การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสฝุ่นและโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม

นายประหยัด เคนโยธา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพิษวิทยาอุตสาหกรรมและการประเมินความเสี่ยง ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HEALTH RISK ASSESSMENT OF WORKER EXPOSED TO PARTICULATE MATTER AND HEAVY METALS IN INDUSTRIAL WASTE DISPOSAL PLANT

Mr. Prayad Kenyota

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Industrial Toxicology and Risk Assessment
Department of Environmental Science
FACULTY OF SCIENCE
Chulalongkorn University
Academic Year 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสฝุ่นและโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม
โดย	นายประหยัด เคนโยธา
สาขาวิชา	พิษวิทยาอุตสาหกรรมและการประเมินความเสี่ยง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.วนิดา จีนศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.พลกฤษณ์ แสงวณิช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ กนกกันฑพงษ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.วนิดา จีนศาสตร์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุเมธ วงศ์เขียว)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(แพทย์หญิง ดร.ชุลีกร ธนธิติกร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประหยัด เคนโยธา : การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสฝุ่นและโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม. (HEALTH RISK ASSESSMENT OF WORKER EXPOSED TO PARTICULATE MATTER AND HEAVY METALS IN INDUSTRIAL WASTE DISPOSAL PLANT) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร.วนิดา จีนศาสตร์

พนักงานในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรมทั้งสองแห่งได้รับสัมผัสมลภาวะต่างๆ เช่น ฝุ่นละออง (PM; $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$) และโลหะหนักที่ปนเปื้อนในกระบวนการกำจัดขยะ การวิจัยนี้เพื่อศึกษาความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสฝุ่นและโลหะหนักในสถานที่ทำงาน พบฝุ่นขนาด $PM_{2.5}$ มีความเข้มข้นในตัวอย่างที่เก็บแบบพื้นที่ (30.33±2.51 และ 41.21±1.12 μg/m^3) เก็บแบบบุคคล (45.86±9.85 และ 144.99±119.11 μg/m^3) และฝุ่นขนาด $PM_{10-2.5}$ ในตัวอย่างที่เก็บแบบพื้นที่ (14.77±0.29 และ 15.09±0.35 μg/m^3) เก็บแบบบุคคล (27.73±8.63 และ 48.04±43.49 μg/m^3) ในโรงงาน 1 และ 2 ตามลำดับ ความเข้มข้นของโลหะหนัก As, Cd, และ Pb ในตัวอย่างฝุ่นโรงงาน 1 ที่เก็บตัวอย่างแบบพื้นที่มีค่า 1.19±0.09, 0.55±0.05 และ 0.78±0.14 μg/m^3, เก็บแบบบุคคลมีค่า 1.22±0.08, 0.55±0.08, และ 0.87±0.12 μg/m^3 ตามลำดับ ในโรงงาน 2 ที่เก็บตัวอย่างแบบพื้นที่มีค่า 0.52±0.21, 0.55±0.05 และ 0.38±0.05 μg/m^3 เก็บแบบบุคคลมีค่า 0.58±0.13, 0.53±0.06 และ 0.41±0.05 μg/m^3 ตามลำดับ โดยระดับโลหะหนัก As Cd และ Pb ในฝุ่นมีค่าอยู่ในขีดจำกัดของกฎหมายด้านอาชีวอนามัยกำหนด และในตัวอย่างฝุ่นไม่พบโลหะหนัก Cr และ Hg และค่าเฉลี่ยของโลหะหนัก As-total Cr Cd Pb และ Hg ในปัสสาวะพบว่า As-total (91.67±98.63 และ 59.29±32.03 μg/L) Cr (0.82±0.51 และ 1.03±1.02 μg/L) Cd (1.46±1.14 และ 0.62±0.46 μg/g.creatinine) Pb (8.83±12.70 และ 0.31±0.52 μg/g.creatinine) และ Hg (7.80±15.62 และ 0.66±1.50 μg/g.creatinine) ในโรงงาน 1 และ 2 ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยโลหะหนัก As Cd และ Pb ในโรงงาน 1 มากกว่าโรงงาน 2 ในการประเมินความเสี่ยงในกรณีไม่ก่อมะเร็งพบว่าค่า Hazard Quotient และ Hazard Index ของโลหะหนัก As และ Cd ในช่องทางการสัมผัสผ่านการรับประทานมีค่ามากกว่า 1 ทั้งสองโรงงาน และในกรณีก่อมะเร็งพบว่าค่า Cancer Risk ของโลหะหนัก As Cd และ Pb ในช่องทางการสัมผัสผ่านการรับประทาน และการสัมผัสโลหะหนัก As ในช่องทางการสัมผัสผ่านผิวหนังมีค่ามากกว่า 10^{-6} และพบความสัมพันธ์ของการสวมใส่ PPEs กรณีใส่ชุดกันเปื้อนมีผลต่อระดับโลหะหนัก Pb ในปัสสาวะและการรับประทานอาหารและน้ำในสถานที่ทำงานมีผลต่อระดับโลหะหนัก As Cd Pb และ Hg ในปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ดังนั้น เพื่อลดความเสี่ยงโรงงานต้องควบคุมการนำอาหารและน้ำไปรับประทานในสถานที่ทำงาน จัดให้มีการตรวจสุขภาพประจำปี และจัดให้มีอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่เหมาะสมแก่พนักงาน

สาขาวิชา	พิษวิทยาอุตสาหกรรมและการประเมินความเสี่ยง	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2564	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6270060023 : MAJOR INDUSTRIAL TOXICOLOGY AND RISK ASSESSMENT

KEYWORD: Particulate matter Heavy metal Worker Health risk Industrial wastes

Prayad Kenyota : HEALTH RISK ASSESSMENT OF WORKER EXPOSED TO PARTICULATE MATTER AND HEAVY METALS IN INDUSTRIAL WASTE DISPOSAL PLANT. Advisor: Prof. WANIDA JINSART, Ph.D.

The workers in two industrial waste disposal plant have been exposed to various pollutants, for instance, Particulate Matter; PM ($PM_{2.5}$, $PM_{10-2.5}$) and heavy metals contaminating during the waste treatment process. The health risks of workers exposed to particulate matter and heavy metals were studied. The average PM concentrations were $PM_{2.5}$; area (30.33±2.51 and 41.21±1.12 μg/m^3), total person (45.86±9.85 and 144.99±119.11 μg/m^3) and $PM_{10-2.5}$; area (14.77±0.29 and 15.09±0.35 μg/m^3), total persons (27.73±8.63 and 48.04±43.49 μg/m^3) in Plant 1 and 2, respectively. Heavy metal in the particulate samples, As, Cd, and Pb concentrations in plant 1; area were 1.19±0.09, 0.55±0.05 and 0.78±0.14 μg/m^3, personal sample were 1.22±0.08, 0.55±0.08, and 0.87±0.12 μg/m^3, respectively. In-Plant 2, As, Cd and Pb concentrations; area samples were 0.52±0.21, 0.55±0.05 and 0.38±0.05 μg/m^3, personal samples were 0.58±0.13, 0.53±0.06 and 0.41±0.05 μg/m^3, respectively. The values of As, Cd, and Pb in the dust were within the limit level prescribed by the Occupational health national standard. Cr and Hg were not detected in the particulate samples. The average levels of As-total, Cr, Cd, Pb, and Hg that were found in the urine were As-total (91.67±98.63 and 59.29±32.03 μg/L), Cr (0.82±0.51 and 1.03±1.02 μg/L), Cd (1.46±1.14 and 0.62±0.46 μg/g.creatinine), Pb (8.83±12.70 and 0.31±0.52 μg/g.creatinine), and Hg (7.80±15.62 and 0.66±1.50 μg/g.creatinine) in plant 1 and 2, respectively. As, Cd and Pb in urine samples of plant 1 were higher than in plant 2. The non-carcinogenic risk assessment, Hazard Quotient, and Hazard Index of As and Cd in ingestion route exposure were more than 1. Cancer Risk of As, Cd, and Pb in ingestion exposure and As in dermal exposure were >10^{-6} in both plants. The association of PPEs has apron used affected the Pb levels in urine and personal hygiene of workers had ate snack/drink water at working area affected the As, Cd, Pb and Hg levels in urine were significantly at $p<0.05$. To reduce risk, the control of food/drink intake in the workplace, an annual health check program, and providing of personal protective equipment for employees were recommended.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Industrial Toxicology and Risk Assessment	Student's Signature .....
Academic Year:	2021	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสฝุ่นและโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม ฉบับนี้ที่สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีข้าพเจ้าต้องกราบขอบพระคุณท่านศาสตราจารย์ ดร.วนิดา จีนศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับคำปรึกษา คำแนะนำ ข้อชี้แนะแนวทางต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขรายงานผลการศึกษาวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและให้สำเร็จลุล่วง รวมไปถึงการจัดหาทุนและอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งได้ตักเตือน สอนสั่ง ให้โอกาสและให้กำลังใจ ตลอดจนให้แนวทางและร่วมหาทางในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและประทับใจในความกรุณาของท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณท่านผู้บริหาร/เจ้าของกิจการโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรมทั้ง 2 แห่ง ซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดชลบุรีและจังหวัดสุพรรณบุรี ที่ยินดีให้ความอนุเคราะห์และอนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าพื้นที่การทำงานโรงงานเพื่อทำการเก็บข้อมูลการศึกษาวิจัยและกราบขอบพระคุณพนักงานทุกท่านที่เสียสละเวลาและอาสาสมัครเข้าร่วมการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ รวมไปถึงได้สนับสนุนข้อมูลและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและประทับใจในความกรุณาของทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ กนกกันฑพงษ์ ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.สุเมธ วงศ์เขียว และแพทย์หญิง ดร.ชุลีกร ธนธิติกร คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าของท่านในการดำเนินการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมให้คำชี้แนะและข้อแนะนำในการศึกษาวิจัยในช่วงระยะเวลาทำการวิจัยตลอดมา รวมไปถึงได้ช่วยให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและประทับใจในความกรุณาของท่านอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณทิพวรรณ ไพหก เจ้าพนักงานสาธารณสุขชำนาญงาน และคุณพฤหัส พรวงศ์เลิศ นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ สังกัดสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุพรรณบุรี และคุณวันเฉลิม น้อยเลี้ยง วิศวกรปฏิบัติการ สังกัดสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสุพรรณบุรี และคุณมุรณี สาและ นักวิชาการสาธารณสุขปฏิบัติการ สังกัดสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 5 จังหวัดราชบุรี และคุณพัชราภรณ์ พาทุม จป.วิชาชีพ ที่ให้ความอนุเคราะห์ เสียสละเวลา ช่วยเหลือและช่วยประสานงานจัดหาโรงงานในพื้นที่เพื่อเข้าทำการเก็บข้อมูลในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณนุสรา เปรมจิตร นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ปฏิบัติการ ศูนย์อ้างอิงทางห้องปฏิบัติการและพิษวิทยา กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค ที่ได้สละ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เวลาอันมีค่าในการช่วยเตรียมตัวอย่างปัสสาวะเพื่อการวิเคราะห์หาโลหะหนักและดำเนินการตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนักในปัสสาวะ รวมทั้งให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณมณีรัตน์ ลิ้มสุวัฒนาธำรง เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สละเวลาอันมีค่าในการเตรียมเครื่องมือเพื่อการวิเคราะห์ผลหาโลหะหนักในปัสสาวะและให้ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของธาตุที่วิเคราะห์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ดวงฤทัย บัวด้วง โรงเรียนพยาบาลรามาธิบดี ที่ได้เสียสละเวลาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเครื่องมือวิจัย พร้อมให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณธิดารัตน์ คำแหงพล ที่ให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยในการเก็บข้อมูลและสนับสนุนรถยนต์ในการเดินทางลงพื้นที่เก็บข้อมูลวิจัย และช่วยเหลือในการเตรียมอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญการศึกษาวิจัยในมนุษย์ คณะที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อนุมัติและรับรองการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ รวมไปถึงได้ให้ข้อแนะนำที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยเกี่ยวกับกระบวนการศึกษาวิจัย การป้องกันและรักษาสิทธิ์ผู้ร่วมวิจัยเป็นต้น

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ที่ได้ให้การสนับสนุนเครื่องมือในการเก็บตัวอย่างฝุ่นและเครื่องมือในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่และบุคลากรประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุก ๆ ท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัย การให้คำแนะนำและเป็นพี่เลี้ยงในการใช้เครื่องมือทางห้องปฏิบัติการ การจัดทำเอกสารราชการที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก “ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา” บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ “ทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์” คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงยิ่งมา ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามในข้างต้นที่ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือผู้วิจัยให้ผ่านช่วงเวลาที่ยากลำบากจากการระบาดของโรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจรุนแรงโควิด 19 (COVID-19) จนประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ประหยัด เคนโยธา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูปภาพ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัย 4
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา 4
1.4 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย (Scopes of the Study) 4
1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 5
1.6 ผลลัพธ์ที่คาดหวัง/ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected outcomes) 6
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม 7
2.1 ประเภทของโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม 7
2.2 แหล่งที่มาและอันตรายของโลหะหนักในการกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม 9
2.3 การเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อมและการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพ 13
2.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับสัมผัสโลหะหนัก 19
2.5 หลักการทำงานของเครื่องมือการวิเคราะห์ตัวอย่าง 20
2.6 แนวทางการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ ตามแนวทางของ US.EPA. 23
2.7 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสรุปการทบทวนวรรณกรรม 25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.8 ข้อสรุปจากการทบทวนวรรณกรรม 27
2.9 กรอบแนวคิดของการศึกษา (Conceptual Framework) 28
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการศึกษาวิจัย 29
3.1 พื้นที่การศึกษา (Study Area) 29
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 30
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา 32
3.4 การตรวจสอบเครื่องมือ 33
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล 34
3.6 การเก็บตัวอย่างเพื่อการศึกษา (Measurement method) 36
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) 43
3.8 การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย 46
3.9 ข้อจำกัดในการศึกษาวิจัยที่อาจจะเกิดขึ้น 46
3.10 งบประมาณในการศึกษาวิจัย 47
3.11 แผนการศึกษาวิจัย (Timeline of study) 47
บทที่ 4 ผลการศึกษา 48
4.1 ข้อมูลทั่วไปและกระบวนการทำงานของโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรมกลุ่มตัวอย่าง 48
4.2 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงาน 49
4.3 ความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นละอองในสถานที่ทำงาน 51
4.4 ระดับของโลหะหนักในร่างกายของพนักงาน 54
4.5 การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ (Health risk assessment) 55
4.6 การประเมินความสัมพันธ์พฤติกรรมของพนักงานกับระดับโลหะหนักในร่างกาย 62
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 77
5.1 สรุปผลการศึกษา 77
5.2 อภิปรายผลการศึกษา 79

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3 ข้อเสนอแนะในการนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ 80
5.4 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป 81
5.5 ข้อจำกัดในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ 81
บรรณานุกรม 82
ภาคผนวก 93
ภาคผนวกที่ 1 เอกสารรับรองจริยธรรมในการวิจัยในมนุษย์ 93
ภาคผนวกที่ 2 แบบสอบถามงานวิจัย 95
ภาคผนวกที่ 3 รายงานผลการประเมินความเชื่อมั่นแบบสอบถามงานวิจัย (IOC) 101
ภาคผนวกที่ 4 เอกสารคำยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย 103
ภาคผนวกที่ 5 ตารางแสดงผลค่าน้ำหนักตัวอย่างกระดาษกรองก่อน-หลังการเก็บตัวอย่าง 105
ภาคผนวกที่ 6 ตารางแสดงผลค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในตัวอย่างกระดาษกรองตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP-OES 110
ภาคผนวกที่ 7 ตารางแสดงผลการตรวจวัดโลหะหนักในปัสสาวะพนักงานกลุ่มตัวอย่าง 115
ประวัติผู้เขียน 118

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงค่ามาตรฐานความเข้มข้นของฝุ่นในสถานที่ทำงาน 15

ตารางที่ 2 ข้อกำหนดการเก็บตัวอย่างเพื่อประเมินการรับสัมผัสโลหะหนัก (As, Cd, Pb, Cr, and Hg) ในสถานที่ทำงาน 18

ตารางที่ 3 ค่าอ้างอิงปริมาณการสัมผัสโลหะหนัก (As, Cd, Pb, Cr, and Hg) ในปัสสาวะ 18

ตารางที่ 4 แสดงค่ามาตรฐานความเข้มข้นของโลหะหนักและค่าความปลอดภัยฯ ในพื้นที่การทำงาน ... 22

ตารางที่ 5 แสดงค่า The reference dose (RfD) /Reference concentration (RfC) and cancer slope factor (CSF) ของโลหะหนักที่ทำการศึกษาสำหรับการประเมินลักษณะความเสี่ยงทางสุขภาพ..... 25

ตารางที่ 6 ตารางสรุปค่าอ้างอิงตามตัวแปรการคำนวณการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ 44

ตารางที่ 7 แผนการศึกษาวิจัย 47

ตารางที่ 8 ข้อมูลปริมาณรับกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมโรงงานกลุ่มตัวอย่าง 49

ตารางที่ 9 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละออง ($PM_{10-2.5}$, $PM_{2.5}$ และ PM_{10}) ในสถานที่ทำงาน 50

ตารางที่ 10 ความเข้มข้นเฉลี่ยโลหะหนักในฝุ่นละอองจากสถานที่ทำงานโรงงานกลุ่มตัวอย่าง..... 52

ตารางที่ 11 ปริมาณการรับสัมผัสโลหะหนัก (As, Cd, Pb, Cr, และ Hg) ในปัสสาวะของพนักงาน .. 55

ตารางที่ 12 การประเมินระดับความเสี่ยง (The risk characterization) ของ Non-carcinogenic (HQ และ HI)..... 58

ตารางที่ 13 การประเมินระดับความเสี่ยง (The risk characterization) ของ Carcinogenic (cancer risk: CR)..... 60

ตารางที่ 14 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (n=31) 62

ตารางที่ 15 ข้อมูลพฤติกรรมส่วนบุคคล (n=31)..... 64

ตารางที่ 16 ข้อมูลพฤติกรรมในการทำงาน (n=31)..... 66

ตารางที่ 17 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์สุขภาพพนักงาน (n=31)..... 67

ตารางที่ 18 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะงานและจุดปฏิบัติงาน (n=31) 69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 19 ข้อมูลลักษณะสภาพแวดล้อมในการทำงาน ในระยะเวลา 1 เดือนที่ผ่านมา (n=31) 70
ตารางที่ 20 การบริหารจัดการความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน (n=31).. 71
ตารางที่ 21 การหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของพนักงานกับระดับโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะ กรณี Arsenic (n=31) 72
ตารางที่ 22 การหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของพนักงานกับระดับโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะ กรณี Chromium (n=31) 73
ตารางที่ 23 การหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของพนักงานกับระดับโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะ กรณี Cadmium (n=31) 74
ตารางที่ 24 การหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของพนักงานกับระดับโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะ กรณี Lead (n=31) 75
ตารางที่ 25 การหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของพนักงานกับระดับโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะ กรณี Mercury (n=31) 76
ตารางที่ 26 ผลการประเมินแบบสอบถามโดยผู้เชี่ยวชาญ 101
ตารางที่ 27 แสดงผลค่าน้ำหนักตัวอย่างกระดาษกรองก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง 105
ตารางที่ 28 แสดงผลค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในตัวอย่างกระดาษกรองจากการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP-OES 110
ตารางที่ 29 ตารางแสดงผลการตรวจวัดโลหะหนักในปัสสาวะพนักงานกลุ่มตัวอย่าง 115

Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 แสดงจำนวนโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมประเทศไทยแยกตามภาค..... 8

รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนกระบวนการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรม 9

รูปที่ 3 ตัวอย่างการเก็บตัวอย่างผ่านตัวกลางด้วย Personal pump 13

รูปที่ 4 ตัวเก็บคัดแยกอนุภาค (Personal Modular. Impactor; PMI)..... 14

รูปที่ 5 เครื่องชั่งน้ำหนัก 7 ตำแหน่งแบบสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic coil)..... 21

รูปที่ 6 เครื่องวิเคราะห์ธาตุโลหะหนัก ICP-OES และหลักการทำงานของเครื่อง..... 22

รูปที่ 7 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ (Human Health Risk Assessment)..... 23

รูปที่ 8 ผังแสดง Methodology Framework ในการศึกษาวิจัย 28

รูปที่ 9 แสดงพื้นที่เป้าหมายในการศึกษาวิจัยที่มีโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมและมักเป็นพื้นที่ที่มีรายงานสถานการณ์ปัญหาต่อชุมชน 29

รูปที่ 10 อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในสถานที่ทำงาน..... 36

รูปที่ 11 แสดงตัวอย่างการติดอุปกรณ์เก็บฝุ่นฯ กับตัวพนักงานกลุ่มตัวอย่างเก็บตัวอย่าง แบบ Personal sampling 37

รูปที่ 12 แสดงตัวอย่างการติดอุปกรณ์เก็บฝุ่นฯ กับขาตั้งอุปกรณ์ (เก็บตัวอย่างแบบ Area sampling) 38

รูปที่ 13 แสดงโรงงานและกระบวนการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมของโรงงานกลุ่มตัวอย่าง ... 48

รูปที่ 14 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงาน แยกตามโรงงาน พื้นที่ และขนาดของฝุ่นละอองที่สัมผัส 51

รูปที่ 15 แผนภูมิแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก (As, Cd, และ Pb) ในสถานที่ทำงาน..... 53

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและและความสำคัญ

จากการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยที่มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นและมีการขยายตัวไปยังส่วนภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศ (Ministry of Industry, 2018) ส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะปัญหาในด้านการจัดการขยะทั้งที่เป็นขยะมูลฝอยทั่วไปและกากของเสียอุตสาหกรรมที่พบว่ามีการลักลอบทิ้งอย่างผิดกฎหมาย (Office of the National Economic and Social Development Board, 2016) ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นปัญหาอย่างมากในปัจจุบัน (PCD, 2019) และด้วยเหตุผลดังกล่าว การให้บริการในการกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมของประเทศไทยได้มีการกำหนดมาตรฐานและแนวทางการดำเนินงานของโรงงานดังกล่าวเพื่อปกป้องการที่จะเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยและสุขอนามัยของประชาชน (Population) รวมถึงผู้ปฏิบัติงาน (Workers) ในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม (Ministry of Industry, 2018) กากของเสียอุตสาหกรรมเป็นของเสียที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ที่เสียจากกระบวนการผลิต (Waste produced) รวมถึงวัสดุ (Material) และของเสีย (Waste) ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตด้วย ตัวอย่างกากของเสียอุตสาหกรรมได้แก่ ตัวทำละลายเคมี (Chemical solvents) สารกำจัดศัตรูพืช (Pesticides) ยา (Pharmaceuticals) สี (Paints) ปิโตรเคมี (Petrochemicals) ผงซักฟอก (Detergents) พลาสติก (Plastics) ผลิตภัณฑ์กระดาษ (Paper products) ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม (Industrial by-products) โลหะ (Metals) ของเสียจากกัมมันตภาพรังสี (radioactive wastes) และอื่นๆ (Ministry of Industry, 2018; PCD, 2019)

กรมควบคุมมลพิษประเทศไทย ได้รายงานสถานการณ์ปริมาณการก่อขยะและกากของเสียอุตสาหกรรม พบว่าในปี พ.ศ.2561 (2018) ประเทศไทยมีขยะอุตสาหกรรม (Industrial Waste) สะสมมากถึง 22 ล้านตัน (Million ton (Mt)) เป็นของเสียอันตราย (Hazardous waste) ปริมาน 1.2 ล้านตัน และเป็นขยะของเสียที่ไม่อันตราย (non-Hazardous waste) ปริมาณ 20.82 ล้านตัน โดยมีอัตราส่วนโรงงานที่ก่อให้เกิดขยะ (Waste Generator [WG]) ต่อโรงงานผู้กำจัดขยะ (Waste Processor [WP]) ที่อัตราส่วน 35:1 จากสัดส่วนทั้งหมดที่ 68,517(WG) : 1,931(WP) ซึ่งจากข้อมูลโรงงานรับกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมมีมากสุดที่ภาคกลางจำนวน 976 แห่ง รองลงมาเป็นภาคตะวันออก (679 แห่ง) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (114 แห่ง) ภาคตะวันตก (59 แห่ง) ภาคใต้ (57 แห่ง) และภาคเหนือ (46 แห่ง) ตามลำดับ (PCD, 2019) และจากข้อมูลกลุ่มประเภทโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมที่อาจมีความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพต่อประชาชนรอบข้างและต่อผู้ปฏิบัติงานในโรงงานรวมถึงการที่มีปัญหาการจัดการขยะและมีข้อร้องเรียนจากชุมชนและพบมีการปนเปื้อนของโลหะหนักในชุมชนรอบข้าง

ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าพนักงานที่ปฏิบัติงานในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมอาจได้รับผลกระทบด้วยเช่นกัน (Omrane, Gargouri, Khadhraoui, Elleuch, & Zmirou-Navier, 2018)

จากเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ขององค์การสหประชาชาติ (The United Nation; UN) ในเป้าหมายด้านที่ 3 รับรองการมีสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของทุกคนในทุกช่วงอายุ เป้าหมายข้อ 3.9 ภายในปี พ.ศ. 2573 ลดจำนวนการเจ็บป่วยและเสียชีวิตด้วยโรคและภัยสุขภาพจากสารเคมีอันตราย และการปนเปื้อนของมลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ และดิน ดัชนีชี้วัดความสำเร็จข้อ 3.9.3 ลดอัตราการตายที่เกิดจากการได้รับสารพิษโดยไม่ตั้งใจนั้น (United Nations, 2015) โดยโลหะหนักเป็นสารอันตรายและเป็นพิษต่อร่างกายหากเมื่อรับเข้าสู่ร่างกายไม่ว่าจะเป็นการกิน การหายใจ หรือการสัมผัสทางผิวหนัง (Yohannessen et al., 2019) ซึ่งโลหะหนักมีความจำเพาะเจาะจงในการที่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อร่างกาย และหากได้รับสารโลหะหนักแบบเฉียบพลันอาจทำให้เกิดโรคปอดอักเสบ (lung inflammation) เซลล์ตับถูกทำลาย (hepatic cell destruction) ไต (kidney damage) และระบบประสาทถูกทำลายและได้รับความเสียหาย (neurological damage) หรืออาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ (Omrane et al., 2018) และหากสัมผัสโลหะหนักแบบเรื้อรัง เช่น สารหนู (Arsenic; As) สามารถทำให้เกิดโรค โรคผิวหนัง (skin lesions) โรคมะเร็ง (cancer) โรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular diseases; CVD) และโรคเรื้อรังอื่น ๆ เช่นโรคเบาหวาน (diabetes) และความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ (respiratory dysfunctions) (Yamauchi, 2018) ในกรณีสัมผัสสารตะกั่ว (Lead; Pb) ในกรณีสัมผัสในระยะสั้นจะมีอาการ ความเหนื่อยล้า (fatigue) ปวดกล้ามเนื้อ (muscle pain) โรคโลหิตจาง (anemia) และเส้นประสาทส่วนปลาย (peripheral neuropathy) และหากเกิดพิษตะกั่วเรื้อรังมักมีอาการ ความดันโลหิตสูง (hypertension) ภาวะไตวาย (renal failure) และโรคไข้สมองอักเสบ (encephalopathy) (Nouioui et al., 2019) ในกรณีสัมผัสสารปรอท (Mercury, Hg) ส่วนใหญ่มักเกิดผลกระทบจากการหายใจเอาไอสารปรอท (Mercury vaper) ร้อยละ 80 จึงส่งผลต่อปอดมากสุด และมีการซึมผ่านกระแสเลือดเข้าสู่ระบบไตทำให้ไตเสื่อม/ไตวาย (renal failure) ส่งผลต่อระบบประสาท เช่น มือสั่น (hand tremors) ทำให้ความจำผิดปกติเพิ่มมากขึ้น (increased memory disturbances) ส่งผลต่อต่อมไทรอยด์และระบบภูมิคุ้มกันและระบบอื่น ๆ (Correia et al., 2020; Gul et al., 2020; Phanprasit et al., 2019) ในกรณีการสัมผัสสารแคดเมียม (Cadmium, Cd) ในการได้รับพิษเฉียบพลันจะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ (nausea) อาเจียน (vomiting) ปวดท้องและท้องเสีย (abdominal cramps and diarrhea) หนาวสั่น (chills) และปวดกล้ามเนื้อ (muscle aches) หากได้รับแคดเมียมเป็นเวลานานอาจทำให้เกิดอาการทางเดินหายใจเช่น หลอดลมและปอดอักเสบ (bronchial and pulmonary irritation) ปอดอักเสบ (pneumonitis) ถุงลมโป่งพอง (emphysema) ภาวะไต/ผลการทำงานของไต: เพิ่มการขับถ่ายปัสสาวะของโปรตีนน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (renal effects: increased urinary excretion of low-molecular-weight proteins) ส่งผลกระทบต่อการทำงานของไต (affect glomerular function)

ผลกระดูก : กระดูกพรุน (bone effects: osteoporosis and osteomalacia) (Goyal, Mitra, Singh, Chambial, & Sharma, 2020; Sovičová et al., 2020) ส่วนกรณีการได้รับสารโลหะหนักโครเมียม (Chromium, Cr) ซึ่งโครเมียมที่มีความเป็นพิษมากนั้นมักเป็น Chromium-hexavalent; Cr-VI และเมื่อเข้าสู่ร่างกายสามารถทำให้เกิดมะเร็งปอด (lung cancer) การระคายเคืองจมูก (nasal irritation) แผลในจมูก (nasal ulcer) ปฏิกิริยาภูมิไวเกิน (hypersensitivity reactions) และโรคผิวหนัง (contact dermatitis) (Lacerda et al., 2019)

โดยข้อมูลจากสำนักทะเบียนการติดเชื้อและสสารที่เป็นพิษ (US. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)) ได้มีการจัดลำดับสารโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพเมื่อปี พ.ศ.2562 พบว่า สารหนู (Arsenic; As) อยู่อันดับ 1st ของตาราง และสารตะกั่ว (Lead; Pb) อยู่อันดับ 2nd สารปรอท (Mercury; Hg) อยู่อันดับ 3rd และสารแคดเมียม (Cadmium; Cd) อยู่อันดับ 7th (ATSDR, 2019; Omrane et al., 2018) และจากข้อมูลรายงานการเฝ้าระวังโรค รง.506/2 ปี พ.ศ.2558 (2015) สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค พบมีผู้ป่วยด้วยพิษโลหะหนัก รวมจำนวน 50 ราย โดยป่วยด้วยโรคพิษตะกั่วสูงสุด จำนวน 25 ราย พิษจากสังกะสี จำนวน 16 ราย พิษจากแคดเมียม จำนวน 3 ราย พิษจากทองแดง จำนวน 3 ราย และพิษจากสารหนู จำนวน 1 ราย และพิษโลหะหนักที่ไม่ระบุชนิด จำนวน 2 ราย โดยในรายงานไม่มีข้อมูลผู้เสียชีวิตจากพิษโลหะหนัก ซึ่งพบป่วยในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางสูงสุด และเกิดในเดือนพฤศจิกายน รองลงมาคือเดือนตุลาคม และพฤษภาคม ตามลำดับ ส่วนอายุพบเกิดในช่วงอายุ 45-54 ปี สูงสุด รองลงมาเป็น 35-44 ปี และ 25-34 ปี ตามลำดับ (Bureau of Epidemiology, 2015) ซึ่งหากพิจารณาอายุผู้ป่วยจะอยู่ในช่วงของวัยทำงานที่มีความเสี่ยงในการรับสัมผัสสารโลหะหนักและเกิดผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่ากลุ่มวัยอื่น ๆ

โดยกระบวนการผลิตหรือการทำงานของพนักงานในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะประกอบด้วย กิจกรรมการคัดแยกโลหะที่มีค่า (Precious Metals Recovery) และการซ่อมแซม ปรับปรุง บดย่อยเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (กลุ่ม Electronic waste; E-waste) บดหรือล้างผลิตภัณฑ์แก้ว รวมไปถึงกิจกรรมซ่อมหรือล้างบรรจุภัณฑ์ และกิจกรรมสกัดแยกผลิตภัณฑ์ปิโตรเลี่ยมจากกากหรือตะกอนน้ำมันดิบ (Waste Oil Separation) มีเป็นกิจกรรมที่พบมากที่สุดจากทะเบียนรายชื่อโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม ปี พ.ศ.2561 (Ministry of Industry, 2018) และนอกจากนี้จากงานวิจัยพบว่าในกิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์จะพบโลหะหนักจากฝุ่นในสถานที่ทำงานมากที่สุดคือ Cr Pb และ Zn (M. Singh, Thind, & John, 2018) และบางแห่งพบโลหะหนักในฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Airborne) ในจุดที่คนทำงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้แก่ Cd (0.0073 ± 0.0084 µg/m^3) Cu (0.2083 ± 0.6362 µg/m^3) Ni (0.3449 ± 0.3738 µg/m^3) และ Pb (0.1297 ± 0.1746 µg/m^3) (Puangprasert & Prueksasit, 2019) และโรงงานกลุ่มนี้มีการดำเนินงานเกี่ยวกับการหลอมโลหะ (Steel) จะมีการพบโลหะหนักจากฝุ่น (PM_{10}) ในสถานที่ทำงาน ได้แก่ Pb และ

Cd มีความเข้มข้นสูงสุด และพบ Ni Cd และ Cr ตามลำดับ (Mousavian, Mansouri, & Nezhadkurki, 2017) และในกากสีหรือฝุ่นสีมีการศึกษาพบว่ามีตะกั่วที่เป็นธาตุโลหะหนักในของเสียเหล่านี้ด้วย (Page, Ceballos, Oza, Gong, & Mueller, 2015)

ดังนั้น จากข้อมูลที่กล่าวมาในข้างต้น จึงเป็นเหตุผลสำคัญในการศึกษาที่จะประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานในโรงงานประเภทนี้ โดยสนใจศึกษาโลหะหนักที่อาจปนเปื้อนในสถานที่ทำงานและอาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานอย่างมีนัยสำคัญดังที่กล่าวมาในข้างต้น ทั้งนี้ ข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาผลกระทบทางสุขภาพและจัดการความเสี่ยงของพนักงานที่อาจได้รับสัมผัสโลหะหนักในสถานที่ทำงาน รวมถึงสร้างสุขภาวะที่ดี (Good Health and Wellbeing) ของผู้ประกอบอาชีพในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม ในลำดับต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัย

1. ประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม
2. หาความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคลและพฤติกรรมของพนักงานกับระดับความเข้มข้นของโลหะหนักที่พนักงานในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรมได้รับสัมผัส

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1. โรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรมจะตรวจพบโลหะหนักและพนักงานมีความเสี่ยงทางสุขภาพ
2. ปัจจัยส่วนบุคคลและพฤติกรรมของพนักงานมีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของโลหะหนักที่พนักงานในโรงงานได้รับสัมผัส

1.4 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย (Scopes of the Study)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. การศึกษานี้ทำการเก็บข้อมูลแบบภาคตัดขวางหรือในเฉพาะช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย (Cross-sectional study) ในช่วงเดือน ตุลาคม - พฤศจิกายน พ.ศ.2564
2. ศึกษาวิจัยในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรมที่ขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม รหัส 101 105 และ 106 ที่เป็นโรงงานประเภทหรือชนิดโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ไม่ใช้แล้วหรือของเสียจากโรงงานมาคัดแยกหรือผลิตเป็นวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ทางอุตสาหกรรม
3. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศในสถานที่ทำงาน (Environmental of workplace sampling) ที่เป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก ทั้งแบบ Respirable dust และ Inhalable dust และตัวอย่างชีวภาพ (Biological sampling) คือ ปัสสาวะจากพนักงาน และทำการเก็บข้อมูลของพนักงานด้วยแบบสอบถามจะถามในด้าน ข้อมูลส่วนบุคคล (Human factor) พฤติกรรมในการทำงาน (Behavior factor)และลักษณะในสถานที่ทำงาน (Workplace factor)

4. ทำการวิเคราะห์หาโลหะหนักจากฝุ่นในสถานที่ทำงาน (Dust in workplace) และจากตัวอย่างปัสสาวะของพนักงานในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate matter) หมายถึง อนุภาคของของแข็งที่สามารถฟุ้งกระจาย ปลิวหรือลอยอยู่ในอากาศได้ (Ministry of Labour, 2013; Urairerkkul, 2019) ซึ่งสามารถแบ่งระดับขนาดฝุ่นในการสัมผัสได้เป็น Respirable dust (ฝุ่นขนาด PM<4 μm) Thoracic dust (ฝุ่นขนาด PM 5-10 μm) และ Inhalable dust (ฝุ่นขนาด PM>10 μm) โดยการศึกษานี้เก็บตัวอย่างฝุ่นขนาด $PM_{2.5}$ และ $PM_{10-2.5}$ ในสถานที่ทำงาน ด้วยวิธีการติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างในพื้นที่การทำงาน (Area sampling) และติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างกับตัวพนักงาน (Personal sampling) ซึ่งเป็นฝุ่นที่มีขนาดที่อยู่ในช่วงระดับ Respirable dust (Carroll, 2020)

โลหะหนัก (Heavy metal) หมายถึง กลุ่มโลหะที่มีความเป็นพิษแบบสะสมและมีความหนาแน่นมากกว่า 4 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เช่น สารหนู แคดเมียม ตะกั่ว ปรอท โครเมียม เป็นต้น

การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ (Health risk assessment) หมายถึง กระบวนการในการประมาณการหรือคาดการณ์เกี่ยวกับลักษณะ (the nature) และความน่าจะเป็น (probability) ถึงผลกระทบต่อสุขภาพในมนุษย์จากการสัมผัสสารเคมีที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมทั้งในปัจจุบันและอาจเกิดขึ้นในอนาคต ตามแนวทางของ United States Environmental Protection Agency: US.EPA ซึ่งจะทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการสัมผัสโลหะหนักในกรณีไม่ก่อมะเร็ง (non-carcinogenic) และกรณีสารก่อมะเร็ง (carcinogenic) (U.S. EPA, 2021)

โรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม หมายถึง เป็นโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ไม่ใช้แล้วหรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมาคัดแยก ผลิตเป็นวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ใหม่โดยผ่านกรรมวิธีทางอุตสาหกรรม (Ministry of Industry, 2018)

ปัจจัยส่วนบุคคล หมายถึง ข้อมูลทั่วไปของพนักงานกลุ่มตัวอย่าง เช่น เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง สถานภาพ ประวัติการศึกษา รายได้ ลักษณะสถานที่อยู่ และโรคประจำตัว เป็นต้น

ปัจจัยด้านพฤติกรรม หมายถึง ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้ชีวิตประจำวันและในสถานที่ทำงานที่อาจเสี่ยงต่อการรับสัมผัสโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายและข้อมูลสถานการณ์สุขภาพของพนักงานกลุ่มตัวอย่าง

ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมในสถานที่ทำงาน หมายถึง ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม จุดที่พนักงานปฏิบัติงาน ลักษณะพื้นที่การทำงาน การจัดการความเสี่ยงอันตรายในสถานที่ทำงาน และการฝึกอบรมให้ความรู้ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

End of the workweek หรือ **"วันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงาน"** หมายถึง การเก็บตัวอย่างชีวภาพหลังจากที่ทำงานสัมผัสสารเคมีมาแล้วอย่างน้อย 4 - 5 วันติดต่อกันแล้วจึงเก็บตัวอย่าง ซึ่งในวันที่เก็บตัวอย่างจะเก็บตัวอย่างเวลาใดก็ได้ (ACGIH, 2021; Department of Disease Control, 2014)

Reference dose (RfD) หมายถึง ปริมาณสารเคมีที่มนุษย์สามารถรับเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวันโดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใด ๆ ต่อสุขภาพอนามัย และ **Reference Concentration (RfC)** หมายถึงปริมาณสารเคมีที่มนุษย์สามารถรับเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจได้ทุกวันโดยไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติใดๆ ต่อสุขภาพอนามัยโดย ค่า RfD และ RfC เป็นค่าที่ได้จากคำนวณจากค่า NOAEL1 หรือ LOAEL2 หรือ benchmark dose3 โดยใช้ค่า uncertainty และ modifying factor ที่เหมาะสม (ACGIH, 2021; PCD, 2020a)

NOAEL (No Obervable Adverse Effect Level) หมายถึง ระดับที่ไม่สามารถสังเกตเห็นผลอันไม่พึงประสงค์หรือผลกระทบด้านลบใด ๆ (ACGIH, 2021)

LOAEL (lowest-observed-adverse-effect level) หมายถึง ปริมาณของสารเคมีที่น้อยที่สุด ซึ่งได้รับทุกวันแล้วทำให้เกิดความเป็นพิษหรือผลเสียต่อร่างกาย (adverse effect) อย่างใดอย่างหนึ่งขึ้นซึ่งมักเป็นความผิดปกติที่กลับคืนได้ (reversible change) โดยคำนวณจากค่า Benchmark dose (BMD) จากปริมาณของสารเคมีที่ทำให้เกิดการตอบสนอง (response) ที่ 5% หรือ 10% โดยการคำนวณจาก model ที่เหมาะสม (ACGIH, 2021)

Threshold Limit Value (TLV) หมายถึง ค่าความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศซึ่งคนปกติที่มีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัมและไม่ป่วยเป็นโรคใด ๆ จะสามารถรับเข้าสู่ร่างกายได้โดยไม่เกิดผลกระทบใด ๆ หรือ อาจนิยามว่าเป็นค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่มีได้ในอากาศที่ผู้ปฏิบัติงานในบริเวณนั้นได้รับทุกวัน ๆ ละ 8 ชั่วโมง โดยไม่เป็นอันตราย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6 ผลลัพธ์ที่คาดหวัง/ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected outcomes)

1. ทราบระดับของความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Hazard Quotient; HQ) ของคนงานจากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยวิธีของ US.EPA.

2. ผลจากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนแก้ปัญหาความเสี่ยงในที่ทำงานได้

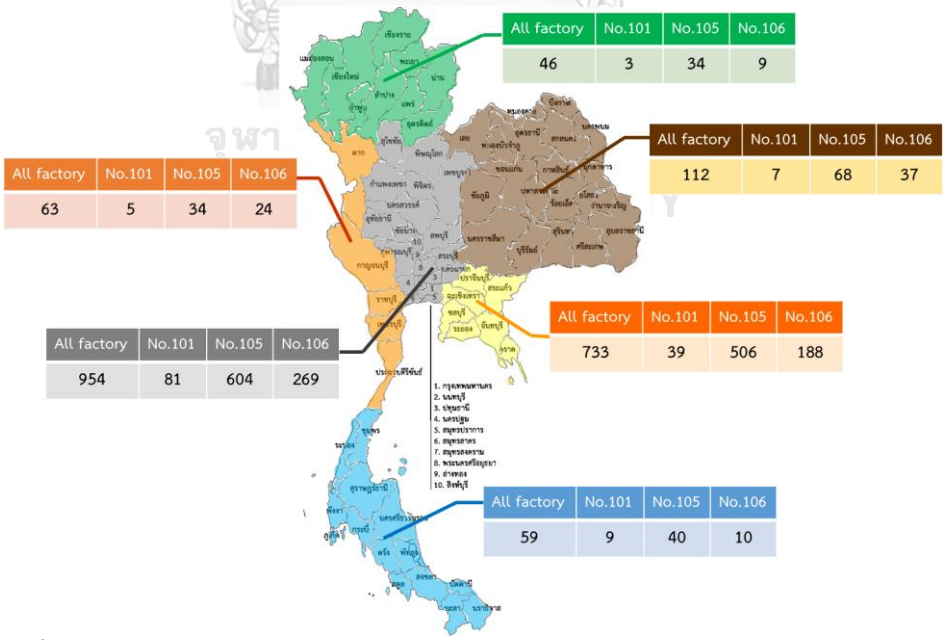
บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม

ในการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสฝุ่นและโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม (HEALTH RISK ASSESSMENT OF WORKER EXPOSED TO PARTICULATE MATTER AND HEAVY METALS IN INDUSTRIAL WASTE DISPOSAL PLANT) มีรายละเอียดหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่สำคัญประกอบการพิจารณาศึกษาวิจัย ดังนี้

2.1 ประเภทของโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมประเทศไทย ซึ่งรับผิดชอบโดยกองบริหารจัดการกากอุตสาหกรรมได้กำหนดประเภทโรงงานที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมออกเป็น 3 ปะเภท ได้แก่ ประเภท(รหัสลำดับ) 101 เป็นโรงงานปรับคุณภาพของเสียรวม (Central Waste Treatment) มีลักษณะการประกอบกิจการ 2 แบบ คือ (1) โรงงานบำบัดน้ำเสียรวม : เป็นการลด/กำจัดบำบัดมลพิษที่มีอยู่ในน้ำเสียและกากตะกอนไปกำจัดอย่างถูกวิธี (2) โรงงานเผาของเสียรวม (เตาเผาเฉพาะ/เตาเผารวม) : เป็นการบำบัดของเสียโดยการใช้ความร้อนเพื่อทำลายมลพิษและลดความเป็นอันตรายของสารบางอย่าง โดยมีระบบบำบัดมลพิษอากาศและจัดการขี้เถ้าที่เกิดขึ้นอย่างถูกต้อง ประเภท (รหัสลำดับ) 105 เป็นโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการคัดแยกหรือฝังกลบสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่มีลักษณะและคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ในกฎหมาย (กฎกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535) มีลักษณะการประกอบกิจการ 2 แบบ คือ (1) โรงงานคัดแยกของเสีย : เป็นการแยกของเสีย โดยเป็นของเสียที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกด้วยการถูกส่งไปยังโรงงานต่าง ๆ เพื่อการนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก และจัดการส่วนที่เหลือจากการคัดแยกอย่างถูกต้องต่อไป (2) โรงงานฝังกลบของเสีย : เป็นการนำของเสียไปฝังกลบในหลุมฝังกลบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ (2.1) หลุมฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) (2.2) หลุมฝังกลบอย่างปลอดภัย และโรงงานประเภท(รหัสลำดับ) 106 เป็นโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ไม่ใช้แล้วหรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมาผลิตเป็นวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ใหม่โดยผ่านกรรมวิธีการผลิตทางอุตสาหกรรม (Ministry of Industry, 2018) โดยโรงงานที่มีความเสี่ยงเกี่ยวกับปัญหาการเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชน และผู้ปฏิบัติงานในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมนั้น สามารถเกิดขึ้นได้จากโรงงานในทั้ง 3 กลุ่มประเภทเนื่องจากกิจกรรมและกระบวนการในการทำงานของโรงงานอุตสาหกรรมการกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมนั้นเป็นกลุ่มโรงงานที่มีกิจกรรมที่มีการก่อมลพิษ (Pollution) และการปนเปื้อนของสารอันตราย (Hazard substance) ได้ทั้งสิ้น (PCD, 2020b) โดยโรงงานที่รับกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมในประเทศไทยที่กรมควบคุมมลพิษได้จัดทำข้อมูลรายงานสถานการณ์ในปี พ.ศ.2561 ประเทศไทยมีโรงงานรับกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมมีมากสุดที่ภาค

กลางจำนวน 976 แห่ง รองลงมาเป็นภาคตะวันออก จำนวน 679 แห่ง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 114 แห่ง ภาคตะวันตก แห่ง 59 แห่ง ภาคใต้ จำนวน 57 แห่ง และภาคเหนือ จำนวน 46 แห่ง ตามลำดับ (PCD, 2019) และจากฐานข้อมูลของ กองบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม ปี พ.ศ.2563 ระบุว่าโรงงานกำจัดกากของเสียในประเทศไทยรวมจำนวนถึง 1,967 แห่ง (Industrial Waste Management Division, 2020) โดยมีมากสุดในเขตพื้นที่ภาคกลางซึ่งมีถึงจำนวน 954 แห่ง (เป็นโรงงานรหัส 101 จำนวน 81 แห่ง รหัส 105 จำนวน 604 แห่ง และรหัส 106 จำนวน 269 แห่ง) รองลงเป็นภาคตะวันออกจำนวน 733 แห่ง (เป็นโรงงานรหัส 101 จำนวน 39 แห่ง รหัส 105 จำนวน 506 แห่ง และรหัส 106 จำนวน 188 แห่ง) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 112 แห่ง (เป็นโรงงานรหัส 101 จำนวน 7 แห่ง รหัส 105 จำนวน 68 แห่ง และรหัส 106 จำนวน 37 แห่ง) ภาคตะวันตกจำนวน 63 แห่ง (เป็นโรงงานรหัส 101 จำนวน 5 แห่ง รหัส 105 จำนวน 34 แห่ง และรหัส 106 จำนวน 24 แห่ง) ภาคใต้ จำนวน 59 แห่ง (เป็นโรงงานรหัส 101 จำนวน 9 แห่ง รหัส 105 จำนวน 40 แห่ง และรหัส 106 จำนวน 10 แห่ง) และภาคเหนือ จำนวน 46 แห่ง (เป็นโรงงานรหัส 101 จำนวน 3 แห่ง รหัส 105 จำนวน 34 แห่ง และรหัส 106 จำนวน 9 แห่ง) ตามลำดับ **ดังรูปที่ 1** (Industrial Waste Management Division, 2020) ถึงแม้จำนวนโรงงานกำจัดกากของเสียจะลดลงเป็นจำนวน 225 แห่ง ในเดือนตุลาคม พ.ศ.2564 ก็ตาม จำนวนของโรงงานดังกล่าวยังมีเป็นจำนวนมาก และยังมีการประกอบกิจการกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมที่ยังไม่ได้ขึ้นทะเบียนหรือขาดทะเบียนอีกเป็นจำนวนมากเช่นกัน (Ministry of Industry, 2018; PCD, 2020b)

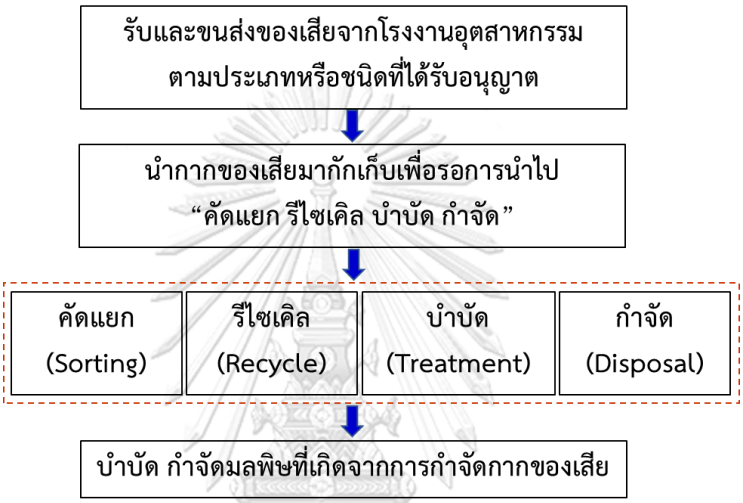


รูปที่ 1 แสดงจำนวนโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมประเทศไทยแยกตามภาค

ที่มา : (Industrial Waste Management Division, 2020)

2.2 แหล่งที่มาและอันตรายของโลหะหนักในการกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม

การประกอบกิจการในการกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมในประเทศไทยนั้นส่วนใหญ่มีรูปแบบในการรับกากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมาทำการเก็บพักเพื่อทำการคัดแยก และทำการแยกส่วนประกอบของกากของเสียเอาเฉพาะส่วนที่มีค่าเพื่อส่งขาย หรือทำการแปรรูปหรือรีไซเคิลกากของเสียอุตสาหกรรมนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ทั้งนี้ภายหลังการกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมแล้วส่วนที่ไม่ใช้ประโยชน์ก็จะนำไปกำจัดขั้นสุดท้ายทั้งรูปแบบการเผาหรือการฝังกลบเป็นต้น (Ministry of Industry, 2018; PCD, 2020b) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนกระบวนการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรม

ที่มา: (Ministry of Industry, 2018)

โดยจากกระบวนการกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมคนทำงานสามารถรับสัมผัสโลหะหนักได้ในทุกขั้นตอนการทำงานและสามารถรับสัมผัสโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งผ่านการหายใจ (Inhalation rout) ผ่านการกิน (Ingestion/Oral rout) และผ่านการดูดซึมทางผิวหนัง (Dermal absorption rout) (Artiola, 2019; Decharat, 2016; Fang, Yang, & Xu, 2013) ซึ่งจากข้อมูลสำนักทะเบียนการติดเชื้อและสารที่เป็นพิษ (US. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)) ได้มีการจัดลำดับสารโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เมื่อปี พ.ศ.2562 พบว่า สารหนู (Arsenic; As) อยู่อันดับ 1^{st} ของตาราง และสารตะกั่ว (Lead; Pb) อยู่อันดับ 2^{nd} สารปรอท (Mercury; Hg) อยู่อันดับ 3^{rd} และสารแคดเมียม (Cadmium; Cd) อยู่อันดับ 7^{th} (ATSDR, 2019; Omrane et al., 2018) ดังนั้นสามารถอธิบายแหล่งที่มากิจกรรมที่คนทำงานรับสัมผัสและอันตรายของโลหะหนักที่สนใจดังนี้

สารหนู (Arsenic; As) สารหนูในรูปธาตุบริสุทธิ์ (Elemental form) มีลักษณะได้ 3 อัลโลโทรป (Allotrope) แบบแรกเป็นแบบที่พบได้บ่อยที่สุด คืออยู่ในรูปแร่สีเงิน มีลักษณะแวววาวคล้ายโลหะ และค่อนข้างเปราะ แบบที่สองพบน้อยมากคือสารหนูเหลือง มีลักษณะเป็นก้อนคล้ายขี้ผึ้ง แบบที่สามพบได้น้อยมากเช่นกันคือสารหนูดำ มีลักษณะเป็นก้อนสีดำ สารหนูนั้นไม่มีกลิ่น และไม่มีรส ส่วนสารประกอบ

ของสารหนู (Arsenic compound) มีทั้งในรูปสารประกอบอินทรีย์ (Organic arsenic compound) และสารประกอบอนินทรีย์ (Inorganic arsenic compound) โดยอะตอมของสารหนูที่อยู่ในสารประกอบต่างๆ จะพบได้อยู่สองวาเลนซี (Valencies) คือไตรวาเลนต์ (Trivalent หรือ 3-Valent) ซึ่งจะเรียกสารประกอบสารหนูพวกนี้ว่าอาร์เซไนต์ (Arsenite) สัญลักษณ์คือ As (III) กับอีกแบบคือเพนตาวาเลนต์ (Pentavalent หรือ 5-Valent) ซึ่งจะเรียกสารประกอบสารหนูพวกนี้ว่าอาร์เซเนต (Arsenate) สัญลักษณ์คือ As (V) สารประกอบของสารหนูแต่ละชนิดมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกันไป เช่น อาร์เซนิกไตรออกไซด์ (Arsenic trioxide) เป็นสารประกอบอนินทรีย์ของสารหนูชนิดหนึ่ง มีลักษณะทางกายภาพเป็นผงหรือผลึกสีขาว กรดอาร์เซนิก (Arsenic acid) มีลักษณะเป็นของเหลวข้นใส สารประกอบของสารหนูที่อยู่ในรูปแก๊สก็มีเช่นกัน คือ แก๊สอาร์ซีน (Arsine gas) สารประกอบของสารหนูแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายน้ำแตกต่างกันได้มาก เช่น กรดอาร์เซนิก (Arsenic acid) สามารถละลายน้ำได้ดี อาร์เซนิกไตรออกไซด์ (Arsenic trioxide) พอละลายน้ำได้บ้าง ในขณะที่ แคลเซียมอาร์เซเนต (Calcium arsenate) ละลายน้ำได้ไม่ดี สารหนูในรูปสารประกอบอนินทรีย์ (Inorganic arsenic compound) จะมีพิษมากกว่าในรูปสารประกอบอินทรีย์ (Organic arsenic compound) และสารหนูในรูปไตรวาเลนต์หรือ As (III) จะมีพิษมากกว่าสารหนูในรูปเพนตาวาเลนซ์หรือ As (V) เมื่อดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย สารหนูสามารถก่อพิษได้จากหลายกลไก (Foundation of Summacheeva, 2012) และสามารถทำให้เกิดโรค โรคผิวหนัง (skin lesions) โรคมะเร็ง (cancer) โรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular diseases; CVD) และโรคเรื้อรังอื่น ๆ เช่น โรคเบาหวาน (diabetes) และความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ (respiratory dysfunctions) (Yamauchi, 2018)

สารตะกั่ว (Lead; Pb) เป็นโลหะหนักที่มีลักษณะอ่อนทำให้หลอมเหลวได้ง่าย และสามารถพิมพ์แบบออกมาเป็นรูปร่างต่างๆ ได้ดี จึงนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย มีการนำตะกั่วมาใช้ตั้งแต่สมัยโบราณ ในปัจจุบันก็ยังมีการใช้ตะกั่วในงานต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย ภาวะตะกั่วเป็นพิษเป็นโรคที่พบได้บ่อยในประเทศไทย อาการของตะกั่วเป็นพิษเป็นอาการที่เกิดขึ้นกับอวัยวะหลายระบบ และคล้ายกับอาการของโรคอื่นๆ ดังนั้นถ้าแพทย์ไม่ได้นึกถึงทำให้การวินิจฉัยผิดพลาด ซึ่งมักเกิดขึ้นเสมอ ตะกั่วเป็นสารที่พบปนเปื้อนทั่วไป แหล่งที่สำคัญที่ทำให้เกิดพิษสำหรับผู้ใหญ่หรือคนทำงาน คือจากอุตสาหกรรมได้แก่ ในส่วนผู้ประกอบอาชีพและงานที่เสี่ยงต่อการได้รับพิษจากสารตะกั่วได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ อุตสาหกรรมผลิตแก้ว อุตสาหกรรมพลาสติก/เม็ดพลาสติก (OECD, 2018) อุตสาหรรมอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ กระเบื้องและการทำเซรามิกและโรงงานอื่นๆ (Ramathibodi Poison Center, 2018) ตะกั่วจะถูกดูดซึมจากระบบทางเดินอาหารและระบบหายใจ สามารถกระจายตัวอยู่ในกระแสเลือด ตับและไต การได้รับตะกั่วอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานส่วนใหญ่จะถูกสะสมที่เนื้อเยื่อกระดูก (Division of Occupational and Environmental Disease, 2007) ในกรณีสัมผัสในระยะสั้นจะมีอาการ ความเหนื่อยล้า (fatigue) ปวดกล้ามเนื้อ (muscle pain) โรคโลหิต

จาง (anemia) และเส้นประสาทส่วนปลาย (peripheral neuropathy) อาการแบบเฉียบพลัน ได้แก่ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องอย่างรุนแรงเป็นพัก ๆ (colicky pain) ความคิดสับสน การทำงานของร่างกายไม่ประสานกัน มีอาการทางสมอง เช่น ชัก หรือหมดสติ อาการแบบเรื้อรัง เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องอย่างรุนแรง (colicky pain) น้ำหนักลด ปวดตามกล้ามเนื้อและข้อต่อต่าง ๆ ข้อมือตก (wrist drop) ข้อเท้าตก อาการทางระบบประสาท รอบนอกผิดปกติ ได้แก่ อาการชาตามปลายมือปลายเท้า พบภาวะเลือดจางภาวะไตวายเรื้อรัง มีอาการของโรคเก๊าและอาจพบเส้นตะกั่ว (Lead line) คือเส้นสีน้ำเงินเทาที่เหงือก อาการทางระบบประสาทส่วนกลาง ได้แก่ ซึม ชักและหมดสติ (Division of Occupational and Environmental Disease, 2007) และหากเกิดพิษตะกั่วเรื้อรังมักมีอาการ ความดันโลหิตสูง (hypertension) ภาวะไตวาย (renal failure) และโรคไข้สมองอักเสบ (encephalopathy) (Nouioui et al., 2019)

สารแคดเมียม (Cadmium, Cd) เป็นโลหะสีเงินปนขาว มันวาวเล็กน้อย เจือด้วยสีฟ้าจาง ๆ อ่อนตัวได้ สามารถรับประจุไฟฟ้าบวก ในธรรมชาติ แคดเมียมจะเกิดร่วมกับสารแร่ตะกั่วและสังกะสี ดังนั้นปริมาณของแคดเมียมจะพบสูง ในเหมืองที่ถลุงสังกะสี เป็นผลพลอยได้จากการผลิตสินแร่ที่มีสังกะสี ตะกั่วและทองแดงให้บริสุทธิ์ มักพบในการทำงานในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กกล้า ยานยนตร์ อุปกรณ์การเดินเรือ ชิ้นส่วนเครื่องบิน อุตสาหกรรมหมึกพิมพ์ สี พลาสติก สิ่งทอ เป็นต้น โดยแคดเมียมมักเข้าสู่ร่างกายได้ 2 ทางหลักคือ ทางการกินและการหายใจ โดยแคดเมียมเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะจับกับเม็ดเลือดและ albumin มีส่วนน้อยที่จะกลายเป็น metallothionine ซึ่งเป็นพิษ ครึ่งหนึ่งจะเก็บไว้ที่ไตและตับ การขับออกช้ามากโดยจะมีค่ากึ่งชีวิต 15-30 ปี การได้รับแคดเมียมเป็นระยะเวลานาน อาการพิษที่เด่นที่สุด คือ อันตรายต่อไต (Division of Occupational and Environmental Disease, 2014) ในการเกิดพิษเฉียบพลันจากการหายใจสูดไอแคดเมียมเข้าไปในร่างกาย อาการที่พบคืออาการคล้ายโรคไข้หวัดใหญ่และอาการของโรคไข้ควันโลหะ ได้แก่ อาการไอ แน่นหน้าอก หายใจไม่สะดวก คลื่นไส้ (nausea) อาเจียน (vomiting) ปวดท้องและท้องเสีย (abdominal cramps and diarrhea) หนาวสั่น (chills) และปวดกล้ามเนื้อ (muscle aches) หากได้รับแคดเมียมเป็นเวลานานอาจทำให้เกิดอาการทางเดินหายใจเช่น หลอดลมและปอดอักเสบ (bronchial and pulmonary irritation) ปอดอักเสบ (pneumonitis) ถุงลมโป่งพอง (emphysema) ภาวะไต/ผลการทำงานของไต: เพิ่มการขับถ่ายปัสสาวะของโปรตีนน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (renal effects: increased urinary excretion of low-molecular-weight proteins) ส่งผลกระทบต่อการทำงานของไต (affect glomerular function) ผลกระดูก : กระดูกพรุน (bone effects: osteoporosis and osteomalacia) (Goyal et al., 2020; Sovičová et al., 2020)

สารโครเมียม (Chromium, Cr) สารในกลุ่มนี้ได้แก่ chromium trioxide (Cr^{03}) chromic acid anhydride สีและกลิ่นจะแตกต่างกันขึ้นกับสารประกอบเฉพาะโครเมียม โดยการทำงานที่สามารถสัมผัสโครเมียมได้นั้น ได้แก่ งานชุบโลหะ คนงานในโรงงานแก้ว การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ คนงานโลหะ

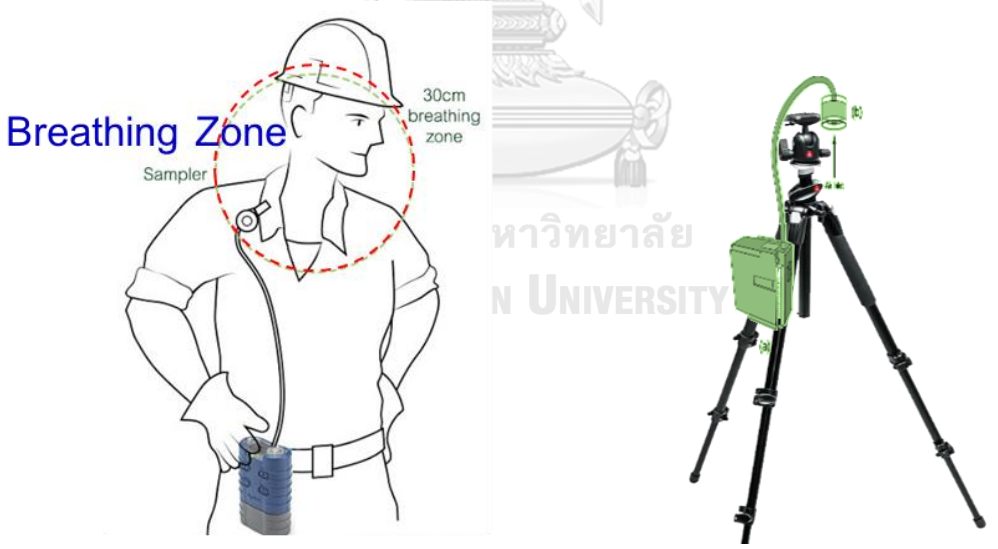
อุตสาหกรรมเหล็กกล้า หรือโลหะผสม อุตสาหกรรมสี พลาสติก อุตสาหกรรมฟอกหนังและงานเชื่อมโลหะ ซึ่งโครเมียมเข้าสู่ร่างกายผ่านทั้งช่องทางการการดูดซึมทางผิวหนัง การสูดดมและการรับประทาน พิษของโครเมียมขึ้นอยู่กับวาเลนซีเป็นสำคัญ โดยทั่วไปโครเมียมวาเลนซี 3 และ 5 จะมีพิษค่อนข้างมาก โดยเฉพาะสารประกอบของ โครเมียมวาเลนซี 5 บางชนิดอาจเป็นสารก่อมะเร็ง โครเมียมเข้าสู่ร่างกาย โครเมียมจะถูกดูดซึมในร่างกายร้อยละ 10 โครเมียมวาเลนซี 3 จะไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ ในขณะที่โครเมียมวาเลนซี 5 สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของเม็ดเลือดแดงได้อย่างรวดเร็ว และถูกเปลี่ยนไปไปเป็นโครเมียมวาเลนซี 3 ภายในเซลล์เม็ดเลือด แดง ดังนั้นโครเมียมที่อยู่ในร่างกายส่วนใหญ่จะเป็นโครเมียมวาเลนซี 3 และจะปะปนสะสมอยู่ในไข กระดูก ปอด ตับ น้ำเหลือง และม้าม สะสมอยู่ในปอดมากที่สุด โครเมียมที่เข้าสู่ร่างกาย ถูกขับออกมากับ ปัสสาวะเป็นส่วนใหญ่ภายใน 8 ชั่วโมง หลังจากได้รับเข้าไปในร่างกาย แต่จะอยู่ในรูปของโครเมียมวาเลนซี 3 อาการพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสอย่างเฉียบพลันกับฝุ่นโครเมียม ทำให้เกิดอาการเกิดการอักเสบของ ผิวหนัง ไอ มีเสียงหวีด ปวดศีรษะ น้ำหนักลด ระคายเคือง หลอดลมปอด น้ำตาไหล เยื่อบุตาอักเสบ คัน ในช่องจมูก (Division of Occupational and Environmental Disease, 2008) โดยโครเมียมที่มีความเป็นพิษมากนั้นมักเป็น Chromium-hexavalent; Cr-VI และเมื่อเข้าสู่ร่างกายในระยะยาวสามารถทำให้เกิดมะเร็งปอด (lung cancer) การระคายเคืองจมูก (nasal irritation) แผลในจมูก (nasal ulcer) ปฏิกิริยาภูมิไวเกิน (hypersensitivity reactions) และโรคผิวหนัง (contact dermatitis) (Lacerda et al., 2019) ได้ด้วย

สารปรอท (Mercury, Hg) เป็นสารที่อยู่ในสถานะของเหลวที่อุณหภูมิปกติ โดยปรอทและสารประกอบของปรอท แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ โลหะปรอทหรือธาตุปรอท (elemental mercury: Hg^0) เกลือปรอทอนินทรีย์ (inorganic mercury salts) และสารประกอบปรอทอินทรีย์ (Organic mercury compounds) ได้แก่ methylmercury, ethyl mercury, phenylmercury ปรอทสลายตัวเป็นสารประกอบอนินทรีย์ได้อย่างช้า ๆ และสามารถปนเปื้อนสิ่งแวดล้อมได้ โดยผู้ประกอบอาชีพและการทำงานที่เสี่ยงต่อการได้รับพิษจากปรอท ได้แก่ การทำเหมืองแร่ การหลอมแร่ หรือการเผาถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือใช้ในครัวเรือน การถลุงเหล็ก การทำปูนซีเมนต์และการผลิตฟอสเฟต อุตสาหกรรมผลิตคลอรีนและด่าง การทำเยื่อกระดาษ และอุตสาหกรรมเครื่องไฟฟ้า ปรอทสามาถเข้าสู่ร่างกายทางการหายใจและการซึมผ่านทางผิวหนัง ซึ่งปรอททำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ โดยอาการแบบเฉียบพลันนั้น พิษเฉียบพลันของไอปรอทจะมีผลต่อปอด ทำให้ปอดอักเสบ หลอดลมอักเสบ ไอ หอบเหนื่อย แน่นหน้าอกได้ (Division of Occupational and Environmental Disease, 2006) และเนื่องจากส่วนใหญ่ผลกระทบมักจากการหายใจเอาไอสารปรอด (Mercury vaper) เข้าสู่ร่างกายถึงร้อยละ 80 จึงส่งผลต่อปอดมากสุด และซึมผ่านกระแสเลือดเข้าสู่ระบบไตในระยะยาวสามารถทำให้ไตเสื่อม/ไตวาย (renal failure) ส่งผลต่อระบบประสาท เช่น มือสั่น (hand tremors) ทำให้ความจำผิดปกติเพิ่มมากขึ้น (increased memory disturbances) ส่งผลต่อต่อมไทรอยด์

และระบบภูมิคุ้มกันและระบบอื่น ๆ ได้ด้วย (Correia et al., 2020; Gul et al., 2020; Phanprasit et al., 2019)

2.3 การเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อมและการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพ

(1) การเก็บตัวอย่างอากาศในสถานที่ทำงาน (Air Sample in workplace) ในกรณี “ฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงาน (Particulate matter sampling in workplace)” สามารถเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ความเข้มข้นปริมาณฝุ่นละอองได้ใน 2 วิธี คือ (1) เครื่องมือชนิดที่อ่านค่าโดยตรง (Direct reading instruments) และ (2) เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศผ่านอุปกรณ์ที่เป็นตัวกลางในการเก็บและวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ(Division of Occupational and Environmental Disease, 2010; Zhou et al., 2014) ด้วยการต่อชุดอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างกับปั๊มดูดอากาศชนิด Personal pump โดยสามารถเก็บตัวอย่างได้ 2 วิธี ได้แก่ (1) การเก็บตัวอย่างการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกับตัวพนักงาน (Personal sampling) และ (2) การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กในพื้นที่การทำงาน (Area sampling) (รูปที่ 3) โดยใช้แนวทางการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กของ “สถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH))” หรือ NIOSH method (Lau, Man, Chung, & Wong, 2013)



เก็บตัวอย่างแบบ Personal sample **การเก็บตัวอย่างแบบ Area sampling**

รูปที่ 3 ตัวอย่างการเก็บตัวอย่างผ่านตัวกลางด้วย Personal pump แบบ Personal sample และ Area sample

ซึ่งการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแบบผ่านตัวกลางแล้วนำกลับไปทำการตรวจวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการ นั้นใช้หลักการเก็บฝุ่นตาม ขนาดอนุภาค (Aerodynamic diameter; D_{ae}) คือ ขนาดเส้น

ผ่านศูนย์กลางสมมติของอนุภาคใด ๆ ซึ่งเทียบเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคทรงกลมที่มีความหนาแน่น 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3) ที่มีความเร็วปลาย (terminal velocity) เท่ากับอนุภาคนั้น (Ministry of Industry, 2012) โดยสามารถเก็บตัวอย่างขนาดฝุ่นได้ทั้งแบบฝุ่นรวม (Total dust) อย่างเดียวโดยใช้กระดาษกรองประกอบกับตลับยึดกระดาษกรอง (Casette filter holder) หากจะทำการเก็บฝุ่นขนาดเล็กระดับ 10 ไมครอนอย่างเดียวโดยต่อชุดเก็บตัวอย่างร่วมกับชุดเก็บไซโคลน (Cyclone) ได้ (Division of Occupational and Environmental Disease, 2010) และทั้งนี้หากจะทำการเก็บตัวอย่างแบบแยกชนิดอนุภาคในครั้งเดียว สามารถใช้หัวเก็บคัดแยกอนุภาค (Personal Modular. Impactor; PMI) ซึ่งสามารถคัดแยกขนาดฝุ่นได้ทั้งขนาด 10-2.5 ไมครอน ($PM_{10-2.5}$) และขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) (SKC Ltd, 2013) ซึ่งในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะทำการประเมินความเข้มข้นของฝุ่นในสถานที่ทำงานแยกขนาด $PM_{10-2.5}$ และ $PM_{2.5}$ จึงมีการใช้ชุดอุปกรณ์นี้ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 ตัวเก็บคัดแยกอนุภาค (Personal Modular. Impactor; PMI)

ที่มา: (SKC Ltd, 2013)

ภายหลังทำการเก็บตัวอย่างนำมาทำการดูดความชื้นแล้วทำการชั่งน้ำหนักแล้วทำการคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นฝุ่นในตัวอย่างตามแนวทางของ NIOSH method (Ministry of Industry, 2012; NIOSH, 1998a) และนำผลการคำนวณความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงานเทียบกับค่ามาตรฐานตามกฎหมายหรือของหน่วยงานระดับสากล ทั้งนี้ ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของฝุ่นละอองใน

สถานที่ทำงานในปัจจุบันประเทศไทยยังใช้ค่าอ้างอิงเดิมเมื่อปี พ.ศ.2520 ตามประกาศของกระทรวงมหาดไทย ส่วนในระดับสากลล่าสุดตามเอกสารของ ACGIH 2021 อ้างใน Appendix B ระบุว่า “ไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐานระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงานแล้ว แต่ให้ทำการประเมินการสัมผัสตามความเสี่ยงสารเคมีที่สำคัญในพื้นที่การทำงานเป็นสำคัญ” (ACGIH, 2021) ดังนั้น การศึกษานี้ จึงใช้ค่าอ้างอิงมาตรฐานตามกฎหมายไทยและตามมาตรฐานของ OSHA 2021 เอกสารการตอบจดหมายที่เผยแพร่ในเว็บไซต์ (OSHA, 2021) รายละเอียดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่ามาตรฐานความเข้มข้นของฝุ่นในสถานที่ทำงาน

Organization	Inhalable dust	Respirable dust	Reference
OSHA	5 mg/m^3	15 mg/m^3	(*OSHA,* 2021)
NIOSH	No REL	No REL	*(NIOSH, 2019)*
ACGIH	3 mg/m^3	10 mg/m^3, Total dust <1%quartz	*(NIOSH, 2011)*
	No TLVs	*No TLVs*	*(ACGIH, 2021)*
Labour, Thai	5 mg/m^3	15 mg/m^3	*(Ministry of Industry, 2012)*

(2) การเก็บตัวอย่างทางชีวภาพ (Biomarker sample)

“ตัวชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarker)” เป็นคำย่อมาจาก “Biological marker” เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้ หรือตัวชี้วัดหรือเป็นสัญญาณของเหตุที่จะเกิดขึ้น หรือเกิดขึ้นแล้วในร่างกายของสิ่งมีชีวิตและยังหมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสัมผัสสารกับสุขภาพที่ผิดปกติ โดยทั่วไปตัวชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarker) จะแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ ตัวชี้วัดการสัมผัสทางชีวภาพ (Biomarkers of exposure) ตัวชี้วัดผลกระทบทางชีวภาพ (Biomarker of effect) และตัวชี้วัดความไวรับหรือพันธุ์กรรมทางชีวภาพ (Biomarker of Susceptibility) (ACGIH, 2021; Teerawiroj Teskathuk, 2020; Wongwijitsuk, 2009) วิธีการตรวจวัดระดับการสัมผัสสารหรือสิ่งแวดล้อมที่เป็นอันตรายในที่ทำงานเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้เพื่อหาแนวทางในการควบคุมและป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น โดยในปัจจุบันการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมเพื่อหาระดับการสัมผัสแต่เพียงภายนอกอาจไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดความมั่นใจในความปลอดภัยในการทำงานได้ เนื่องจากไม่สามารถบอกถึงปริมาณสารที่เข้าสู่ร่างกายที่แท้จริงได้ ดังนั้น การใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดตัวชี้วัดทางชีวภาพจึงถูกนำมาใช้เพื่อยืนยันการสัมผัสและบอกถึงระดับผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นต่อพนักงานได้อีกทางหนึ่งด้วย (Wongwijitsuk, 2009) ทั้งนี้ ในการเฝ้าระวังสุขภาพผู้ประกอบอาชีพในสถานประกอบการ จะต้องจัดโปรแกรมให้แก่ผู้ประกอบอาชีพตามกฎหมายกำหนดหากต้องเฝ้าระวังสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงทางเคมี ควรวางแผนในการเฝ้าระวังสุขภาพให้เหมาะสมตามความเสี่ยงของแต่ละลักษณะงาน โดยการตรวจติดตามตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biological

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

marker) จึงเป็นกิจกรรมหนึ่งที่สำคัญที่จะต้องทำในการเฝ้าระวังสุขภาพเพื่อคาดการณ์ขนาดสารเคมีภายในร่างกายจากสิ่งแวดล้อมในการทำงานและสามารถใช้ประกอบการวินิจฉัยหรือทำนายโรคจากการรับสัมผัสสารเคมีจากการทำงานได้อ(Teerawiroj Teskathuk, 2020) โดยการประเมินตัวชี้วัดทางชีวภาพใน 3 รูปแบบ มีแนวทางดังนี้

1) ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในการรับสัมผัส (Biomarker of exposure) เป็นตัวบ่งชี้ที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับสัมผัสสารเคมีเข้าไปภายในร่างกายแล้ว แต่ยังไม่เกิดผลกระทบต่อร่างกายเช่น การตรวจหาสารเคมีโดยตรงในเลือด หรือสารเมแทบอไลต์ (Metabolite) ในปัสสาวะ หรือสารคัดหลั่งอื่นๆเพื่อประเมินว่ามีการรับสัมผัสสารเคมีในร่างกายเกินค่ามาตรฐานหรือไม่ โดยการเทียบกับค่ามาตรฐานที่ใช้ในการเฝ้าระวังทางชีวภาพ คือ Biological Exposure Indices (BEI) ซึ่งใช้กับผู้ประกอบอาชีพที่ปฏิบัติงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ระยะ 5 วันต่อสัปดาห์โดยเวลาในการเก็บตัวอย่างให้เป็นไปตามตามแนวทางในการประเมินการรับสัมผัสทางชีวภาพ เช่น ACGIH ระบุว่า ตะกั่ว จะเก็บตัวอย่างในเลือด (Blood lead) เวลาใดก็ได้ (Not critical) ส่วนสารที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น (Half-life) เช่น เบนซีน จะต้องเก็บตัวอย่างในปัสสาวะในรูปเมแทบอไลต์ คือ S-phenyl mercapturic acid และ t, t muconic acid ในช่วงสิ้นสุดกะการทำงาน (End of shift) เป็นต้น ที่สำคัญคือ การประเมินตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในการรับสัมผัส เป็นการประเมินตามกฎหมาย เพื่อตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยง ดังตัวอย่างจากกรณีศึกษาระบุระดับตะกั่วในเลือดสูงกว่าค่าปกติ (Blood lead level, BLL) จะเห็นได้ว่าใช้เป็นหลักฐานการรับสัมผัสตะกั่วในร่างกายได้ ซึ่งบ่งชี้การรับสัมผัสที่ชัดเจนกว่าการประเมินสารเคมีในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นการวัดการดูดซึมของสารเคมีต่างๆในร่างกาย (Teerawiroj Teskathuk, 2020)

2) ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพผลกระทบ (Biomarker of effect) ตัวบ่งชี้นี้เป็นดัชนีที่วัดผลลัพธ์ของการตอบสนองของร่างกายต่อสารพิษ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้ในรูปของการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีได้จากกรณีศึกษา พบว่าผลตรวจเลือดการทำหน้าที่ของตับ (Liver function tests) มีค่าปกติ ยกเว้นค่า Alanine aminotransferase (ALT) สูงกว่าปกติ ค่า Hemoglobinต่ำกว่าปกติ สามารถประเมินความเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยา พฤติกรรม หรืออื่นๆ ที่เกิดขึ้นในร่างกาย หลังจากที่ผู้ประกอบอาชีพมีรับสัมผัสสารเคมีเข้าสู่ร่างกายแล้วเป็นผลให้เกิดโรคหรือความผิดปกติในร่างกายขึ้น ดังตัวอย่างจากกรณีศึกษาสามารถบ่งชี้เปลี่ยนแปลงสรีรวิทยา ที่เป็นผลกระทบของร่างกายจากการสัมผัสตะกั่ว เช่น อาการปวดข้อปวดท้องบริเวณลิ้นปี่ เป็นต้น (Teerawiroj Teskathuk, 2020)

3) ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพความไว (Biomarker of susceptibility) เป็นตัวบ่งชี้ทางพันธุกรรมของแต่ละบุคคล ที่มีความไวในการเกิดพิษจากการรับสัมผัสสารเคมีแตกต่างกัน เช่น เชื้อชาติ อายุ สภาวะสุขภาพ สภาวะโภชนาการ เป็นต้น ทำให้เกิดผลกระทบต่อร่างกายแตกต่างกันตามไปด้วย ในประชากรบางกลุ่มอาจจะมีการกลายพันธุ์หรือความผิดปกติของดีเอ็นเอ ทำให้ขาดหรือลดประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่ช่วยกำจัดสารพิษได้ ซึ่งสุดท้ายจะทำให้เกิดการเจ็บป่วยตามมาได้ อย่างไรก็ตามทางอาชีวอนามัยอาจจะ

ศึกษาตัวบ่งชี้ทางความไวในการวิจัยมากกว่าในการเฝ้าระวังสุขภาพผู้ประกอบอาชีพ (Teerawiroj Teskathuk, 2020)

ในการเก็บตัวอย่างชีวภาพตามประกาศกรมควบคุมโรค เรื่องข้อแนะนำการเฝ้าระวังสุขภาพจากพิษสารเคมีกรณีดัชนีชี้วัดการได้รับ/สัมผัสทางชีวภาพสำหรับผู้ประกอบอาชีพที่สัมผัสสารเคมีสำหรับประเทศไทย (Thai Biological Exposure Indices: Thai BEIs) และจากข้อกำหนดรูปแบบและวิธีการเก็บตัวอย่างของสมาคมสุขศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งสหรัฐอเมริกา (The American Conference of Governmental Industrial Hygienists: ACGIH) ได้กำหนด “ช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง (Sampling time) ในการเก็บตัวอย่าง คือ ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างที่เป็นสิ่งส่งตรวจ เพื่อส่งวิเคราะห์หาสารเคมีทางห้องปฏิบัติการ ซึ่งสารเคมีแต่ละชนิดอาจมีช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน (ACGIH, 2021; Department of Disease Control, 2014) ดังนี้

- ภายหลังเลิกกะของการทำงาน (End of shift) คือ การเก็บตัวอย่างชีวภาพเร็วที่สุดภายหลังการเลิกกะการทำงาน (โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 30 นาที ภายหลังเลิกกะการทำงาน)

- ก่อนเข้ากะสุดท้ายของสัปดาห์การทำงาน (Prior to last shift of workweek) คือ การเก็บตัวอย่างก่อนเข้าทำงานกะสุดท้ายของสัปดาห์การทำงาน

- ขณะเข้ากะการทำงาน (During shift) คือ มีการกำหนดเวลาในการเก็บตัวอย่างจากร่างกายในขณะที่เข้ากะการทำงาน โดยต้องทำงานสัมผัสสารเคมีนั้นแล้วอย่างน้อย 2 ชั่วโมง (ในกรณีนี้สามารถใช้วิธีการเก็บเช่นเดียวกันแบบ Increase during shift)

- วันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงาน (End of workweek) คือ การเก็บตัวอย่างภายหลังจากการทำงานที่สัมผัสสารเคมีนั้นมาแล้วอย่างน้อย 4-5 วันติดต่อกัน แล้วจึงเก็บตัวอย่าง

- เวลาใดก็ได้ (Discretionary/Not critical) คือ การเก็บตัวอย่างที่กำหนดเวลาในการเก็บตัวอย่างจากร่างกาย โดยเก็บเวลาใดก็ได้ตามดุลพินิจของผู้ตรวจวิเคราะห์เนื่องจาการเคมีนั้นสะสมอยู่ในร่างกายได้นาน

- ก่อนเข้ากะการทำงาน (Prior to shift) คือ การเก็บตัวอย่างก่อนเข้ากะการทำงานและควรมีระยะห่างจากการสัมผัสครั้งสุดท้ายอย่างน้อย 16 ชั่วโมง

- วันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงาน (End of shift at end of workweek) คือ การเก็บตัวอย่างภายหลังการเลิกกะการทำงานในวันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงานนั้น โดยรายละเอียดข้อกำหนดเวลาการเก็บตัวอย่างในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ตามตารางที่ 2 และมีค่ามาตรฐานกำหนดระดับความปลอดภัยในการสัมผัสสารเคมีในร่างกายตามตารางที่ 3 เพื่อใช้ประเมินระดับการรับสัมผัสสารเคมีในพนักงานว่ามีระดับที่เสี่ยงสูงหรือไม่ต่อไป

ตารางที่ 2 ข้อกำหนดการเก็บตัวอย่างเพื่อประเมินการรับสัมผัสโลหะหนัก (As, Cd, Pb, Cr, and Hg) ในสถานที่ทำงาน

Heavy metal	Urine sample			Blood sample		
	Thai-BEI 2014	ACGIH 2021	Other	Thai-BEI 2014	ACGIH 2021	Other
As	End of work week	End of work week	(a) End of work week	-	-	-
Cr	End of shift at end of workweek	End of shift at end of workweek	-	-	-	-
Cd	Not critical	Not critical	-	Not critical	Not critical	-
Hg	Prior to shift	Prior to shift	-	-	-	-
Pb	-	-	(b) Not critical	Not critical	Not critical	-

Note: " -" not specified, (a)(WorkSafe New Zealand, 2018), (b) Guidelines on Medical Surveillance Malaysia (Ministry of Human Resources Malaysia, 2001)

ตารางที่ 3 ค่าอ้างอิงปริมาณการสัมผัสโลหะหนัก (As, Cd, Pb, Cr, and Hg) ในปัสสาวะ

Heavy metal	BEI in Urine	
	Thai-BEI 2014	ACGIH 2021
As[a]	35 µg/L[b]	35 µg/L[b]
Cr	25 µg/L	0.7 µg/L
Cd	5 µg/g.creat.	5 µg/g.creat.
Hg	20 µg/g.creat.	20 µg/g.creat.
Pb[c]	NA	NA

Note: NA= Not Available, Thai-BEI=Thailand of Biological Exposure Indices (Department of Disease Control, 2014) ACGIH= the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 2021), (a) = Arsenic reported in "total-arsenic (As-total)" and used BEI was 100 µg/L of urine (sum of all metabolites) from WorkSafe New Zealand. (WorkSafe New Zealand, 2018) , (b) = Arsenic for Inorganic in urine, (c) = used BEI for Lead (Pb) was 150 µg/g.creatinine of urine from Guidelines on Medical Surveillance Malaysia. (Ministry of Human Resources Malaysia, 2001)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับสัมผัสโลหะหนัก

นอกเหนือจากการรับสัมผัสโลหะหนักจากสถานที่ทำงานโดยตรงแล้ว พนักงานยังสามารถรับสัมผัสโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายในช่องทางอื่น ๆ ได้เช่นกัน และอาจทำให้สามารถตรวจพบโลหะหนักในร่างกายได้ส่งผลให้เกิดการแปลผลที่คลาดเคลื่อนได้ ได้แก่

1.การสูบบุหรี่ มีข้อมูลจากวิจัยที่ประเทศสหรัฐอเมริกาที่รายงานการพบสารโลหะหนักในบุหรี่ ได้แก่ สารหนู (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), นิกเกิล (Ni) และตะกั่ว (Pb) โดยมีปริมาณของโลหะหนักดังกล่าวที่ค่าเฉลี่ย As, Cd, Cr, Ni และ Pb คือ 0.17, 0.86, 2.35, 2.21 และ 0.44 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ(Caruso, O'Connor, Stephens, Cummings, & Fong, 2013) ดังนั้นการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการรับสัมผัสโลหะหนักของประชาชนหรือคนทำงานในการตรวจหา Biomarker จะต้องทำการซักประวัติเกี่ยวกับการสูบบุหรี่ด้วยเพื่อเป็นหนึ่งปัจจัยที่อาจส่งผลให้ระดับของสารโลหะหนักในร่างกายกลุ่มตัวอย่างสูงขึ้นได้ โดยเพาะในงานวิจัยในสหรัฐอเมริกาที่สำรวจในประชาชนที่สูบและไม่สูบบุหรี่พบว่าคนที่สูบบุหรี่จะพบ Pb Cd Pl และ Ba สูงกว่าคนไม่สูบบุหรี่ โดยเฉพาะคนที่สูบบุหรี่เป็นระยะเวลานานจะมีระดับของ Cd มากกว่าคนกลุ่มอื่น ๆ ที่ทำการศึกษา (Afridi et al., 2010; Richter, Bishop, Wang, & Swahn, 2009)

2.การรับประทานอาหาร อาหารที่กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาทำการรับประทาน อาจมีอาหารบางประเภทที่อาจส่งผลให้ระดับของโลหะหนักในตัวอย่าง Biomarker สูงขึ้นได้ โดยเฉพาะอาหารทะเลที่มีข้อมูลว่าจะส่งผลให้ระดับของสารหนู (Arsenic, As) ของกลุ่มตัวอย่างสูงขึ้นได้หากทำการตรวจวิเคราะห์หา Total Arsenic ในปัสสาวะ เนื่องจากสารหนูในอาหารทะเลเป็นชนิด Organic อาจส่งผลต่อการเก็บตัวอย่างเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์ได้ และนอกจากนี้ในอาหารทะเลยังพบ Cd Pb และ Hg ในอาหารทะเลด้วย แต่พบในปริมาณที่น้อยมากแต่การเก็บข้อมูลและตัวอย่าง Biomarker ต้องทำการสอบถามประวัติการรับประทานอาหารทะเลร่วมด้วยเพื่อทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่อาจมีความสัมพันธ์กับโลหะหนักที่ทำการศึกษาด้วย ทั้งนี้ข้อกำหนดเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่างเพื่อการศึกษาของ ACGIH (ACGIH, 2021)และหน่วยงานอื่น ๆ ระบุให้ทำการเก็บประวัติในการรับประทานอาหารทะเลด้วย (Department of Disease Control, 2014; Ministry of Human Resources Malaysia, 2001)

3.การใช้สารเคมีกำจัดแมลงหรือสารเคมีกำจัดศัตรูพืช มีข้อมูลเกี่ยวกับโลหะหนักในสารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยเฉพาะยาฆ่าแมลงที่มักจะพบสารหนู As ในยาฆ่าแมลงซึ่งเป็นส่วนผสมที่สำคัญ (Shiue, 2017) และนอกจากนี้ยังพบโลหะหนักชนิดอื่น ๆ ในยาฆ่าแมลงด้วย เช่น Pb Cd Cu และ Zn ด้วยจากการเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยเฉพาะสารกำจัดแมลง (Alengebawy, Abdelkhalek, Qureshi, & Wang, 2021) ดังนั้นในการเก็บข้อมูลตัวอย่างเกี่ยวกับ Biomarker เพื่อเป็นการประเมินปัจจัยการสัมผัสอื่น ๆ นอกเหนือจากปัจจัยหลักที่

งานวิจัยนั้นทำการศึกษา ต้องทำการเก็บข้อมูลประวัติการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยเฉพาะยาฆ่าแมลงด้วย (Jayasumana, Gunatilake, & Siribaddana, 2015; N. Singh, Gupta, Kumar, & Sharma, 2017)

4.การใช้ยาสมุนไพร มีข้อมูลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับยาสมุนไพรซึ่งพบว่าในพืชยาสมุนไพรจะพบสารตะกั่ว (Pb) มากที่สุด ส่วนสารหนู (As) สารปรอท(Hg) และแคดเมียม (Cd) ตรวจพบในปริมาณน้อยหรือตรวจไม่พบเลย(Annan, Dickson, Amponsah, & Nooni, 2013) และในงานศึกษายาสมุนไพรโดยเฉพาะยาสมุนไพรจีน พบว่าในตัวยามีโลหะหนัก แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) สารหนู (As) ปรอท (Hg) และทองแดง (Cu) โดยส่วนใหญ่พบ Pb Cd As และ Hg ในปริมาณที่สูง เมื่อทำการประเมินระดับความเสี่ยงทางสุขภาพกรณีก่อมะเร็งมีข้อมูลว่ายังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (Luo et al., 2021) ดังนั้นในการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการรับสัมผัสโลหะหนักใน Biomarker ต้องทำการเก็บข้อมูลการรับประทานหรือใช้ยาสมุนไพรด้วย

5.การอุดฟันด้วยอะมัลกัม ในการดำเนินงานทางทันตกรรมโดยเฉพาะการอุดฟัน มีการใช้อะมัลกัมที่ซึ่งในอดีตมีส่วนประกอบของสารปรอท (Mercury; Hg) เป็นส่วนมาก แต่ในปัจจุบันมีการลดปริมาณของสารปรอทลง และมีการใช้ส่วนผสมอื่นเพิ่มขึ้นแทน ได้แก่ เงิน ดีบุก ทองแดง และสารประกอบอื่น ๆ โดยมีข้อมูลการศึกษาและข้อมูลการรายงานเกี่ยวกับปริมาณของสารปรอทในผู้ที่ใช้อะมัลกัมในการอุดฟัน พบว่าจะมีสารปรอทในกลุ่มที่ทำการศึกษาน้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลและการประเมินความเสี่ยงในการรับสัมผัสสารปรอทควรเก็บข้อมูลในส่วนนี้ด้วย (Department of Health, 2019)

2.5 หลักการทำงานของเครื่องมือการวิเคราะห์ตัวอย่าง

(1) เครื่องชั่งน้ำหนัก 7 ตำแหน่ง โดยเครื่องชั่งเป็นเครื่องมือที่จำเป็นชนิดหนึ่งของการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการเพราะการวิเคราะห์ส่วนใหญ่เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative analysis) ที่ต้องอาศัยเครื่องชั่งช่วยในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานที่ต้องการทราบปริมาณหรือความเข้มข้นที่แน่นอน ในเชิงทฤษฎีเครื่องชั่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับหามวล (Mass) ของวัตถุ เนื่องจากมวลมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักอย่างใกล้ชิดกล่าวคือ น้ำหนักคือแรงที่โลกกระทำต่อมวล หรือในอีกความหมายหนึ่งของน้ำหนักคือแรงที่กระทำต่อวัตถุภายใน 1 วินาทีแล้วทำให้วัตถุอยู่นิ่งมีความเร็วที่ 9.81 เมตร/วินาที และเนื่องจากความแรง 1 นิวตัน (Newton) คือแรงที่กระทำต่อมวล 1 กิโลกรัมภายใน 1 วินาที แล้วจะทำให้มวลมีความเร็ว 1 เมตร/วินาที เพราะฉะนั้นน้ำหนักมวล 1 กิโลกรัมจึงมีค่าเท่ากับแรง 9.81 นิวตัน นั้นเอง ซึ่งหลักในการหาน้ำหนักแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ คือ การเปรียบเทียบมวลของวัตถุกับมวลมาตรฐาน (mass-mass comparison) โดยใช้คานชั่ง(Beam) บนจุดหมุน (Falcum) และการเปรียบเทียบแรงที่กระทำต่อมวล (mass-force comparison) (Areewichittranusorn, 2001) ทั้งนี้เครื่องชั่งน้ำหนัก 7 ตำแหน่งที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นชนิด Filter kit

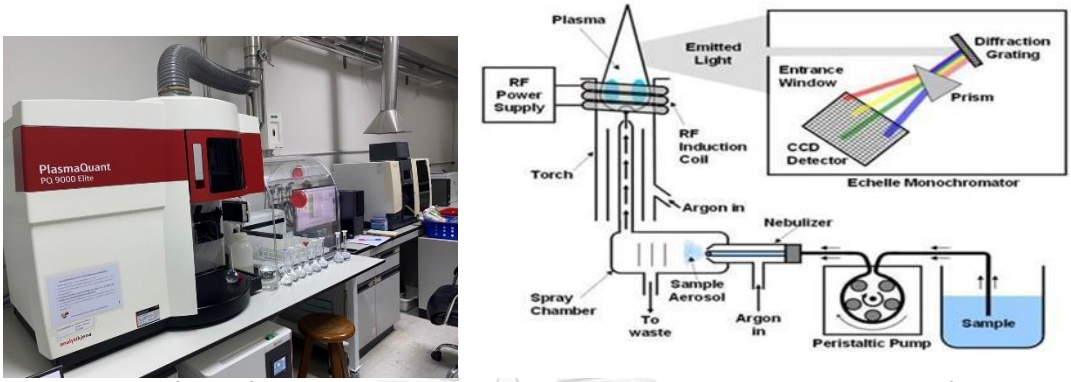
ยี่ห้อ Mettler-Toledo ที่ใช้รูปแบบการเปรียบเทียบแรงที่กระทำต่อมวลของวัตถุซึ่งเป็นแบบสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic coil) โดยอาศัยการเคลื่อนที่ของสารแม่เหล็กแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวด ดังนั้น จึงสามารถหาน้ำหนักได้จากโวลต์ของกระแสไฟฟ้าที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นค่าน้ำหนักบนสเกลอ่านค่าน้ำหนัก ซึ่งกำหนดสเกลโดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานเปรียบเทียบเนื่องจากมีความไวสูงมากจึงเหมาะสำหรับการชั่งวัตถุปริมาณน้อย ๆ (Areewichittranusorn, 2001) ตัวอย่างดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 เครื่องชั่งน้ำหนัก 7 ตำแหน่งแบบสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic coil)

(2) เครื่องวิเคราะห์โลหะหนัก ICP-OES เป็นเครื่องที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณธาตุและโลหะด้วยเทคนิค Inductively Coupled Plasma (ICP) โดยเทคนิคนี้ เป็นแหล่งผลิตไอออนของสารด้วยพลาสมาอุณหภูมิสูงในช่วงประมาณ 7,000 ถึง 10,000 เคลวิน เกิดจากการเหนี่ยวนำด้วยคลื่นวิทยุที่คบพลาสมา (Plasma torch) จึงทำให้ธาตุต่างๆ แตกตัวเป็นอะตอม เกิดการเปลี่ยนจากระดับพลังงานต่ำเป็นระดับพลังงานสูง (Excitation) และเกิดการแตกตัว (Ionization) ของอะตอมโลหะได้เป็นอย่างดี แล้วตรวจวัดสเปคตรัมแสงในช่วงทั้งความยาวคลื่นที่ตามองเห็นและช่วงอัลตร้าไวโอเลต (Visible and ultraviolet region) โดยใช้หลักการอะตอมมิคอิมิสชัน (Atomic emission) คืออะตอมของธาตุแต่ละธาตุประกอบด้วยนิวเคลียสเป็นศูนย์กลาง โดยมีอิเล็กตรอนนอยู่โดยรอบ ถ้ามีการให้พลังงานถ่ายเทเข้าสู่อะตอมจำนวนมาก เช่น การให้พลังงานความร้อนหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าพลังงานสูง พลังงานเหล่านี้จะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนในอะตอมเปลี่ยนสภาพจากที่เคยอยู่ในสภาวะพื้น (Ground state) เข้าสู่ช่วงระดับพลังงานสูง (Excited state) กระบวนการนี้เรียกว่า (Atomic absorption) อย่างไรก็ตามอิเล็กตรอนไม่สามารถอยู่ในระดับสภาวะพลังงานสูงได้นาน ดังนั้นอิเล็กตรอนจะคายพลังงานออกมาเพื่อกลับเข้าสู่สภาวะพื้น หรือกลับเข้าสู่สภาวะพลังงานกระตุ้นระดับต่ำกว่า ขบวนการนี้เรียกว่า (Atomic emission) ซึ่งจะเกิดขึ้นเร็วมาก ใช้เวลาประมาณหนึ่งในร้อยล้านวินาที พลังงานที่คายออกมาจะเป็นรังสีคลื่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงสเปคตรัมต่าง ๆ โดยธาตุที่ถูกกระตุ้นแต่ละชนิดจะปล่อยสเปคตรัมที่มีความยาวคลื่นเฉพาะของแต่ละธาตุออกมา ความเข้มของสเปคตรัมจะแปรผันตามจำนวนอะตอมที่ดูดพลังงานเข้าไป (Centre for Materials for Electronics Technology (C-MET), 2014)



รูปที่ 6 เครื่องวิเคราะห์ธาตุโลหะหนัก ICP-OES และหลักการทำงานของเครื่อง

ที่มา: (Centre for Materials for Electronics Technology (C-MET), 2014)

เมื่อทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโลหะหนักในตัวอย่างด้วยเครื่อง ICP-OES แล้ว (U.S. EPA, 2018) ภายหลังการคำนวณความเข้มข้น ก็ให้นำผลการคำนวณดังกล่าวมาเทียบกับค่ามาตรฐาน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่ามาตรฐานความเข้มข้นของโลหะหนักและค่าความปลอดภัยฯ ในพื้นที่การทำงาน

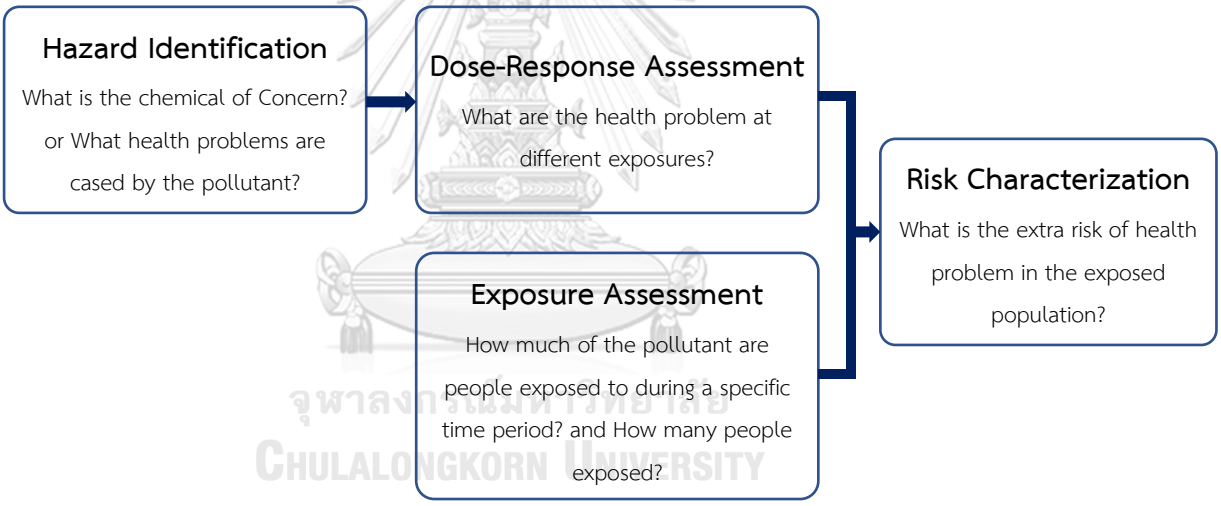
Organization	Heavy Metal reference value				
	As	Cd	Cr	Pb	Hg
Thailand, 2017.	Inor. 0.01 mg/m^3 Org.0.5mg/m^3	0.005 mg/m^3	Cr 1 mg/m^3	0.05 mg/m^3	Celling 0.1 mg/m^3
OSHA, 1994.	0.01 mg/m^3	0.005 mg/m^3	Cr-VI 0.0025 mg/m^3 Cr-III 0.5 mg/m^3	0.05 mg/m^3	0.01 mg/m^3
NIOSH, 1994.	0.002 mg/m^3	-	Cr-III 0.5 mg/m^3	0.1 mg/m^3	0.01 mg/m^3
ACGIH, 2021.	0.01 mg/m^3	Total dust 0.01 mg/m^3 Inha. 0.002 mg/m^3	Cr-III 0.5 mg/m^3	0.15 mg/m^3	0.01 mg/m^3
RfC. In Airborn	-	0.00002 mg/m^3	0.0001 mg/m^3	0.0015 mg/m^3	0.0003 mg/m^3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Organization	Heavy Metal reference value				
	As	Cd	Cr	Pb	Hg
Slope factor (CSF) of inha. [OEHHA]	12 mg/Kg.day	15 mg/Kg.day	510 mg/Kg.day	0.0042 mg/Kg.day	-

2.6 แนวทางการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ ตามแนวทางของ US.EPA.

การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ (Health Risk Assessment) ในคนทำงานหรือผู้ประกอบอาชีพสามารถใช้แนวทางของ United States Environmental Protection Agency (US.EPA.) เพื่อการประเมินระดับความเสี่ยงทางสุขภาพได้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (U.S. EPA, 2019) ได้แก่ (1) Hazard Identification (2) Exposure Assessment (3) Dose-Response Assessment หรือ Toxicity Assessment และ (4) Risk Characterization (Lau et al., 2013; Omrane et al., 2018; Puangprasert & Prueksasit, 2019; U.S. EPA, 2021) รายละเอียดตามรูปที่ 7



รูปที่ 7 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ (Human Health Risk Assessment)

ที่มา: (U.S. EPA, 2019)

สามารถอธิบายการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

(1) Hazard Identification (การระบุความเสี่ยง)

จากการให้ความสำคัญเกี่ยวกับความเสี่ยงทางสุขภาพในการรับสัมผัสโลหะหนักในสถานที่ทำงานของสำนักทะเบียนการติดเชื้อและสสารที่เป็นพิษ (ATSDR) ได้ให้ความสำคัญของโลหะที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงที่สำคัญ 5 ชนิด ได้แก่ สารหนู (Arsenic; As) สารตะกั่ว(Lead; Pb) สารปรอท (Mercury; Hg) สารโครเมียม (Chromium, Cr) และสารแคดเมียม (Cadmium; Cd) (ATSDR, 2019) และ

การให้ความสำคัญเกี่ยวกับโลหะหนักของคณะกรรมการบริหารงานความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยการประกอบอาชีพของสหรัฐอเมริกา (Occupational Safety and Health Administration (OSHA)) มีการให้ความสำคัญจำนวน 5 สาร ได้แก่ Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chromium(Cr), Lead (Pb) และ Mercury (Hg)

(2) Dose-Response Assessment (การประเมินระดับความเป็นพิษ)

ในการประเมินระดับความเป็นพิษของโลหะหนัก 5 ชนิด ที่ถูกบ่งชี้จากขั้นตอนที่ 1 การประเมิน Hazard Identification นั้น ในการพิจารณาเกี่ยวกับค่ามาตรฐานและข้อมูลเกี่ยวกับการประเมินเกี่ยวกับกรณีไม่ก่อมะเร็ง (non-carcinogen) ต้องพิจารณาค่า Reference Concentration (RfC) หรือ Reference Dose (RfD) และการประเมินในกรณีก่อมะเร็ง (Carcinogen element) ต้องพิจารณาค่า Cancer slope factor (CSF) ของสารโลหะหนักที่ปนเปื้อนในพื้นที่การทำงานของพนักงาน ข้อมูลจากการทบทวนข้อมูลจากหน่วยงานที่เป็นผู้กำหนดดังกล่าว เช่น the database of U.S. Environmental Protection Agency (US.EPA.), The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA) หน่วยงานอื่น ๆ หรือจากการศึกษาวิจัยในกรณีที่ค่าอ้างอิงนั้นยังไม่มีหน่วยงานใดกำหนด ดังตารางที่ 5

(3) Exposure Assessment (การประเมินระดับการรับสัมผัส)

ในการประเมินการรับสัมผัสสารโลหะหนักจากการทำงานของพนักงานโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมนั้น พนักงานสามารถรับสัมผัสโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายได้ทั้ง 3 ช่องทาง ได้แก่ การหายใจ (Inhalation) การกิน (Ingestion) และการดูดซึมผ่านทางผิวหนัง (Dermal absorption) ดังนั้น การพิจารณาเกี่ยวกับการประเมินระดับการรับสัมผัสจะประเมินในกรณีที่ไม่ก่อมะเร็ง (non-carcinogenic) ด้วยการคำนวณ The Average Daily Dose (ADD) และประเมินระดับการรับสัมผัสตามเกณฑ์กรณีที่เป็น สารก่อมะเร็ง (Carcinogenic) ด้วยการคำนวณค่า The Chronic Daily Intake (CDI) ในทั้ง 3 ช่องทางการสัมผัสด้วย

(4) Risk Characterization (การประเมินระดับความเสี่ยง)

เพื่อประเมินระดับความเสี่ยงในการสัมผัสความเสี่ยงในการประเมินในกรณีที่ไม่ก่อมะเร็ง (non-carcinogen) นั้น จะทำการคำนวณหาค่า Hazard Quotient (HQ) แยกตามช่องทางการสัมผัส ได้แก่ การหายใจ (Inhalation) การกิน (Ingestion) และการดูดซึมผ่านทางผิวหนัง (Dermal absorption) โดยใช้ค่า RfD ในการคำนวณ หากค่า HQ<1 แสดงว่าระดับความเสี่ยงกรณีไม่ก่อมะเร็งยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และหาก HQ≥1 แสดงว่าการรับสัมผัสสารนั้นกรณีไม่ก่อมะเร็งในช่องทางการสัมผัสนั้นมีความเสี่ยงอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ และในการประเมินระดับความเสี่ยงกรณีก่อมะเร็ง (Carcinogenic) ใช้ค่า CSF ในการคำนวณ หาค่า Cancer risk (CR) แยกตามช่องทางการสัมผัส หากค่า $CR<10^{-6}$ แสดงว่า

ระดับความเสี่ยงกรณีก่อมะเร็งยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และหาก CR>10^{-6} แสดงว่าการรับสัมผัสสารนั้นกรณีก่อมะเร็งในช่องทางการสัมผัสนั้นมีความเสี่ยงอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้

ตารางที่ 5 แสดงค่า The reference dose (RfD) /Reference concentration (RfC) and cancer slope factor (CSF) ของโลหะหนักที่ทำการศึกษาสำหรับการประเมินลักษณะความเสี่ยงทางสุขภาพ

Heavy metal	Reference dose (RfD)/Reference concentration (RfC)			Cancer slope factor (CSF)		
	$RfD_{Inges/Oral}$ (mg/Kg.day)	RfD_{Inha} (mg/Kg.day)	RfD_{Dermal} (mg/Kg.day)	$CSF_{Inges/Oral}$ (mg/Kg.day)	CSF_{Inha} (mg/Kg.day)	CSF_{Dermal} (mg/Kg.day)
As	3×10^{-4} (a)	NA	8×10^{-4} (h)	1.5 (a)	12 (f)	1.5 (j)
Cd	5×10^{-4} (b)	NA	5×10^{-6} (e)	0.38 (k)	6.1 (e)	0.38 (k)
Pb	3.5×10^{-3} (i)	NA	5.25×10^{-4} (l)	8.5×10^{-3} (f)	4.2×10^{-2} (f)	NA
Cr	3×10^{-3} (c)	1×10^{-4} (c)	NA	0.42 (f)	510 (f)	NA
Hg	NA	3×10^{-4} (d)	NA	NA	NA	NA

Note: (a) (U.S. EPA, 1988), (b) (U.S. EPA, 1987), (c) (U.S. EPA, 1998) , (d) (Selin & Eckley Selin, 2020), (e) (University of Tennessee, 1991), (f) (OEHHA, 2020), (g) (University of Tennessee, 1998), (h) (ATSDR, 1997), (i) (Anyanwu & Adetunji, 2018), (j) (Rockafellow-Baldoni et al., 2018), (k) (Nduka, Kelle, & Amuka, 2019), (l) (Mowla, Rahman, Islam, & Aich, 2021) and NA= Not Available

2.7 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสรุปการทบทวนวรรณกรรม

Omrane et al., 2018 ทำการศึกษาเกี่ยวการประเมินความเสี่ยงของผู้ประกอบอาชีพที่ทำงานสัมผัสโลหะหนักหลายชนิดพร้อมกัน (Mixtures) : เป็นการศึกษารูปแบบ (Protocol) การเฝ้าระวังและประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการทำงานทำการศึกษาที่เขตอุตสาหกรรม เมืองสแฟกซ์ ซึ่งอยู่ทางตอนใต้ของประเทศตูเนียเซีย (Tunisia) มีการเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อมได้แก่ ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาด 10 ไมครอน (PM_{10}) ทั้งแบบ Area sampling และ Personal sampling เก็บตัวอย่างช่วงเช้า 4 ชั่วโมงและช่วงบ่าย 4 ชั่วโมง (จำนวน 1 ครั้ง หรือเก็บแค่ 1 วัน) ทำการวิเคราะห์หาโลหะหนักในฝุ่นด้วยเครื่อง ICP-AES เพื่อนำเข้าโมเดล IHMOD : Industrial Hygiene Modeling software ซึ่งเป็น Guideline of Health risk assessment in Industrial management ของ US.EPA. และมีการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพ (Biomarker) คือ “ปัสสาวะ” เก็บในวันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงาน (End of work week) และวิเคราะห์หาโลหะหนักด้วยเครื่อง ICP-AES (US.NIOSH method No.8310) เก็บข้อมูลแบบสอบถามเพื่อนำข้อมูลไปประเมินความเสี่ยง โดยมีโรงงานที่เข้าร่วมโครงการมี 5 แห่ง แบ่งเป็นโรงงานหลอมโลหะ 2 แห่ง โรงงานเชื่อมอาร์คขึ้นรูปโลหะ 1 แห่ง โรงงานผลิตสายไฟและอุปกรณ์ต่อพ่วง 1 แห่ง และโรงงานผลิตพลาสติก 1 แห่ง มีพนักงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ร่วมวิจัย 160 คน มี 110 คนที่ทำงานสัมผัสโลหะหนักจริง ๆ เป็นผู้ชายร้อยละ 83.20 สารโลหะหนักที่ตรวจพบในสถานที่ทำงานเรียงจากที่พบความเข้มข้นมากไปน้อย ได้แก่ Cr>Ni>Pb>Cu>Zn ตามลำดับ และพบ Al ในทุกโรงงานด้วย

Ozaki et al., 2019 ทำการศึกษาเพื่อประเมินระดับโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทั้งก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม(Industrial waste treatment plant) ของ Tokorozawa จังหวัด Tokyo ประเทศญี่ปุ่นโดยการศึกษานี้มีการเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อมโดยรอบสถานประกอบการโดยมีการเก็บดิน น้ำ และฝุ่นในระยะ 1 เมตร 20 เมตร 100 เมตร 150 เมตร 270 เมตร และ 400 เมตร ในกรณีตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ทำการศึกษามี TSP PM_{10}และ $PM_{2.5}$นั้น พบว่าประมาณความเข้มข้นในทุกจุดสามารถเรียงความเข้มข้นจากกมาไปน้อยคือ TSP > PM_{10}> $PM_{2.5}$ และความเข้มข้นของโลหะหนัก ด้วยเครื่อง ICP-MS ในฝุ่นพบว่าเมื่อเรียงจากมากไปหาน้อยคือ Al > Fe > Zn > Mn > Pb > Cu > Cr > Ni > Co > Cd

Junaid, Hashmi, & Malik, 2016 ทำการศึกษาในการประเมินระดับความเสี่ยงทางสุขภาพจากการสัมผัสโลหะหนักในพนักงานโรงงานผลิตเครื่องเครื่องมือแพทย์ของเมือง Sialkot ประเทศปากีสถาน โดยการศึกษานี้ทำการศึกษาในคนงาน (Adult) และเด็กที่อาศัยอยู่ในพื้นที่โดยรอบ มีการเก็บตัวอย่างฝุ่น (Dust) ในสถานที่ทำงานและในพื้นที่ทั่วไป และเก็บตัวอย่างทางชีวภาพได้แก่ ปัสสาวะ เลือด น้ำลาย และเส้นผม ทำการวิเคราะห์หาโลหะหนักในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมและตัวอย่างชีวภาพด้วยเครื่อง Fast Sequential Flame Atomic Absorption Spectrometer (Varian Spectra AA-240) โดยสนใจโลหะหนักสำคัญได้แก่ โครเมียม(Cr) แคดเมียม(Cd) นิกเกิล(Ni) ทองแดง(Cu) ตะกั่ว(Pb) เหล็ก(Fe) แมงกานีส(Mn) และสังกะสี(Zn) และพบว่าโลหะหนักในฝุ่นมี Cr สูงสุดที่ 229 mg/Kg และการคำนวณทางสถิติ Superoxide dismutase (SOD) level โลหะหนักในฝุ่นมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ $p \leq 0.01$ ของ Cr, Zn และ Cd (Cr> Zn> Cd) โดยโลหะหนักที่มีความเป็นพิษสูงในตัวอย่างชีวภาพคือ Cr มีผลวิเคราะห์ดังนี้ Cr; เลือด 16.30 µg/L, ปัสสาวะ 58.15 µg/L, น้ำลาย 5.28 µg/L และพบว่าค่า HQ มีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นด้วย

Zhou et al., 2014 ทำการศึกษาเกี่ยวกับความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ PM_{10} และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสโลหะหนักของพนักงานโรงงานผลิตอุปกรณ์และวงจรเครื่องพิมพ์ (printed circuit noards) ของโรงงานในภาคตะวันออก ประเทศจีน โดยตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนักในฝุ่นด้วยเครื่อง ICP-OES พบข้อมูลความเข้มข้นของฝุ่นในจุดทำงาน (In the workshop) ซึ่งความเข้มข้นของ TSP, PM_{10} และ $PM_{2.5}$ อยู่ระหว่าง 36.1 ถึง 365.3 จาก 27.1 ถึง 289.8 และจาก 22.1 ถึง 212.3 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ และโลหะหนักที่สนใจ 6 ชนิดได้แก่ Cu, Zn, Pb, Cr, Cd และ Ni พบว่าในฝุ่นจะมีโลหะหนักทุกตัวยกเว้น Cd และการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพกรณี Non cancer risk ทุกสารมีค่า HQ < 1 แต่ในกรณี carcinogenic risks มี Cr ที่มีค่า CR > 10^{-6}

Fang et al., 2013 ทำการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} และ $PM_{2.5}$ และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานจากการสัมผัสโลหะหนักในโรงงานทั่วไปที่ทำการรีไซเคิลโทรทัศน์แคโทดเรย์ (Cathode Ray Tube Television Recycling) ในภาคตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศจีน และวิเคราะห์หาโลหะหนักในฝุ่นด้วยเครื่อง ICP-AES จากข้อมูลที่เก็บตัวอย่างจาก 2 จุดสำคัญได้แก่ พื้นที่ใช้เครื่องคัดแยก (mechanical workshop) และจุดแยกชิ้นส่วน (dismantling workshops) พบ $PM_{2.5}$ เข้มข้น 252.6 - 290.8 μg/m^3 และจาก 112.7 - 169.4 μg/ m^3 ตามลำดับ พบ PM_{10} ถึง 360.4 μg/m^3 ในพื้นที่ใช้เครื่องคัดแยก ทั้ง 2 จุดมี Pb (20.46 และ 6.935 mg/g) Cu (27.76 และ 31.80 mg/g) และ Cd มีค่าน้อยมาก และค่า HI ในการสัมผัสโลหะหนักในพื้นที่ทำงานของ $PM_{2.5}$ ในจุดคัดแยก = 7.61 จุดแยกชิ้นส่วน = 3.01

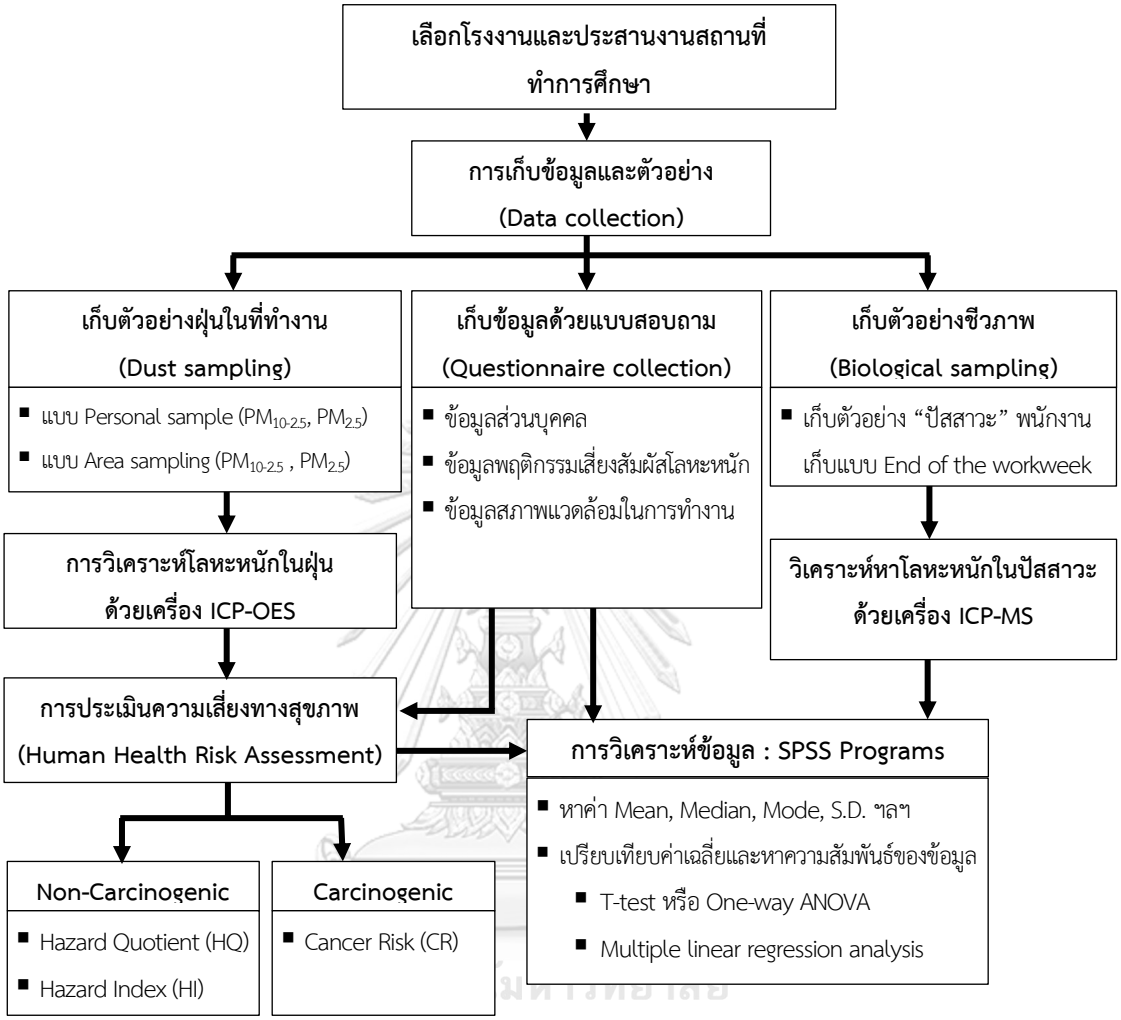
2.8 ข้อสรุปจากการทบทวนวรรณกรรม

การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมสามารถดำเนินการได้ตามแนวทางของ “การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ (Human Health Risk Assessment) ของ US.EPA. โดยโรงงานที่ทำการเก็บข้อมูลควรเป็นโรงงานที่ขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรมในทั้ง 3 กลุ่มประเภทได้แก่ 101 105 และ 106 ด้วยการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในสถานที่ทำงานทั้งแบบ Personal sample และแบบ Area sample ทำการเก็บข้อมูลเพื่อประกอบการศึกษาวิจัยด้วยแบบสอบถามตามแนวทางของ OSHA และจากการทบทวนวรรณกรรมอื่น ๆ เพื่อประเมินช่องทางการรับสัมผัสโลหะหนักของพนักงานจากการทำงาน และทำการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพ (Biomarker) โดยเก็บตัวอย่างปัสสาวะ (Urine) ของพนักงาน เพื่อประเมินการสะสมหรือการรับสัมผัสโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายของพนักงาน แบบ “วันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงาน (End of the work week)” ได้เพื่อครอบคลุมการประเมินการรับสัมผัสโลหะหนักที่สนใจหรือที่เป็นปัญหาสำคัญตาม ATSDR-2019 ได้แก่ Arsenic (As) Lead (Pb) Cadmium (Cd) Chromium (Cr) และ Mercury (Hg) ในพนักงานตามแนวทางของ ACGIH-2021 โดยผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการสื่อสารความเสี่ยงแก่โรงงานที่ประกอบกิจการคล้ายกันพร้อมนำข้อมูลไปใช้ประกอบการบริหารจัดการด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในโรงงานเพื่อสุขภาพอนามัยที่ดีและป้องกันโรคจากพิษโลหะหนักในพนักงานได้ต่อไปในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.9 กรอบแนวคิดของการศึกษา (Conceptual Framework)

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีขั้นตอนสำคัญในการดำเนินการ (Methodology Framework) ดังนี้



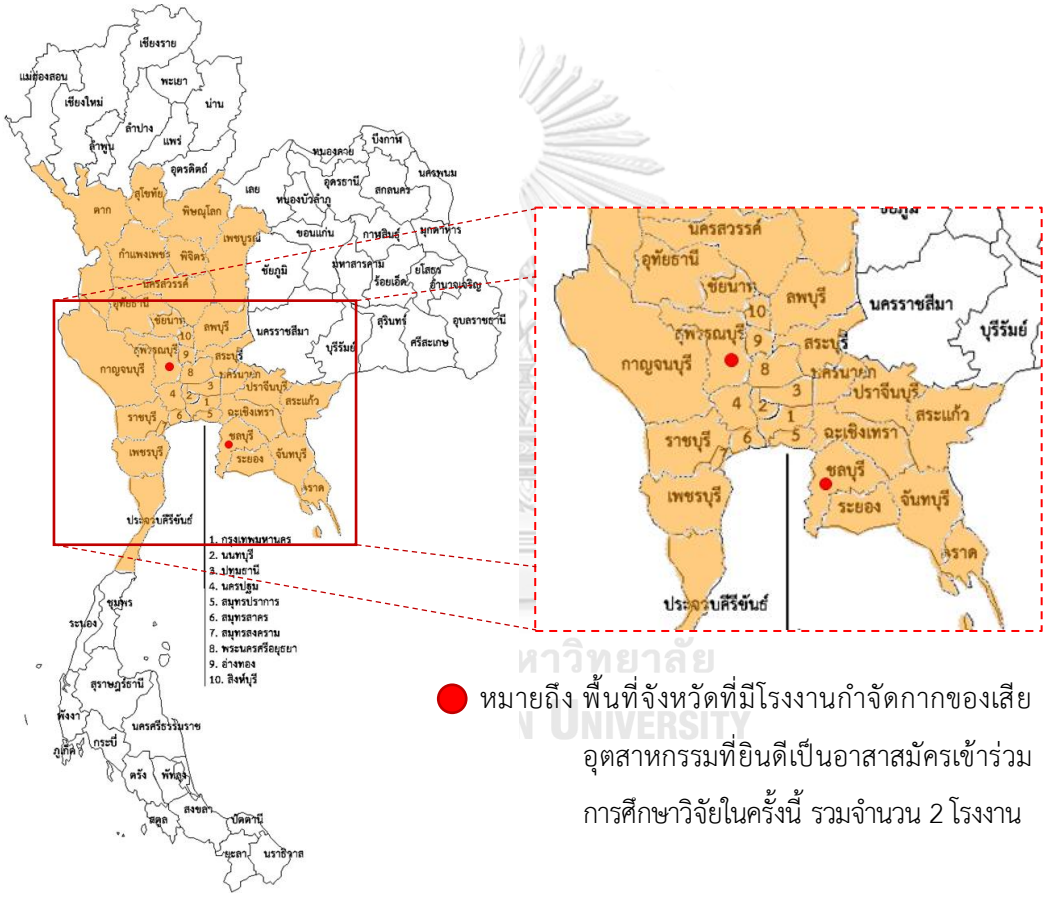
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 8 ผังแสดง Methodology Framework ในการศึกษาวิจัย

บทที่ 3
ระเบียบวิธีการศึกษาวิจัย

การศึกษาการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสฝุ่นและโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม (HEALTH RISK ASSESSMENT OF WORKER EXPOSED TO PARTICULATE MATTER AND HEAVY METALS IN INDUSTRIAL WASTE DISPOSAL PLANT) มีระเบียบวิธีการศึกษาวิจัยดังนี้

3.1 พื้นที่การศึกษา (Study Area)



รูปที่ 9 แสดงพื้นที่เป้าหมายในการศึกษาวิจัยที่มีโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมและมักเป็นพื้นที่ที่มีรายงานสถานการณ์ปัญหาต่อชุมชน

ที่มา : (PCD, 2019)

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ทำการเลือกกลุ่มโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมทั้งประเภท 101 105 และ 106 โดยทุกกลุ่มประเภทมีความเสี่ยงที่จะพบการปนเปื้อนโลหะหนักในสถานที่ทำงาน โดยพื้นที่เป้าหมายในการศึกษาจะเลือกโรงงานที่ตั้งในพื้นที่จังหวัดใดจังหวัดหนึ่งใน 10 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดชลบุรี สมุทรสาคร สมุทรปราการ ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา ฉะเชิงเทรา ระยอง สระบุรี เพชรบุรี และ

สุพรรณบุรี เนื่องจากมีโรงงานกลุ่มนี้ตั้งอยู่จำนวนมากในเขตพื้นที่ภาคกลาง-ตะวันตกและภาคตะวันออก (โดยโรงงานดังกล่าวต้องยินดี/สมัครใจ/อาสาสมัครเข้าร่วมการศึกษาวิจัย)

โดยจะทำการเลือกโรงงานกลุ่มเป้าหมายเพื่อทำการศึกษาที่ตั้งในพื้นที่จังหวัดใดจังหวัดหนึ่งใน 10 จังหวัดพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งมีเกณฑ์การคัดเลือกโรงงาน ดังนี้

(1) เป็นโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมที่ขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม

(2) เป็นโรงงานที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดเป้าหมาย

(3) เป็นโรงงานที่ยินดีและสมัครใจให้เข้าทำการศึกษาวิจัย

ทั้งนี้ โรงงานที่ยินดีและสมัครใจเข้าร่วมการศึกษาวิจัยสามารถตั้งอยู่ในจังหวัดเดียวกันก็ได้หรือเป็นโรงงานหนึ่งหรือสองแห่งในจังหวัดก็ได้หรือกระจายตัวกันจังหวัดละหนึ่งโรงงานก็ได้ แต่เมื่อรวมโรงงานที่ยินดีและสมัครใจให้เข้าทำการศึกษาวิจัยแล้วจะต้องได้ครบตามจำนวนโรงงานเป้าหมาย

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร (Population)

ประชากรในการศึกษาวิจัย คือ พนักงานในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป ในโรงงานที่ยินดีและสมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัยที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งมีโรงงานที่ยินดีให้เข้าทำการเก็บข้อมูลจำนวน 2 โรงงาน โดยโรงงานที่ 1 มีจำนวนพนักงาน 13 คน โรงงานที่ 2 มีพนักงาน 20 คน ดังนั้น ประชากรในการศึกษาเพื่อการคำนวณเท่ากับ 33 คน

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง (Sample)

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัย คือ พนักงานในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม ที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป ในจำนวน 2 โรงงานที่ยินดีและสมัครใจให้เข้าทำการเก็บข้อมูลงานวิจัยและที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เป้าหมาย จำนวน 30 คนขึ้นไป มีวิธีการคำนวณดังนี้

(1) การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตร Taro Yamane (Yamane, 1967:886 อ้างถึงใน (Naing, 2003)

$$n = \frac{N}{1+Ne^2}$$

เมื่อ n แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

N แทน ขนาดกลุ่มประชากร

e แทน ค่าความคลาดเคลื่อน กำหนดที่ 0.05 (95% Confidence level)

แทนค่า $$n = \frac{33}{1+33(0.05)^2}$$

$$n = \frac{33}{1.05} = 30.48$$

สรุป งานวิจัยในครั้งนี้ใช้ข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คนขึ้นไป

(2) การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง ผู้ศึกษาวิจัยใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) (กัญญ์สิริ จันทร์เจริญ, 2005) ด้วยการเลือกตัวอย่างโดยการกำหนดคุณสมบัติของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่

1.เป็นพนักงานที่มีอายุ 18 ปี ขึ้นไปที่ปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต

2.เป็นพนักงานที่ปฏิบัติงานในฝ่ายกระบวนการผลิตจาก 2 พื้นที่ ได้แก่ <u>พื้นที่ที่ 1</u> พื้นที่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบที่มีการคัด แยก แกะ หรือการดำเนินการใด ๆ ต่อกากอุตสาหกรรมก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต และ <u>พื้นที่ที่ 2</u> พื้นที่กระบวนการผลิตที่มีการหลอม เผา เชื่อม กลึง หรือการแปรรูปใด ๆ ในกระบวนการผลิต

3. เป็นพนักงานที่ปฏิบัติงานมาแล้วต่อเนื่องกัน 5 วันทำการ

4. เป็นพนักงานที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยด้วยความสมัครใจ

(3) การกำหนดขนาดตัวอย่างในการศึกษาวิจัย จะทำการเก็บข้อมูลจากพนักงานกลุ่มตัวอย่างใน 2 โรงงานที่ยินดีเข้าร่วมการศึกษาวิจัย ในขนาดกลุ่มตัวอย่างเป้าหมาย 20 คนขึ้นไป (ไม่กำหนดสัดส่วนชายหรือหญิงเนื่องจากพนักงานมีการเข้า - ออกไม่ชัดเจน) จะดำเนินการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างแยกเป็น **จำนวน 9 คนต่อโรงงานขึ้นไป** ที่ปฏิบัติงานในฝ่ายผลิตจาก 2 พื้นที่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

<u>พื้นที่ที่ 1</u> พื้นที่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบที่มีการคัด แยก แกะ หรือการดำเนินการใด ๆ ต่อกากอุตสาหกรรมก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต จะทำการเก็บข้อมูลจากพนักงานกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

- การติดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นฯ กับตัวบุคคล **จำนวน 1 คน** พร้อมทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามและเก็บปัสสาวะ
- ทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ และ ทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามเท่านั้นอีก **จำนวน 3 - 4 คน**

<u>พื้นที่ที่ 2</u> พื้นที่กระบวนการผลิตที่มีการแกะคัดแยกชิ้นส่วนมีค่า หลอม เผา เชื่อม กลึง หรือการแปรรูปใด ๆ ในกระบวนการผลิต จะทำการเก็บข้อมูลจากพนักงานกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

- การติดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นฯ กับตัวบุคคล **จำนวน 1 คน** พร้อมทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามและเก็บปัสสาวะ
- ทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ และ ทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามเท่านั้นอีก **จำนวน 3 - 4 คน**

(4) การสุ่มเก็บตัวอย่าง ใช้วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างด้วยการเลือกหน่วยตัวอย่างโดยบังเอิญ (Accidental Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่าง โดยการเก็บตัวอย่างตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างให้ครบตามจำนวนที่กำหนดและได้รับยินยอมเข้าร่วมการวิจัยโดยความสมัครใจ (หทัยชนก พรรคเจริญ และคณะ, 2008)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(5) เกณฑ์ในการคัดเข้าและเกณฑ์ในการคัดออก

(5.1) เกณฑ์การคัดเข้า เป็นพนักงานอายุ 18 ปีขึ้นไป (ทุกคนที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยโดยสมัครใจ) ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่ที่กำหนดตามข้อ 3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง (2) การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง และปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตของโรงงานดังกล่าวมาแล้วต่อเนื่องกัน 5 วันทำการ

(5.2) เกณฑ์การคัดออก จาก “เกณฑ์การคัดเข้า” หากพนักงานไม่ปฏิบัติงานต่อเนื่องกัน 5 วันทำการ จะทำการคัดออกในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ และหาพนักงานสำรองที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

โดยเกณฑ์การคัดเข้าและการคัดออกนี้เป็นเกณฑ์สำหรับทั้ง “การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ” และ “การสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์” เนื่องจากผู้ที่เก็บตัวอย่างปัสสาวะจะต้องทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามด้วย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.3.1 เครื่องมือในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงาน ดำเนินการตามแนวทางของ NIOSH method ในการเก็บตัวอย่างแบบ Personal sampling และแบบ Area Sampling

3.3.2 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างปัสสาวะของคนงาน คือ กระปุกเก็บตัวอย่าง และหลอดเก็บตัวอย่างขนาด 50 มิลลิลิตร

3.3.3 แบบสอบถาม (Questionnaire) ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากข้อมูลเอกสารของสำนักงานบริหารความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (Centre for Public Health Research. Massey University, 2019; OSHA, 1910) และการทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(1) โครงสร้างแบบสอบถาม มีทั้งหมด 40 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุตัว น้ำหนักตัว ความสูง โรคประจำตัว รายได้หรือเงินเดือน และอื่น ๆ จำนวน 9 ข้อ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลพฤติกรรมเสี่ยงการสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ การสูบบุหรี่ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การรับประทานอาหารทะเล การรับประทานยา/ใช้ยา การสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และอื่น ๆ จำนวน 20 ข้อ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลสภาพแวดล้อมในการทำงาน ได้แก่ สภาพบรรยากาศในที่ทำงาน การระบายอากาศ การมีมาตรการจัดการและควบคุมความเสี่ยง การให้ความรู้ด้านความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน และอื่น ๆ จำนวน 11 ข้อ

(2) การสร้างแบบสอบถามในงานวิจัยนี้ดำเนินการดังนี้

(2.1) ศึกษาข้อมูลแนวทางการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการทำงานสัมผัสโลหะหนักจากเอกสารวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจัดทำแบบสอบถามภายใต้กรอบการศึกษาวิจัย

(2.2) นำแบบสอบถามที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาการวิจัย เพื่อพิจารณาตรวจสอบโครงสร้างคำถาม ลักษณะคำถาม และความครอบคลุมในเนื้อหาภายใต้กรอบการศึกษาวิจัย และนำแบบสอบถามที่ได้รับคำแนะนำมาทำการปรับปรุงแก้ไข

(2.3) นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา

(2.4) นำแบบสอบถามที่ผ่านการพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญแล้ว มาทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ และเสนออาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

(2.5) นำแบบสอบถามที่ผ่านการพิจารณาแล้วไปใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่องานวิจัยต่อไป

3.4 การตรวจสอบเครื่องมือ

3.4.1 เครื่องมือการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในสถานที่ทำงาน ทั้งการเก็บแบบ Personal sampling และแบบ Area Sampling นั้น จะทำการปรับเทียบ “ปั๊มดูดอากาศ (Personal pump)” ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง จะต้องทำการปรับเทียบความเที่ยงตรงของอัตราการไหลของอากาศด้วยเครื่อง Calibrator ทุกครั้งก่อนทำการเก็บตัวอย่างอากาศ โดยอัตราการการไหลของอากาศจะต้องมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 5

3.4.2 การตรวจสอบแบบสอบถาม โดยการให้ผู้เชี่ยวชาญทำการพิจารณาตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence : IOC) ซึ่งพิจารณาความถูกต้องเหมาะสม ความครอบคลุม และการให้คำแนะนำเพื่อการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การพิจารณาให้คะแนนรายข้อ ดังนี้

ให้ +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์หรือไม่

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยใช้สูตรของโนวิเนลลี และแฮมเบิลตัน (Rovinelli and Hambleton) คือ

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC เป็นค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

$\sum R$ เป็นผลรวมของคะแนนจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N เป็นจำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ซึ่งค่า IOC มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ให้คัดเลือกข้อคำถามนั้นไว้ใช้ได้ แต่ถ้าหากค่า IOC มีค่าต่ำกว่า 0.5 ควรพิจารณาแก้ไขปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

โดยจากการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ พญ.ดร. ชุลีกร ธนธิติกร นายแพทย์ชำนาญการพิเศษ (แพทย์อาชีวเวชศาสตร์) ผู้อำนวยการสถาบันเวชศาสตร์ป้องกันศึกษา กรมควบคุมโรค

กระทรวงสาธารณสุข, อาจารย์ ดร.ดวงฤทัย บัวด้วง อาจารย์ประจำโรงเรียนพยาบาลรามาธิบดี คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล และ ศ.ดร.วนิดา จีนศาสตร์ อาจารย์ประจำหลักสูตรพิษวิทยาอุตสาหกรรมและการประเมินความเสี่ยง ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และจากการคำนวณแบบสอบถามมีค่า IOC = 0.95

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5.1 การประสานงานและการเข้าถึงผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(1) ผู้วิจัยทำการประสานและจัดทำหนังสือถึงเจ้าของหรือผู้บริหารผู้ประกอบกิจการเพื่อขอความอนุเคราะห์และขออนุญาตเข้าเก็บข้อมูล

(2) เมื่อได้รับการตอบรับจากเจ้าของโรงงานยินดีให้ผู้วิจัยเข้าทำการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาวิจัย จะทำการเข้าพบเพื่อชี้แจงข้อมูลการศึกษาวิจัย (หากมีการชี้แจงทางโทรศัพท์ได้ กระบวนการนี้ก็ไม่จำเป็น)

(3) ผู้วิจัยจะทำการเข้าเข้าพื้นที่เพื่อเดินสำรวจ (Walkthrough survey) พร้อมพิจารณาจุดเก็บข้อมูลร่วมกับตัวแทนโรงงาน

(4) ทำการประสาน สอบถามพนักงานที่ยินยอมเข้าร่วมการศึกษาวิจัยโดยสมัครใจในจุด/พื้นที่ที่จะทำการศึกษาร่วมกับตัวแทนโรงงานตามจำนวนที่กำหนด และเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามในวันสุดท้ายของสัปดาห์ที่พนักงานปฏิบัติงาน

3.5.2 การเก็บข้อมูลในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมเป้าหมาย ดังนี้

(1) การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงาน แบบติดตั้งอุปกรณ์เก็บฝุ่นฯ ในพื้นที่ทำงาน (Area sampling) ใน 2 พื้นที่ คือ พื้นที่เตรียมวัตถุดิบ กับ พื้นที่กระบวนการผลิต พื้นที่ละ 1 จุด รวม 2 จุดต่อโรงงาน ตลอดเวลาทำงานเป็นระยะเวลา 5 วัน

(2) การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กแบบแบบติดตั้งอุปกรณ์กับตัวบุคคล (Personal sampling) ใน 2 พื้นที่ คือ พื้นที่เตรียมวัตถุดิบ กับ พื้นที่กระบวนการผลิต พื้นที่ละ 1 คน รวม 2 คนต่อโรงงาน ตลอดเวลาทำงานเป็นระยะเวลา 5 วัน พร้อมเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามและเก็บปัสสาวะ ภายหลังการเลิกกะ/หลังเลิกการทำงาน (ตั้งแต่เวลา 16.00 น. เป็นต้นไป) จากที่ทำงานสัมผัสสารเคมีนั้นมาแล้วอย่างน้อย 4 - 5 วันติดต่อกันแล้วจึงเก็บตัวอย่าง

(3) การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ และ ทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถาม เท่านั้น โดยเก็บจากพนักงานกลุ่มตัวอย่างที่ทำงาน ใน 2 พื้นที่ คือ พื้นที่เตรียมวัตถุดิบ กับ พื้นที่กระบวนการผลิต พื้นที่ละ 3 - 4 คน รวม 7 - 8 คนต่อโรงงาน ที่ทำงานต่อเนื่องกันมาแล้ว 5 วันทำการ โดยจะเก็บข้อมูลภายหลังการเลิกกะ/หลังเลิกการทำงาน (ตั้งแต่เวลา 16.00 น. เป็นต้นไป) จากที่ทำงานสัมผัสสารเคมีนั้นมาแล้วอย่างน้อย 4 - 5 วันติดต่อกันแล้วจึงเก็บตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังนั้น การศึกษาวิจัยโดยการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง**ที่เกี่ยวกับคน** จำนวน 9 คน/โรงงานขึ้นไป ซึ่งคนหนึ่ง ๆ จะร่วมกิจกรรมที่**แตกต่างกัน แบ่งเป็น 2 กรณี** คือ

กรณีที่ 1 พนักงานกลุ่มตัวอย่างที่จะให้ติดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นกับตัวบุคคล ร่วมกับเก็บตัวอย่างปัสสาวะ และ ทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามด้วย รวมจำนวน 2 คน/โรงงาน

กรณีที่ 2 พนักงานกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ และ ทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถาม เท่านั้น รวมจำนวน 7 - 8 คน/โรงงาน

3.5.3 การคืนข้อมูล การแจ้งผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงาน ระดับสารโลหะหนักในฝุ่นละอองตัวอย่าง และระดับโลหะหนักในปัสสาวะของพนักงานผู้ศึกษาวิจัย จะดำเนินการคืนข้อมูล ดังนี้

(1) ผลการวิเคราะห์ความเข้มฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงาน ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองขนาดเล็ก และสรุปข้อมูลระดับสารโลหะหนักในร่างกายพนักงานกลุ่มตัวอย่างภาพรวม (ไม่ระบุข้อมูลบ่งชี้รายบุคคล) จะทำการแจ้งข้อมูลพร้อมเอกสารคำแนะนำให้แก่สถานประกอบการแต่ละแห่งสำหรับนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานและวางแผนการเฝ้าระวังผลกระทบทางสุขภาพของพนักงานต่อไป

(2) ข้อมูลระดับสารโลหะหนักในร่างกายพนักงานกลุ่มตัวอย่าง จะทำเอกสารชี้แจงข้อมูลผลการวิเคราะห์ระดับโลหะหนักในปัสสาวะรายบุคคลพร้อมคำแนะนำสำหรับการปฏิบัติตนเพื่อลดความเสี่ยงจากการสัมผัสโลหะหนักในสถานที่ทำงาน

3.5.4. ความเสี่ยง/อันตราย และความไม่สะดวกต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมการวิจัย

(1) “การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ไม่มีความเสี่ยงหรืออันตรายจากการศึกษาวิจัย” แต่การเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ฯ กับตัวบุคคล อาจทำให้พนักงานกลุ่มตัวอย่างรู้สึกเหนื่อยล้าจากการติดตั้งอุปกรณ์ฯ หรืออาจมีความไม่สะดวกต่าง ๆ เช่น ในการปฏิบัติภารกิจส่วนตัว การเข้าห้องน้ำ เป็นต้น

(2) หากเกิดอันตรายระหว่างการเก็บตัวอย่าง ให้ทำการแจ้งผู้วิจัยทันที และหากมีการบาดเจ็บให้ทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นหากรุนแรงจะทำการส่งต่อไปยังโรงพยาบาล ซึ่งค่ารักษาหากมีการสอบสวนอย่างชัดเจนแล้วพบว่าเกิดจากการเป็นกลุ่มตัวอย่างร่วมทำวิจัยจริง ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลแก่พนักงานกลุ่มตัวอย่างตามจริง

3.5.5 ประโยชน์ในการเข้าร่วมการวิจัย

(1) ประโยชน์ต่อเจ้าของโรงงาน โดยเจ้าของโรงงานที่ส่งเสริมให้เกิดสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดี ย่อมส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีของสถานประกอบการ/โรงงาน รวมถึงจะส่งผลให้พนักงานมีสุขภาพที่ดี ก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานเพื่อเพิ่มผลผลิตของกิจการในระยะยาวและยั่งยืน

(2) ประโยชน์ต่อพนักงาน โดยพนักงานจะได้รับความรู้เพื่อสร้างความตระหนักเกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสำหรับการป้องกันอันตรายจากการสัมผัสโลหะหนักในสถานที่ทำงาน

