

ประเมินจากค่าเปรียบเทียบร้อยละของการลดลงของความเข้มข้นของบีเทค และความเสียดต่อสุขภาพรวม (HI) จากการเปิดใช้ระบบ VRS และไม่เปิดใช้ระบบ VRS

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไป

บริเวณถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 7 แห่ง ตั้งอยู่บนสถานีบริการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเขตในเมืองจำนวน 3 แห่ง และเขตนอกเมือง (ชานเมืองและชนบท) จำนวน 4 แห่ง เป็นสถานีบริการประเภท II ที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกแก่ลูกค้า เช่น ร้านค้าสะดวกซื้อ ศูนย์อาหาร ร้านกาแฟ ร้อยละ 57.14 และไม่มีร้านอาหารร่วมด้วย ร้อยละ 42.86 มีพนักงานให้บริการแก่ลูกค้าเฉลี่ย 14 คน (อย่างน้อยมีจำนวน 10 คน) มีจำนวนหัวจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้บริการตั้งแต่ 18 หัวจ่าย ยอดขายน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 11,300 ลิตรต่อวัน และปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงสำรองในถังเก็บ 30,000-84,000 ลิตร เขตพื้นที่บริเวณถังเก็บน้ำมันห่างจากหัวจ่ายน้ำมันเฉลี่ย 10.57 เมตร ระยะใกล้สุด 5 เมตร และจำนวน 6 แห่งที่ถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ทางด้านซ้ายของสถานี (ด้านเหนือตามทิศทางลม) ดังแสดงในตารางที่ 1

สถานีบริการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นไม่เข้าข่ายตามกฎหมายกระทรวงพลังงาน เรื่อง การควบคุมไอน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2550 ซึ่งกำหนดให้มีการติดตั้งระบบ VRS ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 7

แห่ง ไม่มีการติดตั้งที่หัวจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบมีระบบ VRS ที่หัวจ่ายน้ำมัน และไม่มีแผนติดตั้งหัวจ่ายน้ำมัน VRS

เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารบีเทคระหว่างการใช้และไม่ใช้ระบบ VRS

การเปรียบเทียบความสามารถของระบบ VRS จากปริมาณความเข้มข้นของไอระเหยของสารบีเทค (เบนซีน โทลูอิน เอทิลเบนซีน และไซลีน) ในบรรยากาศในขณะที่มีขนถ่ายน้ำมันลงถังเก็บน้ำมัน ทั้งในกรณีเปิดใช้ระบบ VRS และไม่เปิดใช้ระบบ VRS ในรถบรรทุกน้ำมัน เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบดูดควบคุมไอระเหยน้ำมันของไอระเหยบีเทคในบรรยากาศการทำงาน พบว่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของระบบ VRS ในการดูดไอระเหยกลับ จากความเข้มข้นของสารเบนซีน โทลูอิน เอทิลเบนซีน และไซลีน คือ ร้อยละ 76.5, 71.2, 60.9 และ 70.3 ตามลำดับ โดยระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของเบนซีนในบรรยากาศลดลงจาก 114.4 ppb เหลือ 16.7 ppb โทลูอิน ลดลงจาก 332.1 ppb เหลือ 55.3 ppb เอทิลเบนซีนลดลงจาก 35.2 ppb เหลือ 8.2 ppb และไซลีนลดลงจาก 120.3 ppb เหลือ 21.7 ppb

ในกรณีที่รถบรรทุกน้ำมันไม่เปิดใช้ระบบ VRS พบว่าความเข้มข้นของสารเบนซีนในบรรยากาศการทำงาน มีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานของ NIOSH (มากกว่า 100 ppb)²⁴ จำนวน 3 แห่ง หรือ ร้อยละ 42.9 และผลของการเปิดใช้ระบบ VRS ความเข้มข้นของสารเบนซีนในบรรยากาศการทำงานลดลง มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด ดัง

แสดงในตารางที่ 2

เปรียบเทียบการใช้และไม่ใช้ระบบ VRS ต่อผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสบิเทค

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบ VRS จากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่บริเวณถังเก็บน้ำมันขณะมีการขนถ่ายน้ำมันจากการได้รับสารบิเทคผ่านทางทางหายใจ โดยคำนวณจากพนักงานตัวแทน 1 คนต่อสถานีที่ปฏิบัติหน้าที่ประจำในช่วงถ่ายน้ำมันลงถังร่วมกับ ผลการศึกษาพบว่า กรณีไม่เปิดใช้ระบบ VRS และเปิดใช้ระบบ VRS ของรถบรรทุกขนถ่ายน้ำมัน โดยใช้ค่าความเข้มข้นของสารบิเทค (เบนซิน, โทลูอิน, เอทิลเบนซิน และไซลีน) จากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์สำหรับผลกระทบที่ไม่ใช่การก่อมะเร็ง โดยใช้ค่า HQ และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยรวม (HI) พบว่า HQ จากการได้รับสารเบนซินมีค่ามากกว่า 1 จำนวน 3 แห่ง (ร้อยละ 42.86) และไซลีน จำนวน 1 แห่ง (ร้อยละ 14.28) ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารบิเทค ค่า HI มีค่ามากกว่า 1 จำนวน 4 แห่ง (ร้อยละ 57.1) และกรณีต่ำกว่า 1 คือระดับยอมรับได้ แต่ HI สูงกว่า 0.75 มีจำนวน 1 แห่ง (ร้อยละ 14.3)

กรณีเปิดใช้ระบบ VRS ตลอดเวลาการทำงานที่ขนถ่ายน้ำมันลงถังเก็บ พบว่า HQ ของทุกสารน้อยกว่า 0.50 ซึ่งต่ำกว่าระดับปลอดภัย (Safety action คือ $HQ < 0.50$) เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของระบบ VRS จากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

โดยรวม (HI) ของการสัมผัสสารบิเทค พบว่าความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยรวมลดลงทุกสถานี คือมีประสิทธิภาพ 100% เมื่อเทียบกับการไม่เปิดใช้ระบบ VRS และค่า HI ของสารบิเทค มีค่าต่ำสุด-สูงสุด คือ 0.05-0.70 ดังแสดงในตารางที่ 3

วิจารณ์ผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของสารบิเทคในบรรยากาศการทำงานที่ไม่เปิดใช้ระบบ VRS สำหรับรถบรรทุกน้ำมันที่ครอบคลุมช่วงเวลาขณะขนถ่ายน้ำมันลงถังเก็บในผลการศึกษานี้ เปรียบเทียบกับการศึกษาในพื้นที่อื่นๆ ของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของบิเทค ในบรรยากาศการทำงานมีค่าสูงกว่าบริเวณหัวจ่ายน้ำมันและพื้นที่ริมถนน^{25, 26} ดังนั้นการป้องกัน ควบคุมและเฝ้าระวังสุขภาพในการรับสัมผัสสารบิเทคของพนักงานขนถ่ายน้ำมันพนักงานตรวจสอบน้ำมัน จึงมีสำคัญอย่างยิ่งเพราะจัดว่าเป็นกลุ่มเสี่ยงที่ต้องเฝ้าระวังสุขภาพจากการสัมผัสไอระเหยของสารบิเทคผ่านทางระบบทางเดินหายใจ

ปริมาณความเข้มข้นของไอระเหยของสารบิเทคบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานบริเวณถังเก็บน้ำมันขณะขนถ่ายน้ำมันลงถังภายใต้การทำงานของระบบ VRS ในรถบรรทุกน้ำมัน มีความเข้มข้นของสารเคมีส่วนใหญ่ คือ เบนซิน โทลูอิน และไซลีนลดลง ด้วยประสิทธิภาพการทำงานของระบบ VRS ในการดูดไอระเหยน้ำมันที่ทำให้ความเข้มข้นเฉลี่ยลดลงได้ โดยเฉพาะสำหรับสารเบนซิน ได้สูงกว่า

ตารางที่ 1. ข้อมูลของสถานบริการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง

