



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การศึกษาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาด 10 และ
2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

โดย นเรศ เชื้อสุวรรณ และคณะ

มีนาคม 2552

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การศึกษาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. นเรศ เชื้อสุวรรณ	กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา	กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
3. สุรัตน์ เพชรเกษม	กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. อมรพล ช่างสุพรรณ	กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
5. ชรินทร์ เลิศคนาวนิชกุล	กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
6. อรุณ คงแก้ว	กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
7. พันศักดิ์ ธีรมงคล	กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
8. สุภัตติ นิมรัตน์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
9. ฉลองขวัญ ตั้งบรรลือการ	คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช

ชุดโครงการคุณภาพอากาศ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

(Exclusive Summary)

1.1 ความสำคัญและวัตถุประสงค์

รายงานการศึกษาวิจัยด้านระบาดวิทยาต่อปัญหาของฝุ่นต่อผลกระทบต่อสุขภาพในหลายประเทศบ่งชี้ว่า ปริมาณของฝุ่นละอองในบรรยากาศมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอัตราการป่วย อัตราการเข้ารับการรักษาพยาบาล รวมถึงอัตราการตายของประชากรในบางเมืองในสหรัฐอเมริกา (Dockery *et al.*, 1992; Reichhardt, 1995; Pope *et al.*, 1995) เม็กซิโก (Borja-Aburto *et al.*, 1997) ชิลี (Ostro *et al.*, 1995) ทั้งนี้ความรุนแรงของปัญหาจะเพิ่มมากขึ้นในประชากรกลุ่มที่มีโรคของทางเดินหายใจอยู่แล้ว เช่น ผู้มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ หอบหืด เป็นต้น (Pope *et al.*, 1992; Schwartz and Dockery, 1992; Delfino *et al.*, 1994) กลุ่มเสี่ยงอีกกลุ่มหนึ่งที่สำคัญคือเด็กและคนชรา ข้อมูลด้านระบาดวิทยาของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายและระดับของฝุ่นในบรรยากาศของกรุงเทพฯ ระหว่างปี 2535-2539 พบว่า ปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในบรรยากาศและอัตราการตายของประชากรในกรุงเทพฯ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Ostro *et al.*, 1999) โดยปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในระดับ 10 มคก. ต่อ ลบม. ที่เพิ่มขึ้นจะมีส่วนสัมพันธ์กับสาเหตุการตายตามธรรมชาติ (Natural mortality), การตายจากปัญหาทางเดินหายใจ (Respiratory mortality) และการตายจากปัญหาหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular mortality) โดยเพิ่มขึ้น 1-2, 3-6, และ 1-2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนได้ถูกนำมาพิจารณาถึงผลกระทบต่อปัญหาสุขภาพมากขึ้นกว่าฝุ่นขนาดใหญ่ เนื่องจากฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีลักษณะสมบัติที่สามารถผ่านเข้าสู่ส่วนลึกเปลี่ยนอากาศภายในปอดได้ (Spengler and Winson, 1996) จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่อาจเกี่ยวข้องกับปัญหาสุขภาพของประชาชนทั่วไปมากกว่าฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ เช่น ฝุ่นรวม ฝุ่นขนาด 10 ไมครอน เป็นต้น ทั้งนี้ฝุ่นขนาดใหญ่และขนาดเล็กมีความแตกต่างกันอยู่มากในเรื่องของแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบทางเคมี ผลการวิจัยเรื่องของฝุ่นขนาดเล็กตลอดจนการกำหนดค่ามาตรฐานใหม่ของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในสหรัฐอเมริกา ระบุว่าฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนเป็นสารมลพิษคนละชนิดที่มีความแตกต่างกัน ข้อมูลของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในพื้นที่ของรัฐนิวเจอร์ซีย์ (7,200 ตารางไมล์) สหรัฐอเมริการะหว่างปี 2540-2541 แสดงให้เห็นว่าการกระจายฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละสถานีตรวจวัด และมีค่าสูงขึ้นในช่วงที่มีปริมาณความเข้มข้นของโอโซนสูง (Chuersuwan *et al.*, 2000) สำหรับประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลเหล่านี้ ดังนั้นการพิจารณาผลกระทบต่อปัญหาสุขภาพและคุณภาพชีวิต ตลอดจนการกำหนดค่ามาตรฐาน

คุณภาพอากาศของประเทศในอนาคต จึงขาดข้อมูลที่น่าเชื่อถือสำหรับนำมาใช้สนับสนุนเหตุผลทางวิชาการได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างหลายๆ ประการของฝุ่นทั้งสองขนาดแล้ว การกำหนดมาตรการควบคุมปริมาณของฝุ่นให้มีประสิทธิภาพจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงแหล่งกำเนิดฝุ่น

งานวิจัยนี้ดำเนินการเพื่อศึกษาหาองค์ประกอบหลักที่สำคัญของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ที่อยู่ในบรรยากาศของกรุงเทพฯ นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน รวมทั้งประเมินและเปรียบเทียบด้านระดับการได้รับมลพิษของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน และพัฒนาองค์ความรู้ของบุคลากรให้มีศักยภาพการวิจัยด้านคุณภาพอากาศ

1.2 วิธีการดำเนินงาน

2.1 การเก็บตัวอย่าง

สถานีเก็บตัวอย่างถาวรของ คพ.ในพื้นที่กรุงเทพฯ จำนวน 4 แห่ง ใช้เป็นตัวแทนพื้นที่คือ สถานีดินแดงเป็นแหล่งธุรกิจการค้าริมถนน แหล่งที่อยู่อาศัยด้านเหนือ (สถานีจันทรถษม) และใต้ (สถานีบ้านสมเด็จ) ของการเคลื่อนที่ของทิศทางลมหลัก แหล่งชานเมืองที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่ำ (สถานีบางนา) การเก็บตัวอย่างฝุ่นที่ใช้อัตราการดูดอากาศต่ำ MiniVol™ มีอัตราการดูดอากาศประมาณ 5 ลิตรต่อนาที และมี Impactor ในการคัดขนาดฝุ่นขนาด 2.5 หรือ 10 ไมครอน โดยทำเปรียบเทียบกับเครื่องมือเก็บตัวอย่างที่เป็นชนิดมาตรฐาน (Federal Reference Method) หรือเทียบเท่า (Federal Equivalent Method) ของ U.S.EPA และใช้โดยคพ. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดฝุ่นจากเครื่องมือทั้งสองประเภท และใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนที่สำคัญหากมีการพิจารณาใช้เครื่องมือเหล่านี้ทดแทนกันในอนาคต โดยสถานีดินแดงและบ้านสมเด็จได้มีการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนด้วยเครื่อง FRM คือ Partisol® สำหรับเครื่องมือที่ใช้จัดเป็นเครื่องมือที่มีความเทียบเท่าหรือ FEM เป็นเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 ไมครอนแบบต่อเนื่องชนิดที่เรียกว่า Beta Attenuation Monitor (BAM) เนื่องจากเครื่อง MiniVol™ มิใช่เครื่องมือที่เป็นมาตรฐาน การดำเนินงานจึงใช้การควบคุมคุณภาพที่เข้มงวดในการปรับเทียบอัตราการไหลให้อยู่ในช่วง ± 0.01 ลิตรต่อนาที การเก็บตัวอย่างทำบนกระดาศกรองชนิด Teflon® และ Tissuquartz fiber สลับทุก 6 วัน การซั่งกระดาศกรองดำเนินการ ณ คพ. โดยใช้เครื่องซั่ง Mettler รุ่น MT 5 หรือ UMT5 ห้องซั่งน้ำหนักเป็นห้องแยกส่วนมีประตู 2 ชั้นเป็นบานเลื่อนลดการบีบอัดกระแสดูดอากาศภายในห้องซั่งที่อาจส่งผลต่อการซั่งน้ำหนัก ภายในห้องมีเครื่องดูดไอน้ำในอากาศเพื่อควบคุมระดับของเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง $50 \pm 10\%$ พร้อมเครื่องปรับอากาศชนิดติดผนังจำนวน 2 เครื่องที่สลับการทำงานตลอดเวลา 24 ชั่วโมงของวันทำงาน เพื่อควบคุมระดับของอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 20 ± 5 องศาเซลเซียส

การเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิด 3 แหล่ง คือ ก) การเผาหญ้า ขยะมูลฝอย พื้น/ถ่าน ข) อุตสาหกรรมที่ใช้ น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา ซิวมวล และ ค) รถยนต์ดีเซลขนาดเล็กและขนาดใหญ่ งานนี้เป็นส่วนเสริมที่เพิ่มเติมข้อมูลแหล่งกำเนิดฝุ่นหลักที่มีอยู่บ้างแล้ว การเก็บตัวอย่างจากการเผาใช้เครื่อง MiniVol™ ชนิดไม่มีการเจือจาง (No dilution method) และจากยานพาหนะมิได้ใช้การทดสอบบนแท่นทดสอบรถยนต์ (Dynamometer) ส่วนแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรมประยุกต์ตาม U.S.EPA Method 17 ตัวอย่างที่ได้นำไปวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีเช่นเดียวกับการฝุ่นจากบรรยากาศ การวิเคราะห์หาธาตุโลหะทำด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS) รุ่น Elan 6000 ของ PerkinElmer Instrument และเสริมด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES) รุ่น Optima 3000 ของ PerkinElmer Instrument นอกจากนี้ เครื่องมือเสริมที่ใช้ยังประกอบด้วยเครื่อง Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (GFAAS) รุ่น SIMMA ของ PerkinElmer Instrument และ Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS) รุ่น Avanta ของ GBC Scientific การวิเคราะห์หาปริมาณอินออนบวกและลบหลักใช้เครื่อง Dionex DX-120 แบบที่ใช้ IonPac® AS14 Analytical and AG14 Guard เป็นตัวแยก (column) การวิเคราะห์หาคาร์บอนในฝุ่นเป็นการหากลุ่มของสารคาร์บอน 2 ประเภท ได้แก่ organic carbon (OC) และ elemental carbon (EC) ตามวิธีของ Chen *et al.*, (1997) โดยฝุ่นที่เก็บตัวอย่างบนกระดาษกรอง Tissuquartz จะผ่านการให้ความร้อนเพื่อให้สารคาร์บอนออกมาและวัดปริมาณความเข้มข้นด้วยเครื่อง CHNS/O Analyzer Perkin Elmer รุ่น PE 2400 II

ส่วนหนึ่งของการศึกษาในครั้งนี้จะเกี่ยวข้องกับการศึกษาการกระจายของขนาดฝุ่นในบรรยากาศ โดยใช้ Andersen 1 ACFM Particle Fractionating Sampler ที่สามารถแยกขนาดของฝุ่นได้ 8 ชั้น ครอบคลุมขนาดของฝุ่นในช่วง 0.43-0.65, 0.65-1.1, 1.1-2.1, 2.1-3.3, 3.3-4.7, 4.7-7.0, 7.0-11.0, และ ≥ 11.0 ไมครอน โดยใช้อัตราการดูดอากาศ 1 ลบ.ฟุตต่อนาที

สำหรับวิธีที่ใช้ในการประเมินการได้รับ (Exposure assessment) จะใช้ข้อมูลของการตรวจวัดฝุ่นเฉลี่ยรายเดือนในช่วงเวลา 1 ปีของสถานีตรวจวัดทั้ง 4 แห่ง และเป็นการประเมินแบบเฉลี่ยของประชากรทั่วไปในพื้นที่โดยไม่ใช่อุปกรณ์ของ Personal exposure assessment (ซึ่งต้องมีการใช้ personal sampler ในกลุ่มของประชากรที่ต้องการศึกษา) การประเมินในครั้งนี้มีสมมุติฐานว่าปริมาณฝุ่นที่ประชากรในพื้นที่ศึกษาได้รับคือ ระดับความเข้มข้นของฝุ่นเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จากสถานีเก็บตัวอย่างในพื้นที่ โดยพิจารณาในส่วนขอระยะเวลาที่ประชากรอาจมีโอกาสได้รับฝุ่นเมื่อใช้เวลาอยู่ภายนอกอาคาร การได้รับฝุ่นระยะสั้น (1 ชม) และระยะยาว (8 ชม)

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดฝุ่นใช้โปรแกรมทางสถิติ คือ การทำ Factor analysis, Principal component analysis ร่วมกับ Multiple regression รวมทั้งการใช้วิธีโปรแกรม Chemical Mass Balance (CMB)

1.3 สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในภาพรวมทั้งปี พบว่าปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนของสถานีดินแดงคือ 108.1 ± 35.5 และ 69.0 ± 28.8 มคก.ต่อลบ.ม. ตามลำดับ ตัวแทนของพื้นที่การค้าและอยู่อาศัยด้านเหนือและใต้ (สถานีจันทรมและบ้านสมเด็จ) มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นขนาด 10 ไมครอนประมาณ 61.1 ± 25.2 และ 62.1 ± 30.7 มคก.ต่อลบ.ม. ส่วนฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีค่าเฉลี่ย 40.9 ± 21.4 และ 41.5 ± 24.6 มคก.ต่อลบ.ม. ตามลำดับ สถานีบางนามีปริมาณฝุ่นโดยเฉลี่ยประมาณ 57.6 ± 23.9 และ 37.9 ± 18.9 มคก.ต่อลบ.ม. สำหรับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนตามลำดับ ค่าสูงสุดของค่าเฉลี่ย 24 ชม. ของปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนตรวจพบได้ที่สถานีดินแดงที่ระดับ 205.7 มคก.ต่อลบ.ม. และ 150.3 มคก.ต่อลบ.ม.สำหรับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน ปริมาณฝุ่นเฉลี่ย 24 ชม.ของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนที่มีระดับต่ำสุดในระหว่างการตรวจวัดพบที่สถานีบางนาที่ระดับ 20.7 และ 8.0 มคก.ต่อลบ.ม.ตามลำดับ สรุปความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของทั้งโครงการฯ มีดังนี้

ปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.)

สถานี	N	ค่าเฉลี่ย $\pm \sigma$	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
● ดินแดง (DD)	99	69.0 ± 28.8	12.3	150.3
● จันทรม (JK)	103	40.9 ± 21.4	9.2	109.8
● บ้านสมเด็จ (BD)	93	41.5 ± 24.6	11.3	144.4
● บางนา (NA)	88	37.9 ± 18.9	8.0	103.9

ปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.)

สถานี	N	ค่าเฉลี่ย $\pm \sigma$	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
● ดินแดง (DD)	107	108.1 ± 35.5	37.7	205.7
● จันทรม (JK)	106	61.1 ± 25.2	21.3	130.0
● บ้านสมเด็จ (BD)	100	62.1 ± 30.7	20.9	176.6
● บางนา (NA)	92	57.6 ± 23.9	20.7	145.1

ระดับความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมงเรียงลำดับจากมากไปน้อยจำแนกเป็นรายสถานี คือ ดินแดง > บ้านสมเด็จ > จันทรมะยม > บางนา

การเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนโดยเฉลี่ย 24 ชั่วโมงรายสถานี พบว่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นทั้งสองขนาดมีความสัมพันธ์กันในแต่ละสถานี โดยปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนที่เพิ่มหรือลดในแต่ละวันจะส่งผลต่อปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่เพิ่มหรือลดในแต่ละวันไม่จำเป็นต้องเท่ากันในแต่ละสถานี นอกจากนี้ ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นทั้ง 4 สถานีในพื้นที่ศึกษามีอิทธิพลของแหล่งกำเนิดในพื้นที่ (Local sources) และเป็นไปได้ว่าสภาพทางอุตุนิยมวิทยาอาจมีอิทธิพลเช่นกัน โดยสังเกตได้จากการที่ปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดของสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมดเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันแม้ว่าแต่ละสถานีจะอยู่ห่างกัน 3 - 10 กิโลเมตร ทั้งนี้ อิทธิพลของแหล่งกำเนิดฝุ่นทั้งสองขนาดในแต่ละพื้นที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นในบรรยากาศอยู่มาก สังเกตได้จากสถานีดินแดงที่ตั้งอยู่ใกล้กับเส้นทางจราจรมากพบว่ามีความเข้มข้นของฝุ่นสูงกว่าสถานีอื่น ในขณะที่สถานีจันทรมะยมและบ้านสมเด็จเจ้าพระยาที่ตั้งอยู่ห่างจากเส้นทางคมนาคมสายหลักและเป็นพื้นที่การค้าและอยู่อาศัยมีปริมาณฝุ่นในบรรยากาศที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน

ลักษณะของปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดในพื้นที่เก็บตัวอย่างแสดงให้เห็นแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนตุลาคม - กุมภาพันธ์ ในขณะที่ช่วงเดือนมีนาคม - กันยายน มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นทั้งสองขนาดลดลงในพื้นที่ศึกษา เห็นได้ว่าในช่วงฤดูแล้งหรือมีสภาพอากาศแห้งปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดในบรรยากาศสูงกว่าช่วงที่มีสภาพอากาศชื้นหรือฤดูที่มีฝน ปรากฏการณ์ลักษณะนี้สามารถอธิบายได้ว่าฝนที่เกิดขึ้นมีส่วนชะล้างหรือนำพาฝุ่นที่มีอยู่ในบรรยากาศให้ลดลง (Rain scavenging) นอกจากนี้ กิจกรรมการเผาหญ้าหรือเศษวัสดุทางการเกษตรที่มีจำนวนมากในช่วงฤดูแล้งอาจมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝุ่นในบรรยากาศด้วย

ดังนั้น พื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่นมีอิทธิพลต่อปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศ โดยเฉพาะปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน ที่มีโอกาสมากที่จะมีปริมาณเกินค่าที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ได้ ชุมชนการค้าและพักอาศัยด้านเหนือและใต้ของกรุงเทพฯ มีปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดอยู่ระดับใกล้เคียงกันมาก เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดยังมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม บุคคลมีความแตกต่างกันอย่างมากในหลายประการ เช่น ความแข็งแรงของร่างกาย โรคประจำตัว อุปนิสัย เป็นต้น ผลที่ได้ในส่วนนี้จึงจำเป็นต้องพิจารณาให้รอบคอบก่อนนำไปประยุกต์ใช้

ความสัมพันธ์ของฝุ่นทั้งสองขนาดในพื้นที่ศึกษาในรูปของสัดส่วนของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นขนาด 10 ไมครอนโดยรวมทั้งโครงการฯ มีค่าสัดส่วนค่อนข้างใกล้เคียงกันในแต่ละสถานีโดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.64 – 0.67 ค่าสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันนี้สามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างสัมพันธ์กันในแต่ละสถานีว่ามีสาเหตุจากการที่ปริมาณของฝุ่นประมาณ 30 – 40 เปอร์เซ็นต์เป็นฝุ่นใหญ่กว่า 2.5 - 10 ไมครอน ดังนั้น ฝุ่นขนาดเล็กจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อปริมาณของฝุ่นขนาด 10 ไมครอนที่มีอยู่ในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร การเพิ่ม/ลดลงของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนย่อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในระดับร้อยละ 60 – 70

ความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดในแต่ละบริเวณของพื้นที่ศึกษาและภาพรวมของกรุงเทพฯ พบว่า ฝุ่นทั้งสองขนาดมีความสัมพันธ์ในระดับสูง ($r^2 = 0.83$) โดยปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในพื้นที่ศึกษาสามารถประมาณการณด้วยปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอน ด้วยสมการ

$$[PM-2.5] \mu g m^{-3} = 0.69[PM-10] - 1.64 \mu g m^{-3}$$

กรณีของความสัมพันธ์ของฝุ่นทั้งสองขนาดจำแนกเป็นรายสถานี พบว่า ทุกสถานีมีค่าสัมประสิทธิ์ความชันประมาณ 1.03 – 1.11 ทำให้ประมาณการในเบื้องต้นได้ว่าปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงในสัดส่วน ใกล้เคียง 1 แต่ปัจจัยที่ต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่ เช่น จำนวน/ชนิดของแหล่งกำเนิดในแต่ละพื้นที่ ความใกล้/ไกลจากแหล่งกำเนิด เป็นต้น โดยการประมาณการนี้ใช้อธิบายได้ในระดับร้อยละ 75 – 83 ดังสมการ

$$\begin{aligned} \text{ดินแดง}_{PM-10} (\mu g m^{-3}) &= 1.08 \times [\text{ดินแดง}_{PM-2.5}] + 32.3 (\mu g m^{-3}), \quad r^2 = 0.79 \\ \text{จันทระ}_{PM-10} (\mu g m^{-3}) &= 1.03 \times [\text{จันทระ}_{PM-2.5}] + 18.02 (\mu g m^{-3}), \quad r^2 = 0.75 \\ \text{บ้านสมเด็จ}_{PM-10} (\mu g m^{-3}) &= 1.08 \times [\text{บ้านสมเด็จ}_{PM-2.5}] + 15.49 (\mu g m^{-3}), \quad r^2 = 0.80 \\ \text{บางนา}_{PM-10} (\mu g m^{-3}) &= 1.11 \times [\text{บางนา}_{PM-2.5}] + 15.33 (\mu g m^{-3}), \quad r^2 = 0.83 \end{aligned}$$

การตรวจฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนวัดด้วยเครื่อง MintVolTM และ FRM เพื่อดูความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง และการทำ Paired sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าตารางแจกแจง $t_{0.05}$ (1.684 < 9.760) ทั้งนี้ ปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่เก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง MiniVolTM จะให้ค่าสูงกว่าเครื่อง FRM การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเครื่องมือทั้งสองชนิดด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นมีค่า r^2 ในระดับร้อยละ 84 ดังนี้

$$[MiniVol^{TM} PM-2.5] \mu g m^{-3} = 1.08[FRM PM-2.5] + 6.24 \mu g m^{-3}$$

การใช้ MiniVol™ ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในบางพื้นที่ของสหราชอาณาจักรเปรียบเทียบกับเครื่อง FRM (Partisol) และ TEOM® พบว่าไม่เป็นที่น่าพอใจ ($r=0.50-0.52$) แต่เนื่องจากจำนวนตัวอย่างจำกัดจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม (Salter and Parsons, 1999) อย่างไรก็ตาม การศึกษาโดย Baldauf et al., (2001) พบว่า การใช้ MiniVol™ เปรียบเทียบกับ Dichotomous sampler (Equivalent method) ให้ค่าค่อนข้างดีที่ r^2 0.85 สำหรับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน ดังนั้น การเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนด้วยเครื่อง MiniVol™ ในอนาคตจึงควรพิจารณาปัจจัยที่กล่าวแล้วในเบื้องต้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐานมากขึ้น โดยต้องสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศให้อยู่ในช่วงที่กำหนด 5 ลิตรต่อนาที $\pm$ tolerance รวมถึงการตรวจสอบเครื่องมือรายวันในส่วนที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของอากาศ การล้างแผ่น impactor การทา grease บน impactor การตรวจสอบพลังงานไฟฟ้าของแบตเตอรี่

การวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า ธาตุองค์ประกอบของฝุ่นขนาด 10 ไมครอนมีแคลเซียมในปริมาณสูงสุด คือประมาณ 4.821 ± 2.369 ถึง 3.227 ± 1.892 มก.ต่อลบ.ม. ตามด้วยอลูมิเนียมและเหล็ก ในขณะที่แคลเซียมและโมลิตินัมมีปริมาณค่อนข้างต่ำ สำหรับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีปริมาณแคลเซียมสูงเช่นเดียวกัน คือ 3.333 ± 2.975 ถึง 2.975 ± 2.281 มก.ต่อลบ.ม. ตามด้วยอลูมิเนียมและเหล็ก ปริมาณธาตุที่พบในตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 ไมครอนสำหรับสถานีดินแดงคิดเป็นสัดส่วนต่อปริมาณฝุ่นเฉลี่ยประมาณร้อยละ 16.37 ในขณะที่สถานีจันทรเกษม บ้านสมเด็จ และบางนา มีสัดส่วนที่สูงกว่า คือ ร้อยละ 20.95, 18.39 และ 18.95 ตามลำดับ สัดส่วนของปริมาณธาตุฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่วิเคราะห์ได้มีค่าแตกต่างกัน โดยบางสถานีมีค่ามากแต่บางสถานีมีค่าต่ำกว่าฝุ่นขนาด 10 ไมครอน สถานีดินแดงมีปริมาณธาตุประมาณร้อยละ 16.95 สถานีจันทรเกษมร้อยละ 23.46 สถานีบ้านสมเด็จร้อยละ 23.24 และสถานีบางนาร้อยละ 21.09 ปริมาณของธาตุในหน่วยของร้อยละของน้ำหนักฝุ่นที่ตรวจวัดได้รายสถานีและเปรียบเทียบระหว่างฝุ่นทั้งสองขนาดพบว่าสถานีดินแดงมีปริมาณธาตุโลหะที่วิเคราะห์ได้ในฝุ่นคิดเป็นสัดส่วนต่อน้ำหนักประมาณร้อยละ 16.87 และ 16.59 ของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนตามลำดับ สำหรับสถานีอื่นที่เหลือปริมาณธาตุโลหะในฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีปริมาณสูงกว่าที่พบในฝุ่นขนาด 10 ไมครอนประมาณร้อยละ 4.85 – 2.14 โดยสถานีบางนา มีความแตกต่างน้อยที่สุด (ร้อยละ 2.14) สถานีบ้านสมเด็จมีความแตกต่างสูงกว่าสถานีอื่น (ร้อยละ 4.85)

การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนเป็นการวิเคราะห์เฉพาะตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (ตามที่กล่าวไว้ในข้อเสนอโครงการ) ปริมาณของคาร์บอนโดยเฉลี่ยเป็น OC มีสัดส่วนสูงกว่า EC ในทุกสถานี โดยสถานีดินแดงมีปริมาณคาร์บอนทั้งสองประเภทสูงกว่าสถานีอื่นเกือบสองเท่าหรือประมาณสองเท่าสำหรับสถานีบางนา ในขณะที่สถานีที่เป็นแหล่งการค้าและชุมชนด้านเหนือและ

ได้ (สถานีจันทรเกษมและบ้านสมเด็จ) มีปริมาณคาร์บอนทั้งสองประเภทค่อนข้างใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาถึงปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (TC) พบว่าสารคาร์บอนมีสัดส่วนสูงกว่าองค์ประกอบชนิดอื่นของฝุ่นที่วิเคราะห์ได้

ผลของการประเมินการได้รับฝุ่นพบว่า หากประชากรที่อยู่บริเวณริมถนนสถานีดินแดงใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงมีโอกาสได้รับฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในช่วง 1.0 – 1.9 มกตต่อกก.-วัน และ 0.6 – 1.3 มกตต่อกก.-วันในกรณีของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีอื่นจะสูงกว่าประมาณ 1-2 เท่า และอาจมากถึง 3 เท่าสำหรับการได้รับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนเข้าร่างกาย หากพิจารณาการได้รับฝุ่นบริเวณสถานีดินแดงเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมงปริมาณการได้รับฝุ่นจะมากถึง 8.0 – 15.0 มกตต่อกก.-วันสำหรับฝุ่นขนาด 10 ไมครอน และ 5.0 - 10.4 มกตต่อกก.-วัน สำหรับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน เมื่อเปรียบเทียบแล้วปริมาณการได้รับฝุ่นที่สถานีอื่นจะอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่า ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการได้รับฝุ่นในปริมาณที่สูงโดยเฉพาะบริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่นเป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิดการได้รับแบบสะสม เช่น การได้รับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนบริเวณสถานีดินแดงในเวลา 12 เดือนเพิ่มจาก 10.6 เป็น 84.7 มกตต่อกก.-วัน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การตรวจวัดโดยตรงที่ตัวบุคคล (Personal sampling) จะช่วยให้การคาดการณ์ดีกว่า เนื่องจากกิจกรรมที่บุคคลดำเนินในแต่ละวันอาจแตกต่างกันไป

ลักษณะของการกระจายตัวของฝุ่นขนาดต่าง ๆ ในบรรยากาศของพื้นที่เก็บตัวอย่างพบว่า มีความคล้ายคลึงกับตัวอย่างฝุ่นที่พบกันโดยทั่วไปในผลการศึกษาที่พบในต่างประเทศ กล่าวคือ ขนาดของฝุ่นแยกได้เป็น 2 ช่วง (modes) คือ ขนาดฝุ่นในช่วง 0.43-1.1 ไมครอน และ 3.3-7.0 (หรือ 3.3-11.0 ในบางสถานี) ไมครอน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย Factor analysis และ Principal component analysis และหมุนปรับตามเงื่อนไข varimax rotation (Saucy *et al*, 1991) และการอ้างอิงกับเอกสารวิชาการเพื่อใช้องค์ประกอบนั้นเป็นตัวชี้วัดความสัมพันธ์กับแหล่งกำเนิด ดังนี้ ก) K เป็นตัวชี้วัดแหล่งกำเนิดเกี่ยวกับควันจากการเผาไม้ (wood smoke) หรือ การเผาหญ้า (vegetable burning) (Wongphatarakul *et al*, 1998), ข) Zn/Sb เป็นตัวชี้วัดแหล่งกำเนิดเกี่ยวกับการเผามูลฝอย, ค) Na และ Cl เป็นตัวชี้วัดแหล่งกำเนิดเกี่ยวกับอนุภาคฝุ่นละอองจากทะเล (marine aerosol) (US. EPA, 1999), ง) $\text{NH}_4^+/\text{SO}_4^-$ เป็นตัวชี้วัดแหล่งกำเนิดเกี่ยวกับฝุ่นทุติยภูมิ (secondary particle) (Wongphatarakul *et al*, 1998), จ) V/Ni/Cr เป็นตัวชี้วัดแหล่งกำเนิดเกี่ยวกับการเผาไหม้น้ำมัน (oil burning) (Gordon, 1988; Wongphatarakul *et al*, 1998), ฉ) Al/Fe/Mn/Ca เป็นตัวชี้วัดแหล่งกำเนิดเกี่ยวกับฝุ่นในเมืองหรือฝุ่นฟุ้งกระจายจากถนน (Saucy *et al*, 1991; US. EPA, 1999), ช) As/Cd เป็นตัวชี้วัดแหล่งกำเนิดประเภทอุตสาหกรรม (US. EPA, 1999), ซ) Pb/Br ได้

ถูกนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดแหล่งกำเนิดประเภทยานพาหนะ (Gordon, 1988; Wongphatarakul *et al*, 1998) แต่ Br ไม่คงตัวในการวิเคราะห์ทางเคมีและการใช้สารตะกั่วไม่เหมาะสมกับสถานการณ์ขณะนี้เพราะไม่มีสารตะกั่วเป็นส่วนผสมของน้ำมันเบนซินมาประมาณ 10 ปี จึงมีการนำ EC มาใช้เป็นตัวชี้วัดสำหรับยานพาหนะดีเซล (US. EPA, 1999) ดังนั้นการจำแนกข้อมูลในส่วนนี้จึงเลือกใช้ TC/NO₃⁻ เนื่องจาก TC มีความแน่นอนของการตรวจวัดและมี EC เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยเช่นกัน และปริมาณ NO₃⁻ ในพื้นที่เมืองเช่น กรุงเทพฯ มีสารตั้งต้น (precursor) มาจาก NO_x ที่มีแหล่งกำเนิดที่สัมพันธ์กับการใช้ยานพาหนะเป็นส่วนใหญ่ (กรมควบคุมมลพิษ, 2543)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนของสถานีดินแดงมีความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดกับองค์ประกอบ ดังนี้ ฝุ่นอุตสาหกรรมและการเผาไหม้เชื้อเพลิงอุตสาหกรรม (V, Cr, As), ละอองจากทะเล (Na), ฝุ่นทุติยภูมิและฝุ่นจากยานพาหนะ (SO₄⁼, NO₃⁻) ฝุ่นจากการเผามูลฝอย (Zn), ฝุ่นจากการเผาหญ้า (K), ฝุ่นในเมืองหรือการฟุ้งกระจาย (Mn)

ฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนของสถานีจันทระเกษมมีความสัมพันธ์กับแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบ ดังนี้ ฝุ่นจากการเผาหญ้าและเชื้อเพลิง (K, V, As), ละอองจากทะเล (Na), ฝุ่นทุติยภูมิและยานพาหนะ (NH₄⁺, NO₃⁻), ฝุ่นจากการฟุ้งกระจาย (Al, Ca, Mn) และยังพบด้วยว่าสารตะกั่วที่เคยเป็นตัวชี้วัดแหล่งกำเนิดจากยานพาหนะปรากฏร่วมกับตัวชี้วัดของฝุ่นจากการฟุ้งกระจาย (Mn) ตามที่สันนิษฐานไว้ในเบื้องต้น

ฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนของสถานีบ้านสมเด็จจมีมีความสัมพันธ์กับแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบ ดังนี้ ฝุ่นจากการฟุ้งกระจายและฝุ่นจากการเผาหญ้า (Ca, Mn, K), ฝุ่นจากยานพาหนะ (NO₃⁻) และยังพบด้วยว่าสารตะกั่วที่เคยเป็นตัวชี้วัดแหล่งกำเนิดจากยานพาหนะอยู่ในกลุ่มนี้ด้วย, ฝุ่นทุติยภูมิและฝุ่นละอองจากทะเล (SO₄⁼, Cl⁻), ฝุ่นจากการใช้เชื้อเพลิงอุตสาหกรรม (Ni), ฝุ่นจากอุตสาหกรรม (As)

ฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนของสถานีบางนามีความสัมพันธ์กับแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบ ดังนี้ ฝุ่นจากการฟุ้งกระจายและฝุ่นละอองจากทะเล (Ca, Na), ฝุ่นจากการเผาหญ้า (K), ฝุ่นจากการใช้เชื้อเพลิงอุตสาหกรรม (V, Ni), ฝุ่นจากยานพาหนะ (NO₃⁻) นอกจากนี้ ยังมีฝุ่นบางกลุ่มที่ไม่มีข้อมูลเชื่อมโยงความสัมพันธ์ คือ ฝุ่นที่มี Sn เป็นองค์ประกอบ ซึ่งถูกจัดให้เป็นสัดส่วนที่ยังไม่สามารถอธิบายได้ (unexplained component) จากข้อมูลทางวิชาการที่มีอยู่

ผลจากการทำ FA ข้อมูลฝุ่นขนาด 10 ไมครอนของสถานีดินแดง จันทระเกษมและบ้านสมเด็จจมีจำแนกความสัมพันธ์ได้ 6 กลุ่มที่สามารถอธิบายความผันแปรของข้อมูลได้ประมาณร้อยละ 73 - 76 ในขณะที่ข้อมูลจากสถานีบางนาจำแนกได้ 7 กลุ่ม โดยค่าของกลุ่มที่แยกออกมาได้สามารถอธิบายความผันแปรของข้อมูลได้ประมาณร้อยละ 77

ฝุ่นขนาด 10 ไมครอนของสถานีจันทร์เกษมมีความสัมพันธ์กับแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบ ดังนี้ ฝุ่นจากการใช้เชื้อเพลิงอุตสาหกรรม (Ni), ฝุ่นจากยานพาหนะและฝุ่นละอองจากทะเล (NO_3^- , Cl^-), ฝุ่นทุติยภูมิ (NH_4^+), ฝุ่นจากการเผามูลฝอย (Zn), และฝุ่นอุตสาหกรรม (As)

ฝุ่นขนาด 10 ไมครอนของสถานีบ้านสมเด็จเจ้ามีความสัมพันธ์กับแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบ ดังนี้ ฝุ่นจากการเผาหญ้า (K), ละอองจากทะเล (Na), ฝุ่นจากการฟุ้งกระจาย (Mn, Al), ฝุ่นทุติยภูมิและฝุ่นจากยานพาหนะ (SO_4^{2-} , NO_3^-), ฝุ่นจากอุตสาหกรรม (Cr)

ฝุ่นขนาด 10 ไมครอนของสถานีบางนามีความสัมพันธ์กับแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบ ดังนี้ ฝุ่นจากการเผาหญ้า (K), ละอองจากทะเล (Na), ฝุ่นจากการฟุ้งกระจายของเศษดิน (Mn, Al), ฝุ่นทุติยภูมิ (SO_4^{2-} , NH_4^+), ฝุ่นจากอุตสาหกรรม (Cr)

แหล่งกำเนิดฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนหลัก ๆ จากข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นบริเวณสถานีดินแดงที่ใช้คำนวณประกอบด้วย NO_3^- , SO_4^{2-} , Mn, Zn, V, Na, K, และ As ซึ่งใช้แทนฝุ่นจากยานพาหนะ, ฝุ่นทุติยภูมิ, ฝุ่นจากการฟุ้งกระจาย, ฝุ่นจากการเผาขยะ, ฝุ่นจากเชื้อเพลิงอุตสาหกรรม, ละอองจากทะเล, ฝุ่นจากการเผาหญ้า, และฝุ่นจากอุตสาหกรรม ค่าจากการประมาณการแหล่งกำเนิดฝุ่นจากตัวแปรเหล่านี้สามารถอธิบายข้อมูลทั้งหมดได้ในระดับ 0.66 ของ r^2 สำหรับข้อมูลฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีจันทร์เกษมที่นำมาใช้คำนวณประกอบด้วย NH_4^+ , NO_3^- , Mn, V, Na, K, Al, และ As ซึ่งใช้แทนฝุ่นทุติยภูมิ, ฝุ่นจากยานพาหนะ, ฝุ่นจากการฟุ้งกระจาย, ฝุ่นจากการใช้เชื้อเพลิงอุตสาหกรรม, ละอองจากทะเล, ฝุ่นจากการเผาหญ้า, และฝุ่นจากอุตสาหกรรม ค่าจากการประมาณการแหล่งกำเนิดฝุ่นจากตัวแปรเหล่านี้สามารถอธิบายข้อมูลทั้งหมดได้ในระดับ 0.47 (r^2) กรณีของข้อมูลฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีบ้านสมเด็จเจ้าที่นำมาใช้คำนวณประกอบด้วย SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , K, Ca, Ni, และ As ซึ่งใช้แทนฝุ่นทุติยภูมิ, ฝุ่นจากยานพาหนะ, ละอองจากทะเล, ฝุ่นจากการเผาหญ้า, ฝุ่นจากการฟุ้งกระจาย, ฝุ่นจากการใช้เชื้อเพลิงอุตสาหกรรม, และฝุ่นจากอุตสาหกรรม ค่าจากการประมาณการแหล่งกำเนิดฝุ่นจากตัวแปรเหล่านี้สามารถอธิบายข้อมูลทั้งหมดได้ในระดับ 0.60 (r^2) สำหรับข้อมูลฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีบางนาที่นำมาใช้คำนวณประกอบด้วย NO_3^- , Fe, Ca, V, Na, และ K ซึ่งใช้แทนฝุ่นจากยานพาหนะ, ฝุ่นจากการฟุ้งกระจาย, ฝุ่นจากการใช้เชื้อเพลิงอุตสาหกรรม, ละอองจากทะเล, และฝุ่นจากการเผาหญ้า ค่าจากการประมาณการแหล่งกำเนิดฝุ่นจากตัวแปรเหล่านี้สามารถอธิบายข้อมูลทั้งหมดได้ในระดับ 0.37 (r^2)

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม CMB จากแฟ้มข้อมูลแหล่งกำเนิดฝุ่นของโปรแกรมแสดงให้เห็นว่า ยานพาหนะเป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นทั้งสองขนาดที่สำคัญบริเวณสถานีดินแดง โดยมีสัดส่วนประมาณหนึ่งในสามของปริมาณฝุ่นที่ตรวจวิเคราะห์ได้ และมีฝุ่นที่เกี่ยวข้องกับการเผาเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญเท่าเทียมกันสำหรับฝุ่นขนาด 10 ไมครอน ฝุ่นที่เกี่ยวข้องกับการเผานี้เป็นแหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญเป็นลำดับรองลงมาสำหรับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน อย่างไรก็ตาม ยังคงมีฝุ่นที่ยังไม่สามารถจำแนกแหล่งกำเนิดได้อยู่อีกประมาณร้อยละ 33 ถึง 37 สำหรับฝุ่นทั้งสองขนาด ผลที่ได้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Radian International LLC (1998) ที่มีสัดส่วนของฝุ่นที่ยังไม่สามารถจำแนกแหล่งกำเนิดได้ในช่วงมากกว่าร้อยละ 30 กรณีของสถานีจันทรมและบ้านสมเด็จมีแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่ต่างจากสถานีดินแดงคือ ฝุ่นที่เกี่ยวข้องกับการเผา มีสัดส่วนสูงกว่าฝุ่นจากยานพาหนะประมาณ 1.4 – 1.5 เท่า ในขณะที่สถานีบางนา มีสัดส่วนของฝุ่นจากยานพาหนะสูงกว่าฝุ่นที่เกี่ยวข้องกับการเผา แต่ยังคงต่ำกว่าฝุ่นที่เกี่ยวข้องกับการปิ้ง/ย่างอาหารประมาณ 3 เท่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลไม่แสดงให้เห็นความสำคัญของฝุ่นทุติยภูมิในฝุ่นทั้งสองขนาดในทุกสถานี ส่วนของฝุ่นจากการฟุ้งกระจายมีความสำคัญบริเวณสถานีบ้านสมเด็จในระดับประมาณร้อยละ 15 สำหรับฝุ่นขนาด 10 ไมครอน แต่มีความสำคัญในระดับต่ำ (ร้อยละ 1 – 5) สำหรับสถานีอื่น ซึ่งอาจมีเหตุผลเนื่องมาจากที่ตั้งของสถานีบ้านสมเด็จอยู่บริเวณสถานีกีฬาที่มีกิจกรรมการเล่นฟุตบอลในตอนเย็นหรือกิจกรรมการเรียนในเวลาอื่น ๆ

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม CMB มีข้อจำกัดที่จำเป็นต้องพิจารณาอย่างรอบคอบเมื่อนำมาใช้กับข้อมูลที่อาจต่างจากแฟ้มข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นและแหล่งกำเนิด (source profile) การวิเคราะห์โดยใช้แฟ้มข้อมูลที่มีอยู่ในต่างประเทศนำมาหาความสัมพันธ์กับผลการตรวจวัดในอีกพื้นที่หนึ่งอาจมีความแตกต่างกัน โดยทั่วไปการใช้โปรแกรม CMB มีความจำเป็นต้องมีแฟ้มข้อมูลองค์ประกอบฝุ่นของแหล่งกำเนิดในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ใกล้เคียง (*a priori* knowledge) จึงจะทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลทำได้ใกล้เคียงกับสิ่งที่เกิดขึ้นในบรรยากาศมากที่สุด ถึงแม้ว่าจะใช้แฟ้มข้อมูลองค์ประกอบฝุ่นแล้ว ปัญหาถัดมาเกี่ยวข้องกับการคำนวณของแหล่งกำเนิดที่มีอยู่มากในแต่ละพื้นที่ ซึ่งอาจครอบคลุมได้ไม่หมดทำให้ยังคงมีข้อมูลองค์ประกอบของฝุ่นบางส่วนที่ยังไม่ถูกรวมเข้าไปในการวิเคราะห์ หรือยังไม่สามารถอธิบายได้หลงเหลืออยู่ (unaccounted/unexplained) การที่ไม่มีแฟ้มข้อมูลของละอองไอน้ำจากทะเล การเผาขยะ การเผาหญ้าเศษใบไม้ หรือการเผาถ่านที่จำเพาะของกรุงเทพฯ ทำให้การจำแนกแหล่งกำเนิดของโปรแกรม CMB ยังไม่ดีเท่าที่ควร

การใช้ FA/MR เป็นทางเลือกที่ได้ผ่านการใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสัดส่วนฝุ่นมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970s เนื่องจากไม่จำเป็นต้องอาศัยแฟ้มข้อมูลองค์ประกอบฝุ่นเข้ามาเกี่ยวข้องในการคำนวณ แต่มีความจำเป็นต้องมีดัชนีชี้วัด (source fingerprint) ที่ใช้เชื่อมโยงองค์ประกอบ

ทางเคมีที่วิเคราะห์ได้กับแหล่งกำเนิดหลัก เช่น สารตะกั่วกับการใช้เชื้อเพลิงเบนซินในยานพาหนะสมัยก่อน หรือคลอไรด์กับละอองไอจากทะเล เป็นต้น แต่การเลือกดัชนีชี้วัดและนำมาใช้จำเป็นต้องมีข้อมูลที่น่าเชื่อถือและมีลักษณะเฉพาะ (unique) ของแหล่งกำเนิดนั้น ๆ การที่ไม่มีลักษณะเฉพาะอาจทำให้การจำแนกแหล่งกำเนิดคลาดเคลื่อนได้ ซึ่งผลการทำงาน FA/MR จำแนกประเภทของแหล่งกำเนิดได้มากกว่าเพิ่มข้อมูลของ CMB แต่ปัญหาสำคัญคือการไม่มีดัชนีชี้วัดที่มีลักษณะเฉพาะสำหรับเชื่อมโยงแหล่งกำเนิดประเภทต่าง ๆ ในพื้นที่กรุงเทพฯ โดยเฉพาะยานพาหนะทำให้เป็นข้อจำกัดของการใช้ FA/MR เช่นกัน

บทคัดย่อ

การศึกษาองค์ประกอบฝุ่นละอองขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศของกรุงเทพฯ จากพื้นที่ตัวแทนของการจราจรหนาแน่น (สถานีดินแดง) ชุมชนพักอาศัยและการค้า 2 แห่ง (สถานีจันทรมุขและบ้านสมเด็จพระเจ้าพระยา) รวมถึงบริเวณที่คาดว่าจะได้รับมลพิษน้อย (สถานีบางนา) ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2545 ถึงมกราคม พ.ศ.2546 ข้อมูลนำไปหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดหลักด้วย Factor Analysis และ Multiple Linear Regression รวมทั้ง Chemical Mass Balance ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนบริเวณสถานีดินแดงสูงกว่าสถานีอื่น คือ มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงประมาณ 108.1 ± 35.5 และ 69.0 ± 28.8 มก.ต่อลบม. ตามลำดับ สถานีจันทรมุขและบ้านสมเด็จพระเจ้าพระยามีระดับฝุ่นโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกันที่ระดับประมาณ 61.1 ± 25.2 และ 40.9 ± 21.4 มก.ต่อลบม. 62.1 ± 30.7 และ 41.5 ± 24.6 มก.ต่อลบม. สำหรับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนตามลำดับ ส่วนสถานีบางนามีปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดประมาณ 57.6 ± 23.9 และ 37.9 ± 18.9 มก.ต่อลบม. ฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีการกระจายตัวระหว่างพื้นที่สูงกว่าฝุ่นขนาด 10 ไมครอนโดยความสัมพันธ์ของแต่ละพื้นที่ส่วนหนึ่งมีผลมาจากอิทธิพลแหล่งกำเนิดในพื้นที่และสภาพอุตุนิยมวิทยา นอกจากนี้ อัตราการได้รับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนของประชากรอยู่ในช่วง 0.3 – 10.4 และ 0.5 – 15.0 มก.ต่อกก.-วัน ตามลำดับ

ฝุ่นขนาด 10 ไมครอนประมาณหนึ่งในสามบริเวณสถานีดินแดงเกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิดที่เป็นยานพาหนะและการเผาในสัดส่วนที่เท่ากัน สถานีจันทรมุขมียานพาหนะเป็นแหล่งกำเนิดหลักประมาณร้อยละ 39 ตามด้วยแหล่งกำเนิดที่เกี่ยวข้องกับการเผาประมาณร้อยละ 36 สถานีบ้านสมเด็จพระเจ้าพระยามีแหล่งกำเนิดที่เกี่ยวข้องกับการเผาประมาณร้อยละ 28 ตามด้วยยานพาหนะร้อยละ 22 การฟุ้งกระจายของฝุ่นประมาณร้อยละ 15 และแหล่งกำเนิดเกี่ยวกับการปิ้ง/ย่างประมาณร้อยละ 10 ส่วนสถานีบางนามีสัดส่วนจากการเผาประมาณ 1/3 ยานพาหนะประมาณร้อยละ 28 และแหล่งกำเนิดเกี่ยวกับการปิ้ง/ย่างประมาณร้อยละ 9 แหล่งกำเนิดที่ยังไม่สามารถจำแนกได้มีอยู่ประมาณร้อยละ 23 – 33 ฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนบริเวณสถานีดินแดงมีสัดส่วนจากยานพาหนะประมาณร้อยละ 32 ตามด้วยแหล่งกำเนิดที่เกี่ยวข้องกับการเผาประมาณร้อยละ 26 และแหล่งกำเนิดเกี่ยวกับการปิ้ง/ย่างประมาณร้อยละ 4 สถานีจันทรมุขมีแหล่งกำเนิดที่เกี่ยวข้องกับการเผาประมาณร้อยละ 25 ยานพาหนะประมาณร้อยละ 16 และแหล่งกำเนิดเกี่ยวกับการปิ้ง/ย่างประมาณร้อยละ 19 สถานีบ้านสมเด็จพระเจ้าพระยามีแหล่งกำเนิดที่เกี่ยวข้องกับการเผาประมาณร้อยละ 41 และยานพาหนะประมาณร้อยละ 29 ส่วนสถานีบางนามีแหล่งกำเนิดเกี่ยวกับการปิ้ง/ย่างประมาณร้อยละ 31 ยานพาหนะประมาณร้อยละ 10 แหล่งกำเนิดที่เกี่ยวข้องกับการเผาประมาณ

ร้อยละ 6 และฝุ่นจากการฟุ้งกระจายประมาณร้อยละ 5 นอกจากนี้ แหล่งกำเนิดที่ยังไม่สามารถ
จำแนกได้สำหรับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีอยู่ประมาณร้อยละ 28 – 47 ซึ่งสูงกว่าในส่วนที่เป็นฝุ่น
ขนาด 10 ไมครอน ดังนั้น การวางแผนควบคุมฝุ่นทั้งสองในบรรยากาศของกรุงเทพฯ จึง
จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับแหล่งกำเนิดประเภทยานพาหนะและการเผาเป็นหลัก ส่วนฝุ่นที่เกิด
จากการปิ้ง/ย่างเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญเป็นลำดับถัดมา การมีฐานข้อมูลที่เหมาะสมกับ
กรุงเทพฯ หรือประเทศไทยจะช่วยให้วิธีการประเมินทำได้สอดคล้องกับสถานการณ์มากขึ้น

ABSTRACT

This research deployed PM-10 and PM-2.5 samplers at four sampling stations representing a high traffic-impact site, two residential and commercial sites, and a low impact site which are Dindaeng, Jan Kraseam, Bann Som Dej, and Bang Na, respectively. PM-10 and PM-2.5 were sampling simultaneously for 24 hours at all stations. Sampling schedule was between February 2002 and January 2003. Gravimetric method was used to determine mass concentrations prior to chemical analyses. Data analyses involved Factor Analysis and Multiple Linear Regression (FA-MR) including Chemical Mass Balance (CMB) for source contribution estimate. The results showed that daily average of PM-10 and PM-2.5 at Dindaeng were 108 ± 35.5 and $69.0 \pm 28.8 \mu\text{g m}^{-3}$, respectively, higher than other areas. Jan Kraseam and Bann Som Dej exhibited similar PM concentrations, partly because both have similar settings. Daily average of PM-10 and PM-2.5 concentrations at Jan Kraseam were 61.1 ± 25.2 and $40.9 \pm 21.4 \mu\text{g m}^{-3}$, respectively. Ban Som Dej had daily average of PM-10 and PM-2.5 at 62.1 ± 30.7 and $41.5 \pm 24.6 \mu\text{g m}^{-3}$, respectively. PM at Bang Na was low relative to other areas at 57.6 ± 23.9 and $37.9 \pm 18.9 \mu\text{g m}^{-3}$, respectively. Spatial distribution of PM-2.5 concentrations was better than PM-10 partly due to its size and meteorological domination. Intake dosages of PM-10 and PM-2.5 were in the range between $0.3 - 10.4 \mu\text{g (body wt.-day)}^{-1}$ and $0.5 - 15.0 \mu\text{g (body wt.-day)}^{-1}$, respectively.

At Dindaeng, source contributions from CMB analyses showed that PM-10 accounted by automobiles and wood burning for one-third each. Major source of PM-10 at Jan Kraseam was automobile 39%, burning-related source 36%. Source contributions of PM-10 at Bann Som Dej were burning-related source 28%, automobile 22%, road/urban dust 15%, and burning-related source 10%. One-third of PM-10 at Bang Na came from burning related-source, followed by automobile 28%, and meat cooking 9%. These contribution numbers were not accounted for unexplained sources, which ranged from 23 to 33%. Source contributions of PM-2.5 at Dindaeng were mostly originated from automobile 32%, followed by burning related-source 26%, and meat cooking 4%. At Jan Kraseam, burning-related source was responsible for 25%, followed by meat cooking, 19%, and automobile 16%. Mass of PM-2.5 at Bann Som Dej was mostly from burning-related source 41%, followed by automobile 29%. Bang

Na had approximately 31% of PM-2.5 mass came from meat cooking source, followed by automobile 10%, burning related-source 6%, and road dust 5%. Unexplained mass of PM-2.5 was between 28 to 47%, higher than those of PM-10. Control strategies of airborne PM-10 and PM-2.5, therefore, should have high priority to PM emitted from automobile, burning-related source, and meat cooking. However, the analyses were based upon source profile provided by CMB. The use of local or Thailand source profile database will be more appropriated, which is a significant basis for future support and development of source apportionment study in Thailand.



สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1-1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1-1
1.2 วัตถุประสงค์	1-3
1.3 กิจกรรมการดำเนินงานวิจัย.....	1-3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1-5
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย	2-1
2.1 บทนำ.....	2-1
2.2 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศ	2-1
2.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศ.....	2-3
2.4 การกำหนดระยะเวลาของการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศ.....	2-12
2.5 การเลือกกระดาศกรองสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศ.....	2-14
2.6 การเตรียมกระดาศกรองและการหาลำน้ำหนักฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน	2-16
2.7 ข้อมูลเพิ่มเติม	2-22
2.8 การเก็บตัวอย่างฝุ่นจากแหล่งกำเนิด	2-22
2.9 การหาการกระจายตัวของฝุ่นขนาดต่าง ๆ (Particle size distribution)	2-25
2.10 การวิเคราะห์หาธาตุโลหะจากตัวอย่างฝุ่น	2-26
2.11 การวิเคราะห์ไอออนหลักในฝุ่น.....	2-30
2.12 การวิเคราะห์สารคาร์บอนในฝุ่น.....	2-33
2.13 ประเมินการได้รับสารมลพิษ (Exposure assessment) ของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ของประชาชนในพื้นที่ศึกษา	2-35
2.14 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่น (Source Apportionment of PM) ..	2-35
2.15 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย	2-37
บทที่ 3 ผลการวิจัย	3-1
3.1 การเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนจากสถานีเก็บตัวอย่าง.....	3-1
3.2 ระดับความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพฯ.....	3-4
3.3 การเก็บตัวอย่างฝุ่นจากแหล่งกำเนิด	3-9
3.4 การหาการกระจายตัวของฝุ่นขนาดต่าง ๆ (Particle size distribution)	3-19
3.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นทางเคมี	3-19

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 4 สรุปและวิจารณ์	4-1
4.1 การเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนจากสถานีเก็บตัวอย่าง	4-1
4.2 ระดับความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพฯ	4-3
4.3 ลักษณะของธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างฝุ่น	4-18
4.4 การประเมินการได้รับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนของประชากรในพื้นที่	4-22
4.5 การกระจายตัวของฝุ่นขนาดต่าง ๆ (PARTICLE SIZE DISTRIBUTION)	4-30
4.6 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS AND MULTI-LINEAR REGRESSION ANALYSIS	4-33
4.7 ข้อเสนอแนะและประเด็นที่ควรพิจารณา	4-46
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแผนการเก็บตัวอย่าง	ก-1
ภาคผนวก ข ข้อมูลผลการเก็บตัวอย่าง	ข-1
ภาคผนวก ค การประเมินระดับการได้รับฝุ่นละอองระยะสั้นและระยะยาวเชิงพื้นที่ด้วยวิธีของ สารสนเทศทางภูมิศาสตร์	ค-1
ภาคผนวก ง รายการอุปกรณ์	ง-1
ภาคผนวก จ ผลงานเผยแพร่และการนำไปใช้ประโยชน์	จ-1

สารบัญตาราง

เนื้อหา	หน้า
ตารางที่ 2-1. รายละเอียดของเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน	2-6
ตารางที่ 2-2. ตัวอย่างของวันเก็บตัวอย่างแบบทุก 6 วัน ในเดือนสิงหาคมและกันยายน 2545 ...	2-13
ตารางที่ 2-3. คุณสมบัติทั่วไปและประเภทของกระดาศกรองที่ใช้เก็บตัวอย่าง	2-14
ตารางที่ 2-4. จำนวนกระดาศกรองที่คาดว่าจะใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศเป็นเวลา ประมาณ 12 เดือน	2-15
ตารางที่ 2-5. แบบการซั่งน้ำหนักและการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 หรือ 2.5 ไมครอน	2-17
ตารางที่ 2-6. สัญลักษณ์/คำย่อของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในรายงาน.....	2-36
ตารางที่ 3-1. ค่าทางสถิติของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (เฉลี่ย 24 ชม.) จากเครื่อง MINIVOL TM และ FRM ระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 - มกราคม 2546.....	3-5
ตารางที่ 3-2. ค่าทางสถิติของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (เฉลี่ย 24 ชม.) จากเครื่อง MINIVOL TM และ FRM ของสถานีดินแดงระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 - มกราคม 2546	3-6
ตารางที่ 3-3. ค่าทางสถิติของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (เฉลี่ย 24 ชม.) จากเครื่อง MINIVOL TM และ FRM ของสถานีบ้านสมเด็จะหว่างกุมภาพันธ์ 2545 - มกราคม 2546	3-7
ตารางที่ 3-4. สรุปค่าทางสถิติของปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบม.) ราย สถานีระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 - มกราคม 2546	3-7
ตารางที่ 3-5. ค่าเฉลี่ยรายเดือนปริมาณความเข้มข้นฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อ ลบม.) และจำแนกรายสถานี	3-10
ตารางที่ 3-6. ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศจำแนก รายวันและสถานีเก็บตัวอย่าง.....	3-11
ตารางที่ 3-7. ผลการเก็บตัวอย่างจากการเผาหญ้า ขยะมูลฝอย ฟืน/ถ่าน.....	3-15
ตารางที่ 3-8. ผลการเก็บตัวอย่างจากการเผาเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม.....	3-17
ตารางที่ 3-9. ผลการเก็บตัวอย่างจากยานพาหนะดีเซล	3-19
ตารางที่ 3-10. เลขมวลที่ใช้จำแนกธาตุโลหะสำหรับเครื่อง ICP-MS.....	3-20
ตารางที่ 3-11. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบม.) ในตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 ไมครอนจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 4 แห่ง	3-21
ตารางที่ 3-12. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบม.) ในตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 4 แห่ง	3-22

สารบัญตาราง

เนื้อหา	หน้า
ตารางที่ 3-13. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบม.) ในตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 ไมครอนจากการเผาขยะ หญ้า ถ่าน.....	3-24
ตารางที่ 3-14. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบม.) ในตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากการเผาขยะ หญ้า ถ่าน.....	3-25
ตารางที่ 3-15. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบม.) ในตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 ไมครอนจากการเผาเชื้อเพลิงอุตสาหกรรม	3-26
ตารางที่ 3-16. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบม.) ในตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากการเผาเชื้อเพลิงอุตสาหกรรม	3-27
ตารางที่ 3-17. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบม.) ในตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 ไมครอนจากยานพาหนะดีเซล	3-28
ตารางที่ 3-18. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบม.) ในตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากยานพาหนะดีเซล	3-29
ตารางที่ 3-19. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณไอออนในตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 ไมครอนแต่ละสถานี (มคก.ต่อลบม.)	3-30
ตารางที่ 3-20. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณไอออนในตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนแต่ละสถานี (มคก.ต่อลบม.)	3-30
ตารางที่ 3-21. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณคาร์บอนในตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนแต่ละสถานี (มคก.ต่อลบม.)	3-31
ตารางที่ 4-1. จำนวนวันที่มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นขนาด 10 ไมครอนเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป	4-4
ตารางที่ 4-2. ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของฝุ่นขนาด 2.5 และ 10 ไมครอนจำแนกรายสถานีในภาพรวมระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 - มกราคม 2546	4-8
ตารางที่ 4-3. ตารางแสดงความสัมพันธ์ของฝุ่นทั้งสองขนาดในรูปของ CORRELATION METRIX.....	4-9
ตารางที่ 4-4. ปริมาณการได้รับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนโดยเฉลี่ย (มคก.ต่อคน.-วัน)ของประชากรในพื้นที่ศึกษารายเดือน สำหรับกรณีการได้รับฝุ่นในระยะสั้น 1 ชั่วโมงต่อวัน	4-24
ตารางที่ 4-5. ปริมาณการได้รับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนโดยเฉลี่ย (มคก.ต่อคน.-วัน)ของประชากรในพื้นที่ศึกษารายเดือน สำหรับกรณีการได้รับฝุ่นในระยะยาว 8 ชั่วโมงต่อวัน.....	4-25

สารบัญตาราง

เนื้อหา	หน้า
ตารางที่ 4-6. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีดินแดง.....	4-34
ตารางที่ 4-7. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีจันทระเกษม.....	4-34
ตารางที่ 4-8. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีบ้านสมเด็จ.....	4-35
ตารางที่ 4-9. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีบางนา	4-35
ตารางที่ 4-10. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีดินแดง	4-36
ตารางที่ 4-11. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีจันทระเกษม	4-37
ตารางที่ 4-12. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีบ้านสมเด็จ	4-38
ตารางที่ 4-13. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีบางนา.....	4-39
ตารางที่ 4-14. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบฝุ่นขนาด 10 ไมครอนจากสถานีดินแดง.....	4-40
ตารางที่ 4-15. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบฝุ่นขนาด 10 ไมครอนจากสถานีจันทระเกษม.....	4-40
ตารางที่ 4-16. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบฝุ่นขนาด 10 ไมครอนจากสถานีบ้านสมเด็จ.....	4-41
ตารางที่ 4-17. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบฝุ่นขนาด 10 ไมครอนจากสถานีบางนา.....	4-41
ตารางที่ 4-18. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่นขนาด 10 ไมครอนจากสถานีดินแดง	4-42

สารบัญตาราง

เนื้อหา	หน้า
ตารางที่ 4-19. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่น ขนาด 10 ไมครอนจากสถานีจันทรเกษม	4-43
ตารางที่ 4-20. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่น ขนาด 10 ไมครอนจากสถานีบ้านสมเด็จ	4-44
ตารางที่ 4-21. ค่าทางสถิติจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่น ขนาด 10 ไมครอนจากสถานีบางนา.....	4-45

สารบัญรูป

เนื้อหา	หน้า
รูปที่ 2-1. สถานีเก็บตัวอย่าง 4 แห่งของโครงการฯ ระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 - มกราคม 2546	2-4
รูปที่ 2-2. เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่น MINIVOL™ ของ AIRMETRICS ที่ใช้ในการศึกษา.....	2-5
รูปที่ 2-3. เปรียบเทียบผลทดสอบเครื่องกับตัวอย่างฝุ่น MINIVOL™ และอุปกรณ์ประกอบ	2-5
รูปที่ 2-4. ชุดหัวสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศสำหรับเครื่อง MINIVOL™ ที่ทำขึ้นใช้เองโดย วศ. เมื่อใช้ร่วมกับเครื่องสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ GILBRATOR®	2-8
รูปที่ 2-5. การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเก็บตัวอย่าง MINIVOL™	2-9
รูปที่ 2-6. ลักษณะของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างภายในกล่องใส่อุปกรณ์ที่พร้อมนำไปติดตั้ง.....	2-20
รูปที่ 2-7. รูปตัวอย่างของเครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นแบบมาตรฐาน.....	2-21
รูปที่ 2-8. กระดาษกรอง QUARTZ จะผ่านการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 650 องศาเซลเซียสเป็น เวลาไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้งาน	2-20
รูปที่ 2-9. อุปกรณ์กำจัดไฟฟ้าสถิตย์จากกระดาษกรอง (STATICMASTER®)	2-21
รูปที่ 2-10. กระดาษกรองที่ผ่านการเก็บตัวอย่างและชั่งน้ำหนักถูกเก็บภายในตู้แช่อุณหภูมิ ประมาณ 4 องศาเซลเซียส	2-21
รูปที่ 2-11. แผนภูมิการเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรมด้วย IN-STACK IMPACTOR.....	2-24
รูปที่ 2-12. ANDERSEN 1 ACFM PARTICLE FRACTIONATING SAMPLER ที่ใช้เก็บตัวอย่างหา การกระจายตัวของฝุ่นขนาดต่าง ๆ ในบรรยากาศ	2-26
รูปที่ 2-13. เครื่อง INDUCIVELY COUPLED PLASMA MASS SPECTROMETRY (ICP-MS) ELAN 6000 ที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณธาตุโลหะ	2-27
รูปที่ 2-14. เครื่อง INDUCIVELY COUPLED PLASMA ATOMIC EMISSION SPECTROMETRY (ICP-AES) ที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณธาตุโลหะบางชนิด.....	2-28
รูปที่ 2-15. เครื่อง FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY (FAAS) ที่ใช้เสริม วิเคราะห์หาปริมาณธาตุโลหะบางชนิด.....	2-28
รูปที่ 2-16. ตู้พร้อมที่ดูดอากาศ (HOOD) ที่ใช้สำหรับสกัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไอออน.....	2-32
รูปที่ 3-1. แผนภูมิแสดงระดับที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ในการชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง .	3-3
รูปที่ 3-2. แผนภูมิแสดงระดับที่ควบคุมอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ในการชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง	3-3
รูปที่ 3-3. ตัวอย่างแสดงกระดาษกรองชนิด TEFLON® ที่ฉีกขาดทำให้ตัวอย่างไม่สามารถใช้งานได้	3-4

สารบัญรูป

เนื้อหา	หน้า
รูปที่ 3-4. ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในพื้นที่ศึกษา ระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 - มกราคม 2546	3-8
รูปที่ 3-5. ตัวอย่างของฝุ่นแยกขนาดที่ได้จากการเก็บตัวอย่างการเผาไหม้เชื้อเพลิง (น้ำมันเตา) รวมทั้งกระดาษกรองที่เป็น BACKUP ในขั้นสุดท้าย	3-16
รูปที่ 3-6. ตัวอย่างของฝุ่นแยกขนาดที่ได้จากการเก็บตัวอย่างการเผาไหม้เชื้อเพลิง (เศษเลื่อย) รวมทั้งกระดาษกรองที่เป็น BACKUP ในขั้นสุดท้าย	3-17
รูปที่ 3-7. ลักษณะของกระดาษกรองที่ได้จากการเก็บฝุ่นจากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล...	3-18
รูปที่ 4-1. ลักษณะของค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นขนาด 10 ไมครอนเปรียบเทียบกับรายสัปดาห์	4-7
รูปที่ 4-2. ลักษณะของค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนเปรียบเทียบกับรายสัปดาห์	4-7
รูปที่ 4-3. ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนของ โครงการฯ ระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 - มกราคม 2546	4-11
รูปที่ 4-4. ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ณ สถานี ดินแดง ระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 - มกราคม 2546	4-12
รูปที่ 4-5. ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ณ สถานี จันทเกษม ระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 - มกราคม 2546	4-12
รูปที่ 4-6. ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ณ สถานี บ้านสมเด็จฯ ระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 - มกราคม 2546	4-13
รูปที่ 4-7. ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ณ สถานี บางนา ระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 - มกราคม 2546.....	4-13
รูปที่ 4-8. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบม.) ที่ตรวจวัดได้จากเครื่อง MINIVOL™ และ FRM จากสถานีดินแดง (N=64)	4-15
รูปที่ 4-9. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบม.) ที่ตรวจวัดได้จากเครื่อง MINIVOL™ และ FRM จากสถานีบ้านสมเด็จฯ (N=73)	4-15
รูปที่ 4-10. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อ ลบม.) ที่ตรวจวัดได้จากเครื่อง MINIVOL™ และ FRM จากสถานีดินแดงและบ้าน สมเด็จฯ	4-16

สารบัญรูป

เนื้อหา

หน้า

รูปที่ 4-11. ลักษณะการกระจายของข้อมูลปริมาณฝุ่นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงรายสถานี ระหว่าง กุมภาพันธ์ 2545 - มกราคม 2546 (ก) ฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน และ (ข) ฝุ่นขนาด 10 ไมครอน, เส้นประแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ย, จุดดำ หมายถึง ค่าที่ระดับ 5 และ 90 เปอร์เซ็นต์ไทล์.....	4-17
รูปที่ 4-12. การเปรียบเทียบปริมาณขององค์ประกอบธาตุโดยเฉลี่ยในฝุ่นขนาด 10 ไมครอน	4-19
รูปที่ 4-13. การเปรียบเทียบปริมาณขององค์ประกอบธาตุโดยเฉลี่ยในฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน	4-19
รูปที่ 4-14. การเปรียบเทียบร้อยละขององค์ประกอบธาตุโดยเฉลี่ยในฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนรายสถานี	4-20
รูปที่ 4-15. การเปรียบเทียบร้อยละขององค์ประกอบของไอออนเฉลี่ยในฝุ่นขนาด 10 ไมครอนราย สถานี	4-21
รูปที่ 4-16. การเปรียบเทียบร้อยละขององค์ประกอบของไอออนเฉลี่ยในฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนราย สถานี	4-21
รูปที่ 4-17. ปริมาณคาร์บอนโดยเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนรายสถานี	4-22
รูปที่ 4-18. ปริมาณการได้ระดับการรับฝุ่นสะสม (มคก.ต่อนน.-วัน) ระยะสั้น (1 ชม.) ในแต่ละ พื้นที่เก็บตัวอย่างจำแนกเป็นรายเดือน (ก) สถานีดินแดง (ข) สถานีจันทรมณฑล (ค) สถานีบ้านสมเด็จ และ (ง) สถานีบางนา.....	4-26
รูปที่ 4-19. ปริมาณการได้ระดับการรับฝุ่นสะสม (มคก.ต่อนน.-วัน) ระยะยาว (8 ชม.) ในแต่ละ พื้นที่เก็บตัวอย่างจำแนกเป็นรายเดือน (ก) สถานีดินแดง (ข) สถานีจันทรมณฑล (ค) สถานีบ้านสมเด็จ และ (ง) สถานีบางนา.....	4-28

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

กรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นบริเวณที่ประสบกับปัญหาสิ่งแวดล้อมหลายประการ ความเสื่อมโทรมด้านคุณภาพอากาศเป็นอีกปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ โดยมีปัจจัยมาจากปริมาณสารมลพิษในอากาศมีค่าเกินกว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ ซึ่งกำหนดขึ้นไว้เพื่อป้องกันอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน รายงานการตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณริมถนนในพื้นที่กรุงเทพฯ ของกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) ช่วงปี 2541 พบว่าปริมาณสารมลพิษอากาศที่เป็นค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นรวม (Total suspended particle-TSP) และฝุ่นขนาดเล็ก (PM₁₀) ในบรรยากาศมีมากกว่าค่ามาตรฐานอยู่ร้อยละ 28 และ 12 ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2543) ค่าสูงสุดที่ตรวจพบของฝุ่นรวมเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ถึง 8.2 เท่า ส่วนฝุ่นขนาดเล็กมีค่าเกินประมาณ 2 เท่าของค่ามาตรฐาน 24 ชั่วโมง ณ ปี พ.ศ.2544-2545 ขณะทำการวิจัยยังไม่มีรายงานอย่างเป็นทางการว่าปริมาณของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนว่ามีค่าของระดับความเข้มข้นเป็นเท่าไรในบรรยากาศ

รายงานการศึกษาวิจัยด้านระบาดวิทยาต่อปัญหาของฝุ่นต่อผลกระทบที่มีต่อสุขภาพประชาชนในหลายประเทศบ่งชี้ว่า ปริมาณของฝุ่นละอองในบรรยากาศมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอัตราการป่วย อัตราการเข้ารับการรักษาพยาบาล รวมถึงอัตราการตายของประชากรในบางเมืองในสหรัฐอเมริกา (Dockery *et al.*, 1992; Reichhardt, 1995; Pope *et al.*, 1995) เม็กซิโก (Borja-Aburto *et al.*, 1997) ชิลี (Ostro *et al.*, 1995) ทั้งนี้ความรุนแรงของปัญหาจะเพิ่มมากขึ้นในประชากรกลุ่มที่มีโรคของทางเดินหายใจอยู่แล้ว เช่น ผู้มีโรค

ประจำตัวเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ หอบหืด เป็นต้น (Pope *et al.*, 1992; Schwartz and Dockery, 1992; Delfino *et al.*, 1994) กลุ่มเสี่ยงอีกกลุ่มหนึ่งที่สำคัญคือเด็กและคนชรา ข้อมูลด้านระบาดวิทยาของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตายและระดับของฝุ่นในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร ระหว่างปี 2535-2539 พบว่า ปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในบรรยากาศและอัตราการตายของประชากรในกรุงเทพมหานคร มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Ostro *et al.*, 1999) โดยปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในระดับ 10 มคก. ต่อ ลบม. ที่เพิ่มขึ้นจะมีส่วนสัมพันธ์กับสาเหตุการตายตามธรรมชาติ (natural mortality), การตายจากปัญหาทางเดินหายใจ (Respiratory mortality) และการตายจากปัญหาหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular mortality) โดยเพิ่มขึ้น 1-2, 3-6, และ 1-2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนได้ถูกนำมาพิจารณาถึงผลกระทบต่อปัญหาสุขภาพมากขึ้นกว่าฝุ่นขนาดใหญ่ เนื่องจากฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีลักษณะสมบัติที่สามารถผ่านเข้าสู่ส่วนแลกเปลี่ยนอากาศภายในปอดได้ (Spengler and Winson, 1996) จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่อาจเกี่ยวข้องกับปัญหาสุขภาพของประชาชนทั่วไปมากกว่าฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ เช่น ฝุ่นรวม ฝุ่นขนาด 10 ไมครอน เป็นต้น ทั้งนี้ฝุ่นขนาดใหญ่และขนาดเล็กมีความแตกต่างกันอยู่มากในเรื่องของแหล่งกำเนิดและองค์ประกอบทางเคมี ความแตกต่างเหล่านี้นำไปสู่การวิจัยเรื่องของฝุ่นขนาดเล็กตลอดจนการกำหนดค่ามาตรฐานใหม่ของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในสหรัฐอเมริกา ระบุว่าฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนเป็นสารมลพิษคนละชนิดที่มีความแตกต่างกัน ข้อมูลของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในพื้นที่ของรัฐนิวเจอร์ซีย์ (7,200 ตารางไมล์) สหรัฐอเมริการะหว่างปี 2540-2541 แสดงให้เห็นว่าการกระจายฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละสถานีตรวจวัด และมีค่าสูงขึ้นในช่วงที่มีปริมาณความเข้มข้นของโอโซนสูง (Chuersuwan *et al.*, 2000) สำหรับประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลที่สมบูรณ์เหล่านี้ ดังนั้นการพิจารณาผลกระทบของฝุ่นต่อปัญหาสุขภาพและคุณภาพชีวิตของประชาชน ตลอดจนการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศในอนาคต จึงขาดข้อมูลที่น่าเชื่อถือสำหรับนำมาใช้สนับสนุนเหตุผลทางวิชาการได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างหลายๆ ประการของฝุ่นทั้งสองขนาดแล้ว การกำหนดมาตรการควบคุมปริมาณของฝุ่นให้มีประสิทธิภาพจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงแหล่งกำเนิดฝุ่น องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นแต่ละขนาดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญโดยสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีและแหล่งกำเนิดฝุ่นแต่ละขนาดได้ อนึ่งการวิเคราะห์ทางเคมีด้านองค์ประกอบของฝุ่นยังไม่

ถือเป็นส่วนหนึ่งของงานติดตามตรวจสอบด้านมลพิษอากาศและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้ประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญเหล่านี้

1.2 วัตถุประสงค์

ด้วยปัญหามลพิษอากาศที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นในกรุงเทพมหานครและความต้องการของหน่วยงานที่รับผิดชอบรวมทั้งหน่วยงานที่สนับสนุนงบประมาณทำให้โครงการศึกษาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพมหานครเป็นงานวิจัยที่กำหนดวัตถุประสงค์หลักไว้ ดังนี้

- 1.2.1. ศึกษาองค์ประกอบหลักที่สำคัญของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ที่อยู่ในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานการจัดการคุณภาพอากาศ
- 1.2.2. นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (PM-10 and PM-2.5 source apportionment)
- 1.2.3. ประเมินและเปรียบเทียบด้านระดับการได้รับมลพิษ (Exposure assessment) ของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน แบบเฉลี่ยของกลุ่มประชากรในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)
- 1.2.4. พัฒนาองค์ความรู้ของบุคลากรให้มีศักยภาพการวิจัยด้านคุณภาพอากาศ
- 1.2.5. ปรับปรุงและเพิ่มระดับความสามารถของห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นให้สามารถรองรับการวิจัยประยุกต์ด้านคุณภาพอากาศในอนาคต

1.3 กิจกรรมการดำเนินงานวิจัย

กิจกรรมการดำเนินงานวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ระยะ โดยจำแนกเป็นลักษณะของงาน คือ การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน และการวิเคราะห์ข้อมูลรวมทั้งหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่นทั้งสองขนาด (Source apportionment) ซึ่งการดำเนินงานอาจแบ่งย่อยตามรายงานความก้าวหน้าทุก 6 เดือนได้ดังนี้

1.3.1 ช่วงเดือนพฤศจิกายน 2544 – เมษายน 2545

- เตรียมความพร้อมของบุคลากรและเครื่องมือ
- การจัดหาวัสดุอุปกรณ์ในการทำวิจัย
- การจัดทำ SOP และเตรียมจุดเก็บตัวอย่าง
- การจัดทำอุปกรณ์เสริมระบบไฟฟ้าของเครื่อง MiniVol™ และทดลองเครื่อง
- ทดสอบการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง (pre-run)
- การเตรียม ซังกระดาดรองและจัดระบบการรับ-ส่งตัวอย่าง
- การเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง MiniVol™ และวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทางกายภาพและเคมี ของสถานีถาวร 4 แห่ง
- การเก็บตัวอย่างเพื่อหาการกระจายตัวของฝุ่น (particle size distribution)
- การเตรียมพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์สำหรับรถเก็บตัวอย่างเคลื่อนที่
- การเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง MiniVol™ และวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทางกายภาพและเคมี ของสถานีเกาะรัตนโกสินทร์
- การจัดทำฐานข้อมูลของการวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่น
- การติดต่อประสานงานเรื่องการเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิด
- การจัดทำรายงานความก้าวหน้าของโครงการ ฉบับที่ 1

1.3.2 ช่วงเดือนพฤษภาคม 2545 – ตุลาคม 2545

- การเตรียม ซังกระดาดรองและจัดระบบการรับ-ส่งตัวอย่าง
- การจัดหาอุปกรณ์เพิ่มเติมสำหรับการทำวิจัยในระยะที่ 2
- การเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง MiniVol™ และวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทางกายภาพและเคมี ของสถานีถาวร 4 แห่ง
- การเก็บตัวอย่างเพื่อหาการกระจายตัวของฝุ่น (particle size distribution)
- การเตรียมพื้นที่เกาะรัตนโกสินทร์สำหรับรถเก็บตัวอย่างเคลื่อนที่
- การเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง MiniVol™ และวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทางกายภาพและเคมี ของสถานีเกาะรัตนโกสินทร์
- การเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิด
- การวิเคราะห์ข้อมูลของการหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน
- การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการกระจายตัวของฝุ่นขนาดต่าง ๆ

- การวิเคราะห์ข้อมูลการได้รับสารมลพิษทางอากาศ (exposure assessment) โดยใช้ GIS
- การปรับปรุงฐานข้อมูลองค์ประกอบของฝุ่น
- การจัดทำรายงานความก้าวหน้าของโครงการ ฉบับที่ 2

1.3.3 ช่วงเดือนพฤศจิกายน 2545 – มิถุนายน 2546

- การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างที่เหลือด่าง
- การปรับปรุงฐานข้อมูลองค์ประกอบของฝุ่น
- การวิเคราะห์ข้อมูลของการหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน โดยใช้ FA/PCA – multivariate regression analysis และ chemical mass balance
- การวิเคราะห์ข้อมูลการกระจายตัวของฝุ่นขนาดต่าง ๆ (particle size distribution)
- การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการได้รับสารมลพิษทางอากาศ (exposure assessment) โดยใช้ GIS
- การจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อ สกว.