3.6 การเก็บตัวอย่างเพื่อการศึกษา (Measurement method)

3.6.1 การเก็บตัวอย่างอากาศในสถานที่ทำงานและการวิเคราะห์ตัวอย่างทางห้องปฏิบัติการ

(1) อุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในสถานที่ทำงาน มีอุปกรณ์สำคัญในการเก็บตัวอย่าง ดังนี้

กระดาษกรอง (Filter) ที่ใช้		
Polyvinyl chloride (PVC)	Polytetrafluoroethylene (PTFE)	ปั๊มดูดอากาศ (Suction pump)
หัวเก็บคัดแยกขนาดฝุ่น Personal Modular Impactor (PMI)	สายยาง	ขาตั้งเพื่อติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

หมายเหตุ : ปากกา กระดาษ/สมุดจดบันทึก กรรไกร เชือกรัด ซองพลาสติกใส่ตัวอย่าง กระดาษสติ๊กเกอร์ระบุข้อมูลตัวอย่าง เป็นอุปกรณ์สำนักงานทั่วไป

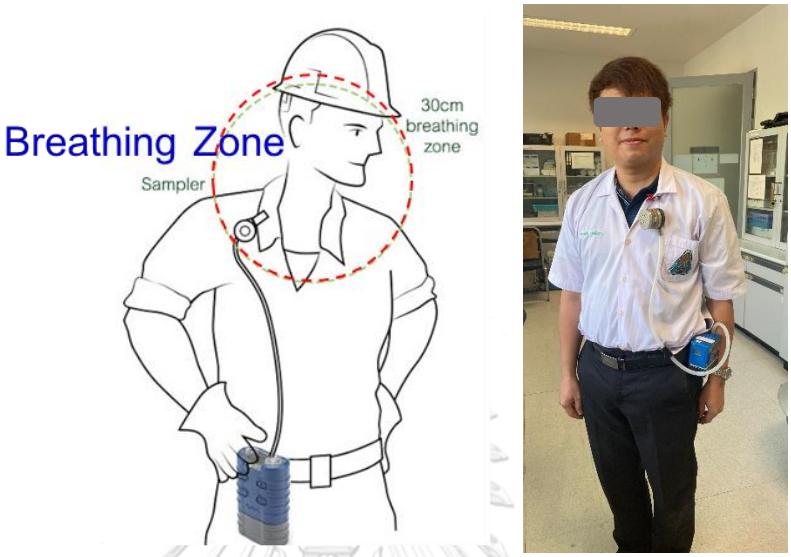
รูปที่ 10 อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในสถานที่ทำงาน

(2) การเก็บตัวอย่างการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกับตัวพนักงาน (Personal sampling)

ใช้แนวทางการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กของ “สถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH))” หรือ NIOSH method (Lau et al., 2013) ตาม NIOSH method No.0600 ปี 1998 (NIOSH, 1998a) โดยการเก็บตัวอย่างจะทำการ (1) อบกระดาษกรอง (Filter paper) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (2) ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองด้วยเครื่องชั่ง 7 ตำแหน่ง (3) ทำการปรับเทียบอัตราไหลของปั๊มด้วยเครื่อง Calibration of Air flow ที่อัตราการไหล 3 ลิตรต่อนาที (L/min) (4) ทำการประกอบชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง โดยใส่กระดาษกรองชนิด Polyvinyl chloride (PVC) และ Polytetrafluoroethylene (PTFE) ในหัวเก็บคัดแยกขนาดฝุ่นแบบ Personal Modular Impactor (PMI) (SKC Ltd, 2013) แล้วต่อสายยางเข้ากับเครื่องปั๊มดูดอากาศ ซึ่งมีน้ำหนัก 0.6 กิโลกรัม (5) นำอุปกรณ์เก็บฝุ่นไปติดกับตัวพนักงานที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยใน 2 พื้นที่ ได้แก่ “พื้นที่เตรียมวัตถุดิบ” กับ “พื้นที่กระบวนการผลิต” ตัวแทนพื้นที่ละ 1 คน เริ่มเก็บตัวอย่างตั้งแต่เวลา 08.30 – 16.30 น. ของทุกวันเป็นเวลา 5 วันทำงาน (จันทร์-ศุกร์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทั้งนี้ จะทำการปิดเครื่องอุปกรณ์เก็บฝุ่นฯ ในระหว่างพักรับประทานอาหารกลางวันและปิดเครื่องอุปกรณ์เก็บฝุ่นฯ ขณะที่พนักงานเข้าทำธุระส่วนตัวในห้องน้ำ และพนักงานที่ติดอุปกรณ์จะต้องคืนอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นฯ แก่ผู้วิจัยในทุกวันหลังเลิกงาน



รูปที่ 11 แสดงตัวอย่างการติดอุปกรณ์เก็บฝุ่นฯ กับตัวพนักงานกลุ่มตัวอย่างเก็บตัวอย่างแบบ Personal sampling

(3) การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวัดความเข้มข้นของฝุ่นฯ ในพื้นที่การทำงาน (Area sampling) ใช้แนวทางการเก็บตัวอย่างตาม NIOSH method No.0600 ปี 1998 (NIOSH, 1998a) โดยการเก็บตัวอย่างจะทำการ (1) อบกระดาษกรอง (Filter paper) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (2) ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองด้วยเครื่องชั่ง 7 ตำแหน่ง (3) ทำการปรับเทียบอัตราไหลของปั๊มด้วยเครื่อง Calibration of Air flow ที่อัตราการไหล 3 ลิตรต่อนาที (L/min) เช่นกัน เนื่องจากหัวเก็บคัดแยกขนาดฝุ่นที่ใช้เป็นชนิดใช้อัตราการไหลที่ 3 ลิตรต่อนาที (4) ทำการประกอบชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง โดยใส่กระดาษกรองชนิด Polyvinyl chloride (PVC) และ Polytetrafluoroethylene (PTFE) ในหัวเก็บคัดแยกขนาดฝุ่น Personal Modular Impactor (PMI) (SKC Ltd, 2013)แล้วต่อสายยางเข้ากับเครื่องปั๊มดูดอากาศ (5) นำอุปกรณ์เก็บฝุ่นติดตั้งกับขาตั้งสำหรับเก็บตัวอย่าง แล้วนำไปวางไว้ใกล้กับจุดพนักงานปฏิบัติงานและไม่กีดขวางการทำงาน ใน 2 พื้นที่ ได้แก่ “พื้นที่เตรียมวัตถุดิบ” กับ “พื้นที่กระบวนการผลิต” พื้นที่ละ 1 จุด เช่นเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในสถานที่ทำงานแบบ Personal sample โดยเริ่มเก็บตัวอย่างตั้งแต่เวลา 08.30 – 16.30 น. ของทุกวันเป็นเวลา 5 วันทำงาน (จันทร์-ศุกร์)

ทั้งนี้ จะทำการปิดเครื่องอุปกรณ์เก็บฝุ่นฯ ในระหว่างพักรับประทานอาหารกลางวันและผู้วิจัยจะเก็บอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นฯ กลับที่พักในทุกวัน

รูปที่ 12 แสดงตัวอย่างการติดอุปกรณ์เก็บฝุ่นฯ กับขาตั้งอุปกรณ์
(เก็บตัวอย่างแบบ Area sampling)

(4) การหาปริมาณฝุ่นในตัวอย่าง ภายหลังทำการเก็บตัวอย่างจะนำกระดาษกรอง (Filter) เข้าเครื่องอบ (Desiccator) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำตัวอย่างไปทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 7 ตำแหน่ง แล้วบันทึกผล

ในการคำนวณหาปริมาณฝุ่นในตัวอย่างจะต้องทำการคำนวณปริมาตรในการเก็บตัวอย่าง เพื่อให้เป็นไปตามแนวทางที่ NIOSH กำหนด โดยสามารถคำนวณปริมาตรอากาศได้จากสมการ (NIOSH, 1998a) ดังนี้

สมการในการคำนวณ **volume (V)** จากการเก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศคือ

$$V\ (m^3) = Q\left(\frac{L}{min}\right) \times T\ (min) \times \left(\frac{1\ m^3}{10^3 L}\right) \quad \text{.....สมการ (Eq.) 1}$$

ปรับสมการการคำนวณ เนื่องจาก Flow rateมีหน่วยเป็น L/minอยู่แล้ว โดยใช้สมการนี้ในการคำนวณ ดังนี้

$$V\ (m^3) = (Q_{Berfore} + Q_{After}) \times (hr. \times 60\ min) \times \left(\frac{1\ m^3}{10^3 L}\right) \quad \text{.....สมการ (Eq.) 2}$$

เมื่อ **V** = The air volume (m^3)

Q = The ventilation rate (L/min) โดย

Q_{befor} of ventilation rate before sampling and

Q_{After} of ventilation rate after sampling

T = Time of sampling) (min)

และในการคำนวณความเข้มข้น (Concentration (C)) ของฝุ่น (Dust) ในตัวอย่างทั้งแบบ Personal sampling และ Area sampling ซึ่งจะเป็นการเก็บฝุ่นชนิด Respirable dust ที่มีขนาดในช่วงน้อยกว่า 10-2.5 ไมครอน ($PM_{10-2.5}$) และฝุ่นขนาดน้อยกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) โดยมีสมการในการคำนวณความเข้มข้นของฝุ่น (NIOSH, 1998a, 1998b) ดังนี้

สมการในการคำนวณความเข้มข้นของฝุ่นในสถานที่ทำงาน โดยความเข้มข้นในตัวอย่างแบบ Personal samplingและแบบArea samplingใช้สมการในการคำนวณเดียวกัน

$$C\ (mg/m^3) = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V\ (m^3)} \times 10^3 \quad \text{.....สมการ (Eq.) 3}$$

เมื่อ W_1 = tare weight of filter before sampling (mg),

W_2 = post-sampling weight of sample-containing filter (mg),

B_1 = mean tare weight of blank filters (mg),

B_2 = mean post-sampling weight of blank filters (mg).

(5) การตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างฝุ่นฯ (Analysis heavy metal in dust) ทำการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในฝุ่นฯ ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma - Optical. Emission Spectrometer: ICP-OES (U.S. EPA, 2018) ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยขั้นตอนในการตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนักในฝุ่น ใช้แนวทางการตรวจวิเคราะห์ของ NIOSH method โดยมีขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญดังต่อไปนี้

<u>ขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างก่อนทำการตรวจวิเคราะห์</u>

1) นำตัวอย่าง(กระดาษกรอง)มาทำการตัดย่อยเป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อนทำการ Solubilize or Digest sample ด้วยกรดไนตริก [NHO_3] 10% ที่ปริมาตร 10 mL (U.S. EPA, 2007)

2) นำเข้าเครื่อง Microwave Digester ที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ตามแนวทางใน US.EPA.3051 Method (U.S. EPA, 2007)

3) นำตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรอง โดยใช้น้ำกลั่นล้างหลอดที่นำเข้าเครื่องย่อยตัวอย่างแล้วเทใส่กระดาษกรอง Whatman filter paper No.42 (Pore size = 2.5 µm) ที่เตรียมไว้บนกรวยแก้ว เพื่อแยกสิ่งตกค้างในตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) ทำการ Dilution ด้วยน้ำกลั่นในสารละลายที่ได้จากการกรอง ด้วยขวดวัดปริมาตรให้ได้ปริมาตร 50 ml ความเข้มข้นกรดไนตริกจะอยู่ที่ 2% เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP-OES แล้วนำตัวอย่างเข้าเครื่องวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของโลหะหนัก ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS) (U.S. EPA, 2018)โดยทำการวิเคราะห์หาโลหะหนัก 5 ชนิด ได้แก่ As Pb Cd Hg และ Cr

<u>ขั้นตอนการวิเคราะห์หาโลหะหนักในตัวอย่างฝุ่นละออง</u>

1) การเตรียมสารละลายมาตรฐาน โดยทำการปรับเทียบความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเพื่อสร้างกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์โลหะหนัก 5 ชนิด ได้แก่ As Pb Cd Hg และ Cr ที่ระดับความเข้มข้น 6 ระดับ ได้แก่ 10 µg/L (0.01 mg/L), 50 µg/L (0.05 mg/L), 100 µg/L (0.1 mg/L), 500 µg/L (0.5 mg/L), 1,000 µg/L (1 mg/L), และ 5,000 µg/L (5 mg/L)

2) ทำการตั้งโปรกแกรมการวิเคราะห์หาโลหะหนักในฝุ่นด้วยเครื่อง ICP-OES โดยทำการกำหนด Method ในโปรแกรมการวิเคราะห์ที่ As193.698, Cd226.502, Cr267.716, Pb220.353 และ Hg194.159 กำหนดกำลังไฟระบบ (Power) ที่ 1,200 W กำหนดอัตราการไหลก๊าซ (Plasma gas) เข้าระบบด้วย Argon gas 99.999% ที่ 12 L/min, Nebulizer gas ที่ 0.5 L/min, Auxial gas ที่ 0.5 L/min, Pump rate ที่ 1 ml/min กำหนด late time ที่ 45 วินาที และเวลาล้าง (Wash) ที่ 45 วินาที ก่อนเปลี่ยนตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์แต่ละครั้ง (U.S. EPA, 2018)

โดยการตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนักในฝุ่นด้วยเครื่อง ICP-OES ยี่ห้อ analytikjena รุ่น Plasma Quant PQ 9000 Elite มีค่า LOD การวิเคราะห์โลหะหนัก As Cd Cr Pb และ Hg เท่ากับ 0.0133 mg/L, 0.0001 mg/L, 0.0007 mg/L, 0.0009 mg/L และ 0.0299 mg/L ตามลำดับ และมีค่า LOQ การวิเคราะห์โลหะหนัก As Cd Cr Pb และ Hg เท่ากับ 0.0398 mg/L, 0.0004 mg/L, 0.0022 mg/L, 0.0026 mg/L และ 0.0899 mg/L ตามลำดับ

3) เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วนำผลจากการวิเคราะห์มาทำการคำนวณหาความเข้มข้นของโลหะหนักในตัวอย่างตามแนวทางของ NIOSH method 7303 (NIOSH, 2003) ดังนี้

$$C = \frac{C_s V_s - C_b V_b}{L}, \text{ mg/m}^3 = \mu\text{g/L} \quad \text{.....สมการ (Eq.) 4}$$

เมื่อ C คือ ความเข้มข้นของโลหะหนักในตัวอย่าง (the concentration) (mg/m^3)

C_S คือ ความเข้มข้นโลหะหนักจากตัวอย่าง (the solution concentrations for the sample) (µg/mL)

C_b คือ ความเข้มข้นของโลหะหนักจากตัวอย่างเทียบ (the average media blank) (µg/mL)

V_S คือ ปริมาตรสุดท้ายของตัวอย่าง (the solution volumes of sample) (mL)

V_b คือ ปริมาตรสุดท้ายของตัวอย่างเทียบ (the solution volumes of media blank) (mL)

V คือ ปริมาตรอากาศในการเก็บตัวอย่าง (the air volume sampled) (L).

3.6.2 การเก็บตัวอย่างทางชีวภาพในพนักงาน

ในการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพในพนักงานโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมจะทำการเก็บตัวอย่าง “ปัสสาวะ (Urine)” เพื่อทำการวิเคราะห์หาโลหะหนักในร่างกาย (Omrane et al., 2018) โดยเก็บตัวอย่างในพนักงานที่อยู่ในเกณฑ์ (Criteria) ได้แก่ (1) พนักงานมีอายุ 18 ปี ขึ้นไป (2) ทำงานในฝ่ายการผลิตจาก 2 พื้นที่ คือ “พื้นที่เตรียมวัตถุดิบ” กับ “พื้นที่กระบวนการผลิต” (3) ทำงานมาแล้วต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 5 วันทำการ และ (4) เป็นพนักงานที่ยินดีและสมัครใจเข้าร่วมการศึกษาวิจัย โดยเก็บตัวอย่างปัสสาวะของพนักงานในเวลาหลังเลิกงานของวันสุดท้ายในการทำงานในสัปดาห์การทำงาน (วันศุกร์) ซึ่งเก็บตัวอย่างตามที่ระบุจำนวนตัวอย่างในข้อ 3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง (Sample) (3) การกำหนดขนาดตัวอย่างฯ นั้น

(1) การเตรียมความพร้อมกับพนักงานกลุ่มตัวอย่าง

แจ้งพนักงานกลุ่มตัวอย่างที่จะเก็บตัวอย่างปัสสาวะ ให้ควรงดการรับประทานอาหารทะเลหรือผลิตภัณฑ์จากทะเล อย่างน้อย 3 วัน ควรงดการใช้สาร/ยาฆ่าแมลงอย่างน้อย 7 วัน และควรงดการดื่มสุรา อย่างน้อย 3 วันก่อนทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ เพื่อให้สามารถแปลผลการวิเคราะห์โลหะหนักในปัสสาวะมีความน่าเชื่อถือว่าการที่พบโลหะหนักในปัสสาวะเกิดจากการสัมผัสจากการทำงาน

(2) การเก็บตัวอย่างปัสสาวะในพนักงานกลุ่มตัวอย่าง

(2.1) เมื่อพนักงานเลิกงาน จะให้มารับกระปุกพลาสติกเก็บปัสสาวะ ขนาด 50 มิลลิลิตร จากผู้วิจัยที่จุดนัดหมายไปทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะในห้องน้ำที่ใกล้ที่สุด (โดยอาจเก็บปัสสาวะก่อนทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามหรือหลังทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามแล้วเสร็จอย่างใดก็ได้)

(2.2) ผู้วิจัยทำการเก็บตัวอย่างจากพนักงาน พร้อมระบุข้อมูลตัวอย่างและทำการเก็บตัวอย่างในภาชนะเก็บความเย็นที่ 4 ^{O}C เพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง ก่อนนำไปทำการตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนักในห้องปฏิบัติการ

(3) **การตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะ**

ทำการตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะ ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS) ตามแนวทางของ NIOSH method No.8310 (NIOSH, 1994) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

<u>ขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างก่อนทำการวิเคราะห์</u>

1) นำปัสสาวะใส่ให้หลอด Centrifuge ปริมาตร 3 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนกับส่วนสารละลายปัสสาวะ ที่ความเร็ว 15,000-rpm centrifuge เป็นเวลา 5 นาที

2) ทำการปิเปต เอาสารละลายใสของปัสสาวะ ปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริก 99.99% ความเข้มข้น 1% เป็น 10 มิลลิลิตร (อัตราส่วน Urine 1 mL: HNO_3 2% 9 mL) ตามแนวทางการเตรียมตัวอย่างของ CDC: Urine. Multi-Element ICP-DRC-MS method No.3018.6-02 (15 element panel) and 3018A.4-02 (Total arsenic) (Caldwell, 2015)

3) ทำการกรองตัวอย่างด้วยไซลิงค์และชุดกรองและเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 ^{O}C

<u>ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่าง</u>

1) ทำการเตรียมสารละลายมาตรฐานโลหะหนักที่จะทำการวิเคราะห์ ได้แก่ As Pb Cd Hg และ Cr ที่ 8 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0.1 ppb, 1 ppb, 5 ppb, 10 ppb, 50 ppb,

100 ppb, 500 ppb และ 1,000 ppb และเตรียมสารละลายมาตรฐาน Base of Urine standard RCM ที่ 2 ระดับคือ RCM-I และ RCM-II และเตรียมสารละลายมาตรฐานเพื่อทดสอบความเที่ยงเครื่องมือคือ ISTD Mix 20 ppb โดยมีธาตุที่วิเคราะห์ได้แก่ Bi, Go, In, Li, Lu, Rh, Sc, และ Tb ในสารละลายกรดไนตริก 99.99% ความเข้มข้น 1% และเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 ^{O}C ในกล่องเก็บรักษาอุณหภูมิ

2) ส่งตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์หาโลหะหนักในปัสสาวะที่ “ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer – ICP-QMS และทำการวิเคราะห์หา Hg ในปัสสาวะที่ “ศูนย์อ้างอิงทางห้องปฏิบัติการและพิษวิทยา กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข” ด้วยเครื่อง Mercury analyzer; Direct Thermal Decomposition

3.6.3 การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม (Questionnaire in worker)

ในการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามเพื่อให้ทราบข้อมูลสถานะทางสุขภาพ หรือข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่อาจส่งผลต่อข้อมูลการวิเคราะห์ตัวอย่างโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะ เพื่อใช้ในการประเมินระดับความเสี่ยงทางสุขภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ (1) ข้อมูลส่วนบุคคล (2) ข้อมูลพฤติกรรมเสี่ยงการสัมผัสโลหะหนักและ (3) ข้อมูลสภาพแวดล้อมในสถานที่ทำงาน ตามรายละเอียดใน 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ข้อ 3.3.3 แบบสอบถาม (Questionnaire) โดยจะใช้เวลาในการตอบแบบสอบถามด้วยการสัมภาษณ์ประมาณ 5 - 10 นาทีต่อคน ในวันเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

ทั้งนี้ **สถานที่ในการเก็บตัวอย่างปัสสาวะและแบบสอบถาม** จะเป็นห้องหรือสถานที่โล่งในอาคาร มีโต๊ะและเก้าอี้นั่ง และใกล้ห้องน้ำพนักงานเพื่อความสะดวกในการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.6.4 การดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยในช่วงการแพร่ระบาดของโรค COVID-19 จะมีการปฏิบัติตามวิถีการทำงานแบบ New normal ดังนี้

(1) ก่อนเข้าพื้นที่จังหวัดเพื่อเก็บข้อมูลการวิจัยในโรงงานที่ยินดีให้เข้าเก็บข้อมูล จะต้องศึกษาประกาศของจังหวัดและปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

(2) ก่อนเข้าโรงงานที่จะทำการเก็บข้อมูลต้องศึกษาข้อปฏิบัติของโรงงานที่จะไปเก็บข้อมูลพร้อมปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด และทำการตรวจหาเชื้อ COVID-19 กับสถานพยาบาลที่รับตรวจวิเคราะห์หาเชื้อโรคก่อนจะเข้าโรงงาน 2 วัน (เนื่องจากการตรวจหาเชื้อ COVID-19 ใช้เวลา 2 วัน โดยรวมวันเก็บตัวอย่างและวันรอผลตรวจ) สำหรับนำผลการตรวจฯ แจ้งแก่โรงงานว่าไม่ได้ป่วยเป็นโรค COVID-19 ก่อนเข้าโรงงานเพื่อเก็บข้อมูลการวิจัย

(3) การปฏิบัติตนขณะเข้าทำการเก็บข้อมูลงานวิจัยในโรงงาน

(3.1) ปฏิบัติตามข้อกำหนดของโรงงานก่อนเข้าโรงงานเก็บข้อมูล ได้แก่ การสวมหน้ากากอนามัย การสแกนลงชื่อในระบบแอพพลิเคชันไทยชนะ การสแกนวัดอุณหภูมิร่างกาย การล้างมือด้วยเจลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป และอื่น ๆ ตามที่โรงงานกำหนด

(3.2) สวมใส่หน้ากากอนามัยตลอดเวลาที่อยู่ในโรงงาน รวมถึงล้างมือทุกครั้งด้วยสบู่หรือล้างมือด้วยเจลแอลกอฮอล์ฯ หลังการทำธุระส่วนตัว

(3.3) เว้นระยะห่าง (Social distance) ในระยะ 1 เมตร กับพนักงานกลุ่มตัวอย่างขณะทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถาม พร้อมจัดให้มีแอลกอฮอล์ฯ ณ จุดสัมภาษณ์และการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ รวมถึงสวมใส่หน้ากากอนามัยขณะสัมภาษณ์ตลอดเวลา และล้างมือด้วยแอลกอฮอล์ทุกครั้งเมื่อเสร็จกิจกรรมต่อคน

(3.4) หลังการเก็บตัวอย่างในทุกวัน ผู้วิจัยจะสแกนลงชื่อออกจากโรงงานในระบบแอพพลิเคชันไทยชนะ พร้อมทำความสะอาดเครื่องมือและร่างกายทันทีหลังถึงที่พัก

(4) ภายหลังการเก็บข้อมูลวิจัยในโรงงานแล้วเสร็จ เมื่อเดินทางกลับผู้วิจัยจะทำการตรวจหาเชื้อ COVID-19 ซ้ำอีกครั้ง ในกรณีที่จังหวัดดังกล่าวถูกประกาศเป็นพื้นที่ควบคุมสูงสุดในช่วงระหว่างการเก็บข้อมูลการวิจัยหรือตามประกาศของจังหวัดที่โรงงานนั้นตั้งอยู่ โดยหากโรงงานไม่ได้อยู่ในพื้นที่ดังกล่าวก็จะไม่ทำการตรวจซ้ำ เนื่องจากก่อนเข้าโรงงานใหม่ก็ต้องทำการตรวจโรคก่อนเข้าเก็บข้อมูลทุกครั้งอยู่แล้ว

3.6.5 การดำเนินการกรณีมีผู้ช่วยวิจัย “การศึกษานี้ไม่มีผู้ช่วยวิจัย เนื่องจากผู้วิจัยสามารถบริหารจัดการในการเก็บข้อมูลด้วยตนเองได้”

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

3.7.1 การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ (Health Risk Assessment)

การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ(Human Health Risk Assessment) ในการศึกษานี้ใช้แนวทางของ United States Environmental Protection Agency (US.EPA.) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (U.S. EPA, 2019) ดังนี้

(1) Hazard Identification ทำการระบุความเสี่ยงโดยเลือกโลหะหนักที่มีความเสี่ยงสูงต่อพนักงานที่อาจจะปนเปื้อนในพื้นที่การทำงานโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม **จำนวน 5 สาร** ได้แก่ สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) ปรอท (Hg) และโครเมียม (Cr)

(2) Dose-Response Assessment หรือ Toxicity Assessment ทำการประเมินระดับความเป็นพิษของโลหะหนัก 5 ชนิด ที่ถูกบ่งชี้จากการระบุความเสี่ยง โดยพิจารณาความเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogenic) ที่ต้องพิจารณาค่า Cancer slope factor (CSF) และสารไม่ก่อมะเร็ง (non-Carcinogenic) ที่ต้องพิจารณาค่า Reference Dose (RFD)

(3) Exposure Assessment ทำการประเมินการรับสัมผัสโลหะหนักจากฝุ่น $PM_{10-2.5}$ และ $PM_{2.5}$ ในสถานที่ทำงานซึ่งสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ช่องทางหลัก ได้แก่ การหายใจ (Inhalation) การกิน (Ingestion) และการดูดซึมผ่านทางผิวหนัง (Dermal) โดยการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในครั้งนี้ใช้แนวทางของ US.EPA. (Fang et al., 2013) ดังนี้

คำนวณใน**<u>กรณีไม่ก่อมะเร็ง (Non-carcinogenic)</u>** ด้วยการวิเคราะห์ค่า The average daily dose (ADD) ในสามช่องทางการสัมผัสคือ การหายใจ (ADD_{inh}) การกิน (ADD_{ing}) และการดูดซึมผ่านผิวหนัง (ADD_{derm}) จากสมการที่ 5-7

$$\mathrm{ADD_{ing}} = \frac{\mathrm{C\ x\ IngR\ x\ EF\ x\ ED}}{\mathrm{BW\ x\ AT}} \quad \text{..... สมการ (Eq.) 5}$$

$$\mathrm{ADD_{inh}} = \frac{\mathrm{C\ x\ InhR\ x\ EF\ x\ ED}}{\mathrm{BW\ x\ AT\ x\ PEF}} \quad \text{..... สมการ (Eq.) 6}$$

$$\mathrm{ADD_{derm}} = \frac{\mathrm{C\ x\ SA\ x\ SL\ x\ ABS\ x\ EF\ x\ ED}}{\mathrm{BW\ x\ AT}} \quad \text{..... สมการ (Eq.) 7}$$

คำนวณใน**<u>กรณีก่อมะเร็ง (Carcinogenic)</u>** ด้วยการวิเคราะห์ค่า Chronic Daily Intake (CDI) ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ทำการประเมินการรับสัมผัสในทั้ง 3 ช่องทางได้แก่ การหายใจ (CDI_{inh}) การกิน (CDI_{ing}) และการดูดซึมผ่านผิวหนัง (CDI_{derm}) จากสมการที่ 8-10

$$\mathrm{CDI_{ing}} = \frac{\mathrm{C \times IngR \times EF \times ED_c \times ET \times CF}}{\mathrm{BW \times AT_c}} \quad \text{..... สมการ (Eq.) 8}$$

$$\mathrm{CDI_{inh}} = \frac{\mathrm{C \times InhR \times EF \times ED_c \times ET \times CF}}{\mathrm{BW \times AT_c \times PEF}} \quad \text{..... สมการ (Eq.) 9}$$

$$\mathrm{CDI_{derm}} = \frac{\mathrm{C \times SA \times SL \times ABS \times EF \times ED_c \times ET \times CF}}{\mathrm{BW \times AT_c}} \quad \text{..... สมการ (Eq.) 10}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 6 ในการประเมินระดับการสัมผัสทั้งกรณีไม่ก่อมะเร็ง (Non-carcinogenic) และกรณีก่อมะเร็ง (Carcinogenic) ดังนี้

ตารางที่ 6 ตารางสรุปค่าอ้างอิงตามตัวแปรการคำนวณการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ

Parameter	Description	Unit	Value	Reference
ADD_{inh}	the average daily dose of inhalation	mg/Kg.day	-	-
ADD_{ing}	the average daily dose of ingestion	mg/Kg.day	-	-
ADD_{derm}	the average daily dose of dermal absorption	mg/Kg.day	-	-
CDI	The Chronic Daily Intake	mg/Kg.day	-	-

Parameter	Description	Unit	Value	Reference
C	Heavy metal concentration in dust $PM_{10-2.5}$ or $PM_{2.5}$	$\mu g/m^3$	-	Sampling in this study
IngR	The intake rate	mg/day	100	(PCD, 2020b)
PEF	Paticle emission factor	m^3/Kg	$1.36x10^9$	
SA	The exposure skin area	cm^2	2,253	
SL	The skin adherence factor	$mg/cm^2.day$	0.2	
ABS	Dermal absorption factor	-	0.001	
EF	Exposure frequency	Days/year	250	
ED	- Exposure duration for non-carcinogen	Years	10	
ED_C	- Exposure duration for carcinogen	Years	30	
AT	- Average time for non-carcinogen	Days	3,650	
AT_C	- Average time for carcinogen (70 years x 365 days)	Days	25,550	
CF	Conversion factor (1Years/8,760 hr.)	Year/hr.	$1.14x10^{-4}$	
InhR	Inhalation rate	m^3/day	20	(Černá et al., 1998)
BW	Average bodyweight	Kg	62.45	From questionnaire
ET	Exposure Time	hr/days	8	From questionnaire

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(4) Risk Characterization การประเมินระดับความเสี่ยงทางสุขภาพ ใน**<u>กรณีไม่ก่อมะเร็ง (Non-Carcinogenic)</u>** จะคำนวณ The Hazard Quotient (HQ) และผลรวมความเสี่ยงจาก The Hazard Index (HI) จากสมการ

$$HQ = \frac{ADD}{RfD}$$ ..... สมการ **(Eq.) 11**

$$HI = \sum HQ$$ ..... สมการ **(Eq.) 12**

เมื่อ ADD คือ the average daily dose (mg/Kg.day), RfD คือ Reference Dose, **(**mg/Kg.day**);** for metals from reference by US.EPA. หรือจากงานวิจัย (รายละเอียดดังในตารางที่ 5) และ HQ คือ The Hazard Quotient (by US.EPA. method) แปลผลการวิเคราะห์ค่า HQ และ HI เหมือนกัน คือ HQ $\leq$1 ไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ HQ >1 มีความเสี่ยงและอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ และ HQ >10 มีความเสี่ยงและอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพแบบเรื้อรัง

ใน**<u>กรณีก่อมะเร็ง (Carcinogenic)</u>** จะคำนวณ Cancer Risk (CR) โดยวิเคราะห์ได้จากสมการ

CR = CDI x CSF ..... สมการ **(Eq.) 13**

เมื่อ CDI คือ The Chronic Daily Intake, (mg/Kg.day), CSF = The cancer slope factor (mg/Kg.day), CR = The cancer risk (by US.EPA. method) และการแปลผล CR $\leq 1x10^{-6}$ ไม่น่าเกิดผลกระทบต่อสุขภาพในกรณีก่อมะเร็ง และ CR $>1x10^{-6}$ มีโอกาสเกิดผลกระทบต่อสุขภาพในกรณีก่อมะเร็ง ทั้งนี้ หากค่า CR อยู่ระหว่าง 10^{-6} ถึง 10^{-4} ถือว่าโอกาสที่จะเกิดผลกระทบต่อสุขภาพในกรณีก่อมะเร็งนั้นยังยอมรับได้ (acceptable or tolerable threshold limit value) (Ahmed et al., 2020; U.S. EPA, 2004)

3.7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistical analysis)

การศึกษาวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม SPSS version 28 ภายใต้ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าสัดส่วน/ร้อยละ ค่ากลางของข้อมูลและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ฯลฯ รวมถึงการวิเคราะห์เปรียบเทียบชุดข้อมูลและหาความสัมพันธ์ ได้แก่ (1) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ t-test หรือ One-way ANOVA และ (2) การหาความสัมพันธ์ด้วยสถิติ Multiple linear regression analysis

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.8 การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะเก็บเป็นความลับ ด้วยการเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลเฉพาะหากอยู่ในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์เอกสารทุกฉบับที่มีข้อมูลส่วนบุคคลที่จะสามารถบ่งชี้ตัวบุคคลได้จะทำการตั้งรหัสเข้าเปิดเอกสาร และหากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

3.9 ข้อจำกัดในการศึกษาวิจัยที่อาจจะเกิดขึ้น

1) โรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมโครงการจะต้องได้ความยินยอมของเจ้าของโรงงานจึงจะมีสิทธิเข้าทำการศึกษา ต้องใช้เวลาในการประสานงานเพื่อหาโรงงานที่เข้าร่วมการศึกษาวิจัย

2) โรงงานฯ ที่ยินดีเข้าร่วมการศึกษาวิจัย มีจำนวนพนักงานในกระบวนการผลิตไม่เพียงพอต่อจำนวนเป้าหมายการเก็บข้อมูล ต้องทำการประสานงานโรงงานเพิ่มใหม่ที่มีจำนวนพนักงานเพียงพอในการเก็บข้อมูลแบบสอบถามและตัวอย่างปัสสาวะ

3.10 งบประมาณในการศึกษาวิจัย

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีค่าใช้จ่ายเพื่อการดำเนินการ ได้แก่ ค่าจัดทำวิทยานิพนธ์ ค่าสำเนาเอกสาร ค่าอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่าง ค่าสารเคมี ค่าตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง ค่าชดเชยการเสียเวลาสำหรับผู้ร่วมวิจัย ค่าที่พักและค่าเดินทาง และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ โดยปัจจุบันได้รับการอุดหนุนงบประมาณจากแหล่งทุน ได้แก่

1) ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต จาก ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 20,000 บาท (สองหมื่นบาทถ้วน)

2) ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต ครั้งที่ 3 ประจำปีงบประมาณ 2563 จาก บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 45,000 บาท (สี่หมื่นห้าพันบาทถ้วน) เลขที่รหัสทุน Grant No. GCUGR1225633035M

และ 3) ทุนส่วนตัว

3.11 แผนการศึกษาวิจัย (Timeline of study)

ตารางที่ 7 ***แผนการศึกษาวิจัย***

รายการกิจกรรม	**กำหนดแผนการดำเนินงาน (Work planning)**										
	พ.ศ.2563 (2020 A.D.)						**พ.ศ.2564 (2021 A.D.)**				
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun-Dec	Jan	Feb	Mar-Sep	Oct-Nov	Dec
1.การทบทวนวรรณกรรมและกำหนดประเด็นปัญหา	—	—	—								
2.การสอบกรอบวิทยานิพนธ์				—	—						
3.ส่งงานวิจัยให้คณะกรรมการจริยธรรมฯ						—	—	—			
4.การเก็บข้อมูลและตัวอย่าง									—	—	
5.การวิเคราะห์ข้อมูลและตัวอย่าง										—	
6.การสอบวิทยานิพนธ์											—
7.การนำเสนอผลการศึกษาในการประชุมนานาชาติ											—

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการศึกษา

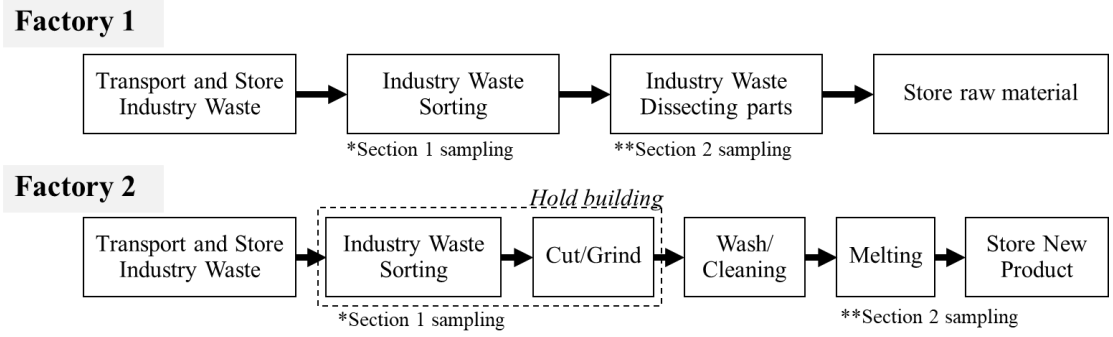
ในการศึกษาการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสฝุ่นและโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม (HEALTH RISK ASSESSMENT OF WORKER EXPOSED TO PARTICULATE MATTER AND HEAVY METALS IN INDUSTRIAL WASTE DISPOSAL PLANT) มีผลการศึกษาวิจัยดังนี้

4.1 ข้อมูลทั่วไปและกระบวนการทำงานของโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรมกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีโรงงานอาสาสมัครเป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อการศึกษาวิจัยจำนวน 2 แห่ง เป็นโรงงานที่ขึ้นทะเบียนและดำเนินกิจการถูกต้องตามกฎหมาย ได้แก่ โรงงานที่ 1 (Factory 1) ตั้งอยู่ที่อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี เป็นโรงงานที่ขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรมกลุ่มประเภท 101 และ 105 โดยรับกากของเสียอุตสาหกรรมประเภทพลาสติก กล่องกระดาษ ขวดแก้ว เศษเหล็ก ขี้กลึง และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่ใช้แล้ว มาทำการคัดแยกและแยกชิ้นส่วนเพื่อเอาวัสดุมีค่าเพื่อจำหน่ายต่อไป และโรงงานที่ 2 (Factory 2) ตั้งอยู่ที่อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นโรงงานที่ขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรมกลุ่มประเภท 105 ทำการรับกากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและจากบริษัทที่รับซื้อเศษวัสดุจำพวกพลาสติกมาทำการคัดแยก บดละเอียด ล้างทำความสะอาดและทำการหลอมเป็นเม็ดพลาสติกและส่งจำหน่ายเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับการนำไปผลิตขั้นต่อไป (ดังรูปที่ 13)

โรงงานที่ 1 (Factory 1)

โรงงานที่ 2 (Factory 2)



รูปที่ 13 แสดงโรงงานและกระบวนการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรมของโรงงานกลุ่มตัวอย่าง

โรงงานกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 แห่งที่เข้าร่วมการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ประกอบกิจการในการรับกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมมาเป็นระยะเวลามากกว่า 10 ปี โดยผู้ประกอบการได้ให้ข้อมูลการรับกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมต่อปีย้อนหลัง 3 ปี โดยเฉลี่ยสามารถจัดกากกากอุตสาหกรรมรวมประมาณ 1 ตัน/ปี ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ข้อมูลปริมาณรับกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมโรงงานกลุ่มตัวอย่าง

Factory	Waste treatment (Tons/Years)		
	2019	2020	2021*
Factory 1, Chonburi	1.52	1.88	1.36
Factory 2, Suphanburi	1.32	1,61	1.03

**Data until 31 October 2021*

การลงพื้นที่ทำการเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เนื่องด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด19 (COVID-19) ในประเทศไทยที่มีความรุนแรงตั้งแต่เมษายน 2563 เป็นต้นมาและมีการระบาดรุนแรงในหลายระลอกส่งผลให้การประสานงานเพื่อเข้าเก็บตัวอย่างไม่เป็นไปตามแผนและเป้าหมายที่กำหนด ทั้งนี้ โรงงานกลุ่มตัวอย่างที่ยินดีเป็นอาสาสมัครและยินดีให้เข้าทำการเก็บข้อมูลอนุญาตให้เข้าทำการเก็บข้อมูลในโรงงานที่ 1 (Factory 1) ระหว่างวันที่ 4 - 8 ตุลาคม 2564 และโรงงานที่ 2 (Factory 2) อนุญาตให้เข้าทำการเก็บข้อมูลในระหว่างวันที่ 1 - 5 พฤศจิกายน 2564 มีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้ง (1) ฝุ่นละอองในสถานที่ทำงานทั้งขนาด $PM_{10-2.5}$ และ $PM_{2.5}$ ในแบบ Area sample และ Personal sample จำนวน 5 วันทำการ (2) การเก็บตัวอย่างปัสสาวะในรูปแบบ “End the work week (เก็บในช่วงหลังเลิกงานในวันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงาน)” และ (3) การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม ซึ่งมีพนักงานกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการศึกษาวิจัยในโรงงานที่ 1 จำนวน 12 คน และโรงงานที่ 2 จำนวน 19 คน รวมทั้งหมด 31 คน รายละเอียดผลการศึกษาจะอธิบายในลำดับต่อไป

4.2 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงาน

การเก็บตัวอย่างฝุ่นในสถานที่ทำงานมีการเก็บฝุ่นทั้งขนาด $PM_{10-2.5}$ และ $PM_{2.5}$ ในแบบ Area sample และ Personal sample โดยทุกโรงงานจะทำการเก็บตัวอย่างแยก 2 แผนก (Section) โดยแผนกที่ 1 (Section 1) จะเป็นแผนกเกี่ยวกับการคัดแยกชนิดขยะ และแผนกที่ 2 (Section 2) จะเป็นกิจกรรมที่แต่ละโรงงานทำงานทั้งวันและดำเนินการทุกวันต่อเนื่อง โดยปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Respirable Particulate Matter: RPM ($PM_{10-2.5}$ and $PM_{2.5}$)) ในสถานที่ทำงานในโรงงานกลุ่มตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวมจากทั้ง 2 โรงงานพบว่าฝุ่นขนาด $PM_{10-2.5}$ (แบบ Area sample) เฉลี่ยเท่ากับ 14.93+3.70 $\mu g/m^3$, $PM_{10-2.5}$ (แบบ Personal sample) เฉลี่ยเท่ากับ 37.89+33.99 $\mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ (แบบ Area sample) เฉลี่ยเท่ากับ 35.77+11.31 $\mu g/m^3$ และ $PM_{2.5}$ (แบบ Personal sample)

เฉลี่ยเท่ากับ 95.42+116.03 μg/m^3 โดยการสัมผัสฝุ่นละอองหากพิจารณาปริมาณการสัมผัสแยกตามขนาดพบว่าคนทำงานจะสัมผัสฝุ่น $PM_{2.5}$ มากกว่าฝุ่น $PM_{10-2.5}$ ในสถานที่ทำงาน ตามตารางที่ 9

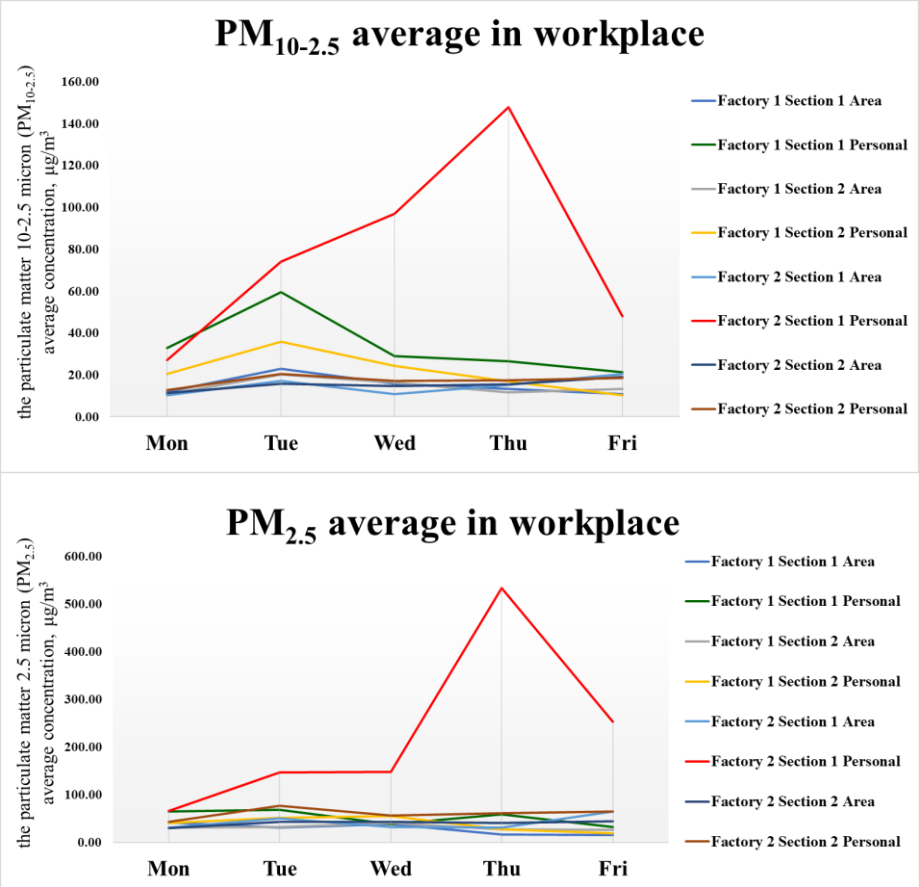
ทั้งนี้ หากทำการพิจารณาความเข้มข้นของฝุ่นละอองเฉลี่ย (±ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ในสถานที่ทำงานแยกโรงงานพบว่าใน**โรงงานที่ 1 (Factory 1)** ในแผนกที่ 1 (คัดดแยกขยะ) ในตัวอย่างแบบ area sample มี $PM_{10-2.5}$ เฉลี่ยเท่ากับ 14.97±4.86 μg/m^3, $PM_{2.5}$ เฉลี่ยเท่ากับ 28.56±12.29 μg/m^3 และในตัวอย่างที่เก็บแบบ personal sample ใน $PM_{10-2.5}$ เฉลี่ยเท่ากับ 33.83±14.98 μg/m^3, $PM_{2.5}$ เฉลี่ยเท่ากับ 52.82±15.80 μg/m^3 และในแผนกที่ 2 (แกะและแยกวัสดุมีค่าขยะอิเล็กทรอนิกส์หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า) ในตัวอย่างแบบ area sample มี $PM_{10-2.5}$ เฉลี่ยเท่ากับ 14.56±3.85 μg/m^3, $PM_{2.5}$ เฉลี่ยเท่ากับ 32.11±5.76 μg/m^3 และในตัวอย่างแบบ personal sample ใน PM_{10} เฉลี่ยเท่ากับ 21.63±9.51 μg/m^3, $PM_{2.5}$ เฉลี่ยเท่ากับ 38.90±15.09 μg/m^3 ตามลำดับ และใน**โรงงานที่ 2 (Factory 2)** ในแผนกที่ 1 (คัดแยกขยะและบดย่อยขยะ) ในตัวอย่างแบบ area sample ใน $PM_{10-2.5}$ เฉลี่ยเท่ากับ 14.85±4.30 μg/m^3, $PM_{2.5}$ เฉลี่ยเท่ากับ 42.00±15.18 μg/m^3 และในตัวอย่างแบบ personal sample ใน PM_{10} เฉลี่ยเท่ากับ 78.80±46.81 μg/m^3, $PM_{2.5}$ เฉลี่ยเท่ากับ 229.21±182.13 μg/m^3 และในแผนกที่ 2 (หลอมเม็ดพลาสติก) ในตัวอย่างแบบ area sample ใน $PM_{10-2.5}$ เฉลี่ยเท่ากับ 15.35±2.75 μg/m^3, $PM_{2.5}$ เฉลี่ยเท่ากับ 40.42±5.96 μg/m^3 และในตัวอย่างแบบ personal sample ใน $PM_{10-2.5}$ เฉลี่ยเท่ากับ 17.29±2.79 μg/m^3, $PM_{2.5}$ เฉลี่ยเท่ากับ 60.77±12.55 μg/m^3 ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละออง ($PM_{10-2.5}$, $PM_{2.5}$ และ PM_{10}) ในสถานที่ทำงาน

