สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองและโลหะหนักในฝุ่นละอองบริเวณเขตชุมชนและเขตอุตสาหกรรม

T055550

นางสาว เพชรไพลิน สุวรรณทัต

นางสาว โรสนี สะมาแอ

นางสาว อัจฉฎาภรณ์ เศวตสุจริตกุล

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55550
วัน,เดือน,ปี 19 พ.ค. 2548

b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analysis of Dustfall and Heavy Metals Contained in Dust around Urban and Industrial Areas

Miss Petpailin Suwannathat

Miss Rosnee Sama-ae

Miss Adchadaporn Sawetsudcharitkul

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of

Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut' s Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	การวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองและโลหะหนักในฝุ่นละออง บริเวณเขตชุมชนและเขตอุตสาหกรรม
นักศึกษา	นางสาว เพชรไพลิน สุวรรณทัต
	นางสาว โรสนี สะมาแอ
	นางสาว อัจฉฎาภรณ์ เศวตสุจริตกุล
ภาควิชา	เคมี
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สุวรรณี จรรยาพูน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	Dr. Jochen Amrehn

ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์	.....
กรรมการ ดร.อุสารัตน์ ภักดีสู่สุข	.....
กรรมการ อาจารย์กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	.....
กรรมการ ดร.สุวรรณี จรรยาพูน	.....
กรรมการ Dr. Jochen Amrehn	.....

.....

(ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	การวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองและโลหะหนักในฝุ่นละอองบริเวณเขตชุมชนและเขตอุตสาหกรรม
นักศึกษา	นางสาวเพชรไพลิน สุวรรณทัต
	นางสาวโรสนี สะมาแอ
	นางสาวอัจฉฎาภรณ์ เศวตสุจริตกุล
ภาควิชา	เคมี
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2546
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สุวรรณี จรรยาพูน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	Dr. Jochen Amrehn
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2546

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้ศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองและโลหะหนักในฝุ่นละอองบริเวณเขตชุมชนและเขตอุตสาหกรรม โดยทำการเก็บตัวอย่างแบบ passive sampling ในพื้นที่เขตชุมชนบริเวณรอบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และเขตอุตสาหกรรมจังหวัดสมุทร- ปราการด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง Bergerholf เป็นเวลานาน 30±2 วัน ตั้งแต่ 15 พฤศจิกายน ถึง 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 (ช่วงที่หนึ่ง) และ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 ถึง 15 มกราคม พ.ศ. 2547 (ช่วงที่สอง) และได้ทำการเพิ่มการเก็บตัวอย่างแบบ active sampling ด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างส่วนบุคคลสำหรับเก็บฝุ่นภายในอาคารของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ในช่วงเวลาการทำงานของพนักงาน ทำการวิเคราะห์หาปริมาณฝุ่นโดยการชั่งน้ำหนัก และวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองโดยใช้การย่อยด้วยเครื่องไมโครเวฟ แล้ววิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณฝุ่นเฉลี่ยในช่วงที่หนึ่งในเขตชุมชนบริเวณที่พบสูงสุดคือ สนามกีฬามีค่าเท่ากับ 1560.46 mg/m^2d และบริเวณที่พบน้อยสุดคือ สำนักหอสมุดกลางมีค่าเท่ากับ 213.74±5.96 mg/m^2d และในเขตอุตสาหกรรมบริเวณที่พบสูงสุดคือ โรงเรียนอนุบาลมีค่าเท่ากับ 1601.97±59.28 mg/m^2d และบริเวณที่พบน้อยสุดคือ วัดมีค่าเท่ากับ 543.64±20.69 mg/m^2d และในช่วงเวลาที่สองในเขตชุมชนบริเวณที่พบสูงสุดคือ ซอยจินดามีค่าเท่ากับ 681.49±0.42 mg/m^2d

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และบริเวณที่พบน้อยสุดคือ สำนักหอสมุดกลางมีค่าเท่ากับ 161.08±10.06 mg/m^{2}d และในเขตอุตสาหกรรมบริเวณที่พบสูงสุดคือ ภายในอาคารโรงงานมีค่าเท่ากับ 784.57±13.27 mg/m^{2}d และบริเวณที่พบน้อยสุดคือ ภายนอกอาคารโรงงานมีค่าเท่ากับ 179.63±18.45 mg/m^{2}d โดยปริมาณฝุ่นเฉลี่ยทั้งสองบริเวณไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และโลหะหนักที่พบในเขตชุมชนพบแมงกานีสในปริมาณสูงสุด และแคดเมียมต่ำสุดเท่ากับ 332.60 และ 10.06 mg/kg of dust ตามลำดับ ในช่วงที่หนึ่ง และในช่วงที่สองพบแมงกานีสเท่ากับ 614.95 mg/kg of dust และไม่พบแคดเมียม โครเมียม และตะกั่ว ส่วนโลหะหนักที่พบในเขตอุตสาหกรรมพบแมงกานีสปริมาณสูงสุด และแคดเมียมต่ำสุดเท่ากับ 433.25 และ 2.18 mg/kg of dust ตามลำดับ ในช่วงที่หนึ่ง และในช่วงที่สองพบแมงกานีสเท่ากับ 1031.25 mg/kg of dust และไม่พบแคดเมียม โดยปริมาณเฉลี่ยของแมงกานีส ทองแดง นิกเกิล โครเมียม และแคดเมียม ทั้งสองบริเวณไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และปริมาณตะกั่วเฉลี่ยทั้งสองบริเวณมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในช่วงที่หนึ่ง และในช่วงที่สองปริมาณเฉลี่ยของแมงกานีส นิกเกิล และแคดเมียมทั้งสองเขตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และปริมาณตะกั่ว โครเมียม และทองแดง ทั้งสองบริเวณมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในช่วงเวลาที่สอง

คำสำคัญ : ฝุ่นละออง, โลหะหนัก, การเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ, การเก็บตัวอย่างแบบพาสสีฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Analysis of Dustfall and Heavy Metals Contained in Dust around Urban and Industrial Areas
Name	Miss Petpailin Suwanathat Miss Rosnee Sama-ae Miss Adchadaporn Sawatsutcharitkul
Department	Chemistry
Program	Environment Resources Chemistry
Academic Year	2003
Special Project Adviser	Dr. Suwanee Junyapoon
Special Project co-adviser	Dr. Jochen Amrehn

ABSTRACT

An analysis of dustfall and heavy metals contained in dust around urban and industrial areas was studied. A method of passive sampling was used for collecting dustfall around urban areas near King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang and industrial areas at Samutprakan Province with Bergerhoff dust-precipitation collection for 30±2 days. The first period of sample collection was between 15 November 2003 and 15 December 2003. The second period was from 15 December 2003 to 15 January 2004. In addition, dust in indoor air of the furniture factory was collected using a personal air pump for about 6 hour during working period. The amount of dustfall was measured by using a measuring balance and then heavy metals contained in dust were digested with microwave digester and analyzed with atomic absorption spectrophotometer

It was found that the highest and lowest amounts of dust collected during first period in urban areas were 1560.46 and 213.74±5.96 mg/m²d for stadium and library, respectively and those of the second period were 681.49±0.42 mg/m²d and 161.08±10.06 for Soi Chinda and library, respectively. For industrial areas, the highest and lowest amounts of dust collected during first period were 1601.97±59.28 and 543.64±20.69 mg/m²d for school and temple, respectively and those of the second period were 784.57±13.27 and 179.63±18.45 mg/m²d for factory (out

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and in), respectively. The average weights of dust in both areas were not different at significant level 95% . It was also found that the heavy metals contained in dust in urban area which the highest and lowest concentrations of heavy metals contained in dust were Mn and Cd, respectively in the first period . Their levels were 332.60 mg/kg of dust for Mn and 10.06 mg/kg of dust for Cd . And the second period, it was found Mn at level of 614.80 mg/kg but Cd, Pb and Cr were not found. Heavy metals contained in dust around industrial areas which the heighest level of heavy metals was 433.25 mg/kg of dust for Mn. and 2.18 mg/kg of dust for Cd. And the second period, it was found Mn at level of 1031.25 mg/kg but Cd was not found. Average weights of Mn, Cu, Ni, Cr and Cd of both areas were not different at significant level 95% . However, average weights of Pb was different at significant level 95%, in the first period. Average weights of Mn, Ni, and Cd of both areas were not different at significant level 95% . However, average weights of Pb, Cr and Cu were different at significant level 95%, in the second period.

Keyword : Dustfall, Heavy metal, Active sampling, Passive sampling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ได้รับคำปรึกษาและแนะนำ การช่วยเหลือ และจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดลองและแก้ไขจาก ดร. สุวรรณี จรรยาพูน และ Dr. Jochen Amrehn อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ ดร. ชลอ จารุสุทธิรักษ์ ดร. อุสารัตน์ ภักดีสู่สุข อาจารย์ กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณ-รัตน์ และอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาในระหว่างการดำเนินโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการเคมี ภาควิชาเคมีทุกท่านที่ให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

ขอขอบคุณพี่ๆคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ที่ช่วยในการสร้างอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างฝุ่น

ขอขอบคุณ คุณปราโมทย์ เลิศลำยอง ที่ให้ความช่วยเหลือในการเดินทางเพื่อทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

ขอขอบคุณทางวัด และโรงเรียนอนุบาลที่อำนวยความสะดวกในด้านสถานที่เพื่อทำการตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และเพื่อนนักศึกษาทุกท่านที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนการทำโครงงานพิเศษนี้มาโดยตลอด

ในท้ายที่สุดข้าพเจ้าขอขอบคุณ พี่ๆเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย พี่ๆพนักงาน และผู้บริหารโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ ในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ที่ได้อนุญาตในการใช้สถานที่ทำการเก็บฝุ่นละออง และเป็นสถานที่ที่ทำการศึกษาและมีส่วนช่วยให้โครงงานพิเศษดำเนินไปได้ด้วยดี

เพชรไพลิน สุวรรณฑัต
โรสนี สะมาแอ
อัจฉฎาภรณ์ เศวตสุจริตกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
สัญลักษณ์และคำย่อ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของโครงงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ฝุ่นละออง	4
2.2 โลหะหนัก	5
2.2.1 คุณสมบัติต่างๆของโลหะหนัก	6
2.3 ความรู้พื้นฐานด้านอุตุนิยมวิทยา	13
2.3.1 บรรยากาศทั่วไป	13
2.3.2 สภาพภูมิอากาศของไทย	14
2.3.3 การแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศ	14
2.4 การเก็บตัวอย่างอากาศ	18
2.4.1 แบบ Active Sampling	18
2.4.2 แบบ Passive Sampling	18
2.5 หลักการอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมทรี	22
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ 32

3.2 สารเคมี 33

3.3 วิธีการทดลอง 34

3.3.1 วิธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง 34

1. การเตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นแบบ Passive Sampler 34

2. การเตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นแบบ Active Sampler โดยวิธี OSHA 35

3.3.2 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่บริเวณโรงงาน

1. การเก็บตัวอย่างที่บริเวณโรงงานแบบ Passive Sampling 36

2. การเก็บตัวอย่างที่บริเวณโรงงานแบบ Active Sampling 38

3.3.3 การเก็บตัวอย่างที่บริเวณริมถนนสถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 39

3.3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละออง 40

1. การวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละอองจากการเก็บแบบ Passive Sampling 40

2. การวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละอองที่เก็บแบบ Active Sampling 40

3. การย่อยโดยวิธีมาตรฐาน Microwave 40

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปราย

4.1 ผลการทดสอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบ Passive Sampler 41

4.2 ผลการเปรียบเทียบวิธีมาตรฐาน VDI และ Microwave 42

4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ 44

4.3.1 ผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองจากการเก็บตัวอย่าง แบบ Passive Sampling 44

4.3.2 ผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองจากการเก็บตัวอย่าง แบบ Active Sampling 45

4.4 ผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองจากการเก็บตัวอย่าง แบบ Passive Sampling 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.4.1 ผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในเขตชุมชน 46
4.4.2 ผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในเขตอุตสาหกรรม 48
4.4.3 การเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยแต่ละชนิดในฝุ่นละออง ระหว่างเขตชุมชนและเขตอุตสาหกรรม 51
4.5 ผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองจากการเก็บตัวอย่าง แบบ Active Sampling 51
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 53
บรรณานุกรม 55
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก 58
ภาคผนวก ข 61
ภาคผนวก ค 67
ภาคผนวก ง 72
ภาคผนวก จ 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	อุณหภูมิของเปลวไฟ	27
ตารางที่ 4.1	ผลการทดสอบการชะโลหะหนักของกระป๋อง PET	42
ตารางที่ 4.2	ปริมาณฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้	44
ตารางที่ ข-1	โปรแกรมไมโครเวฟสำหรับ Urban dust	64
ตารางที่ ข-2	ตารางความยาวคลื่นที่ใช้ในการหาปริมาณโลหะหนัก	65
ตารางที่ ข-3	การกำหนดช่วงความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์	66
ตารางที่ ง-1	ผลการทดสอบการชะโลหะหนักแคดเมียมของกระป๋อง PET	73
ตารางที่ ง-2	ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองเฉลี่ยเปรียบเทียบระหว่างวิธีมาตรฐาน VDI กับวิธีไมโครเวฟ	74
ตารางที่ ง-3	น้ำหนักตัวอย่างฝุ่นที่เก็บได้ในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 – 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)	75
ตารางที่ ง-4	น้ำหนักตัวอย่างฝุ่นที่เก็บได้ในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 – 15 มกราคม 2547)	76
ตารางที่ ง-5	ผลการวิเคราะห์หาสัดส่วนปริมาณโลหะหนักในฝุ่นเฉลี่ยในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 – 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)	77
ตารางที่ ง-6	ผลการวิเคราะห์หาสัดส่วนปริมาณโลหะหนักในฝุ่นเฉลี่ยในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 –15 มกราคม พ.ศ. 2547)	78
ตารางที่ ง-7	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในฝุ่นเฉลี่ยในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 –15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)	79
ตารางที่ ง-8	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในฝุ่นเฉลี่ยในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 –15 มกราคม พ.ศ. 2547)	80
ตารางที่ ง-9	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน- 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)	81
ตารางที่ ง-10	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณนิกเกิลในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน- 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ง-11 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน- 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546) 83

ตารางที่ ง-12 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน- 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546) 84

ตารางที่ ง-13 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน- 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546) 85

ตารางที่ ง-14 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแมงกานีสในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน- 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546) 86

ตารางที่ ง-15 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546-15มกราคม พ.ศ. 2547) 87

ตารางที่ ง-16 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณนิกเกิลในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546-15มกราคม พ.ศ. 2547) 88

ตารางที่ ง-17 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546-15มกราคม พ.ศ. 2547) 89

ตารางที่ ง-18 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่สอง(15 ธันวาคม พ.ศ. 2546-15มกราคม พ.ศ. 2547) 90

ตารางที่ ง-19 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546-15มกราคม พ.ศ. 2547) 91

ตารางที่ ง-20 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแมงกานีสในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546-15มกราคม พ.ศ. 2547) 92

ตารางที่ จ-1 การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมมุติฐานระหว่างวิธีมาตรฐาน VDI และ วิธีไมโครเวฟ 94

ตารางที่ จ-2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมมุติฐานปริมาณฝุ่นละอองในช่วงที่หนึ่งและสองของทั้งสองบริเวณ 95

ตารางที่ จ-3 การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมมุติฐานปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในระหว่าง (15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 – 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546) 96

ตารางที่ จ-4 การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมมุติฐานปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในระหว่าง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 –15 มกราคม พ.ศ. 2547) 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	ทิศทางลมมรสุม ที่พัดผ่านประเทศไทย	14
รูปที่ 2.2	การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมกับความสูงบนพื้นที่ผิวชนิดต่างๆ	16
รูปที่ 2.3	การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมที่ระดับต่างๆ กับการคงตัวของบรรยากาศ	16
รูปที่ 2.4 (ก)	การกระจายตัวของพลูมในบรรยากาศที่มีกระแสวนขนาดเล็กๆ	17
รูปที่ 2.4 (ข)	การกระจายตัวของพลูมในบรรยากาศที่มีกระแสวนขนาดใหญ่ๆ	17
รูปที่ 2.4 (ค)	การกระจายตัวของพลูมในบรรยากาศที่มีกระแสวนขนาดต่างๆกัน	17
รูปที่ 2.5	เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล	18
รูปที่ 2.6	อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง	20
รูปที่ 2.7	ส่วนประกอบของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน สเปกโทรโฟโตมิเตอร์	24
รูปที่ 2.8	กระบวนการคายแสงของหลอดฮอลโลว์คาโธด	25
รูปที่ 2.9	Flame atomization process	26
รูปที่ 2.10	กระบวนการแตกตัวของโลหะใน Flame atomization process	27
รูปที่ 2.11	ลักษณะของ calibration curve	29
รูปที่ 2.12	กราฟของวิธีเติมสารมาตรฐาน	30
รูปที่ 3.1	อุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นแบบ Passive sampling	34
รูปที่ 3.2	อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคลสำหรับการเก็บตัวอย่างภายในอาคารโรงงาน	35
รูปที่ 3.3	ตำแหน่งการตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบ passive sampling ณ บริเวณโรงงานที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ	36
รูปที่ 3.4	จุดเก็บตัวอย่างโดยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบ passive sampling ภายในโรงงงานที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ	37
รูปที่ 3.5	จุดเก็บตัวอย่างโดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างส่วนบุคคลภายในโรงงงานที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ	38
รูปที่ 3.6	จุดเก็บตัวอย่างแบบ passive sampling ที่บริเวณริมถนน ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.1	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการย่อยฝุ่นละอองด้วยวิธีมาตรฐาน VDI และวิธีไมโครเวฟ	43
รูปที่ 4.2	ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศเปรียบเทียบระหว่างวันที่ 15 พฤศจิกายน – 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 และวันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 – 15 มกราคม พ.ศ. 2547	44
รูปที่ 4.3	กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในฝุ่นละอองในเขตชุมชน 15 พฤศจิกายน –15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 (ช่วงที่หนึ่ง)	46
รูปที่ 4.4	กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในฝุ่นละอองในเขตชุมชนระหว่างวันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 – 15 มกราคม พ.ศ. 2547 (ช่วงที่สอง)	47
รูปที่ 4.5	กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในฝุ่นละอองในเขตอุตสาหกรรม 15 พฤศจิกายน –15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 (ช่วงที่หนึ่ง)	48
รูปที่ 4.6	กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในฝุ่นละอองในเขตอุตสาหกรรม วันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 – 15 มกราคม พ.ศ. 2547 (ช่วงที่สอง)	50
รูปที่ ค-1	แผนที่จุดเก็บตัวอย่างสนามกีฬา	68
รูปที่ ค-2	แผนที่จุดเก็บตัวอย่างซอยจินดา	68
รูปที่ ค-3	แผนที่จุดเก็บตัวอย่างคณะวิทยาศาสตร์	69
รูปที่ ค-4	แผนที่จุดเก็บตัวอย่างสำนักหอสมุดกลาง	69
รูปที่ ค-5	แผนที่จุดเก็บตัวอย่างคณะเทคโนโลยีการเกษตร	70
รูปที่ ค-6	แผนที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณวัด	71
รูปที่ ค-7	แผนที่จุดเก็บตัวอย่างโรงเรียน	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์และคำย่อ

Cd	(Cadmium)	แคดเมียม
Cu	(Copper)	ทองแดง
Cr	(Chromium)	โครเมียม
Ni	(Nickel)	นิกเกิล
Pb	(Lead)	ตะกั่ว
Mn	(Manganese)	แมงกานีส
mg/m^3	(Miligram per cubic meter)	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ppm	(Part per million)	หนึ่งส่วนในล้านส่วน
mg/L	(Miligram per liter)	มิลลิกรัมต่อลิตร
ml	(Mililiter)	มิลลิลิตร
ACGIH		American Conference of Government Industrial Hygientists
TLV – TWA		The Threshold Limit Value – Time Weight Average
OSHA		Occupational Safety and Health Acts
NIOSH		National Institute for Occupational Safety and Health
TCD		Thermal conductivity Detector
XRD		X – ray diffraction
PET		Polyethylene terephthalate
PVC		Polyvinyl chlorine
PM_{10}		Particulate matter diameter less than 10 μ
TSP		Total Suspended Particulate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของโครงงานวิจัย

ฝุ่นละออง (dust) ในบรรยากาศ เป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญในเมืองใหญ่ของหลาย ๆ ประเทศ ซึ่งฝุ่นละอองในอากาศนั้นหมายความรวมถึงอนุภาคของแข็งและของเหลวซึ่งแพร่กระจายอยู่ในอากาศ เช่น ฝุ่นจากการจราจรในเมือง การเกษตรกรรม การก่อสร้างรื้อถอนอาคารบ้านเรือน และจากอุตสาหกรรม (วงศ์พันธ์และคณะ, 2543) จากการศึกษาวิจัยในเมืองต่างๆ ทั่วโลกแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างระดับของการสัมผัสฝุ่นละอองในอากาศกับอัตราการเสียชีวิตก่อนเวลาอันสมควรของประชาชนและการเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ

โลหะหนักในฝุ่นละออง เกิดจากการที่อนุภาคโลหะหนักมีการเคลื่อนย้ายจากแหล่งกำเนิดพัดพาไปพร้อมกับฝุ่นละออง และตกตัวไปยังพื้นที่ต่างๆ ดังนั้นการวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่นละอองจะทำให้ทราบปริมาณโลหะหนักที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ

แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองและมลพิษทางอากาศที่สำคัญ คือ โรงงานอุตสาหกรรม และการจราจร ซึ่งมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ในขณะที่มลพิษจากการจราจรเกิดจากกระบวนการสันดาปน้ำมันเชื้อเพลิงของยานยนต์ หากไม่มีการควบคุมมลพิษนี้ ณ จุดกำเนิดจะทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองไปยังที่ต่างๆ ทั้งนี้ระยะทางและทิศทางในการแพร่กระจายจะขึ้นอยู่กับความเร็วลม ทิศทางลม และปัจจัยอื่นๆทางอุตุนิยมวิทยา

การเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นเนื่องจากมลพิษทางอากาศมีตั้งแต่อาการเจ็บป่วยเล็กน้อย เช่น อาการไอ หายใจไม่สะดวก ไปจนถึงอาการเจ็บป่วยเฉียบพลันรุนแรงและเรื้อรัง เช่น อาการหอบหืด หลอดลมอักเสบเรื้อรัง และปอดอักเสบจากฝุ่น เมื่อหายใจเอาฝุ่นละออง และมลสารเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ จะก่อให้เกิดอาการระคายเคืองและทำลายเนื้อเยื่อของปอด ซึ่งหากได้รับฝุ่นละอองในปริมาณมากหรือเป็นระยะเวลานานๆ จะสามารถสะสมในเนื้อเยื่อปอดเกิดเป็นพังผืดหรือแผลขึ้นได้ และมีโอกาสที่จะเป็นโรคทางระบบทางเดินหายใจได้ ในกรณีที่ฝุ่นละอองมีองค์ประกอบของโลหะหนักอยู่ด้วยนั้น ระดับความรุนแรงและชนิดของโรคที่เกิดจะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในฝุ่นละอองนั้น

งานวิจัยนี้เป็นการตรวจวัดชนิดปริมาณฝุ่นละอองและปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในอากาศบริเวณโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของแหล่งกำเนิดที่เกิดจากโรงงานอุตสาห-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรม และริมถนนบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของแหล่งกำเนิดที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จากรถยนต์ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยสามารถบอกถึงระดับมลพิษทางอากาศ เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงระดับความปลอดภัยด้านอาชีวอนามัยของพนักงานที่ทำงานภายในโรงงานและประชาชนที่อาศัยอยู่รอบโรงงาน และบริเวณจราจรหนาแน่น ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาเป็นแนวทางในการจัดการระบบสิ่งแวดล้อมให้ได้มาตรฐาน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองในบริเวณเขตชุมชนและเขตอุตสาหกรรม

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละออง ได้แก่ แคดเมียม (Cd), โคร-เมียม (Cr), ทองแดง (Cu), นิกเกิล (Ni), ตะกั่ว (Pb) และแมงกานีส (Mn) ในฝุ่นละอองที่อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ในบริเวณเขตชุมชนและเขตอุตสาหกรรม

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ทำการเปรียบเทียบวิธีการย่อยฝุ่นตามวิธีมาตรฐาน VDI (Verein Deutscher Ingenieure) กับวิธีการย่อยด้วยวิธีไมโครเวฟ

1.3.2 การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองโดยการชั่งน้ำหนัก ทำการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละออง ได้แก่ แคดเมียม (Cd), โคร-เมียม (Cr), ทองแดง (Cu), นิกเกิล (Ni), ตะกั่ว (Pb) และแมงกานีส (Mn) โดยทำการย่อยด้วยเครื่องไมโครเวฟ และตรวจวัดด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

1.3.3 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเพื่อตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองและโลหะหนักในฝุ่นละอองในอากาศจากบริเวณภายในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแบบวิธี active sampling ซึ่งใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล และเก็บฝุ่นละอองแบบวิธี passive sampling โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง Bergerhoft ในการเก็บฝุ่นภายในและภายนอกโรงงานและริมถนนบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบปริมาณฝุ่นละอองในอากาศภายใน ภายนอกโรงงานและริมถนนบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4.2 ทราบชนิดและปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในอากาศของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงอันตรายที่มีต่อสุขภาพอนามัยของพนักงานในโรงงาน และประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบโรงงาน

1.4.3 ทราบชนิดและปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในอากาศริมถนนบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4.4 สามารถนำข้อมูลจากกการวิจัยมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองในบรรยากาศ หมายถึง อนุภาคที่เป็นทั้งของเหลวและของแข็ง ซึ่งแพร่กระจายอยู่ในอากาศ โดยทั่วไปมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ 0.0002 ไมครอน (ขนาดใกล้เคียงกับโมเลกุลของสสาร) จนถึงขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดใหญ่สามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ 2 - 3 นาที จะตกลงสู่พื้นด้วยแรงดึงดูดของโลกและแรงลม ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมักเป็นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เนื่องจากมีความเร็วในการตกลงสู่พื้นต่ำ หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนของอากาศ และกระแสลม เป็นต้น จะทำให้สามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมากขึ้น (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543)

แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภท

1) ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยทั่วไปจะเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ ได้แก่ ดิน ทราย หิน ละอองไอน้ำ เขม่าควันจากไฟป่า และละอองเกลือจากน้ำทะเล
2) ฝุ่นละอองที่เกิดจากมนุษย์สร้างขึ้น โดยทั่วไปจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ก่อให้เกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ ได้แก่
   - ฝุ่นจากกระบวนการเผาไหม้ เช่น เขม่าจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล ฝุ่นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในโรงงานอุตสาหกรรม ฝุ่นที่เกิดจากการเผาขยะ เป็นต้น
   - ฝุ่นจากการก่อสร้าง เช่น ก่อสร้างอาคาร ถนน เป็นต้น
   - ฝุ่นจากการประกอบการอุตสาหกรรม เช่น การทำปูนซีเมนต์ การโม่บดหรือย่อยหิน และอื่น ๆ เป็นต้น
   - ละอองที่เกิดจากตัวทำละลายต่าง ๆ หรือฟูมของโลหะจากโรงงานอุตสาหกรรม

ผลกระทบของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

1. ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย

หากมีการหายใจเอาฝุ่นละอองที่ปะปนในอากาศเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า 15 ไมครอน จะถูกดักจับที่ระบบทางเดินหายใจส่วนต้น ในส่วนของจมูกและลำคอ ซึ่งจะถูกขับออกมาพร้อมเสมหะ ส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) (inhale dust) จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เพราะสามารถแทรกตัวลึกเข้าไปถึงระบบทางเดินหายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนล่างสู่เนื้อเยื่อปอด และนำสารอันตรายเข้าสู่ร่างกาย โดยกลุ่มเสี่ยงที่ได้รับผลกระทบได้ง่าย ได้แก่ เด็ก ผู้สูงอายุ และผู้ที่มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ เช่น ผู้ป่วยโรคปอด ไข้หวัดใหญ่ และโรคหืด เป็นต้น

2. ผลกระทบต่อทัศนวิสัย

ฝุ่นละอองจะลดความสามารถในการมองเห็น เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศที่เป็นทั้งของแข็งและของเหลวสามารถดูดซับและหักเหแสงได้ ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด ความหนาแน่น และองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้นๆ

3. ผลกระทบต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้าง

เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ต่างกันทำให้ส่งผลกระทบต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้างได้ เช่น การสึกกร่อนของโลหะ การทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง การเสื่อมคุณภาพของผลงานทางศิลปะ และความสกปรกต่อวัตถุ เป็นต้น

2.2 โลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป มีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 23 - 92 ภายในคาบที่ 4 - 7 ของตารางธาตุ มีจำนวนทั้งหมด 68 ธาตุ โลหะหนักมีสถานะเป็นของแข็ง (ยกเว้น ปรอทที่เป็นของเหลวเมื่ออยู่ในสภาวะอุณหภูมิปกติ) สมบัติทางกายภาพของโลหะหนักคือ นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี มีความมันวาว เหนียว สามารถนำมาตีเป็นแผ่นบาง ๆ ได้ และสะท้อนแสงได้ดี ส่วนสมบัติทางด้านเคมีที่สำคัญของโลหะหนักคือ มีค่าออกซิเดชันได้หลายค่า ดังนั้นโลหะหนักจึงสามารถที่จะรวมกับสารอื่นเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complex compounds) ได้หลายรูปซึ่งเสถียรกว่าโลหะอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ (organo-metallic compounds) ซึ่งสามารถแพร่กระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อม โดยปนเปื้อนในดิน น้ำ และอากาศ และถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตได้โดยผ่านห่วงโซ่อาหาร (food chain) โลหะหนักหลายชนิดมีสมบัติเป็นอันตรายร้ายแรงเมื่อเข้าไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจมีผลทำให้สิ่งมีชีวิตเจ็บป่วยหรือตายได้

โลหะหนักสามารถจัดแบ่งโดยอาศัยแนวโน้มความเป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อมเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มโลหะที่มีแนวโน้มความเป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อมสูงมาก ได้แก่ As, Au, Cd, Cu, Cr, Hg, Pb, Sb, Sn, Te และ Zn และกลุ่มโลหะที่มีแนวโน้มความเป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อมสูงรองลงมา ได้แก่ Ba, Bi, Fe, Mo, Ti และ U (Culp และ Culp , 1974) ความเป็นพิษของโลหะเหล่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะหนักและปริมาณที่มนุษย์ได้รับเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 คุณสมบัติต่าง ๆ ของโลหะหนัก

คุณสมบัติต่าง ๆ ของโลหะหนักที่ทำการศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

(www.anamai.moph.go.th/chemnet/data)

2.2.1.1 แคดเมียม

1. รายละเอียดเกี่ยวกับสารเคมี

ชื่อสารเคมี : Cadmium (แคดเมียม)

ชื่อทางการค้า : แคดเมียม; Cadmium metal; Mossy cadmium

สูตรโครงสร้าง : Cd น้ำหนักโมเลกุล : 112.4

CAS Registry Number : 7440-43-9

2. ข้อมูลทางกายภาพและเคมี

จุดเดือด : 765 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว : 322 องศาเซลเซียส

ความถ่วงจำเพาะ : 8.65 ความดันไอ : ----

การละลายน้ำ : ไม่ละลายน้ำ

ลักษณะสีและกลิ่น : เป็นโลหะสีเงิน ไม่มีกลิ่น

3. การใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม :

เป็นส่วนประกอบของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ใช้ในการเคลือบเหล็ก เหล็กกล้า และวัสดุอื่น ๆ ในการทำชิ้นส่วนของรถยนต์ เครื่องบิน อุปกรณ์ทางทะเล และเครื่องมือทางอุตสาหกรรม

4. ข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพ

ทางเข้าสู่ร่างกาย : ทางการสัมผัส การหายใจและการกิน

อันตรายเฉียบพลัน :

- การสัมผัสผิวหนัง : สารเคมีนี้เป็นโลหะที่ไม่มีการดูดซึมผ่านทางผิวหนัง จึงไม่มีผลอันตรายทางผิวหนัง เว้นแต่อาจทำให้เกิดการระคายเคืองเล็กน้อย หากสัมผัสสารเคมีในรูปฝุ่นผงโลหะ หรืออาจมีอาการแพ้จากผิวหนังอักเสบได้
- การสัมผัสตา : ฝุ่นผงของโลหะแคดเมียม จะทำให้เกิดการระคายเคืองตา
- การหายใจ : ฝุ่นผงโลหะแคดเมียมจะทำให้เกิดการระคายเคืองเยื่อบุของระบบทางเดินหายใจ เกิดอาการแห้งของปากและลำคอ ปวดศีรษะ คลื่นไส้ ง่วงซึม และอาจถึงขั้นเสียชีวิตได้ โดยอาจมีอาการของ Metal fume fever และปอดบวมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การกลืนกิน : มีอันตรายและอาจถึงกับเสียชีวิตได้ โดยอาจมีอาการปวดท้อง

อันตรายแบบเรื้อรัง :

การสัมผัสสารเคมีซ้ำ ๆ เป็นระยะเวลานาน ๆ จะมีอันตรายต่อปอดและไต อาจเกิดโลหิตจาง รวมทั้งอาจมีผลในการเกิดมะเร็งและมีผลต่อการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ (Teratogenicity)

5. ค่ามาตรฐานความปลอดภัย

ประกาศกระทรวงมหาดไทย : ค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง
ฟูมแคดเมียม 0.1 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร,
ฝุ่นแคดเมียม 0.2 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ACGIH Cadmium : TLV-TWA = 10 mg/m^3 (Metal dust)
TLV-TWA = 5 mg/m^3 (Pyro powder)

2.2.1.2 โครเมียม

1. รายละเอียดเกี่ยวกับสารเคมี

ชื่อทางเคมี : Chromium (โครเมียม)

ชื่อทางการค้า : โครเมียม; Chrome; Elemental chromium

สูตรทางเคมี : Cr น้ำหนักโมเลกุล : 52.00

CAS Registry Number : 07440-47-3

2. ข้อมูลทางกายภาพและเคมี

จุดเดือด : 2,200 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว : 1,900 องศาเซลเซียส

ความถ่วงจำเพาะ : 7.14 ความดันไอ : 0 มิลลิเมตรปรอท

การละลายน้ำ : ละลายในน้ำได้เล็กน้อย (<0.1%)

ลักษณะสีและกลิ่น : เป็นโลหะสีเทา เป็นเงามัน ไม่มีกลิ่น อาจมีลักษณะเป็นก้อนแท่งหรือผง

3. การใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม :

เป็นส่วนประกอบของเหล็กกล้าและอัลลอยด์ ใช้เป็นสารเคลือบผิวโลหะหนัก และพลาสติก ใช้สังเคราะห์สารให้สีชนิดอนินทรีย์ (inorganic pigments) ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตโลหะหนัก การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพ

การเข้าสู่ร่างกาย : ทางการหายใจ การสัมผัส และการกิน

อันตรายแบบเฉียบพลัน :

- การสัมผัสผิวหนัง : ฝุ่นโครเมียมไม่มีผลระคายเคืองผิวหนังโดยตรง แต่อาจเกิดการระคายเคืองได้จากน้ำยาล้างฝุ่นโครเมียม (rigorous)
- การหายใจ : ฝุ่นโครเมียมมีพิษน้อยต่อระบบทางเดินหายใจ อันตรายที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากฝุ่นหรือไอโลหะหรือฟูมของโครเมียม ทำให้ระคายเคืองทางเดินหายใจ เป็นไข้ซึ่งเรียกว่า Metal fume fever ซึ่งจะมีอาการคล้ายเป็นไข้ทั่วไป แต่จะมีความรู้สึกคล้ายรสขมโลหะในปาก เป็นไข้ หนาวสั่น ปวดกล้ามเนื้อได้นานถึง 24 ชั่วโมงภายหลังการได้รับสารโครเมียม
- การกลืนกิน : โครเมียมไม่ดูดซึมเข้าสู่ร่างกายผ่านทางระบบทางเดินอาหาร และมีพิษต่อระบบทางเดินอาหารน้อยมาก ดังนั้นโครเมียมจึงถูกขจัดออกจากร่างกายโดยปะปนมากับอุจจาระได้

อันตรายเรื้อรัง :

- ทางผิวหนัง : เมื่อสัมผัสผิวหนังเป็นระยะเวลานานอาจมีผลทำให้เป็นโรคภูมิแพ้จากพิษของโครเมียม เรียกว่า Chrome Allerg
- ทางการหายใจ : พบว่าอาจมีอันตรายต่อปอดแต่ยังไม่มีรายงานชัดเจน ฝุ่นของโครเมียมจะไปสะสมในปอด และทำให้เกิดภูมิแพ้ได้

5. ค่ามาตรฐานความปลอดภัย

ประกาศกระทรวงมหาดไทย : ปว. 103 = 1 mg/m^3

ACGIH Chromium : TLV-TWA = 0.5 mg/m^3 (Chromium metal and Cr (III) compounds)

2.2.1.3 ทองแดง

1. รายละเอียดเกี่ยวกับสารเคมี

ชื่อทางเคมี : Copper (ทองแดง)

ชื่อทางการค้า : ทองแดง; Cuiure; C.I. Pigment metal 2; Copper metal dust; Copper metal mist

สูตรทางเคมี : Cu น้ำหนักโมเลกุล : 63.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CAS Registry Number : 07440-50-8

2. ข้อมูลทางกายภาพและเคมี

จุดเดือด : 2,595 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว : 1,083 องศาเซลเซียส

ความถ่วงจำเพาะ : 8.92 (เมื่อเทียบกับน้ำ, น้ำ = 1)

ความดันไอ : 0 มิลลิเมตรปรอท การละลายน้ำ : ----

ลักษณะสีและกลิ่น : ลักษณะเป็นก้อนโลหะสีแดง ไม่มีกลิ่น

3. การใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม :

ใช้ในการทำอัลลอยด์ชนิดบรอนซ์ (Bronze) และทองเหลือง (Brass) เป็นส่วนผสมในตัวนำอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical conductors) เป็นส่วนประกอบในการสร้างวัสดุเครื่องมุงหลังคาและสายดิ่ง กระสุนปืน การเตรียมเกลือทองแดงงานศิลป์ การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า และอุตสาหกรรมผลิตสารกำจัดศัตรูพืช

4. ข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพ

การเข้าสู่ร่างกาย : ทางการหายใจ และทางการกิน

อันตรายเฉียบพลัน :

- การสัมผัสผิวหนัง : ทำให้ระคายเคือง
- การสัมผัสตา : ฝุ่นหรือผงทองแดงอาจมีผลระคายเคืองตาและทำให้ตาบอดได้
- การหายใจ : การหายใจไอโลหะหรือฟูมของทองแดงอาจทำให้เกิดไข้โลหะ (Metal fume fever) ได้ ซึ่งจะมีอาการมีรสขมโลหะในปาก เป็นไข้หนาวสั่น ปวดศีรษะ ไอ เจ็บหน้าอก ซึ่งอาการอาจแสดงในเวลา 2 - 3 ชั่วโมงหรือภายใน 1 - 2 วัน ภายหลังได้รับสารนี้
- การกลืนกิน : ----

อันตรายเรื้อรัง :

ทำให้ระคายเคืองจมูกและอาจทำให้จมูกเป็นแผลได้ ทำให้เป็นโรคภูมิแพ้ที่ผิวหนัง โดยจะมีอาการผื่นแดงและคัน ผิวหนังบาง ผมและผิวหนังอาจเปลี่ยนเป็นสีเขียวคล้ำถ้าได้รับทองแดงเป็นระยะเวลานานและในระดับความเข้มข้นสูงมาก จะมีผลทำลายตับได้

5. ค่ามาตรฐานความปลอดภัย

ประกาศกระทรวงมหาดไทย : ปว. 103 = 0.1 mg/m^3 (ฟูมของทองแดง)

1 mg/m^3 (ฝุ่นหรือละอองของทองแดง)

ACGIH Copper : TLV-TWA = 1 mg/m^3 (dusts and mists as Cu)

TLV-TWA = 0.2 mg/m^3 (cotton dust, raw)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.4 แมงกานีส

1. รายละเอียดเกี่ยวกับสารเคมี

ชื่อทางเคมี : Manganese (แมงกานีส)

ชื่อทางการค้า : แมงกานีส; Colloidal manganese; Manganese-55; Manganese metal

สูตรทางเคมี : Mn น้ำหนักโมเลกุล : 54.9

CAS Registry Number : 07439-96-5

2. ข้อมูลทางกายภาพและเคมี

จุดเดือด : ---- จุดหลอมเหลว : ----

ความถ่วงจำเพาะ : 0.721 การละลายน้ำ : สลายตัวในน้ำ

ความดันไอ : 1 บรรยากาศที่ 1,226.7 องศาเซลเซียส

3. การใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม :

ใช้ในการผลิตเหล็ก ถ่านไฟฉาย และโปแตสเซียมเปอร์มังกาเนต

4. ข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพ

การเข้าสู่ร่างกาย : ทางการหายใจ การสัมผัส และการกิน

อันตรายเฉียบพลัน

- การสัมผัสผิวหนัง : อาจทำให้เกิดการระคายเคือง
- การสัมผัสตา : อาจทำให้เกิดการระคายเคือง
- การหายใจ : การหายใจเอาฟูมของโลหะแมงกานีสที่ถูกทำให้ร้อนเข้าสู่ร่างกาย มีอันตรายมาก

อันตรายเรื้อรัง :

การสัมผัสแมงกานีสซ้ำๆ เป็นเวลานาน ๆ มีผลทำให้เกิดการทำลายสมอง ซึ่งเริ่มด้วยอาการอ่อนแอไม่อยากอาหาร ง่วงนอน สูญเสียการควบคุมการพูด สูญเสียการทรงตัว การควบคุมใบหน้า และมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นตะคริว กล้ามเนื้อสั่น อาการคล้ายโรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease) และอาจมีผลระคายเคืองต่อปอด เม็ดเลือดแดงลดลง และทำลายตับและไตได้

5. ค่ามาตรฐานความปลอดภัย

ประกาศกระทรวงมหาดไทย : ปว. 103 = 5 mg/m^3

ACGIH Manganese : TLV-TWA = 0.2 mg/m^3(Manganese dust and compounds)

TLV-TWA = 0.1 mg/m^3(Manganese cyclopentadienyl tricarbonyl)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.5 นิกเกิล

1. รายละเอียดเกี่ยวกับสารเคมี

ชื่อทางเคมี : Nickel (นิกเกิล)

ชื่อทางการค้า : นิกเกิล; Nickel metal; C.I. 77775; Raney alloy

สูตรทางเคมี : Ni น้ำหนักโมเลกุล : 58.7

CAS Registry Number : 07440-02-0

2. ข้อมูลทางกายภาพและเคมี

จุดเดือด : 2,837 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว : 1,555 องศาเซลเซียสความ

ถ่วงจำเพาะ : 8.9 การละลายน้ำ : ไม่ละลายน้ำ

ความดันไอ : 0 มิลลิเมตรปรอทที่ 20 องศาเซลเซียส

ลักษณะสีและกลิ่น : เป็นโลหะสีเงิน หรืออาจอยู่ในรูปของผงโลหะสีเงิน ไม่มีกลิ่น

3. การใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม :

ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ผลิตเหรียญกษาปณ์ แบตเตอรี่ สารเร่งปฏิกิริยา และอัลลอยด์ของโลหะ เช่น สแตนเลสสตีล (เหล็กกล้า)

4. ข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพ

ทางเข้าสู่ร่างกาย : ทางการสัมผัส การหายใจและการกิน

อันตรายเฉียบพลัน :

- การสัมผัสผิวหนัง : ทำให้เกิดระคายเคืองผิวหนัง คัน เป็นผื่นแดง และมีอาการแพ้สารเคมี
- การสัมผัสตา : ทำให้เกิดการระคายเคืองตา
- การหายใจ : เกิดอาการแพ้สารเคมีของปอดทำให้มีอาการคล้ายหอบหืด
- การกลืนกิน : ระคายเคืองระบบทางเดินอาหาร (แต่ไม่ค่อยพบกรณีนี้)

อันตรายเรื้อรัง :

ฝุ่นนิกเกิลถูกจัดว่าเป็นสารก่อมะเร็งในห้องทดลองและอาจเป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งปอดในสัตว์ทดลองและอาจมีผลต่อระบบสืบพันธุ์ด้วย นอกจากนี้ ผลเรื้อรังจากการสัมผัสนิกเกิล ได้แก่ เกิดการแพ้ของผิวหนังซึ่งประกอบด้วยอาการมีแผลไหม้ คัน เป็นผื่นแดง มีอาการแพ้ของปอด คล้ายการเป็นหอบหืด และแน่นหน้าอก

5. ค่ามาตรฐานความปลอดภัย

ประกาศกระทรวงมหาดไทย : ปว.103 = 1 mg/m^3 ปริมาณที่กำหนดให้มีได้ในครอบครองโดยไม่จัดเป็นสารเคมีอันตราย คือ 1 ตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACGIH Nickel : Metal : TLV - TWA = 1 mg/m^3

Insoluble compounds, as Nickel : TLV-TWA = 1 mg/m^3

Soluble compounds, as Nickel : TLV-TWA = 0.1 mg/m^3

2.2.1.6 ตะกั่ว

1. รายละเอียดเกี่ยวกับสารเคมี

ชื่อทางเคมี : Lead (ตะกั่ว)

ชื่อทางการค้า : ตะกั่ว; Lead metal; Metallic lead; Plumbum

สูตรทางเคมี : Pb น้ำหนักโมเลกุล : 207.2

CAS Registry Number : 07439-92-1

2. ข้อมูลทางกายภาพและเคมี

จุดเดือด : 1,740 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว : 327 องศาเซลเซียส

ความถ่วงจำเพาะ : 11.3

การละลายน้ำ : ละลายน้ำได้น้อยมากหรืออาจไม่ละลายน้ำ

ความดันไอ : 0 มิลลิเมตรปรอทที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ลักษณะสีและกลิ่น : เป็นโลหะหนัก สีเงินอมเทา

3. การใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม

มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรม เนื่องจากคุณสมบัติของตะกั่ว ซึ่งมีความหนาแน่นสูง, มีความอ่อนตัว, จุดหลอมเหลวต่ำ, ทนต่อการกัดกร่อน และสามารถหยุดรังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ได้

4. ข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพ

ทางเข้าสู่ร่างกาย : ทางการสัมผัส การหายใจและการกิน

อันตรายเฉียบพลัน :

- การสัมผัสผิวหนัง : ผงของโลหะอาจทำให้เกิดการระคายเคืองผิวหนังได้
- การสัมผัสตา : ทำให้เกิดการระคายเคืองตา
- การหายใจ : การสัมผัสสารเคมีที่ปริมาณสูงๆจะทำให้เกิดเป็นลม หมดสติได้ แต่ส่วนใหญ่แล้วอาการต่าง ๆ ที่เกิดจากการสัมผัสตะกั่วมักเกิดขึ้นภายหลังจากการสัมผัสในหลายสัปดาห์หรือหลายเดือนต่อมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การกลืนกิน : ระคายเคืองระบบทางเดินอาหาร และจะทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกายและเกิดอันตรายในลักษณะเรื้อรัง

อันตรายเรื้อรัง :

การสัมผัสสารเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกาย อาจพบเส้น Lead line ที่เหงือก หรือมีการสะสมตะกั่วที่ไขกระดูก ถ้ามีปริมาณต่ำอาจทำให้เกิดการอ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย อารมณ์เปลี่ยนแปลง ปวดศีรษะ มีปัญหาเกี่ยวกับกระเพาะอาหาร ปวดท้อง (Colic) ท้องผูก นอนไม่หลับ ถ้ามีในการสะสมของตะกั่วในร่างกายในปริมาณสูง เช่น ตะกั่วซัลไฟด์จะทำให้เกิดอาการปวดเมื่อยตัว อ่อนเพลีย มีปัญหาเกี่ยวกับความทรงจำและสมาธิ และอาจมีผลทำลายสมองและไตอย่างถาวรได้ รวมทั้งยังมีผลทำให้ความดันโลหิตสูงขึ้นและโลหิตจางด้วย ส่วนตะกั่วอนินทรีย์ เช่น โลหะตะกั่วนั้นทำให้เป็นโรคเก๊าท์ (Gout) ได้ นอกจากนี้ตะกั่วยังเป็นสารที่มีผลต่อทารกในครรภ์ (Teratogen) ดังนั้นควรปฏิบัติงานด้วยความระมัดระวัง จึงควรสัมผัสในปริมาณที่ต่ำสุดเท่าที่จะทำได้ อาการเรื้อรังจากการสัมผัสตะกั่วจะเกิดขึ้นจากการสัมผัสไปแล้วระยะหนึ่ง

5. ค่ามาตรฐานความปลอดภัย

ประกาศกระทรวงมหาดไทย : ป.ว.103(2520) TWA = 0.2 mg/m^3

ยกเว้นตะกั่วอาร์ซีเนต (Lead arsenate)

ป.ว.103(2520)TWA = 0.15 mg/m^3

ACGIH Lead : TLV-TWA = 0.15 mg/m^3 (ฝุ่นและฟูมของตะกั่ว)

2.3 ความรู้พื้นฐานด้านอุตุนิยมวิทยา

2.3.1 บรรยากาศทั่วไป

บรรยากาศมีอยู่หลายชั้นและสูงหลายร้อยกิโลเมตรจากพื้นโลก แต่บรรยากาศที่มลพิษจะแพร่กระจายอยู่นั้นเป็นชั้นโทรโพสเฟียร์ (Troposphere) ซึ่งก็มีความสูงประมาณ 10 กิโลเมตร จากพื้นโลก และชั้นที่มลพิษแพร่กระจายจะถูกจำกัดอยู่ในชั้นซึ่งมีความสูงประมาณ 1.5 กิโลเมตร เป็นส่วนใหญ่ ในเชิงอุตุนิยมวิทยา หมายถึงว่า เป็นบรรยากาศชั้นล่างสุดของโลก

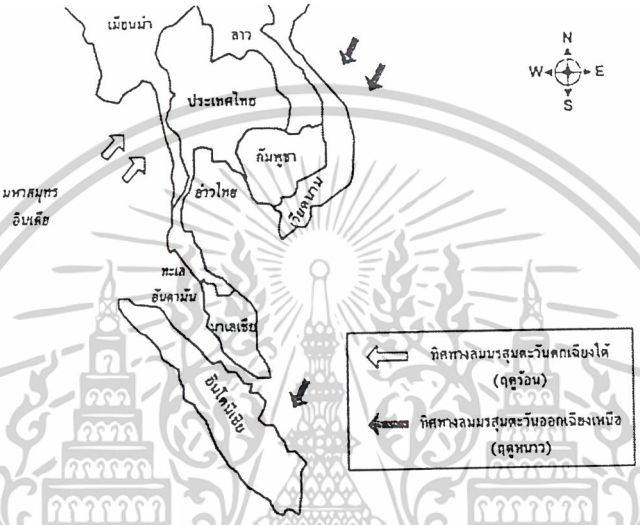
บรรยากาศชั้นล่างสุดนี้ ได้รับอิทธิพลจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งมายังผิวโลก และต้องถ่ายทอดพลังงานความร้อนของผิวโลกในรูปต่างๆ เช่น ทำให้เกิดลม การระเหยของน้ำ ฝนตก และมลพิษต่างๆที่เกิดบนผิวโลก ก็จะถ่ายทอดไปสู่บรรยากาศชั้นนี้

องค์ประกอบของอากาศในชั้นนี้ มีไนโตรเจน 78.048 % ออกซิเจน 20.946 % อาร์กอน 0.934 % คาร์บอนไดออกไซด์ 0.036 % โดยปริมาตร (นพภาพร และแสงสันต์, 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 สภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในทวีปเอเชีย มีทะเล คือ มหาสมุทรอินเดียอยู่ทางทิศตะวันตกของภาคใต้ และอ่าวไทยทางทิศตะวันออกของภาคใต้ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ทิศทางลมมรสุม ที่พัดผ่านประเทศไทย (นพภาพร และแสงสันต์, 2544)

ในฤดูร้อน ดวงอาทิตย์อยู่ทางซีกเหนือของโลก ทำให้แผ่นดินของประเทศไทยซึ่งอยู่ทางซีกเหนือมีความร้อนจากแสงอาทิตย์ และมวลอากาศยกตัวขึ้นเหนือแผ่นดิน ทำให้อากาศเหนือทะเลพัดเข้ามาแทนที่เป็นลมจากมหาสมุทรอินเดีย เรียกว่า ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนในฤดูหนาวจะกลับกัน เนื่องจากแผ่นดินมีความเย็น ในขณะที่อากาศเหนือทะเลมีความอุ่นกว่า อากาศเย็นจึงไหลจากแผ่นดินลงไป เรียกว่าลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (การเรียกทิศทางลม เรียกจากทิศที่ลมพัดมา)

2.3.3 การแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศ

แหล่งกำเนิดของมลสารแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ แหล่งเกิดแบบจุด (Point sources) แบบพื้นที่ (Area sources) และแบบเส้น (Line sources) มลสารเหล่านี้จะถูกกระจายไป หรือทำให้เข้มข้นมากขึ้นในบรรยากาศโดยความแตกต่างกันของสภาพอากาศ และสภาพสูงต่ำของภูมิประเทศ ในบางพื้นที่สภาพของอากาศและภูมิประเทศจะทำให้เกิดการสะสมของมลสารเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุให้เกิดการสึกหรอของสิ่งก่อสร้าง และกระทบกระเทือนต่อสุขภาพอนามัยและพืชผลอื่นๆ ในพื้นที่นั้น

