การกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 และ 10 ไมครอน บริเวณสถานีรถไฟฟ้ากรุงเทพมหานคร

นายสมพงษ์ เลิศพุฒิพิศุทธิ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1223-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I22434391

DISTRIBUTION OF $PM_{2.5}$ AND PM_{10} AT BANGKOK MASS TRANSIT SYSTEM (BTS) STATIONS

Mr. Sompong Lertphuthipisut

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partail Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Environmental Science (Inter-department)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-53-1223-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 และ 10 ไมครอน บริเวณสถานีรถไฟฟ้ากรุงเทพมหานคร
โดย	นายสมพงษ์ เลิศพุฒิพิศุทธิ์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. วนิดา จีนศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว. กัลยา ติงศภัทิย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. วนิดา จีนศาสตร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเธียร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายสมพงษ์ เลิศพุฒิพิศุทธิ์: การกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 และ 10 ไมครอน บริเวณสถานีรถไฟฟ้ากรุงเทพมหานคร. (DISTRIBUTION OF $PM_{2.5}$ AND PM_{10} AT BANGKOK MASS TRANSIT SYSTEM (BTS) STATIONS) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รองศาสตราจารย์ ดร. วนิดา จีนศาสตร์, อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์, 123 หน้า. ISBN 974-53-1223-1

เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{10} และ $PM_{2.5}$ บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพญาไท พระโขนง และช่องนนทรี (สถานีเปรียบเทียบ) ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างชนิดติดตัวบุคคลติดหัวคัดแยกฝุ่นอิมแพคเตอร์ และหาความเข้มข้นฝุ่นตามหลักวิธี Gravimetric ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าที่มีทศนิยมหกตำแหน่ง ความเข้มข้นฝุ่นละออง PM_{10} ที่ตรวจวัดได้เปรียบเทียบกับค่าที่เก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธีเทปรังสีเบต้า และ ความเข้มข้นฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่ตรวจวัดได้เปรียบเทียบกับค่าที่เก็บตัวอย่างอากาศด้วยเครื่อง R&P single channel sampler ที่สถานีเฝ้าระวังของกรมควบคุมมลพิษ สถานีดินแดง พบว่าวิธีตรวจวัดทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญดังสมการ PM_{10} (Cascade) = 1.2424 PM_{10} (Beta-attenuation) r^2 = 0.8610 และ $PM_{2.5}$(Cascade) = 1.2593 $PM_{2.5}$ (R&P single channel sampler) r^2 = 0.9594 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กในวันทำงานมีค่ามากกว่าวันหยุด และสัมพันธ์กับปริมาณจราจรที่ผ่านใต้สถานี ความเข้มข้นฝุ่นละอองลดลงตามระดับความสูง และลดลงมากที่สุดที่สถานีรถไฟฟ้าพระโขนง สัดส่วน $PM_{2.5}$ ต่อ PM_{10} ของทั้งสามสถานีมีค่าอยู่ระหว่าง 0.56 ถึง 0.69 การวิเคราะห์สมการถดถอยความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นฝุ่น บริเวณสถานีรถไฟฟ้า พบว่าความเข้มข้นฝุ่นละอองมีความสัมพันธ์กับปริมาณจราจรที่ผ่านใต้สถานี ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ และโครงสร้างของสถานีรถไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนิสิต.....สมพงษ์ เลิศพุฒิพิศุทธิ์.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4589163020: MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORD: $PM_{10}/PM_{2.5}$ /BTS

SOMPONG LERTPHUTHIPISUT: DISTRIBUTION OF $PM_{2.5}$ AND PM_{10} AT BANGKOK MASS TRANSIT SYSTEM (BTS) STATIONS. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. WANIDA JINSART. THESIS CO-ADVISOR: TASSANEE PRUEKSASIT Ph.D., 123 pp. ISBN 974-53-1223-1

Fine particulate matters, PM_{10} and $PM_{2.5}$ at Bangkok mass transit system (BTS) stations: Phayathai, Phakanong and Chongnonthee were sampled with personal air sampler attached impactor cascade heads. The particulate concentrations were measured by Gravimetric method using an electronic microbalance. The co–measurements were conducted parallely with β–attenuation (for PM_{10}) and R&P single channel sampler (for $PM_{2.5}$) at PCD monitoring station. The result at Dindaeng station showed significant correlation with equation: PM_{10} (Cascade) = 1.2424 PM_{10} (Beta–attenuation), r^2 = 0.8610 and $PM_{2.5}$(Cascade) = 1.2593 $PM_{2.5}$ (R&P single channel sampler), r^2 = 0.9594. The 24–hr average fine particulate matters in workday were higher than those of 24–hr average in weekend. The PM concentrations were found increasing with the traffic volume under BTS stations. The vertical PM levels decreased with the increasing height, particularly at Prakanong station. The mean $PM_{2.5}$ to PM_{10} ratio at all stations were between 0.56 – 0.69. The regression analysis for correlation between particulate matter concentrations and their influential factors at BTS stations found that PM concentrations related to traffic volume, atmospheric pressure, temperature and the construction structure of the BTS stations.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Field of study Environmental Science

