

04

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของ
ประชาชนจากสารเบนซีนบริเวณริมถนนที่มี
การจราจรหนาแน่นในอำเภอเมืองอุดรธานี
จังหวัดอุดรธานี

HEALTH RISKS ASSESSMENT FROM
BENZENE ON THE ROADSIDE AREAS
WITH HEAVY TRAFFIC IN UDON THANI
DISTRICT, UDON THANI PROVINCE

มัธนา วงศ์อารีย์^a ✉ และ ศิวพันธุ์ ชูอินทร์^b

^aสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

^bสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

Mathana Wongaree^a ✉ and Sivapan Choo-in^b

^aEnvironmental of Science, Faculty of Science, Udon Thani Rajabhat University

^bEnvironmental of Science, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

✉ mathana.wo@udru.ac.th

วันที่รับ (received) 23 พ.ย. 2562 วันที่แก้ไข (revised) 6 ม.ค. 2563 วันที่ตอบรับ (accepted) 4 ก.พ. 2563

บทคัดย่อ

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนผู้อยู่อาศัยและผู้ประกอบอาชีพบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นในอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างอากาศริมถนนจำนวน 5 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัย โรงเรียน โรงพยาบาล ศูนย์การค้าและตลาดสด ในช่วงเวลาเร่งด่วนและมีการจราจรหนาแน่น (16.00 - 17.00 น.) ระยะเวลา 6 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 30 ตัวอย่าง โดยใช้หลอดเก็บตัวอย่างชนิด coconut shell charcoal tube ที่อัตราดูดอากาศ 0.02 มิลลิลิตรต่อนาที และวิเคราะห์ปริมาณเบนซีนด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี พบว่า ริมถนนมหาวิทยาลัย มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ $1.260 \pm 2.42 \text{ mg/m}^3$ และริมถนนตลาดสดมีค่าเฉลี่ยเบนซีนต่ำสุดเท่ากับ $0.001 \pm 0.0002 \text{ mg/m}^3$ เมื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนต่อการรับสัมผัสสารเบนซีนทั้ง 5 แห่ง พบว่ามีค่า CDI เท่ากับ 0.00152, 1.20943×10^{-6} , 0.00089, 0.00114 และ $1.21 \times 10^{-6} \text{ mg/kg-day}$ ตามลำดับ และมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (cancer risk) เท่ากับ 4.16019×10^{-5} , 3.30174×10^{-8} , 2.43999×10^{-5} , 3.10033×10^{-5} และ 3.30174×10^{-8} ตามลำดับ สรุปได้ว่า ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งจากการได้รับสารเบนซีนริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่นบริเวณมหาวิทยาลัย ศูนย์การค้าและโรงพยาบาลมีค่าความเสี่ยงมากกว่า 1×10^{-6} เป็นค่าที่ยอมรับไม่ได้ และส่งผลต่อสุขภาพของประชาชนในบริเวณที่มีการศึกษาในอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี

คำสำคัญ : การประเมินความเสี่ยง สารเบนซีน โรคมะเร็ง การจราจรหนาแน่น อุดรธานี

Abstract

This research aimed to assess the risk of residents and residents on heavy traffic roads in Mueang, Udon Thani province. Benzene samples were collected from 5 places on roadside area, including university, school, hospital, shopping center, and fresh market. The period time for studied was 6 months from May to October 2018, during rush hours and heavy traffic (17.00 - 18.00 hr). Benzene was collected as 30 samples using a sample tube of coconut shell charcoal at a rate of 0.02 ml per minute of air suction and analyzed benzene concentration by gas chromatography. It was found that benzene from the roadside area of the university had the highest average of $1.260 \pm 2.42 \text{ mg/m}^3$, while benzene from the roadside area of market had the lowest average benzene value of $0.001 \pm 0.0002 \text{ mg/m}^3$. When assessing the health risks of all 5 sampling places, CDI values found 0.00152, 1.20943×10^{-6} , 0.00089, 0.00114 and $1.21 \times 10^{-6} \text{ mg/kg-day}$, respectively. In addition, the risk assessments of cancer were 4.16019×10^{-5} , 3.30174×10^{-8} , 2.43999×10^{-5} , 3.10033×10^{-5} and 3.30174×10^{-8} , respectively. It could be concluding that benzene on roadside from university, shopping center, and hospital has a risk value greater than 1×10^{-6} which cannot be accepted. It means the level of benzene in these studied areas were not severely harm to public health and people who has lived or worked nearby the roadsides that we had monitored.

Keywords : Risk Assessment, Benzene, Cancer, Heavy traffic, Udon Thani

บทนำ

สารอินทรีย์ระเหยง่ายเป็นสารอันตราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเบนซีนที่ถูกจัดเป็นสารก่อมะเร็งและเป็นสารในกลุ่มบีเทค (Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylene : BTEX) (Borhani & Noorpoor, 2017; Department of Pollution Control, 2002) สารมลพิษเหล่านี้ พบว่ามีการปนเปื้อนในบรรยากาศของเมืองที่มีการจราจรแออัด และส่งผลกระทบต่อทางสุขภาพอย่างมาก เกิดความเป็นพิษต่อระบบประสาทส่วนกลาง ระคายเคืองที่ผิวหนังและเยื่อต่าง ๆ เป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจ ก่อให้เกิดอาการปวดศีรษะ มึนงง อาเจียน ประสาทหลอน ชี้นิ่ง วิงเวียน กระวนกระวาย และเมื่อได้รับสารพิษสะสมในร่างกายเป็นเวลานานอาจทำให้เป็นมะเร็งได้ (Boorananut & Khonsriprapan, 2015; Sekar, George, Varghese & Varma, 2019; Wang *et al.*, 2017) สารมลพิษทางอากาศต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ ล้วนแต่เป็นส่วนประกอบของน้ำมันเผาไหม้จากไอเสียรถยนต์และก่อให้เกิดเป็นสารมลพิษ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจวัดหรือการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่มีโอกาสได้รับสัมผัสจากพื้นที่การจราจรที่มีปริมาณยานพาหนะหนาแน่น (Kaewkuea, Nankongnab, Kongtip & Siri, 2014; Masih, Lall & Lal, 2017) เบนซีนเป็นสารหนึ่งในกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย สามารถระเหยเป็นไอกระจายตัวในอากาศที่อุณหภูมิและความดันปกติมักพบในชีวิตประจำวันของมนุษย์และจากกิจกรรมที่หลากหลาย (Choo-in, 2018; Li *et al.*, 2017) หากมีการสะสมในร่างกายจำนวนมากและในระยะเวลาอันยาวนาน จะมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่รับสัมผัส (Chaiklieng & Nantanuch, 2015; Kerdphon & Thinnakon, 2017) โดยเฉพาะประชาชนที่อาศัยหรือทำงานในบริเวณพื้นที่ริมถนนหรือบริเวณป้ายรถประจำทางที่มีรถผ่านจำนวนมาก ซึ่งเบนซีนที่มาจาก การปลดปล่อยการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์ในพื้นที่เขตเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น (Ho *et al.*, 2013; Polyong, Thetkathuek & Patput, 2015) จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพทางเดินหายใจ และอาจเป็นอันตรายมากขึ้นหากมีการอยู่ในพื้นที่ที่มีการหายใจเอาสารดังกล่าวเข้าไปเป็นระยะเวลานาน