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลของการศึกษาจะทำให้ทราบถึงองค์ประกอบหลักทางเคมีที่สำคัญของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนที่มีอยู่ในบรรยากาศของกรุงเทพฯ ว่ามีองค์ประกอบหลักประเภทใดบ้างและนี้อยู่เป็นสัดส่วนอย่างไร ข้อมูลเหล่านี้สำคัญสำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานสามารถนำมาใช้ในการวางแผนจัดการคุณภาพอากาศของกรุงเทพฯ พร้อมทั้งทำให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดหลักของฝุ่นขนาดเล็กเหล่านี้ว่ามาจากแหล่งใดเป็นสัดส่วนเท่าไร ผลจากการประเมินระดับการได้รับสารมลพิษ (exposure assessment) จะทำให้ทราบถึงผลกระทบต่อปัญหาสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อทิศทางการนโยบายรัฐต่อปัญหาคุณภาพอากาศ วิธีการและประสบการณ์ที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่นได้ในอนาคต เช่น พื้นที่นิคมอุตสาหกรรม เมืองหลัก เป็นต้น การวิจัยยังช่วยส่งเสริมศักยภาพของบุคลากรด้านคุณภาพอากาศในการนำเอาความรู้สมัยใหม่มาทำให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมส่วนรวม สร้างกระบวนการทำงานของร่วมกันของนักวิจัยไทยและพัฒนาทีมงานวิจัยด้านคุณภาพอากาศ

รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ในระดับห้องปฏิบัติการของรัฐให้เป็นหน่วยงานที่สามารถสนับสนุนการวิจัยในระดับสูงได้ กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาองค์ความรู้ด้านคุณภาพอากาศ

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 บทนำ

การวิจัยด้านคุณภาพอากาศเป็นงานที่มีค่าใช้จ่ายสูงในเรื่องของเครื่องมือตรวจวัด เครื่องมือวิเคราะห์ชั้นสูง รวมทั้งบุคลากรที่มีความรู้ความเข้าใจ ดังนั้น การดำเนินโครงการฯ ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้จำเป็นต้องมีระเบียบวิธีวิจัยที่เหมาะสมสอดคล้อง และถูกต้องตามหลักวิชาการ ทั้งนี้รวมถึงกระบวนการทำงานต่าง ๆ ที่ครอบคลุมงานดังแผนที่กำหนดไว้ในข้อเสนอโครงการ

แนวความคิดพื้นฐานของการวิจัยครั้งนี้ คือ การนำเอาทรัพยากรต่าง ๆ ที่แต่ละหน่วยงานมีอยู่ มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ส่งเสริมการทำงานร่วมกัน และเพิ่มศักยภาพของการใช้เครื่องมือและบุคลากรในประเทศในการทำงานวิจัยด้านคุณภาพอากาศ เพื่อให้ผลจากงานวิจัยสามารถตอบสนองต่อความต้องการของหน่วยงานที่รับผิดชอบได้โดยตรง การศึกษาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดหลักของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพมหานครกำหนดระเบียบวิธีวิจัยดังนี้

2.2 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศ

ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของกรุงเทพฯ เป็นพื้นที่ราบลุ่มปากแม่น้ำที่มีระดับใกล้เคียงกับระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean sea level -- MSL) กล่าวคือมีระดับความสูงเฉลี่ยประมาณ 2.31 เมตร MSL โดยมีสภาพทางอุตุนิยมวิทยาที่ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมและความกดอากาศจากมวล

อากาศของทะเลและพื้นทวีป (ทะเลจีนใต้ มหาสมุทรอินเดียและพื้นทวีปเอเชีย) มีที่ตั้งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรในตำแหน่งประมาณเส้นรุ้งที่ $13^{\circ} 45'$ เหนือและเส้นแวงที่ $100^{\circ} 28'$ ตะวันออกทำให้มีลักษณะอากาศร้อนชื้นเกือบตลอดปี (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2545) โดยมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ตลอดทั้งปี และอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 33 – 38 องศาเซลเซียส ด้วยที่ตั้งของเมืองที่ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมทำให้มีลักษณะของลมหลักอยู่สองทิศทางตามการพัดของลมมรสุม คือ ก) ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - ตุลาคม ที่รวมถึงช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และ ข) ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างเดือนพฤศจิกายน - มกราคมที่เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ย (ฤดูหนาว) ซึ่งปัจจัยทางภูมิศาสตร์และอุตุนิยมวิทยาเหล่านี้ส่วนหนึ่งมีผลต่อลักษณะการกระจายตัวของมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นในพื้นที่กรุงเทพฯ และตำแหน่งการตั้งจุดเก็บตัวอย่างอากาศในแต่ละพื้นที่

ข้อมูลการตรวจวัดฝุ่นในบรรยากาศของกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) และการศึกษาด้านมลพิษอากาศบริเวณกรุงเทพฯ ใช้สถานีตรวจวัดในลักษณะของตัวแทนของพื้นที่ เช่น พื้นที่พักอาศัย พื้นที่ริมถนน พื้นที่ทั่วไปที่มีผลกระทบน้อย (Background or low impact site) เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2544, 2545) โดยพื้นที่ริมถนนเป็นบริเวณที่มีปริมาณเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นรวมและขนาดเล็กหรือฝุ่นขนาด 10 ไมครอนสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศบ่อยครั้งกว่าบริเวณอื่นของกรุงเทพฯ อย่างไรก็ตามข้อมูลฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนยังไม่รวมอยู่ในการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ เนื่องจากอยู่ระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูลและยังมิได้กำหนดเป็นค่ามาตรฐานในบรรยากาศธรรมชาติของการเก็บตัวอย่างอากาศมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความพร้อมของเครื่องมือ อุปกรณ์บุคลากร ความปลอดภัย งบประมาณ สภาพพื้นที่ เป็นต้น ทำให้การเก็บตัวอย่างอากาศเป็นไปในลักษณะของการกำหนดพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของบริเวณที่ต้องการศึกษา เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพของฝุ่นขนาด 10 ไมครอนจะพบว่าเป็นขนาดที่เล็กมากกว่าเส้นผมหลายเท่า ที่มีรวมทั้งข้อมูลจากการศึกษาในต่างประเทศเรื่องการกระจายตัวของฝุ่นขนาดเล็กพบว่า การกระจายตัวของฝุ่นขนาดเล็กในเมืองใหญ่จะมีแนวโน้มคล้ายคลึงกันในแต่ละสถานีตรวจวัด (Sue et al, 1995) เพราะฝุ่นขนาดเล็กเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีในบรรยากาศมากกว่าจะเกิดจากการปล่อยจากแหล่งกำเนิดโดยตรง นอกจากนี้ การศึกษาในรัฐนิวเจอร์ซีย์ (พื้นที่ประมาณ 7,500 ตารางไมล์) สหรัฐอเมริกา พบว่าฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีการกระจายตัวในลักษณะเดียวกัน (Chuersuwan et al, 2000) อย่างไรก็ตามความแตกต่างของหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น สภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ แหล่งกำเนิด เป็นต้น อาจมีผลต่อการกระจายตัวของฝุ่นขนาดเล็กในพื้นที่กรุงเทพฯ ได้ งานวิจัยนี้กำหนดให้การเก็บตัวอย่าง

ฝุ่นในบรรยากาศขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนจากสถานีเก็บตัวอย่างถาวร (Fixed station) ในพื้นที่กรุงเทพฯ จำนวน 4 แห่ง สถานีเก็บตัวอย่างเหล่านี้จะใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ คือ แหล่งธุรกิจการค้าริมถนน แหล่งชานเมือง แหล่งที่อยู่อาศัยด้านเหนือและใต้ของการเคลื่อนที่ของทิศทางลมหลัก (ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ) และแหล่งพื้นที่ทั่วไปที่ได้รับผลกระทบน้อย รูปที่ 2-1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีเก็บตัวอย่างอากาศทั้ง 4 แห่ง และทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสลมหลักที่พัดผ่านพื้นที่กรุงเทพฯ

- พื้นที่จราจรหนาแน่น ใช้สถานีเก็บตัวอย่างของกรมควบคุมมลพิษบริเวณเคหะชุมชนดินแดง ริมถนนดินแดง เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ จากการตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังและลักษณะที่ตั้งของจุดเก็บตัวอย่างคาดว่าจะเป็นที่ที่ได้รับมลพิษค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสถานีอื่น
- พื้นที่ทั่วไปที่ได้รับผลกระทบน้อย ใช้สถานีเก็บตัวอย่างของกรมควบคุมมลพิษที่ตั้งอยู่ในกรมอุตุนิยมวิทยา เขตบางนา กรุงเทพฯ ซึ่งเป็นสนามที่ใช้วางเครื่องมือวัดด้านอุตุนิยมวิทยา (เดิมกำหนดพื้นที่อุตสาหกรรมของกรุงเทพฯ โดยมีสถานีอยู่ในที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราชบุรณะ แต่ไปรษณีย์ฯ ขอพื้นที่คืนทำให้ต้องยกเลิกการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ดังกล่าวไปในเดือนมีนาคม 2545)
- พื้นที่การค้าและอยู่อาศัยในเมืองด้านทิศใต้ ใช้สถานีเก็บตัวอย่างของกรมควบคุมมลพิษที่ตั้งอยู่ภายในสถาบันราชภัฏสมเด็จพระเจ้าพระยา เขตธนบุรี กรุงเทพฯ สถานีตั้งอยู่ในสถานศึกษาซึ่งไม่พบแหล่งกำเนิดหลักในบริเวณดังกล่าว
- พื้นที่การค้าและอยู่อาศัยในเมืองด้านทิศเหนือ ใช้สถานีเก็บตัวอย่างของกรมควบคุมมลพิษที่ตั้งอยู่ภายในที่สถาบันราชภัฏจันทรเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ สถานีตั้งอยู่ในสถานศึกษาซึ่งไม่พบแหล่งกำเนิดหลักในบริเวณดังกล่าว

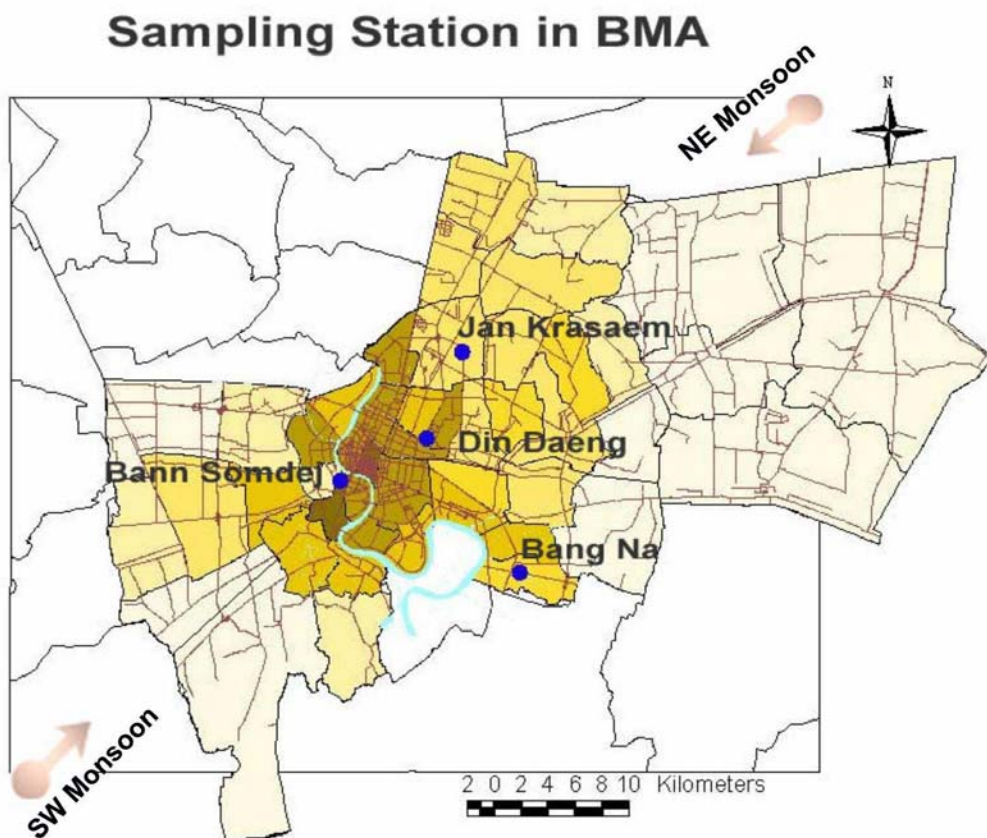
2.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศ

ด้วยข้อกำหนดของเครื่องมือเก็บตัวอย่างที่เป็นชนิดมาตรฐาน (Federal Reference Method – U.S. EPA) สำหรับเก็บฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนที่มีอยู่ไม่เพียงพอในการดำเนินงานวิจัย จำเป็นต้องเลือกใช้เครื่องมือที่มีขีดความสามารถในการเก็บตัวอย่างฝุ่นทั้งสองขนาดในบรรยากาศได้ การพิจารณาเลือกใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นแบบใช้อัตราการดูดอากาศต่ำในการวิจัยนี้เป็นเครื่องเก็บอากาศ MiniVol™ ของบริษัท AirMetrics ประเทศสหรัฐอเมริกา (รูปที่ 2-2) ใช้อัตราการดูดอากาศ

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

ประมาณ 5 ลิตรต่อนาทีในการคัดขนาดฝุ่นขนาด 2.5 หรือ 10 ไมครอน (AirMetircs, 1993) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกใช้ impactor เป็นตัวแยกขนาดฝุ่นร่วมกับใช้อุปกรณ์ชนิดที่เป็นลูกกลอย (Rotameter) วัดอัตราการไหลของอากาศ และ Pressure transducer เป็นอุปกรณ์ควบคุมอัตราการดูดอากาศที่เชื่อมโยงกับ integrated circuit (IC) ให้มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ รวมทั้งมีอุปกรณ์ตั้งเวลาไว้กำหนดเวลาให้สามารถเก็บตัวอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงและอุปกรณ์นับเวลาทำงาน (Counter) รายละเอียดของอุปกรณ์ (Specification) ของเครื่อง MiniVolTM แสดงไว้ในตารางที่ 2-1

รูปที่ 2-1 แผนที่กรุงเทพมหานครและที่ตั้งของสถานีเก็บตัวอย่าง



นอกจากนี้ ก่อนและหลังดำเนินการเก็บตัวอย่างทุกครั้งต้องมีการตรวจสอบอัตราการดูดอากาศ เพื่อให้การเก็บตัวอย่างอยู่ในช่วงที่กำหนดได้ด้วยเครื่องมือสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ ประเภทที่เป็นมาตรฐานปฐมภูมิ (primary flow calibrator) โดยใช้เครื่องสอบเทียบอัตราการไหลของ

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

อากาศ Gilibrator™ (Synsidyne Inc., FL) ที่มีเซลล์ที่สามารถสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ ในช่วง 2 – 20 ลิตรต่อนาที หากเครื่องเก็บตัวอย่างมีปัญหาเกิดขึ้นจะระงับการใช้เครื่องมือ และตรวจสอบแก้ไขปัญหา หรือเปลี่ยนเครื่องมือเป็นเครื่องที่สำรองไว้ โดย คพ. มีเครื่อง MiniVol™ อยู่ประมาณ 12 เครื่อง แต่ในการเก็บตัวอย่างครั้งนี้จะใช้เพียง 8 เครื่องในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง โดยที่เหลือจะมีสำรองไว้ในกรณีฉุกเฉิน ปัจจุบันเครื่อง MiniVol™ ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 ไมครอนเท่านั้น การปรับเครื่องมือให้ใช้สำหรับคัดแยกฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจำเป็นต้องมีการซื้ออุปกรณ์เพิ่มคืออุปกรณ์คัดแยกฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (PM-2.5 impactor) ซึ่งจัดหาให้โดยคพ.

รูปที่ 2-2 เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่น MiniVol™ ของ AirMetrics ที่จะใช้ในการศึกษา



ตารางที่ 2-1 รายละเอียดของเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน

อุปกรณ์	รายละเอียด
โครงสร้าง	ทำจาก PVC ทงกระบอกกันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว สูง 20 นิ้ว น้ำหนักรวมแบตเตอรี่ประมาณ 8.2 กก.
ปั๊มดูดอากาศ	ชนิด diaphragm คู่ 2 หัว ชนิดไม่มีแปรงถ่าน (brushless) ใช้ไฟกระแสตรงจากแบตเตอรี่ อัตราการดูดอากาศสูงสุด 6.5 ลิตรต่อนาที (L/min)
ตัวแยกขนาดฝุ่น	ชนิดแผ่นตกกระทบ (Impactor) สำหรับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ที่อัตราการดูดอากาศ 5 ลิตรต่อนาที
แบตเตอรี่	12 AH ที่สามารถใช้เก็บตัวอย่างได้ 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง และอุปกรณ์สำหรับชาร์จพลังงานให้พร้อมใช้งานได้ภายใน 16 ชั่วโมง
อุปกรณ์อื่น ๆ	ตลับใส่กระต่ายกรองขนาด 47 มม.บรรจุภายในเครื่องเก็บตัวอย่างที่ออกแบบให้สะดวกต่อการถอดใส่และทำความสะอาด อุปกรณ์ตั้งเวลาทำงานได้ล่วงหน้า 7 วัน พร้อมอุปกรณ์แสดงอัตราการดูดอากาศชนิดใช้ลูกลอย (Rotameter)

ก่อนเริ่มโครงการฯ เครื่องเก็บตัวอย่าง MiniVol™ ถูกนำมาทดสอบก่อนใช้ในงานวิจัยอย่างเต็มรูปแบบ เพื่อประเมินศักยภาพของเครื่องมือ อุปกรณ์ประกอบ และอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นเมื่อนำมาใช้งานจริง ซึ่งจะเป็นการสำรวจและลดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับงานวิจัย รวมทั้งหาหนทางแก้ไขให้ทันการ เช่น การหาอะไหล่ การเปลี่ยนอุปกรณ์ชำรุด เป็นต้น การทดสอบแบตเตอรี่ให้สามารถใช้งานเก็บตัวอย่างได้ครบ 24 ชั่วโมง พบว่า แบตเตอรี่ที่มาพร้อมกับเครื่อง MiniVol™ ร้อยละ 88 ทำงานไม่ครบ 24 ชั่วโมง (รูปที่ 2-3) ด้วยเหตุผลหลัก 2 ประการ คือ (ก) แบตเตอรี่หมดอายุการใช้งานทำให้เก็บพลังงานไฟฟ้าไม่มีประสิทธิภาพ จึงไม่สามารถทำงานได้ต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ข) อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องภายในเครื่อง MiniVol™ ชำรุด

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

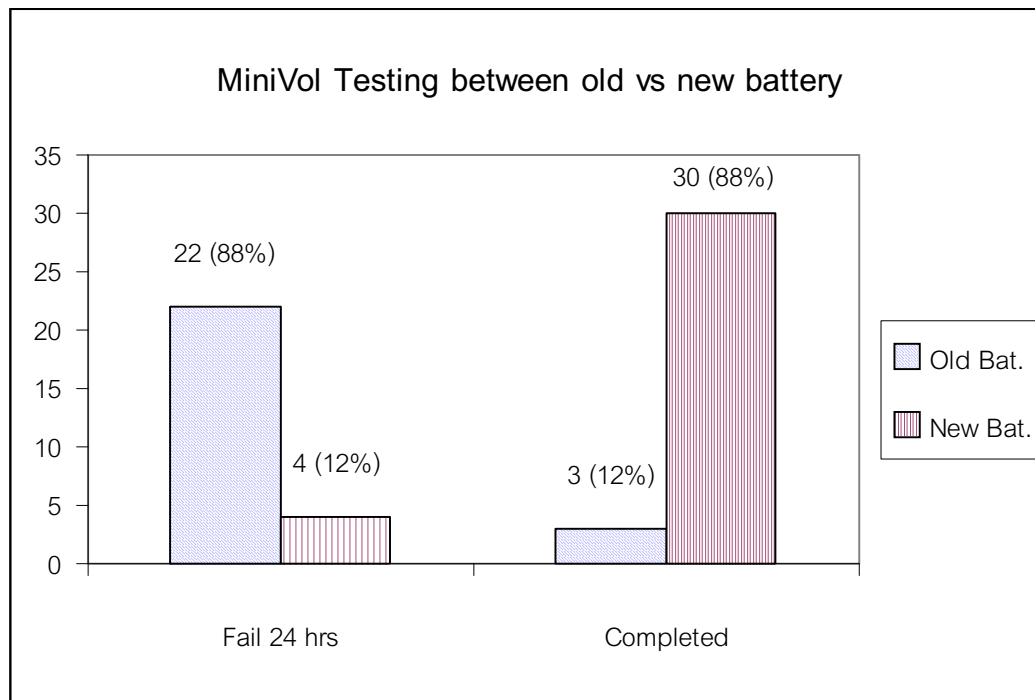
ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนชุดแบตเตอรี่ใหม่จากบริษัทในสหรัฐอเมริกาจะเสียค่าใช้จ่ายประมาณ \$95-\$125 ต่อเครื่อง (3,990 - 5,250 บาทที่อัตราแลกเปลี่ยน 42 บาท/ดอลลาร์ ไม่รวมค่าขนส่ง และภาษี) โครงการฯ จึงทำการแยกชิ้นส่วนชุดแบตเตอรี่และพบว่าอุปกรณ์ของแบตเตอรี่พอที่จะหาได้ภายในประเทศ ผลการใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 AH ที่หามาทดแทนขนาด 6 AH จำนวน 2 ตัวที่ใช้โดยบริษัทผู้ผลิต พบว่าเครื่อง MiniVol™ สามารถทำงานได้เต็มเวลาทุกเครื่องที่ทดสอบ นอกจากนี้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับชาตรีไฟของเครื่องที่ชำรุดได้ถูกสร้างขึ้นใหม่และสามารถใช้งานทดแทนของเดิมได้ตามปกติ ด้วยต้นทุนประมาณ 1,000 บาทต่อเครื่องทำให้ประหยัดงบประมาณที่ได้ไม่น้อยกว่า 47,840 – 68,000 บาท (ประมาณการที่ต้องใช้แบตเตอรี่ใหม่จากบริษัทจำนวน 16 เครื่อง) รวมทั้งได้ออกแบบและทำชุดหัวสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศสำหรับเครื่อง MiniVol™ ขึ้นเองด้วย (รูปที่ 2-4) โดยกลึงจากแท่ง Teflon หรือ PVC ให้ไม่ต้องเสี่ยงงบประมาณในการจัดซื้อชิ้นส่วนเหล่านี้จากบริษัทตัวแทนหรือต่างประเทศ ซึ่งมีราคาไม่ต่ำกว่า \$100 เมื่อซื้อโดยตรงจากบริษัทฯ ในต่างประเทศ รวมทั้งยังทำขึ้นเพิ่มเติมให้กับทีมงานวิจัยของจุฬาฯ นำไปใช้ในการสอบเทียบเครื่องเก็บตัวอย่างอีกด้วย

หมายเหตุ: การแสดงผลทดสอบเครื่องเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ผลที่ได้ไว้ในเนื้อหาของบทที่ 2 โดยมีได้นำไปไว้ในบทที่ 3 เนื่องจากเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมเครื่องมือและกระบวนการทดสอบที่อาจจะไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาของงานวิจัยโดยตรง แต่เป็นความจำเป็นและมีความสำคัญต่อผลที่ได้จากงานวิจัยเป็นอย่างมาก

ภายหลังจากการปรับปรุงเครื่องมือเก็บตัวอย่างให้สามารถใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานานอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เครื่องมือได้ถูกนำไปทดสอบการเก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศพร้อมกันทุกเครื่องเพื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่เก็บได้ในแต่ละครั้งโดยทำซ้ำ 5 ครั้ง รวมจำนวนตัวอย่างที่ได้ทั้งสิ้น 40 ตัวอย่าง (รูปที่ 2-5) ค่าทางสถิติแสดงให้เห็นว่าปริมาณฝุ่นที่เก็บได้จากการใช้เครื่องในแต่ละครั้งมีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรในช่วงร้อยละ 0.5 – 2.2 ในแต่ละครั้งของการทดสอบปริมาณฝุ่นที่เก็บตัวอย่างได้จากแต่ละเครื่องมีระดับไม่แตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทำให้มั่นใจได้ว่าการนำเครื่องมือทั้งหมดไปใช้เก็บตัวอย่างมีความน่าเชื่อถือและอยู่ในเกณฑ์ที่โครงการฯ กำหนดไว้ให้ยอมรับได้ คือ ค่าความแตกต่างไม่เกินร้อยละ 5 นอกเหนือไปจากเอกสารยืนยันการทดสอบเครื่องจากบริษัทฯ (AirMetrics, 1993) และงานวิจัยอื่น (Hill *et al.*, 1999) ที่มีการนำเครื่อง MiniVol™ ไปใช้เก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศในประเทศสหรัฐอเมริกา

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

รูปที่ 2-3 เปรียบเทียบผลทดสอบเครื่องเก็บตัวอย่าง MiniVol™ และอุปกรณ์ประกอบ



หมายเหตุ: ตัวเลขแสดงจำนวนครั้งของการทดสอบ ส่วนตัวเลขในวงเล็บเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับจำนวนการทดสอบทั้งหมด

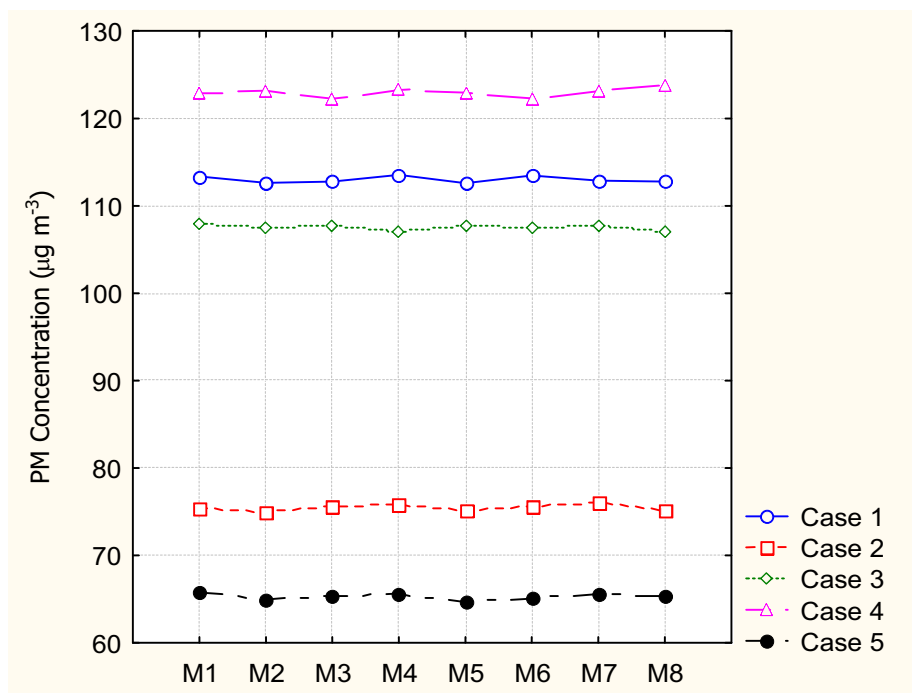
รูปที่ 2-4 ชุดหัวสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศสำหรับเครื่อง MiniVol™ ที่ทำขึ้นใช้เองโดย วศ. เมื่อใช้ร่วมกับเครื่องสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ Gilibrator™



บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

โครงการฯ กำหนดให้มีรายละเอียดของขั้นตอนในการดำเนินงานเพื่อให้เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องได้ปฏิบัติอย่างเป็นระบบเดียวกัน ส่วนของการเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นทั้งสองขนาดรวมถึงการสอบเทียบ การปรับอัตราการดูดอากาศ การชาร์ตแบตเตอรี่ ได้กำหนดให้มีขั้นตอนรายละเอียดของการดำเนินงานตามหัวข้อ 2.3.1

รูปที่ 2-5 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเก็บตัวอย่าง MiniVol™



หมายเหตุ: M1 – M8 หมายถึง เลขเครื่อง MiniVol™ ที่ใช้เก็บตัวอย่าง

2.3.1 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนของโครงการ

(Standard Operating Procedure) หมายเลขเอกสาร SOP ที่ SASBMA-SOP01

- ก่อนใช้งานเครื่อง MiniVol™ ให้ชาร์ตแบตเตอรี่ที่เตรียมไว้บนชั้นวางอุปกรณ์ไว้อย่างน้อย 12 ชั่วโมงก่อน สังเกตสีของหลอดไฟ LCD สีเขียวอ่อนด้านบนของแบตเตอรี่จะดับลงหลังจากมีพลังงานไฟฟ้าเต็มแล้ว (ประมาณ 12 A)
- บันทึกหมายเลขประจำเครื่อง MiniVol™ (M1 ถึง M10) และหมายเลขแบตเตอรี่ (B1 ถึง B16) ลงในสมุดบันทึก เมื่อประกอบอุปกรณ์ส่วนที่เป็นตัวเครื่องเข้ากับส่วนที่เป็นแบตเตอรี่ โดยให้ขาทั้งสามของเครื่องสัมผัสกับเด้ารับด้านบนของแบตเตอรี่ พร้อมกับยึดให้แน่นด้วยตัวยึด 2 ตัวด้านข้าง

- เปิดเครื่องให้ทำงานประมาณ 5 นาทีก่อนทำการสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศเพื่อให้เครื่องอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานจริง เปิดเครื่องสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ Gilibrator™ (Sensidyne Inc., FL) พร้อมกับเสียบหัวสอบเทียบเข้ากับท่อต่อสำหรับใส่อุปกรณ์บรรจุกระดาศกรอง แล้วต่อสายยางเข้ากับเครื่อง Gilibrator™ ให้เครื่องอยู่ในสถานะดูด(vacuum) ทำการหล่อระบบอกสอบเทียบด้วยฟองสบู่ให้ทั่วก่อนทำการสอบเทียบเครื่อง MiniVol™
- สอบเทียบอัตราการไหลของอากาศของเครื่อง MiniVol™ ให้อยู่ในเกณฑ์ 5 ± 0.010 ลิตรต่อนาที โดยปรับค่ากระแสที่ควบคุมปั๊มดูดอากาศ เมื่ออัตราการไหลอยู่ในเกณฑ์กำหนดให้สอบเทียบซ้ำอย่างน้อย 10 ครั้ง แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยของอัตราการดูดอากาศ ก่อนบันทึกผลลงสมุด หากอัตราการไหลไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดให้หยุดการใช้เครื่อง ตรวจสอบสาเหตุของปัญหาและดำเนินการแก้ไข
- ปิดเครื่องและบันทึกตัวเลขแสดงระยะเวลาของการเก็บตัวอย่าง (Elapse Time) ลงในสมุดบันทึก ตั้งวันและเวลาเก็บตัวอย่างให้ตรงกับแผนงานที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ให้เครื่องสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติเมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้ (12:00 PM ถึง 12:00 PM ของวันถัดไป)
- ก่อนแยกส่วนของเครื่องและแบตเตอรี่ ก่อนบรรจุลงกล่องใส่อุปกรณ์เพื่อร่อนนำไปติดตั้งยังสถานีเก็บตัวอย่าง (รูปที่ 2-6)
- เมื่อเก็บตัวอย่างเสร็จสิ้นให้บรรจุเครื่องและแบตเตอรี่กลับลงกล่องใส่อุปกรณ์เมื่อถึงห้องปฏิบัติการให้ทำการตรวจสอบสภาพเครื่อง MiniVol™ พร้อมบันทึกตัวเลขแสดงระยะเวลาที่เครื่องทำงานลงในสมุดบันทึก ก่อนทำการวัดอัตราการไหลของอากาศด้วยเครื่อง Gilibrator™ ซ้ำ 10 ครั้ง แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยก่อนบันทึกค่าที่ได้ลงในสมุดบันทึก
- นำแบตเตอรี่ไปทำการชาร์จพลังงานไฟฟ้า ณ ชั้นเก็บเครื่องมือ ทิ้งไว้อย่างน้อย 12 ชั่วโมง สังเกตแสงไฟสีเขียวอ่อนจากหลอด LCD ซึ่งแสดงว่าแบตเตอรี่กำลังถูกชาร์จ
- เมื่อเครื่องผ่านการเก็บตัวอย่างครบ 5 ครั้งให้ทำความสะอาดแผ่นตกกระทบด้วยการเช็ดด้วยกระดาษ ก่อนแต้มด้วยจารบีสังเคราะห์บาง ๆ เพื่อช่วยให้ฝุ่นที่ตกกระทบไม่สะท้อนกลับเข้าสู่กระแสน้ำอากาศทำให้สามารถแยกขนาดฝุ่นดีขึ้น

- การประกอบหรือแยกชิ้นส่วนของแผ่นตกกระทบให้ใช้นิ้วดันจากตัวยึดจับด้านล่างแล้วดันขึ้นด้านบนของท่อแยกขนาด ก้อนแยกชิ้นส่วนที่เป็นแผ่นตกกระทบออกจากตัวยึดสามขา

รูปที่ 2-6 ลักษณะของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างภายในกล่องใส่อุปกรณ์ที่พร้อมนำไปติดตั้ง



เครื่องมือเพิ่มเติมอื่นที่จะใช้ในการศึกษาค้างนี้ คือ เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นชนิด Federal Reference Method (FRM) ที่เป็นเครื่องมือมาตรฐานที่ได้รับการรับรองจาก US. EPA หรือเครื่องมือเทียบเท่า (Federal Equivalent Method -- FEM) โดยจะเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่เก็บได้โดย MiniVolTM กับเครื่องมือ FRM หรือ FEM ชนิดที่ใช้อยู่ในสถานีเก็บตัวอย่างของ คพ. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดฝุ่นจากเครื่องมือทั้งสองประเภท และใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนที่สำคัญหากมีการพิจารณาใช้เครื่องมือเหล่านี้ทดแทนกันในอนาคต โดยสถานีดินแดงและบ้านสมเด็จได้มีการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนด้วยเครื่อง FRM ควบคู่ไปกับเครื่อง MiniVolTM ด้วยความร่วมมือของ คพ. เครื่อง FRM ที่ใช้คือ Partisol[®] (Rupprecht & Patashnick Co., NY) ที่ใช้ระบบแรงดันลมและกระบอกทำการเปลี่ยนกระดาศกรองอัตโนมัติตามกำหนดเวลาเก็บตัวอย่าง พร้อม WINS

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

Impactor สำหรับแยกฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน รูปที่ 2-7 แสดงให้เห็นเครื่องเก็บตัวอย่างแบบเป็นมาตรฐานชนิดหนึ่ง (FRM)

เครื่องมือที่ใช้จัดเป็นเครื่องมือที่มีความเทียบเท่า หรือ FEM เป็นเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 ไมครอนแบบต่อเนื่องชนิดที่เรียกว่า Beta Attenuation Monitor (BAM) มีความสามารถในการตรวจวัดปริมาณฝุ่นรายชั่วโมงได้ โดยมีการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 ไมครอนผ่านมวลของกระดาษกรองที่มีรังสีเบต้า (beta ray) ที่มีระดับพลังงานในช่วง 0.01 – 0.1 MeV ส่องผ่านกระดาษกรอง ซึ่งปริมาณฝุ่นที่ติดอยู่บนกระดาษกรองจะลดความเข้มของรังสีที่ส่องผ่าน ระดับของความเข้มรังสีที่วัดได้จะสัมพันธ์กันตามกฎของเบียร์ (Beer's Law) คพ. ได้ติดตั้งเครื่อง BAM ไว้ที่สถานีดินแดง

รูปที่ 2-7. รูปตัวอย่างของเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นแบบมาตรฐาน (FRM) พร้อม Impactor



2.4 การกำหนดระยะเวลาของการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศ

ฝุ่นจะถูกดักจับบนกระดาษกรองฝุ่นชนิด Teflon® และ quartz fiber เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สลับทุก ๆ 6 วัน สำหรับกระดาษกรองแต่ละชนิดเป็นระยะเวลาประมาณ 12 เดือน การเก็บตัวอย่างแบบนี้

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

จะช่วยลดอคติ (bias) ของการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากวันเก็บตัวอย่างในแต่ละอาทิตย์ของเดือนไม่ซ้ำซ้อนกัน ตารางที่ 2-2 แสดงตัวอย่างของตารางการเก็บตัวอย่างแบบทุก 6 วันของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ของเดือนสิงหาคมและกันยายน 2545 การเก็บตัวอย่างจะทำสลับกันระหว่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน สำหรับกระดาศกรองทั้ง 2 ชนิด เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้มีอยู่จำกัด จึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างพร้อมกันทั้งหมดในวันเดียวกันได้ ส่งผลให้คณะผู้ศึกษาต้องใช้เวลาประมาณ 19-21 วันในแต่ละเดือนออกไปติดตั้งและเก็บตัวอย่างฝุ่นทั้งสองขนาด โดยไม่จำกัดเฉพาะวันหยุดหรือวันทำงาน การเก็บตัวอย่างตลอดระยะเวลา 12 เดือนเพื่อให้ได้ตัวอย่างครอบคลุมการความผันแปรของปริมาณฝุ่นและองค์ประกอบที่อาจขึ้นอยู่กับฤดูกาลที่ต่างกัน ภาคผนวก ก. แสดงตัวอย่างของแผนการเก็บตัวอย่างฝุ่นทั้งสองขนาดจากสถานีถาวรทั้ง 4 แห่ง

ตารางที่ 2-2. ตัวอย่างของวันเก็บตัวอย่างแบบทุก 6 วัน ในเดือนสิงหาคมและกันยายน 2545

สิงหาคม 2545

อา	จ	อ	พ	พฤ	ศ	ส
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

กันยายน 2545

อา	จ	อ	พ	พฤ	ศ	ส
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

หมายเหตุ: ช่องแลงเงาทึบเป็นการเก็บตัวอย่างของฝุ่นทั้งสองขนาดบนกระดาศกรอง Teflon® ส่วนช่องที่มีลายพาดขวางเป็นการเก็บตัวฝุ่นทั้งสองขนาดบนกระดาศกรอง Quartz ส่วนการเก็บกระดาศกรองไปส่งให้ห้องปฏิบัติการจะดำเนินการในวันถัดจากการเก็บตัวอย่างเสร็จสิ้น

ลง (ช่องที่มีตารางลายทแยง) พร้อมกับติดตั้งกระดาศกรองใหม่เพื่อใช้สำหรับเก็บตัวอย่างในครั้งถัดไป

2.5 การเลือกกระดาศกรองสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศ

การศึกษานี้มีเกณฑ์เลือกใช้ประเภทของกระดาศกรองฝุ่นตามวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีในห้องปฏิบัติการ เช่น กระดาศกรองชนิด Teflon[®] ถูกเลือกใช้เนื่องจาก Teflon[®] มีคุณสมบัติที่ดูดความชื้นในระดับต่ำเมื่อเทียบกับกระดาศกรองชนิดอื่น ทำให้การชั่งน้ำหนักฝุ่นบนกระดาศกรองทำได้ถูกต้องและเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับทั่วไป รวมทั้งยังไม่รบกวนการวิเคราะห์หาโลหะหนักในฝุ่นด้วยเครื่อง XRF เป็นต้น ส่วนกระดาศกรองชนิด quartz สามารถทนความร้อนสูงจึงนำมาใช้หาน้ำหนักและการวิเคราะห์หา organic carbon (OC) และ elemental carbon (EC) ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป ตารางที่ 2-2 แสดงข้อกำหนดโดยสังเขปของกระดาศกรองชนิด Teflon[®] และ quartz ที่จะนำมาใช้ในการศึกษา source apportionment ครั้งนี้ จำนวนกระดาศกรองที่ใช้ในการเก็บฝุ่นในบรรยากาศสรุปในตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 คุณสมบัติทั่วไปและประเภทของกระดาศกรองที่ใช้เก็บตัวอย่าง

กระดาศกรอง	คุณสมบัติทั่วไป
Teflon [®] Filter	ความหนาแน่น 0.5 มก/ตร.ซม. และ pH ค่อนข้างเป็นกลาง ทำจากแผ่น Teflon[®] ที่ถูกดัดให้ตรึงติดกับขอบที่ทำขึ้นเสริมความแข็งแรง ประสิทธิภาพในการกรองเก็บตัวอย่างประมาณ 99.95% เหมาะสำหรับการวิเคราะห์โดยการชั่งและวิเคราะห์ด้วย XRF ทนอุณหภูมิได้สูงสุดประมาณ 60 องศาเซลเซียส
Quartz Fiber Filter	ความหนาแน่น 6.51 มก/ตร.ซม. และ pH ค่อนข้างเป็นกลาง ประสิทธิภาพในการกรองเก็บตัวอย่างประมาณ 98.5% เหมาะสำหรับการวิเคราะห์แบบการสกัด (extraction) ทนอุณหภูมิได้สูงสุดประมาณ 900 องศาเซลเซียส

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

ทั้งนี้การเตรียมกระดาศกรองสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นมีความจำเป็นที่ต้องมีระบบควบคุมคุณภาพ (Quality control/quality assurance) ที่รัดกุมรวมทั้งการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนทั้งในการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่ระมัดระวัง เนื่องจากน้ำหนักของฝุ่นขนาดเล็กอยู่ในระดับไมโครกรัมต่อปริมาตรของอากาศ ความผิดพลาดเพียงเล็กน้อยจะมีผลให้ค่าของฝุ่นขนาดเล็กคลาดเคลื่อนได้มาก

กระดาศกรองชนิด Teflon[®] ที่ใช้เป็นไปตามข้อกำหนดของ US.EPA สำหรับใช้ในเครือข่ายตรวจวัดคุณภาพอากาศ คือ Whatman 2µm PTFE ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 46.2 มม พร้อมเสริมขอบให้แข็งแรงด้วยพลาสติก PP (Cat.No. 7592-004, Whatman Inc., NJ) ส่วนกระดาศกรองชนิด TissueQuartz 2500 QAT-UP ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มม (Cat.No.7202, Pall Corp., MI) และ Quartz Fiber Filter (Advantec, Japan)

ตารางที่ 2-4 จำนวนกระดาศกรองที่ใช้ในการเก็บฝุ่นในบรรยากาศเป็นเวลาประมาณ 12 เดือน

กระดาศกรอง	จำนวน สถานี	ขนาดของ ฝุ่น	จำนวนกระดาศกรอง	หมายเหตุ
Teflon [®]	4	PM ₁₀	6/สถานี/เดือน = 24/เดือน	ไม่รวม 10% blank
	4	PM _{2.5}	6/สถานี/เดือน = 24/เดือน	ไม่รวม 10% blank
Quartz	4	PM ₁₀	6/สถานี/เดือน = 24/เดือน	ไม่รวม 10% blank
	4	PM _{2.5}	6/สถานี/เดือน = 24/เดือน	ไม่รวม 10% blank
กระดาศกรองสำหรับ cascade impactor			(8x5x4) + 12% = 180/ปี	*รวม 12% blank
กระดาศกรองสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นจากรถยนต์			25/ปี	*รวม 12% blank
กระดาศกรองสำหรับเก็บตัวอย่างจากการเผา			25/ปี	*รวม 12% blank
กระดาศกรองสำหรับ isokinetic sampling			25/ปี	*รวม 12% blank
รวม Teflon [®] filter (47 มม.)			580 + 12% = 650/ปี	*รวม 12% blank
รวม Quartz fiber filter (47 มม.)			580 + 12% = 650/ปี	*รวม 12% blank

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

หมายเหตุ: *การวิเคราะห์ตัวอย่างทางห้องปฏิบัติการต้องการใช้กระดาศกรองเพื่อเป็น lab blank อีกประมาณ 2% (การประเมินอย่างต่ำ) ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด จึงมีผลให้จำนวนกระดาศกรองรวมเพิ่มจาก 10% เป็น 12% ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด

2.6 การเตรียมกระดาศกรองและการหำน้ำหนักฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน

กระดาศกรองที่ใช้จะมีการกำหนดรหัส เนื่องจากทั้งโครงการใช้กระดาศกรองเป็นจำนวนมาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการป้องกันความสับสนและควบคุมตรวจสอบไม่ให้ตัวอย่างรวมทั้งข้อมูลสูญหาย รวมทั้งยังสามารถเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์ในโปรแกรม Microsoft Excel® สำหรับใช้เป็นฐานข้อมูลและการคำนวณ การกำหนดรหัสจะเริ่มทำตั้งแต่มีการปรับสภาพของกระดาศกรองในห้องปฏิบัติการ โดยจัดทำรหัสบนสติ๊กเกอร์ติดใต้ด้ามขนาด 50 มม พร้อมฝาปิดที่ใช้บรรจุกระดาศกรอง (Cat. Millipore Corp., MA) ผู้ที่ทำการชั่งน้ำหนักและผู้ควบคุมฐานข้อมูลจะบันทึกรหัสเหล่านี้ไว้คือ

DDMMYYFSP

- DD หมายถึง วันที่ของเก็บตัวอย่าง เป็นตัวเลขอารบิก 2 หลัก
- MM หมายถึง เดือนของเก็บตัวอย่าง เป็นตัวเลขอารบิก 2 หลัก
- YY หมายถึง ปีของเก็บตัวอย่าง เป็นตัวเลขอารบิก 2 หลัก
- F หมายถึง ชนิดของกระดาศกรองที่ใช้ เป็นตัวอักษรอังกฤษ 1 หลัก Q = Quartz, T = Teflon®
- S หมายถึง ชื่อของสถานีเก็บตัวอย่าง เป็นตัวอักษรอังกฤษ 1 หลัก D = ดินแดง, J = จันทระเกษม, B=บ้านสมเด็จ, N =บางนา
- P หมายถึง ขนาดของฝุ่นที่เก็บ เป็นตัวอักษรอังกฤษ 1 หลัก A = ฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน, B = ฝุ่นขนาด 10 ไมครอน

เช่น กระดาศกรองที่มีรหัส 040602TDA หมายถึง ตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่เก็บตัวอย่างในวันที่ 4 มิถุนายน 2545 ณ สถานีดินแดง เป็นต้น ข้อมูลจะถูกบันทึกลงในแบบฟอร์มที่สร้างขึ้นเพื่อใช้แยกแยะตัวอย่างและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง การชั่งน้ำหนัก เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบทั้งหมด หมายเลขเครื่องเก็บตัวอย่าง ตารางที่ 2-5 เป็นแบบฟอร์มที่สร้างขึ้นใช้ระหว่างดำเนินโครงการฯ

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

กรมควบคุมมลพิษ (คพ.) ให้ความสำคัญเคร่งครัดให้ใช้เครื่องชั่งที่มีความสามารถในการชั่งหาน้ำหนักในระดับ 1 ไมโครกรัม โดยใช้เครื่องชั่ง Mettler รุ่น MT 5 หรือ UMT5 (Mettler Toledo, Switzerland) ซึ่งเป็นเครื่องชั่งแบบจานเดียว (Single pan microbalance) ส่วนของจานชั่งเป็นแบบปิดแยกส่วนใช้ป้องกันการเคลื่อนตัวของกระแสดอากาศภายในห้องชั่งที่ส่งผลให้การชั่งน้ำหนักไม่คงที่ ส่วนแสดงผลน้ำหนักเป็นตัวเลขดิจิทัล เครื่องชั่งสามารถปรับศูนย์และตั้งโปรแกรมทดสอบระบบภายในอัตโนมัติทุก 10 นาที เพื่อป้องกันการล้าของระบบชั่งน้ำหนักเมื่อต้องมีการชั่งต่อเนื่องเป็นเวลานาน ห้องชั่งน้ำหนักเป็นห้องแยกส่วนมีประตู 2 ชั้นเป็นบานเลื่อนลดการปิดอัดกระแสดอากาศภายในห้องชั่งที่อาจส่งผลต่อการชั่งน้ำหนัก ภายในห้องมีเครื่องดูดไอน้ำในอากาศเพื่อควบคุมระดับของเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง $50 \pm 10\%$ พร้อมเครื่องปรับอากาศชนิดติดผนังจำนวน 2 เครื่องที่สลับการทำงานตลอดเวลา 24 ชั่วโมงของวันทำงาน เพื่อควบคุมระดับของอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 20 ± 5 องศาเซลเซียส

2.6.1 ขั้นตอนการเตรียมกระดาศกรงสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนของโครงการฯ (Standard Operating Procedure – SOP) หมายเลขเอกสาร SOP ที่ SASBMA-SOP02

- ใช้แบบฟอร์ม (chain of custody) ในการชั่งน้ำหนักและเก็บตัวอย่างสำหรับกระดาศกรงแต่ละแผ่น เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถใช้ติดตามตรวจสอบความเป็นไปของกระดาศกรงและใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการชั่งน้ำหนักและการเก็บตัวอย่างในกรณีที่ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในระหว่างการปฏิบัติการ
- กระดาศกรงชนิด quartz fiber ต้องมีการอบด้วยอุณหภูมิสูงประมาณ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดความชื้น ก่อนนำไปปรับสภาพและชั่งน้ำหนักในห้องชั่งน้ำหนักของ คพ. เพื่อกำจัดความชื้นและสารปนเปื้อนที่อาจมีอยู่ในกระดาศกรง (รูปที่ 2-6)
- หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับกระดาศกรงและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องโดยตรง โดยสวมถุงมือชนิดที่ไม่ใช่แบ่งเป็นตัวย่อยและไม่ให้ก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าสถิต ใช้คีมคีบ (forceps) ชนิดเคลือบ/พ่น Teflon[®] เพื่อลดปัญหาการปนเปื้อนของฝุ่นในขณะปฏิบัติงาน และการรบกวนของไฟฟ้าสถิตที่มีผลกระทบต่อความไม่แน่นอนของการชั่งน้ำหนักกระดาศกรง ห้ามใช้มือเปล่าจับหรือแตะกระดาศกรงโดยเด็ดขาด

- ตรวจสอบสภาพของกระดาษกรองก่อนนำกระดาษกรองออกมาใช้ ให้ใช้เฉพาะกระดาษกรองที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ เท่านั้น (ไม่มีส่วนที่ขาด หรือมีช่อง แตก หัก) **ห้ามนำกระดาษกรองที่มีสภาพไม่สมบูรณ์มาใช้โดยเด็ดขาด**
- ภายหลังจากตรวจสอบกระดาษกรองแล้วให้นำเอากระดาษกรองแยกใส่ตลับ (พร้อมฝาปิด) สำหรับกระดาษกรอง โดยใช้ 1 ตลับต่อกระดาษกรอง 1 แผ่น แล้วแยกวางบนชั้นในห้องชั่ง บันทึกวันที่ของการปรับสภาพกระดาษกรอง
- ปรับสภาพกระดาษกรองฝุ่นอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ (23 ± 5 องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH $50 \pm 10\%$) ทั้งก่อนและหลังการชั่งน้ำหนัก หากเงื่อนไขผิดไปจากข้อกำหนดให้ยกเลิกการชั่งจนกว่าอุณหภูมิและความชื้นอยู่ในระดับที่กำหนดไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง
- การชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่งที่มีขีดความสามารถในระดับไมโครกรัม โครงการฯ ใช้ห้องชั่งชั้น 2 อาคารห้องปฏิบัติการของ คพ. และเครื่องชั่ง Mettler รุ่น MT 5 การชั่งน้ำหนักต้องมีการทดสอบเครื่องชั่งทั้งก่อนและหลังการชั่งกระดาษกรอง โดยใช้น้ำหนักมาตรฐาน 100 และ 200 มิลลิกรัม ก่อนและหลังการชั่งในแต่ละวัน
- ชั่งกระดาษกรองที่ใช้เป็น lab blank ซึ่งอยู่ในห้องชั่งพร้อมบันทึกน้ำหนักทุกครั้ง
- ก่อนชั่งน้ำหนักให้ใช้คีมคีบนำกระดาษกรองไปอังอยู่เหนืออุปกรณ์กำจัดไฟฟ้าสถิตย์ (StaticMaster™) ที่วางอยู่ด้านข้างของเครื่องชั่งเป็นเวลาประมาณ 15 – 20 วินาที รูปที่ 2-7 แสดงให้เห็นอุปกรณ์กำจัดไฟฟ้าสถิตย์จากกระดาษกรอง
- การชั่งกระดาษกรองแต่ละแผ่นให้ทำการชั่งซ้ำ 3 ครั้ง และทำการชั่งซ้ำทุก ๆ 5 กระดาษกรอง โดยให้มีค่าคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 10 ไมโครกรัม ทั้งก่อนและหลังการชั่ง หากค่าคลาดเคลื่อนเกินเกณฑ์ที่กำหนดให้นำไปปรับสภาพใหม่ และนำกระดาษกรองแผ่นใหม่ที่ได้รับการปรับสภาพแล้วมาทำการชั่งทดแทน
- เมื่อชั่งเสร็จสิ้นให้นำกระดาษกรองบรรจุลงตลับที่เขียนรหัสไว้ด้านใต้ ปิดฝาตลับให้แน่น ก่อนนำกลับห้องปฏิบัติการ เพื่อเตรียมใช้ในการเก็บตัวอย่าง
- ก่อนถึงกำหนดการเก็บตัวอย่างหนึ่งวัน ให้ทำการเตรียมกระดาษกรองใส่ลงในที่บรรจุกระดาษกรองของเครื่อง MiniVol™ (ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมถุงมือชนิดเดียวกับที่ใช้ชั่งน้ำหนัก) บันทึกหมายเลขกระดาษกรองและหมายเลขของที่บรรจุกระดาษกรอง ก่อนบรรจุลงในกล่องใส่เครื่อง MiniVol™ เพื่อนำเก็บตัวอย่างต่อไป

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

- การกำหนดให้มี field blank ในการควบคุมการปนเปื้อนในระหว่างการเก็บตัวอย่าง กระดาษกรองที่ใช้เป็น field blank เป็นกระดาษกรองที่ซั้งในช่วงเวลาเดียวกับกระดาษกรองอื่นที่นำไปใช้ในการเก็บตัวอย่าง แต่นำมาใช้สำหรับตรวจสอบการและควบคุมการปฏิบัติงานระหว่างการขนส่งและการเก็บตัวอย่าง โดย field blank จะไปคู่กับกระดาษกรองในชุดเดียวกันที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างจริงทุกขั้นตอน รวมทั้งการนำไปใส่ในเครื่องมือเก็บตัวอย่าง และการซั้งน้ำหนัก สัดส่วนของ blank มีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนกระดาษกรองทั้งหมด
- กระดาษกรองที่ผ่านการซั้งน้ำหนักแล้วให้ห่อด้วยแผ่นอลูมิเนียมป้องกันแสงและเก็บในตู้แช่ที่อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส (รูปที่ 2-8) เพื่อลดการสูญเสียสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของตัวอย่างฝุ่น

รูปที่ 2-8 กระดาษกรอง Quartz จะผ่านการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 650 องศาเซลเซียสเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้งาน



บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

รูปที่ 2-9 อุปกรณ์กำจัดไฟฟ้าสถิตย์จากกระดาศกรง (StaticMaster™)



รูปที่ 2-10 กระดาศกรงที่ผ่านการเก็บตัวอย่างและซังน้ำหนักถูกเก็บภายในตู้แช่ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส



ข้อมูลเกี่ยวกับหมายเลขกระดาษกรอง น้ำหนัก อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ผู้ชั่งน้ำหนักวันเก็บ ตัวอย่าง เครื่องที่ใช้ สถานีเก็บตัวอย่าง การปรับสภาพกระดาษกรองจะถูกบันทึกไว้ในแบบฟอร์มที่กำหนด (Chain of custody) ดังตารางที่ 2-5.

2.7 ข้อมูลเพิ่มเติม

ข้อมูลด้านมลพิษอากาศอื่นๆ ที่ไม่ได้ทำการตรวจวัดเองจะเป็นข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษที่อยู่ในพื้นที่และบริเวณใกล้เคียง ทั้งนี้รวมถึงข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาด้วย ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ ได้แก่ ก๊าซมลพิษ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ทิศทางลม ความดันบรรยากาศ ข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่นำมาเสริมกับข้อมูลปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล โดยต้องขอความร่วมมือสนับสนุนข้อมูลจาก คพ. และกรมอุตุนิยมวิทยา การใช้ข้อมูลเหล่านี้ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้อีกมาก เนื่องจากไม่ต้องตั้งสถานีตรวจวัดขึ้นเองแต่เป็นส่วนหนึ่งของงานประจำที่ทำการตรวจวัดโดยหน่วยงานดังกล่าวอยู่แล้ว

2.8 การเก็บตัวอย่างฝุ่นจากแหล่งกำเนิด

นอกเหนือไปจากการเก็บตัวอย่างในบรรยากาศ การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดหลักควบคู่ไปด้วย เพื่อให้ได้ข้อมูลบางส่วนที่เป็นตัวแทนสภาพอากาศในปัจจุบัน การเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดในการศึกษานี้จึงเป็นเพียงส่วนเสริมที่ต้องการเพิ่มเติมข้อมูลแหล่งกำเนิดฝุ่นหลักที่มีอยู่บ้างแล้ว งานเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดในลักษณะนี้ไม่ใช่วัตถุประสงค์หลักของการศึกษา แต่เป็นงานที่ต้องทำอย่างต่อเนื่องเพิ่มเติมซึ่งต้องใช้เวลาทำให้ครอบคลุมแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศหลากหลายประเภทของพื้นที่กรุงเทพฯ หรือพื้นที่อื่น การศึกษานี้เก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรมที่ประยุกต์ตาม U.S.EPA Method 17 รูปที่ 2-10 แสดงแผนภูมิของการเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิด ตัวอย่างที่ได้นำไปวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีเช่นเดียวกับตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศจากสถานีถาวร รายละเอียดของการเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดมีดังนี้

2.8.1 การเผาหญ้า ขยะมูลฝอย ฟืน/ถ่าน

การเก็บตัวอย่างฝุ่นในส่วนนี้ใช้วิธีจำลองการเผาวัสดุที่ต้องการในบรรยากาศด้วยเครื่อง MiniVol™ จำนวน 4 เครื่องพร้อมกัน แบ่งเป็นฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนชนิดละ 2

เครื่อง โดยมีการเก็บตัวอย่างฝุ่นทั้งสองขนาดในพื้นที่ใกล้เคียง (เหนือลม) ไปพร้อมกัน เพื่อหาค่าปริมาณฝุ่นที่มีอยู่แล้วในบรรยากาศในพื้นที่ (Background) ควบคุมไปด้วย โดยนำค่า background ไปหักลบกับฝุ่นที่เก็บตัวอย่างได้จากการเผา จำนวนตัวอย่างที่เก็บทั้งหมดแบ่งเป็นการเผาวัสดุประเภทละ 3 ตัวอย่าง คือ การเผาหญ้า การเผาขยะมูลฝอย และการเผาฟืน/ถ่าน รวมจำนวนตัวอย่างฝุ่นทั้งสองขนาดเป็น 18 ตัวอย่าง โดยเก็บบนกระดาษกรอง Quartz และ Teflon[®] เช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศทั่วไป ฝุ่นที่ได้ผ่านการชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณความเข้มข้นก่อนนำไปวิเคราะห์หาธาตุด้วยเครื่อง ICP-AES, ICP-MS, GFAAS, FAAS หลังจากด้วยการสกัดด้วยกรด การวิเคราะห์หาไอออนใช้การสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออนพร้อมการทำ sonication ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง IC ส่วนการวิเคราะห์หา OC/EC ใช้เครื่อง CHNS/O Analyzer รุ่น 2400 II

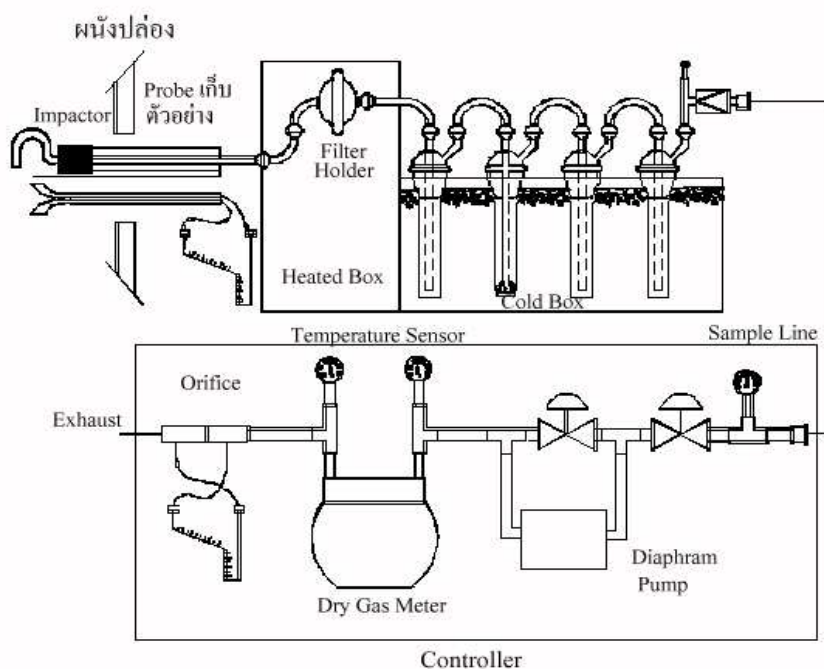
2.8.2 อุตสาหกรรมที่ใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา ชีวมวล

การเก็บตัวอย่างฝุ่นจากปล่องหม้อต้มไอน้ำของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ประเภท ด้วยการใช้ Andersen In-Stack Cascade Sampler รุ่น Mark III ร่วมกับ Auto5TM Sampler (Thermo Andersen, Atlanta, GA) หรือปั๊มดูดอากาศ พร้อมอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ การเก็บตัวอย่างใช้อัตราการดูดคงที่ประมาณ 0.2 หรือ 0.5 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในปล่อง) เพื่อให้ฝุ่นที่มีขนาดใกล้เคียงกับขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนมากที่สุด เนื่องจากการเก็บตัวอย่างในปล่องที่มีอุณหภูมิสูง (ระดับของอุณหภูมิขึ้นอยู่กับลักษณะของหม้อต้มไอน้ำและการออกแบบปล่องระบายอากาศ) กระดาษกรองเป็นกระดาษกรองใยแก้วที่มีการตัดเป็นพิเศษที่ผลิตขึ้นสำหรับ In-Stack Cascade Sampler รุ่น Mark III (รูปตัวอย่างกระดาษกรองที่ผ่านการเก็บตัวอย่างแสดงในบทที่ 3) ฝุ่นที่ผ่านการเก็บตัวอย่างถูกนำชั่งน้ำหนักและนำไปวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการดังได้อธิบายแล้วในข้อ 2.7.1 จำนวนตัวอย่างที่เก็บทั้งหมดแบ่งเป็นประเภทของเชื้อเพลิงประเภทน้ำมันดีเซล น้ำมันเตาเกรดซี และชีวมวลชนิดละ 3 ตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้มีจำนวนตัวอย่างฝุ่นทั้งสองขนาด 18 ตัวอย่าง ตัวอย่างฝุ่นจากการเผาไหม้ชีวมวลที่ทำการเก็บตัวอย่างคือ เศษไม้ ชี้อ้อย (ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงหม้อต้มไอน้ำ)

2.8.3 รถยนต์ดีเซลขนาดเล็กและขนาดใหญ่

การเก็บตัวอย่างฝุ่นจากยานพาหนะได้ดำเนินการเฉพาะในส่วน of รถยนต์ดีเซล ได้แก่ รถบรรทุกขนาด 1 ตัน (รถปิคอัพ/รถตู้โดยสาร) และรถบรรทุกขนาดใหญ่ โดยใช้การเก็บโดยตรงจากท่อไอเสียของรถยนต์ด้วยเครื่อง MiniVol™ ชนิดไม่มีการทำให้เจือจาง (dilution) ด้วยอากาศภายนอกก่อนเข้าเครื่องเก็บตัวอย่างสำหรับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน กระดาษกรองที่ใช้เป็น Quartz ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มม. รวม 6 ตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีเช่นเดียวกับตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดอื่น อนึ่งการเก็บตัวอย่างฝุ่นจากยานพาหนะมิได้ใช้การทดสอบบนแท่นทดสอบรถยนต์ (Dynamometer) เนื่องจากประสบกับอุปสรรคการใช้เครื่องทดสอบและเครื่องซำดูด ต้องใช้เวลาในการซ่อมบำรุงทำให้กำหนดเวลาทำงานไม่สอดคล้อง ฝุ่นที่ผ่านการเก็บตัวอย่างถูกนำส่งน้ำหนักและนำไปวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการดังได้อธิบายแล้วในหัวข้อ 2.7.1

รูปที่ 2-11 แผนภูมิการเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรมด้วย In-stack Impactor



2.9 การหาการกระจายตัวของฝุ่นขนาดต่าง ๆ (Particle Size Distribution)

ส่วนหนึ่งของการศึกษาในครั้งนี้จะเกี่ยวข้องกับการศึกษาการกระจายของฝุ่นขนาดต่างๆ ในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร การวิจัยในส่วนนี้ถือเป็นการวิจัยพื้นฐานด้านคุณภาพอากาศและวิทยาศาสตร์ของสภาพบรรยากาศ (Atmospheric Science) ที่สามารถใช้เป็นส่วนสนับสนุนฐานข้อมูลคุณภาพอากาศ (Hind, 1982) รวมทั้งเป็นส่วนที่สามารถดำเนินการควบคู่ไปกับการเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาสัดส่วนแหล่งกำเนิดฝุ่น โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นที่เรียกว่า Andersen 1 ACFM Particle Fractionating Sampler (หรือ Andersen Cascade Impactor, Thermo Andersen, Atlanta, GA) ร่วมกับปั๊มดูดอากาศแบบไม่ใช้น้ำมันของ Thomas รุ่น QR-0050 (Monroe, LA) โดยเครื่องเก็บตัวอย่างสามารถแยกขนาดของฝุ่นได้ 8 ชั้น ครอบคลุมขนาดของฝุ่นในช่วง 0.43-0.65, 0.65-1.1, 1.1-2.1, 2.1-3.3, 3.3-4.7, 4.7-7.0, 7.0-11.0, และ ≥ 11.0 ไมครอน โดยใช้อัตราการดูดอากาศ 1 ลบ.ฟุตต่อนาทีตามที่ได้ออกแบบให้ใช้กับอุปกรณ์ Anderson Cascade Impactor อัตราการดูดอากาศใช้การสอบเทียบผ่าน bubble flow meter และใช้อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศชนิดลูกกลอย (rotameter) ขาดังพร้อมหลังคาสำหรับเครื่อง High Volume Air Sample ถูกนำมาครอบด้านบนเพื่อป้องกันไม่ให้เศษสิ่งสกปรกหรือน้ำฝนผ่านลงสู่กระดาดทรง รูปที่ 2-11 แสดงให้เห็นถึงส่วนของ Anderson Cascade Impactor และขวยยังขณะเก็บตัวอย่าง กระดาดทรงขนาด 110 มม. (Pall Corp., MI) ที่ผ่านการปรับสภาพและซังน้ำหนักก่อนและหลังเก็บตัวอย่างนำมาคำนวณร่วมกับปริมาณอากาศที่ดูดผ่านกระดาดทรงทั้งหมด น้ำหนักของฝุ่นในแต่ละช่วงขนาดจะนำมาใช้แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของฝุ่นในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างของโครงการฯ

รูปที่ 2-12 Andersen 1 ACFM Particle Fractionating Sampler ที่ใช้เก็บตัวอย่างหาการกระจายตัวของฝุ่นขนาดต่าง ๆ ในบรรยากาศ



2.10 การวิเคราะห์หาธาตุโลหะจากตัวอย่างฝุ่น

วิธีการวิเคราะห์หาธาตุโลหะที่ได้วางแผนไว้ในเบื้องต้นเป็นการใช้กระดาศกรอง Teflon[®] กับเครื่อง X-Ray Fluorescent Spectrometer (XRF) ของ Fisons Instrument (UK) ที่ให้พลังงานได้สูงประมาณ 3 กิโลวัตต์ชนิดที่เรียกว่า wavelength dispersive (WDXRF) ซึ่งใช้ crystal diffraction ในการตรวจวัด fluorescent X-Ray ของธาตุต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม เครื่อง WDXRF ของ วศ. ได้ชำรุดและไม่สามารถใช้งานวิเคราะห์ตัวอย่างได้ตามแผน ทำให้ต้องเปลี่ยนวิธีวิเคราะห์หาธาตุโลหะจากตัวอย่างฝุ่นไปเป็นการใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS) รุ่น Elan 6000 ของ PerkinElmer Instrument (รูปที่ 2-12) และเสริมด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES) รุ่น Optima 3000 ของ PerkinElmer Instrument ดังแสดงในรูปที่ 2-13 นอกจากนี้ เครื่องมือเสริมที่ใช้ยังประกอบด้วยเครื่อง Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (GFAAS) รุ่น SIMMA ของ PerkinElmer Instrument และ Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS) รุ่น Avanta ของ GBC Scientific Equipment (Melbourne, Australia) ดังแสดงในรูปที่ 2-14 ในกรณีที่ธาตุบางตัวไม่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ด้วย ICP-MS และ ICP-AES เช่น ปัญหาการรบกวนกันธาตุที่มีอยู่ในสารมาตรฐาน/ตัวอย่าง (interference) หรือมีปัญหาเรื่องปริมาณธาตุบางครั้งที่มีอยู่มากเกินไปจนทำให้อุปกรณ์วัดสัญญาณในเครื่องมือมีปัญหา (saturation) ในบางครั้ง

รูปที่ 2-13 เครื่อง Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) Elan 6000 ที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณธาตุโลหะ



บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

รูปที่ 2-14 เครื่อง Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES) ที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณธาตุโลหะบางชนิด



รูปที่ 2-15 เครื่อง Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS) ที่ใช้เสริมวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโลหะบางชนิด



การวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่นใช้เครื่อง ICP-MS รุ่น Elan 6000 ของ Perkin-Elmer (PerkinElmer Instruments, Shelton, CT) เป็นหลักร่วมกับเครื่อง ICP-AES รุ่น Optima 3000 ของ PerkinElmer Instruments เนื่องจากอัตราการดูดอากาศของเครื่องเก็บตัวอย่างเป็นชนิดต่ำ (low flow) ที่ระดับ 5 ± 0.010 ลิตรต่อนาที ซึ่งต่างกับเครื่องมือเก็บตัวอย่างที่ใช้กันทั่วไป เช่น High Volume Air Sampler หรือ Dichotomous Sampler ที่มีอัตราการดูดอากาศในระดับสูงกว่าสามเท่าของเครื่อง MiniVol™ จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพสูง การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุกำหนดไว้ทั้งสิ้น 18 ธาตุ ได้แก่ Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Ni, Na, Pb, Si, Ti, V และ Zn อย่างไรก็ตาม การทดสอบเบื้องต้นพบว่าตัวอย่างฝุ่นที่เก็บโดย MiniVol™ ที่อัตราการดูดอากาศประมาณ 5 ± 0.010 ลิตรต่อนาที มีปริมาณค่อนข้างต่ำ ส่งผลให้การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุหลักในอากาศลดลงเหลือประมาณ 10-12 ธาตุ แต่ก็เพียงพอสำหรับการหาสัดส่วนฝุ่นของแหล่งกำเนิดหลัก (Source apportionment)

อนึ่ง การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง ICP หรือ GFAAS หรือ FAAS จำเป็นต้องมีการย่อยตัวอย่างด้วยกรดไนตริกผสมไฮโดรคลอริกในห้องปฏิบัติการที่เป็นธาตุของฝุ่นอยู่ในรูปของสารละลาย ก่อนนำไปกรองเพื่อแยกสารแขวนลอยออกไม่ให้เกิดการอุดตันที่ระบบอัดฉีดตัวอย่างให้เป็นละอองฝอย (nebulizer) การย่อยตัวอย่างฝุ่นใช้วิธี US.EPA IO.3-1 (US.EPA, 1999a) ข้อจำกัดอีกส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์หาธาตุด้วยเครื่อง ICP โดยเฉพาะเครื่อง ICP-MS ที่มีอยู่ในหน่วยงานไม่กี่แห่งเพราะเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ที่มีราคาสูง ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ค่อนข้างแพง และต้องการการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง ส่วน GFAAS/FAAS ใช้วิเคราะห์หาธาตุได้เพียง 1 ธาตุในแต่ละครั้งทำให้การวิเคราะห์ต้องใช้เวลาอย่างมากเพื่อในการวิเคราะห์ให้ครบทุกธาตุในแต่ละตัวอย่าง

2.10.1 ขั้นตอนการสกัดกระดาศกรงสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณโลหะด้วยเครื่อง ICP - MS หรือ ICP-OEA และ GFAAS หรือ FAAS (Standard Operating Procedure – SOP) หมายเลขเอกสาร SOP ที่ SASBMA-SOP03

- เตรียมสารละลายที่ใช้ในการสกัดตัวอย่างด้วยการผสมกรดไนตริกเข้มข้นที่มีความบริสุทธิ์สูงกับกรดไฮโดรคลอริกและน้ำปราศจากอ็อกโซน (Type I) เพื่อให้ได้สารละลายผสมที่มีความเข้มข้น $5.55\% \text{HNO}_3 / 16.75\% \text{HCl}$
- เครื่องแก้วประเภทบิคเกอร์ ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ปิเปต (Class A) เป็นของใหม่หรือชนิดที่ไม่ผ่านการใช้ในงานวิเคราะห์สารมลพิษมาก่อน รวมทั้ง

ผ่านการล้างด้วยกรดร่วมกับการใช้ความร้อน (ยกเว้น ขวดปริมาตรปิเปต) และแช่ในกรดอย่างน้อย 24 ชั่วโมงเพื่อป้องกันการปนเปื้อน

- นำกระดาศกรองที่ผ่านการซังน้ำหนักและเก็บอยู่ในตู้เย็นมาใส่ในบิคเกอร์ด้วยการคว่ำน้ำลง ก่อนเติมสารละลายผสมในปริมาตร 10 มล. ปิดด้วยกระจกนาฬิกา (ribbed watch glass) ก่อนนำไปตั้งบนเตาให้ความร้อนที่อยู่ในตู้ดูดควันที่อุณหภูมิประมาณ 92 – 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ต้องระวังไม่ให้ตัวอย่างแห้ง
- นำบิคเกอร์ออกจากเตาและปล่อยให้เย็น ก่อนใช้น้ำปราศจากอิออนรินรอบภายในบิคเกอร์และกระจกนาฬิกาเพียงเล็กน้อย (ไม่เกิน 10 มล.) ก่อนตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที ปรับปริมาตรของสารละลายให้ได้ 20 มล. ด้วยน้ำปราศจากอิออน
- ใช้กระบอกฉีดยาพลาสติกชนิดใช้แล้วทิ้งดูดสารละลายก่อนใส่ชุดกรองที่ปลายกระบอกฉีดยา ชุดกรองประกอบด้วยกระดาศกรองชนิดไนลอนขนาด 13 มม. (nylon membrane filter) ที่มีขนาดรูกรอง 0.45 ไมครอนบรรจุอยู่ภายใน ก่อนกรองช้า ๆ ลงสู่หลอดเก็บตัวอย่างพลาสติกที่ผ่านการล้างและแช่ด้วยกรดแล้ว
- ปิดฝาหลอดเก็บตัวอย่างและเขียนรหัสก่อนนำไปเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียสเพื่อรอการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในขั้นตอนต่อไป

2.11 การวิเคราะห์อิออนหลักในฝุ่น

แหล่งกำเนิดของสารมลพิษในบรรยากาศมีหลายส่วนที่เกี่ยวข้องกับอิออนทั้งที่ละลายน้ำได้และละลายน้ำไม่ได้ โดยอิออนเหล่านี้สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้แหล่งกำเนิดของอิออนเหล่านี้ได้ เช่น ซัลเฟตอิออนเกิดจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งปล่อยสู่บรรยากาศจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน เป็นต้น การวิเคราะห์หาอิออนเหล่านี้ทำหลังจากการวิเคราะห์หาโลหะหนักในฝุ่นโดยเครื่อง XRF หรือ ICP-AES โดยนำฝุ่นที่อยู่บนกระดาศกรอง Teflon® หรือ Quartz (หรือ glass fiber filter ในกรณีของการเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิด) มาสกัดด้วยน้ำที่ปราศจากอิออน (de-ionized water) แล้วใช้เครื่อง Ion Chromatography (IC) เป็นเครื่องมือหลักในการหาคลอไรด์ (chloride), ซัลเฟต (sulfate), ไนเตรต (nitrate) และแอมโมเนีย (ammonia) เนื่องจากเป็นสารที่ละลายน้ำได้ดีและเป็นองค์ประกอบหลักของ

ฝุ่นในบรรยากาศ การสกัดตัวอย่างจะทำในตู้ที่สร้างขึ้นเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากลมหายใจของมนุษย์ที่จะมีผลต่อปริมาณไอออนในตัวอย่าง นอกจากนี้ การวิเคราะห์ให้ได้หาปริมาณฟอสเฟตในสารสกัดเพิ่มเติมด้วยอีกชนิดหนึ่ง เครื่อง IC ที่จะใช้เป็นเครื่อง Dionex DX-120 แบบที่ใช้ IonPac® AS14 Analytical and AG14 Guard เป็นตัวแยก (column) เครื่อง IC จะใช้ตัวอย่างปริมาณน้อยในการวิเคราะห์โดยไอออนจะถูกแยกผ่านตัวแยกขึ้นอยู่กับความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุของไอออนที่มีอยู่ในสารละลายตัวอย่างกับตัวแยก ปริมาณไอออนที่แยกได้จะถูกตรวจวัดด้วยอุปกรณ์วัดค่าการนำไฟฟ้าและนำไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อคำนวณปริมาณไอออนในตัวอย่าง การวิเคราะห์สารละลายตัวอย่างทำผ่านเครื่องป้อนตัวอย่างอัตโนมัติ ทำให้ต้องใช้สารตัวอย่างในปริมาตร 5-6 มล. ต่อขวด การวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของไอออนแต่ละชนิดจะทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้กับพื้นที่ใต้กราฟของค่ากราฟมาตรฐาน โดยใช้สารละลายไอออนลบมาตรฐานซัลเฟต ไนเตรท และคลอไรด์ (Cat.No.269107, Alltech Associates Inc., CA) ส่วนของสารละลายมาตรฐานที่เป็นไอออน บวกคือ แอมโมเนีย (Cat.No.26910300, Alltech Associates Inc., CA)

2.11.1 ขั้นตอนการสกัดกระดาศกรงสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณไอออนด้วยเครื่อง Ion

Chromatography -- IC (Standard Operating Procedure – SOP) หมายเลขเอกสาร
โครงการที่ SASBMA-SOP04

- ตรวจสอบตารางการทำงานและหมายเลขรหัสกระดาศกรงที่ต้องนำมาใช้วิเคราะห์หาปริมาณไอออนด้วยเครื่อง IC
- จัดเตรียมและตรวจสอบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน นำเอาถ้วยแก้วซึ่งน้ำหนักขนาด 40 มล พร้อมฝาปิดที่ผ่านการล้างทำความสะอาดออกจากถุงพลาสติกที่มีซีลปิดจำนวน 8 ชุด เตรียมอุปกรณ์ใส่กระดาศกรง Supor® (Cat.No.60170, Pall Corp., MI) และกระดาศกรงขนาด 13 มม จำนวน 8 ชุด ปิเปตปริมาตร 25 มล จำนวน 1 ชุด หลอดฉีดยาปริมาตรใหม่ 10 มล จำนวน 8 ชุด หลอดแก้ว/พลาสติกใส่น้ำตัวอย่างพร้อมฝาปิดจำนวน แผ่นเทป Teflon® แผ่นอลูมิเนียมห่อขวดตัวอย่าง ถุงพลาสติกซีลใส่ขวดตัวอย่าง น้ำปราศจากไอออน เอทานอล แผ่นเขียนรหัสสติกเกอร์ ปิเปตอัตโนมัติที่ปรับปริมาตรได้ 200 มคล
- ระบายน้ำที่มีอยู่ในเครื่อง sonicator ทำความสะอาดภายในด้วยฟองน้ำสะอาด และเปลี่ยนถายน้ำกลั่นให้ระดับน้ำไม่ต่ำกว่า 2/3 ส่วนของเครื่อง ปรับระดับตะแกรงอลูมิเนียมให้พอดีกับขอบถ้วยแก้วซึ่งน้ำหนัก

- นำกระดาศกรองออกจากตู้เก็บรักษาตัวอย่างแล้วนำไปตั้งในตู้สกัดตัวอย่างที่ห้อง 317 (รูปที่ 2-15) เพื่อให้ตัวอย่างคลายความเย็นกลับเข้าสู่อุณหภูมิห้อง ถ้ายกระดาศกรองสั้วด้วยแก้วซึ่งน้ำหนักด้วย กรณีที่เป็นกระดาศกรอง Teflon[®] ให้ใช้ปิเปตดูดเอทานอล 200 มล. แล้วหยดลงบนผิวกระดาศกรองให้ทั่วเพื่อช่วยให้กระดาศกรองเปียกน้ำ ก่อนคว่ำหน้าลงในถ้วยซึ่งน้ำหนัก แล้วเติมน้ำปราศจากอ็อกโซน 25 มล ลงในถ้วยและปิดฝาให้สนิท
- นำถ้วยใส่กระดาศกรองไปใส่ในเครื่อง sonicator เป็นเวลา 20 นาที เพื่อใช้คลื่นเสียงเป็นตัวช่วยสกัดสารที่มีอยู่ในตัวอย่างให้ออกมาในสารละลาย
- เมื่อครบกำหนดเวลาให้น้ำถ้วยออกจากเครื่อง sonicator ทันที และนำไปไว้ในตู้สกัดตัวอย่าง เพื่อทำการกรองสารแขวนลอยออกจากสารละลายตัวอย่างด้วยกระดาศกรอง Supor[®] ก่อนแบ่งใส่ขวดเก็บตัวอย่างและปิดฝา บันทึกรหัสของตัวอย่างพร้อมทั้งห่อขวดเก็บตัวอย่างด้วยแผ่นอลูมิเนียมป้องกันแสง ก่อนนำไปใส่ถุงพลาสติกทึบและนำไปใส่ตู้แช่ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส

รูปที่ 2-16 ตู้พร้อมที่ดูดอากาศ (hood) ที่ใช้สำหรับสกัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณอ็อกโซน



2.12 การวิเคราะห์หาสารคาร์บอนในฝุ่น

การวิเคราะห์หาคาร์บอนในฝุ่นที่เก็บจากบรรยากาศจะเป็นการหากลุ่มของสารคาร์บอน 2 ประเภท ได้แก่ organic carbon (OC) และ elemental carbon (EC) วิเคราะห์หาสารคาร์บอนในบรรยากาศที่เก็บด้วยกระดาศกรงชนิด quartz fiber จะใช้วิธีให้ความร้อนเพื่อให้คาร์บอนออกมาในรูปของก๊าซและวัดปริมาณก๊าซที่ได้เป็นปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่ในตัวอย่าง วิธีการที่ได้ใช้ในงานวิจัยโดย US.EPA เป็นวิธี thermal-optical analysis (Turpin *et al.*, 1990) แต่เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หา OC และ EC ยังไม่มีในประเทศไทยและในประเทศใกล้เคียง จึงต้องใช้วิธีที่เป็นทางเลือกจากการใช้เครื่องมือที่ทำงานในลักษณะที่ใกล้เคียงกัน Chen *et al.*, (1997) ได้รายงานการใช้เครื่อง Elemental Analyzer สำหรับวิเคราะห์หา OC และ EC ในตัวอย่างฝุ่นแต่ละขนาดที่เก็บได้ในบรรยากาศ โดยฝุ่นที่เก็บตัวอย่างบนกระดาศกรง Quartz จะผ่านการให้ความร้อนเพื่อให้สารคาร์บอนออกมาและวัดปริมาณความเข้มข้น และจัดหาสารมาตรฐาน (reference material) ที่มีปริมาณคาร์บอนในระดับต่ำมาใช้แทน Acetanilide ที่มีปริมาณคาร์บอนสูงประมาณ 71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสารมาตรฐานที่ใช้เป็น BS Slag 1 และ BS Slag 2 (Brammer Standard Company, TX) มีปริมาณคาร์บอนประมาณ 0.07 เปอร์เซ็นต์ เครื่อง CHNS/O จะใช้เวลาค่อนข้างนานในการเร่งอุณหภูมิของเตาให้สูงประมาณ 900 องศาเซลเซียส เตาที่ติดชั้น 640 องศาเซลเซียสและให้สัญญาณของอุปกรณ์คั่งที่ ก่อนทำการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ด้วยสารมาตรฐาน Acetanilide อย่างน้อย 3 ครั้ง และจนกว่าค่าปัจจัยเค (K-factor) จะอยู่ในเกณฑ์ในระดับตามที่กำหนดไว้โดยบริษัทผู้ผลิต คือ คาร์บอน 16 ± 3.5 , ไฮโดรเจน 50 ± 20 , และไนโตรเจน 6 ± 3

ตัวอย่างที่เป็นกระดาศกรงจะถูกตัดให้มีพื้นที่คงที่ด้วยที่เจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 นิ้ว จำนวน 2 ชิ้นในแต่ละซี่ของกระดาศกรง Quartz เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารคาร์บอนทั้งหมด (TC) จำนวน 1 ชิ้น และอีก 1 ชิ้นสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณ EC แต่ก่อนทำการวิเคราะห์ตัวอย่างต้องนำกระดาศกรงไม่ได้ใช้เก็บตัวอย่างและผ่านการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 650 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงเพื่อกำจัดสารตกค้างบนกระดาศกรงมาวิเคราะห์หาค่าพื้นฐานของสัญญาณ (background) ก่อนทำการสอบเทียบด้วยสารมาตรฐาน ตัวอย่างจะถูกชั่งและบรรจุอยู่ในถ้วยดีบุกก่อนนำไปให้ความร้อนตามโปรแกรมของเครื่อง ก่อนการวิเคราะห์กระดาศกรงที่ใช้หาปริมาณของ EC จะผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 340 องศาเซลเซียสเพื่อกำจัดปริมาณ OC ก่อนเข้าเครื่อง CHNS/O Analyzer Perkin Elmer รุ่น PE 2400 II (PerkinElmer Instruments, Shelton, CT) ส่วนของชิ้นกระดาศกรงที่นำไปวิเคราะห์หา TC สามารถนำไปวิเคราะห์ได้เลย ปริมาณ

สารคาร์บอนในส่วนที่เป็น OC คำนวณได้จากผลต่างของ TC - EC การวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นเพื่อหาปริมาณ OC/EC จะเน้นให้ความสำคัญที่ตัวอย่างของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนเนื่องจากค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ค่อนข้างสูงรวมทั้งข้อจำกัดของการเข้าถึงและใช้เครื่องมือที่ต้องขอความอนุเคราะห์จากผู้รับผิดชอบ วิธีการวิเคราะห์จึงใช้ตามที่มีการศึกษาโดย Chen *et al.*, (1997) เนื่องจากเป็นวิธีหนึ่งที่น่ามาใช้แทนแทนเครื่องมือ Carbon Analyzer ที่ใช้กันทั่วไปในการศึกษาด้านการหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดฝุ่นในหลายประเทศ (Turpin *et al*, 1990; Chow *et al*, 1993; US.EPA, 1996; Abu-Allaban *et al*, 2002)

2.12.1 ขั้นตอนการเตรียมกระดาศกรงสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน (OC/EC) ด้วยเครื่อง CHNS/O Analyzer ของ Perkin Elmer รุ่น PE 2400 II (Standard Operating Procedure – SOP) หมายเลขเอกสารโครงการที่ SASBMA-SOP05

- สวมถุงมือปราศจากแป้งทุกครั้งก่อนทำงาน
- ทำความบริเวณพื้นที่เตรียมตัวอย่างให้สะอาด รวมทั้งแท่งเจาะกระดาศกรง และแผ่นรองปูพื้นด้วย Isopropanol
- นำดรัมใส่กระดาศกรงเปล่าที่สะอาดมาทำการลงรหัสกระดาศกรงสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน
- นำกระดาศกรงชนิด Quartz ที่ผ่านการซักรีดน้ำหนักแล้วออกจากตู้แช่ และใช้คีมที่พันปลายด้วยเทป Teflon คีบออกจากดรัมที่ใส่กระดาศกรง
- นำกระดาศกรงไปวางไว้บนแผ่นรองปูพื้นและกดที่ปลายขอบกระดาศกรงด้วยคีมคีบ ก่อนใช้แท่งเจาะค่อย ๆ กดลงบนกระดาศกรงเพื่อทำให้เป็นรู ทำซ้ำเพื่อให้ได้ตัวอย่าง 2 ชิ้นสำหรับการวิเคราะห์หา TC และ EC
- นำกระดาศกรงที่เจาะได้ใส่ในดรัมใส่กระดาศกรงที่เตรียมไว้แล้วปิดฝา ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อเตรียมวิเคราะห์หาปริมาณ TC
- นำกระดาศกรงชิ้นแรกไปใส่เตาอบที่อุณหภูมิประมาณ 340 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 30 นาทีเพื่อกำจัด OC ก่อนนำออกไปวางให้เย็นประมาณ 5 นาที ก่อนชั่งน้ำหนักเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ EC ด้วยเครื่อง CHNS/O Analyzer
- การเตรียมกระดาศกรงที่เป็น blank จะทำการเจาะกระดาศกรงที่ผ่านการกำจัดสิ่งตกค้างออกแล้วให้เป็นรูด้วยแท่งเจาะเป็นจำนวนอย่างน้อย 5-10 ชิ้นต่อ

การวิเคราะห์แต่ละครั้ง ก่อนเก็บไว้ใช้เป็น blank ในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง CHNS/O Analyzer ต่อไป

2.13 ประเมินการได้รับสารมลพิษ (exposure assessment) ของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ของประชาชนในพื้นที่ศึกษา

ประเมินการได้รับสารมลพิษ (Exposure assessment) จะใช้ข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน โดยการประเมินจะเกี่ยวข้องกับจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่ที่อาจได้รับปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดในช่วงเวลาตรวจวัด ข้อมูลภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System -- GIS) จะนำมาใช้เป็นเครื่องมือประกอบการประเมิน ทั้งนี้ข้อมูลสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับแผนที่ (map shape file) จะใช้ข้อมูลที่มีอยู่ของหน่วยงานอื่น เพื่อประหยัดงบประมาณในการจัดทำแผนที่ดิจิทัล (digital) และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่แล้ว แผนที่ดิจิทัลของพื้นที่ศึกษาได้รับความอนุเคราะห์จากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม วิธีที่ใช้ใน Exposure assessment จะใช้ข้อมูลของการตรวจวัดฝุ่นเฉลี่ยรายเดือนในระยะเวลา 1 ปีของสถานีตรวจวัดทั้ง 4 แห่ง และเป็นการประเมินแบบเฉลี่ยของประชากรทั่วไปในพื้นที่โดยไม่ใช้ในลักษณะของ Personal exposure assessment (ซึ่งต้องมีการใช้ personal sampler ในกลุ่มของประชากรที่ต้องการศึกษา) การประเมินในครั้งนี้มีสมมุติฐานว่าปริมาณฝุ่นที่ประชากรในพื้นที่ศึกษาได้รับคือ ระดับความเข้มข้นของฝุ่นเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จากสถานีเก็บตัวอย่างในพื้นที่ โดยพิจารณาในส่วนของระยะเวลาที่ประชากรอาจมีโอกาสได้รับฝุ่นเมื่อใช้เวลาอยู่ภายนอกอาคาร การได้รับฝุ่นระยะสั้น (1 ชม) และระยะยาว (8 ชม)

2.14 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่น (source apportionment of PM)

การหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่น (Source apportionment) เป็นแนวทางที่ใช้ในการวางแผนจัดการคุณภาพอากาศให้เกิดประสิทธิภาพและเหมาะสม ใช้เวลาดำเนินการประมาณ 8 เดือน หลังจากการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างบางส่วนสิ้นสุดลง วิธีการทางสถิติจะนำมาใช้เป็นการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัว เช่น สารมลพิษอากาศแต่ละตัวกับข้อมูลด้านอุตุนิยม และการทำ factor analysis, principle component analysis เป็นวิธีหาปัจจัยหลักที่มีความสำคัญและสัมพันธ์

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

กับแหล่งกำเนิดฝุ่น ก่อนนำไปวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการด้าน multivariate analysis เพื่อประเมิน source contribution หากค่าของข้อมูลแตกต่างกันมากทั้งในส่วนองระดับสารมลพิษและหน่วยที่ต่างกัน การปรับค่า (normalization) เป็น Z-score จะช่วยลดให้ข้อมูลที่ใช้มีค่าที่สัมพันธ์กัน ตามสมการ

$$Z_{ij} = \left(\frac{\omega_{ij} - \bar{\omega}_i}{\sigma_i} \right)$$

Z_{ij} = Z-score ของสาร (species) i ในตัวอย่าง j,

ω_{ij} = ความเข้มข้นของสาร (species) i ในตัวอย่าง j,

$\bar{\omega}_i$ = ความเข้มข้นเฉลี่ยของสาร i,

σ_i = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้จะใช้โปรแกรมทางสถิติ วิธีการมาตรฐานอื่นของ U.S. EPA ในการหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่น คือ การใช้วิธีโปรแกรม Chemical Mass Balance (CMB) ซึ่งเป็นการใช้ข้อมูลด้านลักษณะทางเคมีของแหล่งกำเนิด (chemical source profiles) ที่มีอยู่ในฐานข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์ในเชิงสถิติด้วยวิธี linear least square ที่เป็นส่วนหนึ่งของ algorithm ในโปรแกรม CBM ของ U.S.EPA ซึ่งมีการนำโปรแกรมนี้มาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการวางแผนการจัดการด้านคุณภาพอากาศกันไปหลายประเทศ (Alonso *et al.*, 1997; Chen and Wang, 1997; Chow *et al.*, 1992) ปัจจุบันการพัฒนาโปรแกรม CMB ได้มาถึงรุ่น 8 (Version 8) หลักการโดยสังเขปจะเกี่ยวข้องกับการหาความสมดุลมวล (chemical mass balance) ของสารที่เป็นองค์ประกอบหลักในฝุ่นที่ได้ตรวจวัด แสดงได้ดังสมการ

$$C_i = f_{i1}S_1 + f_{i2}S_2 + \dots + f_{ij}S_j$$

C_i = ความเข้มข้นของสาร i ในฝุ่นที่วัดได้ในบรรยากาศ

f_{ij} = สัดส่วนของสาร i ในฝุ่นที่พบในแหล่งกำเนิด j

S_j = ความเข้มข้นของฝุ่นในบรรยากาศที่เกิดจากแหล่งกำเนิด j

J = จำนวนของแหล่งกำเนิดทั้งหมด

2.15 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

โครงการฯ กำหนดระยะเวลาดำเนินงานทั้งสิ้นประมาณ 20 เดือน โดยแบ่งระยะเวลาดำเนินการเป็น 2 ระยะ คือ

- ระยะที่ 1 (ปีที่ 1 = 12 เดือน) การเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน, การเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดหลัก, การหาน้ำหนักของฝุ่น และวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทางเคมี
- ระยะที่ 2 (ปีที่ 2 = 8 เดือน) การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์องค์ประกอบหลักทางเคมีและการสัดส่วนของแหล่งกำเนิด (source apportionment) ฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน รวมทั้งการประเมินระดับการได้รับฝุ่น (exposure assessment) ของประชากรในพื้นที่เก็บตัวอย่างจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา

หมายเหตุ: การขอขยายเวลา (ปีที่ 2) เป็นช่วงขอขยายเวลาดำเนินงานเนื่องจากโครงการฯ ได้เซ็นสัญญาก่อนเริ่มโครงการฯ ได้ประมาณสามเดือนรวมทั้งมีข้อติดขัดในส่วนของเครื่องมือวิเคราะห์ที่ชำรุดระหว่างดำเนินงานจึงจำเป็นต้องขยายเวลาดำเนินงานเพิ่มเติม รวมทั้งปัญหาด้านการประสานงานระหว่างหน่วยงานที่ไม่ลงตัวและการปรับเปลี่ยนหน่วยงาน

เนื่องจากการดำเนินงานโครงการเกี่ยวข้องกับข้อมูลจำนวนมากจึงกำหนดให้มีการใช้สัญลักษณ์และคำย่อของตัวแปรต่าง ๆ (Parameters) เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้ประมวลผลสรุปสัญลักษณ์/คำย่อที่ใช้ในรายงานแสดงในตารางที่ 2-6.