Academic year 2004

Student's signature Sompong Lertphuthipisut

Advisor's signature Wanida Jinsart

Co-advisor's signature T. Prueksasit

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วนิดา จีนศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.ทรรศนีย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่ตลอดจนช่วยแก้ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการวิจัย ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ คุณธีระ ตระกูลเงิน และบริษัท ขนส่งมวลชน กรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ที่อนุเคราะห์ให้ติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีรถไฟฟ้า และอำนวยความสะดวกในระหว่างการเก็บตัวอย่าง

ขอขอบพระคุณ คุณสมานชัย เลิศกมลวิทย์ คุณวัชรีย์ กสิบาล และคุณวิลาวัลย์ หมายเขาที่ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำด้านข้อมูล วิธีการเก็บตัวอย่างเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย โรงแรมบันยันทรี และสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอบคุณเพื่อน และน้อง ๆ ที่ช่วยขนย้าย และติดตั้งอุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง

ท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมารดา พี่ ๆ ที่สนับสนุน ให้ความรักและคอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย ตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ญ

สารบัญรูป.....ฎ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....1

1.3 ขอบเขตการศึกษา.....2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อนุภาคฝุ่นละออง.....3

2.2 การแพร่กระจายของฝุ่นขนาดต่าง ๆ.....3

2.2.1 ฝุ่นละอองแขวนลอยรวม.....6

2.2.2 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน.....7

2.2.3 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน.....8

2.3 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดเล็ก.....8

2.3.1 ยานพาหนะทางบก.....8

2.3.2 การก่อสร้างประเภทต่าง ๆ.....9

2.3.3 การบรรทุกและขนส่งวัสดุก่อสร้าง.....9

2.3.4 โรงงานอุตสาหกรรม.....9

2.3.5 การเผาวัสดุในที่โล่งแจ้ง.....9

2.4 องค์ประกอบเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็ก.....9

2.4.1 สารประกอบซัลเฟต.....9

2.4.2 สารประกอบไนเตรต.....9

2.4.3 สารประกอบแอมโมเนียม.....9

2.4.5 คาร์บอนอินทรีย์.....10

2.4.6 คาร์บอนอนินทรีย์.....10

หน้า

2.4.7 น้ำ....10
2.4.8 Geological material....10
2.5 ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองขนาดเล็ก....10
2.5.1 ลักษณะทางสัณฐานของฝุ่นละอองขนาดเล็ก....10
2.5.2 องค์ประกอบธาตุที่มีอยู่ในฝุ่นละอองขนาดเล็ก....11
2.5.3 ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุในฝุ่นที่มีแหล่งกำเนิดต่างๆ..12
2.6 มาตรฐานอนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศ....15
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย
3.1 พื้นที่ศึกษา....24
3.1.1 การกำหนดพื้นที่ศึกษา....24
3.1.2 การเลือกจุดเก็บตัวอย่าง....24
3.2 วัสดุอุปกรณ์....28
3.2.1วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก....28
3.2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุ
ในฝุ่นละออง....29
3.2.3 อุปกรณ์การตรวจวัดสภาพจราจร และสภาพอุตุนิยมวิทยา....30
3.3 วิธีดำเนินการศึกษา....31
3.3.1 การเตรียมกระดาษกรอง....31
3.3.2 การเก็บตัวอย่าง....32
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล....35
บทที่ 4 วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง
4.1 Control Chart ของการชั่งน้ำหนักของกระดาษกรอง และของเครื่องชั่งน้ำหนัก....37
4.2 การทดสอบความเที่ยงของเครื่องมือ Cascade impactor....39
4.3 การเปรียบเทียบโดยใช้ Cascade impactor กับวิธีเก็บตัวอย่างฝุ่น
ของกรมควบคุมมลพิษ....40
4.4 ความเข้มข้น PM_{10}, $PM_{10-2.5}$ และ $PM_{2.5}$ บริเวณสถานีรถไฟฟ้า....43
4.5 การเปรียบเทียบการกระจายตัวของฝุ่นบริเวณสถานีรถไฟฟ้า....45
4.6 การเปรียบเทียบสัดส่วนความเข้มข้นฝุ่นละออง $PM_{2.5}/PM_{10}$บริเวณสถานีรถไฟฟ้า..47
4.7 ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละออง $PM_{10-2.5}$ และ $PM_{2.5}$
บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า....49

