

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสกับ โพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน ในโรงงานหลอมกระบี่

Health Risk Assessment of Workers Exposed to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Foundry Industry

ณัฐชัย ภาณุโสภณ^{1*} พรพิมล กองทิพย์² วิทยา อยู่สุข² ไชยนันท์ แท่งทอง³ และดุสิต สุจิรารัตน์⁴

Nattachai Panusophon^{1*} Pornpimol Kongtip² Witaya Yoosook² Chaiyanun Tangtong³ and Dusit Sujirarat⁴

ด.อ.

^{1*} นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

⁴ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

^{1*} Graduate student in Master of Science Program, Major in Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health,
Mahidol University, Ratchathewee, Bangkok, Thailand 10400

² Associate professor Department of Occupation Health and Safety, Faculty of Public Health,
Mahidol University, Ratchathewee, Bangkok, Thailand 10400

³ Assistant professor Department of Occupation Health and Safety, Faculty of Public Health,
Mahidol University, Ratchathewee, Bangkok, Thailand 10400

⁴ Associate professor Department of Epidemiology, Faculty of Public Health,
Mahidol University, Ratchathewee, Bangkok, Thailand 10400

* Corresponding author, E mail: shadow84000@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานโรงงานหลอมกระบี่ที่รับสัมผัสสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (สารพีเอเอช) ทำการเก็บตัวอย่างอากาศทั้งไอระเหยและเก็บฝุ่นโดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างส่วนบุคคลของพนักงานหลอมในโรงงานกระบี่ ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวนทั้งหมด 24 คน ในพื้นที่ปฏิบัติงานโดยใช้หลอดดูดซับชนิด XAD-2 และกระดาศกรองชนิด PTFE ที่ต่อเข้าด้วยกันกับ personal sampling pump ซึ่งใช้เก็บตัวอย่างที่เป็นสารพีเอเอช โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี จากสารละลายมาตรฐานสารพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด สามารถรายงานค่าความ

เข้มข้น 14 ชนิด และพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารพีเอเอชทั้งหมด มีค่า 190.91 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.24 – 1656.28 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร เมื่อนำค่าความเข้มข้นของพีเอเอชมาแปลงค่าเป็น BaP equivalent ได้เป็น 132.31 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.03 – 75.46 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร จากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพต่อการเกิดมะเร็งจากการสัมผัสสารพีเอเอชเท่ากับ 1.15×10^{-2} ซึ่งระดับความเสี่ยงของสารเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผู้วิจัยจึงทำการวางแผนเพื่อลดการได้รับสัมผัสสารพิษที่เกิดขึ้นในอนาคต โดยการเสนอให้ลดการสัมผัสเช่น การติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ และลดแหล่งกำเนิดเชื้อเพลิงที่ใช้น้ำมันเตา รวมถึงเปลี่ยนเป็นชนิดให้พลังงานแบบไฟฟ้าและใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

คำสำคัญ: สารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน, การประเมินความเสี่ยงสุขภาพ

Abstract

The aim of this study was to evaluate Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) exposure concentrations in foundry and to assess the health risk of workers exposed to PAHs. The air samples for both vapor and particulate phases of PAHs were collected by personal sampling pumps with sorbent tube (XAD-2) and PTFE filters of 24 workers. The air samples for PAHs were collected for 4 hours (full shift) and analyzed by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). Of the 16 standard PAHs, only 14 were found. The average PAHs level was 190.91 ng/m³, ranging from 3.24 to 1656.28 ng/m³. The average PAHs concentration was converted to BaP_{eq} with concentration of 132.31 ng/m³, ranging from 0.03 to 75.46 ng/m³. The total estimated lifetime cancer risk of these PAHs concentrations were 1.15×10^{-2} , which the cancer risk was not acceptable. The plan to reduce exposure was installing local exhaust ventilation and reducing fuel source from fuel oil, changing into electrical energy and wearing personal protective equipment.