ข้อมูลลักษณะ	จำนวน (ร้อยละ)
พื้นที่ตั้งของสถานบริการ	
เขตในเมือง	3 (42.86)
เขตนอกเมือง: ชานเมืองและชนบท	4 (57.14)
ประเภทของการให้บริการของสถานบริการ	
ประเภท I	3 (42.86)
ประเภท II	4 (57.14)
จำนวนหัวจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (หัวจ่าย)	
<30	4 (57.14)
≥30	3 (42.86)
มัธยฐาน (ต่ำ-สูงสุด) = 30 (18-48)	
ปริมาณยอดขาย (ลิตรต่อวัน)	
<10,000	3 (42.86)
≥10,000	4 (57.14)
มัธยฐาน (ต่ำ-สูงสุด) = 11,130 (5,200-18,400)	
ปริมาณน้ำมันสูงสุดที่จัดเก็บ (ลิตร)	
<45,000	4 (57.14)
≥45,000	3 (42.86)
มัธยฐาน (ค่าต่ำสุด-สูงสุด) = 47,071 (30,000-84,000)	
จำนวนพนักงานในสถานีฯ (คน)	
<15	4 (57.14)
≥15	3 (42.86)
มัธยฐาน (ค่าต่ำสุด-สูงสุด) = 14 เมตร (10-20)	
ความถี่การเติมน้ำมันลงถังเก็บ	
2 วันต่อครั้งหรือมากกว่า 2 วัน	2 (28.57)
วันละ 1 ครั้งหรือมากกว่า	5 (71.43)
ระยะห่างถังเก็บน้ำมันและหัวจ่ายน้ำมัน (เมตร)	
มากกว่า 10 เมตร	3 (42.86)
น้อยกว่า 10 เมตร	4 (57.14)
มัธยฐาน (ค่าต่ำสุด-สูงสุด) = 10.57 เมตร (5-22)	

ตารางที่ 2. ความเข้มข้นของสารบีเทคและประสิทธิภาพระบบควบคุมไอระเหย่น้ำมัน (n=7)

สถานี	เบนซีน (ppb)			โทลูอิน (ppb)			เอทิลเบนซีน (ppb)			ไซลีน (ppb)		
	ไม่เปิด	เปิด	ประสิทธิภาพ (%)	ไม่เปิด	เปิด	ประสิทธิภาพ (%)	ไม่เปิด	เปิด	ประสิทธิภาพ (%)	ไม่เปิด	เปิด	ประสิทธิภาพ (%)
	VRS	VRS		VRS	VRS		VRS	VRS		VRS	VRS	
1	437.5	47.9	89.1	1,083.3	125.0	88.5	104.2	12.5	87.9	458.3	45.8	90.0
2	45.8	5.1	88.9	133.3	35.4	73.4	12.4	5.3	57.7	41.7	11.5	72.5
3	102.1	1.9	98.1	354.2	31.3	91.2	27.1	4.5	83.5	116.7	10.0	91.5
4	23.3	1.0	95.8	115.3	70.1	39.2	8.8	4.3	51.1	21.8	9.2	57.7
5	102.9	37.0	64.1	249.0	74.0	70.3	24.7	11.7	52.5	59.3	33.3	62.8
6	57.2	16.2	71.6	297.4	3.8	87.4	58.4	9.8	83.3	113.0	22.8	79.9
7	10.8	7.8	27.9	92.1	47.3	48.7	10.6	9.5	9.86	31.6	19.6	38.1
มาตรฐาน (ช่วง)	114.4 (10.8-437.5)	16.7 (1.0-47.9)	76.5 (27.9-98.1)	332.1 (92.1-1083.3)	55.3 (3.8-125.0)	71.2 (39.2-91.2)	35.2 (8.8-104.2)	8.2 (4.3-12.5)	60.9 (9.9-88.0)	120.3 (21.8-458.3)	21.7 (9.2-45.8)	70.3 (38.0-91.5)

REL-TWA²⁴: benzene = 100 ppb, toluene =100000 ppb, ethyl benzene =100000 ppb, xylene = 100000 ppb

ตารางที่ 3. ประสิทธิภาพของระบบ VRS พิจารณาจากความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัส BTEX (HI)

