เรียนรู้เพื่อรับใช้สังคม

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ กรณีรับสัมผัสโลหะหนัก ในฝุ่นละอองจากการจราจรริมถนนบางนา-ตราด

HEALTH RISK ASSESSMENT IN CASE OF HEAVY METAL EXPOSURE CONTAMINATED IN PARTICULATE MATTER FROM TRAFFIC ALONG BANGNA-TRAD R0AD

ธนาพร มณีรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย)
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
พ.ศ. 2560

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ กรณีรับสัมผัส
โลหะหนักในฝุ่นละอองจากการจราจร

HEALTH RISK ASSESSMENT IN CASE OF HEAVY METAL EXPOSURE CONTAMINATED IN PARTICULATE MATTER FROM TRAFFIC

ธนาพร มณีรัตน์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ตรวจสอบและอนุมัติให้
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย)
เมื่อวันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2560

.....
อาจารย์ ดร.ธวัช เพชรไทย
ประธานกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา วิเศษมณี ลี
อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
อาจารย์ ดร.ธีรวิทย์ ปูผ้า
กรรมการ

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา วิเศษมณี ลี
กรรมการ

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา วิเศษมณี ลี
ประธานหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
(การจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย)

.....
รองศาสตราจารย์อิสยา จันทร์วิทยานุชิต
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวลักษณ์ ลักษมีจรัลกุล
คณบดีคณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ กรณีรับสัมผัสโลหะหนัก ในฝุ่นละอองจากการจราจรริมถนนบางนา-ตราด

ธนาพร มณีรัตน์ 576023
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย)
คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: วรางคณา วิเศษมณี ลี, ปร.ด.

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักที่สะสมในฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate Matter) และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยผ่านทางระบบการหายใจจากการจราจรในพื้นที่บริเวณริมทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 34 (ถนนบางนา-ตราด) บริเวณหลักกิโลเมตรที่ 18 ในช่วงเวลาระหว่าง 08.00 - 16.00 น. โดยทำการตรวจวัดความเข้มข้นของโลหะที่สะสมในฝุ่นละอองทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม (Cd), เหล็ก (Fe), โครเมียม (Cr), ตะกั่ว (Pb), แมงกานีส (Mn) และสังกะสี (Zn) ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โดยการใช้เทคนิค Graphite Furnace ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของโลหะหนักที่มีปริมาณสูงสุด คือ สังกะสี โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ย 0.18063 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และโลหะหนักที่มีความเข้มข้นน้อยที่สุด คือ ตะกั่ว โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ย 0.00164 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตาม เมื่อนำความเข้มข้นของโลหะทั้งหมดไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพ พบว่ามีโลหะบางชนิดที่มีค่าเกินค่าอ้างอิง คือ โครเมียม แคดเมียม และแมงกานีส แต่เมื่อทำการประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสทางการหายใจ โดยประเมินจาก เพศ อายุ และกิจกรรม พบว่ามีเพียงแคดเมียมที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงทางสุขภาพ สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ พบว่าตะกั่วและสังกะสีในฝุ่นละอองรวมมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: โลหะหนัก ฝุ่นละอองรวม ริมทางหลวง

HEALTH RISK ASSESSMENT IN CASE OF HEAVY METAL EXPOSURE CONTAMINATED IN PARTICULATE MATTER FROM TRAFFIC ALONG BANGNA-TRAD ROAD

TANAPORN MANEERAT 576023
MASTER OF SCIENCE (ENVIRONMENTAL AND SAFETY MANAGEMENT)
THESIS ADVISORY COMMITTEE: VARANGKANA VISESMANEE LE, Ph.D.

ABSTRACT

This study was conducted to investigate heavy metal concentrations accumulated in total suspended particulate matter and assess the health risks through the breathing system from the traffic in the area of highway number 34 (Bangna - Trad Road) at around kilometers 18 during the daytime between 08.00 am. – 16.00 am. Six types of heavy metals were measured their concentrations which accumulated in total suspended particulate matter ; there were Cadmium (Cd), Iron (Fe), Chromium (Cr), Lead (Pb), Manganese (Mn) and Zinc (Zn) were analyzed by Atomic Absorption Spectrophotometer by using the graphite furnace technique. The results of this study found that the maximum concentrations of these heavy metals was zinc with the average concentration were found to be 0.18063 mg/m^3; while the minimum heavy metal concentration was Lead with the average concentration were found to be 0.00164 mg/m^3. However when the concentrations of heavy metals were compared with the reference concentration for health found that some metals that exceeded than the reference concentration , which were Chromium, Cadmium and Manganese. However, when assessing the risk of exposure by inhalation, assessed by sex, age, and activity, there is only cadmium that pose a health risk. It what for that lead and zinc in total suspended particulate matter were significantly correlated deposition in total suspended particulate matter.

Keywords: Heavy Metal, Total suspended particulate matter, Highway

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและให้ความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจในความเมตตาของผู้มีพระคุณทุกท่าน เพื่อเป็นเกียรติแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ผู้วิจัยขออนุญาตกล่าวนามไว้ในกิตติกรรมประกาศ ดังนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา วิเศษมณี ลี อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำความรู้ แนวคิด และสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการอุทิศเวลาในการตรวจแก้ไขงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสิ้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

การวิจัยนี้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จากอาจารย์ ดร.ธวัช เพชรไทย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ธีรวิทย์ ปูผ้า คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา วิเศษมณี ลี อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์และชี้แนะข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ธนาพร มณีรัตน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญแผนภูมิ	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 คำจำกัดความที่ใช้	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 มลพิษอากาศ	3
2.2 แหล่งกำเนิดฝุ่นละออง	3
2.3 ผลกระทบทางด้านสุขภาพที่เกิดจากฝุ่นละออง	4
2.4 อันตรายและความเป็นพิษจากโลหะหนัก	5
2.5 มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป พ.ศ. 2535	8
2.6 ความเข้มข้นอ้างอิงจากากรได้รับสัมผัสทางการหายใจของโลหะประเภทต่าง ๆ	9
2.7 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (health risk assessment; HRA)	10
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	
3.1 พื้นที่การเก็บตัวอย่างและจุดเก็บตัวอย่าง	15
3.2 ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง	16
3.3 วิธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง	17
3.4 วิธีการวัดปริมาณฝุ่นละอองรวม	17
3.5 การเตรียมตัวอย่างและวิธีการย่อยตัวอย่าง	18
3.6 วิธีการวิเคราะห์โลหะหนัก	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของโลหะหนักในฝุ่นละออง	19
3.8 การประเมินความเสี่ยงสุขภาพ	19
3.9 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย (Time Line)	23
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองรวม	24
4.2 ผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม	25
4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นละอองรวม	26
4.4 การเปรียบเทียบค่าอ้างอิงทางสุขภาพกับค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด	28
4.5 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของโลหะหนักในฝุ่นละออง	29
4.6 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการได้รับโลหะหนักกับปริมาณอ้างอิงทางสุขภาพ	30
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	34
5.2 อภิปรายผล	35
5.3 ข้อเสนอแนะ	37
บรรณานุกรม	38
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก เอกสารรับรองคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย	41
ภาคผนวก ข ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนัก	42
ภาคผนวก ค การประเมินปริมาณการรับโลหะหนักในฝุ่นละอองรวมโดยการสัมผัสทางการหายใจ (กรณีศึกษา : ขณะพัก)	43
ภาคผนวก ง ผลการแปรผลข้อมูลทางสถิติ	48
ภาคผนวก จ ภาพการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง	51
ประวัติผู้เขียน	55

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป พ.ศ. 2535	9
2	ค่าความเข้มข้นอ้างอิงจากากรได้รับสัมผัสทางการหายใจของโลหะประเภทต่าง ๆ	9
3	รายละเอียดช่วงเวลาระหว่างการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม	16
4	ค่าน้ำหนักตัวของประชากรอ้างอิงในแต่ละกลุ่มอายุ	20
5	ค่าอัตราการหายใจมาตรฐาน	21
6	ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	23
7	ค่าที่บันทึกได้จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม	24
8	ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองและค่าความเข้มข้นเฉลี่ย	25
9	ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักทั้ง 6 ชนิดในฝุ่นละอองรวม	27
10	ค่าความเข้มข้นและช่วงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด	28
11	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองกับโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด	30
12	ปริมาณรับสัมผัสสารพิษจากสังกะสีโดยผ่านระบบทางเดินหายใจ	31
13	ปริมาณรับสัมผัสสารพิษจากโครเมียมโดยผ่านระบบทางเดินหายใจ	31
14	ปริมาณรับสัมผัสสารพิษจากแคดเมียมโดยผ่านระบบทางเดินหายใจ	32
15	ปริมาณรับสัมผัสสารพิษจากตะกั่วโดยผ่านระบบทางเดินหายใจ	32
16	ปริมาณรับสัมผัสสารพิษจากแมงกานีสโดยผ่านระบบทางเดินหายใจ	33
17	ค่าความเสี่ยงของโลหะหนักจากการเปรียบเทียบค่ากับความเข้มข้นอ้างอิง	33

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมบริเวณริมทางหลวง จำนวน 13 ครั้ง	26
2	เปรียบเทียบค่าอ้างอิงทางสุขภาพกับค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก	29

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY 華僑崇聖大學

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการในการประเมินความเสี่ยง	12
2	พื้นที่บริเวณที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม	15

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY 華僑崇聖大學

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

มลพิษทางอากาศซึ่งนับวันจะทวีปัญหาเพิ่มขึ้นและปัจจุบันก็จัดว่าเป็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อมของโลกที่มีความสำคัญยิ่งในการควบคุมและป้องกัน ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (ณรงค์พันธ์ ฉุนรัมย์. 2557) มีการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม มีการใช้ระบบการคมนาคมขนส่งค่อนข้างสูงจึงมีจำนวนยานพาหนะมากขึ้น ส่งผลให้มีสภาพการจราจรติดขัด (แผนปฏิบัติการจัดการมลพิษทางอากาศและเสียงในกรุงเทพมหานคร. พ.ศ. 2555 – 2559) และจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณยานพาหนะนี้ทำให้ปริมาณความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสูงขึ้นและมีกาขยายตัวของสถานีบริการน้ำมันซึ่งกระจายอยู่ทั่วไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศอันเนื่องมาจาก การเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถยนต์ประเภทต่าง ๆ เพิ่มขึ้น (ไพลิน ทวีวงษ์, ศิริมา ปัญญาเมธีกุล และทรรศนีย์ พฤกษาสิทธ์. 2553) ซึ่งในแหล่งกำเนิดมลพิษแต่ละชนิดสามารถก่อให้เกิดปัญหาและส่งผลกระทบ ทั้งทางด้านสุขภาพอนามัย ความเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชนในพื้นที่โดยทั่วไปและทางด้านทัศนวิสัยต่อการจราจรที่เกิดจากอากาศและแสงนั้นมีความสว่างลดน้อยลง

มนุษย์เป็นต้นเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศมากที่สุด เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรมนุษย์ ส่งผลให้เกิดความต้องการบริโภคพลังงาน เชื้อเพลิง ทั้งในครัวเรือนและอุตสาหกรรม โดยมีแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ เช่น การคมนาคมขนส่งที่เกิดจากยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรม ขบวนการผลิตที่ทำให้เกิดฝุ่น เป็นต้น (มลพิษทางอากาศ : การบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมของไทย. 2558) และในฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate: TSP) อาจจะส่งผลทำให้เกิดความระคายเคืองต่อทางเดินหายใจส่วนต้น ทัศนวิสัยในการมองเห็นเสื่อมลง โดยฝุ่นละอองนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในตามธรรมชาติ (Natural Particle) เช่น ดิน ทราย หิน เขม่าควันจากไฟป่า และฝุ่น เป็นต้น ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น ฝุ่นจากการก่อสร้าง ฝุ่นจากการจราจร ฝุ่นจากการประกอบการในอุตสาหกรรม

นอกจากนี้แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมในอากาศนั้นยังมีการปนเปื้อนของโลหะหนักที่เป็นปัญหาทางสุขภาพของประชากร สำหรับในประเทศไทยได้มีการกำหนดให้มีการรายงานโลหะหนัก 6 ชนิด ซึ่งคาดว่าพบบ่อยในประเทศไทยได้แก่ ตะกั่ว (Pb), สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), ปรอท (Hg), โครเมียม (Cr) และแมงกานีส (Mn) (สำนักระบาดวิทยากรมควบคุมโรค. 2547) ซึ่งส่วนใหญ่จะได้รับโลหะหนักเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายทางการหายใจ (รายงานการเฝ้าระวังโรค. 2546)

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาโดยการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นละอองรวมทั้ง 6 ชนิด เพื่อหาความสัมพันธ์ของโลหะหนักในฝุ่นละอองและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักที่อยู่ในฝุ่นละอองรวมทางการหายใจของผู้รับสัมผัสทั้งในเพศชาย เพศหญิง เด็ก ทารก และวัยแรกคลอด จากการจราจรในพื้นที่บริเวณริมทางหลวง (ถนนบางนา - ตราด) เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่มีความสนใจศึกษาหาวิธีการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศในพื้นที่นี้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมบริเวณริมทางหลวง
2. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักทั้ง 6 ชนิดที่ปนเปื้อนในฝุ่นละอองรวมบริเวณริมทางหลวง
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของโลหะหนักในฝุ่นละออง
4. เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในฝุ่นละอองรวม

1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง โดยทำการตรวจวัดหาปริมาณฝุ่นละอองรวมในอากาศเพื่อหาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและความเข้มข้นของโลหะหนักประเภทต่าง ๆ การหาค่าความสัมพันธ์ของโลหะหนักในฝุ่นละอองรวมถึงการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ จากการได้รับโลหะหนักในฝุ่นละอองรวม ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง เพื่อนำมาวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนักในฝุ่นละอองรวมด้วยกันทั้งหมด 6 ประเภท ซึ่งได้แก่ สังกะสี (Zn), เหล็ก (Fe), โครเมียม (Cr), แคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb) และแมงกานีส (Mn) โดยมีพื้นที่ศึกษา คือ บริเวณริมทางหลวงบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 18 จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งบริเวณพื้นที่จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 1 สถานี โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 13 ครั้ง นานต่อเนื่อง 8 ชั่วโมงต่อวัน ของช่วงเวลาตั้งแต่ 08.00 - 16.00 น. ในช่วงระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่าง TSP ชนิดไฮโวลุม (High Volume) ที่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมการไหลของอากาศ รุ่น Tisch

1.4 คำจำกัดความที่ใช้

1. ริมทางหลวง หมายถึง พื้นที่บริเวณริมถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่18 จังหวัดสมุทรปราการ
2. ฝุ่นละอองรวม หมายถึง ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มลพิษอากาศ

มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะอากาศที่มีสารเจือปน มีฝุ่นละออง หรือวัตถุอันตรายชนิดอื่น ๆ อยู่ในปริมาณที่สูงกว่าระดับปกติเป็นเวลานานพอที่จะทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ สัตว์ หรือพืช อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองจากลมพายุ แผ่นดินไหว ไฟไหม้ป่า ก๊าซธรรมชาติ หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ มลพิษจากท่อไอเสียของรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรมการผลิต กิจกรรมด้านการเกษตร การระเหยของก๊าซบางชนิด และการเผาขยะมูลฝอยและของเสีย เป็นต้น (มลพิษทางอากาศ : การบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมของไทย. 2558)

โดยแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 แหล่งหลัก คือ

1. แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ (Natural sources) เช่น การระเบิดของภูเขาไฟ ไฟไหม้ป่า

2. แหล่งกำเนิดจากมนุษย์ (Human sources) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่ไม่มีการเคลื่อนที่ สามารถระบุถึงจุดเกิดที่แน่นอนได้ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมลพิษส่วนใหญ่มักเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตต่างๆ

2) แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่มีการเคลื่อนที่ เช่น รถยนต์ เครื่องบิน (ฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. 2556)

2.2 แหล่งกำเนิดฝุ่นละออง

ฝุ่นละออง คือ อนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่ถูกกระแสลมพัดปลิวกระจายตัวอยู่ในอากาศ และตกลงสู่พื้น ซึ่งเวลาในการตกจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับน้ำหนักของอนุภาคฝุ่น แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองจะแสดงถึงคุณสมบัติความเป็นพิษของฝุ่นด้วย โดยฝุ่นละอองสามารถแบ่งตามขนาดได้เป็น 2 ส่วน คือ ฝุ่นขนาดใหญ่ และฝุ่นขนาดเล็ก

สำหรับแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Particle) ซึ่งเกิดจากการพัดพาของกระแสลมตามธรรมชาติ ทำให้เกิดฝุ่นไม่ว่าจะเป็น ดิน ทราย เขม่าควันจากควันป่า หรือฝุ่นเกลือจากทะเล

2. ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-made Particle) เกิดจากการคมนาคมขนส่ง เช่น รถบรรทุก หิน ดิน ทราย หรือซีเมนต์ไอเสียของรถยนต์ ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ถนนที่สกปรกมีดินทรายตกค้างอยู่มาก หรือมีกองวัสดุข้างถนน และการก่อสร้างถนนใหม่ หรือการปรับปรุงผิวจราจร ล้วนแต่ทำให้เกิดฝุ่นละออง

3. เกิดจากการก่อสร้าง มักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้าง ทำให้เกิดฝุ่นได้ง่าย นอกจากนี้ การปรับปรุงสาธารณูปโภค การก่อสร้างอาคารสูง ก็ทำให้ฝุ่นปูนซีเมนต์ถูกลมพัด ออกมาจากอาคาร รวมถึงการรื้อถอนหรือสิ่งก่อสร้าง ก็ทำให้เกิดฝุ่นละอองด้วยเช่นกัน

4. เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม คือ มาจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น ฟืน น้ำมันเตา ถ่านหิน แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในการผลิต และกระบวนการผลิตที่มีฝุ่นละออง เช่น การปั่นฝ้าย การเจียรโลหะ การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ (สุมัทณา สัมมณากุล. 2549)

2.3 ผลกระทบทางด้านสุขภาพที่เกิดจากฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองขนาดใหญ่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษหรือเหตุเดือดร้อนรำคาญ ส่วนฝุ่นละออง ที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ คือฝุ่นละอองขนาดเล็ก ซึ่งเมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ จะส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ได้หลายกลุ่มอาการ (กรมควบคุมมลพิษ. 2555)

1. ผลกระทบต่อปอดและระบบทางเดินหายใจโดยตรง

1) เกิดการบาดเจ็บหรืออักเสบ

2) เพิ่มความไวต่อการติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจ

3) เพิ่มปฏิกิริยาตอบสนองของระบบทางเดินหายใจและทำให้อาการหอบหืดมากขึ้น

2. ผลกระทบต่อระบบอื่นเนื่องจากปอดและระบบทางเดินหายใจ

1) ผลกระทบต่อหัวใจเนื่องจากสมรรถภาพการแลกเปลี่ยนออกซิเจนลดลง ทำให้ร่างกายต้องเพิ่มอัตราการหายใจ

2) ผลต่อการแข็งตัวของเลือด ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงของอาการหัวใจวาย

3) ผลต่อปริมาณเซลล์ในเลือด

3. กลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจ

1) กลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจส่วนบน (Upper Respiratory Symptoms: URS) ได้แก่ อาการคัดจมูก น้ำมูกไหล เจ็บคอ

2) กลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง (Lower Respiratory Symptoms: LRS) ได้แก่ อาการไอ มีเสมหะ หายใจมีเสียงวี้ด หายใจไม่สะดวก หายใจไม่อิ่ม แน่นหน้าอก

4. ผลกระทบระยะสั้น

1) เพิ่มอัตราการเข้ารักษาตัวในโรงพยาบาลด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด

2) เพิ่มอัตราการตายรายวัน

5. ผลกระทบระยะยาว

1) เพิ่มอัตราการตายจากทุกสาเหตุ

2) เพิ่มอัตราการตายด้วยโรคหัวใจและปอด

3) เพิ่มอัตราการตายด้วยโรคมะเร็งปอด

(พัชราวดี สุวรรณธาดา. 2557)

2.4 อันตรายและความเป็นพิษจากโลหะหนัก

โลหะหนัก (Heavy metal) ที่ส่งผลก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสุขภาพ ซึ่งเกิดจากสาเหตุที่มาจากการทำงานที่มีความเกี่ยวข้องจากสิ่งแวดล้อมที่มีสารโลหะหนักปนเปื้อนอยู่ โดยสามารถพบโลหะหนักได้ในทั่วไปที่มีการใช้ในงานอุตสาหกรรม เส้นทางการจราจร ริมถนน เป็นต้น ซึ่งโลหะหนักที่พบว่ามีการปนเปื้อน เช่น สารตะกั่ว แคดเมียม แมงกานีส และโครเมียม เป็นต้น โดยการเกิดพิษจะเกิดจากการหายใจเอาสารโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย โดยสามารถพบได้ในหลายรูปแบบแตกต่างกันไปตามชนิดของโลหะหนัก (สำนักระบาดวิทยา. 2547) และในการศึกษาครั้งนี้ได้เพิ่มชนิดโลหะหนักเพื่อทำการศึกษาอีก 2 ชนิด คือ เหล็กและสังกะสี ซึ่งนับว่าเป็นโลหะหนักที่พบได้ทั่วไป โดยสรุปความสำคัญของโลหะทั้ง 6 ชนิด ดังนี้

1. โครเมียม (Chromium) เป็นโลหะที่มีลักษณะแข็งแต่มีความเปาะ โดยทั่วไปจะใช้อยู่ในรูปของโครไมท์ ซึ่งในความเป็นพิษของโครเมียมนั้นจะขึ้นอยู่กับ valence state โดยที่โครเมียมที่เป็นพิษและสามารถก่อมะเร็งได้ คือ Cr^{+6} และโครเมียมที่เป็นธาตุจำเป็นในการกลูโคสเมตาโบลิซึมในร่างกาย คือ Cr^{+3} โดยลักษณะบุคคลหรือกลุ่มงานอาชีพที่มีความเสี่ยง เช่น งานผลิตโลหะผสมโครเมียม อุตสาหกรรมรถยนต์ งานก่อสร้างที่ใช้ปูนซีเมนต์ หรืองานอื่น ๆ ที่มีการใช้สารโครเมียมในการทำงาน เป็นต้น

สาเหตุของการเกิดโรค : เกิดจากสารประกอบโครเมียมที่เข้าสู่ร่างกายทางการหายใจและสามารถถูกขับถ่ายออกทางไต

อาการจากเกิดโรค : อาการที่แสดงแบบเฉียบพลัน คือ มีการหายใจติดขัด และเมื่อมีการหายใจเอาฟูมของสารโครเมียม (chrome fume) เข้าไปทันที อาการปวดท้อง คลื่นไส้อาเจียน อาการของภาวะไตล้มเหลว และหมดสติ ส่วนอาการเรื้อรัง คือ จะเป็นในลักษณะของอาการผิวหนังอักเสบผื่นคัน ไซนัสอักเสบ ผนังกั้นโพรงจมูกเปื่อยและทะลุ ระคายเคืองในคอ น้ำมูกไหล หลอดลมอักเสบ ตับและไตอักเสบ รวมถึงการเป็นมะเร็งปอดได้ (อดุลย์ บัณฑุกุล. 2547)

2. แมงกานีส (Manganese) เป็นโลหะสีขาวเงินที่มีความบริสุทธิ์ โดยสารประกอบแมงกานีสได้แบ่งประเภทของสาร คือ สารประกอบอินทรีย์ เช่น cyclopentadienyl manganese tricarbonyl (CMT) และ methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl (MMT) โดย MMT ถูกใช้เป็น

สารกันน็อกในน้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว และเป็นสารช่วยลดเขม่าในน้ำมันดีเซลนอกจากนี้แมงกานีสยังจัดเป็นแร่ธาตุสำคัญสำหรับมนุษย์ด้วย และสารประกอบอนินทรีย์ เช่น เหล็กกล้าผสมแมงกานีสซึ่งมีความยืดหยุ่นและคงทน นอกจากนี้ยังมีการผสมแมงกานีสกับโลหะอื่น เช่น สังกะสี เป็นต้น โดยลักษณะบุคคลหรือกลุ่มงานอาชีพที่มีความเสี่ยง เช่น การผลิตถ่านไฟฉาย การผลิตน้ำมันเคลือบเงา อุตสาหกรรมน้ำมันที่ใช้เป็นสารกันน็อกในน้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วและเป็นสารช่วยลดเขม่าในน้ำมันดีเซล

สาเหตุของการเกิดโรค : เกิดจากแมงกานีสเข้าสู่ร่างกายทางการหายใจด้วยฝุ่นหรือฟูม เมื่อเข้าไปในร่างกายก็จะถูกขับออกมาทางลงไส้ ทางน้ำดี และในส่วนน้อยจะถูกขับออกมาทางปัสสาวะ

อาการจากเกิดโรค : อาการที่แสดงแบบเฉียบพลัน คือ เมื่อมีการหายใจเอาฟูมของแมงกานีสไดออกไซด์ จะทำให้เกิดไข้ควันโลหะ (metal fume fever) ทำให้มีไข้ หนาวสั่น ปวดท้อง อาเจียน คอแห้ง ไอ อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ และปวดเมื่อยเนื้อตัว โดยอาการจะเริ่มปรากฏหลังจากได้รับฟูมของแมงกานีสไปเป็นชั่วโมง และมีอาการไม่เกิน 1 วัน และพบสมรรถภาพปอดลดลง หลอดลมอักเสบ หอบหืด เป็นต้น ส่วนอาการเรื้อรังจากการรับแมงกานีส โดยส่วนใหญ่จะเกิดที่ระบบประสาท ปอด หรือระบบสืบพันธุ์ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ คือ

1. ระยะแรก คือ อาการเซื่องซึม ง่วงนอน อ่อนเพลีย ขาอ่อนแรง เบื่ออาหาร ปวดศีรษะ ตะคริว วิงเวียนศีรษะ เคลื่อนไหวลำบาก ความผิดปกติในการประสานงานของกล้ามเนื้อ

2. ระยะที่สอง คือ เริ่มมีอาการพูดลำบาก พูดเสียงราบเรียบ (monotonous voice) หน้าไร้ความรู้สึก (masque manganique) จากการที่กล้ามเนื้อใบหน้ามีการเกร็งตัว ทำให้มีการหัวเราะหรือร้องไห้โดยไม่ได้ตั้งใจได้ การเดินลำบาก อาจมีอาการโรคจิตจากแมงกานีส (manganese psychosis or manganese madness) เช่น ก้าวร้าว ความรู้สึกทางเพศเพิ่มขึ้น หูแว่ว เห็นภาพหลอน ซึ่งอาการเหล่านี้จะหายไปเมื่อเริ่มปรากฏอาการระยะสุดท้าย

3. ระยะที่สาม คือ มีความผิดปกติทางระบบประสาท เช่น มีท่าทางการเดินที่ผิดปกติและจะช้าลง เมื่อมีอาการมากขึ้น มีความลำบากในการประสานการเคลื่อนไหว ไม่สามารถเคลื่อนไหวสับเปลี่ยนท่าทางอย่างรวดเร็วได้ (adiadochokinesia) เช่น การพลิกกลับฝ่ามือไปมา กล้ามเนื้อแข็งเกร็ง (rigidity) ซึ่งส่วนใหญ่อาการเหล่านี้จะเกิดบริเวณช่วงขา และมีการปวดกล้ามเนื้อมากขึ้น โดยข้อแตกต่างของอาการในพิษแมงกานีสกับพาร์กินสัน คือ พิษแมงกานีสเรื้อรังจะเป็นอาการสั่นในเวลาตั้งใจเคลื่อนไหว แต่ในโรคพาร์กินสันจะเป็นการสั่นขณะอยู่นิ่ง และเมื่อมีอาการในระยะนี้เกิดขึ้นจะไม่สามารถกลับเป็นปกติได้ เนื่องจากมีการทำลายของสมองส่วนกลางอย่างถาวรแล้ว (วิลาวัณย์ จึงประเสริฐ. 2542)

3. ตะกั่ว (Lead) เป็นโลหะหนักที่พบมากที่สุดในโลก มี CAS Number 7439 – 92 – 1 มีน้ำหนักมาก มีลักษณะแข็งนุ่มเป็นสีเทา และตะกั่วที่ใช้ในอุตสาหกรรมสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

คือ ตะกั่วอนินทรีย์ (Inorganic lead) เช่น Lead oxide ที่ใช้กันมากในโรงงานทำแบตเตอรี่ ใช้ทำสีทาบ้าน ส่วนตะกั่วอินทรีย์ (organic lead) เช่น tetramethyl lead และ tetraethyl lead ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบ (antiknockcompound) โดยลักษณะบุคคลหรือกลุ่มงานอาชีพที่มีความเสี่ยง เช่น การทำแบตเตอรี่ งานทาสี หรือพ่นสี โรงงานเครื่องประดับโลหะ อู่ซ่อมรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรมสีโรงงานอุตสาหกรรมผลิตท่อ แผ่นโลหะ และชุบโลหะ เป็นต้น

สาเหตุของการเกิดโรค : ตะกั่วอินทรีย์เมื่อมีการเข้าสู่ร่างกายทางการหายใจ ซึ่งระยะแรกจะอยู่ในรูปของ Lead phosphate ซึ่งจะกระจายไปตามเนื้อเยื่ออ่อนต่าง ๆ เช่น สมอง ปอด ตับ ม้าม เป็นต้น หลังจากนั้นในบางส่วนจะเข้าไปสะสมอยู่ที่กระดูกในสภาพ lead triphosphate โดยร้อยละ 30 จะสะสมในเนื้อเยื่ออ่อน และอีกร้อยละ 70 จะสะสมในกระดูก และในการเกิดพิษตะกั่วนั้นจะขึ้นกับปริมาณในเนื้อเยื่ออ่อน ซึ่งตะกั่วจะทำให้การทำงานของเซลล์ต่าง ๆ ในเนื้อเยื่อนั้นผิดปกติไป โดยเฉพาะในระยะที่เนื้อเยื่อมีการเจริญเติบโต

อาการจากเกิดโรค : การรับสารตะกั่วในปริมาณมากในช่วงเวลาสั้น ๆ เช่น คลื่นไส้ อาเจียน นอนไม่หลับ อาการของโรคสมองอักเสบเฉียบพลัน (acute encephalopathy) เช่น ชัก หมดสติ เป็นต้น ส่วนการรับตะกั่วในปริมาณน้อยแต่ช่วงเวลานาน ๆ เช่น ปวดท้องรุนแรงเป็นระยะ ๆ อาเจียน กล้ามเนื้ออ่อนแรง ภาวะเลือดจาง ไตอักเสบ ชักหรือหมดสติ เป็นต้น (โยธิน เบญจวัง. 2542)

4. สังกะสี (Zinc) เป็นสารที่มีสีเงินขาว ใช้สำหรับการเคลือบป้องกันของเหล็กและโลหะหนักอื่น ๆ โดยสังกะสีที่มีความบริสุทธิ์ยังมีการนำไปใช้ในการทำชิ้นส่วนของรถยนต์ เครื่องมือ เครื่องจักร และของเล่น เป็นต้น โดยลักษณะบุคคลหรือกลุ่มงานอาชีพที่มีความเสี่ยง เช่น ช่างเชื่อมโลหะ การผลิตยาง การผลิตอัลลอย ตำรวจ ทหารหรือผู้ที่รับสัมผัสควันจากระเบิดควัน เป็นต้น