การกระจายของมลสารในบรรยากาศมีกลไกที่สำคัญสามอย่างคือ (1) การเคลื่อนไหวของอากาศที่พามลสารไปตามลม (2) ความแปรปรวนของบรรยากาศที่ทำให้มลสารกระจายไปทุกทิศทุกทาง (3) การฟุ้งกระจายของมลเนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้น (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543)

2.3.3.1 ทิศทาง ความแปรปรวน และความเร็วลม

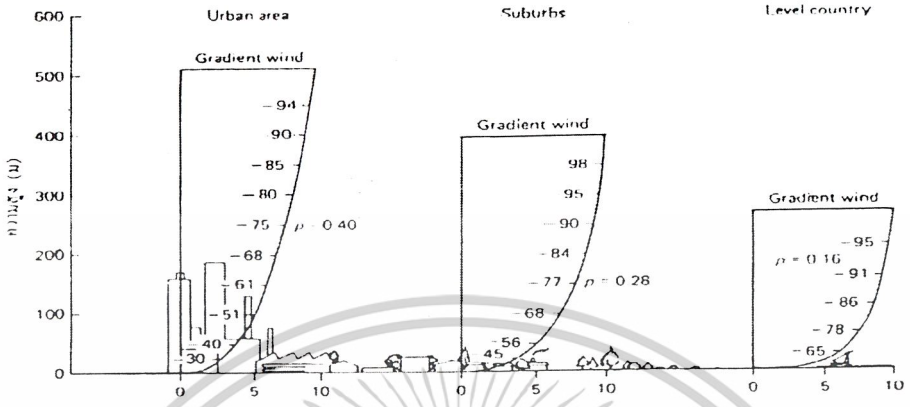
สารมลพิษทางอากาศหลักการปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดจะแพร่กระจายไปสู่บรรยากาศโดยอาศัยลม อย่างไรก็ตามทิศทางลมมักไม่ได้พัดในทิศทางเดียวกันตลอดเวลา สำหรับประเทศไทยนั้นความแน่นอนทางทิศทางลมมีน้อยมาก แม้แต่ในชั่วโมงหนึ่ง ๆ ลมก็อาจพัดไปได้หลายทิศทาง ทั้งนี้เพราะประเทศไทยเป็นเมืองร้อน มีแสงอาทิตย์ส่องมาก ทำให้อุณหภูมิพื้นดิน น้ำ กับอากาศมีความแตกต่างกันสูง(นพภาพร และแสงสันต์, 2544) ดังนั้นลมจะเกิดขึ้นจากการยกตัวของอากาศที่อยู่ใกล้พื้นดิน และการพัดเข้าไปแทนที่ของอากาศที่เย็นกว่า ตัวอย่างของลมในระดับท้องที่ ได้แก่ ลมทะเลเกิดขึ้นในเวลากลางวัน ส่วนลมบกจะเกิดขึ้นในเวลากลางคืน เพราะพื้นดินจะเย็นลงเร็วกว่าพื้นน้ำ ตัวอย่างระดับภูมิภาค ได้แก่ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เกิดในฤดูร้อน ส่วนในฤดูหนาว จะเกิดลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

การไหลของอากาศเรียกว่า เป็นการไหลแบบแปรปรวนเมื่อมีการเคลื่อนที่แบบกระแสวน กระแสวน (eddy) หมายถึง ส่วนของอากาศที่เคลื่อนไหวแบบอิสระ (random) ในลักษณะขึ้นลง (fluctuating) เช่นเดียวกับกระแสวนที่เกิดจากการไหลแปรปรวนในท่อหรือบนแผ่นเรียบ ในบรรยากาศเวลากลางวัน ความร้อนซึ่งเกิดจากแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดความแปรปรวนทางความร้อน ซึ่งจะช่วยให้การผสมของบรรยากาศเนื่องจากความแปรปรวนเพิ่มขึ้น ทำให้ความเร็วลมที่ระดับต่างๆสม่ำเสมอกว่าเวลากลางคืน ความแปรปรวนอีกแบบหนึ่งเกิดจากการเคลื่อนไหวของอากาศผ่านผิวโลกที่มีสิ่งกีดขวางซึ่งอาจเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือมนุษย์ทำขึ้น ความแปรปรวนนี้เรียกความแปรปรวนทางกล ในเวลาลมแรงความแปรปรวนทางกลจะเพิ่มขึ้นทำให้บรรยากาศผสมผสานกันดี

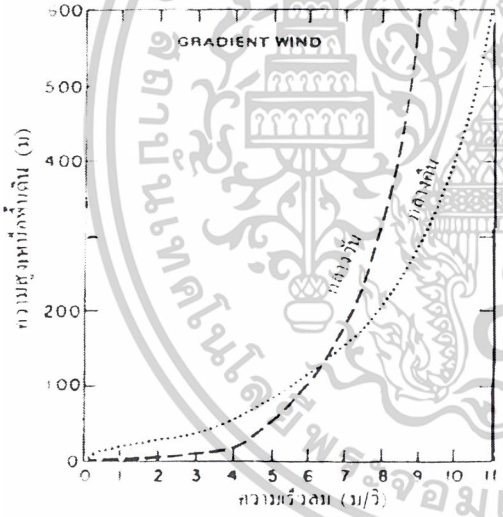
ความเร็วลมที่ระดับต่างๆ จะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของพื้นผิวโลกและเวลาของวัน ผลของลักษณะพื้นผิวโลกที่มีต่อความเร็วลมที่ระดับต่างๆ แสดงไว้ในรูป 2.2 เมื่อผิวโลกราบการไหลของอากาศจะสม่ำเสมอ เส้นความเร็วลมที่ระดับต่างๆจะชันมากใกล้ผิวโลก สำหรับผิวขรุขระกว่าจะมีความแปรปรวนทางกลเกิดขึ้น ทำให้เส้นความเร็วลมที่ระดับต่างๆชันน้อยกว่า รูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมที่ระดับต่างๆ เนื่องจากเวลาของวันหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพคงการคงตัว (stability) ของบรรยากาศเนื่องจากความแปรปรวนทางความร้อน



รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมกับความสูงบนพื้นที่ผิวชนิดต่างๆ (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543)



รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมที่ระดับต่างๆ กับการคงตัวของบรรยากาศ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้น ทำให้ความเร็วลมที่ใกล้พื้นดินน้อยกว่าความเร็วลมเกรเดียนท์

(วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543)

การเคลื่อนไหวแบบกระแสวนมีความสำคัญมากในการเจือจางของมลสาร ถ้าอากาศส่วนหนึ่งถูกแทนที่จากระดับหนึ่งไปอีกระดับหนึ่ง มักจะมีโมเมนตัมและพลังงานความร้อนติดตามไปด้วย ในเวลาเดียวกันมลสารที่อยู่ในอากาศนั้นจะถูกพัดพาไปด้วย ลักษณะการกระจายของพลูม (plume) หรือกลุ่มควันที่ออกมาจากปล่องไฟอย่างต่อเนื่องกันนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสวนในบรรยากาศนั้นๆ กระแสวนขนาดต่างๆ จะมีผลต่อการกระจายต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ในบรรยากาศที่มีแต่กระแสวนขนาดเล็ก หรือบรรยากาศที่ความแปรปรวนน้อย พลูมจะเคลื่อนที่เป็นแนวตรง ในขณะเดียวกันตัวของมันหรือพื้นที่หน้าตัดของมันจะค่อยๆเพิ่มขึ้น (ดังรูปที่ 2.4 ก.) ส่วนในที่ที่มีกระแสวนขนาดใหญ่ ใหญ่กว่าขนาดของพลูมมาก ซึ่งมักเกิดจากความแปรปรวนทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ความร้อนในตอนบ่ายที่มีแดดจัด พลูมจะเคลื่อนไหวเป็นวงกว้างแต่จะมีการกระจายออกของพลูมน้อย (รูปที่ 2.4 ข) กระแสวนที่ทำให้พลูมกระจายดีที่สุดคือกระแสวนที่มีขนาดใกล้เคียงกับพลูม โดยทั่วไปในบรรยากาศปกติในเวลากลางวันจะมีกระแสวนขนาดต่างๆกันมากมาย ซึ่งจะช่วยให้พลูมเคลื่อนที่เป็นวงกว้างและกระจายตัวได้ดีในขณะที่เคลื่อนที่ไปตามทิศทางของลม (รูปที่ 2.4 ค)

รูปที่ 2.4 (ก) การกระจายตัวของพลูมในบรรยากาศที่มีกระแสวนขนาดเล็กๆ พลูมในบรรยากาศที่มีความปั่นป่วนน้อยจะเคลื่อนที่เป็นแนวตรงในขณะเดียวกันพื้นที่หน้าตัดจะค่อยๆเพิ่มขึ้น

(ข) การกระจายตัวของพลูมในบรรยากาศที่มีกระแสวนขนาดใหญ่ๆ ถ้ากระแสวนทั้งหมดมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของพลูมมาก ขนาดของพลูมจะเพิ่มขึ้นน้อยมากแต่พลูมจะเคลื่อนที่เป็นวงกว้าง

(ค) การกระจายตัวของพลูมในบรรยากาศที่มีกระแสวนขนาดต่างๆกัน พลูมจะขยายตัวและเคลื่อนที่เป็นวงกว้างในขณะที่เคลื่อนที่ไปตามลม (เป็นสภาพปกติของบรรยากาศในเวลากลางวัน) (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543)

2.3.3.2 การแพร่กระจาย

การแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศนั้น เป็นกระบวนการเจือจางโดยแลกเปลี่ยนสถานที่ระหว่างมลพิษกับอากาศ เช่น มวลอากาศปกติมีการเคลื่อนที่ไปมา หากมีมลพิษทางอากาศอยู่ในมวลอากาศนั้นก็จะถูกพาไปด้วย ในขณะที่มวลอากาศที่ปราศจากมลพิษเข้ามาแทนที่ ส่วนการแพร่กระจายในระดับโมเลกุลนั้นมีผลน้อยกว่าประมาณ 1,000 เท่าขึ้นไป จะเห็นได้ว่า กระบวนการแพร่กระจายมลพิษทางอากาศ ซึ่งทำหน้าที่เจือจางสารพิษทางอากาศนั้นไม่ใช้กระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55550

แพร่กระจายแบบทฤษฎี แต่เป็นการแพร่กระจายที่เกิดจากความปั่นป่วนของอากาศ และทิศทางลมที่แปรผันไปก็มีผลต่อการแพร่กระจายด้วย (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543)

2.4 การเก็บตัวอย่างอากาศ

2.4.1 แบบ Active sampling

การเก็บตัวอย่างอากาศแบบ Active sampling เป็นการใช้วิธีทางฟิสิกส์และทางเคมีในการเก็บตัวอย่างมลพิษ หลักการทั่วไป วิธีนี้จะเกี่ยวข้องกับการใช้ปั๊มซึ่งจะทราบปริมาณอากาศที่ผ่านอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง เช่น กระดาษกรอง หรือสารเคมี และทราบเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง เมื่อเก็บตัวอย่างแล้วตัวอย่างจะถูกนำไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิเคราะห์ การเก็บตัวอย่างสามารถเก็บได้ในแต่ละวัน วิธีนี้เหมาะกับการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาสั้นๆ

วิธี Active sampling เหมาะสำหรับใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศที่มี ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) (www.doc.mmu.ac.uk/aricleae/english.html)

รูปที่ 2.5 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล (Personal air pump)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองด้วยเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคล (Personal air pump) ดังรูปที่ 2.5 และใช้วิธีตามมาตรฐานของ OSHA (OSHA, Method No. ID-121)

2.4.2 แบบ Passive sampling

วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศแบบ Passive sampling เป็นวิธีที่มีราคาถูกและเป็นวิธีที่ง่ายในการตรวจวัดคุณภาพอากาศ และเป็นตัวบ่งชี้ความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของมลพิษทางอากาศตั้งแต่หนึ่งอาทิตย์จนถึงหลายๆเดือน วิธีนี้เรียกว่า วิธี Passive sampling เนื่องจากไม่มีการใช้ปั๊มในการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างอากาศ วิธีนี้จะถูกควบคุมโดยวิธีการทางกายภาพ เช่น การแพร่กระจาย การตกลงมาของอนุภาคฝุ่นละออง

การศึกษานี้ จะทำตามวิธีมาตรฐาน Vereine Deutscher Ingenieure 2119 (VDI, 1996) โดยใช้ภาชนะที่ไม่มีฝาปิดตั้งอยู่บนขาตั้ง ตั้งในบริเวณที่ต้องการเก็บตัวอย่าง โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกในการทำให้อนุภาคฝุ่นละอองตกลงมาในภาชนะ ในการเก็บตัวอย่างครั้งหนึ่งจะใช้เวลาประมาณ 30±2 วัน จึงจะรวบรวมฝุ่นละอองที่เก็บได้มาทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ VDI 2267 (VDI, 1988)

2.4.2.1 วิธีมาตรฐาน Vereine Deutscher Ingenieure 2119 (VDI, 1996)

วิธีมาตรฐานนี้ได้อธิบายแนวทางในการตรวจวัดการตกของฝุ่นละอองในอากาศ ภาชนะเก็บตัวอย่างสามารถใช้ได้ทั้งแก้วและพลาสติก การใช้ภาชนะเก็บตัวอย่างที่เป็นพลาสติกจะช่วยหลีกเลี่ยงการสูญเสียตัวอย่างเนื่องจากการภาชนะเก็บตัวอย่างแตกเพราะสภาพเยือกแข็ง ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ถ้าใช้ภาชนะเก็บตัวอย่างที่เป็นแก้ว ผลการตกของฝุ่นละอองในภาชนะเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

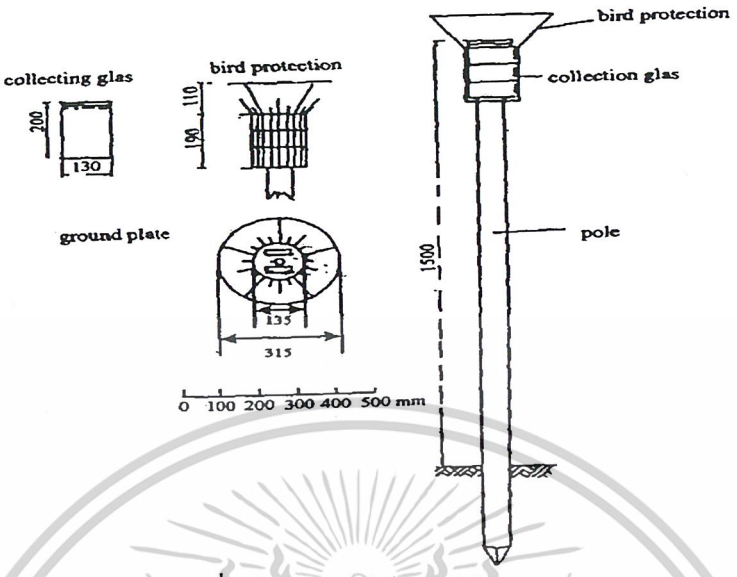
1) หลักการ

เก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นละอองที่มีอยู่ในอากาศใช้เวลาประมาณ 1 เดือน โดยตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างไว้ที่ความสูงระดับหายใจของมนุษย์ ตัวอย่างที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีกราวิเมตริก และรายงานผลในหน่วย $g/(m^2d)$ หรือ $mg/(m^2d)$

2) วัสดุและอุปกรณ์

- ภาชนะเก็บตัวอย่าง : ขวดโหลแก้ว หรือ กระป๋องพลาสติก
- ตะแกรงป้องกันนก : จะต้องทำให้มีขนาดพอดีกับภาชนะเก็บตัวอย่าง แสดงดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง (VDI, 1996)

2.1) ภาชนะเก็บตัวอย่างที่เป็นแก้ว

ภาชนะเก็บตัวอย่างที่ใช้จะเป็นขวดโหลซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5 cm และมีความจุ 1.5 L ถ้ามีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของโหลแก้วมีขนาด 8.9 cm พื้นที่ในการเก็บตัวอย่างควรจะมีขนาดเท่ากับ 62.2 cm^2 และควรมีฝาปิดด้วย

2.2) ภาชนะเก็บตัวอย่างที่เป็นพลาสติก

วัสดุที่ใช้ควรทำจากพลาสติกที่มีความทนทานต่อสภาพอากาศ และไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อตัวอย่าง ความเหมาะสมของกระป๋องพลาสติกที่ใช้ในการทดลองแสดงดังนี้

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก

d_a วัดที่ก้นกระป๋อง 8 cm $\leq d_a \leq$ 11.5 cm

เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน

d_a วัดที่ปากกระป๋อง 8 cm $\leq d_i \leq$ 12 cm

ความสูง h $1.5\, d_i \leq h \leq 12\, d_i$ (ไม่ควรเกิน 12 cm)

ความจุ V 1 L $\leq V \leq$ 2.5 L

พื้นผิวภายในกระป๋องพลาสติกควรจะเรียบและปราศจากมุมหรือส่วนนูน และกระป๋องควรจะมีฝาที่สามารถปิดได้สนิท

2.2.1) กระป๋อง Polyethylene (Soft)

ภาชนะเก็บตัวอย่างที่ทำมาจาก PE อ่อน จะต้องมีความจุ 2000 ml และมีปากกระป๋องกว้าง ความเหมาะสมของกระป๋องแสดงดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสูง	h = 18	cm
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน	d_i = 11.5	cm
พื้นที่เก็บตัวอย่าง	A = 103.9	cm^2
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก	d_a = 11.0	cm
ความจุ	V = 1.7	L

2.2.2) กระป๋อง Polyethylene (Hard)

ภาชนะเก็บตัวอย่างที่ทำมาจาก PE แข็ง จะต้องมีฝาที่สามารถปิดได้สนิทซึ่งจะช่วยในการเคลื่อนย้ายตัวอย่างได้อย่างปลอดภัย ความเหมาะสมของกระป๋องแสดงดังนี้

ความสูง	h = 21	cm
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน	d_i = 10.3	cm
พื้นที่เก็บตัวอย่าง	A = 83.2	cm^2
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก	d_a = 9.0	cm
ความจุ	V = 1.4	L

2.2.3) กระป๋อง Polyvinylidene fluoride (PVDF)

ภาชนะเก็บตัวอย่างที่ทำมาจาก PVDF จะมีคุณสมบัติเป็นพลาสติกชนิดเทอร์โมเซต ซึ่งจะมีความสามารถในการทนทานต่อการกัดกร่อนของตัวทำละลายสูง และมีความทนทานต่อสภาพอากาศสูง และมีอายุการใช้งานยาวนานแม้ว่าจะได้รับรังสีอุลตร้าไวโอเลต ความเหมาะสมของกระป๋องแสดงดังนี้

ความสูง	h = 25	cm
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน	d_i = 10.2	cm
พื้นที่เก็บตัวอย่าง	A = 83.6	cm^2
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก	d_a = 11.0	cm
ความจุ	V = 2	L

3) การติดตั้งจุดเก็บตัวอย่าง

กระป๋องเก็บตัวอย่างและตะแกรงป้องกันนกจะถูกประกอบขึ้นดังรูปที่ 2.6 และนำอุปกรณ์เก็บตัวอย่างไปยังบริเวณที่เก็บตัวอย่าง ซึ่งบริเวณจุดเก็บตัวอย่างจะต้องอยู่ห่างจากต้นไม้ หรือ ตึกในบริเวณนั้น ในการเลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างจะต้องสามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการรบกวนในการเก็บตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานที่ตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM (ASTM, 2001)

- อุปกรณ์เก็บตัวอย่างจะต้องตั้งอยู่กลางแจ้ง ซึ่งตัวอย่างจะถูกเก็บโดยปล่อยให้ตกลงตามแรงโน้มถ่วงของโลกเท่านั้น ซึ่งจะอิสระจากแหล่งมลภาวะ และสิ่งรบกวนจากการก่อสร้าง หรือสิ่งก่อสร้างสูงอื่น ๆ
- จะต้องเป็นสถานที่ที่สามารถเข้าไปติดตั้งได้ง่ายและปลอดภัยจากการถูกรบกวน เช่น การถูกขโมยอุปกรณ์ การถูกทำลายอุปกรณ์
- บริเวณที่ตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างต้องไม่มีสิ่งก่อสร้างสูงกว่า 1 เมตร ภายในรัศมี 20 เมตร จากอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง
- บริเวณที่ตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างต้องตั้งอยู่ห่างจากต้นไม้ ปล่องควัน
- บริเวณทั่วไป ๆ เช่น โรงเรียน สถานีดับเพลิง และห้องสมุด เป็นสถานที่สาธารณะที่เหมาะสมและปลอดภัยในการตั้งอุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง

การติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง (ASTM, 2001)

- อุปกรณ์เก็บตัวอย่างจะต้องสูงจากพื้นอย่างน้อยที่สุด 8 ฟุตและมากที่สุด 50 ฟุต
- อุปกรณ์เก็บตัวอย่างจะต้องอยู่สูงกว่าพื้นที่รอบๆประมาณ 4 เมตร เช่น หลังคา วัตถุสูง เช่น กำแพงเตี้ย ๆ ป้าย และต้องไม่มีสิ่งกีดขวางในรัศมี 30 องศาในแนวนอน
- เมื่อมีตึกสูงอยู่กั้นระหว่างบริเวณรอบ ๆ ซึ่งไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ความสูงของตึกไม่ควรจะมากกว่า 30 องศา เหนือขึ้นไปจากจุดเก็บตัวอย่าง
- ระยะห่างระหว่างจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุด ต้องมีระยะทางเท่ากันและระยะห่างระหว่างจุดเก็บตัวอย่างแต่ละอันกับจุดปล่อยมลพิษต้องมีขนาดเท่ากัน

จำนวนในการเก็บตัวอย่าง

- บริเวณที่ทำการศึกษาควรจะมีจุดเก็บตัวอย่างอย่างน้อยที่สุด 3 จุด

2.5 หลักการอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมทรี

อะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมทรีเป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้ในปริมาณน้อย (trace analysis) สะดวก รวดเร็ว และให้ความถูกต้องแม่นยำสูงในการวิเคราะห์ เทคนิคนี้ใช้หลักการดูดกลืนแสงของอะตอมอิสระในสถานะที่เป็นไอ (vapor state) ที่อยู่ในสภาวะพื้น (ground state)

เฟลมอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมทรีเป็นเทคนิคหนึ่งของอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมทรีที่ใช้เปลวไฟเพื่อผลิตอะตอมอิสระ เมื่อพ่นสารละลายให้เป็นละออง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเล็ก ๆ เข้าไปในเปลวไฟ ตัวทำละลายจะระเหยออกไปเหลือเป็นเกลือซึ่งถูกทำให้กลายเป็นไอและแตกตัวเป็นอะตอมอิสระในสถานแก๊สตามลำดับ อะตอมที่เกิดส่วนใหญ่จะอยู่ในสภาวะพื้น (แม้น และอมร, 2534)

จากสมการของโบลซ์มาน (Boltzmann) (สมการ 2.1)

$$\frac{N_c}{N_0} = \frac{g_c}{g_0} e^{-(Ee-Eo)/kT} \qquad (2.1)$$

เมื่อ N_c และ N_0 = จำนวนอะตอมที่สภาวะเร้า (Excited state) และสภาวะพื้น (Ground state) ตามลำดับ

g_c และ g_0 = statistical weight ของสภาวะเร้า (Excited state) และสภาวะพื้น (Ground state) ตามลำดับ

E_e และ E_0 = พลังงานที่สถานะเร้า (Excited state) และสถานะพื้น (Ground state) ตามลำดับ

K = ค่าคงที่ของโบล์ซมาน (1.3805×10^{-16} erg K^{-1})

T = อุณหภูมิ (K)

เช่น N_e / N_0 ของ Na เท่ากับ 9.9×10^{-6} ที่ความยาวคลื่น 598.0 nm และอุณหภูมิ 2,000 เคลวิน อะตอมสามารถถูกกระตุ้นให้ขึ้นไปอยู่ในสถานะเร้า (excited state) ได้โดยการดูดกลืนแสงจากแหล่งแสงที่ให้สเปคตรัมคายแสงของธาตุที่ต้องวิเคราะห์ดังปฏิกิริยา 2.1

$$A + h\nu \longrightarrow A^* \quad \text{----------} \quad (2.1)$$

เมื่อ A = อะตอมอิสระที่สภาวะพื้น (Ground state)

A* = อะตอมอิสระที่สภาวะเร้า (Excited state)

$h\nu$ = พลังงานที่อะตอมดูดกลืน

เมื่อแสงจากแหล่งแสงถูกดูดกลืนโดยอะตอม ความเข้มของแสงจะลดลงและเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณอะตอมที่ดูดกลืนแสง หรือกล่าวได้ว่าความเข้มของแสงที่ลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารละลายตามกฎของเบียร์ (สมการ 2.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\log \frac{I_0}{I} = \varepsilon bC \qquad (2.2)$$

เมื่อ I_0 = ความเข้มแสงก่อนถูกดูดกลืนโดยอะตอม

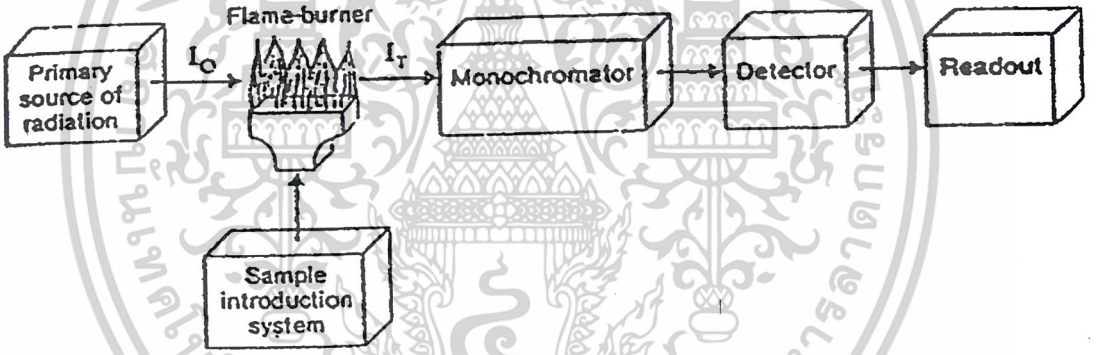
I = ความเข้มแสงหลังถูกดูดกลืนโดยอะตอม

ε = Morla absorptivity

b = ความยาวของอะตอมเซลล์

C = ความเข้มข้นของสารละลาย

เครื่องมือที่ใช้วัดการดูดกลืนแสงของอะตอมเรียกว่า เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน-สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งมีส่วนประกอบดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (แม้น และอมร,2534)