สารเบนซีนในบรรยากาศเป็นปัญหาหลักทั่วประเทศ ซึ่งมีแหล่งกำเนิดหลากหลาย ดังนั้นการวิเคราะห์หาสาเหตุต้องจำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของบริเวณพื้นที่จุดตรวจวัด โดยแบ่งเป็นพื้นที่ทั่วไปบริเวณที่อยู่อาศัยในเมืองหลัก หรือพื้นที่ริมถนนซึ่งมีการจราจรหนาแน่น ซึ่งการประเมินความเสี่ยง (risk assessment) นี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ความเสี่ยง (risk analysis) (Kim *et al.*, 2016) โดยการใช้ข้อมูลจริงที่กำหนดผลกระทบต่อสุขภาพต่อการได้รับสารอันตรายของมนุษย์ เพื่อนำข้อมูลไปสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการแก้ไขและการลดผลกระทบของปัญหาด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม และนำไปใช้วิเคราะห์โอกาสการเกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่มีโอกาสได้รับสัมผัส ซึ่งแบ่งองค์ประกอบการวิเคราะห์ความเสี่ยง ดังนี้ การบ่งชี้อันตราย (hazard identification) การประเมินความเสี่ยง (risk assessment) การจัดการความเสี่ยง (risk management) และการสื่อสารความเสี่ยง (risk communication) โดยให้หลักการวิทยาศาสตร์วิศวกรรม ความน่าจะเป็นและสถิติ (Choo-in, 2018; Masekameni, Moolla, Gulumian & Brouwer, 2019) ทั้งนี้ กรมควบคุมมลพิษจะได้ขยายเครือข่ายการเฝ้าระวังสถานการณ์ สารอินทรีย์ระเหยง่ายให้ครอบคลุมกิจกรรมต่าง ๆ ในประเทศเพิ่มขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเสนอแนะนโยบายและกำหนดมาตรการกำกับดูแลที่เหมาะสม และเพื่อประโยชน์ในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนต่อไป

ดังนั้น ในการศึกษาวิจัยนี้จึงเห็นความสำคัญของปัญหามลพิษจากเบนซินที่มีแหล่งกำเนิดจากยานพาหนะที่สัญจรบนท้องถนน และอาจส่งผลกระทบต่อประชาชนบริเวณป้ายรถโดยสารประจำทางในแต่ละวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดตามเฝ้าระวังปัญหามลพิษทางอากาศของจังหวัดอุดรธานี ซึ่งเป็นศูนย์กลางการพัฒนาเศรษฐกิจของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มีอาณาเขตใกล้เคียงกับประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ ลาว และเวียดนาม มีเส้นทางการจราจรที่เชื่อมต่อในภาคการขนส่งหลากหลายเส้นทางมีการเพิ่มขึ้นของประชากรและจำนวนยานพาหนะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพและความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งจากสารเบนซินสามารถวิเคราะห์ปริมาณเบนซินจากการเผาไหม้ของควันไอเสียรถยนต์ และศึกษาถึงความเสี่ยงที่ได้รับของผู้ที่อาศัยหรือปฏิบัติงานบริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่นในพื้นที่อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี จำนวน 5 แห่ง รวมถึงเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณสารเบนซินในแต่ละเดือน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและใช้เป็นแนวทางจัดการที่เหมาะสมให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสำหรับการเฝ้าระวังและป้องกันอันตรายจากมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นภายในจังหวัดอุดรธานี

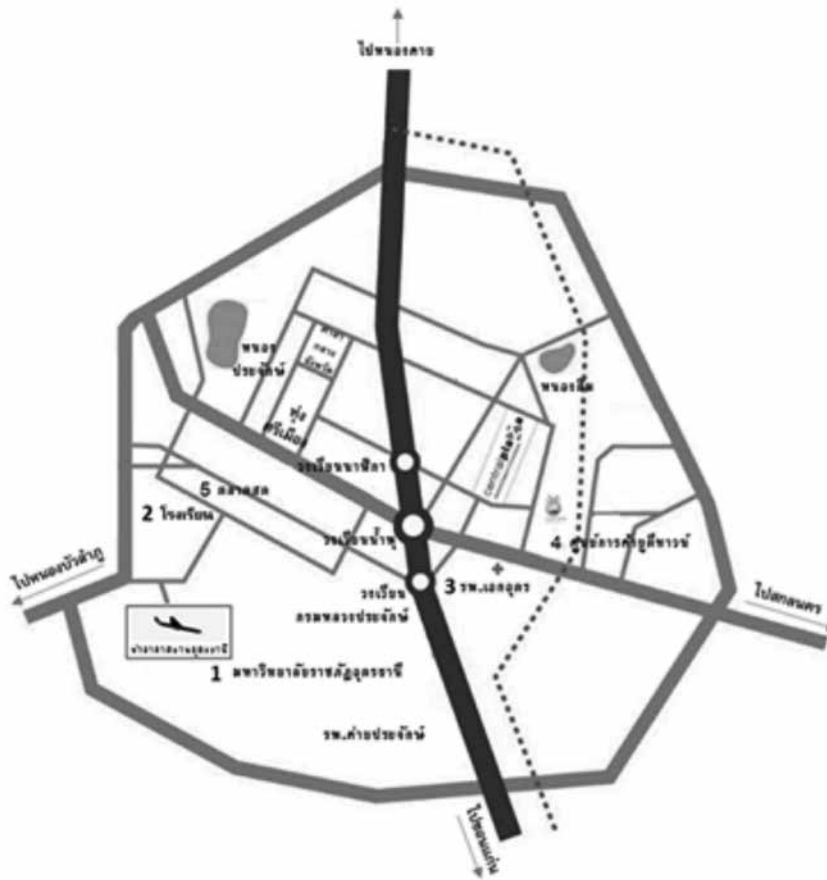
วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนจากสารเบนซินที่มาจากการเผาไหม้ของควันไอเสียรถยนต์บริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่นในอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี

วิธีการวิจัย

1. จุดเก็บตัวอย่าง

กำหนดสถานที่เก็บตัวอย่าง โดยเลือกบริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่นในพื้นที่อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี พื้นที่ศึกษาต้องตั้งอยู่ในบริเวณที่เป็นเส้นทางการจราจรหนาแน่น และเป็นเส้นทางหลักที่สำคัญในชุมชนเมืองอุดรธานี ในแต่ละวันจะมีปริมาณรถประจำทางที่วิ่งผ่านจำนวนมาก และมีประชากรที่พักอาศัยหรือประกอบอาชีพอยู่ในบริเวณติดริมถนนเพื่อใช้ประเมินความเสี่ยงสุขภาพของประชาชนที่มีโอกาสสัมผัสซึ่งได้เลือกจุดเก็บตัวอย่างเบนซินจำนวน 5 แห่ง ตามพิกัด GPS (X, Y) ได้แก่ สถานีที่ 1 ถนนทหาร บริเวณหน้ามหาวิทยาลัย (17.2359, 102.4742) สถานีที่ 2 ถนนศรีสุข บริเวณโรงเรียนอุดรพิทยานุกูล (17.2212, 102.4843) สถานีที่ 3 ถนนทองใหญ่ บริเวณโรงพยาบาลเอกอุดร (17.2300, 102.4779) สถานีที่ 4 ถนนทองใหญ่บริเวณหน้าศูนย์การค้ายูดีทาวน์ (17.2355, 102.4816) และสถานีที่ 5 ถนนสร้างหลวง บริเวณหน้าตลาดสด (17.2426, 102.4708) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 : จุดเก็บตัวอย่างเบนซินในอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี

2. ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง

กำหนดระยะเวลาการศึกษา ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 โดยในแต่ละเดือน จะทำการเก็บตัวอย่างเบนซินทั้ง 5 แห่ง (5 จุดเก็บ x 6 เดือน = 30 ตัวอย่าง) และเปรียบเทียบปริมาณเบนซิน และการกระจายตัวของเบนซินที่ตรวจวัดได้ โดยเก็บตัวอย่างและตรวจวัดในช่วงสัปดาห์แรกของเดือนในวัน ธรรมดา (จันทร์ถึงศุกร์) และช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างอยู่ระหว่าง 16.00 - 17.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาการจราจร หนาแน่นในพื้นที่อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี กล่าวคือเป็นช่วงเวลาที่มียานพาหนะมากที่สุดในแต่ละวัน สำหรับช่วงเวลาที่ศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลปริมาณรถยนต์ด้วยตนเอง โดยได้เก็บข้อมูล เปรียบเทียบจำนวนยานพาหนะในช่วงเวลาระหว่าง 16.00 - 19.00 น. ซึ่งจากรายงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ช่วงเวลาดังกล่าวเป็นชั่วโมงเร่งด่วนและมีการจราจรหนาแน่น (Kerdphon & Thinnakon, 2017) จากการเก็บ ข้อมูลในช่วงเวลา 16.00 - 19.00 น. ของผู้วิจัยเอง พบว่าปริมาณยานพาหนะสูงสุด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เลือก ช่วงเวลา 16.00 - 17.00 น. ดังกล่าวเป็นชั่วโมงเร่งด่วนในการศึกษาครั้งนี้

3. การศึกษาปริมาณยานพาหนะบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง

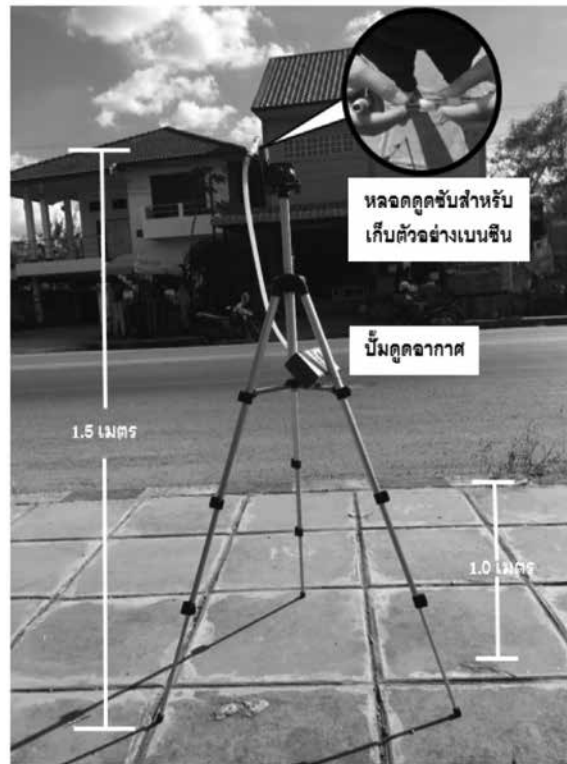
ปริมาณยานพาหนะที่ใช้ในการศึกษา ปัจจัยสำคัญในการปลดปล่อยปริมาณสารเบนซีนในบรรยากาศ ผู้วิจัยได้ทำการนับจำนวนรถยนต์ที่สัญจรบริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่นทั้ง 5 จุดเก็บ โดยประเภทรถยนต์ที่ศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถกระบะ รถสามล้อเครื่อง รถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อ โดยเลือกนับจำนวนรถยนต์ในช่วงเวลา 16.00 - 17.00 น. ที่ทำการเก็บตัวอย่างปริมาณเบนซีน

4. การตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิกาย

ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ข้อมูลเฉลี่ยของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมในบรรยากาศบริเวณริมถนนในพื้นที่อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี ได้ถูกตรวจวัดทั้ง 5 สถานี ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 เพื่อประเมินผลสภาพแวดล้อมของคุณภาพอากาศต่อปริมาณเบนซีนและการกระจายตัวที่ตรวจวัดได้มีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยได้ติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัดสภาพอากาศตำแหน่งเดียวกันกับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างเบนซีน

5. การติดตั้งและตรวจวัดเบนซีน

อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างจะใช้หลอดดูดซับชนิด charcoal coconut tube ซึ่งเป็นหลอดแก้วที่บรรจุ activated charcoal ขนาด 20 - 40 mesh ทำการเก็บตัวอย่างสารเบนซีนในบรรยากาศแบบ passive sampling 1 ชั่วโมง ตามวิธีมาตรฐาน NIOSH 1501 โดยติดตั้งที่ความสูง 150 cm จากพื้นถนนเพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับการหายใจ และห่างจากบริเวณริมถนนระยะทาง 1.0 m โดยนำหลอด charcoal glass tube ต่อเข้ากับเครื่องปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศชนิดพกพา ยี่ห้อ Gillian รุ่น Gilair ที่อัตราการไหล 0.02 ml/min เข้ากับหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ ดังภาพที่ 2 จากนั้นเปิดปั๊มดูดอากาศก่อนเก็บตัวอย่างอากาศประมาณ 15 นาที เพื่อปรับเช็คอัตราการไหลของอากาศให้คงที่ตามที่ต้องการ และก่อนการติดตั้งต้องตรวจสอบแบตเตอรี่ว่ามีกำลังเพียงพอหรือไม่ ระยะเวลาก่อนการเก็บตัวอย่างเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 หลังการเก็บตัวอย่างทำการสกัดตัวอย่างและวิเคราะห์ปริมาณเบนซีนด้วยเครื่อง Gas Chromatography analyzer (GC) เป็นไปตามวิธีมาตรฐานของ U.S.EPA Compendium Method TO-17 (USEPA; Masekameni *et al.*, 2019) และ NIOSH 1501 (Borhani & Noorpoor, 2017) โดยใช้ activated charcoal ใน charcoal glass tube ใส่ในหลอดทดลองและแยกส่วนหน้าและส่วนหลัง ในการสกัดได้ฉีด (Spiked) สารละลายมาตรฐาน toluene-d8 ความเข้มข้น 127,000 mg/ml ปริมาตร 100 μ l ลงในหลอดทดลองข้างต้น ปิดฝาแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นเติมสาร CS₂ ปริมาตร 2.0 ml และ 1.0 ml ลงในหลอดทดลองที่บรรจุ activated charcoal ส่วนหน้าและส่วนหลัง ตามลำดับ ปิดฝาแล้วเขย่าให้สารทำปฏิกิริยาประมาณ 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แยกสารละลายส่วนใสที่ผ่านกระบวนการสกัดแล้วมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Gas Chromatography/ Flame Ionization Detector (GC/FID) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC-14B จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าสูงสุด (maximum) ค่าต่ำสุด (minimum) ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) สำหรับกราฟสารละลายมาตรฐานได้เตรียมขึ้นจากสารละลายเบนซีนที่ความเข้มข้น 10 100 1,000 และ 10,000 mg/l โดยค่า r^2 ของกราฟมาตรฐานเบนซีนมีค่าอยู่ในช่วง 0.9991 - 0.9999



