นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)

จักรกฤษ เสลา*, เสรีย์ ตู้ประกาย*, ปิยะรัตน์ ปรีย์มาโนช*, อนุ สุราช**, มงคล รัชชะ**✉
*คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
**คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
✉Mongkol.r@ru.ac.th

บทคัดย่อ

สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) 9 ชนิด ได้แก่ Vinyl Chloride, 1,3 Butadiene, Dichloromethane, Chloroform, 1,2-Dichloroethane, Benzene, Trichloroethylene, 1,2-Di chloropropane และ Tetrachloroethylene จากแหล่งข้อมูลทั้งในและต่างประเทศ จำนวน 12 ฉบับ

ผลการศึกษาพบว่า สาร VOCs ส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดมาจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ในกระบวนการผลิตต่างๆ ได้แก่ เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการผลิต เป็นตัวทำละลาย และเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต และการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากรถยนต์ แหล่งกำเนิดที่พบสารอินทรีย์ระเหยง่ายเกินมาตรฐาน พบมากที่สุดคือ กรุงเทพมหานคร รองลงมาคือ ระยอง ขอนแก่นและเชียงใหม่ สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่พบในบรรยากาศเกินมาตรฐาน ได้แก่ 1,3-บิวทาไดอีน, คลอโรฟอร์ม, 1,2-ไดคลอโรอีเธน และ เบนซีน เป็นต้น

สรุป ผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัส พบได้ทั้ง ผลกระทบแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง และพบว่าสารที่ยืนยันว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์กลุ่ม 1 มี 3 ชนิดคือ Vinyl Chloride, 1,3 Butadiene และ Benzene สารที่น่าจะเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ กลุ่ม 2A มี 2 ชนิดคือ Trichloroethylene และTetrachloroethylene ส่วนสารที่อาจจะเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ กลุ่ม 2B มี 4 ชนิด คือ Dichloromethane, Chloroform, 1,2-Dichloroethane,และ1,2-1,2-Di chloropropane ดังนั้นจึงควรมีการเฝ้าระวังการปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมไม่ให้เกินมาตรฐานและรณรงค์ให้มีการใช้รถไฟฟ้าแทนรถที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงซึ่งเป็นการควบคุมมลพิษที่แหล่งกำเนิด

คำสำคัญ: สารอินทรีย์ระเหยง่าย, แหล่งกำเนิด, ผลกระทบต่อสุขภาพ

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
Faculty of Public Health, Ubon Ratchathani Rajabhat University

Article info:
Received: Jun 21, 2023
Revised: Aug 12, 2023
Accepted: Aug 15, 2023

Original article

Health effects of exposure to volatile organic compounds (VOCs)

Chakkrit Sela*, Seree Tuprakay*, Piyarat Premanoch*, Anu Surach**, Mongkol Ratcha**✉
*Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University
**Faculty of Public Health, Ramkhamhaeng University
✉Mongkol.r@ru.ac.th

Abstract

This research aims to investigate the origins and health impacts of exposure to Volatile Organic Compounds (VOCs), along with the legal regulatory measures for 9 specific types of VOCs, including Vinyl Chloride, 1,3 Butadiene, Dichloromethane, Chloroform, 1,2-Dichloroethane, Benzene, Trichloroethylene, 1,2-Dichloropropane, and Tetrachloroethylene. The study is based on a compilation of 12 sources, both domestically and internationally.

The study's findings reveal that VOCs primarily originate from industrial factories involved in various production processes. They act as starting materials, solvents, and byproducts of manufacturing processes, as well as emissions from combustion processes, such as vehicle engines. Locations exceeding standard levels for volatile organic compounds are primarily found in Bangkok, followed by Rayong, Khon Kaen, and Chiang Mai.

The VOCs that were found in the air exceeding standard levels include 1,3-Butadiene, Chloroform, 1,2-Dichloroethylene, and Benzene. The health impacts of exposure were identified as both acute and chronic, with three types of VOCs (Vinyl Chloride, 1,3 Butadiene, and Benzene) confirmed as Group 1 carcinogens in humans. Additionally, two types (Trichloroethylene and Tetrachloroethylene) were classified as Group 2A possible human carcinogens, and four types (Dichloromethane, Chloroform, 1,2-Dichloroethane, and 1,2-Dichloropropane) as Group 2B potentially carcinogenic.

In conclusion, it is recommended to monitor and control emissions from industrial factories to prevent exceeding standard levels of pollutants. Furthermore, advocating for the use of electric vehicles over fossil fuel-based vehicles is suggested as a means to mitigate pollution at its source. This approach aligns with efforts to control pollution and encourages the use of more environmentally friendly transportation options.