ตัวแปร	Hazard quotient (HQ)			Hazard Index (HI)			ประสิทธิภาพ VRS จากการลด HI (HI <1) (ร้อยละ)
	มาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	≤1: จำนวน (ร้อยละ)	>1: จำนวน (ร้อยละ)	มาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	≤1: จำนวน (ร้อยละ)	>1: จำนวน (ร้อยละ)	
ไม่ใช้ VRS	B	1.3 (0.1-4.9)	4 (57.14)	3 (42.86)			
	T	0.02 (0.006-0.07)	7 (100)	0 (0)	1.69 (0.23-6.49)	3 (42.86)	4 (57.1)
	E	0.01 (0.003-0.04)	7 (100)	0 (0)			
	X	0.4 (0.07-1.5)	6 (85.72)	1 (14.28)			100 %
ใช้ VRS	B	0.19 (0.01-0.5)	7 (100)	0 (0)			
	T	0.004 (<0.001-0.008)	7 (100)	0 (0)	0.27 (0.05-0.70)	7 (100)	0 (0)
	E	0.003 (0.001-0.004)	7 (100)	0 (0)			
	X	0.07 (0.03-0.15)	7 (100)	0 (0)			

B= benzene, T =toluene, E = ethylbenzene, X = xylene

ร้อยละ 75 ที่สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา^{19,21} แต่
ถ้าพิจารณาที่ความเข้มข้นของแต่ละสารเคมี อาจมี

ปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้องเพราะข้อมูลในการศึกษานี้มี
สถานีบริการ 4 แห่ง พบความเข้มข้นของสารเบน-

จีนในบรรยากาศการทำงานเกินค่ามาตรฐานกำหนด ซึ่งผลการสำรวจพบว่ามีระยะห่างระหว่างถังเก็บน้ำมันและพื้นที่ของหัวจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่า 10 เมตร (ต่ำสุดคือ 5 เมตร) ซึ่งไอระเหยของสารเบนซินอาจมาจากหัวจ่ายน้ำมันขณะเติมน้ำมันให้ลูกค้าที่มาใช้บริการร่วมด้วย นอกจากนี้ปัจจัยด้านความถี่ในการถ่ายน้ำมันลงถังเก็บของแต่ละสถานีแตกต่างกัน พบว่ามีสถานีบริการจำนวน 5 แห่ง ที่มีความถี่ในการขนถ่ายน้ำมันลงถังมากกว่า 1 ครั้งต่อวัน ที่เป็นปัจจัยที่ทำให้ไอระเหยของสารบีเทคออกมาสูงกว่าได้กรณีที่ไม่เปิดใช้ระบบ VRS ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของพนักงานในระยะยาวจากการสัมผัสสารเหล่านี้ได้ โดยเฉพาะจากการสัมผัสเบนซินที่เป็นสารก่อมะเร็งและมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งของพนักงานได้^{1,14} นอกจากนี้กรณีที่สถานีบริการหนึ่งสถานีมีความเข้มข้นของสารเคมีอยู่ที่ระดับต่ำมากหรือต่ำกว่าร้อยละ 10 ของค่ามาตรฐานของ NIOSH (REL-TWA)²⁴ อยู่แล้ว จึงส่งผลต่อประสิทธิภาพน้อย อาจเนื่องจากที่ตั้งของสถานีบริการอยู่นอกเมือง มีปัจจัยของการติดตั้งที่ดีของถังเก็บน้ำมันในทิศทางลมและการถ่ายเทอากาศสถานีบริการที่ดี อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ครั้งนี้ค้นพบว่าประสิทธิภาพของระบบ VRS ทิศทางเดียวกันโดยเฉลี่ยที่ทำให้ค่าความเข้มข้นของสารบีเทคในบรรยากาศการทำงานมีค่าลดลงโดยเฉพาะระดับความเข้มข้นของสารเบนซินในบรรยากาศการทำงาน ซึ่งมีค่าลดลงเหลือ 16.7 ppb หรือไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดของ NIOSH-TWA (100 ppb)²⁴