สาเหตุของการเกิดโรค : เกิดจากไอของสังกะสีจะรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศกันอย่างรวดเร็ว โดยเกิดเป็นอนุภาคเล็กละเอียดซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 0.5 ไมครอน ในขณะที่อนุภาคที่เกิดใหม่จะจับตัวรวมกันเป็นกลุ่ม มีความเข้มข้นสูง และแผ่กระจายเป็นเนื้อที่กว้าง

อาการจากเกิดโรค : เกิดไข้ไอโลหะ (Metal fume fever) เมื่อรับไอออกไซด์ของสังกะสีทางการหายใจ โดยจะมีลักษณะอาการคล้ายกับการเป็นไข้หวัดใหญ่ เช่น อ่อนเพลีย กระหายน้ำ ปวดตามเนื้อตามตัว หนาว เบื่ออาหาร เป็นต้น ส่วนการเกิดการระคายเคืองในระบบหายใจ จะเกิดเมื่อได้รับคลอไรด์ของสังกะสีทางการหายใจ โดยจะเกิดการระคายเคืองทางระบบทางเดินหายใจในส่วนบนและส่วนล่าง เช่น การระคายเคืองบริเวณตา คอ และจมูก มีเสมหะ เกิดการหายใจลำบาก และติดขัด เจ็บหน้าอกและลิ้นปี่ ตลอดจนคลื่นไส้ เป็นต้น (มาลินี วงศ์พานิช. 2542)

5. แคดเมียม (Cadmium) เป็นโลหะหนักที่มีสีขาวเงิน ในลักษณะนิ่มและมีประจุบวก สามารถพบได้จากการเผาผลาญของน้ำมัน บุหรี่ เป็นต้น โดยลักษณะบุคคลหรือกลุ่มงานอาชีพ

ที่มีความเสี่ยง เช่น การทำงานในโรงงานแบตเตอรี่นิเกิ้ล-แคดเมียม การทำงานในโรงงานทำเม็ดสีสำหรับพลาสติก แก้ว เซรามิค และสีทา โรงงานสี การทำงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้า (Electroplating) การทำงานเชื่อม ตัด หรือบัดกรีโลหะที่มีแคดเมียมผสมอยู่ เป็นต้น

สาเหตุของการเกิดโรค : แคดเมียมสามารถเข้าสู่ร่างกายทางการหายใจในปริมาณร้อยละ 10 - 40 ซึ่งขึ้นกับขนาดและสารประกอบของแคดเมียม และแคดเมียมจะจับกับโปรตีนในพลาสมารวมทั้งสะสมในตับ และไต โดยตับก็จะค่อย ๆ ปล่อยแคดเมียมออกมา ซึ่งจะถูกขับถ่ายออกโดยไต และการขับถ่ายทางไตจะเพิ่มขึ้นหลังจากมีการสัมผัสเป็นระยะเวลานานเนื่องจากการดูดกลับที่ท่อไตส่วนต้นเสียไป

อาการจากเกิดโรค : อาการเฉียบพลัน เกิดโดยการหายใจเอาแคดเมียม จะทำให้เกิดโรคปอดอักเสบ ภาวะปอดบวมน้ำ อ่อนเพลีย ปวดศรีษะ หายใจไม่สะดวก เป็นต้น ส่วนอาการเรื้อรังจากฝุ่นแคดเมียมออกไซด์เกิดโรคถุงลมปอดโป่งพอง และได้ทำให้คนงานมีช่วงอายุสั้นลง (อดุลย์ บัณฑุกุล. 2547)

6. เหล็ก (Iron) เป็นโลหะที่มีความสำคัญและใช้กันมากที่สุดในโลก โดยถูกนำมาใช้กันทั่วไปในเกือบทุกประเภทของอุตสาหกรรมและสามารถพบเจอได้เป็นประจำในชีวิตประจำวัน ซึ่งความเป็นพิษของธาตุเหล็กที่เกิดจากการดูดซึมธาตุเหล็กเข้าสู่ร่างกาย และการกระจายตัวของธาตุเหล็กในธรรมชาติ หากมีการได้รับธาตุเหล็กในปริมาณที่มากจนส่งผลให้เป็นอันตราย และยังสามารถพบเหล็กได้ตามพื้นที่บริเวณ ท่อ เหล็ก และอุปกรณ์เครื่องครัว โดยส่วนที่เหล็กเข้าไปทำปฏิกิริยา คือ ตับ ไต และระบบหัวใจและหลอดเลือด (สิทธ์ธีราห์ ชโรเต้อร์. 2555)

2.5 มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป พ.ศ. 2535

ในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศคำนึงถึงการที่จะควบคุมให้คุณภาพของอากาศในบรรยากาศมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เพราะถ้าหากปล่อยให้คุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ย่อมจะก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศได้ มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศจึงได้ถูกกำหนดขึ้นเพื่อที่จะให้หน่วยงานของรัฐซึ่งเกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพอากาศให้เป็นมาตรการสำหรับตรวจสอบและควบคุมดูแลให้สภาพแวดล้อมของบรรยากาศอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดดังกล่าว

สำหรับมาตรฐานคุณภาพอากาศที่ถูกกำหนดขึ้นในประเทศไทยโดยประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2535) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 112 ตอนที่ 52 ง. วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ.2538 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป พ.ศ. 2535

มาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป พ.ศ. 2535		
สารมลพิษ	**ระยะเวลาของค่าเฉลี่ยความเข้มข้น**	**ค่ามาตรฐาน**
ตะกั่ว (Pb)	1 เดือน	ไม่เกิน 1.5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร
ฝุ่นละอองขนาดรวม	24 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
	1 ปี	ไม่เกิน 0.10 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2538 ตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

2.6 ความเข้มข้นอ้างอิงจากการได้รับสัมผัสทางการหายใจของโลหะประเภทต่าง ๆ

เป็นการประเมินความเสี่ยง โดยประเมินด้วยค่าความปลอดภัยของสารในโลหะหนักแต่ละชนิด ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารที่ได้รับและความรุนแรงของความเป็นพิษจากการประเมินปริมาณสารเคมีที่มนุษย์หนึ่งคนหรือประชากรหนึ่งกลุ่มได้รับจากสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนนี้นับว่ามีความสำคัญอย่างมากของการประเมินความเสี่ยง ทั้งนี้เพราะความเป็นพิษของสารเคมีจะไม่เกิดขึ้นถ้าไม่ได้รับสารนั้น และความรุนแรงของความเป็นพิษขึ้นกับปริมาณของสารที่ได้รับ แสดงดังตารางที่ 2 (Goto Know, Knowledge Management)

ตารางที่ 2 ค่าความเข้มข้นอ้างอิงจากากรได้รับสัมผัสทางการหายใจของโลหะประเภทต่าง ๆ

ชื่อสารเคมี	**ความเข้มข้นอ้างอิง**	**แหล่งที่มา**
สังกะสี (Zn)	5 mg/m^3	American Conference of Governmental
เหล็ก (Fe)	10 mg/m^3	American Conference of Governmental Industrial Hygienists; ACGIH)
โครเมียม (Cr)	0.0001 mg/m^3	Integrated Risk Information System, US EPA
ตะกั่ว (Pb)	0.5 $\mu g/m^3$	Air quality guideline for Europe, WHO Regional Publication, European Series no.91, 2000

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ชื่อสารเคมี	ความเข้มข้นอ้างอิง	แหล่งที่มา
แคดเมียม	0.00001 mg/m^3	(ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
แมงกานีส	0.00005 mg/m^3	(Integrated Risk Information System, US EPA)

2.7 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (health risk assessment; HRA)

การประเมินความเสี่ยง หมายถึง กระบวนการประเมินโอกาสและความรุนแรงที่จะเกิดขึ้นกับมนุษย์ หรือสิ่งแวดล้อมจากการได้รับหรือสัมผัสความเสี่ยงตามสภาวะการณ์ที่แจง รวมทั้งการระบุความไม่แน่นอนที่ตามมา (เพ็ญศรี วัจฉละญาณ. 2554)

การประเมินความเสี่ยง หมายถึง การกำหนดเหตุการณ์ความเสี่ยง กำหนดโอกาสการเกิดขึ้น กำหนดระดับของผลกระทบหากเหตุการณ์ความเสี่ยงนั้นเกิดขึ้นจริง และกำหนดค่าความเสี่ยง (หรือระดับของความเสี่ยง) ของเหตุการณ์ความเสี่ยงนั้น (บรรจง หะรังษี. 2554)

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์ถึงปัจจัย หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้อันตรายที่มีอยู่ และแอบแฝงอยู่ก่อให้เกิดอุบัติภัย และอาจก่อให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การเกิดเพลิงไหม้ การระเบิด การรั่วไหลของสารเคมี หรือวัตถุอันตราย โดยพิจารณาถึงโอกาสและความรุนแรงของเหตุการณ์แหล่านั้น ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดอันตราย หรือความเสียหายแก่ชีวิต ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2542) การประเมินความเสี่ยง (risk assessment) ประกอบด้วยกระบวนการย่อย 3 กระบวนการ ได้แก่

1. การประเมินความเสี่ยง (risk assessment) คือการระบุว่าความเสี่ยงนั้นมีมากหรือน้อย ทั้งในโอกาสที่จะเกิดขึ้น และความรุนแรงหากเกิดผลกระทบขึ้น

2. การจัดการความเสี่ยง (risk management) คือการเลือกวิธีการที่เหมาะสม เพื่อดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยง

3. การสื่อสารความเสี่ยง (risk communication) คือการแจ้งข้อมูลแก่สาธารณะถึงความเสี่ยงว่ามีมากหรือน้อยเท่าใด โดยการให้ข้อมูลที่ถูกต้องตรงเป็นไปความเป็นจริง

ความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health risk) เป็นความน่าจะเป็นที่จะเกิดอันตรายต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสอันตรายในสถานการณ์ที่เป็นจริงความเสี่ยงต่อสุขภาพ แปรเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความรุนแรงของอันตรายต่อสุขภาพและระดับการรับสัมผัสต่ออันตรายนั้น (พรพิมล กองทิพย์. 2557)

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ หมายถึง การศึกษาความน่าจะเป็นด้านผลกระทบที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งการประเมินความเสี่ยงนั้นเป็นกระบวนการความคิดเพื่อที่จะสามารถรู้ได้ว่าความเสี่ยงนั้นมีอยู่มากหรือน้อยเท่าใด (นพ.สิรวิชญ์ เดชธรรม. 2556)

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ มี 4 ขั้นตอน คือ

1. การบ่งชี้สิ่งคุกคาม (Hazard identification) คือ กระบวนการที่ใช้บ่งชี้ว่าสิ่งใดเป็นปัจจัยคุกคาม

2. การประเมินขนาดสัมผัสกับผลกระทบที่เกิดขึ้น (Dose-response assessment) คือ การประเมินระดับความอันตรายที่เกิดจากการสัมผัสว่าอยู่ในช่วงระดับที่ปลอดภัย หรือระดับที่ส่งผลต่อสุขภาพ

3. การประเมินการสัมผัส (Exposure assessment) คือ การประเมินจากระดับการสัมผัสจากตัวบุคคลที่รับการการสัมผัส

แทนสมการ (1)

$$\text{ปริมาณการรับสัมผัสโดยการหายใจ (mg/kg.day)} = \frac{\text{Conc. x Inhalation rate}}{\text{Body weight}}$$

เมื่อ

Conc. = ความเข้มข้นของโลหะในอากาศ มีหน่วยเป็น (mg/m^3)

Inhalation rate = อัตราการหายใจ มีหน่วยเป็น (m^3 /d)

Body weight = น้ำหนักตัว มีหน่วยเป็น (kg)

4. การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk characterization) คือ การนำข้อมูลทั้ง 3 ขั้นตอนแรกมาทำการวิเคราะห์ว่าในการสัมผัสสิ่งคุกคามมีความเสี่ยงต่อสุขภาพหรือไม่

แทนสมการ (2)

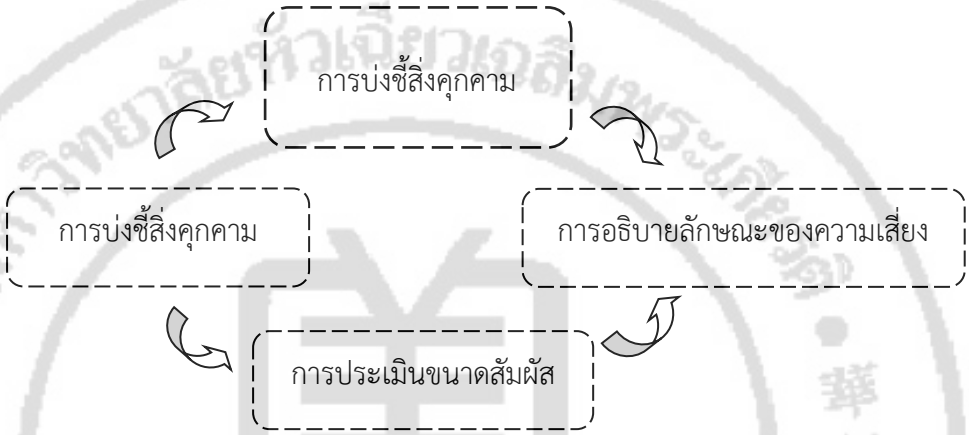
$$HQ = \frac{\text{Daily Intake}}{\text{RfD}}$$

เมื่อ

Daily Intake = ปริมาณสารเคมีที่เข้าสู่ร่างกาย (มก./กก./วัน)

RfD = Reference Dose (มก./กก./วัน)

ภาพที่ 1 กระบวนการในการประเมินความเสี่ยง



2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุดจิต ครุจิต (2553) ศึกษาเพื่อพัฒนาระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและคุณภาพอากาศแบบบูรณาการ ผลการศึกษาในส่วนข้อมูลสิ่งแวดล้อม พบค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นรายเดือนอยู่ในช่วง 3.51 – 14.16 กรัม/ตร.ม.-เดือน เดือนที่มีปริมาณฝุ่นค่อนข้างสูงได้แก่เดือนพฤษภาคม ค่าความเข้มข้นฝุ่นเฉลี่ยในแต่ละชุมชนอยู่ในช่วง 3.59 – 12.93 กรัม/ตร.ม.-เดือน ส่วนผลการวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่น พบค่าความเข้มข้นที่ค่อนข้างสูงสำหรับ Cr Cu Zn และ Pb โดยพบความเข้มข้นของ Cr กับ Cd สูงที่สุดที่เทศบาลนครฯ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) และการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (CA) พบความสัมพันธ์ของโลหะหนักจากฝุ่นแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 Cd Cr Cu และ Pb กลุ่มที่ 2 Fe Mn และ Hg และกลุ่มที่ 3 Zn กับ As ซึ่งสันนิษฐานแหล่งกำเนิดของกลุ่มที่ 1 และ 3 อาจเป็นการจราจรและยานพาหนะ รวมทั้งอุตสาหกรรม ส่วนกลุ่มที่ 2 อาจเป็นส่วนที่มาจากองค์ประกอบของดินในธรรมชาติ นอกจากนั้น การจัดกลุ่มชุมชนสามารถจัดได้เป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะข้อมูลความเข้มข้นของโลหะหนักทั้ง 9 ชนิด

สุดจิต ครุจิต (2553) ศึกษาเพื่อพัฒนาระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและคุณภาพอากาศแบบบูรณาการ ระยะที่ 2 พบว่าผลการวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่น พบค่าความเข้มข้นที่ค่อนข้างสูงสำหรับ Cr Cu Zn และ Pb ส่วนการพิจารณาเป็นรายชุมชนพบความเข้มข้นของ Cr กับ Cd สูงที่สุดที่เทศบาลนครราชสีมา ความเข้มข้นของ Mn สูงที่สุดที่เทศบาลตำบลจระเข้หิน ความเข้มข้นของ