ตาราง 2-6. สัญลักษณ์/คำย่อของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในรายงานฯ

ตัวแปร	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน	PM-2.5	ตรวจวัดด้วยเครื่อง MiniVol™ ยกเว้นส่วนที่คพ. ดำเนินการ (ใช้ FRM)
ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน	PM-10	ตรวจวัดด้วยเครื่อง MiniVol™ ยกเว้นส่วนที่คพ. ดำเนินการ (ใช้ FRM/FEM)
อลูมิเนียม (Aluminium)	Al	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS, ICP-AES
อาเซนิก (Arsenic)	As	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS

ตาราง 2-6. (ต่อ)

ตัวแปร	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
แบเรียม (Barium)	Ba	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS
แคลเซียม (Calcium)	Ca	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS, ICP-AES, FAAS
แคดเมียม (Cadmium)	Cd	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS, ICP-AES
โครเมียม (Chromium)	Cr	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS, ICP-AES
ทองแดง (Copper)	Cu	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS, ICP-AES
เหล็ก (Iron)	Fe	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS, GFAAS
แมกนีเซียม (Magnesium)	Mg	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-AES, FAAS
แมงกานีส (Manganese)	Mn	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS
โมลิบดีนัม (Molybdenum)	Mo	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS
โซเดียม (Sodium)	Na	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS, ICP-AES, FAAS
นิกเกิล (Nickel)	Ni	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS
โปแตสเซียม (Potassium)	K	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS, ICP-AES, FAAS
ตะกั่ว (Lead)	Pb	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS, GFAAS
ดีบุก (Tin)	Sn	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS
วานาเดียม (Vanadium)	V	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS, ICP-AES
สังกะสี (Zinc)	Zn	ตรวจวัดด้วยเครื่อง ICP-MS, GFAAS
ซัลเฟต (Sulfate)	SO ₄ ²⁻	ตรวจวัดด้วยเครื่อง Ions Chromatography (IC)
ไนเตรท (Nitrate)	NO ₃ ⁻	ตรวจวัดด้วยเครื่อง Ions Chromatography (IC)
คลอไรด์ (Chloride)	Cl ⁻	ตรวจวัดด้วยเครื่อง Ions Chromatography (IC)
แอมโมเนียม (Ammonium)	NH ₄ ⁺	ตรวจวัดด้วยเครื่อง Ions Chromatography (IC)
Total Carbon	TC	ตรวจวัดด้วยเครื่อง CHNS/O
Elemental Carbon	EC	ตรวจวัดด้วยเครื่อง CHNS/O
Organic Carbon	OC	ผลต่างของ Total Carbon – Elemental Carbon
ความเร็วลม	WS	ตรวจวัดด้วย Anemometer โดยคพ./อุตุฯ
ทิศทางลม	WD	ตรวจวัดด้วย Anemometer โดยคพ./อุตุฯ
อุณหภูมิ	T	ตรวจวัดด้วย Thermohydrograph โดยคพ./อุตุฯ
ความดันบรรยากาศ	P	ตรวจวัดด้วย Barometer โดยคพ./อุตุฯ

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

- หมายเหตุ:
- สถานีเก็บตัวอย่างดินแดง ใช้ตัวย่อ “DD”
 - สถานีเก็บตัวอย่างจันทระเกษม ใช้ตัวย่อ “JK”
 - สถานีเก็บตัวอย่างบ้านสมเด็จ ใช้ตัวย่อ “BD”
 - สถานีเก็บตัวอย่างบางนา ใช้ตัวย่อ “NA”

ตารางที่ 2-5 แบบการชั่งน้ำหนักและการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 หรือ 2.5 ไมครอน

1. สภาพก่อนชั่งน้ำหนัก

1.1 เลขกระดาษกรอง

1.2 ชนิดของกระดาษกรอง

1.3 วันที่ปรับสภาพกระดาษกรอง

1.4 %ความชื้นสัมพัทธ์

1.5 อุณหภูมิ

1.6 วันที่ชั่งน้ำหนัก

1.7 น้ำหนักกระดาษกรอง

1.8 ชื่อผู้ชั่งกระดาษกรอง

Q T
/ /
/ /

PM เลขเครื่อง เลขเบตา เลขหัวเก็บ

10

2.5

--	--	--

2. สภาพของการติดตั้งกระดาษกรอง

2.1 ชื่อสถานีเก็บตัวอย่าง

2.2 วันที่ติดตั้งกระดาษกรอง

2.3 ชื่อผู้ติดตั้ง

2.4 วันที่มีเก็บกระดาษกรอง

2.5 ชื่อผู้เก็บตัวอย่าง

D	J	B	N
/ /			
/ /			

หมายเหตุ

Elapse Time ก่อนเก็บ =

สภาพอากาศ แดด ฝน มีเมฆมาก

3. สภาพของการเก็บตัวอย่าง

3.1 วันที่เครื่องเริ่มเก็บตัวอย่าง

3.2 เวลาเริ่มเก็บตัวอย่าง

3.3 วัน-เวลาที่ไปเก็บเครื่อง

3.4 อัตราการไหลของอากาศ (lpm)

3.5 ปริมาตรรวมของอากาศ (cu.m.)

3.6 อุณหภูมิเฉลี่ย

3.7 %ความชื้นสัมพัทธ์

/ /

AM PM

ลิตร/นาที สภาพอากาศ แดด ฝน มีเมฆมาก

cu. M.

°C

%

หมายเหตุ

Elapse Time หลังเก็บ =

เวลารวม (ชม.) =

4. สภาพหลังเก็บตัวอย่างและการชั่งน้ำหนัก

4.1 ชื่อผู้รับกระดาษกรอง

4.2 วันที่ปรับสภาพกระดาษกรอง

4.3 วันที่ชั่งน้ำหนัก

4.4 %ความชื้นสัมพัทธ์

4.5 อุณหภูมิก่อนชั่ง

4.6 น้ำหนักกระดาษกรอง

4.7 ชื่อผู้ชั่งกระดาษกรอง

/ /
/ /

%

°C

มก.

หมายเหตุ

คำนวณน้ำหนักฝุ่น

น้ำหนักฝุ่น =

=

บทที่ 3 ผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานของโครงการฯ ใช้เวลาทั้งสิ้น 23 เดือน แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1) กระบวนการเก็บตัวอย่างฝุ่นจากสถานีตรวจวัดทั้ง 4 สถานีเป็นเวลาต่อเนื่องกันทุก 6 วันสลับประเภทของกระดาศกรองโดยดำเนินการเป็นเวลา 12 เดือน ตั้งแต่กุมภาพันธ์ 2545 – มกราคม 2546 2) การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ การเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิด การวิเคราะห์ข้อมูล การประมวลผลหาสัดส่วนหลักของฝุ่น การสรุปผลการวิจัย และจัดทำรายงานรวมเวลาประมาณ 11 เดือน ซึ่งการดำเนินโครงการประสบความล่าช้าสืบเนื่องจากต้องรอส่งมอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างในช่วงแรก รวมทั้งอุปกรณ์วิเคราะห์ตัวอย่างชำรุดทำให้ต้องใช้เวลารซ่อมและต้องปรับแผนการดำเนินงานใหม่ รายละเอียดของผลการดำเนินงานโครงการฯ ทั้งหมดมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนจากสถานีเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนให้ได้ตามแผนงานที่ได้เตรียมไว้เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบพื้นที่ทำงาน การเตรียมและทดสอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง (เครื่อง MiniVol™) ได้ดำเนินงานสำเร็จตามแผนงานเก็บตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้หลังจากที่ได้รับมอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง (8 กุมภาพันธ์ 2545) โดยสามารถดำเนินการให้เครื่องมือเก็บตัวอย่างทั้งหมดใช้งานได้ภายในเวลา

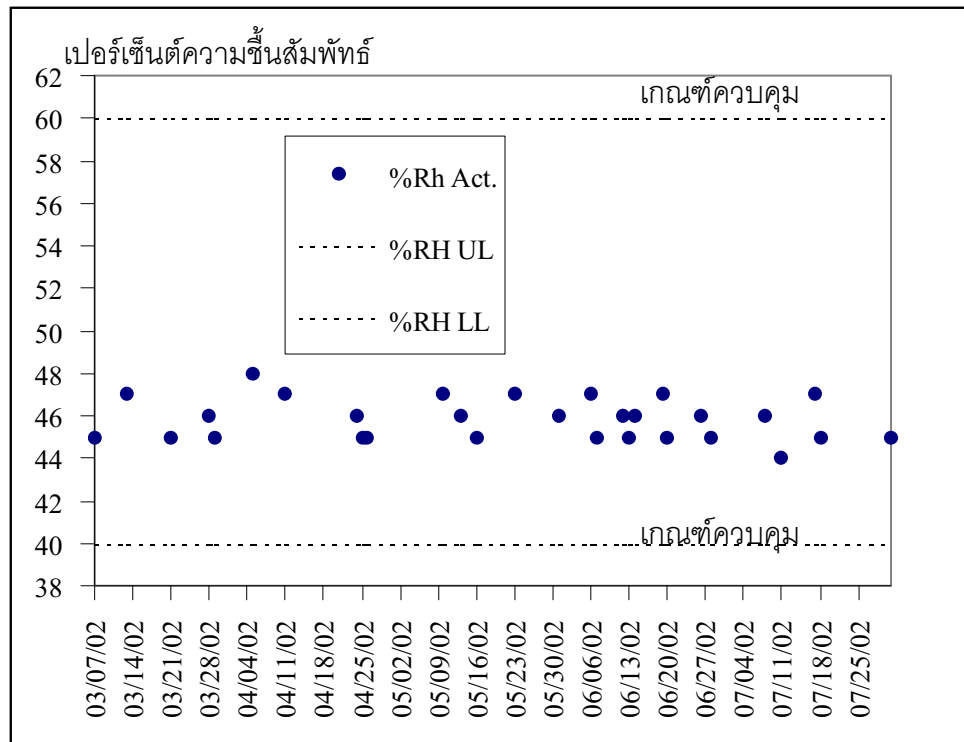
น้อยกว่า 2 สัปดาห์ (19 กุมภาพันธ์ 2545 เริ่มเก็บตัวอย่างพร้อมกันทั้ง 4 สถานี) เครื่อง MiniVol™ ได้ผ่านการทดสอบการทำงานและปรับปรุงอุปกรณ์ให้สามารถทำงานได้ครบกำหนด 24 ชั่วโมง (รายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ข้อ 2.3) ภายในระยะเวลา 12 เดือน โครงการฯ สามารถเก็บตัวอย่างฝุ่นทั้งสองขนาดได้ทั้งสิ้น 113 ครั้ง จากแผนงานที่วางไว้ทั้งสิ้น 115 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความสำเร็จทั้งสิ้น 98 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากช่วงสงกรานต์ 2545 มีการเล่นน้ำสงกรานต์กันในพื้นที่ซึ่งอาจเป็นอันตรายกับเจ้าหน้าที่และทำความเสียหายให้กับเครื่องมือเก็บตัวอย่าง และปีใหม่ 2456 เป็นวันหยุดติดต่อกันหลายวันจึงมีการปิดอาคารห้องปฏิบัติการของ วศ. ทำให้ไม่สามารถใช้ห้องปฏิบัติการสำหรับเตรียมเครื่องมือเก็บตัวอย่างและดำเนินงานสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ รวมทั้งไม่สามารถนำเครื่องมือออกไปติดตั้งในช่วงเวลาดังกล่าวได้

ตัวอย่างฝุ่นที่เก็บด้วยกระดาศกรอง Teflon® และ Quartz ชนิดละ 57 ครั้ง จากการดำเนินโครงการทำให้ได้ตัวอย่างทั้งสิ้น 994 ตัวอย่าง (รวม field blank แล้ว) ภาคผนวก ก. แสดงวันเก็บตัวอย่าง การทำงานและการเก็บตัวอย่างฝุ่นทั้งสองขนาดจากสถานีถาวรทั้ง 4 แห่ง ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2545 ถึง มกราคม 2546 จะเห็นได้ว่าการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งต้องมีการนำเครื่องไปติดตั้งก่อนล่วงหน้า (ก่อนเริ่มวันใหม่หรือวันเก็บตัวอย่าง) และไปนำเครื่องกลับมาตรวจสอบ ซึ่งทำให้ต้องใช้เวลาส่วนใหญ่เดินทางไปสถานีเก็บตัวอย่างแต่ละแห่งอย่างน้อย 19 – 21 วันในแต่ละเดือนเพื่อให้โปรแกรมเก็บตัวอย่างสำเร็จตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ตารางกำหนดการเก็บตัวอย่างและตั้งกระดาศกรองจัดทำขึ้นล่วงหน้าประมาณ 1 เดือนเพื่อให้การประสานงานและแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบเป็นระบบมากขึ้นในการเตรียมอุปกรณ์ การใช้สถานที่ของหน่วยงานต่าง ๆ และการใช้ห้องซึ่ง

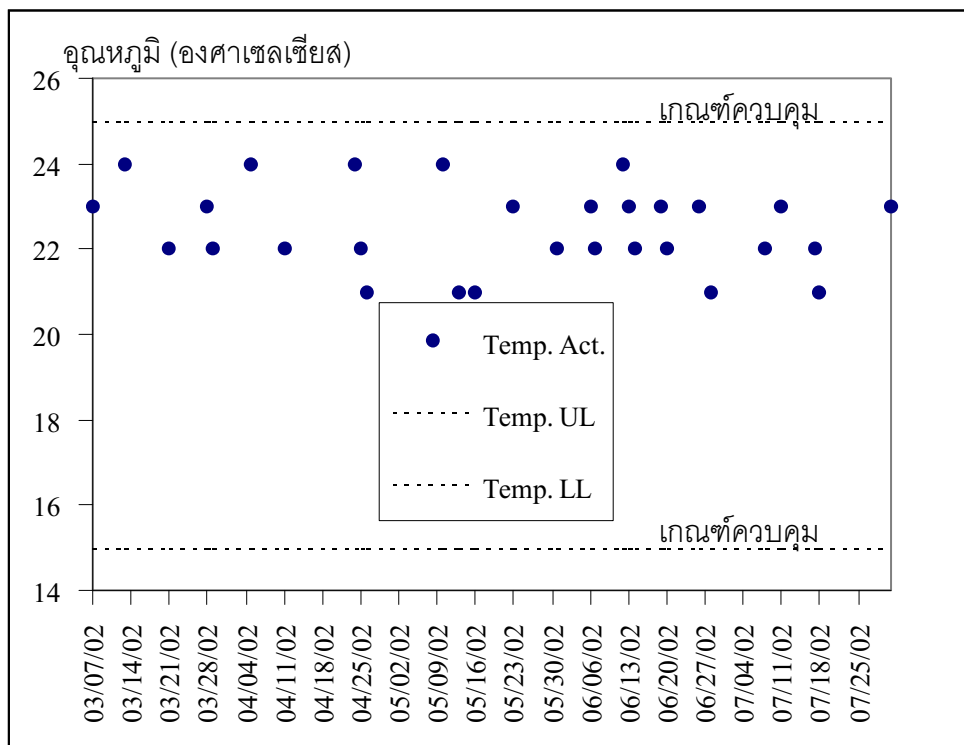
การชั่งน้ำหนักกระดาศกรองตามเกณฑ์ที่วางไว้ในเอกสารโครงการเลขที่ SASBMA-SOP01 ทำให้การชั่งน้ำหนักสามารถทำได้เพียง 3 วันต่อสัปดาห์ เนื่องจากระดับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะอยู่ในเกณฑ์ที่ต่อเนื่องถึงวันพุธของแต่ละสัปดาห์ คือ ระดับความชื้นสัมพัทธ์ $50\% \pm 10\%$ (รูปที่ 3-1) และอุณหภูมิ 20 ± 5 องศาเซลเซียส (รูปที่ 3-2)

จำนวนตัวอย่างของกระดาศกรองที่ผ่านการเก็บตัวอย่างแล้วแต่ไม่ผ่านเกณฑ์ (invalid) คือ 1) ระยะเวลาเก็บตัวอย่างน้อยกว่า 22 ชั่วโมง 2) อัตราการดูดอากาศของเครื่องเก็บตัวอย่างที่ผ่านการสอบเทียบก่อนและหลังเก็บตัวอย่างแตกต่างกันเกิน ± 0.5 ลิตรต่อนาที (หรือแตกต่างกันมากกว่าร้อยละ 10 ของอัตราการดูดอากาศ) 3) น้ำหนักกระดาศกรองภายหลังการเก็บตัวอย่างมีค่าต่ำกว่าน้ำหนักกระดาศกรองก่อนนำไปใช้งาน เนื่องจากความผิดพลาดในการชั่งน้ำหนัก/จดบันทึก ภายหลังเสร็จสิ้นการชั่งและคำนวณหาความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนมีตัว

รูปที่ 3-1. แผนภูมิแสดงระดับที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ในการชั่งน้ำหนักกระดาศกรง



รูปที่ 3-2. แผนภูมิแสดงระดับที่ควบคุมอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ในการชั่งน้ำหนักกระดาศกรง



วันที่

อย่างของกระดาศกรงที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทั้งสิ้นประมาณร้อยละ 9.5 (94 ใน 994 ตัวอย่าง) นอกจากนี้ ปัญหาที่ทำให้จำนวนตัวอย่างไม่ผ่านเกณฑ์ยังเกิดจากสาเหตุอื่น ดังนี้ 1) เครื่อง MiniVol™ ทำงานไม่สมบูรณ์ เช่น อัตราการไหลของอากาศไม่ได้ตามข้อกำหนดของเครื่อง ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และตัวปรับอัตราการไหลของอากาศชำรุดทำให้การเก็บตัวอย่างไม่ครบตามกำหนด แบตเตอรี่ถูกชาร์จไม่เต็ม 2) ข้อบกพร่องของการลงรายละเอียดของชั่งน้ำหนักชนิดพลาสติก รวมทั้งปัญหาการชั่งน้ำหนักคลาดเคลื่อน และ 3) กระดาศกรงชำรุดภายหลังจากการเก็บตัวอย่างเสร็จสิ้น ตัวอย่างของปัญหาของกระดาศกรงที่ชำรุดแสดงในรูปที่ 3-3

รูปที่ 3-3. ตัวอย่างแสดงกระดาศกรงชนิด Teflon® ที่ฉีกขาดทำให้ตัวอย่างไม่สามารถใช้งานได้



3.2 ระดับความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพฯ

ระดับความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนได้มาจากการชั่งน้ำหนักกระดาศกรง ก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง ก่อนนำค่าที่ได้มาคำนวณกับปริมาตรของอากาศทั้งหมดในช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง กระดาศกรงที่เก็บตัวอย่างแล้ว (รวมทั้งกระดาศกรงที่ผ่านการชั่งน้ำหนักเสร็จสิ้น) นำไปบรรจุอยู่ในตลับพลาสติกใสที่มีฝาปิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. ก่อนห่อด้วยแผ่นอลูมิเนียมเพื่อป้องกันแสงและเก็บไว้ในตู้แช่ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส เพื่อลดอัตราการ

สูญเสียองค์ประกอบของฝุ่นบางชนิด ณ อุณหภูมิห้องระหว่างรอกการนำไปวิเคราะห์ทางกายภาพ/เคมีในขั้นตอนถัดไป (รูปที่ 2-8 ในบทที่ 2)

การเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนด้วยเครื่อง MiniVol™ และ FRM ได้ดำเนินการร่วมกับ คพ. สำหรับสถานีดินแดงและบ้านสมเด็จ เนื่องจากมีเครื่อง FRM เพียง 2 เครื่องเท่านั้นที่สามารถนำมาใช้ในโครงการฯ ได้ เครื่อง FRM ที่ใช้เป็นรุ่น Partisol® ชนิดทำงานได้ต่อเนื่อง (Sequential) ของ Rupprecht & Patashnick, Co. Inc., (NY, USA) โดยเครื่องเก็บตัวอย่างแบบ FRM ที่ได้ผ่านการรับรองให้ใช้ในเครื่องขยายตรวจวัดฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนของ US.EPA หมายเลข RFPS-0498-117 (Federal Register, 1998) การเก็บตัวอย่างของเครื่องทั้งสองประเภท ดำเนินการเก็บตัวอย่างพร้อมกันอย่างน้อยทุก ๆ 6 วัน โดยกระดาศกรงที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 47 มม. Teflon® เช่นเดียวกับกระดาศกรงที่ใช้สำหรับเครื่อง MiniVol™ นอกจากนี้ การเก็บตัวอย่างด้วยกระดาศกรงชนิด Quartz สำหรับเครื่อง MiniVol™ ระหว่างการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หา OC/EC ได้นำมาใช้ด้วยทำให้ได้จำนวนตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องทั้งสองประเภทภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นของกรุงเทพฯ ทั้งสิ้น 352 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างจากเครื่อง MiniVol™ 192 ตัวอย่าง และ FRM 160 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่เก็บด้วยเครื่อง MiniVol™ มีค่าประมาณ 52.4 ± 29.0 มคก.ต่อลบ.ม. ส่วนค่าเฉลี่ยที่ได้จากเครื่อง FRM คือ 42.6 ± 24.6 มคก.ต่อลบ.ม. (ตารางที่ 3-1)

ตารางที่ 3-1 ค่าทางสถิติของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (เฉลี่ย 24 ชม.) จากเครื่อง MiniVol™ FRM ระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 – มกราคม 2546

ปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.)		
ประเภทเครื่องมือ	MiniVol™	FRM
❖ จำนวนตัวอย่าง	192	160
❖ ค่าเฉลี่ย $\pm \sigma$	52.4 ± 29.0	42.6 ± 24.6
❖ ค่าสูงสุด	150.3	121.5
❖ ค่าต่ำสุด	11.3	12.2
❖ สัดส่วนของ MiniVol™ : FRM	1.23	

ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน ณ สถานีดินแดงที่เก็บด้วยเครื่อง MiniVol™ มีค่าประมาณ $68.2.4 \pm 28.4$ มคก.ต่อลบ.ม. (จำนวนตัวอย่าง 99 ตัวอย่าง) ส่วนค่าเฉลี่ยที่ได้จากเครื่อง FRM คือ 56.6 ± 23.3 มคก.ต่อลบ.ม. (จำนวนตัวอย่าง 74 ตัวอย่าง)

ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นที่เก็บได้จากเครื่อง MiniVolTM ต่อเครื่อง FRM คือ 1:1.21 (ตาราง 3-2)

ตารางที่ 3-2 ค่าทางสถิติของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (เฉลี่ย 24 ชม.) จากเครื่อง MiniVolTM และ FRM ของสถานีดินแดงระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 – มกราคม 2546

ปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) สถานีดินแดง		
ประเภทเครื่องมือ	MiniVol TM	FRM
❖ จำนวนตัวอย่าง	99	74
❖ ค่าเฉลี่ย $\pm \sigma$	68.2 $\pm$ 28.4	56.6 $\pm$ 23.3
❖ ค่าสูงสุด	150.3	121.5
❖ ค่าต่ำสุด	12.3	24.4
❖ สัดส่วนของ MiniVol TM : FRM	1.21	

สถานีบ้านสมเด็จเจ้าพระยาเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่เก็บด้วยเครื่อง MiniVolTM (ตารางที่ 3-3) มีค่าประมาณ 40.2 $\pm$ 23.0 มคก.ต่อลบ.ม. (จำนวนตัวอย่าง 93 ตัวอย่าง) ส่วนค่าเฉลี่ยที่ได้จากเครื่อง FRM คือ 30.6 $\pm$ 18.0 มคก.ต่อลบ.ม. (จำนวนตัวอย่าง 86 ตัวอย่าง) ในการศึกษารุ่นนี้มีค่าสูงสุดของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในบรรยากาศที่สถานีดินแดงในระดับ 150.3 มคก.ต่อลบ.ม.เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่อง MiniVolTM ในขณะที่ค่าสูงสุดที่ตรวจวัดได้ด้วยเครื่อง FRM มีระดับความเข้มข้น 121.5 มคก.ต่อลบ.ม. สำหรับค่าต่ำสุดของค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนตรวจวัดได้ที่สถานีบ้านสมเด็จเจ้าพระยาด้วยเครื่อง MiniVolTM ที่ระดับ 11.3 มคก.ต่อลบ.ม. และ 12.2 มคก.ต่อลบ.ม.สำหรับการตรวจวัดด้วยเครื่อง FRM

จากข้อมูลการเก็บตัวอย่างฝุ่นทั้งสองขนาดด้วยเครื่อง MiniVolTM ตลอดระยะเวลา 12 เดือนระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 – มกราคม 2546 พบว่าค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดในพื้นที่ศึกษาที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ปริมาณฝุ่นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงจาก 4 สถานีแสดงได้ดังรูปที่ 3-4

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของฝุ่นในภาพรวมทั้งปีในแต่ละสถานีแล้วพบว่า ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดของสถานีดินแดงคือ 108.1 $\pm$ 35.5 และ 69.0 $\pm$ 28.8 มคก.ต่อลบ.ม. สำหรับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนตามลำดับ (ตารางที่ 3-4) ตัวแทนของพื้นที่การค้าและอยู่อาศัยด้านเหนือและใต้ (สถานีจันทรมหาและบ้านสมเด็จ) มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นขนาด 10

ตารางที่ 3-3. ค่าทางสถิติของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (เฉลี่ย 24 ชม.) จากเครื่อง MiniVol™ และ FRM ของสถานีบ้านสมเด็จระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 – มกราคม 2546

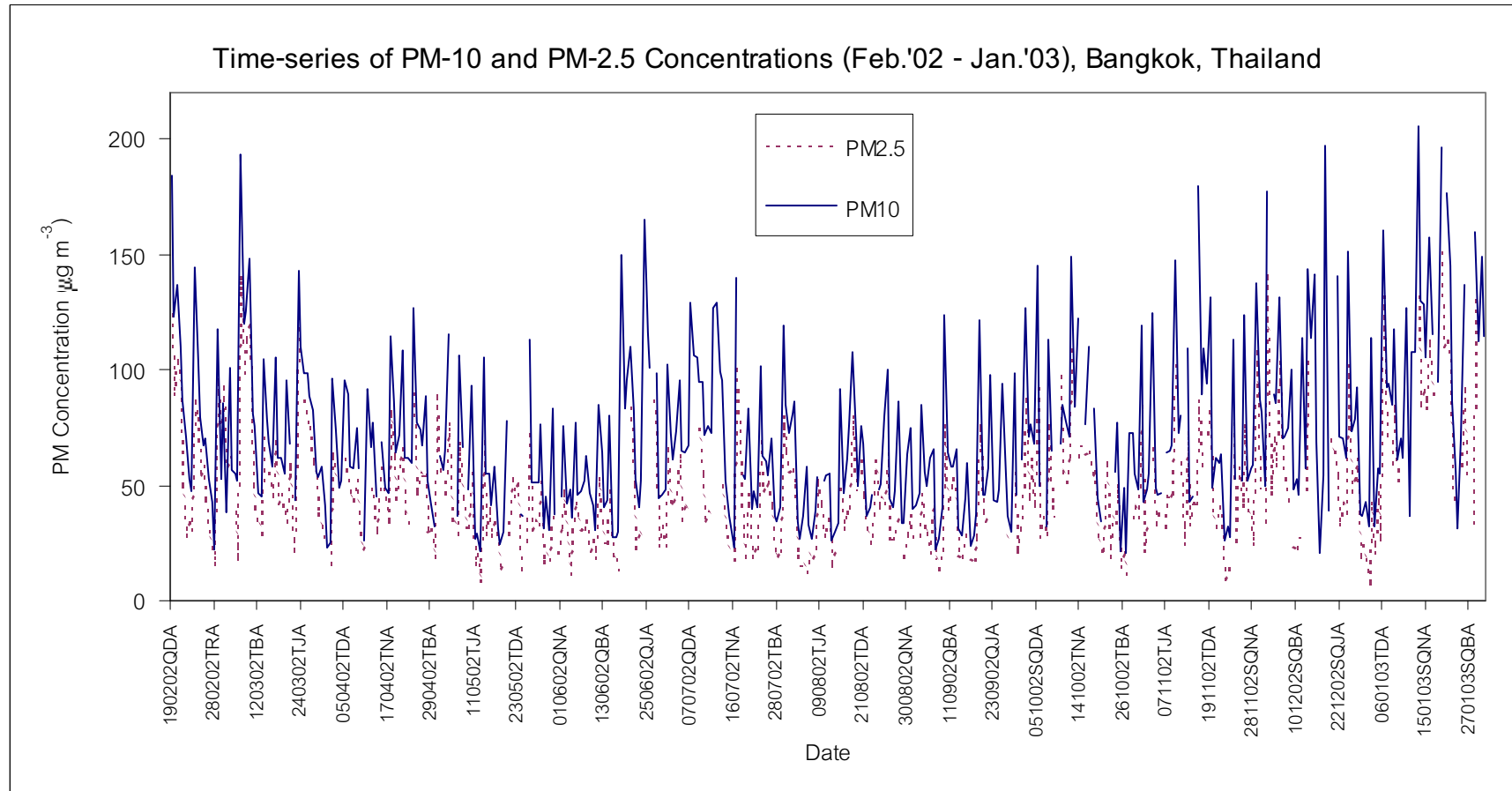
ปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) สถานีบ้านสมเด็จ		
ประเภทเครื่องมือ	MiniVol™	FRM
❖ จำนวนตัวอย่าง	93	86
❖ ค่าเฉลี่ย $\pm \sigma$	40.2 $\pm$ 23.0	30.6 $\pm$ 18.0
❖ ค่าสูงสุด	144.4	109.6
❖ ค่าต่ำสุด	11.3	12.2
❖ สัดส่วนของ MiniVol™ : FRM	1.31	

ตารางที่ 3-4. สรุปค่าทางสถิติของปริมาณฝุ่น 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) รายสถานีระหว่าง กุมภาพันธ์ 2545 – มกราคม 2546

ปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.)				
สถานี	N	ค่าเฉลี่ย $\pm \sigma$	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
● ดินแดง (DD)	99	69.0 $\pm$ 28.8	12.3	150.3
● จันทระเกษม (JK)	103	40.9 $\pm$ 21.4	9.2	109.8
● บ้านสมเด็จ (BD)	93	41.5 $\pm$ 24.6	11.3	144.4
● บางนา (NA)	88	37.9 $\pm$ 18.9	8.0	103.9

ปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.)				
สถานี	N	ค่าเฉลี่ย $\pm \sigma$	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
● ดินแดง (DD)	107	108.1 $\pm$ 35.5	37.7	205.7
● จันทระเกษม (JK)	106	61.1 $\pm$ 25.2	21.3	130.0
● บ้านสมเด็จ (BD)	100	62.1 $\pm$ 30.7	20.9	176.6
● บางนา (NA)	92	57.6 $\pm$ 23.9	20.7	145.1

รูปที่ 3-4. ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในพื้นที่ศึกษาระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 - มีนาคม 2546



ไมครอนประมาณ 61.1 ± 25.2 และ 62.1 ± 30.7 มกค.ต่อลบ.ม. ส่วนฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีค่าเฉลี่ย 40.9 ± 21.4 และ 41.5 ± 24.6 มกค.ต่อลบ.ม. สำหรับสถานีจันทร์เกษมและบ้านสมเด็จตามลำดับ สถานีบางนาปริมาณฝุ่นโดยเฉลี่ยประมาณ 57.6 ± 23.9 และ 37.9 ± 18.9 มกค.ต่อลบ.ม. สำหรับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนตามลำดับ ค่าสูงสุดของค่าเฉลี่ย 24 ชม.ของปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนตรวจพบได้ที่สถานีดินแดงที่ระดับ 205.7 มกค.ต่อลบ.ม. และ 150.3 มกค.ต่อลบ.ม.สำหรับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน ปริมาณฝุ่นเฉลี่ย 24 ชม.ของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนที่มีระดับต่ำสุดในระหว่างการตรวจวัดพบที่สถานีบางนาที่ระดับ 20.7 และ 8.0 มกค.ต่อลบ.ม.ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในแต่ละพื้นที่ที่กำหนดเป็นรายเดือน ข้อมูลทั้งหมดสรุปได้ในตารางที่ 3-5 ค่าที่แสดงได้จากค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นที่ตรวจวัดได้ในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนของสถานีดินแดงเปรียบเทียบกับสถานีอื่น แสดงในตารางที่ 3-6 ภาคผนวก ข. แสดงรายละเอียดของจำนวนตัวอย่างและระดับความเข้มข้นของฝุ่นทั้งสองขนาด

3.3 การเก็บตัวอย่างฝุ่นจากแหล่งกำเนิด

การเก็บตัวอย่างฝุ่นจากแหล่งกำเนิดชนิดไม่เคลื่อนที่เน้นเฉพาะการเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นหลักโดยการเก็บตัวอย่างในส่วนนี้เป็นเพียงการเสริมการใช้ source profiles เพียงบางส่วนเท่านั้น มิได้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา source profiles ชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษา ส่วนของแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่เน้นยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล เนื่องจากข้อมูลการศึกษาของ Radian International (1998) ที่ได้รับการสนับสนุนจากธนาคารโลกระบุว่ายานพาหนะรวมทั้งฝุ่นจากรถยนต์ดีเซลมีผลต่อระดับของฝุ่นในพื้นที่กรุงเทพฯ ตัวอย่างฝุ่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดชนิดไม่เคลื่อนที่ชนิดหลัก ๆ จำแนกเป็นการเผาหญ้า ฟืน/ถ่าน ขยะมูลฝอย และการใช้เชื้อเพลิงให้พลังงานสำหรับหม้อต้มไอน้ำจากการเผาไหม้น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล และชีวมวล (เศษเลื่อย) เป็นเชื้อเพลิง

3.3.1 การเผาหญ้า ขยะมูลฝอย ฟืน/ถ่าน

การเผาหญ้า ขยะมูลฝอย ฟืน/ถ่านเป็นกิจกรรมที่มีศักยภาพทำให้เกิดก๊าซและฝุ่นออกสู่บรรยากาศเป็นจำนวนมากในหลายพื้นที่ การวิจัยนี้กำหนดการเก็บตัวอย่างฝุ่นทั้งสองขนาดด้วยวิธีจำลองการเผาวัสดุที่ต้องการในบรรยากาศแล้วใช้เครื่อง MinVol™ เก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 และ 10 ไมครอนพร้อมกัน มีจำนวนตัวอย่างฝุ่นทั้งสองขนาดรวม 18 ตัวอย่าง (ตารางที่ 3-7)

ตารางที่ 3-5. ค่าเฉลี่ยรายเดือนปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) และจำแนกรายสถานี

เดือน	ดินแดง		จันทระเกษม		บ้านสมเด็จ		บางนา	
	PM-2.5 $\pm \sigma$	PM-10 $\pm \sigma$	PM-2.5 $\pm \sigma$	PM-10 $\pm \sigma$	PM-2.5 $\pm \sigma$	PM-10 $\pm \sigma$	PM-2.5 $\pm \sigma$	PM-10 $\pm \sigma$
กุมภาพันธ์ 2545	75.9 $\pm$ 32.2	121.6 $\pm$ 45.5	55.8 $\pm$ 27.7	88.1 $\pm$ 36.6	53.6 $\pm$ 36.6	78.0 $\pm$ 36.6	na	na
มีนาคม 2545	74.9 $\pm$ 35.5	108.7 $\pm$ 37.2	53.8 $\pm$ 23.2	76.3 $\pm$ 23.7	59.1 $\pm$ 30.0	69.7 $\pm$ 30.9	26.7 $\pm$ 15.5	39.6 $\pm$ 19.9
เมษายน 2545	64.9 $\pm$ 13.7	99.5 $\pm$ 16.4	46.5 $\pm$ 10.8	70.4 $\pm$ 12.6	39.5 $\pm$ 11.2	59.3 $\pm$ 12.6	37.9 $\pm$ 15.6	50.8 $\pm$ 15.2
พฤษภาคม 2545	62.6 $\pm$ 16.6	93.2 $\pm$ 20.5	29.1 $\pm$ 13.0	45.4 $\pm$ 15.5	30.8 $\pm$ 12.5	42.6 $\pm$ 12.7	28.2 $\pm$ 12.0	42.4 $\pm$ 14.0
มิถุนายน 2545	47.9 $\pm$ 11.8	96.0 $\pm$ 33.8	40.2 $\pm$ 28.7	56.1 $\pm$ 26.1	24.0 $\pm$ 7.1	54.0 $\pm$ 25.8	37.3 $\pm$ 25.8	49.7 $\pm$ 24.2
กรกฎาคม 2545	61.0 $\pm$ 20.9	101.4 $\pm$ 26.4	47.8 $\pm$ 25.3	70.5 $\pm$ 30.2	34.8 $\pm$ 13.8	64.3 $\pm$ 23.2	39.4 $\pm$ 18.1	63.2 $\pm$ 23.2
สิงหาคม 2545	48.7 $\pm$ 17.9	78.4 $\pm$ 20.2	30.2 $\pm$ 11.2	41.6 $\pm$ 13.4	26.3 $\pm$ 9.4	41.1 $\pm$ 11.9	33.0 $\pm$ 13.1	55.3 $\pm$ 17.6
กันยายน 2545	54.7 $\pm$ 17.2	88.7 $\pm$ 22.6	27.0 $\pm$ 7.8	42.6 $\pm$ 13.8	23.7 $\pm$ 8.2	39.7 $\pm$ 10.8	30.9 $\pm$ 9.6	48.4 $\pm$ 10.9
ตุลาคม 2545	78.2 $\pm$ 21.5	109.8 $\pm$ 29.9	36.3 $\pm$ 16.3	63.2 $\pm$ 20.9	43.1 $\pm$ 16.1	75.0 $\pm$ 32.1	39.5 $\pm$ 18.6	49.3 $\pm$ 19.8
พฤศจิกายน 2545	72.1 $\pm$ 22.5	123.5 $\pm$ 31.1	33.3 $\pm$ 14.1	53.9 $\pm$ 17.6	39.6 $\pm$ 13.8	60.6 $\pm$ 22.9	41.8 $\pm$ 16.1	57.5 $\pm$ 18.8
ธันวาคม 2545	83.3 $\pm$ 41.5	132.8 $\pm$ 43.6	41.1 $\pm$ 12.6	61.2 $\pm$ 17.2	54.4 $\pm$ 26.2	72.4 $\pm$ 34.4	41.9 $\pm$ 19.4	67.9 $\pm$ 26.0
มกราคม 2546	101.5 $\pm$ 36.7	146.1 $\pm$ 37.1	64.9 $\pm$ 28.8	79.5 $\pm$ 38.0	86.5 $\pm$ 44.4	102.0 $\pm$ 48.6	61.0 $\pm$ 29.2	93.2 $\pm$ 28.7

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ “na” หมายถึง ไม่มีตัวอย่าง และ “ σ ” หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 3-6. ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศจำแนก
รายวันและสถานีเก็บตัวอย่าง

วันที่	DD PM-2.5	DD PM-10	JK PM-2.5	JK PM-10	BD PM-2.5	BD PM-10	NA PM-2.5	NA PM-10
190202	123.9	184.4	89.5	123.3	103.6	137.0	na	na
220202	49.6	87.2	28.6	71.4	33.6	52.8	na	na
250202	86.6	144.5	78.7	105.3	54.5	79.3	na	na
280202	43.6	70.2	26.4	52.6	22.6	42.8	na	na
030302	95.4	117.3	53.0	68.7	85.8	92.7	na	na
060302	61.6	100.7	na	56.2	38.3	55.2	na	na
090302	140.1	193.6	98.6	119.6	113.6	125.4	na	na
120302	49.7	81.2	40.0	75.5	32.6	46.6	na	na
150302	70.9	104.4	na	78.9	55.1	68.6	na	na
180302	68.6	105.2	41.6	61.9	46.0	62.1	na	na
210302	34.4	95.5	58.9	68.2	21.4	na	na	na
240302	122.5	142.7	na	110.3	85.9	98.3	na	na
270302	74.5	88.3	59.6	82.7	53.2	55.9	37.6	53.7
300302	31.8	57.7	25.0	41.2	na	22.9	15.7	25.6
020402	63.6	96.3	51.1	74.2	na	48.6	na	52.3
050402	61.1	95.4	52.2	89.3	45.5	58.0	43.3	57.0
080402	51.6	74.8	33.3	57.6	21.8	na	23.3	26.1
110402	na	91.7	48.0	66.6	44.8	76.9	29.9	44.8
170402	52.5	na	57.5	68.5	na	48.5	34.4	46.7
200402	81.4	114.5	62.1	86.3	44.6	64.2	61.1	71.5
230402	65.6	108.3	38.0	61.9	33.9	62.1	na	59.6
260402	89.1	127.0	46.4	76.9	55.3	74.2	54.2	67.3
290402	54.3	88.3	30.0	52.0	30.7	41.8	19.4	31.8
020502	88.2	na	53.9	62.9	na	56.7	46.5	65.2
050502	76.7	115.4	34.0	na	34.0	na	29.0	36.5
080502	68.0	106.3	44.5	66.6	31.8	na	32.0	48.5

ตารางที่ 3-6. ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศจำแนก
รายวันและสถานีเก็บตัวอย่าง (ต่อ)

วันที่	DD PM-2.5	DD PM-10	JK PM-2.5	JK PM-10	BD PM-2.5	BD PM-10	NA PM-2.5	NA PM-10
110502	54.7	93.1	15.9	27.1	20.2	29.3	8.7	21.8
140502	68.9	105.3	29.3	55.3	39.8	54.7	28.5	41.2
170502	33.6	58.1	24.2	31.4	13.9	24.3	16.1	30.1
200502	na	78.1	29.2	na	52.4	na	44.8	56.2
230502	50.1	na	12.2	37.5	na	37.0	25.9	na
260502	71.8	112.8	30.6	51.3	34.1	51.4	32.9	51.6
290502	51.3	76.2	16.8	31.2	19.9	45.1	17.2	30.9
010602	37.6	83.3	na	37.1	20.9	na	32.2	44.7
040602	47.0	76.0	29.4	42.3	11.3	47.8	30.6	35.9
070602	42.1	77.2	35.2	45.6	30.9	47.6	31.0	52.2
100602	34.6	62.6	21.5	46.8	25.6	40.9	18.6	30.2
130602	52.8	84.9	33.5	64.2	25.4	40.2	25.2	43.7
160602	47.1	79.9	19.2	27.9	17.5	27.3	13.5	29.9
190602	na	149.8	74.5	83.3	na	95.3	83.5	110.2
220602	49.6	82.8	22.8	52.9	28.9	40.3	27.7	52.1
250602	na	165.0	102.2	116.2	na	100.9	86.6	na
280602	72.9	98.5	23.4	44.3	31.9	45.6	23.8	48.2
010702	65.5	102.3	42.1	73.0	43.1	61.4	46.6	73.1
040702	63.0	95.8	35.5	64.9	40.5	64.1	38.5	67.3
070702	na	128.7	91.0	105.9	na	105.2	73.8	94.5
100702	54.2	95.0	34.5	71.6	38.0	75.3	36.6	72.3
130702	na	126.9	77.9	129.0	na	99.3	49.8	95.7
160702	31.7	52.2	20.6	36.9	17.5	32.4	17.3	23.3
190702	99.7	140.1	73.5	na	28.4	54.1	19.0	52.8
220702	45.9	83.4	19.1	39.9	21.4	47.6	23.1	40.4
250702	69.0	101.3	47.5	62.7	49.8	60.3	51.3	54.2
280702	40.3	70.3	19.8	36.6	19.4	34.6	21.1	40.5

ตารางที่ 3-6. ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศจำแนก
รายวันและสถานีเก็บตัวอย่าง (ต่อ)

วันที่	DD PM-2.5	DD PM-10	JK PM-2.5	JK PM-10	BD PM-2.5	BD PM-10	NA PM-2.5	NA PM-10
310702	79.4	119.0	64.4	84.6	55.7	72.7	56.2	80.7
030802	49.8	86.1	19.5	34.5	15.5	26.8	15.2	36.9
060802	12.3	57.8	20.2	33.1	18.3	26.6	22.8	39.2
090802	52.0	53.6	41.1	na	27.9	52.0	30.2	54.1
120802	39.9	55.0	15.0	26.2	21.4	29.9	na	33.3
150802	48.1	91.6	31.0	46.3	37.9	61.0	40.1	76.7
180802	79.4	107.4	48.1	71.7	na	50.0	60.5	75.6
210802	45.2	68.4	29.9	36.5	25.2	40.3	28.3	46.2
240802	60.3	na	40.6	48.4	43.9	50.4	41.8	80.1
270802	63.7	99.7	26.8	44.6	27.1	40.6	29.7	47.3
300802	36.0	86.0	na	33.3	19.3	33.8	28.9	63.4
020902	36.9	75.2	24.4	40.0	na	40.9	28.1	47.0
050902	na	85.0	30.4	55.7	na	49.4	20.6	61.7
080908	44.7	66.0	18.5	21.9	14.0	26.9	22.3	40.4
110902	75.6	124.0	39.5	63.8	na	58.3	52.4	57.8
140902	40.6	65.9	19.9	31.4	18.8	28.1	28.5	44.0
170902	na	59.6	18.0	23.5	17.2	28.2	28.1	37.2
200920	75.5	121.1	37.8	46.2	34.1	46.0	36.1	57.2
230902	na	98.0	32.3	43.7	na	43.1	26.0	48.1
260902	na	94.1	27.8	54.3	26.4	36.6	na	29.7
290902	55.2	98.3	21.5	45.5	31.6	na	36.2	60.9
021002	86.8	126.5	44.4	70.7	61.3	76.1	41.5	67.8
051002	91.8	145.3	27.3	50.0	36.1	na	28.7	32.2
081002	75.7	113.0	40.5	65.0	36.9	na	na	na
111002	97.3	na	55.6	84.6	51.5	78.0	62.4	70.9
141002	108.6	149.0	na	83.8	62.6	122.4	66.7	na
171002	na	na	63.3	76.6	64.0	110.1	54.1	na

ตารางที่ 3-6. ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศจำแนก
รายวันและสถานีเก็บตัวอย่าง (ต่อ)

วันที่	DD PM-2.5	DD PM-10	JK PM-2.5	JK PM-10	BD PM-2.5	BD PM-10	NA PM-2.5	NA PM-10
201002	55.7	83.0	26.0	44.1	21.7	34.4	22.0	na
231002	60.0	111.9	19.5	na	36.2	na	33.6	56.1
171002	na	na	63.3	76.6	64.0	110.1	54.1	na
201002	55.7	83.0	26.0	44.1	21.7	34.4	22.0	na
231002	60.0	111.9	19.5	na	36.2	na	33.6	56.1
261002	49.4	76.9	14.5	21.3	20.4	49.3	11.1	20.7
291002	na	72.7	35.9	72.5	40.3	54.9	35.7	48.1
011102	84.0	119.2	21.0	42.5	32.5	48.5	na	55.0
041102	65.3	124.5	33.2	48.9	38.9	46.1	na	46.4
071102	31.7	na	45.0	64.2	45.0	64.6	46.3	67.0
101102	103.5	147.8	na	72.6	59.5	80.4	24.8	na
131102	72.3	108.9	32.8	42.4	41.7	45.0	42.0	na
161102	86.0	179.8	58.8	89.0	na	109.4	72.8	93.8
191102	89.5	131.3	35.7	48.6	32.2	61.7	40.6	59.5
221102	36.8	63.4	9.2	26.0	13.7	32.2	na	27.5
251102	76.2	113.2	25.8	52.7	57.1	na	41.4	52.2
281102	75.7	123.7	38.2	51.9	36.2	57.1	24.8	58.9
011202	107.3	137.4	49.0	87.0	na	81.6	34.7	49.8
041202	140.8	177.5	46.5	na	70.4	89.8	58.8	85.4
071202	103.4	131.2	57.5	70.4	52.6	71.0	43.1	75.0
101202	na	100.2	24.0	48.1	22.7	52.5	26.4	46.1
131202	na	114.2	47.8	57.1	103.8	143.9	na	113.9
161202	57.1	141.5	na	68.7	57.9	20.9	na	54.4
191202	na	197.1	na	38.8	69.8	na	64.3	na
221202	53.1	140.2	33.1	71.4	42.1	70.1	38.0	62.0
251202	101.7	151.3	47.3	73.5	53.1	78.4	61.5	92.4
281202	19.4	37.7	23.4	36.3	17.4	43.1	8.0	31.9

ตารางที่ 3-6. ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศจำแนก
รายวันและสถานีเก็บตัวอย่าง (ต่อ)

วันที่	DD PM-2.5	DD PM-10	JK PM-2.5	JK PM-10	BD PM-2.5	BD PM-10	NA PM-2.5	NA PM-10
030103	41.9	113.9	20.3	32.4	46.7	57.5	26.7	55.1
060103	131.3	160.3	68.4	92.8	na	94.1	59.8	84.8
090103	83.8	117.7	52.0	61.0	na	70.6	na	61.7
120103	90.1	127.0	na	36.3	38.8	107.6	na	107.8
150103	131.6	205.7	84.8	130.0	90.6	128.7	83.4	105.7
180103	112.6	157.1	88.7	115.5	na	na	na	94.6
210103	150.3	196.1	109.8	na	111.9	176.6	103.7	145.1
240103	49.3	86.7	42.3	55.5	na	31.7	59.0	69.6
270103	91.4	136.7	53.1	na	na	na	33.6	na
300103	133.0	160.0	na	112.2	144.4	149.3	na	114.6

หมายเหตุ “na” หมายถึง ไม่มีข้อมูลหรือข้อมูลไม่ผ่านการตรวจสอบ

ตารางที่ 3-7. ผลการเก็บตัวอย่างจากการเผาหญ้า ขยะมูลฝอย ฟืน/ถ่าน

ชนิดของตัวอย่าง -- รหัส	PM-2.5 ($\mu\text{g m}^{-3}$)	PM-10 ($\mu\text{g m}^{-3}$)	หมายเหตุ
ฝุ่นจากการเผาเศษหญ้า – G1	1437.6	1746.3	MiniVol TM
– G2	1620.3	2025.8	MiniVol TM
– G3	1889.4	2214.1	MiniVol TM
ฝุ่นจากการเผาขยะ – W1	714.8	966.3	MiniVol TM
– W2	772.0	994.2	MiniVol TM
– W3	864.7	1120.4	MiniVol TM
ฝุ่นจากการเผาถ่าน – C1	605.2	842.9	MiniVol TM
– C2	650.1	916.5	MiniVol TM
– C3	378.9	551.7	MiniVol TM

3.3.2 การเผาเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม

การเก็บตัวอย่างฝุ่นที่ได้จากการเผาเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมเป็นการใช้เชื้อเพลิงจากหม้อต้มไอน้ำเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ของอุตสาหกรรม เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นน้ำมันดีเซล น้ำมันเตา (เกรดซี) และชีวมวลจากเศษเลื่อย โดยเก็บจากปล่องที่ระบายออกสู่บรรยากาศด้วยเครื่องมือตาม U.S.EPA Method 5 ร่วมกับการใช้ Andersen In-Stack Cascade Sampler รุ่น Mark III และ Auto5TM Sampler (Thermo Andersen, Atlanta, GA) ด้วยกระดาศกรงชนิดพิเศษที่สั่งเฉพาะ Impactor Mark III อย่างไรก็ตาม การเก็บตัวอย่างให้ได้ฝุ่นขนาด 2.5 และ 10 ไมครอนด้วยเครื่องมือดังกล่าวมิได้ใช้วิธี Isokinetic sampling เนื่องจากการแยกขนาดฝุ่นต้องใช้ความเร็วคงที่ตาม que เครื่องมือได้ถูกออกแบบไว้ โดยมีการใช้กระดาศกรงดักบน Cascade impactor เพียง 2 ชั้น คือ ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 5 (ไม่รวม backup filter ที่ชั้นสุดท้าย) เพื่อให้ได้ฝุ่นแยกขนาดตามที่ต้องการ รูปที่ 3-5 แสดงลักษณะของกระดาศกรงและฝุ่นแยกขนาดที่ได้จากการเก็บตัวอย่างการเผาไหม้ น้ำมันเตา และรูปที่ 3-6 เป็นตัวอย่างฝุ่นจากการเผาไหม้เศษเลื่อย จำนวนตัวอย่างที่ได้มีทั้งสิ้น 18 ตัวอย่างจากแหล่งกำเนิด 3 ชนิด ๆ ละ 3 ตัวอย่าง (ตารางที่ 3-8)

รูปที่ 3-5. ตัวอย่างของฝุ่นแยกขนาดที่ได้จากการเก็บตัวอย่างการเผาไหม้เชื้อเพลิง (น้ำมันเตา) รวมทั้งกระดาศกรงที่เป็น backup ในชั้นสุดท้าย



รูปที่ 3-6. ตัวอย่างของฝุ่นแยกขนาดที่ได้จากการเก็บตัวอย่างการเผาไหม้เชื้อเพลิง (เศษเลื่อย) รวมทั้งกระดาษกรองที่เป็น backup ในชั้นสุดท้าย



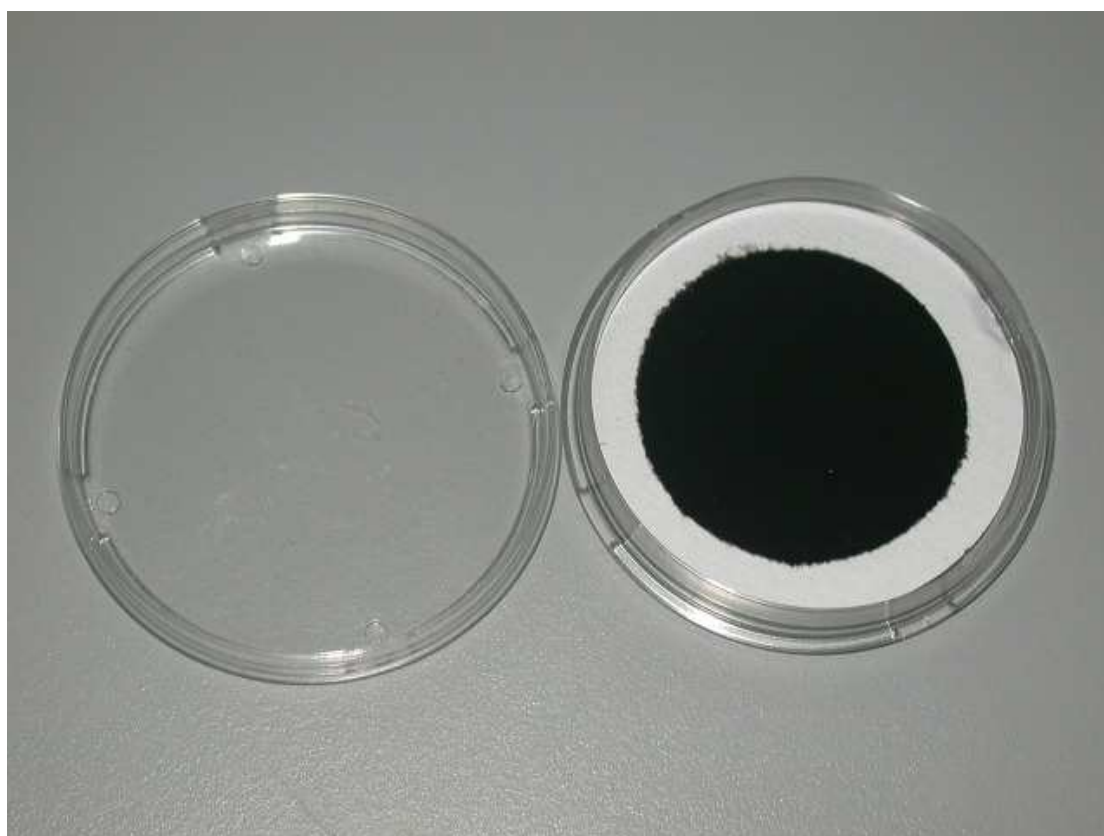
ตารางที่ 3-8. ผลการเก็บตัวอย่างจากการเผาเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม

ชนิดของตัวอย่าง -- รหัส	PM-2.5 ($\mu\text{g m}^{-3}$)	PM-10 ($\mu\text{g m}^{-3}$)	หมายเหตุ
ฝุ่นจากการเผาน้ำมันดีเซล – D1	1135.5	1653.8	Mark III
– D2	989.6	1480.6	Mark III
– D3	839.2	1189.2	Mark III
ฝุ่นจากการเผาน้ำมันเตา – F1	982.5	1415.7	Mark III
– F2	1258.4	1820.3	Mark III
– F3	916.7	1296.6	Mark III
ฝุ่นจากการเศษเลื่อย – B1	519.8	756.2	Mark III
– B2	435.7	641.7	Mark III
– B3	521.1	735.0	Mark III

3.3.3 การเชื้อเพลิงของยานพาหนะดีเซล

การเก็บตัวอย่างฝุ่นจากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นการเก็บตัวอย่างฝุ่นโดยตรงจากท่อไอเสียด้วยเครื่อง MiniVol™ จำนวน 3 เครื่องพร้อมกันเพื่อให้ได้ตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 และ 10 ไมครอน (รวมทั้งฝุ่น background) ซึ่งปรับจากแผนการเก็บตัวอย่างด้วยการใช้แท่นทดสอบ (Dynamometer) เนื่องจากประสบปัญหาการจัดตารางเวลา เครื่องมือเก็บตัวอย่าง ค่าใช้จ่าย ประกอบกับเครื่องมือชำรุด การเก็บตัวอย่างจากยานพาหนะดีเซลจึงใช้เครื่อง MiniVol™ แทนการทดสอบบนแท่นทดสอบ รูปที่ 3-7 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของตัวอย่างฝุ่นที่ได้จากไอเสียของยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล มีสีค่อนข้างดำที่เกิดจากเขม่า รถยนต์ดีเซลที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้เป็นรถบรรทุก 10 ล้อและรถกระบะ 4 ล้ออย่างละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง (ตารางที่ 3-9)

รูปที่ 3-7. ลักษณะของกระดาศกรองที่ได้จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นจากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล



ตารางที่ 3-9. ผลการเก็บตัวอย่างจากการยานพาหนะดีเซล

ชนิดของตัวอย่าง -- รหัส	PM-2.5 ($\mu\text{g m}^{-3}$)	PM-10 ($\mu\text{g m}^{-3}$)	หมายเหตุ
ฝุ่นจากรถยนต์ดีเซลใหญ่ – V1	517.4	745.6	MiniVol TM
– V2	452.2	658.2	MiniVol TM
– V3	543.0	803.5	MiniVol TM
ฝุ่นจากรถยนต์ดีเซลกระบะ – P1	402.8	597.8	MiniVol TM
– P2	304.1	420.7	MiniVol TM
– P3	367.1	524.4	MiniVol TM

3.4 การหาการกระจายตัวของฝุ่นขนาดต่าง ๆ (Particle Size Distribution)

การกระจายตัวของฝุ่นขนาดต่าง ๆ ในบรรยากาศของสถานีเก็บตัวอย่างได้ดำเนินการโดยใช้เครื่องคัดแยกขนาดอนุภาค Anderson Cascade Impactor ที่มีระดับการดูดอากาศด้วยอัตรา 1 ลบ.ฟุตต่อนาที ที่ถูกออกแบบมาให้ทำการแยกขนาดของฝุ่นได้ 8 ช่วงดังนี้ 0.43-0.65, 0.65-1.1, 1.1-2.1, 2.1-3.3, 3.3-4.7, 4.7-7.0, 7.0-11.0, และ ≥ 11.0 ไมครอน ตัวอย่างฝุ่นที่เก็บในแต่ละชั้นได้ผ่านกระบวนการปรับสภาพกระดาษกรองและชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณฝุ่นที่เก็บได้บนกระดาษกรองในแต่ละช่วง ซึ่งโครงการฯ ได้ดำเนินการวิเคราะห์ตัวอย่างแล้วเสร็จในเดือนมกราคม 2546 การซึ่งกระดาษกรองและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้พบว่าขนาดฝุ่นโดยทั่วไปในพื้นที่ศึกษามี 2 modes คือ ขนาดฝุ่นในช่วง 0.43-1.1 ไมครอน และ 3.3-7.0 ไมครอน (หรือ 3.3-11.0 ไมครอนในบางสถานี) บริเวณสถานีดินแดงมีปริมาณฝุ่นรวมค่อนข้างสูงในระดับ 295.4 มคก.ต่อลบ.ม. ซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่าบริเวณอื่นในพื้นที่ศึกษาในช่วง 121.0 – 155.1 มคก.ต่อลบ.ม.

3.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นทางเคมี

ตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนที่ผ่านการชั่งน้ำหนักแล้วจะเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียสเพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมี ตัวอย่างฝุ่นจะผ่านการวิเคราะห์ทางเคมีใน 3 ส่วนหลัก ดังนี้

3.5.1 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุโลหะในฝุ่น

ตัวอย่างฝุ่นที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจะนำไปย่อยด้วยกรดรวมกับการให้ความร้อนตามที่ได้กำหนดไว้ในเอกสารโครงการหมายเลข SASBMA-SOP03 เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโลหะในฝุ่นทั้งสองขนาดด้วยเครื่อง ICP-MS เป็นหลัก เนื่องจากปริมาณตัวอย่างมีความเข้มข้นค่อนข้างต่ำจากการใช้เครื่องเก็บตัวอย่างชนิดที่มีอัตราการดูดอากาศ

ในระดับ 5 ± 0.010 ลิตรต่อนาที่ อย่างไรก็ตามธาตุโลหะบางตัว คือ โซเดียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม แคลเซียม มีปริมาณที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP-AES หรือ FAAS นอกจากนี้ การยืนยันผลการวิเคราะห์บางตัวอย่างสำหรับสังกะสี และตะกั่วมีการใช้เครื่อง GFAAS เข้ามาช่วยยืนยันผลด้วยในบางครั้ง

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุโลหะในระดับต่ำส่วนใหญ่ใช้กราฟความเข้มข้นมาตรฐานที่ระดับ 50, 100, 200, 300, 400, และ 500 มก.ต่อลิตร ยกเว้นสารหนูจะใช้กราฟความเข้มข้นที่ต่ำกว่า คือ 20, 40, 100, และ 200 มก.ต่อลิตร เลขมวล (mass number) ที่ใช้จำแนกธาตุโลหะแต่ละชนิดแสดงในตารางที่ 3-10.

ตารางที่ 3-10. เลขมวลที่ใช้จำแนกธาตุโลหะสำหรับเครื่อง ICP-MS

ธาตุโลหะ	เลขมวล (amu)	ธาตุโลหะ	เลขมวล (amu)
Ba	138	Cu	63
Cd	114	V	51
Cr	52	Al	27
Fe	57	Mo	98
Mn	55	Sn	120
Ni	58	As	75
Pb	208	Zn	64

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วยเครื่อง ICP-AES, GFAAS (เฉพาะธาตุสังกะสีและตะกั่ว) และ FAAS เป็นการดำเนินงานเพื่อเสริมประสิทธิภาพของการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุ โดยวิเคราะห์ในส่วนของธาตุบางตัวเพิ่มเติมในตัวอย่างที่อาจมีข้อสงสัย ดังนี้ โซเดียม (589.00 nm), แคลเซียม (396.82 nm), แมกนีเซียม (279.55 nm), และโพแทสเซียม (766.49 nm) ผลการวิเคราะห์หาธาตุในตัวอย่างฝุ่นที่เก็บตัวอย่างได้ค่อนข้างผันแปรไปตามปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่ตรวจวัดได้ในแต่ละวันและยังขึ้นอยู่กับสถานีเก็บตัวอย่างด้วย ปริมาณความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของธาตุโลหะรวมทั้งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ในฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 4 แห่ง แสดงในตารางที่ 3-11 และ 3-12 ตามลำดับ

ตารางที่ 3-11. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบ.ม) ในตัวอย่างฝุ่น
ขนาด 10 ไมครอนจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 4 แห่ง

Element	DDPM-10	JKPM-10	BDPM-10	NAPM-10
Ba	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001
Cd	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001
Cr	0.127 ±0.060	0.138 ±0.087	0.096 ±0.051	0.105 ±0.052
Cu	0.086 ±0.041	0.053 ±0.021	0.047 ±0.022	0.058 ±0.027
Fe	2.126 ±0.916	1.752 ±1.124	1.325 ±0.692	1.720 ±0.955
Mn	0.088 ±0.095	0.067 ±0.040	0.070 ±0.042	0.085 ±0.049
Ni	0.269 ±0.203	0.226 ±0.237	0.240 ±0.311	0.213 ±0.212
Pb	0.181 ±0.177	0.125 ±0.116	0.171 ±0.128	0.218 ±0.154
Zn	0.838 ±0.470	0.698 ±0.319	0.647 ±0.351	0.715 ±0.380
V	1.132 ±0.509	1.058 ±0.487	0.799 ±0.382	0.984 ±0.359
Na	1.881 ±1.188	1.522 ±0.841	1.059 ±0.585	1.292 ±0.498
Mg	0.826 ±0.320	0.619 ±0.288	0.589 ±1.448	0.494 ±0.266
K	1.206 ±0.720	0.855 ±0.571	0.622 ±0.471	0.552 ±0.333
Ca	4.790 ±2.379	3.506 ±1.979	1.886 ±1.512	2.046 ±0.821
Al	3.015 ±2.730	1.744 ±0.929	1.307 ±0.776	1.315 ±0.499
Mo	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001
Sn	0.089 ±0.148	0.089 ±0.150	0.083 ±0.137	0.081 ±0.140
As	0.319 ±0.140	0.255 ±0.137	0.184 ±0.131	0.187 ±0.127

ตารางที่ 3-12. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบ.ม) ในตัวอย่างฝุ่น
ขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 4 แห่ง

Element	DDPM-2.5	JKPM-2.5	BDPM-2.5	NAPM-2.5
Ba	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001
Cd	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001
Cr	0.124 ±0.062	0.113 ±0.074	0.099 ±0.060	0.122 ±0.064
Cu	0.077 ±0.143	0.056 ±0.072	0.041 ±0.025	0.052 ±0.024
Fe	1.408 ±0.824	1.234 ±0.935	1.085 ±0.692	1.647 ±1.289
Mn	0.049 ±0.019	0.050 ±0.064	0.044 ±0.030	0.069 ±0.047
Ni	0.233 ±0.307	0.307 ±0.695	0.26 ±0.273	0.231 ±0.266
Pb	0.177 ±0.180	0.126 ±0.203	0.119 ±0.105	0.198 ±0.261
Zn	0.712 ±0.716	0.499 ±0.338	0.577 ±0.371	0.843 ±0.643
V	1.035 ±0.515	0.960 ±0.466	0.874 ±0.333	0.917 ±0.401
Na	1.396 ±1.014	1.052 ±0.616	1.194 ±0.869	1.488 ±0.723
Mg	0.435 ±0.257	0.383 ±0.312	0.351 ±0.214	0.641 ±0.309
K	0.908 ±0.537	0.569 ±0.518	0.789 ±0.683	0.957 ±0.672
Ca	2.703 ±2.011	1.967 ±1.632	1.908 ±1.602	2.616 ±1.442
Al	1.745 ±1.235	1.494 ±1.602	1.202 ±0.670	1.672 ±0.945
Mo	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001	<0.001 ±0.001
Sn	0.083 ±0.152	0.091 ±0.178	0.053 ±0.113	0.074 ±0.116
As	0.279 ±0.139	0.218 ±0.118	0.237 ±0.135	0.236 ±0.115

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุโลหะในตัวอย่างฝุ่นที่เก็บจากแหล่งกำเนิดจากข้อ 2.7.1 ถึง 2.7.3 ผ่านกระบวนการวิเคราะห์เช่นเดียวกับฝุ่นที่เก็บจากสถานีเก็บตัวอย่างด้วยการสกัดตาม SASBMA-SOP03 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนจากการเผาขยะ หลุม ถ่านแสดงในตารางที่ 3-13 และ 3-14 ตามลำดับ ส่วนปริมาณธาตุโดยเฉลี่ยของตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนจากแหล่งกำเนิดที่เป็นการเผาไหม้ น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทน้ำมันเตา น้ำมันดีเซล ชีวมวล (เศษเลื่อย) แสดงในตาราง 3-15 และ 3-16 ตามลำดับ ปริมาณธาตุโดยเฉลี่ยจากตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนจากรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่และรถกระบะบรรทุกแสดงในตารางที่ 3-17 และ 3-18 ตามลำดับ

3.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณไอออนในฝุ่น

ตัวอย่างฝุ่นจากการเก็บตัวอย่างที่แบ่งไว้อีกส่วนหนึ่งจะนำไปสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออนในเครื่อง Sonicator ตามกระบวนการในเอกสารโครงการฯ SASBMA-SOP04 และวิเคราะห์หาปริมาณไอออนลบ คือ ซัลเฟต, ไนเตรท, และคลอไรด์ (รวมถึงฟอสเฟตในระยะสามเดือนแรก) และไอออนบวก (แอมโมเนียม) ด้วยเครื่อง Ion Chromatography การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างเป็นปริมาณมากกว่าร้อยละ 99 ไม่พบฟอสเฟตในตัวอย่างฝุ่นทั้งสองขนาด การแสดงผลในที่นี้จึงไม่รายงานปริมาณฟอสเฟต ส่วนของปริมาณซัลเฟตโดยเฉลี่ยมีอยู่ในฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในระดับ 1.792 ± 0.586 ถึง 2.250 ± 0.570 มก.ต่อลบ.ม. ในขณะที่ปริมาณคลอไรด์โดยเฉลี่ยคือ 2.001 ± 0.912 ถึง 1.291 ± 0.608 มก.ต่อลบ.ม. ปริมาณไนเตรทโดยเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 1.156 ± 0.548 ถึง 1.446 ± 0.661 มก.ต่อลบ.ม. ปริมาณแอมโมเนียมโดยเฉลี่ยคือ 0.623 ± 0.310 ถึง 0.938 ± 0.619 มก.ต่อลบ.ม. ส่วนของปริมาณไอออนที่ตรวจพบในฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีปริมาณซัลเฟตโดยเฉลี่ย 1.326 ± 0.592 ถึง 1.964 ± 0.571 มก.ต่อลบ.ม. สำหรับปริมาณไนเตรทโดยเฉลี่ยคือ 0.699 ± 0.560 ถึง 0.885 ± 0.400 มก.ต่อลบ.ม. ปริมาณคลอไรด์โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.800 ± 0.101 ถึง 0.70 ± 0.0428 มก.ต่อลบ.ม. ในขณะที่ปริมาณแอมโมเนียมโดยเฉลี่ยคือ 0.492 ± 0.201 ถึง 0.850 ± 0.520 มก.ต่อลบ.ม.