พนักงานผู้ปฏิบัติงานขนถ่ายน้ำมันในพื้นที่บริเวณถังเก็บน้ำมันมีโอกาสรับสารบีเทคเข้าสู่ร่างกายทางระบบทางเดินหายใจได้ส่งผลให้เสี่ยงต่อสุขภาพทั้งระยะยาวและการเกิดมะเร็งถ้ามีการสัมผัสสาร^{14,26} โดยจากการที่พบว่ามีสถานีบริการจำนวน 3 แห่ง (ร้อยละ 75) ที่ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยรวมจากการไม่เปิดใช้ระบบ VRS ค่า HI จากการสัมผัสบีเทค สูงกว่า 1 ซึ่งมีผลต่อสุขภาพของพนักงานในระยะยาว โดยเฉพาะสารเบนซินที่เป็นสารก่อมะเร็งต่ออิมมูนิตี้¹⁴ เมื่อเปิดใช้ระบบ VRS ขณะขนถ่ายน้ำมันลงถังเก็บ และจากผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานกรณีที่ไมใช้การก่อมะเร็งจากการสัมผัสสารบีเทค ค่าลดน้อยลงได้ในระดับที่ยอมรับได้หรือมีค่าต่ำกว่า 1 จากการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ VRS ตามผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพรวมของการสัมผัสสารบีเทค พบว่ามีประสิทธิภาพลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานคือ 100% จึงสนับสนุนการศึกษาที่ผ่านมาได้ด้านประสิทธิภาพของ VRS ในการลดไอระเหยของน้ำมันได้สูงระหว่าง 80.0-99.9%^{20,21}

อย่างไรก็ตามเนื่องจากการสัมผัสสารมีหลายปัจจัยมาเกี่ยวข้องดังที่ได้กล่าวไปแล้วจึงมีความจำเป็นที่ต้องส่งเสริมให้สถานีบริการมีการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพพนักงานที่ปฏิบัติงานในบรรยากาศที่มีสารเคมีอันตราย โดยใช้หลักการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพทางอาชีวอนามัยและความปลอดภัย²⁷ เพื่อให้พนักงานมีการป้องกันตนเองต่อผลกระทบทางสุขภาพในระยะยาวจาก

การทำงาน

สรุป

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ระบบ VRS นอกจากจะสามารถลดความเข้มข้นของสารปิเทคในบรรยากาศการทำงานแล้วยังสามารถลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานได้ ทำให้ผู้ประกอบการบริการสถานีบริการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงได้ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบ VRS จากการติดตั้งในรถบรรทุกน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อให้เกิดความตระหนักถึงความสำคัญของระบบ VRS ในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานกลุ่มเสี่ยง คือพนักงานขนถ่ายน้ำมันและพนักงานตรวจสอบน้ำมันที่ปฏิบัติงานขณะที่มีการขนถ่ายน้ำมันลงถังเก็บ โดยผู้ประกอบการต้องมีการตรวจสอบและซ่อมบำรุงระบบ VRS อย่างสม่ำเสมอเพื่อให้มีการทำงาน การได้เปิดใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นควรมีการศึกษาต่อด้านประสิทธิภาพของการติดตั้งระบบ VRS และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานบริเวณรอบหัวจ่าย เพื่อนำเสนอเป็นข้อมูลเชิงนโยบายในการกำหนดให้สถานีบริการจำหน่ายน้ำมันทุกแห่งทั่วประเทศติดตั้งระบบ VRS ที่หัวจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง เช่นเดียวกับที่เป็นนโยบายควบคุมในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลได้ต่อไป ทั้งนี้เพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพในสถานีบริการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและผู้เข้าใช้บริการ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) เลขที่ 6100007 และขอขอบคุณผู้ประกอบการสถานีบริการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความร่วมมือในการศึกษาครั้งนี้

จริยธรรมในการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่ HE612102 โดยยึดหลักเกณฑ์ตามคำประกาศเฮลซิงกิ (Declaration of Helsinki) และแนวทางการปฏิบัติการวิจัยทางคลินิกที่ดี (ICH GCP)

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้วิจัยขอยืนยันว่าไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนใดๆ

เอกสารอ้างอิง

1. IARC. Benzene. In: Some industrial chemicals and dyestuffs. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, Volume 29. Lyon: International Agency for Research on Cancer, USA; 1982, 93-148.
2. ACGIH. TLVs and BEIs. Based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH: Cincinnati, OH, USA; 2019
3. Integrated Risk Information System (IRIS). Chemical Assessment Summary: Benzene. Available at <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris>