Factory	Section	Sample type	Average Particulate Matter (μg/m^3) ±SD		
			$PM_{10-2.5}$	$PM_{2.5}$	PM_{10}
Factory 1	Section 1 (Sorting)	Area	14.97 ± 4.86	28.56 ± 12.29	43.53 ± 14.37
		Personal	33.83 ± 14.98	52.82 ± 15.80	86.65 ± 28.31
	Section 2 (Dissecting part)	Area	14.56 ± 3.85	32.11 ± 5.76	46.67 ± 8.18
		Personal	21.63 ± 9.51	38.90 ± 15.09	60.53 ± 23.72
Factory 2	Section 1 (Sorting)	Area	14.85 ± 4.30	42.00 ± 15.18	56.85 ± 19.09
		Personal	78.80 ± 46.81	229.21 ± 182.13	308.01 ± 221.76
	Section 2 (Melting)	Area	15.35 ± 2.75	40.42 ± 5.96	55.76 ± 8.45
		Personal	17.29 ± 2.79	60.77 ± 12.55	78.06 ± 15.31
Average ± SD.		**Area**	**14.93 ± 0.32**	**35.77 ± 6.48**	**50.70 ± 6.61**
		Personal	**37.89 ± 28.16**	**95.42 ± 89.65**	**133.31 ± 116.97**
Average ± SD.			**26.41 ± 22.15**	**65.60 ± 60.93**	**92.01 ± 88.50**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และการสัมผัสฝุ่นละอองในแต่ละวันของคนทำงานจะพบว่าจะสัมผัสฝุ่นละอองในสถานที่ทำงานปริมาณน้อยในวันแรกและวันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงานและพบว่าสัมผัสฝุ่นปริมาณมากในช่วงกลางสัปดาห์ของการทำงาน ดังรูปที่ 13



รูปที่ 14 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงาน แยกตามโรงงาน พื้นที่ และขนาดของฝุ่นละอองที่สัมผัส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3 ความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นละอองในสถานที่ทำงาน

จากการการตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนักในตัวอย่างฝุ่นละออง (Respirable Particulate Matter; RPM (PM_{10} และ $PM_{2.5}$)) ในสถานที่ทำงาน จากโลหะหนักที่ให้ความสำคัญในการศึกษาจำนวน 5 สาร ได้แก่ สารหนู (Arsenic; As) แคดเมียม (Cadmium; Cd) ตะกั่ว (Lead; Pb) โครเมียม (Chromium; Cr) และสารปรอท (Mercury; Hg) นั้น ซึ่งจากการตรวจวิเคราะห์พบว่าทั้งโรงงาน 1 (Factory 1) และโรงงานที่ 2 (Factory 2) พบมีการปนเปื้อโลหะหนักจำนวน 3 ชนิดได้แก่ สารหนู (Arsenic; As) แคดเมียม (Cadmium; Cd) และตะกั่ว (Lead; Pb) ส่วนโครเมียม (Chromium; Cr) และสารปรอท (Mercury; Hg) ตรวจวิเคราะห์ไม่พบในตัวอย่างฝุ่นจากสถานที่ทำงาน

ซึ่งความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นจากสถานที่ทำงานโดยเฉลี่ยในโรงงานที่ 1 (Factory 1) ตรวจพบ As, Cd และ Pb ในตัวอย่างแบบ area sample มีความเข้มข้นเฉลี่ย 1.19 $\pm$ 0.09, 0.55 $\pm$ 0.06

และ 0.78 ± 0.14 µg/m^3 ในตัวอย่างแบบ personal sample มีความเข้มข้นเฉลี่ย 1.22 ± 0.08, 0.55 ± 0.08 และ 0.87 ± 0.12 µg/m^3 ตามลำดับ และในโรงงานที่ 2 (Factory 2) ตรวจพบ As, Cd และ Pb ในตัวอย่างแบบ area sample มีความเข้มข้นเฉลี่ย 0.55 ± 0.13, 0.51 ± 0.06 และ 0.38 ± 0.05 µg/m^3 ในตัวอย่างแบบ personal samples มีความเข้มข้นเฉลี่ย 0.58 ± 0.13, 0.53 ± 0.06 และ 0.42 ± 0.05 µg/m^3 ตามลำดับ รายละเอียดตามตารางที่ 10

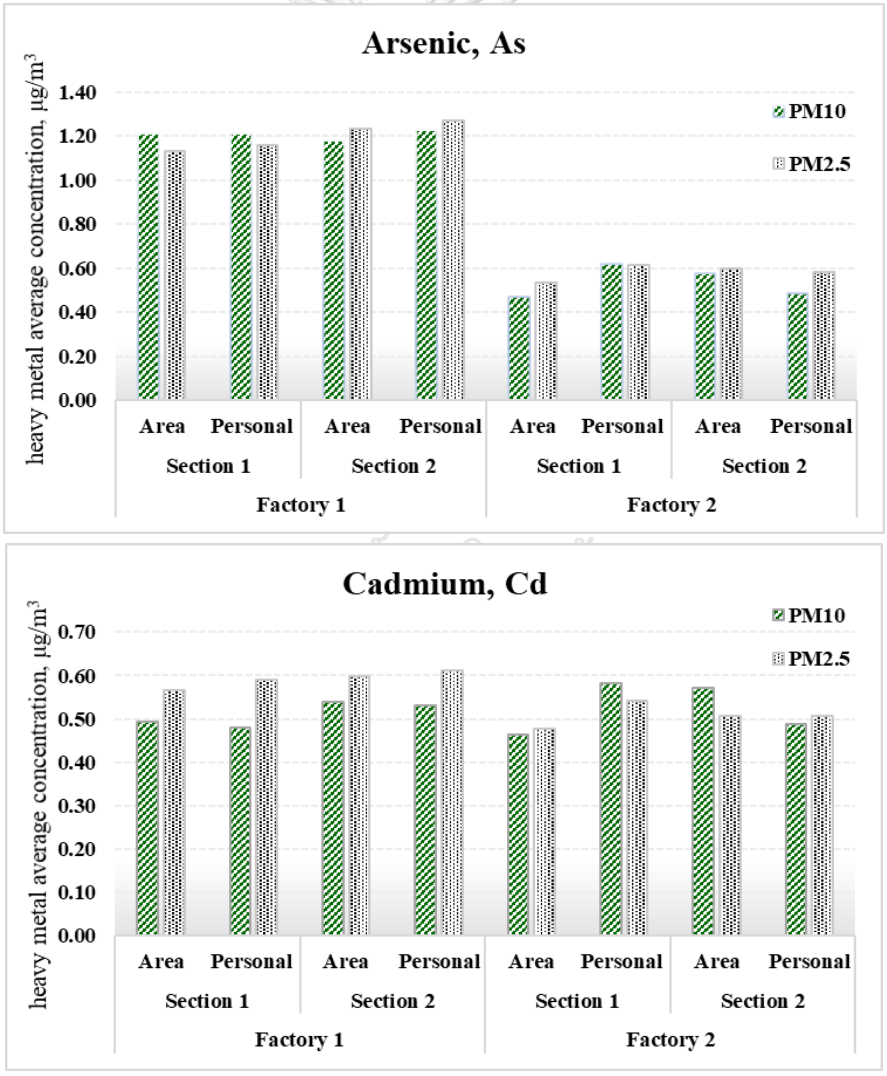
ตารางที่ 10 ***ความเข้มข้นเฉลี่ยโลหะหนักในฝุ่นละอองจากสถานที่ทำงานโรงงานกลุ่มตัวอย่าง***

Factory	Section	Sample type	Average Heavy metal concentration in RPM (µg/m^3) ±SD				
			As	Cd	Pb	Cr*	Hg*
Factory 1	Section 1	Area-$PM_{10-2.5}$	1.21 ± 0.08	0.49 ± 0.02	0.65 ± 0.06	<LOD	<LOD
		Area-$PM_{2.5}$	1.13 ± 0.06	0.57 ± 0.01	0.88 ± 0.03	<LOD	<LOD
		Personal-$PM_{10-2.5}$	1.21 ± 0.11	0.48 ± 0.09	0.78 ± 0.11	<LOD	<LOD
		Personal-$PM_{2.5}$	1.16 ± 0.07	0.59 ± 0.03	0.93 ± 0.06	<LOD	<LOD
	Section 2	Area-$PM_{10-2.5}$	1.18 ± 0.10	0.54 ± 0.07	0.66 ± 0.05	<LOD	<LOD
		Area-$PM_{2.5}$	1.23 ± 0.12	0.60 ± 0.03	0.94 ± 0.06	<LOD	<LOD
		Personal-$PM_{10-2.5}$	1.23 ± 0.05	0.53 ± 0.06	0.78 ± 0.10	<LOD	<LOD
		Personal-$PM_{2.5}$	1.27 ± 0.06	0.61 ± 0.03	0.98 ± 0.06	<LOD	<LOD
Factory 1		**Area**	**1.19 ± 0.09**	**0.55 ± 0.05**	**0.78 ± 0.14**	**<LOD**	**<LOD**
(Average ± SD.)		**Personal**	**1.22 ± 0.08**	**0.55 ± 0.08**	**0.87 ± 0.12**	**<LOD**	**<LOD**
Factory 2	Section 1	Area-$PM_{10-2.5}$	0.47 ± 0.10	0.46 ± 0.04	0.37 ± 0.05	<LOD	<LOD
		Area-$PM_{2.5}$	0.53 ± 0.12	0.48 ± 0.08	0.43 ± 0.03	<LOD	<LOD
		Personal-$PM_{10-2.5}$	0.62 ± 0.13	0.58 ± 0.02	0.39 ± 0.03	<LOD	<LOD
		Personal-$PM_{2.5}$	0.61 ± 0.16	0.54 ± 0.07	0.47 ± 0.02	<LOD	<LOD
	Section 2	Area-$PM_{10-2.5}$	0.58 ± 0.19	0.57 ± 0.02	0.32 ± 0.02	<LOD	<LOD
		Area-$PM_{2.5}$	0.60 ± 0.09	0.51 ± 0.08	0.38 ± 0.04	<LOD	<LOD
		Personal-$PM_{10-2.5}$	0.49 ± 0.12	0.49 ± 0.05	0.36 ± 0.04	<LOD	<LOD
		Personal-$PM_{2.5}$	0.58 ± 0.11	0.51 ± 0.08	0.43 ± 0.03	<LOD	<LOD
Factory 1		**Area**	**0.55 ± 0.13**	**0.50 ± 0.07**	**0.38 ± 0.05**	**<LOD**	**<LOD**
(Average ± SD.)		**Personal**	**0.58 ± 0.13**	**0.53 ± 0.06**	**0.41 ± 0.05**	**<LOD**	**<LOD**

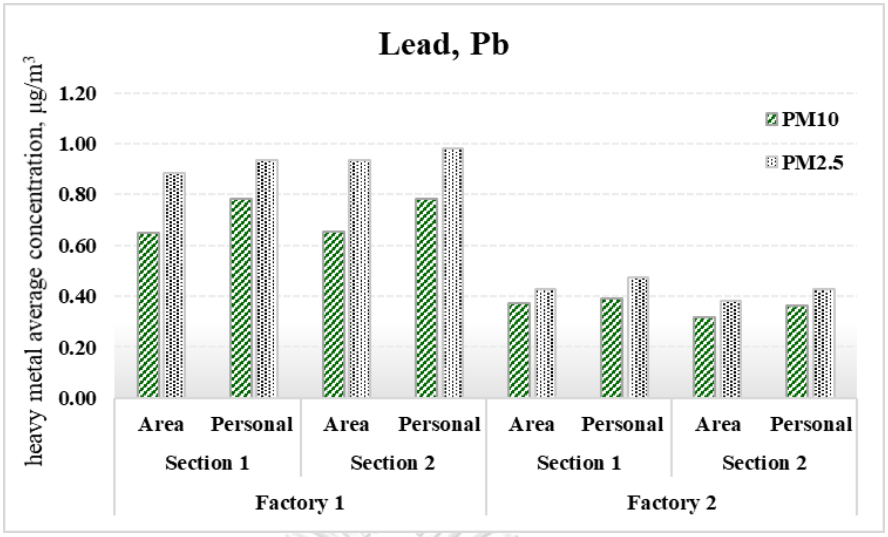
Note: *LOD = Low of detected by Cr (LOD=0.7µg/L) and Hg (LOD=29.9µg/L)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทั้งนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในสถานที่ทำงาน จะพบว่าโลหะหนักที่ตรวจพบทุกชนิดในโรงงาน 1 (Factory 1) จะมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงกว่าโรงงานที่ 2 (Factory 2) เนื่องจากชนิดของกากของเสียอุตสาหกรรมที่รับมาดำเนินการที่มีหลากหลายชนิดมากกว่าโรงงานที่ 2 ที่รับกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมเฉพาะพลาสติก และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโละหนักในตัวอย่างจะพบในตัวอย่างฝุ่นขนาด $PM_{2.5}$ มากกว่าในตัวอย่างฝุ่นขนาด $PM_{10\text{-}2.5}$ และจะพบความเข้มข้นของโลหะหนักในตัวอย่างที่เก็บแบบ Personal sample มากกว่าเก็บแบบ Area sample อาจเนื่องมาจากการที่คนงานจะมีการสัมผัสกากของเสียอตสาหกรรมโดยตรงจึงส่งผลให้การรับสัมผัสโลหะหนักในตัวอย่างแบบ Personal sample มีค่าเฉลี่ยของโลหะหนักสูงกว่าในตัวอย่างที่เก็บแบบ Area sample รายละเอียดดังรูปที่ 14



รูปที่ 15 แผนภูมิแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก (As, Cd, และ Pb) ในสถานที่ทำงาน



รูปที่ 15 แผนภูมิแสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนัก (As, Cd, และ Pb) ในสถานที่ทำงาน(ต่อ)

4.4 ระดับของโลหะหนักในร่างกายของพนักงาน

จากผลการวิเคราะห์หาโลหะหนักในปัสสาวะพนักงานอาสาสมัครจำนวน 31 คนที่เข้าร่วมโครงการศึกษาวิจัยพบว่าค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในปัสสาวะของพนักงานเฉลี่ยรวมของทั้ง 2 โรงงานที่ทำการวิเคราะห์หาโลหะหนักจำนวน 5 ชนิดได้แก่ As-total, Cr, Cd, Pb, และ Hg เท่ากับ 71.82 $\pm$ 66.63 µg/L, 0.95 $\pm$ 0.85 µg/L, 0.95 $\pm$ 0.88 µg/g.creatinine, 3.61 $\pm$ 8.78 µg/g.creatinine, และ 3.42 $\pm$ 10.16 µg/g.creatinine ตามลำดับ

หากพิจารณาแยกรายละเอียดตามโรงงาน ในโรงงานที่ 1 พนักงานตรวจพบว่า Total Arsenic (As-Total), Cr, Cd, Pb และ Hg พบมีค่าเฉลี่ย ($\pm$SD) อยู่ที่ 91.67$\pm$98.63 µg/L, 0.82$\pm$0.51 µg/L, 1.46$\pm$1.14 µg/g.creatinine, 8.83$\pm$12.70 µg/g.creatinine และ 7.80 $\pm$ 15.62 µg/g.creatinine ตามลำดับ โดยในการเก็บตัวอย่างครั้งนี้ มีพนักงานกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าสารหนู As-total ที่เป็นค่า Max ของโรงงานมีประวัติการรับประทานอาหารทะเลก่อนทำการเก็บตัวอย่าง 2 วัน ส่งผลให้ค่า $\pm$SD ของระดับสารหนูในรายงานผลการศึกษามีความแปรปรวนสูง และค่าความแตกต่างเกี่ยวกับความเข้มข้นของ Urine creatinine จึงส่งผลให้ ค่า $\pm$SD ของระดับสารตะกั่วและปรอทมีความแปรปรวนสูงกว่าค่าเฉลี่ย

ในข้อมูลรายงานระดับของโลหะหนักในร่างกายพนักงานโรงงานที่ 2 (Factory 2) พบว่า Total Arsenic (As-Total), Cr, Cd, Pb และ Hg พบมีค่าเฉลี่ย ($\pm$SD) อยู่ที่ 59.29$\pm$32.03 µg/L, 1.03$\pm$1.02 µg/L, 0.62$\pm$0.46 µg/g.creatinine, 0.31$\pm$0.52 µg/g.creatinine และ 0.66$\pm$1.50 µg/g.creatinine ตามลำดับ ทั้งนี้ ในข้อมูลพนักงานรายที่มีค่า As-total ในตัวอย่างปัสสาวะสูงนั้นมีประวัติในการรับประทานอาหารทะเลมาก่อนวันทำการเก็บตัวอย่าง 2 วันเช่นกัน แต่พนักงานรายอื่น ๆ ไม่ได้รับประทานอาหารทะเลจึงส่งผลให้ค่า $\pm$SD ไม่แปรปรวนสูงมากเหมือนกับโรงงานที่ 1 และหากเทียบ

ข้อมูลปริมาณโลหะหนักในร่างกายพนักงานจะพบว่าโรงงานที่ 1 (Factory 1) มีระดับโลหะหนักในร่างกายจากตัวอย่างปัสสาวะสูงกว่าโรงงานที่ 2 (Factory 2) รายละเอียดดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ปริมาณการรับสัมผัสโลหะหนัก (As, Cd, Pb, Cr, และ Hg) ในปัสสาวะของพนักงาน

Heavy metal	BEI in Urine		Factory 1			Factory 2			Average (+SD)
	Thai-BEI 2014	ACGIH 2021	Min	Max	Average (± SD)	Min	Max	Average (± SD)	
As[(a)]	35 µg/L[(b)]	35 µg/L[(b)]	11.73	348.09	91.67±98.63	11.57	121.36	59.29±32.03	71.82 ± 66.63
Cr	25 µg/L	0.7 µg/L	0.09	1.91	0.82±0.51	0.23	4.89	1.03±1.02	0.95 ± 0.85
Cd	5 µg/g.cre	5 µg/g.cre	0.35	4.37	1.46±1.14	0.19	1.72	0.62±0.46	0.95 ± 0.88
Hg	20 µg/g.cre	20 µg/g.cre	ND	48.84	7.80±15.62	ND	6.73	0.66±1.50	3.61 ± 8.78
Pb[(c)]	NA	NA	0.95	47.80	8.83±12.70	0.01	2.02	0.31±0.52	3.42 ± 10.16

Note: NA= Not Available, ND=Not Detected, BEI= Biological Exposure Indices, Thai-BEI=Thailand of Biological Exposure Indices (Department of Disease Control, 2014), ACGIH= the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 2021), (a) = Arsenic reported in "total-arsenic (As-total)" and used BEI was 100 µg/L of urine (sum of all metabolites) from WorkSafe New Zealand. (WorkSafe New Zealand, 2018), (b) = Arsenic for Inorganic in urine, (c) = used BEI for Lead (Pb) was 150 µg/g.creatinine of urine from Guidelines on Medical Surveillance Malaysia. (Ministry of Human Resources Malaysia, 2001)

4.5 การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ (Health risk assessment)

ในการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพตามแนวทางของ U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA, 2019, 2021) ซึ่งในการศึกษานี้ทำการประเมินระดับความเสี่ยงทั้งในแบบไม่ก่อมะเร็ง (Non-carcinogenic risk) และแบบก่อมะเร็ง (Carcinogenic risk) ในการรับสัมผัสโลหะหนักจากการทำงานในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม (Industrial waste treatment) ซึ่งมีโลหะหนักที่ทำการประเมินได้แก่ As, Cd, Pb, Cr, และ Hg แต่จากข้อมูลผลการตรวจวัดหาโลหะหนักในตัวอย่างฝุ่นละอองในสถานที่ทำงานในทั้ง 2 โรงงานตรวจไม่พบ Cr และ Hg (ตารางที่ 10) ดังนั้น การประเมินระดับความเสี่ยงทางสุขภาพจึงจะมีผลเฉพาะในโลหะหนักที่ทำการตรวจพบ

ในการประเมินปริมาณการรับสัมผัสในกรณีไม่ก่อมะเร็ง(Non-carcinogenic risk) ด้วยการคำนวณค่า The Average Daily Dose (ADD) และกรณีก่อมะเร็ง (Carcinogenic risk) ด้วยการคำนวณค่า The Chronic Daily Intake (CDI) ซึ่งการประเมินปริมาณการรับสัมผัสจะทำการประเมินการรับสัมผัสในทั้ง 3 ช่องทางได้แก่ (1) การรับสัมผัสผ่านทางการรับประทาน (Ingestion/Oral route) (2) การรับสัมผัส

ผ่านทางการหายใจ (Inhalation route) และ (3) การรับสัมผัสผ่านทางการดูดซึมทางผิวหนัง (Dermal/Skin absorption route) และใช้ค่า Reference dose (RfD) ประเมินระดับความเสี่ยงกรณีไม่ก่อมะเร็งคำนวณค่า The Hazard Quotient (HQ) และ The Hazard Indices (HI) และใช้ค่า Cancer slope factor (CSF) ประเมินระดับความเสี่ยงกรณีก่อมะเร็งคำนวณค่า Cancer Risk (CR) จากตารางที่ 5 (บทที่ 2) มาใช้ในการคำนวณ

จากการประเมินระดับความเสี่ยงกรณีไม่ก่อมะเร็ง (Non-carcinogenic risk) พบว่าโลหะหนักที่มีค่า The Hazard Quotient (HQ) และ The Hazard Indices (HI) ได้แก่ As และ Cd ที่มีค่า HQ และ HI มากกว่า 1 ในช่องทางการสัมผัสผ่านทางการรับประทาน (Ingestion/Oral route) ส่วนช่องทางการสัมผัสอื่นมีค่าน้อยกว่า 1 (ตารางที่ 12) โดยค่า $HQ_{Ing/Oral}$ ของ As ที่มีค่ามากกว่า 1 ในโรงงานที่ 1 (Factory 1) และโรงงานที่ 2 (Factory 2) ในตัวอย่างฝุ่นขนาด $PM_{10-2.5}$ ในตัวอย่างแบบ area sample มีค่า 4.376 และ 1.921 ในตัวอย่างแบบ personal sample มีค่า 4.458 และ 2.021, และในตัวอย่างฝุ่นขนาด $PM_{2.5}$ ในตัวอย่างแบบ area sample มีค่า 4.324 และ 2.064 ในตัวอย่างแบบ personal sample มีค่า 4.445 และ 2.188 ตามลำดับ และในค่า $HQ_{Ing/Oral}$ ของ Cd ที่มีค่ามากกว่า 1 ในโรงงานที่ 1 (Factory 1) และโรงงานที่ 2 (Factory 2) ในตัวอย่างฝุ่นขนาด $PM_{10-2.5}$ ในตัวอย่างแบบ area sample มีค่า 1.132 และ 1.135 ในตัวอย่างแบบ personal sample มีค่า 1.108 และ 1.171, และในตัวอย่างฝุ่นขนาด $PM_{2.5}$ ในตัวอย่างแบบ area sample มีค่า 1.276 และ 1.080 ในตัวอย่างแบบ personal sample มีค่า 1.319 และ 1.150 ตามลำดับ

และในการประเมินค่าความเสี่ยงสะสมพบว่า The Hazard Indices (HI) ของ As และ Cd มีค่ามากกว่า 1 เช่นกัน โดยค่า HI ในโรงงานที่ 1 (Factory 1) และโรงงานที่ 2 (Factory 2) ในตัวอย่างฝุ่นขนาด $PM_{10-2.5}$ ในตัวอย่างแบบ area sample มีค่า As (4.384 และ 1.925) และ Cd (1.642 และ 1.646), ในตัวอย่างแบบ personal sample มีค่า As (4.465 และ 2.024) และ Cd (1.607 และ 1.698), และในตัวอย่างฝุ่นขนาด $PM_{2.5}$ ในตัวอย่างแบบ area sample มีค่า As (4.332 และ 2.067) และ Cd (1.850 และ 1.566),ในตัวอย่างแบบ personal sample มีค่า As (4.453 และ 2.191) และ Cd (1.913 และ 1.669) ตามลำดับ ทั้งนี้ถ้าหากทำการเรียงลำดับระดับความเสี่ยงในการรับสัมผัสโลหะหนักในสถานที่ทำงานที่มีค่ามากกว่า 1 ในตัวอย่างฝุ่นในสถานที่ทำงานแบบต่าง ๆ จากระดับความเสี่ยงสูงไปหาน้อยสามารถจัดลำดับได้ดังนี้ $\sum HI_{Total}(PM_{2.5}$ of Personal sample) > $\sum HI_{Total}(PM_{2.5}$ of Area sample)> $\sum HI_{Total}(PM_{10-2.5}$ of Personal sample) > $\sum HI_{Total}(PM_{10-2.5}$ of Area sample) รายละเอียดดังตารางที่ 12

และจากการประเมินระดับความเสี่ยงกรณีก่อมะเร็ง (Carcinogenic risk) พบว่าค่า The Cancer Risk (CR) ของสาร As, Cd และ Pb มีค่าเกิน $CR>10^{-6}$ ในช่องทางการรับสัมผัสการรับประทาน (Ingestion/Oral route) และพบว่า As มีค่า $CR>10^{-6}$ ในช่องทางการรับสัมผัสการดูดซึมผ่านทางผิวหนังในทั้ง 2 โรงงาน รายละเอียดดังตารางที่ 13 โดยค่า the cancer risk (CR) ที่มีค่ามากกว่า $CR>10^{-6}$ (U.S.

EPA, 2019) แสดงให้เห็นถึงการรับสัมผัสสารโลหะหนังในสถานที่ทำงานของพนักงานโรงงานกลุ่มตัวอย่างมีระดับความเสี่ยงที่อาจจะก่อให้เกิดมะเร็งได้หากรับสัมผัสเป็นระยะเวลานานโดยขาดมาตรการการป้องกัน

ทั้งนี้ค่า The cancer risk (CR) ของโลหะหนัก As, Cd, และ Pb ในช่องทางการสัมผัสผ่านการรับประทาน (Ingestion/oral route) ที่มีค่า CR>10^{-6} ในโรงงานที่ 1 และโรงงานที่ 2 ในฝุ่นละอองขนาด $PM_{10-2.5}$ ในตัวอย่างแบบ area sample มีค่า As (8.44x10^{-4} และ 3.71x10^{-4}), Cd (9.22x10^{-5} และ 9.24x10^{-5}), และ Pb (2.61x10^{-6} และ 1.38x10^{-6}), ในตัวอย่างแบบ personal sample มีค่า As(8.60x10^{-4} และ 3.90x10^{-4}), Cd (9.02x10^{-5} และ 9.53x10^{-5}), และ Pb (3.13x10^{-6} และ 1.51x10^{-6}) และในตัวอย่างฝุ่นขนาด $PM_{2.5}$ ในตัวอย่างแบบ area sample มีค่า As (8.34x10^{-4} และ 3.98x10^{-4}), Cd (1.04x10^{-4} และ 8.79x10^{-5}), และ Pb (3.63x10^{-6} และ 1.62x10^{-6}), ในตัวอย่างแบบ personal sample มีค่า As (8.57x 10^{-4} และ 4.22x10^{-4}), Cd (1.07x10^{-4} และ 9.37x10^{-5}), และ Pb (3.82x10^{-6} และ 1.80x10^{-6}) ตามลำดับ

และกรณีที่ค่า CR ของ As ที่มีค่ามากกว่า CR>10^{-6} ในช่องทางการสัมผัสการดูดซึมทางผิวหนัง (dermal/skin absorption route) ในโรงงานที่ 1 และโรงงานที่ 2 ที่พบในตัวอย่างฝุ่นขนาด $PM_{10-2.5}$ ในตัวอย่างแบบ area sample มีค่า As (3.80x10^{-6} และ 1.67x10^{-6}), ในตัวอย่างแบบ personal sample มีค่า As (3.87x10^{-6} และ 1.76x10^{-6}) และในตัวอย่างฝุ่นขนาด $PM_{2.5}$ ในตัวอย่างแบบ area sample มีค่า As (3.76x10^{-6} และ 1.79x10^{-6}), ในตัวอย่างแบบ personal sample มีค่า As (3.86x10^{-6} และ 1.90x10^{-6}) ตามลำดับ และเมื่อทำการเรียงระดับความเสี่ยงกรณีก่อมะเร็งในการรับสัมผัสสารโลหะหนักในสถานที่ทำงานจากตัวอย่างฝุ่นขนาดต่าง ๆ และรูปแบบการเก็บตัวอย่างสามารถเรียงระดับความเสี่ยงของ Cancer Risk (CR) จากระดับเสี่ยงสูงไปยังระดับความเสี่ยงต่ำได้ดังนี้ $CR_{Average}$($PM_{2.5}$ of Personal sample) > $CR_{Average}$($PM_{2.5}$ of Area sample) > $CR_{Average}$($PM_{10-2.5}$ of Personal sample) > $CR_{Average}$($PM_{10-2.5}$ of Area sample) ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายละเอียดผลการคำนวณการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการสัมผัสโลหะหนักจากฝุ่นในสถานที่ทำงานในกรณีไม่ก่อมะเร็ง (non-carcinogenic) และกรณีก่อมะเร็ง (carcinogenic) ของทั้ง 2 โรงงาน โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโลหะหนักที่ตรวจพบแยกตามประเภทของตัวอย่างคือการเก็บแบบ Area sampling และการเก็บตัวอย่างแบบ Personal sampling ดังข้อมูลในตารางที่ 12 และ 13

ตารางที่ 12 การประเมินระดับความเสี่ยง (The risk characterization) ของ Non-carcinogenic (HQ และ HI)

Factory	Sample site	Heavy metal	The Average Daily Dose (ADD)			The Hazard Quotient (HQ)			HI	∑HI Total	HI Average	95% CI Lower-Upper
			$ADD_{Ing/Oral}$	ADD_{Inha}	ADD_{Dermal}	$HQ_{Ing/Oral}$	HQ_{Inha}	HQ_{Dermal}				
Factory 1	$PM_{10-2.5}$ of Area sample	As	1.31×10^{-3}	1.93×10^{-13}	5.92×10^{-6}	4.376	-	0.007	4.384			
		Cd	5.66×10^{-4}	8.32×10^{-14}	2.55×10^{-6}	1.132	-	0.510	1.642			
		Pb	7.16×10^{-4}	1.05×10^{-13}	3.23×10^{-6}	0.205	-	0.006	0.211	6.237		
		Cr	-	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-	-		2.119	0.046-2.073
	$PM_{2.5}$ of Area sample	As	1.30×10^{-3}	1.91×10^{-13}	5.85×10^{-6}	4.324	-	0.007	4.332			
		Cd	6.38×10^{-4}	9.38×10^{-14}	2.87×10^{-6}	1.276	-	0.575	1.850			
		Pb	1.00×10^{-3}	1.47×10^{-13}	4.49×10^{-6}	0.285	-	0.009	0.293	6.475		
		Cr	-	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-	-			
	$PM_{10-2.5}$ of Personal sample	As	1.34×10^{-3}	1.97×10^{-13}	6.03×10^{-6}	4.458	-	0.008	4.465			
		Cd	5.54×10^{-4}	8.15×10^{-14}	2.50×10^{-6}	1.108	-	0.499	1.607			
		Pb	8.59×10^{-4}	1.26×10^{-13}	3.87×10^{-6}	0.245	-	0.007	0.253	6.325		
		Cr	-	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-	-			
	$PM_{2.5}$ of Personal sample	As	1.33×10^{-3}	1.96×10^{-13}	6.01×10^{-6}	4.445	-	0.008	4.453		2.167	0.047-2.119
		Cd	6.59×10^{-4}	9.69×10^{-14}	2.97×10^{-6}	1.319	-	0.594	1.913			
		Pb	1.05×10^{-3}	1.54×10^{-13}	4.73×10^{-6}	0.300	-	0.009	0.309	6.674		
		Cr	-	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-	-			

Note: “-“ = Not calculated because not detected heavy metal in sample and reference dose value not available.

ตารางที่ 12 การประเมินระดับความเสี่ยง (The risk characterization) ของ Non-carcinogenic (HQ และ HI) *(ต่อ)*

Factory	Sample site	Heavy metal	The Average Daily Dose (ADD)			The Hazard Quotient (HQ)			HI	∑HI	HI	95% CI
			$ADD_{Ing/Oral}$	ADD_{Inha}	ADD_{Dermal}	$HQ_{Ing/Oral}$	HQ_{Inha}	HQ_{Dermal}		Total	Average	Lower-Upper
Factory 2	$PM_{10-2.5}$ of Area sample	As	5.76×10^{-4}	8.48×10^{-14}	2.60×10^{-6}	1.921	-	0.003	1.925			
		Cd	5.67×10^{-4}	8.34×10^{-14}	2.56×10^{-6}	1.135	-	0.511	1.646			
		Pb	3.79×10^{-4}	5.57×10^{-14}	1.71×10^{-6}	0.108	-	0.003	0.112	3.682		
		Cr	-	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-	-		1.241	0.139-1.102
	$PM_{2.5}$ of Area sample	As	6.19×10^{-4}	9.10×10^{-14}	2.79×10^{-6}	2.064	-	0.003	2.067			
		Cd	5.40×10^{-4}	7.94×10^{-14}	2.43×10^{-6}	1.080	-	0.486	1.566			
		Pb	4.46×10^{-4}	6.55×10^{-14}	2.01×10^{-6}	0.127	-	0.004	0.131	3.765		
		Cr	-	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-	-			
	$PM_{10-2.5}$ of Personal sample	As	6.06×10^{-4}	8.91×10^{-14}	2.73×10^{-6}	2.021	-	0.003	2.024			
		Cd	5.85×10^{-4}	8.61×10^{-14}	2.64×10^{-6}	1.171	-	0.528	1.698			
		Pb	4.14×10^{-4}	6.09×10^{-14}	1.87×10^{-6}	0.118	-	0.004	0.122	3.844		
		Cr	-	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-	-			
	$PM_{2.5}$ of Personal sample	As	6.56×10^{-4}	9.65×10^{-14}	2.96×10^{-6}	2.188	-	0.004	2.191		1.308	0.139-1.156
		Cd	5.75×10^{-4}	8.46×10^{-14}	2.59×10^{-6}	1.150	-	0.518	1.669			
		Pb	4.95×10^{-4}	7.28×10^{-14}	2.23×10^{-6}	0.142	-	0.004	0.146	4.006		
		Cr	-	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-	-			

Note: “-“ = Not calculated because not detected heavy metal in sample and reference dose value not available.

ตารางที่ 13 การประเมินระดับความเสี่ยง (The risk characterization) ของ Carcinogenic (cancer risk: CR)

Factory	Sample site	Heavy metal	The Chronic Daily Intake (CDI)			The Cancer Risk (CR)			CR Average	CR Average	95% CI Lower-Upper
			$CDI_{Ing/Oral}$	CDI_{Inha}	CDI_{Dermal}	$CR_{Ing/Oral}$	CR_{Inha}	CR_{Dermal}			
Factory 1	$PM_{10-2.5}$ of Area sample	As	5.63×10^{-4}	8.27×10^{-11}	2.54×10^{-6}	8.44×10^{-4}	9.93×10^{-10}	3.80×10^{-6}			
		Cd	2.43×10^{-4}	3.57×10^{-11}	1.09×10^{-6}	9.22×10^{-5}	2.18×10^{-10}	4.15×10^{-7}			
		Pb	3.07×10^{-4}	4.51×10^{-11}	1.38×10^{-6}	2.61×10^{-6}	1.90×10^{-12}	-	1.18×10^{-4}		
		Cr	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-		1.45×10^{-4}	3.29×10^{-5} - 2.69×10^{-4}
	$PM_{2.5}$ of Area sample	As	5.56×10^{-4}	8.18×10^{-11}	2.51×10^{-6}	8.34×10^{-4}	9.81×10^{-10}	3.76×10^{-6}			
		Cd	2.73×10^{-4}	4.02×10^{-11}	1.23×10^{-6}	1.04×10^{-4}	2.45×10^{-10}	4.68×10^{-7}			
		Pb	4.27×10^{-4}	6.28×10^{-11}	1.93×10^{-6}	3.63×10^{-6}	2.64×10^{-12}	-	1.18×10^{-4}		
		Cr	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-			
	$PM_{10-2.5}$ of Personal sample	As	5.73×10^{-4}	8.43×10^{-11}	2.58×10^{-6}	8.60×10^{-4}	1.01×10^{-9}	3.87×10^{-6}			
		Cd	2.73×10^{-4}	3.49×10^{-11}	1.07×10^{-7}	9.02×10^{-5}	2.13×10^{-10}	4.07×10^{-7}			
		Pb	3.68×10^{-4}	5.41×10^{-11}	1.66×10^{-6}	3.13×10^{-6}	2.27×10^{-12}	-	1.20×10^{-4}		
		Cr	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-			
	$PM_{2.5}$ of Personal sample	As	5.72×10^{-4}	8.40×10^{-11}	2.58×10^{-6}	8.57×10^{-4}	1.01×10^{-9}	3.86×10^{-6}			
		Cd	2.83×10^{-4}	4.15×10^{-11}	1.27×10^{-6}	1.07×10^{-4}	2.53×10^{-10}	4.84×10^{-7}			
		Pb	4.50×10^{-4}	6.61×10^{-11}	2.03×10^{-6}	3.82×10^{-6}	2.78×10^{-12}	-	1.22×10^{-4}		
		Cr	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-		1.48×10^{-4}	3.39×10^{-5} - 2.75×10^{-4}

Note: “-“ = Not calculated because not detected heavy metal in sample and reference dose value not available.

ตารางที่ 13 การประเมินระดับความเสี่ยง (The risk characterization) ของ Carcinogenic (cancer risk: CR) (ต่อ)

Factory	Sample site	Heavy metal	The Chronic Daily Intake (CDI)			The Cancer Risk (CR)			CR Average	CR Average	95% CI Lower-Upper
			$CDI_{Ing/Oral}$	CDI_{Inha}	CDI_{Dermal}	$CR_{Ing/Oral}$	CR_{Inha}	CR_{Dermal}			
Factory 2	$PM_{10-2.5}$ of Area sample	As	2.47×10^{-4}	3.63×10^{-11}	1.11×10^{-6}	3.71×10^{-4}	4.36×10^{-10}	1.67×10^{-6}			
		Cd	2.43×10^{-4}	3.58×10^{-11}	1.10×10^{-6}	9.24×10^{-5}	2.18×10^{-10}	4.16×10^{-7}			
		Pb	1.62×10^{-4}	2.39×10^{-11}	7.32×10^{-7}	1.38×10^{-6}	1.00×10^{-12}	-	5.83×10^{-5}		
		Cr	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-		7.34×10^{-5}	$9.71 \times 10^{-6} - 1.29 \times 10^{-4}$
	$PM_{2.5}$ of Area sample	As	2.65×10^{-4}	3.90×10^{-11}	1.20×10^{-6}	3.98×10^{-4}	4.68×10^{-10}	1.79×10^{-6}			
		Cd	2.31×10^{-4}	3.40×10^{-11}	1.04×10^{-6}	8.79×10^{-5}	2.08×10^{-10}	3.96×10^{-7}			
		Pb	1.91×10^{-4}	2.81×10^{-11}	8.61×10^{-7}	1.62×10^{-6}	1.18×10^{-12}	-	6.12×10^{-5}		
		Cr	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-			
	$PM_{10-2.5}$ of Personal sample	As	2.60×10^{-4}	3.82×10^{-11}	1.17×10^{-6}	3.90×10^{-4}	4.58×10^{-10}	1.76×10^{-6}			
		Cd	2.51×10^{-4}	3.69×10^{-11}	1.13×10^{-6}	9.53×10^{-5}	2.25×10^{-10}	4.30×10^{-7}			
		Pb	1.77×10^{-4}	2.61×10^{-11}	8.00×10^{-7}	1.51×10^{-6}	1.10×10^{-12}	-	6.11×10^{-5}		
		Cr	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-			
	$PM_{2.5}$ of Personal sample	As	2.81×10^{-4}	4.14×10^{-11}	1.27×10^{-6}	4.22×10^{-4}	4.96×10^{-10}	1.90×10^{-6}			
		Cd	2.46×10^{-4}	3.62×10^{-11}	1.11×10^{-6}	9.37×10^{-5}	2.21×10^{-10}	4.22×10^{-7}			
		Pb	2.12×10^{-4}	3.12×10^{-11}	9.57×10^{-7}	1.80×10^{-6}	1.31×10^{-12}	-	6.50×10^{-5}		
		Cr	-	-	-	-	-	-			
		Hg	-	-	-	-	-	-		7.74×10^{-5}	$1.04 \times 10^{-5} - 1.36 \times 10^{-4}$

Note: “-“ = Not calculated because not detected heavy metal in sample and reference dose value not available.

4.6 การประเมินความสัมพันธ์พฤติกรรมของพนักงานกับระดับโลหะหนักในร่างกาย

ในการศึกษาการประเมินความสัมพันธ์ของพฤติกรรมของพนักงานกับระดับโลหะหนักในร่างกาย จากการเก็บตัวอย่างปัสสาวะพนักงานนั้นในส่วนแรกจะทำการรายงานข้อมูลสรุปเกี่ยวกับพนักงาน และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์เกี่ยวกับพฤติกรรมกับระดับโลหะหนักในร่างกาย ดังนี้

4.6.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาครั้งนี้มีพนักงานอาสาสมัครจำนวน 31 คน เป็นเพศหญิงมากที่สุดร้อยละ 51.6 และเป็นเพศชายร้อยละ 48.4 มีอายุในช่วง 33-45 ปี มากที่สุดร้อยละ 48.4 ส่วนใหญ่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 55-69 กิโลกรัม ($\bar{x}$=62.45, ±S.D.=10.15) มีส่วนสูงอยู่ในช่วง 160-169 เซนติเมตร มากสุดร้อยละ 45.2 ($\bar{x}$=162.19, ±S.D.=7.98) ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่ามากสุดร้อยละ 58.1 มีรายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่มากกว่า 9,000 บาท ($\bar{x}$=11,307.10, ±S.D.=5,489.74) ลักษณะการพักอาศัยส่วนใหญ่ร้อยละ 51.6 พักในห้องพักที่โรงงานจัดให้ และส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัวร้อยละ 90.3 ส่วนที่มีโรคประจำตัวร้อยละ 9.7 จะมีโรคประจำตัวได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเส้นเลือด และโรคลมชัก รายละเอียดตามตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (n=31)

Parameter	Subject workers	Percent (%)
Gender		
Male	15	48.4
Female	16	51.6
Age (Years)		
20 - 32	12	38.7
33 - 45	15	48.4
46 - 58	4	12.9
(Max=56, Min=20, $\bar{x}$=36.19, ±S.D.=9.16)		
Weight (Kg.)		
≤ 54	5	16.1
55 - 69	17	54.8
≥ 70	9	29.0
(Max=80, Min=44, $\bar{x}$=62.45, ±S.D.=10.15)		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (n=31) (ต่อ)

Parameter	Subject workers	Percent (%)
Height (cm.)		
≤ 159	11	35.5
160 – 169	14	45.2
≥ 170	6	19.4
(Max=180, Min=150, $\bar{x}$=162.19, ±S.D.=7.98)		
Body Mass Index (BMI)		
≤ 18.5	2	6.5
18.6 – 22.90	12	38.7
≥ 23	17	54.8
(Max=31.64, Min=17.19, $\bar{x}$=23.73, ±SD.=3.51)		
Marriage status		
Single	9	29.0
Married	21	67.7
Widow	1	3.2
Education level		
Under school/Primary school	18	58.1
Junior high school	5	16.1
High school	4	12.9
Diploma	2	6.5
Bachelor's degree	2	6.5
Income per month (Bath)		
< 9,000	11	35.5
≥ 9,000	20	64.5
(Max=35,000, Min=8,450, $\bar{x}$=11,307.10, ±S.D.=5,489.74)		
Characteristic of home living		
Private house	15	48.4
Dormitory in the factory	16	51.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (n=31) (ต่อ)

Parameter	Subject workers	Percent (%)
Congenital disease		
No	28	90.3
Yes	3	9.7
- Hight blood pressure (1 person), Greseral in blood (1 person) and Epilepsy (1 person)		

4.6.2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมเสี่ยงการสัมผัสโลหะหนัก

(1) พฤติกรรมส่วนบุคคลที่อาจเสี่ยงในการรับสัมผัสโลหะหนัก

จากข้อมูลพนักงานไม่สูบบุหรี่สูงสุดร้อยละ 87.1 และพบว่ายังสูบบุหรี่ในปัจจุบันร้อยละ 6.5 มีข้อมูลพบว่ามีคนที่บ้านสูบบุหรี่ร้อยละ 9.7 พนักงานส่วนใหญ่ไม่ดื่มแอลกอฮอลล์ร้อยละ 64.5 และการรับประทานอาหารที่เป็นอาหารทะเลพบว่าไม่ได้รับประทานอาหารทะเลในช่วง 3 วันที่ผ่านมาสูงสุดร้อยละ 61.3 มีการใช้ยาฆ่าแมลง เช่น ยาจุดกันยุง สเปรย์ฉีดฆ่ายุงและฆ่ามดมากสุดร้อยละ 83.9 มีการใช้ยาสมุนไพรในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมาสูงสุดร้อยละ 87.1 โดยสมุนไพรดังกล่าวเป็นฟ้าทลายโจรแคบซูลเพื่อป้องกัน COVID-19 และพนักงานส่วนใหญ่ไม่ได้อุดฟันร้อยละ 71.0 รายละเอียดดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ข้อมูลพฤติกรรมส่วนบุคคล (n=31)

Parameter	Subject workers	Percent (%)
Smoked cigarettes		
No	27	87.1
No, ever smoked but quit	2	6.5
Yes, currently still smoking	2	6.5
Household smoked cigarettes		
No	28	90.3
Yes	3	9.7
Alcohol consumption		
No	20	64.5
Yes	11	35.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 ข้อมูลพฤติกรรมส่วนบุคคล (n=31) (ต่อ)

Parameter	Subject workers	Percent (%)
Frequency of Alcohol consumption		
- 1 time in 3 months	4	12.9
- 1 time in a month	3	9.7
- more 1 time in a month	1	3.2
- every day	3	9.7
Seafood ingestion in 3 days		
No	19	61.3
Yes	12	38.7
Used insecticide in 7 days		
No	5	16.1
Yes	26	83.9
Used herbal in 3 months		
No	4	12.9
Yes	27	87.1
Frequency of Alcohol consumption		
- 1 time in 3 months	22	71.0
- 1 time in a week	4	12.9
- every day	1	3.2
Do tooth fillings		
No	22	71.0
Yes	9	29.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) พฤติกรรมเสี่ยงจากการทำงานที่อาจเสี่ยงในการรับสัมผัสโลหะหนัก

การทำงานของกลุ่มตัวอย่างทำงานสัปดาห์ละ 5 วัน วันละ 8 ชั่วโมงการทำงาน (ไม่มีการทำ Overtime) เหมือนกันในทั้งสองโรงงาน โดยพนักงานส่วนใหญ่มีอายุงานน้อยกว่า 5 ปีร้อยละ 64.5 เคยทำงานก่อนมาทำงาน ณ โรงงานในปัจจุบันร้อยละ 48.4 และพนักงานเกือบทั้งหมดไม่ได้ทำงานอื่นหรืองานนอกเวลา ร้อยละ 96.8 พนักงานให้ข้อมูลว่าสวมใส่อุปกรณ์ PPEs ร้อยละ 100 โดยเฉพาะหน้ากากอนามัย เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรค COVID-19 จึงเป็นข้อบังคับเข้มงวดที่ต้องสวมใส่ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถุงมือสวมใส่ร้อยละ 77.4 ชุดกันเปื้อนที่โรงงานมีจัดให้สวมใส่ร้อยละ 16.1 และอุปกรณ์ PPEs อย่างอื่นมีสวมใส่ร้อยละ 45.2 โดยเป็นรองเท้า Safety รายละเอียดดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ข้อมูลพฤติกรรมในการทำงาน (n=31)

Parameter	Subject workers	Percent (%)
Duration of work life (Years)		
≤5	20	64.5
6 – 9	3	9.7
≥10	8	25.8
(Max=12Years, Min=5month, $\bar{x}$=5.17, ±S.D.=0.88)		
Has worked in other factories before		
No	16	51.6
Yes	15	48.4
Have the other job in present		
No	30	96.8
Yes	1	3.2
Personal protective equipment (PPEs) used		
- Mask		
Yes	31	100
- Glove		
No	7	22.6
Yes	24	77.4
- Apron		
No	26	83.9
Yes	5	16.1
- Other PPEs		
No	17	54.8
Yes	14	45.2
Personal hygiene of workers		
- Ate snacks or drank water at work area		
Never	5	16.1
Some time	5	16.1
Every time	21	67.7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 ข้อมูลพฤติกรรมในการทำงาน (n=31) (ต่อ)

Parameter	Subject workers	Percent (%)
- Washed hands before lunch		
Every time	31	100
- Changed clothes after work		
Never	1	3.2
Some time	2	6.5
Often	3	9.7
Every time	25	80.6

(3) สถานการณ์สุขภาพของพนักงาน

จากการสอบถามประวัติการตรวจสุขภาพประจำปีพบว่าส่วนใหญ่ร้อยละ 90.3 ไม่ได้ทำการตรวจสุขภาพประจำปีในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา ส่วนพนักงานที่เข้ารับการตรวจสุขภาพประจำปีผลการตรวจปกติทุกรายการยกเว้นแต่ที่มีโรคประจำตัวอยู่เดิม และอาการเจ็บป่วยจากการทำงานในช่วง 1 เดือนที่ผ่านมาพบว่าพนักงานมีอาการปวดศีรษะร้อยละ 35.5 ระคายเคืองตาร้อยละ 16.1 ระคายเคืองจมูกและทางเดินหายใจร้อยละ 12.9 อาการหายใจลำบากร้อยละ 9.7 มีอาการไอร้อยละ 19.4 มีอาการอาเจียนในระหว่างการทำงานที่ไม่ได้เกิดจากอาหารร้อยละ 3.2 มีอาการเหงื่อออกมากกว่าปกติร้อยละ 16.1 เป็นตะคริวร้อยละ 6.5 ระคายเคืองผิวหนังร้อยละ 19.4 มือและกล้ามเนื้อแขนขาสั่นเกร็งร้อยละ 6.5 ทั้งนี้พนักงานไม่ได้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่ามีอาการอื่นใดนอกจากนี้ รายละเอียดดังตารางที่ 17