ภาพที่ 2 : การติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือเก็บตัวอย่างเบนซิน

6. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชน

การประเมินโอกาสที่จะเกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่อาศัยบริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่นในอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี จากการได้รับสัมผัสสารเบนซินผ่านทางการหายใจ ทั้ง 5 จุดเก็บ สามารถประเมินได้ตามวิธีของ United States Environmental Protection Agency (U.S.EPA) (Choo-in, 2018) และงานวิจัยนี้ได้ประเมินความเสี่ยงในเชิงปริมาณ โดยการกำหนดพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัย โรงเรียน โรงพยาบาล ศูนย์การค้าและตลาดสด ซึ่งเป็นบริเวณที่มีแนวโน้มการได้รับมลพิษมากกว่าบริเวณอื่นๆ และมีการจราจรหนาแน่น นอกจากนี้ระยะเวลาที่เลือกเก็บเป็นชั่วโมงเร่งด่วน (16.00 - 17.00 น.) เนื่องจากเวลาดังกล่าวมีปริมาณรถยนต์มากที่สุดของวันและทำให้เกิดการปลดปล่อยปริมาณเบนซินสูงสุดอีกด้วย ส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยหรือประกอบอาชีพบริเวณริมถนนที่อาจจะได้รับปริมาณเบนซินและมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง ซึ่งได้ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชน ดังนี้

1) การประเมินการได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย (Chronic Daily Intake : CDI) เป็นการคำนวณปริมาณการรับสารพิษเข้าสู่ร่างกายมีได้หลายทางทั้งทางปากโดยอาหารและน้ำดื่มทางผิวหนังและทางเดินหายใจ ซึ่งปริมาณการรับสารพิษจากการหายใจสามารถหาได้จากสมการที่ (1) (Choo-in, 2018)

$$CDI \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{day}} \right) = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (1)$$

โดยที่ CDI คือ ปริมาณการรับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย (mg/kg-day)

CA คือ ปริมาณสารเบนซินที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (mg/m³)

ET คือ เวลาที่ทำงาน (hr/day) (เวลาทำงานของประชาชนบริเวณริมถนนในชั่วโมงเร่งด่วน 1 ชั่วโมง/วัน)

IR คือ อัตราการหายใจ (Inhalation Rate) เท่ากับ 0.875 m³/hr

EF คือ ความถี่ของการสัมผัสสารเท่ากับ (160 days/year)

ED คือ ระยะเวลาที่สัมผัส (1 year)

BW คือ น้ำหนักร่างกายของผู้สัมผัส (Body Weight, kg) (ค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของผู้สัมผัสเบนซินจากการทำแบบสอบถามของประชาชนในพื้นที่การเก็บตัวอย่างครั้งนี้ ทั้ง 5 แห่ง)

AT คือ ระยะเวลาสัมผัสเฉลี่ย (อายุเฉลี่ย) x (365 days) (อายุเฉลี่ยของผู้สัมผัสเบนซินจากการทำแบบสอบถามของประชาชนในพื้นที่การเก็บตัวอย่างครั้งนี้ ทั้ง 5 แห่ง)

2) การประเมินความเสี่ยงการเกิดมะเร็ง (carcinogenic risk) เป็นค่าความเสี่ยงของสารเคมีที่เป็นสาเหตุของสารที่ก่อมะเร็งจะคิดในรูปของโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่ผู้สัมผัสจะมีโอกาสเกิดมะเร็ง คำนวณหาค่าความเสี่ยงได้จากสมการที่ (2) (Masekameni *et al.*, 2019)

$$\text{Risk} = CDI \times CSFi \quad (2)$$

โดย Risk คือ ค่าความเสี่ยงจากสารเบนซินที่เป็นสาเหตุของมะเร็ง (carcinogenic risk)

CDI คือ ปริมาณการรับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย (Chronic Daily Intake, mg/kg-day)

CSFi คือ Inhalation Cancer Slope Factor เท่ากับ 2.73×10^{-2} (mg/kg-day)

หมายเหตุ : Risk $\leq 1 \times 10^{-6}$ คือ ความเสี่ยงยอมรับได้ และ Risk $\geq 1 \times 10^{-6}$ คือ ความเสี่ยงยอมรับไม่ได้

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณเบนซินในบรรยากาศริมถนนอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี

การวิเคราะห์ปริมาณเบนซินในบรรยากาศบริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่นของพื้นที่อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 จากกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ทั้ง 5 แห่ง ได้แก่ บริเวณริมถนนหน้ามหาวิทยาลัย โรงเรียน โรงพยาบาล ศูนย์การค้า และตลาดสด โดยทำการเก็บตัวอย่างและตรวจวัดปริมาณสารเบนซิน รวมถึงนับปริมาณยานพาหนะเพียง 1 ครั้งต่อเดือน เพื่อประเมินความเสี่ยงของประชากรที่อาศัยและประกอบอาชีพบริเวณริมถนนในอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกระยะเวลาศึกษาเพียงระยะเวลา 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลาเร่งด่วน 16.00 – 17.00 น.