3.5.3 การวิเคราะห์ปริมาณ OC/EC ในฝุ่น

ตัวอย่างฝุ่นที่เก็บอยู่บนกระดาศกรงที่ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน เพื่อแยกวิเคราะห์หาปริมาณ TC และ EC โดยวิเคราะห์เฉพาะตัวอย่างของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่เก็บตัวอย่างบนกระดาศกรงชนิด Quartz เท่านั้น ส่วนปริมาณ OC ได้จากส่วนต่างของ TC และ EC ที่

ตารางที่ 3-13. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบ.ม) ในตัวอย่างฝุ่น
ขนาด 10 ไมครอนจากการเผาขยะ หญ้า ถ่าน

Element	หญ้า PM-10	ขยะ PM-10	ถ่าน PM-10
Ba	3.61E-02 ±4.80E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03
Cd	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03	8.33E-03 ±1.00E-03
Cr	1.64E+00 ±3.10E-01	3.91E-01 ±5.07E-02	1.55E-01 ±7.55E-02
Cu	6.08E-01 ±1.36E-01	1.89E-01 ±5.36E-02	3.66E-01 ±7.62E-02
Fe	1.86E+01 ±6.11E+00	2.27E+01 ±2.04E+00	2.00E+00 ±5.61E-01
Mn	6.33E-01 ±1.46E-02	1.19E-01 ±1.27E-02	1.12E+00 ±2.48E-01
Ni	1.78E+00 ±5.55E-01	6.66E-02 ±2.50E-02	1.64E-01 ±6.30E-02
Pb	2.27E+00 ±1.42E+00	2.17E+00 ±4.41E-01	1.88E+00 ±1.08E+00
Zn	4.19E+01 ±6.39E+00	6.88E+00 ±6.95E-01	3.58E+00 ±1.44E+00
V	1.26E+01 ±4.31E+00	7.22E-02 ±3.47E-02	4.00E-01 ±2.04E-01
Na	3.16E+01 ±2.17E+00	1.91E+01 ±2.30E+00	9.16E+00 ±3.00E+00
Mg	2.04E+01 ±2.92E+00	8.79E+00 ±3.07E+00	1.82E+01 ±5.29E+00
K	7.95E+01 ±1.21E+01	1.46E+01 ±9.78E-01	3.53E+01 ±7.06E+00
Ca	4.19E+01 ±7.46E+00	3.07E+01 ±2.66E+00	2.00E+01 ±4.86E+00
Al	1.62E+01 ±6.65E+00	7.69E+00 ±8.01E-01	5.18E+00 ±1.38E+00
Mo	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03
Sn	4.94E-01 ±1.59E-01	5.25E-01 ±7.12E-02	1.29E-01 ±5.38E-02
As	6.47E-01 ±1.43E-01	3.61E-02 ±4.81E-03	1.28E+00 ±5.09E-01

ตารางที่ 3-14. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบ.ม) ในตัวอย่างฝุ่น
ขนาด 2.5 ไมครอนจากการเผาขยะ หญ้า ถ่าน

Element	หญ้า PM-2.5	ขยะ PM-2.5	ถ่าน PM-2.5
Ba	1.67E-02 ±8.33E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03
Cd	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03	6.66E-03 ±1.00E-03
Cr	1.09E+00 ±2.02E-01	3.13E-01 ±4.05E-02	1.24E-01 ±6.04E-02
Cu	4.86E-01 ±1.09E-01	1.51E-01 ±4.29E-02	2.93E-01 ±6.10E-02
Fe	1.48E+01 ±4.99E+00	1.82E+01 ±1.63E+00	1.60E+00 ±4.49E-01
Mn	5.06E-01 ±1.17E-02	9.55E-02 ±1.02E-02	8.99E-01 ±1.98E-01
Ni	3.97E-01 ±8.82E-02	5.33E-02 ±2.00E-02	1.31E-01 ±5.04E-02
Pb	1.81E+00 ±1.14E+00	1.73E+00 ±3.53E-01	1.50E+00 ±8.61E-01
Zn	3.55E+01 ±7.85E+00	5.51E+00 ±5.56E-01	2.86E+00 ±1.15E+00
V	1.01E+01 ±3.45E+00	5.77E-02 ±2.77E-02	3.20E-01 ±1.63E-01
Na	2.53E+01 ±1.73E+00	1.53E+01 ±1.84E+00	7.33E+00 ±2.40E+00
Mg	7.34E+00 ±3.63E+00	7.03E+00 ±2.45E+00	1.46E+01 ±4.23E+00
K	6.36E+01 ±9.64E+00	1.17E+01 ±7.83E-01	2.83E+01 ±5.65E+00
Ca	3.35E+01 ±5.96E+00	2.45E+01 ±2.13E+00	1.60E+01 ±3.89E+00
Al	1.30E+01 ±5.32E+00	6.15E+00 ±6.41E-01	4.15E+00 ±1.10E+00
Mo	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03
Sn	3.95E-01 ±1.27E-01	4.20E-01 ±5.70E-02	1.03E-01 ±4.31E-02
As	5.17E-01 ±1.15E-01	2.89E-02 ±3.85E-03	1.03E+00 ±4.07E-01

ตารางที่ 3-15. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบ.ม) ในตัวอย่างฝุ่น
ขนาด 10 ไมครอนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอุตสาหกรรม

Element	น้ำมันดีเซล PM-10	น้ำมันเตา PM-10	ชีวมวล PM-10
Ba	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03
Cd	<1.00E-03 ±1.00E-03	8.22E-01 ±1.23E-01	1.14E-02 ±9.84E-03
Cr	3.79E-02 ±8.68E-03	1.10E+00 ±3.16E-01	4.98E-01 ±9.66E-02
Cu	8.09E-01 ±1.52E-01	7.25E+00 ±1.46E+00	3.14E-01 ±3.61E-02
Fe	1.76E+01 ±2.87E+00	5.84E+00 ±1.68E+00	1.05E+00 ±2.44E-01
Mn	6.06E-02 ±2.00E-02	1.52E+00 ±5.31E-01	1.23E+00 ±4.29E-01
Ni	3.98E-02 ±1.70E-02	8.88E+00 ±1.85E+00	1.91E-01 ±5.40E-02
Pb	4.36E-02 ±2.00E-02	5.13E+00 ±1.17E+00	3.20E+00 ±9.33E-01
Zn	4.64E+01 ±4.49E+00	1.03E+01 ±1.36E+00	9.59E+00 ±1.67E+00
V	2.10E-01 ±4.51E-02	1.59E+01 ±1.60E+00	4.53E-01 ±1.45E-01
Na	7.71E+00 ±6.83E-01	1.41E+01 ±1.64E+00	9.51E+00 ±7.42E+00
Mg	5.78E+00 ±9.10E-01	7.38E+00 ±1.34E+00	4.84E+00 ±8.20E-01
K	5.30E+00 ±6.36E-01	5.43E+00 ±1.16E+00	4.09E+01 ±1.30E+00
Ca	1.14E+01 ±8.25E-01	1.23E+01 ±1.58E+00	9.67E+00 ±1.80E+00
Al	1.04E-01 ±4.19E-02	6.69E+00 ±1.61E+00	3.56E+00 ±6.42E-01
Mo	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03
Sn	2.42E-01 ±6.83E-02	3.26E-01 ±8.20E-02	1.52E-01 ±2.92E-02
As	5.49E-02 ±2.56E-02	9.32E-01 ±2.35E-01	6.57E-01 ±5.37E-02

ตารางที่ 3-16. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบ.ม) ในตัวอย่างฝุ่น
ขนาด 2.5 ไมครอนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอุตสาหกรรม

Element	น้ำมันดีเซล PM-10	น้ำมันเตา PM-10	ชีวมวล PM-10
Ba	<1.00E-03 ±1.00E-03	1.34E+00 ±7.98E-01	<1.00E-03 ±1.00E-03
Cd	<1.00E-03 ±1.00E-03	6.25E-01 ±1.70E-01	9.32E-03 ±8.07E-03
Cr	3.03E-02 ±6.94E-03	8.73E-01 ±2.95E-01	4.08E-01 ±7.93E-02
Cu	6.47E-01 ±1.22E-01	6.20E+00 ±1.38E+00	2.58E-01 ±2.96E-02
Fe	1.41E+01 ±2.29E+00	4.97E+00 ±1.35E+00	8.62E-01 ±2.00E-01
Mn	4.85E-02 ±1.60E-02	1.28E+00 ±5.05E-01	1.01E+00 ±3.52E-01
Ni	3.18E-02 ±1.36E-02	7.83E+00 ±1.38E+00	1.57E-01 ±4.43E-02
Pb	3.48E-02 ±1.60E-02	4.60E+00 ±9.99E-01	2.62E+00 ±7.65E-01
Zn	3.71E+01 ±3.59E+00	9.04E+00 ±1.47E+00	7.86E+00 ±1.37E+00
V	1.68E-01 ±3.61E-02	1.43E+01 ±2.05E+00	3.71E-01 ±1.19E-01
Na	6.17E+00 ±5.46E-01	1.25E+01 ±1.24E+00	7.80E+00 ±6.08E+00
Mg	4.62E+00 ±7.28E-01	6.31E+00 ±1.31E+00	3.97E+00 ±6.72E-01
K	4.24E+00 ±5.08E-01	4.70E+00 ±7.77E-01	3.35E+01 ±1.07E+00
Ca	9.14E+00 ±6.60E-01	1.18E+01 ±1.78E+00	7.93E+00 ±1.47E+00
Al	8.33E-02 ±3.35E-02	4.68E+00 ±9.38E-01	2.92E+00 ±5.27E-01
Mo	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03
Sn	1.94E-01 ±5.46E-02	1.91E-01 ±6.39E-02	1.24E-01 ±2.39E-02
As	4.39E-02 ±2.05E-02	7.65E-01 ±2.82E-01	5.39E-01 ±4.40E-02

ตารางที่ 3-17. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบ.ม) ในตัวอย่างฝุ่น
ขนาด 10 ไมครอนจากยานพาหนะดีเซล

Element	ดีเซลใหญ่ PM-10	ดีเซลเล็ก PM-10
Ba	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03
Cd	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03
Cr	1.10E-01 ±2.38E-02	2.52E-02 ±1.80E-02
Cu	2.47E-01 ±9.66E-02	6.66E-02 ±2.22E-02
Fe	1.29E+01 ±3.52E+00	4.00E+00 ±1.24E+00
Mn	1.38E-01 ±2.65E-02	5.18E-02 ±2.56E-02
Ni	1.12E-01 ±5.47E-02	3.33E-02 ±1.11E-02
Pb	8.20E-02 ±2.22E-02	2.52E-02 ±1.80E-02
Zn	4.55E+01 ±1.10E+01	1.98E+01 ±4.32E+00
V	5.36E-01 ±1.95E-01	1.93E-01 ±3.39E-02
Na	1.28E+00 ±4.06E-01	1.85E-01 ±3.39E-02
Mg	2.48E+00 ±5.01E-01	8.88E-01 ±2.22E-01
K	3.11E+00 ±5.47E-01	1.04E+00 ±3.39E-01
Ca	1.17E+01 ±4.06E+00	3.48E+00 ±8.97E-01
Al	2.80E-01 ±7.55E-02	1.33E-01 ±2.22E-02
Mo	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03
Sn	2.13E-01 ±4.88E-02	9.63E-02 ±2.56E-02
As	1.57E-01 ±4.28E-02	7.40E-02 ±3.39E-02

ตารางที่ 3-18. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุ (มคก.ต่อลบ.ม) ในตัวอย่างฝุ่น
ขนาด 2.5 ไมครอนจากยานพาหนะดีเซล

Element	ดีเซลใหญ่ PM-2.5	ดีเซลเล็ก PM-2.5
Ba	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03
Cd	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03
Cr	9.02E-02 ±1.95E-02	2.06E-02 ±1.47E-02
Cu	2.03E-01 ±7.92E-02	5.46E-02 ±1.82E-02
Fe	1.05E+01 ±2.89E+00	3.28E+00 ±1.01E+00
Mn	1.13E-01 ±2.17E-02	4.25E-02 ±2.10E-02
Ni	9.15E-02 ±4.49E-02	2.73E-02 ±9.10E-03
Pb	6.72E-02 ±1.82E-02	2.06E-02 ±1.47E-02
Zn	3.55E+01 ±6.31E+00	1.62E+01 ±3.54E+00
V	4.40E-01 ±1.60E-01	1.58E-01 ±2.78E-02
Na	1.05E+00 ±3.33E-01	1.52E-01 ±2.78E-02
Mg	2.03E+00 ±4.10E-01	7.29E-01 ±1.82E-01
K	2.55E+00 ±4.49E-01	8.50E-01 ±2.78E-01
Ca	9.57E+00 ±3.33E+00	2.85E+00 ±7.36E-01
Al	2.29E-01 ±6.19E-02	1.09E-01 ±1.82E-02
Mo	<1.00E-03 ±1.00E-03	<1.00E-03 ±1.00E-03
Sn	1.74E-01 ±4.00E-02	7.89E-02 ±2.10E-02
As	1.28E-01 ±3.51E-02	6.07E-02 ±2.78E-02

ตารางที่ 3-19. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณไอออนที่ตรวจวัดในตัวอย่าง
ฝุ่นขนาด 10 ไมครอนแต่ละสถานี (มคก.ต่อลบ.ม)

Parameter	DDPM10	JKPM10	BDPM10	NAPM10
NH_4^+	0.623±0.310	0.633±0.318	0.674±0.383	0.938±0.619
Cl^-	2.001±0.912	1.291±0.608	1.419±0.562	1.781±0.634
NO_3^-	1.446±0.661	1.354±0.578	1.156±0.548	1.315±0.638
$\text{SO}_4^{=}$	2.250±0.570	1.796±0.489	1.792±0.586	2.372±0.725

ตารางที่ 3-20. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณไอออนที่ตรวจวัดในตัวอย่าง
ฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนแต่ละสถานี (มคก.ต่อลบ.ม)

Parameter	DDPM2.5	JKPM2.5	BDPM2.5	NAPM2.5
NH_4^+	0.492±0.201	0.716±0.241	0.517±0.212	0.850±0.520
Cl^-	0.800±0.344	1.012±0.555	1.017±0.428	0.963±0.248
NO_3^-	0.883±0.303	0.699±0.560	0.885±0.400	0.760±0.510
$\text{SO}_4^{=}$	1.836±0.554	1.326±0.592	1.663±0.486	1.964±0.571

วิเคราะห์ได้ด้วยเครื่อง CHNS/O รุ่น PE 2400 ของ PerkinElmer ปริมาณของ EC โดยเฉลี่ยที่สถานีดินแดงคือ 14.8±7.8 มคก.ต่อลบ.ม. สถานีจันทรเกษม 8.8±5.3 มคก.ต่อลบ.ม. สถานีบ้านสมเด็จ 8.8±5.6 มคก.ต่อลบ.ม. และสถานีบางนา 7.3.2±4.3 มคก.ต่อลบ.ม. ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยของปริมาณของ OC ในแต่ละสถานีเป็นดังนี้ สถานีดินแดงคือ 23.7±11.6 มคก.ต่อลบ.ม. สถานีจันทรเกษม 12.9±7.5 มคก.ต่อลบ.ม. สถานีบ้านสมเด็จ 13.1±7.7 มคก.ต่อลบ.ม. และสถานีบางนา 11.2±6.2 มคก.ต่อลบ.ม. ตามลำดับ ตารางที่ 3-21 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณสารคาร์บอนแต่ละชนิดที่ตรวจวิเคราะห์ได้ จำแนกเป็นรายสถานี

ตารางที่ 3-21. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณคาร์บอนที่ตรวจวัดในตัวอย่าง
ฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนแต่ละสถานี (มคก.ต่อลบ.ม)

Parameter	DDPM2.5	JKPM2.5	BDPM2.5	NAPM2.5
TC	38.5±19.3	21.7 ±12.7	21.9 ±13.3	17.6 ±11.0
EC	14.8±7.8	8.8 ±5.3	8.8 ±5.6	7.3 ±4.3
OC	23.7±11.6	12.9 ±7.5	13.1 ±7.7	11.2 ±6.2

บทที่ 4 สรุปและวิจารณ์

4.1 การเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนจากสถานีเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนสามารถดำเนินการได้ตามแผนงานที่กำหนดไว้ โดยสิ้นสุดการเก็บตัวอย่างในวันที่ 31 มกราคม 2546 จำนวนครั้งของการเก็บตัวอย่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความสำเร็จในการทำงานประมาณ 98 เปอร์เซ็นต์ ของแผนงานที่วางไว้ทั้งสิ้น 115 ครั้ง ซึ่งการเก็บตัวอย่างมีการวางแผนงานล่วงหน้าทุก 1 เดือนและปรับแผนทุก 2 สัปดาห์ให้สอดคล้องกับสถานการณ์และการดำเนินงาน เป็นผลให้การเก็บตัวอย่างไม่ติดขัด รวมทั้งยังสอดคล้องกับการขั้วกระดาดฯกรองให้มีปริมาณสำรองในการใช้งานอย่างน้อย 2-3 ครั้งของการเก็บตัวอย่างล่วงหน้าเพื่อเตรียมรับสถานการณ์เฉพาะหน้า เช่น อุปกรณ์หรือเครื่องมือเสียหาย ปัญหาห้องซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิหรือความชื้นไม่ได้ตามเกณฑ์ เป็นต้น การเก็บตัวอย่างจากสถานีทั้ง 4 แห่งจำเป็นต้องใช้เจ้าหน้าที่อย่างน้อย 3 คนสำหรับนำเครื่องมือไปยังสถานีเพื่อติดตั้งและเก็บเครื่องมือกลับเมื่อใช้งานเสร็จทุกครั้ง ทำให้ใช้เวลาส่วนใหญ่ในช่วงของการเก็บตัวอย่าง (12 เดือนแรก) ในการเดินทางระหว่างสถานีเก็บตัวอย่างคิดเป็นจำนวน 226 วัน จาก 348 วันของการเก็บตัวอย่าง อุปสรรคบางส่วนมีผลมาจากการที่โครงการฯ ไม่มียานพาหนะเป็นของตนเองทำให้ประสบปัญหาเรื่องการเดินทางและการขนส่งอุปกรณ์อยู่บ้าง

ช่วงเวลาดำเนินโครงการฯ มีตัวอย่างฝุ่นที่เก็บตัวอย่างได้แต่ไม่ผ่านเกณฑ์ (invalid) ของการชั่งน้ำหนัก ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง อัตราการไหลของอากาศ อยู่ประมาณ 9.5 เปอร์เซ็นต์ (94 ใน 994 ตัวอย่าง) จากสาเหตุที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ข้อ 3.1 เป็นที่สังเกตได้ว่าปัญหาการควบคุมอัตราการไหลของอากาศของเครื่อง MiniVol™ เริ่มมีปัญหามากขึ้นในเดือนมกราคม 2546 ซึ่งเป็นเดือนที่เครื่องผ่านการใช้งานมาแล้วอย่างต่อเนื่องนานถึง 11 เดือนภายใต้สภาพภูมิอากาศของกรุงเทพฯ ที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง (ตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างกลางแจ้ง) ถึงแม้ว่าการควบคุมและตรวจสอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างจะให้ความสำคัญกับการดูแลเครื่องเก็บตัวอย่างมากขึ้น แต่ไม่ช่วยให้ข้อผิดพลาดในการเก็บตัวอย่างลดลงในเดือนมกราคม 2546 เนื่องจากอุปกรณ์บางส่วนเริ่มทำงานไม่ได้ตามที่ได้ออกแบบไว้หรือหมดอายุการใช้งาน การซ่อมแซมอุปกรณ์พบว่าต้องมีการเปลี่ยนอุปกรณ์บางส่วน เช่น แผ่น diaphragm ของปั๊มดูดอากาศที่เป็นยางเริ่มมีรอยแตกหรือรั่วรวมทั้ง flow damper (อุปกรณ์ที่ช่วยทำให้อัตราการดูดอากาศสม่ำเสมอขึ้น) อุปกรณ์ที่เป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ pressure transducer และตัว Integrated Circuit (IC) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องมือเก็บตัวอย่างได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องสำหรับชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีอายุการใช้งานจำกัดระหว่างการเตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ปัญหาของอุปกรณ์ชำรุดระหว่างการเก็บตัวอย่างจะทำให้เครื่องหยุดการทำงานโดยอัตโนมัติเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องมือ การซ่อมบำรุงเครื่องมือเก็บตัวอย่างจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่สั่งโดยตรงจากต่างประเทศ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่กำหนดลักษณะเฉพาะตามที่ได้ออกแบบไว้โดยบริษัทผู้ผลิต และบริษัทผู้ผลิตไม่ยอมให้ส่งชิ้นส่วนหลายชนิดให้ผู้ใช้งานสามารถซ่อมบำรุงได้เอง ทำให้ต้องสืบค้นหาบริษัทย่อยที่ผลิตอุปกรณ์ประกอบมาทำการซ่อมกันเอง หากต้องส่งไปยังบริษัทผู้ผลิตมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงและใช้เวลานาน ตลอดระยะเวลาของโครงการฯ การซ่อมเครื่องมือได้ทำโดยเจ้าหน้าที่ของกรมวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

การดำเนินงานเก็บตัวอย่างของโครงการฯ ด้วยเครื่องมือที่มีอัตราการดูดอากาศต่ำ MiniVol™ มีข้อสังเกตที่อาจเป็นประโยชน์ในการใช้เครื่องมือประเภทนี้ คือ

- การควบคุมอัตราการไหลของอากาศให้อยู่ในช่วงที่ได้รับการออกแบบไว้เป็นปัจจัยสำคัญมากในการเก็บตัวอย่างฝุ่นแยกขนาด เช่น ฝุ่นขนาด 10 หรือ 2.5 ไมครอน มีผลให้การสอบเทียบอัตราการดูดอากาศของเครื่องเก็บตัวอย่าง MiniVol™ ด้วยอุปกรณ์สอบเทียบมาตรฐานให้เครื่องมือเก็บตัวอย่างมีอัตราการดูดอากาศใกล้เคียงกับที่ได้ถูกออกแบบไว้ (5 ลิตรต่อนาที) จึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการทำงาน

- อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของอากาศของเครื่อง MiniVol™ เป็นชนิดที่ใช้สัญญาณจากแรงดันอากาศ (pressure transducer) ที่ควบคุมร่วมกับ IC และมีอุปกรณ์เสริมที่ช่วยให้การไหลของอากาศราบเรียบขึ้น (flow damper) เป็นอุปกรณ์อย่างง่ายและมีราคาไม่สูงนัก มีผลทำให้อัตราการไหลของอากาศของเครื่อง MiniVol™ ไม่สม่ำเสมอเท่าที่ควรเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ชนิด mass flow controller หรือ critical orifice ในเครื่องมือชนิดมาตรฐาน
- Flow damper เป็นอุปกรณ์ที่ต้องถูกตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอและเปลี่ยนเป็นระยะ ๆ เนื่องจากจะทำให้มีปัญหาเรื่องการทำให้อัตราการดูดอากาศไม่คงที่ ส่วนหนึ่งเกิดจาก flow damper เป็นอุปกรณ์ที่ทำจากยาง เมื่อนำมาใช้ภายใต้ความร้อนจึงอาจมีอายุการใช้งานจำกัด
- การใช้งานเครื่องเก็บตัวอย่าง MiniVol™ แบบต่อเนื่องติดต่อกันเป็นเวลาประมาณ 1 ปี ส่งผลให้อุปกรณ์บางชนิดเสื่อมสภาพ เช่น ส่วนของปั๊มดูดอากาศ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น
- แบตเตอรี่ของเครื่อง MiniVol™ สามารถทำขึ้นและหาอุปกรณ์ทดแทนได้ทั้งหมดภายในประเทศ โดยไม่จำเป็นต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ โดยใช้ขนาด 12 V 12 AH แทนการใช้ 6 V 2 ชุดที่มากับบริษัทผู้ผลิตที่มีราคาประมาณ \$70 (เฉพาะตัวแบตเตอรี่) หรือทั้งหมด \$175 (ราคาที่สหรัฐอเมริกาไม่รวมค่าขนส่ง ภาษี) โดยค่าใช้จ่ายระยะเวลาการชาร์ตควรใช้เวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง เพื่อให้มั่นใจได้ว่ามีพลังงานเพียงพอสำหรับทำงานได้ครบ 24 ชั่วโมงที่อัตราการดูดอากาศ 5 ลิตรต่อนาที อุปกรณ์การชาร์ตพลังงานไฟฟ้าเป็นอีกส่วนหนึ่งที่สามารถหาซื้อได้หรือทำขึ้นจากชิ้นส่วนภายในประเทศ

4.2 ระดับความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพฯ

การวิเคราะห์ข้อมูลของตัวอย่างฝุ่นทั้งสองขนาดที่เก็บด้วยเครื่อง MiniVol™ ตลอดระยะเวลา 12 เดือนระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 – มกราคม 2546 ได้พิจารณาโดยอาศัยค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดเป็นหลัก สามารถจำแนกเป็นประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

4.2.1 การเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของฝุ่นในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง

ระดับความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 ไมครอนที่เก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง MiniVolTM ณ สถานีดินแดงมีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงเท่ากับ 108.1 ± 35.5 มคก.ต่อลบ.ม. ซึ่งเป็นค่าสูงกว่าที่ตรวจวัดได้จากสถานีอื่นอีก 3 แห่งโดยมีค่าเฉลี่ยของฝุ่นสูงกว่าร้อยละ 43 - 47 เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่การค้าและที่พักอาศัย รวมทั้งพื้นที่มีผลกระทบน้อย (สถานีบางนา) ซึ่งในพื้นที่การค้าและพักอาศัยดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างใกล้เคียงกันไม่ว่าจะอยู่ด้านเหนือหรือใต้ของกรุงเทพฯ ในขณะเดียวกันพื้นที่ทั่วไปที่มีผลกระทบน้อยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 57.6 ± 23.9 มคก.ต่อลบ.ม. เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทยที่กำหนดไว้ไม่เกิน 120 มคก.ต่อลบ.ม. พบว่าไม่มีสถานีไหนมีค่าเกินกว่ามาตรฐานสำหรับภาพรวมของฝุ่นโดยเฉลี่ย 24 ชั่วโมงในแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตาม การพิจารณาในรายละเอียดของแต่ละวันในแต่ละสถานีจะพบว่า สถานีดินแดงมีระดับฝุ่นขนาด 10 ไมครอนเกินมาตรฐาน 24 ชั่วโมงคิดเป็นจำนวนวันสูงสุด คือ 33/107 วัน (ร้อยละ 30.8) ในจำนวนนี้วันที่ค่าเฉลี่ยฝุ่นเกินค่ามาตรฐานจำนวน 23 วันเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้งหรือคิดเป็นร้อยละ 69.7 ของจำนวนวันที่เกินค่ามาตรฐานทั้งหมด ในขณะเดียวกันสถานีบ้านสมเด็จมีระดับฝุ่นขนาด 10 ไมครอนเกินมาตรฐาน 24 ชั่วโมงเป็นลำดับรองลงมา คือ 7/100 วัน (ร้อยละ 7.0) ตามด้วยสถานีจันทรเกษมมีระดับฝุ่นขนาด 10 ไมครอนเกินมาตรฐาน 24 ชั่วโมงเป็นจำนวน 3/106 วัน (ร้อยละ 2.8) ส่วนสถานีบางนามีระดับฝุ่นขนาด 10 ไมครอนเกินมาตรฐาน 24 ชั่วโมงเพียง 1/92 วัน (ร้อยละ 1.1) ดังรายละเอียดในตารางที่ 4-1 อย่างไรก็ตาม โปรดสังเกตว่าสถานีบางนาไม่มีการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนกุมภาพันธ์และบางส่วนของเดือนมีนาคม 2546

ตารางที่ 4-1. จำนวนวันที่มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นขนาด 10 ไมครอนเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป

สถานี	จำนวนวันทั้งหมด	จำนวนวันที่เกิน	ร้อยละที่เกิน
ดินแดง	107	23	30.8
จันทรเกษม	106	3	2.8
บ้านสมเด็จ	100	7	7.0
บางนา	92	1	1.1

ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงระดับความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่เก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง MiniVol™ ในแต่ละสถานีมีแนวโน้มไปในทางเดียวกับระดับความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 ไมครอน กล่าวคือ สถานีดินแดงมีค่าเฉลี่ย 69.0 ± 28.8 มคก.ต่อลบ.ม. ในขณะที่สถานีบ้านสมเด็จและจันทระเกษมมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างใกล้เคียงกัน คือ 41.5 ± 24.6 และ 40.9 ± 21.4 มคก.ต่อลบ.ม. ตามลำดับ ปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนโดยเฉลี่ยในแต่ละวันที่พบในพื้นที่การค้าชุมชนพักอาศัยนี้มีค่าต่ำกว่าบริเวณจราจรหนาแน่นประมาณร้อยละ 40 ส่วนสถานีบางนามีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าสถานีอื่น คือ 37.9 ± 28.8 มคก.ต่อลบ.ม. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้กับค่ามาตรฐานในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทยสำหรับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนยังไม่สามารถทำได้ เนื่องจากยังไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐานขึ้นในขณะทำการวิจัย ข้อมูลจากงานวิจัยนี้จะช่วยให้เห็นถึงสถานการณ์ของฝุ่นขนาดเล็กในบรรยากาศของกรุงเทพฯ เพื่อใช้ในการพิจารณากำหนดค่ามาตรฐานของประเทศไทยในอนาคต อย่างไรก็ตาม หากประสงค์ที่จะได้ข้อเปรียบเทียบกับประเทศอื่น อาจทำได้โดยใช้ค่ามาตรฐาน 24 ชั่วโมงของประเทศสหรัฐที่กำหนดไว้ไม่เกิน 65 มคก.ต่อลบ.ม. พบว่าภาพรวมของการเก็บตัวอย่างตลอด 1 ปีมีสถานีดินแดงแห่งเดียวที่เกินค่ามาตรฐานอยู่ประมาณ 4 มคก.ต่อลบ.ม. หากพิจารณาแยกเป็นรายวันพบว่า สถานีดินแดงมีจำนวนวันที่เกิน 65 มคก.ต่อลบ.ม. ทั้งสิ้น 50/99 วัน (ร้อยละ 50.5) หรือประมาณครึ่งหนึ่งของการเก็บตัวอย่างและมากกว่าจำนวนวันที่เกินค่ามาตรฐานของฝุ่นขนาด 10 ไมครอน สถานีจันทระเกษมมีจำนวนวันที่เกินค่าเฉลี่ยที่เกิน 65 มคก.ต่อลบ.ม.ประมาณ 12/103 วัน (ร้อยละ 11.7) รองลงมาได้แก่สถานีบ้านสมเด็จที่มีค่าเฉลี่ยของจำนวนวันที่เกิน 65 มคก.ต่อลบ.ม.ทั้งสิ้น 10/93 วัน (ร้อยละ 10.8) ตามด้วยสถานีบางนา 7/88 วัน (ร้อยละ 8) การเปรียบเทียบในรูปของตารางมิได้จัดทำขึ้นในส่วนนี้ เนื่องจากยังไม่มีค่ามาตรฐาน การเปรียบเทียบจึงเป็นการพิจารณาถึงแนวโน้มที่ตรวจวัดได้อย่างสังเขป ข้อบ่งชี้ในเบื้องต้นนี้จึงเพียงกาบ่งชี้ว่าปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในบรรยากาศของกรุงเทพฯ บริเวณริมเส้นทางที่มีการจราจรหนาแน่นน่าจะเป็นปัญหามลพิษอากาศในอนาคตมากกว่าฝุ่นขนาด 10 ไมครอน

ระดับความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมงโดยรวมของทั้งโครงการฯ เรียงลำดับจากมากไปน้อยจำแนกเป็นรายสถานีมีดังนี้

$$\text{ดินแดง} > \text{บ้านสมเด็จ} > \text{จันทระเกษม} > \text{บางนา} \quad -- (1)$$

$$\text{PM-10: } 108.1 \pm 35.5 > 62.1 \pm 30.7 > 61.1 \pm 21.3 > 57.6 \pm 25.2 \quad -- (2)$$

$$\text{PM-2.5: } 69.0 \pm 28.8 > 41.5 \pm 24.6 > 40.9 \pm 21.4 > 37.9 \pm 18.9 \quad -- (3)$$

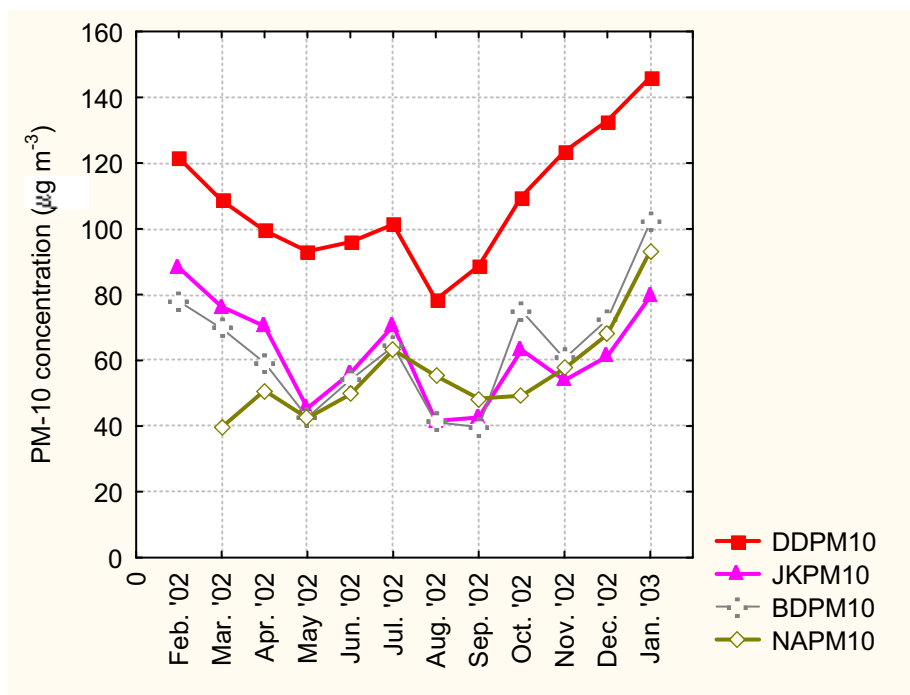
ผลที่ได้ในส่วนนี้สรุปได้ว่าพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น (สถานีดินแดง) มีอิทธิพลต่อปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศ โดยเฉพาะปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก (2.5 ไมครอน) ที่มีโอกาสมากที่จะมีปริมาณเกินค่าที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ได้ ชุมชนการค้าและพักอาศัยด้านเหนือและใต้ของกรุงเทพฯ มีปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดอยู่ระดับใกล้เคียงกันมาก เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดยังมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้เพื่อป้องกันอันตรายต่อสุขภาพ อย่างไรก็ตาม บุคคลมีความแตกต่างกันอย่างมากในหลายประการ เช่น ความแข็งแรงของร่างกาย โรคประจำตัว อุปนิสัย เป็นต้น ผลที่ได้ในส่วนนี้จึงจำเป็นต้องพิจารณาให้รอบคอบก่อนนำไปประยุกต์ใช้

การเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนโดยเฉลี่ย 24 ชั่วโมงรายสถานีแสดงในรูปที่ 3-1 (ก) – (ง) พบว่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นทั้งสองขนาดมีความสัมพันธ์กันในแต่ละสถานี โดยปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนที่เพิ่มหรือลดในแต่ละวันจะส่งผลต่อปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่เพิ่มหรือลดในแต่ละวันไม่จำเป็นต้องเท่ากันในแต่ละสถานี นอกจากนี้ ลักษณะของกราฟยังแสดงให้เห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นทั้ง 4 สถานีในพื้นที่ศึกษามีอิทธิพลของแหล่งกำเนิดในพื้นที่ (Local sources) และเป็นไปได้ว่าสภาพทางอุตุนิยมวิทยาอาจมีอิทธิพลเช่นกัน โดยสังเกตได้จากการที่ปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดของสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมดเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันแม้ว่าแต่ละสถานีจะอยู่ห่างกัน 3 – 10 กิโลเมตร ทั้งนี้ อิทธิพลของแหล่งกำเนิดฝุ่นทั้งสองขนาดในแต่ละพื้นที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นในบรรยากาศอยู่มาก สังเกตได้จากสถานีดินแดงที่ตั้งอยู่ใกล้กับเส้นทางจราจรมาก พบว่ามีความเข้มข้นของฝุ่นสูงกว่าสถานีอื่น ในขณะที่สถานีจันทรมะและบ้านสมเด็จเจ้าพระยาที่ตั้งอยู่ห่างจากเส้นทางคมนาคมสายหลักและเป็นพื้นที่การค้าและอยู่อาศัยมีปริมาณฝุ่นในบรรยากาศที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน

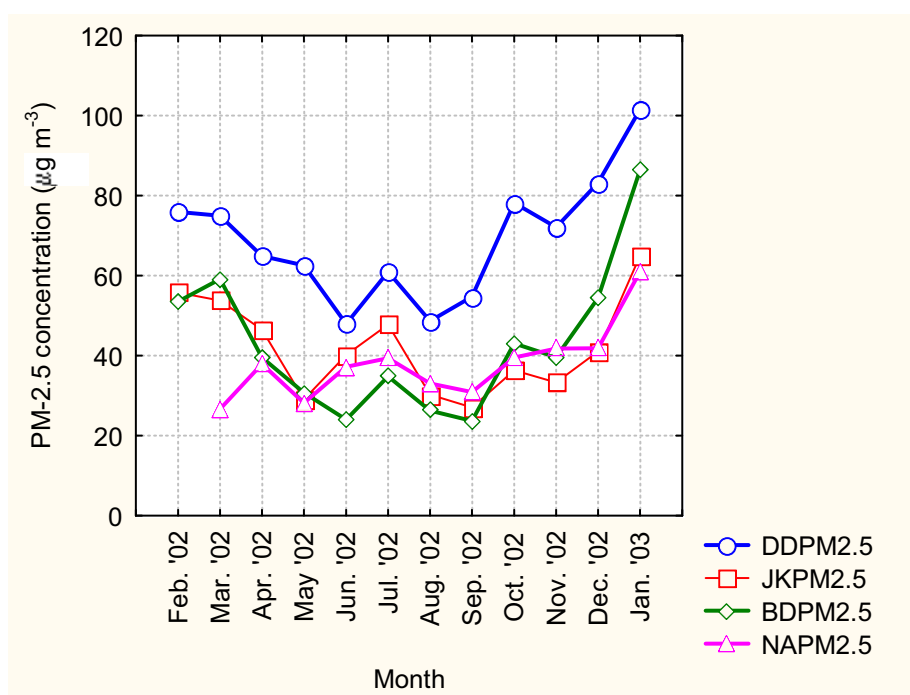
ลักษณะของปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดในพื้นที่เก็บตัวอย่างแสดงให้เห็นแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนตุลาคม – กุมภาพันธ์ (ในช่วงนี้ตามการจัดแบ่งฤดูของประเทศไทยถือว่าเป็นช่วงฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่ 15 ตุลาคม – 15 กุมภาพันธ์) ในขณะที่ช่วงเดือนมีนาคม – กันยายน มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นทั้งสองขนาดลดลงในพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 4-1 และ 4-2) เห็นได้ว่าในช่วงฤดูแล้งหรือมีสภาพอากาศแห้งปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดในบรรยากาศสูงกว่าช่วงที่มีสภาพอากาศชื้นหรือฤดูที่มีฝน ปรากฏการณ์ลักษณะนี้สามารถอธิบายได้ว่าฝนที่เกิดขึ้นมีส่วนชะล้างหรือนำพาฝุ่นที่มีอยู่ในบรรยากาศให้ลดลง (Rain scavenging) นอกจากนี้ กิจกรรมการเผาหญ้าหรือเศษวัสดุทางการเกษตรที่มีจำนวนมาก

ในช่วงฤดูแล้งอาจมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝุ่นในบรรยากาศด้วย ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ค่อนข้างสอดคล้องกับผลการศึกษาของรพีพัฒน์ (2543) ที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นในกรุงเทพฯ ระหว่างเดือน พฤษภาคม 2542 – กรกฎาคม 2543

รูปที่ 4-1. ลักษณะของค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นขนาด 10 ไมครอนเปรียบเทียบรายสถานี



รูปที่ 4-2. ลักษณะของค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนเปรียบเทียบรายสถานี



4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของฝุ่นทั้งสองขนาด

ความสัมพันธ์ของฝุ่นทั้งสองขนาดในพื้นที่ศึกษาในรูปของสัดส่วนของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนต่อฝุ่นขนาด 10 ไมครอนโดยรวมทั้งโครงการฯ มีค่าสัดส่วนค่อนข้างใกล้เคียงกันในแต่ละสถานีโดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.64 – 0.67 (ตาราง 4-2) สถานีดินแดงที่มีค่าเฉลี่ย 24 ชม.ของปริมาณฝุ่นสูงที่สุดแต่กลับมีสัดส่วนต่ำสุดที่ระดับ 0.64 สำหรับพื้นที่พักอาศัยและการค้าบริเวณด้านทิศเหนือและใต้ของกรุงเทพฯ มีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ระดับ 0.67 ค่าสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันนี้สามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างสัมพันธ์กันในแต่ละสถานีว่ามีสาเหตุจากการที่ปริมาณของฝุ่นประมาณ 30 – 40 เปอร์เซ็นต์เป็นฝุ่นใหญ่กว่า 2.5 - 10 ไมครอน ดังนั้น ฝุ่นขนาดเล็กจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อปริมาณของฝุ่นขนาด 10 ไมครอนที่มีอยู่ในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร การเพิ่ม/ลดลงของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนย่อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในระดับ 60 – 70 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นลักษณะ (patterns) ที่เปลี่ยนแปลงไปของปริมาณฝุ่นในแต่ละครั้งของการตรวจวัดในสถานีต่าง ๆ จึงมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือวันที่มีปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนสูงก็จะมีปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่ตรวจวัดได้สูงขึ้นด้วยเช่นกัน ในขณะที่ผลการศึกษาของรพีพัฒน์ (2543) ที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นในกรุงเทพฯ ด้วย Dichotomous air sampler ระหว่างเดือน พฤษภาคม 2542 – กรกฎาคม 2543 เป็นจำนวนประมาณ 80 ตัวอย่าง พบว่าสัดส่วนของฝุ่นทั้งสองขนาดไว้ที่ 0.61 - 0.68 จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกับผลของโครงการฯ ข้อมูลที่พบในตะวันตกและตะวันออกของสหรัฐอเมริกามีค่าประมาณ 0.75 และ 0.52 ตามลำดับ (US.EPA, 2001) ในขณะที่พบในกรุงเม็กซิโกมีค่าประมาณ 0.61 (Vega *et al.*, 2002) ในสเปนมีสัดส่วนในช่วง 0.6 – 0.9 (Hernández *et al.*, 2002; Querol *et al.*, 2002) ผลการศึกษาในเมืองเชียงใหม่ สาธารณรัฐประชาชนจีนมีค่าเฉลี่ยของสัดส่วนประมาณ 0.60 โดยอาจมีค่าสูงถึง 0.85 (Yuanxun *et al.*, 2004)

ตารางที่ 4-2. ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของฝุ่นขนาด 2.5 และ 10 ไมครอนจำแนกรายสถานีในภาพรวมระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 และ มกราคม 2546

ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของฝุ่นขนาด 2.5 ต่อ 10 ไมครอน			
ดินแดง	จันทระเกษม	บ้านสมเด็จ	บางนา
0.64	0.67	0.67	0.66

กรณีของการเปรียบเทียบความสัมพันธ์โดยรวมของค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงระหว่างฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนจากข้อมูลของสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 4 แห่ง ด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (correlation metric) จำแนกสถานี่และตัวแปร พบว่าปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดในทุกพื้นที่ศึกษาีระดับความสัมพันธ์อยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง คือ มีระดับความสัมพันธ์ในช่วง 0.60 – 0.91 ดังแสดงในตารางที่ 4-3 โดยทั่วไปฝุ่นทั้งสองขนาดในสถานีตรวจวัดเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง เช่น ปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนของสถานีดินแดงและบ้านสมเด็จมีความสัมพันธ์ในระดับ 0.84 และ 0.91 ตามลำดับ นอกจากนี้ ปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ในแต่ละสถานีโดยส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์ระหว่าง 0.74 – 0.81 สูงกว่าความสัมพันธ์ของฝุ่นขนาด 10 ไมครอน ที่มีความสัมพันธ์ระหว่าง 0.67 – 0.78 อธิบายได้ว่าฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีขนาดเล็กทำให้มีโอกาสที่จะอยู่ตกถึงพื้นได้ช้ากว่าฝุ่นขนาด 10 ไมครอน การกระจายตัวของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในบรรยากาศจึงไปได้ไกลและอยู่ในบรรยากาศนานกว่า มีผลให้ความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นในแต่ละพื้นที่สูงกว่าฝุ่นขนาดใหญ่ (Sue *et al.*, 1995, US.EPA,1996a)

ตารางที่ 4-3. ตารางแสดงความสัมพันธ์ของฝุ่นทั้งสองขนาดในรูปของ correlation matrix.

ตัวแปร	DD PM2.5	DD PM10	JK PM2.5	JK PM10	BD PM2.5	BD PM10	NA PM2.5	NA PM10
DDPM2.5	1.00							
DDPM10	0.84	1.00						
JKPM2.5	0.81	0.68	1.00					
JKPM10	0.67	0.60	0.78	1.00				
BDPM2.5	0.78	0.77	0.79	0.87	1.00			
BDPM10	0.78	0.78	0.77	0.84	0.91	1.00		
NAPM2.5	0.74	0.67	0.78	0.87	0.87	0.84	1.00	
NAPM10	0.72	0.73	0.76	0.80	0.84	0.86	0.88	1.00

หมายเหตุ: ค่าความสัมพันธ์ทั้งหมดมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดโดยมีฝุ่นขนาด 10 ไมครอนเป็นตัวแปรอิสระ (independent variable) และฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนเป็นตัวแปรตามในรูปของสมการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประเมินระดับความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดในแต่ละบริเวณของพื้นที่ศึกษาและภาพรวมของกรุงเทพฯ (รูปที่ 4-3) พบว่า ข้อมูลที่เป็น

ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงโดยรวมของทั้งโครงการฯ เมื่อเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง MiniVol™ (n = 356) ฝุ่นทั้งสองขนาดมีความสัมพันธ์ในระดับสูง ($r^2 = 0.83$) โดยปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในพื้นที่ศึกษาสามารถประมาณการณด้วยปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอน ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น (4) ดังนี้

$$[\text{PM}-2.5] \mu\text{g m}^{-3} = 0.69[\text{PM}-10] - 1.64 \mu\text{g m}^{-3} \quad (4)$$

กรณีของความสัมพันธ์ของฝุ่นทั้งสองขนาดจำแนกเป็นรายสถานีเมื่อวิเคราะห์โดยกลับค่าความสัมพันธ์ (รูปที่ 4-4 ถึง 4-7) พบว่า ทุกสถานีมีค่าสัมประสิทธิ์ความชัน (slope coefficient) ประมาณ 1.03 – 1.11 ดังแสดงในสมการ (5) – (8) ทำให้ประมาณการในเบื้องต้นได้ว่าปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดในแต่ละสถานีตรวจวัดมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงในสัดส่วน ใกล้เคียง 1 แต่ปัจจัยที่ต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่ เช่น จำนวน/ชนิดของแหล่งกำเนิดในแต่ละพื้นที่ ความใกล้/ไกลจากแหล่งกำเนิด เป็นต้น เมื่อพิจารณาปัจจัยโดยรวมแล้วปริมาณฝุ่นในแต่ละพื้นที่ (local sources) อยู่ในช่วง 15 – 32 มคก.ต่อลบ.ม. โดยบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น (ดินแดง) จะสูงกว่าบริเวณชุมชนพักอาศัยประมาณสองเท่า โดยการประมาณการนี้ใช้อธิบายได้ในระดับ 75 – 83 เปอร์เซ็นต์ของความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาด

$$\text{ดินแดง}_{\text{PM}-10} (\mu\text{g m}^{-3}) = 1.08 \times [\text{ดินแดง}_{\text{PM}-2.5}] + 32.3 (\mu\text{g m}^{-3}), \quad r^2 = 0.79 \quad (5)$$

$$\text{จันทระเกษม}_{\text{PM}-10} (\mu\text{g m}^{-3}) = 1.03 \times [\text{จันทระเกษม}_{\text{PM}-2.5}] + 18.02 (\mu\text{g m}^{-3}), \quad r^2 = 0.75 \quad (6)$$

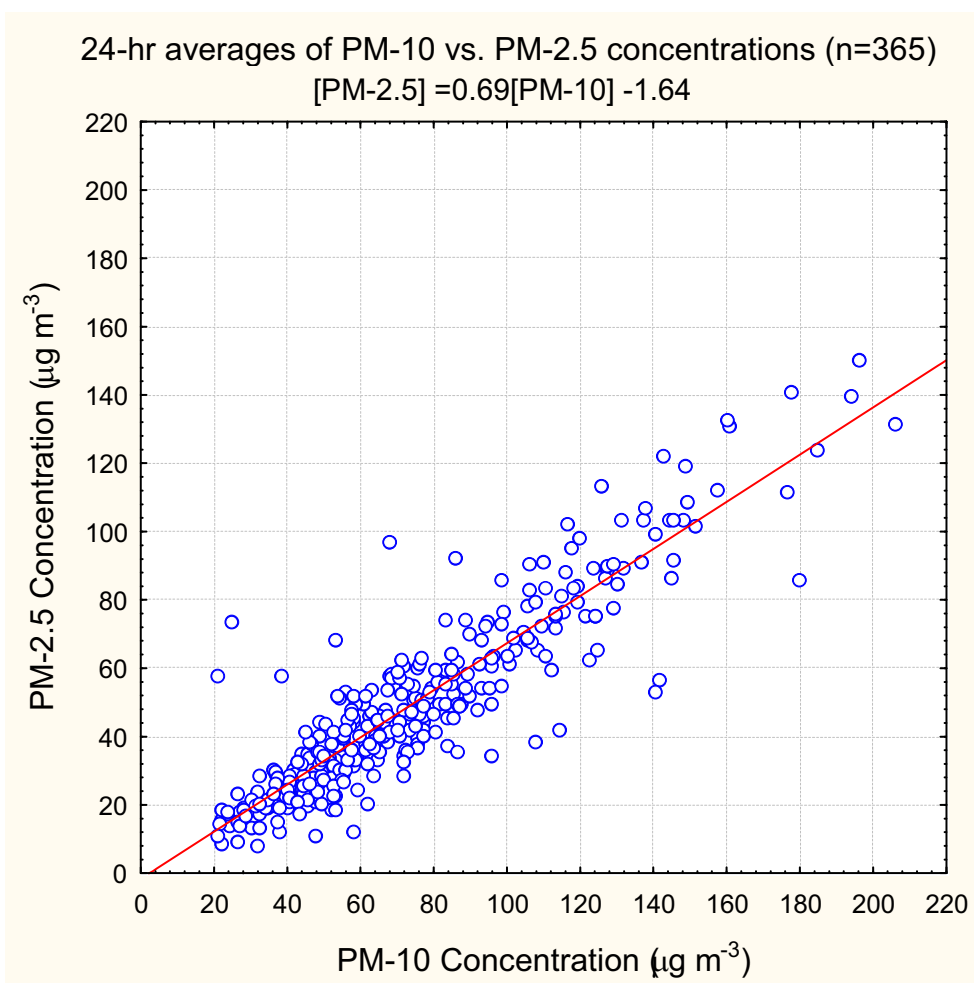
$$\text{บ้านสมเด็จ}_{\text{PM}-10} (\mu\text{g m}^{-3}) = 1.08 \times [\text{บ้านสมเด็จ}_{\text{PM}-2.5}] + 15.49 (\mu\text{g m}^{-3}), \quad r^2 = 0.80 \quad (7)$$

$$\text{บางนา}_{\text{PM}-10} (\mu\text{g m}^{-3}) = 1.11 \times [\text{บางนา}_{\text{PM}-2.5}] + 15.33 (\mu\text{g m}^{-3}), \quad r^2 = 0.83 \quad (8)$$

4.2.3 การเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของฝุ่นจากเครื่องมือสองชนิด

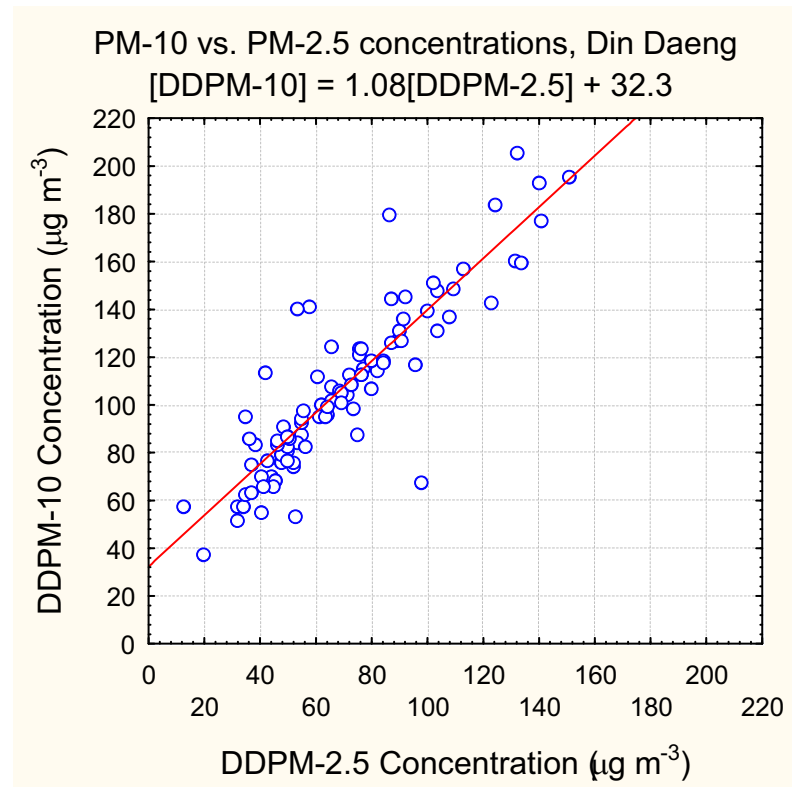
การเปรียบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง MiniVol™ และเครื่อง FRM ที่เป็นเครื่องมือมาตรฐานของ U.S.EPA สำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน ได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2545 – มกราคม 2546 ปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง MiniVol™ และ FRM มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงเท่ากับ 43.3 ± 19.8 และ 31.3 ± 15.2 มคก.ต่อลบ.ม.ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่เก็บ

รูปที่ 4-3. ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน
ของโครงการฯ ระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 – มกราคม 2546

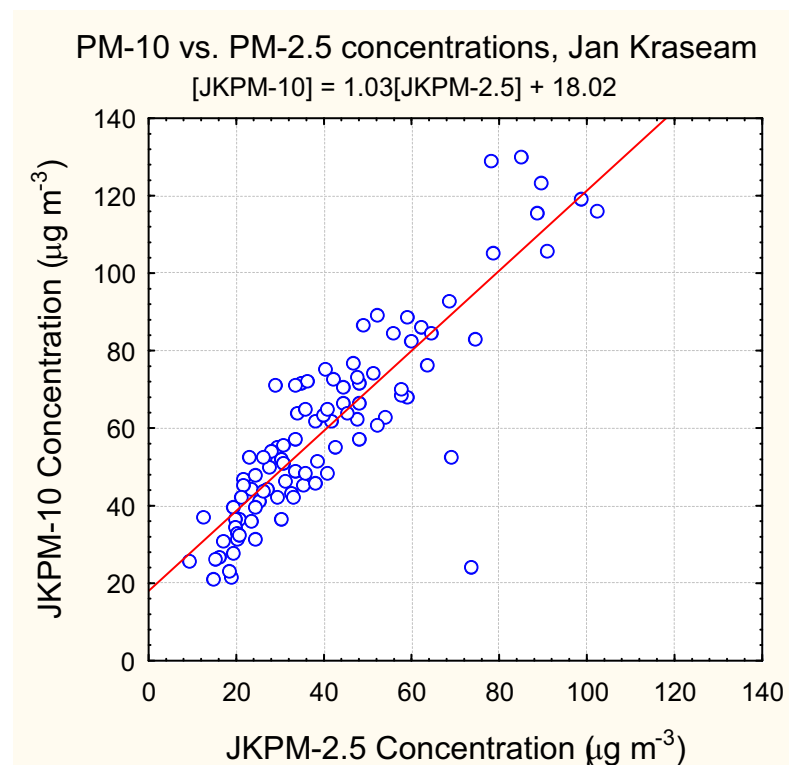


ด้วยเครื่อง MiniVolTM มีค่าสูงกว่าเครื่อง FRM ประมาณ 1.23 เท่า ผลเปรียบเทียบการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนรายสถานีสำหรับสถานีดินแดงมีค่าเฉลี่ย 24 ชม.ของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่เก็บด้วยเครื่อง MiniVolTM สูงกว่า FRM ประมาณ 10 มคก.ต่อลบ.ม. (บทที่ 3 ตารางที่ 3-2) ส่วนสถานีบ้านสมเด็จเจ้าพระยา มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่เก็บด้วยเครื่อง MiniVolTM สูงกว่าเครื่อง FRM ประมาณ 9.6 มคก.ต่อลบ.ม. ส่วนสถานีบ้านสมเด็จเจ้าพระยา มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่เก็บด้วยเครื่อง MiniVolTM สูงกว่าเครื่อง FRM ประมาณ 9.6 มคก.ต่อลบ.ม. ซึ่งค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่ตรวจวัดได้จากสถานีบ้านสมเด็จเจ้าพระยามีค่าต่ำกว่าของสถานีดินแดงประมาณ 28 มคก.ต่อลบ.ม.สำหรับการตรวจวัดด้วยเครื่อง MiniVolTM ค่าที่ได้นี้ค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดได้ด้วยเครื่อง FRM ที่ระดับ 26 มคก.ต่อลบ.ม.

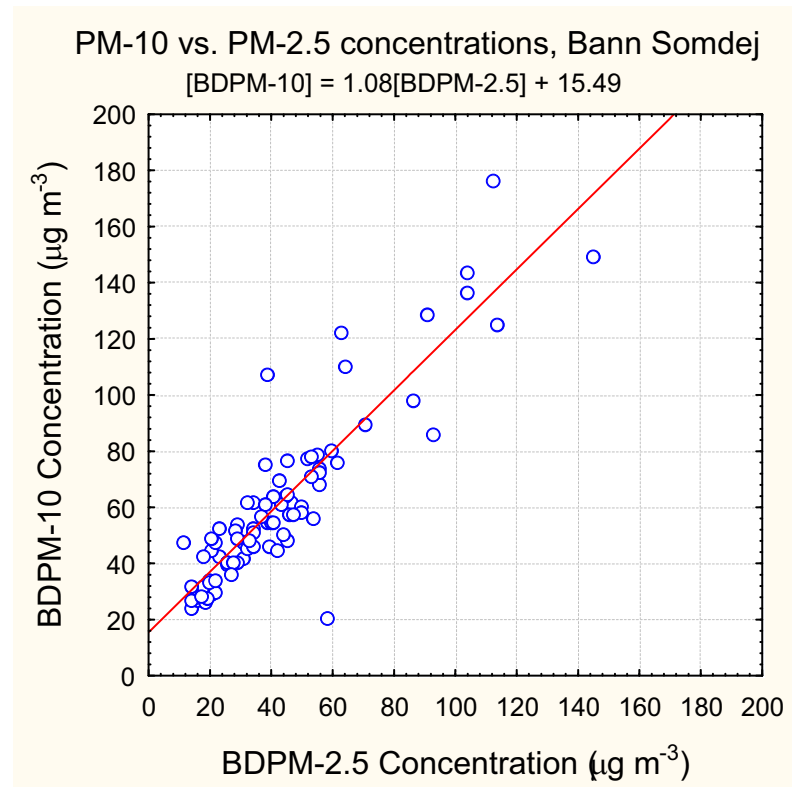
รูปที่ 4-4. ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ณ
สถานีดินแดง ระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 – มกราคม 2546



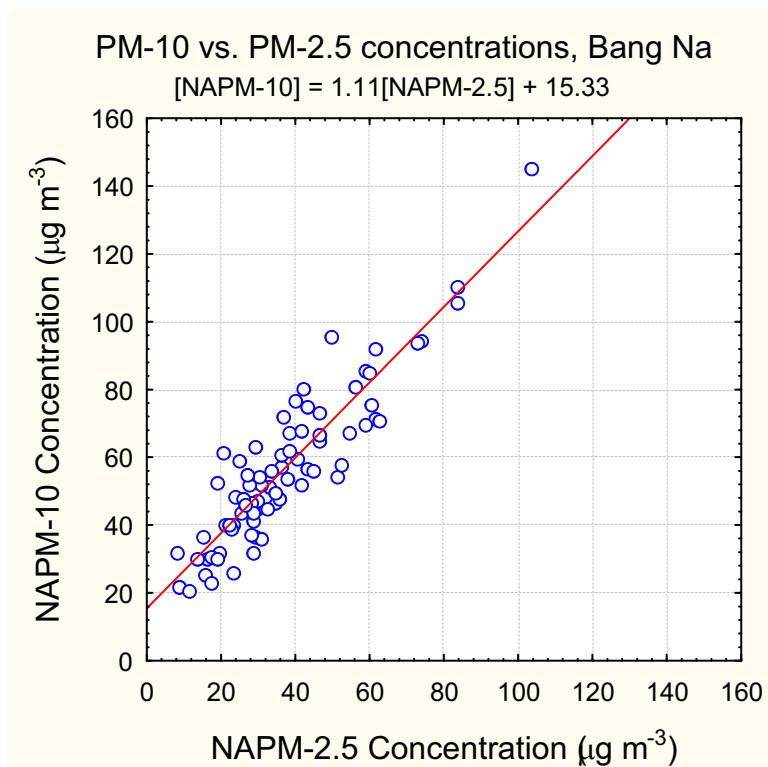
รูปที่ 4-5. ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ณ
สถานีจันทระเกษม ระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 – มกราคม 2546



รูปที่ 4-6. ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ณ
สถานีบ้านสมเด็จ ระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 – มกราคม 2546



รูปที่ 4-7. ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน ณ
สถานีบางนา ระหว่างกุมภาพันธ์ 2545 – มกราคม 2546



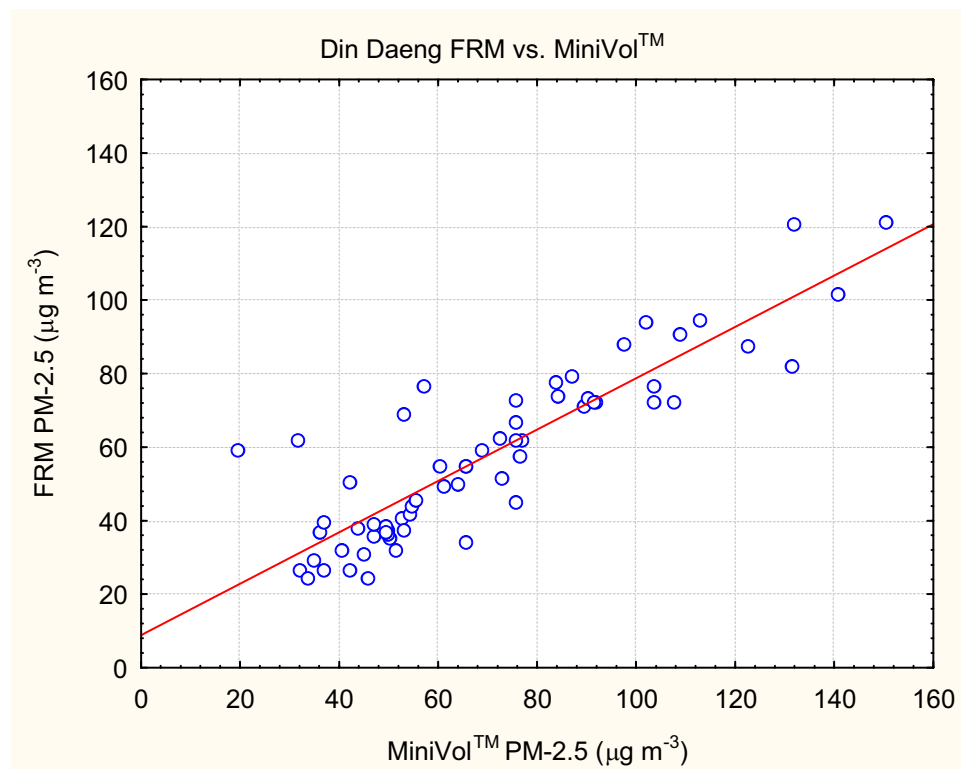
เมื่อนำค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือทั้งสองชนิดที่ได้ดำเนินการ ณ สถานีดินแดงและบ้านสมเด็จเจ้ามาเปรียบเทียบเพื่อดูลักษณะของความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงด้วยแผนภูมิแบบจุดของความสัมพันธ์ (Scatter plot) จะพบว่าปริมาณฝุ่นที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือทั้งสองมีลักษณะดังรูปที่ 4-8 (ดินแดง) และ 4-9 (บ้านสมเด็จ) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดทั้งสองวิธีด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น การเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือทั้งสองชนิด พบว่าการทดสอบด้วย Paired sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าตารางแจกแจง $t_{0.05}$ ($1.684 < 9.760$)

การเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่องมือเก็บตัวอย่าง MiniVolTM ที่โครงการฯ ใช้กับเครื่องมือมาตรฐาน (FRM) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่ได้จากทั้งสองวิธี พบว่าปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่เก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง MiniVolTM จะให้ค่าสูงกว่าเครื่องมือมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเครื่องมือทั้งสองชนิดด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นมีค่า r^2 ในระดับ 84 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในสมการที่ (9) และรูปที่ 4-10

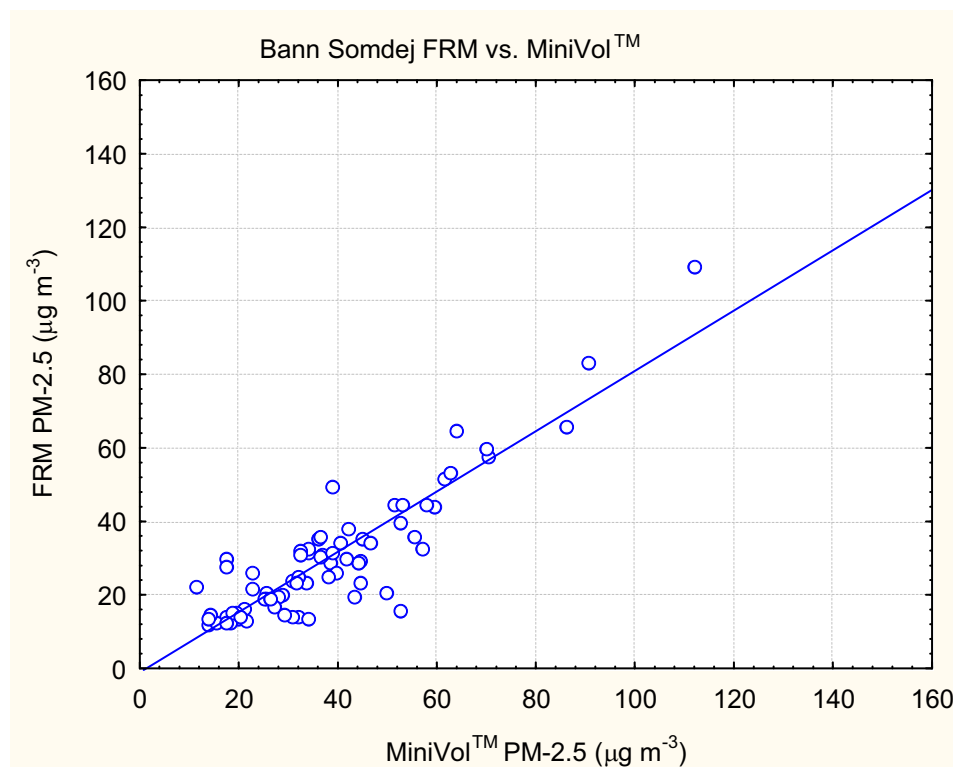
$$[\text{MiniVol}^{\text{TM}} \text{ PM-2.5}] \mu\text{g m}^{-3} = 1.08[\text{FRM PM-2.5}] + 6.24 \mu\text{g m}^{-3} \quad \text{--- (9)}$$

นอกจากนี้ รูปที่ 4-11. แสดงการกระจายของ (ก) ฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน และ (ข) ฝุ่นขนาด 10 ไมครอนเปรียบเทียบรายสถานีในรูปของแผนภูมิกล่องชนิด Box - Whisker จะเห็นถึงความแตกต่างของการกระจายของปริมาณฝุ่นเปรียบเทียบในแต่ละสถานี ซึ่งสถานีดินแดงจะสูงกว่าสถานีอื่นอย่างชัดเจนในประเด็นของค่าเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ ในขณะที่สถานีอื่นที่เหลือมีค่าการกระจายค่อนข้างใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปริมาณโดยเฉลี่ยของฝุ่นที่มีอยู่ในพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบมากจากการจราจรเช่นสถานีดินแดงที่มีค่าการกระจายค่อนข้างใกล้เคียงกัน พื้นที่ของบริเวณชุมชนพักอาศัยและการค้าทั้งในบริเวณตอนเหนือและใต้ของพื้นที่กรุงเทพฯ โดยเฉพาะระดับความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน

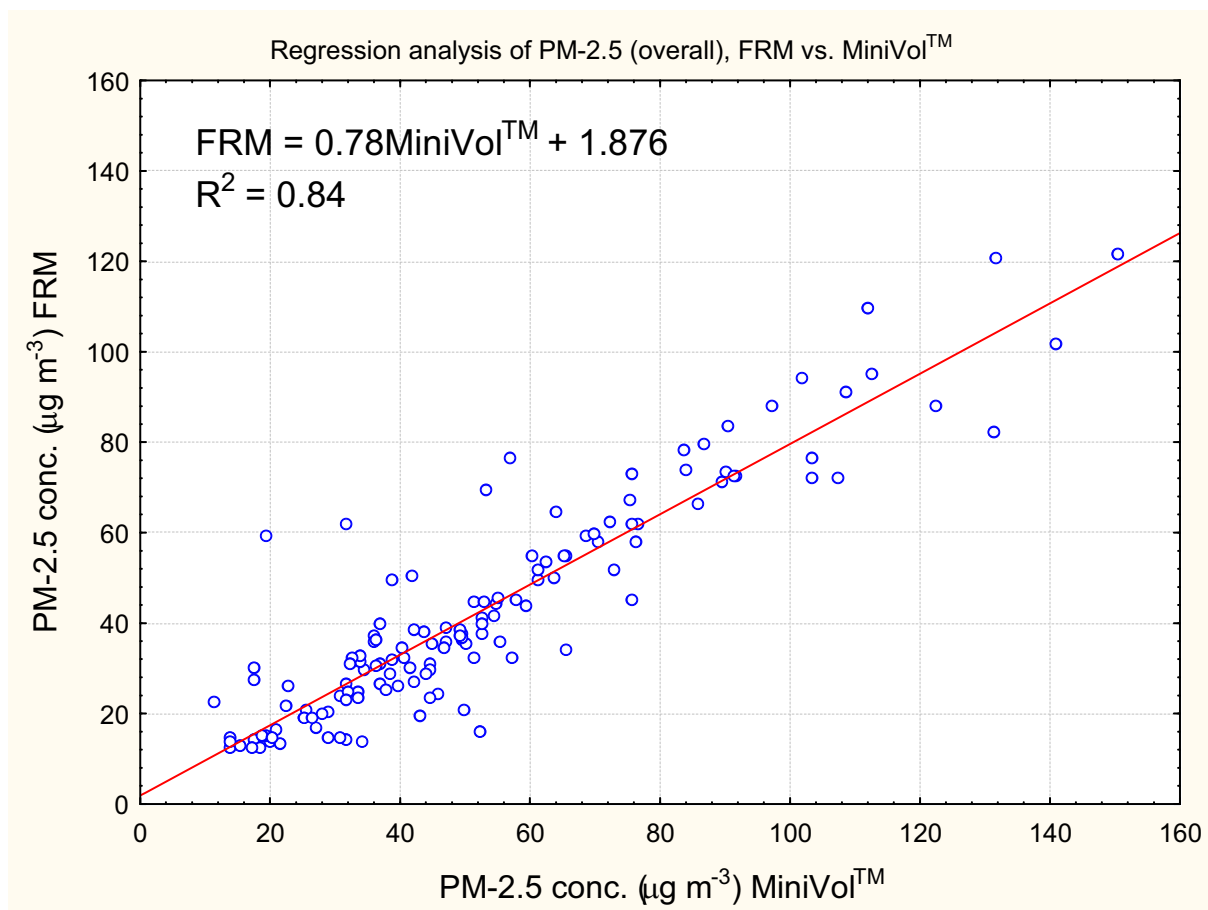
รูปที่ 4-8. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 24 ชม.ของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) ที่ตรวจวัดได้จากเครื่อง MiniVolTM และ FRM จากสถานีดินแดง (n = 64)



รูปที่ 4-9. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 24 ชม.ของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) ที่ตรวจวัดได้จากเครื่อง MiniVolTM และ FRM จากสถานีบ้านสมเด็จ (n = 73)

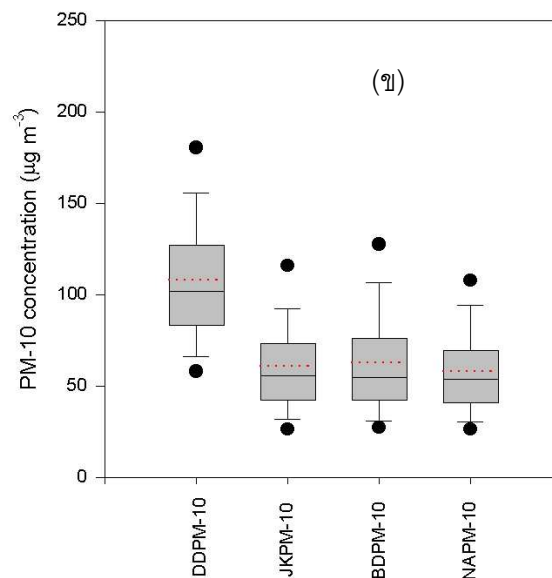
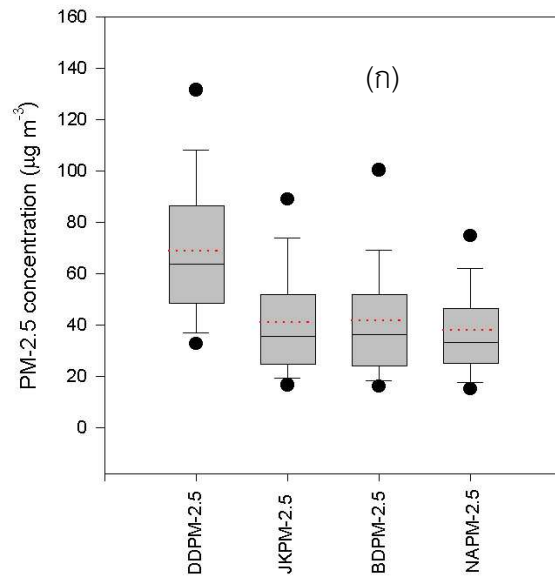


รูปที่ 4-10. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 24 ชม.ของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) ที่ตรวจวัดได้จากเครื่อง MiniVol™ และ FRM จากสถานีดินแดงและบ้านสมเด็จ



ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบเครื่องมือเก็บตัวอย่างนี้มีประโยชน์ในการกรณีที่มีการใช้เครื่อง MiniVol™ เป็นอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในพื้นที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา โดยต้องคำนึงว่า ผลการตรวจวัดจะให้ความเข้มข้นสูงกว่าการใช้เครื่อง FRM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 95 อย่างไรก็ตาม การตรวจวัดฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนด้วยเครื่อง FRM ทำได้จำกัดในปัจจุบันด้วยราคาที่สูงและมีอยู่จำนวนจำกัด (3 เครื่อง ข้อมูล ณ เดือนธันวาคม 2546) นอกจากนี้ ผลของการดำเนินโครงการที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าเครื่อง MiniVol™ มีอุปสรรคในเรื่องของอุปกรณ์การปรับและควบคุมอัตราการไหลของอากาศให้คงที่ที่เป็นชนิด pressure transducer และ flow damperner

รูปที่ 4-11 ลักษณะการกระจายของข้อมูลปริมาณฝุ่นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงรายสถานี ระหว่าง
 กุมภาพันธ์ 2545 – มกราคม 2546 (ก) ฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน และ (ข) ฝุ่น
 ขนาด 10 ไมครอน, เส้นประแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ย, จุดดำ หมายถึง ค่าที่
 ระดับ 5 และ 90 เปอร์เซ็นไทล์

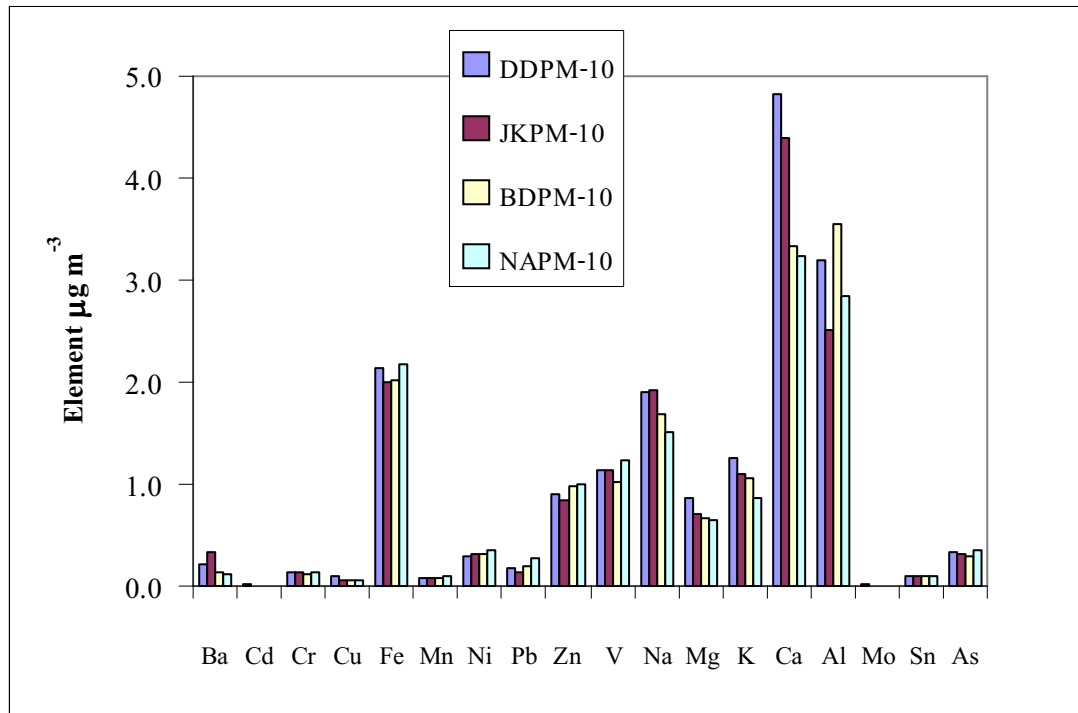


และต้องคอยตรวจสอบให้มีสภาพที่ใช้งานได้ตลอดเวลา มิฉะนั้นจะทำให้อัตราการไหลของอากาศเบี่ยงเบนไปจากข้อกำหนดของเครื่องที่ 5 ลิตรต่อนาที ถึงแม้ว่าการสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศจะเทียบกับ primary flow calibrator (Giliblator[®], Synseddyne, FL) ก่อนและหลังเก็บตัวอย่าง แต่ขณะที่ปริมาณฝุ่นที่เพิ่มขึ้นในช่วงเก็บตัวอย่างจะส่งผลให้ปริมาณงานหนักขึ้นจึงอาจทำให้อัตราการไหลของอากาศภายหลังการเก็บตัวอย่างสูงจากการชดเชยในส่วนี้ การใช้ MiniVol[™] ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในบางพื้นที่ของสหราชอาณาจักรเปรียบเทียบกับเครื่อง FRM (Partisol) และ TEOM[®] พบว่าไม่เป็นที่น่าพอใจ ($R=0.50-0.52$) แต่เนื่องจากจำนวนตัวอย่างจำกัดจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม (Salter and Parsons, 1999) อย่างไรก็ตาม การศึกษาโดย Baldauf et al., (2001) พบว่า การใช้ MiniVol[™] เปรียบเทียบกับ Dichotomous sampler (Equivalent method) ให้ค่าค่อนข้างดีที่ R^2 0.85 สำหรับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน ดังนั้น การเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนด้วยเครื่อง MiniVol[™] ในอนาคตจึงควรพิจารณาปัจจัยที่กล่าวแล้วในเบื้องต้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐานมากขึ้น โดยต้องสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศให้อยู่ในช่วงที่กำหนด 5 ลิตรต่อนาที $\pm$ tolerance รวมถึงการตรวจสอบเครื่องมือรายวันในส่วนที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของอากาศ การล้างแผ่น impactor การทา grease บน impactor การตรวจสอบพลังงานไฟฟ้าของแบตเตอรี่

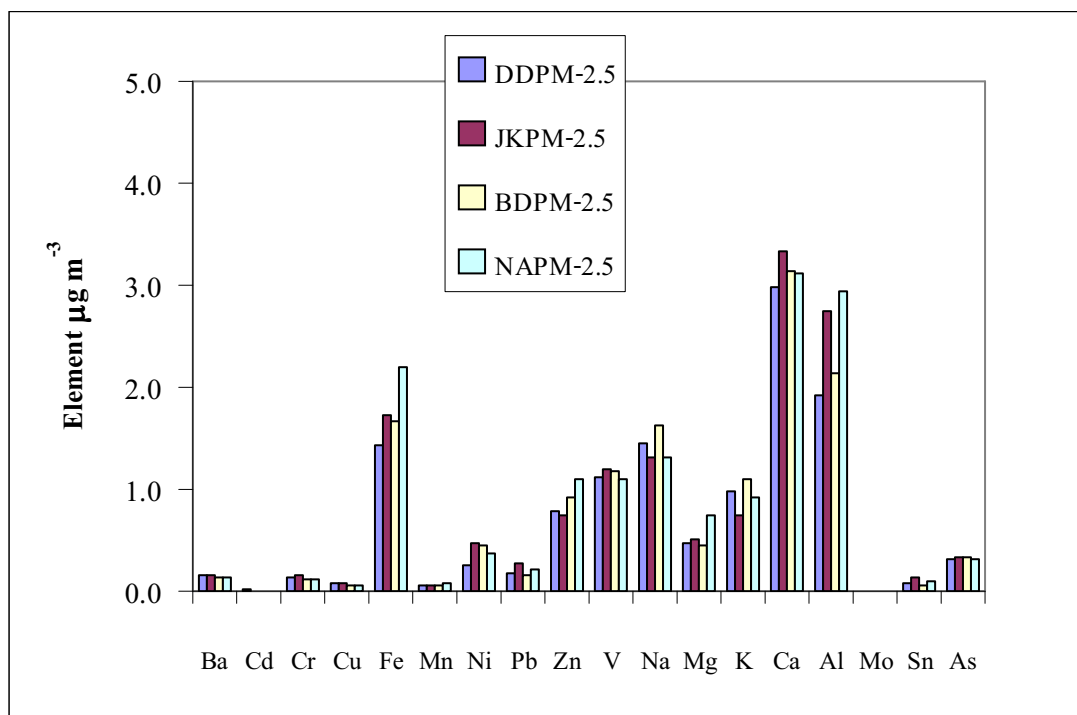
4.3 ลักษณะของธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างฝุ่น

การวิเคราะห์ทางเคมีหาปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 4 แห่ง พบว่า ธาตุองค์ประกอบของฝุ่นขนาด 10 ไมครอนมีแคลเซียมในปริมาณสูงสุด คือประมาณ 4.821 ± 2.369 ถึง 3.227 ± 1.892 มก.ต่อลบ.ม. ตามด้วยอลูมิเนียมและเหล็ก ในขณะที่แคลเซียมและโมลิบดีนัมมีปริมาณค่อนข้างต่ำ (รูปที่ 4-12) สำหรับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีปริมาณแคลเซียมสูงเช่นเดียวกัน คือ 3.333 ± 2.975 ถึง 2.975 ± 2.281 มก.ต่อลบ.ม. ตามด้วยอลูมิเนียมและเหล็ก (รูปที่ 4-13) การใช้ ICP-MS ช่วยให้การวิเคราะห์ทางเคมีได้จำนวนธาตุเพิ่มมากขึ้นจากที่ประมาณการไว้ในเบื้องต้น 10 – 12 ธาตุ ปริมาณธาตุที่พบในตัวอย่างฝุ่นขนาด 10 ไมครอนสำหรับสถานีดินแดงคิดเป็นสัดส่วนต่อปริมาณฝุ่นเฉลี่ยประมาณร้อยละ 16.37 ในขณะที่สถานีจันทระเกษม บ้านสมเด็จและบางนา มีสัดส่วนที่สูงกว่า คือ ร้อยละ 20.95, 18.39 และ 18.95 ตามลำดับ สัดส่วนของปริมาณธาตุฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่วิเคราะห์ได้มีค่าแตกต่างกัน โดยบางสถานีมีค่ามากแต่บางสถานีมีค่าต่ำกว่าฝุ่นขนาด 10 ไมครอน สถานีดินแดงมีปริมาณธาตุประมาณร้อยละ 16.95 สถานีจันทระเกษมร้อยละ 23.46 สถานีบ้านสมเด็จร้อยละ 23.24 และ

รูปที่ 4-12. การเปรียบเทียบปริมาณขององค์ประกอบธาตุโดยเฉลี่ยในฝุ่นขนาด 10 ไมครอน

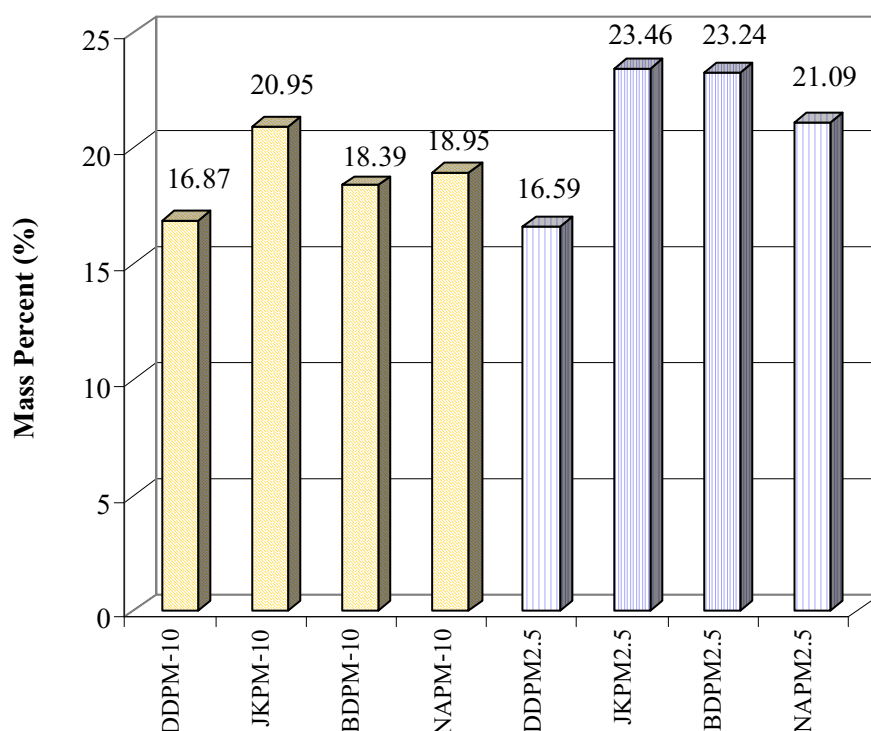


รูปที่ 4-13. การเปรียบเทียบปริมาณขององค์ประกอบธาตุโดยเฉลี่ยในฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน



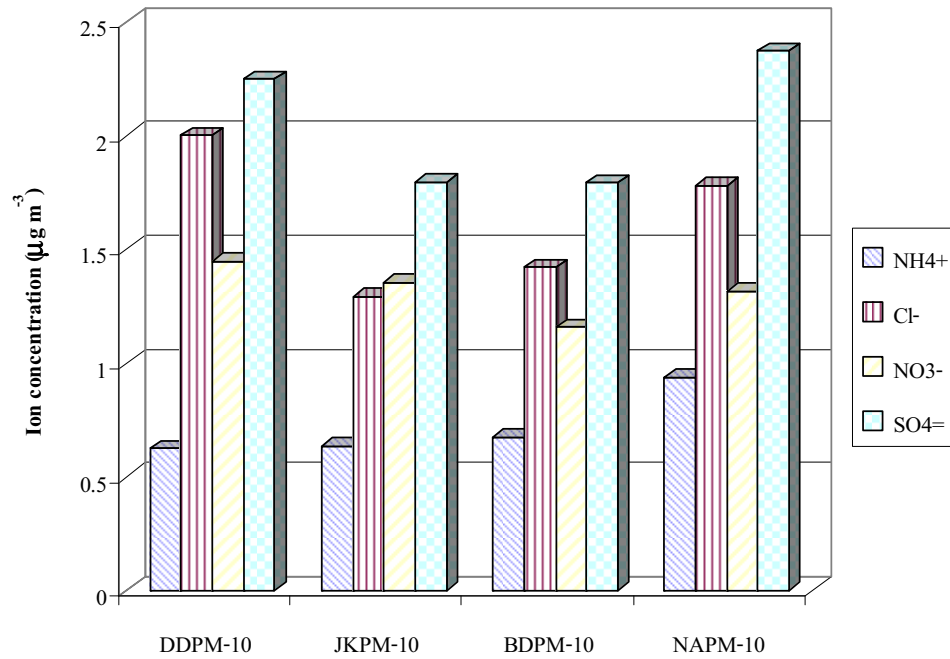
สถานีบางนาร้อยละ 21.09 ปริมาณของธาตุในหน่วยของร้อยละของน้ำหนักฝุ่นที่ตรวจวัดได้รายสถานีและเปรียบเทียบระหว่างฝุ่นทั้งสองขนาดพบว่าสถานีดินแดงมีปริมาณธาตุโลหะที่วิเคราะห์ได้ในฝุ่นคิดเป็นสัดส่วนต่อน้ำหนักประมาณร้อยละ 16.87 และ 16.59 ของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนตามลำดับ สำหรับสถานีอื่นที่เหลือปริมาณธาตุโลหะในฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีปริมาณสูงกว่าที่พบในฝุ่นขนาด 10 ไมครอนประมาณร้อยละ 4.85 – 2.14 โดยสถานีบางนามีความแตกต่างกัน้อยที่สุด (ร้อยละ 2.14) สถานีบ้านสมเด็จเจ้ามีความแตกต่างสูงกว่าสถานีอื่น (ร้อยละ 4.85) ดังรูปที่ 4-14

รูปที่ 4-14. การเปรียบเทียบร้อยละขององค์ประกอบธาตุโดยเฉลี่ยในฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนรายสถานี

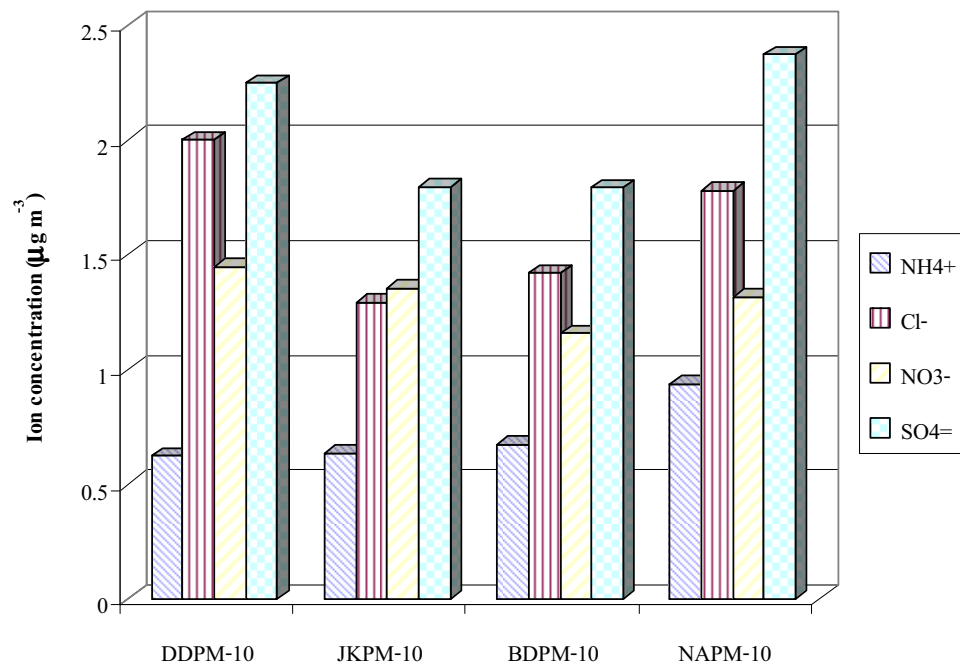


การวิเคราะห์หาองค์ประกอบของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนที่เป็นไอออนละลายน้ำชนิดหลัก คือ ซัลเฟต ไนเตรท ไนเตรท และแอมโมเนีย รวม 4 ชนิด พบปริมาณซัลเฟตสูงสุดในฝุ่นทั้งสองขนาดแต่ไม่เกิน 2.5 มคก.ต่อลบม. ปริมาณคลอไรด์และไนเตรทในฝุ่นทั้งสองขนาดมีลักษณะไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสถานี แต่ปริมาณที่ตรวจวัดได้ในฝุ่นขนาด 10 ไมครอนจะมีมากกว่าในฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนปริมาณไอออนบวกคือแอมโมเนียมีปริมาณต่ำสุด คือ ไม่เกิน 1 มคก.ต่อลบม. (รูปที่ 4-15 และ 4-16)

รูปที่ 4-15. การเปรียบเทียบร้อยละองค์ประกอบของไอออนเฉลี่ยในฝุ่นขนาด 10 ไมครอนรายสถานี

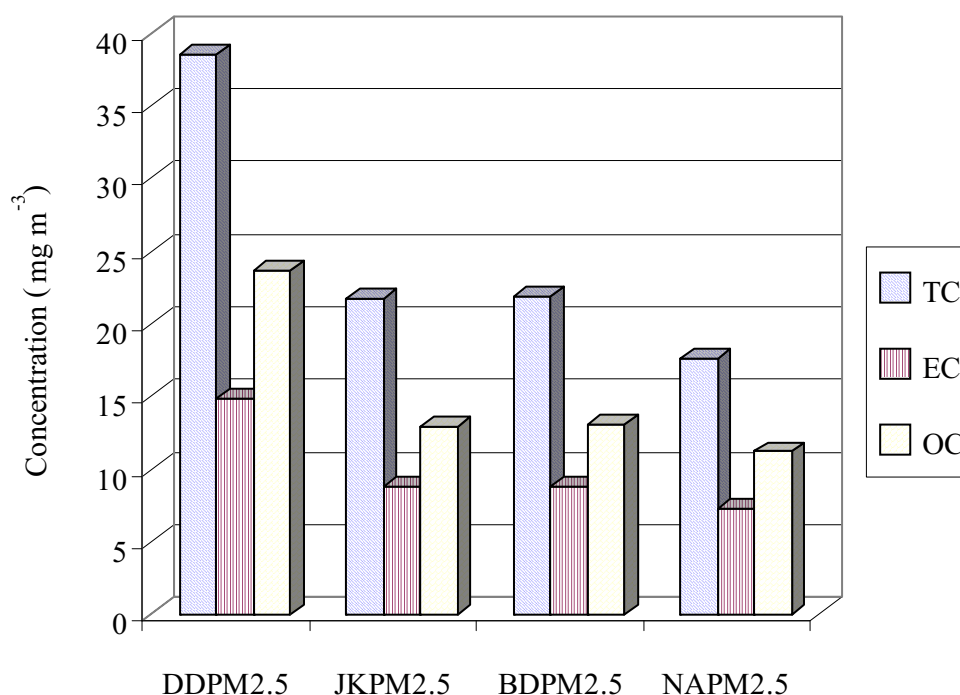


รูปที่ 4-16. การเปรียบเทียบร้อยละองค์ประกอบของไอออนเฉลี่ยในฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนรายสถานี



การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนเป็นการวิเคราะห์เฉพาะตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (ตามที่กล่าวไว้ในข้อเสนอโครงการ) ปริมาณของคาร์บอนโดยเฉลี่ยเป็น OC มีสัดส่วนสูงกว่า EC ในทุกสถานี โดยสถานีดินแดงมีปริมาณคาร์บอนทั้งสองประเภทสูงกว่าสถานีอื่นเกือบสองเท่าหรือประมาณสองเท่าสำหรับสถานีบางนา ในขณะที่สถานีที่เป็นแหล่งการค้าและชุมชนด้านเหนือและใต้ (สถานีจันทรมะและบ้านสมเด็จ) มีปริมาณคาร์บอนทั้งสองประเภทค่อนข้างใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4-17) เมื่อพิจารณาถึงปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (TC) พบว่าสารคาร์บอนมีสัดส่วนสูงกว่าองค์ประกอบชนิดอื่นของฝุ่นที่วิเคราะห์ได้

รูปที่ 4-17 ปริมาณคาร์บอนโดยเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนรายสถานี



4.4 การประเมินการได้รับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนของประชากรในพื้นที่

ปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนโดยเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้ในพื้นที่ศึกษานำมาใช้เป็นข้อมูลประเมินการได้รับฝุ่นทั้งสองขนาดของประชากรในพื้นที่ (Exposure assessment) ในรูปของ

”ขนาด (dose)” สำหรับประชากรที่มีโอกาสได้รับฝุ่นทั้งสองขนาดเข้าสู่ร่างกายซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้การประเมินการได้รับสารต่าง ๆ ผ่านทางการหายใจตาม US.EPA (1992) ดังนี้

$$Intake = \frac{[PM] \times IR \times ET \times EF \times ED}{(BW \times AT)}$$

เมื่อ	<i>Intake</i>	= อัตราการได้รับฝุ่น (มคก.ต่อคน.ตัว-วัน)
	<i>[PM]</i>	= ปริมาณฝุ่นในบรรยากาศ (มคก.ต่อลบม.)
	<i>IR</i>	= อัตราการหายใจ (ผู้ใหญ่เฉลี่ย 20 ลบม.ต่อวัน)
	<i>ET</i>	= ระยะเวลาที่มีโอกาสได้รับฝุ่น (1 ชม. และ 8 ชม.)
	<i>EF</i>	= ความถี่ในการได้รับฝุ่น (ทุกวัน)
	<i>ED</i>	= ระยะเวลาทั้งหมดในแต่ละเดือน (วัน)
	<i>BW</i>	= น้ำหนักตัวเฉลี่ย (ผู้ใหญ่เฉลี่ย 65 กก.)
	<i>AT</i>	= ระยะเวลาทั้งหมดในพื้นที่ (จำนวนวันในแต่ละเดือน)

ข้อจำกัดของการใช้ข้อมูลของฝุ่นในบรรยากาศมาทำการประเมินการได้รับฝุ่นของประชากรทั้งหมดคือจำเป็นต้องใช้สมมุติฐานในกรณีของระยะเวลาที่ประชากรอาจได้รับฝุ่น (เนื่องจากการไม่มีการตรวจวัดจากบุคคลโดยตรง) ในบทนี้กำหนดเป็น 2 กรณี คือ ช่วงเวลาสั้น (1 ชั่วโมง) และเวลานาน (8 ชั่วโมง --ทำงาน) และใช้ค่าเฉลี่ยที่เป็นปัจจัยของการได้รับ (Exposure factors) ที่เป็นผู้ใหญ่ เช่น น้ำหนักตัว 65 กก. อัตราการหายใจ 20 ลบม.ต่อวัน เป็นต้น

ผลของการประเมินการได้รับฝุ่นพบว่า หากประชากรที่อยู่บริเวณริมถนนสถานีดินแดงใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงมีโอกาสได้รับฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในช่วง 1.0 – 1.9 มคกต่อกก.-วัน และ 0.6 – 1.3 มคกต่อกก.-วันในกรณีของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีอื่นจะสูงกว่าประมาณ 1-2 เท่า และอาจมากถึง 3 เท่าสำหรับการได้รับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนเข้าสู่ร่างกาย (ตารางที่ 4-4) หากพิจารณาการได้รับฝุ่นบริเวณสถานีดินแดงเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมงปริมาณการได้รับฝุ่นจะมากถึง 8.0 – 15.0 มคกต่อกก.-วันสำหรับฝุ่นขนาด 10 ไมครอน และ 5.0 - 10.4 มคกต่อกก.-วันสำหรับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน (ตารางที่ 4-5) เมื่อเปรียบเทียบแล้วปริมาณการได้รับฝุ่นที่สถานีอื่นจะอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่า ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการได้รับฝุ่นในปริมาณที่สูงโดยเฉพาะบริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่นเป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิดการได้รับแบบสะสม (Cumulative exposure) เช่น การได้รับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนบริเวณสถานีดินแดงในเวลา 12 เดือนเพิ่มจาก 10.6 เป็น 84.7 มคกต่อกก.-วัน เป็นต้น

ตารางที่ 4-4. ปริมาณการได้รับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนโดยเฉลี่ย (มคก. ต่อคน.-วัน) ของประชากรในพื้นที่ศึกษารายเดือน สำหรับกรณีการได้รับฝุ่นในระยะสั้น 1 ชั่วโมงต่อวัน

เดือน	ดินแดง		จันทระเกษม		บ้านสมเด็จ		บางนา	
	1HPM-2.5	1HPM-10	1HPM-2.5	1HPM-10	1HPM-2.5	1HPM-10	1HPM-2.5	1HPM-10
กพ. 2545	1.0	1.6	0.7	1.1	0.7	1.0	na	na
มีค. 2545	1.0	1.4	0.7	1.0	0.8	0.9	0.3	0.5
เมย. 2545	0.8	1.3	0.6	0.9	0.5	0.8	0.5	0.7
พค. 2545	0.8	1.2	0.4	0.6	0.4	0.5	0.4	0.5
มิย. 2545	0.6	1.2	0.5	0.7	0.3	0.7	0.5	0.6
กค. 2545	0.8	1.3	0.6	0.9	0.4	0.8	0.5	0.8
สค. 2545	0.6	1.0	0.4	0.5	0.3	0.5	0.4	0.7
กย. 2545	0.7	1.1	0.3	0.6	0.3	0.5	0.4	0.6
ตค. 2545	1.0	1.4	0.5	0.8	0.6	1.0	0.5	0.6
พย. 2545	0.9	1.6	0.4	0.7	0.5	0.8	0.5	0.7
ธค. 2545	1.1	1.7	0.5	0.8	0.7	0.9	0.5	0.9
มค. 2546	1.3	1.9	0.8	1.0	1.1	1.3	0.8	1.2
รวม	10.6	16.7	6.4	9.6	6.6	9.7	5.3	7.8
เฉลี่ย	0.9	1.4	0.5	0.8	0.6	0.8	0.5	0.7

การใช้ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณปริมาณการได้รับฝุ่นในพื้นที่เก็บตัวอย่างมาประมาณในพื้นที่ใกล้เคียง พบว่าประชากรที่อาศัยบริเวณสถานีดินแดงมีโอกาสที่จะได้รับฝุ่นสูงกว่าพื้นที่อื่น ทั้งนี้การประเมินได้สำเร็จด้วยการใช้ข้อมูลเปรียบเทียบกรณีของเดือนมกราคม 2546 และ สิงหาคม 2545 เนื่องจากเป็นเดือนที่มีค่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นทั้งสองขนาดสูงและต่ำตามลำดับ จากรูปที่ 4-18 ปริมาณการได้รับฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในระยะสั้น (1 ชั่วโมงต่อวัน) อยู่ในระดับ 0.9 – 0.8 มคก.ต่อกก.-วัน ในพื้นที่ด้านใน และลดลงในด้านเหนือและใต้ของกรุงเทพฯ เมื่อระยะทางห่างออกมา ในขณะที่ปริมาณการได้รับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในระยะสั้น (1 ชั่วโมงต่อวัน) อยู่ในระดับ 0.42 – 0.60 มคก.ต่อกก.-วัน ในพื้นที่ด้านใน และลดลงในด้านใต้และ ตะวันออกเฉียงใต้ของกรุงเทพฯ ในขณะที่ปริมาณการได้รับฝุ่นในระยะยาว (8 ชั่วโมงต่อวัน) จะมีโอกาสมากในพื้นที่ด้านในและด้านใต้ของกรุงเทพฯ โดยมีระดับสูงในช่วง 7.6 – 10 มคก.ต่อกก.-วัน (รูปที่ 4-19) อย่างไรก็ตาม การได้รับฝุ่นในแต่ละพื้นที่ไม่สามารถแยกการพิจารณาได้เพราะการ

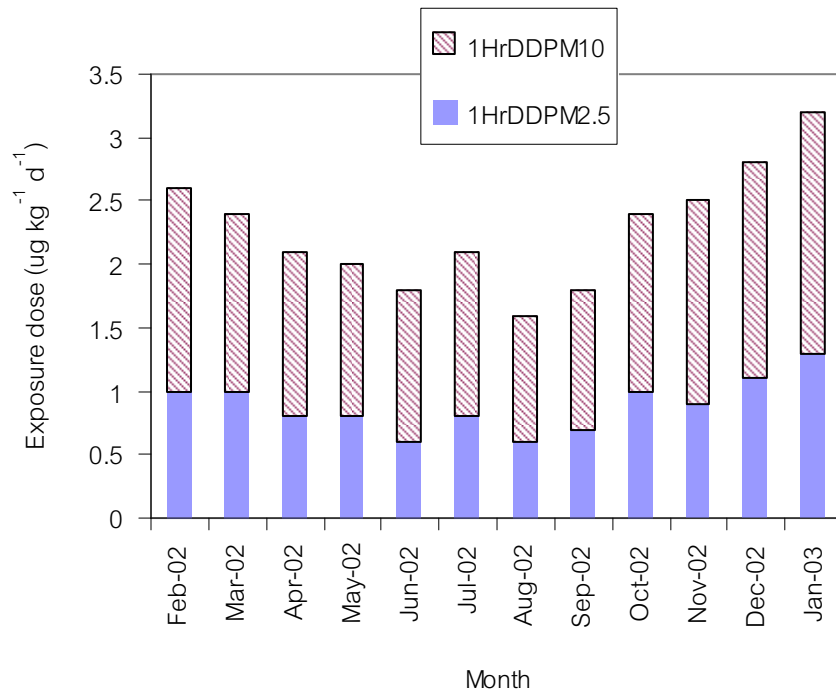
ได้รับฝุ่นตลอดเวลา รูปที่ 4-31 (ก) ถึง (ง) แสดงให้เห็นถึงการได้รับฝุ่นทั้งสองขนาดในระยะสั้น จำแนกให้พิจารณาเป็นรายเดือน และเปรียบเทียบกับ การได้รับฝุ่นระยะยาวดังรูปที่ 4-32 (ก) ถึง (ง) ซึ่งแสดงให้เห็นปริมาณการได้รับที่สูงเพิ่มขึ้นประมาณ 10 เท่าตลอดระยะเวลา 12 เดือนที่มีการอาศัยอยู่ในพื้นที่ของประชากร อย่างไรก็ตาม การตรวจวัดโดยตรงที่ตัวบุคคล (Personal sampling) จะช่วยให้การคาดการณ์ดีกว่า เนื่องจากกิจกรรมที่บุคคลดำเนินในแต่ละวันอาจแตกต่างกันไป

ตารางที่ 4-5. ปริมาณการได้รับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนโดยเฉลี่ย (มคก.ต่อคน.-วัน) ของประชากรในพื้นที่ศึกษารายเดือน สำหรับกรณีการได้รับฝุ่นในระยะยาว 8 ชั่วโมงต่อวัน

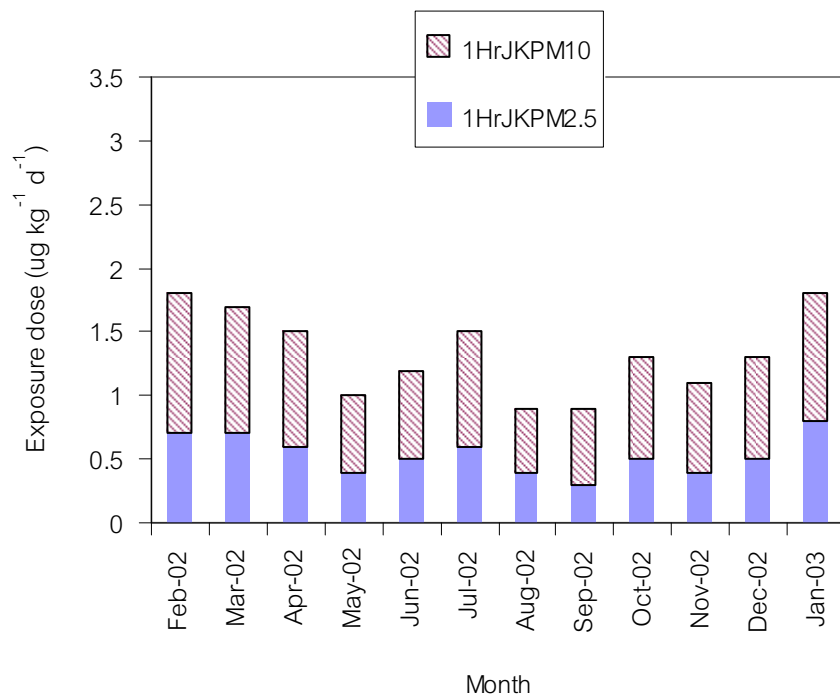
เดือน	ดินแดง		จันทระเกษม		บ้านสมเด็จ		บางนา	
	8HPM-2.5	8HPM-10	8HPM-2.5	8HPM-10	8HPM-2.5	8HPM-10	8HPM-2.5	8HPM-10
กพ. 2545	7.8	12.5	5.7	9	5.5	8	na	na
มีค. 2545	7.7	11.1	5.5	7.8	6.1	7.1	2.7	4.1
เมย. 2545	6.7	10.2	4.8	7.2	4.1	6.1	3.9	5.2
พค. 2545	6.4	9.6	3	4.7	3.2	4.4	2.9	4.3
มิย. 2545	4.9	9.8	4.1	5.8	2.5	5.5	3.8	5.1
กค. 2545	6.3	10.4	4.9	7.2	3.6	6.6	4	6.5
สค. 2545	5	8	3.1	4.3	2.7	4.2	3.4	5.7
กย. 2545	5.6	9.1	2.8	4.5	2.4	4.1	3.2	5
ตค. 2545	8	11.3	3.7	6.5	4.4	7.7	4.1	5.1
พย. 2545	7.4	12.7	3.4	5.5	4.1	6.2	4.3	5.9
ธค. 2545	8.5	13.6	4.2	6.3	5.6	7.4	4.3	7
มค. 2546	10.4	15	6.7	8.2	8.9	10.5	6.3	9.6
รวม	84.7	133.3	51.9	77	53.1	77.8	42.9	63.5
เฉลี่ย	7.1	11.1	4.3	6.4	4.4	6.5	3.9	5.8

รูปที่ 4-18 การได้รับฝุ่นสะสม (มคก.ต่อนน.-วัน) ระยะสั้น (1 ชม.) ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง (ก) สถานีดินแดง (ข) สถานีจันทรมณฑล (ค) สถานีบ้านสมเด็จ (ง) สถานีบางนา

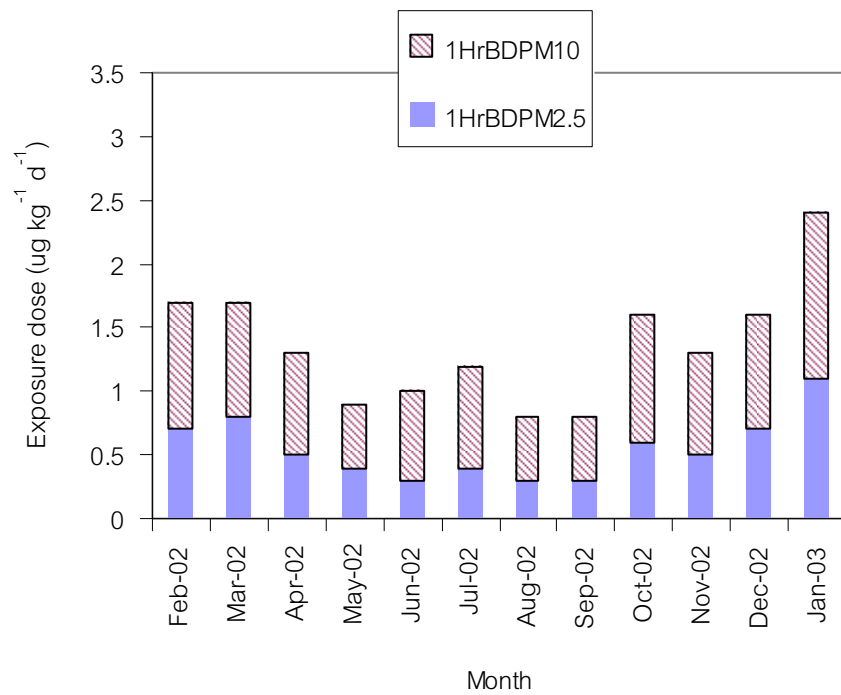
(ก)



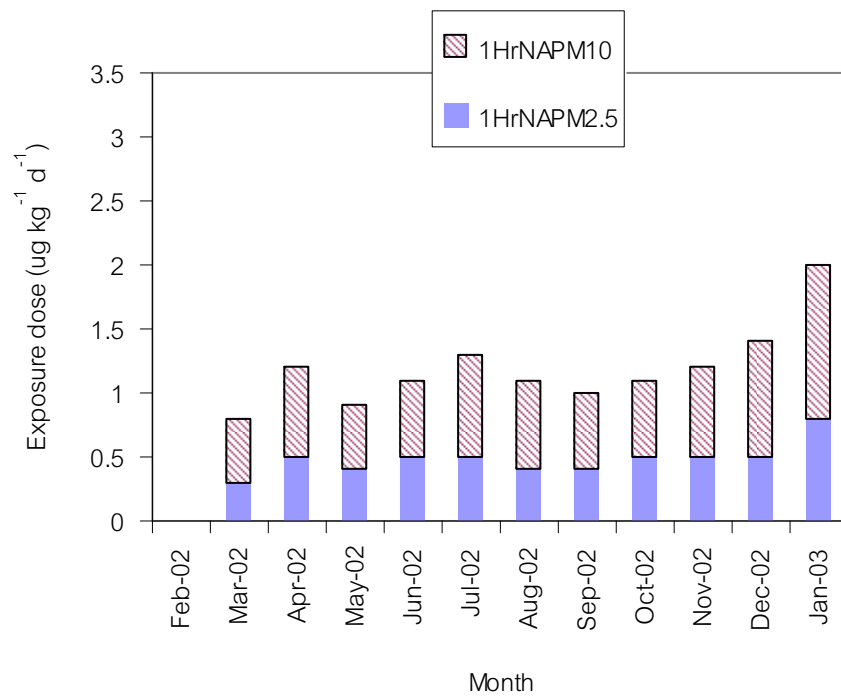
(ข)



(ค)

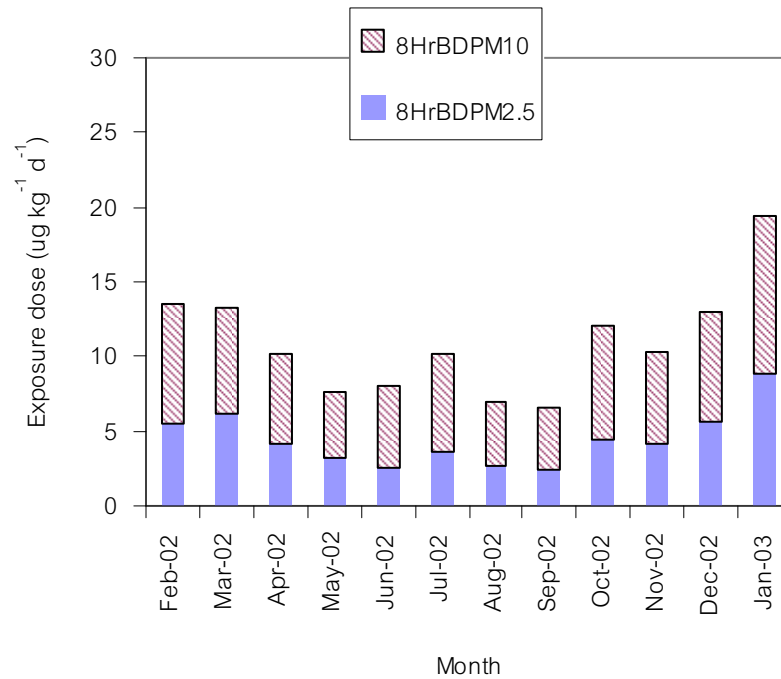


(ง)

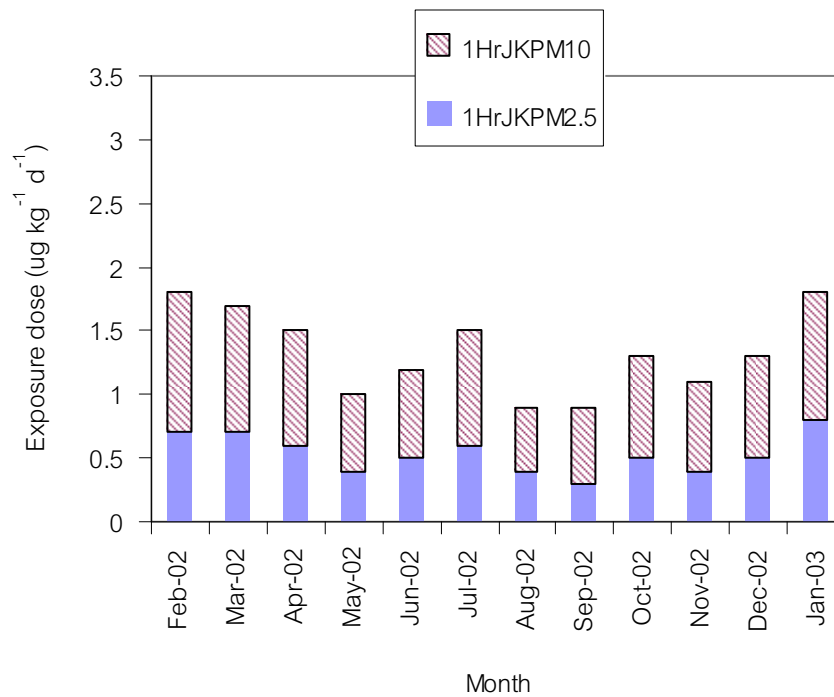


รูปที่ 4-19 การได้รับฝุ่นสะสม (มคก.ต่อนน.-วัน) ระยะยาว (8 ชม.) ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง (ก) สถานีดินแดง (ข) สถานีจันทรถехม (ค) สถานีบ้านสมเด็จ (ง) สถานีบางนา

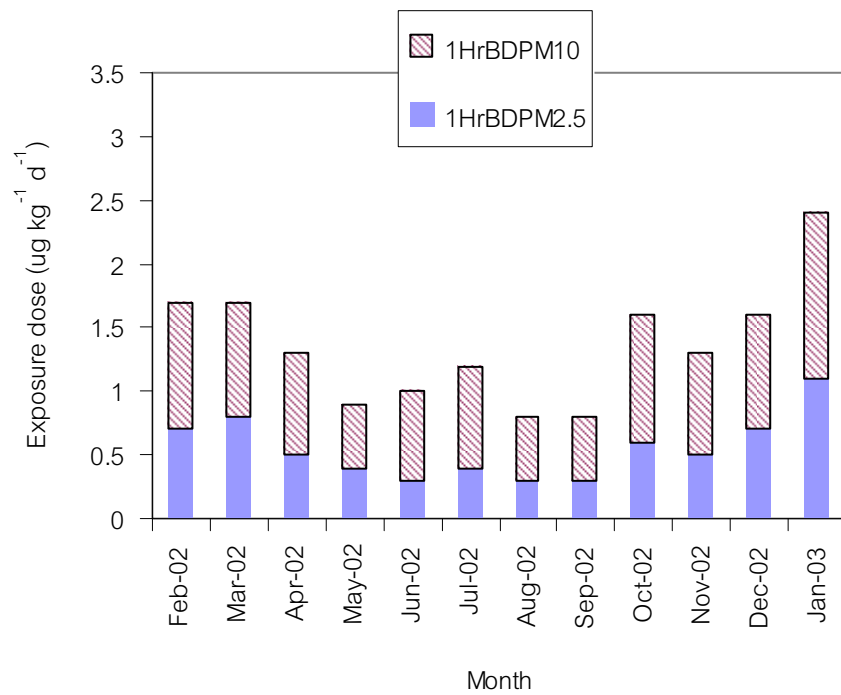
(ก)



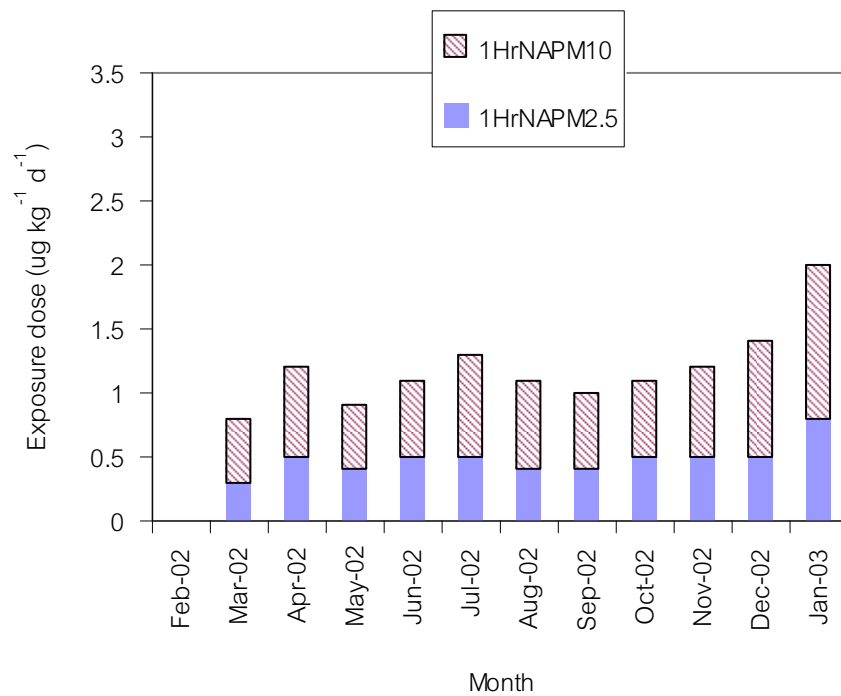
(ข)



(ค)



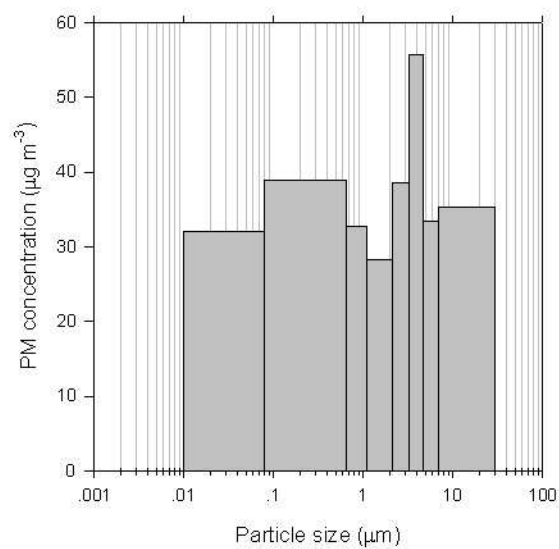
(ง)



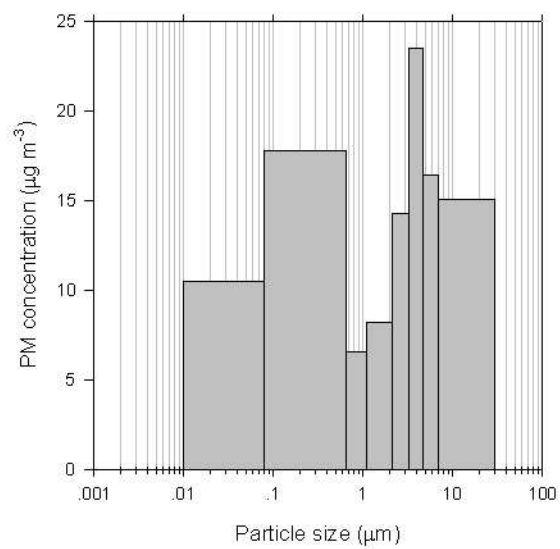
4.5 การกระจายตัวของฝุ่นขนาดต่าง ๆ (Particle size distribution)

ลักษณะของการกระจายตัวของฝุ่นขนาดต่าง ๆ ในบรรยากาศของพื้นที่เก็บตัวอย่างพบว่ามีความคล้ายคลึงกับตัวอย่างฝุ่นที่พบกันโดยทั่วไปในผลการศึกษาที่พบในต่างประเทศ กล่าวคือขนาดของฝุ่นแยกได้เป็น 2 ช่วง (modes) คือ ขนาดฝุ่นในช่วง 0.43-1.1 ไมครอน และ 3.3-7.0 (หรือ 3.3-11.0 ในบางสถานี) ไมครอน ซึ่งเมื่อทำการสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นในบรรยากาศกับขนาดของฝุ่นจะสังเกตได้ชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 4-31 (ก) ถึง (ง) โดยปริมาณฝุ่นที่สูงในสถานีดินแดงจะมีการกระจายตัวไม่แตกต่างจากสถานีที่มีปริมาณฝุ่นน้อย ทำให้สรุปได้ว่าความแตกต่างของสถานีเก็บตัวอย่างและปริมาณฝุ่นไม่มีผลกระทบต่อกระจายตัวของขนาดฝุ่นในพื้นที่ศึกษา และมีผลในทำนองเดียวกันกับงานวิจัยอื่นในต่างประเทศที่พบว่า bimodal distributions เป็นลักษณะของฝุ่นที่พบได้ทั้งในพื้นที่ปลอดจากมลพิษอากาศและพื้นที่ในเมือง การศึกษากระจายตัวของฝุ่นขนาดต่าง ๆ ในบรรยากาศในส่วนนี้เป็นเพียงส่วนเสริมของโครงการฯ ที่ต้องการใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการเก็บตัวอย่างเพื่อการอ้างอิงในอนาคตเท่านั้น

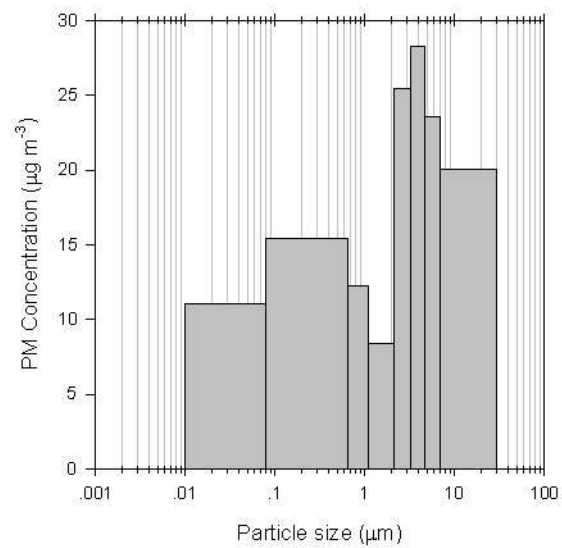
Particle size distribution, Din Daeng, 2002



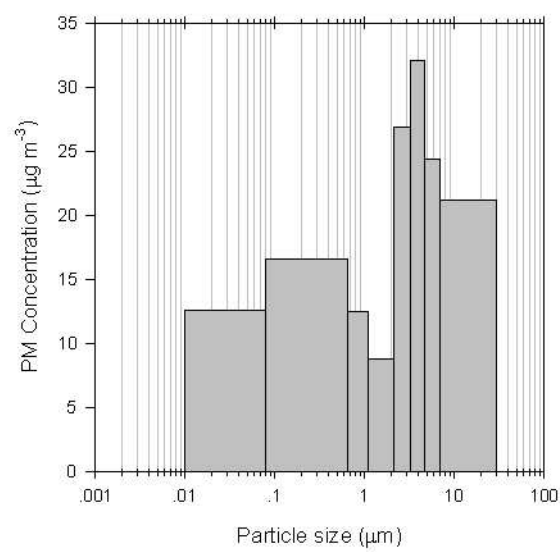
Particle size distribution, Bang Na, 2002



Particle size distribution, Jan Kra Seam, 2002



Particle size distribution, Bann Som Dej, 2002



4.6 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Principal Component Analysis and Multi-linear Regression Analysis

ข้อมูลปริมาณฝุ่นและองค์ประกอบที่ผ่านการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีถูกจัดเตรียมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติเพิ่มเติมเพื่อหาความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดหลักและองค์ประกอบของธาตุที่วิเคราะห์ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยทำการวิเคราะห์แยกสำหรับฝุ่นแต่ละขนาดของแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ นำมาใช้ร่วมกันเสริมประสิทธิภาพการวิเคราะห์ทางสถิติและการแสดงผล การทำ Factor analysis (FA) ด้วยการใช้ Principal component analysis (PCA) ของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีดินแดงจำแนกได้ 8 กลุ่ม (component) ที่สามารถอธิบายความผันแปรของข้อมูลได้ร้อยละ 83 (ตารางที่ 4-6) ในขณะที่ข้อมูลจากสถานีอื่น คือ สถานีจันทระเกษม บ้านสมเด็จ และบางนาจำแนกได้ 7 กลุ่ม โดยค่าของกลุ่มที่แยกออกมาได้สามารถอธิบายความผันแปรของข้อมูลได้สูงถึงร้อยละ 80.77, 81.80, และ 82.16 ตามลำดับ ค่าทางสถิติดังกล่าวแสดงไว้ในตารางที่ 4-7 ถึง 4-9

ข้อมูลที่ได้ผ่านการวิเคราะห์และหมุนปรับตามเงื่อนไข varimax rotation โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาค่าขององค์ประกอบในแต่ละกลุ่มที่เกี่ยวข้องใช้เกณฑ์พิจารณาเฉพาะองค์ประกอบที่ให้ค่าสูงกว่า 0.7 เพราะเป็นค่าที่ระบุให้เห็นว่าในแต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กับกลุ่มในระดับที่สมควรได้รับการพิจารณาไปใช้ทำ multiple linear regression (MR) สำหรับสถานีดินแดงมีองค์ประกอบ คือ EC, OC, NO_3^- , Ba, Mg, Ca, V, As, Zn, Cu, Fe, Ni, Pb, และ K (ตารางที่ 4-10) องค์ประกอบของสถานีจันทระเกษม คือ EC, OC, NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , Cd, Cu, Mn, Pb, Zn, V, Na, K, Ca, Al, Mo, และ As (ตารางที่ 4-11) ส่วนสถานีบ้านสมเด็จมีองค์ประกอบ คือ EC, OC, Cl^- ,

ตารางที่ 4-6. ค่าทางสถิติของจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบฝุ่น
ขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีดินแดง

Component	Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5.309	22.119	22.119	3.605	15.022	15.022
2	3.723	15.515	37.634	3.293	13.719	28.74
3	2.611	10.878	48.512	2.772	11.548	40.289
4	2.257	9.406	57.918	2.46	10.249	50.537
5	1.755	7.313	65.23	2.362	9.843	60.38
6	1.690	7.043	72.273	2.171	9.044	69.425
7	1.503	6.262	78.535	1.719	7.161	76.586
8	1.177	4.905	83.44	1.645	6.854	83.44

ตารางที่ 4-7. ค่าทางสถิติของจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบฝุ่น
ขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีจันทระเกษม

Component	Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7.921	33.004	33.004	5.618	23.406	23.406
2	3.238	13.492	46.496	2.977	12.406	35.813
3	2.128	8.866	55.362	2.645	11.021	46.834
4	2.019	8.413	63.775	2.518	10.491	57.325
5	1.641	6.838	70.613	2.222	9.260	66.586
6	1.403	5.846	76.460	1.826	7.606	74.192
7	1.059	4.411	80.871	1.603	6.679	80.87

NO_3^- , Ba, Cd, Ni, Pb, V, Ca, และ Sn (ตารางที่ 4-12) ส่วนองค์ประกอบของสถานีบางนา คือ NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , Ba, Cd, Cr, Fe, Zn, V, Na, Ca, Mo, Sn, และ As (ตารางที่ 4-13) ผลจากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าความเชื่อมโยงขององค์ประกอบของฝุ่นในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกัน การพิจารณาเลือกใช้อ้างอิงองค์ประกอบอ้างอิงตามการศึกษาองค์ประกอบของธาตุในฝุ่นที่กำเนิดจาก

แหล่งต่างกัน เช่น Ni และ V เป็นธาตุองค์ประกอบมาจากการเผาไหม้น้ำมัน ส่วน As เป็นธาตุองค์ประกอบของอุตสาหกรรมประเภทการถลุงที่ไม่เกี่ยวกับการถลุงเหล็ก (non-ferrous smelting) EC ส่วนใหญ่เป็นการเผาไหม้น้ำมันดีเซล เป็นต้น

ตารางที่ 4-8. ค่าทางสถิติของการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบฝุ่น
ขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีบ้านสมเด็จ

Component	Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7.582	31.591	31.591	5.188	21.618	21.618
2	3.557	14.821	46.412	3.846	16.026	37.644
3	2.431	10.131	56.543	2.999	12.498	50.142
4	1.858	7.743	64.287	2.561	10.669	60.811
5	1.563	6.511	70.797	1.971	8.214	69.025
6	1.481	6.169	76.966	1.669	6.952	75.977
7	1.161	4.837	81.803	1.398	5.826	81.80

ตารางที่ 4-9. ค่าทางสถิติของการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบฝุ่น
ขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีบางนา

Component	Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7.209	30.037	30.037	4.64	19.333	19.333
2	3.392	14.135	44.172	3.631	15.128	34.46
3	2.634	10.975	55.147	3.211	13.38	47.84
4	2.02	8.415	63.562	2.401	10.004	57.845
5	1.921	8.003	71.565	2.122	8.84	66.684
6	1.392	5.799	77.364	2.043	8.512	75.196
7	1.15	4.791	82.155	1.67	6.959	82.16

ตารางที่ 4-10. ค่าทางสถิติของการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่น
ขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีดินแดง

Element	Component							
	1	2	3	4	5	6	7	8
EC	0.911	0.182	0.049	-0.066	0.017	-0.077	0.238	0.089
OC	0.907	0.107	0.136	-0.115	-0.033	-0.083	0.245	0.144
NH ₄ ⁺	-0.081	-0.216	0.623	0.244	0.022	0.128	-0.226	0.207
Cl ⁻	0.499	0.192	0.127	0.119	0.184	-0.049	-0.187	0.576
NO ₃ ⁻	0.833	0.079	0.085	0.218	0.113	0.210	-0.267	0.137
SO ₄ ⁼	0.651	-0.346	0.246	0.202	0.115	0.319	-0.252	-0.139
Ba	0.018	0.881	-0.244	-0.038	0.044	-0.042	-0.068	0.014
Cd	-0.042	-0.176	-0.107	-0.104	-0.948	-0.022	-0.065	-0.090
Cr	0.208	-0.058	0.697	-0.084	-0.011	0.059	0.437	0.391
Cu	-0.046	-0.073	-0.050	0.916	0.029	0.009	-0.075	-0.055
Fe	-0.131	0.167	-0.070	-0.002	0.243	0.777	-0.063	0.200
Mn	0.000	-0.186	0.104	0.231	-0.337	0.667	0.333	-0.005
Ni	0.251	0.240	-0.185	-0.009	0.098	0.702	0.083	-0.187
Pb	0.028	0.085	-0.062	0.098	0.063	0.129	0.879	0.027
Zn	0.038	-0.036	0.053	0.923	0.060	0.118	0.123	0.133
V	0.292	-0.020	0.789	-0.104	0.258	-0.255	0.006	0.173
Na	0.255	0.640	0.072	-0.058	0.227	0.407	0.170	-0.414
Mg	0.222	0.751	-0.063	0.213	0.100	0.218	0.305	-0.048
K	0.226	0.058	0.320	-0.084	0.217	0.054	0.203	0.726
Ca	0.015	0.853	0.112	-0.065	0.096	0.079	-0.063	0.403
Al	0.150	0.429	0.020	0.635	0.139	-0.033	0.095	-0.158
Mo	-0.078	-0.026	-0.122	-0.091	-0.941	-0.131	-0.011	-0.113
Sn	0.183	-0.440	-0.563	-0.115	0.214	-0.145	0.300	0.022
As	0.370	-0.104	0.764	-0.104	0.270	-0.296	0.020	-0.123

ตารางที่ 4-11. ค่าทางสถิติของการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่น
ขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีจันทระเกษม

Element	Component						
	1	2	3	4	5	6	7
EC	0.251	0.457	0.764	0.285	0.073	-0.112	0.019
OC	0.254	0.450	0.762	0.284	0.066	-0.090	0.063
NH ₄ ⁺	0.071	0.010	-0.071	0.046	0.884	-0.005	-0.112
Cl ⁻	-0.185	0.034	-0.024	-0.080	0.064	-0.023	0.727
NO ₃ ⁻	-0.158	0.079	0.057	-0.095	0.752	0.103	0.339
SO ₄ ⁼	-0.018	-0.018	0.174	0.623	0.349	0.073	-0.228
Ba	0.606	0.681	0.230	-0.069	-0.023	0.054	-0.161
Cd	0.139	-0.053	-0.091	0.087	0.150	0.894	0.048
Cr	0.667	0.108	0.098	0.233	-0.085	0.415	-0.088
Cu	0.846	0.356	-0.033	-0.120	0.037	0.242	-0.073
Fe	0.530	-0.080	0.564	0.165	0.155	0.279	-0.266
Mn	0.847	0.257	0.110	-0.118	-0.039	0.290	-0.087
Ni	0.743	0.149	0.005	0.292	0.136	0.038	-0.057
Pb	0.912	0.155	0.037	0.015	0.221	0.048	-0.002
Zn	0.352	0.260	0.180	0.137	0.715	0.093	-0.152
V	0.096	0.104	0.111	0.785	0.006	0.118	0.259
Na	0.314	0.790	0.080	-0.001	0.047	0.050	0.117
Mg	0.586	0.715	0.139	-0.037	0.151	0.029	0.037
K	-0.113	0.074	-0.133	0.835	-0.107	-0.101	0.043
Ca	-0.186	0.766	0.245	0.339	0.183	-0.096	-0.065
Al	-0.049	0.057	0.878	-0.214	-0.020	0.090	0.053
Mo	0.505	0.069	0.262	-0.160	-0.015	0.726	-0.184
Sn	0.770	-0.134	0.209	-0.205	-0.141	-0.086	0.111
As	0.156	-0.043	0.086	0.426	-0.112	-0.048	0.780

ตารางที่ 4-12. ค่าทางสถิติของจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่น
ขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีบ้านสมเด็จ

Element	Component						
	1	2	3	4	5	6	7
EC	0.818	0.320	0.094	0.064	-0.104	0.106	-0.165
OC	0.851	0.310	0.084	0.061	-0.078	0.066	-0.158
NH ₄ ⁺	0.271	-0.010	-0.243	0.642	-0.070	-0.207	-0.392
Cl ⁻	0.017	0.106	0.002	0.010	0.839	-0.004	-0.116
NO ₃ ⁻	0.021	0.259	-0.137	0.890	0.066	0.078	-0.022
SO ₄ ⁼	-0.040	-0.314	-0.063	-0.185	0.791	-0.095	-0.085
Ba	0.057	0.803	-0.160	0.394	-0.283	0.089	-0.122
Cd	0.146	0.052	0.878	-0.039	-0.135	0.093	-0.170
Cr	-0.018	0.189	0.739	-0.205	-0.274	-0.379	0.082
Cu	0.588	0.605	0.344	-0.069	-0.074	-0.170	-0.094
Fe	0.653	0.054	0.025	-0.056	-0.221	0.516	0.067
Mn	0.781	-0.177	0.236	0.168	0.137	-0.026	0.216
Ni	0.134	0.270	-0.149	0.088	-0.091	0.793	-0.037
Pb	0.164	0.182	0.260	0.803	-0.263	0.170	0.164
Zn	0.678	0.231	0.091	0.284	-0.005	0.226	-0.011
V	0.317	-0.116	0.747	-0.003	0.181	-0.138	0.235
Na	0.562	0.591	-0.069	-0.148	0.204	0.177	-0.111
Mg	0.554	0.613	-0.048	0.465	0.028	0.058	-0.030
K	0.696	-0.069	0.523	0.177	-0.031	-0.113	-0.172
Ca	0.387	0.831	-0.019	0.053	0.061	-0.001	-0.227
Al	0.032	0.796	0.051	0.257	-0.122	0.178	0.176
Mo	0.668	0.306	-0.252	-0.014	0.248	-0.317	0.262
Sn	-0.041	-0.104	0.001	-0.031	-0.215	-0.025	0.882
As	-0.046	-0.241	0.618	0.086	0.296	0.481	0.077

ตารางที่ 4-13. ค่าทางสถิติของการทำ FA เพื่อจำแนกแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนจากสถานีบางนา

Element	Component						
	1	2	3	4	5	6	7
EC	0.482	0.669	0.432	0.209	0.125	0.061	-0.201
OC	0.485	0.602	0.522	0.153	0.127	0.096	-0.152
NH ₄ ⁺	-0.189	0.344	0.148	0.219	0.775	0.061	-0.146
Cl ⁻	0.129	0.037	-0.011	0.791	-0.104	-0.120	-0.110
NO ₃ ⁻	0.369	0.041	0.113	0.069	0.165	-0.793	0.054
SO ₄ ⁼	0.087	0.307	0.334	-0.126	0.389	0.392	0.487
Ba	0.149	-0.168	-0.017	-0.185	0.746	-0.214	-0.037
Cd	-0.149	0.012	-0.020	-0.007	-0.056	0.295	-0.759
Cr	-0.082	0.137	0.885	-0.262	-0.229	0.066	0.022
Cu	0.873	-0.002	0.097	0.014	-0.130	-0.080	0.050
Fe	0.225	-0.146	0.858	0.096	0.286	-0.157	0.043
Mn	0.486	0.241	0.110	0.382	-0.137	0.525	0.250
Ni	-0.050	-0.116	0.139	0.623	0.516	0.060	0.301
Pb	0.312	0.225	0.389	0.393	-0.048	0.502	-0.220
Zn	0.831	0.203	-0.069	-0.028	0.106	0.208	-0.205
V	-0.019	0.934	-0.133	-0.174	0.102	-0.022	-0.036
Na	0.837	0.262	-0.088	0.263	-0.051	-0.068	0.112
Mg	0.529	0.279	0.188	0.500	0.308	0.175	0.054
K	0.201	0.421	0.316	-0.237	0.096	0.529	-0.311
Ca	0.849	0.084	-0.065	0.070	0.093	-0.220	0.225
Al	0.402	0.600	-0.142	0.557	-0.027	0.201	0.072
Mo	-0.007	-0.202	-0.025	0.006	-0.355	0.202	0.578
Sn	-0.313	-0.034	0.838	0.255	0.152	0.153	0.063
As	0.289	0.876	0.041	0.228	-0.122	0.131	0.001

ตารางที่ 4-14. ค่าทางสถิติของการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบ
ขนาด 10 ไมครอนจากสถานีดินแดง

Component	Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5.213	23.694	23.694	3.592	16.330	16.330
2	3.532	16.056	39.751	3.512	15.962	32.291
3	2.970	13.501	53.252	3.132	14.235	46.526
4	2.099	9.539	62.791	2.667	12.121	58.648
5	1.572	7.146	69.937	1.796	8.165	66.812
6	1.255	5.705	75.642	1.532	6.966	73.778
7	1.104	5.018	80.660	1.514	6.882	80.660

ตารางที่ 4-15. ค่าทางสถิติของการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบ
ขนาด 10 ไมครอนจากสถานีจันทระเกษม

Component	Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5.195	23.615	23.615	3.131	14.230	14.230
2	2.883	13.106	36.721	2.525	11.479	25.709
3	2.412	10.965	47.685	2.377	10.806	36.515
4	1.927	8.759	56.444	2.215	10.068	46.583
5	1.562	7.102	63.545	2.159	9.812	56.396
6	1.373	6.240	69.786	1.980	8.999	65.395
7	1.184	5.380	75.165	1.755	7.976	73.371
8	1.073	4.879	80.044	1.468	6.674	80.044

ตารางที่ 4-16. ค่าทางสถิติของการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบ
ขนาด 10 ไมครอนจากสถานีบ้านสมเด็จ

Component	Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5.323	24.194	24.194	3.504	15.926	15.926
2	2.796	12.711	36.904	2.945	13.388	29.314
3	2.296	10.435	47.339	2.493	11.331	40.645
4	2.091	9.505	56.844	2.332	10.599	51.244
5	1.860	8.454	65.299	2.237	10.166	61.410
6	1.356	6.165	71.464	1.792	8.145	69.555
7	1.284	5.835	77.298	1.470	6.682	76.237
8	1.053	4.786	82.084	1.286	5.847	82.084

ตารางที่ 4-17. ค่าทางสถิติของการทำ FA เพื่อแสดงค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบ
ขนาด 10 ไมครอนจากสถานีบางนา

Component	Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5.107	23.214	23.214	2.970	13.502	13.502
2	2.865	13.025	36.238	2.854	12.971	26.473
3	2.376	10.800	47.039	2.385	10.843	37.316
4	1.917	8.712	55.751	2.310	10.500	47.816
5	1.646	7.484	63.234	2.003	9.104	56.920
6	1.339	6.085	69.320	1.845	8.387	65.307
7	1.313	5.966	75.286	1.836	8.344	73.652
8	1.140	5.180	80.465	1.499	6.814	80.465

ตารางที่ 4-18. ค่าทางสถิติของการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่น
ขนาด 10 ไมครอนจากสถานีดินแดง

Element	Component						
	1	2	3	4	5	6	7
NH ₄ ⁺	-0.199	0.173	0.038	0.439	0.700	-0.242	0.043
Cl ⁻	0.044	-0.025	0.063	0.897	0.133	-0.147	0.071
NO ₃ ⁻	-0.013	0.041	0.142	0.863	0.225	-0.054	0.108
SO ₄ ⁼	-0.030	0.203	0.022	0.805	0.031	0.367	-0.176
Ba	0.023	-0.087	0.910	0.013	-0.030	0.036	0.075
Cd	0.957	-0.088	-0.147	-0.015	-0.034	-0.128	-0.058
Cr	0.381	0.732	-0.159	-0.009	-0.020	0.114	0.118
Cu	-0.165	0.432	0.053	0.101	0.345	0.242	0.271
Fe	-0.256	0.240	0.288	-0.099	0.182	0.746	0.032
Mn	0.973	-0.014	-0.083	0.010	0.071	-0.062	0.025
Ni	0.321	-0.079	0.416	-0.015	-0.080	0.042	0.583
Pb	0.180	-0.014	0.021	0.133	0.801	0.177	0.100
Zn	-0.222	0.134	0.026	-0.006	0.399	0.078	0.788
V	-0.262	0.925	-0.059	0.040	0.003	-0.080	-0.010
Na	-0.156	-0.326	0.702	0.196	-0.075	0.215	0.174
Mg	-0.334	-0.090	0.630	0.192	0.441	0.287	-0.061
K	-0.142	0.734	0.260	0.085	-0.035	0.375	-0.055
Ca	-0.265	0.160	0.839	0.044	0.130	-0.063	0.028
Al	-0.209	-0.409	-0.255	0.108	-0.084	0.491	0.382
Mo	0.956	-0.093	-0.132	-0.015	-0.048	-0.112	-0.073
Sn	0.077	-0.295	-0.427	-0.352	0.168	0.280	-0.454
As	-0.080	0.906	-0.188	0.125	0.123	-0.119	0.026

ตารางที่ 4-19. ค่าทางสถิติของจากการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่น
ขนาด 10 ไมครอนจากสถานีจันทระเกษม

Element	Component							
	1	2	3	4	5	6	7	8
NH ₄ ⁺	0.049	0.054	-0.118	0.097	0.015	-0.859	-0.041	0.030
Cl ⁻	0.799	-0.044	-0.007	0.001	0.006	-0.091	0.012	0.270
NO ₃ ⁻	0.857	0.054	0.025	0.021	0.062	0.029	-0.053	-0.054
SO ₄ ⁼	0.487	0.276	0.209	-0.215	0.194	0.476	-0.267	-0.031
Ba	0.019	-0.115	0.018	-0.143	0.038	-0.042	0.862	0.201
Cd	-0.147	0.142	0.842	0.002	0.119	0.084	-0.066	0.199
Cr	-0.021	0.747	0.045	0.355	0.303	-0.042	0.062	-0.029
Cu	0.045	0.078	0.095	0.875	0.116	-0.089	-0.136	0.182
Fe	0.211	0.103	0.760	0.137	0.093	0.332	0.244	-0.054
Mn	0.098	-0.068	0.196	0.186	0.752	0.389	0.045	-0.059
Ni	0.456	-0.146	0.074	0.429	-0.071	0.354	-0.135	0.354
Pb	0.194	0.224	-0.068	0.586	0.441	0.018	0.365	-0.259
Zn	0.234	0.220	-0.066	0.090	0.738	-0.095	-0.186	-0.006
V	-0.003	0.874	0.029	-0.056	0.103	-0.181	-0.233	0.000
Na	0.561	-0.260	-0.097	0.321	0.015	0.381	-0.312	-0.005
Mg	0.692	-0.029	0.109	0.510	0.196	0.081	0.083	0.169
K	-0.261	0.128	0.257	0.073	0.683	-0.053	0.000	0.425
Ca	0.416	0.151	0.012	0.261	0.059	0.033	0.105	0.789
Al	0.174	0.110	-0.144	0.456	0.257	0.595	-0.198	0.292
Mo	0.092	-0.209	0.924	-0.012	0.005	-0.132	-0.107	-0.100
Sn	-0.255	-0.128	-0.055	0.102	-0.300	-0.033	0.664	-0.362
As	-0.020	0.875	-0.045	-0.017	-0.045	0.176	-0.017	0.143

ตารางที่ 4-20. ค่าทางสถิติของการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่น
ขนาด 10 ไมครอนจากสถานีบ้านสมเด็จ

Element	Component							
	1	2	3	4	5	6	7	8
NH ₄ ⁺	-0.109	0.009	-0.093	0.005	-0.107	-0.244	0.077	-0.882
Cl ⁻	0.055	0.021	-0.009	0.855	0.140	-0.103	0.355	-0.066
NO ₃ ⁻	0.058	0.089	0.066	0.865	-0.008	0.041	-0.274	-0.068
SO ₄ ⁼	-0.067	-0.048	-0.210	0.694	0.025	0.209	0.379	0.202
Ba	-0.033	0.825	-0.115	0.018	-0.181	-0.085	-0.025	0.045
Cd	0.163	-0.160	0.319	-0.039	0.207	0.782	-0.106	0.062
Cr	-0.127	-0.106	0.684	0.001	0.091	-0.291	0.015	0.406
Cu	0.683	0.447	-0.138	-0.016	0.086	-0.095	-0.041	0.324
Fe	0.102	0.012	-0.002	0.154	0.826	0.271	-0.107	0.021
Mn	0.359	0.055	-0.064	-0.103	0.862	0.019	0.059	0.155
Ni	-0.133	0.491	0.097	0.303	0.421	-0.146	-0.272	0.219
Pb	0.865	-0.004	-0.088	0.154	0.218	-0.057	-0.066	-0.037
Zn	0.757	-0.084	0.394	-0.050	0.096	-0.046	-0.091	0.088
V	0.194	0.156	0.882	-0.135	-0.137	0.134	-0.087	-0.095
Na	0.088	0.710	0.242	0.128	0.553	-0.063	0.011	-0.160
Mg	0.531	0.653	-0.046	0.226	0.291	0.102	-0.018	0.015
K	0.811	-0.061	0.297	-0.111	0.073	0.115	0.240	-0.083
Ca	0.550	0.613	0.345	0.052	-0.059	0.130	-0.058	0.057
Al	0.012	-0.005	0.043	0.144	-0.079	-0.121	0.941	-0.082
Mo	-0.135	0.102	-0.120	0.081	0.054	0.852	-0.026	0.153
Sn	0.113	-0.617	-0.304	0.272	-0.137	-0.142	-0.132	0.156
As	0.415	0.201	0.711	0.118	0.087	0.199	0.177	0.037

ตารางที่ 4-21. ค่าทางสถิติของการทำ FA เพื่อแสดงค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบฝุ่น
ขนาด 10 ไมครอนจากสถานีบางนา

Element	Component							
	1	2	3	4	5	6	7	8
NH ₄ ⁺	0.074	0.167	-0.100	0.016	-0.123	-0.873	-0.084	-0.117
Cl ⁻	0.108	0.513	0.204	0.217	0.504	-0.188	0.041	0.334
NO ₃ ⁻	-0.157	0.193	0.264	0.108	0.347	0.087	0.573	0.428
SO ₄ ⁼	0.221	0.133	-0.062	0.218	0.044	0.167	0.078	0.862
Ba	0.001	-0.007	-0.024	-0.009	0.008	0.015	0.934	-0.041
Cd	-0.028	0.861	0.267	-0.087	-0.178	-0.131	0.102	0.014
Cr	0.056	0.863	-0.055	0.012	0.103	0.050	-0.055	-0.027
Cu	0.106	0.024	0.750	0.179	0.348	-0.204	-0.115	-0.091
Fe	0.025	-0.061	0.205	0.722	0.163	0.106	-0.139	0.285
Mn	0.402	0.019	0.021	0.759	-0.051	0.245	-0.062	-0.052
Ni	0.089	0.228	0.126	0.352	0.219	0.072	0.372	-0.485
Pb	-0.047	0.085	0.221	0.765	-0.044	-0.201	0.385	0.006
Zn	0.684	-0.115	0.275	0.312	0.105	0.084	0.055	-0.010
V	0.514	0.452	-0.131	0.118	-0.147	0.501	-0.078	0.051
Na	0.256	0.371	0.760	0.104	-0.181	-0.001	0.139	0.065
Mg	0.275	0.003	0.750	0.193	0.005	0.369	0.067	-0.074
K	0.805	0.177	0.123	-0.181	0.116	-0.030	-0.248	0.066
Ca	0.846	-0.063	0.156	0.237	-0.221	0.049	0.116	0.100
Al	0.087	-0.182	0.025	-0.050	0.841	0.136	0.212	0.065
Mo	-0.239	0.607	0.491	0.069	-0.137	0.197	0.274	0.206
Sn	-0.495	0.124	-0.030	0.138	0.699	0.150	-0.225	-0.212
As	0.382	0.388	0.009	0.285	0.165	0.598	-0.067	0.015

4.7 ข้อเสนอแนะและประเด็นที่ควรพิจารณา

ผลจากการดำเนินงานวิจัยมีข้อสรุปที่เกิดขึ้นและควรนำมาพิจารณาแก้ไขปรับปรุงให้การทำงานในเรื่องที่เกี่ยวข้องหรืองานในลักษณะคล้ายคลึงกันที่อาจจะมีในอนาคต ดังต่อไปนี้

- การเก็บตัวอย่างฝุ่นแบบแยกขนาดไม่ว่าจะเป็นฝุ่นขนาด 10 หรือ 2.5 หรือ 5 ไมครอนมีความจำเป็นต้องให้ความสำคัญการควบคุมอัตราการดูดอากาศให้ได้ตามที่เครื่องหรืออุปกรณ์ได้ออกแบบไว้ การที่อัตราการดูดอากาศคลาดเคลื่อนจะมีผลต่อขนาดของฝุ่นที่เก็บตัวอย่างได้ คือ อัตราการดูดอากาศของเครื่องมือที่ต่ำเกินไปจะทำให้ได้ฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการ ในทำนองเดียวกันอัตราการดูดอากาศที่สูงเกินไปจะทำให้ได้ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่าที่ต้องการ
- เครื่อง MiniVol™ ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในสถานีเก็บตัวอย่างดินแดงและบ้านสมเด็จเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นมาตรฐานของ US EPA หรือ FRM ให้ค่าปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนตลอดระยะเวลาเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงกว่าเครื่อง FRM โดยมีระดับความสัมพันธ์เชิงเส้น r^2 ประมาณร้อยละ 84 ดังแสดงในสมการ

$$[\text{FRM PM-2.5}] \text{ g m}^{-3} = 0.78[\text{MiniVol}^{\text{TM}} \text{ PM-2.5}] + 1.876 \text{ g m}^{-3}$$

ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่ได้จากเครื่อง MiniVol™ เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่อง FRM มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($t_{0.05} 1.684 < 9.760$) เนื่องจากการทำงานที่ผ่านมาพบว่าการควบคุมอัตราการไหลของอากาศด้วย pressure transducer ร่วมกับการใช้ flow dampener ไม่สามารถทำให้อัตราการไหลของอากาศคงที่ตลอดระยะเวลาเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมงในสภาวะที่เกิดขึ้นตามปกติในบรรยากาศของกรุงเทพฯ ถึงแม้จะมีการควบคุมคุณภาพของงานอย่างรัดกุม เช่น สอบเทียบอัตราการไหลของอากาศทุกครั้งกับเครื่องสอบเทียบชนิดปฐมภูมิ (primary standard) อยู่ทุกครั้งที่มีการเก็บตัวอย่าง การกำหนดค่าอัตราการดูดอากาศของเครื่องมือที่ $\pm 0.01 \text{ L/min}$ เป็นต้น นอกจากนี้ อุปกรณ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และ flow dampener อาจชำรุดเมื่อใช้เป็นเวลานาน ติดต่อกันภายใต้สภาวะอากาศของกรุงเทพฯ การใช้เครื่องมือนี้ในอนาคตจำเป็นต้องเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อป้องกันและลดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นให้น้อยลง

- ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในบรรยากาศด้วยเครื่อง MiniVol™ พบว่าบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น เช่น สถานีดินแดง มีโอกาสที่ประชาชนจะได้รับฝุ่นเกินมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศที่กำหนดไว้ (ไม่เกิน 120 มคก.ต่อลบม.) ประมาณ 23 วันจาก 107 วัน (ประมาณร้อยละ 31) ในขณะที่สถานีอื่นที่เป็นชุมชนพักอาศัยและการค้ามีโอกาสที่ฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในบรรยากาศจะเกินมาตรฐานค่อนข้างต่ำ (ร้อยละ 3 – 7)
- การนำข้อมูลการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไปมาประเมินอัตราการได้รับฝุ่น (Intake) ในลักษณะของขนาด (Dose) มิใช่การทำ Exposure assessment ที่ครบถ้วน ซึ่งควรดำเนินการตรวจวัดกับบุคคลตามกิจกรรมที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อมย่อย (Microenvironment) แต่เป็นเพียงการประมาณการอย่างรวดเร็ว (Rapid assessment) เพื่อให้ได้ภาพรวมโดยสังเขปของการได้รับฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้เท่านั้น ผลการประเมินสำหรับบุคคลทั่วไปที่ได้รับฝุ่นขนาด 10 ไมครอนในระยะสั้น (ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงภายนอกโดยเฉลี่ยต่อวัน) บริเวณพื้นที่จราจรหนาแน่น เช่น สถานีดินแดง พบว่าอัตราการได้รับฝุ่นอยู่ในช่วงประมาณ 1.0 – 1.9 มคก.ต่อกก.-วัน กรณีของการใช้เวลาค่อนข้างนาน 8 ชั่วโมงต่อวันจะมีอัตราการได้รับฝุ่นสูงประมาณ 8.0 – 15.0 มคก.ต่อกก.-วัน หากบุคคลพักอาศัยในบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นในบรรยากาศต่ำ เช่น สถานีบางนา พบว่าอัตราการได้รับฝุ่นระยะสั้นอยู่ในช่วงประมาณ 0.5 - 1.2 มคก.ต่อกก.-วัน หรือประมาณ ½ ของสถานีดินแดง กรณีของการใช้เวลาค่อนข้างนาน 8 ชั่วโมงต่อวันจะมีอัตราการได้รับฝุ่นสูงประมาณ 5.0 – 9.6 มคก.ต่อกก.-วัน
- ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในบรรยากาศด้วยเครื่อง MiniVol™ พบว่าบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น เช่น สถานีดินแดง มีโอกาสที่ประชาชนจะได้รับฝุ่นเกิน 65 มคก.ต่อลบม. (ค่าที่กำหนดเป็นมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของสหรัฐอเมริกาฉบับแรกก่อนมีการปรับปรุงค่ามาตรฐานใหม่) หากค่ามาตรฐานเป็นสิ่งบ่งชี้ปัญหาสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยยังมิได้กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนไว้อย่างเป็นทางการตามกฎหมาย ในขณะที่สถานีอื่น ๆ มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่ำกว่า 65 มคก.ต่อลบม. ในทุกสถานีตรวจวัด

- การประเมินอัตราการได้รับฝุ่น (Intake) ในลักษณะของขนาด (Dose) สำหรับบุคคลทั่วไปที่ได้รับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนในระยะสั้น (ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงภายนอกโดยเฉลี่ยต่อวัน) บริเวณพื้นที่จราจรหนาแน่น เช่น สถานีดินแดง พบว่าอัตราการได้รับฝุ่นอยู่ในช่วงประมาณ 0.6 – 1.3 มก.ต่อกก.-วัน กรณีของการใช้เวลาค่อนข้างนาน 8 ชั่วโมงต่อวันจะมีอัตราการได้รับฝุ่นสูงประมาณ 5.0 – 10.4 มก.ต่อกก.-วัน หากบุคคลพักอาศัยในบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นในบรรยากาศต่ำ เช่น สถานีบางนา พบว่าอัตราการได้รับฝุ่นระยะสั้นอยู่ในช่วงประมาณ 0.3 – 0.8 มก.ต่อกก.-วัน หรือประมาณ ½ ของสถานีดินแดง กรณีของการใช้เวลาค่อนข้างนาน 8 ชั่วโมงต่อวันจะมีอัตราการได้รับฝุ่นสูงประมาณ 2.7 – 6.3 มก.ต่อกก.-วัน
- ปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในบรรยากาศของกรุงเทพฯ ในช่วงแล้ง (ฤดูร้อนและฤดูหนาว) มีปริมาณฝุ่นสูงกว่าช่วงที่เปียกชื้น (ฤดูฝน) เนื่องจากฝุ่นจะถูกชะล้างออกจากบรรยากาศเมื่อมีฝนตก (Scavenging) และการเผาสิ่งต่าง ๆ ในช่วงที่มีอากาศชื้นและทำได้ยากกว่า ทำให้มีปริมาณฝุ่นในบรรยากาศลดลงด้วย
- ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนเรียงลำดับรายสถานีจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ดินแดง > บ้านสมเด็จ > จันทระเกษม > บางนา

PM-10:	108.1±35.5	62.1±30.7	61.1±21.3	57.6±25.2
PM-2.5:	69.0±28.8	41.5±24.6	40.9±21.4	37.9±18.9
- สถานีดินแดงเป็นพื้นที่ที่ตรวจวัดปริมาณฝุ่นทั้งสองขนาดในระดับสูงกว่าสถานีอื่นเสมอ เนื่องจากลักษณะของที่ตั้งของสถานีเก็บตัวอย่างในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการจราจรสูง และปริมาณฝุ่นโดยเฉลี่ยของสถานีจันทระเกษมและบ้านสมเด็จที่เป็นตัวแทนพื้นที่พักอาศัยและการค้ามีปริมาณใกล้เคียงกันถึงแม้สถานีตรวจวัดจะอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่า 10 กิโลเมตร แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ทั่วไปไม่มีผลกระทบสูงสถานีจากแหล่งกำเนิดในพื้นที่จะมีการกระจายของฝุ่นโดยเฉลี่ยในระดับใกล้เคียงกันในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา
- ความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนระหว่างสถานีตรวจวัดมีความสัมพันธ์กันในระดับที่สูงกว่าฝุ่นขนาด 10 ไมครอน โดยมีความสัมพันธ์กันของค่า r^2 ในช่วงร้อยละ 74 ถึง 81 ในขณะที่ความสัมพันธ์ของฝุ่นขนาด 10 ไมครอนมีระดับความสัมพันธ์ต่ำกว่าที่ระดับประมาณร้อยละ 67 ถึง 78 คาดว่าเป็นผลมาจาก

ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่าสามารที่จะลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานกว่า มีผลทำให้การกระจายตัวไปได้ไกลกว่าด้วยเช่นกัน

- สัดส่วนฝุ่นขนาด 2.5 ต่อ 10 ไมครอนของสถานีดินแดง จันทรมะม บ้านสมเด็จ และ บางนา คือ 0.64, 0.67, 0.67, และ 0.66 ตามลำดับ
- ลักษณะของฝุ่นทั้งสองขนาดที่มีความสัมพันธ์กันทำให้รูปแบบ (Pattern) ของปริมาณฝุ่นที่ตรวจวัดได้ในแต่ละสถานีสอดคล้องกัน คือ วันที่ปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนมีระดับสูงในบรรยากาศจะส่งผลให้ปริมาณฝุ่นขนาด 10 ไมครอนเพิ่มสูงขึ้นด้วย
- ความสัมพันธ์ของฝุ่นขนาด 2.5 และ 10 ไมครอนโดยรวมของโครงการฯ มีระดับของความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงในระดับ r^2 ประมาณร้อยละ 83 ($n=356$) โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$[PM-2.5] \mu g m^{-3} = 0.69[PM-10] - 1.64 \mu g m^{-3}$$

ในส่วนของการสัมพันธ์จำแนกเป็นรายสถานี พบว่า มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับดีที่ประมาณร้อยละ 79 – 83 ดังนี้

$$\text{ดินแดง}_{PM-10} (\mu g m^{-3}) = 1.08[\text{ดินแดง}_{PM-2.5}] + 32.3 \mu g m^{-3}$$

$$\text{จันทรมะม}_{PM-10} (\mu g m^{-3}) = 1.03[\text{จันทรมะม}_{PM-2.5}] + 18.02 \mu g m^{-3}$$

$$\text{บ้านสมเด็จ}_{PM-10} (\mu g m^{-3}) = 1.08[\text{บ้านสมเด็จ}_{PM-2.5}] + 15.49 \mu g m^{-3}$$

$$\text{บางนา}_{PM-10} (\mu g m^{-3}) = 1.11[\text{บางนา}_{PM-2.5}] + 15.33 \mu g m^{-3}$$

การที่สัมประสิทธิ์ความชัน (slope) ของฝุ่นทั้งสองขนาดใกล้เคียงกับ 1 (unity) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยของปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกัน แต่สิ่งที่ต่างกันออกไปอาจเกี่ยวข้องกับปัจจัยของแต่ละพื้นที่ เช่น จำนวนหรือชนิดของแหล่งกำเนิดของพื้นที่นั้น โดยสถานีดินแดงมีระดับของแหล่งกำเนิดในพื้นที่มากกว่าสถานีอื่นที่ระดับประมาณ 32.3 มคก.ต่อลบ.ม. ในขณะที่เดียวกันสถานีบางนามีระดับต่ำกว่าสถานีอื่นแต่ค่อนข้างใกล้เคียงกับสถานีจันทรมะม คือประมาณ 15 มคก.ต่อลบ.ม.

- การใช้วิธีการทางสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาประเมินการกระจายตัวของฝุ่นในเชิงพื้นที่ (Spatial analysis) เป็นแนวทางที่มีข้อได้เปรียบว่าสถานีเก็บตัวอย่างยังไม่ครอบคลุม และสถานีดินแดงค่อนข้างสูงกว่าสถานีอื่น (เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการเก็บตัวอย่างต้องการให้ได้ตัวแทนของพื้นที่มีผลกระทบจากการจราจรสูง) ส่งผลให้

การกระจายตัวของฝุ่นบริเวณใกล้เคียงกับสถานีดินแดงมีลักษณะเป็นพื้นที่เสี่ยงสูง (hot spot) ดังนั้น การตีความหมายจากรูปที่ทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่อาจทำให้สับสนได้ จึงมิได้แสดงในรายงานฉบับสมบูรณ์ แต่ได้นำเสนอในร่างรายงานฉบับสมบูรณ์

- การใช้โปรแกรม CMB กับข้อมูลองค์ประกอบฝุ่นร่วมกับการใช้ Source profile ของโปรแกรมพบว่า ยานพาหนะเป็นแหล่งกำเนิดหลักของฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนของสถานีดินแดงคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 33 ของปริมาณฝุ่นที่วิเคราะห์ได้ในขณะที่ฝุ่นที่เกี่ยวข้องกับการเผาเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญสำหรับฝุ่นขนาด 10 ไมครอนและคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 26 สำหรับฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนของสถานีดินแดง
- สถานีจันทร์เกษมและบ้านสมเด็จมีแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนที่สำคัญคือ ฝุ่นที่เกี่ยวข้องกับการเผา มีสัดส่วนสูงกว่าฝุ่นจากยานพาหนะประมาณ 1.4 – 1.5 เท่า
- ฝุ่นจากการฟุ้งกระจายมีความสำคัญบริเวณสถานีบ้านสมเด็จในระดับประมาณร้อยละ 15 สำหรับฝุ่นขนาด 10 ไมครอน แต่มีความสำคัญค่อนข้างต่ำสำหรับสถานีอื่น (ร้อยละ 1 – 5) ซึ่งอาจมีเหตุผลเนื่องมาจากที่ตั้งของสถานีบ้านสมเด็จอยู่บริเวณสถานีกีฬาที่มีกิจกรรมการเล่นฟุตบอลในตอนเย็นหรือกิจกรรมการเรียนในเวลาอื่น ๆ
- สถานีบางนา มีสัดส่วนของฝุ่นจากยานพาหนะสูงกว่าฝุ่นที่เกี่ยวข้องกับการเผา แต่ยังคงต่ำกว่าฝุ่นที่เกี่ยวข้องกับการปิ้ง/ย่างอาหารประมาณ 3 เท่า
- สัดส่วนของฝุ่นขนาด 2.5 ที่ยังไม่สามารถจำแนกแหล่งกำเนิดมีประมาณร้อยละ 28 ถึง 47 สำหรับฝุ่นขนาด 10 ไมครอนมีสัดส่วนของฝุ่นที่ยังไม่สามารถจำแนกแหล่งกำเนิดมีประมาณร้อยละ 23 ถึง 33 เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่ไม่สามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบฝุ่นและแหล่งกำเนิดได้
- โปรแกรม CMB ยังมีข้อจำกัดในการใช้ข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นและแหล่งกำเนิด (Source profile) ที่ไม่สอดคล้องกัน การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ใช้แฟ้มข้อมูลที่มีอยู่ของโปรแกรมเพื่อหาความสัมพันธ์กับผลการตรวจวัดในพื้นที่กรุงเทพฯ ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากโปรแกรม CMB ต้องใช้แฟ้มข้อมูลองค์ประกอบฝุ่นของแหล่งกำเนิดในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ใกล้เคียงในการประเมิน (a priori knowledge) การที่ไม่ได้มีแฟ้มข้อมูลของละอองไอน้ำจากทะเล การเผาขยะ การเผาหญ้าเศษใบไม้ หรือการเผาถ่านที่จำเพาะของกรุงเทพฯ ทำให้การจำแนกแหล่งกำเนิดของโปรแกรม CMB ยังจำกัดเฉพาะบางแหล่งกำเนิด ผลการศึกษาสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ในอนาคต ด้วยการนำข้อมูลของแฟ้มแหล่งกำเนิดหลัก ๆ ของพื้นที่มาใช้

- การวิเคราะห์ด้วย FA/MR ไม่จำเป็นต้องอาศัยเพิ่มข้อมูลองค์ประกอบฝุ่น (no *a priori* knowledge) แต่ต้องมีดัชนีชี้วัด (Source fingerprint) ที่ใช้เชื่อมโยงองค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์ได้กับแหล่งกำเนิดหลัก การเลือกและใช้ดัชนีชี้วัดต้องเป็นข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะ (Unique) ของแหล่งกำเนิด การที่ไม่มีลักษณะเฉพาะเป็นจุดอ่อนของการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของประเทศและกรุงเทพฯ ที่ไม่มีดัชนีชี้วัดที่มีลักษณะเฉพาะสำหรับเชื่อมโยงกับประเภทของแหล่งกำเนิดต่าง ๆ (โดยเฉพาะยานพาหนะสำหรับกรุงเทพฯ)
- การงานวิจัยในโครงการฯ นี้ทำให้ทราบว่าการประยุกต์ใช้ความรู้ในด้านการหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่น (Source apportionment) ในประเทศไทยให้ได้ดีนั้น จำเป็นต้องเริ่มจากการมีฐานข้อมูลของแหล่งกำเนิดในพื้นที่ศึกษาหรือพื้นที่ใกล้เคียงที่ดี การย้อนกลับไปเริ่มต้นตรวจวัดองค์ประกอบของแหล่งกำเนิดและวิเคราะห์หาตัวชี้วัด (Source fingerprint) หรือรูปแบบ (Profile) น่าจะเป็นจุดเริ่มต้นที่สร้างฐานความรู้ก่อนที่จะถึงขั้นนำความรู้มาประยุกต์ใช้งาน โดยเริ่มต้นเป็นโครงการขนาดเล็กสำหรับแหล่งกำเนิดหลักแต่ละประเภท ซึ่งเป็นงานที่ไม่ต้องใช้งบประมาณสูงในการดำเนินการแต่จำเป็นต้องทำอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างฐานข้อมูลให้เป็นฐานความรู้ในอนาคต จากการทบทวนเอกสารวิชาการพบว่าการพัฒนาข้อมูลในส่วนนี้ของต่างประเทศ อาจใช้เวลามากกว่า 20 ปีและยังคงดำเนินการอยู่ในปัจจุบันเพื่อปรับข้อมูลให้สอดคล้องกับสถานการณ์ (Update) โดยทำการศึกษาเป็นระยะ ๆ ตามแต่ประเภทของแหล่งกำเนิด
- การวิเคราะห์องค์ประกอบฝุ่นทางเคมีให้ได้ประสิทธิภาพจำเป็นต้องอาศัยบุคคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านรวมทั้งมีเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์หาสารปริมาณน้อยในระดับส่วนในล้านส่วน (ppm) และส่วนในพันล้านส่วน (ppb) โดยเฉพาะการวิเคราะห์หากกลุ่มของสารคาร์บอน (OC/EC) ที่ประเทศไทยไม่มีเครื่องมือเฉพาะที่มีขีดความสามารถในระดับส่วนในล้านส่วน การประยุกต์ใช้เครื่องมือที่มีอยู่ (Elemental Analyzer) ยังไม่ดีพอสำหรับตัวอย่างที่มีปริมาณฝุ่นค่อนข้างต่ำ หากต้องส่งไปวิเคราะห์ต่างประเทศจำเป็นต้องใช้เวลาและงบประมาณสูงมาก
- อนาคตของการปรับปรุงผลงานวิจัยจะเริ่มจากการค้นหานวัตกรรมใหม่ ๆ ที่มีวิธีการหรือวิทยาการลักษณะอื่นที่อาจเป็นประโยชน์ เช่น การใช้วิธี PMF (Positive

Metric Factorization) เป็นต้น นอกจากนี้ การปรับปรุงวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีสำหรับสารปริมาณน้อยด้วยการประยุกต์ใช้แสงซินโครตรอน (Synchrotron) จากศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ กำลังอยู่ระหว่างการศึกษาความเป็นไปได้และหาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมทั้งขอการสนับสนุน Beam time อย่างไรก็ตาม ต้นทุนในการทำงานกับแสงซินโครตรอนจะค่อนข้างสูงและจำเป็นต้องได้รับการอนุมัติจากศูนย์ฯ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญ

- การประสานงานยังคงเป็นปัญหาในการทำโครงการที่จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากหลายหน่วยงาน ซึ่งจำเป็นต้องสร้างความเข้าใจและประสานประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ (2543) สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษอากาศและเสียง ปี 2541. คพ. 03/022, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร.
2. กรมควบคุมมลพิษ (2544) สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษอากาศและเสียง ปี 2544. คพ. 00-042, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร.
3. กรมควบคุมมลพิษ (____) การจัดทำกลยุทธ์ในการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร.
4. รพีพัฒน์ เกริกไกวล์ (2543) องค์ประกอบธาตุในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนในเขต กรุงเทพมหานคร วิทยานิพนธ์สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ
5. สมานชัย เลิศกมลวิทย์ (2543) การหาปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$, $PM_{10-2.5}$, PM_{10}) และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นในบรรยากาศ ภายในอาคาร และฝุ่นที่บุคคลได้รับ วิทยานิพนธ์สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ
6. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 112 ตอน 42ง วันที่ 26 พฤษภาคม 2538 ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2538) ลงวันที่ 17 เมษายน 2538 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป
7. สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2545). สถิติสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย, สำนักงานสถิติแห่งชาติ, กรุงเทพฯ
8. Abu-Allaban, M., Gertler, A.W., and Lowenthal, D.H. (2002). A preliminary apportionment of the sources of ambient PM₁₀, PM_{2.5}, and VOCs in Cairo, *Atmospheric Environment*, 36: 5549-5557.
9. AirMetrics (1993). *MiniVol portable air sampler operation manual*. Springfield, OR, June 1993.

10. Alonso, C.D., Martins, M., Romano, J., and Godinho, R. (1997). Sao Paulo aerosol characterization study. *J. of Air and Waste Management Association*, 47:1297-1300
11. Baldauf, R.W., Lane, D. D., Marotz, G. A., Wiener, R.I. (2001). Performance evaluation of the portable MiniVOL particulate matter sampler. *Atmospheric Environment* 35: 6087–6091.
12. Berthouex, P.M. and Brown, L.C. (2002). *Statistics for environmental engineers*, Lewis Publishers, New York, pp.147-156.
13. Borja-Aburto, V., Loomis, D., Bangdiwala, S., Shy, C., and Rascon-Pacheco, R. (1997). Ozone, suspended particulates, and daily mortality in Mexico City. *American Journal of Epidemiology*, 145: 258-268.
14. Chen, W., and Wang, C. (1997). An assessment of source contributions to ambient aerosols in Central Taiwan. *J. of Air and Waste Management Association*, 47:501-509.
15. Chen, S.J., Liao, S.H., Jian, W.J., and Lin, C.C. (1997). Particle size distribution of aerosol carbons in ambient air. *Environment International*, 23(4): 475-488.
16. Chow, J.C., Watson, J.G., Lowenthal, D.H., Solomon, P.A., Magliano, K.L., Ziman, S.D., and Richard, L.W. (1992). PM10 source apportionment in California's San Joaquin Valley. *Atmospheric Environment*: 26A 3335-3354.
17. Chow, J.C., Watson, J.G., Pritchett, L.C., Pierson, W.R., Frazier, C.A., and Purcell, R.G. (1993). The DRI thermal/optical reflectance carbon analysis system: description, evaluation and applications in US air Quality studies. *Atmospheric Environment*, 27A: 1185-1201.
18. Chow, J.C., Watson, J.G., Lu, Z., Lowenthal, D.H.; Frazier, C.A.; Solomon, P.A., Thuillier, R.H., and Magliano, K.L. (1996). Descriptive analysis of PM2.5 and PM10 at regionally representative locations during SJVAQS/AUSPEX. *Atmospheric Environment*, 30:2079-112
19. Chuersuwan, N. (1996). *The Rutgers/OGI in situ carbon analyzer for the measurement of carbonaceous aerosol in ambient air*. M.S. Thesis, Rutgers, The State University of New Jersey, New Brunswick, USA.

20. Chuersuwan, N., Turpin, B.J., and Pietarinen, C. (2000). Evaluation of time-resolved $PM_{2.5}$ data in urban/suburban areas of New Jersey, *J. of Air and Waste Management Association*, 50:1780-1789.
21. DRI (1998). *Northern Front Range air quality study final report*. DRI Document No.6580-685-8750.1F2, Desert Research Institute, NV.
22. Delfino, R. J., Becklake, M.R., Hanley, J.A. (1994). The relationship of urgent hospital admissions for respiratory illnesses to photochemical air pollution levels in Montreal. *Environmental Research*: 67(1): 1-19.
23. Dockery, D.W., Schwartz, J, and Spengler, J.D. (1992). Air pollution and daily mortality: Associations with particulates and acid aerosols. *Environmental Research* 59: 362-373.
24. Federal Register (1998). Ambient air monitoring reference and equivalent methods; Designation of three reference methods for $PM_{2.5}$, Vol.63 No.73, April 16, 1998.
25. Glover D.M., Hopke, P.K., Vermette, S.J., Landsberger, S. and D'Auben, D.R. (1991). Source apportionment with site specific source profiles. *J. Air and Waste Management Association* 41: 294-305.
26. Hernández, D.; Gomez, E.T.; Sanfeliu, T.; Vicente, A.B. Particulate matter $PM_{2.5}$ and PM_{10} in an industrial ceramic area. In: *Proceedings of the Seventh International Highway and Urban Pollution Symposium*; Barcelona, Spain; 2002.
27. Hill, J.S., Patel, P.D., and Turner, J.R. (1999). *Performance characterization of the MiniVol $PM_{2.5}$ sampler*. Presented in 92nd Annual meeting of the Air & Waste Management Association, June 20-24, 1999, Paper No. 99-617.
28. Hinds, W. (1982). *Aerosol Technology*. John Wiley & Sons, NY.
29. Ostro, B., Chestnut, L., Vichit-Vadakan, N., and Laixuthai, A. (1999). The impact of particulate matter on daily mortality in Bangkok, Thailand, *J. Air and Waste Management Association*, 49: PM-100-107.
30. Ostro, B.D., Sanchez, J.M., Aranda, C., and Eskeland, G. (1995). Air pollution and mortality: Results from a study in Santiago, Chile. *J. Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 6: 97-114.
31. Pope, C.A. III, Bates, D.V., Raizenne, M.E. (1995). Health effects of particulate air pollution: Time for reassessment? *Environmental Health Perspective* 103: 472-479.

32. Pope, C.A. III, Schwartz, J., Ransom, M.R. (1992). Daily mortality and PM-10 pollution in Utah Valley. *Arch. Environmental Health* 47(3): 211-217.
33. Querol, X.; Alastuey, A.; Rodriguez, S.; Plana, F.; Ruiz, C.R.; Cots, N.; Massague, G.; Puig, O. PM10 and PM2.5 levels and composition in the Barcelona Metropolitan Area, Catalonia, Spain. In: *Proceedings of the Seventh International Highway and Urban Pollution Symposium*; Barcelona, Spain; 2002.
34. Radiant International LLC (1998). *PM abatement strategy for the Bangkok Metropolitan Area*, Final Report Volume I – Report.
35. Reichhardt, T. (1995). Weighting the health risks of airborne particulates. *Environmental Sciences and Technology* 29: 360A-364A.
36. Salter, L.F., Parsons, B. (1999). Field trials of the TEOM[®] and Partisol for PM₁₀ monitoring in the St Austell china clay area, Cornwall, UK. *Atmospheric environment*, 33: 2111-2114.
37. Saucy, D.A., Anderson, J.R., and Buseck, P.R. (1991). Aerosol particle characteristics determined by combined cluster and principal component analysis, *J. of Geophysical Research*, 96(D4): 7407-7414.
38. Schwartz, J., and Dockery, D.W. (1992). Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations. *Amer. Rev. Resp. Disease* 14: 600-604.
39. Seinfeld, J.H., and Pandis, S.N.(1998). *Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change*, pp.1245-1285, John Wiley, New York.
40. Spengler, J., and Wilson, R. (1996). Emissions, dispersion, and concentration of particles. *Particles in our air: Concentrations and health effects*. R. Wilson, and Spengler, J. Harvard University Press, Cambridge, MA.
41. Sue, H.H., Allen, G.A., Koutrakis, and Burton, R.M. (1995). Spatial variation in acidic sulfate and ammonia concentrations within metropolitan Philadelphia. *J. Air and Waste Management Association* 45: 442-452.
42. Turpin, B.J., Cary, R.A., Huntzicker, J.J. (1990). An *in situ*, time-resolved analyzer for aerosol organic and elemental carbon. *Aerosol Science and Technology*, 12:161-171.