ทั้งนี้ จากการให้ข้อมูลเพิ่มเติมจากพนักงานระบุว่าอาการดังกล่าวไม่ได้เป็นบ่อยมาก ส่วนใหญ่จะมีอาการประมาณ 1-3 วันในหนึ่งเดือน โดยอาการจะดีขึ้นภายหลังจากการทำงาน และอาการที่ถึงขั้นต้องไปพบแพทย์ได้แก่ อาการปวดศีรษะ (ร้อยละ 9.7) อาการระคายเคืองตา (ร้อยละ 3.2) อาการระคายเคืองจมูก (ร้อยละ 6.5) อาการระคายเคืองผิวหนัง (ร้อยละ 3.2) และอาการไอ (ร้อยละ 6.5)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 17 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์สุขภาพพนักงาน (n=31)

Parameter	Subject workers	Percent (%)
Annual health check		
No	28	90.3
Yes	3	9.7
- **Report of Annual health check**		
Everything it's normal	3	100

ตารางที่ 17 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์สุขภาพพนักงาน (n=31) (ต่อ)

Parameter	Subject workers	Percent (%)
Has symptom duration working in 1 month		
- Headache		
No	20	64.5
Yes	11	35.5
- Eye irritation		
No	26	83.9
Yes	5	16.1
- Nose irritation		
No	27	87.1
Yes	4	12.9
- Gasp for breath		
No	28	90.3
Yes	3	9.7
- Cough		
No	25	80.6
Yes	6	19.4
- Vomit		
No	30	96.8
Yes	1	3.2
- Sweat a lot		
No	26	83.9
Yes	5	16.1
- Cramp		
No	29	93.5
Yes	2	6.5
- Skin irritation		
No	25	80.6
Yes	6	19.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 17 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์สุขภาพพนักงาน (n=31) (ต่อ)

Parameter	Subject workers	Percent (%)
- Hand or Muscle tremor		
No	29	93.5
Yes	2	6.5

4.6.3 ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมในการทำงานแบ่งส่วนการนำเสนอออกเป็น 3 ส่วนย่อย ดังนี้

(1) ข้อมูลด้านลักษณะงานและจุดปฏิบัติงาน

โรงงานที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีจำนวน 2 แห่ง โดยแต่ละแห่งมีพนักงานดังนี้ โรงงานที่ 1 ทำการคัดแยก แกะ/แยกวัสดุมีค่าขยะอุตสาหกรรมประเภทพลาสติก กระดาษ เหล็ก/ขี้กลึง เครื่องใช้ไฟฟ้าเก่า มีกลุ่มตัวอย่าง 12 คน และโรงงานที่ 2 เป็นโรงงานจัดการขยะอุตสาหกรรมประเภทพลาสติก มีกลุ่มตัวอย่าง 19 คน โดยมีพนักงานแผนกคัดแยกขยะมากที่สุดร้อยละ 38.7 พื้นที่การทำงานจะอยู่ในอาคารที่เปิดโล่งเป็นส่วนใหญ่ร้อยละ 67.7 จำนวนพนักงานต่อแผนกมีจำนวนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 คนต่อแผนกมากสุดร้อยละ 77.4 ($\bar{x}$=4.87, ±S.D.=1.98) ลักษณะการระบายอากาศในจุดพื้นที่การทำงานส่วนใหญ่จะเป็นการเปิดโล่งประตูและช่องระบายอากาศของอาคารมากที่สุดร้อยละ 51.6 รายละเอียดดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะงานและจุดปฏิบัติงาน (n=31)

Parameter	Subject workers	Percent (%)
Industry waste management processes		
Plastic and Iron and E-waste management	12	38.7
Plastic waste management	19	61.3
Working position		
Sorting	12	38.7
Sheep or cut	8	25.8
Melt	4	12.9
Office	7	22.6
Characterization of workplace		
Room or Building	21	67.7
Open room with partition	10	32.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 18 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะงานและจุดปฏิบัติงาน (n=31) (ต่อ)

Parameter	Subject workers	Percent (%)
Number of workers in working area		
≤5 worker per section	24	77.4
≥6 worker per section	7	22.6
(Max=8, Min=2, $\bar{x}$=4.87, ±S.D.=1.98)		
Air ventilation in workplace		
Open the door and window	16	51.6
Fan ventilation	8	25.8
Air compressor ventilation	7	22.6

(2) ลักษณะสภาพแวดล้อมในการทำงาน ในระยะเวลา 1 เดือนที่ผ่านมา

จากการสอบถามความรู้สึกพนักงานเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในสถานที่ทำงานที่ผ่านมา ส่วนใหญ่ระบุว่าปัญหาฝุ่นละอองในสถานที่ทำงานมีมากถึงร้อยละ 51.6 ส่วนประเด็นการสอบถามอื่น ๆ ส่วนใหญ่ระบุว่าไม่มีปัญหา ได้แก่ ฝุ่นในสถานที่ทำงาน กลิ่นสารเคมี/ควันบุรี่ และลักษณะอากาศที่ร้อน แห้ง หรืออากาศชื้น รวมไปถึงมีการระบุถึงการระบายอากาศที่ดีในสถานที่ทำงานเป็นส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 77.4 รายละเอียดดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ข้อมูลลักษณะสภาพแวดล้อมในการทำงาน ในระยะเวลา 1 เดือนที่ผ่านมา (n=31)

Characterization to event problem in workplace	Feeling/comment level, n(%)			
	Hasn't event	Has event in workplace		
		1-3 day/month	1-3 day/weeks	Everyday
- High dust	15 (48.4)	12 (38.7)	2 (6.5)	2 (6.5)
- Smog/Fume	29 (93.5)	-	1 (3.2)	1 (3.2)
- smell of gas/chemical	27 (87.1)	2 (6.5)	2 (6.5)	-
- smell of cigarette smoke	27 (87.1)	-	2 (6.5)	2 (6.5)
- Good air ventilation	7 (22.6)	5 (16.1)	7 (22.6)	12 (38.7)
- Hot air	24 (77.4)	2 (6.5)	5 (16.1)	-
- Dry air	30 (96.8)	1 (3.2)	-	-
- Wet air	25 (80.6)	4 (12.9)	2 (6.5)	-

(3) การบริหารจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน

ในการบริหารจัดการของโรงงานพนักงานส่วนใหญ่มีความรู้สึกว่าจัดการได้ดีถึงร้อยละ 96.8 พนักงานส่วนใหญ่ไม่เคยได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานถึงร้อยละ 45.2 และส่วนใหญ่ไม่แน่ใจว่าโรงงานมีระบบการจัดการความปลอดภัยในที่ทำงานหรือไม่ถึงร้อยละ 67.7 รวมไปถึงการที่ทราบว่าโรงงานที่ปฏิบัติงานอยู่ได้ผ่านการรับรองมาตรฐานระบบการจัดการความปลอดภัยฯ ด้วยหรือไม่ถึงร้อยละ 80.6 รายละเอียดดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 การบริหารจัดการความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน (n=31)

Parameter	Subject workers	Percent (%)
Overall, worker have feelings about the workplace.		
Can still tolerate	1	3.2
Very fine	30	96.8
Safety training		
Ever	9	29.0
Never	14	45.2
Unsure	8	25.8
Safety and hygiene management system		
Hasn’t system	2	6.5
Has a system	8	25.8
Unsure	21	67.7
Safety management system certification		
Hasn’t system	2	6.5
Has a system	4	12.9
Unsure	25	80.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.6.4 การหาความสัมพันธ์ระดับโลหะหนักในร่างกายกับพฤติกรรมของพนักงาน

การหาความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยระดับโลหะหนักในร่างกายพนักงานกับพฤติกรรมโดยใช้สถิติ Multiple linear regression analysis พบว่าพฤติกรรมเสี่ยงที่อาจส่งผลให้ตรวจพบโลหะหนักในร่างกาย ได้แก่ พฤติกรรมการนำอาหารและน้ำเข้าไปรับประทานในสถานที่ทำงานในโลหะหนักชนิด As (p=0.041) Cd (p=0.015) Pb (p=0.027) และ Hg (p=0.006) และการไม่สวมใส่ชุดกันเปื้อนกรณีสัมผัส Pb(p=0.017) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ p<0.05 ดังตาราง 21-25

ตารางที่ 21 การหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของพนักงานกับระดับโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะ กรณี Arsenic (n=31)

Dependent variable, Independent variable	Arsenic			
	Adjusted R^2	Standardized beta coefficient	t-value	significance
Gender	-0.017	-0.128	-0.696	0.492
Age (Years)	0.110	0.210	1.157	0.257
Education level	-0.028	-0.081	-0.440	0.663
Income (Bath)	-0.027	0.082	0.446	0.659
Smoke cigarettes	0.030	0.249	1.386	0.176
Alcohol consumption	-0.024	0.101	0.546	0.589
Seafood ingestion	0.082	0.336	1.919	0.065
Used insecticide	0.023	-0.235	-1.302	0.203
Used Herbal	-0.033	-0.037	-0.200	0.843
Do tooth filling	0.021	-0.231	-1.281	0.210
Position of work	0.042	-0.272	-1.524	0.138
Duration of work life (Years)	0.021	-0.231	-1.277	0.212
PPEs use				
Mask	NC	NC	NC	NC
Glove	-0.004	0.172	0.939	0.355
Apron	0.017	0.222	1.228	0.229
Personal hygiene of worker				
Ate snack/drank water at work area	0.107	-0.369	-2.141	**0.041***
Wash hand before lunch	NC	NC	NC	NC
Changed clothes after work	-0.018	0.125	0.681	0.501

Note: NC=Not calculated, *p-value < 0.05 significance

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 22 การหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของพนักงานกับระดับโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะ กรณี Chromium (n=31)

Dependent variable, Independent variable	Chromium			
	Adjusted R^2	Standardized beta coefficient	t-value	significance
Gender	0.051	-0.287	-1.613	0.118
Age (Years)	0.031	0.251	1.397	0.173
Education level	0.080	-0.322	-1.896	0.068
Income (Bath)	-0.010	-0.153	-0.833	0.411
Smoke cigarettes	-0.032	-0.049	-0.262	0.795
Alcohol consumption	0.012	-0.212	-1.170	0.251
Seafood ingestion	0.010	-0.208	-1.143	0.262
Used insecticide	-0.032	-0.050	-0.269	0.790
Used Herbal	-0.029	-0.073	-0.394	0.696
Do tooth filling	-0.027	-0.082	-0.444	0.660
Position of work	0.032	-0.254	-1.415	0.168
Duration of work life (Years)	-0.034	0.028	0.152	0.880
PPEs use				
Mask	NC	NC	NC	NC
Glove	0.036	0.262	1.461	0.155
Apron	-0.034	0.006	0.032	0.975
Personal hygiene of worker				
Ate snack/drank water at work area	-0.032	0.046	0.247	0.807
Wash hand before lunch	NC	NC	NC	NC
Changed clothes after work	-0.028	0.079	0.0427	0.673

Note: NC=Not calculated

*p-value < 0.05 significance

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 23 การหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของพนักงานกับระดับโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะ กรณี Cadmium (n=31)

Dependent variable, Independent variable	Cadmium			
	Adjusted R^2	Standardized beta coefficient	t-value	significance
Gender	0.060	-0.302	-1.703	0.099
Age (Years)	0.072	0.321	1.823	0.079
Education level	0.042	-0.273	-1.526	0.138
Income (Bath)	-0.031	-0.054	-0.294	0.771
Smoke cigarettes	0.011	0.209	1.152	0.259
Alcohol consumption	-0.034	0.030	0.161	0.873
Seafood ingestion	0.007	-0.199	-1.096	0.282
Used insecticide	-0.034	-0.009	-0.050	0.961
Used Herbal	-0.013	0.144	0.785	0.439
Do tooth filling	0.007	-0.200	-1.098	0.281
Position of work	0.019	-0.228	-1.261	0.217
Duration of work life (Years)	0.009	0.205	1.128	0.269
PPEs use				
Mask	NC	NC	NC	NC
Glove	0.032	0.253	1.408	0.170
Apron	0.064	0.308	1.746	0.091
Personal hygiene of worker				
Ate snack/drank water at work area	0.161	-0.435	-2.600	**0.015***
Wash hand before lunch	NC	NC	NC	NC
Changed clothes after work	0.026	-0.093	-0.504	0.618

Note: NC=Not calculated

*p-value < 0.05 significance

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 24 การหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของพนักงานกับระดับโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะ กรณี Lead (n=31)

Dependent variable, Independent variable	Lead			
	Adjusted R^2	Standardized beta coefficient	t-value	significance
Gender	-0.013	-0.145	-0.791	0.435
Age (Years)	0.014	0.216	1.192	0.243
Education level	-0.022	-0.111	-0.604	0.551
Income (Bath)	-0.030	0.065	0.352	0.728
Smoke cigarettes	-0.034	-0.012	-0.065	0.949
Alcohol consumption	-0.034	-0.028	-0.148	0.883
Seafood ingestion	-0.023	-0.106	-0.573	0.571
Used insecticide	-0.034	-0.020	-0.110	0.913
Used Herbal	-0.034	-0.007	-0.039	0.969
Do tooth filling	-0.003	-0.174	-0.950	0.350
Position of work	-0.024	-0.100	-0.544	0.591
Duration of work life (Years)	0.023	-0.237	-1.312	0.200
PPEs use				
Mask	NC	NC	NC	NC
Glove	-0.026	0.088	0.475	0.638
Apron	0.152	0.424	2.522	**0.017***
Personal hygiene of worker				
Ate snack/drank water at work area	0.129	-0.397	-2.330	**0.027***
Wash hand before lunch	NC	NC	NC	NC
Changed clothes after work	-0.017	-0.128	-0.697	0.491

Note: NC=Not calculated

*p-value < 0.05 significance

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 25 การหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของพนักงานกับระดับโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะ กรณี Mercury (n=31)

Dependent variable, Independent variable	Mercury			
	Adjusted R^2	Standardized beta coefficient	t-value	significance
Gender	-0.019	0.121	0.654	0.518
Age (Years)	-0.033	0.043	0.230	0.819
Education level	0.018	-0.225	-1.245	0.223
Income (Bath)	-0.027	-0.083	-0.447	0.658
Smoke cigarettes	-0.021	-0.113	-0.614	0.544
Alcohol consumption	-0.013	-0.145	-0.787	0.438
Seafood ingestion	-0.030	0.063	0.341	0.735
Used insecticide	0.048	-0.282	-1.583	0.124
Used Herbal	-0.011	-0.150	-0.818	0.420
Do tooth filling	-0.007	-0.163	-0.891	0.380
Position of work	0.070	-0.317	-1.800	0.082
Duration of work life (Years)	-0.005	-0.168	-0.917	0.366
PPEs use				
Mask	NC	NC	NC	NC
Glove	-0.001	0.179	0.979	0.336
Apron	-0.033	0.033	0.176	0.862
Personal hygiene of worker				
Ate snack/drank water at work area	0.029	-0.485	-2.989	**0.006***
Wash hand before lunch	NC	NC	NC	NC
Changed clothes after work	0.075	-0.325	-1.848	0.075

Note: NC=Not calculated

*p-value < 0.05 significance

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสฝุ่นและโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม (HEALTH RISK ASSESSMENT OF WORKER EXPOSED TO PARTICULATE MATTER AND HEAVY METALS IN INDUSTRIAL WASTE DISPOSAL PLANT) เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-Sectional Descriptive Study) ในโรงงานอาสาสมัคร จำนวน 2 แห่ง โดยมีพนักงานอาสาสมัครจำนวน 31 คน มีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้ง (1) ฝุ่นละอองในสถานที่ทำงานทั้งขนาด $PM_{10-2.5}$ และ $PM_{2.5}$ ในแบบ Area sample และ Personal sample (2) การเก็บตัวอย่างปัสสาวะในรูปแบบ “End of the workweek (เก็บในช่วงหลังเลิกงานในวันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงาน)” และ (3) การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม ทำการวิเคราะห์หาโลหะหนักในฝุ่นละอองด้วยเครื่อง ICP-OES วิเคราะห์หาโลหะหนักในปัสสาวะด้วยเครื่อง ICP-MS และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS Version 28 ภายใต้ลิขสิทธิ์ของ Chulalongkorn University โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ (Percent) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และการหาความสัมพันธ์ของพฤติกรรมพนักงานกับระดับโลหะหนักในร่างกายจากตัวอย่างปัสสาวะ โดยการใช้สถิติ Multiple linear regression analysis ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ทั้งนี้ การศึกษาวิจัยได้ผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่ COA No.041/2021 ลงวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2564

5.1 สรุปผลการศึกษา

(1) ปริมาณฝุ่นในสถานที่ทำงาน

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองในสถานที่ทำงานพบว่าปริมาณของฝุ่นละอองขนาด $PM_{2.5}$ มีปริมาณมากที่สุดในสถานที่ทำงานโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม และพบปริมาณฝุ่นละอองสูงสุดในแผนกที่ทำการคัดแยกประเภทและชนิดกากของเสียอุตสาหกรรม (Sorting section) โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานแล้วพบว่าฝุ่นละอองทุกขนาดที่ทำการศึกษา ($PM_{10-2.5}$ และ $PM_{2.5}$) มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่ประเทศไทยและหน่วยงานที่สากลยอมรับ เช่น OSHA และ NIOSH กำหนด

(2) ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นในสถานที่ทำงาน

ผลการตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนักในฝุ่นละอองในสถานที่ทำงานจากโลหะหนักที่สนใจจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ สารหนู (Arsenic; As) ตะกั่ว (Lead; Pb) แคดเมียม (Cadmium; Cd) โครเมียม (Chromium; Cr) และปรอท (Mercury; Hg) ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมทราบว่าเป็นชนิดของสารโลหะหนักที่เป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อันตรายสูงและสามารถพบในขยะและกากของเสียต่าง ๆ ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีการปนเปื้อนของโลหะหนักที่ตรวจพบจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ สารหนู (Arsenic; As), ตะกั่ว (Lead; Pb), และแคดเมียม (Cadmium; Cd) โดยประมาณของโลหะหนักทั้ง 3 ชนิดที่ตรวจพบในสถานที่ทำงานเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กระทรวงแรงงานกำหนดและหน่วยงานที่สากลยอมรับกำหนด ได้แก่ OSHA NIOSH และ ACGIH พบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานในสารโลหะหนักทุกชนิดที่ทำการตรวจพบ

(3) ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะพนักงาน

ในการเก็บตัวอย่างปัสสาวะพนักงานตามแนวทางที่ ACGIH กำหนด เพื่อประเมินการรับสัมผัสโลหะหนัก จำนวน 5 ชนิดที่ให้ความสำคัญในพนักงาน “แบบ End of the work week” พบว่ามีการตรวจพบสารโลหะหนักที่สนใจทุกชนิดในตัวอย่างปัสสาวะของพนักงานกลุ่มตัวอย่าง โดยปริมาณโลหะหนัก As Cd และ Pb ในปัสสาวะของพนักงานในโรงงานที่ 1 มีค่าเฉลี่ยมากกว่าโรงงานที่ 2 เนื่องจากโรงงานที่ 1 มีการรับกำจัดขยะจำพวกอุปกรณ์ไฟฟ้าและขยะอิเล็กทรอนิกส์ด้วย จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ระดับโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะพนักงานกลุ่มตัวอย่างในโรงงานที่ 1 สูงกว่าโรงงานที่ 2

(4) การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของคนงาน

การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพตามแนวทางของ US.EPA. ทั้งแบบไม่ก่อมะเร็ง (non-carcinogenic) และก่อมะเร็ง (carcinogenic) พบว่าค่า Hazard Quotient (HQ) และ Hazard Index (HI) ของการสัมผัส As Cd และ Pb มีค่า HQ และ HI มากกว่า 1 ในช่องทางการสัมผัสผ่านการกินและการดูดซึมทางผิวหนังในทั้ง 2 โรงงาน และการประเมินความเสี่ยงในการก่อมะเร็ง (Cancer Risk; CR) ของการสัมผัส As, Cd และ Pb มีค่า CR มากกว่า 10^{-6} ในช่องทางการสัมผัสผ่านการกิน และพบความเสี่ยงในการสัมผัส As มีค่า CR มากกว่า 10^{-6} ในช่องทางการสัมผัสการดูดซึมผ่านผิวหนัง ในโรงงานทั้ง 2 แห่ง

(5) ข้อมูลพฤติกรรมและการจัดการสภาพแวดล้อมในโรงงาน

ในการพิจารณาเกี่ยวกับการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมในการทำงาน พนักงานส่วนใหญ่ให้ข้อมูลว่าพื้นที่การทำงานมีฝุ่นละอองมากและมีมากในแผนกที่ทำการคัดแยกชนิดของขยะ ทั้งนี้พนักงานส่วนมากพักอาศัยในที่พักของโรงงานจัดให้ และพบข้อมูลว่าพนักงานไม่ได้รับการตรวจสุขภาพประจำปี และยังไม่ได้รับการอบรมด้านความปลอดภัยในการทำงาน และพบพนักงานมีการนำอาหารไปรับประทานในพื้นที่การทำงานเป็นส่วนใหญ่ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระดับของสารหนู ($p=0.041$) สารตะกั่ว ($p=0.027$) แคดเมียม ($p=0.015$) และสารปรอท ($p=0.006$) ในตัวอย่างปัสสาวะของพนักงาน และการที่พนักงานไม่ได้สวมใส่ผ้ากันเปื้อนหรือชุดกันเปื้อนในการทำงานก็พบว่ามีความสัมพันธ์กับระดับสารตะกั่ว ($p=0.017$) ในตัวอย่างปัสสาวะของพนักงานเช่นกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ทั้งนี้ การวิเคราะห์ถึงปัจจัยส่วนบุคคลและพฤติกรรมพนักงานด้านอื่น ๆ ไม่พบความสัมพันธ์กับระดับโลหะหนักในตัวอย่างปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p>0.05$

5.2 อภิปรายผลการศึกษา

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จากข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองปริมาณโลหะหนักในสถานที่ทำงานที่ตรวจวัดพบยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด และหากเมื่อทำการเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่นในต่างประเทศพบว่าระดับฝุ่นละอองขนาด $PM_{2.5}$ ในการศึกษานี้มีความคล้ายคลึงกันกับการศึกษาในโรงงานรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ (หลอดภาพโทรทัศน์) ประเทศจีน (Fang et al., 2013) แต่ข้อมูลการศึกษานี้ระดับ $PM_{2.5}$ มีความเข้มข้นสูงกว่าในการศึกษาของประเทศกาน่า ในกิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในอาคาร (Kwarteng et al., 2022) และผลการศึกษานี้มี $PM_{2.5}$ เฉลี่ยสูงกว่าในการศึกษาการคัดแยกในโรงงานกำจัดขยะของประเทศบราซิล (Wikuats et al., 2020) ด้วยเช่นกัน และจากข้อมูลการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพที่พบระดับความเสี่ยง HQ and HI ที่มีค่ามากกว่า 1 นั้น ก็มีความคล้ายคลึงกันกับการศึกษาของโรงงานรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ประเทศจีนเช่นกัน (Fang et al., 2013) ส่วนการประเมินการรับสัมผัสกรณีก่อมะเร็งในการศึกษานี้ มีความคล้ายคลึงกันว่า ถ้าหารการรับสัมผัสในช่องทางใดมีค่า HQ มากกว่า 1 ค่า CR ก็จะมีค่ามากกว่า 10^{-6} เช่นกัน (Fang et al., 2013; Wikuats et al., 2020) และข้อมูลระดับความเสี่ยง HQ และ HI โรงงานที่ 2 ในการประเมินการรับสัมผัสโลหะหนัก Cd และ Pb เทียบกับการศึกษาการประเมินการรับสัมผัสโลหะหนักในโรงงานพลาสติก ประเทศบังกลาเทศ (มีลักษณะกิจกรรมคล้ายกัน) พบว่ามีผลประเมินค่า HQ และ HI น้อยกว่า 1 เช่นกัน (Ahmed et al., 2020)

ในด้านการประเมินความสัมพันธ์ในการรับสัมผัสโลหะหนักและการสะสมของโลหะหนักในร่างกายจากการตรวจปัสสาวะพนักงานนั้น เมื่อหาความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการทำงานพนักงานในการศึกษานี้พบว่ามีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสสารหนู ตะกั่ว แคดเมียม และปรอทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการที่นำอาหารและน้ำเข้าไปรับประทานในพื้นที่การทำงาน ($p<0.05$) และอีกพฤติกรรมเสี่ยงคือไม่มีชุดกันเปื้อนหรือชุดคลุมสวมใส่ในขณะทำงานที่พบมีความพันธ์กับระดับสารตะกั่วในปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นั้น สอดคล้องกับการศึกษาการประเมินการรับสัมผัสโลหะหนักกับพฤติกรรมของคนงานในพื้นที่หลุมฝังกลบขยะแห่งหนึ่งพื้นที่ภาคใต้ประเทศไทยที่พบความสัมพันธ์เกี่ยวกับพฤติกรรมการรับประทานอาหารและน้ำในพื้นที่การทำงานกับระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p=0.021$ และ $p=0.001$ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการสวมใส่และไม่สาวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลโดยเฉพาะหน้ากากและถุงมือก็มีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ เช่นกัน (Decharat, 2016) และในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการตรวจวิเคราะห์หาสารตะกั่วในปัสสาวะเพื่อประเมินการรับสัมผัสสารตะกั่วกรณีสะสมในร่างกายของพนักงานซึ่งจากผลการวิเคราะห์สามารถตรวจพบสารตะกั่วในปัสสาวะถึงแม้ไม่เกินค่าอ้างอิงตามที่งานวิจัยนี้ใช้อ้างอิงจากแนวทางการเฝ้าระวังสุขภาพคนทำงานประเทศมาเลเซีย (Ministry of Human Resources Malaysia, 2001) ถึงแม้

ข้อกำหนดในการเฝ้าระวังตะกั่วในคนทำงานของ ACGIH-2021 และ Thai-BEI แนะนำให้เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อตรวจหาตะกั่วเนื่องจากมีความเที่ยงต่อการวัดระดับการสัมผัสและการสะสมของตะกั่วในร่างกายก็ตามแต่มีข้อจำกัดในการเก็บตัวอย่างที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะ (ACGIH, 2021; Department of Disease Control, 2014) และจากการศึกษาความแปรปรวนของระดับตะกั่วในตัวอย่างชีวภาพ (Biomarker) ได้แก่ เลือด พลาสมา และปัสสาวะ ในกลุ่มตัวอย่างเป็นพนักงานที่ทำงานสัมผัสสารตะกั่วและกลุ่มควบคุมประเทศสวีเดนพบว่าระดับตะกั่วในเลือดมีค่าที่เสถียรมากที่สุดในกลุ่มตัวอย่างเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมรองลงมาเป็นตะกั่วในปัสสาวะและในพลาสมาตามลำดับ (Sommar et al., 2014) ด้วยข้อมูลนี้ในอนาคตอาจสามารถใช้ปัสสาวะเป็นอีกหนึ่งตัวเลือกสำหรับการตรวจเฝ้าระวังระดับการสัมผัสตะกั่วในคนทำงานได้

ทั้งนี้ โรงงานที่ทำการศึกษาวิจัยถูกจัดอยู่ในกลุ่มโรงงานที่ไม่อันตรายจึงเป็นเหตุผลที่ไม่มีการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงการสัมผัสสารเคมีอันตราย แต่จากข้อมูลการศึกษานี้หน่วยงานราชการอาจสามารถนำผลการศึกษาในครั้งนี้ไปปรับปรุงข้อกำหนดการตรวจเฝ้าระวังสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงเพื่อการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคและภัยสุขภาพจากการทำงานโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรมในอนาคตต่อไปและเพื่อให้ประเทศไทยบรรลุเป้าหมายการจัดการสุขภาพที่ยั่งยืนต่อไปได้

5.3 ข้อเสนอแนะในการนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์

1) สามารถนำผลการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้ในการสื่อสารความเสี่ยงแก่พนักงานที่ทำงานในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม เพื่อให้ทราบถึงลักษณะงานที่มีความเสี่ยง ความเสี่ยงที่อาจจะได้รับ พฤติกรรมเสี่ยงที่จะส่งผลให้ได้รับสัมผัสโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย และวิธีการปฏิบัติตนเพื่อการป้องกันการรับสัมผัสสารโลหะหนักในสถานที่ทำงาน
2) ผู้ประกอบกิจการ/เจ้าของโรงงาน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการกำหนดมาตรการป้องกันและควบคุมความเสี่ยงในการรับสัมผัสโลหะหนักในสถานที่ทำงาน โดยเฉพาะการควบคุมการนำอาหารและเครื่องดื่มไปรับประทานในสถานที่ทำงานที่เป็นจุดเสี่ยงสูงต่อการรับสัมผัสโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย และมีจุดเปลี่ยนชุดทำงานก่อนกลับบ้านหรือจัดให้มีชุดป้องกันที่เหมาะสมกับลักษณะงานที่จะทำให้พนักงานรับสัมผัสกับกากของเสียอุตสาหกรรมโดยตรงแล้วทำให้เกิดการดูดซึมโลหะหนักผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกาย
3) พนักงานที่เข้าร่วมการศึกษาวิจัย ที่ได้รับทราบผลการตรวจหาโลหะหนักในร่างกายหากพบว่ามีโลหะหนักเกินมาตรฐานอ้างอิงแล้ว จะสามารถความตระหนักและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของตนเองเพื่อป้องกันและลดความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสโลหะหนักในที่ทำงาน
4) หน่วยงานราชการหรือองค์กรอิสระ นำข้อมูลไปใช้ประกอบการจัดทำมาตรฐานสำหรับการตรวจเฝ้าระวังสุขภาพคนทำงานตามปัจจัยเสี่ยง หรือพิจารณาเพิ่มเติมโรงงานกำจัดกาก

อุตสาหกรรมกลุ่มประเภทที่งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเป็นข้อกำหนดที่ต้องทำการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงด้วย

5.4 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

1) ในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ควรพิจารณาการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ในโรงงานและพื้นที่รอบนอกโรงงานเพื่อประเมินการกระจายของสารมลพิษที่เกิดจากกิจกรรมการกำจัดกากอุตสาหกรรม
2) โรงงานที่ทำการศึกษาควรมีการกำหนดโรงงานเปรียบเทียบเพื่อประเมินลักษณะงานที่คล้ายกันโดยที่ไม่ใช่โรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม เพื่อประเมินระดับความเสี่ยงระหว่างกลุ่มที่สัมผัสมลพิษจากโรงงานจัดการกากอุตสาหกรรมกับโรงงานที่ไม่ใช่โรงงานจัดการกากอุตสาหกรรมมีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสมลพิษจากการทำงานแตกต่างกันกี่เท่า
3) เพื่อเปรียบเทียบขนาดของโรงงานกับระดับมลพิษที่เกิดขึ้น การศึกษาในอนาคตควรพิจารณาถึงขนาดของโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรมด้วย

5.5 ข้อจำกัดในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

1) การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ดำเนินการในช่วงเวลาที่มีสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 (COVID-19) โดยมีการระบาดรุนแรง มีการสั่งปิดประเทศ รวมไปถึงมีการสั่งห้ามเคลื่อนย้ายออกต่างจังหวัด (Lockdown) ตั้งแต่เดือนเมษายน 2563 และมีการระบาดรุนแรงของโรคเป็นระลอก ส่งผลให้การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลไม่เป็นไปตามแผนและเป้าหมายที่กำหนด จึงมีการปรับเปลี่ยนกิจกรรมให้สอดคล้องกับมาตรการการควบคุมโรคระบาดของกระทรวงสาธารณสุขและหน่วยงานปกครองในพื้นที่ เพื่อควบคุมและป้องกันโรคในระหว่างการลงพื้นที่เก็บข้อมูลรวมไปถึงเพื่อให้การเก็บข้อมูลสำเร็จและดำเนินการตามแผนการดำเนินงานที่กำหนด
2) งบประมาณในการตรวจวิเคราะห์หาสารหนูชนิด Inorganic ในปัสสาวะมีค่าใช้จ่ายสูงต่อตัวอย่าง จึงทำการประเมินการรับสัมผัสสารหนูชนิด As-total sum of all arsenic element ในพนักงานด้วยการควบคุมการรับประทานอาหารที่อาจจะส่งผลให้ระดับสารหนูชนิด As-total ก่อนทำการเก็บตัวอย่าง 3 วัน เพื่อลดความแปรปรวนในการแปลผล
3) การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในการรับสัมผัสโลหะหนักในบางช่องทางการสัมผัสสารโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายไม่มีค่า the Reference Dose (RfD) สำหรับการประเมินระดับความเสี่ยงกรณีไม่ก่อมะเร็ง และค่า The Cancer Slope Factor (CSF) สำหรับการประเมินระดับความเสี่ยงกรณีก่อมะเร็ง ส่งผลให้ไม่มีผลการประเมินระดับความเสี่ยงในช่องทางการสัมผัสดังกล่าว ซึ่งช่องทางที่ไม่ได้รับการคำนวณเพื่อการประเมินความเสี่ยงอาจมีความเสี่ยงเช่นเดียวกันรายงานผลการศึกษานี้ก็เป็นได้

บรรณานุกรม

ACGIH. (2021). 2021 *TLVs and BEIs: Based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices*. Cincinnati, OH.

Afridi, H. I., Kazi, T. G., Kazi, N. G., Jamali, M. K., Arain, M. B., Sirajuddin, . . . Shah, A. Q. (2010). Evaluation of cadmium, lead, nickel and zinc status in biological samples of smokers and nonsmokers hypertensive patients. *Journal of human hypertension,* 24(1), 34-43. doi:10.1038/jhh.2009.39

Ahmed, M. S., Yesmin, M., Jeba, F., Hoque, M. S., Jamee, A. R., & Salam, A. (2020). Risk assessment and evaluation of heavy metals concentrations in blood samples of plastic industry workers in Dhaka, Bangladesh. *Toxicology Reports,* 7, 1373-1380. doi:https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.10.003

Alengebawy, A., Abdelkhalek, S. T., Qureshi, S. R., & Wang, M.-Q. (2021). Heavy Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants: Ecological Risks and Human Health Implications. *Toxics,* 9(3), 42. doi:10.3390/toxics9030042

Annan, K., Dickson, R. A., Amponsah, I. K., & Nooni, I. K. (2013). The heavy metal contents of some selected medicinal plants sampled from different geographical locations. *Pharmacognosy research,* 5(2), 103-108. doi:10.4103/0974-8490.110539

Anyanwu, E., & Adetunji, O. (2018). Human Health Risk Assessment of Some Heavy Metals in a Rural Spring, Southeastern Nigeria. *African Journal of Environment and Natural Science Research,* 1, 15-23. doi:10.52589/ajensr

Areewichittranusorn, C. (2001). เครื่องมือวิทยาศาสตร์ : บทที่ 4 : เครื่องชั่ง (*Balance)*. Khon Kaen: Khon Kaen University.

Artiola, J. F. (2019). Chapter 21 - Industrial Waste and Municipal Solid Waste Treatment and Disposal. In M. L. Brusseau, I. L. Pepper, & C. P. Gerba (Eds.), *Environmental and Pollution Science (Third Edition)* (pp. 377-391): Academic Press.

ATSDR. (1997). *Background Information for Arsenic, Cadmium, Chromium, and Lead*: The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ATSDR. (2019). ATSDR's Substance Priority List. Retrieved from https://www.atsdr.cdc.gov/spl/index.html

Bureau of Epidemiology. (2015). *Situation of Heavy metal poisoning in Thailand* 2015 (Thanawadee Chantien & Sangchom Siripanich Eds.). Nonthaburi: Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control, Ministry of Public Health.

Caldwell, K. L. (2015). *Urine Multi-Element ICP-DRC-MS*. Georgia: Centers for Disease Control and Prevention.

Carroll, C. (2020). *ASSESSING PARTICULATE MATTER WALL LOSS WITH CONDUCTIVE VS. NON-CONDUCTIVE CASSETTES USED FOR AIRBORNE MINERAL DUST SAMPLING.* (Master of Science Thesis). Montana Technological University Montana. Retrieved from https://digitalcommons.mtech.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1242&context=grad_rsch

Caruso, R. V., O'Connor, R. J., Stephens, W. E., Cummings, K. M., & Fong, G. T. (2013). Toxic metal concentrations in cigarettes obtained from U.S. smokers in 2009: results from the International Tobacco Control (ITC) United States survey cohort. *International journal of environmental research and public health,* 11(1), 202-217. doi:10.3390/ijerph110100202

Centre for Materials for Electronics Technology (C-MET). (2014). INDUCTIVELY COUPLED PLASMA -OPTICAL EMISSION SPECTROMETER(ICP-OES). Retrieved from http://www.rohs-cmet.in/content/icp-oes

Centre for Public Health Research. Massey University. (2019). *WorkSafe Request for Proposals: Worker Exposure Survey Report* (Amanda Eng, Hayley Denison, Alex Chung, Andrea 't Mannetje, Dave McLean, Lucy Barnes, Samuel Keer, Ian Laird, Michelle Gray, Tracey Whaanga, Jean Feary-McKenzie, & Jeroen Douwes Eds.). New Zealand: Centre for Public Health Research. Massey University, .

Černá, M., Jelínek, R., Janoutová, J., Kotěšovec, F., Beneš, I., & Leixner, M. (1998). Risk assessment of the common air pollutants in Teplice, Czech Republic. *Toxicology Letters,* 96-97, 203-208. doi:https://doi.org/10.1016/S0378-4274(98)00073-3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Correia, M., Chammas, M., Zavariz, J., Arata, A., Martins, L., Marui, S., & Pereira, L. (2020). Evaluation of the effects of chronic occupational exposure to metallic mercury on the thyroid parenchyma and hormonal function. *International archives of occupational and environmental health,* 93. doi:10.1007/s00420-019-01499-0

Decharat, S. (2016). Heavy Metals Exposure and Hygienic Behaviors of Workers in Sanitary Landfill Areas in Southern Thailand. *Scientifica,* 2016, 1-9. doi:10.1155/2016/9269210

Department of Disease Control. (2014). *Announcement of the Department of Disease Control; Thai Biological Exposure Indices: Thai BEIs* (Vol. 1). Nonthaburi: Department of Disease Control, Ministry of Public Health, Thailand

Department of Health. (2019). คู่มือแนวทางการใช้อะมัลกัมทางทันตกรรม (Vol. 1). Nonthaburi: Department of Health, Ministry of Public Health, Goverment of Thailand.

Division of Occupational and Environmental Disease. (2006). ความรู้เรื่องโรคจากการประกอบอาชีพ กรณี โรคจากปรอท. Retrieved from http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/65

Division of Occupational and Environmental Disease. (2007). ความรู้เรื่องโรคจากการประกอบอาชีพ กรณีโรคจากตะกั่ว. Retrieved from http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/66

Division of Occupational and Environmental Disease. (2008). ความรู้เรื่องโรคจากการประกอบอาชีพ กรณีโรคจากโครเมียม Retrieved from http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/62

Division of Occupational and Environmental Disease. (2010). Evaluation and Monitoring air Pollution (การประเมินและการเก็บตัวอย่างมลพิษอากาศ). Retrieved from http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/Menu/rayong/air.pdf

Division of Occupational and Environmental Disease. (2014). ความรู้เรื่องโรคจากการประกอบอาชีพ กรณีโรคจากแคดเมียม. Retrieved from http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/62

Fang, W., Yang, Y., & Xu, Z. (2013). PM10 and PM2.5 and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Typical Factory for Cathode Ray Tube Television Recycling. *Environmental science & technology,* 47. doi:10.1021/es4026613

Foundation of Summacheeva. (2012). ฐานข้อมูล occtox โดยมูลนิธิสัมมาอาชีวะ, Arsenic.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Retrieved from https://www.summacheeva.org/occtox/arsenic

Goyal, T., Mitra, P., Singh, P., Chambial, S., & Sharma, P. (2020). Assessement of Blood Lead and Cadmium Levels in Occupationally Exposed Workers of Jodhpur, Rajasthan. *Indian Journal of Clinical Biochemistry,* 36. doi:10.1007/s12291-020-00878-6

Gul, N., Khan, S., Khan, A., Nawab, J., Sarwar, A., & Gul, N. (2020). Organic and Inorganic Mercury in Biological Samples of Flouresecent Lamp Industries Workers and Health Risks. *Biomedical and Environmental Sciences*(33(2)). doi:10.3967/bes2020.013

Industrial Waste Management Division. (2020). Data baste of Industry Waste Management of Thailand (Online). Retrieved from http://webintra.diw.go.th/iwmb/customer.asp

Jayasumana, C., Gunatilake, S., & Siribaddana, S. (2015). Simultaneous exposure to multiple heavy metals and glyphosate may contribute to Sri Lankan agricultural nephropathy. *BMC Nephrology,* 16(1), 103. doi:10.1186/s12882-015-0109-2

Junaid, M., Hashmi, M. Z., & Malik, R. (2016). Evaluating levels and health risk of heavy metals in exposed workers from Surgical Instrument Manufacturing Industries of Sialkot, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research,* 23. doi:10.1007/s11356-016-6849-0

Kwarteng, L., Devasurendra, A. M., Laskaris, Z., Arko-Mensah, J., Amoabeng Nti, A. A., Takyi, S., . . . Batterman, S. (2022). Occupational exposures to particulate matter and PM2.5-associated polycyclic aromatic hydrocarbons at the Agbogbloshie waste recycling site in Ghana. *Environment International,* 158, 106971. doi:https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106971

Lacerda, L., Garcia, S., Silva, L., Dornelles, M., Presotto, A., Lourenço, E., . . . Feksa, L. (2019). Evaluation of hematological, biochemical parameters and thiol enzyme activity in chrome plating workers. *Environmental Science and Pollution Research,* 26. doi:10.1007/s11356-018-3755-7

Lau, W., Man, Y., Chung, S., & Wong, M. (2013). Human health risk assessment based on trace metals in suspended air particulates, surface dust, and floor dust from e-waste recycling workshops in Hong Kong, China. *Environmental science and*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

pollution research international, 21. doi:10.1007/s11356-013-2372-8

Luo, L., Wang, B., Jiang, J., Fitzgerald, M., Huang, Q., Yu, Z., . . . Chen, S. (2021). Heavy Metal Contaminations in Herbal Medicines: Determination, Comprehensive Risk Assessments, and Solutions. *Frontiers in pharmacology,* 11, 595335-595335. doi:10.3389/fphar.2020.595335

Ministry of Human Resources Malaysia. (2001). *Guidelines on Medical Surveillanve in Malaysia* (Vol. 1): Department Occupational Safety and Health, Ministry of Human Resources, Malaysia.

Ratchakitcha, 129 C.F.R. § 129 E (2012).

Ministry of Industry. (2018). *Guidelines to best practice for therapeutic services and dispose of industrial waste in industrial waste treatment No.* 101, 105 *and* 106 *to strictly comply with the law*: Industrial Waste Management Division,Department of Industrial Works, Ministry of Industry.

Ratchakitcha, 130 C.F.R. § 113 A (2013).

Mousavian, N. A., Mansouri, N., & Nezhadkurki, F. (2017). Estimation of heavy metal exposure in workplace and health risk exposure assessment in steel industries in Iran. *Measurement,* 102, 286-290. doi:https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.02.015

Mowla, M., Rahman, E., Islam, N., & Aich, N. (2021). Assessment of heavy metal contamination and health risk from indoor dust and air of informal E-waste recycling shops in Dhaka, Bangladesh. *Journal of Hazardous Materials Advances,* 4, 100025. doi:https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2021.100025

Naing, N. N. (2003). Determination of Sample Size. *The Malaysian journal of medical sciences : MJMS,* 10, 84-86.

Nduka, J. K., Kelle, H. I., & Amuka, J. O. (2019). Health risk assessment of cadmium, chromium and nickel from car paint dust from used automobiles at auto-panel workshops in Nigeria. *Toxicology Reports,* 6, 449-456. doi:https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.05.007

NIOSH. (1994). METALS in Urine. 7300. In *NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition* (Vol. 2, pp. 1-5). Washington, DC, USA: The National Institute for Occupational Safety and Health, U.S. Department of Health & Human Services.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

NIOSH. (1998a). Particulates not Otherwise Regulated, Respirable, Method 0600. In *NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition* (Vol. 3, pp. 1-6). Washington, DC, USA: The National Institute for Occupational Safety and Health, U.S. Department of Health & Human Services.

NIOSH. (1998b). Particulates not Otherwise Regulated, Total, Method 0500. In *NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition* (Vol. 2, pp. 1-3). Washington, DC, USA: The National Institute for Occupational Safety and Health, U.S. Department of Health & Human Services.

NIOSH. (2003). Element by ICP (Hot Block/HCl/HNO3 Digestion). In *NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition* (Vol. 1, pp. 1-6). Washington, DC, USA: The National Institute for Occupational Safety and Health, U.S. Department of Health & Human Services.

NIOSH. (2011). Index of Chemical Names : Particulate. 1988 *OSHA PEL Project Documentation.* Retrieved from https://www.cdc.gov/niosh/pel88/dusts.html

NIOSH. (2019). Particulates not otherwise regulated. *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards.* Retrieved from https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0480.html

Nouioui, M. A., Araoud, M., Ml, M., Bessueille-Barbier, F., Amira, D., Ayouni-Derouiche, L., & Abderrazek, H. (2019). Biomonitoring chronic lead exposure among battery manufacturing workers in Tunisia. *Environmental Science and Pollution Research,* 26. doi:10.1007/s11356-019-04209-y

OECD. (2018). *Considerations and Criteria for Sustainable Plastics from a Chemicals Perspective BACKGROUND PAPER* 1. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development.

OEHHA. (2020). Appendix A: Hot Spots Unit Risk and Cancer Potency Values. In *Guideline Values for Health Risk Assessment*. California, USA: The Office of Environmental Health Hazard Assessment, The California Environmental Protection Agency

Office of the National Economic and Social Development Board. (2016). *The Twelfth National Economic and Social Development Plan (*2017-2021). Bangkok, Thailand: Office of the Prime Minister.

Omrane, F., Gargouri, I., Khadhraoui, M., Elleuch, B., & Zmirou-Navier, D. (2018). Risk

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

assessment of occupational exposure to heavy metal mixtures: a study protocol. *BMC Public Health,* 18(1), 314. doi:10.1186/s12889-018-5191-5

OSHA. (1910). Medical Program. Retrieved from http://www.osha.gov/Publications/complinks/OSHG-HazWaste/5-6.pdf

OSHA. (2021). Particulates not Otherwise Regulated, Total and Respirable dust (PNOR). Retrieved from https://www.osha.gov/chemicaldata/801

Ozaki, H., Ichise, H., Kitaura, E., Yaginuma, Y., Yoda, M., Kuno, K., & Watanabe, I. (2019). Immutable heavy metal pollution before and after change in industrial waste treatment procedure. *Scientific Reports,* 9(1), 4499. doi:10.1038/s41598-019-40634-2

Page, E. H., Ceballos, D., Oza, A., Gong, W., & Mueller, C. A. (2015). Metal exposures in an electronic scrap recycling facility. *NIOSH health hazard evaluation report*. Retrieved from https://stacks.cdc.gov/view/cdc/27677

PCD. (2019). *Booklet on Thailand State of Pollution* 2018. Bangkok, Thailand: Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment.

PCD. (2020a). Definition of RfD and RfC. Retrieved from http://prtr.pcd.go.th/substances/%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87-rfd-%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0-rfc/

PCD. (2020b). *Handbook of coordinating procedures for handling smuggled industrial waste disposal* Bangkok, Thailand: Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment.

Phanprasit, W., Muadchim, M., Park, J., Robson, M. G., Sujirarat, D., Kwonpongsagoon, S., & Arphorn, S. (2019). Mercury health risk assessment among petrochemical workers in Rayong Province, Thailand. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal,* 25(6), 1448-1462. doi:10.1080/10807039.2018.1465812

Puangprasert, S., & Prueksasit, T. (2019). Health risk assessment of airborne Cd, Cu, Ni and Pb for electronic waste dismantling workers in Buriram Province, Thailand. *Journal of environmental management,* 252, 109601. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109601

Ramathibodi Poison Center. (2018). ภาวะเป็นพิษจากสารตะกั่ว. Retrieved from

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

https://www.rama.mahidol.ac.th/poisoncenter/th/pois-cov/Lead

Richter, P. A., Bishop, E. E., Wang, J., & Swahn, M. H. (2009). Tobacco smoke exposure and levels of urinary metals in the U.S. youth and adult population: the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999-2004. *International journal of environmental research and public health,* 6(7), 1930-1946. doi:10.3390/ijerph6071930

Rockafellow-Baldoni, M., Spayd, S., Hong, J.-Y., Meng, Q., Ohman-Strickland, P., & Robson, M. (2018). Arsenic Exposure and Cancer Risk Reduction with Local Ordinance Requiring Whole-House Dual-Tank Water Treatment Systems. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal,* 24, 1-12. doi:10.1080/10807039.2017.1411779

Selin, H., & Eckley Selin, N. (2020). Mercury Elementary. In *Mercury Stories: Understanding Sustainability through a Volatile Element* (pp. 0). doi:10.7551/mitpress/11856.003.0002

Shiue, I. (2017). Urinary arsenic, pesticides, heavy metals, phthalates, polyaromatic hydrocarbons, and polyfluoroalkyl compounds are associated with sleep troubles in adults: USA NHANES, 2005-2006. *Environmental science and pollution research international,* 24(3), 3108-3116. doi:10.1007/s11356-016-8054-6

Singh, M., Thind, P., & John, S. (2018). Health risk assessment of the workers exposed to the heavy metals in e-waste recycling sites of Chandigarh and Ludhiana, Punjab, India. *Chemosphere,* 203. doi:10.1016/j.chemosphere.2018.03.138

Singh, N., Gupta, V. K., Kumar, A., & Sharma, B. (2017). Synergistic Effects of Heavy Metals and Pesticides in Living Systems. *Frontiers in Chemistry,* 5, 70-70. doi:10.3389/fchem.2017.00070

SKC Ltd. (2013). Personal Modular Impactor (PMI). In.