Fe และ As สูงที่สุดที่ อบต.ไทยสามัคคี และความเข้มข้นของ Cu และ Hg สูงที่สุดที่ อบต.สุรนารี ในทางตรงข้าม ชุมชนที่พบความเข้มข้นโลหะหนักต่ำเป็นส่วนใหญ่ คือ อบต.ด่านขุนทดและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและการวิเคราะห์จัดกลุ่ม พบความสัมพันธ์ของโลหะหนักจากฝุ่นแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 Cd Cr Cu และ Pb กลุ่มที่ 2 Fe Mn และ Hg และกลุ่มที่ 3 Zn กับ As ซึ่งสันนิษฐานแหล่งกำเนิดของกลุ่มที่ 1 และ 3 อาจเป็นการจราจรและยานพาหนะ รวมทั้งอุตสาหกรรม ส่วนกลุ่มที่ 2 อาจเป็นส่วนที่มาจากองค์ประกอบของดินในธรรมชาติ ส่วนการจัดกลุ่มชุมชน พบว่าจัดได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ด่านขุนทด สุรนารี ปากช่อง และหนองกระทุ่ม กลุ่มที่ 2 เทศบาลนครราชสีมา พิมาย และบ้านเกาะ และกลุ่มที่ 3 หนองบัวศาลา จระเข้หิน และไทยสามัคคี โดยสาเหตุที่ชุมชนถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกันยังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจน

ธิติพัฒน์ หิรัญคำ (2556) ศึกษาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโลหะหนักที่เป็นองค์ประกอบของฝุ่นละอองจากชุมชนต่าง ๆ 10 ชุมชนในจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้การเก็บตัวอย่างของดินและตัวอย่างฝุ่น 2 รูปแบบ คือ ฝุ่นจากหลังคา และฝุ่น Dustfall ในเขตพื้นที่ศึกษา นำตัวอย่างฝุ่นมาวิเคราะห์หาโลหะหนัก 9 ชนิด ได้แก่ Cr Mn Fe Cu Zn As Cd Hg และ Pb โดยใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) และคำนวณค่าการสะสมตัวของโลหะหนักในฝุ่น (Enrichment Factor : EF) เพื่อระบุแหล่งที่มาของโลหะหนักว่าเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์หรือเกิดจากธรรมชาติ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis) (PCA) และการวิเคราะห์แบบจัดกลุ่ม (Cluster Analysis : CA) เพื่อหาปัจจัยอันเป็นแหล่งที่มาและจัดกลุ่มของธาตุโลหะหนัก ผลการศึกษาในส่วนของค่า EF พบว่าโลหะหนักในฝุ่น Dustfall ที่มีค่าค่อนข้างสูงคือ Cu Zn และ Pb โดยที่เทศบาลนครราชสีมาพบโลหะหนักที่ค่า EF เกิน 10 อยู่ถึง5 ชนิด แสดงถึงการปนเปื้อนจากกิจกรรมของมนุษย์สูงกว่าชุมชนอื่น ๆ ส่วนฝุ่นจากหลังคาในภาพรวมมีค่า EF ต่ำ กว่าฝุ่น Dust fall ผลการวิเคราะห์ PCA และ CA ของตัวอย่างฝุ่น ทั้ง 2 รูปแบบ พบว่าโลหะหนักที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ Cd-Pb, Mn-Fe และ Zn-As และสันนิษฐานถึงแหล่งที่มาของโลหะหนักในจังหวัดนครราชสีมาได้ 3 กลุ่ม คือ 1) Cd Pb Cu และ Cr มาจากจราจรหรืออุตสาหกรรม 2) Fe และ Mn มาจากแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ และ 3) Zn และ As จากการเกษตร ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเฝ้าระวังและตรวจติดตามผลกระทบที่จะเกิดจากโลหะหนักหนักในฝุ่นได้

ธันวดี ศรีธาวิรัตน์ และอรชร ฉิมจารย์ (2557) ศึกษาการประเมินโลหะหนักจากฝุ่นในบ้านเรือนในเขตชุมชนเกษตรกรรม พบว่าการวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ เหล็ก สังกะสี ทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียม ในฝุ่นบริเวณบ้านเรือนที่อยู่ใกล้พื้นที่เกษตรกรรม ในจังหวัดสุโขทัย โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยวิธีการปัด (Brush Method) ด้วยแปรงโพลิเอทิลีน บริเวณผนังภายในและภายนอก

ของบ้าน จำนวน 16 หลังคาเรือน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างเดือนละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 3 เดือน ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในฝุ่นภายในและภายนอกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยพบเหล็กมีค่าสูงสุดในฝุ่นทั้งภายในนอกบ้าน ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 30,474.8 - 43,337.5 และ 31,260.1 - 43,158.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ความเข้มข้นโลหะหนักของฝุ่นภายในและภายนอกบ้านเรียงตามที่ตรวจพบได้ดังนี้ เหล็ก > สังกะสี > ตะกั่ว > ทองแดง > แคดเมียม ตามลำดับ โลหะหนักในฝุ่นที่ตรวจพบมาจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะฝุ่นละอองจากการจราจรจากรถบรรทุกและรถยนต์ รวมทั้งฝุ่นที่มาจากกิจกรรมทางการเกษตร

รวิวรรณ ลิ้มพิบูลย์ (2558) การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลกผลการศึกษาพบว่า ปริมาณฝุ่นละอองรวมในอากาศของจุดเก็บตัวอย่างของพื้นที่การจราจรมีค่าอยู่ในช่วง 0.208 – 0.417 mg/m^3 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.316 mg/m^3 และพบว่ามี 2 จุดที่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 0.33 mg/m^3 ที่เวลา 24 ชั่วโมง คือ บริเวณคณะบริหารธุรกิจเศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร และ บริเวณหอพักอาจารย์มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งมีค่า 0.347 และ0.417 ตามลำดับ สำหรับจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่การก่อสร้างพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.556 – 1.528 mg/m^3 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.042 mg/m^3 และพบว่ามี 2 จุดที่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 0.33 mg/m^3 ที่เวลา 24 ชั่วโมง คือ การก่อสร้างบริเวณหอสมุด และการก่อสร้างบริเวณระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีค่า 0.556 และ 1.528 ตามลำดับ

ศิริวรรณ แก้วงาม (2543) การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ยในกรุงเทพมหานคร พบว่ามีบางพื้นที่ที่มีค่าเกินมาตรฐานและยังพบว่าพื้นที่บริเวณริมถนนนั้นมีปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ยมากกว่าบริเวณพื้นที่ทั่วไป ฝุ่นละอองส่วนใหญ่เป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน โดยสัดส่วนการกระจายตัวของฝุ่น PM10 ในฝุ่นรวม TSP มากกว่าร้อยละ 50 และหาชนิดของแหล่งกำเนิด โดยพบว่าฝุ่นจากเครื่องยนต์ดีเซล มีลักษณะของการจับตัวกันเป็นแบบหลวม ๆ มีรูพรุนมาก ซึ่งฝุ่นที่มาจากเครื่องยนต์เบนซินนั้นจะมีลักษณะเป็นก้อนที่เกิดจากการรวมตัวของเนื้อฟู มีรูพรุนคล้ายกับฟองน้ำ และยังพบว่าในเขตของกรุงเทพมหานครนั้นส่วนใหญ่จะเป็นฝุ่นละอองที่มาจากเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์เบนซินมากที่สุดรองลงมา คือ ฝุ่นจากการก่อสร้าง

Al-Khashman (2004) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของโลหะหนักแต่ละตัวและเปรียบเทียบจุดเก็บตัวอย่างในนิคมอุตสาหกรรม Karak ประเทศจอร์แดน เก็บตัวอย่างฝุ่นจากริมถนน 15 ตัวอย่าง โดยโลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ Fe Cu Zn Ni และ Pb โดยใช้ Flam-AAS พบว่า ฝุ่นที่ได้จากท้องถนนโลหะหนักส่วนใหญ่ที่พบจะอยู่ใกล้กับบริเวณจุดบริการด้านยานยนต์ และพบน้อยที่สุดบริเวณห้องอาหาร ซึ่งการศึกษาตัวอย่างทั้ง 3ชนิดจะช่วยในการอธิบายการกระจายของโลหะหนักภายในพื้นที่ได้

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจ (Surway Research) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการทดลองและวิเคราะห์ผลหาความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม ความเข้มข้นโลหะหนักในฝุ่นละอองรวม ความสัมพันธ์ของโลหะหนักในฝุ่นละอองรวม และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในฝุ่นละอองรวม บริเวณพื้นที่ริมทางหลวง (ถนนบางนา-ตราด) โดยแสดงรายละเอียดและขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

3.1 พื้นที่การเก็บตัวอย่างและจุดเก็บตัวอย่าง

ที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม คือ พื้นที่บริเวณริมทางหลวง (ถนนบางนา-ตราด) กิโลเมตรที่ 18 จังหวัดสมุทรปราการ โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างในจุดพื้นที่ชิดติดกับถนนโดยมีประชากรและการจราจรสัญจรกันอย่างหนาแน่น โดยแสดงรายละเอียดดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 พื้นที่และจุดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม

3.2 ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง

กำหนดจุดพื้นที่เก็บตัวอย่างจำนวน 1 จุด โดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมทั้งหมด 13 ครั้ง โดยใน 1 ครั้ง จะตั้งนานต่อเนื่องเป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อครั้ง ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 08.00 - 16.00 น. ช่วงระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 เก็บตัวอย่างด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particle) ชนิดไฮโวลุม (High Volume) ที่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมการไหลของอากาศ รุ่น Tisch แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายละเอียดช่วงเวลาระหว่างการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม

ครั้งที่	บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง	ช่วงระยะเวลา	หมายเหตุ
1	ริมทางหลวง (บางนา-ตราด)	08.00 - 16.00 น.	นักศึกษาเปิดภาคเรียนปกติ
2	ริมทางหลวง (บางนา-ตราด)	08.00 - 16.00 น.	นักศึกษาเปิดภาคเรียนปกติ ลมแรง
3	ริมทางหลวง (บางนา-ตราด)	08.00 - 16.00 น.	นักศึกษาเปิดภาคเรียนปกติ ลมแรง
4	ริมทางหลวง (บางนา-ตราด)	08.00 - 16.00 น.	อากาศร้อนจัด
5	ริมทางหลวง (บางนา-ตราด)	08.00 - 16.00 น.	มีลมฝนพัดแรง
6	ริมทางหลวง (บางนา-ตราด)	08.00 - 16.00 น.	อากาศแปรปรวน
7	ริมทางหลวง (บางนา-ตราด)	08.00 - 16.00 น.	อากาศร้อนจัด
8	ริมทางหลวง (บางนา-ตราด)	08.00 - 16.00 น.	นักศึกษาสอบปลายภาค
9	ริมทางหลวง (บางนา-ตราด)	08.00 - 16.00 น.	นักศึกษาสอบปลายภาค
10	ริมทางหลวง (บางนา-ตราด)	08.00 - 16.00 น.	นักศึกษาสอบปลายภาค
11	ริมทางหลวง (บางนา-ตราด)	08.00 - 16.00 น.	อากาศแปรปรวน
12	ริมทางหลวง (บางนา-ตราด)	08.00 - 16.00 น.	นักศึกษาสอบปลายภาค
13	ริมทางหลวง (บางนา-ตราด)	08.00 - 16.00 น.	อากาศแปรปรวน

หมายเหตุ : - ครั้งที่ 1-3 : เก็บช่วงเดือนกันยายน
- ครั้งที่ 4-7 : เก็บช่วงเดือนตุลาคม
- ครั้งที่ 8-13 : เก็บช่วงเดือนพฤศจิกายน

3.3 วิธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

1. ติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมให้อยู่ในแนวระนาบ เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องล้มหรือเอียงในขณะที่เครื่องกำลังทำงาน

2. นำกระดาษกรองใยแก้ว (Glass fiber filter) ที่ผ่านการดูดความชื้นมาแล้ว วางลงบนตะแกรงด้านบนของเครื่องที่เอาไว้สำหรับใส่กระดาษกรอง โดยหงายด้านที่ใช้เก็บตัวอย่างขึ้น พร้อมกับจัดวางกระดาษกรองให้สมดุลกับตะแกรงและตัวล็อคกระดาษกรอง

3. นำกระดาษกราฟวงกลมที่ใช้สำหรับบันทึกค่าอัตราการไหลของอากาศ ใส่ในเครื่องบันทึกอัตราการไหลพร้อมปิดฝาเรื่องบันทึกให้สนิท

4. เปิดเครื่องเก็บตัวอย่างและบันทึกค่าเวลาเริ่มต้นการทำงานของเครื่องค่าอัตราการไหล ความกดของอากาศ อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมโดยรอบ

5. เมื่อครบกำหนดเวลา 8 ชั่วโมง ของการเก็บตัวอย่างแล้ว ทำการปิดเครื่องเก็บตัวอย่าง พร้อมทั้งบันทึกเวลาเครื่องหยุดทำงานและนำแผ่นกราฟวงกลมออกจากเครื่องหลังการเก็บตัวอย่างทุกครั้ง

6. นำกระดาษกรองออกจากเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมและพับกระดาษกรองโดยให้ด้านที่มีฝุ่นหันพับเข้าหากัน

7. นำกระดาษกรองที่พับลงในแผ่นฟอยล์ เพื่อนำกลับไปสู่ขั้นตอนการปฏิบัติและวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการต่อไป

3.4 วิธีการวัดปริมาณฝุ่นละอองรวม

หลังจากการนำกระดาษกรองไปทำการเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว นำกระดาษกรองที่ใช้เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองมาทำการดูดความชื้นในตู้ดูดความชื้น (Desiccator) เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง โดยทำการคลี่รอยพับครึ่งของกระดาษกรองออก และวางบนชั้นวางของตู้ดูดความชื้น พร้อมกับห่อฟอยล์ โดยหงายด้านที่ใช้เก็บตัวอย่างขึ้น เมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง ให้พับกระดาษกรองตามแนวเดิม แล้วจึงนำกระดาษกรองมาทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าน้ำหนักของกระดาษกรอง เพื่อนำไปคำนวณหาค่าน้ำหนักฝุ่นละอองรวมและไปสู่กระบวนการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม

แทนสมการ (3)

น้ำหนักฝุ่นละอองรวม (กรัม)

=

น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บฝุ่น (กรัม) – น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บ (กรัม)

แทนสมการ (4)

$$\text{ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)} = \frac{(Wf - Wi) * 10^3}{Vstd}$$

เมื่อ

Wf = น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็น (กรัม)

Wi = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็น (กรัม)

Vstd = ปริมาตรอากาศมาตรฐาน มีหน่วยเป็น (ลูกบาศก์เมตร)

10^3 = การแปลงหน่วยจาก (กรัม) เป็น (มิลลิกรัม)

(คู่มือการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ. 2546)

3.5 การเตรียมตัวอย่างและวิธีการย่อยตัวอย่าง

1. การเตรียมตัวอย่างสำหรับการย่อย

นำกระดาษกรองที่เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมมาอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเย็น แล้วจึงนำกระดาษกรองมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อที่จะนำไปสู่ขั้นตอนการต้มย่อยกระดาษกรอง

2. การย่อยตัวอย่างกระดาษกรอง

นำกระดาษกรองที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับการย่อยมาใส่ลงในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มย่อยด้วยสารละลายกรดไนตริก (Nitric Acid, 70%) จำนวน 60 มิลลิลิตร และกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric Acid) จำนวน 30 มิลลิลิตร บนเตาไฟฟ้า (hot plate) ที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ต่อเนื่อง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นจึงนำตัวอย่างที่ย่อยได้ไปกรองบนกระดาษกรองเบอร์ 42 พร้อมกับปรับปริมาตรด้วยขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เพื่อนำตัวอย่างไปใช้วิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ สังกะสี (Zn), เหล็ก (Fe), โครเมียม (Cr), แคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb) และแมงกานีส (Mn)