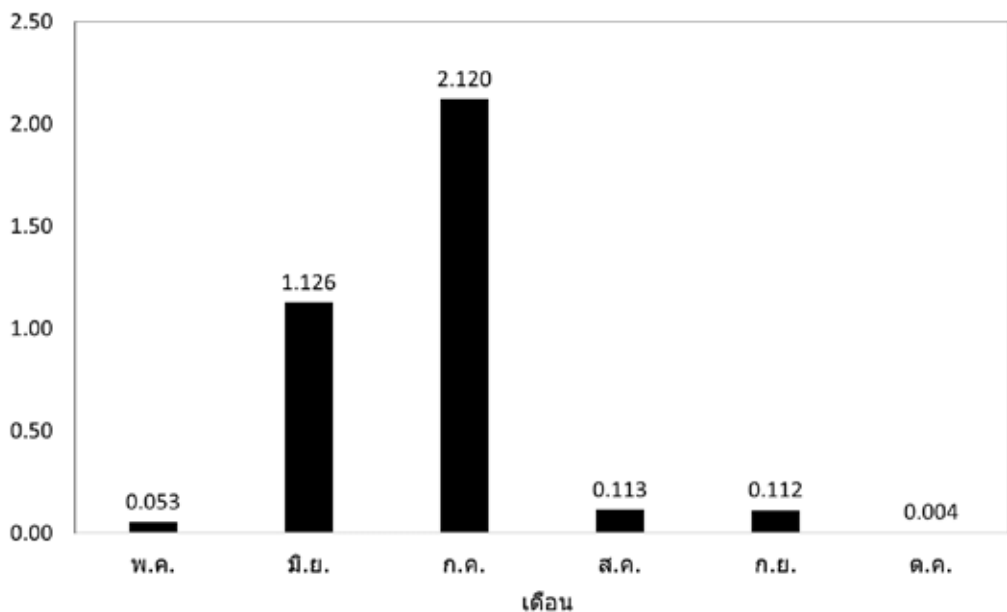
เนื่องจากข้อจำกัดของอุปกรณ์และเครื่องมือวัด รวมถึงจำนวนหลอดดูดซับเบนซีนที่มีจำกัด ดังนั้น งานวิจัยนี้ จึงได้กำหนดตัวแทนของพื้นที่และระยะเวลาที่มีปริมาณรถยนต์จำนวนมากที่สุดซึ่งทำให้เกิดการปลดปล่อยเบนซีนสูงสุดเป็นตัวแทนของเดือนในการประเมินความเสี่ยงในครั้งนี้ นอกจากนั้นได้ดำเนินการเก็บและตรวจวัดลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา เพื่อประเมินผลของสภาพแวดล้อมของคุณภาพอากาศต่อปริมาณเบนซีนและการกระจายตัวมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยข้อมูลเฉลี่ยของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมในบรรยากาศบริเวณริมถนนในพื้นที่อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี ที่ดำเนินการตรวจวัดทั้ง 6 เดือน สามารถคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 1 โดยอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 30.60 ± 1.25 °C อุณหภูมิสูงสุด คือ เดือนตุลาคมมีค่าเท่ากับ 32.6 ± 1.52 °C และอุณหภูมิต่ำสุด คือ เดือนกรกฎาคมมีค่าเท่ากับ 28.8 ± 3.27 °C ตามลำดับ สำหรับความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 67.16 ± 10.27 โดยมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดร้อยละ 79.2 ± 13.68 ในเดือนกรกฎาคม และต่ำสุดร้อยละ 48.2 ± 3.49 ในเดือนตุลาคม ตามลำดับ ความเร็วลมขณะเก็บตัวอย่างอากาศ พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 10.10 ± 4.15 m/s ความเร็วลมสูงสุดในเดือนกรกฎาคมมีค่าเท่ากับ 12.60 ± 2.97 m/s และมีค่าต่ำสุดพบในเดือนมิถุนายนมีค่าเท่ากับ 7.4 ± 2.70 m/s จากผลการศึกษาอุตุนิยมวิทยา พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกัน และผลการศึกษาดังนี้ยังไม่สามารถอธิบายปัจจัยของเดือนหรือฤดูกาลที่มีผลต่อปริมาณรถยนต์ในพื้นที่อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี ได้อย่างชัดเจน โดยมีผลการวิจัยที่ผ่านมาได้รายงานว่าสภาพการจราจรหนาแน่นขึ้นกับปริมาณยานพาหนะของผู้ใช้รถบนถนนมากกว่าผลจากสภาพอากาศทางฤดูกาล (Boorananut & Khonsriprapan, 2015; Ho *et al.*, 2013) และปริมาณยานพาหนะดังกล่าวจะส่งผลต่อปริมาณสารเบนซีนที่ปลดปล่อยอย่างแปรผันตรงกับจำนวนรถยนต์บนท้องถนน

ตารางที่ 1 : อุตุนิยมวิทยาที่ตรวจวัดในอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี (เดือนพฤษภาคม – เดือนตุลาคม พ.ศ. 2561)

เดือน (พ.ศ. 2561)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความเร็วลม (m/s)
พฤษภาคม	30.6 ± 1.25	67.2 ± 10.27	10.1 ± 2.15
มิถุนายน	30.0 ± 1.41	70.8 ± 10.35	7.4 ± 2.70
กรกฎาคม	28.8 ± 3.27	79.2 ± 13.68	12.6 ± 2.97
สิงหาคม	30.4 ± 2.07	69.2 ± 10.40	12.4 ± 5.18
กันยายน	31.0 ± 1.73	66.2 ± 10.33	10.2 ± 2.68
ตุลาคม	32.6 ± 1.52	48.2 ± 3.49	9.4 ± 1.67
ค่าสูงสุด	32.6 ± 1.52	79.2 ± 13.68	12.6 ± 2.97
ค่าต่ำสุด	28.8 ± 3.27	48.2 ± 3.49	7.4 ± 2.70
ค่าเฉลี่ย	30.60	67.16	10.10
SD	± 1.25	± 10.27	± 4.15

เมื่อพิจารณาผลการตรวจวัดสารเบนซีนบริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่นทั้ง 5 แห่งในพื้นที่อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี ที่ทำการตรวจวัดตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 พบว่าค่าความเข้มข้นของเบนซีนในแต่ละเดือนมีค่าแตกต่างกันในภาพที่ 3 โดยในเดือนกรกฎาคมมีค่าสูงสุด คือ 2.120 mg/m^3 เนื่องจากในเดือนดังกล่าวมีปริมาณยานพาหนะค่อนข้างสูง ($6,782 \pm 684$ คัน) ทำให้เกิดการสะสมความเข้มข้นเบนซีนในบรรยากาศสูงตามไปด้วย สำหรับปริมาณความเข้มข้นของสารเบนซีนโดยเฉลี่ยทั้ง 6 เดือน พบว่ามีค่าเท่ากับ $0.588 \pm 0.12 \text{ mg/m}^3$ ซึ่งเกินค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดเบนซีนในบรรยากาศทั่วไปในเวลา 1 ปี ต้องมีค่าไม่เกิน 1.7 mg/m^3 (Department of Pollution Control, 2002)

ความเข้มข้นเบนซีน (mg/m^3)



ภาพที่ 3 : ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเบนซีนจำนวน 5 จุดเก็บ ในอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี

จากผลปริมาณเบนซีนริมถนนข้างต้น จึงได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณยานพาหนะเพื่อประเมินผลว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการปลดปล่อยปริมาณเบนซีนที่มีผลต่อความเข้มข้นสารเบนซีนที่สูงขึ้น และการกระจายตัวมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยเมื่อพิจารณาปริมาณยานพาหนะในแต่ละเดือน พบว่าจำนวนยานพาหนะมีค่าแตกต่างกัน ดังสรุปในตารางที่ 2 โดยในเดือนมิถุนายนมีจำนวนยานพาหนะสูงสุด เท่ากับ 7,038 คัน ในขณะที่เดือนกรกฎาคม ($6,782$ คัน) และเดือนสิงหาคม ($6,477$ คัน) มีจำนวนยานพาหนะมากกว่าเดือนพฤษภาคม ($6,362$ คัน) และเดือนกันยายน ($6,284$ คัน) ตามลำดับ และในเดือนตุลาคม พบว่ามีปริมาณยานพาหนะต่ำสุด คือ $5,757$ คัน เนื่องมาจากเป็นช่วงเวลาปิดภาคเรียนของโรงเรียนระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาของโรงเรียนในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี จึงส่งผลให้ปริมาณยานพาหนะและความหนาแน่นการใช้ถนนน้อยลง และมีผลต่อปริมาณเบนซีนในบรรยากาศบริเวณ

