

3.6.4 การทดสอบความเที่ยงของเครื่องมือ Air Sampling Systems

เนื่องจากการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองทุกครั้ง จะทำการเก็บตัวอย่างพร้อมกัน 2 จุดเก็บตัวอย่างอากาศเสมอ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองของสองจุด ในเวลาเดียวกัน การทดสอบความเที่ยงของเครื่องมือ Personal Sampler ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศครั้งนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

ซึ่งในการศึกษาการทดสอบความเที่ยงของเครื่องมือ จะทำการทดสอบความเที่ยงของเครื่องมือที่ใช้เก็บฝุ่นรวม (จำนวน 2 เครื่อง) และทดสอบความเที่ยงของเครื่องมือที่ใช้เก็บฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (จำนวน 2 เครื่อง) โดยติดตั้งเครื่องมือดังกล่าวในจุดเดียวกัน เปิด และปิดเครื่องพร้อมกัน แล้วหาปริมาณฝุ่นละอองเพื่อเปรียบเทียบกัน ได้ผลดังตารางที่ 3.3

ค่าความเข้มข้นของฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ได้จากเครื่องมือ Personal Sampler ทั้งสองชุด ที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองพร้อมกันนั้น มีปัจจัยที่จะส่งผลต่อค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองเหมือนกัน ดังนั้นความแตกต่างกันของข้อมูลทั้งสองชุดจึงถูกทดสอบสมมติฐานผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ประชากรแบบจับคู่ ด้วยสถิติแบบ t (Paired Sample t-Test)ได้ผลดังภาคผนวก ง

ตารางที่ 3.3 ผลความเข้มข้นฝุ่นละอองในสถานที่ และเวลาเดียวกัน

วันที่เก็บตัวอย่าง	TSP (มค.ก./ลบ.ม.)		PM_{10}(มค.ก./ลบ.ม.)	
	เครื่องที่1	เครื่องที่2	เครื่องที่1	เครื่องที่2
21 ต.ค. 2546	544	537	156	162
22 ต.ค. 2546	428	421	122	118
23 ต.ค. 2546	325	326	282	298
24 ต.ค. 2546	356	353	251	243
27 ต.ค. 2546	414	415	102	57
$\overline{X}$	413±84	410±82	183±79	179±78

สำหรับการทดสอบนี้มีสมมติฐานหลักคือ ความแตกต่างของค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองของเครื่องมือทั้ง 2 ชุด มีค่าเป็นศูนย์ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยที่ H_0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$, H_A: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$ และมีเขตปฏิเสธ H_0 ถ้า P-Value < 0.05 ซึ่งจากการทดสอบให้ค่า P-Value (ดังภาคผนวก ง) เท่ากับ 0.173 สำหรับเครื่องมือที่ใช้เก็บฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และ 0.164 สำหรับเครื่องมือที่ใช้เก็บฝุ่นรวม ซึ่งทำให้ค่า P-Value > 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือ ไม่มีความแตกต่างของความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และฝุ่นรวม จากเครื่องมือทั้งสองชุด

3.7 การวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละออง

$$\text{ความเข้มข้นฝุ่นละออง (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)} = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \times 10^6 \qquad (3.2)$$

โดยที่ W_1 คือ น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

W_2 คือ น้ำหนักกระดาษกรองหลังการเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

V คือ ปริมาตรอากาศในการเก็บตัวอย่าง (ลิตร)

3.8 การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการได้รับมลพิษอากาศ

การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ จากการได้รับมลพิษอากาศ ทำโดยใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงต่อสารที่ไม่ใช่สารก่อมะเร็งดังที่กล่าวถึงในหัวข้อ 2.6 ซึ่งวิธีนี้จะทำโดยการใช้ค่า Hazard Quotient (HQ) เป็นค่าอธิบายลักษณะความเสี่ยง

$$\text{HQ} = \frac{\text{ปริมาณสารเคมีที่ผ่านเข้าสู่ร่างกาย (mg/kg-day)}}{\text{ปริมาณอ้างอิง (RfD) (mg/kg-day)}} \quad (2.1)$$

เนื่องจากมลพิษต้องการตัวกลาง ได้แก่ อากาศ ในการเข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นการหาค่าปริมาณสารเคมีที่เข้าสู่ร่างกายจะเกี่ยวข้องกับการหาค่าปริมาณตัวกลางที่มนุษย์บริโภค ในการศึกษานี้เลือกพิจารณาค่า Potential Dose เนื่องจากเป็น Dose ที่ได้รับพร้อมการบริโภคตัวกลาง และเป็นค่าที่เหมาะสมกับการศึกษาเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมาก ส่วนการพิจารณาค่าอื่นๆ เช่น Internal Dose ต้องทำโดยประกอบกับปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ อาทิ สมรรถภาพทางปอดของบุคคล และอัตราการดูดซึมของสารเคมีที่ผ่านปอดเข้าสู่ร่างกาย เป็นต้น ซึ่งความไม่แน่นอนในการประมาณค่าปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลให้ค่าปริมาณที่ได้รับมีความคลาดเคลื่อนได้สูง

สูตรการคำนวณหา Potential Dose (US.EPA, 1993b) ได้แก่

$$\text{Potential Dose} = \sum_{i=1}^{n} \left(C_i \times t_i \times IR\right) \times BW^{-1} \quad (3.3)$$

โดยที่ i = สิ่งแวดล้อม ซึ่งหมายถึงยานพาหนะที่ใช้

c_i = ความเข้มข้นฝุ่นละอองในอากาศในสิ่งแวดล้อม i, มค.ก./ลบ.ม.

t_i = เวลาที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม i ต่อวัน, ชม./วัน

IR = อัตราการหายใจ, ลบ.ม./ชม.

BW = น้ำหนักตัวของบุคคล, กก.

การคำนวณหา Potential Dose ของแต่ละบุคคล ต้องการข้อมูลพื้นฐาน และพฤติกรรมการเดินทางของกลุ่มบุคคลที่ทำการศึกษา อันได้แก่ อายุ เพศ (เพื่อใช้หาอัตราการหายใจจากตารางที่ 2.6)

น้ำหนักตัว และเวลาที่ใช้ในการเดินทาง หรือเวลาที่ใช้ในการอยู่ในบรรยากาศที่มีการจราจร รวมทั้งต้องการค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศในสิ่งแวดล้อมต่างๆ ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้มีค่าที่ใช้ ได้แก่ ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในรถประจำทาง ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในรถประจำทางปรับอากาศ ความเข้มข้นฝุ่นละอองในที่นั่งตอนหน้ารถโดยสารขนาดเล็ก ความเข้มข้นฝุ่นละอองในที่นั่งตอนหลังรถโดยสารขนาดเล็ก และความเข้มข้นฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไป ตามจุดต่างๆในเขตพื้นที่ศึกษา ซึ่งข้อมูลได้จากโครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจร และขนส่งในจังหวัดนครราชสีมา ในปี 2547 (แสดงดังภาคผนวก ค)

ในส่วนการคำนวณค่าปริมาณอ้างอิง (RfD) นั้นพิจารณาจากมาตรฐานความเข้มข้นของฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนของประเทศไทย ที่ยอมให้มีในบรรยากาศในเวลา 24 ชั่วโมง ได้แก่ 120 มค.ก./ลบ.ม. และ 330 มค.ก./ลบ.ม. สำหรับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และฝุ่นรวมตามลำดับ จากนั้นนำค่าดังกล่าวมาคำนวณในวิธีเดียวกับการคำนวณ Potential Dose เพื่อใช้เป็นปริมาณอ้างอิง (RfD) ในขั้นตอนการประเมินอัตราเสี่ยงการเกิดโรคดังแสดงในหัวข้อ 2.6 โดยค่า RfD ที่จะคำนวณนั้น จะแยกคิดสำหรับแต่ละช่วงอายุ และแยกเพศ เนื่องจากอัตราการหายใจ เวลาที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ศึกษา และน้ำหนักตัวของแต่ละช่วงอายุและแต่ละเพศนั้นมีค่าแตกต่างกัน จากนั้นใช้ Hazard Quotient ในการพิจารณาอัตราเสี่ยงของแต่ละกลุ่มบุคคลจากการได้รับฝุ่นละอองอันเนื่องมาจากการเดินทาง และการจราจร

แบ่งกลุ่มบุคคลที่จะทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 เด็กอายุ 9 – 18 ปี

- การศึกษาระดับประถมศึกษา
- การศึกษาระดับมัธยมศึกษา
- การศึกษาระดับอาชีวศึกษา

กลุ่มที่ 2 ผู้ใหญ่ อายุ 19 – 65 ปีขึ้นไป

- การศึกษาระดับอุดมศึกษา
- คนทำงาน

กลุ่มที่ 3 พนักงานขับรถโดยสาร

- รถโดยสารขนาดเล็ก
- รถประจำทางปรับอากาศ
- รถประจำทางไม่ปรับอากาศ

กลุ่มที่ 4 ตำรวจจราจร

- ตำรวจจราจรเขต 1 – 5

วิธีการที่ใช้สุ่มประชากรเพื่อทำการศึกษา ในการศึกษานี้ใช้เกณฑ์ดังต่อไปนี้ (วิษณุ ธรรมลิขิตกุล, 2540) คือ กรณีจำนวนประชากรที่ศึกษาเป็นหลักร้อย เลือกขนาดตัวอย่างร้อยละ 15 กรณีจำนวนประชากรที่ศึกษาเป็นหลักพัน เลือกขนาดตัวอย่างร้อยละ 10 กรณีจำนวนประชากรที่ศึกษาเป็นหลักหมื่น เลือกขนาดตัวอย่างร้อยละ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.8.1 สถานศึกษา

แบ่งขนาดของโรงเรียนตามจำนวนนักเรียนจากตารางที่ 2.4 เป็นสามขนาด ได้แก่ โรงเรียนขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยกำหนดให้ จำนวนนักเรียนไม่เกิน 1,000 คนเป็นโรงเรียนขนาดเล็ก จำนวนนักเรียน 1,001 คน ถึง 3,000 คน เป็นโรงเรียนขนาดกลาง และจำนวนนักเรียน 3,001 คนขึ้นไป เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ โดยแต่ละระดับการศึกษาจะสุ่มโรงเรียนขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ อย่างละ 1 โรงเรียน เพื่อให้เกิดความหลากหลายในสภาพพื้นฐานของครอบครัว ซึ่งจะส่งผลต่อรูปแบบการเดินทางจากบ้านไปสู่โรงเรียน จำนวนประชากรที่จะทำการแจกแบบสอบถาม ใช้ร้อยละ 1 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เนื่องจากจำนวนประชากรทั้งหมดมากกว่า 10,000 คน และแบบสอบถามจะกระจายการศึกษาทุกระดับชั้นการศึกษา เพื่อกระจายช่วงอายุที่จะทำการศึกษา รายละเอียดของโรงเรียนที่ทำการสุ่มได้ แสดงดังตารางที่ 3.4 สำหรับระดับอุดมศึกษา จะทำการสอบถามทั้งสองสถาบัน จำนวนที่ใช้ในการแจกแบบสอบถามได้แก่ร้อยละ 1 ของจำนวนนักศึกษาทั้งหมด ซึ่งเท่ากับ 120 คน

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดโรงเรียนที่ทำการสุ่มเพื่อแจกแบบสอบถาม

ระดับการศึกษา	ขนาดโรงเรียน			จำนวน (คน)
	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่	
ระดับประถมศึกษา	โยธินนุกูล	วัดสระแก้ว	อนุบาลนครราชสีมา	215
ระดับมัธยมศึกษา	อุบลรัตน์	โคราชพิทยาคม	ราชสีมาวิทยาลัย	239
ระดับอาชีวศึกษา	แมรีเทคโนโลยี	มารีย์บริหารธุรกิจ	วิทยาลัยอาชีวศึกษา	153
รวม				707

3.8.2 พนักงานขับรถโดยสาร

จำนวนพนักงานขับรถโดยสารทั้งหมดในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา เลือกทำการศึกษาจำนวนร้อยละ 15 ของจำนวนพนักงานขับรถทั้งหมด เนื่องจากจำนวนพนักงานขับรถโดยสารทั้งหมดไม่เกิน 1,000 คน ซึ่งจะเท่ากับพนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก 17 คน พนักงานขับ

รถประจำทางปรับอากาศ 8 คน และพนักงานขับรถประจำทางไม่ปรับอากาศ 19 คน รวมทั้งสิ้น 44 คน ทำการสุ่มถามโดยไม่จำกัดสายรถประจำทาง เพศ และจำกัดอายุ 19 ปีขึ้นไป

3.8.3 ตำรวจจราจร

จากการแบ่งเขตการจราจรทั้ง 5 เขต ทำการสุ่มถามตำรวจจราจรที่ปฏิบัติหน้าที่ในตอนกลางวัน เขตละ 3 คน รวมทั้งสิ้น 15 คน

3.8.4 กลุ่มคนทำงาน

จากจำนวนประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่าขนาดของกลุ่มคนทำงานมีจำนวนมากเกินกว่าช่วงเวลาที่กำหนดในการทำการศึกษาจึงทำการสุ่มถามกลุ่มคนทำงานทั้งสิ้น 200 คน โดยต้องมีอายุ 19 ปีขึ้นไป ไม่จำกัดเพศ และการศึกษา

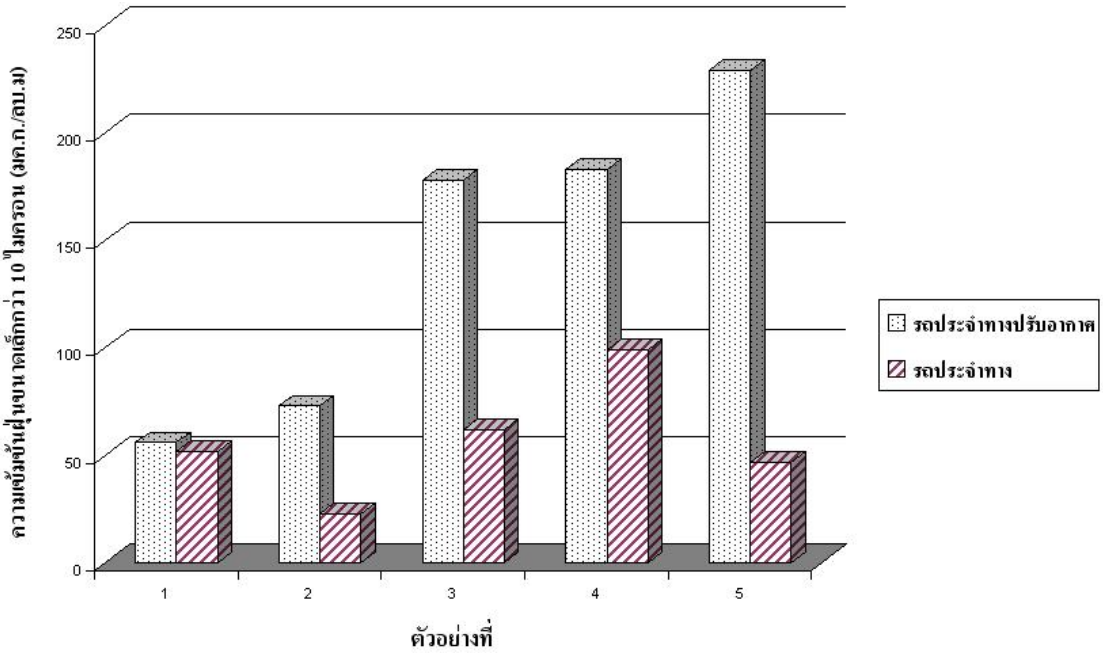
บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ความเข้มข้นของฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