Keywords: Polycyclic aromatic hydrocarbons, health risk assessment

1. บทนำ

ประเทศไทยจัดอยู่ในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาที่มีโอกาสและศักยภาพสูงต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจในด้านต่างๆ ส่งผลให้มีการใช้สารเคมีต่างๆ ตามมาด้วย ทั้งยังมีการจราจร ที่คับคั่ง ทำให้เกิดมลพิษที่มีผลกระทบต่อทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง ซึ่งนอกจากมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการใช้ชีวิตประจำวันแล้ว ยังมีมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการทำงาน

มลพิษทางอากาศที่เกิดจากการทำงาน มีมากมายแล้วแต่เป็นสารที่อันตรายและก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกายมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการเผาไหม้หรือสันดาปไม่สมบูรณ์ เป็นต้นกำเนิดของสารมลพิษทางอากาศ หนึ่งในนั้นคือสารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ซึ่งจัดได้ว่าเป็นสารที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและมีความเป็นอันตรายสูงเมื่อได้รับการสัมผัสเป็นกลุ่มของสารประกอบอินทรีย์เกิดจากกระบวนการ 2 วงหรือมากกว่าหลอมรวมกันแบบเชิงเส้นเชิงมุมหรือ

เกาะเป็นกลุ่ม ความแตกต่างของการจัดเรียงของแหวน ทำให้เกิดสารประกอบมากกว่า 200 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารก่อมะเร็งและเป็นสารที่ยังคงอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นานไม่สลายตัวได้ง่าย ปริมาณที่ทางองค์การอนามัยโลก (WHO, 2000) ควบคุมระบุว่า ไม่ควรมีค่าระดับความเข้มข้นเกินกว่า 1 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร หากเกินกว่านั้นถือเป็นระดับที่เสี่ยงอันตรายต่อการเป็นโรคมะเร็ง การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสาร PAHs จากการหายใจ ของพนักงานในโรงงานหลอมกระบี่ ในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการมลภาวะทางอากาศในสภาพแวดล้อมการทำงาน ของโรงงานหลอมกระบี่ในเขตกรุงเทพมหานคร เนื่องจากมีการใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเตา ซึ่งเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดสาร PAHs

สำนักงานป้องกันสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (US-EPA, 2000) กำหนดให้ PAHs 16 ชนิดเป็นสารพิษอันตรายที่ควรให้ความสำคัญในอันดับต้น ได้แก่ Naphthalene, acenaphthylene, acenaphthene, fluorine, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, indeno(1,2,3-cd)pyrene, dibenz(a,h)anthracene, benzo(g,h,i)perylene และปริมาณที่ทาง National Institute for Occupational Safety and Health แนะนำให้ตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงไม่ควรได้รับสัมผัส PAHs เกิน 0.1 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตรและไม่ควรได้รับ PAHs อย่างต่อเนื่องกันนานเกิน 10 ชั่วโมง/วัน หน่วยงาน American Conference of Governmental Industrial Hygienists กำหนดให้ตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง ไม่ควรได้รับสัมผัส PAHs เกิน 0.2 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร หน่วยงาน Occupational Safety and Health Administration กำหนดให้ตลอดระยะเวลาการ

ทำงาน 8 ชั่วโมง ไม่ควรได้รับสัมผัส PAHs เกิน 0.2 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

2. วัตถุประสงค์

เพื่อหาความเข้มข้นของสาร PAHs ในบรรยากาศที่พนักงานโรงงานหลอมกระบี่ในเขตกรุงเทพมหานคร ได้รับจากการหายใจและประเมินความเสี่ยงที่มีต่อสุขภาพ

3. อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการเก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคลของพนักงานโรงงานหลอมกระบี่ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวนทั้งหมด 24 คน ตลอดช่วงเวลาปฏิบัติงาน (4 ชั่วโมง)

การทำวิจัยในครั้งนี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จาก คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

3.1 การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างอากาศใช้วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ โดยดูดอากาศผ่านกระดวยกรอง PTFE เมมเบรน ขนาดรูพรุน 2 ไมครอน เส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ซึ่งบรรจุอยู่ในตลับกรองแบบ 3 ชั้น แล้วต่อด้วย Sorbent tube, XAD-2 resin ตั้งอัตราการไหลของอากาศ 2 ลิตรต่อนาที (NIOSH, 1994) โดยการปิดคลุมอุปกรณ์เก็บตัวอย่างด้วยแผ่นฟอยล์เพื่อป้องกันแสงแดด อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศที่ใช้ต้องทำการปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศด้วย Calibrator ทั้งก่อนและหลังการใช้งานทุกครั้ง กำหนดให้อัตราการไหลของอากาศไม่ควรคลาดเคลื่อนเกินร้อยละ 5 หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