Keywords: Volatile organic compounds, source, health effects

คณะสาธารณสุขศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
Faculty of Public Health, Ubon Ratchathani Rajabhat University
Ubon Ratchathani Rajabhat University

บทนำ

สถานการณ์มลพิษทางอากาศยังเป็นปัญหาที่พบได้ทั่วโลกและภายในประเทศ หนึ่งในสารก่อมลพิษ (pollutant) ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ คือ สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดที่สำคัญ ได้แก่ ครัวเรือน ยานพาหนะ และกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม (จตุภัทร เมฆพายัพ, 2560)

สารอินทรีย์ระเหยง่าย คือ สารที่มีคาร์บอนอินทรีย์ (Organic Carbon) เป็นองค์ประกอบ อาจอยู่ในรูปของของแข็งหรือของเหลว มีความดันไอมากกว่า 0.1 มิลลิเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งเมื่อระเหยสู่บรรยากาศสามารถคงตัวอยู่ในอากาศได้เป็นระยะเวลานาน (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2555: วราวุธ เสือดี, 2555)

สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) ที่กรมควบคุมมลพิษได้ทำการตรวจวัดตามสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ได้รายงานผ่านระบบออนไลน์ให้กับ ประชาชนได้ทราบ ได้แก่ Vinyl Chloride, 1,3 Butadiene, Dichloromethane, Chloroform, 1,2 - Dichloroethane, Benzene, Trichloroethylene, 1,2-Dichloropropane และ Tetrachloroethylene (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

จากสถิติสถานการณ์ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2565 พบว่า พบ Benzene 1,3 Butadiene 1,2-Dichloropropane และ Chloroform มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานในบางพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ริมถนนและรอบพื้นที่อุตสาหกรรม สำหรับสถานการณ์ Benzene พบมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในพื้นที่ทั่วไปบริเวณจุดตรวจวัดในจังหวัดปทุมธานีเชียงใหม่ และอ่างทอง แต่ยังตรวจพบเกินค่ามาตรฐานในพื้นที่อื่น ๆ โดยเฉพาะพื้นที่ในเขตเมือง บริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่น และพื้นที่บริเวณรอบแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรมในจังหวัดระยอง ส่วน1,3 Butadiene 1,2-Dichloropropane ตรวจพบเกินค่ามาตรฐานในพื้นที่บริเวณรอบแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรมในจังหวัดระยองสำหรับสาร Chloroform ตรวจพบเกินค่ามาตรฐานบริเวณริมถนนในบางพื้นที่ของกรุงเทพฯ และจังหวัดขอนแก่น (กรมควบคุมมลพิษ, 2566) จะเห็นได้ว่าปัญหาของสามารถอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกินมาตรฐานยังพบได้ทุกภูมิภาคทั่วประเทศไทย อย่างไรก็ตามจากข้อมูลดังกล่าวยังไม่ได้มีการเผยแพร่ผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสสาร

ดังนั้นผู้วิจัยสนใจที่ศึกษาแหล่งกำเนิดและผลกระทบต่อสุขภาพ จากการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) และมาตรการควบคุมทางกฎหมาย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการการเฝ้าระวังสุขภาพ (Health Surveillance) ของประชาชนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาแหล่งกำเนิด ผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัส และมาตรการควบคุมด้านกฎหมายของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs)

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแหล่งกำเนิด ผลกระทบต่อสุขภาพและมาตรการควบคุมทางกฎหมาย ของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) 9 ชนิด ได้แก่ Vinyl Chloride, 1,3 Butadiene, Dichloromethane, Chloroform, 1,2- Dichloroethane, Benzene, Trichloroethylene, 1,2-Dichloropropane และ Tetrachloroethylene จากแหล่งข้อมูลจากวารสาร ตำราเอกสารวิชาการของหน่วยงานภาครัฐที่เผยแพร่ในเวปไซต์ให้บุคคลทั่วไปสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ภายในประเทศ จำนวน 7 ฉบับ และที่เผยแพร่และต่างประเทศ 5 ฉบับ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงเอกสาร (Documentary Research) โดยศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องจากวารสาร ตำราเอกสารวิชาการของหน่วยงานภาครัฐที่เผยแพร่ในเวปไซต์ให้บุคคลทั่วไปสามารถเข้าถึงข้อมูลได้กับแหล่งกำเนิดผลกระทบต่อสุขภาพและมาตรการควบคุมทางกฎหมาย ของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) และอธิบายข้อมูลเชิงพรรณนา