3.6 วิธีการวิเคราะห์โลหะหนัก

นำสารละลายที่ต้มย่อยพร้อมทั้งปรับปริมาตรเรียบร้อยแล้วทั้งหมด มาทำการวิเคราะห์ตัวอย่างโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ สังกะสี (Zn), เหล็ก (Fe), โครเมียม (Cr), แคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb) และแมงกานีส (Mn) ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer รุ่น 640Z

ยี่ห้อ Varian โดยการเลือกใช้เทคนิคกราไฟต์ เฟอร์เนส (Graphite Furnace) เพื่อหาค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในแต่ละชนิด

3.7 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของโลหะหนักในฝุ่นละออง

สหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป เช่น การหาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองกับสังกะสี เป็นต้น สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) เป็นดัชนีความสัมพันธ์โดยวิธีการทางสถิติ ในการวัดความสัมพันธ์แต่ละแบบจะต้องมีการทดสอบนัยสำคัญก่อน จึงจะสรุปได้ว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันจริงหรือไม่ มากน้อยเพียงใด โดยการแปลผลจะมองด้านความสอดคล้องและการแปรผันร่วมกัน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะใช้สัญลักษณ์ r แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกลุ่มตัวอย่าง และ r แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ใช้วัดขนาดของความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปร มี 2 ลักษณะ คือ $-1 \leq r \leq 1$ และ $0 \leq r \leq 1$ การบอกระดับหรือขนาดของความสัมพันธ์ จะใช้ตัวเลขของค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์หากค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้-1 หรือ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูงแต่หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อย หรือไม่มีเลย โดยการพิจารณาค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์โดยทั่วไปอาจใช้เกณฑ์ดังนี้

0.90 - 1.00 หมายถึง มีค่าความสัมพันธ์กันสูงมาก
0.70 - 0.90 หมายถึง มีค่าความสัมพันธ์กันในระดับสูง
0.50 - 0.70 หมายถึง มีค่าความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
0.30 - 0.50 หมายถึง มีค่าความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
0.00 - 0.30 หมายถึง มีค่าความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

(Munro, B.H. 2005 : 70 อ้างถึงใน วรรณวิภา ปสันธนาทร. 2557 : 108)

3.8 การประเมินความเสี่ยงสุขภาพ

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ หมายถึง การศึกษาความน่าจะเป็นด้านผลกระทบที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งการประเมินความเสี่ยงนั้นเป็นกระบวนการความคิดเพื่อที่จะสามารถรู้ได้ว่าความเสี่ยงนั้นมีอยู่มากหรือน้อยเท่าใด (สิรวิชญ์ เดชธรรม. 2556)

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ มี 4 ขั้นตอน คือ

1. การบ่งชี้สิ่งคุกคาม (Hazard identification) คือ กระบวนการที่ใช้บ่งชี้ว่าสิ่งใดเป็นปัจจัยคุกคาม

2. การประเมินขนาดสัมผัสกับผลกระทบที่เกิดขึ้น (Dose-response assessment) คือ การประเมินระดับความอันตรายที่เกิดจากการสัมผัสว่าอยู่ในช่วงระดับที่ปลอดภัย หรือระดับที่ส่งผลต่อสุขภาพ

3. การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment)

1) การประเมินการรับสัมผัสทางการหายใจโดยแทนในสมการ และใช้สูตรในการประเมินโดยใช้อัตราการหายใจเป็นหลักในการคำนวณ ซึ่งจะต้องรู้ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ ระยะเวลาในการสัมผัสและค่าน้ำหนักของร่างกายด้วย แสดงดังตารางที่ 4 และ 5

แทนสมการ (5)

$$\text{ปริมาณการรับสัมผัสโดยการหายใจ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม.วัน)} = \frac{\text{Conc. x Inhalation rate}}{\text{Body weight}}$$

เมื่อ

Conc. = ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะในอากาศ มีหน่วยเป็น (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

Inhalation rate = อัตราการหายใจ มีหน่วยเป็น (ลูกบาศก์เมตร/วัน)

Body Weight = น้ำหนักตัว มีหน่วยเป็น (กิโลกรัม)

ตารางที่ 4 แสดงค่าน้ำหนักตัวของประชากรอ้างอิงในแต่ละกลุ่มอายุ

กลุ่มอายุและเพศ	**น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)**	**แหล่งอ้างอิง**
เพศชาย	69	The International Obesity Task Force, 2000
เพศหญิง	57	The International Obesity Task Force, 2000
เด็ก (10 ปี)	30	ค่าน้ำหนักตัวของประชากรอ้างอิง พ.ศ. 2531
ทารก (1 ปี)	12	ค่าน้ำหนักตัวของประชากรอ้างอิง พ.ศ. 2531
แรกคลอด	3	ค่าน้ำหนักตัวของประชากรอ้างอิง พ.ศ. 2531

ตารางที่ 5 ค่าอัตราการหายใจมาตรฐาน

การทำกิจกรรม	**ค่าอัตราการหายใจมาตรฐาน (ลิตร/นาที)**				
	เพศชาย	**เพศหญิง**	**เด็ก (10 ปี)**	**ทารก (1 ปี)**	**แรกคลอด**
ขณะพัก	7.5	6.0	4.8	1.5	0.5

2) การคำนวณหาค่า CDI (chronic daily intake) หรือการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของปริมาณสารที่ได้รับในแต่ละวัน มีหน่วยเป็น (มิลลิกรัม/ กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน)

แทนสมการ (6)

$$CDI = \frac{\text{Total Dose}}{(\text{Body Weight} \times AT)}$$

เมื่อ

Total Dose = ปริมาณสารเคมีที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายทั้งหมด

Body Weight = น้ำหนักร่างเฉลี่ยตลอดระยะเวลาที่มีการสัมผัส (กิโลกรัม)

Averaging Time = ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย (ตลอดช่วงชีวิตสัมผัส)

(เพ็ญศรี วัจฉละญาณ, 2554)

4. การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk characterization) คือ การนำข้อมูลทั้ง 3 ขั้นตอนแรกมาทำการวิเคราะห์ว่าในการสัมผัสสิ่งคุกคามมีความเสี่ยงหรือโอกาสที่จะเกิดผลเสียในมนุษย์จากการได้รับสารเคมีโดยการหาค่า Hazard Quotient โดยเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักประเภทต่าง ๆ กับความเข้มข้นอ้างอิงทางสุขภาพ โดยนำค่าความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละประเภทมาทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ เพื่อประเมินหาความเสี่ยง

แทนสมการ (7)

$$HQ = \frac{\text{Exposure หรือ CDI}}{\text{RfD หรือ ADI}}$$

เมื่อ

HQ = สัดส่วนความเสี่ยงของการเกิดผลกระทบ

CDI = ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารที่ได้รับในแต่ละวัน (มิลลิกรัม/ กิโลกรัม/วัน)

RfD = ความเข้มข้นอ้างอิงของสารเคมีแต่ละชนิด

ความเสี่ยงของสารที่ไม่ใช่สารก่อมะเร็ง สามารถอธิบายได้โดยค่า Hazard Quotient (HQ) ด้วย 2 กรณี ดังนี้

1) ถ้าค่า HQ มีค่าน้อยกว่าหรือใกล้เคียง 1 หรือ Exposure < Rfd หรือ ADI แสดงว่า ปริมาณปัจจัยเสี่ยง ที่ร่างกายได้รับนั้น ไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อร่างกายได้

2) ถ้าค่า HQ มีค่ามากกว่า 1 หรือ Exposure > Rfd หรือ ADI แสดงว่า ปริมาณปัจจัยเสี่ยงที่ร่างกายได้รับนั้น เกินค่ามาตรฐานหรือถือว่าอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ (แผนบูรณาการด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพกระทรวงสาธารณสุข. 2558)

3.9 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย (Time Line)

ตารางที่ 6 ระยะเวลาที่ใช้ดำเนินการวิจัย

กิจกรรม	ระยะเวลาการดำเนินการ																						
	ปี 2558					ปี 2559												ปี 2560						
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
1. ทบทวนวรรณกรรมเพื่อเขียนโครงร่างการวิจัย	←	—	—	→																			
2. เสนอเค้าโครงร่างการวิจัยเพื่อขออนุมัติการดำเนินการ								↔															
3. ปรับปรุงโครงร่างวิจัยตามข้อเสนอแนะ									←	—	→												
4. ประสานงาน เก็บรวบรวมข้อมูลและตัวอย่าง												←	—	—	—	→							
5. ทำการทดลองและวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการ															←	—	→						
6. รวบรวมผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง																		←	—	—	→		
7. นำเสนอเล่มการวิจัย																						↔	
8. ปรับปรุง แก้ไขเล่มการวิจัย ตามข้อเสนอแนะ																						←	→
9. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์																					←	—	→

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ ดำเนินการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม บริเวณริมทางหลวง (ถนนบางนา - ตราด) กิโลเมตรที่ 18 เพื่อนำตัวอย่างฝุ่นละอองรวมที่เก็บได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด ค่าสัดส่วนความเข้มข้นของโลหะหนัก และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสทางการหายใจ โดยพิจารณาตามลักษณะกิจกรรมที่กำลังปฏิบัติอยู่ เพศ และอายุ โดยผลการศึกษาได้นำเสนอโดยใช้ตาราง แผนภูมิ และคำบรรยาย ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองรวม

จากการเก็บตัวอย่างจำนวน 13 ครั้ง โดยที่กำหนดระยะเวลาการตั้งเครื่องเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมงต่อวันอย่างต่อเนื่อง โดยการบันทึกค่าอัตราการไหลของอากาศในแต่ละครั้งและบันทึกค่าน้ำหนักกระดาษกรองหลังการเก็บ โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าที่บันทึกได้จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม

ครั้งที่	ระยะเวลาที่ใช้เก็บตัวอย่าง (min)	อัตราการไหลของอากาศ (m^3/min)	ปริมาตรอากาศ (m^3)	น้ำหนักฝุ่นละออง (g)
1	480	1.70	816	0.0779
2	480	1.42	681.6	0.0796
3	480	1.42	681.6	0.0801
4	480	1.53	734.4	0.0268
5	480	1.64	787.2	0.0570
6	480	1.58	758.4	0.0470
7	480	1.47	705.6	0.0394
8	480	1.64	787.2	0.0580
9	480	1.67	801.6	0.0641
10	480	1.64	787.2	0.0591
11	480	1.58	758.4	0.0491
12	480	1.64	787.2	0.0579
13	480	1.58	758.4	0.0520

4.2 ผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม

จากผลการศึกษา การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมจำนวน 13 ครั้ง พร้อมบันทึกค่าอัตราการไหลของอากาศและค่าน้ำหนักของฝุ่นละอองรวม เพื่อใช้วิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม พบว่า

1. ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในครั้งที่ 1-3 ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 โดยมีค่าความเข้มข้นค่อนข้างสูงกว่าครั้งอื่น ๆ เนื่องจากเป็นช่วงของการเปิดภาคเรียนของสถานศึกษาและยังพบว่ามีสภาพอากาศที่ค่อนข้างมีลมพัดแรงตลอดวัน

2. ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในครั้งที่ 4-7 ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 เป็นช่วงที่มีสภาพอากาศค่อนข้างแปรปรวน

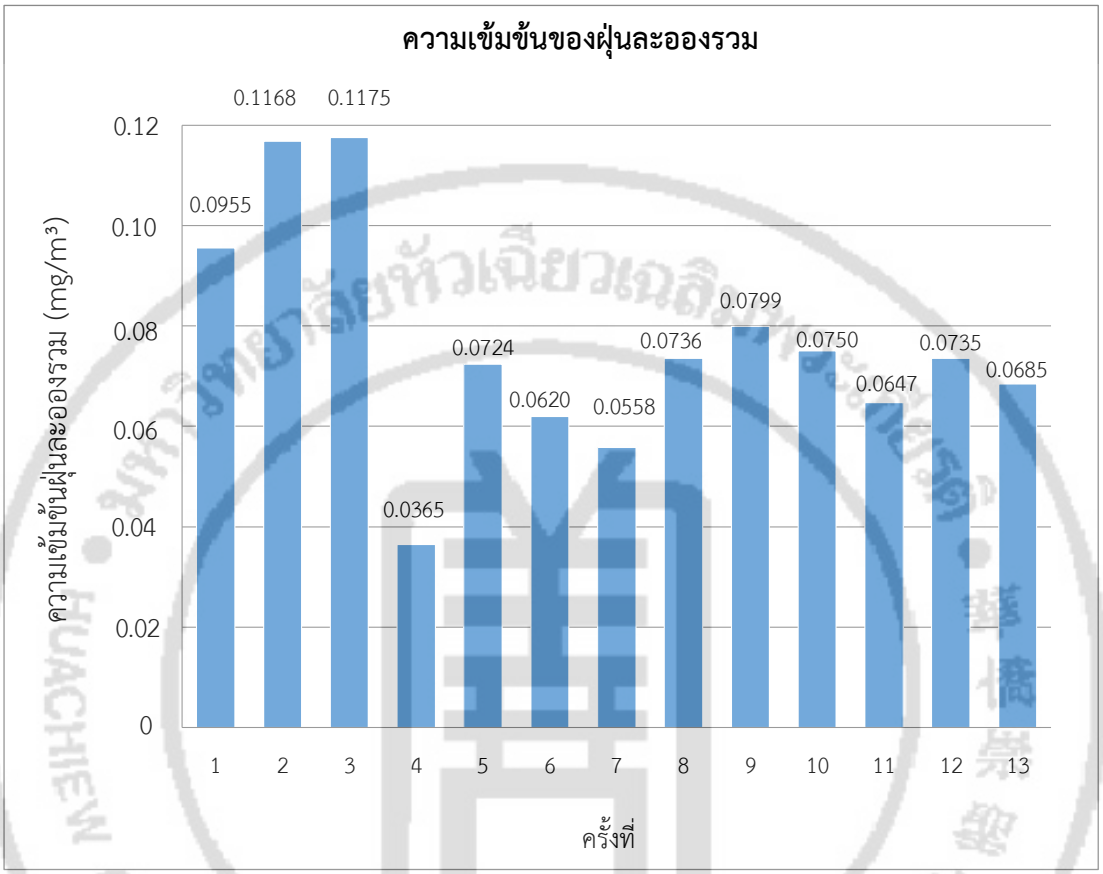
3. ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในครั้งที่ 8-13 ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 เป็นช่วงที่มีสภาพอากาศค่อนข้างแปรปรวน แสดงดังตารางที่ 8 และแผนภูมิที่ 1

ตารางที่ 8 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองและค่าความเข้มข้นเฉลี่ย

ครั้งที่	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม (mg/m^3)	ช่วงความเข้มข้น (mg/m^3)	ความเข้มข้นเฉลี่ย (mg/m^3)
1	0.0955		
2	0.1168		
3	0.1175		
4	0.0365		
5	0.0724		
6	0.0620		
7	0.0558	0.0365 – 0.1175	0.0763
8	0.0736		
9	0.0799		
10	0.0750		
11	0.0647		
12	0.0735		
13	0.0685		

หมายเหตุ : - ค่ามาตรฐานของความเข้มข้นเฉลี่ยในเวลา 24 ชั่วโมง ของฝุ่นละอองรวมมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไม่เกิน 0.33 mg/m^3

แผนภูมิที่ 1 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมบริเวณริมทางหลวง จำนวน 13 ครั้ง