3.2 การสกัดและวิเคราะห์ (กระดาศกรอง)

3.2.1 นำกระดาศกรองมาวิเคราะห์โดยใช้เข็ม
จับกระดาศกรอง แล้วตัดแบ่งเป็น 4 ส่วน

3.2.2 นำกระดาศกรองใส่ลงในหลอดทดลอง
เดิม Hexane 500 ไมโครลิตร ปิดฝาให้สนิท หมั่นด้วย
อัลตราโซนิกฟอยล์ทันที

3.2.3 ตั้งใน ultrasonic bath เป็นเวลา 30 นาที

3.2.4 เมื่อครบกำหนดเวลา นำมา 1
ไมโครลิตร เพื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS

3.3 การสกัดและวิเคราะห์ (Sorbent tube)

3.3.1 นำ Sorbent tube มาสกัดแยกส่วนหน้า-
หลัง ใส่ใน Hexane 500 ไมโครลิตร

3.3.2 ตั้งใน ultrasonic bath เป็นเวลา 30 นาที

3.3.3 หลังจากนั้นนำมา 1 ไมโครลิตร เพื่อ
วิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS

3.4 การเตรียมกราฟมาตรฐาน

เตรียมกราฟมาตรฐาน 5 ความเข้มข้น ซึ่งมี
PAHs อยู่ในช่วง 12-240 นาโนกรัม/มิลลิลิตร มีเฉพาะ
Naphthalene ที่จะเตรียมที่ความเข้มข้น 9 ความเข้มข้น
12-6000 นาโนกรัม/มิลลิลิตร

3.5 Detection limit

ทำการเตรียมโดยใช้สารมาตรฐาน PAHs ที่
ทราบความเข้มข้นโดยวัดในช่วงความเข้มข้นต่ำสุดของ
กราฟมาตรฐานคือ 12 นาโนกรัม/มิลลิลิตรและเจือจาง
ไป 10 เท่า จนถึง 1.2 นาโนกรัม/มิลลิลิตรความเข้มข้น
ที่เตรียมดังนี้ 1.2, 2.4, 3.6, 4.8, 6.0, 7.2, 8.4, 9.6, 10.8
และ 12 นาโนกรัม/มิลลิลิตรและนำไปวิเคราะห์ โดย
เครื่อง GC-MS

3.6 การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ

Benzo(a)pyrenetoxic equivalency factor คือ
การคำนวณการประเมินความเสี่ยงนั้นมีเป้าหมายอยู่ที่
สารในกลุ่ม PAHs ทั้ง 16 ตัว ซึ่งจะใช้ BaP เป็นตัวแทน
ในการคำนวณ ซึ่งจากการศึกษาของ กระทรวง

สาธารณสุขสหรัฐอเมริกา (MDH, 2014) จะใช้คำนวณ
ตามองค์ความรู้ที่มีในการเกิด carcinogen effects ให้
เป็นค่า Toxic equivalent factor (TEF)

Nisbet and LaGoy (1992) ได้เสนอค่า TEF
ของสารจำนวน 3 ตัว ดังนี้ Naphthalene,
acenaphthylene และ acenaphthalene

BaP equivalents (BaPeq) ได้คำนวณตัวแทน
ของสาร PAHs แต่ละตัวที่มีการคูณกับค่า TEF เพื่อให้
เป็นค่า BaPeq และสามารถแสดงเป็นค่าการได้รับ
สัมผัส PAHs รวมได้ (total PAHs expressed as) ตาม
US-EPA criteria สำหรับคำนวณการประเมินความเสี่ยง
สำนักงานป้องกันสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา
(US-EPA, 2005) ได้กำหนดเรื่องการประเมินการได้รับ
สัมผัสทางสุขภาพที่ยอมรับได้ (acceptable cancer)
อยู่ที่ $10^{-6} - 10^{-4}$ แต่ถ้าได้ค่า (cancer risk) มากกว่า 10^{-4}
จะพิจารณาว่ายอมรับไม่ได้