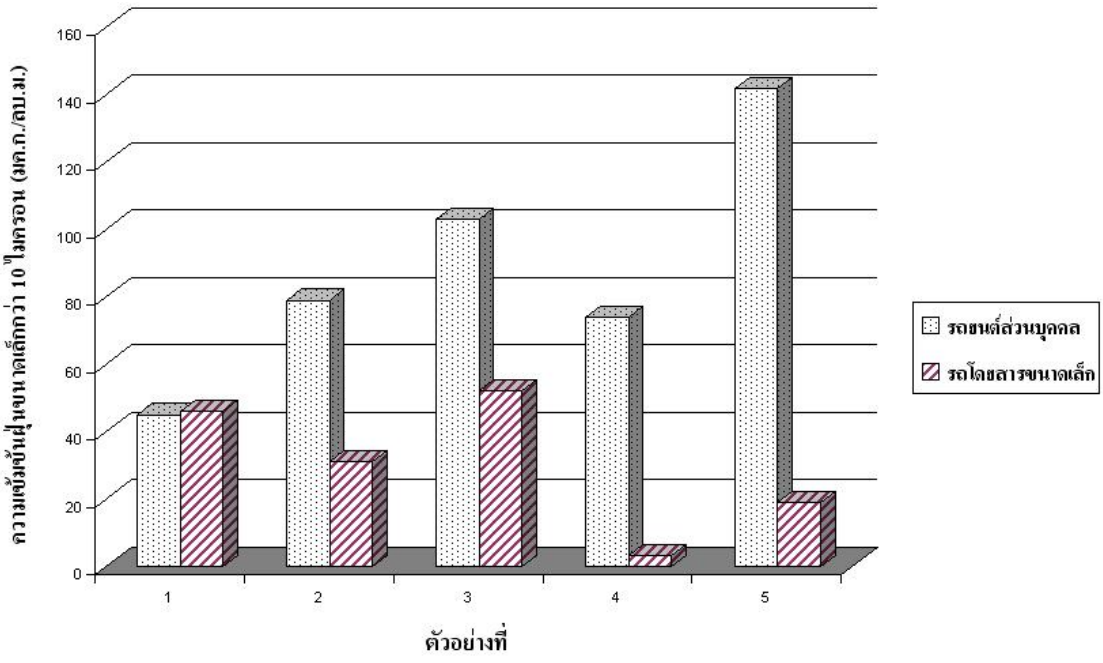
ความเข้มข้นของฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จากการเก็บตัวอย่างในรถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถยนต์ส่วนบุคคล และที่นั่งตอนหลังของรถโดยสารขนาดเล็ก ได้ผลดังต่อไปนี้

ผลจากการตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถประจำทางทั้ง 5 ตัวอย่าง แสดงในรูปที่ 4.1 พบว่าในรถประจำทาง มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนอยู่ในช่วง 23-229 มค.ก./ลบ.ม. โดยรถประจำทางปรับอากาศจะมีความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนอยู่ในช่วง 56-229 มค.ก./ลบ.ม. และรถประจำทางไม่ปรับอากาศ มีความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10ไมครอน อยู่ในช่วง 23-99 มค.ก./ลบ.ม. จากตัวอย่างอากาศทั้ง 5 ตัวอย่าง พบว่า ความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถประจำทางปรับอากาศ มีค่ามากกว่าความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถประจำทางไม่ปรับอากาศที่เก็บตัวอย่างพร้อมกัน ทั้ง 5 ตัวอย่าง และมีข้อสังเกตุเกี่ยวกับแนวโน้มของค่าความเข้มข้นที่วัดได้ของรถประจำทางปรับอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นจากตัวอย่างแรกไปถึงตัวอย่างสุดท้าย แต่จากการทบทวนข้อมูลการเก็บตัวอย่างไม่พบสิ่งที่จะเป็นคำอธิบายแนวโน้มดังกล่าวได้ จึงคาดว่าอาจเกิดจากแนวโน้มของระดับมลพิษในบรรยากาศซึ่ง ส่งผลต่อค่าที่วัดได้ในยานพาหนะ

ในส่วนของรถยนต์ส่วนบุคคล และรถโดยสารขนาดเล็กมีค่าความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน แสดงดังรูปที่ 4.2 ซึ่งมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 3 - 142 มค.ก./ลบ.ม. โดยรถยนต์ส่วนบุคคลมีความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10ไมครอนอยู่ในช่วง 46 - 142 มค.ก./ลบ.ม. และรถโดยสารขนาดเล็ก มีความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน อยู่ในช่วง 3 - 52 มค.ก./ลบ.ม. โดย 4 ใน 5 ตัวอย่างอากาศที่ตรวจวัด มีความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถยนต์ส่วนบุคคลมากกว่าความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถโดยสารขนาดเล็กอย่างเห็นได้ชัด ส่วนอีก 1 ตัวอย่าง มีความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10ไมครอนใกล้เคียงกัน และสังเกตพบว่าตัวอย่างที่ 4 ความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถโดยสารขนาดเล็กมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างอื่นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งได้ทำการตรวจสอบแล้วแต่ไม่พบว่ามีสาเหตุมาจากความผิดพลาดในกระบวนการการเก็บตัวอย่างอากาศ จึงยังถือเป็นค่าที่นำมาใช้งานต่อไปได้

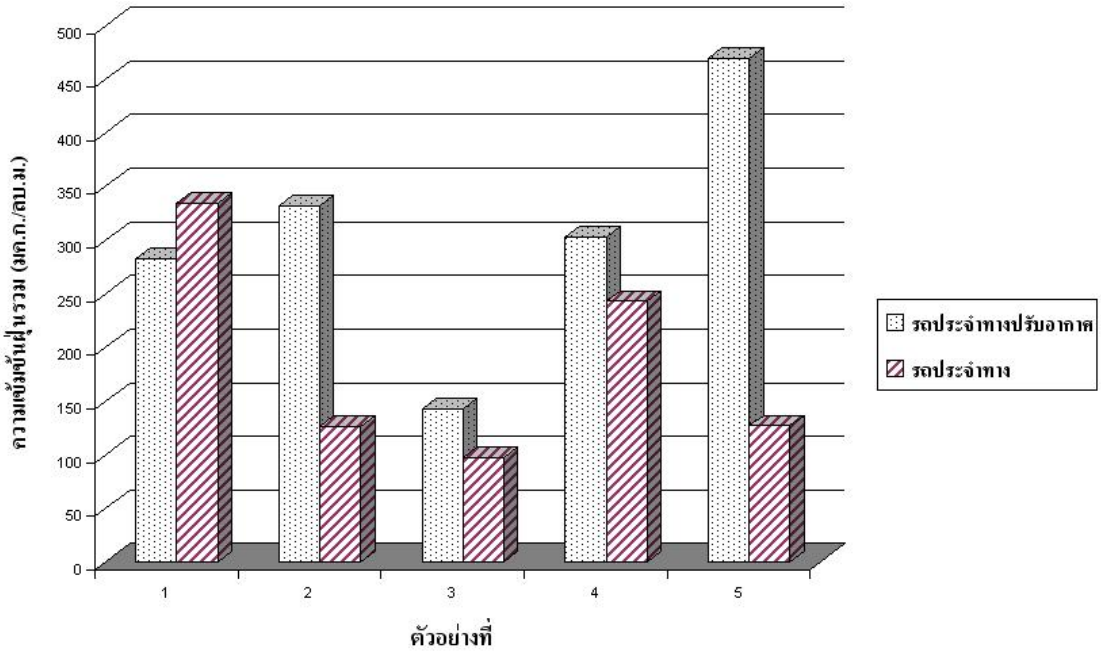


รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถประจำทาง ใน 5 ตัวอย่างที่เก็บข้อมูล



รูปที่ 4.2 ความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถยนต์ และรถโดยสารขนาดเล็ก ใน 5 ตัวอย่างที่เก็บข้อมูล

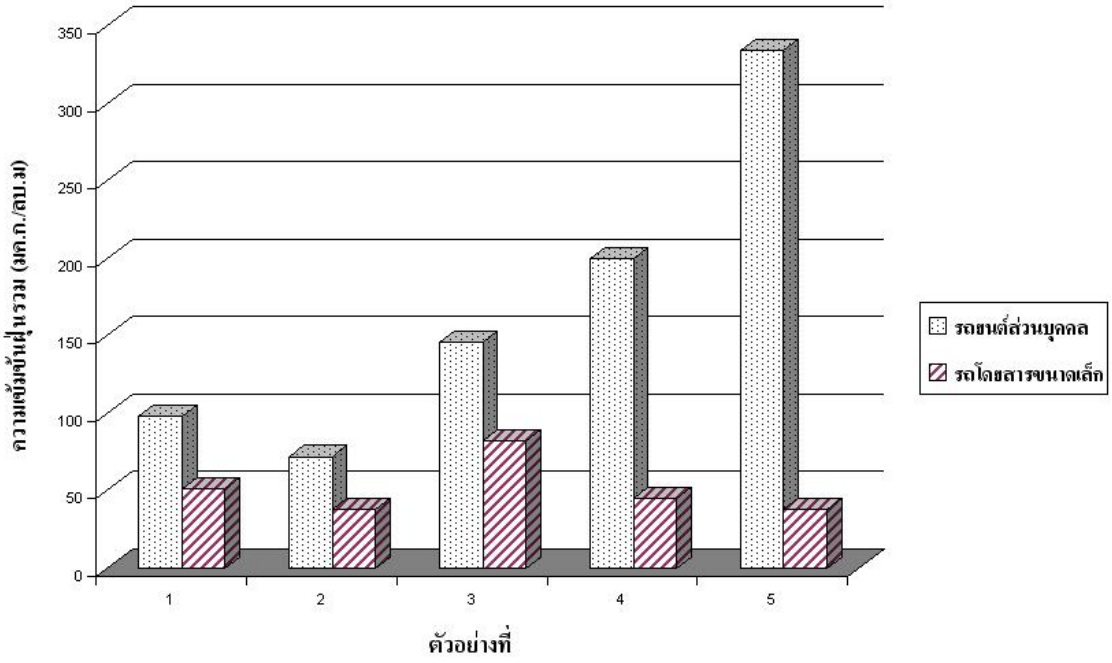
ผลจากการตรวจวัดฝุ่นรวมในประจำทางทั้งสองชนิด แสดงดังรูปที่ 4.3 พบว่าในรถประจำทาง มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นรวมอยู่ในช่วง 97-469 มค.ก./ลบ.ม. โดยรถประจำทางปรับอากาศมีความเข้มข้นของฝุ่นรวมอยู่ในช่วง 143 - 469 มค.ก./ลบ.ม. และรถประจำทางไม่ปรับอากาศ มีความเข้มข้นของฝุ่นรวม อยู่ในช่วง 97 - 334 มค.ก./ลบ.ม. โดย 4 ใน 5 ตัวอย่างอากาศที่ตรวจวัด มีความเข้มข้นฝุ่นรวมในรถประจำทางปรับอากาศ มากกว่าความเข้มข้นฝุ่นรวมในรถประจำทางไม่ปรับอากาศ ส่วนตัวอย่างที่ 1 มีความเข้มข้นฝุ่นรวมในรถประจำทางปรับอากาศ น้อยกว่าความเข้มข้นฝุ่นรวมในรถประจำทางไม่ปรับอากาศ



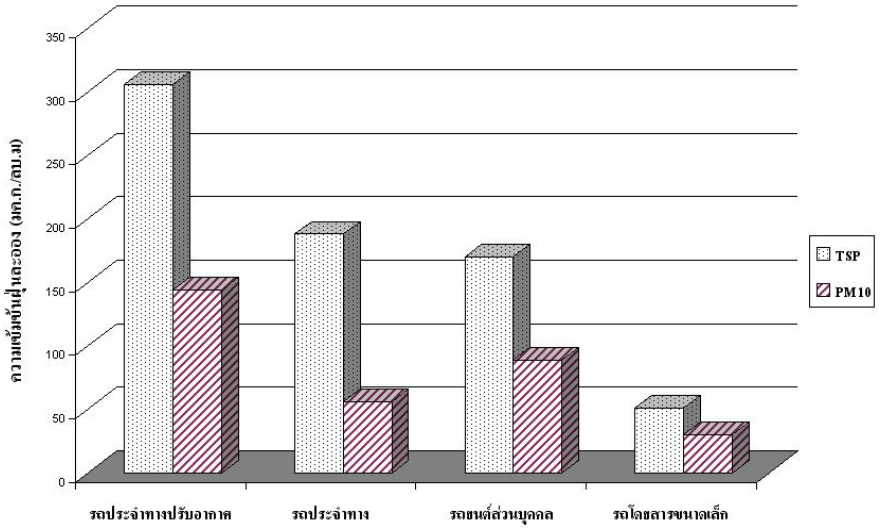
รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นฝุ่นรวม ในรถประจำทาง ใน 5 ตัวอย่างที่เก็บข้อมูล

ในส่วนของรถยนต์ส่วนบุคคล และรถโดยสารขนาดเล็กค่าความเข้มข้นฝุ่นรวม แสดงดังรูปที่ 4.4 ซึ่งอยู่ในช่วง 38-334 มค.ก./ลบ.ม. โดยรถยนต์ส่วนบุคคลมีความเข้มข้นของฝุ่นรวมอยู่ในช่วง 98-334 มค.ก./ลบ.ม. และรถโดยสารขนาดเล็ก มีความเข้มข้นของฝุ่นรวม อยู่ในช่วง 38-82 มค.ก./ลบ.ม. โดยทั้ง 5 ตัวอย่างอากาศ ที่ตรวจวัดมีความเข้มข้นฝุ่นรวมในรถยนต์ส่วนบุคคลมากกว่าความเข้มข้นฝุ่นรวมในรถโดยสารขนาดเล็ก และพบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นฝุ่นรวมในรถยนต์จากตัวอย่างที่ 2 ไปถึงตัวอย่างที่ 5 แต่ไม่สามารถหาปัจจัยที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์นี้ได้

สรุปข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างในรูปของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่น ณ สิ่งแวดล้อมต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.5 จากข้อมูลความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งสองชนิดที่ตรวจวัดได้ พบว่าความเข้มข้นของฝุ่นรวมเรียงจากความเข้มข้นมากไปยังความเข้มข้นน้อย ตามประเภทยานพาหนะ ได้แก่ รถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถยนต์ส่วนบุคคล และรถโดยสารขนาดเล็ก ตามลำดับ สำหรับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนให้ผลใกล้เคียงกัน เรียงจากความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมากไปยังความเข้มข้นน้อย ได้แก่ รถประจำทางปรับอากาศ รถยนต์ส่วนบุคคล รถประจำทางไม่ปรับอากาศ และรถโดยสารขนาดเล็ก ตามลำดับ และพบว่ายานพาหนะประเภทเดียวกัน คือ รถประจำทาง มีผลที่ชี้ว่ารถปรับอากาศ มีความเข้มข้นของฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมากกว่ารถไม่ปรับอากาศ ผลการศึกษาข้างต้นนี้สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆเช่น Gulliver and Briggs (2004); Adam et al. (2001); Rank et al. (2001) ซึ่งศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองในห้องโดยสารของยานพาหนะประเภทต่างๆ พบว่ามลพิษที่พบสูงสุดจะพบในรถประจำทาง หรือ รถยนต์ส่วนบุคคล ที่มีลักษณะเป็นห้องโดยสารแบบปิด และมลพิษที่พบน้อยที่สุดได้แก่ การขี่จักรยาน ซึ่งเป็นยานพาหนะแบบเปิด



รูปที่ 4.4 ความเข้มข้นฝุ่นรวมในรถยนต์ส่วนบุคคล และรถโดยสารขนาดเล็ก
ใน 5 ตัวอย่างที่เก็บข้อมูล



รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในยานพาหนะประเภทต่างๆ

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

จุดเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง		Mean ± sd (มค.ก./ลบ.ม.)	
	TSP	PM_{10}	TSP	PM_{10}
รถประจำทางปรับอากาศ	5	5	306 ± 117	144 ± 75
รถประจำทางไม่ปรับอากาศ	5	5	188 ± 105	56 ± 28
รถยนต์ส่วนบุคคล	5	5	170 ± 104	89 ± 36
รถโดยสารขนาดเล็ก	5	5	51 ± 18	30 ± 20

4.2 สัดส่วนฝุ่นละออง PM_{10}/TSP

จากการตรวจวัดระหว่างฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนของทุกๆจุดเก็บตัวอย่างอากาศพบว่าในแต่ละครั้งที่มีการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง ฝุ่นรวมมีค่ามากกว่าฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเสมอ รวมถึงการศึกษางานวิจัยอื่นๆบ่งบอกว่า ฝุ่นสองชนิดนี้มีความสัมพันธ์กัน เมื่อนำค่าความเข้มข้นฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ของทุกจุดเก็บตัวอย่าง มาทดสอบทางสถิติด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson พบค่าสหสัมประสิทธิ์ระหว่างฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10ไมครอน เท่ากับ 0.663 ซึ่งมีค่าเป็นบวก แสดงว่าตัวแปรสองตัวนี้มีความสัมพันธ์อยู่ในทิศทางเดียวกัน

สัดส่วน PM_{10}/TSP เป็นค่าที่บ่งบอกลักษณะเด่นของฝุ่นละออง สัดส่วนนี้จะแปรผันไปตามแต่ละจุดตรวจวัด ในการศึกษานี้จึงทำการหาสัดส่วนฝุ่นละออง PM_{10}/TSP ในแต่ละชนิดของรถโดยสารแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สัดส่วน PM_{10}/TSP ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง (n)	สัดส่วน PM_{10}/TSP
รถประจำทางปรับอากาศ	5	0.470
รถประจำทางไม่ปรับอากาศ	5	0.304
รถยนต์ส่วนบุคคล	5	0.521
รถโดยสารขนาดเล็ก	5	0.598

ค่าสัดส่วน PM_{10}/TSP ในการศึกษานี้มีค่าระหว่าง 0.304 - 0.598 เป็นที่น่าสังเกตว่าแม้ปริมาณฝุ่นละอองในรถประจำทางจะมีค่าสูงกว่ารถโดยสารขนาดเล็ก แต่สัดส่วน PM_{10}/TSP ในรถโดยสารขนาดเล็กมีสัดส่วนสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด อนึ่ง งานวิจัยของ Gulliver and Briggs (2004) ศึกษาสัดส่วนของ$PM_{2.5}$ / PM_{10} ระหว่างการเดินและการโดยสารรถยนต์ส่วนบุคคล พบว่าสัดส่วน $PM_{2.5}$ / PM_{10} จากการเดินมีค่ามากกว่าการโดยสารรถยนต์ส่วนบุคคล เนื่องจากฝุ่นละอองที่ถูกปล่อยจากยานพาหนะมีขนาดอนุภาคขนาดเล็ก อาจกล่าวได้ว่าค่าที่ได้จาก ห้องโดยสารของรถโดยสารขนาดเล็กมีค่าสูงเนื่องจากมีความสัมพันธ์กับฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะเช่นเดียวกัน

4.3 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละอองในแต่ละจุดตรวจวัด

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละอองในแต่ละจุดตรวจวัดนั้น ในลำดับแรกเป็นการหาความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองที่เก็บตัวอย่างในวัน และเวลาเดียวกัน นั่นคือการวิเคราะห์หาความแตกต่างของความเข้มข้นฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ระหว่างรถประจำทางปรับอากาศ กับรถประจำทางไม่ปรับอากาศ และรถยนต์ส่วนบุคคล กับรถโดยสารขนาดเล็ก โดยใช้การทดสอบแบบ Paired Sample Test ซึ่งการทดสอบมีสมมติฐาน คือ ความแตกต่างของค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองของสองจุดเก็บตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์มีค่าเท่ากับศูนย์ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ดังแสดงในภาคผนวก ง3 และสรุปผลได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละอองที่เก็บตัวอย่างในเวลาเดียวกัน

ประเภท	จุดตรวจวัดที่ 1		จุดตรวจวัดที่ 2		P-Value
	ประเภทยานพาหนะ	ค่าเฉลี่ย (มค.ก./ลบ.ม)	ประเภทยานพาหนะ	ค่าเฉลี่ย (มค.ก./ลบ.ม)	
TSP	รถประจำทางปรับอากาศ	306	รถประจำทางไม่ปรับอากาศ	188	0.163
	รถยนต์ส่วนบุคคล	170	รถโดยสารขนาดเล็ก	51	0.072
PM_{10}	รถประจำทางปรับอากาศ	144	รถประจำทางไม่ปรับอากาศ	56	0.044
	รถยนต์ส่วนบุคคล	89	รถโดยสารขนาดเล็ก	30	0.043

การทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นฝุ่นรวม ในรถประจำทางปรับอากาศ และรถประจำทางไม่ปรับอากาศ พบว่า ไม่มีความแตกต่างของความเข้มข้นฝุ่นรวมอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับกรณีการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นฝุ่นรวม ในรถยนต์ส่วนบุคคล และรถโดยสารขนาดเล็ก

การทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในรถประจำทางปรับอากาศ และรถประจำทางไม่ปรับอากาศ พบว่าค่า P-Value ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.044 ซึ่งต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ (0.05) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในรถประจำทางปรับอากาศ และรถประจำทางไม่ปรับอากาศจึงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยความเข้มข้นฝุ่นในรถประจำทางปรับอากาศมีค่ามากกว่า อย่างไรก็ตาม สังเกตว่าค่า P-Value ที่ได้มีค่าใกล้เคียง 0.05 หมายความว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าในตัวอย่างเพียงเล็กน้อยอาจทำให้ผลการทดลองเปลี่ยนไปได้

การทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในรถยนต์ส่วนบุคคล และรถโดยสารขนาดเล็ก พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดย ความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถยนต์ส่วนบุคคล มีค่ามากกว่าในรถโดยสารขนาดเล็ก และมีข้อสังเกตเกี่ยวกับค่า P-Value ที่ได้คือ 0.043 มีค่าใกล้เคียง 0.05 เช่นกัน อนึ่งถ้าตัดค่าความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในรถโดยสารขนาดเล็กตัวอย่างที่ 4 ซึ่งมีค่าไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกับตัวอย่างอื่นๆ พบว่า ค่า P-Value เท่ากับ 0.118 ซึ่งทำให้ผลการทดสอบทางสถิติเปลี่ยนไป คือไม่มีความแตกต่างของความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่างรถยนต์ และรถโดยสารขนาดเล็ก

การวิเคราะห์ในลำดับถัดมาเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเข้มข้นฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนของทั้ง 4 จุดตรวจวัด (รถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถยนต์ส่วนบุคคล และรถโดยสารขนาดเล็ก) โดยการทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อน แบบ One-Way Anova เนื่องจากสามารถทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรตั้งแต่ 3 ประชากรขึ้นไป โดยไม่ต้องทดสอบทีละคู่ ทำให้ประหยัดเวลา และให้ค่านัยสำคัญในการทดสอบที่ถูกต้อง และทำการทดสอบด้วยวิธี Least Significant Different (LSD) เนื่องจากวิธีการทดสอบความแปรปรวนวิธีอื่น เช่น Duncan หรือ Turkey มีข้อจำกัดคือขนาดตัวอย่างของแต่ละชุดต้องเท่ากัน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการเก็บตัวอย่างอากาศไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศพร้อมกันทั้ง 4 จุดเนื่องจากข้อจำกัดเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศมีจำนวนไม่พอ การวิเคราะห์ในกรณีนี้จึงอยู่บนสมมติฐานที่ว่าระดับมลพิษในบรรยากาศทั่วไปในช่วงเวลาที่ศึกษาอยู่ในระดับเดียวกัน ไม่มีความผันแปรมากนักปริมาณฝุ่นละอองที่เท่ากัน หรือต่างกัน ขึ้นอยู่กับประเภทของจุดเก็บตัวอย่างอากาศ ไม่ใช่เพราะระดับมลพิษโดยรวม ซึ่งรายละเอียดการวิเคราะห์ผลทางสถิติสำหรับฝุ่นรวม แสดงในภาคผนวก ง4 ผลการทดสอบทางสถิติ สรุปได้ดังตารางที่ 4.4 พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นรวมต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P-Value< 0.05) ได้แก่คู่ที่ 2, 3 และ 5

รายละเอียดการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความเข้มข้นของความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนของทั้ง 4 จุดตรวจวัดแสดงดังภาคผนวก ง5 ผลจากการทดสอบทางสถิติ สรุปได้ดังตารางที่ 4.4 พบว่า คู่ที่ทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นรวมต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P-Value< 0.05) ได้แก่คู่ที่ 1และ 3

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางสถิติ สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ความเข้มข้นของฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ทั้ง 4 จุดตรวจวัด ไม่ได้ขึ้นกับประเภทของยานพาหนะ และไม่ได้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

4.4 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละออง กับข้อมูลสภาพอากาศรายวัน

ข้อมูลสภาพอากาศรายวันที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกกว่า 10 ไมครอน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝน ที่ทำการตรวจวัดโดยกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งมีที่ตั้งของสถานีตรวจวัดอยู่บริเวณบ้านพักทหาร ถนนจอมสุรางค์ เพื่อทดสอบว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับปริมาณฝุ่นละอองที่ตรวจพบระหว่างการเดินทางที่ตรวจวัดได้

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson แยกทดสอบตามประเภทของยานพาหนะ สำหรับรถโดยสารขนาดเล็ก พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับฝุ่นรวม และปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้ ยกเว้นในรถประจำทางที่พบ

ตารางที่ 4.4ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละอองใน 4 จุดตรวจวัด

ประเภท	คู่ที่	จุดตรวจวัดที่ 1		จุดตรวจวัดที่ 2		ผลการทดสอบทางสถิติ	
		ประเภทยานพาหนะ	ค่าเฉลี่ย (มค.ก./ลบ.ม)	ประเภทยานพาหนะ	ค่าเฉลี่ย (มค.ก./ลบ.ม)	ผล	P-Value
TSP	1	รถประจำทางปรับอากาศ	306	รถประจำทางไม่ปรับอากาศ	188	ไม่พบความแตกต่าง	0.065
	2	รถประจำทางปรับอากาศ	306	รถยนต์ส่วนบุคคล	170	พบความแตกต่าง	0.037
	3	รถประจำทางปรับอากาศ	306	รถโดยสารขนาดเล็ก	51	พบความแตกต่าง	0.001
	4	รถประจำทางไม่ปรับอากาศ	188	รถยนต์ส่วนบุคคล	170	ไม่พบความแตกต่าง	0.769
	5	รถประจำทางไม่ปรับอากาศ	188	รถโดยสารขนาดเล็ก	51	พบความแตกต่าง	0.036
	6	รถยนต์ส่วนบุคคล	170	รถโดยสารขนาดเล็ก	51	ไม่พบความแตกต่าง	0.063
PM_{10}	1	รถประจำทางปรับอากาศ	144	รถประจำทางไม่ปรับอากาศ	56	พบความแตกต่าง	0.007
	2	รถประจำทางปรับอากาศ	144	รถยนต์ส่วนบุคคล	89	ไม่พบความแตกต่าง	0.070
	3	รถประจำทางปรับอากาศ	144	รถโดยสารขนาดเล็ก	30	พบความแตกต่าง	0.001
	4	รถประจำทางไม่ปรับอากาศ	56	รถยนต์ส่วนบุคคล	89	ไม่พบความแตกต่าง	0.276
	5	รถประจำทางไม่ปรับอากาศ	56	รถโดยสารขนาดเล็ก	30	ไม่พบความแตกต่าง	0.375
	6	รถยนต์ส่วนบุคคล	89	รถโดยสารขนาดเล็ก	30	ไม่พบความแตกต่าง	0.058

ความสัมพันธ์เพียง 1 คู่ ได้แก่ ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ตรวจวัดโดยกรมควบคุมมลพิษ มีความสัมพันธ์ต่อระดับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถประจำทางปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า r=0.969 (แสดงดังภาคผนวก ง) ทั้งนี้การที่ผลการศึกษาส่วนใหญ่ไม่พบความสัมพันธ์นั้นน่าจะมีผลมาจากจุดตรวจวัดสภาพอากาศอยู่ห่างจากเส้นทางวิ่งของรถประจำทางและรถโดยสารขนาดเล็กที่ศึกษา รวมถึงจำนวนตัวอย่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองในห้องโดยสารของยานพาหนะมีน้อยเกินไป อย่างไรก็ตามงานวิจัยของ Adam, Nieuwenhuijsen and Colvile (2001) ศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ ในฤดูหนาว และฤดูร้อน ของยานพาหนะ 4 ประเภท ได้แก่ รถประจำทาง รถยนต์ส่วนบุคคล รถไฟใต้ดิน และรถจักรยาน ให้ผลต่างกับการศึกษานี้ คือ พบว่าความเร็วลมมีผลต่อความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ที่ตรวจวัด และพบปัจจัยอื่นๆอีก เช่น อุณหภูมิมีผลต่อความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ในคนขี่จักรยานเท่านั้นไม่รวมถึงยานพาหนะประเภทอื่น

4.5 พฤติกรรมการใช้ยานพาหนะของประชาชนในเขตเทศบาลนคร นครราชสีมา

ข้อมูลจากแบบสอบถามพฤติกรรมการเดินทางและการใช้ยานพาหนะของประชาชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาถูกนำมาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา โดยตารางที่ 4.5 แสดงรายละเอียดตัวแปรของข้อมูล และตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลสรุป

จากข้อมูลแบบสอบถามพฤติกรรมการใช้ยานพาหนะของประชาชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่า พฤติกรรมการเดินทางของแต่ละกลุ่มบุคคลมีความแตกต่างกัน ทั้งด้านรูปแบบการเดินทาง ประเภทของยานพาหนะ และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง เมื่อพิจารณาถึงประเภทยานพาหนะที่ใช้ พบว่าประชาชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาส่วนใหญ่นิยมใช้การเดินทางด้วยการเดิน หรือการใช้จักรยานยนต์มากที่สุด โดยใช้การเดินหรือจักรยานยนต์ร้อยละ 43, 26, 38, 37 สำหรับกลุ่มประถมศึกษา มัธยมศึกษา อาชีวศึกษา และกลุ่มผู้ใหญ่ ตามลำดับ และ รถประจำทางปรับอากาศเป็นประเภทยานพาหนะที่ประชาชนนิยมใช้ในการเดินทางน้อยที่สุดโดยใช้รถประจำทางปรับอากาศร้อยละ 1, 7, 10, 9 สำหรับกลุ่มประถมศึกษา มัธยมศึกษา อาชีวศึกษา และกลุ่มผู้ใหญ่ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงเวลาที่บุคคลใช้ในการโดยสารยานพาหนะแต่ละประเภท พบว่า ใช้เวลาในการเดินทางด้วยการเดิน หรือการใช้จักรยานยนต์น้อยที่สุด และใช้เวลาในการเดินทางด้วยรถประจำทางนานที่สุด