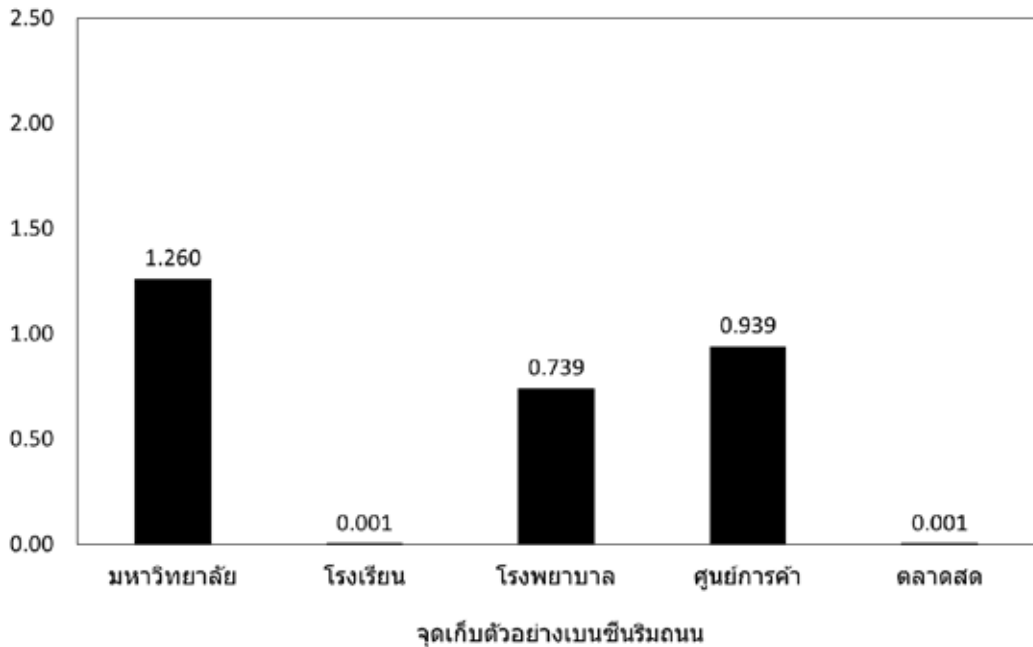
ริมถนนที่ได้ตรวจวัด อย่างไรก็ตาม ยังไม่อาจสรุปผลทางอุทกนิยมนิเทศที่ตรวจวัดได้ว่ามีผลต่อปริมาณเบนซินได้อย่างชัดเจน แต่สามารถสรุปได้ว่าจำนวนยานพาหนะมีผลต่อการปลดปล่อยปริมาณเบนซิน และการกระจายตัวของสารเบนซินในบรรยากาศ (Polyong *et al.*, 2015) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Li *et al.* (2017) พบว่า สภาพการจราจรในแต่ละพื้นที่อาจมีผลต่อระดับปริมาณการปล่อยเบนซินที่มาจากจำนวนรถยนต์มากกว่าสภาพทางอุทกนิยมนิเทศ

ตารางที่ 2 : จำนวนรถยนต์ที่นับได้ ณ จุดเก็บตัวอย่างทั้งหมดในอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี

จุดเก็บ	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	จำนวนรถยนต์ $\pm$ SD
มหาวิทยาลัย	1,746	2,067	1,814	1,443	1,525	1,307	9,902 $\pm$ 277
โรงพยาบาล	1,188	1,543	1,715	1,840	1,772	1,479	9,537 $\pm$ 239
โรงเรียน	617	617	630	372	454	361	3,051 $\pm$ 127
ศูนย์การค้า	2,217	2,217	2,020	2,258	1,988	2,106	12,588 $\pm$ 113
ตลาดสด	594	594	603	564	245	504	3,104 $\pm$ 138
จำนวนรถยนต์	6,362	7,038	6,782	6,477	6,284	5,757	
SD	$\pm$ 709	$\pm$ 774	$\pm$ 684	$\pm$ 811	$\pm$ 794	$\pm$ 722	

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นเบนซินที่วิเคราะห์ได้บริเวณริมถนนมหาวิทยาลัย ศูนย์การค้า โรงพยาบาล โรงเรียนและตลาดสด ทั้ง 5 แห่ง พบว่ามีความเข้มข้นเบนซินโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.260 ± 0.24 0.939 ± 0.23 0.739 ± 0.18 0.001 ± 0.0004 และ 0.001 ± 0.0002 mg/m^3 ตามลำดับ ในภาพที่ 4 สำหรับปริมาณความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของเบนซินริมถนนหน้ามหาวิทยาลัยมีค่าสูงกว่าจุดอื่น ๆ เนื่องจากเป็นถนนหลักที่เข้ามาในเขตเมืองและจะต้องผ่านบริเวณนี้ และบริเวณนี้ยังเป็นบริเวณสถานศึกษาที่มีจุดรับ - ส่งรถโดยสารประจำทาง มีวงเวียนเป็นจุดศูนย์กลางของถนนหลายเส้นจึงทำให้ปริมาณยานพาหนะมีจำนวนมาก ส่งผลให้บริเวณดังกล่าว มีการตรวจพบปริมาณสารเบนซินที่มีค่าสูงถึง 1.260 ± 0.24 mg/m^3 รองลงมา คือ บริเวณริมถนนศูนย์การค้า มีค่าเบนซินโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.939 ± 0.23 mg/m^3 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kerdphon & Thinnakon (2017) พบว่า การปล่อยไอเสียของยานพาหนะขึ้นกับปริมาณยานพาหนะบนท้องถนน โดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งด่วนมีค่าสูง ถึงแม้บริเวณโรงพยาบาลจะมีปริมาณยานพาหนะไม่แตกต่างกับบริเวณริมถนนมหาวิทยาลัยหรือศูนย์การค้า แต่เป็นบริเวณริมถนนที่รถมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา และไม่ต้องหยุดรถเพื่อติดสัญญาณไฟจราจรจึงทำให้การสะสมเบนซินมีค่าน้อยกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Choo-in (2018) ที่พบว่าปริมาณเบนซินในบริเวณรถหยุด เช่น สัญญาณไฟจราจร หรือช่องเก็บเงินค่าผ่านทาง จะมีค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายสูงกว่าพื้นที่ริมถนนที่มีการเคลื่อนที่ของรถยนต์ตลอดเวลา สำหรับปริมาณรถยนต์บริเวณริมถนนหน้ามหาวิทยาลัยมีค่าสูงสุด เนื่องจากบริเวณริมถนนดังกล่าวเป็นบริเวณรถหยุด มีการเคลื่อนตัวช้า และยานพาหนะเป็นประเภทรถจักรยานยนต์ของนักศึกษาเป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 80 ของยานพาหนะที่นับได้ ซึ่งรถจักรยานยนต์จะปลดปล่อยเบนซินจากการเผาไหม้น้ำมันสูงกว่ารถยนต์ประเภทอื่น ๆ ส่งผลให้การตรวจวัดปริมาณเบนซินมีค่ามากไปด้วย

ความเข้มข้นเบนซีน (mg/m³)



ภาพที่ 4 : ปริมาณเบนซีนที่ตรวจวัดได้ ณ จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 แห่ง