4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นละอองรวม

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนัก มาทำการวิเคราะห์โลหะหนักทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ สังกะสี (Zn)), เหล็ก (Fe), โครเมียม Cr), แคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb) และแมงกานีส (Mn) ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer รุ่น 640Z ยี่ห้อ Varian โดยการใช้เทคนิคกราไฟต์เฟอร์เนส อะตอมมิก แอบซอร์พชัน (Graphite Furnace Atomic Absorption) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่อยู่ในฝุ่นละอองรวม พบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยมากที่สุด คือ สังกะสี เหล็ก แคดเมียม โครเมียม แมงกานีส และตะกั่ว ตามลำดับ และพบว่าในการเก็บตัวอย่างทั้ง 13 ครั้ง มีโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ โครเมียมแคดเมียม ตะกั่ว และแมงกานีส ที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเกินค่าความเข้มข้นอ้างอิงของแต่ละชนิดโลหะ แสดงดังตารางที่ 9 - 10

ตารางที่ 9 ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักทั้ง 6 ชนิดในฝุ่นละอองรวม

ครั้งที่	ความเข้มข้นของโลหะหนัก (mg/m³)					
	Zn[A]	Fe[B]	Cr[C]	Cd[D]	Pb[E]	Mn[F]
1	0.00478	0.02183	0.00423	0.00903	0.00249	0.00002
2	0.00370	0.02578	0.00579	<0.00001	0.00605	0.00001
3	0.00387	0.02562	0.00543	0.00493	0.00425	0.00002
4	0.43366	0.06215	0.01745	0.01375	0.00342	<0.00001
5	0.18945	0.02816	0.00623	0.00678	0.00044	0.00444
6	0.23871	0.03548	0.00825	0.02143	0.00045	0.01134
7	0.30605	0.04552	0.00906	0.02479	0.00024	0.01046
8	0.18706	0.02757	0.00609	0.03740	0.00031	0.00478
9	0.16609	0.02444	0.00573	0.00643	0.00086	0.00712
10	0.18319	0.02753	0.00514	0.00711	0.00205	0.00850
11	0.22821	0.03383	0.00758	0.04097	0.00122	0.01323
12	0.18705	0.02764	0.00562	0.03858	<0.00001	0.00837
13	0.21718	0.03238	0.00333	0.02849	<0.00001	0.00354

หมายเหตุ : ND หมายถึง ไม่สามารถหาค่าได้หรือค่าต่ำกว่า 0.00001 mg/m³

A หมายถึง ค่าอ้างอิงของสังกะสี กำหนดที่ 5 mg/m^3 (ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม) (สารเคมี) 2515 และ (American Conference of Governmental Industrial Hygienists; ACGIH)

B หมายถึง ค่าอ้างอิงของเหล็ก กำหนดที่ 10 mg/m^3 (8 ชั่วโมง) (American Conference of Governmental Industrial Hygienists; ACGIH)

C หมายถึง ค่าอ้างอิงของโครเมียม กำหนดที่ความเข้มข้นไม่เกิน 0.0001 mg/m^3 (Integrated Risk Information System, US EPA)

D หมายถึง ค่าอ้างอิงของแคดเมียม กำหนดที่ความเข้มข้นไม่เกิน 0.00001 mg/m^3 (ATSDR) (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

E หมายถึง ค่าอ้างอิงองตะกั่ว กำหนดที่ความเข้มข้นไม่เกิน 0.0005 mg/m^3 (Air quality guideline for Europe, WHO Regional Publication, European Series no.91, 2000)

F หมายถึง ค่าอ้างอิงของแมงกานีส กำหนดที่ความเข้มข้นไม่เกิน 0.00005 mg/m^3 (Integrated Risk Information System, US EPA)

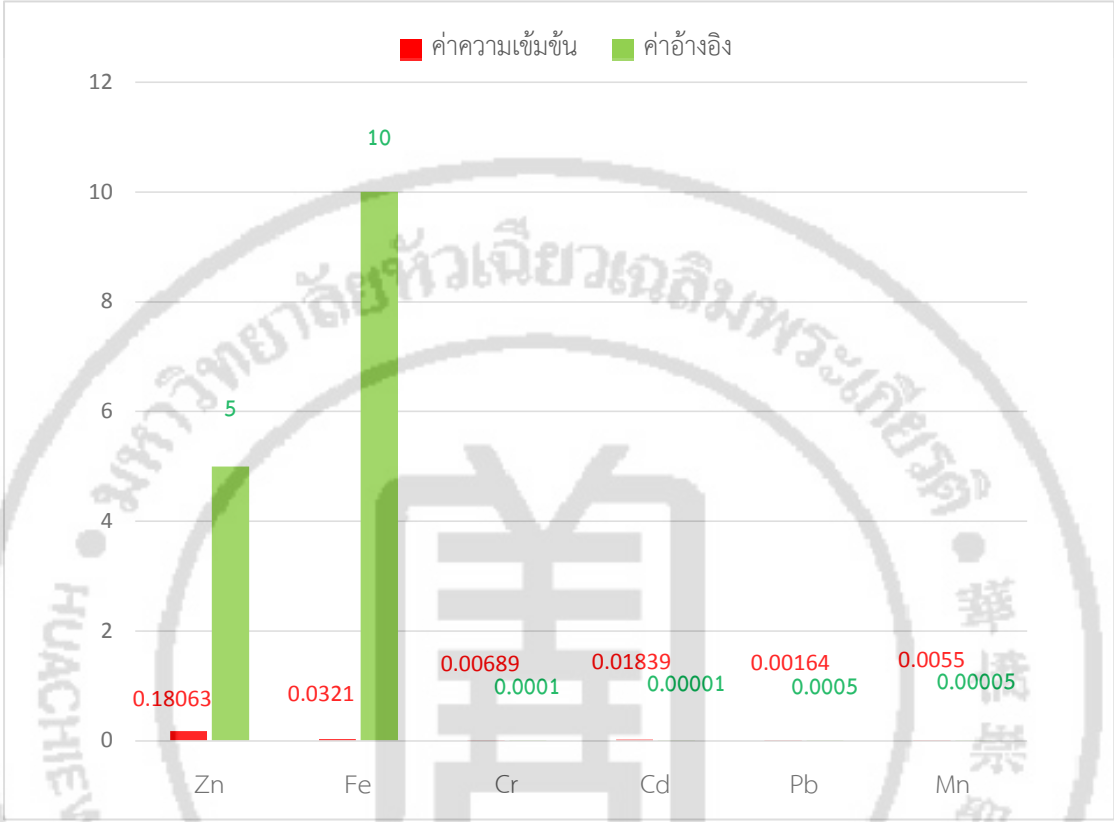
ตารางที่ 10 ค่าความเข้มข้นและช่วงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด

ชนิดโลหะหนัก	ช่วงความเข้มข้นของโลหะหนัก (mg/m^3)	ความเข้มข้นเฉลี่ย (mg/m^3)
สังกะสี (Zn)	0.0037 – 0.4337	0.18063
เหล็ก (Fe)	0.0218 – 0.0621	0.03210
โครเมียม (Cr)	0.0033 – 0.0174	0.00689
แคดเมียม (Cd)	0.0049 – 0.0374	0.01839
ตะกั่ว (Pb)	0.0002 – 0.0060	0.00164
แมงกานีส (Mn)	0.0035 – 0.0132	0.00550

4.4 การเปรียบเทียบค่าอ้างอิงทางสุขภาพกับค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด

จากการวิเคราะห์โลหะหนักเพื่อหาค่าความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิด โดยการนำค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแต่ละชนิดโลหะมาทำการเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพของแต่ละชนิดโลหะ ซึ่งนำมาเป็นเกณฑ์มาตรฐานเพื่อแสดงให้เห็นว่าโลหะหนักแต่ละชนิดนั้นมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในฝุ่นละอองรวมอยู่ในระดับที่เกินค่ามาตรฐานกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพหรือไม่เกินมาตรฐานกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพอย่างไร โดยพบว่า เมื่อนำปริมาณโลหะแต่ละชนิดไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น Agency for Toxic Substances and Disease Registry หรือ World Health Organization หรือ US EPA พบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีและเหล็กในฝุ่นละอองรวม มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานอ้างอิงทางสุขภาพ และพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโครเมียม แคดเมียม ตะกั่ว และแมงกานีส มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานอ้างอิงทางสุขภาพโดยแสดงดังแผนภูมิที่ 2

แผนภูมิที่ 2 เปรียบเทียบค่าอ้างอิงทางสุขภาพกับค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก



4.5 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของโลหะหนักในฝุ่นละออง

การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองกับโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด ซึ่งการหาความสัมพันธ์ต้องมีการแจกแจงข้อมูล โดยตรวจสอบว่าข้อมูลที่นำมาหาความสัมพันธ์มีการแจกแจงแบบไหน แจกแจงแบบปกติหรือแจกแจงแบบไม่ปกติ ซึ่งการหาความสัมพันธ์ครั้งนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองกับแคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), แมงกานีส (Mn), ตะกั่ว (Pb), เหล็ก (Fe) และสังกะสี (Zn) พบว่าปริมาณฝุ่นมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณของแคดเมียม แมงกานีส แต่มีความสัมพันธ์ในระดับกลางกับตะกั่ว($r=0.716$, $p=0.01$) และสังกะสี ($r=0.632$, $p=0.05$) กล่าวคือปริมาณฝุ่นมีมากเท่าไหร่ ปริมาณตะกั่วและสังกะสีก็มากตามไปด้วยเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองกับโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด

ตัวแปร	ฝุ่นละออง	แคดเมียม	โครเมียม	แมงกานีส	ตะกั่ว	เหล็ก	สังกะสี
ฝุ่นละออง	1.000	-0.090	0.010	-0.364	0.716**	0.530	0.632*
แคดเมียม		1.000	-0.314	0.176	-0.392	-0.085	-0.147
โครเมียม			1.000	0.339	0.272	-0.160	0.220
แมงกานีส				1.000	-0.306	-0.203	-0.552
ตะกั่ว					1.000	0.657*	0.664*
เหล็ก						1.000	0.423
สังกะสี							1.000

หมายเหตุ : * หมายถึง $p < 0.05$
** หมายถึง $p < 0.01$

4.6 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการได้รับโลหะหนักกับปริมาณอ้างอิงทางสุขภาพ

การประเมินการรับสัมผัสทางการหายใจ โดยทำการศึกษาจากเพศ อายุ และกิจกรรมขณะนั้น ซึ่งเลือกพิจารณาในลักษณะกิจกรรมที่เป็นการกระทำขณะพัก พบว่าแรกคลอดจากอัตราการหายใจ ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ ระยะเวลาในการสัมผัสและค่าน้ำหนักของร่างกายด้วย พบว่า

1. ปริมาณสังกะสีที่ผ่านเข้าสู่ร่างกายในเพศชาย เพศหญิง เด็ก (10 ปี) ทารก (1 ปี) และแรกคลอด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพ เพื่อประเมินการรับสัมผัสทางการหายใจ พบว่าสังกะสีไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ แสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ปริมาณการรับสัมผัสสารพิษจากสังกะสีโดยผ่านระบบทางเดินหายใจ

กรณีศึกษา	ปริมาณโลหะที่ได้รับในร่างกาย (mg/kg.day)	RfD.conc (mg/kg.day)	HQ
เพศชาย	0.01963		0.06543
เพศหญิง	0.01901		0.06336
เด็ก (10 ปี)	0.02890	0.3	0.09633
ทารก (1 ปี)	0.02257		0.07523
แรกคลอด	0.03010		0.10033

2. ปริมาณโครเมียมที่ผ่านเข้าสู่ร่างกายในเพศชาย เพศหญิง เด็ก (10 ปี) ทารก (1 ปี) และแรกคลอด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพ เพื่อประเมินการรับสัมผัสทางการหายใจ พบว่า โครเมียมไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ปริมาณการรับสัมผัสสารพิษจากโครเมียมโดยผ่านระบบทางเดินหายใจ

กรณีศึกษา	ปริมาณโลหะที่ได้รับในร่างกาย (mg/kg.day)	RfD. Conc (mg/kg.day)	HQ
เพศชาย	0.00074		0.24666
เพศหญิง	0.00072		0.24000
เด็ก (10 ปี)	0.00110	0.003	0.36666
ทารก (1 ปี)	0.00086		0.28666
แรกคลอด	0.00114		0.38000

3. ปริมาณแคดเมียมที่ผ่านเข้าสู่ร่างกายในเพศชาย เพศหญิง เด็ก (10 ปี) ทารก (1 ปี) และแรกคลอด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพ เพื่อประเมินการรับสัมผัสทางการหายใจ พบว่า แคดเมียมส่งผลก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพได้ แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ปริมาณการรับสัมผัสสารพิษจากแคดเมียมโดยผ่านระบบทางเดินหายใจ

กรณีศึกษา	ปริมาณโลหะที่ได้รับในร่างกาย (mg/kg.day)	RfD. Conc (mg/kg.day)	HQ
เพศชาย	0.00199		1.99
เพศหญิง	0.00193		1.93
เด็ก (10 ปี)	0.00294	0.001	2.29
ทารก (1 ปี)	0.00229		2.29
แรกคลอด	0.00306		3.06

4. ปริมาณตะกั่วที่ผ่านเข้าสู่ร่างกายในเพศชาย เพศหญิง เด็ก (10 ปี) ทารก (1 ปี) และแรกคลอด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพ เพื่อประเมินการรับสัมผัสทางการหายใจ พบว่าตะกั่วไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ แสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ปริมาณการรับสัมผัสสารพิษจากตะกั่วโดยผ่านระบบทางเดินหายใจ

กรณีศึกษา	ปริมาณโลหะที่ได้รับในร่างกาย (mg/kg.day)	RfD. Conc (mg/kg.day)	HQ
เพศชาย	0.00017		0.04857
เพศหญิง	0.00017		0.04857
เด็ก (10 ปี)	0.00026	0.0035	0.07428
ทารก (1 ปี)	0.00020		0.05714
แรกคลอด	0.00027		0.07714

5. ปริมาณแมงกานีสที่ผ่านเข้าสู่ร่างกายในเพศชาย เพศหญิง เด็ก (10 ปี) ทารก (1 ปี) และแรกคลอด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพ เพื่อประเมินการรับสัมผัสทางการหายใจ พบว่าแมงกานีสไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ แสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ปริมาณการรับสัมผัสสารพิษจากแมงกานีสโดยผ่านระบบทางเดินหายใจ

กรณีศึกษา	ปริมาณโลหะที่ได้รับในร่างกาย (mg/kg.day)	RfD. Conc (mg/kg.day)	HQ
เพศชาย	0.00059		0.00421
เพศหญิง	0.00057		0.00407
เด็ก (10 ปี)	0.00088	0.14	0.00628
ทารก (1 ปี)	0.00068		0.00485
แรกคลอด	0.00091		0.00650

ดังนั้นจากการประเมินหาค่าปริมาณการรับสัมผัสสารพิษจากโลหะหนักโดยผ่านระบบทางเดินหายใจ เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพของแต่ละชนิด พบว่า กรณีศึกษาในเพศชาย เพศหญิง เด็ก (10 ปี) ทารก (1 ปี) และ แรกคลอด ในขณะพักจากการทำงาน มีเพียงแคดเมียมที่มีความเสี่ยงจากการได้รับโลหะหนักในทุกกรณีศึกษา เนื่องจาก ค่า HQ (Hazard Quotient) มีค่ามากกว่า 1 ส่วนโครเมียม ตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสี ไม่มีความเสี่ยงจากการได้รับโลหะหนักในทุกกรณีศึกษา เนื่องจาก ค่า HQ (Hazard Quotient) มีค่าน้อยกว่า 1 หรือใกล้เคียง หรือ Exposure < Rfd หรือ ADI แสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ค่าความเสี่ยงของโลหะหนักจากการเปรียบเทียบค่ากับความเข้มข้นอ้างอิง

กรณีศึกษา	ค่าความเสี่ยงจากการเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นอ้างอิง (HQ)				
	Zn	Cr	Cd	Pb	Mn
เพศชาย	0.06543	0.24666	1.99	0.04857	0.00421
เพศหญิง	0.01901	0.24000	1.93	0.04857	0.00407
เด็ก (10 ปี)	0.02890	0.36666	2.29	0.07428	0.00628
ทารก (1 ปี)	0.02257	0.28666	2.29	0.05714	0.00485
แรกคลอด	0.03010	0.38000	3.06	0.07714	0.00650