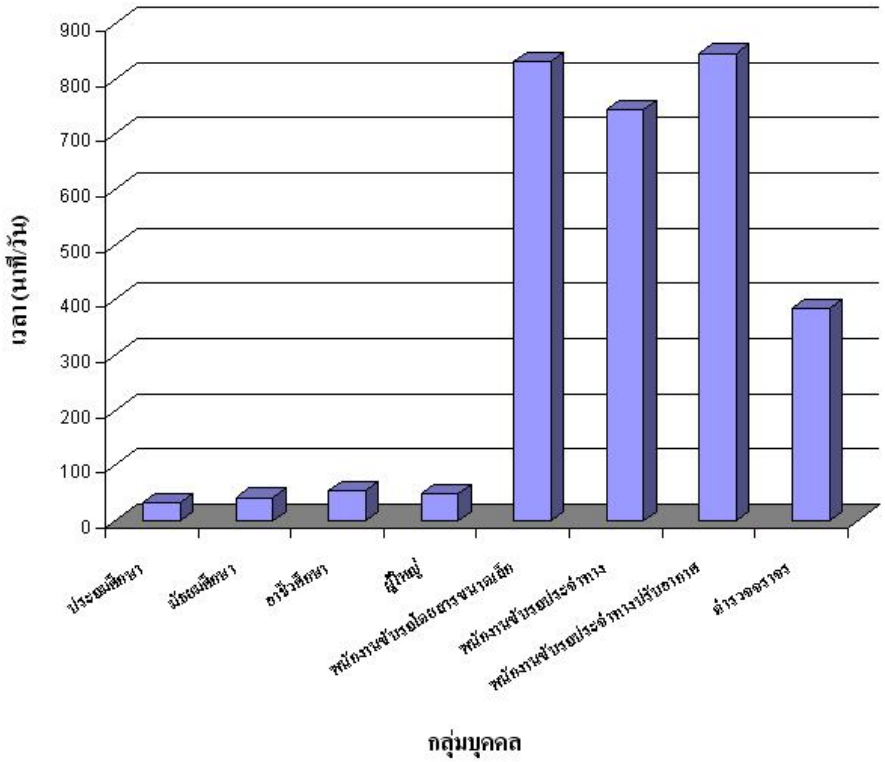
ตารางที่ 4.5 รายละเอียดตัวแปรจากข้อมูลแบบสอบถาม

ตัวแปร	ความหมาย	หน่วย
C_f	ความถี่ที่ใช้รถยนต์ส่วนบุคคล	วัน/สัปดาห์
T_f	ความถี่ที่ใช้รถโดยสารขนาดเล็ก	
B_f	ความถี่ที่ใช้รถประจำทาง	
B_a_f	ความถี่ที่ใช้รถประจำทางปรับอากาศ	
W_f	ความถี่ที่ใช้รอรถประจำทาง	
Wa_f	ความถี่ที่ใช้รถจักรยานยนต์ หรือเดิน	
Wo_f	ความถี่ที่ตำรวจจราจรปฏิบัติหน้าที่	
C_t	เวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคล	นาที/วัน
T_t	เวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรถโดยสารขนาดเล็ก	
B_t	เวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรถประจำทาง	
B_a_t	เวลาที่ใช้เดินทางโดยรถประจำทางปรับอากาศ	
W_t	เวลาที่ใช้ในการรอรถประจำทาง	
Wa_t	เวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยรถจักรยานยนต์ หรือการเดิน	
Wo_t	เวลาที่ตำรวจจราจรปฏิบัติหน้าที่	
PM_{10}	Potential Dose ของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน	มค.ก./กก.วัน
TSP	Potential Dose ของฝุ่นรวม	

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดจากแบบสอบถามพฤติกรรมการใช้ยานพาหนะของประชาชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ตัวแปร	หน่วย	ประถมศึกษา	มัธยมศึกษา	อาชีวศึกษา	ผู้ใหญ่	พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก	พนักงานขับรถประจำทาง	พนักงานขับรถปรับอากาศ	ตำรวจจราจร
n	คน	186	221	153	318	17	19	8	19
อายุ	ปี	10.79 ±1.18	13.52 ± 1.65	17.05 ± 0.96	28.37 ± 10.51	36.29 ± 12.50	40.21 ± 7.68	43.50 ± 10.94	37.52 ± 7.40
น้ำหนัก	กิโลกรัม	36.01 ±11.10	47.93 ± 13.82	53.49 ± 9.68	57.38 ± 12.09	63.00 ± 10.09	69.16 ± 7.81	58.38 ± 7.31	65.84 ± 6.45
C_f	วัน/สัปดาห์	5.01 ± 0.90	4.78 ± 0.99	4.08 ±1.89	4.73 ± 1.66	-	-	-	3.89 ± 2.42
C_t	นาที/วัน	39.45 ±36.83	31.41 ± 22.70	31.54 ±18.18	38.24 ± 20.70	-	-	-	37.33 ± 29.05
T_f	วัน/สัปดาห์	4.56 ± 1.21	5.03 ± 0.76	4.47 ±1.36	4.49 ± 1.38	6.85 ± 0.57	-	-	-
T_t	นาที/วัน	51.60 ± 29.92	45.56 ± 32.17	57.28 ± 35.17	48.17 ± 29.55	831 ± 100.2	-	-	-
B_f	วัน/สัปดาห์	4.00 ± 1.73	4.77 ± 0.81	4.03 ±1.49	3.95 ± 1.65	-	6.69 ± 0.18	-	-
B_t	นาที/วัน	38.67± 22.03	58.73 ± 37.19	90.46 ± 45.28	73.11 ± 41.79	-	745.2 ± 46.2	-	-
B_a_f	วัน/สัปดาห์	2.50 ± 0.71	4.67 ± 1.22	4.11 ± 1.79	3.55 ± 1.79	-	-	6.25 ±0.28	-
B_a_t	นาที/วัน	11.00 ± 4.24	61.18 ± 42.15	83.42 ± 50.33	77.12 ± 54.33	-	-	847.8±21.00	-
W_f	วัน/สัปดาห์	4.67 ±0.84	4.99 ± 0.69	4.67 ± 1.01	4.52 ± 1.37	-	-	-	-
W_t	นาที/วัน	23.22 ± 17.87	24.90 ± 18.45	30.91 ± 17.16	26.69 ±17.30	-	-	-	-
Wa_f	วัน/สัปดาห์	5.01 ± 0.64	4.73 ±1.21	4.81 ± 1.48	5.14 ± 1.39	-	-	-	5.60 ± 1.50
Wa_t	นาที/วัน	27.09 ±19.12	27.47 ± 21.05	31.36 ± 20.97	30.00 ± 22.00	-	-	-	52.33 ± 85.67
Wo_f	วัน/สัปดาห์	-	-	-	-	-	-	-	5.89 ±1.29
Wo_t	นาที/วัน	-	-	-	-	-	-	-	383.26± 218.65
PM_{10}	มค.ก./กก.-วัน	0.67 ± 0.62	0.68 ± 0.97	0.72 ± 1.18	0.51 ± 0.67	3.83 ± 1.13	5.78 ± 0.68	18.68± 2.92	4.84 ± 2.75
TSP	มค.ก./กก.-วัน	1.40 ± 1.20	1.43 ± 2.33	1.68 ± 2.90	1.00 ± 1.56	6.40 ± 1.88	19.00 ±2.24	39.70 ±6.21	5.01 ± 2.76

พิจารณาระยะเวลาที่แต่ละกลุ่มบุคคลอยู่ในบรรยากาศการเดินทางและการจราจร แสดงดังรูปที่ 4.6 พบว่ากลุ่มบุคคลที่ไม่มีอาชีพเกี่ยวข้องกับการจราจร และกลุ่มบุคคลซึ่งมีอาชีพเกี่ยวข้องกับการจราจร มีระยะเวลาที่อยู่ในบรรยากาศการจราจรต่างกันอย่างเห็นได้ชัด กลุ่มที่อยู่ในบรรยากาศการเดินทางนานที่สุดได้แก่ พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ คือ 847.8 นาที/วัน กลุ่มที่อยู่ในบรรยากาศการเดินทางสั้นที่สุดได้แก่ กลุ่มนักเรียนระดับประถมศึกษา คือ 31.83 นาที/วัน



รูปที่ 4.6 ระยะเวลาเฉลี่ยที่แต่ละกลุ่มบุคคลอยู่ในบรรยากาศการเดินทางและการจราจร

4.6 การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่กลุ่มบุคคลได้รับ และการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ

การคำนวณค่าเฉลี่ย Potential Dose แสดงดังภาคผนวก จ และสรุปผลการคำนวณค่าเฉลี่ย Potential Dose ของฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน แสดงดังตารางที่ 4.7

การวิเคราะห์เปรียบเทียบ Potential Dose ในการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน และ การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มประชากรย่อยโดยมีรายละเอียดดังนี้

4.6.1 การเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน โดยแต่ละกลุ่มจะทำการเปรียบเทียบกับค่าปริมาณอ้างอิง (RfD) ของฝุ่นรวม และค่าปริมาณอ้างอิงของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน โดยวิธีการ

คำนวณปริมาณอ้างอิงที่ใช้เป็นมาตรฐานฝุ่นละอองแสดงในหัวข้อที่ 3.8 และได้ผลดังตารางที่ 4.8 แบ่งการทดสอบออกเป็น 10 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 ระดับประถมศึกษา เพศหญิง
กลุ่มที่ 2 ระดับประถมศึกษา เพศชาย
กลุ่มที่ 3 ระดับมัธยมศึกษา เพศหญิง
กลุ่มที่ 4 ระดับมัธยมศึกษา เพศชาย
กลุ่มที่ 5 ผู้ใหญ่ (อายุ 19 ปีขึ้นไป) เพศหญิง
กลุ่มที่ 6 ผู้ใหญ่ (อายุ 19 ปีขึ้นไป) เพศชาย
กลุ่มที่ 7 พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก
กลุ่มที่ 8 พนักงานขับรถประจำทาง
กลุ่มที่ 9 พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ
กลุ่มที่ 10 ตำรวจจราจร

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ย Potential Dose ของฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในกลุ่มบุคคลต่างๆ

กลุ่มตัวอย่าง	Potential Dose (มค.ก./กก.วัน)	
	TSP	PM_{10}
1. ประถมศึกษา เพศหญิง	1.410	0.677
2. ประถมศึกษา เพศชาย	1.367	0.662
3. มัธยมศึกษา เพศหญิง	1.201	0.588
4. มัธยมศึกษา เพศชาย	1.589	0.746
5. ผู้ใหญ่ เพศหญิง	0.850	0.445
6. ผู้ใหญ่ เพศชาย	1.230	0.623
7. พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก	6.935	4.148
8. พนักงานขับรถประจำทาง	17.297	5.781
9. พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ	39.699	18.681
10. ตำรวจจราจร	5.013	4.843

ตารางที่4.8 การคำนวณปริมาณอ้างอิง

กลุ่มบุคคล	ช่วงอายุ (ปี)	มาตรฐานฝุ่นละออง (มค.ก./ลบ.ม.)		IR (ลบ.ม/วัน)	BW (กก.)	ระยะเวลาที่ใช้เดินทาง (นาที/คน-วัน)	RfD (มค.ก./กก.-วัน)	
		PM_{10}	TSP				PM_{10}	TSP
ประถมศึกษา เพศหญิง	9-11	120	330	13	29.9	42.53	1.54	4.24
ประถมศึกษา เพศชาย	9-11			14	29.7	34.69	1.36	3.75
มัธยมศึกษา เพศหญิง	12-18			12.5	46.8	55.40	1.23	3.39
มัธยมศึกษา เพศชาย	12-18			14.5	50.7	58.54	1.40	3.84
ผู้ใหญ่ เพศหญิง	19++			11.3	60	50.38	0.79	2.17
ผู้ใหญ่ เพศชาย	19++			15.2	70	58.19	1.05	2.90
พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก	19++			15.2	70	829.44	15.01	41.28
พนักงานขับรถประจำทาง	19++			15.2	70	745.26	13.49	37.09
พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ	19++			15.2	70	847.50	15.34	42.17
ตำรวจจราจร	19++			15.2	70	542.67	9.82	27.01

ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่บุคคลได้รับ กับปริมาณอ้างอิง โดยสถิติทดสอบแบบ t วิธีการทดสอบค่าเฉลี่ยประชากรแบบข้างเดียว ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (แสดงดังภาคผนวก ง6)โดยมีสมมติฐาน คือ H_0: $\mu \leq$ RfD และ H_A: $\mu >$ RfD ซึ่งมีเขตปฏิเสธ H_0 ถ้า P-Value <0.05 และค่า t เป็นบวกและสรุปผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบทางสถิติของปริมาณฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่บุคคลได้รับเทียบกับปริมาณอ้างอิง

กลุ่มบุคคล	Potential Dose (มค.ก./กก.วัน)		P-Value	
	TSP	PM_{10}	TSP	PM_{10}
ประถมศึกษาเพศหญิง	1.410	0.677	0.000	0.000
ประถมศึกษาเพศชาย	1.367	0.662	0.000	0.000
มัธยมศึกษา เพศหญิง	1.201	0.588	0.000	0.000
มัธยมศึกษา เพศชาย	1.589	0.746	0.000	0.000
ผู้ใหญ่เพศหญิง	0.850	0.445	0.000	0.000
ผู้ใหญ่เพศชาย	1.230	0.623	0.000	0.000
พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก	6.935	4.148	0.000	0.000
พนักงานขับรถประจำทาง	17.297	5.781	0.000	0.000
พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ	39.699	18.681	0.297	**0.014**
ตำรวจจราจร	5.013	4.843	0.000	0.000

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าสำหรับฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ระดับฝุ่นรวมที่ทุกกลุ่มบุคคลได้รับ มีค่าระดับฝุ่นรวมที่ได้รับน้อยกว่าปริมาณอ้างอิง ยกเว้นปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในกลุ่มพนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ ที่มีค่า P-Value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ และมีค่าสถิติทดสอบ t เป็นบวก นั่นคือยอมรับสมมติฐาน H_A: μ>RfD ดังนั้นปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศได้รับมีค่าเกินกว่าระดับอ้างอิงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเกิดจากพนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ ใช้เวลาในการทำงานหรืออยู่ในบรรยากาศการจราจรต่อวันค่อนข้างนาน และรวมถึงความเข้มข้นของฝุ่นในรถประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับยานพาหนะประเภทอื่น

4.6.2 การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มประชากรย่อย แบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ในแต่ละกลุ่มทำการเปรียบเทียบ Potential Dose ระหว่างกลุ่มประชากร โดยใช้สถิติทดสอบแบบ t ด้วย

การเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) วิธี Least-Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.6.2.1 แบ่งกลุ่มตามอายุ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มอายุ 9-11 ปี กับ กลุ่มอายุ 12-18 ปี

กลุ่มที่ 2 กลุ่มอายุ 9-11 ปี กับ กลุ่มอายุ 19 ปีขึ้นไป

กลุ่มที่ 3 กลุ่มอายุ 12-18 ปี กับ กลุ่มอายุ 19 ปีขึ้นไป

ผลการทดสอบ สรุปดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบทางสถิติการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับตามกลุ่มอายุ

ประเภท	กลุ่มที่ 1	Potential Dose (มค.ก./กก. วัน)	กลุ่มที่ 2	Potential Dose (มค.ก./กก. วัน)	ผลการทดสอบทางสถิติ	
					ผล	P-Value
TSP	9-11 ปี	1.39	12-18 ปี	1.43	ไม่พบความแตกต่าง	0.751
	9-11 ปี	1.39	19 ปีขึ้นไป	0.99	พบความแตกต่าง	0.000
	12-18 ปี	1.43	19 ปีขึ้นไป	0.99	พบความแตกต่าง	0.000
PM_{10}	9-11 ปี	0.67	12-18 ปี	0.68	ไม่พบความแตกต่าง	0.877
	9-11 ปี	0.67	19 ปีขึ้นไป	0.51	พบความแตกต่าง	0.000
	12-18 ปี	0.68	19 ปีขึ้นไป	0.51	พบความแตกต่าง	0.000

โดยพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่างกลุ่มอายุ 9-11 ปี และ 12-18 ปี แสดงดังภาคผนวก ง7 พบว่าไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนอย่างมีนัยสำคัญ แต่สำหรับกลุ่มอายุ 19 ปีขึ้นไป มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนกับกลุ่มอายุ 9-11 ปี และ 12-18 ปี จะเห็นว่าช่วงอายุ 9-11 ปี และ 12-18 ปีนั้นเป็นตัวแทนของกลุ่มเด็ก และกลุ่มอายุมากกว่า 19 ปีเป็นตัวแทนของกลุ่มผู้ใหญ่ จึงอาจกล่าวได้ว่า กลุ่มเด็ก และกลุ่มผู้ใหญ่มีปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่มเด็กได้รับปริมาณฝุ่นมากกว่ากลุ่มผู้ใหญ่

4.6.2.2 แบ่งตามเพศ

กลุ่มที่ 1 ระดับประถมศึกษา เพศชาย กับ ระดับประถมศึกษา เพศหญิง

กลุ่มที่ 2 ระดับมัธยมศึกษา เพศชาย กับ ระดับมัธยมศึกษา เพศหญิง

กลุ่มที่ 3 ระดับอาชีวศึกษา เพศชาย กับ ระดับอาชีวศึกษา เพศหญิง

กลุ่มที่ 4 ผู้ใหญ่ เพศชาย กับ ผู้ใหญ่ เพศหญิง

ผลการทดสอบ สรุปดังตารางที่ 4.11 สำหรับฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ให้ผลการทดสอบเหมือนกันคือ ไม่พบความแตกต่างของปริมาณฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ระหว่างเพศหญิงกับเพศชายในระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษา ส่วนระดับอาชีวศึกษา และผู้ใหญ่ พบว่าเพศหญิงได้รับปริมาณฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนน้อยกว่าเพศชาย พบว่าต่างจากงานวิจัยของ Saksena and Dayal (1997) ซึ่งเปรียบการได้รับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในกลุ่มบุคคลต่างๆในชีวิตประจำวัน พบว่า เพศหญิงได้รับปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมากกว่าเพศชาย เนื่องจากการพิจารณาปริมาณฝุ่นที่ได้รับ งานวิจัยดังกล่าวคิดรวมในทุกๆกิจกรรม ไม่จำเพาะฝุ่นที่ได้รับจากการเดินทาง

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบทางสถิติการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับแบ่งตามเพศ

	กลุ่มที่ 1	Potential Dose (มค.ก./กก.วัน)	กลุ่มที่ 2	Potential Dose (มค.ก./กก.วัน)	ผลการทดสอบทางสถิติ	
					ผล	P-Value
TSP	ประถมศึกษาชาย	1.37	ประถมศึกษาหญิง	1.41	ไม่พบความแตกต่าง	0.407
	มัธยมศึกษาชาย	1.59	มัธยมศึกษาหญิง	1.20	ไม่พบความแตกต่าง	0.091
	อาชีวศึกษาชาย	2.37	อาชีวศึกษาหญิง	1.13	พบความแตกต่าง	0.008
	ผู้ใหญ่ชาย	1.23	ผู้ใหญ่หญิง	0.81	พบความแตกต่าง	0.015
PM_{10}	ประถมศึกษาชาย	0.66	ประถมศึกษาหญิง	0.68	ไม่พบความแตกต่าง	0.439
	มัธยมศึกษาชาย	0.75	มัธยมศึกษาหญิง	0.59	ไม่พบความแตกต่าง	0.118
	อาชีวศึกษาชาย	1.00	อาชีวศึกษาหญิง	0.52	พบความแตกต่าง	0.012
	ผู้ใหญ่ชาย	0.62	ผู้ใหญ่หญิง	0.41	พบความแตกต่าง	0.005

4.6.2.3 แบ่งกลุ่มตามอาชีพ

กลุ่มที่ 1 พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก กับ พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ

กลุ่มที่ 2 พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก กับ พนักงานขับรถประจำทาง

กลุ่มที่ 3 พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก กับ ตำรวจจราจร

กลุ่มที่ 4 พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ กับ พนักงานขับรถประจำทาง

กลุ่มที่ 5 พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ กับ ตำรวจจราจร

กลุ่มที่ 6 พนักงานขับรถประจำทาง กับ ตำรวจจราจร

กลุ่มที่ 7 ผู้ใหญ่เพศชาย กับ พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก

กลุ่มที่ 8 ผู้ใหญ่เพศชาย กับ พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ

กลุ่มที่ 9 ผู้ใหญ่เพศชาย กับ พนักงานขับรถประจำทาง

กลุ่มที่ 10 ผู้ใหญ่เพศชาย กับ ตำรวจจราจร

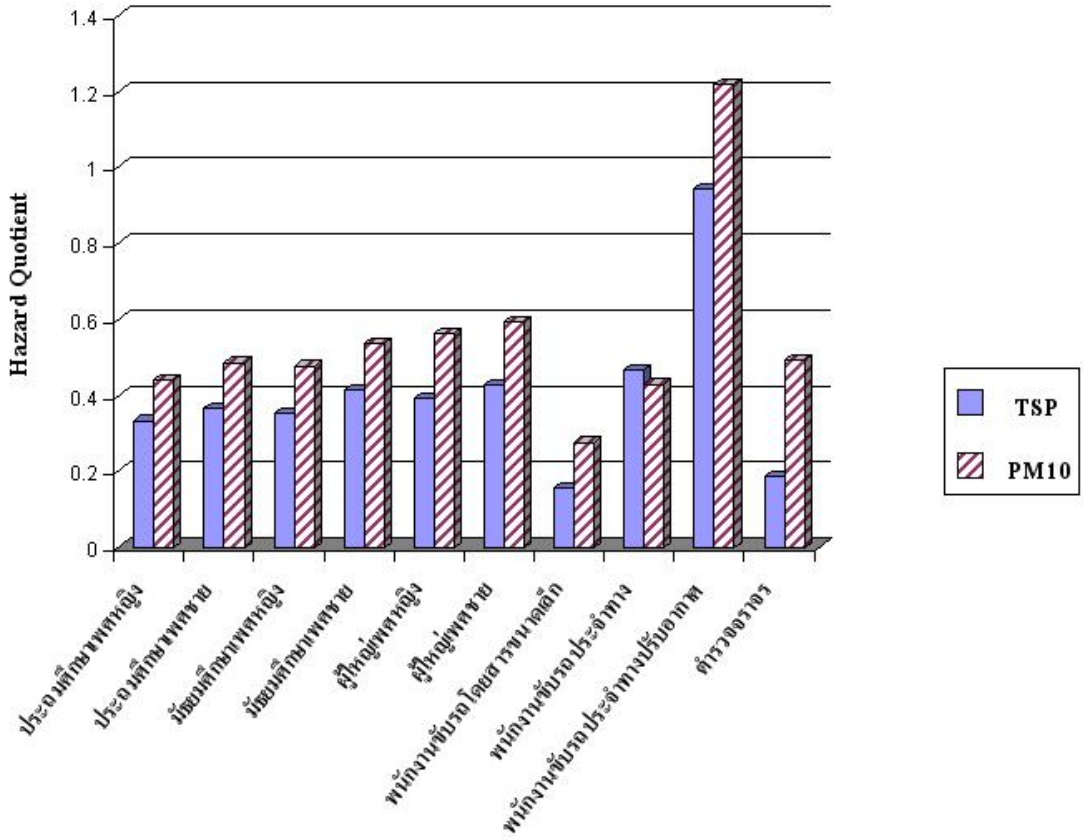
โดยที่ ผู้ใหญ่ เพศชาย เป็นตัวแทนของกลุ่มอาชีพที่ไม่เกี่ยวข้องกับการจราจร

ผลการทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อน แสดงในตารางที่ 4.12 พบว่า สำหรับฝุ่นรวมของทุกๆกลุ่มอาชีพที่นำมาวิเคราะห์ มีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นรวมต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และสำหรับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนให้ผลการวิเคราะห์เช่นเดียวกัน ยกเว้นไม่พบความแตกต่างค่าเฉลี่ยฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่างพนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็กกับตำรวจจราจร และงานวิจัยของ Saksena and Dayal (1997) ศึกษาปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่กลุ่มคนทำงาน และกลุ่มแม่บ้านได้รับ พบว่ากลุ่มคนทำงานได้รับปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมากกว่ากลุ่มแม่บ้าน เนื่องจากมีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางและการจราจร

การวิเคราะห์ผลในขั้นตอนสุดท้าย คือการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ จากการได้รับปริมาณฝุ่นละอองของบุคคลกลุ่มต่างๆ ซึ่งใช้วิธีการคำนวณค่า Hazard Quotient (HQ) ของแต่ละกลุ่ม และนำมาเปรียบเทียบกัน ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังรูปที่ 4.7 โดยพบว่าค่า Hazard Quotient ของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมีค่ามากกว่าค่า Hazard Quotient ของฝุ่นรวมทั้ง 10 กลุ่มบุคคลที่ทำการศึกษา และค่า Hazard Quotient ของกลุ่มบุคคลทั้ง 10 กลุ่ม อยู่ระหว่าง 0.155-0.941 และ 0.276-1.218 สำหรับฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนตามลำดับ โดยกลุ่มของพนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็กมีค่า Hazard Quotient ของฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนต่ำสุด และกลุ่มพนักงานขับรถประจำทางมีค่า Hazard Quotient ของฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมากที่สุด และค่า Hazard Quotient ที่มากกว่า 1 มีเพียงกลุ่มเดียว คือค่า Hazard Quotient ของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในกลุ่มพนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ อาจเป็นผลเนื่องมาจาก ความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในรถประจำทางปรับอากาศมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น และเวลาที่พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศอยู่ในบรรยากาศการจราจรมีค่าสูง

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบสถิติการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับแบ่งตามกลุ่มอาชีพ

คู่ที่	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	P-Value	
			TSP	PM_{10}
1	พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก	พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ	0.000	0.000
2	พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก	พนักงานขับรถประจำทาง	0.000	0.000
3	พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก	ตำรวจจราจร	0.041	**0.108**
4	พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ	พนักงานขับรถประจำทาง	0.000	0.000
5	พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ	ตำรวจจราจร	0.000	0.000
6	พนักงานขับรถประจำทาง	ตำรวจจราจร	0.000	0.019
7	ผู้ใหญ่เพศชาย	พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก	0.000	0.000
8	ผู้ใหญ่เพศชาย	พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ	0.000	0.000
9	ผู้ใหญ่เพศชาย	พนักงานขับรถประจำทาง	0.000	0.000
10	ผู้ใหญ่เพศชาย	ตำรวจจราจร	0.000	0.000



รูปที่ 4.7 ค่า Hazard Quotient ของฝุ่นรวมและฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในแต่ละกลุ่มบุคคล

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็ก ในสภาพบรรยากาศที่เกี่ยวข้องกับการจราจร เนื่องจากฝุ่นละอองดังกล่าวมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ได้เลือกประเภทของห้องโดยสารที่เป็นตัวแทนของยานพาหนะที่ประชาชนส่วนใหญ่ใช้โดยสารโดยทั่วไป ได้แก่ รถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทาง รถโดยสารขนาดเล็ก และรถยนต์ส่วนบุคคล จากนั้นทำการวิเคราะห์ถึงปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับ โดยใช้แบบจำลองมลพิษด้านการหายใจ โดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในสิ่งแวดล้อมดังกล่าว รวมกับข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของประชาชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา รวมทั้งประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพในกลุ่มบุคคลที่มีความแตกต่างด้านอายุ เพศ และอาชีพ ผลการศึกษาพบว่า

5.1.1 ผลการเก็บข้อมูลมลพิษบนยานพาหนะ

- ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในรถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถโดยสารขนาดเล็ก และรถยนต์ มีค่า 144, 56, 30 และ 89 มค.ก./ลบ.ม. ตามลำดับ

- ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นรวมสำหรับฝุ่นรวม ในรถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถโดยสารขนาดเล็ก และรถยนต์มีค่า 306, 188, 51 และ 170 มค.ก./ลบ.ม. ตามลำดับ

- ในรถประเภทเดียวกัน ไม่พบความแตกต่าง ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นรวมระหว่างรถปรับอากาศ และรถไม่ปรับอากาศ แต่จะพบความแตกต่างของความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่างรถปรับอากาศ และรถไม่ปรับอากาศ

- ค่าสัดส่วน PM_{10}/TSP มีค่าระหว่าง 0.304-0.598 และพบว่าสัดส่วน PM_{10}/TSP ในรถโดยสารขนาดเล็กมีสัดส่วนสูงกว่ากรณีอื่นๆ

- ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละออง กับข้อมูลสภาพอากาศรายวัน พบว่าส่วนใหญ่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้ กับข้อมูลสภาพอากาศรายวัน เนื่องจากจำนวนตัวอย่างความเข้มข้นฝุ่นละอองที่ตรวจวัดมีน้อยเกินไป

5.1.2 ข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางของประชาชนในเขตเทศบาลนครราชสีมา

- ชนิดยานพาหนะที่ประชาชนนิยมมากที่สุดได้แก่ จักรยานยนต์ หรือการเดินส่วนวิธีที่ใช้น้อยที่สุดคือการเดินทางโดยรถประจำทาง และรถประจำทางปรับอากาศ

- ชนิดของยานพาหนะที่ใช้เวลาในการเดินทางสั้นได้แก่ รถจักรยานยนต์หรือการเดิน ส่วนชนิดของยานพาหนะที่ใช้เวลาในการเดินทางนานได้แก่รถประจำทาง และรถประจำทางปรับอากาศ

- ระยะเวลาในการเดินทางเฉลี่ย หรืออยู่ในบรรยากาศการจราจรแบ่งตามกลุ่มบุคคลได้แก่ ประถมศึกษาเพศหญิง 42.53 นาที/คน-วัน ประถมศึกษาเพศชาย 34.69 นาที/คน-วัน มัธยมศึกษาเพศหญิง 55.40 นาที/คน-วัน มัธยมศึกษาเพศชาย 58.54 นาที/คน-วัน ผู้ใหญ่เพศหญิง 50.38 นาที/คน-วัน ผู้ใหญ่เพศชาย 58.19 นาที/คน-วัน พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก 829.44 นาที/คน-วัน พนักงานขับรถประจำทาง 745.26 นาที/คน-วัน พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ 847.50 นาที/คน-วัน และตำรวจจราจร 542.67 นาที/คน-วัน

5.1.3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่กลุ่มบุคคลได้รับและประเมินความเสี่ยง

- พบว่ากลุ่มเด็กมีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นที่ได้รับมากกว่ากลุ่มผู้ใหญ่อย่างมีนัยสำคัญ

- หากเปรียบเทียบในช่วงอายุเดียวกัน กลุ่มผู้ใหญ่เพศชายมีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นที่ได้รับสูงกว่าเพศหญิง

- เมื่อพิจารณาระหว่างกลุ่มอาชีพ กลุ่มพนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศมีปริมาณฝุ่นที่บุคคลได้รับสูงกว่ากลุ่มอื่น

- กลุ่มของพนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็กพบว่ามีค่า Hazard Quotient ของฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนต่ำที่สุด และกลุ่มพนักงานขับรถประจำทางมีค่า Hazard Quotient ของฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนสูงที่สุด คือ 0.94 และ 1.22 ตามลำดับ