2.5.1 ส่วนประกอบของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

1) แหล่งกำเนิดแสง (Light source)

แหล่งแสงที่เลือกใช้ต้องให้แถบสเปกตรัมแคบ ๆ และมีความเข้มคงที่ ได้แก่ Hollow cathode lamp เป็นแหล่งแสงที่นิยมใช้กันมาก ประกอบด้วย

- ขั้วแคโทดเป็นโลหะชนิดเดียวกับธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ ทำเป็นรูปทรงกระบอกกลวงหรือรูปถ้วย
- ขั้วแอโนด ทำด้วยโลหะนิกเกิลหรือทังสเตนหรือเซอโครเมียมเป็นแท่งเล็กๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภายในบรรจุด้วยแก๊สนีออนหรืออาร์กอนที่ความดันต่ำ (4 - 10 torrs)
- Window ทำด้วย Quartz หรือ Silica เมื่อสเปกตรัมที่ได้อยู่ในช่วง Visible
- เมื่อให้ศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้ว แก๊สจะถูกทำให้แตกตัวและถูกเร่งเข้าชนขั้วแคโทด ทำให้อะตอมหลุดออกมาแล้วถูกกระตุ้น และปล่อยแสงออกมาตามลำดับดังปฏิกิริยา 2.2 – 2.5

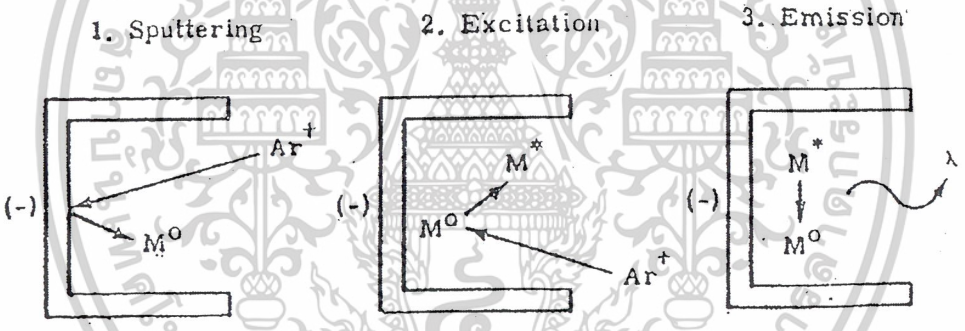
$$Ar + e \longrightarrow Ar^{+} + 2e \quad \text{----------} \quad (2.2)$$

$$M(s) \longrightarrow M(g) \quad \text{----------} \quad (2.3)$$

$$M(g) \longrightarrow M^{0}(g) \quad \text{----------} \quad (2.4)$$

$$M^{0}(g) \longrightarrow M(g) + h\nu \quad \text{----------} \quad (2.5)$$

เมื่อ Ar และ M คือ แก๊สเฉื่อยและโลหะ ตามลำดับ กระบวนการคายแสงของหลอดฮอลโลว์คาโธด แสดงดังรูป 2.8



รูปที่ 2.8 กระบวนการคายแสงของหลอดฮอลโลว์คาโธด (แม้น และอมร, 2534)

2) ส่วนที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระ (Atomizer)
   - Flame atomization (ใช้เปลวไฟ)
   - Furnace หรือ Electrothermal หรือ Flameless atomization (ใช้ความร้อนจากไฟฟ้า)
3) Monochromator ใช้แยกแสงให้ได้ความยาวคลื่นของแสงที่ต้องการวัด
4) Detector
5) Readout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

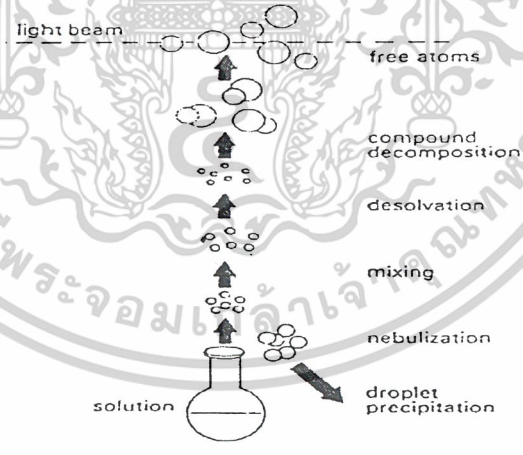
Flame atomization

ส่วนประกอบที่สำคัญ

- Nebulizer : เป็นส่วนที่สารละลายถูกทำให้เป็นละอองฝอยเล็ก ๆ ผสมกับเชื้อเพลิงและตัวออกซิไดส์
- Burner : เป็นส่วนที่ทำให้เกิดอะตอมของธาตุที่จะวิเคราะห์

ขั้นตอนของกระบวนการ Flame atomization (ดังแสดงในรูป 2.9 และ 2.10)

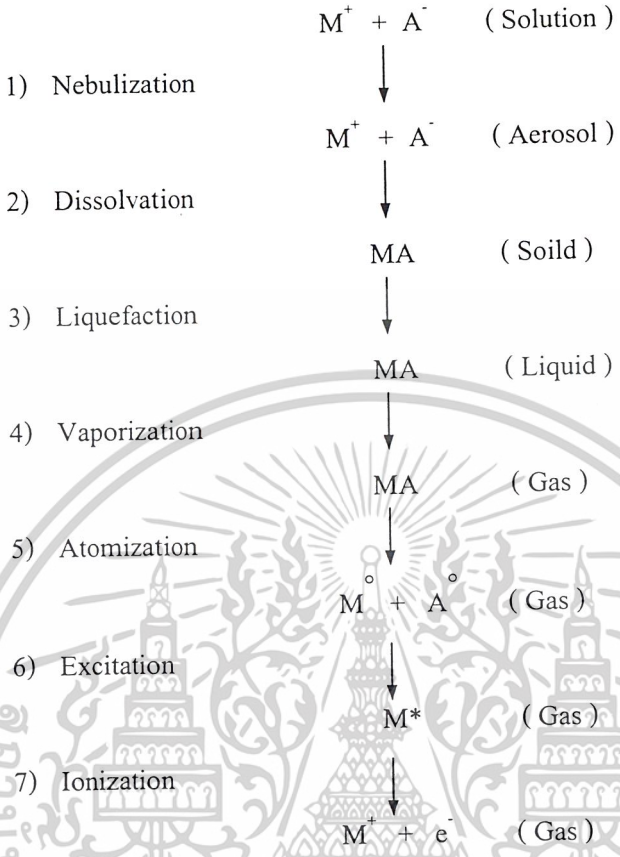
1. Nebulization : เปลี่ยนของเหลวให้เป็นละอองเล็ก ๆ ด้วย nebulizer
2. Droplet precipitation : ละอองเล็ก ๆ ของสารละลายรวมตัวเป็นหยดสารละลายขนาดใหญ่ไม่สามารถลอยอยู่ในอากาศได้ จึงตกลงมาแล้วออกไปทางท่อน้ำทิ้ง (drain)
3. Mixing : ละอองเล็ก ๆ ของสารละลายเกิดผสมกับแก๊สเชื้อเพลิง (fuel) และออกซิแดนท์ (oxidant) ใน spray chamber ของ nebulizer
4. Desolvation : ตัวทำละลายที่อยู่ในละอองเล็กนั้นถูกกำจัดออกไป ทำให้เกิดเป็นอนุภาคเล็กๆ ของสารประกอบ กระบวนการนี้เกิดขึ้นตอนล่างของเปลวไฟ
5. Compound decomposition : เกิดในเปลวไฟทำให้สารประกอบเกิดการแตกตัวเป็นออกไซด์เป็นโมเลกุลและเป็นอะตอมอิสระ บางครั้งอาจเกิดการกระตุ้นหรือเกิดการไอออไนเซชันต่อไปได้



รูปที่ 2.9 Flame atomization process (แม้น และอมร, 2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flame Process



รูปที่ 2.10 กระบวนการแตกตัวของโลหะใน Flame atomization process

ชนิดของเปลวไฟ

เปลวไฟแต่ละชนิดให้อุณหภูมิสูง-ต่ำแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1 เปลวไฟที่เกิดจากอากาศและอะเซทิลีน (Air – C_2H_2 flame) ใช้กันมากวิเคราะห์ธาตุได้ประมาณ 30 ธาตุ

ตารางที่ 2.1 อุณหภูมิของเปลวไฟ (แม้น และอมร, 2534)

ชนิดของเปลวไฟ	อุณหภูมิสูงสุด (°C)
Ar – H_2	1,577
Air – H_2	2,045
Air – C_2H_2	2,300
N_2O – C_2H_2	2,955

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม มีแฟกเตอร์หลายอย่างที่มีต่อผลจำนวนอะตอมที่ถูกผลิตขึ้นในเปลวไฟ ได้แก่

1. อัตราการไหลของสารละลายที่ถูกดูดเข้าสู่เปลวไฟ (aspiration rate)
2. ความหนืดของสารละลาย (viscosity)
3. ชนิดของตัวทำละลาย (solvent type)
4. แรงตึงผิวของสารละลาย (surface tension)
5. อุณหภูมิของเปลวไฟ (flame temperature)
6. ความสูงของเตา (burner height)

ผลของการวิเคราะห์จะดีเพียงใด ขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์ดังกล่าวข้างต้น การปรับอัตราการไหลของสารละลายให้เหมาะสม การเลือกตัวทำละลายให้เหมาะสม และแรงตึงผิวของสารละลาย จะมีผลต่อปริมาณสารที่ถูกดูดเข้าสู่เปลวไฟ ถ้าสารละลายเข้าสู่เปลวไฟมากโอกาสที่อะตอมจะถูกผลิตขึ้นก็จะเพิ่มมากขึ้น การเลือกชนิดของเปลวไฟและการปรับสัดส่วนของเชื้อเพลิงและสารเพิ่มออกซิเจนให้เหมาะสม รวมทั้งการปรับความสูงของเตาให้เหมาะสมจะช่วยทำให้ปริมาณอะตอมเพิ่มขึ้นและสามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุดตามลำดับ

การวัดการดูดกลืนแสงมักประสบปัญหาจากการรบกวนต่างๆ ทำให้การวิเคราะห์มีข้อผิดพลาด ซึ่งการรบกวนนี้อาจเกิดมาจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

1. การดูดกลืนแสงของโมเลกุลซึ่งเกิดออกไซด์ของโลหะ หรือสารประกอบที่ทนต่อความร้อนและไม่สลายตัว
2. การกระเจิงแสงหรือการดูดกลืนแสงของอนุภาคของแข็งหรือสารที่สลายตัวกลายเป็นไอได้ยาก
3. การแตกตัวของอะตอมโลหะมีผลทำให้จำนวนอะตอมลดลง และทำให้การดูดกลืนแสงลดลง
4. การเกิดสารประกอบที่สลายตัวได้ยากทำให้การดูดกลืนแสงลดลง

การดูดกลืนแสงของสปีชีส์อื่นๆ ที่ไม่ใช่อะตอมที่สนใจ เรียกว่า Background absorption การแก้ไข Background absorption วิธีหนึ่งก็คือ การใช้ Hollow cathode lamp วัดการดูดกลืนแสงของอะตอมและ Background และใช้ D_2 lamp วัดการดูดกลืนแสงของ Background เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงของอะตอมเพียงอย่างเดียว และพบว่าการดูดกลืนแสงของอะตอมในช่วงอัลตรา

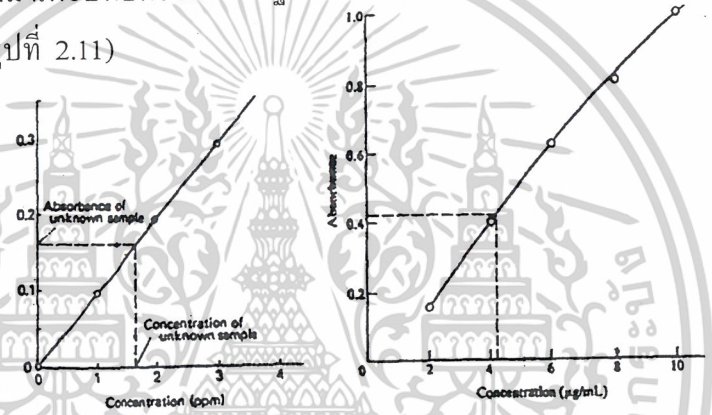
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไวโอเลตจะให้ Background absorption มาก

การประยุกต์ใช้เทคนิคอะตอมมิกเตอร์แอบซอร์บสเปกโทรโฟโตเมทรีมีประโยชน์ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณอย่างมาก ซึ่งกราฟมาตรฐานสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้ (แม้น และอมร, 2534)

1. วิธีสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration curve)

โดยทั่วไปการเตรียมสารละลายมาตรฐานควรจะมี matrix ต่าง ๆ เหมือนกับสารละลายตัวอย่างดังนั้นจึงทำให้ผลการวิเคราะห์มีข้อผิดพลาด การสร้างกราฟมาตรฐานทำได้โดยการพลอตระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับค่าวัดความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างมาเทียบกับกราฟมาตรฐาน ก็สามารถคำนวณหาปริมาณสารที่สนใจในตัวอย่างได้วิธีหนึ่ง (ดังรูปที่ 2.11)

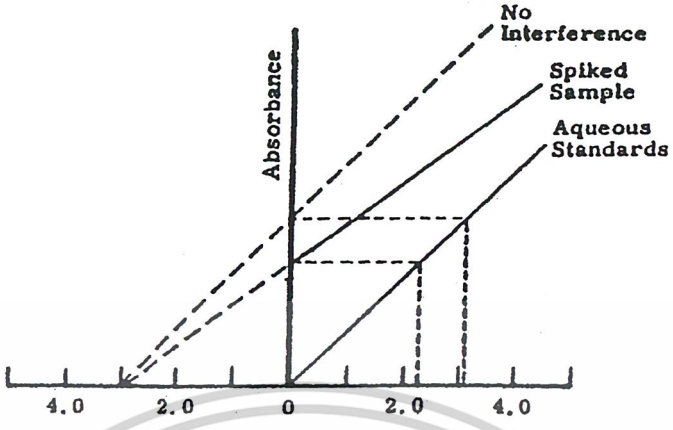


รูปที่ 2.11 ลักษณะของ calibration curve

2. วิธีเติมสารมาตรฐาน (Standard addition)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การเตรียมสารละลายมาตรฐานให้เหมือนกับสารละลายตัวอย่างนั้นทำได้ค่อนข้างยาก วิธีหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ก็คือวิธีเติมสารมาตรฐาน วิธีนี้ทำได้โดยการวัดการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างก่อน แล้วเติมสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นลงในสารละลายตัวอย่างแต่ละจำนวนที่มีปริมาตรเท่ากันในปริมาณต่างๆกัน ปรับปริมาตรให้เท่ากันนำไปวัดการดูดกลืนแสง พลอตค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่เติมลงไปลากเส้นตรงเฉลี่ยจุดต่าง ๆ และต่อกราฟมาตัดแกน จุดตัดของกราฟบนแกนความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่เติมลงไป ลากเส้นตรงเฉลี่ยจุดต่าง ๆ และต่อกราฟมาตัดแกนจุดตัดของกราฟบนแกนความเข้มข้นของสารมาตรฐานคือ ความเข้มข้นของสารตัวอย่างนั่นเอง (ดังรูป 2.12) วิธีนี้จะช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับ matrix และจะให้ผลที่ถูกต้องมากกว่าวิธีแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 กราฟของวิธีเติมสารมาตรฐาน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Arslan และ Boybay (1990) ได้ศึกษาความเข้มข้นลักษณะของอนุภาคที่ตกลงมาความสามารถในการละลาย และการจุดติดไฟของฝุ่นละอองที่ตกลงลงมารอบ ๆ บริเวณโรงงาน Elazig ซึ่งตั้งอยู่ในประเทศตุรกี องค์ประกอบของมลภาวะฝุ่นและความหลากหลายของมัน จะขึ้นอยู่กับอุตุนิยมวิทยา พื้นที่ตั้ง และฤดูกาล นอกจากนี้ยังศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและแร่ธาตุที่อยู่ในอนุภาคฝุ่นละออง โดยจะทำการเก็บตัวอย่างจากสถานที่ 7 แห่งเป็นเวลา 15 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ.1986 เป็นต้นไป อัตราเฉลี่ยของฝุ่นละอองที่ตกลงมาแต่ละพื้นที่ประมาณ 36.37 g/(m^2d) อัตราของอนุภาคที่ละลายน้ำได้และสามารถจุดติดไฟได้ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสขึ้นไป ค่ามีเท่ากับ 26.95 และ 8.51 g/(m^2d) ค่าพีเอชที่วัดได้จากอนุภาคมีลักษณะเป็นด่าง ในระหว่างช่วงฤดูร้อนค่าพีเอช จะมีค่าประมาณ 8.63 และในช่วงฤดูหนาวจะมีค่าประมาณ 6.49 การลดลงของค่าพีเอชอาจเป็นผลมาจากกรดออกไซด์ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งมาจากกระบวนการเผาไหม้ พบแคลเซียม ซิลิกอน อลูมิเนียม และเหล็ก เป็นองค์ประกอบหลักของอนุภาค องค์ประกอบโดยทั่วไปจะคล้ายคลึงกับซีเมนต์ หรือวัสดุตั้งต้นของฝุ่นละออง การวิเคราะห์ XRD (X-Ray Diffraction) แสดงให้เห็นว่าส่วนประกอบของผลึกคริสตัลคือ แคลไซด์ ควอตซ์ แอลไนต์ คลอไรต์ อีเดนไนต์ ไดแคลเซียมซิลิเกต และอาจมีส่วนประกอบของซีเมนต์ด้วย นอกจากนี้ยังพบโลหะหนักต่างๆ เช่น ตะกั่ว แมงกานีส นิกเกิล และโคบอลต์ ความเข้มข้นสูงสุดของตะกั่วที่ถูกตรวจพบ คือ 3,600 mg/kg of dust

นอกจากนี้ พื้นที่บริเวณโรงงาน Elazig พบโลหะหนักต่างๆในฝุ่นละออง ซึ่งอาจมาจากกระบวนการอุตสาหกรรมทองแดง โครเมียม และตะกั่ว และอาจมาจากการจราจรด้วยส่วนหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Akhter และ Madany (1993) ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในฝุ่นจากถนนและบ้านเรือนที่ประเทศบาร์เรน โดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นจากถนน 106 สาย และจากบ้านเรือนซึ่งทำการเก็บฝุ่นจาพื้นถนนและพื้นดิน โดยใช้แปรงพลาสติกกวาดฝุ่นจากพื้น ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นในระหว่างเดือนเมษายนถึงมิถุนายน ปี ค.ศ. 1991 โดยทำการเก็บตัวอย่างจากบริเวณโรงพยาบาล, ศูนย์สุขภาพ,โรงเรียน, บ้าน, ที่จอดรถ, ถนนที่มีการจราจรคับคั่ง และถนนที่มีการจราจรน้อย ซึ่งโลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ตะกั่ว, สังกะสี, แคดเมียม, นิกเกิล, และโครเมียม ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตเมทรี

จากการทดลองพบว่าฝุ่นที่เก็บได้มีปริมาณของโลหะอยู่ในปริมาณที่มีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากพื้นที่อ้างอิง โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของตะกั่ว, สังกะสี, แคดเมียม, นิกเกิล, และโครเมียม ในฝุ่นจากถนนมีค่าเท่ากับ 692.7, 151.8, 72.0, 125.6 และ 144.4 μg/g ตามลำดับ ในขณะที่ฝุ่นที่เก็บจากบ้านเรือนมีปริมาณโลหะหนักเท่ากับ 360, 64.4, 37.0, 110.2 และ 144.7 μg/g ซึ่งผลที่ได้พบว่าการเผาไหม้เครื่องยนต์จากยานพาหนะเป็นแหล่งกำเนิดหลักของโลหะหนักในตัวอย่างฝุ่น จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าปริมาณโลหะที่พบในพื้นที่ต่างๆ ที่ทำการวิจัยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เพราะว่า บาร์เรนเป็นประเทศขนาดเล็ก และเป็นศูนย์กลางขนาดใหญ่ของประชากรและการจราจรที่คับคั่ง

Charlesworth และ Lee (1999) ได้ศึกษาว่า ฝุ่นที่ลอยอยู่ในอากาศเป็นอีกสาเหตุหนึ่งในการแพร่กระจายของโลหะหนัก เนื่องจากโลหะหนักจะไปปะปนกับฝุ่นละอองและแพร่กระจายไปยังแหล่งต่างๆ โดยทำการศึกษาการเคลื่อนย้ายการพัดพาและการตกตัวของฝุ่นละอองในสิ่งแวดล้อม ซึ่งการตกตัวจะขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศ การเคลื่อนย้าย หรือลักษณะการตกตัว

Charlesworth และคณะ (2003) ได้ทำการศึกษาการกระจายของโลหะหนักในฝุ่นบนถนนของเมือง 2 เมือง ในประเทศอังกฤษ เมืองแรกคือ เมือง Birmingham ซึ่งเป็นเมืองใหญ่และเป็นเมืองอุตสาหกรรม มีประชากรประมาณ 2.3 ล้านคน เมืองที่ 2 คือ เมือง Coventry เป็นเมืองเล็ก มีประชากรประมาณ 0.3 ล้านคน ในหลายบริเวณที่ตรวจพบจากเมือง Birmingham ฝุ่นละอองที่มีความเข้มข้นมากที่สุดจะอยู่บริเวณใกล้กับโรงงานซึ่งตั้งอยู่ทางตอนเหนือของเมืองและบริเวณถนนวงแหวน อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของฝุ่นละอองต่ำ ๆ จะถูกพบบริเวณทางใต้ในบริเวณที่อยู่อาศัยและสวนสาธารณะ ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองสูง ๆ จะมีความสัมพันธ์กับสัญญาณไฟจราจรซึ่งทำให้ยาพาหนะต้องหยุดบ่อย ๆ การศึกษาในเมือง Coventry จะพบว่าความเข้มข้นของโลหะหนักจะมีความสัมพันธ์กับสัญญาณจราจร และสัญญาณไฟทางเดินเท้านั้น จะมีค่าต่ำกว่าที่พบที่เมือง Birmingham

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1) ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร
2) ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
3) ขวดวัดปริมาตรพลาสติกขนาด 25 มิลลิลิตร
4) กระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร
5) กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
6) ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร
7) ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
8) บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
9) บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
10) บีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร
11) ช้อนตักสาร
12) กระบอกน้ำกลั่น
13) ลูกยาง
14) แท่งแก้ว
15) กระป๋องพลาสติก PET (Polyethylene Terepthalate) เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว สูง 10 นิ้ว
16) ไม้ไผ่ยาว 150 เซนติเมตร
17) ตะแกรงลวด (กันนกเกาะ)
18) เครื่องวัด pH รุ่น 225 pH/ISE Meter ของบริษัท Denver Instrument Company
19) เครื่องชั่งแบบดิจิตอลความละเอียด 4 ตำแหน่ง ของบริษัท Denver Instrument Company รุ่น TC-254
20) เครื่องชั่งแบบดิจิตอลความละเอียด 5 ตำแหน่ง ของบริษัท Mettler Toledo รุ่น AB 204
21) เครื่องย่อยสลาย (High Performance Microwave Digest Unit) ของบริษัท Mile Stone Microwave Laboratory System รุ่น 1200 Mega
22) เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrometer) ของบริษัท Shimadzu corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23) เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดตัวบุคคล (Personal Sample Pump) รุ่น 224-PCXR (SKC Co., Ltd.)