43. Vega, E.; Reyes, E.; Sánchez, G.; Ortiz, E.; Ruiz, M.; Chow, J.; Watson, J.; Edgerton, S. Basic statistics of PM_{2.5} and PM₁₀ in the atmosphere of Mexico City. *The Science of the Total Environ.* 287:167-176; 2002.
44. Wongphatatakul, V., Friedlander, S.K., and Pinto, J.P. (1998). A comparative study of PM_{2.5} ambient aerosol chemical database, *Environmental Science and Technology*, 32:3926-3934.
45. Wilson, W.E., and Suh, H.H. (1997). Fine particles and coarse particles: concentration relationships relevant to epidemiological studies. *J. Air and Waste Management Association* 47: 1238-1249.
46. US.EPA (1999a). Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air, Compendium method IO-3.1: Selection, preparation, and extraction of filter material. Office of Research and Development, US. Environmental Protection Agency, OH.
47. US.EPA (1999b). *Air quality criteria for particulate matter, Volume I of III*, Research Triangle Park, NC, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency.
48. US.EPA (1996). *Air quality criteria for particulate matter, Volume I of III*, Research Triangle Park, NC, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency.
49. US.EPA (1992). *Guideline for exposure assessment USEPA*", Federal Registration 57: 104 , May 1992, U.S. Environmental Protection Agency.
50. US.EPA (2002). Criteria for Particulate Matter (Third External Review Draft). Office of Research and Development; National Center For Environmental Assessment; Research Triangle Park Office. NC; 2002. U.S. Environmental Protection Agency.

รายชื่อผู้ร่วมงานวิจัย

1. นเรศ เชื้อสุวรรณ (Nares Chuersuwan, Ph.D.) หัวหน้าโครงการ
โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ
75/7 ถ.พระรามที่ 6 เขตราชเทวี กทม. 10400
โทรศัพท์ 02-201-7144 ถึง 7, โทรสาร 02-644-5497
e-mail: naresc@yahoo.com
2. ดร.สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา (Supat Wangwongwatana, Ph.D.) ผู้ร่วมโครงการ
กรมควบคุมมลพิษ
ช.พหลโยธิน 7 ถ.พหลโยธิน เขตพญาไท กทม. 10400
โทรศัพท์ 02-298-2326, โทรสาร 02-298-2392
e-mail: supat.w@pcd.go.th
3. อรุณ คงแก้ว (Mr. Arun Kongkaew, M.Sc.) ผู้ร่วมโครงการ
สำนักเทคโนโลยีชุมชน กรมวิทยาศาสตร์บริการ
75/7 ถ.พระรามที่ 6 เขตราชเทวี กทม. 10400
โทรศัพท์ 02-201-7110
4. สุรัตน์ เพชรเกษม (Mr. Surat Petkasearm, M.Sc.) ผู้ร่วมโครงการ
โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ
75/7 ถ.พระรามที่ 6 เขตราชเทวี กทม. 10400
โทรศัพท์ 02-201-7144 ถึง 7, โทรสาร 02-644-5497
5. อมรพล ช่างสุวรรณ (Mr. Amornhon Changsupan, B.Sc.) ผู้ร่วมโครงการ
โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ
75/7 ถ.พระรามที่ 6 เขตราชเทวี กทม. 10400
โทรศัพท์ 02-201-7144 ถึง 7, โทรสาร 02-644-5497
6. ชนินทร์ เลิศคณาวณิชกุล (Mr. Chanin Lertkanavanichkul, M.Sc.) ผู้ร่วมโครงการ
โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ
75/7 ถ.พระรามที่ 6 เขตราชเทวี กทม. 10400
โทรศัพท์ 02-201-7144 ถึง 7, โทรสาร 02-644-5497

7. รศ.ดร.สุภัณฑิต นิมรัตน์ (Subuntith Nimrath, Ph.D.)

ผู้ร่วมโครงการ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ถ. ทางลงหาดบางแสน อ. เมือง ชลบุรี 20130

โทรศัพท์ 038-759-000 ต่อ 3120

8. ผศ.ดร.ฉลองขวัญา ตั้งบรรลือการ (Ladda Tangbunluekarn, Ph.D.) ผู้ร่วมโครงการ

คณะแพทยศาสตร์รามธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล

ถ.พระรามที่ 6 ราชเทวี กทม.10400

โทรศัพท์ 02-248-1158

9. พันศักดิ์ ธีรมงคล (Mr. Phunsak Thiramongkol, M.S.)

ผู้ร่วมโครงการ

กองจัดการคุณภาพอากาศ กรมควบคุมมลพิษ

ช.พหลโยธิน 7 ถ.พหลโยธิน เขตพญาไท กทม. 10400

โทรศัพท์ 02-298-2397, โทรสาร 02-298-2392

หมายเหตุ: หัวหน้าส่วนราชการของกรมวิทยาศาสตร์บริการ คือ ดร.อิทธิ พิชยนทรโยธิน (อธิบดี)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างแผนการเก็บตัวอย่าง

ภาคผนวก ข

ข้อมูลผลการเก็บตัวอย่าง

ภาคผนวก ค

การประเมินระดับการได้รับฝุ่นละอองระยะสั้นและระยะยาวเชิงพื้นที่ด้วย
วิธีของสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ภาคผนวก ง

รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก จ

ผลงานเผยแพร่และการนำไปใช้ประโยชน์

งานตีพิมพ์เผยแพร่และการนำเสนอ

1. Chuersuwan, N., (2003). Spatial distribution of ambient PM-10 and PM-2.5 in Bangkok. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 2, 22-24 มกราคม 2545, จังหวัดขอนแก่น. หน้า 188-200.
2. Chuersuwan, N., Nimrat, S., Lekphet, S., and Kerdkumrai, T. (2003). Levels and major sources of PM-2.5 and PM-10 in Bangkok Metropolitan Region. Proceedings of the Third International Symposium of Air Quality Management at Urban and Regional and Global Scales, Vol. 1, 26-30 September 2005, Istanbul, Turkey. 710 pages.

งานการเรียนการสอน

1. รายวิชาสัมมนา สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ.2546
2. รายวิชามลพิษอากาศ เสี่ยงและการควบคุม สาขานามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ.2546-2550
3. รายวิชาสัมมนา โปรแกรมนานาชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย ศูนย์วิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระดับบัณฑิตศึกษา พ.ศ.2547

การใช้ประโยชน์โดยหน่วยงานอื่น

โครงการ/หน่วยงาน	ลักษณะการใช้ประโยชน์
1. การจัดทำร่างมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (พ.ศ.2547-2548), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ใช้เป็นข้อมูลประกอบการจัดทำร่างมาตรฐานฯ ให้กรมควบคุมมลพิษ
2. The Developing Integrated Emission Strategies for Existing Land Transport (DIESEL)/ความช่วยเหลือของ World Bank, US. Asia Environmental Partnership.	ใช้เป็นข้อมูลของโครงการ
3. กรมควบคุมมลพิษ	ใช้เป็นข้อมูลของกรมฯ

ตารางการทำงานเดือน มกราคม 2545						
Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
31	1	ทดสอบเครื่อง -- เปลี่ยน แบตเตอรี่ 3 ชุด ชาตร์แบตฯ เตรียมลอง เครื่อง	2	3	4	5
ทดสอบเครื่อง + แบตฯ 4 ชุด -- run ไม่ครบ 24 ชม.	ไปหาซื้อแบตฯบ้านหม้อ -- 18 AH แบตฯเก่าทุกเครื่อง run ไม่ครบ 24 ชม.	ทำอุปกรณ์และสายไฟ ชาตร์แบตฯ 18 AH (ใส่กล่องไม่ได้เพราะ ใหญ่ขึ้น)	ทดลองเครื่องกับแบตฯ 18AH ดูว่าทำงานครบ 24 ชม.? ซึ่งกระดาศกรอง	เครื่องทำงานกับแบตฯ 18 AH ครบ 24 ชม.!!! ดังนั้น แบตฯ 18AH ให้ พลังพอกับการทำงาน 24	11	12
นัดสัมภาษณ์ผู้สมัครงาน 7 คน ING Insurance, AIA ไม่ รับประกันเครื่องมือ	ทดสอบเครื่อง M3+B6 ได้ครบ 24 ชม.	จ่ายเงินช่างไฟฟ้าช่วยทำ อุปกรณ์ ทดสอบเครื่อง M1+18AH ไม่ครบ 24 ชม. M1 BAD!	เดินทางไปประชุม วิชาการสมาคม วิศวกรรมสวล. ณ ชม. (การบินไทย)	ประชุมวิชาการ (ต่อ)	ประชุมวิชาการ (ต่อ) เดินทางกลับกทม. (รถทัวร์)	เดินทางกลับถึงกทม.
14	15	16	17	18	19	20
เบิกเครื่อง MiniVol 4 ชุด จากคพ. นำมาตรวจ สภาพและทดสอบการ ทำงาน, ได้วัสดุจาก UA	ทดสอบแบตฯ 12 AH 2 เครื่อง ทำงานได้ครบ 24 ชม.	จ่ายเงินค่าอุปกรณ์ซื้อ จากอเมริกา, ชั่ง filter ทดสอบเครื่อง M4, M3, M5 กับ 12AH 2 ตัว, B6	ซื้ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ พันธุ์ทิพย์ (hard drive, power supply, RAM, card, etc.)	ไปบ้านหม้อหาซื้อแบตฯ เพิ่ม 10 ชุด (เพิ่ม) ทำบุญแจสด่านี่ดินแดง	26	27
21	22	23	24	25	26	27
สัมภาษณ์ผู้สมัครงาน	สัมภาษณ์ผู้สมัครงาน	แจ้งผลการคัดเลือก เจ้าหน้าที่โครงการ 3 คน	31			
28	29	30	31			

ตารางการทำงานเดือน กุมภาพันธ์ 2545

Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
				เจ้าหน้าที่โครงการ 2 คน ลองเครื่อง M6 (PM-2.5), M8 (PM-10) 1	2	3
ได้รับ PalFlex filter จาก US สอนงานเจ้าหน้าที่ โครงการ 4	สมชายเริ่มงานวันแรก สอนงานซึ่งจนท.โครงการ ทดลองเครื่อง MiniVol 5	สืบหาตู้เย็นสำหรับ โครงการ จนท.โครงการฝึกซึ่ง กระดาศกรอง 6	ซึ่งกระดาศกรองเตรียม สำหรับเก็บตัวอย่าง 7	คพ.ส่งมอบ PM-2.5 impactor จำนวน 3 ชุด (อุปกรณ์ครบสำหรับ ทำงาน)!!! 8	9	10
11	12	พ่นสีตะแกรงป้องกัน เครื่องหาย ติดตั้งตะแกรง 8 ชุด 4 สถานี 13	14	ทดสอบเครื่องซึ่ง MT5 คพ. เครื่องไม่ stable -- ห้ามใช้ ใช้เครื่อง UMT5 แทนก่อน 15	16	17
วางแผนเครื่อง 4 สถานี ดินแดง, จันทระเกษม, บ้านสมเด็จ, ราชบุรณะ รับของซ่อมเครื่องจาก US 8	Sampling! Sq1 ทุกเครื่อง OK! จุฬาฯ ให้ช่วยเช็ค 2 เครื่อง Eq.Teflon ที่ คพ. 19	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ทดสอบเครื่องให้จุฬาฯกับ เบตฯ ใหม่ -- ครบ 24 ชม ซึ่งกระดาศกรองที่ คพ. 20	วางแผนเครื่อง 4 สถานี ซึ่งกระดาศกรองที่ คพ. 21	Sampling! St2 ทุกเครื่อง OK! ซึ่ง 8Q+8T ที่ คพ. Eq. 8Q+8T 22	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี 23	วางแผนเครื่อง 4 สถานี 24
Sampling! Sq3 7 เครื่อง OK ยกเว้น M7 ไฟฟ้าคพ.ดับ ปิดเครื่องซึ่ง M7 ดับก่อน flow too 25	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ทดสอบเครื่องให้จุฬาฯกับ เบตฯ ใหม่ -- ครบ 24 ชม 26	วางแผนเครื่อง 4 สถานี คพ.ไฟฟ้าดับ ปิดเครื่องซึ่ง นพ.สัมมนผ่าก 37 มม. Filter ให้ซึ่ง 27	Sampling! St4 ซึ่งกระดาศกรองที่ คพ. 28			

ตารางการทำงานเดือน มีนาคม 2545

Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
				เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี Ace Insurance - premium 14,100 บ/หก เดือน (หกคน) 1	วางเครื่อง 4 สถานี 2	Sampling! Sq5 ทุกเครื่อง OK! 3
เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี EqQuartz filters ที่ คพ. 4	วางเครื่อง 4 สถานี 5	Sampling! St6 7 เครื่อง OK M3 ไม่ ทำงาน ซึ่งกระดาษกรองที่ คพ. 6	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ดร.นันทวรรณ ขอคุย ที่คพ. ซึ่ง 8Q + 8T ที่ คพ. 7	วางเครื่อง 4 สถานี บ.ควอลิตี้ชาयน์ฯ ส่ง ตู้ควบคุมความชื้น 25680 บ. 8	Sampling! Sq7 9	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี 10
วางเครื่อง 4 สถานี Eq 8Q ที่ คพ. 11	Sampling! St8 ทุกเครื่อง OK!! M4 เปลี่ยน dampener 12	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี จุไฟฟ้าให้เช็ค 2 เครื่อง Eq. 8T ที่ คพ. ซึ่ง 8Q 13	วางเครื่อง 4 สถานี ซึ่ง 8T ที่ คพ. 14	Sampling! Sq9 ซึ่ง 8T + 8Q ที่ คพ. 15	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี 16	17
Sampling! St10 ทุกเครื่อง OK! 18	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี 19	วางเครื่อง 4 สถานี ซึ่ง 8T + 8Q ที่ คพ. ซึ่งกระดาษกรอง 20	Sampling! St11 มีปัญหา ทดลองวิเคราะห์ OC/EC ด้วย CHNS analyzer 21	เก็บเครื่องกลับ 4 XRF + สกัด filter Eq. 8Q ที่ คพ. ซึ่งกระดาษกรอง 22	วางเครื่อง 4 สถานี ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ด้วย IC 23	Sampling! St12 24
เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ย้ายตะแกรงและเครื่อง จากวชบูรณะไปบางนา early morning 25	วางเครื่อง 4 สถานี ทดสอบการวิเคราะห์ด้วย เครื่อง CHNS 26	Sampling! Sq13 ใช้สถานีบางนาครั้งแรก ทดสอบการวิเคราะห์ด้วย เครื่อง CHNS 27	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี จุไฟฟ้ารับเครื่องกลับ XRF + extract for IC ซึ่งกระดาษกรอง 28	วางเครื่อง 4 สถานี ซึ่ง 8T + 8Q ที่ คพ. ซึ่งกระดาษกรอง 29	Sampling! St14 30	31

ตารางการทำงานเดือน เมษายน 2545

Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
วางเครื่อง 4 สถานี จุฬาฯ รับเครื่องคืน และ ขอ filters ไปทดสอบ Eq 8T + 8Q ที่ คพ. 1	Sampling! Sq15 BD ไม่มีเครื่องเก็บ PM-2.5 M7 is being 2	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ส่งตัวอย่างสำหรับ วิเคราะห์ IC ซั่ง 8Q + 8T ที่ คพ. 3	วางเครื่อง 4 สถานี ซั่ง 8T + 8Q ที่ คพ. 4	Sampling! St16 ซั่ง 8T + 8Q ที่ คพ. 5	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี 6	วางเครื่อง 4 สถานี 7
Sampling! Sq17 8	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี 9	วางเครื่อง 4 สถานี ซั่ง 8T ที่ คพ. 10	Sampling! St18 เตรียม 37 mm 10 แผ่น ให้ นพ.สัมมน 11	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ทำห้ว Calibration ใหม่ ทำให้จุฬาฯ 1 ชิ้น 12	หยุด sampling สงกรานต์ ไม่ไปลอดมัยกับจนท.& ←—————→ 1314	
หยุดสงกรานต์ 15	วางเครื่อง 4 สถานี วิเคราะห์ XRF และ extraction 16	Sampling! St19 M5, M2 เครื่องไม่ ทำงาน!! ส่งวิเคราะห์ IC 17	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ซั่งกระดาษกรองไม่ได้ 18	วางเครื่อง 4 สถานี ซั่งกระดาษกรองไม่ได้ 19	Sampling! Sq20 20	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี 21
วางเครื่อง 4 สถานี วิเคราะห์ XRF และ extraction สรุปรายงาน 22	Sampling! St21 ส่งวิเคราะห์ IC สรุปรายงาน M7 มีปัญหา 23	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ฝนตกตอนบ่ายโมง สรุปรายงาน ซั่งกระดาษกรอง 24	วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตกสายและเย็น early morning FOG! อากาศไม่ร้อนมาก, ซั่ง 25	Sampling! Sq22 ฝนตกสายและเย็น early morning FOG! 26	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี สรุปรายงาน ฟ้าครึ้มอาจมีฝนบางแห่ง 27	วางเครื่อง 4 สถานี ฟ้าครึ้มอาจมีฝนบางแห่ง 28
Sampling! St23 สรุปรายงาน 29	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ฟ้าครึ้มอาจมีฝนบางแห่ง 30					

ตารางการทำงานเดือน พฤษภาคม 2545

Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
		วางเครื่อง 4 สถานี ซึ่งที่ คพ. ฝนตกตอนเย็น! (ดินแดง, จันทระเกษม) 1	Sampling! Sq24 ซึ่งที่ คพ. -สมชาย 2	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี กระดาศกรองให้ศิริราช AIT -คพ. คุยโครงการ 3	วางเครื่อง 4 สถานี ซึ่ง 4	Sampling! St25 5
เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี 6	วางเครื่อง 4 สถานี ส่ง progress rept. TRF สมชายไปทำที่ สผ. 7	Sampling! Sq26 8	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี 9	วางเครื่อง 4 สถานี วาง M7 + M8 กับ วิภู บางนา 10	Sampling! St27 ฝนตกทั้งวัน (depression) 11	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ฝนตกอีก 12
วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตกอีก พูนสินเริ่มงาน, XRF 16 extract 8 filters 13	Sampling! Sq28 14	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี 15	วางเครื่อง 4 สถานี ซึ่งที่ คพ., drizzle โรงเรียนเปิดเทอม 16	Sampling! St29 ดร.สุวรรณีให้คนมาดูงาน drizzle สุขุมวิท 17	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ฝนตกที่พระโขนงบ้าง 18	วางเครื่อง 4 สถานี ซึ่ง 19
Sampling! Sq30 ฝนตกหนักเข้า! 20	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี แดด ไม่มีฝนเป็นวันแรก 21	วางเครื่อง 4 สถานี ซึ่ง ลมอ่อนๆ AM ส่งตู้เย็น Sumsung 22	Sampling! St31 ลมอ่อนๆ AM 23	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ประชุม TRF + ดร.สุวรรณี 24	วางเครื่อง 4 สถานี ซึ่ง 25	Sampling! Sq32 26
เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี 27	วางเครื่อง 4 สถานี ซึ่ง อากาศร้อน 28	Sampling! St33 29	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ฝนหนักบางนา 30	วางเครื่อง 4 สถานี ซึ่ง 31		

ตารางการทำงานเดือน มิถุนายน 2545						
Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
					Sampling! Sq34 M7 high flow M3,M8 PROBLEM.Et 1	เก็บเครื่องกลับ 4 2
วางเครื่อง 4 สถานี ณัฐทิภาเริ่มงาน มหาวิทยาลัยเปิด รถติดขึ้น 3	Sampling! St35 วิเคราะห์ XRF และ extraction 050402T 8 ฝนตก.PM 4	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี วิเคราะห์ XRF และ extraction170402T 7 ซังน้ำหนักใหม่ที่ คพ. 5	วางเครื่อง 4 สถานี ซังน้ำหนักใหม่ที่ คพ. ซังให้ศิริราช สังเกต M3+ M5 6	Sampling! Sq36 ซังน้ำหนักใหม่ที่ คพ. ส่ง 14 filters ให้ศิริราช ฝนตกเย็น 7	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี 8	วางเครื่อง 4 สถานี 9
Sampling! St37 M8 ไม่ครบ 24 ชม. ฝนตก 10	เก็บเครื่อง 4 สถานี 11	วางเครื่อง 4 สถานี ซังน้ำหนักใหม่ที่ คพ. ซังให้ศิริราช นำ T,Q ไป E 12	Sampling! Sq38 ซังน้ำหนักใหม่ที่ คพ. ซังให้ศิริราช 13	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ซังน้ำหนักเก่าที่ คพ. ซังให้ศิริราช 14	วางเครื่อง 4 สถานี 15	Sampling! St39 16
เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี XRF 8 filters 230402 จุฬาฯ ถามเรื่อง quartz filter order 17	วางเครื่อง 4 สถานี 18	Sampling! Sq40 ให้ศิริราช 27 filters ซังใหม่ที่ คพ. +ศิริราช 19	เก็บเครื่อง 4 สถานี ซังเก่าที่ คพ. ซังใหม่+เก่าที่ คพ. นำศิริราชไปปรับE 20	วางเครื่อง 4 สถานี ซังเก่าที่ คพ. 21	Sampling! St41 ฝนตกเย็น 22	เก็บเครื่อง 4 สถานี ฟ้าครึ้มอาจมีฝนบาง แห่ง 23
วางเครื่อง 4 สถานี filters 230402 ให้ กม. IC(7 filters -- 8 bottles) ฝนตกค่า XRF เสีย 24	Sampling! Sq42 25	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี ซังเก่า-ใหม่ที่ คพ. นำ T,2206T,2506Q ไป E 26	วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตก.PM 27	Sampling! St43 ซังเก่า-ใหม่ที่ คพ. สลับเครื่องจาก1-8 เป็น 8-1 28	เก็บเครื่องกลับ 4 สถานี 29	วางเครื่อง 4 สถานี 30

ตารางการทำงานเดือน กรกฎาคม 2545				1-5 July คพ.ปรับปรุง lab		
Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
Sampling! Sq44 ลองสลับเครื่องจาก1-8	เก็บเครื่อง 4 สถานี	วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตกหนัก.PM	Sampling! St45 Meeting @TRF	เก็บเครื่อง 4 สถานี 1-5 July คพ.ปรับปรุง lab	วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! Sq46 สลับเครื่องจาก1-8 เป็น 8-1 070702QDB ชำรุด
เป็น 8-1 ฝนตก.หัวค่ำ 1	ฝนตกเบาบาง.เย็น 2	ที่บางนา,บางกะปิ 3	ลองสลับเครื่องจาก1-8 เป็น 8-1 ฝนตก.เย็น 4	5	6	7
เก็บเครื่อง 4 สถานี ฝนตก.PM 8	วางเครื่อง 4 สถานี lab ที่ คพ.ไผ่ดัด 9	Sampling! St47 สลับเครื่องจาก1-8 เป็น 8-1 ฝนตกเย็น 10	เก็บเครื่อง 4 สถานี ล้างหัว ซังใหม่+ ศิริราชที่ คพ ฝนตกค่ำ 11	วางเครื่อง 4 สถานี เตรียมจารบีก่อนวาง ซังเก่าที่ คพ. 12	Sampling! Sq48 สลับเครื่องจาก1-8 เป็น 8-1 13	เก็บเครื่อง 4 สถานี ฝนตก.เย็น 14
วางเครื่อง 4 สถานี ดร.ประชุมที่ คพ. ปะลูกยางด้านข้าง M8 ฝนตก.PM 15	Sampling! St49 ดร.ส่งIC 2 ชุดประชุมที่ คพ. สลับเครื่องคืนเป็น1-8 ฝนตก.ค่ำ 16	เก็บเครื่อง 4 สถานี ซังเก่า+ใหม่ที่ คพ ฝนตก.PM 17	วางเครื่อง 4 สถานี ซังเก่า+ใหม่ที่ คพ. ฝนตกเย็น 18	Sampling! Sq50 ซังเก่า+ศิริราช ที่ คพ. 19	เก็บเครื่อง 4 สถานี 20	วางเครื่อง 4 สถานี 21
Sampling! St51 22	เก็บเครื่อง 4 สถานี 23	วางเครื่อง 4 สถานี 24	Sampling! St52 วันหยุด 2วัน 25	เก็บเครื่อง 4 สถานี ฝนตก.เช้า ที่จันทร์เกษม 26	วางเครื่อง 4 สถานี 27	Sampling! Sq53 ฝนตก.PM 28
เก็บเครื่อง 4 สถานี ฝนตกหนัก.PM 29	วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตก.เย็น 30	Sampling! St54 ซังใหม่+ศิริราชที่ คพ. ฝนตก.เย็น 31				

ตารางการทำงานเดือน สิงหาคม 2545						
Mon	Tues	Wed	Thur	Fri	Sat	Sun
			เก็บเครื่อง 4 สถานี	วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! St55	เก็บเครื่อง 4 สถานี
				%Rh ไม่ได้*งดซั้ ฝนตกหนัก.ดีก	ฝนตก.pm	ฝนตก.เย็น
			1	2	3	4
วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! Sq56	เก็บเครื่อง 4 สถานี ไป E+ซั้ใหม่+ศิริราช ที่ คพ.+ล้างหัว	วางเครื่อง 4 สถานี ซั้เก่าที่ คพ.	Sampling! St57 ซั้เก่าที่ คพ. ฝนตกหนักตอนเช้า	เก็บเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตอนเช้า	วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตอนบ่าย
5	6	7	8	9	10	11
Sampling! Sq58 ฝนตกตอนเช้า วันแม่	เก็บเครื่อง 4 สถานี M6,M7ไม่ต้องปรับ	วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! St59 ซั้ใหม่ที่ คพ. ฝนตก.pm	เก็บเครื่อง 4 สถานี ซั้ใหม่+เก่าที่ คพ. ฝนตก.pm	วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตอนเย็น	Sampling! Sq60 ฝนตก.nm
12	13	14	15	16	17	18
เก็บเครื่อง 4 สถานี ล้างหัว /1907QJBชำรุด/ M7ไม่ต้องปรับflow	วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตอนบ่าย	Sampling! St61 ซั้ศิริราชที่ คพ. ฝนตกตอนเช้า	เก็บเครื่อง 4 สถานี ซั้ใหม่ที่ คพ. ฝนตกตอนค่ำ	วางเครื่อง 4 สถานี ซั้ใหม่+ศิริราชที่ คพ.	Sampling! Sq62 B16 ซั้แบตเตอรี่.ไม่ ทำงาน/ฝนตกตอนค่ำ	เก็บเครื่อง 4 สถานี ฝนตกทั้งวัน
19	20	21	22	23	24	25
วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! St63	เก็บเครื่อง 4 สถานี ซั้เก่า+ศิริราชที่ คพ. ล้างหัว/ ฝนตก.pm	วางเครื่อง 4 สถานี ซั้เก่าที่ คพ. ฝนตกหนัก nm	Sampling! Sq64 ซั้ใหม่ที่ คพ. ฝนตกตอนหัวค่ำ	วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตกหนัก nm	
26	27	28	29	30	31	

ตารางการทำงานเดือนกันยายน 2545						
Mon	Tues	Wed	Thur	Fri	Sat	Sun
						วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตอนเย็น 1
Sampling! St65 ฝนตกตอนบ่าย 2	เก็บเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตอนบ่าย 3	วางเครื่อง 4 สถานี (เน)ช่วงเก่าที่ คพ. ฝนตกตอนเช้า 4	Sampling! Sq66 (โก) ช่วงเก่าที่ คพ. ฝนตก 5	เก็บเครื่อง 4 สถานี (สิน)ช่วงใหม่ที่ คพ. 6	วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตอนเย็น 7	Sampling! St67 ฝนตกทั้งวัน 8
เก็บเครื่อง 4 สถานี เปลี่ยนยาง M8 ฝนตก.pm 9	วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตก nm 10	Sampling! Sq68 (โก) ช่วงศิริราชที่ คพ. ฝนตกตอนเช้า 11	เก็บเครื่อง 4 สถานี (สิน)ช่วงเก่าที่ คพ. ล้างหัว 12	วางเครื่อง 4 สถานี (ชิน)ช่วงที่ คพ.) 13	Sampling! St69 14	เก็บเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตอนเย็น 15
วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตลอดเช้า 16	Sampling! Sq 70 17	เก็บเครื่อง 4 สถานี (เน)ช่วงใหม่ที่ คพ. ฝนตกทั้งคืน 18	วางเครื่อง 4 สถานี (ชิน)ช่วงใหม่ที่ คพ. 19	Sampling! St 71 (โก) ช่วงศิริราชที่ คพ. ฝนตก.pm 20	เก็บเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตอนเย็น 21	วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตลอด 22
Sampling! Sq 72 ฝนตก.pm 23	เก็บเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตอนเช้า 24	วางเครื่อง 4 สถานี (เน)ช่วงเก่าที่ คพ. 25	Sampling! St 73 (โก) ช่วงใหม่ที่ คพ. 26	เก็บเครื่อง 4 สถานี (สิน)ช่วงใหม่ที่ คพ. ล้างหัว+ฝนตกตอนเช้า 27	วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตอนเช้า 28	Sampling! Sq 74 ฝนตกตอนกลางคืน 29
เก็บเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตอนบ่าย 30						

ตารางการทำงานเดือนตุลาคม 2545						
Mon	Tues	Wed	Thur	Fri	Sat	Sun
	วางเครื่อง 4 สถานี สกัดกระดาดากรอง	Sampling! St 75 (ไก่อ) ชั่งเก๋า	เก็บเครื่อง 4 สถานี (สิน) ชั่งใหม่+สกัด 010702Q,310702Q	วางเครื่อง 4 สถานี (ชิน) ชั่งใหม่+สกัด 120802Q	Sampling! Ssq 76	เก็บเครื่อง 4 สถานี สกัดตัวอย่าง
		2	3	4	5	6
วางเครื่อง 4 สถานี สกัด 240802Q,300802Q	Sampling! St 77 สกัด 050902Q	เก็บเครื่อง 4 สถานี (เน) ชั่งเก๋า + สกัด 110902Q,170902Q	วางเครื่อง 4 สถานี (เน) ชั่งใหม่ + สกัด 230902Q,290902Q	Sampling! Ssq 78 (ไก่อ) ชั่งใหม่ ส่งICที่ คพ=4ชุด	เก็บเครื่อง 4 สถานี	วางเครื่อง 4 สถานี
7	8	9	10	11	12	13
Sampling! St 79 ผ่าครึ่งQ พฤษภาคม	เก็บเครื่อง 4 สถานี ล้างหัว + E M6 เสีย=ปรับflowหลัง	วางเครื่อง 4 สถานี (ชิน) ชั่งเก๋า + สกัด 080502Q	Sampling! Ssq 80 (ไก่อ)ชั่งเก๋า+(สิน)ชั่ง เก๋า	เก็บเครื่อง 4 สถานี (สิน) ชั่งใหม่+E+สกัด 140502Q2,200502Q+ ส่ง IC 75 ex / ปะยาง	วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! St 81
14	15	16	17	18	19	20
เก็บเครื่อง 4 สถานี ผ่าครึ่งQ มิถุนายน+ สกัด 260502Q2 / ปะยาง M8	วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! Ssq 82	เก็บเครื่อง 4 สถานี	วางเครื่อง 4 สถานี สกัด	Sampling! St 83	เก็บเครื่อง 4 สถานี
21	22	*M6 หยุดทำงาน	สกัด 010602Q2+ส่ง IC 46 ex/รับคืน 25	070602Q,130602Q	Lab Close ฝนตก	ฝนตกตอนกลางวัน
		23	24	25	26	27
วางเครื่อง 4 สถานี สกัด 190602Q ฝนตก	Sampling! Ssq 84 ผ่าครึ่งQ เมษายน* 4 ชุด	เก็บเครื่อง 4 สถานี (เน) ชั่งใหม่ +E ล้างหัว	วางเครื่อง 4 สถานี (ชิน) ชั่งใหม่ + สกัด 250602Q,020402Q M7 B10เสีย/ ปะ			
28	29	30	31			

ตารางการทำงานเดือนพฤศจิกายน 2545						
Mon	Tues	Wed	Thur	Fri	Sat	Sun
				Sampling! St 85/P (ไก่อ) ชั่งเก่า+ สกัด Q 1	เก็บเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตอน ----- 2	วางเครื่อง 4 สถานี 3
Sampling! Ssq86/P 4	เก็บเครื่อง 4 สถานี สกัด Q 5	วางเครื่อง 4 สถานี (เน) ชั่งเก่า + E + เครื่อง IC เสีย*งดสกัด Q 6	Sampling! St 87/K (ไก่อ) ชั่งศิริราช 7	เก็บเครื่อง 4 สถานี (สิน) ชั่งใหม่ 8	วางเครื่อง 4 สถานี 9	Sampling! Ssq88/K 10
เก็บเครื่อง 4 สถานี ล้างหัว ฝนตกตอนกลางคืน 11	วางเครื่อง 4 สถานี 12	Sampling!St 89/N (ไก่อ) ชั่งใหม่ + E ฝนตกตอนกลางคืน 13	เก็บเครื่อง 4 สถานี (สิน) ชั่งเก่า ฝนตกตอนบ่าย 14	วางเครื่อง 4 สถานี (ชิน) ชั่งเก่า 15	Sampling!Ssq90/N ฝนตกกลางคืน 16	เก็บเครื่อง 4 สถานี 17
วางเครื่อง 4 สถานี 18	Sampling!St 91/CH 19	เก็บเครื่อง 4 สถานี (ชิน) ชั่งใหม่ + E 20	วางเครื่อง 4 สถานี (เน) ชั่งใหม่ + E ฝนตกกลางคืน 21	Sampling!Ssq92/CH (ไก่อ) ชั่งเก่า 22	เก็บเครื่อง 4 สถานี ไฟตก*ชั่งไม่ได้ 23	วางเครื่อง 4 สถานี 24
Sampling! St 93/P M7 B8 ทำงาน 22.1 ชม. 25	เก็บเครื่อง 4 สถานี ล้างหัว ฝนตกหนัก 26	วางเครื่อง 4 สถานี (ชิน) ชั่งเก่า + E + 27	Sampling! Ssq94P (ไก่อ) ชั่งศิริราช +(เน) ชั่งใหม่ M6 B8 ทำงาน 22.7 ชม. 28	เก็บเครื่อง 4 สถานี (สิน) ชั่งใหม่ + E 29	วางเครื่อง 4 สถานี 30	

ตารางการทำงานเดือนธันวาคม 2545						
Mon	Tues	Wed	Thur	Fri	Sat	Sun
						Sampling! St 95/K ฝนตกตกคนเย็น 1
เก็บเครื่อง 4 สถานี 2	วางเครื่อง 4 สถานี 3	Sampling!Ssq96/K ฝนตก 4	เก็บเครื่อง 4 สถานี ฝนตกกลางคืน 5	วางเครื่อง 4 สถานี 6	Sampling! St97/N Lab Close ฝนตกกลางคืน 7	เก็บเครื่อง 4 สถานี ฝนตกกลางคืน 8
วางเครื่อง 4 สถานี ฝนตกตอนเช้า 9	Sampling!Ssq98/N 10	เก็บเครื่อง 4 สถานี ล้างหัว 11	วางเครื่อง 4 สถานี 12	Sampling!St99/CH 13	เก็บเครื่อง 4 สถานี Lab Close 14	วางเครื่อง 4 สถานี 15
Sampling!Ssq100/CH 16	เก็บเครื่อง 4 สถานี 17	วางเครื่อง 4 สถานี (ชิน) ชั่งใหม่+E 18	Sampling!St 101/P (ไก่) ชั่งเก่า +(สิน) ชั่งใหม่ 19	เก็บเครื่อง 4 สถานี (เน) ชั่งเก่า 20	วางเครื่อง 4 สถานี 21	Sampling!Ssq102/P 22
เก็บเครื่อง 4 สถานี 23	วางเครื่อง 4 สถานี 24	Sampling! St103/K (ไก่) ชั่งใหม่+E 25	เก็บเครื่อง 4 สถานี ล้างหัว (เน) ชั่งใหม่ 26	วางเครื่อง 4 สถานี (ชิน) ชั่งเก่า 27	Sampling!Ssq104/K 28	เก็บเครื่อง 4 สถานี 29
	Sampling!St /N หยุด 31		หยุด 3 วัน			
30						

ตารางการทำงานเดือนมกราคม 2546						
Mon	Tues	Wed	Thur	Fri	Sat	Sun
			วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! Ssq 105/N	เก็บเครื่อง 4 สถานี	วางเครื่อง 4 สถานี
					Lab Close	
		1	2	3	4	5
Sampling!St106/CH เครื่อง 5 งดเก็บตัวอย่าง	เก็บเครื่อง 4 สถานี	วางเครื่อง 4 สถานี (เน) ชั่งใหม่+E เป็นลูกยางเครื่อง 2	Sampling!Ssq 107/CH ล้างหัว (ซิน)ชั่งใหม่+(ไ้)ชั่งเก่า	เก็บเครื่อง 4 สถานี (สิน) ชั่งเก่า	วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! St 108/P นำเครื่อง 5 ใหม่ใช้แทน เครื่อง 5
6	7	8	9	10	11	12
เก็บเครื่อง 4 สถานี เครื่อง 7 ลูกยางรั่ว/ เปลี่ยนแล้ว	วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling!Ssq 109/P (ไ้) ชั่งเก่า+E สกัด 190202	เก็บเครื่อง 4 สถานี (เน) ชั่งเก่า สกัด250202,030302 เครื่อง 4 ลูกยางเสีย/	วางเครื่อง 4 สถานี (สิน) ชั่งเก่า สกัด 090302	Sampling!St 110 /K	เก็บเครื่อง 4 สถานี เครื่อง 7 ลูกยางเสีย/ปะ แล้ว
13	14	15	16	17	18	19
วางเครื่อง 4 สถานี สกัด 150302,210302	Sampling!Ssq 111/K	เก็บเครื่อง 4 สถานี ล้างหัว (ซิน) ชั่งเก่า+E	วางเครื่อง 4 สถานี (สิน) ชั่งเก่า สกัด 270302,171002	Sampling! St 112/N (ไ้) ชั่งเก่า สกัด 231002,291002	เก็บเครื่อง 4 สถานี	วางเครื่อง 4 สถานี
20	21	22	23	24	25	26
Sampling!Ssq 113/N	เก็บเครื่อง 4 สถานี (สิน) ชั่งเก่า	วางเครื่อง 4 สถานี (เน) ชั่งเก่า+E	Sampling!St 114 /CH (ไ้) ชั่งศิริราช	เก็บเครื่อง 4 สถานี (เน) ชั่งเก่า Lab close*%Rh ไม่ได้		
27	28	29	30			

ตารางการทำงานเดือนกุมภาพันธ์ 2546						
Mon	Tues	Wed	Thur	Fri	Sat	Sun
					วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! Sq 116 /CH
					1	2
เก็บเครื่อง 4 สถานี	วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! St117/P	เก็บเครื่อง 4 สถานี <u>ล้างหัว</u> (ซิน) ชั่งเก่า	วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! Sq118/P	เก็บเครื่อง 4 สถานี
3	4	5	6	7	8	9
วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! St 119/K	เก็บเครื่อง 4 สถานี (สิน) ชั่งเก่า	วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! Sq120/K	เก็บเครื่อง 4 สถานี	วางเครื่อง 4 สถานี
10	11	12	13	14	15	16
Sampling! St 121/N	เก็บเครื่อง 4 สถานี <u>ล้างหัว</u>	วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! Sq 122/N	เก็บเครื่อง 4 สถานี	วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! St 123 /CH
17	18	19	20	21	22	23
เก็บเครื่อง 4 สถานี	วางเครื่อง 4 สถานี	Sampling! Sq 124 /CH (ไก้)ชั่งเก่า	เก็บเครื่อง 4 สถานี (เน) ชั่งเก่า	ซินชั่งเก่า		
24	25	26	27	28		

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
1	190202QDA	15/02/02	129.076	S	M1	B1	3421.3	3445.3	24.0	SUN	21/02/02	129.969	123.93
	190202QDB	15/02/02	131.024	S	M2	B2	2937.8	2961.8	24.0	SUN	21/02/02	132.352	184.44
	190202QJA	15/02/02	125.120	S	M3	B3	3028.6	3052.6	24.0	SUN	21/02/02	125.766	89.49
	190202QJB	15/02/02	128.207	S	M4	B4	2880.6	2904.6	24.0	SUN	21/02/02	129.096	123.30
	190202QBA	15/02/02	130.500	S	M5	B5	2897.1	2921.1	24.0	SUN	21/02/02	131.246	103.61
	190202QBB	15/02/02	124.580	S	M6	B6	2895.3	2919.3	24.0	SUN	21/02/02	125.567	137.00
	190202QRA	15/02/02	130.225	S	M7	B7	2319.2	2343.2	24.0	SUN	21/02/02	130.885	91.59
	190202QRB	15/02/02	126.314	S	M8	B8	2979.7	3003.7	24.0	SUN	21/02/02	127.106	109.91
	Blank												
2	220202TDA	15/02/02	158.477	S	M1	B1	3445.4	3469.4	24.0	SUN	07/03/02	158.834	49.55
	220202TDB	15/02/02	159.824	S	M2	B10	2961.9	2985.9	24.0	SUN	07/03/02	160.452	87.17
	220202TJA	15/02/02	158.426	S	M3	B11	3052.7	3076.7	24.0	SUN	07/03/02	158.632	28.63
	220202TJB	15/02/02	158.196	S	M4	B12	2904.8	2928.8	24.0	SUN	07/03/02	158.711	71.41
	220202TBA	15/02/02	162.883	S	M5	B13	2921.2	2945.2	24.0	SUN	07/03/02	163.125	33.61
	220202TBB	15/02/02	159.261	S	M6	B14	2919.3	2943.3	24.0	SUN	07/03/02	159.641	52.79
	220202TRA	15/02/02	158.693	S	M7	B15	2343.3	2367.3	24.0	SUN	07/03/02	158.911	30.22
	220202TRB	15/02/02	157.664	S	M8	B16	3003.7	3027.7	24.0	SUN	07/03/02	158.006	47.53
	Blank												
3	250202QDA	20/02/02	129.644	Chin	M1	B1	3469.4	3493.4	24.0	SUN	28/02/02	130.266	86.56
	250202QDB	20/02/02	129.373	Chin	M2	B2	2986.0	3010.0	24.0	SUN	28/02/02	130.411	144.46
	250202QJA	20/02/02	129.725	Chin	M3	B3	3076.7	3100.7	24.0	SUN	28/02/02	130.291	78.67
	250202QJB	20/02/02	128.377	Chin	M4	B4	2928.8	2952.8	24.0	SUN	28/02/02	129.136	105.27
	250202QBA	20/02/02	125.420	Chin	M5	B5	2945.2	2969.2	24.0	SUN	28/02/02	125.812	54.46
	250202QBB	20/02/02	129.549	Chin	M6	B6	2943.3	2967.3	24.0	SUN	28/02/02	130.120	79.29
	250202QRA	20/02/02	129.367	Chin	M7	B7	2367.3	2380.7	13.4	SUN	เครื่องมีปัญหาเดินไม่ครบ 24 ชม.		
	250202QRB	20/02/02	125.736	Chin	M8	B8	3027.7	3051.7	24.0	SUN	28/02/02	126.237	67.45

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	Blank												
4	280202TDA	20/02/02	149.572	Chin	M1	B10	3493.5	3517.5	24.0	SUN	06/03/02	149.886	43.60
	280202TDB	20/02/02	146.832	Chin	M2	B11	3010.0	3034.0	24.0	SUN	06/03/02	147.338	70.22
	280202TJA	20/02/02	149.279	Chin	M3	B12	3100.8	3124.8	24.0	SUN	06/03/02	149.469	26.38
	280202TJB	20/02/02	143.228	Chin	M4	B13	2952.9	2976.9	24.0	SUN	06/03/02	143.607	52.61
	280202TBA	20/02/02	147.788	Chin	M5	B15	2969.4	2993.5	24.1	SUN	06/03/02	147.951	22.55
	280202TBB	20/02/02	147.153	Chin	M6	B16	2967.4	2991.4	24.0	SUN	06/03/02	147.461	42.81
	280202TRA	20/02/02	150.532	Chin	M2152	B7	2408.8	2432.8	24.0	SUN	06/03/02	150.648	16.10
	280202TRB	20/02/02	144.670	Chin	M8	B14	3051.9	3075.9	24.0	SUN	06/03/02	144.827	21.79
	Blank												
5	030302QDA	22/02/02	129.058	Nae	M1	B1	3517.5	3541.5	24.0	SUN	06/03/02	129.749	95.39
	030302QDB	22/02/02	125.191	Nae	M2	B2	3034.0	3058.0	24.0	SUN	06/03/02	126.040	117.28
	030302QJA	22/02/02	127.572	Nae	M4	B3	2976.9	3000.9	24.0	SUN	06/03/02	127.954	52.95
	030302QJB	22/02/02	127.382	Nae	M3	B4	3124.8	3148.8	24.0	SUN	06/03/02	127.878	68.65
	030302QBA	22/02/02	125.167	Nae	M6	B5	2991.4	3015.4	24.0	SUN	06/03/02	125.785	85.83
	030302QBB	22/02/02	133.236	Nae	M5	B5	2993.6	3017.9	24.3	SUN	06/03/02	133.937	92.67
	030302QRA	22/02/02	125.109	Nae	M8	B14	3075.9	3099.9	24.0	SUN	06/03/02	125.383	38.01
	030302QRB	22/02/02	125.036	Nae	M2152	B8	2432.9	2456.9	24.0	SUN	06/03/02	125.451	57.75
	Blank												
6	060302TDA	22/02/02	148.108	Nae	M1	B7	3541.6	3565.6	24.0	L.RAIN	08/03/02	148.554	61.59
	060302TDB	22/02/02	149.986	Nae	M2	B9	3058.1	3082.1	24.0	L.RAIN	08/03/02	150.713	100.70
	060302TJA	22/02/02	152.491	Nae	M3	B10	3148.9	3148.9	0.0	L.RAIN	เครื่องมีปัญหาไม่ทำงาน		
	060302TJB	22/02/02	146.908	Nae	M4	B11	3001.0	3025.0	24.0	L.RAIN	08/03/02	147.327	56.24
	060302TBA	22/02/02	149.787	Nae	M5	B12	3018.1	3042.1	24.0	L.RAIN	08/03/02	150.073	38.32
	060302TBB	22/02/02	148.007	Nae	M6	B13	3015.4	3039.4	24.0	L.RAIN	08/03/02	148.405	55.15
	060302TRA	22/02/02	146.640	Nae	M2152	B15	2456.9	2480.9	24.0	L.RAIN	08/03/02	146.774	18.58

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	060302TRB	22/02/02	148.145	Nae	M8	B16	3100.0	3124.0	24.0	L.RAIN	08/03/02	148.519	51.82
	Blank												
7	090302QDA	01/03/02	125.578	S	M1	B1	3565.7	3589.7	24.0	SUN	20/03/02	126.586	140.11
	090302QDB	01/03/02	128.252	S	M2	B2	3082.1	3106.1	24.0	SUN	20/03/02	129.645	193.59
	090302QJA	01/03/02	131.824	S	M3	B3	3151.8	3175.8	24.0	SUN	20/03/02	132.534	98.55
	090302QJB	01/03/02	132.534	S	M4	B4	3025.0	3049.0	24.0	SUN	20/03/02	133.396	119.58
	090302QBA	01/03/02	130.826	S	M5	B5	3042.3	3066.3	24.0	SUN	20/03/02	131.646	113.64
	090302QBB	01/03/02	126.637	S	M6	B6	3039.5	3063.5	24.0	SUN	20/03/02	127.540	125.39
	090302QRA	01/03/02	127.958	S	M2152	B14	2480.9	2504.9	24.0	SUN	20/03/02	128.817	119.42
	090302QRB	01/03/02	132.625	S	M8	B8	3124.0	3148.0	24.0	SUN	20/03/02	133.695	148.55
	Blank												
8	120302TDA	01/03/02	145.520	S	M1	B9	3589.9	3613.9	24.0	SUN	20/03/02	145.878	49.66
	120302TDB	01/03/02	149.213	S	M2	B10	3106.2	3130.2	24.0	SUN	20/03/02	149.798	81.22
	120302TJA	01/03/02	149.037	S	M3	B11	3175.8	3199.9	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	120302TJB	01/03/02	148.809	S	M4	B12	3049.3	3073.3	24.0	SUN	20/03/02	149.352	75.51
	120302TBA	01/03/02	147.043	S	M5	B13	3066.5	3090.5	24.0	SUN	20/03/02	147.278	32.62
	120302TBB	01/03/02	146.121	S	M6	B15	3063.5	3087.5	24.0	SUN	20/03/02	146.456	46.56
	120302TRA	01/03/02	150.250	S	M2152	B7	2505.1	2529.1	24.0	SUN	20/03/02	150.459	29.01
	120302TRB	01/03/02	148.632	S	M8	B16	3148.2	3172.2	24.0	SUN	20/03/02	148.959	45.42
	Blank												
9	150302QDA	06/03/02	128.778	Chin	M1	B1	3613.9	3637.9	24.0	SUN	20/03/02	129.289	70.90
	150302QDB	06/03/02	126.503	Chin	M2	B2	3130.2	3154.2	24.0	SUN	20/03/02	127.255	104.44
	150302QJA	06/03/02	134.881	Chin	M3	B3	3199.9	3199.9	0.0	SUN	เครื่องมีปัญหาไม่ทำงาน		
	150302QJB	06/03/02	130.613	Chin	M4	B4	3073.5	3097.5	24.0	SUN	20/03/02	131.181	78.94
	150302QBA	06/03/02	132.751	Chin	M5	B5	3090.8	3114.8	24.0	SUN	20/03/02	133.147	55.06
	150302QBB	06/03/02	129.147	Chin	M6	B6	3087.6	3111.6	24.0	SUN	20/03/02	129.641	68.62

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	150302QRA	06/03/02	129.172	Chin	M2152	B14	2529.1	2553.1	24.0	SUN	20/03/02	129.494	44.75
	150302QRB	06/03/02	127.804	Chin	M8	B8	3172.2	3196.2	24.0	SUN	20/03/02	128.220	57.77
	Blank												
10	180302TDA	07/03/02	148.386	Chin	M1	B6	3637.9	3661.9	24.0	SUN	20/03/02	148.875	68.57
	180302TDB	07/03/02	146.901	Chin	M2	B9	3154.2	3178.2	24.0	SUN	20/03/02	147.662	105.15
	180302TJA	07/03/02	145.252	Chin	M3	B11	3200.2	3224.2	24.0	SUN	20/03/02	145.541	41.64
	180302TJB	07/03/02	147.246	Chin	M4	B12	3097.5	3121.5	24.0	RAIN	20/03/02	147.687	61.87
	180302TBA	07/03/02	147.678	Chin	M5	B13	3114.8	3138.8	24.0	RAIN	20/03/02	148.023	45.99
	180302TBB	07/03/02	147.881	Chin	M6	B14	3111.6	3135.6	24.0	RAIN	20/03/02	148.328	62.13
	180302TRA	07/03/02	147.331	Chin	M2152	B15	2553.1	2577.1	24.0	RAIN	20/03/02	147.632	37.84
	180302TRB	07/03/02	146.455	Chin	M8	B16	3196.2	3220.2	24.0	RAIN	20/03/02	146.847	55.24
11	210302QDA	13/03/02	127.026	Nae	M1	B1	3662.0	3686.0	24.0	SUN	27/03/02	127.276	34.37
	210302QDB	13/03/02	125.445	Nae	M2	B2	3178.3	3202.3	24.0	SUN	27/03/02	126.135	95.54
	210302QJA	13/03/02	134.142	Nae	M3	B3	3224.3	3248.3	24.0	SUN	27/03/02	134.574	58.86
	210302QJB	13/03/02	128.945	Nae	M4	B4	3121.6	3145.6	24.0	SUN	27/03/02	129.439	68.20
	210302QBA	13/03/02	127.512	Nae	M5	B5	3138.9	3162.9	24.0	SUN	27/03/02	127.664	21.44
	210302QBB	13/03/02	126.851	Nae	M6	B6	3135.9	3136.7	0.8	SUN	เครื่องมีปัญหาไม่ทำงาน		
	210302QRA	13/03/02	125.868	Nae	M2152	B14	2577.2	2601.2	24.0	SUN	27/03/02	126.127	35.06
	210302QRB	13/03/02	124.459	Nae	M8	B8	3220.3	3244.3	24.0	SUN	27/03/02	124.775	43.60
	Blank												
12	240302TDA	13/03/02	146.001	Nae	M1	B7	3686.1	3709.1	23.0	SUN	27/03/02	146.843	122.52
	240302TDB	13/03/02	145.739	Nae	M2	B9	3202.3	3226.3	24.0	SUN	27/03/02	146.772	142.72
	240302TJA	13/03/02	150.775	Nae	M3	B10	3248.4	3272.4	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	240302TJB	13/03/02	147.067	Nae	M4	B11	3145.7	3169.7	24.0	SUN	27/03/02	147.860	110.25
	240302TBA	13/03/02	149.042	Nae	M5	B12	3162.9	3187.0	24.1	SUN	27/03/02	149.683	85.94
	240302TBB	13/03/02	150.783	Nae	M6	B13	3136.7	3160.7	24.0	SUN	27/03/02	151.495	98.31

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	240302TRA	13/03/02	149.010	Nae	M7	B15	2601.3	2625.3	24.0	SUN	27/03/02	149.623	76.93
	240302TRB	13/03/02	147.177	Nae	M8	B16	3244.3	3268.3	24.0	SUN	27/03/02	147.888	98.55
	BLANK												
13	270302QDA	21/03/02	131.394	S	M1	B1	3709.1	3733.1	24.0	SUN	03/04/02	131.930	74.52
	270302QDB	21/03/02	133.625	S	M2	B2	3226.6	3250.6	24.0	SUN	03/04/02	134.260	88.28
	270302QJA	21/03/02	131.117	S	M3	B3	3272.6	3296.6	24.0	SUN	03/04/02	131.546	59.61
	270302QJB	21/03/02	128.684	S	M4	B4	3169.7	3193.7	24.0	SUN	03/04/02	129.280	82.74
	270302QBA	21/03/02	131.395	S	M5	B5	3187.3	3211.3	24.0	SUN	03/04/02	131.778	53.17
	270302QBB	21/03/02	126.021	S	M6	B6	3160.7	3184.7	24.0	SUN	03/04/02	126.424	55.92
	270302QNA	21/03/02	126.378	S	M7	B14	2625.3	2649.3	24.0	SUN	03/04/02	126.649	37.62
	270302QNB	21/03/02	129.915	S	M8	B8	3268.4	3292.4	24.0	SUN	03/04/02	130.302	53.72
	B270302QNB	21/03/02	127.276	S					0.0		03/04/02	127.372	
14	300302TDA	21/03/02	150.404	S	M1	B9	3733.3	3757.3	24.0	SUN	03/04/02	150.633	31.79
	300302TDB	21/03/02	148.317	S	M2	B10	3250.7	3274.7	24.0	SUN	03/04/02	148.732	57.69
	300302TJA	21/03/02	146.915	S	M3	B11	3296.7	3320.7	24.0	SUN	03/04/02	147.095	24.99
	300302TJB	21/03/02	145.308	S	M4	B12	3193.8	3217.8	24.0	SUN	03/04/02	145.605	41.24
	300302TBA	No Sampler Avai.		S					0.0		เครื่องอยู่ระหว่างซ่อม		
	300302TBB	21/03/02	147.177	S	M6	B15	3184.8	3208.8	24.0	SUN	03/04/02	147.342	22.91
	300302TNA	21/03/02	148.798	S	M5	B13	3211.5	3235.5	24.0	SUN	03/04/02	148.911	15.69
	300302TNB	21/03/02	147.221	S	M8	B16	3292.4	3316.4	24.0	SUN	03/04/02	147.405	25.56
	B300302TNB	21/03/02	146.297	S					0.0	SUN	03/04/02	146.374	
	B300302TBB	21/03/02	144.405	S					0.0	SUN	03/04/02	144.502	
15	020402QDA	28/03/02	125.283	Chin	M1	B1	3757.4	3781.4	24.0	SUN	11/04/02	125.733	63.57
	020402QDB	28/03/02	131.400	Chin	M2	B2	3274.7	3298.7	24.0	SUN	11/04/02	132.081	96.26
	020402QJA	28/03/02	125.235	Chin	M3	B3	3320.8	3344.8	24.0	SUN	11/04/02	125.599	51.09
	020402QJB	28/03/02	124.866	Chin	M4	B4	3217.9	3241.9	24.0	SUN	11/04/02	125.410	74.22

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบ.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	020402QBA	No Sampler Avai.		Chin					0.0				
	020402QBB	28/03/02	127.244	Chin	M6	B6	3208.8	3232.8	24.0	SUN	11/04/02	127.599	48.62
	020402QNA	28/03/02	126.730	Chin	M5	B7	3235.7	3252.3	16.6	SUN	เครื่องมีปัญหาเดินไม่ครบ 24 ชม.		
	020402QNB	28/03/02	130.961	Chin	M8	B8	3316.5	3340.5	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหา		133.19.09
16	050402TDA	28/03/02	146.737	Chin	M1	B5	3781.4	3805.4	24.0	SUN	30/04/02	147.184	61.13
	050402TDB	28/03/02	146.400	Chin	M2	B9	3298.8	3322.8	24.0	SUN	30/04/02	147.102	95.35
	050402TJA	28/03/02	146.841	Chin	M3	B10	3344.9	3368.9	24.0	SUN	30/04/02	147.224	52.19
	050402TJB	28/03/02	143.510	Chin	M4	B12	3242.1	3266.1	24.0	SUN	30/04/02	144.165	89.34
	050402TBA	28/03/02	151.140	Chin	M5	B13	3253.2	3277.2	24.0	SUN	30/04/02	151.444	45.45
	050402TBB	28/03/02	144.933	Chin	M6	B14	3232.9	3256.9	24.0	SUN	30/04/02	145.358	58.01
	050402TNA	28/03/02	146.032	Chin	M2152	B15	2650.3	2674.3	24.0	SUN	30/04/02	146.344	43.32
	050402TNB	28/03/02	144.752	Chin	M8	B16	3340.6	3364.6	24.0	SUN	30/04/02	145.170	56.98
	BLANK												
17	080402QDA	29/03/02	124.837	Nae	M1	B1	3805.5	3829.5	24.0	SUN	25/04/02	125.214	51.58
	080402QDB	29/03/02	128.414	Nae	M2	B2	3322.8	3346.8	24.0	SUN	25/04/02	128.957	74.83
	080402QJA	29/03/02	130.734	Nae	M3	B3	3369.1	3393.1	24.0	SUN	25/04/02	130.979	33.34
	080402QJB	29/03/02	130.633	Nae	M4	B4	3266.2	3290.2	24.0	SUN	25/04/02	131.053	57.59
	080402QBA	29/03/02	133.954	Nae	M5	B10	3277.3	3301.3	24.0	SUN	25/04/02	134.104	21.84
	080402QBB	29/03/02	127.356	Nae	M6	B11	3257.0	3281.0	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	080402QNA	29/03/02	128.236	Nae	M2152	B6	2674.4	2698.4	24.0	SUN	25/04/02	128.366	23.27
	080402QNB	29/03/02	128.055	Nae	M8	B8	3364.7	3388.7	24.0	SUN	25/04/02	128.243	26.10
	B080402QB	29/03/02	128.760	Nae					0.0		04/29/02	128.995	
18	110402TDA	29/03/02	147.056	Nae	M1	B1	3829.5	3853.5	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	110402TDB	29/03/02	151.476	Nae	M2	B2	3346.9	3370.9	24.0	RAIN	25/04/02	152.139	91.70
	110402TJA	29/03/02	146.968	Nae	M3	B5	3393.1	3417.1	24.0	RAIN	25/04/02	147.308	47.98
	110402TJB	29/03/02	147.924	Nae	M4	B9	3290.2	3314.2	24.0	RAIN	25/04/02	148.402	66.57

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบ.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	110402TBA	29/03/02	148.064	Nae	M5	B13	3301.4	3325.4	24.0	RAIN	25/04/02	148.394	44.80
	110402TBB	29/03/02	145.624	Nae	M6	B14	3281.0	3305.0	24.0	RAIN	25/04/02	146.176	76.94
	110402TNA	29/03/02	147.397	Nae	M2152	B15	2698.5	2722.5	24.0	RAIN	25/04/02	147.612	29.89
	110402TNB	29/03/02	145.850	Nae	M8	B16	3388.7	3412.7	24.0	RAIN	25/04/02	146.176	44.82
	B110402TB	29/03/02	145.806	Nae									
19	170402TDA	05/04/02	146.828	S	M1	B6	3853.6	3877.6	24.0	SUN	24/04/02	147.204	52.51
	170402TDB	05/04/02	150.207	S	M2	B8	3371.0	3371.0	0.0	SUN	เครื่องมีปัญหาไม่ทำงาน		
	170402TJA	05/04/02	144.708	S	B3	B3	3417.2	3441.2	24.0	SUN	24/04/02	145.122	57.51
	170402TJB	05/04/02	147.647	S	M4	B4	3314.2	3338.2	24.0	SUN	24/04/02	148.140	68.50
	170402TBA	05/04/02	149.308	S	M5	B12	3325.4	3344.7	19.3	SUN	เครื่องมีปัญหาเดินไม่ครบ 24 ชม.		
	170402TBB	05/04/02	146.935	S	M6	B7	3305.0	3329.0	24.0	SUN	24/04/02	147.286	48.52
	170402TNA	05/04/02	145.511	S	M2145	B11	844.4	868.4	24.0	SUN	24/04/02	145.753	34.44
	170402TNB	05/04/02	147.406	S	M8	B10	3412.8	3436.8	24.0	SUN	24/04/02	147.786	46.73
20	200402QDA	05/04/02	131.116	S	M1	B8	3877.6	3901.6	24.0	SUN	02/05/02	131.704	81.41
	200402QDB	05/04/02	126.567	S	M2	B13	3371.0	3395.0	24.0	SUN	02/05/02	127.397	114.47
	200402QJA	05/04/02	129.965	S	B3	B16	3441.2	3465.2	24.0	SUN	02/05/02	130.417	62.09
	200402QJB	05/04/02	134.780	S	M4	B9	3338.3	3362.3	24.0	SUN	02/05/02	135.401	86.29
	200402QBA	05/04/02	130.114	S	M5	B15	3344.8	3368.8	24.0	SUN	02/05/02	130.436	44.58
	200402QBB	05/04/02	128.879	S	M6	B14	3329.1	3353.1	24.0	SUN	02/05/02	129.340	64.19
	200402QNA	05/04/02	131.236	S	M2145	B2	868.5	892.5	24.0	SUN	02/05/02	131.676	61.14
	200402QNB	05/04/02	125.434	S	M8	B6	3436.8	3460.8	24.0	SUN	02/05/02	125.997	71.54
	BLANK												
21	230402TDA	11/04/02	147.278	Chin	M1	B10	3901.6	3925.6	24.0	RAIN	30/04/02	147.748	65.56
	230402TDB	11/04/02	150.098	Chin	M2	B9	3395.1	3419.1	24.0	RAIN	30/04/02	150.882	108.29
	230402TJA	11/04/02	146.309	Chin	B3	B4	3465.3	3489.3	24.0	RAIN	30/04/02	146.580	38.01
	230402TJB	11/04/02	147.264	Chin	M4	B11	3362.4	3386.4	24.0	RAIN	30/04/02	147.709	61.89

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบ.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	230402TBA	11/04/02	149.813	Chin	M5	B3	3368.9	3392.9	24.0	SKY	30/04/02	150.065	33.91
	230402TBB	11/04/02	149.716	Chin	M6	B1	3353.1	3377.1	24.0	SKY	30/04/02	150.166	62.13
	230402TNA	11/04/02	145.579	Chin	M7	B5	892.6	892.6	0.0	SKY	30/04/02		
	230402TNB	11/04/02	144.426	Chin	M8	B12	3460.9	3484.9	24.0	SKY	30/04/02	144.856	59.60
	Blank												
22	260402QDA	25/04/02	127.212	Chin	M1	B5	3925.7	3949.7	24.0	SKY	03/05/02	127.853	178.23
	260402QDB	25/04/02	128.353	Chin	M2	B2	3419.1	3443.1	24.0	SKY	03/05/02	129.267	253.99
	260402QJA	25/04/02	129.280	Chin	B3	B14	3489.4	3513.4	24.0	SKY	03/05/02	129.614	92.74
	260402QJB	25/04/02	131.034	Chin	M4	B15	3386.4	3410.4	24.0	SKY	03/05/02	131.588	153.86
	260402QBA	25/04/02	130.229	Chin	M5	B6	3392.9	3416.9	24.0	SKY	03/05/02	130.627	110.62
	260402QBB	25/04/02	125.751	Chin	M6	B8	3377.2	3401.2	24.0	SKY	03/05/02	126.285	148.33
	260402QNA	25/04/02	127.050	Chin	M7	B16	892.7	916.7	24.0	SKY	03/05/02	127.440	108.33
	260402QNB	25/04/02	126.251	Chin	M8	B13	3485.0	3509.0	24.0	SKY	03/05/02	126.736	134.67
23	290402TDA	26/04/02	149.865	Nae	M1	B11	3949.8	3973.8	24.0	SUN	24/05/02	150.259	54.33
	290402TDB	26/04/02	146.175	Nae	M2	B10	3443.2	3467.2	24.0	SUN	24/05/02	146.809	88.26
	290402TJA	26/04/02	145.913	Nae	B3	B16	3513.4	3537.4	24.0	SUN	24/05/02	146.133	29.95
	290402TJB	26/04/02	147.563	Nae	M4	B14	3410.5	3434.5	24.0	SUN	24/05/02	147.939	51.99
	290402TBA	26/04/02	144.021	Nae	M5	B4	3417.0	3441.0	24.0	SUN	24/05/02	144.240	30.74
	290402TBB	26/04/02	145.629	Nae	M6	B12	3401.2	3425.2	24.0	SUN	24/05/02	145.930	41.76
	290402TNA	26/04/02	152.653	Nae	M2145	B1	916.7	940.7	24.0	SUN	24/05/02	152.793	19.38
	290402TNB	26/04/02	145.627	Nae	M8	B9	3509.1	3533.1	24.0	SUN	24/05/02	145.855	31.80
	BLANK												
24	020502QDA	26/04/02	135.479	Nae	M1	B6	3973.8	3997.8	24.0	RAIN	24/05/02	136.121	88.24
	020502QDB	26/04/03	126.090	Nae	M2	B8	3467.2	3491.2	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	020502QJA	26/04/04	126.731	Nae	B3	B13	3537.5	3561.5	24.0	RAIN	24/05/04	127.120	53.90
	020502QJB	26/04/05	125.668	Nae	M4	B15	3434.5	3458.5	24.0	RAIN	24/05/05	126.119	62.92

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	020502QBA	26/04/06	133.398	Nae	M5	B3	3441.1	3441.1	0.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาไม่ทำงาน		
	020502QBB	26/04/07	127.880	Nae	M6	B5	3425.2	3449.2	24.0	RAIN	24/05/07	128.300	56.73
	020502QNA	26/04/08	126.030	Nae	M2145	B2	940.8	964.8	24.0	RAIN	24/05/08	126.356	46.45
	020502QNB	26/04/09	132.275	Nae	M8	B14	3533.1	3557.1	24.0	RAIN	24/05/09	132.747	65.16
	BLANK												
25	050502TDA	24/04/02	148.480	S	M1	B1	3998.0	4022.0	24.0	SUN	15/05/02	149.031	76.70
	050502TDB	24/04/02	145.507	S	M2	B4	3491.3	3515.3	24.0	SUN	15/05/02	146.341	115.42
	050502TJA	24/04/02	144.299	S	B3	B7	3561.8	3585.8	24.0	SUN	15/05/02	144.545	34.03
	050502TJB	24/04/02	148.056	S	M4	B10	3458.6	3482.6	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	050502TBA	24/04/02	147.491	S	M5	B11	3441.2	3465.2	24.0	SUN	15/05/02	147.736	33.97
	050502TBB	24/04/02	147.709	S	M6	B12	3449.3	3464.3	15.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	050502TNA	24/04/02	144.692	S	M7	B9	964.9	988.9	24.0	SUN	15/05/02	144.902	29.02
	050502TNB	24/04/02	143.137	S	M8	B16	3557.2	3581.2	24.0	SUN	15/05/02	143.401	36.47
26	080502QDA	24/04/02	125.857	S	M1	B8	4022.1	4046.1	24.0	SUN	15/05/02	126.348	67.96
	080502QDB	24/04/02	132.630	S	M2	B15	3515.4	3539.4	24.0	SUN	15/05/02	133.398	106.33
	080502QJA	24/04/02	125.382	S	B3	B13	3585.9	3609.9	24.0	SUN	15/05/02	125.703	44.45
	080502QJB	24/04/02	133.771	S	M4	B2	3482.7	3506.7	24.0	SUN	15/05/02	134.254	66.60
	080502QBA	24/04/02	125.353	S	M5	B14	3465.2	3489.2	24.0	SUN	15/05/02	125.583	31.80
	080502QBB	24/04/02	127.772	S	M6	B9	3464.5	3469.3	4.8	SUN	เครื่องมีปัญหาเดินไม่ครบ 24 ชม.		
	080502QNA	24/04/02	125.736	S	M7	B6	988.9	1012.9	24.0	SUN	15/05/02	125.967	32.02
	080502QNB	24/04/02	125.543	S	M8	B5	3581.3	3605.3	24.0	SUN	15/05/02	125.890	48.49
	BLANK												
27	110502TDA	02/05/02	149.935	S	M1	B5	4046.2	4070.2	24.0	RAIN	17/05/02	150.332	54.69
	110502TDB	02/05/02	145.107	S	M2	B2	3539.4	3563.4	24.0	RAIN	17/05/02	145.779	93.06
	110502TJA	02/05/02	142.910	S	B3	B6	3609.9	3633.9	24.0	RAIN	17/05/02	143.025	15.93
	110502TJB	02/05/02	146.784	S	M4	B12	3506.7	3530.7	24.0	RAIN	17/05/02	146.979	27.08

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบ.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	110502TBA	02/05/02	147.069	S	M5	B8	3489.2	3513.2	24.0	RAIN	17/05/02	147.214	20.16
	110502TBB	02/05/02	144.789	S	M6	B1	3469.4	3493.4	24.0	RAIN	17/05/02	144.998	29.29
	110502TNA	02/05/02	145.642	S	M7	B14	1013.0	1037.0	24.0	SKY	17/05/02	145.705	8.74
	110502TNB	02/05/02	148.774	S	M8	B4	3605.4	3629.4	24.0	RAIN	17/05/02	148.930	21.77
	BLANK												
28	140502QDA	13/05/02	131.278	S	M1	B10	4070.3	4094.3	24.0	RAIN	17/05/02	131.776	68.90
	140502QDB	13/05/02	128.301	S	M2	B11	3563.4	3587.4	24.0	RAIN	17/05/02	129.061	105.30
	140502QJA	13/05/02	131.462	S	B3	B16	3634.0	3658.0	24.0	RAIN	17/05/02	131.674	29.30
	140502QJB	13/05/02	133.754	S	M4	B15	3530.8	3554.8	24.0	RAIN	17/05/02	134.154	55.30
	140502QBA	13/05/02	128.064	S	M5	B6	3513.3	3537.3	24.0	RAIN	17/05/02	128.351	39.81
	140502QBB	13/05/02	126.447	S	M6	B5	3493.5	3517.5	24.0	RAIN	17/05/02	126.842	54.67
	140502QNA	13/05/02	133.381	S	M7	B8	1037.1	1061.1	24.0	RAIN	17/05/02	133.586	28.51
	140502QNB	13/05/02	127.722	S	M8	B2	3629.5	3653.5	24.0	RAIN	17/05/02	128.019	41.17
	BLANK												
29	170502TDA	10/05/02	146.426	Nae	M1	B1	4094.3	4118.3	24.0	RAIN	24/05/02	146.668	33.58
	170502TDB	10/05/02	147.827	Nae	M2	B4	3587.5	3611.5	24.0	RAIN	24/05/02	148.245	58.14
	170502TJA	10/05/02	146.626	Nae	M3	B9	3658.0	3682.0	24.0	RAIN	24/05/02	146.801	24.21
	170502TJB	10/05/02	146.741	Nae	M4	B13	3554.8	3578.8	24.0	RAIN	24/05/02	146.963	31.40
	170502TBA	10/05/02	147.087	Nae	M5	B14	3537.3	3561.3	24.0	RAIN	24/05/02	147.187	13.87
	170502TBB	10/05/02	147.992	Nae	M6	B6	3517.5	3541.5	24.0	RAIN	24/05/02	148.167	24.25
	170502TNA	10/05/02	143.791	Nae	M7	B2	1061.1	1085.1	24.0	RAIN	24/05/02	143.908	16.13
	170502TNB	10/05/02	148.201	Nae	M8	B8	3653.5	3677.5	24.0	RAIN	24/05/02	148.418	30.08
30	200502QDA	10/05/02	128.926	Nae	M1	B15	4118.4	4128.3	9.9	RAIN	เครื่องมีปัญหาเดินไม่ครบ 24 ชม.		
	200502QDB	10/05/02	129.028	Nae	M2	B5	3611.6	3635.6	24.0	RAIN	24/05/02	129.569	78.06
	200502QJA	10/05/02	129.739	Nae	B3	B16	3682.1	3706.1	24.0	RAIN	24/05/02	129.935	29.24
	200502QJB	10/05/02	130.362	Nae	M4	B11	3579.0	3603.0	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบ.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	200502QBA	10/05/02	132.983	Nae	M5	B4	3561.4	3585.4	24.0	RAIN	24/05/02	133.339	52.41
	200502QBB	10/05/02	127.860	Nae	M6	B9	3541.5	3565.5	24.0	RAIN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	200502QNA	10/05/02	128.785	Nae	M7	B12	1085.1	1109.1	24.0	RAIN	24/05/02	129.107	44.83
	200502QNB	10/05/02	131.260	Nae	M8	B10	3677.5	3701.5	24.0	RAIN	24/05/02	131.665	56.18
	BLANK												
31	230502TDA	16/05/02	148.107	P	M1	B1	4128.4	4152.4	24.0		30/05/02	148.470	50.05
	230502TDB	16/05/02	147.048	P	M2	B2	3635.8	3659.8	24.0		ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	230502TJA	16/05/02	147.871	P	M3	B4	3706.3	3730.3	24.0		30/05/02	147.960	12.16
	230502TJB	16/05/02	147.452	P	M4	B6	3603.1	3627.1	24.0		30/05/02	147.724	37.47
	230502TBA	16/05/02	145.471	P	M5	B8	3585.5	3609.5	24.0		เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	230502TBB	16/05/02	145.708	P	M6	B13	3565.6	3589.6	24.0		30/05/02	145.975	36.99
	230502TNA	16/05/02	146.642	P	M7	B14	1109.2	1133.2	24.0		30/05/02	146.829	25.92
	230502TNB	16/05/02	146.422	P	M8	B15	3701.6	3725.6	24.0		เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	BLANK												
32	260502QDA	16/05/02	124.979	P	M1	B13	4152.5	4176.5	24.0	RAIN	30/05/02	125.490	71.78
	260502QDB	16/05/02	127.473	P	M2	B9	3659.9	3683.9	24.0	RAIN	30/05/02	128.336	112.82
	260502QJA	16/05/02	131.107	P	M3	B1	3730.4	3754.4	24.0	RAIN	30/05/02	131.344	30.57
	260502QJB	16/05/02	131.135	P	M4	B12	3627.1	3651.1	24.0	RAIN	30/05/02	131.505	51.28
	260502QBA	16/05/02	129.851	P	M5	B2	3609.5	3633.5	24.0	RAIN	30/05/02	130.099	34.13
	260502QBB	16/05/02	129.323	P	M6	B7	3589.6	3613.6	24.0	RAIN	30/05/02	129.695	51.41
	260502QNA	16/05/02	133.470	P	M7	B14	1133.2	1157.2	24.0	RAIN	30/05/02	133.708	32.94
	260502QNB	16/05/02	127.594	P	M8	B16	3725.6	3749.6	24.0	RAIN	30/05/02	127.970	51.56
	BLANK												
33	290502TDA	23/05/02	146.128	Nae	M1	B4	4176.5	4200.5	24.0	CLOUD	21/06/02	146.439	51.25
	290502TDB	23/05/02	146.993	Nae	M2	B6	3683.9	3707.9	24.0	CLOUD	21/06/02	147.538	76.23
	290502TJA	23/05/02	146.855	Nae	M3	B1	3754.4	3778.4	24.0	CLOUD	21/06/02	146.981	16.84

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	290502TJB	23/05/02	146.620	Nae	M4	B8	3651.2	3675.2	24.0	CLOUD	21/06/02	146.843	31.21
	290502TBA	23/05/02	144.973	Nae	M5	B15	3633.5	3657.5	24.0	CLOUD	21/06/02	145.115	19.89
	290502TBB	23/05/02	146.410	Nae	M6	B2	3613.6	3637.7	24.1	CLOUD	21/06/02	146.708	45.06
	290502TNA	23/05/02	147.184	Nae	M7	B9	1157.2	1181.2	24.0	CLOUD	21/06/02	147.293	17.24
	290502TNB	23/05/02	144.096	Nae	M8	B5	3749.7	3773.7	24.0	CLOUD	21/06/02	144.316	30.85
34	010602QDA	23/05/02	130.810	Nae	M1	B11	4200.8	4224.8	24.0	SUN	21/06/02	131.081	37.64
	010602QDB	23/05/02	130.880	Nae	M2	B10	3708.0	3732.0	24.0	SUN	21/06/02	131.486	83.34
	010602QJA	23/05/02	125.760	Nae	M3	B13	3778.5	3778.5	0.0	SUN	เครื่องมีปัญหาไม่ทำงาน		
	010602QJB	23/05/02	129.212	Nae	M4	B14	3675.2	3699.2	24.0	SUN	21/06/02	129.481	37.13
	010602QBA	23/05/02	130.022	Nae	M5	B12	3657.6	3681.6	24.0	SUN	21/06/02	130.174	20.92
	010602QBB	23/05/02	133.824	Nae	M6	B16	3637.9	3661.9	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	010602QNA	23/05/02	131.458	Nae	M7	B1	1181.3	1205.3	24.0	SUN	21/06/02	131.692	32.24
	010602QNB	23/05/02	129.805	Nae	M8	B8	3773.8	3797.7	23.9	SUN	21/06/02	130.126	44.73
	BLANK												
35	040602TDA	31/05/02	148.964	Nae	M1	B9	4224.8	4248.8	24.0	RAIN	21/06/02	149.304	46.98
	040602TDB	31/05/02	148.701	Nae	M2	B6	3732.0	3756.0	24.0	RAIN	21/06/02	149.253	75.95
	040602TJA	31/05/02	147.957	Nae	M3	B15	3778.9	3802.9	24.0	RAIN	21/06/02	148.172	29.36
	040602TJB	31/05/02	146.997	Nae	M4	B4	3699.3	3723.3	24.0	RAIN	21/06/02	147.302	42.32
	040602TBA	31/05/02	147.466	Nae	M5	B2	3681.7	3705.7	24.0	RAIN	21/06/02	147.548	11.33
	040602TBB	31/05/02	148.810	Nae	M6	B10	3662.0	3686.0	24.0	RAIN	21/06/02	149.153	47.77
	040602TNA	31/05/02	145.975	Nae	M7	B11	1205.4	1229.4	24.0	RAIN	21/06/02	146.196	30.59
	040602TNB	31/05/02	150.471	Nae	M8	B14	3797.7	3821.7	24.0	RAIN	21/06/02	150.733	35.87
	BLANK												
36	070602QDA	31/05/02	130.845	Nae	M1	B8	4248.9	4272.9	24.0	RAIN	26/06/02	131.151	42.05
	070602QDB	31/05/02	128.947	Nae	M2	B5	3756.1	3780.1	24.0	RAIN	26/06/02	129.505	77.18
	070602QJA	31/05/02	131.595	Nae	M3	B16	3803.2	3827.2	24.0	RAIN	26/06/02	131.850	35.19

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบ.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	070602QJB	31/05/02	132.352	Nae	M4	B12	3723.3	3747.3	24.0	RAIN	26/06/02	132.682	45.58
	070602QBA	31/05/02	129.814	Nae	M5	B13	3705.8	3729.8	24.0	RAIN	26/06/02	130.066	30.87
	070602QBB	31/05/02	129.788	Nae	M6	B6	3686.0	3710.0	24.0	RAIN	26/06/02	130.128	47.56
	070602QNA	31/05/02	123.872	Nae	M7	B15	1229.5	1253.5	24.0	RAIN	26/06/02	124.096	30.96
	070602QNB	31/05/02	133.000	Nae	M8	B1	3821.8	3845.8	24.0	RAIN	26/06/02	133.381	52.20
	BLNAK												
37	100602TDA	07/06/02	149.294	P	M1	B2	4272.9	4296.9	24.0	RAIN	20/06/02	149.543	34.56
	100602TDB	07/06/02	147.884	P	M2	B11	3780.2	3804.2	24.0	RAIN	20/06/02	148.333	62.56
	100602TJA	07/06/02	151.658	P	M3	B9	3827.2	3851.2	24.0	RAIN	20/06/02	151.814	21.53
	100602TJB	07/06/02	144.942	P	M4	B14	3747.4	3771.4	24.0	RAIN	20/06/02	145.281	46.84
	100602TBA	07/06/02	149.465	P	M5	B10	3729.9	3753.9	24.0	RAIN	20/06/02	149.647	25.60
	100602TBB	07/06/02	149.271	P	M6	B4	3710.0	3734.0	24.0	RAIN	20/06/02	149.569	40.91
	100602TNA	07/06/02	149.623	P	M7	B1	1253.5	1277.5	24.0	RAIN	20/06/02	149.758	18.60
	100602TNB	07/06/02	150.871	P	M8	B8	3845.8	3863.9	18.1	RAIN	เครื่องมีปัญหาทำงานไม่ครบ 24 ชม.		
38	130602QDA	07/06/02	126.695	P	M1	B15	4297.0	4321.0	24.0	SUN	20/06/02	127.076	52.76
	130602QDB	07/06/02	127.531	P	M2	B5	3804.2	3828.2	24.0	SUN	20/06/02	128.145	84.93
	130602QJA	07/06/02	131.680	P	M3	B6	3851.3	3875.3	24.0	SUN	20/06/02	131.922	33.54
	130602QJB	07/06/02	130.574	P	M4	B13	3771.5	3795.5	24.0	SUN	20/06/02	131.037	64.20
	130602QBA	07/06/02	129.127	P	M5	B1	3754.0	3778.0	24.0	SUN	20/06/02	129.311	25.35
	130602QBB	07/06/02	128.269	P	M6	B2	3734.1	3758.1	24.0	SUN	20/06/02	128.559	40.16
	130602QNA	07/06/02	129.110	P	M7	B12	1277.6	1301.6	24.0	SUN	20/06/02	129.291	25.19
	130602QNB	07/06/02	131.275	P	M8	B14	3864.0	3888.0	24.0	SUN	20/06/02	131.604	43.69
	BLNAK												
39	160602TDA	07/06/02	146.264	P	M1	B6	4321.0	4345.0	24.0	SUN	28/06/02	146.605	47.06
	160602TDB	07/06/02	145.157	P	M2	B16	3828.3	3852.3	24.0	SUN	28/06/02	145.732	79.88
	160602TJA	07/06/02	147.776	P	M3	B8	3875.3	3899.3	24.0	SUN	28/06/02	147.915	19.19

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบ.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	160602TJB	07/06/02	145.294	P	M4	B9	3795.5	3819.5	24.0	SUN	28/06/02	145.495	27.85
	160602TBA	07/06/02	146.115	P	M5	B11	3778.0	3802.0	24.0	SUN	28/06/02	146.240	17.49
	160602TBB	07/06/02	145.789	P	M6	B4	3758.2	3782.2	24.0	SUN	28/06/02	145.988	27.34
	160602TNA	07/06/02	148.196	P	M7	B2	1301.6	1325.6	24.0	SUN	28/06/02	148.293	13.49
	160602TNB	07/06/02	145.524	P	M8	B5	3888.0	3912.0	24.0	SUN	28/06/02	145.748	29.92
	BLANK												
40	190602QDA	07/06/02	129.623	P	M1	B6	4345.1	4369.1	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	190602QDB	07/06/02	128.453	P	M2	B16	3852.4	3876.4	24.0	SUN	28/06/02	129.541	149.82
	190602QJA	07/06/02	128.506	P	M3	B8	3899.4	3923.4	24.0	SUN	28/06/02	129.043	74.52
	190602QJB	07/06/02	123.146	P	M4	B9	3819.6	3843.6	24.0	SUN	28/06/02	123.748	83.26
	190602QBA	07/06/02	128.162	P	M5	B11	3802.1	3826.1	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	190602QBB	07/06/02	123.483	P	M6	B4	3782.2	3806.2	24.0	SUN	28/06/02	124.172	95.33
	190602QNA	07/06/02	125.396	P	M7	B2	1325.6	1349.6	24.0	SUN	28/06/02	125.999	83.45
	190602QNB	07/06/02	129.051	P	M8	B5	3912.1	3936.1	24.0	SUN	28/06/02	129.887	110.17
41	220602TDA	07/06/02	147.559	Nae	M1	B11	4369.1	4393.1	24.0	RAIN	07/12/02	147.913	49.56
	220602TDB	07/06/02	143.946	Nae	M2	B16	3876.4	3900.4	24.0	RAIN	07/12/02	144.546	82.78
	220602TJA	07/06/02	148.822	Nae	M3	B5	3923.4	3947.4	24.0	RAIN	07/12/02	148.984	22.84
	220602TJB	07/06/02	148.834	Nae	M4	B6	3843.7	3867.7	24.0	RAIN	07/12/02	149.214	52.90
	220602TBA	07/06/02	145.032	Nae	M5	B4	3826.1	3850.1	24.0	RAIN	07/12/02	145.243	28.85
	220602TBB	07/06/02	146.073	Nae	M6	B2	3806.2	3830.2	24.0	RAIN	07/12/02	146.364	40.33
	220602TNA	07/06/02	144.987	Nae	M7	B1	1349.7	1373.7	24.0	RAIN	07/12/02	145.186	27.72
	220602TNB	07/06/02	144.644	Nae	M8	B8	3936.3	3960.3	24.0	RAIN	07/12/02	145.024	52.10
42	250602QDA	07/06/02	125.894	Nae	M1	B1	4393.1	4417.1	24.0	RAIN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	250602QDB	07/06/02	127.361	Nae	M2	B6	3900.5	3924.5	24.0	RAIN	07/12/02	128.541	165.03
	250602QJA	07/06/02	126.029	Nae	M3	B15	3947.5	3971.5	24.0	RAIN	07/12/02	126.773	102.19
	250602QJB	07/06/02	125.977	Nae	M4	B14	3867.7	3891.7	24.0	RAIN	07/12/02	126.814	116.23