- มีกลุ่มบุคคลเพียงกลุ่มเดียวที่มีค่า Hazard Quotient มากกว่า 1 ได้แก่ ค่า Hazard Quotient ของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10ไมครอนในกลุ่มพนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ

- เกือบทุกกลุ่มบุคคลมีค่า Hazard Quotient ของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมากกว่าค่า Hazard Quotient ของฝุ่นรวม ซึ่งชี้ถึงระดับความเสี่ยงจากฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมีมากกว่าความเสี่ยงจากฝุ่นรวม

จากผลจากการศึกษานี้ทำให้ประชาชนทั่วไปทราบถึงสถานการณ์การได้รับมลพิษประเภทฝุ่นละอองในแต่ละประเภทของห้องโดยสารของยานพาหนะ ว่ามีระดับความเข้มข้นและสถานการณ์การได้รับมลพิษอากาศจากการเดินทางและการจราจรอย่างไร และที่สำคัญ ผลการศึกษาได้ชี้ว่าห้องโดยสารแบบปิด หรือรถปรับอากาศจะพบความเข้มข้นของระดับฝุ่นละอองมากกว่า และในสภาพแวดล้อมเดียวกัน เด็กจะพบความเสี่ยงมากกว่าผู้ใหญ่ สำหรับกลุ่มผู้ใหญ่เพศชายจะมีความเสี่ยงมากกว่าเพศหญิง ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและ

ประชาชนที่จะนำข้อมูลนี้ไปใช้ประกอบการพิจารณาวางแผน หรือดำเนินการที่จะนำไปสู่การแก้ไข ป้องกันปัญหาสุขภาพอันเนื่องมาจากการได้รับมลพิษอากาศประเภทฝุ่นจากการเดินทาง และการจราจรในเขตเมืองต่อไป

5.2 ข้อจำกัดของการวิจัย

เนื่องด้วยปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณฝุ่นละอองมีหลายปัจจัย ดังนั้นการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง เพื่อทำการเปรียบเทียบในแต่ละชนิดของห้องโดยสารของยานพาหนะจึงต้องคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม และระยะเวลาที่เหมือนกัน จึงจะเป็นตัวแทนที่ดีของการศึกษาได้ แต่มีข้อจำกัดบางประการที่ไม่อาจทำให้ตัวอย่างอากาศที่เก็บอยู่ในสิ่งแวดล้อมเดียวกัน และในเวลาเท่ากันอย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยได้คำนึงถึงข้อจำกัดดังกล่าว และพยายามหาวิธีการที่ตัวอย่างอากาศที่ได้จะเป็นตัวแทนที่ดีของการวิจัย โดยข้อจำกัดของการวิจัย มีดังนี้

5.2.1 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศ

เนื่องจากการเก็บตัวอย่างอากาศ จะเก็บตัวอย่างอากาศในรถประจำทางคันเดิม ตั้งแต่รถประจำทางเริ่มการเดินทาง จนเสร็จสิ้นการทำงานในแต่ละวัน ดังนั้นช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศในแต่ละวันอาจต่างกัน ขึ้นกับพฤติกรรมของพนักงานขับรถโดยสาร

5.2.2 เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน มีเพียง 2 ชุด จึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างอากาศในยานพาหนะ 4 ประเภท พร้อมกันได้ จึงต้องแบ่งการเก็บตัวอย่างอากาศเป็นสองชุด ทำให้การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองในยานพาหนะทั้ง 4 ประเภท ทำได้โดยการตั้งสมมติฐานว่าระดับมลพิษในบรรยากาศทั่วไปอยู่ในระดับเดียวกัน ไม่มีความผันแปรมากนัก ปริมาณฝุ่นละอองที่เท่ากัน หรือต่างกัน ขึ้นอยู่กับประเภทของจุดเก็บตัวอย่างอากาศ ไม่ใช่เพราะระดับมลพิษโดยรวม

5.2.3 เส้นทางการเดินรถโดยสาร

เนื่องจากไม่มีเส้นทางที่รถประจำทาง และรถโดยสารขนาดเล็กวิ่งในเส้นทางเดียวกัน จึงเลือกเส้นทางที่ใกล้เคียงกันที่สุด

5.2.4 ความเข้มข้นฝุ่นละอองในรถยนต์ส่วนบุคคล

เนื่องจากข้อจำกัดของงานวิจัยจึงใช้ความเข้มข้นฝุ่นละอองในที่นั่งตอนหน้ารถโดยสารขนาดเล็กเป็นตัวแทนในการคำนวณปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับในการโดยสารรถยนต์ส่วนบุคคลซึ่งในความเป็นจริงสภาพแวดล้อมของรถยนต์ส่วนบุคคลกับที่นั่งตอนหน้าของรถโดยสารขนาดเล็กมีความแตกต่างกัน

5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

เนื่องด้วยงานวิจัยในครั้งนี้ทำการศึกษาในห้องโดยสารของยานพาหนะ 4 ประเภท ประเภทละ 1 ตัวอย่างเท่านั้น ดังนั้นในการวิจัยที่จะดำเนินการในอนาคต ควรพิจารณาแนวทางที่จะสามารถลดข้อจำกัดนี้ และข้ออื่นๆดังที่กล่าวไปข้างต้น โดย อาจทำการศึกษาในห้องโดยสารของยานพาหนะประเภทอื่นๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน เพิ่มจำนวนตัวอย่างของห้องโดยสารเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ และอาจเลือกศึกษาในเมืองอื่นๆ ที่มีลักษณะการจราจรหนาแน่น เช่น กรุงเทพมหานคร เพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกัน

รายการอ้างอิง

กัลยา วานิชบัญชา (2543). **การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซีเค แอนด์ เอส โฟโต้สตูดิโอ.

กรมควบคุมมลพิษ (2545). **ระบบฐานข้อมูลของแหล่งกำเนิดอากาศเสียในกรุงเทพและปริมณฑล** [ออนไลน์]. ได้จาก http://aqnis.pcd.go.th/thai/projects/air/edp351.htm

กรมควบคุมมลพิษ (2546). **ระบบฐานข้อมูลรายงานแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ** [ออนไลน์]. ได้จาก http://aqnis.pcd.go.th/thai/air/doc_reports.htm

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2542). **เกณฑ์อ้างอิง น้ำหนัก ส่วนสูง และเครื่องชี้วัดทางโภชนาการของประชาชนไทย อายุ 1 วัน ถึง 19 ปี.** พิมพ์ครั้งที่ : สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย

ชัชวาล จันทรวิจิตร (2542). ปัญหาฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร. **สถานการณ์ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม.**ปีที่ 4 ฉบับที่ 1.

ณรงค์ ณ เชียงใหม่ (2525). **มลพิษสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

เทศบาลนครนครราชสีมา(2546). **ลักษณะและสภาพทั่วไปของเทศบาลนครนครราชสีมา** [ออนไลน์]. ได้จาก http://koratcity.net/general.htm

ธวัชชัย วรพงศธร (2538). **หลักการวิจัยทางสาธารณสุขศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 2: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรพิมล กองทิพย์ (2540). **สุขศาสตร์อุตสาหกรรม.** ภาควิชาอาชีวอนามัย และความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

พาลาภ สิงหเสนี (2540). **การประเมินความเสี่ยงจากพิษของวัตถุอันตราย: หลักการ และการประยุกต์ใช้**. พิมพ์ครั้งที่ 1: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัทรา นิคมานนท์ (2539). **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับงานวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาทดสอบ และวิจัย คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏจันทร์เกษม กรุงเทพ: สำนักพิมพ์อักษราพิพัฒน์.

มาริสา เพ็ญสุต ภู่ภิญโญกุล (2542). ฝุ่นจากการจราจร: กลไกการเกิดผลกระทบทางสุขภาพ. **สถานการณ์ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม** . ปีที่ 4 ฉบับที่ 6.

รพีพัฒน์ เกริกไกวัล (2543). **องค์ประกอบของธาตุของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในเขตกรุงเทพมหานคร.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์, นิตยา มหาผล และธีระ เกรอต (2543). **มลภาวะอากาศ.** กรุงเทพฯ:

สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วนิดา ทรัพย์สุข (2543). **ผลของฝุ่นขนาดเล็กและก๊าซไนโตรเจน ภายในที่พักอาศัยต่อสุขภาพของแม่บ้านและเด็กในกรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2538). **การสำรวจปัญหาฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร และแนวโน้มเชิงนโยบาย.**: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิษณุ ธรรมลิขิตกุล (2540). **กระบวนการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์.** พิมพ์ครั้งที่ 1: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ศิริวรรณ แก้วงาม (2543). **สัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในกรุงเทพมหานคร.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา (2538).

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครราชสีมา เขต1 (2547).

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2547). **โครงการศึกษาวางแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองในภูมิภาค: จังหวัดนครราชสีมา**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.สำนักเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (2538)

สงวน โกษารักษ์ (2544). **การประเมินมลภาวะอากาศจากการคมนาคมขนส่งในเขตเทศบาลนครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สถานีตำรวจภูธร อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา (2545).

สมานชัย เลิศกมลวิทย์ (2543). **การหาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นในบรรยากาศ ภายในอาคาร และฝุ่นที่บุคคลได้รับ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุทุมพร (ทองอุไทย) จามรมาน (2530). **แบบสอบถาม การสร้าง และการใช้.** คณะครุศาสตร์: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Adam, H.S., Nieuwenhuijsen, M.J., Colvile, R.N.(2001). Determinants of Fine Particle Personal Exposure Level in Transport Microenvironments, London, UK. **Atmospheric Environment.** 35(27) : 4557-4566**.**

Fisher, P.H. (1998). Traffic Related Difference in Outdoor and Indoor Concentration of Particle and Volatile Organic Compounds in Amsterdam. **Atmospheric Environment.** 34(22): 3713-3722

Gulliver, J and Briggs, D.J. (2004). Personal Exposure to Particulate Air Pollution in Transport Microenvironments. **Atmospheric Environment.** 38(1):1-8

Louvar, J. F. and Louvar, B. D. (1998). **Health and Environmental Risk Analysis.** New Jersey: Prentice-Hall.

LaGrega, M.D., Buckingham, P.L. and Evans, J.C. (1994). **Hazardous Waste Management.** New York: McGraw-Hill.

Masters, G.M. (1998). **Introduction to Environmental Engineering and Science.** New Jersey: Prentice-Hall.

Nares Chuersuwan (2545). Spatial Distribution of Ambient PM-10 and PM-2.5 in Bangkok. 2nd National Environmental Conference (188-200). Bangkok: Thai Environmental Engineering Associate.

Rank, J., Folke, J., Jespersen P.H. (2001). Difference in Cyclists and Car drivers Exposure to Air Pollution from Traffic in The City in Copenhagen. **Science of total environment**. 279(1-3): 131-136.

Sumeet Saksena and Vikram Dayal (1997). **Total Exposure as a Basis for the Economic Valuation of Air Pollution in India.** International Conference on Energy and Economic Growth. New Deli.

US. Environmental Protection Agency (EPA) (1992a). **Guideline for Exposure Assessment.** n.p.

US. Environmental Protection Agency (EPA) (1993b). Research Solicitation**: Human Exposure Assessment.**

US. Environmental Protection Agency (EPA) (1997d). **Exposure Factor Handbook.** Office of Research and Development.

World Bank (1998). **Health Effect of Particulate Matter Air Pollution in Bangkok.** Final Report: Washington DC.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ก1 น้ำหนักกระดาษกรองก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศ

หมายเลข	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง(มิลลิกรัม)				น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง(มิลลิกรัม)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
1	41.308	41.409	42.368	42.403	42.925	42.927	42.938	42.930
2	41.935	41.930	41.938	41.934	42.765	42.799	42.767	42.777
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	41.243	41.247	41.238	41.243	41.521	41.532	41.519	41.524
5	42.107	42.112	42.122	42.144	42.401	42.416	42.425	42.414
6	41.187	41.200	41.180	41.189	43.081	43.087	43.078	43.082
7	42.289	42.290	42.298	42.292	42.568	42.571	42.553	42.564
8	41.231	41.255	41.247	41.244	41.657	41.665	41.649	41.657
9	43.453	43.456	43.451	43.453	43.514	43.506	43.516	43.512
10	41.481	41.484	41.485	41.483	42.155	42.164	42.170	42.163
11	41.892	41.906	41.899	41.899	42.152	42.159	42.151	42.154
12	41.248	41.253	41.250	41.250	42.007	42.021	42.029	42.019
13	42.071	42.064	42.072	42.069	42.297	42.284	42.292	42.291
14	41.303	41.312	41.304	41.306	42.053	42.063	42.070	42.062
15	41.114	41.12	41.124	41.119	41.995	41.968	41.957	41.960
16	41.216	41.226	41.222	41.221	41.783	41.792	41.78	41.785
17	41.118	41.121	41.118	41.119	41.461	41.466	41.465	41.464
18	41.987	41.983	41.985	41.985	44.383	44.389	44.383	44.385
19	41.807	41.793	41.791	41.797	42.147	42.15	42.138	42.145
20	41.533	41.550	41.535	41.539	42.134	42.143	42.128	42.135
21	42.235	42.232	42.230	42.232	42.463	42.472	42.466	42.467
22	42.084	42.075	42.064	42.074	42.471	42.479	42.441	42.464
23	41.755	41.757	41.752	41.755	41.894	41.866	41.880	41.880
24	41.224	41.222	41.226	41.224	41.315	41.314	41.305	41.311
25	41.174	41.173	41.172	41.173	41.323	41.334	41.324	41.327
26	41.435	41.437	41.43	41.434	41.571	41.578	41.54	41.563

หมายเลข	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)				น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
27	41.470	41.484	41.474	41.476	41.622	41.633	41.635	41.630
28	41.908	41.907	41.912	41.909	42.128	42.116	42.101	42.115
29	41.480	41.49	41.485	41.485	41.602	41.600	41.603	41.602
30	41.502	41.483	41.495	41.493	41.779	41.775	41.786	41.780
32	42.039	42.051	42.042	42.044	42.366	42.353	42.362	42.360
33	42.252	42.261	42.246	42.258	42.512	42.490	42.493	42.498
34	42.649	42.639	42.639	42.644	43.177	43.196	43.182	43.185
38	42.158	42.159	42.155	42.157	42.718	42.721	42.714	42.718
39	41.900	41.903	41.905	41.903	41.956	41.979	41.980	41.972
40	42.698	42.683	42.696	42.692	42.851	42.843	42.810	42.835
41	42.482	42.49	42.485	42.486	43.54	43.493	43.490	43.508
42	42.63	42.641	42.643	42.638	43.022	43.031	43.019	43.024
43	42.288	42.284	42.289	42.287	42.402	42.405	42.396	42.401
44	41.764	41.762	41.778	41.768	41.881	41.878	41.887	41.882
45	42.452	42.438	42.451	42.447	42.712	42.72	42.731	42.721
46	41.907	41.914	41.921	41.914	42.179	42.188	42.171	42.186
47	42.48	42.465	42.481	42.475	42.758	42.747	42.748	42.751
48	42.182	42.178	42.186	42.182	42.249	42.268	42.266	42.261
49	42.345	42.343	42.338	42.342	42.421	42.422.	42.411	42.418
50	42.326	42.321	42.307	42.318	42.608	42.600	42.610	42.606
51	42.114	42.12	42.114	42.116	42.398	42.412	42.405	42.405
52	42.238	42.249	42.248	42.245	42.488	42.489	42.492	42.490
53	41.899	41.891	41.902	41.897	42.076	42.077	42.084	42.079
54	42.005	42.013	42.006	42.008	42.285	42.282	42.291	42.286
55	42.116	42.132	42.127	42.125	42.367	42.366	42.374	42.369
56	41.704	41.703	41.687	41.689	42.032	42.024	42.031	42.029
57	42.415	42.428	42.417	42.420	42.764	42.761	42.752	42.759