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ กรณีรับสัมผัสโลหะหนักในฝุ่นละอองจากการจราจรการศึกษาครั้งนี้ ดำเนินการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม บริเวณริมทางหลวง (ถนนบางนา - ตราด) กิโลเมตรที่ 18 เพื่อนำตัวอย่างฝุ่นละอองรวมที่เก็บได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองรวมกับโลหะหนัก และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสทางการหายใจตามลักษณะกิจกรรมที่กำลังปฏิบัติอยู่ เพศ และอายุ โดยสรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ ดังหัวข้อต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม

จากการเก็บตัวอย่างจำนวน 13 ครั้ง โดยที่กำหนดระยะเวลาการตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างต่อ 1 ครั้ง ด้วยเวลา 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง มีการบันทึกค่าอัตราการไหลของอากาศในแต่ละครั้ง และทำการจดบันทึกค่าน้ำหนักกระดาษกรองทั้งก่อนและหลังการเก็บ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม พบว่า มีความเข้มข้นของฝุ่นละอองอยู่ ในช่วง 0.0365-0.1175 mg/m^3 โดยมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.0763 mg/m^3 ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป พ.ศ. 2535 ของฝุ่นละอองรวมที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา 24 ชั่วโมง ที่มีค่าไม่เกิน 0.33 mg/m^3 เมื่อเทียบเวลาเป็น 8 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.11 mg/m^3 และค่ามาตรฐานความเข้มข้นเฉลี่ยในเวลา 1 เดือน ของตะกั่วมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไม่เกิน 1.5 μg/m^3 เมื่อเทียบเวลาเป็น 8 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.0166 μg/m^3

2. การวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นละอองรวม

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนัก มาทำการวิเคราะห์โลหะหนักทั้ง 6 ชนิด ได้แก่สังกะสี (Zn)), เหล็ก (Fe), โครเมียม Cr), แคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb) และแมงกานีส (Mn) ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer รุ่น 640Z ยี่ห้อ Varian โดยการใช้เทคนิคกราไฟต์ เฟอร์เนส อะตอมมิก แอบซอร์พชัน (Graphite Furnace Atomic Absorption) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่อยู่ในฝุ่นละอองรวม พบว่า มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียม เหล็ก โครเมียม ตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสี เท่ากับ 0.18063, 0.03210, 0.00689, 0.01839, 0.00164 และ 0.00550 mg/m^3 ตามลำดับ

3. การเปรียบเทียบค่าอ้างอิงทางสุขภาพกับค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด

จากการวิเคราะห์โลหะหนักเพื่อหาค่าความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิด โดยการนำค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแต่ละชนิดโลหะมาทำการเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพของแต่ละชนิดโลหะ ซึ่งนำมาเป็นเกณฑ์มาตรฐานเพื่อแสดงให้เห็นว่าโลหะหนักแต่ละชนิดนั้นมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในฝุ่นละอองรวมอยู่ในระดับที่เกินค่ามาตรฐานกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพหรือไม่เกินมาตรฐานกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพอย่างไร โดยพบว่า เมื่อนำปริมาณโลหะแต่ละชนิดไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น Agency for Toxic Substances and Disease Registry หรือ World Health Organization หรือ US EPA พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีและเหล็กในฝุ่นละอองรวม มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานอ้างอิงทางสุขภาพ และพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโครเมียม แคดเมียม ตะกั่ว และแมงกานีส มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานอ้างอิงทางสุขภาพ

4. การศึกษาความสัมพันธ์ของโลหะหนักในฝุ่นละออง

หาความสัมพันธ์ครั้งนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองกับแคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) ตะกั่ว (Pb) เหล็ก (Fe) และสังกะสี (Zn) พบว่าปริมาณฝุ่นมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณของแคดเมียม แมงกานีส แต่มีความสัมพันธ์ในระดับกลางกับตะกั่ว ($r=0.716$, $p=0.01$) และสังกะสี ($r=0.632$, $p=0.05$) กล่าวคือปริมาณฝุ่นมีมากเท่าไหร่ ปริมาณตะกั่วและสังกะสีก็มากตามไปด้วยเช่นกัน

5. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยการรับสัมผัสทางการหายใจ

จากการประเมินหาค่าปริมาณการรับสัมผัสสารพิษจากโลหะหนักโดยผ่านระบบทางเดินหายใจ เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพของแต่ละชนิด พบว่ากรณีศึกษาในเพศชาย เพศหญิง เด็ก (10 ปี) ทารก (1 ปี) และ แรกคลอด ในขณะพักจากการทำงาน มีเพียงแคดเมียมที่มีความเสี่ยงจากการได้รับโลหะหนักในทุกกรณีศึกษา เนื่องจาก ค่า HQ (Hazard Quotient) มีค่ามากกว่า 1 ส่วนโครเมียม ตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสี ไม่มีความเสี่ยงจากการได้รับโลหะหนักในทุกกรณีศึกษา เนื่องจาก ค่า HQ (Hazard Quotient) มีค่าน้อยกว่า 1 หรือใกล้เคียง หรือ Exposure < Rfd หรือ ADI

5.2 อภิปรายผล

จากการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละออง ความเข้มข้นของโลหะที่ปนเปื้อนในฝุ่นละออง และความสัมพันธ์ของโลหะหนักทั้ง 6 ชนิด บริเวณริมทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 34 (ถนนบางนา-ตราด) พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.0763 mg/m^3 ซึ่งมีค่า

ไม่เกินค่าที่มาตรฐานกำหนด ทั้งนี้แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองรวมอาจมีสาเหตุมากจากการที่บริเวณดังกล่าวมีทั้งโรงงานอุตสาหกรรมหลายแหล่ง สถานศึกษาขนาดใหญ่ ทำให้มีสภาพการสัญจร การขนส่ง การใช้รถยนต์ส่วนบุคคลและรถบริการสาธารณะเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดการจราจรติดขัดในช่วงเวลาเร่งด่วน ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงบริเวณดังกล่าวสูงขึ้นตามไปด้วย จึงทำให้ฝุ่นมีโอกาสที่จะเกิดการรวมตัวกับโลหะหนักชนิดต่างๆในอากาศได้ โดยความเข้มข้นดังกล่าวมีความสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น พบว่าความเข้มข้นของโลหะในฝุ่นจากการตรวจวัดคุณภาพอากาศของชุมชนในจังหวัดนครราชสีมา มีผลการวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่น โดยพบค่าความเข้มข้นที่ค่อนข้างสูงสำหรับสังกะสี (Zn) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากการจราจรและยานพาหนะรวมทั้งอุตสาหกรรม (สุดจิต ครุจิต, ธนัญชัย วรรณสุข, ชื่นจิตร ชาญชิตปรีชา และนเรศ เชื้อสุวรรณ. 2553) โดยความเข้มข้นของโลหะหนักที่สะสมในฝุ่นละอองที่เกินค่าอ้างอิงทางสุขภาพ คือ โครเมียม แคดเมียม ตะกั่วและแมงกานีส มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.00689, 0.01839, 0.00164 และ 0.00550 mg/m³ ตามลำดับ ซึ่งในเบื้องต้นอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น ตะกั่วที่เกิดจากมลภาวะจากท่อไอเสียของยานพาหนะและคนที่อยู่ในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นเป็นเวลานาน ซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบประสาท (โรคพิษตะกั่ว, สารานุกรมไทยสาหรับเยาวชนฯ เล่มที่ ๒๒) อุตสาหกรรมที่มีการใช้แคดเมียมเป็นวัตถุดิบ เช่น โรงงานทำแบตเตอรี่ (เขมชิต ธนากิจชาญเจริญ, นงนาถ เมฆรังสิมันต์ และสุรชัย ศิลามณีโชติ. 2551) การเกิดการระคายเคืองภายในจมูกจากการหายใจของโครเมียม เช่น อุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ (ฉันทนา ผดุงทศ. 2549) และการหายใจเอาฝุ่นหรือไอจากแมงกานีส จะทำให้เกิดการระคายเคืองทางเดินหายใจ แน่นหน้าอก ปวดศีรษะ หายใจลำบากหรือหลอดลมอักเสบได้ (ฉันทนา ผดุงทศ. 2549) และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของโลหะหนักในฝุ่นละออง พบว่าปริมาณฝุ่นนั้นมีความสัมพันธ์กับตะกั่วและสังกะสี อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของสังกะสีและเหล็กไม่มีการกำหนดในบรรยากาศทั่วไป แต่เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับการกำหนดค่าอ้างอิงโดยหน่วยงานระดับสากลของการกำหนดความปลอดภัยเพื่อการประกอบอาชีพ (ด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย) มีการกำหนด ฟูมของสังกะสีออกไซด์ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) 2515 และ ACGIH กำหนดให้ฟูมของสารประกอบออกไซด์ของสังกะสี TLV-TWA 5 mg/m^3 เช่นเดียวกับในกรณีของเหล็กที่สะสมในฝุ่น ที่กำหนดที่ TLV-TWA 10 mg/m^3 ทั้งนี้การกำหนดค่าอ้างอิงโดยหน่วยงานทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย กำหนดไว้ที่ความเข้มข้นของฟูมสังกะสีในบรรยากาศ ที่ระยะเวลาการสัมผัส 8 ชั่วโมง ซึ่งการกำหนดความเข้มข้นดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมในการทำงานสำหรับกลุ่มคนงาน ทั้งนี้ในสภาพพื้นที่ริมทางหลวงอาจมีกลุ่มที่ไวต่อการรับผลกรทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองที่มีการสะสมของโลหะหนัก

จากการประเมินหาค่าปริมาณการรับสัมผัสสารพิษจากโลหะหนักโดยผ่านระบบทางเดินหายใจ เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงทางสุขภาพของแต่ละชนิด พบว่ากรณีศึกษาในเพศชาย เพศหญิง เด็ก (10 ปี) ทารก (1 ปี) และแรกคลอด ในขณะพักจากการทำงาน มีเพียงแคดเมียมที่มีความเสี่ยงจากการได้รับโลหะหนักในทุกกรณีศึกษาส่วนโครเมียม ตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสี ไม่มีความเสี่ยงจากการได้รับโลหะหนักในทุกกรณีศึกษา

5.3 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ กรณีรับสัมผัสโลหะหนักในฝุ่นละอองจากการจราจร โดยทำการวิจัยในพื้นที่ที่อยู่ใกล้แหล่งชุมชนอุตสาหกรรมที่มีการจราจรหนาแน่น และเป็นจุดศูนย์รวมการทำกิจกรรมต่าง ๆ เนื่องจากจะเป็นพื้นที่เสี่ยง และเป็นกรณีตัวอย่างได้ดีที่สุด

HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ. (2550) **รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2550.** [ออนไลน์] แหล่งที่มา : http://infofile.pcd.go.th/mgt/report50.pdf (21 ธันวาคม 2559)

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ. (2556) **สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2555**. [ออนไลน์] แหล่งที่มา : http://infofile.pcd.go.th/http://infofile.pcd.go.th/mgt/Report_Thai2555.pdf?CFID=2071842&CFTOKEN=16000655 (21 ธันวาคม 2559)

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ. (2558) **การจัดการคุณภาพอากาศและเสียง**. [ออนไลน์] แหล่งที่มา : www.pcd.go.th/info_serv/air_dust.htm (9 พฤษภาคม 2560)

กระทรวงสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค สำนักระบาดวิทยา. (2547) **“พิษโลหะหนัก” (สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรค).** [ออนไลน์] แหล่งที่มา : http://www.boe.moph.go.th/Annual/AESR2012/main/AESR55_Part1/file9/4555_Heavymetal.pdf (6 มกราคม 2560)

ฉันทนา ผดุงทศ. (2549) “ข้อมูลโครเมี่ยมและแมงกานีสภัยสุขภาพจากโลหะหนัก” **วารสารคลินิก**. เล่มที่ 263. [ออนไลน์] แหล่งที่มา : http://www.doctor.or.th/clinic/detail/8323 (9 พฤษภาคม 2560)

ชัชชล วิญญารัตน์, ภาณุวิศว์ สถิตเมธี และอิสระพงษ์ มูลสาร. (2553) **ปริมาณฝุ่นรวมภายในโรงอาหารและศูนย์อาหารโดยรอบมหาวิทยาลัยขอนแก่น.** วิทยานิพนธ์ วศ.บ. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นพภาพร พานิช, แสงสันต์ พานิช, วงพันธ์ ลิมปเสนีย์, วิจิตรา จงวิศาล และวราวุธ เสือดี. (2550) **ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ**. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มาลินี วงศ์พานิช, วิลาวัณย์ จึงประเสริฐ และสุรจิต สุนทรธรรม. (2542) **ไข้ควันโลหะ.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ไซเบอร์เพลส.

โยธิน เบญจวัง, วิลาวัณย์ จึงประเสริฐ และสุรจิต สุนทรธรรม. (2542) **ตะกั่ว.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ไซเบอร์เพลส.

วิลาวัณย์ จึงประเสริฐ และสุรจิต สุนทรธรรม, บรรณาธิการ. (2542) **พิษวิทยา.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ไซเบอร์เพลส.

บรรณานุกรม (ต่อ)

ศิริวรรณ แก้วงาม, วนิดา จีนศาสตร์ และโชคชัย ยะชูศรี. (2543) **สัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในกรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ วท.บ. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2535) โรคพิษตะกั่ว. เล่มที่ 22 [ออนไลน์] แหล่งที่มา : URL:http://kanchanapisek.or.th/kp6/New/sub/book/book.php?book=22&chap=6&page=t22-6-infodetail02.htm (9 พฤษภาคม 2560)

สิตาวีร์ ธีรวิรุฬห์. (2558) **มลพิษทางอากาศ (การบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมของไทย).** กรุงเทพมหานคร **:** กลุ่มงานบริการวิชาการกรมควบคุมมลพิษ.

สิทธ์ธีราห์ ชโรเต้อร์. (2555) **ข้อมูลเหล็ก.** [ออนไลน์] แหล่งที่มา : http://www.summacheeva.org/index_thaitox_iron.htm (12 มกราคม 2560)

สุดจิต ครุจิต, นเรศ เชื้อสุวรรณ, ธนัญชัย วรรณสุข และราชัน ธีระพิทยาตระกูล. (2556) **รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและคุณภาพอากาศแบบบูรณาการ ระยะที่ 2.** นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุดจิต ครุจิต, ธนัญชัย วรรณสุข, ชื่นจิตร ชาญชิตปรีชา และนเรศ เชื้อสุวรรณ. (2553) **รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการพัฒนาระบบเฝ้าระวังฝุ่นละอองและคุณภาพอากาศแบบบูรณาการเพื่อสนับสนุนการจัดการคุณภาพอากาศในชุมชน.** นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สมชัย บวรกิตติ และรังสรรค์ ปุษปาคม. (2558) **น้ำหนักคนไทย.** [ออนไลน์] แหล่งที่มา : www.healthcarethai.com (9 พฤษภาคม 2560)

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม. (2556) **คู่มือมาตรฐานอนามัยสิ่งแวดล้อมด้านอากาศ น้ำ ดิน เสียง ความสั่นสะเทือนความร้อน และความเข้มแสงสว่าง.** นนทบุรี : กระทรวงสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม.

อดุลย์ บัณฑุกุล, บรรณาธิการ. (2547) **แนวทางและเกณฑ์การวินิจฉัยโรคจากการทำงาน.** กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน และศูนย์อาชีวะเวชศาสตร์และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี กรมการแพทย์.

Al-Khashman and O. A. (2004) Heavy metal distribution in dust, street dust and soils from the work place in Karak Industrial Estate,Jordan. **Atmospheric Environment.** 38 page 803 – 812.