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบ.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	250602QBA	07/06/02	128.921	Nae	M5	B13	3850.2	3874.2	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	250602QBB	07/06/02	129.227	Nae	M6	B12	3830.3	3854.3	24.0	RAIN	07/12/02	129.957	100.88
	250602QNA	07/06/02	127.441	Nae	M7	B10	1373.7	1397.7	24.0	RAIN	07/12/02	128.069	86.56
	250602QNB	07/06/02	129.045	Nae	M8	B9	3960.3	3984.0	23.7	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	BLANK												
43	280602TDA	20/06/02	149.237	Chin	M8	B11	3984.2	4008.2	24.0	CLOUD	18/07/02	149.778	72.93
	280602TDB	20/06/02	146.295	Chin	M7	B16	1397.8	1421.8	24.0	CLOUD	18/07/02	146.999	98.48
	280602TJA	20/06/02	148.720	Chin	M6	B5	3854.3	3878.3	24.0	CLOUD	18/07/02	148.888	23.36
	280602TJB	20/06/02	147.313	Chin	M5	B8	3874.3	3898.3	24.0	CLOUD	18/07/02	147.637	44.30
	280602TBA	20/06/02	150.460	Chin	M4	B4	3891.9	3915.9	24.0	CLOUD	18/07/02	150.690	31.90
	280602TBB	20/06/02	150.018	Chin	M3	B2	3971.5	3995.5	24.0	CLOUD	18/07/02	150.348	45.64
	280602TNA	20/06/02	143.632	Chin	M2	B9	3924.5	3948.5	24.0	CLOUD	18/07/02	143.804	23.83
	280602TNB	20/06/02	145.900	Chin	M1	B1	4417.1	4441.1	24.0	CLOUD	18/07/02	146.248	48.19
44	010702QDA	06/06/02	125.392	Chin	M8	B15	4008.4	4032.4	24.0	SUN	18/07/02	125.864	65.51
	010702QDB	06/06/02	133.290	Chin	M7	B11	1421.8	1445.8	24.0	SUN	18/07/02	134.034	102.30
	010702QJA	06/06/02	125.321	Chin	M6	B6	3878.4	3902.4	24.0	SUN	18/07/02	125.625	42.10
	010702QJB	06/06/02	129.332	Chin	M5	B10	3898.4	3922.4	24.0	SUN	18/07/02	129.860	72.95
	010702QBA	06/06/02	128.023	Chin	M4	B14	3916.0	3940.0	24.0	SUN	18/07/02	128.332	43.06
	010702QBB	06/06/02	130.188	Chin	M3	B12	3995.6	4019.6	24.0	SUN	18/07/02	130.639	61.42
	010702QNA	06/06/02	128.594	Chin	M2	B4	3948.5	3972.5	24.0	SUN	18/07/02	128.931	46.59
	010702QNB	06/06/02	127.060	Chin	M1	B2	4441.2	4465.2	24.0	SUN	18/07/02	127.586	73.07
45	040702TDA	14/06/02	147.841	P	M8	B16	4032.5	4056.5	24.0	RAIN	17/07/02	148.288	62.97
	040702TDB	14/06/02	145.949	P	M7	B6	1445.9	1469.9	24.0	RAIN	17/07/02	146.634	95.81
	040702TJA	14/06/02	147.368	P	M6	B13	3902.5	3926.5	24.0	RAIN	17/07/02	147.625	35.51
	040702TJB	14/06/02	149.970	P	M5	B8	3922.5	3946.5	24.0	RAIN	17/07/02	150.441	64.87
	040702TBA	14/06/02	151.187	P	M4	B11	3940.0	3964.0	24.0	RAIN	17/07/02	151.478	40.46

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	040702TBB	14/06/02	146.867	P	M3	B4	4019.6	4043.6	24.0	RAIN	17/07/02	147.327	64.11
	040702TNA	14/06/02	141.765	P	M2	B15	3972.7	3996.7	24.0	RAIN	17/07/02	142.042	38.50
	040702TNB	14/06/02	147.341	P	M1	B9	4465.3	4489.3	24.0	RAIN	17/07/02	147.838	67.27
	BLANK												
46	070702QDA	14/06/02	125.380	P	M8	B12	4056.6	4080.6	24.0	CLOUD	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	070702QDB	14/06/02	128.086	P	M7	B14	1469.9	1493.9	24.0	CLOUD	17/07/02	129.021	128.72
	070702QJA	14/06/02	125.181	P	M6	B2	3926.5	3950.5	24.0	CLOUD	17/07/02	125.840	90.96
	070702QJB	14/06/02	126.289	P	M5	B15	3946.7	3970.7	24.0	CLOUD	17/07/02	127.047	105.85
	070702QBA	14/06/02	128.412	P	M4	B6	3964.0	3988.0	24.0	CLOUD	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	070702QBB	14/06/02	124.581	P	M3	B8	4043.8	4067.8	24.0	CLOUD	17/07/02	125.340	105.21
	070702QNA	14/06/02	125.205	P	M2	B13	3996.7	4020.7	24.0	CLOUD	17/07/02	125.740	73.80
	070702QNB	14/06/02	124.533	P	M1	B16	4489.5	4513.5	24.0	CLOUD	17/07/02	125.220	94.50
47	100702TDA	13/06/02	145.806	K	M8	B14	4080.8	4104.8	24.0	RAIN	19/07/02	146.190	54.21
	100702TDB	13/06/02	148.785	K	M7	B13	1494.0	1518.0	24.0	RAIN	19/07/02	149.470	94.95
	100702TJA	13/06/02	148.968	K	M6	B15	3950.6	3974.6	24.0	RAIN	19/07/02	149.216	34.54
	100702TJB	13/06/02	144.259	K	M5	B16	3970.8	3994.8	24.0	RAIN	19/07/02	144.774	71.58
	100702TBA	13/06/02	146.607	K	M4	B9	3988.1	4012.1	24.0	RAIN	19/07/02	146.881	37.99
	100702TBB	13/06/02	147.927	K	M3	B10	4068.0	4092.0	24.0	RAIN	19/07/02	148.471	75.26
	100702TNA	13/06/02	147.843	K	M2	B4	4020.9	4044.9	24.0	RAIN	19/07/02	148.106	36.59
	100702TNB	13/06/02	148.434	K	M1	B11	4513.5	4537.5	24.0	RAIN	19/07/02	148.956	72.31
48	130702QDA	13/06/02	124.901	K	M8	B11	4104.9	4128.9	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	130702QDB	13/06/02	128.910	K	M7	B10	1518.1	1542.1	24.0	SUN	19/07/02	129.804	126.92
	130702QJA	13/06/02	129.789	K	M6	B8	3974.6	3998.6	24.0	SUN	19/07/02	130.337	77.91
	130702QJB	13/06/02	126.132	K	M5	B12	3994.9	4018.9	24.0	SUN	19/07/02	127.050	128.98
	130702QBA	13/06/02	126.151	K	M4	B1	4012.2	4036.2	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	130702QBB	13/06/02	125.759	K	M3	B6	4092.0	4116.0	24.0	SUN	19/07/02	126.464	99.34

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบ.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	130702QNA	13/06/02	128.702	K	M2	B2	4045.0	4069.0	24.0	SUN	19/07/02	129.058	49.77
	130702QNB	13/06/02	127.664	K	M1	B16	4537.6	4561.6	24.0	SUN	19/07/02	128.351	95.70
	BLANK												
49	160702TDA	13/06/02	141.011	Nae	M1	B1	4561.6	4585.6	24.0	RAIN	16/08/02	141.247	31.73
	160702TDB	13/06/02	147.753	Nae	M2	B9	4069.1	4093.1	24.0	RAIN	16/08/02	148.133	52.23
	160702TJA	13/06/02	148.762	Nae	M3	B5	4116.2	4140.2	24.0	RAIN	16/08/02	148.916	20.61
	160702TJB	13/06/02	145.028	Nae	M4	B13	4036.2	4060.2	24.0	RAIN	16/08/02	145.304	36.91
	160702TBA	13/06/02	142.040	Nae	M5	B2	4018.9	4042.9	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	160702TBB	13/06/02	144.441	Nae	M6	B11	3998.7	4022.7	24.0	RAIN	16/08/02	144.679	32.41
	160702TNA	13/06/02	147.437	Nae	M7	B4	1542.1	1566.1	24.0	RAIN	16/08/02	147.565	17.31
	160702TNB	13/06/02	148.321	Nae	M8	B14	4129.1	4153.1	24.0	RAIN	16/08/02	148.489	23.25
50	190702QDA	13/06/02	128.554	Nae	M1	B9	4585.7	4609.7	24.0	SUN	16/08/02	129.267	99.74
	190702QDB	13/06/02	130.742	Nae	M2	B5	4093.2	4117.2	24.0	SUN	16/08/02	131.761	140.11
	190702QJA	13/06/02	124.353	Nae	M3	B14	4140.3	4164.3	24.0	SUN	16/08/02	124.878	73.50
	190702QJB	13/06/02	126.359	Nae	M4	B11	4060.3	4084.3	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	190702QBA	13/06/02	129.566	Nae	M5	B10	4043.0	4067.0	24.0	SUN	16/08/02	129.772	28.39
	190702QBB	13/06/02	126.929	Nae	M6	B6	4022.8	4046.8	24.0	SUN	16/08/02	127.321	54.10
	190702QNA	13/06/02	133.740	Nae	M7	B12	1566.2	1590.2	24.0	SUN	16/08/02	133.873	19.03
	190702QNB	13/06/02	125.644	Nae	M8	B16	4153.1	4177.1	24.0	SUN	16/08/02	126.024	52.80
51	220702TDA	12/06/02	146.839	Chin	M1	B6	4609.8	4633.8	24.0	SUN	08/08/02	147.171	45.85
	220702TDB	12/06/02	152.164	Chin	M2	B2	4117.2	4141.2	24.0	SUN	08/08/02	152.762	83.37
	220702TJA	12/06/02	144.783	Chin	M3	B4	4164.3	4188.3	24.0	SUN	08/08/02	144.923	19.12
	220702TJB	12/06/02	149.076	Chin	M4	B8	4084.3	4108.3	24.0	SUN	08/08/02	149.366	39.90
	220702TBA	12/06/02	146.856	Chin	M5	B1	4067.0	4091.0	24.0	SUN	08/08/02	147.009	21.35
	220702TBB	12/06/02	149.474	Chin	M6	B5	4046.8	4070.8	24.0	SUN	08/08/02	149.818	47.59
	220702TNA	12/06/02	148.105	Chin	M7	B12	1590.3	1614.3	24.0	SUN	08/08/02	148.275	23.08

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	220702TNB	12/06/02	150.100	Chin	M8	B9	4177.2	4201.2	24.0	SUN	08/08/02	150.393	40.42
	BLANK												
52	250702QDA	12/06/02	129.312	Chin	M1	B10	4633.8	4657.8	24.0	SUN	08/08/02	129.814	68.96
	250702QDB	12/06/02	128.700	Chin	M2	B16	4141.3	4165.3	24.0	SUN	08/08/02	129.434	101.30
	250702QJA	12/06/02	131.761	Chin	M3	B14	4188.4	4212.4	24.0	RAIN	08/08/02	132.105	47.53
	250702QJB	12/06/02	129.739	Chin	M4	B11	4108.4	4132.4	24.0	RAIN	08/08/02	130.189	62.71
	250702QBA	12/06/02	128.441	Chin	M5	B2	4091.1	4115.1	24.0	SUN	08/08/02	128.785	49.79
	250702QBB	12/06/02	124.135	Chin	M6	B1	4070.8	4094.8	24.0	SUN	08/08/02	124.561	60.34
	250702QNA	12/06/02	126.647	Chin	M7	B12	1614.3	1638.3	24.0	SUN	08/08/02	127.019	51.30
	250702QNB	12/06/02	127.783	Chin	M8	B4	4201.3	4225.3	24.0	SUN	08/08/02	128.185	54.15
53	280702TDA	28/06/02	146.816	P	M1	B5	4657.9	4681.9	24.0	RAIN	28/08/02	147.108	40.34
	280702TDB	28/06/02	149.145	P	M2	B8	4165.3	4189.3	24.0	RAIN	28/08/02	149.648	70.25
	280702TJA	28/06/02	149.228	P	M3	B9	4212.4	4236.4	24.0	RAIN	28/08/02	149.371	19.81
	280702TJB	28/06/02	150.124	P	M4	B6	4132.4	4156.4	24.0	RAIN	28/08/02	150.389	36.59
	280702TBA	28/06/02	146.450	P	M5	B4	4115.2	4139.2	24.0	RAIN	28/08/02	146.597	19.38
	280702TBB	28/06/02	146.777	P	M6	B10	4094.9	4118.9	24.0	RAIN	28/08/02	147.031	34.55
	280702TNA	28/06/02	142.560	P	M7	B12	1638.4	1662.4	24.0	RAIN	28/08/02	142.713	21.14
	280702TNB	28/06/02	147.151	P	M8	B16	4225.3	4249.3	24.0	RAIN	28/08/02	147.457	40.47
54	310702QDA	26/06/02	125.224	P	M1	B14	4681.9	4705.9	24.0	CLOUD	28/08/02	125.797	79.43
	310702QDB	26/06/02	128.628	P	M2	B11	4189.5	4213.5	24.0	CLOUD	28/08/02	129.488	119.00
	310702QJA	26/06/02	125.998	P	M3	B10	4236.5	4260.5	24.0	CLOUD	28/08/02	126.460	64.39
	310702QJB	26/06/02	129.676	P	M4	B13	4156.5	4180.5	24.0	CLOUD	28/08/02	130.286	84.58
	310702QBA	26/06/02	125.455	P	M5	B2	4139.3	4163.3	24.0	CLOUD	28/08/02	125.856	55.68
	310702QBB	26/06/02	125.466	P	M6	B16	4119.0	4143.0	24.0	CLOUD	28/08/02	125.990	72.71
	310702QNA	26/06/02	128.497	P	M7	B9	1662.4	1686.4	24.0	CLOUD	28/08/02	128.901	56.18
	310702QNB	26/06/02	129.923	P	M8	B1	4249.4	4273.4	24.0	CLOUD	28/08/02	130.533	80.72

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	BLANK												
55	030802TDA	19/06/02	147.402	K	M1	B5	4706.0	4730.0	24.0	RAIN	09/08/02	147.760	49.83
	030802TDB	19/06/02	146.995	K	M2	B8	4213.5	4237.5	24.0	RAIN	09/08/02	147.617	86.09
	030802TJA	19/06/02	148.888	K	M3	B1	4260.5	4284.5	24.0	RAIN	09/08/02	149.028	19.45
	030802TJB	19/06/02	146.221	K	M4	B12	4180.6	4204.6	24.0	RAIN	09/08/02	146.469	34.54
	030802TBA	19/06/02	149.936	K	M5	B4	4163.3	4187.3	24.0	RAIN	09/08/02	150.049	15.45
	030802TBB	19/06/02	147.845	K	M6	B6	4143.0	4167.0	24.0	RAIN	09/08/02	148.039	26.80
	030802TNA	19/06/02	147.402	K	M7	B9	1686.4	1710.4	24.0	RAIN	09/08/02	147.511	15.15
	030802TNB	19/06/02	150.548	K	M8	B14	4273.5	4297.5	24.0	RAIN	09/08/02	150.833	36.92
56	060802QDA	17/07/02	128.954	K	M1	B11	4730.0	4754.0	24.0	RAIN	09/08/02	129.043	12.31
	060802QDB	17/07/02	126.063	K	M2	B12	4237.6	4261.6	24.0	RAIN	09/08/02	126.477	57.79
	060802QJA	17/07/02	127.641	K	M3	B13	4284.6	4308.6	24.0	RAIN	09/08/02	127.786	20.15
	060802QJB	17/07/02	132.414	K	M4	B4	4204.6	4228.6	24.0	RAIN	09/08/02	132.653	33.06
	060802QBA	17/07/02	124.702	K	M5	B5	4187.4	4211.4	24.0	RAIN	09/08/02	124.834	18.32
	060802QBB	17/07/02	124.344	K	M6	B16	4167.0	4191.0	24.0	RAIN	09/08/02	124.536	26.57
	060802QNA	17/07/02	129.066	K	M7	B2	1710.5	1734.5	24.0	RAIN	09/08/02	129.231	22.79
	060802QNB	17/07/02	127.141	K	M8	B10	4297.5	4321.5	24.0	RAIN	09/08/02	127.433	39.16
57	090802TDA	08/07/02	149.249	Nae	M1	B9	4754.1	4778.1	24.0	RAIN	04/09/02	149.626	51.96
	090802TDB	08/07/02	146.616	Nae	M2	B8	4261.6	4285.6	24.0	RAIN	04/09/02	147.005	53.57
	090802TJA	08/07/02	146.910	Nae	M3	B12	4308.6	4332.6	24.0	RAIN	04/09/02	147.207	41.06
	090802TJB	08/07/02	147.019	Nae	M4	B16	4228.7	4252.7	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	090802TBA	08/07/02	148.923	Nae	M5	B14	4211.4	4235.4	24.0	RAIN	04/09/02	149.125	27.91
	090802TBB	08/07/02	143.223	Nae	M6	B13	4191.1	4215.1	24.0	RAIN	04/09/02	143.598	51.96
	090802TNA	08/07/02	146.065	Nae	M7	B1	1734.5	1758.5	24.0	RAIN	04/09/02	146.283	30.20
	090802TNB	08/07/02	145.897	Nae	M8	B6	4321.6	4345.6	24.0	RAIN	04/09/02	146.310	54.11
	BLANK												

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
58	120802QDA	08/07/02	123.496	Nae	M1	B2	4778.2	4802.2	24.0	RAIN	04/09/02	123.789	39.90
	120802QDB	08/07/02	124.662	Nae	M2	B4	4285.7	4309.7	24.0	RAIN	04/09/02	125.056	55.03
	120802QJA	08/07/02	128.722	Nae	M3	B5	4332.7	4356.7	24.0	RAIN	04/09/02	128.835	15.02
	120802QJB	08/07/02	127.461	Nae	M4	B11	4252.7	4276.7	24.0	RAIN	04/09/02	127.650	26.15
	120802QBA	08/07/02	126.798	Nae	M5	B8	4235.5	4259.5	24.0	RAIN	04/09/02	126.950	21.42
	120802QBB	08/07/02	127.281	Nae	M6	B12	4215.1	4239.1	24.0	RAIN	04/09/02	127.496	29.85
	120802QNA	08/07/02	129.999	Nae	M7	B9	1758.5	1782.5	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	120802QNB	08/07/02	129.086	Nae	M8	B1	4345.7	4369.7	24.0	RAIN	04/09/02	129.338	33.29
59	150802TDA	18/07/02	148.962	Chin	M1	B2	4802.3	4826.3	24.0	RAIN	29/08/02	149.305	48.13
	150802TDB	18/07/02	145.917	Chin	M2	B11	4309.7	4333.7	24.0	RAIN	29/08/02	146.579	91.61
	150802TJA	18/07/02	147.455	Chin	M3	B10	4356.8	4380.8	24.0	RAIN	29/08/02	147.677	30.99
	150802TJB	18/07/02	147.530	Chin	M4	B6	4276.8	4300.8	24.0	RAIN	29/08/02	147.863	46.28
	150802TBA	18/07/02	146.122	Chin	M5	B13	4259.5	4283.5	24.0	RAIN	29/08/02	146.397	37.92
	150802TBB	18/07/02	144.950	Chin	M6	B16	4239.1	4263.1	24.0	RAIN	29/08/02	145.389	61.03
	150802TNA	18/07/02	147.414	Chin	M7	B14	1782.6	1806.6	24.0	RAIN	29/08/02	147.703	40.13
	150802TNB	18/07/02	148.255	Chin	M8	B4	4369.8	4393.8	24.0	RAIN	29/08/02	148.820	76.73
60	180802QDA	18/07/02	126.158	Chin	M1	B12	4826.4	4850.4	24.0	RAIN	29/08/02	126.731	79.38
	180802QDB	18/07/02	125.670	Chin	M2	B4	4333.7	4357.7	24.0	RAIN	29/08/02	126.445	107.37
	180802QJA	18/07/02	125.119	Chin	M3	B8	4380.8	4404.8	24.0	RAIN	29/08/02	125.468	48.06
	180802QJB	18/07/02	125.428	Chin	M4	B6	4300.9	4324.9	24.0	RAIN	29/08/02	125.947	71.71
	180802QBA	18/07/02	123.146	Chin	M5	B1	4283.6	4307.6	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	180802QBB	18/07/02	130.123	Chin	M6	B10	4263.2	4287.2	24.0	RAIN	29/08/02	130.484	49.96
	180802QNA	18/07/02	125.926	Chin	M7	B5	1806.6	1830.6	24.0	RAIN	29/08/02	126.362	60.45
	180802QNB	18/07/02	124.353	Chin	M8	B9	4393.9	4417.9	24.0	RAIN	29/08/02	124.921	75.56
	BLANK												
61	210802TDA	16/08/02	145.557	P	M1	B2	4850.4	4874.4	24.0	RAIN	12/09/02	145.884	45.21

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	210802TDB	16/08/02	144.670	P	M2	B16	4357.8	4381.8	24.0	RAIN	12/09/02	145.160	68.36
	210802TJA	16/08/02	146.788	P	M3	B14	4404.9	4428.9	24.0	RAIN	12/09/02	147.004	29.94
	210802TJB	16/08/02	148.998	P	M4	B13	4325.0	4349.0	24.0	RAIN	12/09/02	149.260	36.47
	210802TBA	11/07/02	146.898	P	M5	B12	4307.6	4331.6	24.0	RAIN	12/09/02	147.081	25.23
	210802TBB	11/07/02	147.544	P	M6	B1	4287.2	4311.2	24.0	RAIN	12/09/02	147.835	40.32
	210802TNA	11/07/02	150.280	P	M7	B8	1830.7	1854.7	24.0	RAIN	12/09/02	150.484	28.30
	210802TNB	11/07/02	149.354	P	M8	B11	4418.3	4442.3	24.0	RAIN	12/09/02	149.719	46.18
	B210802TN	16/08/02	147.725	P					0.0		12/09/02	147.751	
62	240802QDA	16/08/02	125.642	P	M1	B11	4874.5	4898.5	24.0	RAIN	12/09/02	126.076	60.31
	240802QDB	16/08/02	127.588	P	M2	B16	4381.9	4381.9	0.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาไม่ทำงาน		
	240802QJA	16/08/02	124.991	P	M3	B14	4428.9	4452.9	24.0	RAIN	12/09/02	125.283	40.63
	240802QJB	16/08/02	125.667	P	M4	B6	4349.0	4373.0	24.0	RAIN	12/09/02	126.015	48.35
	240802QBA	11/07/02	128.615	P	M5	B4	4331.7	4355.7	24.0	RAIN	12/09/02	128.933	43.93
	240802QBB	11/07/02	130.423	P	M6	B5	4311.3	4335.3	24.0	RAIN	12/09/02	130.789	50.43
	240802QNA	11/07/02	129.014	P	M7	B10	1854.7	1878.7	24.0	RAIN	12/09/02	129.316	41.81
	240802QNB	11/07/02	129.000	P	M8	B9	4442.3	4466.3	24.0	RAIN	12/09/02	129.584	80.12
	B240802QN	16/08/02	129.030	P							12/09/02	129.270	
63	270802TDA	08/15/02	151.829	K	M1	B16	4898.5	4922.5	24.0	SUN	05/09/02	152.297	63.66
	270802TDB	08/15/02	148.748	K	M2	B8	4381.9	4405.9	24.0	SUN	05/09/02	149.456	99.73
	270802TJA	08/15/02	149.641	K	M3	B5	4453.0	4477.0	24.0	SUN	05/09/02	149.837	26.83
	270802TJB	08/15/02	146.553	K	M4	B4	4373.1	4397.1	24.0	SUN	05/09/02	146.874	44.60
	270802TBA	08/15/02	149.264	K	M5	B10	4355.7	4379.7	24.0	SUN	05/09/02	149.458	27.11
	270802TBB	08/15/02	148.223	K	M6	B9	4335.3	4359.3	24.0	SUN	05/09/02	148.515	40.55
	270802TNA	08/15/02	149.483	K	M7	B2	1878.7	1902.7	24.0	SUN	05/09/02	149.697	29.67
	270802TNB	08/15/02	146.065	K	M8	B1	4466.5	4490.5	24.0	SUN	05/09/02	146.428	47.31
	B270802TB	08/15/02	146.947	K						RAIN			

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบ.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
64	300802QDA	07/31/02	129.885	K	M1	B11	4922.6	4946.6	24.0	RAIN	05/09/02	130.141	36.01
	300802QDB	07/31/02	122.665	K	M2	B14	4405.9	4429.9	24.0	RAIN	05/09/02	123.304	86.04
	300802QJA	07/31/02	126.245	K	M3	B6	4477.0	4501.0	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	300802QJB	07/31/02	127.293	K	M4	B12	4397.7	4421.1	23.4	RAIN	05/09/02	127.527	33.33
	300802QBA	07/31/02	125.065	K	M5	B13	4379.8	4403.8	24.0	RAIN	05/09/02	125.205	19.28
	300802QBB	07/31/02	126.522	K	M6	B16	4359.3	4383.3	24.0	RAIN	05/09/02	126.766	33.84
	300802QNA	07/31/02	126.951	K	M7	B5	1902.8	1926.8	24.0	RAIN	05/09/02	127.158	28.89
	300802QNB	07/31/02	130.673	K	M8	B4	4490.7	4514.7	24.0	RAIN	05/09/02	131.151	63.40
	B300802QB	08/15/02	134.913	K						RAIN			
65	020902TDA	22/08/02	149.517	Nae	M1	B5	4946.7	4970.7	24.0	RAIN	22/08/02	149.787	36.89
	020902TDB	22/08/02	148.752	Nae	M2	B12	4430.0	4454.0	24.0	RAIN	22/08/02	149.290	75.22
	020902TJA	22/08/02	147.154	Nae	M3	B13	4501.2	4525.2	24.0	RAIN	22/08/02	147.348	24.40
	020902TJB	22/08/02	144.547	Nae	M4	B8	4421.2	4445.2	24.0	RAIN	22/08/02	144.837	40.02
	020902TBA	22/08/02	145.529	Nae	M5	B10	4404.0	4428.0	24.0	RAIN	22/08/02	145.724	39.09
	020902TBB	22/08/02	147.650	Nae	M6	B2	4383.4	4407.4	24.0	RAIN	22/08/02	147.946	40.93
	020902TNA	22/08/02	146.183	Nae	M7	B1	1926.8	1950.8	24.0	RAIN	22/08/02	146.386	28.07
	020902TNB	22/08/02	145.330	Nae	M8	B9	4514.9	4538.9	24.0	RAIN	22/08/02	145.700	46.96
	B020902T	22/08/02	148.228	Nae									
66	050902QDA	22/08/02	126.532	Nae	M1	B8	4970.8	4994.8	24.0	RAIN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	050902QDB	22/08/02	125.228	Nae	M2	B1	4454.1	4478.1	24.0	RAIN	22/08/02	125.842	84.99
	050902QJA	22/08/02	127.621	Nae	M3	B9	4525.3	4549.3	24.0	RAIN	22/08/02	127.840	30.39
	050902QJB	22/08/02	123.461	Nae	M4	B12	4445.2	4469.2	24.0	RAIN	22/08/02	123.860	55.70
	050902QBA	22/08/02	128.445	Nae	M5	B16	4428.0	4452.0	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	050902QBB	22/08/02	130.040	Nae	M6	B11	4407.4	4431.4	24.0	RAIN	22/08/02	130.395	49.40
	050902QNA	22/08/02	125.960	Nae	M7	B4	1950.9	1974.9	24.0	RAIN	22/08/02	126.108	20.58
	050902QNB	22/08/02	123.647	Nae	M8	B14	4539.1	4563.1	24.0	RAIN	22/08/02	124.131	61.67

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	B050902Q	22/08/02	121.739	Nae									
67	080908TDA	23/08/02	148.353	Chin	M1	B9	4994.8	5018.8	24.0	RAIN	13/09/02	148.673	44.71
	080908TDB	23/08/02	149.302	Chin	M2	B12	4478.2	4502.2	24.0	RAIN	13/09/02	149.778	65.95
	080908TJA	23/08/02	149.978	Chin	M3	B2	4549.4	4573.4	24.0	RAIN	13/09/02	150.111	18.53
	080908TJB	23/08/02	146.115	Chin	M4	B5	4469.3	4493.3	24.0	RAIN	13/09/02	146.320	21.91
	080908TBA	23/08/02	148.687	Chin	M5	B6	4452.1	4476.1	24.0	RAIN	13/09/02	148.788	13.96
	080908TBB	23/08/02	149.962	Chin	M6	B13	4431.5	4455.5	24.0	RAIN	13/09/02	150.157	26.87
	080908TNA	23/08/02	144.620	Chin	M7	B10	1974.9	1998.9	24.0	RAIN	13/09/02	144.781	22.28
	080908TNB	23/08/02	149.748	Chin	M8	B1	4563.3	4580.1	16.8	RAIN	เครื่องมีปัญหาทำงานไม่ครบ 24 ชม.		
	B080908T	23/08/02	145.458	Chin									
68	110902QDA	23/08/02	124.812	Chin	M1	B13	5018.9	5042.9	24.0	RAIN	13/09/02	125.371	75.56
	110902QDB	23/08/02	128.260	Chin	M2	B1	4502.2	4526.2	24.0	RAIN	13/09/02	129.157	124.03
	110902QJA	23/08/02	126.471	Chin	M3	B4	4573.4	4597.4	24.0	RAIN	13/09/02	126.759	39.52
	110902QJB	23/08/02	124.188	Chin	M4	B14	4493.4	4517.4	24.0	RAIN	13/09/02	124.637	63.79
	110902QBA	23/08/02	127.754	Chin	M5	B11	4476.1	4500.1	24.0	RAIN	กระดาษกรองชำรุด		
	110902QBB	23/08/02	125.347	Chin	M6	B8	4455.5	4479.5	24.0	RAIN	13/09/02	125.769	58.28
	110902QNA	23/08/02	122.786	Chin	M7	B16	1999.0	2023.0	24.0	RAIN	13/09/02	123.167	52.42
	110902QNB	23/08/02	122.556	Chin	M8	B9	4580.2	4604.2	24.0	RAIN	13/09/02	122.975	57.75
	B110902Q	23/08/02	125.627	Chin									
69	140902TDA	06/09/02	149.636	P	M1	B5	5042.9	5066.9	24.0	RAIN	03/10/02	149.923	40.56
	140902TDB	06/09/02	149.050	P	M2	B10	4526.3	4550.3	24.0	RAIN	03/10/02	149.529	65.88
	140902TJA	06/09/02	145.111	P	M3	B12	4597.5	4621.5	24.0	RAIN	03/10/02	145.253	19.86
	140902TJB	06/09/02	147.357	P	M4	B2	4517.5	4541.5	24.0	RAIN	03/10/02	147.591	31.36
	140902TBA	06/09/02	143.311	P	M5	B8	4500.2	4524.2	24.0	RAIN	03/10/02	143.447	18.77
	140902TBB	06/09/02	146.767	P	M6	B16	4479.6	4503.6	24.0	RAIN	03/10/02	146.970	28.09
	140902TNA	06/09/02	145.892	P	M7	B4	2023.0	2047.0	24.0	RAIN	03/10/02	146.096	28.46

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	140902TNB	06/09/02	144.653	P	M8	B6	4604.3	4628.3	24.0	RAIN	03/10/02	144.968	43.98
	B140902T	06/09/02	150.978	P					0.0				
70	170902QDA	06/09/02	127.577	P	M1	B14	5067.1	5067.1	0.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาไม่ทำงาน		
	170902QDB	06/09/02	125.866	P	M2	B11	4550.3	4574.3	24.0	RAIN	03/10/02	126.294	59.55
	170902QJA	06/09/02	127.387	P	M3	B1	4621.6	4645.6	24.0	RAIN	03/10/02	127.519	18.02
	170902QJB	06/09/02	128.424	P	M4	B9	4541.5	4565.5	24.0	RAIN	03/10/02	128.595	23.51
	170902QBA	06/09/02	127.247	P	M5	B10	4524.3	4548.3	24.0	RAIN	03/10/02	127.370	17.22
	170902QBB	06/09/02	123.162	P	M6	B4	4503.6	4527.6	24.0	RAIN	03/10/02	123.366	28.19
	170902QNA	06/09/02	129.908	P	M7	B13	2047.1	2071.1	24.0	RAIN	03/10/02	130.112	28.14
	170902QNB	06/09/02	127.528	P	M8	B6	4628.4	4652.4	24.0	RAIN	03/10/02	127.796	37.16
	B170902Q	06/09/02	126.936	P					0.0				
71	200920TDA	30/08/02	146.525	K	M1	B8	5067.1	5091.3	24.2	RAIN	02/10/02	147.081	75.46
	200920TDB	30/08/02	145.274	K	M2	B16	4574.4	4598.4	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	200920TJA	30/08/02	143.801	K	M3	B13	4645.7	4669.7	24.0	RAIN	02/10/02	144.076	37.83
	200920TJB	30/08/02	146.995	K	M4	B11	4565.6	4589.6	24.0	RAIN	02/10/02	147.329	46.18
	200920TBA	30/08/02	146.722	K	M5	B2	4548.4	4572.4	24.0	RAIN	02/10/02	146.972	34.13
	200920TBB	30/08/02	145.832	K	M6	B10	4527.7	4551.7	24.0	RAIN	02/10/02	146.167	45.98
	200920TNA	30/08/02	144.430	K	M7	B5	2071.1	2095.1	24.0	RAIN	02/10/02	144.693	36.08
	200920TNB	30/08/02	146.154	K	M8	B12	4652.4	4676.4	24.0	RAIN	02/10/02	146.577	57.24
	B200920T	30/08/02	142.417	K					0.0				
72	230902QDA	30/08/02	129.653	K	M1	B4	5091.3	5115.3	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	230902QDB	30/08/02	127.827	K	M2	B9	4598.5	4622.5	24.0	RAIN	02/10/02	128.534	97.99
	230902QJA	30/08/02	124.764	K	M3	B1	4669.7	4693.7	24.0	RAIN	02/10/02	124.994	32.25
	230902QJB	30/08/02	125.118	K	M4	B6	4589.7	4613.7	24.0	RAIN	02/10/02	125.430	43.67
	230902QBA	30/08/02	122.814	K	M5	B14	4572.5	4596.5	24.0	RAIN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	230902QBB	30/08/02	129.139	K	M6	B13	4551.7	4575.7	24.0	RAIN	02/10/02	129.448	43.05

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	230902QNA	30/08/02	126.005	K	M7	B8	2095.2	2119.2	24.0	RAIN	02/10/02	126.192	25.97
	230902QNB	30/08/02	128.786	K	M8	B16	4676.5	4700.5	24.0	RAIN	02/10/02	129.129	48.11
	B230902Q	30/08/02	125.261	K					0.0				
73	260902TDA	18/09/02	147.699	Nae	M1	B16	5115.4	5139.4	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	260902TDB	18/09/02	144.673	Nae	M2	B8	4622.5	4646.5	24.0	RAIN	09/10/02	145.353	94.10
	260902TJA	18/09/02	143.156	Nae	M3	B12	4693.8	4717.8	24.0	RAIN	09/10/02	143.359	27.76
	260902TJB	18/09/02	143.752	Nae	M4	B2	4613.7	4637.7	24.0	RAIN	09/10/02	144.148	54.31
	260902TBA	18/09/02	146.733	Nae	M5	B10	4596.5	4620.5	24.0	RAIN	09/10/02	146.923	26.44
	260902TBB	18/09/02	148.731	Nae	M6	B9	4575.7	4599.7	24.0	RAIN	09/10/02	148.990	36.55
	260902TNA	18/09/02	147.394	Nae	M7	B5	2119.2	2143.2	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	260902TNB	18/09/02	147.434	Nae	M8	B11	4700.5	4724.5	24.0	RAIN	09/10/02	147.652	29.65
74	290902QDA	18/09/02	129.520	Nae	M1	B5	5139.5	5163.5	24.0	RAIN	09/10/02	129.918	55.19
	290902QDB	18/09/02	127.051	Nae	M2	B2	4646.5	4670.5	24.0	RAIN	09/10/02	127.761	98.26
	290902QJA	18/09/02	128.042	Nae	M3	B16	4717.8	4741.8	24.0	RAIN	09/10/02	128.199	21.47
	290902QJB	18/09/02	130.362	Nae	M4	B12	4637.8	4661.8	24.0	RAIN	09/10/02	130.694	45.51
	290902QBA	18/09/02	128.948	Nae	M5	B4	4620.6	4644.6	24.0	RAIN	09/10/02	129.175	31.59
	290902QBB	18/09/02	125.399	Nae	M6	B6	4599.8	4623.8	24.0	RAIN	กระดาดชกรองชำรุด		
	290902QNA	18/09/02	128.989	Nae	M7	B1	2143.3	2167.3	24.0	RAIN	09/10/02	129.250	36.15
	290902QNB	18/09/02	140.439	Nae	M8	B14	4724.5	4748.5	24.0	RAIN	09/10/02	140.887	60.94
	BLANK												
75	021002TDA	19/09/02	138.448	Chin	M1	B5	5163.7	5187.7	24.0	RAIN	16/10/02	139.075	86.81
	021002TDB	19/09/02	136.727	Chin	M2	B6	4670.6	4694.6	24.0	RAIN	16/10/02	137.643	126.54
	021002TJA	19/09/02	139.621	Chin	M3	B16	4741.9	4765.9	24.0	RAIN	16/10/02	139.942	44.37
	021002TJB	19/09/02	139.474	Chin	M4	B10	4661.9	4685.9	24.0	RAIN	16/10/02	139.952	70.67
	021002TBA	19/09/02	137.244	Chin	M5	B11	4644.6	4668.6	24.0	RAIN	16/10/02	137.687	61.31
	021002TBB	19/09/02	138.578	Chin	M6	B9	4623.8	4647.8	24.0	RAIN	16/10/02	139.122	76.11

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	021002TNA	19/09/02	138.164	Chin	M7	B8	2167.4	2191.4	24.0	RAIN	16/10/02	138.464	41.47
	021002TNB	19/09/02	138.343	Chin	M8	B13	4748.6	4772.6	24.0	RAIN	16/10/02	138.847	67.84
76	051002SQDA	19/09/02	149.554	Chin	M1	B2	5187.8	5211.8	24.0	RAIN	16/10/02	150.216	91.76
	051002SQDB	19/09/02	152.924	Chin	M2	B4	4694.6	4718.6	24.0	RAIN	16/10/02	153.969	145.33
	051002SQJA	19/09/02	154.031	Chin	M3	B1	4765.9	4789.9	24.0	RAIN	16/10/02	154.228	27.25
	051002SQJB	19/09/02	154.568	Chin	M4	B8	4686.0	4710.0	24.0	RAIN	16/10/02	154.936	49.97
	051002SQBA	19/09/02	153.473	Chin	M5	B12	4668.6	4692.6	24.0	RAIN	16/10/02	153.734	36.05
	051002SQBB	19/09/02	149.065	Chin	M6	B16	4647.9	4671.9	24.0	RAIN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	051002SQNA	19/09/02	148.992	Chin	M7	B10	2191.4	2215.4	24.0	RAIN	16/10/02	149.200	28.68
	051002SQNB	19/09/02	155.882	Chin	M8	B14	4772.7	4796.7	24.0	RAIN	16/10/02	156.121	32.16
	BLANK												
77	081002TDA	27/09/02	137.100	P	M1	B8	5211.8	5235.8	24.0	SUN	18/10/02	137.653	75.67
	081002TDB	27/09/02	138.944	P	M2	B14	4718.7	4742.7	24.0	SUN	18/10/02	139.770	112.99
	081002TJA	27/09/02	137.518	P	M3	B16	4790.0	4814.0	24.0	SUN	18/10/02	137.813	40.53
	081002TJB	27/09/02	140.352	P	M4	B11	4710.0	4734.0	24.0	SUN	18/10/02	140.822	65.00
	081002TBA	27/09/02	137.854	P	M5	B5	4692.7	4716.7	24.0	SUN	18/10/02	138.120	36.93
	081002TBB	27/09/02	137.403	P	M6	B6	4672.0	4696.0	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	081002TNA	27/09/02	139.929	P	M7	B9	2215.4	2239.4	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	081002TNB	27/09/02	140.112	P	M8	B13	4796.7	4820.7	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	BLANK												
78	111002SQDA	27/09/02	158.455	P	M1	B8	5236.0	5260.0	24.0	SUN	18/10/02	159.170	97.34
	111002SQDB	27/09/02	157.106	P	M2	B14	4742.8	4766.8	24.0	SUN	กระดาดชกรองชำรุด		
	111002SQJA	27/09/02	136.420	P	M3	B11	4814.1	4838.1	24.0	SUN	18/10/02	136.824	55.63
	111002SQJB	27/09/02	141.234	P	M4	B16	4734.1	4758.1	24.0	SUN	18/10/02	141.845	84.55
	111002SQBA	27/09/02	152.542	P	M5	B10	4716.8	4740.8	24.0	SUN	18/10/02	152.915	51.49
	111002SQBB	27/09/02	150.319	P	M6	B1	4696.0	4720.0	24.0	SUN	18/10/02	150.879	77.96

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	111002SQNA	27/09/02	142.535	P	M7	B12	2239.5	2263.5	24.0	SUN	18/10/02	142.991	62.40
	111002SQNB	27/09/02	150.623	P	M8	B4	4820.8	4840.6	19.8	SUN	เครื่องมีปัญหา		
	BLANK												
79	141002TDA	26/09/02	137.081	K	M1	B10	5260.1	5284.1	24.0	SUN	17/10/02	137.878	108.64
	141002TDB	26/09/02	138.643	K	M2	B2	4766.8	4790.8	24.0	SUN	17/10/02	139.763	148.97
	141002TJA	26/09/02	139.859	K	M3	B9	4838.1	4862.1	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	141002TJB	26/09/02	138.056	K	M4	B16	4758.1	4782.1	24.0	SUN	17/10/02	138.661	83.76
	141002TBA	26/09/02	140.233	K	M5	B6	4740.8	4764.8	24.0	SUN	17/10/02	140.684	62.59
	141002TBB	26/09/02	137.319	K	M6	B1	4720.1	4734.5	14.4	SUN	เครื่องมีปัญหา		
	141002TNA	26/09/02	137.944	K	M7	B5	2263.5	2287.5	24.0	SUN	17/10/02	138.426	66.73
	141002TNB	26/09/02	137.346	K	M8	B13	4840.7	4864.7	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
80	171002SQDA	26/09/02	152.982	K	M1	B8	5284.1	5308.1	24.0	RAIN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	171002SQDB	26/09/02	151.582	K	M2	B9	4790.9	4814.9	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	171002SQJA	26/09/02	153.876	K	M3	B10	4862.2	4886.2	24.0	RAIN	01/11/02	154.325	63.32
	171002SQJB	26/09/02	150.325	K	M4	B12	4782.2	4806.2	24.0	RAIN	01/11/02	150.875	76.63
	171002SQBA	26/09/02	158.154	K	M5	B16	4764.8	4788.8	24.0	RAIN	01/11/02	158.615	63.96
	171002SQBB	26/09/02	137.477	K	M6n	B6	705.0	729.0	24.0	RAIN	01/11/02	138.260	110.07
	171002SQNA	26/09/02	149.230	K	M7	B4	2287.6	2311.6	24.0	RAIN	01/11/02	149.619	54.11
	171002SQNB	26/09/02	153.683	K	M8	B2	4864.8	4888.8	24.0	RAIN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	BLANK												
81	201002TDA	10/10/02	139.113	Nay	M1	B6	5308.2	5332.2	24.0	SUN	06/11/02	139.524	55.70
	201002TDB	10/10/02	140.086	Nay	M2	B4	4815.1	4839.1	24.0	SUN	06/11/02	140.701	82.99
	201002TJA	10/10/02	138.068	Nay	M3	B16	4886.2	4910.2	24.0	SUN	06/11/02	138.259	25.95
	201002TJB	10/10/02	140.129	Nay	M4	B10	4806.2	4830.2	24.0	SUN	06/11/02	140.449	44.06
	201002TBA	10/10/02	141.136	Nay	M5	B2	4788.9	4812.9	24.0	SUN	06/11/02	141.292	21.65
	201002TBB	10/10/02	137.296	Nay	M6n	B5	729.0	753.0	24.0	SUN	06/11/02	137.544	34.43

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	201002TNA	10/10/02	139.853	Nay	M7	B13	2311.6	2335.6	24.0	SUN	06/11/02	140.012	22.00
	201002TNB	10/10/02	139.393	Nay	M8	B1	4889.0	4902.2	13.2	SUN	เครื่องมีปัญหา		
	BLANK												
82	231002SQDA	10/10/02	144.418	Nay	M1	B12	5332.3	5356.3	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	231002SQDB	10/10/02	138.962	Nay	M2	B1	4839.2	4863.2	24.0	SUN	06/11/02	139.786	111.94
	231002SQJA	10/10/02	151.622	Nay	M3	B8	4910.3	4934.3	24.0	SUN	06/11/02	151.763	19.45
	231002SQJB	10/10/02	142.633	Nay	M4	B2	4830.3	4854.3	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	231002SQBA	10/10/02	133.698	Nay	M5	B4	4812.9	4836.9	24.0	SUN	06/11/02	133.959	36.19
*	231002SQBB	10/10/02	136.087	Nay			No Sampler						
	231002SQNA	10/10/02	136.816	Nay	M7	B11	2335.7	2359.7	24.0	SUN	06/11/02	137.059	33.63
	231002SQNB	10/10/02	138.261	Nay	M8	B9	4902.4	4926.4	24.0	SUN	06/11/02	138.690	56.10
	BLANK	10/10/02											
83	261002TDA	04/11/02	142.749	Chin	M1	B4	5356.4	5380.4	24.0	RAIN	15/11/02	143.105	49.38
	261002TDB	04/11/02	142.512	Chin	M2	B6	4863.2	4887.2	24.0	RAIN	15/11/02	143.072	76.90
	261002TJA	04/11/02	146.990	Chin	M3	B16	4934.4	4958.4	24.0	RAIN	15/11/02	147.094	14.52
	261002TJB	04/11/02	147.978	Chin	M4	B10	4854.5	4878.5	24.0	RAIN	15/11/02	148.132	21.33
	261002TBA	04/11/02	137.958	Chin	M5	B13	4837.0	4861.0	24.0	RAIN	15/11/02	138.107	20.39
	261002TBB	04/11/02	139.548	Chin	M6	B1	4741.3	4765.3	24.0	RAIN	15/11/02	139.904	49.26
	261002TNA	04/11/02	138.238	Chin	M7	B12	2359.7	2383.7	24.0	RAIN	15/11/02	138.318	11.09
	261002TNB	04/11/02	139.567	Chin	M8	B5	4926.4	4950.4	24.0	RAIN	15/11/02	139.717	20.74
84	291002SQDA	04/11/02	145.679	Chin	M1	B11	5380.6	5404.6	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	291002SQDB	04/11/02	152.193	Chin	M2	B14	4887.3	4911.3	24.0	SUN	15/11/02	152.713	72.69
	291002SQJA	04/11/02	150.787	Chin	M3	B8	4958.4	4982.4	24.0	SUN	15/11/02	151.050	35.88
	291002SQJB	04/11/02	150.573	Chin	M4	B12	4878.6	4902.6	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	291002SQBA	04/11/02	154.429	Chin	M5	B2	4861.2	4885.2	24.0	SUN	15/11/02	154.717	40.29
	291002SQBB	04/11/02	155.054	Chin	M6	B9	4765.4	4789.4	24.0	SUN	15/11/02	155.450	54.88

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	291002SQNA	04/11/02	142.625	Chin	M7	B4	2383.8	2407.8	24.0	SUN	15/11/02	142.883	35.67
	291002SQNB	04/11/02	153.603	Chin	M8	B1	4950.5	4974.5	24.0	SUN	15/11/02	153.951	48.07
	BLANK	04/11/02											
85	011102TDA	18/10/02	136.923	P	M1	B4	5404.6	5428.6	24.0	SUN	14/11/02	137.539	84.03
	011102TDB	18/10/02	138.679	P	M2	B9	4911.5	4935.5	24.0	SUN	14/11/02	139.540	119.17
	011102TJA	18/10/02	137.486	P	M3	B16	4982.5	5006.5	24.0	SUN	14/11/02	137.639	21.03
	011102TJB	18/10/02	139.743	P	M4	B6	4902.7	4927.1	24.4	SUN	14/11/02	140.058	42.53
	011102TBA	18/10/02	139.966	P	M5	B1	4885.2	4909.2	24.0	SUN	14/11/02	140.205	32.51
	011102TBB	18/10/02	139.754	P	M6	B13	4789.4	4813.4	24.0	SUN	14/11/02	140.107	48.50
	011102TNA	18/10/02	138.829	P			No Sampler						
	011102TNB	18/10/02	137.045	P	M8	B5	4974.5	4998.5	24.0	SUN	14/11/02	137.448	54.98
	BLANK	18/10/02											
86	041102SQDA	18/10/02	152.673	P	M1	B12	5428.8	5452.8	24.0	SUN	14/11/02	153.135	65.32
	041102SQDB	18/10/02	160.812	P	M2	B4	4935.7	4959.7	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	041102SQJA	18/10/02	148.178	P	M3	B6	5006.5	5030.5	24.0	SUN	14/11/02	148.416	33.16
	041102SQJB	18/10/02	154.384	P	M4	B2	4927.1	4951.1	24.0	SUN	14/11/02	154.734	48.90
	041102SQBA	18/10/02	154.176	P	M5	B11	4909.3	4933.3	24.0	SUN	14/11/02	154.453	38.88
	041102SQBB	18/10/02	152.803	P	M6	B14	4813.5	4837.5	24.0	SUN	14/11/02	153.133	46.13
	041102SQNA	18/10/02	152.388	P			No Sampler				14/11/02	152.417	
	041102SQNB	18/10/02	138.887	P	M8	B8	4998.6	5022.6	24.0	SUN	14/11/02	139.222	46.42
	BLANK	18/10/02											
87	071102TDA	11/10/02	138.635	K	M1	B1	5452.9	5476.9	24.0	SUN	11/28/02	138.873	31.71
	071102TDB	11/10/02	137.813	K	M2	B9	4959.8	4983.8	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	071102TJA	11/10/02	136.784	K	M3	B8	5030.6	5054.6	24.0	SUN	11/28/02	137.110	44.99
	071102TJB	11/10/02	139.929	K	M4	B5	4951.8	4975.8	24.0	SUN	11/28/02	140.393	64.21
	071102TBA	11/10/02	139.747	K	M5	B13	4933.3	4957.3	24.0	SUN	11/28/02	140.070	45.03

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	071102TBB	11/10/02	140.662	K	M6	B4	4837.6	4861.6	24.0	SUN	11/28/02	141.127	64.62
	071102TNA	11/10/02	139.417	K	M7	B16	2408.5	2432.5	24.0	SUN	11/28/02	139.793	46.33
	071102TNB	11/10/02	140.807	K	M8	B6	5022.6	5046.6	24.0	SUN	11/28/02	141.322	67.00
	BLANK	11/10/02											
88	101102SQDA	11/10/02	137.768	K	M1	B8	5477.0	5501.0	24.0	SUN	11/22/02	138.517	103.49
	101102SQDB	11/10/02	135.679	K	M2	B5	4983.9	5007.9	24.0	SUN	11/22/02	136.754	147.80
	101102SQJA	11/10/02	134.304	K	M3	B11	5054.7	5078.7	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	101102SQJB	11/10/02	134.372	K	M4	B2	4975.9	5006.6	30.7	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	101102SQBA	11/10/02	136.710	K	M5	B12	4957.4	4981.4	24.0	SUN	11/22/02	137.144	59.50
	101102SQBB	11/10/02	149.903	K	M6	B14	4861.6	4885.6	24.0	SUN	11/22/02	150.487	80.44
	101102SQNA	11/10/02	144.045	K	M7	B1	2432.6	2456.7	24.1	SUN	11/22/02	144.225	24.81
	101102SQNB	11/10/02	138.099	K	M8	B9	5046.7	5059.4	12.7	SUN	เครื่องมีปัญหา		
	BLANK	11/10/02											
89	131102TDA	30/10/02	139.199	Nay	M1	B12	5501.1	5525.1	24.0	RAIN	11/28/02	139.722	72.34
	131102TDB	30/10/02	136.837	Nay	M2	B11	5007.9	5031.9	24.0	RAIN	11/28/02	137.607	108.94
	131102TJA	30/10/02	140.811	Nay	M3	B13	5078.7	5102.7	24.0	RAIN	11/28/02	141.048	32.82
	131102TJB	30/10/02	137.361	Nay	M4	B16	5006.7	5030.7	24.0	RAIN	11/28/02	137.664	42.40
	131102TBA	30/10/02	138.798	Nay	M5	B1	4981.4	5005.4	24.0	RAIN	11/28/02	139.100	41.68
	131102TBB	30/10/02	138.939	Nay	M6	B8	4885.7	4909.7	24.0	RAIN	11/28/02	139.265	44.99
	131102TNA	30/10/02	137.236	Nay	M7	B4	2456.7	2480.7	24.0	RAIN	11/28/02	137.539	41.96
	131102TNB	30/10/02	137.973	Nay	M8	B6	5059.6	5083.6	24.0	RAIN	กระดาดทรงข้าวรีด		
90	161102SQDA	30/10/02	151.758	Nay	M1	B4	5525.2	5549.2	24.0	RAIN	11/28/02	152.365	86.00
	161102SQDB	30/10/02	150.964	Nay	M2	B6	5031.9	5055.9	24.0	RAIN	11/28/02	152.278	179.75
	161102SQJA	30/10/02	157.004	Nay	M3	B12	5102.7	5126.7	24.0	RAIN	11/28/02	157.422	58.75
	161102SQJB	30/10/02	158.410	Nay	M4	B14	5030.8	5054.8	24.0	RAIN	11/28/02	159.063	89.00
	161102SQBA	30/10/02	153.838	Nay	M5	B13	5005.6	5029.6	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	161102SQBB	30/10/02	155.885	Nay	M6	B5	4909.7	4933.7	24.0	RAIN	11/28/02	156.670	109.41
	161102SQNA	30/10/02	139.493	Nay	M7	B9	2480.7	2504.7	24.0	RAIN	11/28/02	140.017	72.84
	161102SQNB	30/10/02	151.445	Nay	M8	B2	5083.7	5107.7	24.0	RAIN	11/28/02	152.120	93.76
	BLANK												
91	191102TDA	10/31/02	146.233	Chin	M1	B4	5549.4	5573.4	24.0	SUN	27/11/02	146.915	89.50
	191102TDB	10/31/02	139.074	Chin	M2	B14	5056.1	5080.1	24.0	SUN	27/11/02	139.997	131.32
	191102TJA	10/31/02	139.079	Chin	M3	B8	5126.8	5150.8	24.0	SUN	27/11/02	139.339	35.70
	191102TJB	10/31/02	141.422	Chin	M4	B1	5054.9	5078.9	24.0	SUN	27/11/02	141.776	48.58
	191102TBA	10/31/02	145.914	Chin	M5	B13	5029.8	5053.8	24.0	SUN	27/11/02	146.146	32.20
	191102TBB	10/31/02	139.016	Chin	M6	B5	4933.8	4957.8	24.0	SUN	27/11/02	139.462	61.71
	191102TNA	10/31/02	137.456	Chin	M7	B16	2504.8	2528.8	24.0	SUN	27/11/02	137.750	40.59
	191102TNB	10/31/02	137.365	Chin	M8	B11	5107.7	5131.7	24.0	SUN	27/11/02	137.797	59.51
	BLANK												
92	221102SQDA	10/31/02	148.617	Chin	M1	B16	5573.5	5597.5	24.0	SUN	12/18/02	148.898	36.81
	221102SQDB	10/31/02	155.560	Chin	M2	B6	5080.2	5104.2	24.0	SUN	12/18/02	156.029	63.44
	221102SQJA	10/31/02	154.627	Chin	M3	B2	5150.9	5174.9	24.0	SUN	12/18/02	154.694	9.24
	221102SQJB	10/31/02	139.763	Chin	M4	B12	5079.0	5103.0	24.0	SUN	12/18/02	139.950	26.02
	221102SQBA	10/31/02	154.770	Chin	M5	B5	5053.9	5077.9	24.0	SUN	12/18/02	154.869	13.72
	221102SQBB	10/31/02	140.555	Chin	M6	B4	4957.8	4981.8	24.0	SUN	12/18/02	140.788	32.19
	221102SQNA	10/31/02	149.759	Chin	M7	B9	2528.9	2552.9	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	221102SQNB	10/31/02	156.518	Chin	M8	B14	5131.7	5155.7	24.0	SUN	12/18/02	156.720	27.45
	BLANK												
93	251102TDA	08/11/02	137.894	Sin	M1	B2	5597.6	5621.6	24.0	RAIN	12/25/02	138.473	76.23
	251102TDB	08/11/02	137.936	Sin	M2	B6	5104.3	5128.3	24.0	RAIN	12/25/02	138.735	113.18
	251102TJA	08/11/02	138.544	Sin	M3	B4	5174.9	5198.9	24.0	RAIN	12/25/02	138.732	25.81
	251102TJB	08/11/02	138.663	Sin	M4	B16	5103.0	5127.0	24.0	RAIN	12/25/02	139.046	52.65

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	251102TBA	08/11/02	137.340	Sin	M5	B13	5077.9	5101.9	24.0	RAIN	12/25/02	137.751	57.12
	251102TBB	08/11/02	138.949	Sin	M6	B1	4981.9	5005.9	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	251102TNA	08/11/02	136.743	Sin	M7	B8	2553.0	2575.1	<u>22.1</u>	RAIN	12/25/02	137.043	41.39
	251102TNB	08/11/02	136.289	Sin	M8	B12	5155.8	5179.8	24.0	RAIN	12/25/02	136.664	52.18
94	281102SQDA	08/11/02	135.752	Sin	M1	B4	5621.7	5645.7	24.0	SUN	25/12/02	136.289	75.67
	281102SQDB	08/11/02	136.601	Sin	M2	B5	5128.4	5152.4	24.0	SUN	25/12/02	137.476	123.73
	281102SQJA	08/11/02	143.491	Sin	M3	B14	5198.9	5222.9	24.0	SUN	25/12/02	143.765	38.22
	281102SQJB	08/11/02	138.687	Sin	M4	B9	5127.1	5151.1	24.0	SUN	25/12/02	139.057	51.91
	281102SQBA	08/11/02	135.832	Sin	M5	B11	5102.0	5126.0	24.0	SUN	25/12/02	136.094	36.18
	281102SQBB	08/11/02	140.708	Sin	M6	B8	5005.9	5028.6	<u>22.7</u>	SUN	25/12/02	141.097	57.06
	281102SQNA	08/11/02	143.537	Sin	M7	B6	2575.1	2599.1	24.0	SUN	25/12/02	143.715	24.76
	281102SQNB	08/11/02	139.469	Sin	M8	B2	5179.9	5203.9	24.0	SUN	25/12/02	139.893	58.91
	BLANK												
95	011202TDA	11/13/02	139.401	K	M1	B12	5645.8	5669.8	24.0	RAIN	19/12/02	140.205	107.34
	011202TDB	11/13/02	137.745	K	M2	B13	5152.5	5176.5	24.0	RAIN	19/12/02	138.745	137.40
	011202TJA	11/13/02	137.198	K	M3	B1	5223.0	5247.0	24.0	RAIN	19/12/02	137.553	48.99
	011202TJB	11/13/02	138.491	K	M4	B14	5151.1	5175.1	24.0	RAIN	19/12/02	139.122	86.96
	011202TBA	11/13/02	137.777	K	M5	B9	5126.1	5150.1	24.0	RAIN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	011202TBB	11/13/02	138.138	K	M6	B2	5028.6	5052.6	24.0	RAIN	19/12/02	138.726	81.56
	011202TNA	11/13/02	140.240	K	M7	B4	2599.2	2623.2	24.0	RAIN	19/12/02	140.491	34.70
	011202TNB	11/13/02	136.002	K	M8	B5	5203.9	5227.9	24.0	RAIN	19/12/02	136.362	49.75
	BLANK												
96	041202SQDA	11/13/02	136.866	K	M1	B6	5669.9	5693.9	24.0	RAIN	19/12/02	137.850	140.78
	041202SQDB	11/13/02	138.290	K	M2	B14	5176.6	5200.6	24.0	RAIN	19/12/02	139.560	177.45
	041202SQJA	11/13/02	136.992	K	M3	B1	5247.0	5271.0	24.0	RAIN	19/12/02	137.325	46.53
	041202SQJB	11/13/02	139.933	K	M4	B11	5175.1	5199.1	24.0	RAIN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบ.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	041202SQBA	11/13/02	140.127	<u>K</u>	M5	B16	5150.5	5174.5	24.0	RAIN	19/12/02	140.636	70.40
	041202SQBB	11/13/02	138.607	<u>K</u>	M6	B12	5052.7	5076.7	24.0	RAIN	19/12/02	139.255	89.75
	041202SQNA	11/13/02	137.886	<u>K</u>	M7	B2	2623.2	2647.2	24.0	RAIN	19/12/02	138.308	58.76
	041202SQNB	11/13/02	137.274	<u>K</u>	M8	B5	5228.0	5252.0	24.0	RAIN	19/12/02	137.888	85.39
	BLANK												
97	071202TDA	11/28/02	138.312	Nay	M1	B11	5694.0	5718.0	24.0	SUN	11/28/02	139.068	103.42
	071202TDB	11/28/02	138.673	Nay	M2	B9	5200.7	5224.7	24.0	SUN	11/28/02	139.617	131.16
	071202TJA	11/28/02	138.396	Nay	M3	B16	5271.1	5295.1	24.0	SUN	11/28/02	138.812	57.48
	071202TJB	11/28/02	137.154	Nay	M4	B4	5199.2	5223.2	24.0	SUN	11/28/02	137.699	70.41
	071202TBA	11/28/02	138.677	Nay	M5	B5	5174.6	5198.6	24.0	SUN	11/28/02	139.055	52.61
	071202TBB	11/28/02	140.403	Nay	M6	B14	5076.7	5100.7	24.0	SUN	11/28/02	140.916	71.01
	071202TNA	11/28/02	138.074	Nay	M7	B13	2647.2	2671.2	24.0	SUN	11/28/02	138.385	43.14
	071202TNB	11/28/02	141.214	Nay	M8	B2	5252.0	5276.0	24.0	SUN	11/28/02	141.757	75.04
98	101202SQDA	11/28/02	152.475	Nay	M1	B13	5718.1	5742.1	24.0	RAIN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	101202SQDB	11/28/02	136.029	Nay	M2	B1	5224.7	5248.7	24.0	RAIN	11/28/02	136.747	100.15
	101202SQJA	11/28/02	150.676	Nay	M3	B14	5295.2	5319.2	24.0	RAIN	11/28/02	150.851	23.99
	101202SQJB	11/28/02	154.447	Nay	M4	B16	5223.3	5247.3	24.0	RAIN	11/28/02	154.795	48.08
	101202SQBA	11/28/02	154.698	Nay	M5	B2	5198.7	5222.7	24.0	RAIN	11/28/02	154.861	22.73
	101202SQBB	11/28/02	154.418	Nay	M6	B6	5100.7	5124.8	24.1	RAIN	11/28/02	154.797	52.54
	101202SQNA	11/28/02	154.111	Nay	M7	B5	2671.3	2695.3	24.0	RAIN	11/28/02	154.302	26.42
	101202SQNB	11/28/02	154.514	Nay	M8	B11	5276.1	5300.1	24.0	RAIN	11/28/02	154.846	46.12
	BLANK												
99	131202TDA	11/20/02	139.256	Chin	M1	B15N	5742.3	5766.3	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	131202TDB	11/20/02	141.342	Chin	M2	B4	5248.8	5272.8	24.0	SUN	12/27/02	142.166	114.20
	131202TJA	11/20/02	139.662	Chin	M3	B16	5319.2	5343.3	24.1	SUN	12/27/02	140.006	47.81
	131202TJB	11/20/02	136.033	Chin	M4	B6	5247.3	5271.3	24.0	SUN	12/27/02	136.442	57.12

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	131202TBA	11/20/02	139.056	Chin	M5	B5	5222.7	5246.7	24.0	SUN	12/27/02	139.803	103.84
	131202TBB	11/20/02	137.098	Chin	M6	B14	5124.8	5148.8	24.0	SUN	12/27/02	138.126	143.94
	131202TNA	11/20/02	136.208	Chin	M7	B12	2695.3	2695.3	0.0	SUN	เครื่องมีปัญหา		Use as Blank
	131202TNB	11/20/02	140.787	Chin	M8	B13	5300.1	5324.1	24.0	SUN	12/27/02	141.603	113.91
	BLANK												
100	161202SQDA	11/20/02	150.107	Chin	M1	B9	5766.4	5790.4	24.0	SUN	12/27/02	150.522	57.06
	161202SQDB	11/20/02	154.084	Chin	M2	B6	5272.9	5296.9	24.0	SUN	12/27/02	155.103	141.53
	161202SQJA	11/20/02	151.734	Chin	M3	B16	5343.3	5367.3	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	161202SQJB	11/20/02	160.879	Chin	M4	B1	5271.4	5295.4	24.0	SUN	12/27/02	161.378	68.65
	161202SQBA	11/20/02	157.202	Chin	M5	B13	5246.8	5270.8	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	161202SQBB	11/20/02	153.706	Chin	M6	B2	5149.0	5173.0	24.0	SUN	12/27/02	153.848	20.90
	161202SQNA	11/20/02	138.982	Chin	M7	B4	2695.4	2719.4	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	161202SQNB	11/20/02	156.040	Chin	M8	B14	5324.1	5348.1	24.0	SUN	12/27/02	156.436	54.43
	BLANK												
101	191202TDA	29/11/02	140.150	Sin	M1	B15N	5790.4	5814.4	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	191202TDB	29/11/02	138.853	Sin	M2	B5	5297.0	5321.0	24.0	SUN	10/01/03	140.297	197.13
	191202TJA	29/11/02	146.431	Sin	M3	B11	5367.3	5391.3	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	191202TJB	29/11/02	139.077	Sin	M4	B1	5295.4	5319.4	24.0	SUN	10/01/03	139.358	38.76
	191202TBA	29/11/02	138.895	Sin	M5	B6	5270.9	5294.9	24.0	SUN	10/01/03	139.402	69.77
	191202TBB	29/11/02	137.858	Sin	M6	B16	5173.0	5197.0	24.0	SUN	10/01/03	139.901	261.83
	191202TNA	29/11/02	137.330	Sin	M7	B9	2719.4	2743.4	24.0	SUN	10/01/03	137.796	64.29
	191202TNB	29/11/02	139.158	Sin	M8	B2	5348.2	5372.2	24.0	SUN	10/01/03	140.778	223.04
102	221202SQDA	29/11/02	150.894	Sin	M1	B8	5814.5	5838.5	24.0	SUN	10/01/03	151.314	53.12
	221202SQDB	29/11/02	153.463	Sin	M2	B10	5321.1	5345.1	24.0	SUN	10/01/03	154.463	140.19
	221202SQJA	29/11/02	155.094	Sin	M3	B13	5391.4	5415.4	24.0	SUN	10/01/03	155.331	33.09
	221202SQJB	29/11/02	151.937	Sin	M4	B4	5319.5	5343.5	24.0	SUN	10/01/03	152.454	71.38

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	221202SQBA	29/11/02	152.367	Sin	M5	B14	5294.9	5318.9	24.0	SUN	10/01/03	152.673	42.14
	221202SQBB	29/11/02	156.957	Sin	M6	B5	5197.1	5221.1	24.0	SUN	10/01/03	157.463	70.13
	221202SQNA	29/11/02	157.809	Sin	M7	B1	2743.5	2766.7	23.2	SUN	10/01/03	158.075	38.02
	221202SQNB	29/11/02	153.260	Sin	M8	B6	5372.2	5396.2	24.0	SUN	10/01/03	153.708	61.97
	BLANK												
103	251202TDA	11/28/02	140.489	K	M1	B1	5838.6	5862.6	24.0	SUN	01/09/03	141.231	101.71
	251202TDB	11/28/02	140.183	K	M2	B11	5345.1	5369.1	24.0	SUN	01/09/03	141.259	151.34
	251202TJA	11/28/02	138.901	K	M3	B15N	5415.4	5439.4	24.0	SUN	01/09/03	139.245	47.31
	251202TJB	11/28/02	139.513	K	M4	B2	5343.5	5367.5	24.0	SUN	01/09/03	140.044	73.54
	251202TBA	11/28/02	139.989	K	M5	B13	5319.0	5343.0	24.0	SUN	01/09/03	140.368	53.08
	251202TBB	11/28/02	140.944	K	M6	B16	5221.1	5245.1	24.0	SUN	01/09/03	141.508	78.43
	251202TNA	11/28/02	139.883	K	M7	B9	2766.8	2780.3	13.5	SUN	เครื่องมีปัญหา		
	251202TNB	11/28/02	141.544	K	M8	B10	5396.2	5420.2	24.0	SUN	01/09/03	142.216	92.44
	BLANK												
104	281202SQDA	11/28/02	157.541	K	M1	B16	5862.6	5886.6	24.0	SUN	01/09/03	157.679	19.37
	281202SQDB	11/28/02	157.675	K	M2	B15N	5369.3	5393.3	24.0	SUN	01/09/03	157.921	37.73
	281202SQJA	11/28/02	141.268	K	M3	B1	5439.6	5463.6	24.0	SUN	01/09/03	141.438	23.44
	281202SQJB	11/28/02	157.007	K	M4	B14	5367.6	5391.6	24.0	SUN	01/09/03	157.268	36.31
	281202SQBA	11/28/02	153.149	K	M5	B8	5343.0	5367.0	24.0	SUN	01/09/03	153.274	17.43
	281202SQBB	11/28/02	150.049	K	M6	B6	5245.2	5269.2	24.0	SUN	01/09/03	150.359	43.07
	281202SQNA	11/28/02	149.374	K	M7	B5	2780.4	2804.4	24.0	SUN	01/09/03	149.432	8.02
	281202SQNB	11/28/02	154.948	K	M8	B4	5420.3	5444.3	24.0	SUN	01/09/03	155.176	31.86
	BLANK												
105	030103SQDA	11/21/02	141.895	Nay	M1	B16	5886.7	5910.7	24.0	SUN	01/29/03	142.199	41.92
	030103SQDB	11/21/02	136.918	Nay	M2	B1	5393.4	5417.4	24.0	SUN	01/29/03	137.792	113.85
	030103SQJA	11/21/02	132.261	Nay	M3	B15N	5463.6	5487.6	24.0	SUN	01/29/03	132.409	20.33

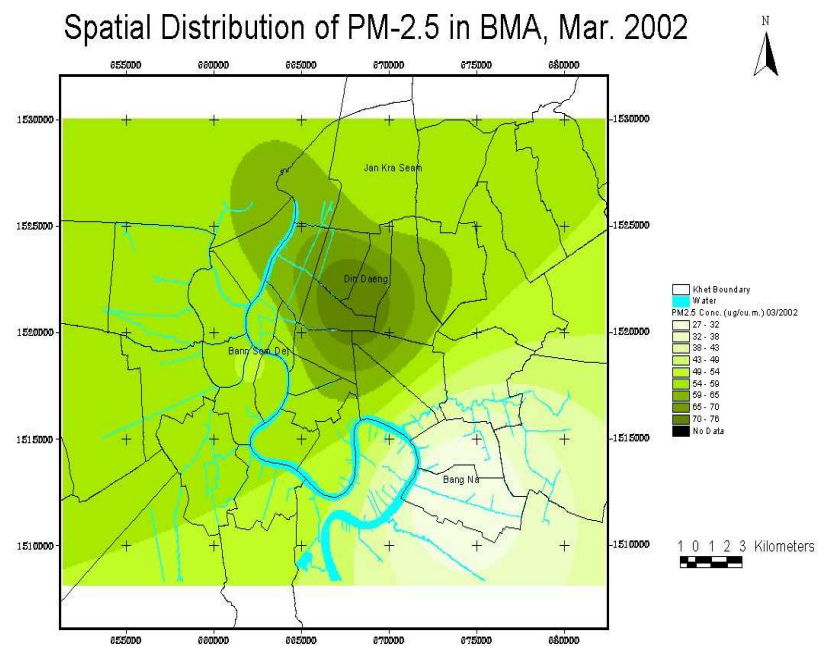
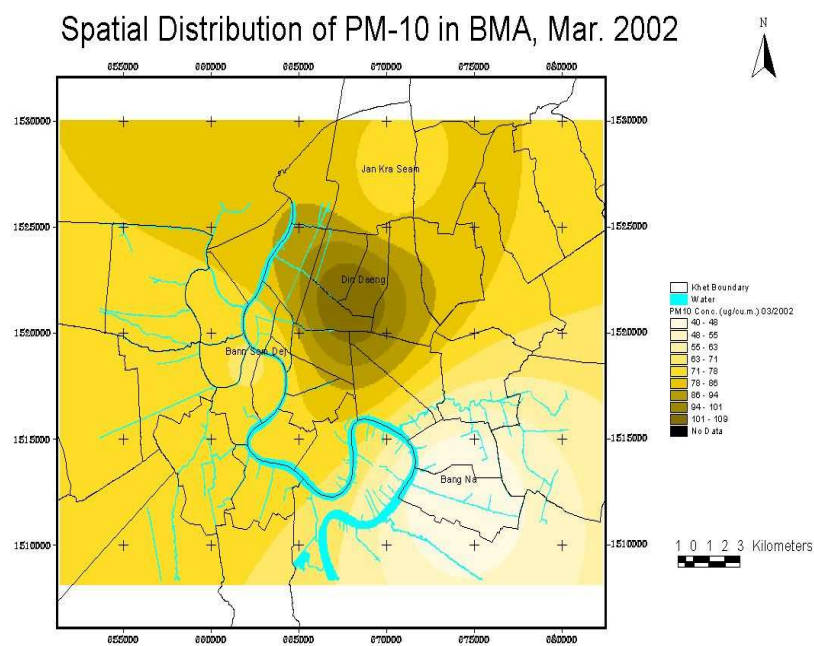
	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	030103SQJB	11/21/02	138.504	Nay	M4	B14	5391.6	5415.6	24.0	SUN	01/29/03	138.738	32.39
	030103SQBA	11/21/02	137.162	Nay	M5	B13	5367.0	5391.0	24.0	SUN	01/29/03	137.472	46.65
	030103SQBB	11/21/02	135.059	Nay	M6	B11	5269.2	5293.2	24.0	SUN	01/29/03	135.479	57.51
	030103SQNA	11/21/02	147.541	Nay	M7	B10	2804.4	2828.4	24.0	SUN	01/29/03	147.737	26.73
	030103SQNB	11/21/02	131.141	Nay	M8	B2	5444.3	5468.3	24.0	SUN	01/29/03	131.541	55.14
106	060103TDA	27/11/02	138.470	Chin	M1	B8	5910.7	5934.7	24.0	SUN	01/22/03	139.442	131.34
	060103TDB	27/11/02	138.649	Chin	M2	B6	5417.5	5441.5	24.0	SUN	01/22/03	139.759	160.34
	060103TJA	27/11/02	138.800	Chin	M3	B4	5487.7	5511.7	24.0	SUN	01/22/03	139.299	68.38
	060103TJB	27/11/02	136.970	Chin	M4	B5	5415.7	5439.7	24.0	SUN	01/22/03	137.643	92.80
	060103TBA	27/11/02	138.757	Chin	M5		No sampler						
	060103TBB	27/11/02	138.211	Chin	M6	B9	5293.3	5317.3	24.0	SUN	01/22/03	138.891	94.12
	060103TNA	27/11/02	139.107	Chin	M7	B14	5828.4	5852.4	24.0	SUN	01/22/03	139.556	59.80
	060103TNB	27/11/02	138.962	Chin	M8	B13	5468.4	5492.4	24.0	SUN	01/22/03	139.574	84.80
	BLANK												
107	090103SQDA	27/11/02	156.153	Chin	M1	B16	5934.8	5958.8	24.0	SUN	01/22/03	156.763	83.79
	090103SQDB	27/11/02	151.750	Chin	M2	B5	5441.6	5465.6	24.0	SUN	01/22/03	152.599	117.74
	090103SQJA	27/11/02	152.383	Chin	M3	B1	5511.8	5535.8	24.0	SUN	01/22/03	152.755	52.03
	090103SQJB	27/11/02	154.416	Chin	M4	B10	5439.8	5463.8	24.0	SUN	01/22/03	154.853	61.02
	090103SQBA	27/11/02	156.048	Chin	M5	B11	5393.4	5415.9	22.5	SUN	เครื่องมีปัญหา		
	090103SQBB	27/11/02	152.791	Chin	M6	B13	5317.3	5341.3	24.0	SUN	01/22/03	153.300	70.62
	090103SQNA	27/11/02	151.839	Chin	M7	B2	2852.5	2870.6	18.1	SUN	เครื่องมีปัญหา		
	090103SQNB	27/11/02	151.076	Chin	M8	B14	5492.4	5516.4	24.0	SUN	01/22/03	151.521	61.68
	BLANK												
108	120103TDA	25/12/02	152.021	Sin	M1	B8	5958.9	5982.9	24.0	SUN	01/23/03	152.670	90.08
	120103TDB	25/12/02	149.420	Sin	M2	B4	5465.7	5489.7	24.0	SUN	01/23/03	150.341	126.95
	120103TJA	25/12/02	148.042	Sin	M3	B9	5535.8	5559.8	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบ.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	120103TJB	25/12/02	156.094	Sin	M4	B6	5463.9	5487.9	24.0	SUN	01/23/03	156.356	36.30
	120103TBA	25/12/02	151.607	Sin	M5	B5	1968.7	1992.7	24.0	SUN	01/23/03	151.882	38.76
	120103TBB	25/12/02	150.733	Sin	M6	B1	5341.4	5365.4	24.0	SUN	01/23/03	151.505	107.60
	120103TNA	25/12/02	149.664	Sin	M7	B10	2870.7	2881.1	10.4	SUN	เครื่องมีปัญหา		
	120103TNB	25/12/02	144.459	Sin	M8	B12	5516.4	5540.4	24.0	SUN	01/23/03	145.227	107.80
	BLANK												
109	150103SQDA	25/12/02	151.890	Sin	M1	B5	5983.0	6007.0	24.0	SUN	01/23/03	152.882	131.63
110	150103SQDB	25/12/02	157.881	Sin	M2	B2	5489.7	5513.7	24.0	SUN	01/23/03	159.368	205.70
	150103SQJA	25/12/02	152.330	Sin	M3	B6	5559.9	5583.9	24.0	SUN	01/23/03	152.949	84.84
	150103SQJB	25/12/02	158.868	Sin	M4	B4	5487.9	5504.8	16.9	SUN	01/23/03	159.588	130.01
	150103SQBA	25/12/02	152.496	Sin	M5	B13	1992.8	2016.8	24.0	SUN	01/23/03	153.160	90.57
	150103SQBB	25/12/02	151.997	Sin	M6	B14	5365.5	5389.5	24.0	SUN	01/23/03	152.924	128.69
	150103SQNA	25/12/02	155.718	Sin	M7	B11	2881.3	2905.3	24.0	SUN	01/23/03	156.375	83.39
	150103SQNB	25/12/02	155.305	Sin	M8	B15	5540.5	5564.5	24.0	SUN	01/23/03	156.067	105.67
	180103TDA	12/25/02	143.356	K	M1	B1	6007.2	6031.2	24.0	SUN	01/24/03	144.165	112.55
	180103TDB	12/25/02	139.192	K	M2	B2	5513.7	5537.7	24.0	SUN	01/24/03	140.333	157.06
	180103TJA	12/25/02	139.797	K	M3	B13	5584.0	5608.0	24.0	SUN	01/24/03	140.434	88.65
	180103TJB	12/25/02	139.303	K	M4	B4	5505.2	5529.2	24.0	SUN	01/24/03	140.132	115.50
	180103TBA	12/25/02	140.282	K	M5	B5	2016.8	2040.8	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	180103TBB	12/25/02	140.529	K	M6	B6	5389.5	5413.5	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	180103TNA	12/25/02	139.161	K	M7	B14	2905.4	2922.9	17.5	SUN	เครื่องมีปัญหา		
	180103TNB	12/25/02	146.226	K	M8	B16	5564.5	5588.5	24.0	SUN	01/24/03	146.905	94.62
	BLANK												
111	210103SQDA	12/25/02	156.275	K	M1	B15N	6031.3	6055.3	24.0	SUN	01/24/03	157.373	150.34
	210103SQDB	12/25/02	149.084	K	M2	B4	5537.8	5561.8	24.0	SUN	01/24/03	150.493	196.09
	210103SQJA	12/25/02	151.416	K	M3	B1	5608.0	5632.0	24.0	SUN	01/24/03	152.206	109.82

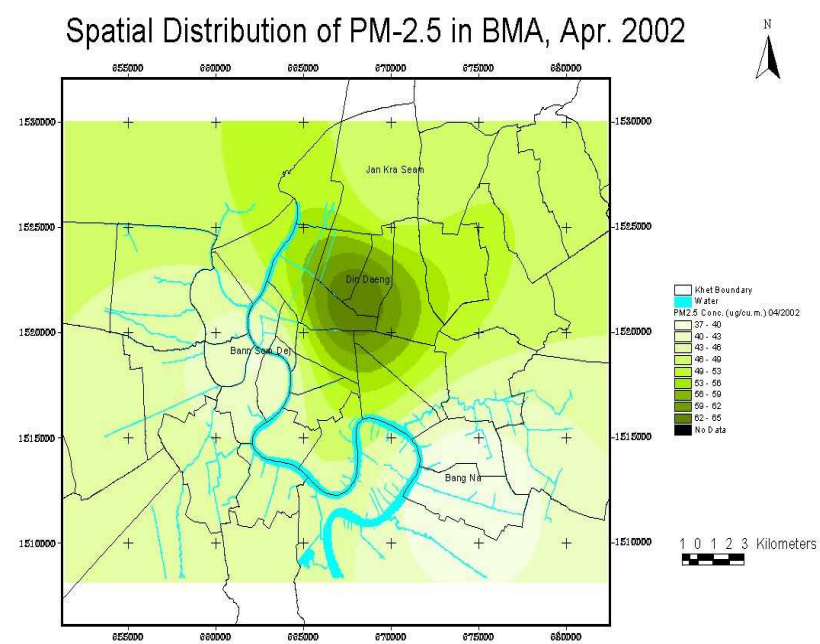
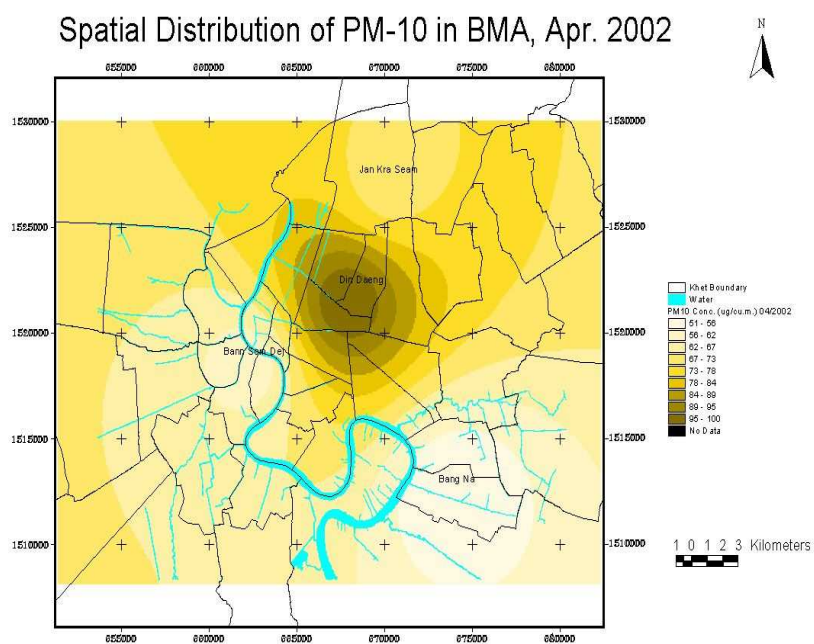
	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	210103SQJB	12/25/02	159.120	K	M4	B9	5529.3	5553.3	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	210103SQBA	12/25/02	154.371	K	M5	B5	2040.9	2064.9	24.0	SUN	01/24/03	155.244	111.91
	210103SQBB	12/25/02	153.274	K	M6	B14	5413.6	5437.6	24.0	SUN	01/24/03	154.348	176.55
	210103SQNA	12/25/02	154.988	K	M7	B2	2923.0	2947.0	24.0	SUN	01/24/03	155.740	103.66
	210103SQNB	12/25/02	152.240	K	M8	B11	5588.6	5612.6	24.0	SUN	01/24/03	153.265	145.06
	BLANK												
112	240103TDA	11/21/02	140.437	Nay	M1	B11	6055.4	6079.4	24.0	SUN	31/01/03	140.801	49.25
	240103TDB	11/21/02	139.731	Nay	M2	B4	5561.8	5585.8	24.0	SUN	31/01/03	140.357	86.65
	240103TJA	11/21/02	141.561	Nay	M3	B5	5632.1	5656.1	24.0	SUN	31/01/03	141.867	42.31
	240103TJB	11/21/02	139.302	Nay	M4	B14	5553.4	5577.4	24.0	SUN	31/01/03	139.703	55.50
	240103TBA	11/21/02	136.036	Nay	M5	B1	2065.0	2089.0	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	240103TBB	11/21/02	138.680	Nay	M6	B13	5437.6	5461.6	24.0	SUN	31/01/03	138.914	31.67
	240103TNA	11/21/02	141.673	Nay	M7	B6	2047.1	2071.1	24.0	SUN	31/01/03	142.100	58.95
	240103TNB	11/21/02	137.203	Nay	M8	B16	5612.7	5636.7	24.0	SUN	31/01/03	137.687	69.63
	BLANK												
113	270103SQDA	12/26/02	152.471	Nay	M1	B9	6079.4	6103.4	24.0	SUN	31/01/03	153.148	91.39
	270103SQDB	12/26/02	161.894	Nay	M2	B11	5585.9	5609.9	24.0	SUN	31/01/03	162.875	136.67
	270103SQJA	12/26/02	154.147	Nay	M3	B4	5656.1	5680.1	24.0	SUN	31/01/03	154.534	53.14
	270103SQJB	12/26/02	155.298	Nay	M4	B16	5577.4	5601.4	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	270103SQBA	12/26/02	152.922	Nay	M5	B14	2089.0	2113.0	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		
	270103SQBB	12/26/02	151.140	Nay	M6	B6	5461.7	5485.7	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	270103SQNA	12/26/02	158.622	Nay	M7	B2	2971.1	2995.1	24.0	SUN	31/01/03	158.864	33.61
	270103SQNB	12/26/02	157.886	Nay	M8		No sampler						
114	300103TDA	18/12/02	138.858	Chin	M1	B2	6103.5	6127.5	24.0	SUN	07/02/03	139.876	133.00
	300103TDB	18/12/02	141.922	Chin	M2	B16	5609.9	5633.9	24.0	SUN	07/02/03	143.071	159.97
	300103TJA	18/12/02	139.459	Chin	M3	B6	5680.1	5704.1	24.0	SUN	ซึ่งน้ำหนักไม่ผ่าน		