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนจากสารเบนซีน

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนจากสารเบนซีนจากการได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย (Chronic Daily Intake : CDI) จาก Equation (1) (Choo-in, 2018) ซึ่งเป็นการคำนวณปริมาณการรับสารเบนซีนเข้าสู่ร่างกายจากการหายใจที่ตรวจวัดได้บริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่นในอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี พบว่า ผู้ที่อยู่อาศัยหรือประกอบอาชีพบริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่นหน้ามหาวิทยาลัยมีค่าปริมาณการได้รับสัมผัสสูงสุดเท่ากับ 0.00152 mg/kg-day รองลงมา คือ บริเวณริมถนนศูนย์การค้า (0.00114 mg/kg-day) ริมถนนโรงพยาบาล (0.00089 mg/kg-day) ริมถนนโรงเรียน (1.20943×10^{-6} mg/kg-day) และริมถนนตลาดสด (1.21000×10^{-6} mg/kg-day) ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าบริเวณริมถนนมหาวิทยาลัย ศูนย์การค้าและโรงพยาบาลพบโอกาสที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่อสุขภาพจากการสัมผัสเบนซีน โดยอาจมีความรุนแรงจนสามารถเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ ผลการวิเคราะห์ครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารเบนซีนบริเวณริมถนนมหาวิทยาลัย ศูนย์การค้าและโรงพยาบาล มีค่าสูงกว่าบริเวณริมถนนที่โรงเรียนและตลาดสดในช่วงเวลาเดียวกันที่ศึกษา เนื่องมาจากในบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นมาก ติดกับวงเวียนและสัญญาณไฟจราจร รถมีการเคลื่อนที่ช้า นอกจากนั้นยังมีปริมาณยานพาหนะสูงที่สุด ทำให้เกิดการปิดกั้นการไหลหรือการระบายอากาศในบริเวณที่ตรวจวัด นอกจากนี้บริเวณริมถนนของมหาวิทยาลัย ศูนย์การค้าและโรงพยาบาลยังเป็นพื้นที่ศูนย์กลางที่สำคัญของประชาชนในพื้นที่อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี ที่มักมีการจัดกิจกรรมในเทศกาลต่าง ๆ ทำให้มีการใช้รถยนต์เป็นจำนวนมาก ส่งผลต่อปริมาณสารเบนซีนที่สูงขึ้นและทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนในการรับสารพิษเข้าไปด้วย

เมื่อนำค่า CDI มาคำนวณความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง (carcinogenic risk) ของประชาชนที่อาศัยและทำงานอยู่บริเวณริมถนนทั้ง 5 แห่ง โดยปริมาณสารเบนซินที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (CA) ที่ใช้คำนวณมาจากค่าเฉลี่ยเบนซินที่ตรวจวัดได้ จำนวน 6 เดือน โดยนำมาคำนวณเทียบกับระยะเวลาที่มีโอกาสสัมผัส 1 ปี ผลการประเมินความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง พบว่าประชาชนที่อาศัยและทำงานอยู่บริเวณริมถนนมีความเสี่ยงจากการรับสารพิษเบนซินเข้าสู่ร่างกายเป็นระยะเวลา 1 ปี บริเวณหน้ามหาวิทยาลัย บริเวณศูนย์การค้าและโรงพยาบาลเท่ากับ 4.16019×10^{-5} 3.10033×10^{-5} และ 2.43999×10^{-5} ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง (cancer risk) $\geq 1 \times 10^{-6}$ เป็นค่าความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ แสดงว่าประชาชนที่ได้รับเป็นระยะเวลา 1 ปี ในช่วงเวลาเร่งด่วนมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งจากการได้รับเบนซินที่อาศัยอยู่บริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่น โดยปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของเบนซินแสดงให้เห็นว่าปริมาณยานพาหนะมีความสัมพันธ์กับปริมาณการปล่อยสารเบนซินของไอเสียและไอระเหยของน้ำมันจากรถยนต์โดยตรง โดยการประเมินความเสี่ยงในครั้งนี้เป็นการศึกษาและเก็บตัวอย่างในช่วงเร่งด่วนที่มีการจราจรหนาแน่น (16.00 - 17.00 น.) โดยใช้ความเข้มข้นเฉลี่ยที่วัดใน 1 ชั่วโมงของวัน เป็นตัวแทนของแต่ละเดือนในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยหรือประกอบอาชีพในพื้นที่ทั้ง 5 แห่ง ในอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี สำหรับบริเวณริมถนนที่โรงเรียนและตลาดสด พบว่ามีค่าเท่ากับ 3.30174×10^{-8} และ 3.30174×10^{-8} ซึ่งมีค่าความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง (cancer risk) $\leq 1 \times 10^{-6}$ เป็นค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim *et al.* (2016) ที่พบว่าปริมาณสารเบนซินบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นและมีค่าสูงกว่าค่าที่ตรวจพบได้ในบริเวณพื้นที่ทั่วไป

อภิปรายผลและสรุปผล

การศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่เบนซินบริเวณริมถนนหน้ามหาวิทยาลัย โรงพยาบาล โรงเรียน ศูนย์การค้าและตลาดสด ทั้ง 5 แห่ง ในเขตพื้นที่อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 รวมระยะเวลา 6 เดือน ในช่วงการจราจรหนาแน่นที่เวลา 16.00 - 17.00 น. พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.260 ± 0.24 0.939 ± 0.23 0.739 ± 0.18 0.001 ± 0.0004 และ 0.001 ± 0.0002 mg/m^3 ตามลำดับ สำหรับปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของสารเบนซินริมถนนหน้ามหาวิทยาลัย พบว่าสูงที่สุดเนื่องจากตั้งอยู่ถนนหลักที่มีวงเวียนเป็นจุดศูนย์กลางของถนนหลายเส้นจึงทำให้ปริมาณยานพาหนะมีจำนวนมากส่งผลให้บริเวณดังกล่าวมีการตรวจพบปริมาณเบนซินที่ค่อนข้างสูง $1.260 \pm 0.24 \text{ mg/m}^3$ รองลงมา คือ บริเวณริมถนนศูนย์การค้ามีค่าเท่ากับ $0.939 \pm 0.23 \text{ mg/m}^3$ ส่วนบริเวณริมถนนโรงเรียนและตลาดสดมีค่าต่ำและไม่เกินค่ามาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากผลของจำนวนยานพาหนะ ประเภทของเครื่องยนต์ของรถแต่ละประเภท และการเคลื่อนที่ของรถยนต์ กล่าวคือ บริเวณริมถนนโรงเรียนและตลาดสดมีปริมาณยานพาหนะแตกต่างกับพื้นที่อื่น ๆ และเป็นบริเวณริมถนนที่รถมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา และไม่ต้องหยุดรถเพื่อติดสัญญาณไฟจราจร จึงทำให้การสะสมปริมาณเบนซินมีค่าต่ำกว่าพื้นที่ริมถนนที่มีการหยุดรถของเครื่องยนต์ผลการศึกษาครั้งนี้ยังไม่สามารถอธิบายปัจจัยของเดือนหรือฤดูกาลที่มีผลต่อปริมาณรถยนต์ในพื้นที่อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี ได้อย่างชัดเจน แต่สามารถสรุปได้ว่าสภาพการจราจรหนาแน่นขึ้นกับปริมาณยานพาหนะของผู้ใช้รถบนถนนมากกว่าผลจากสภาพอากาศทางฤดูกาล และปริมาณยานพาหนะดังกล่าวจะส่งผลต่อปริมาณสารเบนซินที่ปลดปล่อยโดยตรงกับจำนวนรถยนต์บนท้องถนน