หน้า

4.7.1 ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละออง $PM_{10-2.5}$ บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า.....49
4.7.2 ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า.....51
4.8 ปริมาณการจราจรบริเวณสถานีรถไฟฟ้า.....60
4.9 สภาพอุตุนิยมวิทยา.....63
4.10 การวิเคราะห์สมการถดถอยความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของฝุ่นละออง ขนาดเล็ก(PM_{10}และ $PM_{2.5}$) และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นฝุ่นละออง บริเวณสถานีรถไฟฟ้า.....67
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการศึกษา.....75
5.2 ข้อเสนอแนะ.....77
รายการอ้างอิง.....78
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก
ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กบริเวณสถานีรถไฟฟ้า.....82
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายวันบริเวณสถานีรถไฟฟ้า.....83
ปริมาณจราจรที่ผ่านใต้สถานีรถไฟฟ้า.....84
ภาคผนวก ข
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ.....99
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....123

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ขนาดทั่วไปของอนุภาคมลสารที่อยู่ในบรรยากาศ.....5
ตารางที่ 2.2 ลักษณะทางสัณฐานของฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ.....11
ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบธาตุในฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ.....12
ตารางที่ 2.4 ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศต่าง ๆ.....17
ตารางที่ 3.1 ความแตกต่างของโครงสร้างสถานีรถไฟฟ้าทั้ง 3 สถานี.....25
ตารางที่ 3.2 ช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง.....33
ตารางที่ 3.3พารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาและเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด.....34
ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เก็บจากเครื่องมือ Cascade impactor สองชุด บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดง ในช่วงเวลาเดียวกัน.....39
ตารางที่ 4.2 ความเข้มข้นฝุ่นละอองที่เก็บโดยวิธี Cascade impactor และวิธีของกรมควบคุมมลพิษ ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดง.....41
ตารางที่ 4.3 ความเข้มข้นฝุ่นละออง PM_{10}, $PM_{10-2.5}$ และ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงบริเวณสถานีรถไฟฟ้า.....44
ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นฝุ่นละอองที่ลดลงที่ระดับชั้นต่าง ๆ และโครงสร้างของสถานีรถไฟฟ้า.....46
ตารางที่ 4.5 สัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ บริเวณพื้นที่ริมถนนในเขตเมืองของมาเก๊า เวียนนา และไทย.....48
ตารางที่ 4.6 สัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$ บริเวณสถานีรถไฟฟ้า.....48
ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่น $PM_{10-2.5}$ บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า และฝุ่นที่มีแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซล.....50
ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่น $PM_{2.5}$ บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้า และฝุ่นที่มีแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซล.....51
ตารางที่ 4.9 ปริมาณรถเฉลี่ยที่ผ่านใต้สถานีรถไฟฟ้า.....60
ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยรายวันข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา.....63
ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยทั้ง 4 วิธี.....68
ตารางที่ 4.12 สัมประสิทธิ์ตัวแปรในสมการความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}และ $PM_{2.5}$) และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นฝุ่นบริเวณสถานีรถไฟฟ้า.....69
ตารางที่ 4.13 ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กบริเวณใต้สถานี และบริเวณชั้น 2 ชั้น 3.....71

หน้า

ตารางที่ 4.14 สมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กและปัจจัย
ที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นฝุ่นบริเวณสถานีรถไฟฟ้า.....73