ภาคผนวก

เอกสารรับรองคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย

เรียนรู้เพื่อรับใช้สังคม

เอกสารรับรอง

(Certificate of Exemption)

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

วันที่ 27 เมษายน 2559

ชื่อเรื่อง การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพกรณีรับสัมผัสโลหะหนักในฝุ่นละอองจากการจราจร

ชื่อนักวิจัย/หัวหน้าโครงการ นางสาวธนาพร มณีรัตน์

คณะวิชา/หลักสูตร หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ขอรับรองว่า งานวิจัยดังกล่าวข้างต้นได้ผ่านการพิจารณาเห็นชอบโดยสอดคล้องกับประกาศเฮลซิงกิ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

ลงนาม .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.จริยาวัตร คมพยัคฆ์)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

วันที่รับรอง วันที่ 27 เมษายน 2559

เลขที่รับรอง อ.404/2559

วันที่ให้การรับรอง: 27 เมษายน 2559

วันหมดอายุใบรับรอง: 26 เมษายน 2561

ภาคผนวก ข

ผลการตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนัก

จำนวนครั้งที่	ความเข้มข้นของโลหะหนัก (mg/m^3)					
	Fe	Zn	Cr	Cd	Pb	Mn
1	0.02183	0.00478	0.00423	0.00903	0.00249	0.00002
2	0.02578	0.00370	0.00579	ND	0.00605	0.00001
3	0.02562	0.00387	0.00543	0.00493	0.00425	0.00002
4	0.06215	ND	0.01745	0.01375	0.00342	ND
5	0.02816	0.18945	0.00623	0.00678	0.00044	0.00444
6	0.03548	0.23871	0.00825	0.02143	0.00045	0.01134
7	0.04552	0.30605	0.00906	0.02479	0.00024	0.01046
8	0.02757	0.18706	0.00609	0.03740	0.00031	0.00478
9	0.02444	0.16609	0.00573	0.00643	0.00086	0.00712
10	0.02753	0.18319	0.00514	0.00711	0.00205	0.00850
11	0.03383	0.22821	0.00758	0.04097	0.00122	0.01323
12	0.02764	0.18705	0.00562	0.03858	ND	0.00837
13	0.03238	0.21718	0.00333	0.02849	ND	0.00354

ภาคผนวก ค

การประเมินปริมาณการรับโลหะหนักในฝุ่นละอองรวมโดยการสัมผัสทางการหายใจ

(กรณีศึกษา : ขณะพัก)

สังกะสี

กรณีศึกษา	การประเมินปริมาณการรับสังกะสีโดยสัมผัสทางการหายใจ			ปริมาณโลหะที่ได้รับในร่างกาย (mg/kg.d)	RfD conc.	HQ
	Conc. (mg/m^3)	Inhalation rate* (m^3/d)	BW (kg)			
เพศชาย	0.18063	7.5	69	0.01963	0.3	0.06543
เพศหญิง	0.18063	6.0	57	0.01901	0.3	0.06336
เด็ก (10 ปี)	0.18063	4.8	30	0.02890	0.3	0.09633
ทารก (1 ปี)	0.18063	1.5	12	0.02257	0.3	0.07523
แรกคลอด	0.18063	0.5	3	0.03010	0.3	0.10033

หมายเหตุ: * ค่าอัตราการหายใจในขณะพัก (1 L/min = 1.44 m^3/d)

จากสมการ

ปริมาณการรับสัมผัสโดยการหายใจ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม.วัน)

$$= \frac{\text{Conc. x Inhalation rate}}{\text{Body weight}}$$

<u>โครเมียม</u>

กรณีศึกษา	การประเมินปริมาณการรับโครเมียมโดยสัมผัสทางการหายใจ			ปริมาณโลหะที่ได้รับในร่างกาย (mg/kg.d)	RfD conc.	HQ
	Conc. (mg/m^3)	Inhalation rate* (m^3/d)	BW (kg)			
เพศชาย	0.00689	7.5	69	0.00074	0.003	0.24666
เพศหญิง	0.00689	6.0	57	0.00072	0.003	0.24000
เด็ก (10 ปี)	0.00689	4.8	30	0.00110	0.003	0.36666
ทารก (1 ปี)	0.00689	1.5	12	0.00086	0.003	0.28666
แรกคลอด	0.00689	0.5	3	0.00114	0.003	0.38000

หมายเหตุ: * ค่าอัตราการหายใจในขณะพัก (1 L/min = 1.44 m^3/d)

จากสมการ

ปริมาณการรับสัมผัสโดยการหายใจ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม.วัน)

=

$$\frac{\text{Conc. x Inhalation rate}}{\text{Body weight}}$$

แคดเมียม

กรณีศึกษา	การประเมินปริมาณการรับแคดเมียมโดยสัมผัสทางการหายใจ			ปริมาณโลหะที่ได้รับในร่างกาย (mg/kg.d)	RfD conc.	HQ
	Conc. (mg/m^3)	Inhalation rate* (m^3/d)	BW (kg)			
เพศชาย	0.01839	7.5	69	0.00199	0.001	1.99
เพศหญิง	0.01839	6.0	57	0.00193	0.001	1.93
เด็ก (10 ปี)	0.01839	4.8	30	0.00294	0.001	2.29
ทารก (1 ปี)	0.01839	1.5	12	0.00229	0.001	2.29
แรกคลอด	0.01839	0.5	3	0.00306	0.001	3.06

หมายเหตุ: * ค่าอัตราการหายใจในขณะพัก (1 L/min = 1.44 m^3/d)

จากสมการ

ปริมาณการรับสัมผัสโดยการหายใจ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม.วัน)

$$= \frac{\text{Conc. x Inhalation rate}}{\text{Body weight}}$$

ตะกั่ว

กรณีศึกษา	การประเมินปริมาณการรับตะกั่วโดยสัมผัสทางการหายใจ			ปริมาณโลหะที่ได้รับในร่างกาย (mg/kg.d)	RfD conc.	HQ
	Conc. (mg/m³)	Inhalation rate* (m³/d)	BW (kg)			
เพศชาย	0.00164	7.5	69	0.00017	0.0035	0.04857
เพศหญิง	0.00164	6.0	57	0.00017	0.0035	0.04857
เด็ก (10 ปี)	0.00164	4.8	30	0.00026	0.0035	0.07428
ทารก (1 ปี)	0.00164	1.5	12	0.00020	0.0035	0.05714
แรกคลอด	0.00164	0.5	3	0.00027	0.0035	0.07714

หมายเหตุ: * ค่าอัตราการหายใจในขณะพัก (1 L/min = 1.44 m³/d)

จากสมการ

$$\text{ปริมาณการรับสัมผัสโดยการหายใจ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม.วัน)} = \frac{\text{Conc. x Inhalation rate}}{\text{Body weight}}$$

แมงกานีส

กรณีศึกษา	การประเมินปริมาณการรับแมงกานีสโดยสัมผัสทางการหายใจ			ปริมาณโลหะที่ได้รับในร่างกาย (mg/kg.d)	RfD conc.	HQ
	Conc. (mg/m^3)	Inhalation rate* (m^3/d)	BW (kg)			
เพศชาย	0.00550	7.5	69	0.00059	0.14	0.00421
เพศหญิง	0.00550	6.0	57	0.00057	0.14	0.00407
เด็ก (10 ปี)	0.00550	4.8	30	0.00088	0.14	0.00628
ทารก (1 ปี)	0.00550	1.5	12	0.00068	0.14	0.00485
แรกคลอด	0.00550	0.5	3	0.00091	0.14	0.00650

หมายเหตุ: * ค่าอัตราการหายใจในขณะพัก (1 L/min = 1.44 m^3/d)

จากสมการ

$$\text{ปริมาณการรับสัมผัสโดยการหายใจ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม.วัน)} = \frac{\text{Conc. x Inhalation rate}}{\text{Body weight}}$$

ภาคผนวก ง
ผลการแปรผลข้อมูลทางสถิติ

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		น้ำหนักฝุ่นละออง	Fe	Cd	Cr	Mn	Zn	Pb
N		14	14	13	14	13	13	12
Normal Parameters[a,b]	Mean	.0575357	1.2899643	.7974515	.2701879	.2929954	8.6480508	.0899450
	Std. Deviation	.01504673	.05804185	.55388784	.04780166	.10588891	2.26507950	.09800098
Most Extreme Differences	Absolute	.173	.286	.217	.203	.139	.465	.228
	Positive	.173	.286	.217	.147	.134	.465	.228
	Negative	-.129	-.199	-.170	-.203	-.139	-.296	-.198
Test Statistic		.173	.286	.217	.203	.139	.465	.228
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200[c,d]	.003[c]	.097[c]	.123[c]	.200[c,d]	.000[c]	.085[c]

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

d. This is a lower bound of the true significance.

Correlations

		น้ำหนักฝุ่นละออง	Cd	Cr	Mn	Pb
น้ำหนักฝุ่นละออง	Pearson Correlation	1	-.090	.010	-.364	.716**
	Sig. (2-tailed)		.770	.972	.222	.009
	N	14	13	14	13	12
Cd	Pearson Correlation	-.090	1	-.314	.176	-.392
	Sig. (2-tailed)	.770		.296	.583	.233
	N	13	13	13	12	11
Cr	Pearson Correlation	.010	-.314	1	.339	.272
	Sig. (2-tailed)	.972	.296		.258	.392
	N	14	13	14	13	12
Mn	Pearson Correlation	-.364	.176	.339	1	-.306
	Sig. (2-tailed)	.222	.583	.258		.360
	N	13	12	13	13	11
Pb	Pearson Correlation	.716**	-.392	.272	-.306	1
	Sig. (2-tailed)	.009	.233	.392	.360	
	N	12	11	12	11	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

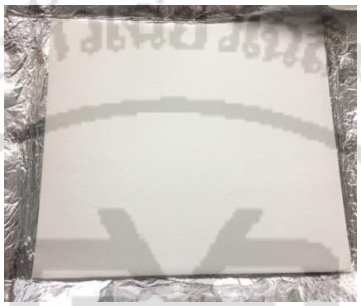
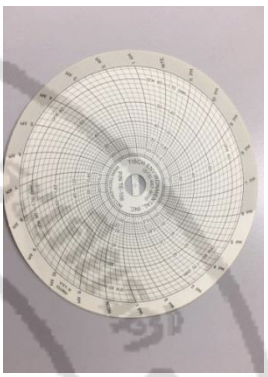
			น้ำหนักฝุ่นละออง	Fe	Zn	Cd	Cr	Pb	Mn
Spearman's rho	น้ำหนักฝุ่นละออง	Correlation Coefficient	1.000	.530	.632*	-.124	.125	.713**	-.302
		Sig. (2-tailed)	.	.051	.021	.687	.670	.009	.316
		N	14	14	13	13	14	12	13
	Fe	Correlation Coefficient	.530	1.000	.423	-.085	-.160	.657*	-.203
		Sig. (2-tailed)	.051	.	.150	.782	.584	.020	.505
		N	14	14	13	13	14	12	13
	Zn	Correlation Coefficient	.632*	.423	1.000	-.147	.220	.664*	-.552
		Sig. (2-tailed)	.021	.150	.	.648	.471	.026	.063
		N	13	13	13	12	13	11	12
	Cd	Correlation Coefficient	-.124	-.085	-.147	1.000	-.503	-.456	.210
		Sig. (2-tailed)	.687	.782	.648	.	.079	.159	.512
		N	13	13	12	13	13	11	12
	Cr	Correlation Coefficient	.125	-.160	.220	-.503	1.000	.224	.099
		Sig. (2-tailed)	.670	.584	.471	.079	.	.484	.748
		N	14	14	13	13	14	12	13
	Pb	Correlation Coefficient	.713**	.657*	.664*	-.456	.224	1.000	-.255
		Sig. (2-tailed)	.009	.020	.026	.159	.484	.	.450
		N	12	12	11	11	12	12	11
	Mn	Correlation Coefficient	-.302	-.203	-.552	.210	.099	-.255	1.000
		Sig. (2-tailed)	.316	.505	.063	.512	.748	.450	.
		N	13	13	12	12	13	11	13

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ภาคผนวก จ
ภาพการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

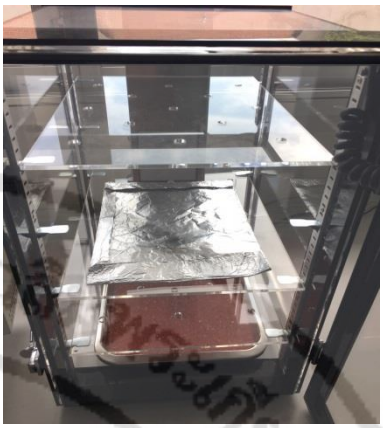
อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม

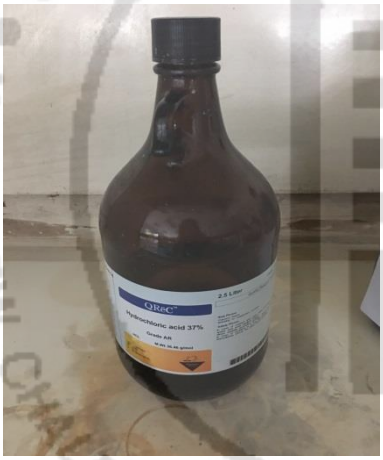



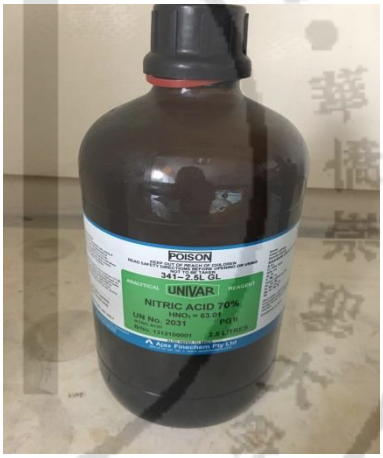
บริเวณพื้นที่การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม

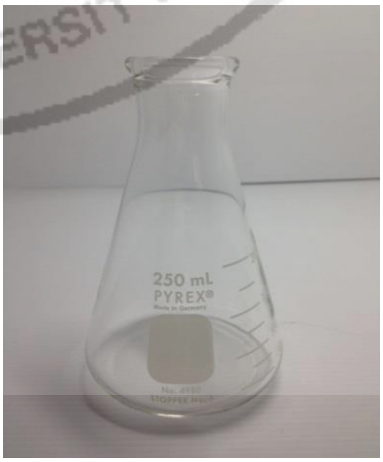
เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer รุ่น 640Z ยี่ห้อ Varian

อุปกรณ์ทำการวิเคราะห์

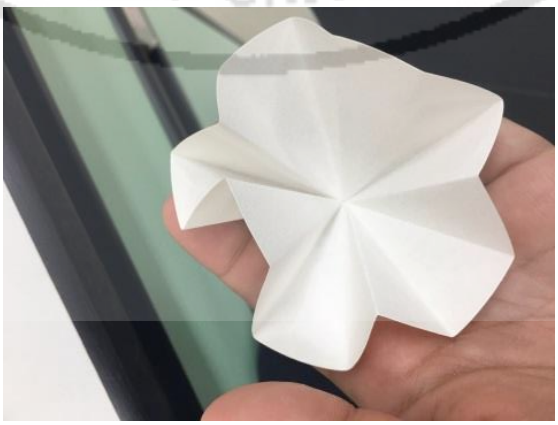








อุปกรณ์ทำการวิเคราะห์ (ต่อ)



มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY 華僑崇聖大學

การย่อยกระดาษเก็บตัวอย่าง

HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล นางสาวธนาพร มณีรัตน์

วัน เดือน ปีเกิด 27 ตุลาคม พ.ศ. 2534

ที่อยู่ปัจจุบัน 333 หมู่ 18 ตำบลขุนซ่อง อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี 22160

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2557 คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ วิทยาศาสตร์บัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม)

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ HUACHIEW CHALERMPRAKIET UNIVERSITY 華僑崇聖大學