24) กระดาษกรอง PVC ขนาด 5.0 ไมครอน

25) กระดาษกรอง Mixed cellulose ขนาด 0.8 ไมครอน

26) แท่นให้ความร้อน

3.2 สารเคมี

1) กรดไนตริกเข้มข้น 65 % (เกรดวิเคราะห์) บริษัท Mallinckrodt
2) กรดซัลฟูริกเข้มข้น 95 - 97 % (เกรดวิเคราะห์) บริษัท Merck
3) สารละลายสต๊อกของแมงกานีสเข้มข้น 1000 ppm บริษัท Merck
4) สารละลายสต๊อกของทองแดงเข้มข้น 1000 ppm บริษัท Merck
5) สารละลายสต๊อกของโครเมียมเข้มข้น 1000 ppm บริษัท Merck
6) สารละลายสต๊อกของแคดเมียมเข้มข้น 1000 ppm บริษัท Merck
7) สารละลายสต๊อกของตะกั่วเข้มข้น 1000 ppm บริษัท Merck
8) สารละลายสต๊อกของนิกเกิลเข้มข้น 1000 ppm บริษัท Merck

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 วิธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

1. การเตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นแบบ Passive sampler (VDI, 1996)

เตรียมอุปกรณ์โดยตัดตาข่ายเหล็กให้เป็นรูปทรงกระบอก เพื่อเป็นที่รองรับกระป๋องเก็บฝุ่นและป้องกันไม่ให้นกเกาะ ซึ่งอาจทำให้ตัวอย่างฝุ่นละอองปนเปื้อนมูลนก มาต่อเข้ากับไม้ไผ่ที่วางในแนวตั้ง มีความสูง 150 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับเดียวกับระดับหายใจเฉลี่ยของคนไทย (ดังรูปที่ 3.1) และนำขวดพลาสติก PET (Polyethylene Terepthalate) ที่ผ่านการทดสอบการชะละลายโลหะหนักด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) พีเอช ประมาณ 4 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข-1) วางบนตาข่ายเหล็กเพื่อรองรับฝุ่นที่ตกลงมา

รูปที่ 3.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นแบบ Passive sampler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นแบบ Active sampler โดยวิธี OSHA (OSHA, Method No.ID-121และ OSHA, Chapter 8)

โดยวิธีการเตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่างมีดังนี้

1) อบกระดาษกรอง mixed-cellulose ester และ polyvinyl chloride ที่ตู้อบความชื้นนาน 24 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง ความละเอียด 5 ตำแหน่ง
2) ทำการปรับเทียบเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคล (calibration)
3) นำกระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนักแล้วใส่ใน Holder แล้วต่อเข้ากับเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคล ทำการเก็บตัวอย่างนาน 6 ชั่วโมง สำหรับ Respirable dust ใช้กระดาษกรอง polyvinyl chloride และเก็บตัวอย่างด้วยอัตราการไหลแบบ Cyclone flow rate เท่ากับ 1.9 L/min และ Total suspended particulates (TSP) ใช้กระดาษกรอง mixed-cellulose ester และเก็บตัวอย่างด้วยอัตราการไหลแบบ cassette flow rate เท่ากับ 2.0 L/min จากนั้นนำอุปกรณ์ไปทำการติดไว้ในลักษณะดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคลสำหรับการเก็บตัวอย่างภายในอาคาร โรงงาน

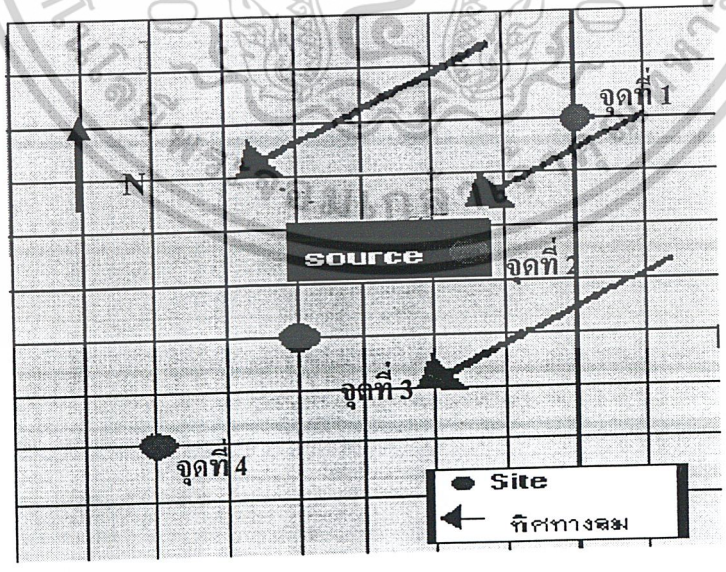
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่บริเวณโรงงาน

ในการทดลองเก็บตัวอย่างที่บริเวณโรงงานจะเก็บตัวอย่างแบบ passive sampling และแบบ active sampling โดยพื้นที่ภายในและพื้นที่รอบ ๆ โรงงานทำการเก็บตัวอย่างแบบ passive sampling ส่วนการเก็บแบบ active sampling จะเก็บเฉพาะบริเวณภายอาคารของโรงงาน

1. การเก็บตัวอย่างที่บริเวณโรงงานแบบ Passive sampling

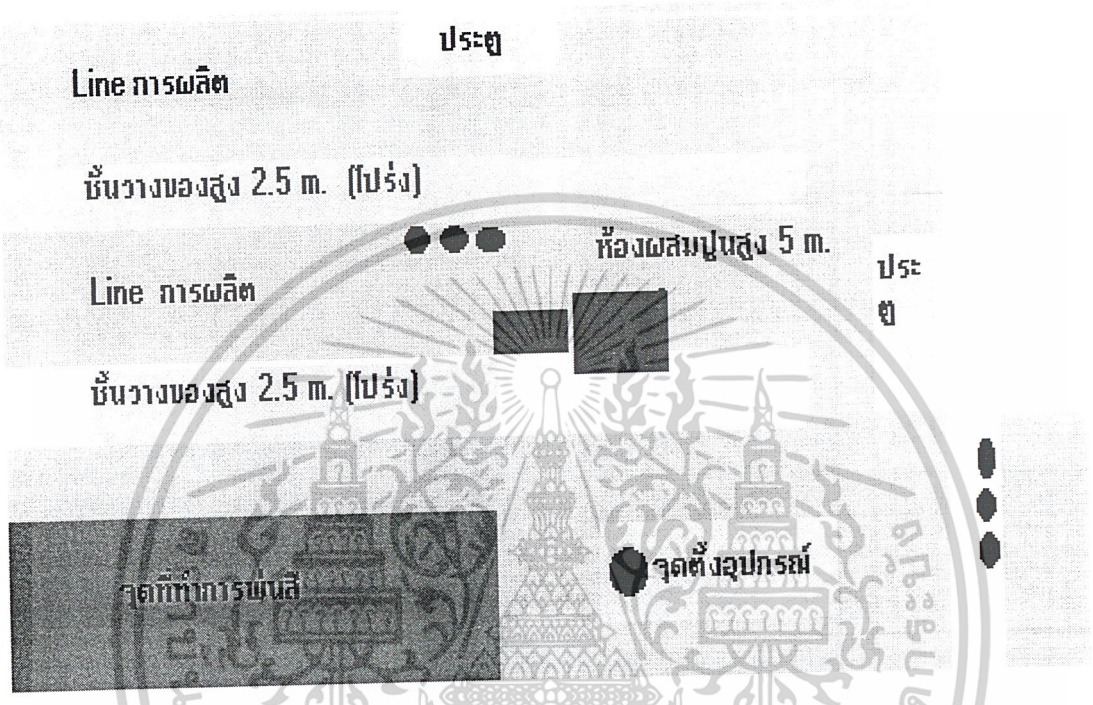
ทำการเก็บตัวอย่างโดยติดตั้งอุปกรณ์ตามแนวทิศทางลมบริเวณรอบโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์ที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ เนื่องจากกระบวนการผลิตของโรงงานได้ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศมาก จากสภาพที่กล่าวมาแล้วนั้นอาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพต่อพนักงานที่ทำงานอยู่ภายในโรงงานและชุมชนข้างเคียง ดังนั้นจึงทำการเก็บตัวอย่างโดยแบ่งการติดตั้งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนต้นลม (จุดที่ 1) ซึ่งเป็นวัดอยู่ห่างออกไปจากโรงงานประมาณ 3,000 เมตร และจุดเก็บตัวอย่างภายในอาคารของโรงงานที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ (จุดที่ 2) และส่วนปลายลมทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 2 จุด โดยแบ่งออกเป็นการเก็บตัวอย่างในบริเวณพื้นที่โรงงาน (จุดที่3) และการเก็บตัวอย่างบริเวณแหล่งชุมชนที่เป็นโรงเรียน (จุดที่4) ที่อยู่ห่างออกไปจากโรงงานประมาณ 3,000 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.3 (รายละเอียดแผนที่จุดเก็บตัวอย่าง แสดงในภาคผนวก ค) โดยใช้ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง 30±2 วัน จากนั้นนำฝุ่นที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบ passive sampling ณ บริเวณโรงงานที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างภายในอาคารของโรงงานที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ (จุดที่2) และภายนอกอาคาร (จุดที่3) แสดงดังรูป 3.4

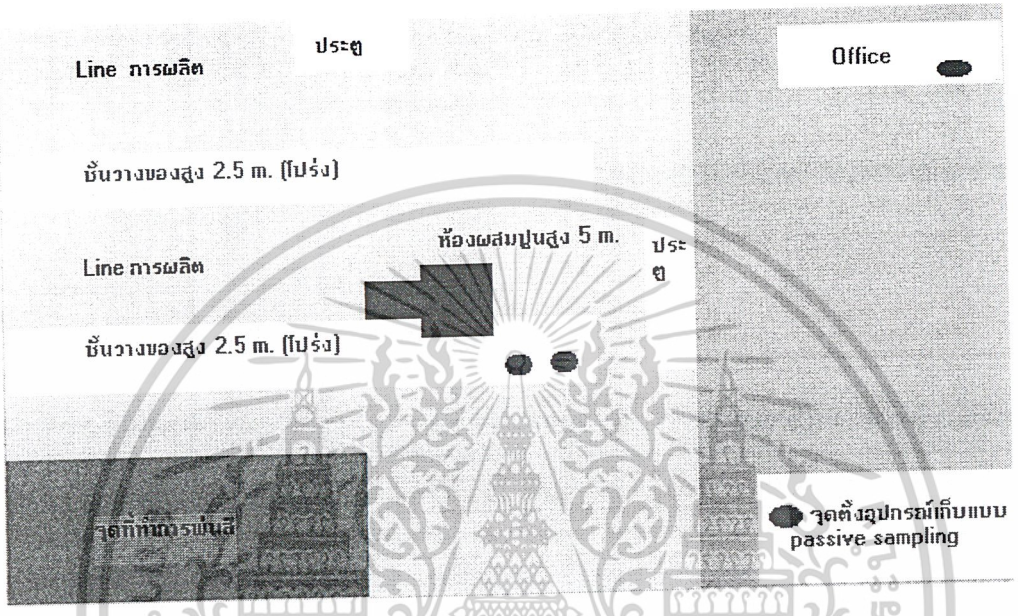


รูปที่ 3.4 จุดเก็บตัวอย่างโดยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบ passive sampling ภายในโรงงงานที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเก็บตัวอย่างภายในโรงงานแบบ Active sampling

โดยการใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล (Personal air pump) ทำการเก็บฝุ่นละอองภายในโรงงานที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ โดยตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบ active sampling ที่ตำแหน่งแสดงดังรูปที่ 3.5



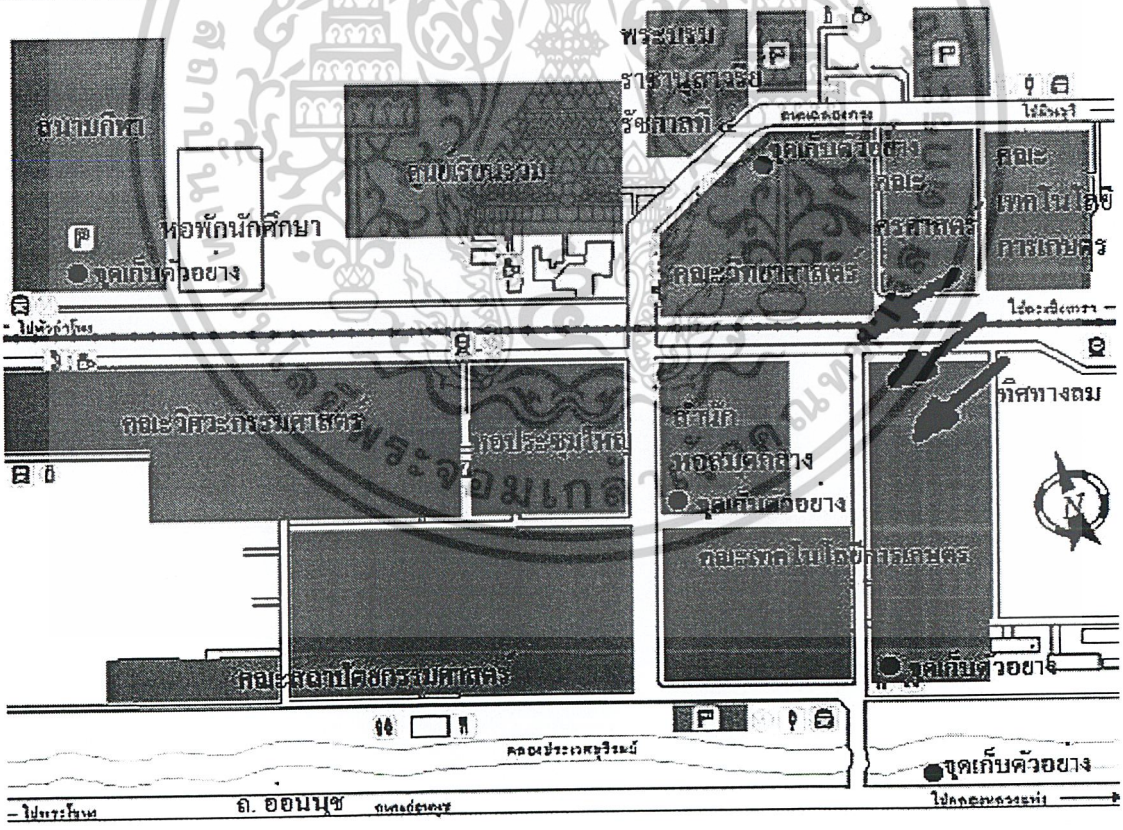
รูปที่ 3.5 แสดงจุดเก็บตัวอย่างโดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างส่วนบุคคลภายในโรงงานที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การเก็บตัวอย่างที่บริเวณริมถนนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การศึกษาฝุ่นละอองที่เกิดจากการจราจรริมถนนฉลองกรุง ณ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและบริเวณชุมชนใกล้เคียง ซึ่งบริเวณโดยรอบพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเขตที่อยู่อาศัย เขตอุตสาหกรรม และพื้นที่เกษตรกรรมตามลำดับ และภายในบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังยังมีเส้นทางการคมนาคมขนส่งทั้งทางรถยนต์และรถไฟ โดยเฉพาะช่วงเวลาตอนเช้าและตอนเย็นจะมีการจราจรที่หนาแน่น จากสภาพดังกล่าวการจราจรเป็นกิจกรรมหลักที่เป็นสาเหตุให้เกิดมลสารฟุ้งกระจายในบรรยากาศ

ดังนั้นจึงทำการเก็บตัวอย่างแบบ passive sampling โดยติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบ passive sampling บริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่น โดยแบ่งออกเป็น 5 ตำแหน่งที่ตั้งคือ บริเวณสนามกีฬา คณะวิทยาศาสตร์ สำนักหอสมุดกลาง คณะเทคโนโลยีการเกษตร และบริเวณซอยจินดา ดังแสดงในรูปที่ 3.6 (รายละเอียดแผนที่จุดเก็บตัวอย่าง แสดงในภาคผนวก ค) โดยใช้ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง 30 วัน จากนั้นนำฝุ่นที่ได้ไปวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์



รูปที่ 3.6 แสดงจุดเก็บตัวอย่างแบบ passive sampling ที่บริเวณริมถนน ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละออง

1. การวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละอองจากการเก็บแบบ passive sampling (VDI, 1988)

1) ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์
2) นำฝุ่นละอองที่เก็บได้จากกระป๋องมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 mm แล้วใช้น้ำกลั่นล้างฝุ่นที่ติดอยู่ข้างกระป๋อง เทผ่านตะแกรงขนาด 1 mm ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 ml
3) นำไประเหยเอาน้ำออกโดยใช้แท่นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150-180 °C (ระวังอย่าต้มจนเดือด) แล้วทิ้งให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ ทำการชั่งน้ำหนักบีกเกอร์เพื่อหาปริมาณฝุ่นละออง
4) ทำการย่อยตัวอย่างฝุ่นละอองด้วยเครื่องไมโครเวฟตามโปรแกรม Urban dust (Milestone application note for microwave digestion) รายละเอียดวิธีการย่อยดังข้อที่ 3.3.3
5) วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างฝุ่นละอองด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน-สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น ดังตาราง ข-2 ในภาคผนวก ข

2. การวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละอองที่เก็บแบบ active sampling

1) นำกระดาษกรองที่เก็บตัวอย่างแล้วไปใส่ไว้ในตู้ควบคุมความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณฝุ่นละออง
2) ทำการย่อยตัวอย่างฝุ่นละอองด้วยเครื่องไมโครเวฟตามโปรแกรม Urban dust (Milestone application note for microwave digestion) รายละเอียดวิธีการย่อยดังข้อที่ 3.3.3
3) วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างฝุ่นละอองด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน-สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น ดังตาราง ข-2 ในภาคผนวก ข

3. การย่อยโดยวิธีมาตรฐาน Microwave

1) นำตัวอย่างฝุ่นมาจำนวน 0.2500 กรัม เติมกรดไนตริกเข้มข้น 65 % ปริมาณ 4 ml และเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 96 % ปริมาณ 1 ml แล้วเทลงใน vessel
2) ทำการย่อยโดยโปรแกรมดังตาราง ข-1 ในภาคผนวก ข
3) นำสารละลายที่ผ่านการย่อยแล้วเทใส่ขวดวัดปริมาตร 25 ml ปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 %
4) ทำการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่นดังตาราง ข-2 ในภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

การทดลองนี้เป็นการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง และปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในอากาศ โดยแบ่งการเก็บตัวอย่างออกเป็น 2 บริเวณ คือ เขตอุตสาหกรรม และเขตชุมชน โดยทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี Passive sampling ซึ่งใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง Bergerholf ในบริเณเขตอุตสาหกรรมจะทำการเก็บตัวอย่างบริเวณโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ และบริเวณรอบๆโรงงาน และได้เพิ่มการเก็บตัวอย่างแบบ Active sampling ภายในอาคารของโรงงานเพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นและโลหะหนักในฝุ่นที่อาจมีผลกระทบต่อคนและพนักงาน ส่วนบริเวณเขตชุมชนได้ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณริมถนนฉลองกรุง ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และบริเวณริมถนนอ่อนนุช ใกล้ซอยจินดา ผลการศึกษาเป็นดังนี้

4.1 ผลการทดสอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบ Passive Sampler

ในการเก็บตัวอย่างอากาศจะต้องพิจารณาถึงภาชนะที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง เนื่องจากอาจมีผลกระทบต่อคุณลักษณะของฝุ่นละอองที่เก็บได้ จากการที่วิธีมาตรฐานของ Verein Deutscher Ingenreure (VDI) ได้กำหนดให้ใช้ภาชนะสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองได้ทั้งพลาสติกและแก้ว โครงงานวิจัยนี้ ใช้กระป๋องที่ทำจากพลาสติก Polyethylene Terepthalate (PET) เป็นภาชนะในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง จากการทดสอบการชะของโลหะหนักจากกระป๋อง PET โดยแช่กระป๋องในน้ำกลั่นที่ปรับพีเอช 4 และพีเอชเป็นกลาง เป็นระยะเวลา 1 เดือน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เท่ากับระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง (การที่ต้องปรับพีเอชของน้ำที่แช่กระป๋อง PET ให้มีสภาพเป็นกรด เนื่องจากสภาวะในปัจจุบันมีมลสารและก๊าซปนเปื้อนในบรรยากาศจำนวนมาก ทำให้น้ำฝนที่ตกลงมามีสภาพเป็นกรดเพิ่มขึ้นจากน้ำฝนในสภาวะปกติที่มีพีเอช ประมาณ 6.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการชะโลหะหนักของกระป๋อง PET

โลหะหนัก	น้ำกลั่น pH 6.5 – 7 (ppm/3000ml)	น้ำกลั่น pH 4 (ppm/3000ml)
ตะกั่ว (ppm)	ND	ND
นิกเกิล (ppm)	ND	ND
โครเมียม (ppm)	ND	ND
ทองแดง (ppm)	ND	ND
แคดเมียม (ppm)	ND	0.0729
แมงกานีส (ppm)	ND	ND

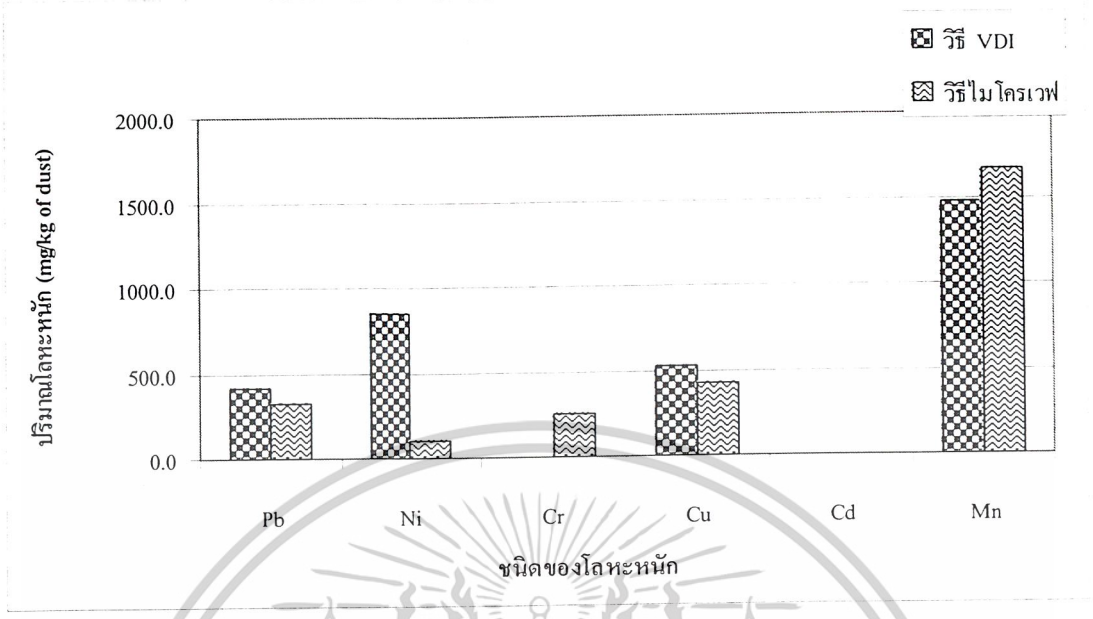
หมายเหตุ : ND = ไม่สามารถตรวจวัดได้

จากการทดสอบพบว่ากระป๋องที่แช่ด้วยน้ำที่พีเอชเป็นกลางไม่พบการปนเปื้อนโลหะหนัก และกระป๋องที่แช่ด้วยน้ำที่พีเอช 4 พบปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำแช่กระป๋อง PET เพียงชนิดเดียว คือ แคดเมียมมีปริมาณ 0.0729 ppm/3000ml (ดังแสดงในตารางที่ 4.1) อย่างไรก็ตาม จากการทำการทดลอง 6 ซ้ำ มี 4 ซ้ำที่ไม่พบแคดเมียม แต่มีเพียง 2 ซ้ำที่พบแคดเมียม (ดังตารางที่ ง-1 ภาคผนวก ง) ซึ่งอาจเกิดการปนเปื้อนในระหว่างการวิเคราะห์ ดังนั้นในการทดลอง จึงใช้กระป๋องพลาสติก PET ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง ซึ่งสอดคล้องกับที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน VDI ว่าสามารถใช้กระป๋องพลาสติกเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

4.2 ผลการเปรียบเทียบวิธีมาตรฐาน VDI และ Microwave

ในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักจะต้องย่อยฝุ่นละออง ก่อนที่จะนำไปตรวจวัดปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งวิธีการย่อยฝุ่นนั้นมีด้วยกันหลายวิธี โครงงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบวิธีการย่อยฝุ่นแบบ VDI ที่เป็นวิธีมาตรฐาน และการย่อยด้วยวิธีไมโครเวฟที่เป็นวิธีที่สะดวกและนิยมใช้โดยทั่วไป ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละออง แสดงดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการย่อยฝุ่นละอองด้วยวิธีมาตรฐาน VDI และวิธีไมโครเวฟ

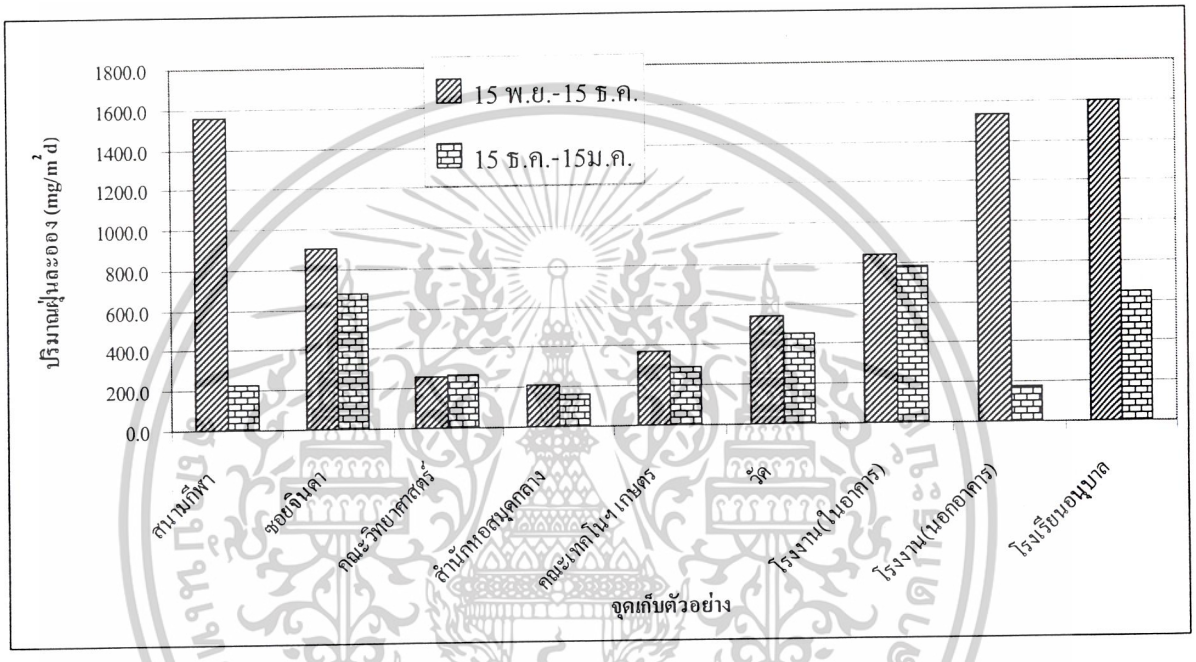
ผลการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองที่วิเคราะห์ได้ โดยใช้วิธีการย่อยที่แตกต่างกัน คือ วิธีมาตรฐาน VDI และวิธีไมโครเวฟ จากการเปรียบเทียบพบว่าวิธีมาตรฐาน VDI มีปริมาณโลหะหนักตะกั่ว นิกเกิล และทองแดงมากกว่าวิธีการย่อยด้วยเครื่องไมโครเวฟ แต่วิธีการย่อยด้วยเครื่องไมโครเวฟจะมีปริมาณโลหะหนักแมงกานีส และโครเมียมมากกว่าวิธีมาตรฐาน VDI และไม่พบโลหะหนักแคดเมียมในทั้ง 2 วิธี อาจเนื่องมาจากมีปริมาณแคดเมียมในฝุ่นละอองน้อยเกินกว่าที่เครื่องอะตอมแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์จะตรวจวัดได้ หรือไม่มีแคดเมียมในฝุ่นละออง ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.1 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ความสัมพันธ์ทางสถิติ t-test ผลการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ตะกั่ว ทองแดง แคดเมียม และแมงกานีสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนนิกเกิลและโครเมียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดังแสดงในตาราง ง-2 ภาคผนวก ง) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระหว่างการวิเคราะห์ตัวอย่างเกิดการปนเปื้อน ซึ่งทำให้เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติปริมาณโลหะหนักทั้งสองชนิดนี้มีความแตกต่างกัน ดังนั้นโครงงานวิจัยนี้จึงใช้การย่อยฝุ่นละอองด้วยวิธีไมโครเวฟตลอดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ

4.3.1 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศจากการเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling

จากการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองจากเขตอุตสาหกรรม และเขตชุมชน ในระหว่างวันที่ 15 พฤศจิกายน – 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 (ช่วงที่หนึ่ง) และวันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 – 15 มกราคม พ.ศ. 2547 (ช่วงที่สอง) แสดงผลดังรูปที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ง-3 ถึง ง-4 ในภาคผนวก ค)



รูปที่ 4.2 ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศเปรียบเทียบระหว่างวันที่ 15 พฤศจิกายน – 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 และ วันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 – 15 มกราคม พ.ศ. 2547

จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณฝุ่นละอองที่เก็บได้มีค่าลดลงในช่วงที่สองในทั้ง 2 บริเวณ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในช่วงที่สองมีสภาพภูมิอากาศแปรปรวนและมีฝนตกเป็นระยะ ๆ ทำให้ปริมาณฝุ่นละอองที่มีอยู่ในอากาศมีจำนวนลดลงจากช่วงที่หนึ่ง อย่างไรก็ตามในช่วงที่หนึ่งของจุดเก็บตัวอย่างที่สนามกีฬาซึ่งอยู่ในเขตชุมชนได้มีการก่อสร้างลานเอนกประสงค์บริเวณสนามกีฬา และไม่มีฝนตก จึงทำให้ปริมาณฝุ่นละอองที่เก็บได้ในช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณมาก

ในเขตอุตสาหกรรม จากรูปที่ 4.2 พิจารณาในช่วงเวลาที่ 1 ณ ตำแหน่งต้นลม (ที่วัด) มีปริมาณฝุ่นละอองน้อยกว่าตำแหน่งปลายลม (ที่โรงเรียนอนุบาล) และน้อยกว่าตำแหน่งภายในบริเวณโรงงาน (ภายในอาคารและภายนอกอาคาร) ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่ว่าทิศทางลมมีผลกระทบต่อการแพร่กระจายของมลสาร เมื่อพิจารณาที่ตำแหน่งปลายลม (โรงเรียนอนุบาล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่ามีปริมาณฝุ่นละอองมากกว่าต้นลมและตำแหน่งภายในบริเวณโรงงาน ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณตำแหน่งปลายลม อาจได้รับผลกระทบจากโรงงานผลิตเหล็กที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกับจุดเก็บตัวอย่าง ส่วนในช่วงเวลาที่สองปริมาณฝุ่นละอองที่จุดเก็บตัวอย่างภายนอกอาคารโรงงานมีปริมาณฝุ่นน้อยกว่าช่วงเวลาที่หนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างภายนอกอาคารโรงงานได้ทำการเปลี่ยนที่ตั้งจุดเก็บตัวอย่างไปตั้งยังอีกบริเวณหนึ่งในช่วงเวลาที่สอง เพราะบริเวณที่ตั้งจุดเก็บเดิมตั้งอยู่ใกล้กับบริเวณที่เล่นฟุตบอลของพนักงาน และโรงงานเลื่อยไม้ขนาดเล็กซึ่งตั้งอยู่ในโรงงานใกล้กับจุดเก็บตัวอย่าง ทำให้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเกิดความเสียหาย และปริมาณฝุ่นละอองที่เก็บได้มีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นอาจเป็นสาเหตุให้ปริมาณฝุ่นละอองในช่วงที่หนึ่งที่เก็บได้มีปริมาณมากเกินความเป็นจริง

เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่เก็บได้จากเขตชุมชน และเขตอุตสาหกรรมในช่วงเวลาที่หนึ่งพบว่า ปริมาณฝุ่นละอองที่เก็บได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และปริมาณฝุ่นละอองที่เก็บได้ในช่วงที่สอง ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน (ดังแสดงในตาราง ง-2 ในภาคผนวก ง) ทั้งนี้สรุปได้ว่าทั้งกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมและการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถยนต์เป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง

4.3.2 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศจากการเก็บตัวอย่างแบบ Active sampling

ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคารโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์จากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้

ชนิดของฝุ่นละออง	จุดเก็บตัวอย่าง	ครั้งที่ 1 (mg/m^3)	ครั้งที่ 2 (mg/m^3)
Total dust	สำนักงาน	0.01389	0.04167
	โรงงาน(ในอาคาร)	0.63889	0.48611
Respirable dust	โรงงาน(ในอาคาร)	0.05556	0.08333

จากตารางที่ 4.2 ปริมาณฝุ่นรวม (Total dust) ที่เก็บได้จากเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคลบริเวณภายในสำนักงานทั้งสองครั้งพบว่า มีปริมาณฝุ่นละอองน้อยกว่าบริเวณภายในอาคารโรงงาน เนื่องจากบริเวณภายในสำนักงานไม่ได้รับผลกระทบจากกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นภายในอาคารโรงงาน และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นรวมที่ตรวจวัดได้กับค่ามาตรฐานของฝุ่นรวมซึ่งกรม

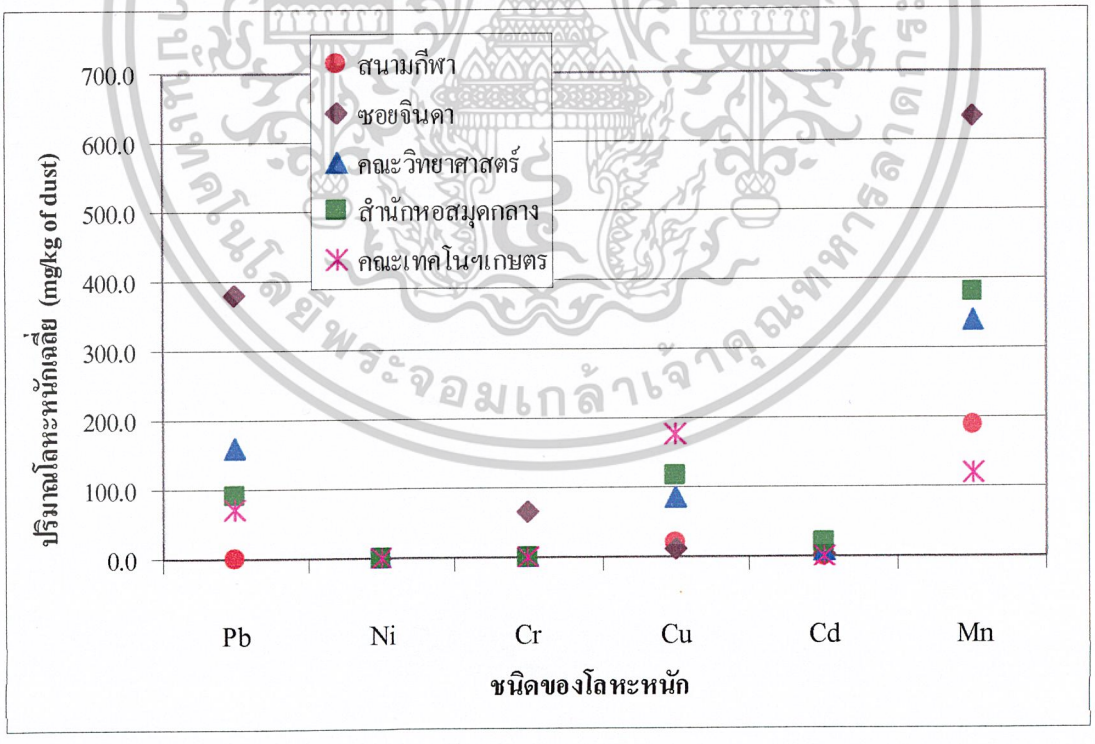
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมมลพิษกำหนดไว้เท่ากับ 0.33 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) พบว่าปริมาณฝุ่นรวมที่ตรวจพบทั้งสองครั้งภายในสำนักงานมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่วนฝุ่นรวมที่ตรวจพบภายในอาคารโรงงานทั้งสองครั้งนั้นมีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Respirable dust) ซึ่งเก็บเฉพาะภายในอาคารโรงงานพบว่า มีปริมาณฝุ่นละอองทั้งสองครั้งไม่เกินค่ามาตรฐานซึ่งกรมควบคุมมลพิษได้กำหนดไว้ คือ 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กระบวนการผลิตของโรงงานจะก่อให้เกิดฝุ่นละอองขนาดใหญ่มากกว่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก

4.4 ผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองจากการเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling

4.4.1 ผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในเขตชุมชน

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในเขตชุมชนระหว่างช่วงที่หนึ่ง วันที่ 15 พฤศจิกายน ถึง วันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 และช่วงที่สอง วันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 ถึง วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2547 โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิด แสดงผลดังรูปที่ 4.3 – 4.6

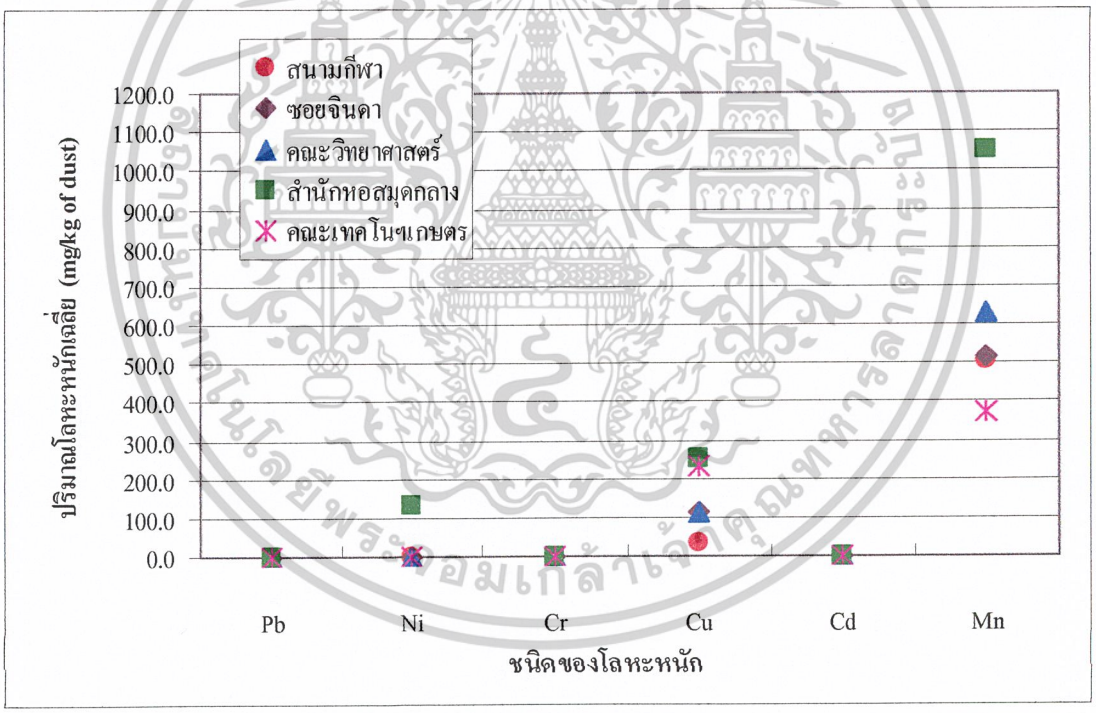


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในฝุ่นละอองในเขตชุมชน ระหว่างวันที่ 15 พฤศจิกายน – 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 (ช่วงที่หนึ่ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 และตารางที่ ง-5 ในภาคผนวก ง เมื่อพิจารณาในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างทั้งชนิดและปริมาณของโลหะหนักในฝุ่นละอองที่พบมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันโดยพบแมงกานีส ตะกั่ว ทองแดง แคดเมียม และโครเมียม ที่จุดเก็บตัวอย่างสนามกีฬา ซอยจินดา คณะวิทยาศาสตร์ และสำนักหอสมุดกลาง ยกเว้น จุดเก็บตัวอย่างที่คณะเทคโนโลยีการเกษตรจะพบปริมาณทองแดงมากกว่าแมงกานีส

ตารางที่ ง-7 ในภาคผนวก ง เมื่อพิจารณาช่วงระยะเวลาที่หนึ่งของพื้นที่เขตชุมชนรอบๆ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ชนิดของโลหะหนักที่พบได้แก่ แมงกานีส ตะกั่ว ทองแดง โครเมียม และแคดเมียม โดยมีปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในฝุ่นละออง เท่ากับ 332.60, 90.30, 82.78, 64.80 และ10.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของฝุ่นละออง (mg/kg of dust) ตามลำดับ ส่วนกรณีของนิกเกิลไม่สามารถตรวจวัดได้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในฝุ่นละอองในเขตชุมชนระหว่างวันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 – 15 มกราคม พ.ศ. 2546 (ช่วงที่สอง)

จากรูปที่ 4.4 และตารางที่ ง-6 ในภาคผนวก ง เมื่อพิจารณาในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างทั้งชนิดและปริมาณของโลหะหนักในฝุ่นละอองที่พบมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยพบแมงกานีส และ ทองแดง ในทุกจุดเก็บตัวอย่างยกเว้น จุดเก็บตัวอย่างที่สำนักหอสมุดกลางจะตรวจ

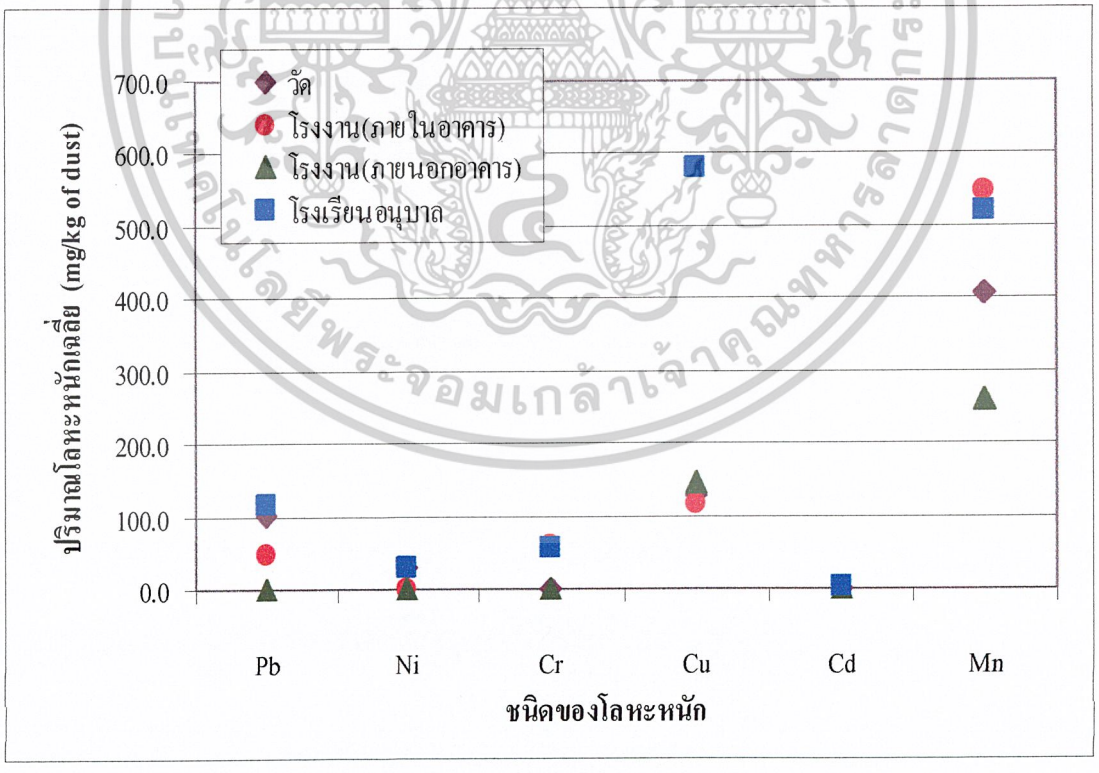
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบปริมาณนิกเกิล เนื่องจากบริเวณนี้อาจได้รับผลกระทบจากมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงของรถไฟมากกว่าจุดเก็บตัวอย่างบริเวณอื่นๆ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองดังกล่าวดังข้างต้น โลหะหนักแมงกานีส ทองแดง ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม และนิกเกิลที่พบในเขตชุมชนอาจเกิดจากไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถไฟและจากยานพาหนะบนท้องถนนซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Akhter and Madany (1993), Arslan and Bombay (1990) และCharlesworth และคณะ (2003)

จากรูปที่ 4.4 และตารางที่ ง-8 ในภาคผนวก ง เมื่อพิจารณาช่วงระยะเวลาที่สองของพื้นที่เขตชุมชนรอบๆ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ชนิดของโลหะหนักที่พบได้แก่ แมงกานีส ทองแดง และนิกเกิล โดยมีปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในฝุ่นละอองเท่ากับ 614.80, 150.28 และ133.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของฝุ่นละออง (mg/kg of dust) ตามลำดับ ส่วนกรณีของตะกั่ว โครเมียม และแคดเมียม ไม่สามารถตรวจวัดได้

4.4.2 ผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในเขตอุตสาหกรรม



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในฝุ่นละอองในเขตอุตสาหกรรม ระหว่าง วันที่ 15 พฤศจิกายน – 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 (ช่วงที่หนึ่ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

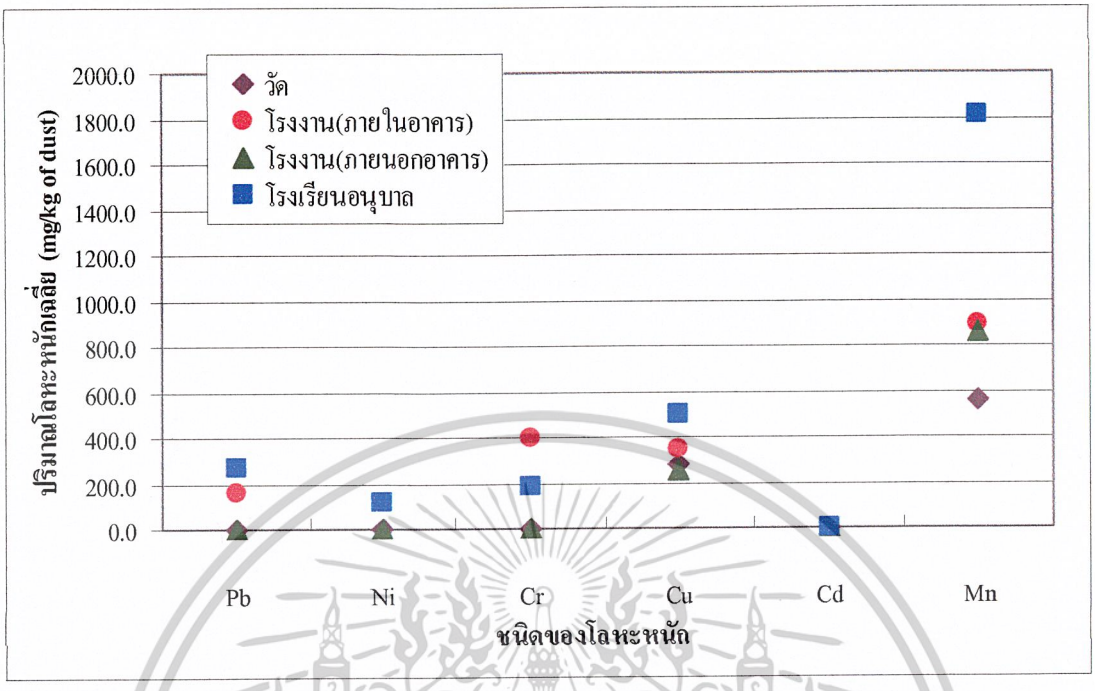
จากรูปที่ 4.5 และ ตารางที่ ง-5 ในภาคผนวก ง เมื่อพิจารณาโลหะหนักในฝุ่นละอองที่จุดเก็บตัวอย่างภายในอาคารของโรงงานจะพบแมงกานีส ทองแดง โครเมียม และตะกั่ว ส่วนภายนอกอาคารของโรงงานจะพบเพียงแมงกานีสและทองแดง ซึ่งชนิดของโลหะหนักที่พบทั้งภายในและภายนอกอาคารของโรงงานอาจได้รับผลกระทบมาจากแหล่งกำเนิดมลสารจากกระบวนการผลิตภายในอาคาร

ที่จุดเก็บตัวอย่างโรงเรียนอนุบาลจะพบทองแดง แมงกานีส ตะกั่ว โครเมียม นิกเกิล และแคดเมียม ซึ่งพบว่าชนิดของโลหะหนักที่พบที่โรงเรียนอนุบาลจะมีความคล้ายคลึงกับภายในอาคารของโรงงาน ทั้งนี้เนื่องจากโรงเรียนอนุบาลตั้งอยู่ในทิศทางใต้ลมซึ่งจะทำให้ได้รับผลกระทบจากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ซึ่งมาจากกระบวนการผลิตของโรงงาน นอกจากนี้ยังพบนิกเกิลและแคดเมียมอีกด้วยซึ่งอาจได้รับผลกระทบมาจากโรงงานผลิตเหล็กที่ตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียง

และจุดเก็บตัวอย่างที่วัดพบแมงกานีส ทองแดง ตะกั่ว และนิกเกิล ที่จุดเก็บตัวอย่างที่วัดไม่พบโครเมียมเนื่องจากวัดตั้งอยู่ในตำแหน่งต้นลมซึ่งจะไม่รับผลกระทบจากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ แต่จะพบนิกเกิลอาจเนื่องจากการจราจร (Akhter และ Madany, 1993) ส่วนแมงกานีส และทองแดงที่พบในวัดอาจเกิดจากการจราจรและอาจได้รับผลกระทบมาจากโรงงานอุตสาหกรรมอื่นที่ตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียง

จากตารางที่ ง-7 ในภาคผนวก ง แสดงให้เห็นปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยของโลหะหนักแต่ละชนิดรวมทุกจุดเก็บตัวอย่างของพื้นที่เขตอุตสาหกรรมในช่วงระยะเวลาที่หนึ่ง ชนิดของโลหะหนักที่พบได้แก่ ทองแดง แมงกานีส ตะกั่ว โครเมียม นิกเกิล และแคดเมียม โดยมีปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในฝุ่นละอองเท่ากับ 504.50, 433.25, 88.60, 58.65, 29.90 และ 2.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของฝุ่นละออง (mg/kg of dust) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในฝุ่นละอองในเขตอุตสาหกรรม ระหว่าง วันที่ 15 พ.ศ. ธันวาคม 2546 – 15 มกราคม พ.ศ. 2546 (ช่วงที่สอง)

จากรูปที่ 4.6 และ ตารางที่ ง-6 ในภาคผนวก ง เมื่อพิจารณาโลหะหนักในฝุ่นละอองที่จุดเก็บตัวอย่างภายในอาคารของโรงงานจะพบแมงกานีส โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว และนิกเกิล ส่วนภายนอกอาคารของโรงงานจะพบเพียงแมงกานีสและทองแดง ซึ่งโลหะหนักที่พบอาจมาจากกระบวนการผลิตของโรงงาน

ที่จุดเก็บตัวอย่างโรงเรียนอนุบาลจะพบแมงกานีส ทองแดง ตะกั่ว โครเมียม และนิกเกิล ซึ่งอาจได้รับผลกระทบมาจากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์และโรงงานผลิตเหล็กซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียง

และจุดเก็บตัวอย่างที่วัดจะพบแมงกานีส และทองแดง อาจเนื่องมาจากการจราจรและผลกระทบจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่รอบๆ

จากตารางที่ ง-8 ในภาคผนวก ง แสดงให้เห็นปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยของโลหะหนักแต่ละชนิดรวมทุกจุดเก็บตัวอย่างของพื้นที่เขตอุตสาหกรรมในช่วงระยะเวลาที่สอง ชนิดของโลหะหนักที่พบได้แก่ แมงกานีส ทองแดง โครเมียม ตะกั่ว และนิกเกิล โดยมีปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในฝุ่นละอองเท่ากับ 1031.25, 345.5, 291.00, 216.00 และ119.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของฝุ่นละออง (mg/kg of dust) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 การเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยแต่ละชนิดในฝุ่นละอองระหว่างเขตชุมชนและเขตอุตสาหกรรม

เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ความสัมพันธ์ทางสถิติ t-test ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในช่วงเวลาที่หนึ่งแสดงดังตาราง จ-3 ภาคผนวก จ และช่วงเวลาที่สองแสดงดังตาราง จ-4 ในภาคผนวก จ โดยสามารถแปรผลได้ดังนี้

ในช่วงเวลาที่หนึ่ง ปริมาณนิกเกิลเฉลี่ย โครเมียมเฉลี่ย ทองแดงเฉลี่ย แคดเมียมเฉลี่ย และแมงกานีสเฉลี่ยในฝุ่นละอองในทั้งสองบริเวณไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากโลหะหนักเหล่านี้เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถยนต์และอุตสาหกรรม ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในฝุ่นละอองในทั้งสองบริเวณมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจาก พบปริมาณตะกั่วในเขตชุมชนมากกว่าเขตอุตสาหกรรม เพราะจุดเก็บตัวอย่างในเขตชุมชนตั้งอยู่ใกล้ริมถนนซึ่งมียานพาหนะสัญจรอยู่ตลอดเวลา จึงอาจทำให้พบปริมาณตะกั่วมากกว่า

ในช่วงเวลาที่สอง ปริมาณนิกเกิลเฉลี่ย แคดเมียมเฉลี่ย และแมงกานีสเฉลี่ยในฝุ่นละอองในทั้งสองบริเวณไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเขตชุมชนอาจได้รับผลกระทบจากการจราจร และมลพิษจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณตะกั่วเฉลี่ย โครเมียมเฉลี่ย และทองแดงเฉลี่ยในฝุ่นละอองทั้งสองบริเวณมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากทองแดงและโครเมียมในเขตอุตสาหกรรมพบในปริมาณที่มากกว่าเขตชุมชน เพราะแหล่งกำเนิดมลพิษในเขตอุตสาหกรรมมีมากกว่าเขตชุมชน ส่วนตะกั่วพบในเขตชุมชนมากกว่าเขตอุตสาหกรรมทั้งนี้เนื่องมาจาก การเผาไหม้เชื้อเพลิงดีเซลในรถยนต์ที่มีปริมาณตะกั่วผสมอยู่

4.5 ผลการตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองจากการเก็บตัวอย่างแบบ Active sampling

จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองโดยวิธี Active Sampling ภายในอาคารโรงงานด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคลทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง 2 ชนิด คือ Total dust และ Respirable dust ซึ่งเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเป็นจำนวน 3 ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งเก็บตัวอย่างนาน 6 ชั่วโมงในช่วงเวลาที่มีการทำงานของพนักงาน โดยผลการตรวจวัดทั้ง 3 ครั้งพบว่า ปริมาณฝุ่นที่เก็บมีปริมาณน้อยเกินกว่าจะสามารถทำการวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่น ทั้งนี้เนื่องจากความผิดพลาดของอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

และในการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี Active Sampling จะพบมีข้อจำกัดดังนี้

1. ในกรณีที่อุปกรณ์เก็บตัวอย่างไม่สามารถใช้การได้ตามปกติจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการเก็บตัวอย่าง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทดลอง
2. เนื่องจากอุปกรณ์เก็บตัวอย่างด้วยวิธีนี้มีราคาแพงจึงทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้หลายพื้นที่ในเวลาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเก็บตัวอย่างด้วยวิธีนี้จะทราบถึงผลกระทบของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง แต่จะไม่ทราบถึงผลกระทบแบบสะสมในระยะยาว เช่น สุขภาพของคนงานหากได้รับฝุ่นละอองที่มีโลหะหนักปนเปื้อนเป็นระยะเวลานานๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาปริมาณฝุ่นละออง และปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณเขตชุมชนและเขตอุตสาหกรรม โดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling เป็นการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองและโลหะหนักในฝุ่นละอองโดยภาพรวม เพื่อประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งต้องอาศัยจำนวนตัวอย่างมาก ดังนั้นการเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมเพราะง่ายและมีราคาถูก ส่วนการเก็บตัวอย่างแบบ Active sampling จะศึกษาปริมาณของฝุ่นละอองและโลหะหนักต่อปริมาตรของอากาศ ทำให้ทราบถึงปริมาณความเข้มข้นของสารนั้นในอากาศที่จะมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ผลการศึกษาสรุปได้ดังต่อไปนี้

จากการเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling

1. ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศที่เก็บได้ทั้งช่วงที่หนึ่ง คือ 15 พฤศจิกายน ถึง 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 และช่วงที่สอง คือ 15 ธันวาม พ.ศ. 2546 ถึง 15 มกราคม พ.ศ. 2547 พบว่าปริมาณฝุ่นละอองที่เก็บได้ทั้งสองบริเวณไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
2. ช่วงเวลาที่หนึ่งชนิดของโลหะหนักในฝุ่นละอองที่พบในบริเวณเขตชุมชนและเขตอุตสาหกรรม คือ แมงกานีส ตะกั่ว ทองแดง โครเมียม นิกเกิล และแคดเมียม ส่วนในช่วงเวลาที่สองพบเช่นเดียวกับช่วงเวลาที่หนึ่ง แต่ไม่พบแคดเมียม
3. จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในทั้งสองช่วงเวลา พบว่าปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยของ นิกเกิล แคดเมียม และแมงกานีสในทั้งเขตชุมชนและเขตอุตสาหกรรมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยของตะกั่วในทั้งสองเขตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในกรณีของโครเมียมและทองแดงนั้นในช่วงเวลาที่หนึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และในช่วงเวลาที่สองนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

จากการเก็บตัวอย่างแบบ Active sampling ไม่สามารถตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละออง ทั้ง 2 ชนิด คือ Total dust และ Respirable dust เนื่องจากปริมาณมีน้อยเกินกว่าที่เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์จะตรวจวัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเก็บข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาตลอดระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง
2. ควรมีการเก็บข้อมูลของจำนวนรถยนต์และชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในรถยนต์บริเวณที่เก็บตัวอย่าง
2. ควรมีการศึกษาถึงปริมาณฝุ่นละอองและโลหะหนักในฝุ่นละออง จากเขตชุมชนและอุตสาหกรรมอื่น เพื่อทำการเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ศึกษาข้างต้น
3. ควรมีการศึกษาถึงปริมาณฝุ่นละอองและโลหะหนักในฝุ่นละออง เปรียบเทียบในฤดูกาลต่าง ๆ
4. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบทางด้านสุขภาพที่เปลี่ยนแปลงไปของประชากรในพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยอาจใช้การสำรวจแบบสอบถาม
5. เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองมีจำกัด ทำให้การเก็บตัวอย่างและการตรวจวัดมีข้อมูลที่ไม่ครอบคลุมตลอดทั้งปี ฉะนั้นควรมีการติดตามและตรวจสอบผลอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ (2545) **สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2545,** กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและเทคโนโลยี

นพภาพร พานิช และแสงสันติ์ พานิช (2544) **แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ,** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัทมา สุระสินธุ์อนันต์, พลนิกร เขียวลงยา และสุนันทา บัวกลั่นหอม (2542) **สถานการณ์ฝุ่นละอองในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,** โครงงานวิจัยวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แม้น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม (2534) **หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ,** ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงพิมพ์ชวนชม

รวิพรรณ ทองห่อ, อาภาพรรณ ชัฏไพศาล และอุมาพร อนันควานิช (2545) **การวิเคราะห์เชิงกึ่งปริมาณโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ปนเปื้อนในดินบริเวณที่มีการเผาขยะมูลฝอยในที่โล่งแจ้ง,** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

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

อรพรรณ เมธดิลก (2538) **โครงการศึกษาประเมินผลกระทบจากมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพอนามัย ประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล,** สมาคมแพทย์อาชีวะเวชศาสตร์และสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

ASTM (2001) **Standard method for collection and analysis of dustfall,** ASTM D 1739-89

Akhter, M.S. and Madany, I.M. (1993) **Heavy metal in street and house dust in Bahrain,** Water, Air and Soil Pollution. 66, 111-119

Arslan, M. and Boybay, M. (1990) **A study on the characterizeration of Dustfall,** Atmospheric Environment, 24, 2667-2671

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Charlesworth,S., Evereet,M., McCarthy,R., Ordonez A. and de Miguel, E. (2003) **A comparative study of heavy metal concentration and distribution in deposited a large and small urban area :Birmingham and Coventry, West Midlands, UK**. Environment International, 29, 563-573

Charlesworth,S.M. and Lee,J.A. (1999) **Particulate – associated heavy metals in the urban environment: transport from source to deposit, Coventry, UK.** Chemosphere, 25(9), 833-848

Culp, G.L. and Culp, R.L. (1974) **New concepts in Water Purification.** New york: Littion Education Publishing, Inc.

VDI (1987) **Chemical Analysis of Particulates in Ambient Air: Determination of Lead, Cadmium and their Inorganic Compounds as Part of the Dust Precipitation by Atomic Absorption Spectrometry**, VDI 2267 part 4

VDI (1988) **Chemical Analysis of Particulates in Ambient Air : Determination of Thallium and its Inorganic Compounds as Part of the Dust Precipitation by Atomic Absorption Spectrometry**, VDI 2267 part 7

VDI (1996) **Measurement of Particulate Precipitations : Determination of Dust Precipitation with Collecting Posts Made of Glass (Bergerhoff Method) or Plastic**, VDI 2119

OSHA Method No.ID-121, www.OSHA.gov/dts/sltc/methods/inorganic/id121.html, November 12, 2003

OSHA Chapter 8, www.OSHA.gov/SLTC/silicacry stalline/dust/chapter_8.html, November 12, 2003

www.anamai.moph.go.th/chemnet/data, November 25, 2003

www.doc.mmu.ac.uk/aricleae/english.html, November 3, 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ก-1 การเตรียมสารละลาย

การเตรียมสารละลายมาตรฐานนั้นทำการเตรียมความเข้มข้นให้อยู่ในช่วงที่เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตโฟโตมิเตอร์สามารถตรวจวัดได้ดังตาราง ข-3 ในภาคผนวก ข และในทางปฏิบัตินั้นการกำหนดค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานนั้นต้องครอบคลุมความเข้มข้นสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์

ก-1.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานทองแดง (Cu), แมงกานีส (Mn) และแคดเมียม (Cd)

1. ปิเปตสารละลายสต็อกของทองแดง (Cu), แมงกานีส (Mn) และแคดเมียม (Cd) ที่ความเข้มข้น 1000 ppm มาอย่างละ 2 ml ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml ปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 % ได้สารละลายทองแดง (Cu), แมงกานีส (Mn) และแคดเมียม (Cd) ที่มีความเข้มข้นเข้มข้น 20 ppm
2. เตรียมสารละลายมาตรฐานทองแดง (Cu) ความเข้มข้น 0, 3, 5, 10, 15 ppm จากสารละลายทองแดง (Cu) ความแข้มข้น 20 ppm โดยทำการปิเปตด้วยไมโครปิเปต มาในปริมาณ 0, 3.75, 6.25, 12.5, 18.75 ml ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 %
3. เตรียมสารละลายมาตรฐานแมงกานีส (Mn) ความเข้มข้น 0, 1, 3, 5, 7 ppm จากสารละลายแมงกานีส (Mn) ความเข้มข้น 20 ppm โดยทำการปิเปตด้วยไมโครปิเปต มาในปริมาณ 0, 1.25, 3.75, 6.25, 8.75 ml ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 %
4. เตรียมสารละลายมาตรฐานสารละลายแคดเมียม (Cd) ความเข้มข้น 0, 0.5, 1, 2, 3 ppm จากสารละลายแคดเมียม (Cd) ความเข้มข้น 20 ppmโดยทำการปิเปตด้วยไมโครปิเปต ในปริมาณ 0, 0.625, 1.25, 2.5, 3.75 ml ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานทองแดง (Cu) ความเข้มข้น 0, 3, 5, 10, 15 ppm จากสารละลายทองแดง (Cu) ความแข้มข้น 20 ppm โดยทำการปิเปตด้วยไมโครปิเปต มาในปริมาณ 0, 3.75, 6.25, 12.5, 18.75 ml ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 %

ก-1.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานนิกเกิล (Ni), โครเมียม (Cr) และตะกั่ว (Pb)

1. ปิเปตสารละลายสต็อกของนิกเกิล (Ni), โครเมียม (Cr) และตะกั่ว (Pb) ความเข้มข้น 1000 ppm มาอย่างละ 5 ml ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย กรดไนตริกเข้มข้น 1 % ได้สารละลายนิกเกิล (Ni), โครเมียม (Cr) และตะกั่ว (Pb) ที่มีความเข้มข้นเข้มข้น 20 ppm
2. เตรียมสารละลายมาตรฐานนิกเกิล (Ni) ความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20 ppm จากสารละลายนิกเกิล (Ni) ความเข้มข้น 20 ppm โดยทำการปิเปตด้วยไมโครปิเปต มาในปริมาณ 0, 6.25, 12.5, 18.75, 25 ml ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 %
3. เตรียมสารละลายมาตรฐานโครเมียม (Cr) ความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20 ppm จากสารละลายโครเมียม (Cr) ความเข้มข้น 20 ppm โดยทำการปิเปตด้วยไมโครปิเปต มาในปริมาณ 0, 6.25, 12.5, 18.75, 25 ml ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 %
4. เตรียมสารละลายมาตรฐานตะกั่ว (Pb) ความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20 ppm จากสารละลายตะกั่ว (Pb) ความเข้มข้น 20 ppm โดยทำการปิเปตด้วยไมโครปิเปต มาในปริมาณ 0, 6.25, 12.5, 18.75, 25 ml ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข-1 การทดสอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

1. ปรับ pH ของน้ำกลั่นให้ได้ pH 4 ด้วยกรด HCl
2. แช่กระป๋องพลาสติก PET (Polyethylene terephatalate) ด้วยน้ำกลั่น pH 4 ปริมาตร 3000 ml จำนวน 6 ขวด และแช่กระป๋องพลาสติก PET ด้วยน้ำกลั่นที่ไม่ได้ทำการปรับ pH ปริมาตร 3000 ml จำนวน 3 ขวด
3. ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 เดือนที่อุณหภูมิห้อง
4. นำน้ำจากข้อ 3 มาปริมาณ 45 ml ด้วยกระบอกตวง 50 ml ใส่ลงใน vessel แล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้น 65 % เป็นปริมาณ 4 ml และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 96 % ปริมาณ 1 ml
5. ทำการย่อยโดยเครื่องไมโครเวฟตามโปรแกรม Urban dust (Milestone application note for microwave digestion) ดังตาราง ข-1 ในภาคผนวก ข
6. ทำการวิเคราะห์ผลโดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่นดังตาราง ข-2 ในภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-2 การเปรียบเทียบวิธีการย่อยระหว่างวิธีมาตรฐาน VDI และ Microwave

นำตัวอย่างฝุ่นมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในเดสซิเคเตอร์

↓

ชั่งตัวอย่างฝุ่นจำนวน 0.25 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 ml

↓

ย่อยตัวอย่างฝุ่น โดยวิธีมาตรฐาน VDI จำนวน 3 ซ้ำ

ย่อยตัวอย่างฝุ่นโดยวิธีมาตรฐาน Microwave จำนวน 3 ซ้ำ

↓

ทำการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

↓

ทำการวิเคราะห์แบลงค์เช่นเดียวกับตัวอย่าง แต่ไม่เติมตัวอย่างฝุ่น

ข-3 วิธีการย่อยโดยวิธีมาตรฐาน VDI

1. ชั่งตัวอย่างฝุ่นจำนวน 0.2500 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 ml เติมกรดไนตริกเข้มข้น 65 % ปริมาณ 10 ml
2. นำไประเหยแห้งโดยใช้แท่นให้ความร้อน (Heater) ที่อุณหภูมิ 150-180°C (ระวังอย่าให้เดือด) แล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
3. เติมกรดไนตริกเข้มข้น 1 % ปริมาณ 20 ml และคนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันประมาณ 15 นาที
4. ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน นำเฉพาะส่วนใสใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml ปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 %
5. ทำการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่นดังตาราง ข-2 ในภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-4 การย่อยโดยวิธีมาตรฐาน Microwave

1. นำตัวอย่างฝุ่นมาจำนวน 0.2500 กรัม เติมกรดไนตริกเข้มข้น 65 % ปริมาณ 4 ml และเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 96 % ปริมาณ 1 ml แล้วเทลงใน vessel
2. ทำการย่อยโดยโปรแกรมดังตาราง ข-1

ตารางที่ ข-1 โปรแกรมไมโครเวฟสำหรับ Urban dust

(Milestone application note for microwave digestion)

Step	Time	Power	Press	Temp1	Temp2
1	00:06:00	250	0	0	0
2	00:06:00	400	0	0	0
3	00:06:00	650	0	0	0
4	00:06:00	250	0	0	0
5	00:00:00	0	0	0	0
6	00:00:00	0	0	0	0
7	00:00:00	0	0	0	0
8	00:00:00	0	0	0	0
9	00:00:00	0	0	0	0
10	00:00:00	0	0	0	0
Vent : 00:05:00	☑ Rotorctrl on		☐ Twist on		

3. นำสารละลายที่ผ่านการย่อยแล้วเทใส่ขวดวัดปริมาตร 25 ml ปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 1 %
4. ทำการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่นดังตาราง ข-2 ในภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-5 การวัดค่าการดูดกลืนแสง

1. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน และสารตัวอย่างโดยใช้สภาวะที่ของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ตามความยาวคลื่นที่กำหนดดังตาราง ข-2 (Analysis Guide for Flame Atomic Absorption Spectrophotometry)

ตารางที่ ข-2 ตารางความยาวคลื่นที่ใช้ในการหาปริมาณโลหะหนัก

ธาตุ	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
Cd	228.8
Cr	357.9
Cu	324.8
Mn	279.5
Ni	232.0
Pb	217

2. พลอตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างกับกราฟมาตรฐานแล้วคำนวณหาความเข้มข้นของสารจากตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข – 6 การกำหนดช่วงความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Analytical guide for flame atomic absorption spectrophotometry)

ตารางที่ ข-3 การกำหนดช่วงความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

Element	Scope of analytical concentrations (mg/l)
Pb	0.3 - 25.0
Ni	0.2 - 20.0
Cr	0.5 - 20.0
Cu	0.1 -15.0
Cd	0.03-3.0
Mn	0.08-7.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

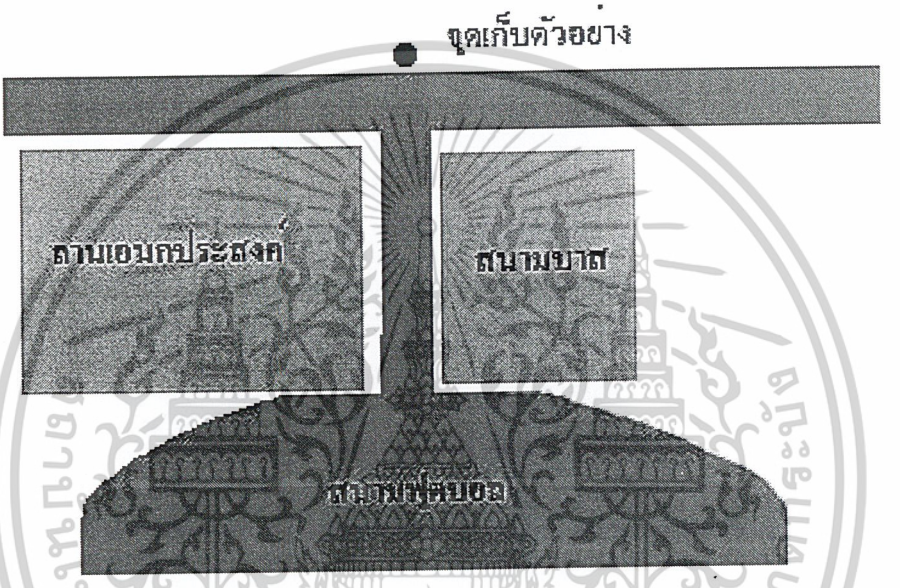
ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

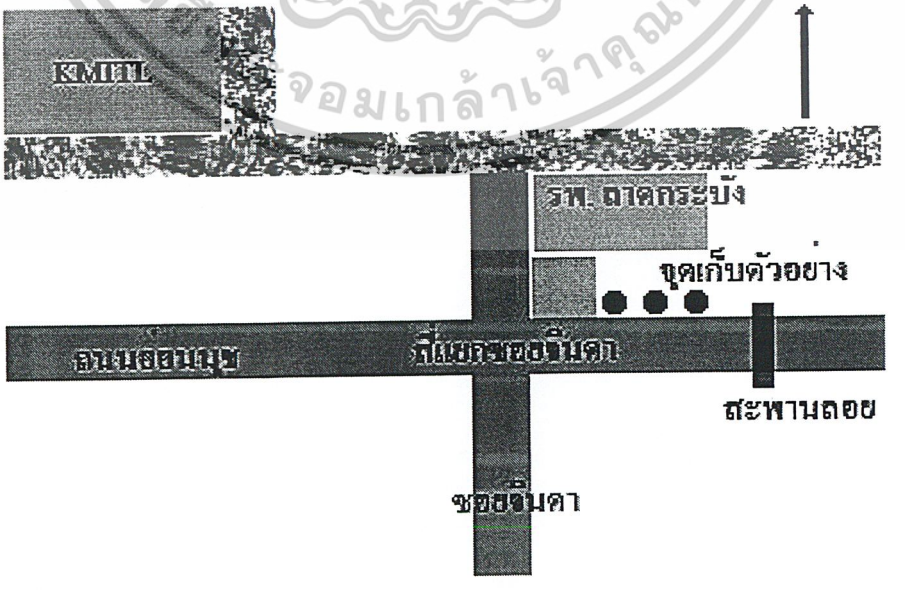
ภาคผนวก ค
แผนที่จุดเก็บตัวอย่าง

ค-1 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างเขตชุมชน

รูปที่ ค-1 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างสนามกีฬา

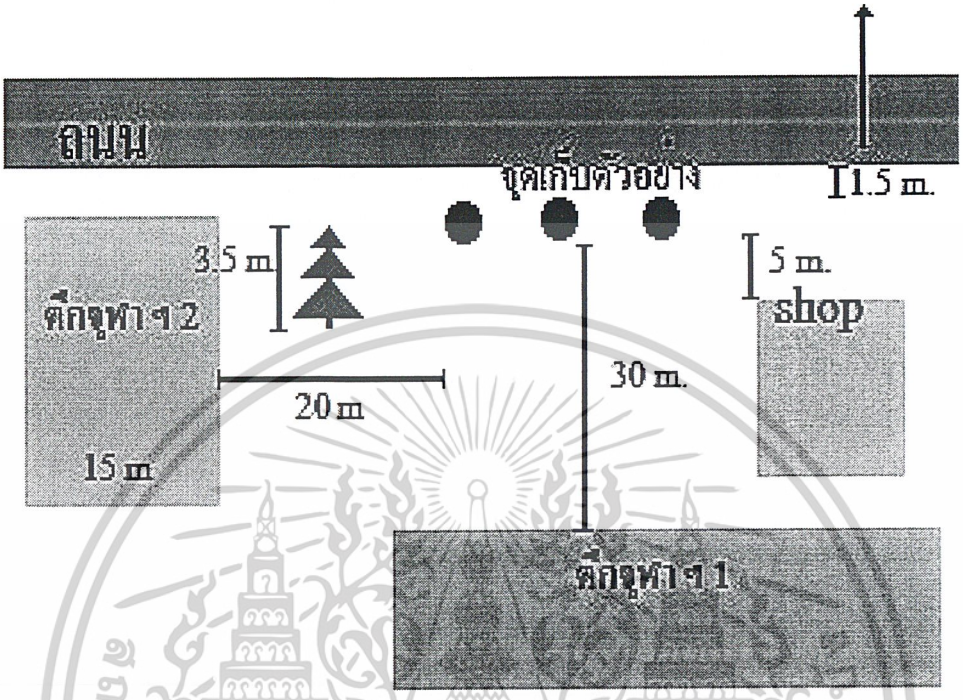


รูปที่ ค-2 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างซอยจินดา

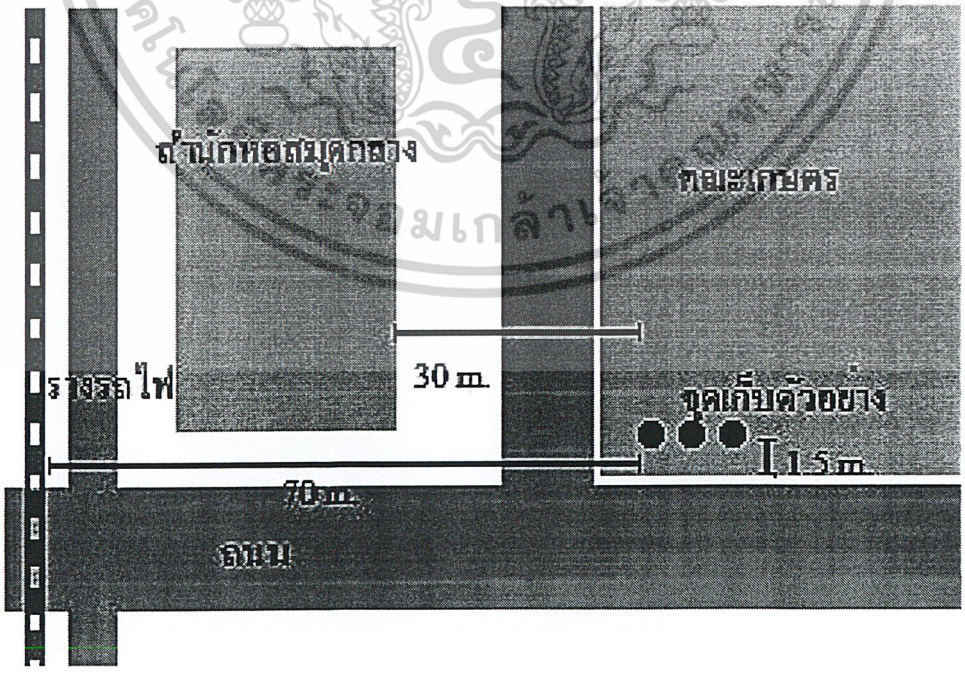


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค-3 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างคณะวิทยาศาสตร์

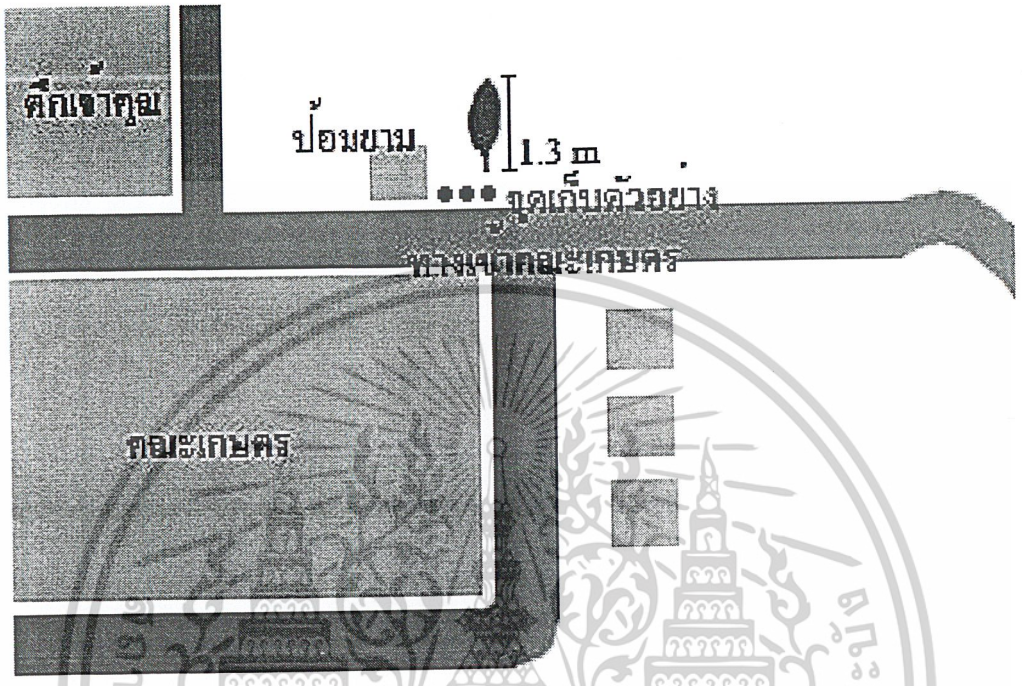


รูปที่ ค-4 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างสำนักหอสมุดกลาง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

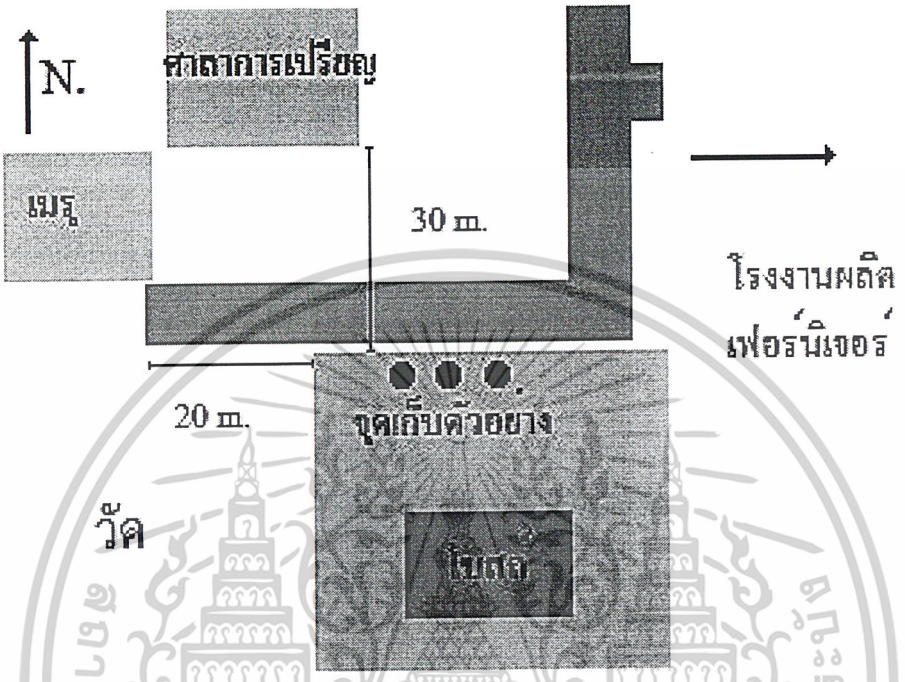
รูปที่ ค-5 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างคณะเทคโนโลยีการเกษตร