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนจากสารเบนซีนจากการได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย (CDI) พบว่าประชาชนผู้ที่อยู่อาศัยหรือประกอบอาชีพบริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่นหน้ามหาวิทยาลัย ศูนย์การค้า และโรงพยาบาล มีค่าสูงและมีความรุนแรงจนสามารถเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ เช่นเดียวกับการประเมินค่าความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง (carcinogenic risk) ของประชาชนผู้ที่อาศัยและทำงานอยู่บริเวณริมถนนทั้ง 5 แห่ง พบว่าประชาชนที่อาศัยและทำงานอยู่ริมถนนมีความเสี่ยงจากการรับสารพิษจากเบนซีนเข้าสู่ร่างกายเป็นระยะเวลา 1 ปี ที่บริเวณหน้ามหาวิทยาลัย ศูนย์การค้า และโรงพยาบาล ซึ่งมีค่าความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง (cancer risk) $\geq 1 \times 10^{-6}$ เป็นค่าความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ สามารถสรุปได้ว่าปริมาณความเข้มข้นสารเบนซีนขึ้นกับปริมาณรถยนต์ที่ใช้งานทั้งถนนและมีความสัมพันธ์กับปริมาณการปล่อยสารเบนซีนจากไอเสียและไอระเหยของน้ำมันจากรถยนต์อย่างแปรผันตรง ดังนั้น หน่วยงานราชการหรือเอกชนที่เกี่ยวข้องในอำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี ควรมีการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมทางอากาศเพื่อเฝ้าระวังความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่เกิดจากการได้รับปริมาณสารเบนซีนจากยานพาหนะซึ่งจัดว่าเป็นสารก่อมะเร็งอย่างเร่งด่วน

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่าในพื้นที่จุดเก็บตัวอย่างบางพื้นที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการเฝ้าระวังเบนซีนในบรรยากาศทั่วไป ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยและสุขภาพของประชาชนที่อยู่บริเวณริมถนนจึงควรมีแนวทางในการควบคุมและป้องกันการรับสัมผัสสาร กล่าวคือ

1. เบนซีนถูกปล่อยจากไอเสียของยานพาหนะเป็นหลัก ซึ่งการควบคุมที่แหล่งกำเนิดเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรรณรงค์หรือลดมลพิษจากรถยนต์ เช่น การเปลี่ยนเป็นจากรถยนต์ใช้น้ำมันเป็นรถไฟฟ้า และกำหนดมาตรฐานแก๊สเพื่อลดการปลดปล่อยไอเสียของยานพาหนะซึ่งเป็นมลพิษทางอากาศ
2. การควบคุมทางการบริหารจัดการ โดยรณรงค์ให้ความรู้เพื่อให้ประชาชนที่อยู่บริเวณริมถนนได้ตระหนักถึงอันตรายต่อสุขภาพ รวมถึงวิธีการป้องกันตนเองจากการรับสัมผัสเบนซีน เช่น หน้ากากสำหรับป้องกันไอระเหย เป็นต้น
3. การประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสสารเบนซีนควรเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ให้ครอบคลุมตลอดทั้งปี เนื่องจากเดือนที่ยังไม่ศึกษาเป็นช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนที่อาจมีมลพิษมากกว่าในช่วงฤดูฝน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือและสถานที่ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- Boorananut, T., & Khonsriprapan, S. (2015). The risk assessment of benzene exposure of students received from the bus station in front of Suan Sunandha Rajabhat University [In Thai]. Unpublished Bachelor's thesis, Suansunandha Rajabhat University.
- Borhani, F., & Noorpoor, A. (2017). Cancer risk assessment benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) in the production of insulation bituminous. *Environmental Energy and Economic Research*, 1(3), 311-320.
- Chaiklieng, S., & Nantanuch, R. (2015). Factors Associated with Adverse Symptoms related to Benzene Toxicity among Workers at Gasoline Stations [In Thai]. *Srinagarind Medical Journal*, 30(5), 458-466.
- Choo-in, S. (2018). The relationship between the concentrations of benzene from measurements and the caline-4 models. In *proceedings of Research for a 15th International Conference*, dated February 22-23, 2018 (pp. 1-4). Hamburg, Germany.
- Department of Pollution Control. (2002). *Benzene* [In Thai]. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment.
- Ho, K. F., Cao, J., Sai, S., Ho, H., Lee, S. C., Deng, W. (2013). Volatile organic compounds in roadside environment of Hong Kong. *Aerosol and Air Quality Research*, 13, 1331-1347.
- Kaewkuea, D., Nankongnab, N., Kongtip, P., & Siri, S. (2014). Health risk assessment of volatile organic compounds (Vocs) exposure among street vendors in heavy traffic areas of Bangkok [In Thai]. In *proceedings of the 4th STOU Graduate Research Conference*, dated November 26-27, 2014 (pp. 1-14). Sukhothai Thammathirat University, Thailand.
- Kerdphon, T., & Thinnakon, N. (2017). The people's attitudes towards traffic problems in Pathumthani and its vicinity [In Thai]. *Pathumthani University Academic Journal*, 10(1), 229-236.
- Kim, K.-H., Szulejko, J. E., Jo, H.-J., Lee, M.-H., Kim, Y.-H., Kumar, P. (2016). Measurements of major VOCs released into the closed cabin environment of different automobiles under various engine and ventilation scenarios. *Environmental Pollution*, 215, 340-346.
- Li, B., Sai, S., Ho, H., Xue, Y., Huang, Y., Lee, S. (2017). Characterizations of volatile organic compounds from vehicular emissions at roadside environment: The first comprehensive study in Northwestern China. *Atmospheric Environment*, 161, 1-12.
- Masekameni, M. D., Moolla, R., Gulumian, M., & Brouwer, D. (2019). Risk Assessment of Benzene, Toluene, Ethyl Benzene, and Xylene Concentrations from the Combustion of Coal in a Controlled Laboratory Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 951-958.
- Masih, A., Lall, A. S., & Lal, J. K. (2017). Roadside BTEX profiles in the atmosphere at a Terai region of northern India. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 3, 1-7.

- Polyong, C. P., Thetkathuek, A., & Patput, A. (2015). Comparison of benzene exposure and health effect among roadside occupations in Maptaphut area, Rayong Province [In Thai]. *Journal of Safety and Health*, 8(28), 7-20.
- Sekar, A., George, K., Varghese, M. K., & Varma, R. (2019). Analysis of benzene air quality standards, monitoring methods and concentrations in indoor and outdoor environment. *Heliyon*, 5, 1-15.
- Wang, H.-L., Jing, S.-A., Lou, S.-R., Hu, Q.-Y., Li, L., Chenm, C.-H. (2017). Volatile organic compounds source of on-road vehicle emissions in China. *Science of the Total Environment*, 607, 253-261.