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ขนาดของอนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศและกลไกการเกิดฝุ่นละออง.....6
รูปที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอนุภาคขนาดละเอียด (Fine) และ
อนุภาคขนาดหยาบ(Coarse).....8
รูปที่ 2.3 ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละออง PM_{10} จากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ...14
รูปที่ 3.1 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กบริเวณสถานีรถไฟฟ้า.....26
รูปที่ 3.2 โครงสร้างของสถานีรถไฟฟ้า.....27
รูปที่ 3.3 Cascade impactor ที่ต่อกับเครื่องดูดอากาศชนิดตัวบุคคลพร้อมใช้งาน.....28
รูปที่ 3.4 เครื่องชั่งที่มีทศนิยม 6 ตำแหน่ง METLER UMT 5.....29
รูปที่ 3.5 เครื่อง Scanning Electron Microscopy.....29
รูปที่ 3.6 ชุดบันทึกภาพการจราจร.....30
รูปที่ 3.7 เครื่องตรวจวัดสภาพอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่.....30
รูปที่ 4.1 (ก) Control Chart ของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 100 กรัม.....37
รูปที่ 4.2 (ข) Control Chart ของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 200 กรัม.....37
รูปที่ 4.2 (ก) Control Chart ของน้ำหนักเฉลี่ยของกระดาษกรอง Blank
ที่ใช้เก็บตัวอย่างฝุ่น $PM_{10-2.5}$.....38
รูปที่ 4.2 (ข)Control Chartของน้ำหนักเฉลี่ยของกระดาษกรองBlankที่ใช้เก็บตัวอย่างฝุ่น$PM_{2.5}$.....38
รูปที่ 4.3 (ก) ความเข้มข้นฝุ่นละออง PM_{10}ที่เก็บโดยใช้ Cascade impactor และ
วิธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นแบบเทปรังสีเบต้า (Beta-attenuation)
ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดง.....41
รูปที่ 4.3 (ข) ความเข้มข้นฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ที่เก็บโดยใช้ Cascade impactor และ
วิธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยเครื่อง R&P single channel sampler
ที่สถานีสถานีตรวจวัดคุณภาพดินแดง.....42
รูปที่ 4.4 (ก) กราฟความสัมพันธ์ความเข้มข้น PM_{10} จากการเก็บตัวอย่างทั้งสองวิธี.....43
รูปที่ 4.4 (ข) กราฟความสัมพันธ์ความเข้มข้น $PM_{2.5}$ จากการเก็บตัวอย่างทั้งสองวิธี.....43
รูปที่ 4.5 แผนภูมิแท่งแสดงความเข้มข้นฝุ่นละอองบริเวณสถานีรถไฟฟ้า.....44
รูปที่ 4.6 ภาพตัดขวางโครงสร้างของสถานีรถไฟฟ้า.....46
รูปที่ 4.7 การกระจายของสัดส่วน $PM_{2.5}/PM_{10}$บริเวณสถานีรถไฟฟ้า.....49
รูปที่ 4.8 (ก) สเปกตรัมองค์ประกอบธาตุที่พบในกระดาษกรอง Blank ที่เก็บฝุ่น PM_{10}.....53
รูปที่ 4.8 (ข) สเปกตรัมองค์ประกอบธาตุที่พบในกระดาษกรอง Blank ที่เก็บฝุ่น $PM_{2.5}$.....53

หน้า

รูปที่ 4.9 (ก) ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่นละออง $PM_{10-2.5}$ บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าพญาไท....54
รูปที่ 4.9 (ข) ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่นละออง $PM_{10-2.5}$ บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าพระโขนง....55
รูปที่ 4.9 (ค) ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่นละออง $PM_{10-2.5}$ บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้านนทรี....56
รูปที่ 4.9 (ง) ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าพญาไท....57
รูปที่ 4.9 (จ) ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าพระโขนง....58
รูปที่ 4.9 (ฉ) ลักษณะทางสัณฐานและองค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ บริเวณใต้สถานีรถไฟฟ้าช่องนนทรี....59
รูปที่ 4.10 (ก) สัดส่วนปริมาณรถแต่ละประเภทที่ผ่านใต้สถานีรถไฟฟ้าพญาไท....61
รูปที่ 4.10 (ข) สัดส่วนปริมาณรถแต่ละประเภทที่ผ่านใต้สถานีรถไฟฟ้าพระโขนง....61
รูปที่ 4.10 (ค) สัดส่วนปริมาณรถแต่ละประเภทที่ผ่านใต้สถานีรถไฟฟ้าช่องนนทรี....62
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ใต้สถานีรถไฟฟ้า) และปริมาณรถยนต์รายวัน....63
รูปที่ 4.12 (ก) แผนภูมิแสดงทิศทางลม และแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความถี่ของการเกิดความเร็วลมต่าง ๆ บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพญาไท....64
รูปที่ 4.12 (ข) แผนภูมิแสดงทิศทางลม และแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความถี่ของการเกิดความเร็วลมต่าง ๆ บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง....65
รูปที่ 4.12 (ค) แผนภูมิแสดงทิศทางลม และแผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ความถี่ของการเกิดความเร็วลมต่าง ๆ บริเวณสถานีรถไฟฟ้าช่องนนทรี....66
รูปที่ 4.13 (ก) กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละออง PM_{10} ใต้สถานีรถไฟฟ้าและบริเวณชั้น 2 ของสถานี....71
รูปที่ 4.13 (ข) กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละออง PM_{10} ใต้สถานีรถไฟฟ้าและบริเวณชั้น 3 ของสถานี....72
รูปที่ 4.13 (ค) กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ใต้สถานีรถไฟฟ้าและบริเวณชั้น 2 ของสถานี....72
รูปที่ 4.13 (ง) กราฟความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ใต้สถานีรถไฟฟ้าและบริเวณชั้น 3 ของสถานี....73