	รหัสตัวอย่าง	วันซึ่งเริ่ม	นน. มก.	ผู้ซึ่ง	เครื่อง	แบต.	เริ่มเก็บ	หลังเก็บ	เวลารวม	อากาศ	วันซึ่งหลัง	นน.หลัง	นน.ฝุ่น
	300103TJB	18/12/02	140.160	Chin	M4	B13	5601.4	5625.4	24.0	SUN	07/02/03	140.967	112.16
	300103TBA	18/12/02	139.813	Chin	M5	B8	2113.2	2137.2	24.0	SUN	07/02/03	140.864	144.41
	300103TBB	18/12/02	139.766	Chin	M6	B5	5485.8	5509.8	24.0	SUN	07/02/03	141.054	149.26
	300103TNA	18/12/02	137.904	Chin	M7	B9	2995.1	3019.1	24.0	SUN	เครื่องมีปัญหาคุมอัตราการไหลไม่ได้		
	300103TNB	18/12/02	138.531	Chin	M8	B1	5637.1	5661.1	24.0	SUN	07/02/03	139.353	114.64
	BLANK												

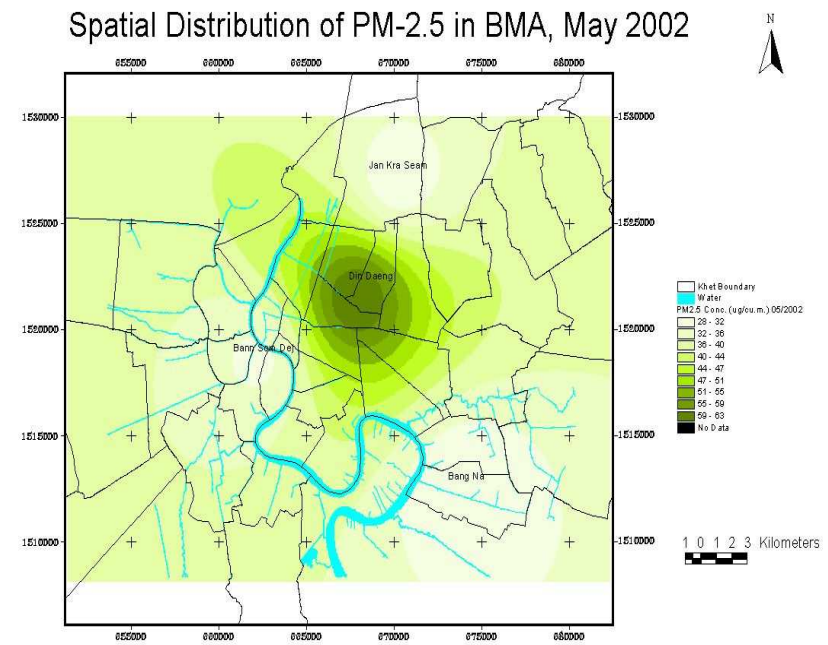
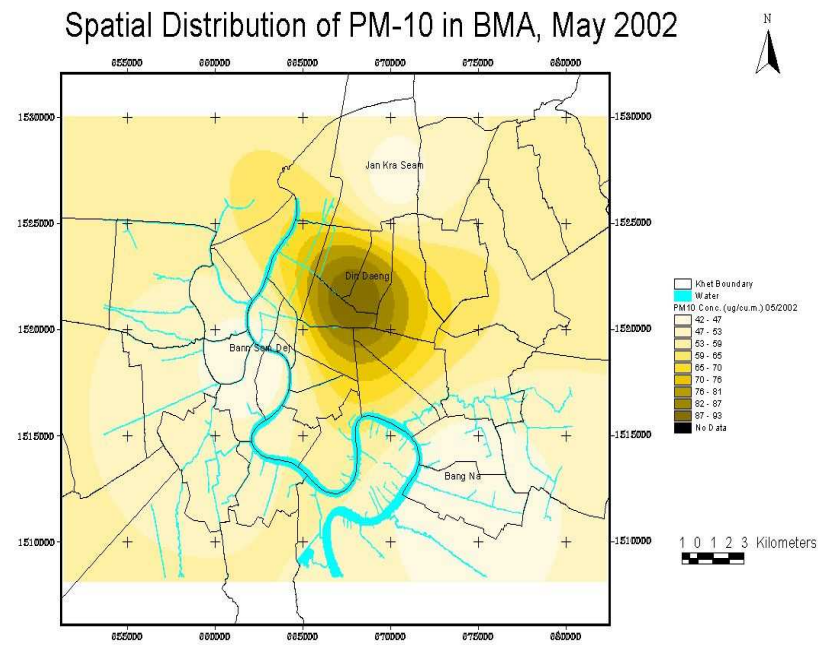
รูปที่ ค-1. การประเมินการกระจายตัวเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) โดยเฉลี่ยรายเดือนมีนาคม 2545



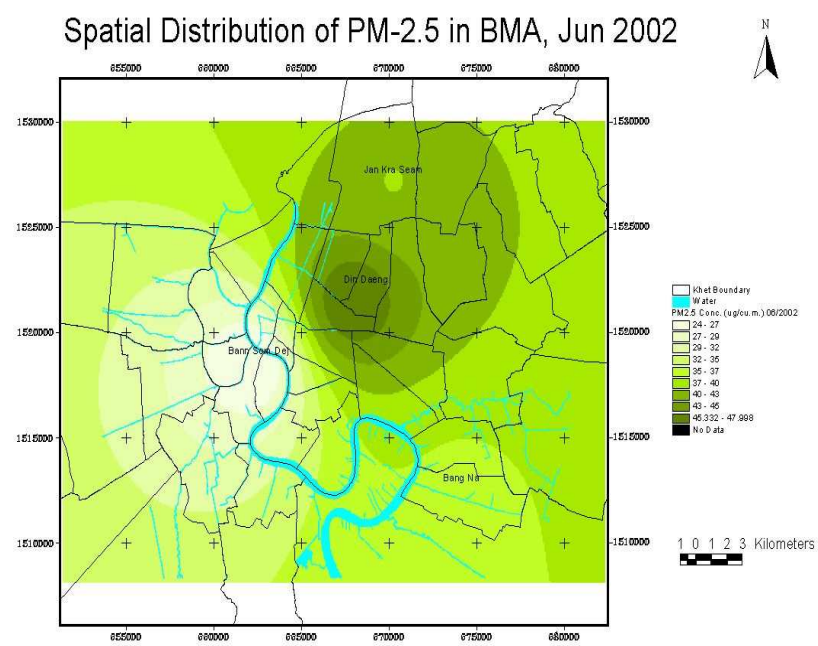
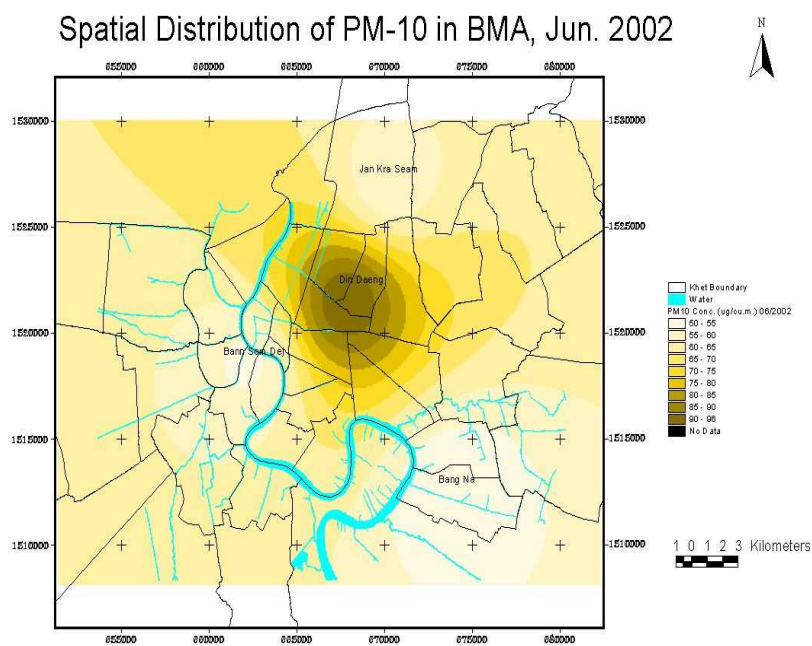
รูปที่ ค-2. การประเมินการกระจายตัวเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) โดยเฉลี่ยรายเดือนเมษายน 2545



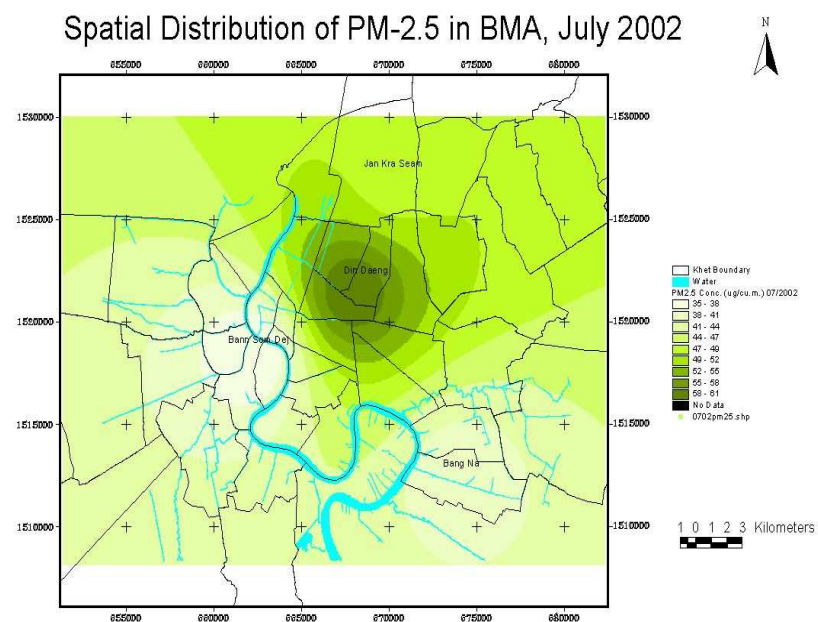
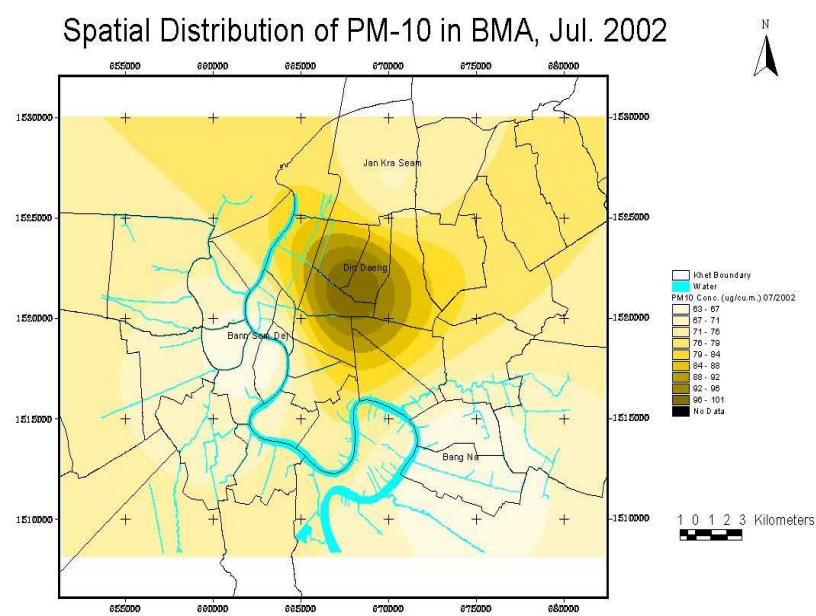
รูปที่ ค-3. การประเมินการกระจายตัวเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) โดยเฉลี่ยรายเดือนพฤษภาคม 2545



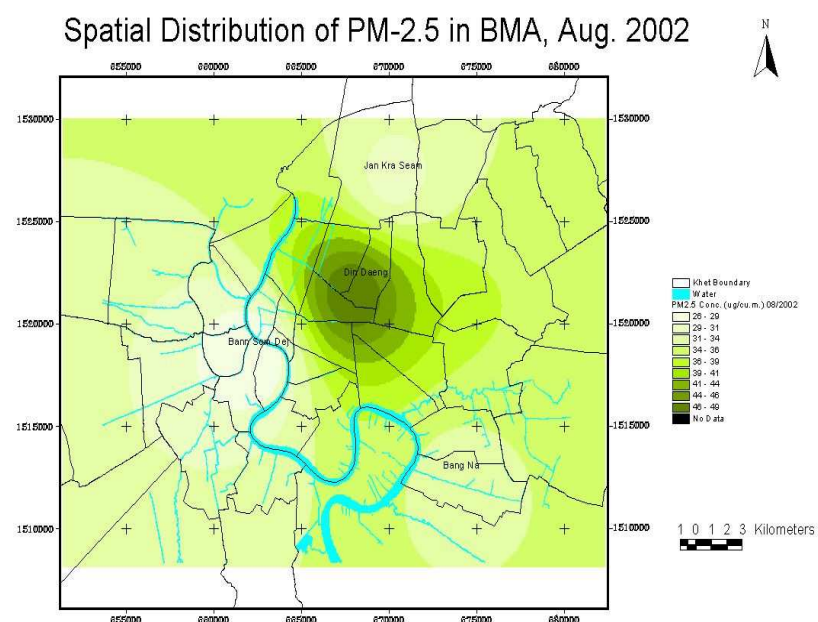
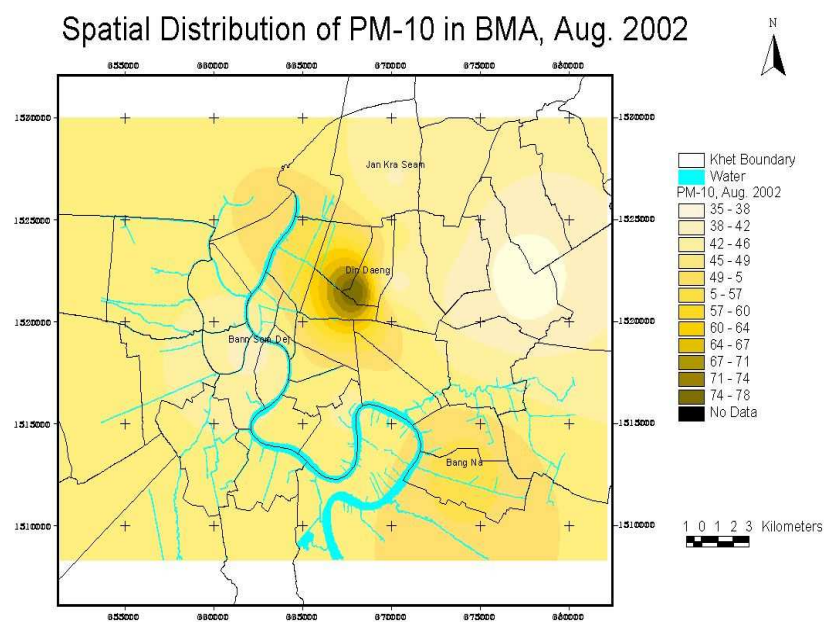
รูปที่ ค-4. การประเมินการกระจายตัวเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) โดยเฉลี่ยรายเดือนมิถุนายน 2545



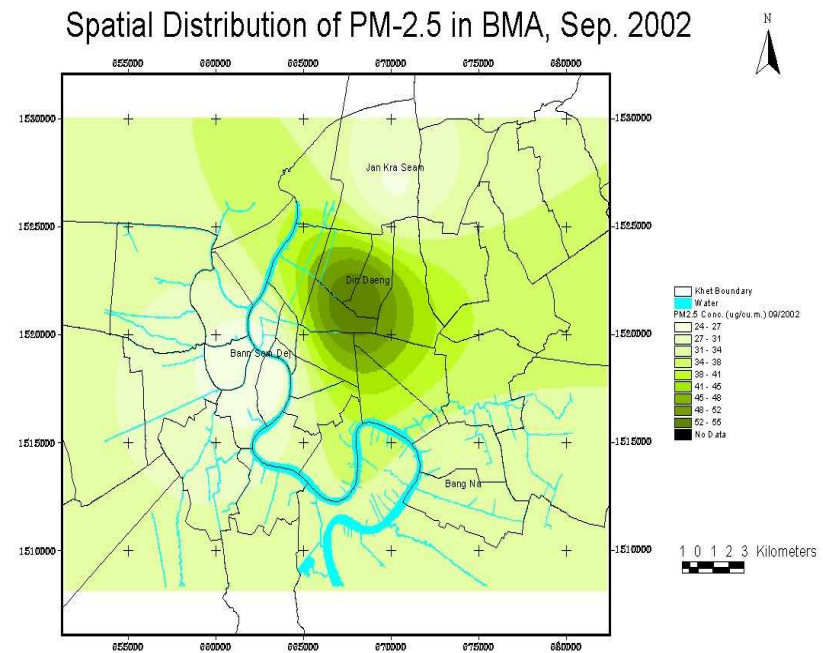
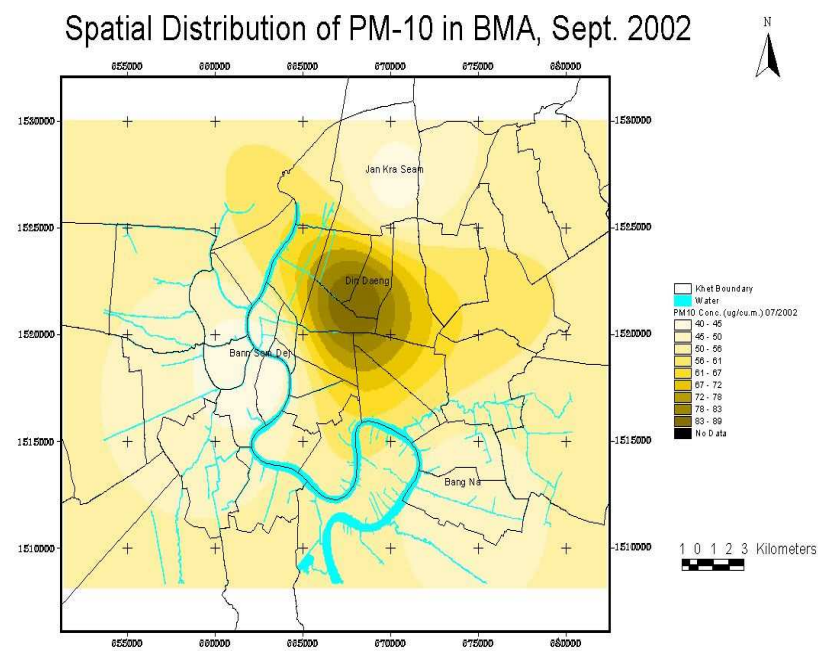
รูปที่ ค-5. การประเมินการกระจายตัวเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) โดยเฉลี่ยรายเดือนกรกฎาคม 2545



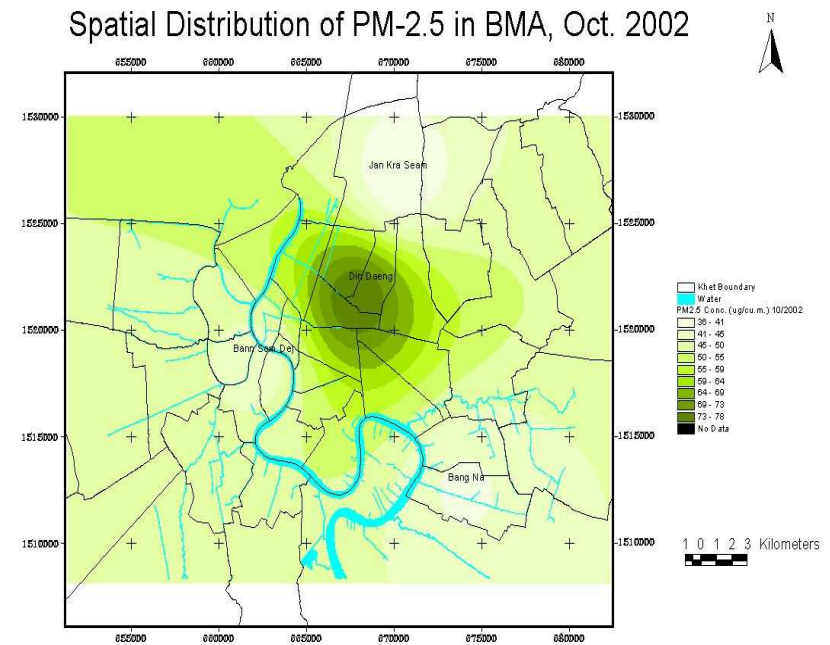
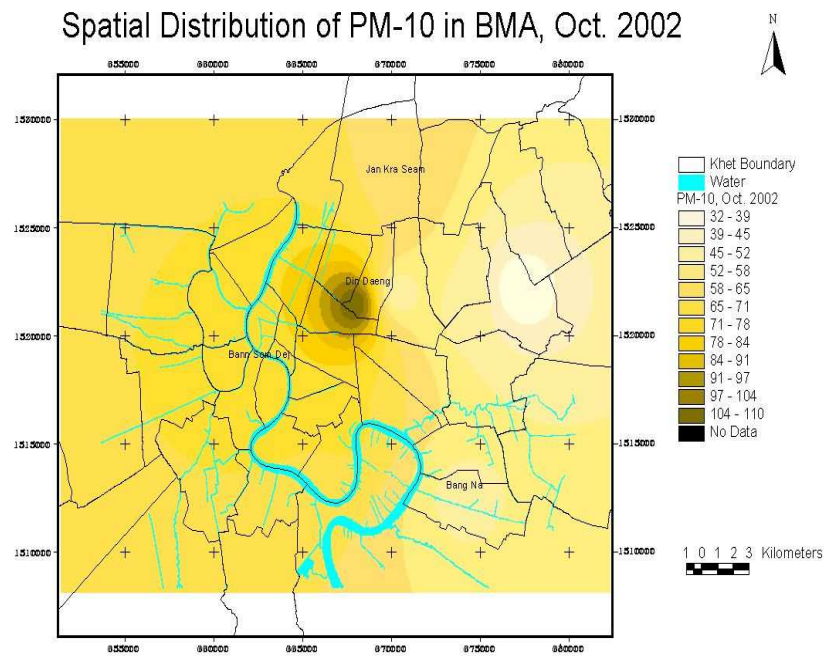
รูปที่ ค-6. การประเมินการกระจายตัวเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) โดยเฉลี่ยรายเดือนสิงหาคม 2545



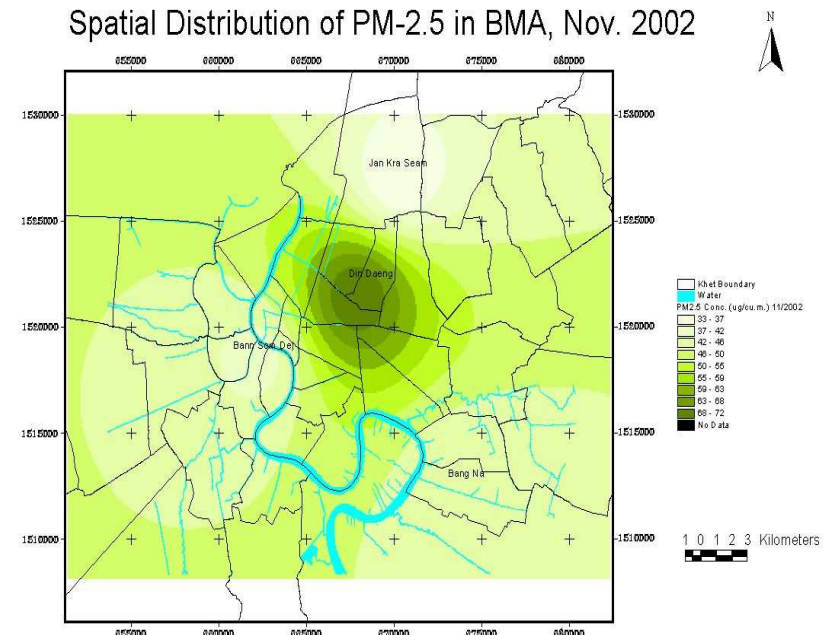
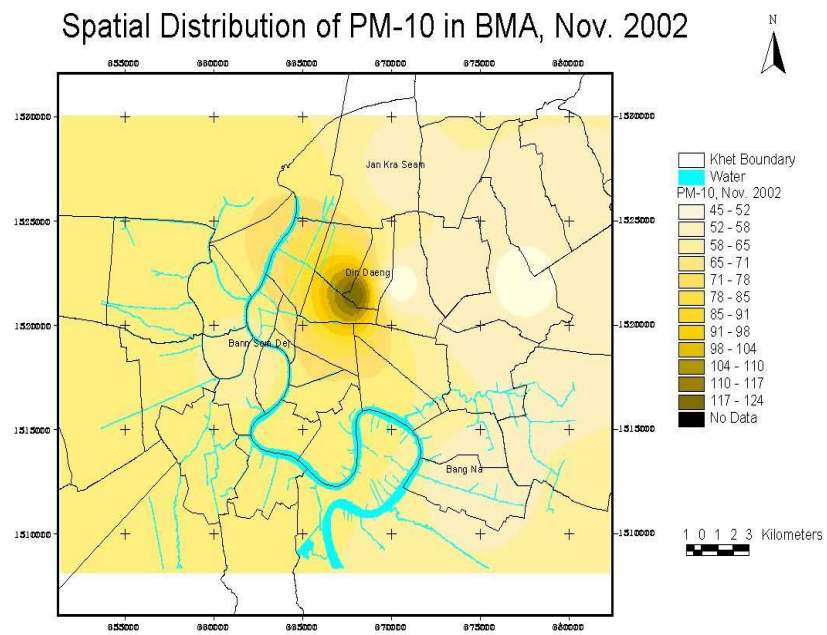
รูปที่ ค-7. การประเมินการกระจายตัวเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) โดยเฉลี่ยรายเดือนกันยายน 2545



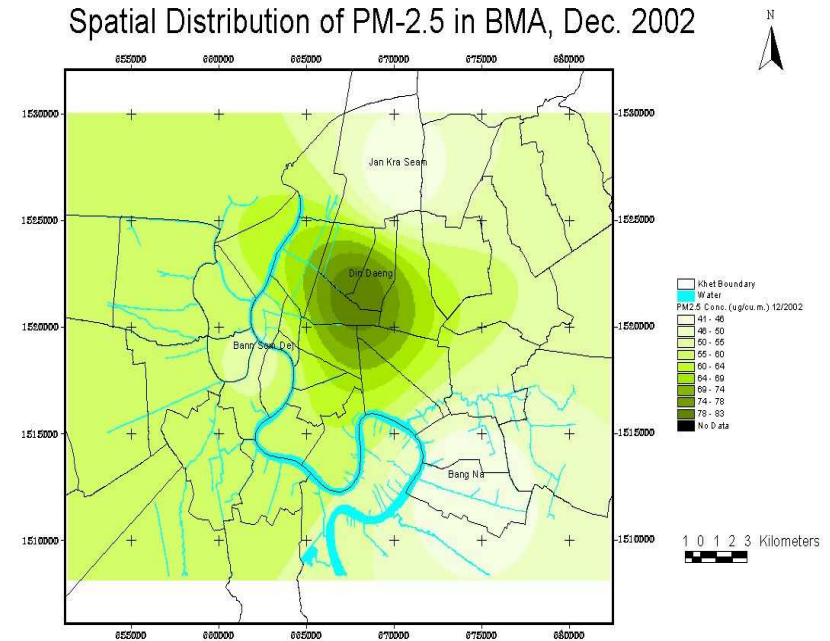
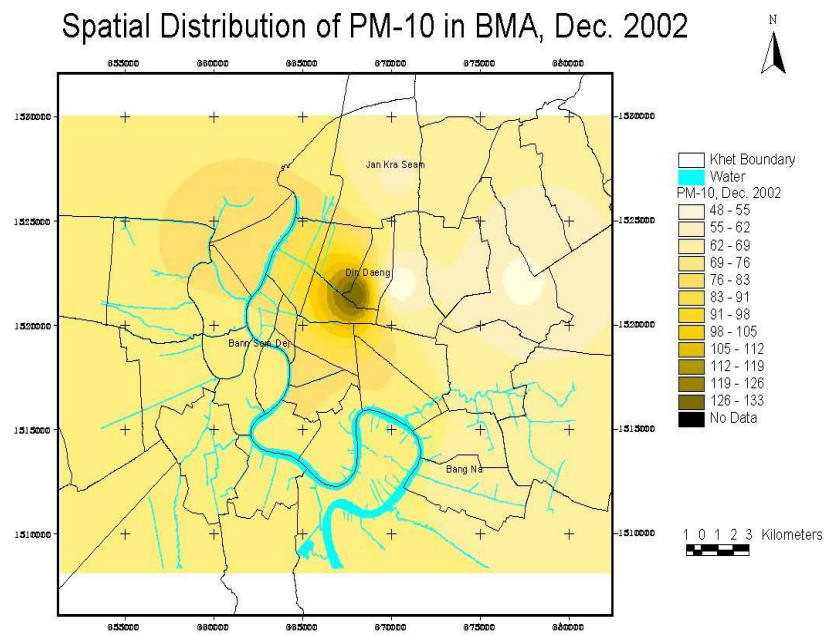
รูปที่ ค-8. การประเมินการกระจายตัวเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) โดยเฉลี่ยรายเดือนตุลาคม 2545



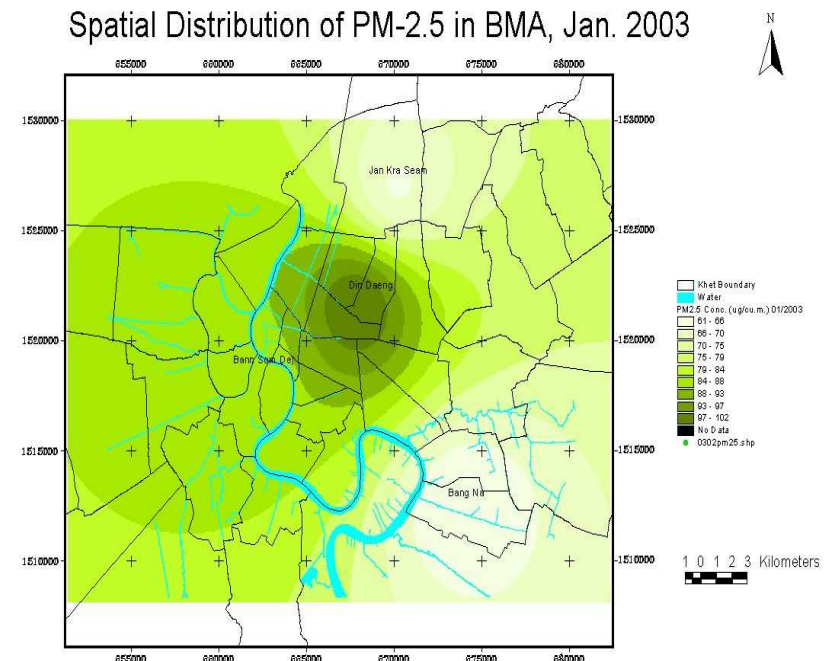
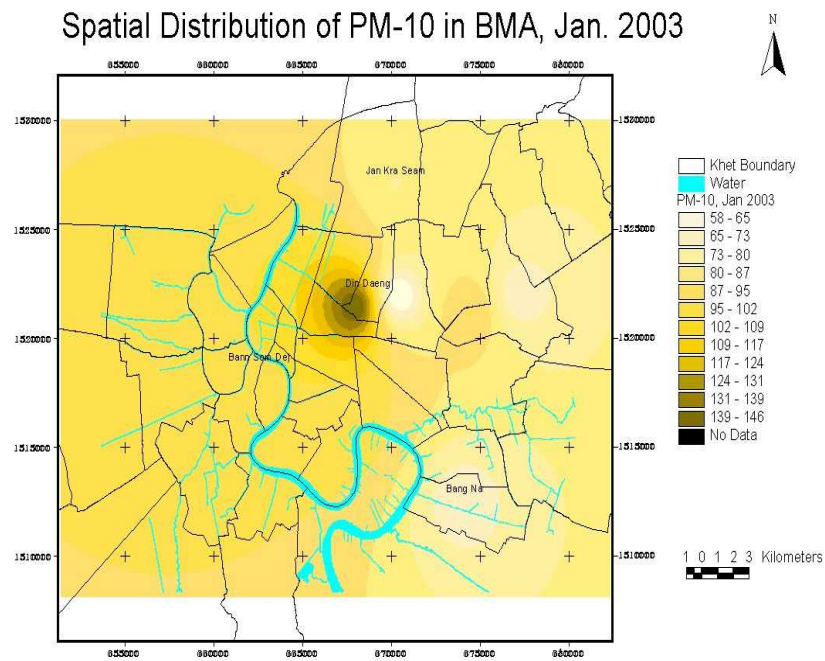
รูปที่ ค-9. การประเมินการกระจายตัวเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) โดยเฉลี่ยรายเดือนพฤศจิกายน 2545



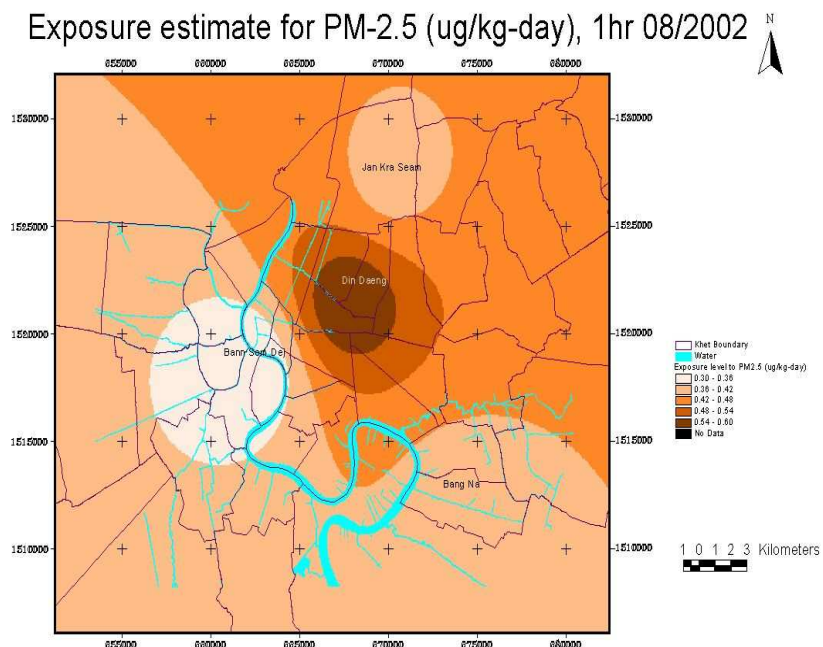
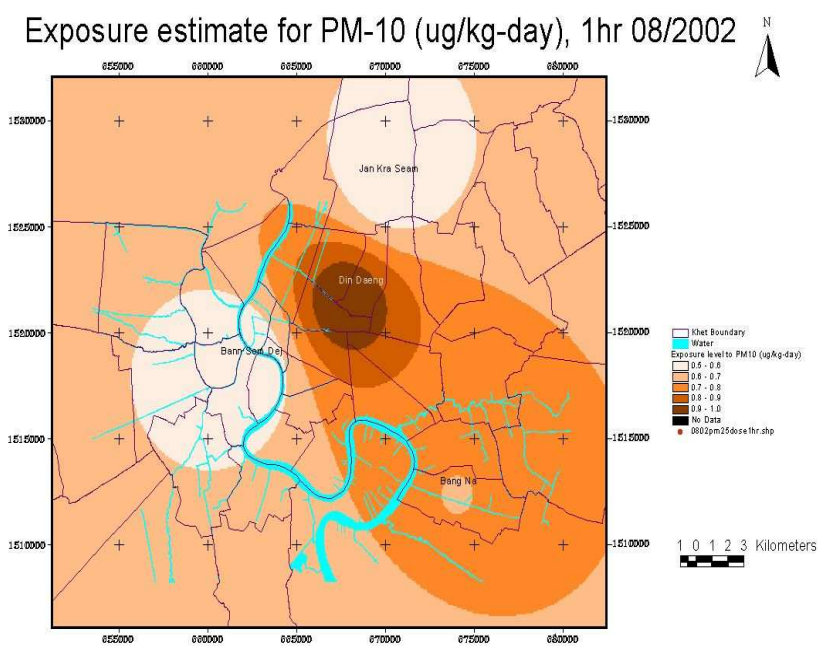
รูปที่ ค-10. การประเมินการกระจายตัวเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) โดยเฉลี่ยรายเดือนธันวาคม 2545



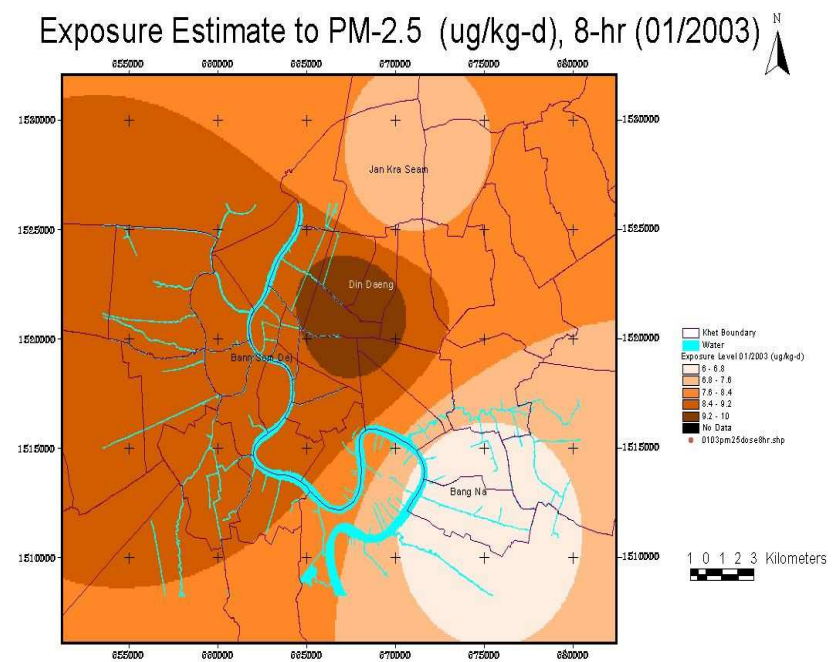
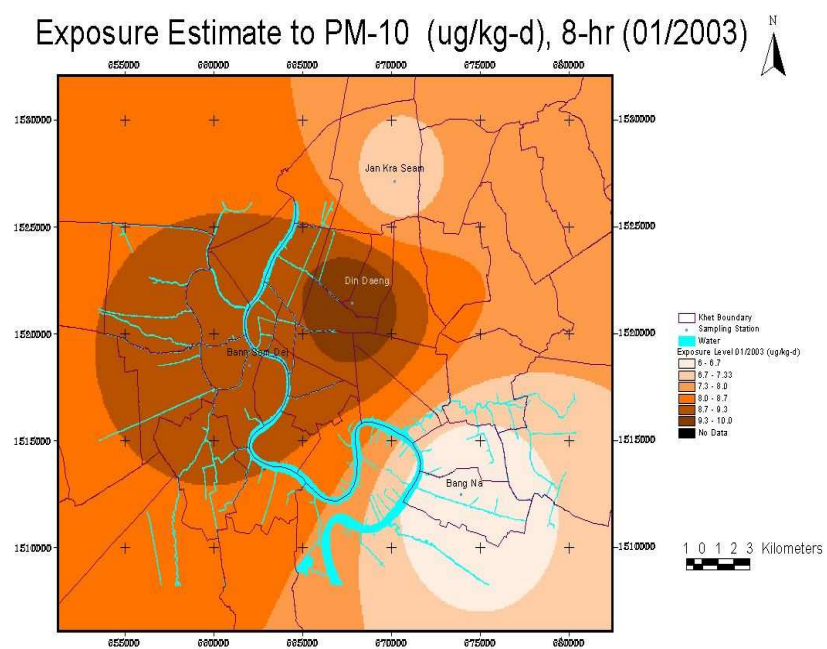
รูปที่ ค-11. การประเมินการกระจายตัวเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อลบ.ม.) โดยเฉลี่ยรายเดือนมกราคม 2546



รูปที่ ค-12. การคาดการณ์ระดับการรับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อกก.-วัน) ระยะสั้น (1 ชม) เดือนสิงหาคม 2545



รูปที่ ค-13. การคาดการณ์ระดับการรับฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอน (มคก.ต่อกก.-วัน) ระยะยาว (8 ชม.) เดือนมกราคม 2546



ภาคผนวกที่ ง รายการอุปกรณ์

โครงการ "การศึกษาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาด 10 และ 2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร" หรือ SASBMA ได้มีการดำเนินงานในหลายส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเก็บตัวอย่างฝุ่นแยกขนาด การเลือกใช้ประเภทของกระดาศกรอง การวิเคราะห์ทางกายภาพ/เคมี ด้วยอุปกรณ์ที่มีความซับซ้อน ซึ่งงานหลายส่วนนี้จำเป็นต้องใช้วัสดุและอุปกรณ์หลายชนิด บางชนิดต้องมีการทำขึ้นหรือสั่งจากต่างประเทศ โครงการฯ จึงได้รวบรวมรายการสิ่งของที่มีการใช้งานและรายละเอียดอย่างสังเขปของการใช้งานเข้าไว้ด้วยกัน โดยหวังว่าจะก่อให้เกิดความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลและอาจมีประโยชน์ต่อผู้สนใจในอนาคต

ตารางที่ ง-1. รายการอุปกรณ์หลักที่ใช้ในโครงการฯ

รายการ	บริษัท	หมายเหตุ
เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่น 10 μm (MinIVol™)	AirMetrics, Eugene, Oregon, USA	คพ. ให้ความอนุเคราะห์
หัวแยกฝุ่น 2.5 μm (PM-2.5 Impactor kit)	AirMetrics, Eugene, Oregon, USA	คพ. ให้ความอนุเคราะห์ P/N 202-100-QC \$280 USD
Pulse dampener	AirMetrics	P/N 101-011 \$25 USD
Pump diaphragm, Neoprene	AirMetrics	P/N 101-011 \$7.5 USD
Pressure sensor	AirMetrics	P/N 101-011 \$25 USD
IC สำหรับ Pressure sensor	Digi-Key Corp. MN, USA	Texas Instruments P/N TLE2024CN
แบตเตอรี่ 12 V, 12AH	ทั่วไป (บ้านหม้อ กทม.)	วัสดุโครงการ
ปั๊มดูดอากาศ	Thomas	ครุภัณฑ์โครงการ (1)

ตารางที่ ง-1. รายการอุปกรณ์หลักที่ใช้ในโครงการฯ (ต่อ)

รายการ	บริษัท	หมายเหตุ
กระดาษกรอง Teflon 47 มม.	Whatman	
กระดาษกรอง Quartz 47 มม.	Pall Corp., USA	
กระดาษกรอง Quartz 47 มม.	Aventec, Japan	
กระดาษกรอง Supor [®] 13 มม.	Fisher Scientific, USA	
กระดาษกรอง Nylon 13 มม.	Fisher Scientific, USA	
กระดาษกรองเครื่อง Andersen Particle Impactor	Anderson, USA	
กระดาษกรองเครื่อง Mark III Andersen In-stack Impactor	Anderson, USA	
ชุดกรอง PP 13 มม.	Pall Corp., USA	
Andersen Particle Impactor	Anderson, USA	วศ.ให้ความอนุเคราะห์
Mark III Andersen In-stack Impactor	Anderson, USA	วศ.ให้ความอนุเคราะห์
Automatic Dessicator	Weifeng (Taiwan, ROC)	ครุภัณฑ์โครงการ (2)
ตู้เย็นแช่ตัวอย่าง	Sumsung	ครุภัณฑ์โครงการ (3)
ชุด Auto 5 Stack Sampler	Anderson	วศ.ให้ความอนุเคราะห์
ดิลไบล์กระดาษกรอง 50 มม.	Pall Corp., USA	
สารละลายมาตรฐานไอออนลบ	Alltech Asso. Inc., USA	บ.สิทธิพรฯ
สารละลายมาตรฐานไอออนบวก	Alltech Asso. Inc., USA	บ.สิทธิพรฯ
สารละลายมาตรฐานโลหะ V	Merck, USA	
สารละลายมาตรฐานโลหะ Si	Merck, USA	
สารละลายมาตรฐานโลหะผสม	Merck, USA	

งานตีพิมพ์เผยแพร่และการนำเสนอ

1. Chuersuwan, N., (2003). Spatial distribution of ambient PM-10 and PM-2.5 in Bangkok. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 2, 22-24 มกราคม 2545, จังหวัดขอนแก่น. หน้า 188-200.
2. Chuersuwan, N., Nimrat, S., Lekphet, S., and Kerdkumrai, T. (2003). Levels and major sources of PM-2.5 and PM-10 in Bangkok Metropolitan Region. Proceedings of the Third International Symposium of Air Quality Management at Urban and Regional and Global Scales, Vol. 1, 26-30 September 2005, Istanbul, Turkey. 710 pages.

งานการเรียนการสอน

1. รายวิชาสัมมนา สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ.2546
2. รายวิชามลพิษอากาศ เสียงและการควบคุม สาขานามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ.2546-2550
3. รายวิชาสัมมนา โปรแกรมนานาชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย ศูนย์วิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระดับบัณฑิตศึกษา พ.ศ.2547

การใช้ประโยชน์โดยหน่วยงานอื่น

โครงการ/หน่วยงาน	ลักษณะการใช้ประโยชน์
1. การจัดทำร่างมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (พ.ศ.2547-2548), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ใช้เป็นข้อมูลประกอบการจัดทำร่างมาตรฐานฯ ให้กรมควบคุมมลพิษ
2. The Developing Integrated Emission Strategies for Existing Land Transport (DIESEL)/ความช่วยเหลือของ World Bank, US. Asia Environmental Partnership.	ใช้เป็นข้อมูลของโครงการ
3. กรมควบคุมมลพิษ	ใช้เป็นข้อมูลของกรมฯ

simultaneous measurements of PM-10 and PM-2.5 mass concentration in four stations within BMA to evaluate spatial distributions of PM-10 and PM-2.5 during February and August 2002.

Material and Methods

Sampling locations for PM-2.5 measurements were provided by Pollution Control Department (PCD) which operated ambient air monitoring stations throughout BMA. Four sampling stations were deployed with low-volume air samplers, known as MiniVolTM (AirMetrics, Oregon, USA), equipped with impactors capable of segregating PM-10 and PM-2.5. Din Daeng station located closed to a busy street in a populated area and was used to represent a near-road traffic location. Residential sites were at Jan Kra Seam to the north and Bann Som Dej to the south of BMA. These two locations located more than 100 meters away from any busy streets. Bang Na located at a site relatively farther away from local sources and was used by Meteorology Department for meteorological monitoring purposes. All four sampling stations were considered on the basis of predominant wind directions, northeast and southwest winds as well. Din Daeng and Jan Kra Seam were located relatively to the northeast whilst Bann Som Dej and Bang Na were situated relatively to the southwest of BMA (Figure 1).

Low volume air samplers (MiniVolTM) were incorporated into air monitoring network at 3 to 4 meters above ground level. MiniVolTM had been tested and used for PM-10 and PM-2.5 measurements and provided reasonable results to other air samplers, usually within 5 to 10 percent of comparable mass concentrations in the US [11,12]. The samplers were operated at 5 LPM flow rate to obtain the design cut-point of 2.5 and 10 μm . The flow rate was calibrated prior and after sampling against a primary standard, Gilibrator (Gilian Instrument Corp., New Jersey). Both PM-10 and PM-2.5 were collected on 47 mm diameter of either stretch Teflon[®] membrane (PTFE) with 2 μm pore size (Whatman, New Jersey) or Pallflex[®] pure quartz fiber filter (Pall Corp., Michigan). Teflon[®] membrane is currently used in the US EPA PM-2.5 monitoring network. Since MiniVolTM is not classified as Federal Reference Method (FRM) by the US EPA, two collocate FRM were installed at Din Daeng and Bann Som Dej stations by PCD to evaluate the performance of MiniVolTM under Bangkok's conditions. Each sampling station had two MiniVolTM installed for PM-10 and PM-2.5 measurements next to each other.

Gravimetric analyses of mass concentration collected on the filters were conducted in PCD weighing room with a single pan Mettler Microbalance, MT5 (Mettler Toledo, Ohio). The microbalance has a resolution of 1 μg . To minimize errors from mass determination, weighing procedures were established to control temperature and humidity in the weighing room. Two air conditioners and a dehumidifier were operated 24 hours continuously during weekday to maintain operating conditions. Temperature and %RH were maintained at approximately $23 \pm 5^\circ\text{C}$ and $40\% \pm 10\%$, respectively. Each filter must be equilibrated under described conditions at least 24 hours prior to weighing. The filters were stored in individual petri dish and labeled for easy identification. Each filter had a chain-of-custody form assigned at the equilibration until the end of weighing for final weight to ascertain that data associated with the filter were properly included such as sampling date, station name, pre-weight, post-weight, total air volume, etc.

Sampling campaign was designed to be non-bias on day of the week, which operated every three-day schedule. Therefore, sampling day was sufficiently distributed for weekday and weekend within each month. The sampling time started at 00:00 to 00:00 hour local time simultaneously at all four station and the samples were retrieved no more than 12 hours after the sampling had ended, usually in the morning hour. Filters were collected between February and August 2002. Each filter was stored in enclosure with properly label and placed in refrigerator at temperature no more than $4 \pm 2^\circ\text{C}$ if the retrieving day was on the weekend. Usually, the filters will be refrigerated and transported to the weighing room on the next working day, awaiting for filter equilibration and post-weighing.

Results and Discussion

All stations showed similar variations of both PM-10 and PM-2.5 concentrations within the same sampling day meaning that if a station had an average high PM concentrations, others stations will have PM concentration moving up and vice versa (Figure 2 and 3). Average 24-hr PM-10 concentrations posed higher than those of PM-2.5 at all stations because large particles have much higher mass than small particles. Similarly, variations of both PM-10 and PM-2.5 concentrations were related in each location. Ratio between PM-2.5 and PM-10 were about 0.66 indicated that small particles comprised of a large portion of ambient PM in Bangkok similar to those found in other countries [10, 13, 14].

Levels of PM-10 and PM-2.5 at Din Daeng, as expected, exhibited higher mass concentrations than other stations in the sampling network, ranging from 42 to 193 $\mu\text{g m}^{-3}$, and 12 to 140 $\mu\text{g m}^{-3}$, respectively. Since the station

Spatial Distributions of Ambient PM-10 and PM-2.5 in Bangkok

Nares Chuersurwan*

Abstract

Attempts had been made to evaluate the levels of fine particles, both PM-10 and PM-2.5, in Bangkok Metropolitan Areas (BMA) due, in part, to the greater potential to cause adverse health effects. In this research, PM-10 and PM-2.5 mass concentrations were measured simultaneously every three-day schedule during February and August 2002 at four urban locations, Din Daeng, Jan Kra Seam, Bann Som Dej, and Bang Na. Low-volume air samplers, known as MiniVolTM (AirMetrics, OR), were deployed for both PM-10 and PM-2.5 samplings. The samplers drawn air at 5 LPM to achieve 10 and 2.5 μm particle cut-points. Gravimetric method was used to determine mass concentrations of the particles. The results showed that both PM-10 and PM-2.5 had similar trends across the sampling network. Mass concentrations of the two fractions fluctuated relatively synchronously. However, the degree of variations was high at locally impact site like Din Daeng due, primarily, to its location. Daily average mass concentrations of PM-10 and PM-2.5 at Din Daeng were approximately 98 and 63 $\mu\text{g m}^{-3}$, respectively. Residential sites showed lower mass concentrations at locations to the north and south of BMA, Jan Kra Seam and Bann Som Dej stations, respectively. Despite a similar trend, inter-site correlation has the coefficient of determination (R^2) at 60-80% ranges while overall PM-2.5/PM-10 ratio was approximately 60-70%. The results suggested that PM-2.5 mass concentrations seemed to pose greater long-term exposure due to the excess of annual standard (15 $\mu\text{g m}^{-3}$) if the US-EPA standard was considered. Therefore, it is important for responsible agencies to carefully consider this level of PM-2.5 and dose-response relationships of PM-2.5 among Thais' populations when establishing a new ambient air quality standard. Health status and research will help refining credential and justify an appropriate level of the standard.

Introduction

Research on atmospheric particles has shifted focus toward fine particulate matter (PM) during the 1980s [1] according to the greater potential for fine PM to cause adverse health effects. In the 1990s, particulate matter with an aerodynamic diameter less than 10 μm have become a new ambient air quality standard in many countries including Thailand due to its potential hazard to the general public. A number of researchers have observed statistical associations between particulate matter concentrations and daily mortality and morbidity at concentrations of particulate matter below 150 $\mu\text{g m}^{-3}$ for PM₁₀ --previous 24-hour US standard [2, 3]. Increased mortality seems to occur among elderly with pre-existing respiratory illnesses [4, 5]. In addition, children, asthmatics, and individuals with cardiovascular or pulmonary disease have been identified as susceptible sub-populations. Fine particles have a higher potential to reach deep into the lungs and therefore are expected to present a greater risk than a comparable mass of larger particles [6, 7]. While few epidemiological studies have been conducted with fine particles, concentrations of PM_{2.5} were more strongly associated with daily mortality than larger particles in the U.S. Six Cities Study [8].

The main environmental effects of particulate matter are expected to be visibility reduction, acid deposition, and changes in radiative forcing. Atmospheric PM-2.5 is largely responsible for visibility deterioration, other than that caused by precipitation and fog [9]. Fine particles released into the atmosphere may alter the climate through a reduction in the amount of solar radiation reaching the ground [10]. This could cause the cooling of the ground and heating of the aerosol layer. Atmospheric particles can affect weather and climate because they can act as cloud condensation nuclei in cloud formation processes.

In 1996, U.S. Environmental Protection Agency (US-EPA) had promulgated a new ambient air quality standard for particle with aerodynamic diameter equal or less than 2.5 μm or PM-2.5 in order to protect the public from adverse health effects and environmental degradation from expose to these kind of particles. Concerns over the possible effects of fine particles in Thailand especially had prompt responsible agencies to evaluate current level of PM-2.5 in various areas of Bangkok Metropolitan Area (BMA). Database on PM-2.5 in Thailand, however, is relatively limited because it has not been a major concern previously. Normally, mass concentrations of particles vary spatially and temporally, thus, one can not use such data in one area for the others. This research will provide the

*Physics and Engineering Program, Department of Science Service, Ministry of Science and Technology, Bangkok.

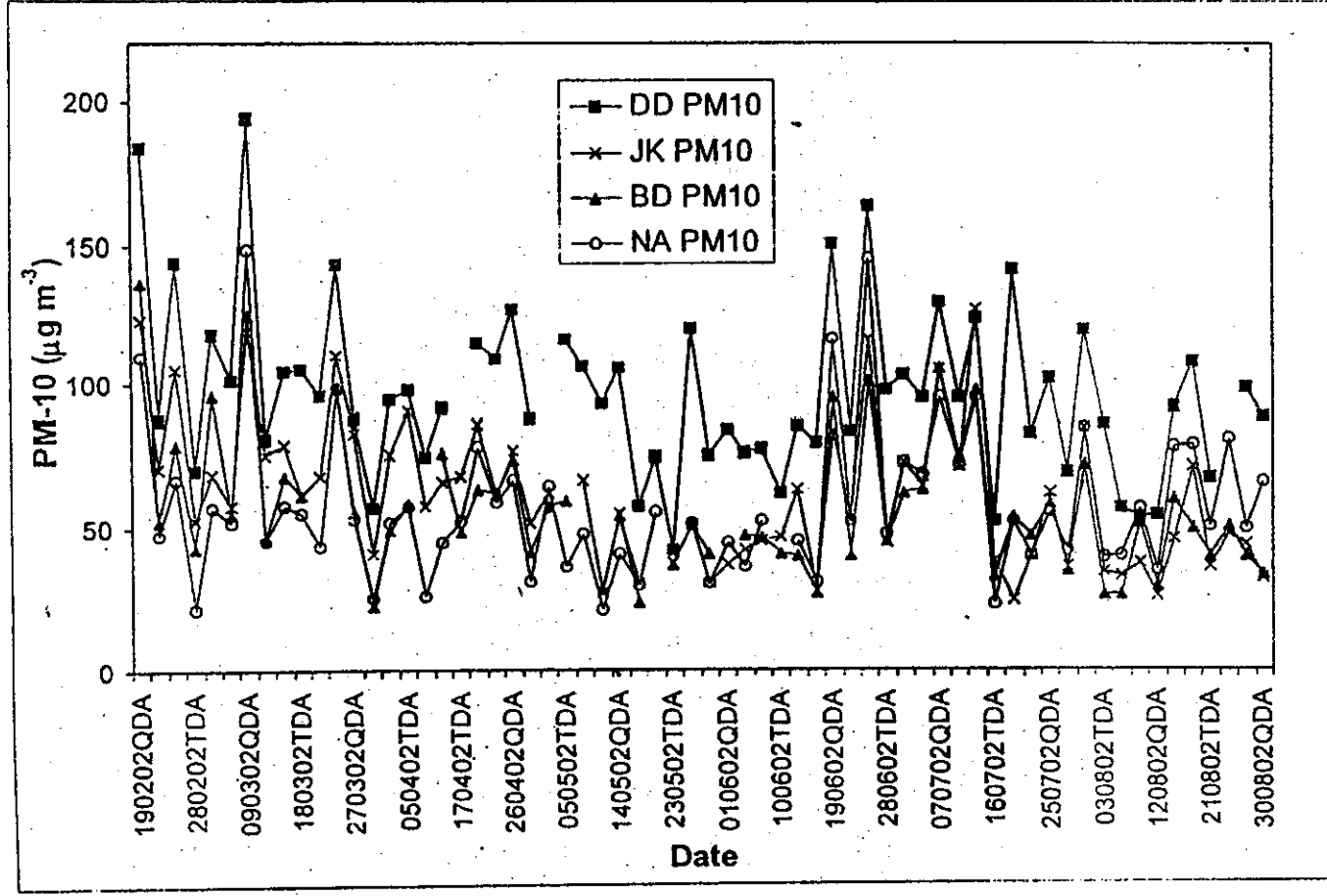


Figure 2. Spatial variation of PM-10 mass concentrations at all site.

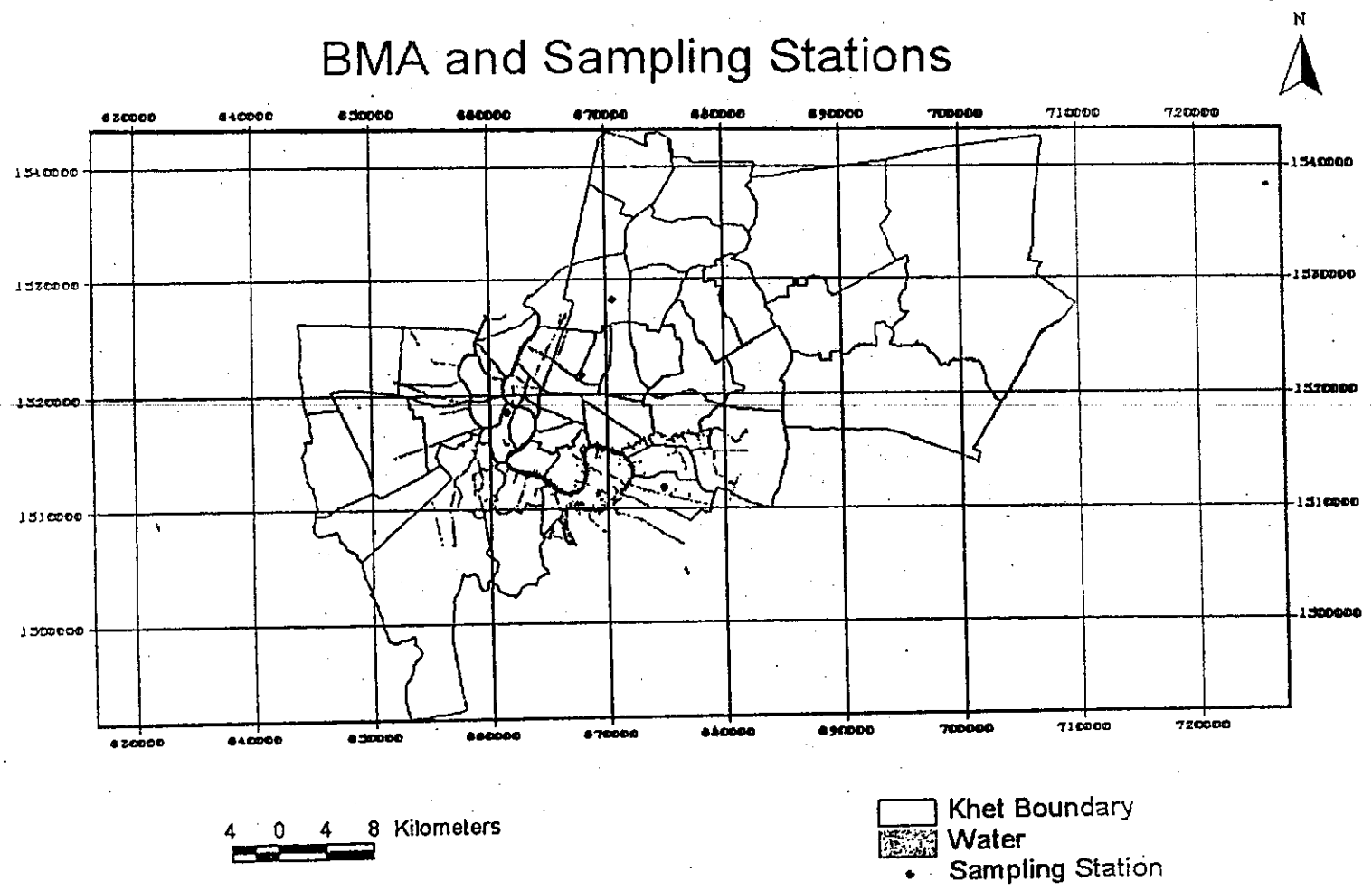


Figure 1. PM-10 and PM-2.5 sampling locations in BMA

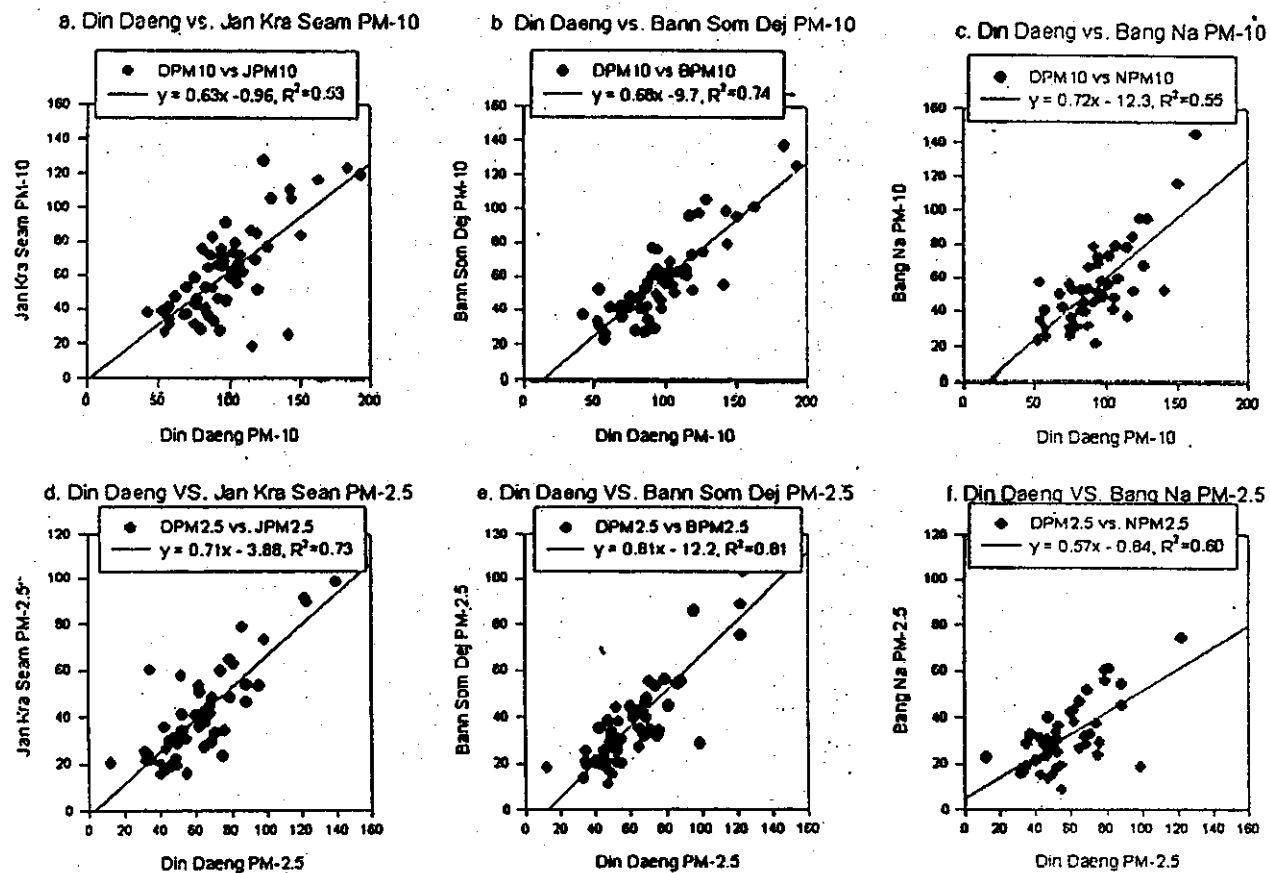


Figure 4. Inter-site relationships of PM-10 and PM-2.5.

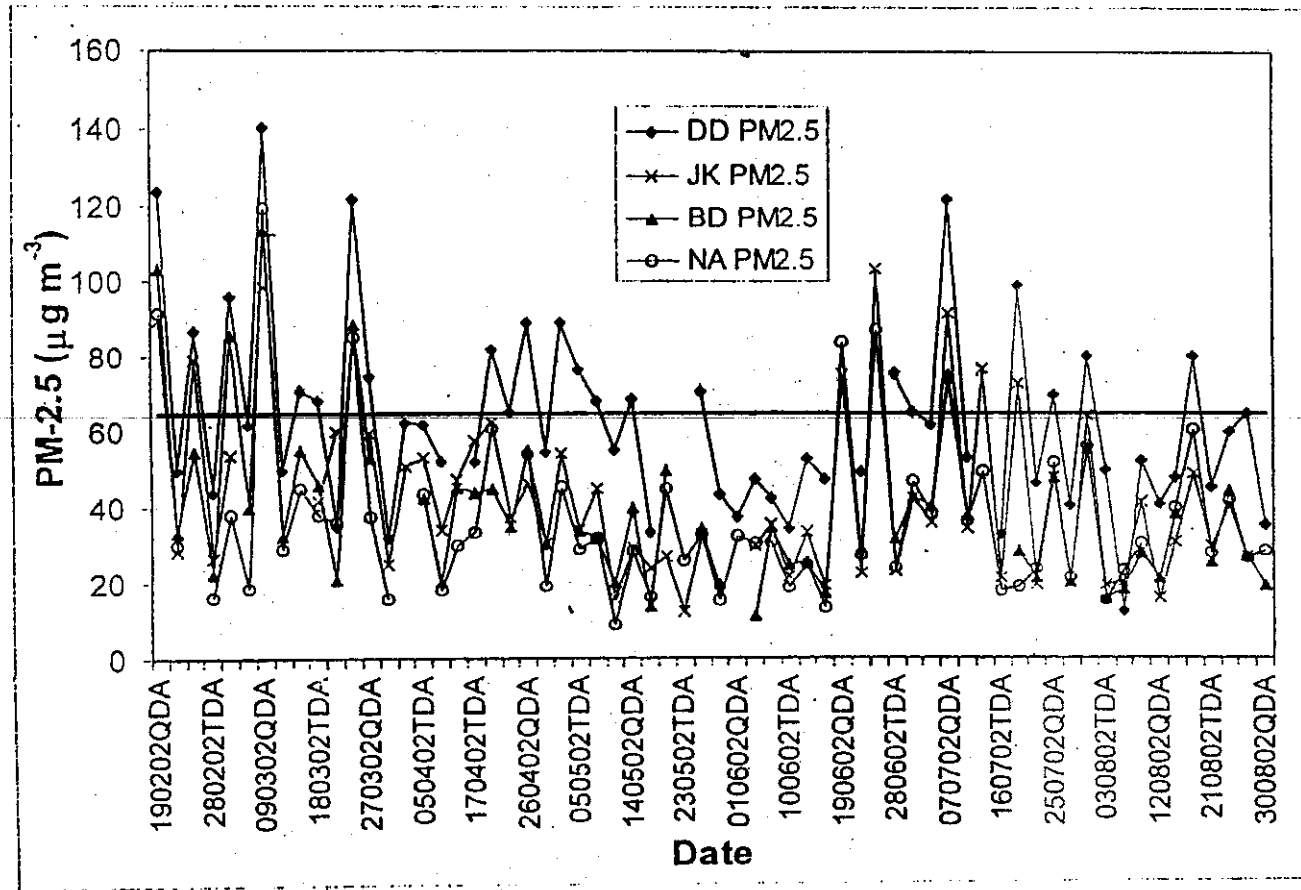


Figure 3. Spatial variation of PM-2.5 mass concentrations at all site.

Spatial Distribution of PM-2.5 in BMA

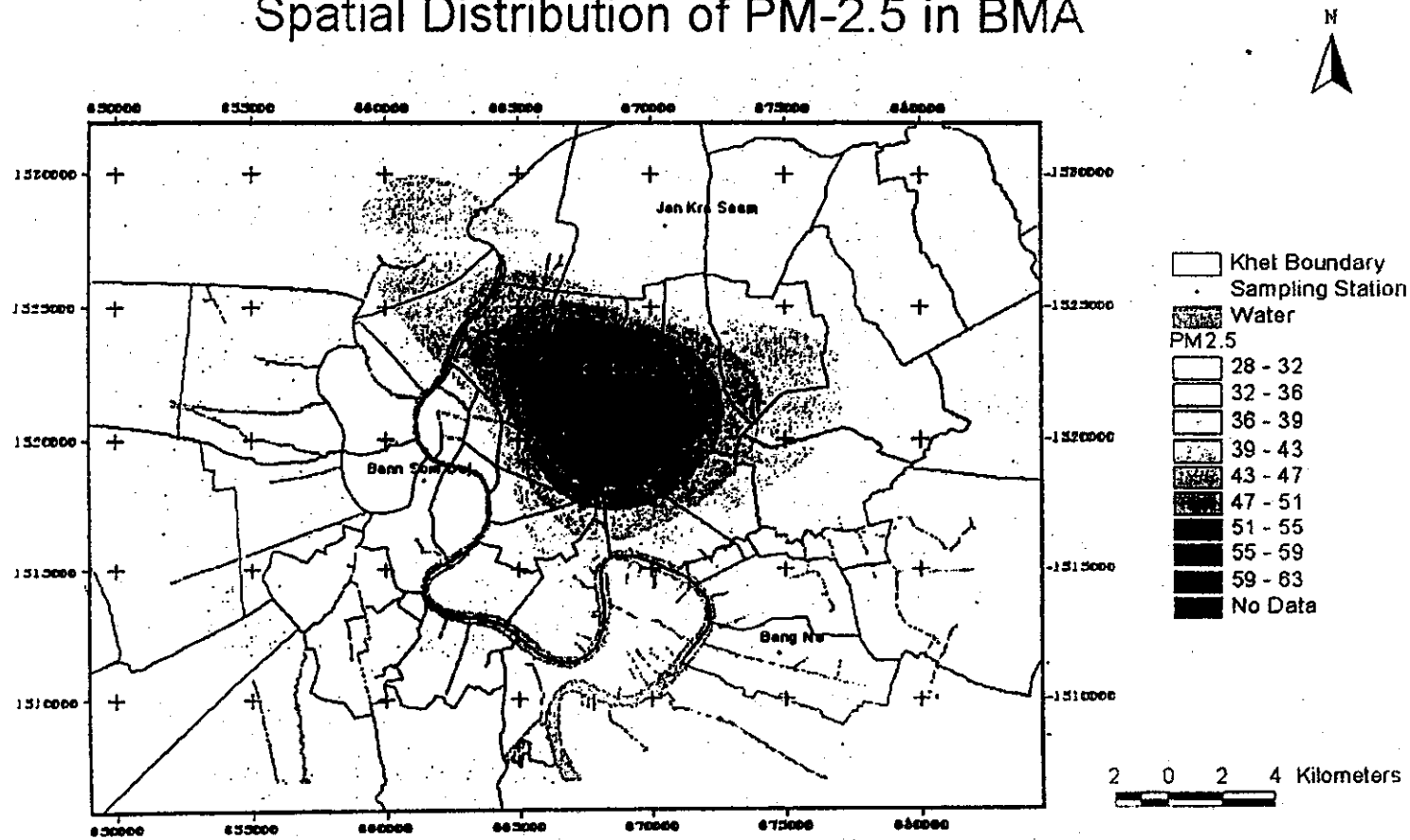


Figure 6. Spatial distribution of average PM-2.5 concentrations in BMA.

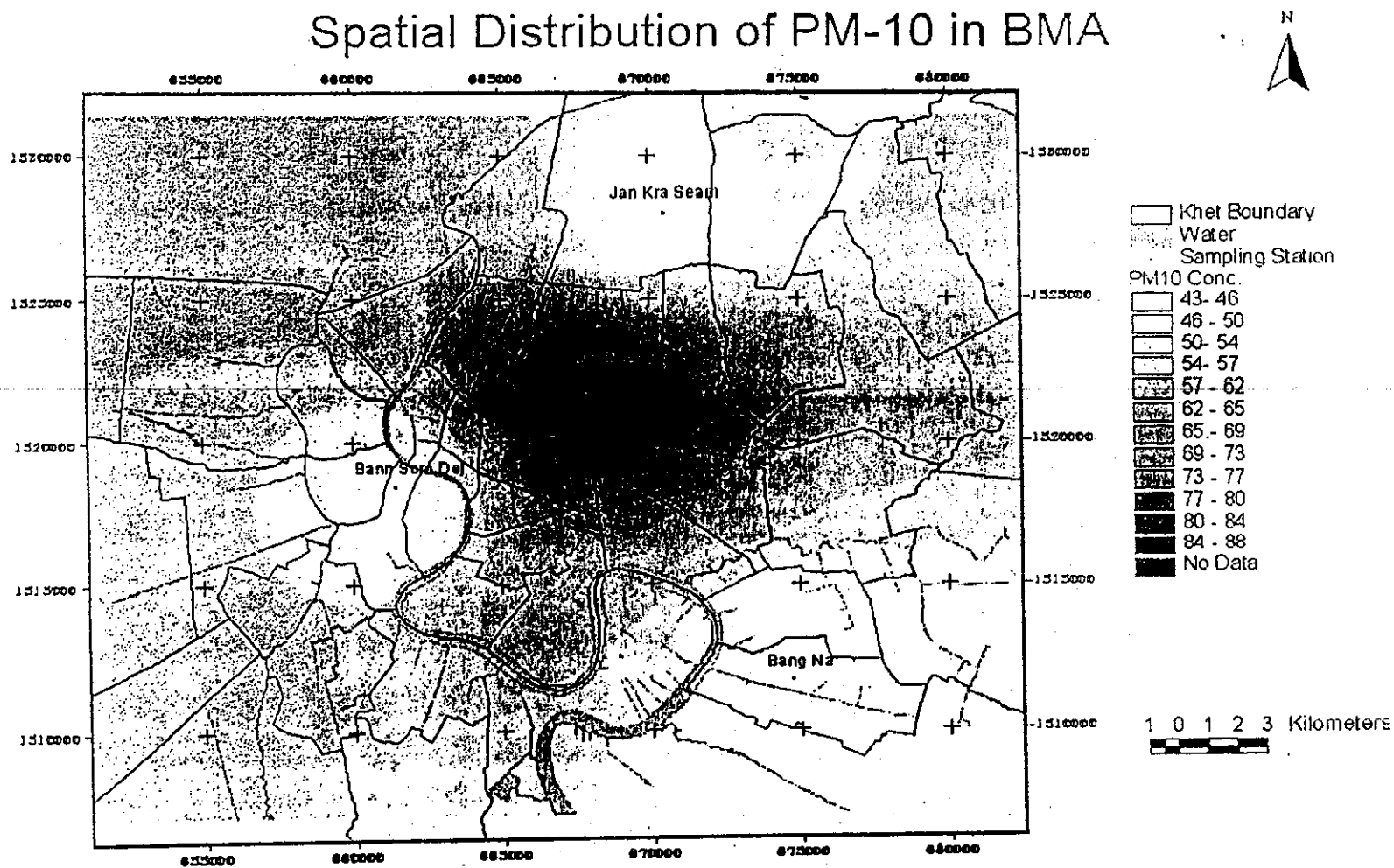
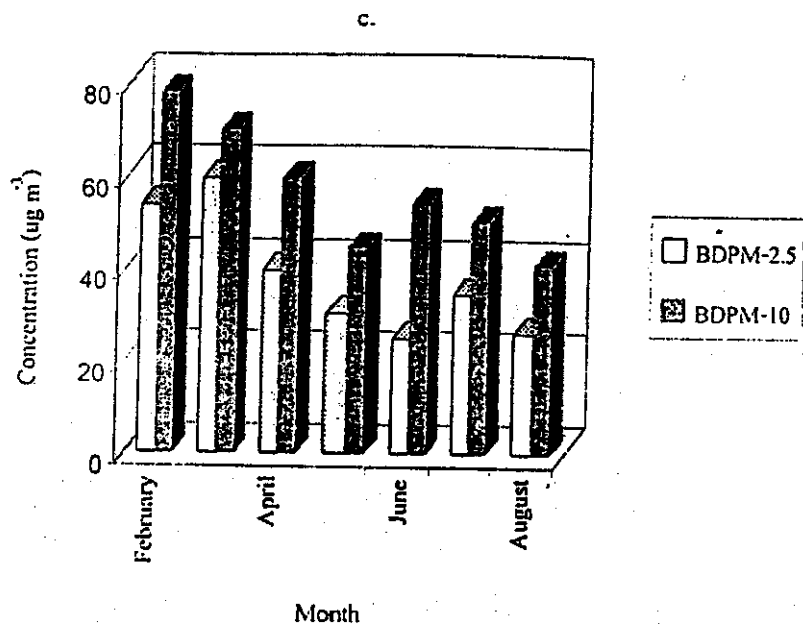


Figure 5. Spatial distribution of average PM-10 concentration in

Comparison between PM-10 and PM-2.5 concentration at Bann Som Dej



Comparison between PM-10 and PM-2.5 concentration at Bang Na

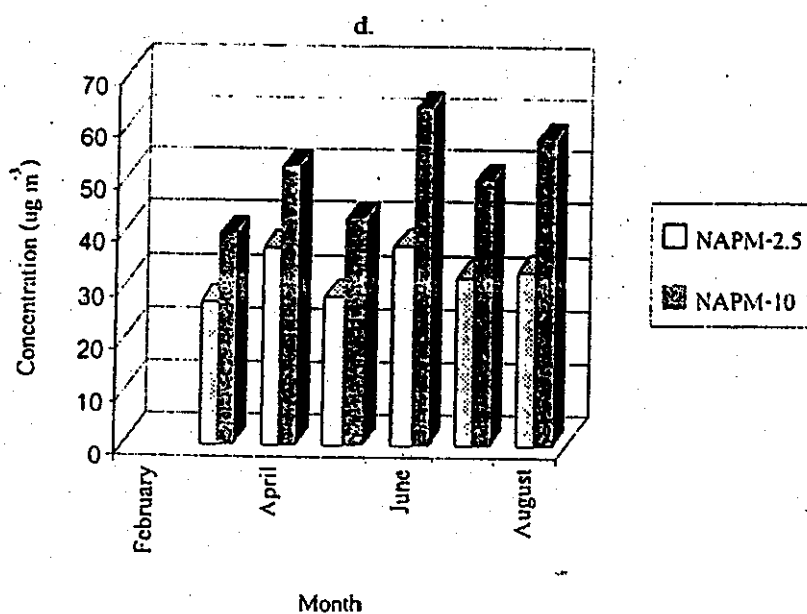
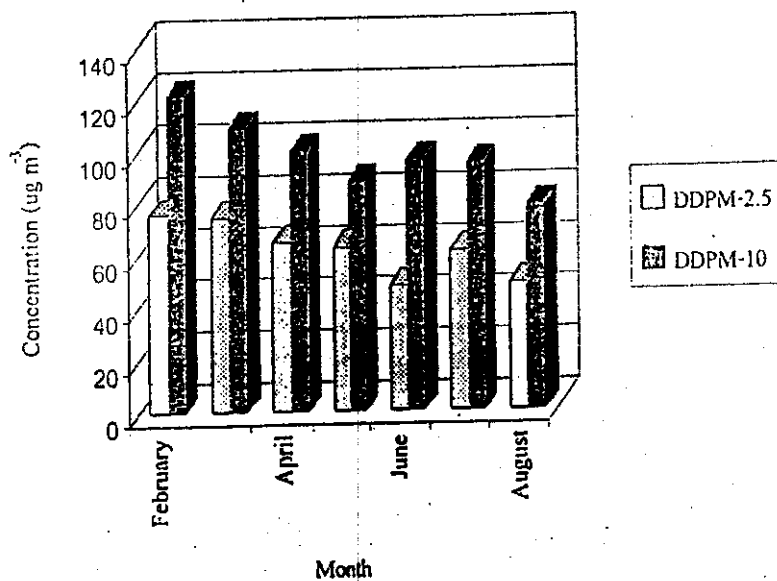


Figure 7. Comparison of PM-10 and PM-2.5 concentrations at various locations.

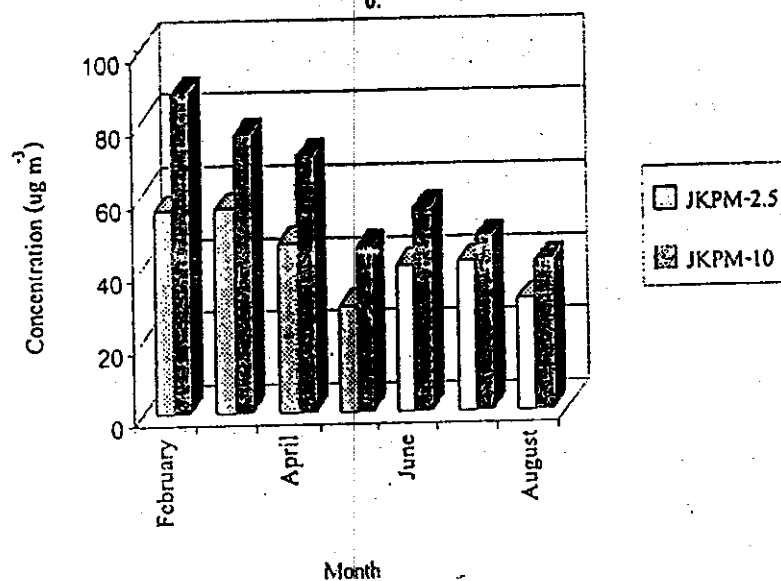
Comparison between PM-10 and PM-2.5 concentration at Din Daeng

a.



Comparison between PM-10 and PM-2.5 concentration at Jan Kra Seam

b.



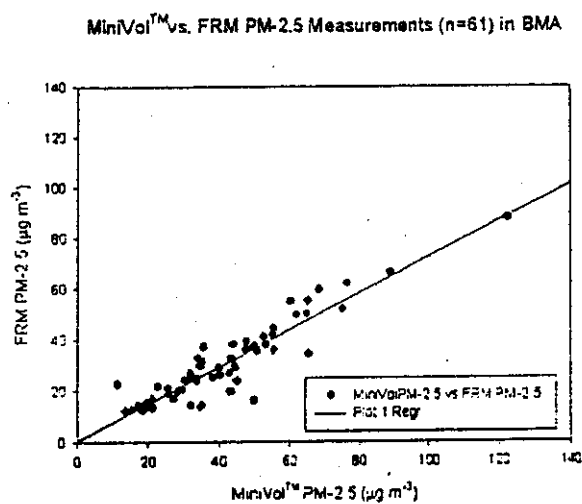


Figure 8. Relationships between MiniVolTM and FRM samplers for PM-2.5 measurements.