องค์การอนามัยโลกได้ประมาณค่าช่วงชีวิตที่
มีความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจาก PAHs ในบรรยากาศ
ทั่วไป เป็น unit risk (UR) คือ ประชากร 100,000 คน
จะมีโอกาสเป็นมะเร็ง 8.7 ราย จากการได้รับสัมผัส
ทางการหายใจแบบเรื้อรัง ที่ความเข้มข้น 1 ng/m^3 Bap
($\text{UR} = 8.7 \times 10^{-5}$) ตลอดระยะเวลา 70 ปี Lifetime
cancer risk = BaPeq (ng/m^3) x UR โดยสูตรและค่า UR
มีที่มาจากองค์การอนามัยโลก (WHO, 2000) ส่วนค่า
BaPeq เป็นค่าของสารแต่ละตัวจาก PAHs ดังตารางที่ 1

4. ผลการวิจัย

จากการทดลองได้ค่าเฉลี่ยของ Naphthalene,
acenaphthylene, acenaphthene, fluorine,
phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene,
benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene,
benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, benzo(g,h,i)
perylene ตามลำดับดังต่อไปนี้ 1656.28, 403.04, 74.75,
61.91, 59.59, 24.33, 55.14, 72.74, 37.87, 52.13, 32.12,
64.17, 75.46 และ 3.24 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตาม
ตารางที่ 1 และสามารถรายงานค่าความเข้มข้น 14 ชนิด

และพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ PAHs ทั้งหมด มีค่า 190.91 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.24 – 1656.28 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร เมื่อนำค่าความเข้มข้นของ PAHs มาแปลงค่าเป็น BaP equivalent ได้เป็น 132.31 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตร

โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.03 – 75.46 นาโนกรัม/ลูกบาศก์เมตรหลังจากนั้นจะคำนวณหาค่า Lifetime cancer risk จะมีค่าเท่ากับ 1.15×10^{-2} จาก 24 คน พบว่ามีจำนวนผู้ได้รับสัมผัส PAHs สูงกว่าระดับความเสี่ยงของสารเกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้จำนวน 16 คน คิดเป็น ร้อยละ 66.67

ตารางที่ 1 ระดับความเข้มข้นของ PAHs ที่พนักงานโรงงานหลอมกระป๋องได้รับจากการหายใจ (n=24)

PAHs	ระดับความเข้มข้น (ng/m ³)				TEF	BaPeq
	Mean	SD	Max	Min		
1.Naphthalene	1656.28	1672.01	7265.51	ND.	0.001*	1.66
2.Acenaphthylene	403.04	467.62	1987.65	50.28	0.001*	0.40
3.Acenaphthene	74.75	81.54	246.09	ND.	0.001*	0.07
4.Flourene	61.91	112.89	483.89	ND.	0.0005 ⁺	0.03
5.Phenanthrene	59.59	155.14	641.18	ND.	0.0005 ⁺	0.03
6.Anthracene	24.33	65.88	262.74	ND.	0.400	9.73
7.Fluoranthene	55.14	92.06	286.90	ND.	0.080	4.41
8.Pyrene	72.74	108.23	387.03	ND.	0.001 ⁺	0.07
9.Benzo(a)anthracene	37.87	80.30	369.13	ND.	0.200	7.57
10.Chrysene	52.13	84.50	397.81	ND.	0.100	5.21
11.Benzo(b)Fluoranthene	32.12	51.35	170.52	ND.	0.800	25.69
12.Benzo(k)Fluoranthene	64.17	78.56	352.25	ND.	0.030	1.93
13.Benzo(a)pyrene	75.46	118.30	483.36	ND.	1.000	75.46
14.Indeno(1,2,3-cd)pyrene	ND.	ND.	ND.	ND.	0.070	0.00
15.Dibenz(a,h)anthracene	ND.	ND.	ND.	ND.	10.000	0.00
16.Benzo(g,h,i)perylene	3.24	8.76	27.44	ND.	0.009	0.03