Sommar, J. N., Hedmer, M., Lundh, T., Nilsson, L., Skerfving, S., & Bergdahl, I. A. (2014). Investigation of lead concentrations in whole blood, plasma and urine as biomarkers for biological monitoring of lead exposure. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology,* 24(1), 51-57. doi:10.1038/jes.2013.4

Sovičová, M., Tomášková, H., Carbolová, L., Šplíchalová, A., Baška, T., & Hudečková, H.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2020). The Effects of a Workplace Health Promotion Program to Decrease Cadmium Exposure Levels in Nickel-Cadmium Battery Workers. *Acta Medica Academica; Vol* 48, *No* 3 (2019). Retrieved from http://www.ama.ba/index.php/ama/article/view/385

Teerawiroj Teskathuk, A. (2020). ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ บ่งชี้อะไรในร่างกายได้บ้าง. Retrieved from https://www.ohswa.or.th/17638765/toxicology-for-jorpor-series-ep4

U.S. EPA. (1987). *Cadmium; CASRN* 7440-43-9. Washington, DC, USA: National Center for Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency.

U.S. EPA. (1988). *Arsenic, Inorganic CASRN* 7440-38-2. Washington, DC, USA: National Center for Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency.

U.S. EPA. (1998). *Chromium(VI) CASRN* 18540-29-9. Washington, DC, USA: National Center for Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency.

U.S. EPA. (2004). *Risk assessment guidance for superfund (RAGS). Volume I. Human health evaluation manual (HHEM). Part E. Supplemental guidance for dermal risk assessment*. Washington, DC, USA: Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, U.S. Environmental Protection Agency

U.S. EPA. (2007). Method 3051A, Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils. In. Washington, DC, USA: National Center for Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency.

U.S. EPA. (2018). Method 6010D: Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) In. Washington, DC, USA: National Center for Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency.

U.S. EPA. (2019). *Guidelines for Human Exposure Assessment* Washington, DC, USA: National Center for Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency.

U.S. EPA. (2021). Conducting a Human Health Risk Assessment. Retrieved from https://www.epa.gov/risk/conducting-human-health-risk-assessment

United Nations. (2015). Goal 3: Ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages. *SDG Knowledge.* Retrieved from https://sdgs.un.org/goals/goal3

University of Tennessee. (1991). Formal Toxicity Summary for CADMIUM. *Toxicity Profiles.* Retrieved from https://rais.ornl.gov/tox/profiles/cadmium.html

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

University of Tennessee. (1998). Formal Toxicity Summary for CHROMIUM. *Toxicity Profiles.* Retrieved from https://rais.ornl.gov/tox/profiles/chromium.html

Urairerkkul, C. (2019). Health Effect of Particulate Matter (PM)-WHO. Thai Health Literacy Promotion Association (THLA). Retrieved from http://doh.hpc.go.th/bs/topicDisplay.php?id=247

Wikuats, C. F. H., Duarte, E. H., Prates, K. V. M. C., Janiaski, L. L. L., de Oliveira Gabriel, B., da Cunha Molina, A., & Martins, L. D. (2020). Assessment of airborne particles and bioaerosols concentrations in a waste recycling environment in Brazil. *Scientific Reports,* 10(1), 14812. doi:10.1038/s41598-020-71787-0

Wongwijitsuk, S. (2009). Biomarkers กับบทบาทที่สำคัญในงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัย The role of Biomarkers in Occupational Health. *Academic Journal of Huachiew Chalermprakiet University,* 12(24), 89-99. Retrieved from http://journal.hcu.ac.th/pdffile/6.%20Biomarkers%2089-99.pdf

WorkSafe New Zealand. (2018). *Biological Exposure Indices (BEI) Review*. New Zealand: WorkSafe New Zealand, New Zealand Government.

Yamauchi, H. (2018). *Arsenic Contamination in Asia: Biological Effects and Preventive Measures Editors Hiroshi Yamauchi, Guifan Sun*.

Yohannessen, K., Pinto-Galleguillos, D., Parra-Giordano, D., Agost, A., Valdés, M., Smith, L. M., . . . Ruiz-Rudolph, P. (2019). Health Assessment of Electronic Waste Workers in Chile: Participant Characterization. *International journal of environmental research and public health,* 16(3), 386. doi:10.3390/ijerph16030386

Zhou, P., Guo, J., Zhou, X., Zhang, W., Liu, L., Liu, Y., & Lin, K. (2014). PM2.5, PM10 and health risk assessment of heavy metals in a typical printed circuit noards manufacturing workshop. *Journal of Environmental Sciences,* 26. doi:10.1016/j.jes.2014.08.003

กัญญ์สิริ จันทร์เจริญ. (2005). การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง. In การวิจัยทางการพยาบาล : แนวคิด หลักการ และวิธีปฏิบัติ (pp. 85-114).

หทัยชนก พรรคเจริญ และคณะ. (2008). เทคนิคการสุ่มตัวอย่างและการประมาณค่า: กลุ่มระเบียบวิธีสถิติ สำนักนโยบายและวิชาการสถิติ สำนักงานสถิติแห่งชาติ.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1 เอกสารรับรองจริยธรรมในการวิจัยในมนุษย์

งานวิชาการและกิจการนิสิต
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ
เลขที่รับ LP01884/2564
วันที่ 25 ก.พ. 2564 เวลา 14.05 น.

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ
เลขรับ SCI-EX 009/64
วันที่ 25 ก.พ. 2564
เวลา 10.00

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218-3202, 83049
ที่ จว 026/2564 (ผ) **วันที่** 22 กุมภาพันธ์ 2564
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
เลขรับที่: LP00321
ลงวันที่: 01 มี.ค. 64 เวลา 14:44

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

ตามที่นิสิต/บุคลากรในสังกัดของท่านได้เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้น ในการนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลักได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้ ดังนี้

โครงการวิจัยที่ 227.1/63 เรื่อง การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม (HEALTH RISK ASSESSMENT OF WORKER EXPOSED TO HEAVY METAL IN INDUSTRIAL WASTE TREATMENT) **ของ นายประหยัด เคนโยธา** นิสิตระดับมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ร.วินันท์ มิ่งภัคนีย์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวีนันท์ มิ่งภัคนีย์)
กรรมการและเลขานุการ
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เคนโย ธาตุยาภาร
25 ก.พ. 64

เรียน หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
เพื่อโปรดแจ้งให้นิสิตทราบด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีรัตน์ เดี่ยววาณิชย์)
รองคณบดี
1 มีนาคม 2564

แจ้งนิสิตให้ทราบ
(สำเนาเรียนอาจารย์ที่ปรึกษา ศ.ดร.วนิดา จีนศาสตร์)

ผศ.ดร.ภศิชา ไชยแก้ว
หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
1 มีนาคม 2564

AF 02-12

The Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Group I, Chulalongkorn University
Jamjuree 1 Building, 2nd Floor, Phyathai Rd., Patumwan district, Bangkok 10330, Thailand,
Tel: 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 041/2021

Certificate of Approval

Study Title No. 227.1/63 : HEALTH RISK ASSESSMENT OF WORKER EXPOSED TO HEAVY METAL IN INDUSTRIAL WASTE TREATMENT

Principal Investigator : MR. PRAYAD KENYOTA

Place of Proposed Study/Institution : Faculty of Science, Chulalongkorn University

The Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Group I, Chulalongkorn University, Thailand, has approved constituted in accordance with Belmont Report 1979, Declaration of Helsinki 2013, Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOM) 2016, Standards of Research Ethics Committee (SREC) 2017, and National Policy and guidelines for Human Research 2015.

Signature: Prida Tasanapradit Signature: Raveenan Mingpakanee.

(Associate Prof. Prida Tasanapradit, M.D.) (Assistant Prof. Raveenan Mingpakanee, Ph.D.)

Chairman Secretary

Date of Approval : 22 February 2021 Approval Expire date : 21 February 2022

The approval documents including;

1) Research proposal
2) Participant Information Sheet and Consent Form
3) Researcher
4) Questionnaires

Protocol No. 227.1/63
Date of Approval 22 FEB 2021
Approval Expire Date 21 FEB 2022

The approved investigator must comply with the following conditions:

1. *It's unethical to collect data of research participants before the project has been approved by the committee.*
2. *The research/project activities must end on the approval expired date. To renew the approval, it can be applied one month prior to the expired date with submission of progress report.*
3. *Strictly conduct the research/project activities as written in the proposal.*
4. *Using only the documents that bearing the RECCU's seal of approval: research tools, information sheet, consent form, invitation letter for research participation (if applicable).*
5. *Report to the RECCU for any serious adverse events within 5 working days.*
6. *Report to the RECCU for any amendment of the research project prior to conduct the research activities.*
7. *Report to the RECCU for termination of the research project within 2 weeks with reasons.*
8. *Final report (AF 01-15) and abstract is required for a one year (or less) research/project and report within 30 days after the completion of the research/project.*
9. *Research project with several phases; approval will be approved phase by phase, progress report and relevant documents for the next phase must be submitted for review.*
10. *The committee reserves the right to site visit to follow up how the research project being conducted.*
11. *For external research proposal the dean or head of department oversees how the research being conducted.*

ภาคผนวกที่ 2 แบบสอบถามงานวิจัย

วันที่ทำแบบสอบถาม : ☐☐ - ☐☐ - ☐☐☐☐ **เลขทะเบียนที่** ☐☐-☐☐☐

(วันที่ / เดือน / ปี พ.ศ.) **(ตรงกับเลขที่แบบคำยินยอมและรหัสตัวอย่างปัสสาวะ)**

แบบสอบถามสำหรับงานวิจัย

เรื่อง การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม

คำชี้แจง : (1) แบบสอบถามฉบับนี้ให้ผู้ทำวิจัยทำการซักถามกับพนักงานที่ยินดีสมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยให้ทำการสอบถามทีละข้อ โดยให้ระบุข้อมูลตามความเป็นจริงที่พนักงานให้ข้อมูลนั้น ด้วยการเขียนบันทึกและทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ในคำถามข้อนั้น

(2) การเก็บข้อมูลในครั้งนี้ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจะถือเป็นความลับและนำมาใช้ประโยชน์ทางการศึกษาวิจัยเท่านั้น โดยจะไม่นำเสนอข้อมูลเป็นรายบุคคล และข้อมูลที่ได้จากท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิเคราะห์วิจัยและนำไปใช้ในการป้องกันตนเองจากภาวะเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดโรคจากการทำงาน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

1. อายุ : .....ปี
2. เพศ : ☐ 1.ชาย ☐ 2.หญิง
3. น้ำหนักตัว : ..... กิโลกรัม
4. ส่วนสูง : ..... เซนติเมตร
5. สถานภาพสมรส : ☐ 1.โสด ☐ 2.สมรส ☐ 3.แยกกันอยู่/หย่า ☐ 4.หม้าย
6. ระดับการศึกษาสูงสุด :
   ☐ 1.ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า ☐ 2. มัธยมศึกษาตอนต้น
   ☐ 3.มัธยมศึกษาตอนปลาย ☐ 4. อนุปริญญา/ปวส. ☐ 5.ปริญญาตรี
   ☐ 6.สูงกว่าปริญญาตรี
7. รายได้ที่ได้รับต่อเดือน : .....บาท
8. สถานที่อยู่ปัจจุบัน :
   ☐ 1.บ้านพักส่วนตัว ☐ 2. หอพัก
   ☐ 3.อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....
9. โรคประจำตัว : สามารถตอบได้มากกว่า 1 หัวข้อโรคที่เป็น (ที่แพทย์ยืนยันแล้ว)
   ☐ 0. ไม่มี ☐ 1. มี ***โปรดระบุจากตัวเลือก***...
   ☐ 1.โรคเบาหวาน ☐ 2.โรคความดันโลหิตสูง ☐ 3.โรคหูเสื่อม
   ☐ 4.โรคไตเสื่อม/ไตวาย ☐ 5.โรคปอด/ปอดอักเสบ(เรื้อรัง)
   ☐ 6.โรคตับอักเสบ ☐ 7.โรคกล้ามเนื้อสั่น/เกร็ง(เรื้อรัง) ☐ 8.โรคหอบหืด
   ☐ 9.โรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง ☐ 10.โรคผิวหนังเรื้อรัง ☐ 11.โรคโลหิตจาง
   ☐ 12.โรคอื่น ๆ โปรดระบุ .....

<u>สำหรับผู้วิจัย</u>

No. & Date	1-2
☐☐	3
☐	4
☐☐☐	5
☐☐☐	6
☐	7
☐	8
☐☐☐,☐☐☐	9
☐	10
☐	11
Rec: 0/1	12-23
☐1.DB ☐2.HB ☐3.HL ☐4.KP ☐5.LP ☐6.LV ☐7.MS ☐ 8.AM ☐9.MK ☐10.DM ☐11.AM ☐12.OT	
W-Ot-Rec:	24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่วนที่ 2 ข้อมูลพฤติกรรมเสี่ยงการสัมผัสโลหะหนัก	**สำหรับผู้วิจัย**	
2.1 ข้อมูลพฤติกรรมส่วนบุคคล		
10. ท่านสูบบุหรี่หรือไม่ :		
☐ 0. ไม่เคยสูบเลย ☐ 1. ยังสูบในปัจจุบัน ☐ 2. เคยสูบแต่เลิกแล้ว	☐	25
(10.1) ระบุเลิกสูบบุหรี่มาเป็นเวลา : ..... ปี ..... เดือน	☐☐Y	26
11. ที่บ้าน/ที่พักของท่านมีผู้สูบบุหรี่หรือไม่ : ☐ 0.ไม่มี ☐ 1.มี	☐	27
12. ท่านดื่มแอลกอฮอล์ (สุรา/เหล้า เบียร์ หรือ ไวน์) หรือไม่ :		
☐ 0.ไม่ดื่มเลย ☐ 1.ดื่ม	☐	28
(12.1) ความถี่ : ☐ 1) 1 ครั้งใน 3 เดือน ☐ 4) 1 ครั้งใน 1 สัปดาห์ ☐ 2) 1 ครั้งใน 1 เดือน ☐ 5) มากกว่า 1 ครั้งใน 1 สัปดาห์ ☐ 3) มากกว่า 1 ครั้งใน 1 เดือน ☐ 6) ทุกวัน	☐	29
13. ท่านได้รับประทาน**อาหารทะเลหรือผลิตภัณฑ์จากทะเล** ภายในระยะเวลา 3 วัน มาก่อนทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะหรือไม่		
☐ 0.ไม่ได้รับประทาน ☐ 1.รับประทาน	☐	30
(13.1) รับประทานอาหารทะเลฯ ล่าสุดเมื่อ : ..... วันที่ผ่านมา	☐☐	31
14. บ้านพักของท่านมีการใช้สารกำจัดแมลงที่ใช้**ในบ้านเรือน** ภายใน 7 วันที่ผ่านมาหรือไม่		
☐ 0.ไม่ใช้ ☐ 1.ใช้	☐	32
(14.1) ท่านใช้สารกำจัดแมลงฯ ล่าสุดเมื่อ : ..... วันที่ผ่านมา	☐☐	33
15. ภายใน 3 เดือนที่ผ่านมา ท่าน**รับประทานยาสมุนไพรหรือยาพื้นบ้าน**อื่น ๆ เพื่อรักษาโรคหรือบำรุงร่างกาย หรือไม่		
☐ 0.ไม่รับประทาน ☐ 1.รับประทาน	☐	34
(15.1) วัตถุประสงค์ในการรับประทานเพื่อ :	W-Rec:	35
(15.2) ความถี่ : ☐ 1) 1 ครั้งใน 3 เดือน ☐ 4) 1 ครั้งใน 1 สัปดาห์ ☐ 2) 1 ครั้งใน 1 เดือน ☐ 5) มากกว่า 1 ครั้งใน 1 สัปดาห์ ☐ 3) มากกว่า 1 ครั้งใน 1 เดือน ☐ 6) ทุกวัน	☐	36
(15.3) ท่านรับประทานยาสมุนไพรหรือยาพื้นบ้าน ล่าสุดเมื่อ : ... วันที่ผ่านมา	☐☐	37
16. ท่านเคยทำการอุดฟันหรือไม่		
☐ 0. ไม่เคย ☐ 1.เคย	☐	38
(16.1) ท่านอุดฟัน ล่าสุดเมื่อ : ..... ปี ..... เดือน ..... วันที่ผ่านมา	☐☐Y	39

2.2 พฤติกรรมในการทำงาน

17. ท่านทำงาน ณ โรงงานแห่งนี้มาแล้ว : .....ปี ..... เดือน .....วัน

18. ท่านเคยทำงานอื่น ๆ ก่อนมาทำงาน ณ โรงงานแห่งนี้หรือไม่

☐ 0.ไม่เคย ☐ 1.เคย

(18.1) กิจกรรม/การผลิตของโรงงานที่ทำล่าสุดคือ : .....

(18.2) ท่านทำงานกับโรงงาน/งานล่าสุด เมื่อ : ...ปี .... เดือน .....วัน ที่ผ่านมา

19. ปัจจุบันท่านมีงานอดิเรก/งานหารายได้เสริมหรือไม่

☐ 0.ไม่มี ☐ 1.มี ***ระบุข้อมูล***...

(19.1) งานอดิเรก/งานหารายได้เสริมของท่านคือ : .....

(19.2) ท่านทำงานเสริมใช้เวลาประมาณ : ..... ชั่วโมง/วัน

20. ท่านทำงานกี่วันต่อสัปดาห์ (โดยเฉลี่ย) : ..... วัน/สัปดาห์

21. ท่านทำงานกี่ชั่วโมงต่อวัน (โดยเฉลี่ย) : ..... ชั่วโมง/วัน

22. ท่านสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตราย (PPE) ในขณะทำงานหรือไม่ :

☐ 0.ไม่เคยใช้ ☐ 1.ใช้ ***ระบุข้อมูล.....***

(22.1) ท่านสวมใส่หน้ากากป้องกันฝุ่นละออง หรือไม่

☐ 0.ไม่เคยใช้ ☐ 1.ใช้ ***ระบุ*** ชนิดหน้ากาก : .....

(22.1.1) ความถี่ที่ใช้ : ☐ 1.บางครั้ง ☐ 2.บ่อยครั้ง ☐ 3.ทุกครั้ง

(22.2) ท่านสวมใส่ถุงมือเพื่อป้องกันอันตรายจากของมีคมและสารเคมี หรือไม่

☐ 0.ไม่เคยใช้ ☐ 1.ใช้ ***ระบุ*** ชนิดถุงมือ : .....

(22.2.1) ความถี่ที่ใช้ : ☐ 1.บางครั้ง ☐ 2.บ่อยครั้ง ☐ 3.ทุกครั้ง

(22.3) ท่านสวมใส่ชุดป้องกันการปนเปื้อนในขณะทำงานหรือไม่

☐ 0.ไม่เคยใช้ ☐ 1.ใช้ ***ระบุ*** ชนิดชุดที่สวมใส่ : .....

(22.3.1) ความถี่ที่ใช้ : ☐ 1.บางครั้ง ☐ 2.บ่อยครั้ง ☐ 3.ทุกครั้ง

23. ท่านรับประทานอาหาร อาหารว่าง หรือดื่มน้ำในพื้นที่การทำงาน หรือไม่

☐ 0.ไม่เคย ☐ 1.บางครั้ง ☐ 2.บ่อยครั้ง ☐ 3.เป็นประจำ

24. ท่านล้างมือก่อนรับประทานอาหารกลางวันหรือไม่

☐ 0.ไม่เคย ☐ 1.บางครั้ง ☐ 2.บ่อยครั้ง ☐ 3.เป็นประจำ

25. ท่านเปลี่ยนเสื้อผ้าหลังเลิกจากการทำงานหรือไม่

☐ 0.ไม่เคย ☐ 1.บางครั้ง ☐ 2.บ่อยครั้ง ☐ 3.เป็นประจำ

2.3 สถานการณ์สุขภาพ

26. ท่านได้รับการตรวจสุขภาพประจำปีที่ผ่านมาหรือไม่

☐ 0.ไม่ได้รับการตรวจ ☐ 1. ได้รับการตรวจสุขภาพ

สำหรับผู้วิจัย

☐☐Y	40
☐	41
W-Rec:	42
☐☐Y	43
☐	44
W-Rec:	45
☐☐hr.	46
☐D	47
☐☐hr.	48
☐	49
☐	50
W-Rec:	51
☐	52
☐	53
W-Rec:	54
☐	55
☐	56
W-Rec:	57
☐	58
☐	59
☐	60
☐	61
☐	62

(26.1) ผลการตรวจสุขภาพ :

☐ 1.ปกติทุกอย่าง ☐ 2.มีความผิดปกติ **โปรดระบุ** .....

27. ในระยะเวลา 1 เดือนที่ผ่านมา ท่านเคยมีอาการเหล่านี้ภายหลังการทำงานหรือในขณะทำงานหรือไม่

อาการ	ไม่เคย/เคยมีอาการ	ความถี่อาการในระยะเวลา 1 เดือน		
		1-3 วัน/เดือน	1-3 วัน/สัปดาห์	ทุกวันหรือเกือบทุกวัน
27.1 ปวดศีรษะ	☐0.ไม่เคย ☐1.เคย	☐1.	☐2.	☐3.
27.2 ระคายเคืองตา	☐0.ไม่เคย ☐1.เคย	☐1.	☐2.	☐3.
27.3 คัดจมูก/มีน้ำมูก	☐0.ไม่เคย ☐1.เคย	☐1.	☐2.	☐3.
27.4 เหนื่อยหอบ	☐0.ไม่เคย ☐1.เคย	☐1.	☐2.	☐3.
27.5 ไอ	☐0.ไม่เคย ☐1.เคย	☐1.	☐2.	☐3.
27.6 อาเจียน	☐0.ไม่เคย ☐1.เคย	☐1.	☐2.	☐3.
27.7 เหงื่อออกมาก	☐0.ไม่เคย ☐1.เคย	☐1.	☐2.	☐3.
27.8 เป็นตะคริว	☐0.ไม่เคย ☐1.เคย	☐1.	☐2.	☐3.
27.9 ผื่น/ระคายเคืองผิว	☐0.ไม่เคย ☐1.เคย	☐1.	☐2.	☐3.
27.10 มือ/กล้ามเนื้อสั่นเกร็ง	☐0.ไม่เคย ☐1.เคย	☐1.	☐2.	☐3.
27.11 อื่น ๆ	☐0.ไม่เคย ☐1.เคย	☐1.	☐2.	☐3.

28. เมื่อท่านกลับจากที่ทำงานแล้ว อาการที่ท่านเป็นจากข้อ 27. เป็นอย่างไร

อาการ	สถานะอาการ		
	ดีขึ้น	เหมือนเดิม	แย่ลง
28.1 ปวดศีรษะ	☐1.	☐2.	☐3.
28.2 ระคายเคืองตา	☐1.	☐2.	☐3.
28.3 คัดจมูก/มีน้ำมูก	☐1.	☐2.	☐3.
28.4 เหนื่อยหอบ	☐1.	☐2.	☐3.
28.5 ไอ	☐1.	☐2.	☐3.
28.6 อาเจียน	☐1.	☐2.	☐3.
28.7 เหงื่อออกมาก	☐1.	☐2.	☐3.
28.8 เป็นตะคริว	☐1.	☐2.	☐3.
28.9 ผื่น/ระคายเคืองผิว	☐1.	☐2.	☐3.
28.10 มือ/กล้ามเนื้อสั่นเกร็ง	☐1.	☐2.	☐3.
28.11 อื่น ๆ	☐1.	☐2.	☐3.

สำหรับผู้วิจัย

☐ 63

☐65 ☐66

☐67 ☐68

☐69 ☐70

☐71 ☐72

☐73 ☐74

☐75 ☐76

☐77 ☐78

☐79 ☐80

☐81 ☐82

☐83 ☐84

W-Rec:85 ☐86

☐ 87

☐ 88

☐ 89

☐ 90

☐ 91

☐ 92

☐ 93

☐ 94

☐ 95

☐ 96

W-Rec: 97 ☐98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

29. เมื่อท่านมีอาการ ส่วนใหญ่ท่านได้ทำการรักษาอาการดังกล่าวอย่างไร

☐ 0.ไม่ได้ทำอะไร/หายเอง ☐ 1.ทำการรักษา ***ระบุข้อมูล***...

(29.1) ระบุวิธีการรักษา : ☐ 1.รักษาด้วยตนเอง/ซื้อยามากินเอง

☐ 2.ไปพบแพทย์

(29.2) ระบุอาการที่ต้องไปพบแพทย์ : .....

ส่วนที่ 3 ข้อมูลสภาพแวดล้อมในการทำงาน

30. ท่านทำงานในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรมที่มีกิจกรรมหลักสำคัญใดต่อไปนี้

☐ 1.การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ไฟฟ้า

☐ 2.การจัดการขยะเหล็ก อะลูมิเนียม และโลหะมีค่า

☐ 3.การจัดการขยะพลาสติก

☐ 4.การจัดการเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์สารเคมี

☐ 5.การจัดการเกี่ยวกับเชื้อเพลิงและพลังงาน

☐ 6.อื่น ๆ ***โปรดระบุ*** : .....

31. ตำแหน่งที่ท่านทำงานอยู่มี**<u>หน้าที่หลัก</u>**ใดต่อไปนี้

☐ 1.คัดแยก รวบรวม/บีบ/อัด ☐ 2.แกะ/ชำแหละชิ้นส่วน/ตัด/กลึง

☐ 3.หลอม/หล่อขึ้นรูป/เชื่อม ☐ 4.บรรจุผลิตภัณฑ์ เก็บ/ขน

☐ 5.อื่น ๆ ***โปรดระบุ*** : .....

32. ลักษณะพื้นที่การทำงานของท่านเป็นแบบใด

☐ 1.เป็นห้องกั้นแยกพื้นที่เป็นสัดส่วน

☐ 2.เป็นห้องโล่งที่มีการแบ่งกั้นพื้นที่เป็นสัดส่วน

☐ 3.เป็นพื้นที่โล่งที่ไม่มีการแบ่งกั้นห้องเป็นสัดส่วน

☐ 4.อื่น ๆ ***โปรดระบุ*** : .....

33. พื้นที่การทำงานของท่านมีผู้ร่วมใช้หรือเพื่อนร่วมงานกี่คน : ..... คน

34. พื้นที่การทำงาน/สถานที่ทำงานของท่านมีการระบายอากาศอย่างไร

☐ 0.ไม่มีการระบายอากาศ

☐ 1.ทำการเปิดประตูและหน้าต่างเพื่อระบายอากาศ

☐ 2.เปิดพัดลมระบายอากาศออกไปข้างนอก

☐ 3.มีการเปิดเครื่องปรับอากาศ

☐ 4.มีระบบดูดอากาศในห้องหรือเฉพาะพื้นที่ (Hood) และมีระบบกรองอากาศ

☐ 5.อื่น ๆ ***โปรดระบุ*** : .....

<u>สำหรับผู้วิจัย</u>

☐ 99

☐ 100

W-Rec: 101

☐ 102

W-Rec: 103

☐ 104

W-Rec: 105

☐ 106

W-Rec: 107

☐☐ 108

☐ 109

W-Rec: 110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

35. ลักษณะสภาพแวดล้อมในที่ทำงานของท่านในช่วง 1 เดือนที่ผ่านมาเป็นอย่างไร

ลักษณะสภาพแวดล้อม	ไม่มี/มี และ ไม่ใช่/ใช่	ความถี่เหตุการณ์ในระยะเวลา 1 เดือน		
		1-3 วัน/เดือน	1-3 วัน/สัปดาห์	ทุกวันหรือเกือบทุกวัน
35.1 มีฝุ่นละอองมาก	☐0.ไม่มี ☐1.มี	☐1.	☐2.	☐3.
35.2 มีควัน/ฟูมโลหะมาก	☐0.ไม่มี ☐1.มี	☐1.	☐2.	☐3.
35.3 มีกลิ่นก๊าซ สารเคมี/อื่นๆ	☐0.ไม่มี ☐1.มี	☐1.	☐2.	☐3.
35.4 มีกลิ่นบุหรี่/ควันบุหรี่	☐0.ไม่มี ☐1.มี	☐1.	☐2.	☐3.
35.5 มีการระบายอากาศดี	☐0.ไม่ใช่ ☐1.ใช่	☐1.	☐2.	☐3.
35.6 อากาศร้อนเกินไป	☐0.ไม่ใช่ ☐1.ใช่	☐1.	☐2.	☐3.
35.7 อากาศแห้งมาก	☐0.ไม่ใช่ ☐1.ใช่	☐1.	☐2.	☐3.
35.8 อากาศชื้น/มีความชื้นสูง	☐0.ไม่ใช่ ☐1.ใช่	☐1.	☐2.	☐3.

36. โดยภาพรวมแล้วท่านรู้สึกสบายตัวในขณะทำงานหรือไม่

☐ 0.ไม่สบายตัวอย่างมาก/ต้องปรับปรุง

☐ 1.ไม่ค่อยสบายตัว/แต่ยังรับได้ ☐ 2.สบายตัวมาก

37. ท่านเคยได้รับการฝึกอบรมให้ความรู้เรื่องการปฏิบัติงานที่ปลอดภัยหรือไม่

☐ 0.ไม่เคย ☐ 1.เคยได้รับการอบรม ☐ 2.ไม่แน่ใจ

38. สถานที่ทำงานของท่านมีมาตรการจัดการความเสี่ยงในที่ทำงานหรือไม่ (เช่น ป้ายห้าม/ป้ายเตือน การ์ดป้องกันอันตรายของเครื่องจักร กิจกรรมสื่อสารความเสี่ยง ฯลฯ)

☐ 0.ไม่มี ☐ 1.มีมาตรการฯ ☐ 2.ไม่แน่ใจ

39. โรงงานของท่านได้รับการรับรองมาตรฐานการจัดการด้านความปลอดภัยฯ ในการทำงานหรือไม่

☐ 0.ไม่มี ☐ 1.มีการรับรองมาตรฐาน ☐ 2.ไม่แน่ใจ

40. ท่านมีความคิดเห็นต่อสภาพแวดล้อมในสถานที่ทำงานของท่านหรือข้อมูลด้านสุขภาพของพนักงานในโรงงานของท่านเพิ่มเติมหรือไม่

☐ 0.ไม่มี

☐ 1.มี ***โปรดอธิบาย***.....

.....

.....

สำหรับผู้วิจัย

☐ 111 ☐ 112

☐ 113 ☐ 114

☐ 115 ☐ 116

☐ 117 ☐ 118

☐ 119 ☐ 120

☐ 121 ☐ 122

☐ 123 ☐ 124

☐ 125 ☐ 126

☐ 127

☐ 128

☐ 129

☐ 130

☐ 131

W-Rec: 132

กราบขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อการวิจัยในครั้งนี้

ภาคผนวกที่ 3 รายงานผลการประเมินความเชื่อมั่นแบบสอบถามงานวิจัย (IOC)

ตารางที่ 26 ผลการประเมินแบบสอบถามโดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	การให้คะแนน			ผลการวิเคราะห์	
	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 3	ค่าคะแนนรวม	ค่าแปลผล (≥0.5 point)
1	1	1	1	3	1.00
2	1	1	1	3	1.00
3	1	1	1	3	1.00
4	1	1	1	3	1.00
5	1	1	1	3	1.00
6	1	1	1	3	1.00
7	1	1	1	3	1.00
8	1	1	1	3	1.00
9	1	1	1	3	1.00
10	1	1	1	3	1.00
11	1	1	1	3	1.00
12	1	1	1	3	1.00
13	1	1	1	3	1.00
14	1	1	1	3	1.00
15	1	1	1	3	1.00
16	1	1	1	3	1.00
17	1	1	1	3	1.00
18	1	1	1	3	1.00
19	1	1	1	3	1.00
20	1	1	1	3	1.00
21	1	1	1	3	1.00
22	1	1	1	3	1.00
23	1	1	1	3	1.00
24	1	1	1	3	1.00
25	1	1	1	3	1.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	การให้คะแนน			ผลการวิเคราะห์	
	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 3	ค่าคะแนนรวม	ค่าแปลผล (≥0.5 point)
26	1	1	1	3	1.00
27	1	1	0	1	0.67
28	1	1	0	2	0.67
29	0	1	1	2	0.67
30	1	1	1	3	1.00
31	1	1	1	3	1.00
32	1	1	1	3	1.00
33	1	1	1	3	1.00
34	1	1	1	3	1.00
35	1	1	1	3	1.00
36	0	1	1	2	0.67
37	1	1	1	3	1.00
38	1	1	1	3	1.00
39	1	1	1	3	1.00
40	0	1	1	2	0.67
			รวมค่าคะแนน	**114**	**38.00**
			ค่าเฉลี่ยรวม Avr.IOC		**0.95**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวกที่ 4 เอกสารคำยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง กรณีที่ 1 **เลขทะเบียนที่ □□-□□□**

เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย **การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม (Health Risk Assessment of Worker Exposed to Heavy Metal Exposure in Industrial Waste Treatment)**

ชื่อผู้วิจัย **นายประหยัด เคนโยธา** ตำแหน่ง **นิสิตบัณฑิตศึกษาระดับปริญญาโท**
รหัสประจำตัวนิสิต **6270060023**
หลักสูตร **พิษวิทยาอุตสาหกรรมและการประเมินความเสี่ยง**
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย

(ที่ทำงาน) ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่ 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10330
(ที่บ้าน) เลขที่ 83 หมู่ 4 บ้านหนองยาง ตำบลหนองหมื่นถ่าน อำเภออาจสามารถ จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45160
โทรศัพท์ที่ทำงาน 02 218 5181-2
โทรศัพท์มือถือ 097 114 1359 E-mail : 6270060023@student.chula.ac.th หรือ prayad.k.ddc@gmail.com

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอเรียนเชิญเข้าร่วมการวิจัย ก่อนตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย โปรดทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับอะไรและทำเพราะเหตุใด กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างรอบคอบ หากมีข้อความใดที่อ่านแล้วไม่เข้าใจหรือไม่ชัดเจน โปรดสอบถามเพิ่มเติมกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา ผู้วิจัยจะอธิบายจนกว่าจะเข้าใจอย่างชัดเจน

1. หลักการและเหตุผลโดยย่อ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม และ (2) หาความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมของพนักงาน และระดับความเข้มข้นของโลหะหนักในสถานที่ทำงานกับระดับความเข้มข้นของโลหะหนักที่พนักงานในโรงงานได้รับสัมผัส โดยจะมีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงานทั้งแบบวาง

เครื่องมือเก็บตัวอย่างในพื้นที่การทำงานและการติดเครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองกับพนักงาน เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม และการเก็บตัวอย่างปัสสาวะของพนักงาน เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และ 10-2.5 ไมครอน ($PM_{10-2.5}$)) และตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนักในตัวอย่างฝุ่นละอองและตัวอย่างปัสสาวะของพนักงาน

เพื่อนำข้อมูลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ในการสื่อสารความเสี่ยง จัดทำข้อเสนอแนะเพื่อป้องกันผลกระทบทางสุขภาพและการจัดการความเสี่ยงของพนักงานที่อาจได้รับสัมผัสโลหะหนักในสถานที่ทำงาน รวมถึงเพื่อสร้างสุขภาวะที่ดีของผู้ประกอบอาชีพในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมในลำดับต่อไป

2. การให้ข้อมูลและขอความยินยอมของผู้เข้าร่วมการศึกษา

2.1 การขอความยินยอมการเข้าร่วมการศึกษา ดำเนินการดังนี้

(1) ผู้วิจัยทำการประสานและจัดทำหนังสือถึงเจ้าของหรือผู้บริหารผู้ประกอบกิจการเพื่อขอความอนุเคราะห์และขออนุญาตเข้าเก็บข้อมูล

(2) ผู้วิจัยการอธิบายด้วยวาจาถึงวัตถุประสงค์และวิธีการศึกษาวิจัยแก่พนักงานกลุ่มตัวอย่างรับทราบและเข้าใจ

(3) เมื่อพนักงานกลุ่มตัวอย่างรับทราบและเข้าใจในการการศึกษาวิจัยแล้ว จะให้ลงนามยินยอมเข้าร่วมการศึกษาและสามารถถอนตัวจากการศึกษาเมื่อใดก็ได้

2.2 การให้ข้อมูล ด้วยการสัมภาษณ์ “ถาม-ตอบ” ระหว่างผู้วิจัยและกลุ่มตัวอย่างในพนักงานกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยจะทำการสอบถามกลุ่มตัวอย่างทีละข้อและบันทึกคำตอบลงในแบบสอบถามจนครบทุกข้อ

3. รายละเอียดของผู้เข้าร่วมการวิจัยและคุณสมบัติ

<u>3.1 กลุ่มตัวอย่าง</u>

(1) เป็นพนักงานในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม ที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป ที่ปฏิบัติงานในฝ่ายกระบวนการผลิต โดยปฏิบัติงานมาแล้วต่อเนื่องกัน 5 วันทำการ และเป็นพนักงานที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยด้วยความสมัครใจ

(2) จำนวนกลุ่มตัวอย่าง โดยเก็บข้อมูลจากพนักงานกลุ่มตัวอย่างรวม 9 คนต่อโรงงานขึ้นไป ที่ปฏิบัติงานในฝ่ายผลิตจาก 2 พื้นที่ ได้แก่

<u>พื้นที่ที่ 1</u> พื้นที่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบที่มีการคัด แยก แกะ หรือการดำเนินการใด ๆ ต่อกากอุตสาหกรรมก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยการติดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นฯ กับตัวบุคคล จำนวน 1 คน พร้อมทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามและเก็บปัสสาวะ และทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ และ ทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามเท่านั้นอีก จำนวน 3 - 4 คน

<u>พื้นที่ที่ 2</u> พื้นที่กระบวนการผลิตที่มีการหลอม เผา เชื่อม กลึง หรือการแปรรูปใด ๆ ในกระบวนการผลิต โดยการติดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นฯ กับตัวบุคคล จำนวน 1 คน พร้อมทำ

การสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามและเก็บปัสสาวะ และทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ และ ทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามเท่านั้นอีก จำนวน 3 - 4 คน

3.2 เกณฑ์ในการคัดเข้าและเกณฑ์ในการคัดออก

(1) เกณฑ์การคัดเข้า เป็นพนักงานอายุ 18 ปีขึ้นไป (ทุกคนที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยโดยสมัครใจ) ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่ที่กำหนดตามข้อ 3.1 กลุ่มตัวอย่างข้อย่อย (2) และปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตของโรงงานดังกล่าวมาแล้วต่อเนื่องกัน 5 วันทำการ

(2) เกณฑ์การคัดออก จาก “เกณฑ์การคัดเข้า” หากพนักงานไม่ปฏิบัติงานต่อเนื่องกัน 5 วันทำการ จะทำการคัดออกในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ และหาพนักงานสำรองที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.3 วิธีการได้มาและการเข้าถึงผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(1) เมื่อได้รับการตอบรับจากเจ้าของโรงงานยินดีให้ผู้วิจัยเข้าทำการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาวิจัย จะทำการเข้าพบเพื่อชี้แจงข้อมูลการศึกษาวิจัย (หากมีการชี้แจงทางโทรศัพท์ได้กระบวนการนี้ก็ไม่จำเป็น)

(2) ทำการประสาน สอบถามพนักงานที่จะยินยอมเข้าร่วมการศึกษาวิจัย ในจุดหรือพื้นที่สถานที่ทำงานที่จะเก็บข้อมูลตามจำนวนที่กำหนด และเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามและเก็บตัวอย่างปัสสาวะ เวลาหลังเลิกงานในวันสุดท้ายของสัปดาห์ที่พนักงานปฏิบัติงาน

(3) การคืนข้อมูลแก่โรงงานและพนักงานกลุ่มตัวอย่างฯ

4. การคัดกรองผู้มีส่วนร่วมฯ ตามเกณฑ์การคัดเข้า-คัดออก

4.1 การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูลพนักงานกลุ่มตัวอย่างทุกคน (ตามจำนวนเป้าหมาย) ที่ยินยอมเข้าร่วมการศึกษาวิจัยโดยสมัครใจ ที่ปฏิบัติงานต่อเนื่อง 5 วันทำการ

4.2 กรณีที่พนักงานกลุ่มตัวอย่างที่ยินดีเข้าร่วมการศึกษาวิจัยฯ แต่ไม่ได้ปฏิบัติงานต่อเนื่อง 5 วันทำการในระหว่างทำการเก็บข้อมูล จะทำการหาพนักงานกลุ่มตัวอย่างอื่นที่ปฏิบัติงานในพื้นที่เดียวกัน แทน โดยหากไม่มีพนักงานที่ยินยอมเข้าร่วมการศึกษาวิจัยและจะบันทึกเป็นปัญหาและอุปสรรคของการศึกษาวิจัย

5. ในการเข้าร่วมงานวิจัย มีการดำเนินการกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

5.1 การเตรียมความพร้อมกลุ่มตัวอย่าง

(1) ผู้วิจัยแจ้งกลุ่มตัวอย่าง จะมีการดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย ได้แก่

☑ ติดอุปกรณ์เก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กกับตัวกลุ่มตัวอย่าง ตลอดเวลาการทำงานเป็นระยะเวลา 5 วันทำการ

☑ ทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถาม

☑ เก็บตัวอย่างปัสสาวะ

(2) การเตรียมตัวก่อนเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามและเก็บตัวอย่างปัสสาวะ โดยพนักงานควรงดรับประทานอาหารทะเลหรือผลิตภัณฑ์จากทะเล ควรงดการใช้สาร/ยาฆ่าแมลง และควรงดการดื่มสุรา อย่างน้อย 3 วันก่อนทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ โดยจะเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามและตัวอย่างปัสสาวะพร้อมกันในวันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงานในเวลาหลังเลิกงาน

5.2 การเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

5.2.1 การเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็ก ผู้วิจัยจะทำการติดอุปกรณ์เก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กกับตัวของท่าน **(ดังรูป)** ตลอดเวลาการทำงาน ซึ่งหนัก 0.6 กิโลกรัม โดยจะทำการปิดเครื่องอุปกรณ์เก็บฝุ่นฯ ในระหว่างพักรับประทานอาหารกลางวันและสามารถปิดเครื่องอุปกรณ์เก็บฝุ่นฯ ขณะที่ท่านเข้าทำธุระส่วนตัวในห้องน้ำได้ เป็นระยะเวลา 5 วันทำการ **และพนักงานจะต้องคืนอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นฯ แก่ผู้วิจัยในทุกวันหลังเลิกงาน**

รูปตัวอย่างการติดอุปกรณ์เก็บฝุ่นกับตัวบุคคล

5.2.2 การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามและเก็บตัวอย่างปัสสาวะ โดยจะเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามและเก็บตัวอย่างปัสสาวะ ในวันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงานหลังเลิกงานดังนี้

(1) ผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์หรือสอบถามด้วยแบบสอบถามกับพนักงานกลุ่มตัวอย่างทีละข้อ แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคล ส่วนที่ 2 ข้อมูลพฤติกรรมเสี่ยงการสัมผัสโลหะหนัก และส่วนที่ 3 ข้อมูลสภาพแวดล้อมในการทำงาน ซึ่งใช้เวลาในการตอบแบบสอบถามด้วยการสัมภาษณ์ประมาณ 5 - 10 นาทีต่อคน

(2) ผู้วิจัยมอบกระปุกพลาสติกเก็บตัวอย่างปัสสาวะขนาด 50 มิลลิลิตร แก่พนักงานกลุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บตัวอย่างปัสสาวะหลังการสัมภาษณ์หรือระหว่างรอการสัมภาษณ์พนักงานสามารถทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะก่อนได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยสถานที่ในการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามและเก็บตัวอย่างปัสสาวะ จะเป็นห้องหรือสถานที่โล่งในอาคาร มีโต๊ะและเก้าอี้นั่ง และใกล้ห้องน้ำพนักงานเพื่อความสะดวกในการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

5.3 การคืนข้อมูล ผู้วิจัยจะแจ้งผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงาน ระดับสารโลหะหนักในฝุ่นละอองตัวอย่าง และระดับโลหะหนักในปัสสาวะของพนักงานกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจะดำเนินการดังนี้

(1) ผลการวิเคราะห์ความเข้มฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงาน ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองขนาดเล็ก และสรุปข้อมูลระดับสารโลหะหนักในร่างกายพนักงานกลุ่มตัวอย่างภาพรวม (ไม่ระบุข้อมูลบ่งชี้รายบุคคล) จะทำการแจ้งข้อมูลพร้อมเอกสารคำแนะนำให้แก่สถานประกอบการแต่ละแห่ง สำหรับนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานและวางแผนการเฝ้าระวังผลกระทบทางสุขภาพของพนักงานต่อไป

(2) ข้อมูลระดับสารโลหะหนักในร่างกายพนักงานกลุ่มตัวอย่าง จะทำเอกสารชี้แจงข้อมูลผลการวิเคราะห์ระดับโลหะหนักในปัสสาวะรายบุคคลพร้อมคำแนะนำสำหรับการปฏิบัติตนเพื่อลดความเสี่ยงจากการสัมผัสโลหะหนักในสถานที่ทำงาน

6. ความเสี่ยง/อันตราย และความไม่สะดวกต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมการวิจัย

6.1 ความเสี่ยงหรืออันตรายในการศึกษาวิจัย “การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ไม่มีความเสี่ยงหรืออันตรายจากการศึกษาวิจัย” แต่การเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ฯ กับตัวบุคคลอาจทำให้พนักงานกลุ่มตัวอย่างรู้สึกเหนื่อยล้าจากการติดตั้งอุปกรณ์ฯ หรืออาจมีความไม่สะดวกต่าง ๆ เช่น ในการปฏิบัติภารกิจส่วนตัว การเข้าห้องน้ำ เป็นต้น

6.2 หากเกิดอันตรายระหว่างการเก็บตัวอย่าง ให้ทำการแจ้งผู้วิจัยทันที และหากมีการบาดเจ็บให้ทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นหากรุนแรงจะทำการส่งต่อไปยังโรงพยาบาล ซึ่งค่ารักษาหากมีการสอบสวนอย่างชัดเจนแล้วพบว่าเกิดจากการเป็นกลุ่มตัวอย่างร่วมทำวิจัยจริง ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลแก่พนักงานกลุ่มตัวอย่างตามจริง

7. ประโยชน์ในการเข้าร่วมการวิจัย

7.1 ประโยชน์ต่อเจ้าของโรงงาน เจ้าของโรงงานที่ส่งเสริมให้เกิดสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดี ย่อมส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีของสถานประกอบการ/โรงงาน รวมถึงจะส่งผลให้พนักงานมีสุขภาพที่ดี ก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานเพื่อเพิ่มผลผลิตของกิจการในระยะยาวและยั่งยืน

7.2 ประโยชน์ต่อพนักงาน จะได้รับความรู้เพื่อสร้างความตระหนักเกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสำหรับการป้องกันอันตรายจากการสัมผัสโลหะหนักในสถานที่ทำงาน

8. **ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะเก็บเป็นความลับ ด้วยการเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลเฉพาะหากอยู่ในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์เอกสารทุกฉบับที่มีข้อมูลส่วนบุคคลที่จะสามารถบ่งชี้ตัวบุคคลได้จะทำการตั้งรหัสเข้าเปิดเอกสาร** และหากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้จะไม่ปรากฏในรายงาน
9. **เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้ว** ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดจะถูกทำลาย
10. **การแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย** โดยแสดงความขอบคุณแก่พนักงานกลุ่มตัวอย่างและมีค่าชดเชยการเสียเวลาสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่อาสาสมัครและสละเวลาเข้าร่วมงานวิจัย จำนวน 200 บาทถ้วน (สองร้อยบาทถ้วน)
11. การเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้เป็นโดย**สมัครใจ** สามารถ**ปฏิเสธ**ที่จะเข้าร่วมหรือ**ถอนตัว**จากการวิจัยได้ทุกขณะ **โดยไม่ต้องให้เหตุผล ไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ และไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อผู้เข้าร่วมวิจัย**
12. **หากมีข้อสงสัย** โปรดสอบถามเพิ่มเติมจากผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว
13. **หากได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามข้อมูลดังกล่าว**สามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-3202, 0-2218-3409 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย **และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว จึงลงนามเข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ** และได้รับเอกสารไว้ 1 ชุดแล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลงชื่อ .....
(.....)
ผู้วิจัยหลัก
วันที่ ...../...../.....

ลงชื่อ .....
(.....)
ผู้เข้าร่วมการวิจัย
วันที่ ...../...../.....

ลงชื่อ .....
(.....)
พยาน
วันที่ ...../...../.....