หมายเลข	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)				น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
58	41.537	41.549	41.5469	41.545	41.633	41.641	41.634	41.636
59	42.491	42.490	42.486	42.489	42.580	42.568	42.577	42.575
60	41.742	41.744	41.752	42.746	42.123	42.118	42.122	42.121
61	42.281	42.273	42.268	42.274	42.646	42.649	42.655	42.650

ตารางที่ ก2 การสอบเทียบอัตราการไหลอากาศ

ครั้งที่	วันที่	หมายเลขปั๊ม	ก่อนสอบเทียบ (ลิตร/นาที)	หลังสอบเทียบ (ลิตร/นาที)	หมายเหตุ
1	9/1/2546	B4-2/44	-	1.702	เพื่อเก็บตัวอย่างในรถประจำทาง
		B4-1/44	-	1.699	
		B1-1/44	-	1.698	
		B3-1/44	-	1.703	
2	10/20/2546	B4-2/44	1.727	1.702	เพื่อการสอบเทียบเครื่องมือ
		B4-1/44	1.705	1.704	
		B1-1/44	1.787	1.708	
		B3-1/44	1.755	1.704	
3	11/4/2546	B4-2/44	1.748	1.705	เพื่อเก็บตัวอย่างในรถโดยสารขนาดเล็ก
		B4-1/44	1.724	1.699	
		B1-1/44	1.305	1.703	
		B3-1/44	1.729	1.703	
4	11/13/2546	B4-2/44	1.753	1.704	เพื่อเก็บตัวอย่างในรถโดยสารขนาดเล็ก
		B4-1/44	1.723	1.704	
		B1-1/44	1.708	1.708	
		B3-1/44	1.704	1.704	
5	11/25/2546	B4-2/44	1.755	1.705	เพื่อเก็บตัวอย่างในรถโดยสารขนาดเล็ก
		B4-1/44	1.722	1.702	
		B1-1/44	1.844	1.708	
		B3-1/44	1.568	1.704	

ตารางที่ ก3 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นรวม ในรถโดยสารขนาดเล็ก

ตัวอย่างที่	หมายเลขกระดาษกรอง	เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตรต่อนาที)	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (Wi) (มิลลิกรัม)	น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง(Wf) (มิลลิกรัม)	ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
1	25	1,774	1.704	41.173	41.327	51
2	26	1,987	1.699	41.434	41.563	38
3	32	2,273	1.704	42.044	42.360	82
4	37	1,785	1.704	42.444	42.582	45
5	40	2,207	1.702	42.692	42.835	38
					เฉลี่ย	**51**

ตารางที่ ก4 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในรถยนต์ส่วนบุคคล

ตัวอย่างที่	หมายเลขกระดาษกรอง	เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตรต่อนาที)	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (Wi) (มิลลิกรัม)	น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (Wf) (มิลลิกรัม)	ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
1	23	1,592	1.704	41.755	41.880	46
2	29	2,221	1.703	41.485	41.602	31
3	31	1,802	1.704	42.145	41.305	52
4	35	1,422	1.704	42.469	42.477	3
5	39	2,085	1.704	41.903	41.972	19
					เฉลี่ย	**30**

ตารางที่ ก5 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นรวม ในรถยนต์ส่วนบุคคล

ตัวอย่างที่	หมายเลขกระดาษกรอง	เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตรต่อนาที)	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (Wi) (มิลลิกรัม)	น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (Wf) (มิลลิกรัม)	ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
1	22	2,347	1.702	42.074	42.464	98
2	28	1,682	1.705	41.909	42.115	72
3	30	1,153	1.704	41.493	41.780	146
4	34	1,529	1.704	42.644	43.185	200
5	41	1,794	1.705	42.486	43.508	334
					เฉลี่ย	**170**

ตารางที่ ก6 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในรถยนต์ส่วนบุคคล

ตัวอย่างที่	หมายเลขกระดาษกรอง	เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตรต่อนาที)	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (Wi) (มิลลิกรัม)	น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (Wf) (มิลลิกรัม)	ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
1	24	1,385	1.708	41.224	41.311	45
2	27	1,140	1.703	41.476	41.630	79
3	33	1,368	1.708	42.258	42.498	103
4	36	1,987	1.708	42.319	42.570	74
5	38	2,320	1.708	42.157	42.718	142
					เฉลี่ย	**89**

ตารางที่ ก7 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นรวม ในรถประจำทางไม่ปรับอากาศ

ตัวอย่างที่	หมายเลขกระดาษกรอง	เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตรต่อนาที)	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (Wi) (มิลลิกรัม)	น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (Wf) (มิลลิกรัม)	ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
1	2	1,486	1.699	41.934	42.777	334
2	7	1,269	1.699	42.292	42.564	126
3	11	1,547	1.699	41.899	42.154	97
4	16	1,366	1.699	41.221	41.785	243
5	19	1,613	1.699	41.797	42.145	127
					เฉลี่ย	**185**

ตารางที่ ก8 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในรถประจำทางไม่ปรับอากาศ

ตัวอย่างที่	หมายเลขกระดาษกรอง	เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตรต่อนาที)	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (Wi) (มิลลิกรัม)	น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (Wf) (มิลลิกรัม)	ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
1	5	3,409	1.703	42.114	42.414	52
2	9	1,526	1.703	43.453	43.512	23
3	13	2,118	1.703	42.069	42.291	62
4	17	2,041	1.703	41.119	41.464	99
5	21	2,946	1.703	42.232	42.467	47
					เฉลี่ย	**56**

ตารางที่ ก9 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นรวม ในรถประจำทางปรับอากาศ

ตัวอย่างที่	หมายเลขกระดาษกรอง	เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตรต่อนาที)	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (Wi) (มิลลิกรัม)	น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (Wf) (มิลลิกรัม)	ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
1	1	3,370	1.702	41.305	42.930	283
2	6	3,350	1.702	41.189	43.082	332
3	10	2,795	1.702	41.483	42.163	143
4	14	1,467	1.702	41.306	42.062	303
5	18	3,008	1.702	41.985	44.385	469
					เฉลี่ย	**306**

ตารางที่ ก10 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในรถประจำทางปรับอากาศ

ตัวอย่างที่	หมายเลขกระดาษกรอง	เวลา (นาที)	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตรต่อนาที)	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (Wi) (มิลลิกรัม)	น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (Wf) (มิลลิกรัม)	ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
1	4	3,146	1.698	41.243	41.542	56
2	8	3,314	1.698	41.244	41.657	73
3	12	2,540	1.698	41.250	42.019	178
4	15	2,703	1.698	41.119	41.960	183
5	20	1,533	1.698	41.539	42.135	229
					เฉลี่ย	**144**

ตารางที่ ก11 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในการสอบเทียบเครื่องมือ

	ตัวอย่างที่	หมายเลขกระดาษกรอง	เวลา (นาที)	อัตราการไหลอากาศ (ลิตรต่อนาที)	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)	น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)	ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
เครื่องที่1	1	44	423	1.708	41.768	41.882	158
	2	48	378	1.708	42.182	42.261	122
	3	53	379	1.708	41.897	42.079	281
	4	54	649	1.708	42.008	42.286	251
	5	58	524	1.708	41.545	41.636	102
เครื่องที่2	1	43	413	1.704	42.287	42.401	162
	2	49	378	1.704	42.342	42.418	118
	3	52	519	1.704	42.245	42.49	277
	4	55	649	1.704	42.125	42.396	242
	5	59	519	1.704	42.489	42.575	97

ตารางที่ ก12 การคำนวณหาความเข้มข้นฝุ่นรวม ในการสอบเทียบเครื่องมือ

	ตัวอย่างที่	หมายเลขกระดาษกรอง	เวลา (นาที)	อัตราการไหลอากาศ (ลิตรต่อนาที)	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)	น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)	ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
เครื่องที่1	1	45	296	1.702	42.447	42.721	544
	2	47	379	1.702	42.475	42.751	428
	3	50	521	1.702	42.318	42.606	325
	4	56	562	1.702	41.689	42.029	355
	5	60	532	1.702	42.746	42.121	414
เครื่องที่2	1	42	422	1.704	42.638	43.024	537
	2	46	379	1.704	41.914	42.186	421
	3	51	521	1.704	42.116	42405	326
	4	57	563	1.704	42.420	42.759	353
	5	61	532	1.704	42.274	42.650	415

	ตัวอย่างที่	หมายเลขกระดาษกรอง	เวลา (นาที)	อัตราการไหลอากาศ (ลิตรต่อนาที)	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)	น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)	ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
เครื่องที่1	1	45	296	1.702	42.447	42.721	544
	2	47	379	1.702	42.475	42.751	428
	3	50	521	1.702	42.318	42.606	325
	4	56	562	1.702	41.689	42.029	355
	5	60	532	1.702	42.746	42.121	414
เครื่องที่2	1	42	422	1.704	42.638	43.024	537
	2	46	379	1.704	41.914	42.186	421
	3	51	521	1.704	42.116	42405	326
	4	57	563	1.704	42.420	42.759	353
	5	61	532	1.704	42.274	42.650	415

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามพฤติกรรมการเดินทางของประชาชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

แบบสอบถามแบบที่ 1 สำหรับประชาชนทั่วไป

เรื่อง

พฤติกรรมการใช้งานพาหนะของประชาชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ของ

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำชี้แจง

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อสำรวจพฤติกรรมของบุคคลซึ่งมีการใช้ยานพาหนะ ในการเดินทางในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา คำตอบจากท่าน จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินหาอัตราเสี่ยงการเกิดโรคทางเดินหายใจอันเนื่องมาจากการได้รับมลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษอากาศอันเนื่องมาจากการจราจร กรุณาตอบคำถามให้ครบทุกข้อ คำตอบจากท่านจะเป็นความลับ และใช้เฉพาะในการศึกษานี้เท่านั้น

โปรดกา / ลงใน □ ที่ตรงกับคำตอบของท่าน และเขียนคำตอบลงในช่องว่างที่เว้นไว้ให้

1.เพศ □ ชาย

□ หญิง

2.อายุ.....ปี

3.วัน เดือน ปี เกิด.....

4.น้ำหนักตัว.....กิโลกรัม

5.ท่านเดินทางโดยยานพาหนะประเภทใด เพื่อเดินทางไปยังสถานศึกษา หรือที่ทำงาน (เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ ถ้าท่านมีรูปแบบการเดินทางหลายประเภท) มีความถี่ และใช้เวลาเท่าใดในแต่ละสัปดาห์

□ จักรยานยนต์ .....วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาเดินทาง.....นาที/วัน

□ รถยนต์ส่วนบุคคล .....วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาเดินทาง.....นาที/วัน

□ รถสองแถว .....วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาเดินทาง.....นาที/วัน

□ รถประจำทางปรับอากาศ .....วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาเดินทาง.....นาที/วัน

□ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ .....วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาเดินทาง……...นาที/วัน

□ อื่นๆ ระบุ..... .....วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาเดินทาง……...นาที/วัน

6.ในกรณีที่ท่านใช้รถประจำทาง ท่านใช้เวลาในการรอรถประจำทางประมาณ.....นาที/วัน

แบบสอบถามแบบที่ 2 สำหรับพนักงานขับรถประจำทาง

เรื่อง

พฤติกรรมการใช้งานพาหนะของประชาชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ของ

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำชี้แจง

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อสำรวจพฤติกรรมของบุคคลซึ่งมีการใช้ยานพาหนะ ในการเดินทางในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา คำตอบจากท่าน จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินหาอัตราเสี่ยงการเกิดโรคทางเดินหายใจอันเนื่องมาจากการได้รับมลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษอากาศอันเนื่องมาจากการจราจร กรุณาตอบคำถามให้ครบทุกข้อ คำตอบจากท่านจะเป็นความลับ และใช้เฉพาะในการศึกษานี้เท่านั้น

โปรดกา / ลงใน □ ที่ตรงกับคำตอบของท่าน และเขียนคำตอบลงในช่องว่างที่เว้นไว้ให้

1.เพศ □ ชาย

□ หญิง

2.อายุ.....ปี

3.วัน เดือน ปี เกิด.....

4.น้ำหนักตัว.....กิโลกรัม

5.ท่านมีอาชีพขับรถประจำทางประเภทใด

□ รถสองแถว

□ รถประจำทางปรับอากาศ

□ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ

6. ท่านใช้เวลาในการทำงานประมาณกี่ชั่วโมงต่อวัน.....ชั่วโมง/วัน

7.ท่านทำงานกี่วันต่อสัปดาห์.....วัน/สัปดาห์ หรือ .....วัน/เดือน

แบบสอบถามแบบที่ 3 สำหรับตำรวจจราจร

เรื่อง

พฤติกรรมการใช้งานพาหนะของประชาชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ของ

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำชี้แจง

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อสำรวจพฤติกรรมของบุคคลซึ่งมีการใช้ยานพาหนะ ในการเดินทางในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา คำตอบจากท่าน จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินหาอัตราเสี่ยงการเกิดโรคทางเดินหายใจอันเนื่องมาจากการได้รับมลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษอากาศอันเนื่องมาจากการจราจร กรุณาตอบคำถามให้ครบทุกข้อ คำตอบจากท่านจะเป็นความลับ และใช้เฉพาะในการศึกษานี้เท่านั้น

โปรดกา / ลงใน □ ที่ตรงกับคำตอบของท่าน และเขียนคำตอบลงในช่องว่างที่เว้นไว้ให้

1.เพศ □ ชาย

□ หญิง

2.อายุ.....ปี

3.วัน เดือน ปี เกิด.....

4.น้ำหนักตัว.....กิโลกรัม

5.ท่านเดินทางโดยยานพาหนะประเภทใด เพื่อเดินทางไปยังที่ทำงาน (เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ ถ้าท่านมีรูปแบบการเดินทางหลายประเภท) มีความถี่ และใช้เวลาเท่าใดในแต่ละสัปดาห์

□ จักรยานยนต์ .....วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาเดินทาง……..นาที/วัน

□ รถยนต์ส่วนบุคคล .....วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาเดินทาง……..นาที/วัน

□ รถสองแถว .....วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาเดินทาง……..นาที/วัน

□ รถประจำทางปรับอากาศ .....วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาเดินทาง……..นาที/วัน

□ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ .....วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาเดินทาง……..นาที/วัน

□ อื่นๆ ระบุ..... .....วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาเดินทาง……..นาที/วัน

6.ในกรณีที่ท่านใช้รถประจำทาง ท่านใช้เวลาในการรอรถประจำทางประมาณ.....…….....นาที/วัน

7. ท่านปฏิบัติหน้าที่ด้านการจราจรบนถนน หรือริมถนน เป็นจำนวน……..…วัน/สัปดาห์ ใช้เวลา……นาที/วัน หรือ …….นาที/สัปดาห์

ภาคผนวก ค
ความเข้มข้นฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไป จากโครงการศึกษาการจัดทำแผนแม่บท ด้านการจราจร และขนส่งในจังหวัดนครราชสีมา, 2547

ตารางที่ ค1 ความเข้มข้นฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไป

สถานที่	วันที่	ระดับมลพิษในอากาศ (มค.ก./ลบ.ม.)	
		ฝุ่นรวม เฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เฉลี่ย 24 ชั่วโมง
รร.อนุบาลนครราชสีมา	28 ก.ค. 46	86	23
	29 ก.ค. 46	99	35
	30 ก.ค. 46	100	37
	31 ก.ค. 46	112	35
	เฉลี่ย	**99**	**33**
สามแยกมิตรภาพ หนองคาย	4 ส.ค.46	199	58
	5 ส.ค.46	236	63
	6 ส.ค.46	288	117
	เฉลี่ย	**241**	**79**
ประตูชัยณรงค์	13 ส.ค.46	62	28
	14 ส.ค.46	75	34
	15 ส.ค.46	100	44
	เฉลี่ย	**79**	**36**
ห้าแยกหัวรถไฟ	18 ส.ค.46	173	90
	19 ส.ค.46	83	49
	20 ส.ค.46	135	42
	เฉลี่ย	**130**	**60**
อนุสาวรีย์ท้าวสุรนารี	25 ส.ค.46	163	57
	26 ส.ค.46	131	72
	27 ส.ค.46	119	45
	เฉลี่ย	**138**	**58**

หมายเหตุ จาก สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2547.