- _documents/documents/subst/0276_summary.pdf, accessed Jun 1, 2017
4. ATSDR. Toxicological profile for ethylbenzene. Atlanta, GA, USA; 2010.
 5. Integrated risk information system (IRIS). Toxicological review of toluene, In: Support of summary information on. Available at https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0118_summary.pdf., accessed Dec 15, 2019
 6. Synder R, Witz G, Golstein B. The toxicology of benzene. *Environ Health Perspec* 1992; 100: 293-306.
 7. US. EPA. Toxicological review of xylene: In support of summary information on Integrated risk information system (IRIS). 2003.
 8. Pang Y, Fuentes M, Rieger P. Trends in the emissions of volatile organic compounds (VOCs) from light-duty gasoline vehicles tested on chassis dynamometers in southern California. *Atmospheric Environ* 2014; 83: 127-35.
 9. Zhang J, Sun Y, Wu F, *et al*. The characteristics, seasonal variation and source apportionment of VOCs at Gongga Mountain, China. *Atmospheric Environ* 2014; 88: 297-305.
 10. Shen X, Zhao Y, Chen Z, *et al*. Heterogeneous reactions of volatile organic compounds in the atmosphere. *Atmospheric Environ* 2013; 68: 297-314.
 11. World Health Organization. Exposure to benzene: a major public health concern public health and environment. Available at www.who.int/ipcs/features/benzene.pdf., accessed Jan 25, 2014.
 12. กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน. ข้อมูลสถานีบริการน้ำมัน. เข้าถึงได้ที่ <http://www.doeb.go.th/2017/#/article/statistic>, เข้าถึงเมื่อ 9 มีนาคม 2563.
 13. กลุ่มสถิติการขนส่ง กรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม. จำนวนรถจดทะเบียน (สะสม). เข้าถึงได้จาก <https://web.dlt.go.th/statistics/>, เข้าถึงเมื่อ 9 มีนาคม 2563.
 14. Chaiklieng S, Suggaravetsiri P, Autrup H. Risk assessment on benzene exposure among gasoline stations workers. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16: 2545. doi: 10.3390/ijerph16142545.
 15. นพกรณ์ ทรงพันธ์, สุนิสา ชายเกลี้ยง, วิชัย พุกภัย ธาราธิกุล. เปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสสารเบนซีนของผู้ประกอบอาชีพในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง จังหวัดขอนแก่น. *วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา* 2563; 15(1): 26-35.
 16. สุนิสา ชายเกลี้ยง, อุมกร ชงสันเทียะ, พรนภา ศุกรเวทย์ศิริ. การประเมินการสัมผัสสารโทลูอีนของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง. *วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม* 2562; 4(1): 6-12.
 17. Dacherngkhaio T, Chaiklieng S. Risk Assessment on BTEX Exposure at Fuel Storage Tank Area in Gasoline Station. *Indian J Public Health Res Develop* 2019; 10(11): 2036-41.
 18. กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน. ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน. เข้าถึงได้จาก <http://www.doeb.go.th/2017/#/category/1/news>, เข้าถึงเมื่อ 9 มีนาคม 2563.
 19. มหาวิทยาลัยมหิดล. จุลสาร คณะสาธารณสุขศาสตร์ 2552;13: 96.
 20. Department of Pollution Control, Ministry of Natural Resources and Environment. *Fuel storage depots of pollutants source and must be controlled air pollutants emission into atmosphere*. Available at http://website.mnre.go.th/ewt_dl_link.php?nid=6038, accessed September 20, 2016
 21. Isavara R. An evaluation of evaporative emissions of gasoline from storage sites and

- service stations. Bangkok: King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, Thailand, 1995.
22. NIOSH. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM). 5th ed. In: Ashley K, O'Connor PF, eds. Cincinnati: NIOSH, OH, USA, 2016.
23. US. EPA. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment). Office of Superfund Remediation and Technology Innovation Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA, 2009.
24. NIOSH. NIOSH Pocket Guide to chemical hazards. Available at <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0049.html>, accessed March 9, 2020.
25. Rattanajongjitrakorn P, Prueksasi T. Temporal variation of BTEX at the area of petrol station in Bangkok, Thailand. *APCBEE Procedia* 2014; 10: 37-41.
26. Chaiklieng S, Pimpasaeng C, Suggaravetsiri P. Assessment of benzene exposure in the working environment at gasoline stations. *EnvironmentAsia* 2015; 8(2): 56-62.
27. Chaiklieng S, Pimpasaeng C, Thapphasaraphong S. Benzene exposure at gasoline stations - health risk assessment. *Hum Ecol Risk Assess* 2015; 21(8): 2213-22.