กลุ่มตัวอย่าง กรณีที่ 2 **เลขทะเบียนที่ □□-□□□**

เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย **การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม (Health Risk Assessment of Worker Exposed to Heavy Metal Exposure in Industrial Waste Treatment)**

ชื่อผู้วิจัย **นายประหยัด เคนโยธา** ตำแหน่ง **นิสิตบัณฑิตศึกษาระดับปริญญาโท**
รหัสประจำตัวนิสิต **6270060023**
หลักสูตร **พิษวิทยาอุตสาหกรรมและการประเมินความเสี่ยง**
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย

(ที่ทำงาน) ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่ 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10330
(ที่บ้าน) เลขที่ 83 หมู่ 4 บ้านหนองยาง ตำบลหนองหมื่นถ่าน อำเภออาจสามารถ จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45160
โทรศัพท์ที่ทำงาน 02 218 5181-2
โทรศัพท์มือถือ 097 114 1359 E-mail : 6270060023@student.chula.ac.th หรือ prayad.k.ddc@gmail.com

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอเรียนเชิญเข้าร่วมการวิจัย ก่อนตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย โปรดทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับอะไรและทำเพราะเหตุใด กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างรอบคอบ หากมีข้อความใดที่อ่านแล้วไม่เข้าใจหรือไม่ชัดเจน โปรดสอบถามเพิ่มเติมกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา ผู้วิจัยจะอธิบายจนกว่าจะเข้าใจอย่างชัดเจน

1. หลักการและเหตุผลโดยย่อ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสโลหะหนักในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม และ (2) หาความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมของพนักงาน และระดับความเข้มข้นของโลหะหนักในสถานที่ทำงานกับระดับความเข้มข้นของโลหะหนักที่พนักงานในโรงงานได้รับสัมผัส โดยจะมีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงานทั้งแบบวางเครื่องมือเก็บตัวอย่างในพื้นที่การทำงานและการติดเครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองกับพนักงาน

เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม และการเก็บตัวอย่างปัสสาวะของพนักงาน เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) และ 10-2.5 ไมครอน ($PM_{10-2.5}$)) และตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนักในตัวอย่างฝุ่นละอองและตัวอย่างปัสสาวะของพนักงาน

เพื่อนำข้อมูลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ในการสื่อสารความเสี่ยง จัดทำข้อเสนอแนะเพื่อป้องกันผลกระทบทางสุขภาพและการจัดการความเสี่ยงของพนักงานที่อาจได้รับสัมผัสโลหะหนักในสถานที่ทำงาน รวมถึงเพื่อสร้างสุขภาวะที่ดีของผู้ประกอบอาชีพในโรงงานกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมในลำดับต่อไป

2. การให้ข้อมูลและขอความยินยอมของผู้เข้าร่วมการศึกษา

2.1 การขอความยินยอมการเข้าร่วมการศึกษา ดำเนินการดังนี้

(1) ผู้วิจัยทำการประสานและจัดทำหนังสือถึงเจ้าของหรือผู้บริหารผู้ประกอบกิจการเพื่อขอความอนุเคราะห์และขออนุญาตเข้าเก็บข้อมูล

(2) ผู้วิจัยการอธิบายด้วยวาจาถึงวัตถุประสงค์และวิธีการศึกษาวิจัยแก่พนักงานกลุ่มตัวอย่างรับทราบและเข้าใจ

(3) เมื่อพนักงานกลุ่มตัวอย่างรับทราบและเข้าใจในการการศึกษาวิจัยแล้ว จะให้ลงนามยินยอมเข้าร่วมการศึกษาและสามารถถอนตัวจากการศึกษาเมื่อใดก็ได้

2.2 การให้ข้อมูล ด้วยการสัมภาษณ์ “ถาม-ตอบ” ระหว่างผู้วิจัยและกลุ่มตัวอย่างในพนักงานกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยจะทำการสอบถามกลุ่มตัวอย่างทีละข้อและบันทึกคำตอบลงในแบบสอบถามจนครบทุกข้อ

3. รายละเอียดของผู้เข้าร่วมการวิจัยและคุณสมบัติ

3.1 กลุ่มตัวอย่าง

(1) เป็นพนักงานในโรงงานกำจัดกากอุตสาหกรรม ที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป ที่ปฏิบัติงานในฝ่ายกระบวนการผลิต โดยปฏิบัติงานมาแล้วต่อเนื่องกัน 5 วันทำการ และเป็นพนักงานที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยด้วยความสมัครใจ

(2) จำนวนกลุ่มตัวอย่าง โดยเก็บข้อมูลจากพนักงานกลุ่มตัวอย่างรวม 9 คนต่อโรงงานขึ้นไป ที่ปฏิบัติงานในฝ่ายผลิตจาก 2 พื้นที่ ได้แก่

พื้นที่ที่ 1 พื้นที่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบที่มีการคัด แยก แกะ หรือการดำเนินการใด ๆ ต่อกากอุตสาหกรรมก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยการติดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นฯ กับตัวบุคคล จำนวน 1 คน พร้อมทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามและเก็บปัสสาวะ และทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ และ ทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามเท่านั้นอีก จำนวน 3 - 4 คน

พื้นที่ที่ 2 พื้นที่กระบวนการผลิตที่มีการหลอม เผา เชื่อม กลึง หรือการแปรรูปใด ๆ ในกระบวนการผลิต โดยการติดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นฯ กับตัวบุคคล จำนวน 1 คน พร้อมทำ

การสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามและเก็บปัสสาวะ และทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ และ ทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามเท่านั้นอีก จำนวน 3 - 4 คน

3.2 เกณฑ์ในการคัดเข้าและเกณฑ์ในการคัดออก

(1) เกณฑ์การคัดเข้า เป็นพนักงานอายุ 18 ปีขึ้นไป (ทุกคนที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยโดยสมัครใจ) ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่ที่กำหนดตามข้อ 3.1 กลุ่มตัวอย่างข้อย่อย (2) และปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตของโรงงานดังกล่าวมาแล้วต่อเนื่องกัน 5 วันทำการ

(2) เกณฑ์การคัดออก จาก “เกณฑ์การคัดเข้า” หากพนักงานไม่ปฏิบัติงานต่อเนื่องกัน 5 วันทำการ จะทำการคัดออกในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ และหาพนักงานสำรองที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.3 วิธีการได้มาและการเข้าถึงผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(1) เมื่อได้รับการตอบรับจากเจ้าของโรงงานยินดีให้ผู้วิจัยเข้าทำการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาวิจัย จะทำการเข้าพบเพื่อชี้แจงข้อมูลการศึกษาวิจัย (หากมีการชี้แจงทางโทรศัพท์ได้กระบวนการนี้ก็ไม่จำเป็น)

(2) ทำการประสาน สอบถามพนักงานที่จะยินยอมเข้าร่วมการศึกษาวิจัย ในจุดหรือพื้นที่สถานที่ทำงานที่จะเก็บข้อมูลตามจำนวนที่กำหนด และเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามและเก็บตัวอย่างปัสสาวะ เวลาหลังเลิกงานในวันสุดท้ายของสัปดาห์ที่พนักงานปฏิบัติงาน

(3) การคืนข้อมูลแก่โรงงานและพนักงานกลุ่มตัวอย่างฯ

4. การคัดกรองผู้มีส่วนร่วมฯ ตามเกณฑ์การคัดเข้า-คัดออก

4.1 การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูลพนักงานกลุ่มตัวอย่างทุกคน (ตามจำนวนเป้าหมาย) ที่ยินยอมเข้าร่วมการศึกษาวิจัยโดยสมัครใจที่ปฏิบัติงานต่อเนื่อง 5 วันทำการ

4.2 กรณีที่พนักงานกลุ่มตัวอย่างที่ยินดีเข้าร่วมการศึกษาวิจัยฯ แต่ไม่ได้ปฏิบัติงานต่อเนื่อง 5 วันทำการในระหว่างทำการเก็บข้อมูล จะทำการหาพนักงานกลุ่มตัวอย่างอื่นที่ปฏิบัติงานในพื้นที่เดียวกัน แทน โดยหากไม่มีพนักงานที่ยินยอมเข้าร่วมการศึกษาวิจัย และจะบันทึกเป็นปัญหาและอุปสรรคของการศึกษาวิจัย

5. ในการเข้าร่วมงานวิจัย มีการดำเนินการกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

5.1 การเตรียมความพร้อมกลุ่มตัวอย่าง

(1) ผู้วิจัยแจ้งกลุ่มตัวอย่าง จะมีการดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย ได้แก่

☑ ทำการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถาม

☑ เก็บตัวอย่างปัสสาวะ

(2) การเตรียมตัวก่อนเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามและเก็บตัวอย่างปัสสาวะ โดยพนักงานควรงดรับประทานอาหารทะเลหรือผลิตภัณฑ์จากทะเล ควรงดการใช้สาร/ยาฆ่าแมลง และควรงดการดื่มสุรา อย่างน้อย 3 วันก่อนทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ โดยจะเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามและตัวอย่างปัสสาวะพร้อมกันในวันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงานในเวลาหลังเลิกงาน

5.2 การเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง โดยจะเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามและเก็บตัวอย่างปัสสาวะ ในวันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงานหลังเลิกงาน ดังนี้

(1) ผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์หรือสอบถามด้วยแบบสอบถามกับพนักงานกลุ่มตัวอย่างทีละข้อ แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ส่วนที่ 2 ข้อมูลพฤติกรรมเสี่ยงการสัมผัสโลหะหนัก และส่วนที่ 3 ข้อมูลสภาพแวดล้อมในการทำงาน ซึ่งใช้เวลาในการตอบแบบสอบถามด้วยการสัมภาษณ์ประมาณ 5 - 10 นาทีต่อคน

(2) ผู้วิจัยมอบกระปุกพลาสติกเก็บตัวอย่างปัสสาวะขนาด 50 มิลลิลิตร แก่พนักงานกลุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บตัวอย่างปัสสาวะหลังการสัมภาษณ์หรือระหว่างรอการสัมภาษณ์พนักงานสามารถทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะก่อนได้

โดยสถานที่ในการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามและเก็บตัวอย่างปัสสาวะ จะเป็นห้องหรือสถานที่โล่งในอาคาร มีโต๊ะและเก้าอี้นั่ง และใกล้ห้องน้ำพนักงานเพื่อความสะดวกในการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

5.3 การคืนข้อมูล ผู้วิจัยจะแจ้งผลการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงาน ระดับสารโลหะหนักในฝุ่นละอองตัวอย่าง และระดับโลหะหนักในปัสสาวะของพนักงานกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจะดำเนินการดังนี้

(1) ผลการวิเคราะห์ความเข้มฝุ่นละอองขนาดเล็กในสถานที่ทำงาน ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองขนาดเล็ก และสรุปข้อมูลระดับสารโลหะหนักในร่างกายพนักงานกลุ่มตัวอย่างภาพรวม (ไม่ระบุข้อมูลบ่งชี้รายบุคคล) จะทำการแจ้งข้อมูลพร้อมเอกสารคำแนะนำให้แก่สถานประกอบการแต่ละแห่ง สำหรับนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานและวางแผนการเฝ้าระวังผลกระทบทางสุขภาพของพนักงานต่อไป

(2) ข้อมูลระดับสารโลหะหนักในร่างกายพนักงานกลุ่มตัวอย่าง จะทำเอกสารชี้แจงข้อมูลผลการวิเคราะห์ระดับโลหะหนักในปัสสาวะรายบุคคลพร้อมคำแนะนำสำหรับการปฏิบัติตนเพื่อลดความเสี่ยงจากการสัมผัสโลหะหนักในสถานที่ทำงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. **ความเสี่ยง/อันตราย และความไม่สะดวกต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมการวิจัย**

6.1 ความเสี่ยงหรืออันตรายในการศึกษาวิจัย “การศึกษาวิจัยในครั้งนี้**ไม่มีความเสี่ยง**หรือ**ไม่มีอันตราย**จากการศึกษาวิจัย”

6.2 หากเกิดอันตรายระหว่างการเก็บตัวอย่าง ให้ทำการแจ้งผู้วิจัยทันที และหากมีการบาดเจ็บให้ทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นหากรุนแรงจะทำการส่งต่อไปยังโรงพยาบาล ซึ่งค่ารักษาหากมีการสอบสวนอย่างชัดเจนแล้วพบว่าเกิดจากการเป็นกลุ่มตัวอย่างร่วมทำวิจัยจริง ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลแก่พนักงานกลุ่มตัวอย่างตามจริง

7. **ประโยชน์ในการเข้าร่วมการวิจัย**

7.1 ประโยชน์ต่อเจ้าของโรงงาน โดยเจ้าของโรงงานที่ส่งเสริมให้เกิดสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดี ย่อมส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีของสถานประกอบการ/โรงงาน รวมถึงจะส่งผลให้พนักงานมีสุขภาพที่ดี ก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานเพื่อเพิ่มผลผลิตของกิจการในระยะยาวและยั่งยืน

7.2 ประโยชน์ต่อพนักงาน โดยพนักงานจะได้รับความรู้เพื่อสร้างความตระหนัก เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสำหรับการป้องกันอันตรายจากการสัมผัสโลหะหนักในสถานที่ทำงาน

8. **ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะเก็บเป็นความลับ ด้วยการเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลเฉพาะหากอยู่ในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์เอกสารทุกฉบับที่มีข้อมูลส่วนบุคคลที่จะสามารถบ่งชี้ตัวบุคคลได้จะทำการตั้งรหัสเข้าเปิดเอกสาร** และหากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้จะไม่ปรากฏในรายงาน
9. **เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้ว** ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดจะถูกทำลาย
10. **การแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย** โดยแสดงความขอบคุณแก่พนักงานกลุ่มตัวอย่างและมีค่าชดเชยการเสียเวลาสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่อาสาสมัครและสละเวลาเข้าร่วมงานวิจัย จำนวน 100 บาทถ้วน (หนึ่งร้อยบาทถ้วน)
11. การเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้เป็นโดย**สมัครใจ** สามารถ**ปฏิเสธ**ที่จะเข้าร่วมหรือ**ถอนตัว**จากการวิจัยได้ทุกขณะ **โดยไม่ต้องให้เหตุผล ไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ และไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อผู้เข้าร่วมวิจัย**
12. **หากมีข้อสงสัย** โปรดสอบถามเพิ่มเติมจากผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

13. หากได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-3202, 0-2218-3409 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย **และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว จึงลงนามเข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ** และได้รับเอกสารไว้ 1 ชุดแล้ว

ลงชื่อ ..... **ลงชื่อ** .....

(.....) (.....)

ผู้วิจัยหลัก **ผู้เข้าร่วมการวิจัย**

วันที่ ...../...../..... **วันที่** ...../...../.....

ลงชื่อ .....

(.....)

พยาน

วันที่ ...../...../.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวกที่ 5 ตารางแสดงผลค่าน้ำหนักตัวอย่างกระดาษกรองก่อน-หลังการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 27 แสดงผลค่าน้ำหนักตัวอย่างกระดาษกรองก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง

โรงงาน	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	รูปแบบการเก็บตย.	วันเก็บ	ชนิดกระดาษกรอง&No.	ก่อนเก็บตัวอย่าง					หลังเก็บตัวอย่าง					ผลต่างน้ำหนัก Filter (mg)
					วันที่ชั่ง	Q1	Q2	Q3	ค่าเฉลี่ย	วันที่ชั่ง	Q1	Q2	Q3	ค่าเฉลี่ย	
โรงงานที่ 1 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 4 - 8 ตุลาคม 2564)	แผนกที่ 1 คัดแยกขยะ	Area sample	จันทร์	PVC 04	20 ม.ค. 64	5.9421	5.9422	5.9395	5.9413	18 ต.ค. 64	5.9608	5.9574	5.9574	5.9585	0.0173
				PTFE 04	4 มี.ค. 64	112.2322	112.2311	112.2273	112.2302	25 ต.ค. 64	112.2915	112.29	112.2911	112.2909	0.0607
			อังคาร	PVC 05	20 ม.ค. 64	5.9454	5.9444	5.9414	5.9437	18 ต.ค. 64	5.9776	5.975	5.9749	5.9758	0.0321
				PTFE 06	4 มี.ค. 64	111.1703	111.1698	111.1713	111.1705	25 ต.ค. 64	111.2153	111.2139	111.2122	111.2138	0.0433
			พุธ	PVC 10	4 มี.ค. 64	5.5065	5.5032	5.5003	5.5033	18 ต.ค. 64	5.5264	5.5248	5.527	5.5261	0.0227
				PTFE 14	9 มี.ค. 64	116.6785	116.6768	116.6790	116.6781	25 ต.ค. 64	116.7325	116.7341	116.7325	116.7330	0.0549
			พฤหัสบดี	PVC 15	9 มี.ค. 64	5.7561	5.7563	5.7571	5.7565	18 ต.ค. 64	5.7756	5.7762	5.7757	5.7758	0.0193
				PTFE 22	9 มี.ค. 64	107.7440	107.7416	107.7421	107.7426	25 ต.ค. 64	107.7644	107.7671	107.7679	107.7665	0.0239
			ศุกร์	PVC 18	9 มี.ค. 64	5.9664	5.9668	5.9683	5.9672	18 ต.ค. 64	5.9811	5.9823	5.9845	5.9826	0.0155
				PTFE 26	10 มี.ค. 64	112.7931	112.7956	112.7952	112.7946	25 ต.ค. 64	112.8156	112.8168	112.8168	112.8164	0.0218
โรงงานที่ 1 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 4 - 8 ตุลาคม 2564)	แผนกที่ 1 คัดแยกขยะ	Personal sample	จันทร์	PVC 02	20 ม.ค. 64	5.9658	5.9649	5.9631	5.9646	18 ต.ค. 64	6.0120	6.0118	6.0120	6.0119	0.0473
				PTFE 02	4 มี.ค. 64	111.3602	111.3573	111.3565	111.3580	25 ต.ค. 64	111.4503	111.4523	111.4503	111.4510	0.0930
			อังคาร	PVC 07	20 ม.ค. 64	5.4972	5.4933	5.4952	5.4952	18 ต.ค. 64	5.5745	5.5764	5.5762	5.5757	0.0805
				PTFE 09	4 มี.ค. 64	111.9511	111.9503	111.9545	111.9520	25 ต.ค. 64	112.0431	112.045	112.045	112.0444	0.0924
			พุธ	PVC 11	4 มี.ค. 64	5.5873	5.5900	5.5927	5.5900	18 ต.ค. 64	5.6324	5.6315	5.632	5.6320	0.0420
				PTFE 16	9 มี.ค. 64	112.5431	112.5455	112.5467	112.5451	25 ต.ค. 64	112.6015	112.601	112.6016	112.6014	0.0563
			พฤหัสบดี	PVC 14	9 มี.ค. 64	5.7787	5.7793	5.7794	5.7791	18 ต.ค. 64	5.8182	5.8163	5.8175	5.8173	0.0382

โรงงาน	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	รูปแบบการเก็บตย.	วันเก็บ	ชนิดกระดาษกรอง&No.	ก่อนเก็บตัวอย่าง					หลังเก็บตัวอย่าง					ผลต่างน้ำหนัก Filter (mg)
					วันที่ชั่ง	Q1	Q2	Q3	ค่าเฉลี่ย	วันที่ชั่ง	Q1	Q2	Q3	ค่าเฉลี่ย	
				PTFE 21	9 มี.ค. 64	113.1542	113.1576	113.1572	113.1563	25 ต.ค. 64	113.2412	113.2423	113.2417	113.2417	0.0854
			ศุกร์	PVC 20	9 มี.ค. 64	5.5732	5.5761	5.5756	5.5750	18 ต.ค. 64	5.6005	5.6015	5.6032	5.6017	0.0268
				PTFE 28	10 มี.ค. 64	114.7854	114.7851	114.7848	114.7851	25 ต.ค. 64	114.8273	114.8267	114.8264	114.8268	0.0417
โรงงานที่ 1 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 4 - 8 ตุลาคม 2564)	แผนกที่ 2: แกะ/ แยกขยะ	Area sample	จันทร์	PVC 03	20 ม.ค. 64	5.6428	5.6406	5.6401	5.6412	18 ต.ค. 64	5.6564	5.6573	5.6572	5.6570	0.0158
				PTFE 03	4 มี.ค. 64	116.264	116.2657	116.2644	116.2647	25 ต.ค. 64	116.311	116.3099	116.3106	116.3105	0.0458
			อังคาร	PVC 06	20 ม.ค. 64	5.4703	5.4700	5.4689	5.4697	18 ต.ค. 64	5.4983	5.4970	5.4960	5.4971	0.0274
				PTFE 07	4 มี.ค. 64	113.9283	113.9267	113.9254	113.9268	25 ต.ค. 64	113.9709	113.9712	113.9691	113.9704	0.0436
			พุธ	PVC 09	4 มี.ค. 64	5.9723	5.9724	5.9722	5.9723	18 ต.ค. 64	5.9933	5.9936	5.9920	5.9930	0.0207
				PTFE 13	9 มี.ค. 64	110.8505	110.8656	110.8668	110.8610	25 ต.ค. 64	110.9124	110.9138	110.9132	110.9131	0.0522
			พฤหัสบดี	PVC 16	9 มี.ค. 64	5.7720	5.7695	5.7720	5.7712	18 ต.ค. 64	5.7872	5.7875	5.7893	5.7880	0.0168
				PTFE 23	9 มี.ค. 64	112.7296	112.7248	112.7228	112.7257	25 ต.ค. 64	112.7653	112.7669	112.7672	112.7665	0.0407
			ศุกร์	PVC 19	9 มี.ค. 64	5.8846	5.8852	5.8857	5.8852	18 ต.ค. 64	5.9034	5.9032	5.9033	5.9033	0.0181
				PTFE 27	10 มี.ค. 64	112.6469	112.6486	112.6486	112.6480	25 ต.ค. 64	112.6823	112.6842	112.6856	112.6840	0.0360
โรงงานที่ 1 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 4 - 8 ตุลาคม 2564)	แผนกที่ 2: แกะ/ แยกขยะ	Personal sample	จันทร์	PVC 01	20 ม.ค. 64	5.4918	5.4893	5.4914	5.4908	18 ต.ค. 64	5.523	5.5163	5.5166	5.5186	0.0278
				PTFE 01	4 มี.ค. 64	112.1376	112.1336	112.1313	112.1342	25 ต.ค. 64	112.1876	112.189	112.1899	112.1888	0.0547
			อังคาร	PVC 08	20 ม.ค. 64	5.9379	5.9395	5.9436	5.9403	18 ต.ค. 64	5.9871	5.9854	5.9842	5.9856	0.0452
				PTFE 11	4 มี.ค. 64	114.5395	114.531	114.5313	114.5339	25 ต.ค. 64	114.6007	114.598	114.5973	114.5987	0.0647
			พุธ	PVC 12	4 มี.ค. 64	5.5535	5.553	5.5527	5.5531	18 ต.ค. 64	5.5885	5.5889	5.5875	5.5883	0.0352
				PTFE 18	9 มี.ค. 64	116.8740	116.8723	116.8714	116.8726	25 ต.ค. 64	116.9531	116.952	116.9512	116.9521	0.0795
			พฤหัสบดี	PVC 17	9 มี.ค. 64	5.4732	5.4728	5.4731	5.4730	18 ต.ค. 64	5.4984	5.497	5.4971	5.4975	0.0245

โรงงาน	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	รูปแบบการเก็บตย.	วันเก็บ	ชนิดกระดาษกรอง&No.	ก่อนเก็บตัวอย่าง					หลังเก็บตัวอย่าง					ผลต่างน้ำหนัก Filter (mg)
					วันที่ชั่ง	Q1	Q2	Q3	ค่าเฉลี่ย	วันที่ชั่ง	Q1	Q2	Q3	ค่าเฉลี่ย	
				PTFE 25	9 มี.ค. 64	112.6659	112.6650	112.6670	112.6660	25 ต.ค. 64	112.7046	112.7059	112.707	112.7058	0.0399
			ศุกร์	PVC 21	9 มี.ค. 64	6.0491	6.0505	6.0513	6.0503	18 ต.ค. 64	6.0633	6.0627	6.0638	6.0633	0.0130
				PTFE 29	10 มี.ค. 64	116.3419	116.3396	116.3383	116.3399	25 ต.ค. 64	116.3644	116.3651	116.3654	116.3650	0.0250
โรงงานที่ 2 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 1 - 5 พฤศจิกายน 2564)	แผนกที่ 1 คัดแยกขยะ	Area sample	จันทร์	PVC 23	10 มี.ค. 64	5.5080	5.4999	5.5031	5.5037	9 พ.ย.64	5.5195	5.5174	5.5182	5.5184	0.0147
				PTFE 33	10 มี.ค. 64	111.3927	111.3927	111.3912	111.3922	10 พ.ย.64	111.4362	111.4378	111.4363	111.4368	0.0446
			อังคาร	PVC 30	10 มี.ค. 64	5.9025	5.9018	5.9003	5.9015	9 พ.ย.64	5.9276	5.9264	5.9252	5.9264	0.0249
				PTFE 42	15 มี.ค. 64	114.6243	114.6252	114.6246	114.6247	10 พ.ย.64	114.6985	114.6953	114.6977	114.6972	0.0725
			พุธ	PVC 35	10 มี.ค. 64	5.8648	5.8673	5.8657	5.8659	9 พ.ย.64	5.8811	5.8824	5.8817	5.8817	0.0158
				PTFE 46	15 มี.ค. 64	111.1001	111.0988	111.0988	111.0992	10 พ.ย.64	111.1457	111.1477	111.1456	111.1463	0.0471
			พฤหัสบดี	PVC 41	16 มี.ค. 64	6.2575	6.2592	6.2603	6.2590	9 พ.ย.64	6.2808	6.2811	6.2815	6.2811	0.0221
				PTFE 51	15 มี.ค. 64	116.3598	116.3600	116.3605	116.3601	10 พ.ย.64	116.4054	116.4038	116.4058	116.4050	0.0449
			ศุกร์	PVC 46	16 มี.ค. 64	5.9766	5.9738	5.9708	5.9737	9 พ.ย.64	6.0053	6.0034	6.0007	6.0031	0.0294
				PTFE 57	15 มี.ค. 64	113.3033	113.3037	113.3045	113.3038	10 พ.ย.64	113.3963	113.3974	113.398	113.3972	0.0934
โรงงานที่ 2 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 1 - 5 พฤศจิกายน 2564)	แผนกที่ 1 คัดแยกขยะ	Personal sample	จันทร์	PVC 24	10 มี.ค. 64	5.5383	5.5390	5.5396	5.5390	9 พ.ย.64	5.5757	5.5758	5.5748	5.5754	0.0365
				PTFE 34	10 มี.ค. 64	111.4163	111.4124	111.4134	111.4140	10 พ.ย.64	111.5024	111.5023	111.5048	111.5032	0.0891
			อังคาร	PVC 27	10 มี.ค. 64	5.9591	5.9586	5.9595	5.9591	9 พ.ย.64	6.0654	6.0663	6.0664	6.0660	0.1070
				PTFE 36	10 มี.ค. 64	113.9532	113.9530	113.9526	113.9529	10 พ.ย.64	114.1662	114.1643	114.163	114.1645	0.2116
			พุธ	PVC 32	10 มี.ค. 64	5.8422	5.8453	5.8432	5.8436	9 พ.ย.64	5.9814	5.9837	5.9853	5.9835	0.1399
				PTFE 44	15 มี.ค. 64	112.1920	112.1919	112.1922	112.1920	10 พ.ย.64	112.4054	112.4047	112.4071	112.4057	0.2137
			พฤหัสบดี	PVC 36	16 มี.ค. 64	5.4095	5.4084	5.4101	5.4093	9 พ.ย.64	5.6222	5.6222	5.624	5.6228	0.2135

โรงงาน	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	รูปแบบการเก็บตย.	วันเก็บ	ชนิดกระดาษกรอง&No.	ก่อนเก็บตัวอย่าง					หลังเก็บตัวอย่าง					ผลต่างน้ำหนัก Filter (mg)
					วันที่ชั่ง	Q1	Q2	Q3	ค่าเฉลี่ย	วันที่ชั่ง	Q1	Q2	Q3	ค่าเฉลี่ย	
				PTFE 47	15 มี.ค. 64	116.6219	116.6200	116.6232	116.6217	10 พ.ย.64	117.3914	117.39	117.3895	117.3903	0.7686
			ศุกร์	PVC 42	16 มี.ค. 64	5.6876	5.6882	5.6885	5.6881	9 พ.ย.64	5.7588	5.7577	5.7556	5.7574	0.0693
				PTFE 40	15 มี.ค. 64	117.4365	117.4374	117.4381	117.4373	10 พ.ย.64	117.8012	117.8034	117.8014	117.8020	0.3647
โรงงานที่ 2 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 1 - 5 พฤศจิกายน 2564)	แผนกที่ 2: แกะ/ แยกขยะ	Area sample	จันทร์	PVC 25	10 มี.ค. 64	5.8947	5.9031	5.8938	5.8972	9 พ.ย.64	5.9132	5.9129	5.9151	5.9137	0.0165
				PTFE 35	10 มี.ค. 64	114.7420	114.7416	114.7427	114.7421	10 พ.ย.64	114.7861	114.7845	114.7853	114.7853	0.0432
			อังคาร	PVC 28	10 มี.ค. 64	5.8601	5.8651	5.8641	5.8631	9 พ.ย.64	5.8865	5.8841	5.8872	5.8859	0.0228
				PTFE 37	10 มี.ค. 64	113.4161	113.4149	113.4153	113.4154	10 พ.ย.64	113.4777	113.4786	113.4776	113.4780	0.0625
			พุธ	PVC 33	10 มี.ค. 64	5.9041	5.9080	5.9099	5.9073	9 พ.ย.64	5.9288	5.9286	5.9282	5.9285	0.0212
				PTFE 45	15 มี.ค. 64	112.0789	112.0739	112.0769	112.0766	10 พ.ย.64	112.1394	112.1373	112.1382	112.1383	0.0617
			พฤหัสบดี	PVC 40	16 มี.ค. 64	5.6591	5.6600	5.6600	5.6597	9 พ.ย.64	5.6819	5.6823	5.6816	5.6819	0.0222
				PTFE 50	15 มี.ค. 64	112.6656	112.6644	112.6649	112.6650	10 พ.ย.64	112.7225	112.7242	112.7254	112.7240	0.0591
			ศุกร์	PVC 45	16 มี.ค. 64	5.7865	5.7879	5.7922	5.7889	9 พ.ย.64	5.8167	5.8156	5.817	5.8164	0.0276
				PTFE 54	15 มี.ค. 64	114.1089	114.1162	114.1165	114.1139	10 พ.ย.64	114.1789	114.179	114.1762	114.1780	0.0642
โรงงานที่ 2 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 1 - 5 พฤศจิกายน 2564)	แผนกที่ 2: แกะ/ แยกขยะ	Personal sample	จันทร์	PVC 22	10 มี.ค. 64	5.6186	5.6174	5.6159	5.6173	9 พ.ย.64	5.6367	5.6357	5.6353	5.6359	0.0186
				PTFE 31	10 มี.ค. 64	114.1749	114.1751	114.1749	114.1750	10 พ.ย.64	114.2359	114.2366	114.2378	114.2368	0.0618
			อังคาร	PVC 29	10 มี.ค. 64	5.8430	5.8511	5.8535	5.8492	9 พ.ย.64	5.8785	5.8800	5.878	5.8788	0.0296
				PTFE 38	15 มี.ค. 64	111.1420	111.1386	111.1391	111.1399	10 พ.ย.64	111.2514	111.2511	111.2517	111.2514	0.1115
			พุธ	PVC 31	10 มี.ค. 64	5.8027	5.8018	5.8038	5.8028	9 พ.ย.64	5.8263	5.8281	5.8278	5.8274	0.0246
				PTFE 43	15 มี.ค. 64	114.6384	114.6377	114.6374	114.6378	10 พ.ย.64	114.7195	114.7197	114.7198	114.7197	0.0818
			พฤหัสบดี	PVC 39	16 มี.ค. 64	5.6413	5.6399	5.6363	5.6392	9 พ.ย.64	5.6656	5.6635	5.6641	5.6644	0.0252

โรงงาน	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	รูปแบบการเก็บตย.	วันเก็บ	ชนิดกระดาษกรอง&No.	ก่อนเก็บตัวอย่าง					หลังเก็บตัวอย่าง					ผลต่างน้ำหนัก Filter (mg)
					วันที่ชั่ง	Q1	Q2	Q3	ค่าเฉลี่ย	วันที่ชั่ง	Q1	Q2	Q3	ค่าเฉลี่ย	
				PTFE 49	15 มี.ค. 64	114.5872	114.5853	114.5847	114.5857	10 พ.ย.64	114.6732	114.6760	114.6748	114.6747	0.0889
			ศุกร์	PVC 43	16 มี.ค. 64	5.9686	5.9540	5.9546	5.9591	9 พ.ย.64	5.9845	5.9868	5.9857	5.9857	0.0266
				PTFE 53	15 มี.ค. 64	114.9750	114.9739	114.9762	114.9750	10 พ.ย.64	115.07	115.0695	115.0681	115.0692	0.0942

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวกที่ 6 ตารางแสดงผลค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในตัวอย่างกระดาษกรองตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP-OES

ตารางที่ 28 แสดงผลค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในตัวอย่างกระดาษกรองจากการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP-OES

โรงงาน	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	รูปแบบการเก็บตัวอย่าง	วันเก็บ	ชนิดกระดาษกรอง & No.	ความเข้มข้นของโลหะหนักในกระดาษกรอง (µg/m^3)				
					As	Cd	Cr	Pb	Hg
โรงงานที่ 1 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 4 - 8 ตุลาคม 2564)	แผนกที่ 1 คัดแยก	Area sample	จันทร์	PVC 04	1.214	0.484	<LOD	0.643	<LOD
				PTFE 04	1.172	0.560	<LOD	0.889	<LOD
			อังคาร	PVC 05	1.307	0.526	<LOD	0.584	<LOD
				PTFE 06	1.114	0.584	<LOD	0.927	<LOD
			พุธ	PVC 10	1.209	0.497	<LOD	0.733	<LOD
				PTFE 14	1.074	0.566	<LOD	0.883	<LOD
			พฤหัสบดี	PVC 15	1.239	0.491	<LOD	0.630	<LOD
				PTFE 22	1.208	0.564	<LOD	0.865	<LOD
			ศุกร์	PVC 18	1.096	0.461	<LOD	0.662	<LOD
				PTFE 2	1.096	0.551	<LOD	0.850	<LOD
โรงงานที่ 1 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 4 - 8 ตุลาคม 2564)	แผนกที่ 1 คัดแยก	Personal sample	จันทร์	PVC 02	1.196	0.388	<LOD	0.669	<LOD
				PTFE 02	1.092	0.562	<LOD	0.919	<LOD
			อังคาร	PVC 07	1.347	0.573	<LOD	0.784	<LOD
				PTFE 09	1.184	0.603	<LOD	0.969	<LOD
			พุธ	PVC 11	1.127	0.416	<LOD	0.732	<LOD
				PTFE 16	1.148	0.562	<LOD	0.895	<LOD
			พฤหัสบดี	PVC 14	1.088	0.451	<LOD	0.773	<LOD

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงาน	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	รูปแบบการเก็บตัวอย่าง	วันเก็บ	ชนิดกระดาษกรอง & No.	ความเข้มข้นของโลหะหนักในกระดาษกรอง (µg/m^3)				
					As	Cd	Cr	Pb	Hg
				PTFE 21	1.116	0.589	<LOD	0.873	<LOD
			ศุกร์	PVC 20	1.293	0.571	<LOD	0.964	<LOD
				PTFE 28	1.265	0.638	<LOD	1.011	<LOD
โรงงานที่ 1 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 4 - 8 ตุลาคม 2564)	แผนกที่ 2: แกะ/แยกขยะ	Area sample	จันทร์	PVC 03	1.054	0.486	<LOD	0.669	<LOD
				PTFE 03	1.113	0.565	<LOD	0.902	<LOD
			อังคาร	PVC 06	1.144	0.502	<LOD	0.669	<LOD
				PTFE 07	1.174	0.606	<LOD	0.962	<LOD
			พุธ	PVC 09	1.316	0.656	<LOD	0.731	<LOD
				PTFE 13	1.427	0.644	<LOD	1.022	<LOD
			พฤหัสบดี	PVC 16	1.145	0.496	<LOD	0.611	<LOD
				PTFE 23	1.204	0.579	<LOD	0.878	<LOD
			ศุกร์	PVC 19	1.246	0.562	<LOD	0.599	<LOD
				PTFE 27	1.246	0.595	<LOD	0.914	<LOD
โรงงานที่ 1 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 4 - 8 ตุลาคม 2564)	แผนกที่ 2: แกะ/แยกขยะ	Personal sample	จันทร์	PVC 01	1.177	0.529	<LOD	0.818	<LOD
				PTFE 01	1.229	0.603	<LOD	0.999	<LOD
			อังคาร	PVC 08	1.245	0.626	<LOD	0.932	<LOD
				PTFE 11	1.300	0.642	<LOD	1.019	<LOD
			พุธ	PVC 12	1.169	0.458	<LOD	0.742	<LOD
				PTFE 18	1.308	0.579	<LOD	0.930	<LOD

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

โรงงาน	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	รูปแบบการเก็บตัวอย่าง	วันเก็บ	ชนิดกระดาษกรอง & No.	ความเข้มข้นของโลหะหนักในกระดาษกรอง (µg/m^3)				
					As	Cd	Cr	Pb	Hg
			พฤหัสบดี	PVC 17	1.260	0.500	<LOD	0.677	<LOD
				PTFE 25	1.194	0.590	<LOD	0.906	<LOD
			ศุกร์	PVC 21	1.293	0.539	<LOD	0.742	<LOD
				PTFE 29	1.325	0.643	<LOD	1.047	<LOD
โรงงานที่ 2 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 1 - 5 พฤศจิกายน 2564)	แผนกที่ 1 คัดแยก	Area sample	จันทร์	PVC 23	0.371	0.420	<LOD	0.437	<LOD
				PTFE 33	0.555	0.562	<LOD	0.388	<LOD
			อังคาร	PVC 30	0.573	0.504	<LOD	0.410	<LOD
				PTFE 42	0.705	0.566	<LOD	0.469	<LOD
			พุธ	PVC 35	0.583	0.486	<LOD	0.323	<LOD
				PTFE 46	0.389	0.423	<LOD	0.444	<LOD
			พฤหัสบดี	PVC 41	0.389	0.479	<LOD	0.364	<LOD
				PTFE 51	0.517	0.420	<LOD	0.423	<LOD
			ศุกร์	PVC 46	0.448	0.431	<LOD	0.337	<LOD
				PTFE 57	0.497	0.421	<LOD	0.421	<LOD
โรงงานที่ 2 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 1 - 5 พฤศจิกายน 2564)	แผนกที่ 1 คัดแยก	Personal sample	จันทร์	PVC 24	0.802	0.610	<LOD	0.359	<LOD
				PTFE 34	0.798	0.599	<LOD	0.451	<LOD
			อังคาร	PVC 27	0.613	0.568	<LOD	0.371	<LOD
				PTFE 36	0.586	0.565	<LOD	0.461	<LOD
			พุธ	PVC 32	0.613	0.561	<LOD	0.381	<LOD

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงาน	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	รูปแบบการเก็บตัวอย่าง	วันเก็บ	ชนิดกระดาษกรอง & No.	ความเข้มข้นของโลหะหนักในกระดาษกรอง (µg/m^3)				
					As	Cd	Cr	Pb	Hg
				PTFE 44	0.735	0.561	<LOD	0.468	<LOD
			พฤหัสบดี	PVC 36	0.631	0.582	<LOD	0.440	<LOD
				PTFE 47	0.541	0.561	<LOD	0.485	<LOD
			ศุกร์	PVC 42	0.437	0.582	<LOD	0.409	<LOD
				PTFE 40	0.409	0.423	<LOD	0.503	<LOD
โรงงานที่ 2 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 1 - 5 พฤศจิกายน 2564)	แผนกที่ 2: แกะ/แยกขยะ	Area sample	จันทร์	PVC 25	0.692	0.535	<LOD	0.288	<LOD
				PTFE 35	0.671	0.563	<LOD	0.327	<LOD
			อังคาร	PVC 28	0.617	0.585	<LOD	0.303	<LOD
				PTFE 37	0.683	0.564	<LOD	0.373	<LOD
			พุธ	PVC 33	0.787	0.576	<LOD	0.323	<LOD
				PTFE 45	0.610	0.562	<LOD	0.392	<LOD
			พฤหัสบดี	PVC 40	0.497	0.570	<LOD	0.319	<LOD
				PTFE 50	0.462	0.420	<LOD	0.413	<LOD
			ศุกร์	PVC 45	0.299	0.588	<LOD	0.351	<LOD
				PTFE 54	0.557	0.421	<LOD	0.414	<LOD
โรงงานที่ 2 (เก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 1 - 5 พฤศจิกายน 2564)	แผนกที่ 2: แกะ/แยกขยะ	Personal sample	จันทร์	PVC 22	0.354	0.419	<LOD	0.426	<LOD
				PTFE 31	0.614	0.565	<LOD	0.461	<LOD
			อังคาร	PVC 29	0.541	0.503	<LOD	0.340	<LOD
				PTFE 38	0.724	0.561	<LOD	0.457	<LOD

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

โรงงาน	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	รูปแบบการเก็บตัวอย่าง	วันเก็บ	ชนิดกระดาษกรอง & No.	ความเข้มข้นของโลหะหนักในกระดาษกรอง (µg/m^3)				
					As	Cd	Cr	Pb	Hg
			พุธ	PVC 31	0.643	0.469	<LOD	0.323	<LOD
				PTFE 43	0.619	0.567	<LOD	0.396	<LOD
			พฤหัสบดี	PVC 39	0.388	0.492	<LOD	0.357	<LOD
				PTFE 49	0.440	0.419	<LOD	0.412	<LOD
			ศุกร์	PVC 43	0.506	0.551	<LOD	0.371	<LOD
				PTFE 53	0.520	0.423	<LOD	0.423	<LOD

Chulalongkorn University
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวกที่ 7 ตารางแสดงผลการตรวจวัดโลหะหนักในปัสสาวะพนักงานกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 29 ตารางแสดงผลการตรวจวัดโลหะหนักในปัสสาวะพนักงานกลุ่มตัวอย่าง

No.	Sample No.	Age(Y)	Age of working (Y)	Creatinine (mg/dL)	Heavy metal in Urine (µg/L)					Heavy metal in Urine (µg/g.creatinine)				
					As	Cr	Cd	Pb	Hg	As	Cr	Cd	Pb	Hg
1	A1-001	45	3	44.10	18.05	0.09	0.76	4.27	6.08	40.93	0.21	1.71	9.68	13.79
2	A1-002	44	11	244.80	123.52	1.12	1.24	4.31	0.72	50.46	0.46	0.51	1.76	0.29
3	A2-001	33	0.83	146.20	211.49	1.34	1.30	1.58	ND	144.66	0.91	0.89	1.08	ND
4	A2-002	34	1	40.40	14.86	0.22	1.07	2.41	0.51	36.79	0.55	2.66	5.98	1.27
5	A2-003	56	2	165.90	348.09	0.82	1.35	3.59	ND	209.82	0.50	0.81	2.16	ND
6	A2-004	44	1	81.20	70.00	0.50	1.52	4.07	0.08	86.21	0.61	1.87	5.02	0.10
7	A2-005	45	4	20.50	11.73	1.11	0.90	9.80	0.05	57.21	5.41	4.37	47.80	0.26
8	A2-006	37	3	182.20	92.48	1.91	1.22	9.06	52.64	50.76	1.05	0.67	4.97	28.89
9	A2-007	34	1	56.00	83.59	0.94	1.02	7.09	27.35	149.27	1.67	1.81	12.66	48.84
10	A2-011	40	0.92	52.10	44.19	0.59	0.18	2.18	0.05	84.82	1.13	0.35	4.18	0.10
11	A2-012	22	0.83	33.30	52.37	0.81	0.32	1.39	ND	157.26	2.43	0.96	4.17	ND
12	A2-013	40	2	28.60	29.65	0.44	0.28	1.85	ND	103.66	1.54	0.98	6.47	ND
	Average	**39.50**	**2.55**	**91.28**	**91.67**	**0.82**	**0.93**	**4.30**	**7.29**	**97.65**	**1.37**	**1.46**	**8.83**	**7.80**
	S.D.	**8.47**	**2.87**	**74.11**	**98.63**	**0.51**	**0.45**	**2.88**	**16.29**	**55.86**	**1.42**	**1.14**	**12.70**	**15.62**
	Max	**56.00**	**11.00**	**244.80**	**348.09**	**1.91**	**1.52**	**9.80**	**52.64**	**209.82**	**5.41**	**4.37**	**47.80**	**48.84**
	Min	**22.00**	**0.83**	**20.50**	**11.73**	**0.09**	**0.18**	**1.39**	**ND**	**36.79**	**0.21**	**0.35**	**1.08**	**ND**

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

No.	Sample No.	Age(Y)	Age of working (Y)	Creatinine (mg/dL)	Heavy metal in Urine (µg/L)					Heavy metal in Urine (µg/g.creatinine)				
					As	Cr	Cd	Pb	Hg	As	Cr	Cd	Pb	Hg
13	B1-001	30	11	239.00	63.74	1.01	1.59	0.92	0.27	26.67	0.42	0.66	0.38	0.11
14	B1-002	36	11	119.00	43.58	0.76	2.05	2.41	0.29	36.62	0.63	1.72	2.02	0.24
15	B1-003	20	0.42	169.00	89.80	0.81	0.58	0.02	0.06	53.13	0.48	0.34	0.01	0.04
16	B2-001	32	8	122.00	32.19	0.46	0.54	0.11	0.42	26.38	0.38	0.44	0.09	0.35
17	B2-002	23	5	179.00	120.51	0.23	0.42	0.70	0.49	67.32	0.13	0.23	0.39	0.27
18	B2-003	30	4	214.00	101.76	0.65	0.58	0.02	0.51	47.55	0.30	0.27	0.01	0.24
19	B2-004	34	5	32.60	11.57	0.64	0.17	0.04	ND	35.48	1.98	0.52	0.11	ND
20	B2-005	51	10	158.00	57.58	1.97	0.89	0.26	10.63	36.44	1.25	0.56	0.17	6.73
21	B2-006	48	12	53.50	12.51	1.30	0.89	0.17	0.16	23.39	2.42	1.66	0.32	0.30
22	B2-007	42	2	182.00	64.37	4.89	0.55	0.02	0.18	35.37	2.69	0.30	0.01	0.10
23	B2-008	32	7	123.00	45.46	0.49	0.44	0.02	0.17	36.96	0.40	0.36	0.02	0.14
24	B2-009	32	5	238.00	66.32	0.63	0.73	0.02	0.11	27.87	0.27	0.31	0.01	0.05
25	B2-011	20	0.42	179.00	82.68	0.57	0.33	0.02	1.54	46.19	0.32	0.19	0.01	0.86
26	B2-012	46	12	102.00	53.90	0.50	0.65	0.02	1.15	52.85	0.49	0.64	0.02	1.13
27	B2-013	31	10	154.00	30.83	0.83	0.81	1.44	0.68	20.02	0.54	0.53	0.93	0.44
28	B2-014	26	9	130.00	40.87	0.57	1.03	0.02	0.15	31.43	0.44	0.79	0.02	0.12
29	B2-015	29	10	88.00	33.97	1.08	0.41	0.99	0.31	38.60	1.23	0.47	1.12	0.35
30	B2-016	44	4	143.00	53.51	1.32	1.99	0.43	0.33	37.42	0.92	1.39	0.30	0.23
31	B2-017	42	4	227.00	121.36	0.81	0.93	0.02	1.72	53.46	0.36	0.41	0.01	0.76

CHULALONGKORN UNIVERSITY

No.	Sample No.	Age(Y)	Age of working (Y)	Creatinine (mg/dL)	Heavy metal in Urine (µg/L)					Heavy metal in Urine (µg/g.creatinine)				
					As	Cr	Cd	Pb	Hg	As	Cr	Cd	Pb	Hg
	Average	34.11	6.83	150.11	59.29	1.03	0.82	0.40	1.01	38.59	0.82	0.62	0.31	0.66
	S.D.	9.18	3.83	58.22	32.03	1.02	0.53	0.64	2.38	12.17	0.76	0.46	0.52	1.50
	Max	51.00	12.00	239.00	121.36	4.89	2.05	2.41	10.63	67.32	2.69	1.72	2.02	6.73
	Min	20.00	0.42	32.60	11.57	0.23	0.17	0.02	ND	20.02	0.13	0.19	0.01	ND
	Average ∑All	36.19	5.17	127.34	71.82	0.95	0.86	1.91	3.44	61.45	1.04	0.95	3.61	3.42
	S.D. ∑All	9.16	4.04	69.97	66.63	0.85	0.49	2.65	10.51	45.70	1.08	0.88	8.78	10.16
	Max ∑All	56.00	12.00	244.80	348.09	4.89	2.05	9.80	52.64	209.82	5.41	4.37	47.80	48.84
	Min ∑All	20.00	0.42	20.50	11.57	0.09	0.17	0.02	ND	20.02	0.13	0.19	0.01	ND

Note: - ND= not detected, (Y)=Years, A=Factory 1 in Chonburi province and B=Factory 2 in Suphan buri province

- Sampling: end of the work weeks on Friday at 03.30 pm onward

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายประหยัด เคนโยธา

วัน เดือน ปี เกิด 31 พฤษภาคม 2531

สถานที่เกิด จังหวัดร้อยเอ็ด, ประเทศไทย

วุฒิการศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2550-2554

วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาธารณสุขศาสตร์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2562 - 2564

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พิษวิทยาอุตสาหกรรมและการประเมินความเสี่ยง)

ที่อยู่ปัจจุบัน 83 หมู่ 4 บ้านหนองยาง ตำบลหนองหมื่นถ่าน อำเภออาจสามารถ จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45160

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University