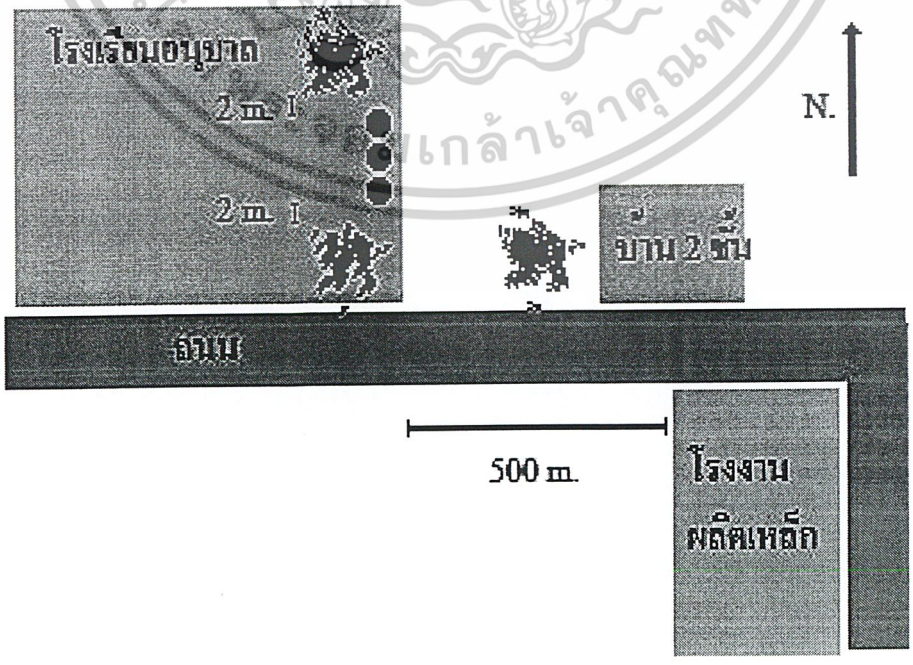
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-1 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างเขตอุตสาหกรรม

รูปที่ ค-6 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณวัด



รูปที่ ค-7 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างโรงเรียน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในฝุ่น

ตารางที่ ง-1 ผลการทดสอบการชะโลหะหนักแคดเมียมของกระป๋อง PET

จำนวน	น้ำกลั่น pH 6.5 – 7 (ppm/3000 ml)	น้ำกลั่น pH 4 (ppm/3000 ml)
1	ND	ND
2	ND	ND
3	ND	ND
4	ND	0.0650
5	ND	ND
6	ND	0.0807

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-2 ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองเฉลี่ยเปรียบเทียบระหว่างวิธีมาตรฐาน VDI กับวิธีไมโครเวฟ

วิธี	ตัวอย่าง/โลหะหนัก	ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละออง (mg / kg of dust)					
		Pb	Ni	Cr	Cu	Cd	Mn
VDI	ตัวอย่าง 1	372.00	869.98	3.94	574.99	0.49	1582.30
	ตัวอย่าง 2	414.80	848.50	4.86	523.80	0.61	1458.50
	ตัวอย่าง 3	445.30	825.50	5.80	482.70	0.53	1374.20
	Avg.	410.70	847.99	4.87	527.16	0.54	1471.67
	S.D.	36.82	22.24	0.93	46.24	0.06	104.67
	Avg ± S.D.	410.70±36.82	847.99±22.24	4.87±0.93	527.16±46.24	0.54±0.06	1471.67±104.67
Microwave	ตัวอย่าง 1	289.30	90.25	287.60	422.10	0.59	1739.57
	ตัวอย่าง 2	364.00	102.60	246.70	473.81	0.47	1619.10
	ตัวอย่าง 3	327.20	99.51	221.40	383.70	0.57	1631.00
	Avg.	326.83	97.45	251.90	426.54	0.54	1663.22
	S.D.	37.35	6.43	33.40	45.22	0.06	66.39
	Avg ± S.D.	326.83±37.35	97.45±6.43	251.90±33.40	426.54±45.22	0.54±0.06	1663.22±66.39

ตารางที่ ง-3 น้ำหนักตัวอย่างฝุ่นที่เก็บได้ในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 – 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ (mg/m^2d)					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	Avg.	S.D.	Avg. ± S.D.
สนามกีฬา	1560.46	-	-	1560.46	-	1560.46
ซอยจินดา	924.05	905.46	893.28	907.60	15.49	907.60 ± 15.49
คณะวิทยาศาสตร์	287.12	235.24	258.89	260.42	25.97	260.42 ± 25.97
สำนักหอสมุดกลาง	217.95	209.53	-	213.74	5.96	213.74 ± 5.96
คณะเทคโนฯ เกษตร	377.47	366.61	359.85	367.98	8.89	367.98 ± 8.89
วัด	548.69	560.37	520.15	543.07	20.69	543.64 ± 20.69
โรงงาน(ในอาคาร)	826.97	834.04	856.46	839.16	15.40	839.16 ± 15.40
โรงงาน(นอกอาคาร)	1506.11	1560.46	-	1533.28	38.43	1533.28 ± 38.43
โรงเรียนอนุบาล	-	1560.05	1643.89	1601.97	59.28	1601.97 ± 59.28

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

\- หมายถึง ไม่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-4 น้ำหนักตัวอย่างฝุ่นที่เก็บได้ในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 – 15 มกราคม พ.ศ. 2547)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ (mg/m^2d)					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	Avg.	S.D.	Avg. ± S.D.
สนามกีฬา	225.02	-	-	225.02	-	225.02
ซอยจินดา	681.04	681.85	681.58	681.49	0.42	681.49 ± 0.42
คณะวิทยาศาสตร์	267.96	252.42	279.92	266.77	13.79	266.77 ± 13.79
สำนักหอสมุดกลาง	150.85	170.96	161.44	161.08	10.06	161.08 ± 10.06
คณะเทคโนฯ เกษตร	272.20	295.68	314.27	294.05	21.08	294.05 ± 21.08
วัด	444.87	423.97	490.54	453.13	34.04	453.13 ± 34.04
โรงงาน(ในอาคาร)	789.66	794.54	769.51	784.57	13.27	784.57 ± 13.27
โรงงาน(นอกอาคาร)	-	166.59	192.68	179.63	18.45	179.63 ± 18.5
โรงเรียนอนุบาล	623.96	669.35	635.11	642.81	23.65	642.81 ± 23.65

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

\- หมายถึง ไม่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-5 ผลการวิเคราะห์หาสัดส่วนปริมาณโลหะหนักในฝุ่นเฉลี่ยในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 - 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)

จุดเก็บตัวอย่าง	สัดส่วนของปริมาณโลหะหนักเฉลี่ย (%)					
	Pb	Ni	Cr	Cu	Cd	Mn
สนามกีฬา	0.0	0.0	0.0	9.6	0.0	90.4
ซอยจินดา	4.4	0.0	7.5	14.5	0.4	73.3
คณะวิทยาศาสตร์	26.9	0.0	0.0	14.5	1.4	57.2
สำนักหอสมุดกลาง	15.0	0.0	0.0	19.5	3.1	62.5
คณะเทคโนฯ เกษตร	19.6	0.0	0.0	47.9	0.0	32.5
วัด	15.1	4.5	0.0	19.5	0.0	60.9
โรงงาน(ในอาคาร)	2.6	0.0	3.3	63.9	0.0	30.2
โรงงาน(นอกอาคาร)	0.0	0.0	0.0	36.2	0.0	63.8
โรงเรียนอนุบาล	9.0	2.3	4.3	44.4	0.2	39.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-6 ผลการวิเคราะห์หาสัดส่วนปริมาณโลหะหนักในฝุ่นเฉลี่ยในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 – 15 มกราคม พ.ศ. 2546)

จุดเก็บตัวอย่าง	สัดส่วนของปริมาณโลหะหนักเฉลี่ย (%)					
	Pb	Ni	Cr	Cu	Cd	Mn
สนามกีฬา	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	93.3
ซอยจินดา	0.0	0.0	0.0	18.2	0.0	81.8
คณะวิทยาศาสตร์	0.0	0.0	0.0	15.3	0.0	84.7
สำนักหอสมุดกลาง	0.0	9.2	0.0	17.7	0.0	73.0
คณะเทคโนฯ เกษตร	0.0	0.0	0.0	38.4	0.0	61.6
วัด	0.0	0.0	0.0	33.2	0.0	66.8
โรงงาน(ในอาคาร)	15.9	5.6	19.0	16.5	0.0	42.9
โรงงาน(นอกอาคาร)	0.0	0.0	0.0	23.1	0.0	76.9
โรงเรียนอนุบาล	10.5	3.9	11.2	16.1	0.0	58.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-7 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในฝุ่นเฉลี่ยในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชน ในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546-15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)

จุดเก็บตัวอย่าง		ปริมาณโลหะหนักเฉลี่ย (mg/kg of dust)					
		Pb	Ni	Cr	Cu	Cd	Mn
เขตชุมชน	สนามกีฬา	ND	ND	ND	20.00	ND	189.00
	ซอยจินดา	37.90	ND	64.80	126.00	3.11	635.00
	คณะวิทยาศาสตร์	160.00	ND	ND	86.30	8.36	340.00
	สำนักหอสมุดกลาง	90.80	ND	ND	118.00	18.70	379.00
	คณะเทคโนฯ เกษตร	72.50	ND	ND	177.00	ND	120.00
	Avg.	90.30	ND	64.80	105.46	10.06	332.60
เขตอุตสาหกรรม	วัด	101.00	29.70	ND	130.00	ND	406.00
	โรงงาน(ในอาคาร)	46.80	ND	60.70	1160.00	ND	548.00
	โรงงาน(นอกอาคาร)	ND	ND	ND	147.00	ND	259.00
	โรงเรียนอนุบาล	118.00	30.10	56.60	581.00	2.18	520.00
	Avg.	88.60	29.90	58.65	504.50	2.18	433.25

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-8 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในฝุ่นเฉลี่ยในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชน ในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546- 15 มกราคม พ.ศ. 2547)

จุดเก็บตัวอย่าง		ปริมาณโลหะหนักเฉลี่ย (mg/kg of dust)					
		Pb	Ni	Cr	Cu	Cd	Mn
เขตชุมชน	สนามกีฬา	ND	ND	ND	36.40	ND	505.00
	ซอยจินดา	ND	ND	ND	115.00	ND	516.07
	คณะวิทยาศาสตร์	ND	ND	ND	114.00	ND	632.17
	สำนักหอสมุดกลาง	ND	133.00	ND	255.01	ND	1050.40
	คณะเทคโนฯ เกษตร	ND	ND	ND	231.30	ND	371.11
	Avg.	ND	133.00	ND	150.34	ND	614.95
เขตอุตสาหกรรม	วัด	ND	ND	ND	277.09	ND	558.23
	โรงงาน(ในอาคาร)	331.88	116.00	397.30	345.27	ND	896.14
	โรงงาน(นอกอาคาร)	ND	ND	ND	259.05	ND	861.00
	โรงเรียนอนุบาล	327.24	122.00	348.57	501.04	ND	1810.48
	Avg.	329.56	119.00	372.94	345.61	ND	1031.46

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-9 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน- 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (mg/kg of dust)					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	Avg.	S.D.	Avg. ± S.D.
สนามกีฬา	ND	-	-	ND	ND	ND
ซอยจินดา	39.40	39.90	34.40	37.90	3.04	37.90±3.04
คณะวิทยาศาสตร์	155.00	175.01	150.00	160.00	13.23	160.00±13.23
สำนักหอสมุดกลาง	94.10	87.49	-	90.80	4.67	90.80±4.67
คณะเทคโนฯ เกษตร	72.89	76.60	68.01	72.50	4.31	72.50±4.31
วัด	109.00	107.00	87.01	101.00	12.16	101.00±12.16
โรงงาน(ในอาคาร)	54.27	40.50	45.62	46.80	6.96	46.80±6.96
โรงงาน(นอกอาคาร)	ND	ND	-	ND	ND	ND
โรงเรียนอนุบาล	-	121.90	114.10	118.00	5.52	118.00±5.52

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

\- หมายถึง ไม่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-10 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณนิกเกิลในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน- 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนักนิกเกิล (mg/kg of dust)					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	Avg.	S.D.	Avg. ± S.D.
สนามกีฬา	ND	-	-	ND	ND	ND
ซอยจินดา	ND	ND	ND	ND	ND	ND
คณะวิทยาศาสตร์	ND	ND	ND	ND	ND	ND
สำนักหอสมุดกลาง	ND	ND	-	ND	ND	ND
คณะเทคโนฯ เกษตร	ND	ND	ND	ND	ND	ND
วัด	ND	28.54	30.86	29.70	1.64	29.70±1.64
โรงงาน(ในอาคาร)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โรงงาน(นอกอาคาร)	ND	ND	-	ND	ND	ND
โรงเรียนอนุบาล	-	28.00	32.20	30.10	2.97	30.10±2.97

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

\- หมายถึง ไม่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-11 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน- 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนักโครเมียม (mg/kg of dust)					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	Avg.	S.D.	Avg. ± S.D.
สนามกีฬา	ND	-	-	ND	ND	ND
ซอยจินดา	67.15	62.65	64.59	64.80	2.26	64.80±2.26
คณะวิทยาศาสตร์	ND	ND	ND	ND	ND	ND
สำนักหอสมุดกลาง	ND	ND	-	ND	ND	ND
คณะเทคโนฯ เกษตร	ND	ND	ND	ND	ND	ND
วัด	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โรงงาน(ในอาคาร)	60.90	59.80	61.40	60.70	0.82	60.70±0.82
โรงงาน(นอกอาคาร)	ND	ND	-	ND	ND	ND
โรงเรียนอนุบาล	-	59.20	54.00	56.60	3.68	56.60±3.68

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้
- หมายถึง ไม่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-12 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน- 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนักทองแดง (mg/kg of dust)					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	Avg.	S.D.	Avg. ± S.D.
สนามกีฬา	20.00	-	-	20.00	ND	20.00
ซอยจินดา	134.00	125.01	119.00	126.00	7.55	126.00±7.55
คณะวิทยาศาสตร์	85.90	95.00	78.00	86.30	8.51	86.30±8.51
สำนักหอสมุดกลาง	124.00	112.00	-	118.00	8.49	118.00±8.49
คณะเทคโนฯ เกษตร	168.89	165.90	196.21	177.00	16.70	177.00±16.70
วัด	116.00	141.00	133.00	130.00	12.77	130.00±12.77
โรงงาน(ในอาคาร)	997.00	1176.79	1306.21	1160.00	155.29	1160.00±155.29
โรงงาน(นอกอาคาร)	155.00	139.00	-	147.00	11.31	147.00±11.31
โรงเรียนอนุบาล	-	560.00	602.00	581.00	29.70	581.00±29.70

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

\- หมายถึง ไม่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-13 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน- 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนักแคดเมียม (mg/kg of dust)					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	Avg.	S.D.	Avg. ± S.D.
สนามกีฬา	ND	-	-	ND	ND	ND
ซอยจินดา	ND	2.86	3.37	3.11	0.36	3.11±0.36
คณะวิทยาศาสตร์	7.63	9.10	8.37	8.36	0.73	8.36±0.73
สำนักหอสมุดกลาง	19.82	17.57	-	18.70	1.59	18.70±1.59
คณะเทคโนฯ เกษตร	ND	ND	ND	ND	ND	ND
วัด	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โรงงาน(ในอาคาร)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โรงงาน(นอกอาคาร)	ND	ND	-	ND	ND	ND
โรงเรียนอนุบาล	-	2.10	2.27	2.18	0.12	2.18±0.12

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

\- หมายถึง ไม่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-14 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแมงกานีสในฝุ่นในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชนในช่วงที่หนึ่ง (15 พฤศจิกายน- 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนักแมงกานีส (mg/kg of dust)					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	Avg.	S.D.	Avg. ± S.D.
สนามกีฬา	189.00	-	-	189.00	ND	189.00
ซอยจินดา	643.30	678.00	583.70	635.00	47.69	635.00±47.69
คณะวิทยาศาสตร์	348.90	350.00	321.10	340.00	16.38	340.00±16.38
สำนักหอสมุดกลาง	375.00	383.00	-	379.00	5.66	379.00±5.66
คณะเทคโนฯ เกษตร	114.20	118.90	126.90	120.00	6.42	120.00±6.42
วัด	405.30	416.00	396.70	406.00	9.67	406.00±9.67
โรงงาน(ในอาคาร)	556.41	502.60	585.00	548.00	41.84	548.00±41.84
โรงงาน(นอกอาคาร)	267.00	251.00	-	259.00	11.31	259.00±11.31
โรงเรียนอนุบาล	-	513.00	527.00	520.00	9.90	520.00±9.90

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

\- หมายถึง ไม่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-15 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วในฝุ่นเฉลี่ยในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชน ในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546- 15 มกราคม พ.ศ. 2547)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (mg/kg of dust)					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	Avg.	S.D.	Avg. ± S.D.
สนามกีฬา	ND	-	-	ND	ND	ND
ซอยจินดา	ND	ND	ND	ND	ND	ND
คณะวิทยาศาสตร์	ND	ND	ND	ND	ND	ND
สำนักหอสมุดกลาง	ND	ND	ND	ND	ND	ND
คณะเทคโนฯ เกษตร	ND	ND	ND	ND	ND	ND
วัด	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โรงงาน(ในอาคาร)	313.60	322.76	359.27	331.88	24.16	331.88±24.16
โรงงาน(นอกอาคาร)	-	ND	ND	ND	ND	ND
โรงเรียนอนุบาล	318.81	320.00	342.90	327.24	13.58	327±13.58

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

\- หมายถึง ไม่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-16 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณนิกเกิลในฝุ่นเฉลี่ยในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชน ในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546- 15 มกราคม พ.ศ. 2547)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนักนิกเกิล (mg/kg of dust)					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	Avg.	S.D.	Avg. ± S.D.
สนามกีฬา	ND	-	-	ND	ND	ND
ซอยจินดา	ND	ND	ND	ND	ND	ND
คณะวิทยาศาสตร์	ND	ND	ND	ND	ND	ND
สำนักหอสมุดกลาง	ND	133.00	ND	133.00	ND	133.00
คณะเทคโนฯ เกษตร	ND	ND	ND	ND	ND	ND
วัด	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โรงงาน(ในอาคาร)	116.00	ND	ND	116.00	ND	116.00
โรงงาน(นอกอาคาร)	-	ND	ND	ND	ND	ND
โรงเรียนอนุบาล	125.30	118.70	ND	122.00	4.67	122.00±4.67

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

\- หมายถึง ไม่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-17 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมในฝุ่นเฉลี่ยในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชน ในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546- 15 มกราคม พ.ศ. 2547)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนักโครเมียม (mg/kg of dust)					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	Avg.	S.D.	Avg. ± S.D.
สนามกีฬา	ND	-	-	ND	ND	ND
ซอยจินดา	ND	ND	ND	ND	ND	ND
คณะวิทยาศาสตร์	ND	ND	ND	ND	ND	ND
สำนักหอสมุดกลาง	ND	ND	ND	ND	ND	ND
คณะเทคโนฯ เกษตร	ND	ND	ND	ND	ND	ND
วัด	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โรงงาน(ในอาคาร)	397.30	ND	ND	397.30	ND	397.30
โรงงาน(นอกอาคาร)	-	ND	ND	ND	ND	ND
โรงเรียนอนุบาล	365.10	332.03	ND	348.57	23.38	348.57±23.38

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

\- หมายถึง ไม่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-18 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงในฝุ่นเฉลี่ยในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชน ในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546- 15 มกราคม พ.ศ. 2547)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนักทองแดง (mg/kg of dust)					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	Avg.	S.D.	Avg. ± S.D.
สนามกีฬา	36.40	-	-	36.40	ND	
ซอยจินดา	122.30	113.78	108.93	115.00	6.77	115.00±6.77
คณะวิทยาศาสตร์	111.10	118.00	112.89	114.00	3.58	114.00±3.58
สำนักหอสมุดกลาง	267.80	233.24	264.00	255.01	18.95	255.01±18.95
คณะเทคโนฯ เกษตร	238.10	224.81	231.00	231.30	6.65	231.30±6.65
วัด	289.00	275.00	267.27	277.09	11.01	277.09±11.01
โรงงาน(ในอาคาร)	358.10	329.70	348.00	345.27	14.40	345.27±14.40
โรงงาน(นอกอาคาร)	-	268.00	250.10	259.05	12.66	259.05±12.66
โรงเรียนอนุบาล	494.60	505.00	503.52	501.04	5.63	501.04±5.63

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-19 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในฝุ่นเฉลี่ยในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชน ในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546- 15 มกราคม พ.ศ. 2547)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนักแคดเมียม (mg/kg of dust)					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	Avg.	S.D.	Avg. ± S.D.
สนามกีฬา	ND	-	-	ND	ND	ND
ซอยจินดา	ND	ND	ND	ND	ND	ND
คณะวิทยาศาสตร์	ND	ND	ND	ND	ND	ND
สำนักหอสมุดกลาง	ND	ND	ND	ND	ND	ND
คณะเทคโนฯ เกษตร	ND	ND	ND	ND	ND	ND
วัด	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โรงงาน(ในอาคาร)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
โรงงาน(นอกอาคาร)	-	ND	ND	ND	ND	ND
โรงเรียนอนุบาล	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้

\- หมายถึง ไม่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-20 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแมงกานีสในฝุ่นเฉลี่ยในเขตอุตสาหกรรมและเขตชุมชน ในช่วงที่สอง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546- 15 มกราคม พ.ศ. 2547)

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโลหะหนักแมงกานีส (mg/kg of dust)					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	Avg.	S.D.	Avg. ± S.D.
สนามกีฬา	505.00	-	-	505.00		
ซอยจินดา	526.00	473.21	549.00	516.07	38.86	516.07±38.86
คณะวิทยาศาสตร์	626.00	665.20	605.30	632.17	30.42	632.17±30.42
สำนักหอสมุดกลาง	1068.47	1097.64	985.09	1050.40	58.41	1050.40±58.41
คณะเทคโนฯ เกษตร	382.09	386.13	345.10	371.11	22.61	371.11±22.61
วัด	559.00	546.00	569.70	558.23	11.87	558.23±11.87
โรงงาน(ในอาคาร)	895.07	901.30	892.04	896.14	4.72	896.14±4.72
โรงงาน(นอกอาคาร)	-	863.00	859.00	861.00	2.83	861.00±2.83
โรงเรียนอนุบาล	1839.00	1803.00	1789.43	1810.48	25.62	1810.48±25.62

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การทดสอบสมมติฐาน

ตารางที่ จ-1 การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมมุติฐานระหว่างวิธีมาตรฐาน VDI กับ วิธีไมโครเวฟ

โลหะหนัก	คู่เปรียบเทียบ	ระดับความเชื้อมั่น	n	t	ขอบเขตวิกฤต	ผลการทดสอบสมมุติฐาน
Pb	(1) –(2)	95 %	4	2.770	-2.776≥ t*≥ 2.776	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Ni	(1) –(2)	95 %	4	56.144	-2.776≥t*≥2.776	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Cr	(1) –(2)	95 %	4	-12.804	-2.776≥t*≥2.776	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Cu	(1) –(2)	95 %	4	2.695	-2.776≥t*≥2.776	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Cd	(1) –(2)	95 %	4	-0.019	-2.776≥t*≥2.776	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Mn	(1) –(2)	95 %	4	2.677	-2.776≥t*≥2.776	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

หมายเหตุ (1) หมายถึง วิธีมาตรฐาน VDI

(2) หมายถึง วิธีไมโครเวฟ

t* หมายถึง ค่าวิกฤตจากสูตรคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมมุติฐานปริมาณฝุ่นละอองในช่วงที่หนึ่งและสองของทั้งสองบริเวณ

โลหะหนัก	คู่เปรียบเทียบ	ระดับความเชื่อมั่น	df	t	ขอบเขตวิกฤต	ผลการทดสอบสมมุติฐาน
ช่วงที่หนึ่ง	(1) –(2)	95 %	7	1.263	-2.365≥t*≥2.365	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
ช่วงที่สอง	(1) –(2)	95 %	7	1.222	-2.365≥t*≥2.365	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

หมายเหตุ (1) หมายถึง เขตอุสาหกรรม

(2) หมายถึง เขตชุมชน

t* หมายถึง ค่าวิกฤตจากสูตรคำนวณ

สูตรคำนวณ

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - \mu_0}{\sqrt{S_p^2\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-3 การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมมุติฐานปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในระหว่าง (15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 – 15 ธันวาคม พ.ศ. 2546)

โลหะหนัก	คู่เปรียบเทียบ	ระดับความเชื้อมั่น	df	t	ขอบเขตวิกฤต	ผลการทดสอบสมมุติฐาน
Pb	(1) –(2)	95 %	7	-0.190	$-1.895 \geq t^* \geq 1.895$	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Ni	(1) –(2)	95 %	7	-1.833	$-1.895 \geq t^* \geq 1.895$	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Cr	(1) –(2)	95 %	7	-1.876	$-1.895 \geq t^* \geq 1.895$	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Cu	(1) –(2)	95 %	7	-1.859	$-1.895 \geq t^* \geq 1.895$	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Cd	(1) –(2)	95 %	7	-1.332	$-1.895 \geq t^* \geq 1.895$	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Mn	(1) –(2)	95%	7	0.864	$-1.895 \geq t^* \geq 1.895$	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

หมายเหตุ (1) หมายถึง เขตอุสาหกรรม

(2) หมายถึง เขตชุมชน

t* หมายถึง ค่าวิกฤตจากสูตรคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-4 การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมมุติฐานปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองในระหว่าง (15 ธันวาคม พ.ศ. 2546 – 15 มกราคม พ.ศ. 2547)

โลหะหนัก	คู่เปรียบเทียบ	ระดับความเชื้อมั่น	df	t	ขอบเขตวิกฤต	ผลการทดสอบสมมุติฐาน
Pb	(1) –(2)	95 %	7	1.999	$-1.895 \geq t^* \geq 1.895$	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Ni	(1) –(2)	95 %	7	-1.728	$-1.895 \geq t^* \geq 1.895$	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Cr	(1) –(2)	95 %	7	1.975	$-1.895 \geq t^* \geq 1.895$	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Cu	(1) –(2)	95 %	7	2.923	$-1.895 \geq t^* \geq 1.895$	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Cd	(1) –(2)	95 %	7	-1.631	$-1.895 \geq t^* \geq 1.895$	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Mn	(1) –(2)	95%	7	1.532	$-1.895 \geq t^* \geq 1.895$	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

หมายเหตุ (1) หมายถึง เขตอุสาหกรรม

(2) หมายถึง เขตชุมชน

t* หมายถึง ค่าวิกฤตจากสูตรคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้