ค่า TEF มาจาก MDH (2014), *Nisbet and Lagoy(1992), ⁺Larsen JC and Larsen PB (1998)

ND=not detected (value under the limit of detection)

ค่า Detection limit ของสารมาตรฐาน PAHs Naphthalene, acenaphthylene, acenaphthene, fluorine, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene มีค่าเท่ากับ 1.2 ng ต่ ว น ส า ร indeno(1,2,3-cd) pyrene, dibenz(a,h)anthracene, benzo(g,h,i)perylene มีค่าเท่ากับ 4.8 นาโนกรัม

5. การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสสารที่ทำให้เกิดมะเร็งหรือ Lifetime cancer risk พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.15×10^{-2} ซึ่งสูงกว่าค่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ที่ US-EPA ได้กำหนดไว้ ($10^{-6} - 10^{-4}$) ดังนั้นจึงควรมีการแนะนำให้ปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานและการให้ความรู้กับพนักงานเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงานรวมถึงการป้องกันและ

ดูแลตนเองในระหว่างการทำงาน ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ GodfredSafo-Adu (2014) ซึ่งได้ตรวจวัดสาร PAHs ในอากาศบริเวณด่านชำระค่าผ่านทางพิเศษพบว่ามีความเกินค่ามาตรฐาน

6. บทสรุป

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานที่สัมผัสกับ PAHs ในโรงงานหลอมกระเบื้องและหาความเข้มข้นของสาร PAHs ในบรรยากาศที่พนักงานโรงงานหลอมกระเบื้องในเขตกรุงเทพมหานครได้รับโดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศแบบตัวบุคคล หลังจากนั้นทำการสกัดและวิเคราะห์ผลด้วยเครื่อง GC-MS นำค่าที่ได้มาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ พบว่ามีค่าเกินกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผู้วิจัยทำการวางแผนเพื่อลดการได้รับสัมผัสสารพิษที่เกิดขึ้นในอนาคต โดยการเสนอให้ลดวิธีการสัมผัส เช่น การติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ และลดแหล่งกำเนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ น้ำมันเตา รวมถึงเปลี่ยนเป็นชนิดให้พลังงานแบบไฟฟ้า ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (respiratory masks)

งานวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาแบบติดตามไปข้างหน้า (Prospective cohort study) ทางด้านการสัมผัสสาร ก่อให้เกิดอันตราย/ก่อให้เกิดโรคในอนาคต และทำการตรวจวัดและประเมินซ้ำหลังจากปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะที่ได้กล่าวมาข้างต้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร.พรพิมล กองทิพย์ ที่ปรึกษาหลักของงานวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

GodfredSafo-Adu, Francis GormanOfosu, DerickCarboo, Yaw Serfor-Armah. (2014). Health risk assessment of exposure to particulate polycyclic aromatic hydrocarbons

at a Tollbooth on a Major Highway. American Journal of Scientific and Industrial Research.5 (4): 110-119.

Jone H.H. (2001) Economic Evaluation of Air Quality Target for PAHs. Final report for European Commission DG Environment, AEA Technology Environment Culham Science Centre Abingdon Oxfordshire.

Larsen JC, Larsen PB. (1998). Chemical carcinogens. In: Air Pollution and Health (Herster RE, Harrison RM eds) . Cambridge: Royal Society Chemistry, 33-56.

MDH (Minnesota Department of Health) . (2014) . Guidance for Evaluating the Cancer Potency of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Mixtures in Environmental Samples. US.

NIOSH. (1994) . NIOSH Manual of Analytical Method 5515 “ POLYNUCLEAR AROMATIC HYDROCARBONS by GC”.

Nisbet ICT, Lagoy PK. (1992) . Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic – hydrocarbons (PAHs) . RegulToxicolPharmacol. 16:290-300.

US-EPA (U.S. Environmental Protection Agency) . (2000) . Assigning Value to Non-detected/ Non-quantified Pesticide Residues in Human Health Food Exposure Assessments. Washington,DC,US.

US-EPA (U.S. Environmental Protection Agency) . (2005) . Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. Washington, DC, US.

WHO. (2000). Air Quality Guidelines for Europe. 2nd ed. Copenhagen: WHO, Regional Office for Europe.