ภาคผนวก ง
ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ ง1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถประจำทางปรับอากาศ กับข้อมูลสภาพอากาศรายวัน

		PM_{10}_PCD	REL.HUM	RAIN	TEMP	SO_2
PM_{10}_PCD	Correlation	1	.051	-.522	-.291	.299
	Sig.(2-tailed)	.	.935	.367	.634	.626
	N	5	5	5	5	5
REL.HUM	Correlation	.051	1	.755	-.941*	-.398
	Sig.(2-tailed)	.935	.	.140	.017	.507
	N	5	5	5	5	5
RAIN	Correlation	-.522	.755	1	-.631	-.384
	Sig.(2-tailed)	.367	.140	.	.253	.523
	N	5	5	5	5	5
TEMP	Correlation	-.291	-.941*	-.631	1	.115
	Sig.(2-tailed)	.634	.017	.253	.	.854
	N	5	5	5	5	5
SO_2	Correlation	.299	-.398	-.384	.115	1
	Sig.(2-tailed)	.626	.507	.523	.854	.
	N	5	5	5	5	5
PM_{10}	Correlation	**.969***	.241	-.364	-.430	.075
	Sig.(2-tailed)	.007	.696	.547	.470	.904
	N	5	5	5	5	5

* Correlation is Significant at 0.05 levels (2-tailed)

<u>หมายเหตุ</u> PM_{10}_PCD หมายถึง ปริมาณPM_{10}ที่ตรวจวัดโดยกรมควบคุมมลพิษ (มค.ก./ลบ.ม.)

REL.HUM หมายถึงความชื้นสัมพัทธ์ (%)

RAIN หมายถึงปริมาณฝน (มิลลิเมตร)

TEMP หมายถึงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

SO_2 หมายถึงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppb)

PM_{10} หมายถึง ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในรถประจำทางปรับอากาศ (มค.ก./ลบ.ม.)

ตารางที่ ง2 ผลการทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ระหว่างเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศสองชุด ในเวลาเดียวกัน

	Paired Differences				t	P-Value
	Mean	sd	95% CI of the difference			
			Lower	Upper		
Pair1: (n=5) PM_{10}	3.436	4.632	-2.316	9.188	1.659	0.173
Pair2: (n=5) TSP	2.9014	3.816	-1.836	7.639	1.700	0.164

ตารางที่ ง3 ผลการทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยฝุ่นรวม และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

	Paired Differences				t	P-Value
	Mean	sd.	95% CI. of the difference			
			Lower	Upper		
Pair1 : (n=5) TSPในรถประจำทางปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ	118.21	157.24	-77.02	313.45	1.68	.168
Pair2 : (n=5) PM_{10}ในรถประจำทางปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ	87.57	67.26	4.04	171.09	2.91	.044
Pair3 : (n=5) TSPในรถยนต์ส่วนบุคคลและรถโดยสารขนาดเล็ก	119.09	109.66	-17.08	255.26	2.43	.072
Pair4 : (n=5) PM_{10}ในรถยนต์ส่วนบุคคลและรถโดยสารขนาดเล็ก	58.19	44.40	3.06	113.32	2.93	.043

ตารางที่ ง4 ความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นรวมในแต่ละจุดตรวจวัด

I	J	Mean difference (I-J)	Std.Error	P-Value	95% CI. of the difference	
					Lower	Upper
1	2	118.2140	59.69761	.065	-8.3393	244.7673
	3	136.0400*	59.69761	.037	9.4867	262.5933
	4	255.1298*	59.69761	.001	128.5765	381.6831
2	1	-.118.2140	59.69761	.065	-244.7673	8.3393
	3	17.8260	59.69761	.769	-108.7273	144.3793
	4	136.9158*	59.69761	.036	10.3625	263.4691
3	1	-136.0400*	59.69761	.037	-262.5933	-9.4867
	2	-17.8260	59.69761	.769	-144.3793	108.7273
	4	119.0898	59.69761	.063	-7.4635	245.6431
4	1	-255.1298*	59.69761	.001	-381.6831	-128.5765
	2	-136.9158*	59.69761	.036	-263.4691	-10.3625
	3	-119.0898	59.69761	.063	-245.6431	7.4635

* The Mean Difference is Significant at the 0.05 level

หมายเหตุ หมายเลข 1 แทนรถประจำทางปรับอากาศ

หมายเลข 2 แทนรถประจำทางไม่ปรับอากาศ

หมายเลข 3 แทน รถยนต์ส่วนบุคคล

หมายเลข 4 แทนรถโดยสารขนาดเล็ก

ตารางที่ ง5 ความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในแต่ละจุดตรวจวัด

I	J	Mean difference (I-J)	Std.Error	P-Value	95% CI. of the difference	
					Lower	Upper
1	2	87.5680*	28.52255	.007	27.1029	148.0331
	3	55.4112	28.52255	.070	-5.0539	115.8763
	4	113.6038*	28.52255	.001	53.1387	174.0689
2	1	-87.5680*	28.52255	.007	-148.0331	-27.1029
	3	-32.1568	28.52255	.276	-92.6219	28.3083
	4	26.0358	28.52255	.375	-34.4293	86.5009
3	1	-55.4112	28.52255	.070	-115.8763	5.0539
	2	32.1568	28.52255	.276	-28.3083	92.6219
	4	58.1926	28.52255	.058	-2.2725	118.6577
4	1	-113.6038*	28.52255	.001	-174.0689	-53.1387
	2	-26.0368	28.52255	.375	-86.5009	34.4293
	3	-58.1926	28.52255	.058	-118.6577	2.2725

*The Mean Difference is Significant at the 0.05 level

หมายเหตุ หมายเลข 1 แทนรถประจำทางปรับอากาศ

หมายเลข 2 แทนรถประจำทางไม่ปรับอากาศ

หมายเลข 3 แทน รถยนต์ส่วนบุคคล

หมายเลข 4 แทนรถโดยสารขนาดเล็ก

ตาราง ง6 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นรวมและปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน กับปริมาณอ้างอิง

กลุ่มตัวอย่าง	TSP				PM_{10}			
	Potential Dose (มค.ก./กก.-วัน)	RfD (มค.ก./กก.-วัน)	Hazard Quotient	P- Value	Potential Dose (มค.ก./กก.-วัน)	RfD (มค.ก./กก.-วัน)	Hazard Quotient	P-Value
1.ประถมศึกษา เพศหญิง	1.410	4.237	0.333	0.000	0.677	1.541	0.439	0.000
2.ประถมศึกษา เพศชาย	1.367	3.747	0.365	0.000	0.662	1.363	0.486	0.000
3.มัธยมศึกษา เพศหญิง	1.201	3.391	0.354	0.000	0.588	1.233	0.477	0.000
4.มัธยมศึกษา เพศชาย	1.589	3.837	0.414	0.000	0.746	1.395	0.535	0.000
5.ผู้ใหญ่ เพศหญิง	0.850	2.174	0.391	0.000	0.445	0.791	0.563	0.000
6.ผู้ใหญ่ เพศชาย	1.230	2.896	0.425	0.000	0.623	1.053	0.592	0.000
7.พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก	6.935	41.275	0.155	0.000	4.148	15.009	0.276	0.000
8.พนักงานขับรถประจำทาง	17.297	37.086	0.466	0.000	5.781	13.486	0.429	0.000
9.พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ	39.699	42.173	0.941	0.297	18.681	15.336	**1.218**	**0.014**
10.ตำรวจจราจร	5.013	27.005	0.186	0.000	4.843	9.820	0.493	0.000

ตารางที่ ง7 ผลการทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบเชิงซ้อน

กลุ่มตัวอย่าง	TSP		PM_{10}	
	Mean Difference (มค.ก./กก.-วัน)	P-Value	Mean Difference (มค.ก./กก.-วัน)	P-Value
1.กลุ่มอายุ 9-11 ปี กลุ่มอายุ 12-18 ปี	-0.136	0.751	-0.29	0.877
2.กลุ่มอายุ 9-11 ปี กลุ่มอายุ 19 ปีขึ้นไป	-1.754	0.000	-0.844	0.000
3.กลุ่มอายุ 12-18 ปี กลุ่มอายุ 19 ปีขึ้นไป	-1.618	0.000	-0.815	0.000

ตารางที่ ง8 ผลการทดสอบสมมติฐานของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองประชากร

กลุ่มตัวอย่าง	TSP		PM_{10}	
	Mean (มค.ก./กก.-วัน)	P-Value	Mean (มค.ก./กก.-วัน)	P-Value
1.ประถมศึกษาเพศชาย ประถมศึกษาเพศหญิง	1.367 1.409	0.407	0.662 0.677	0.439
2.มัธยมศึกษา เพศชาย มัธยมศึกษา เพศหญิง	1.589 1.201	0.091	0.746 0.588	0.118
3.อาชีวศึกษา เพศชาย อาชีวศึกษา เพศหญิง	2.375 1.129	0.008	1.000 0.518	0.012
4.ผู้ใหญ่เพศชาย ผู้ใหญ่ เพศหญิง	1.230 0.806	0.015	0.623 0.413	0.005

ตารางที่ ง9 ผลการทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบเชิงซ้อน

กลุ่มตัวอย่าง	TSP		PM_{10}	
	Mean Difference (มค.ก./กก.วัน)	P-Value	Mean Difference (มค.ก./กก.วัน)	P-Value
1.พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก พนักงานขับรถประจำทางปรับ อากาศ	-32.764	0.000	-14.533	0.000
2.พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก พนักงานขับรถประจำทาง	-12.068	0.000	-1.633	0.000
3.พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก ตำรวจจราจร	1.921	0.041	-0.696	0.108
4.พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ พนักงานขับรถประจำทาง	-20.697	0.000	-12.900	0.000
5.พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ ตำรวจจราจร	34.685	0.000	13.837	0.000
6.พนักงานขับรถประจำทาง ตำรวจจราจร	13.989	0.000	0.937	0.019
7.ผู้ใหญ่เพศชาย พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก	-5.704	0.000	-3.525	0.000
8. ผู้ใหญ่เพศชาย พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ	-38.468	0.000	-18.058	0.000
9. ผู้ใหญ่เพศชาย พนักงานขับรถประจำทาง	-17.772	0.000	-5.158	0.000
10.ผู้ใหญ่เพศชาย ตำรวจจราจร	-3.782	0.000	-4.220	0.000

ภาคผนวก จ
การคำนวณค่าเฉลี่ย Potential Dose

แบบที่ 1 การคำนวณ Potential Dose สำหรับบุคคลทั่วไป

ตารางที่ จ1 ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม และการกำหนดตัวแปรสำหรับบุคคลทั่วไป

ยานพาหนะ	เวลาเดินทาง (นาที/วัน)	ความถี่ (วัน/สัปดาห์)	ความเข้มข้นฝุ่นละออง (มค.ก./ลบ.ม.)
รถยนต์	d	j	p
รถโดยสารขนาดเล็ก	e	k	q
รถประจำทาง	f	l	r
รถประจำทางปรับอากาศ	g	m	s
รอรถประจำทาง	h	n	t
เดินหรือจักรยานยนต์	i	o	u

จาก

$$\text{Potential Dose} = \sum_{i=1}^{n} \left(C_i \times t_i \times IR\right) \times BW^{-1} \quad (3.3)$$

การคำนวณ Potential Dose (มค.ก./กก.-วัน) สำหรับบุคคลทั่วไปจึงเท่ากับ

$$\frac{[(p\times d\times j\times IR)+(q\times k\times e\times IR)+(r\times l\times f\times IR)+(s\times m\times g\times IR)+(t\times n\times h\times IR)+(u\times o\times i\times IR)]}{BW}$$

แบบที่ 2 การคำนวณ Potential Dose สำหรับพนักงานขับรถโดยสาร

ตารางที่ จ2 ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม และการกำหนดตัวแปรสำหรับพนักงานขับรถโดยสาร

ข้อมูล	ตัวแปร	หมายเหตุ
อายุ (ปี)	A	เพื่อใช้กำหนด IR
เพศ	B	เพื่อใช้กำหนด IR
น้ำหนักตัว (กก.)	BW	
ระยะเวลาทำงานในบรรยากาศการจราจร (ชม./วัน)	C	
เวลาในการทำงาน (วัน/เดือน)	D	
ความเข้มข้นฝุ่นละอองในบรรยากาศ (มค.ก./ลบ.ม.)	E	

จาก

$$\text{Potential Dose} = \sum_{i=1}^{n} \left(C_i \times t_i \times IR\right) \times BW^{-1} \quad (3.3)$$

การคำนวณ Potential Dose (มค.ก./กก.-วัน) สำหรับพนักงานขับรถโดยสารจึงเท่ากับ

$$\frac{(IR \times \text{C} \times \text{D} \times \text{E}) \times BW^{-1} \text{ ลบ.ม.}\times\text{ชม.}\times\text{วัน}\times\text{มค.ก.}}{(30\text{วัน/เดือน}) \quad \text{ชม.}\times\text{วัน}\times\text{เดือน}\times\text{ลบ.ม.}\times\text{กก.}}$$

แบบที่ 3 การคำนวณ Potential Dose สำหรับตำรวจจราจร

ตารางที่ จ3 ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม และการกำหนดตัวแปรสำหรับตำรวจจราจร

ยานพาหนะ	เวลาเดินทาง (นาที/วัน)	ความถี่ (วัน/สัปดาห์)	ความเข้มข้นฝุ่นละออง (มค.ก./ลบ.ม.)
รถยนต์	d	j	p
รถโดยสารขนาดเล็ก	e	k	q
รถประจำทาง	f	l	r
รถประจำทางปรับอากาศ	g	m	s
รอรถประจำทาง	h	n	t
เดินหรือจักรยานยนต์	i	o	u
ปฏิบัติหน้าที่ด้านการจราจร	v	w	x

จาก

$$\text{Potential Dose} = \sum_{i=1}^{n} \left(C_i \times t_i \times IR\right) \times BW^{-1} \quad (3.3)$$

การคำนวณ Potential Dose (มค.ก./กก.-วัน) สำหรับตำรวจจราจรจึงเท่ากับ

$$[(p \times d \times j \times IR) + (q \times k \times e \times IR) + (r \times l \times f \times IR) + (s \times m \times g \times IR) + (t \times n \times h \times IR) + (u \times o \times i \times IR) + (x \times w \times v \times IR)] / BW$$

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกุลธิดา ตระสินธุ์ เกิดเมื่อวันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ. 2521 ศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา ที่จังหวัดนครราชสีมา เริ่มเข้าศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำเร็จการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2542 มีความสนใจ และเล็งเห็นคุณประโยชน์ในสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จึงเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเมื่อปี พ.ศ. 2544 งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับมลพิษอากาศด้านฝุ่นละออง ที่เชื่อมโยงกับสุขภาพของประชาชน เมื่อปี พ.ศ. 2548 ได้นำเสนอผลงานวิจัยในงานประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 4 ของสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ที่จังหวัดชลบุรี