ผลการวิจัย

คุณลักษณะทางกายภาพของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเหลว 7 สาร และอยู่ในรูปก๊าซ 2 สาร ไม่มีสี มีกลิ่นเฉพาะตัว หนักกว่าอากาศ ความดันไออยู่ในช่วง 1.15 - 5.80 โดยสารเคมีที่มีความ

หนาแน่นมากที่สุด ได้แก่ เตตระคลอโรเอทธิลีน, ไตรคลอโร เอทธิลีน และคลอโรฟอร์ม มีความหนาแน่นไอเท่ากับ 5.8, 4.53, และ 4.25 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) พบว่าคุณลักษณะทางกายภาพ เป็นแก๊สไม่มีสี จำนวน 2 สาร ได้แก่ ไวนิลคลอไรด์, 1,3-บิวทาไดอีน และคุณลักษณะทางกายภาพที่เป็นของเหลวระเหยได้ง่าย จำนวน 7 สาร ได้แก่ ไดคลอโรมีเธน, คลอโรฟอร์ม, 1,2-ไดคลอโรอีเธน, เบนซีน, ไตรคลอโรเอทธิลีน, 1,2-ไดคลอโรโพรเพน, เตตระคลอโรเอทธิลีน ส่วนใหญ่จะมีกลิ่นหอมหวาน จำนวน 6 สาร ได้แก่ ไวนิลคลอไรด์, ไดคลอโรมีเธน, คลอโรฟอร์ม, 1,2-ไดคลอโรอีเธน, 1,2-ไดคลอโรโพรเพน, เตตระคลอโรเอทธิลีน และมีกลิ่นเฉพาะตัว จำนวน 3 สาร ได้แก่ 1,3-บิวทาไดอีน, เบนซีน, ไตรคลอโรเอทธิลีน ในส่วนของความหนาแน่นของไอระเหย (Vapor density) หรือแก๊สเมื่อเทียบกับอากาศในปริมาตรที่เท่ากัน (อากาศ = 1) หมายความว่าความหนาแน่น มากกว่า 1 สารเคมีนั้นจะหนักกว่าอากาศ ทำให้เกิดการสะสมในที่ต่ำหรือแพร่กระจายบนพื้น แต่ถ้าความหนาแน่นน้อยกว่า 1 สารเคมีนั้นจะมีลักษณะที่เบากว่าอากาศก็จะลอยสูงขึ้น ซึ่งจากตารางพบว่า สารเคมีทุกตัวมีความหนาแน่นมากกว่า 1 จะอยู่ในช่วงระหว่างค่า 1.15-5.80 ซึ่งหมายความว่าหนักกว่าอากาศและสามารถสะสมในที่ต่ำและแพร่กระจายบนพื้นได้ โดยสารเคมีที่มีความหนาแน่นมากที่สุดจากตารางที่ 1 ได้แก่ เตตระคลอโรเอทธิลีน, ไตรคลอโรเอทธิลีน และคลอโรฟอร์ม มีความหนาแน่นไอ เท่ากับ 5.8, 4.53, และ 4.25 ตามลำดับ (Occupational and Environmental Medicine Center, 2566: The International Agency for Research on Cancer, 2566: American Conference of Governmental Industrial Hygienist, 2566 Occupational Safety and Health Administration, 2566: The National Institute for Occupational Safety and Health, 2566)

แหล่งกำเนิดและการใช้ประโยชน์

ไวนิลคลอไรด์ ใช้ในการผลิตพอลิเมอร์ไวนิลคลอไรด์ (PVC) ไวนิลคลอไรด์เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต PVC ที่มีคุณสมบัติทนทานต่อสารเคมี ความแข็งแรง และความยืดหยุ่นที่ดี นอกจากนี้ PVC ยังมีความคงทนต่อการทำงานในสภาวะแสงแดด สภาวะอากาศ และสภาวะอื่น ๆ ด้วย ทำให้ PVC ใช้กันในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น การผลิตท่อ PVC, บังคับพลาสติก, ลวดรัดสายไฟ, รางคอเพล็กซ์, ฝาปิดบรรจุภัณฑ์, หลังคา PVC ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้อาจก่อให้เกิดการแพร่กระจายสู่บรรยากาศ (The International Agency for Research on Cancer, 2566) จากสถิติสถานการณ์ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561-2565 พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของไวนิลคลอไรด์ในบรรยากาศ 0.01 -9.63 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร จังหวัดระยองพบปริมาณสารในบรรยากาศสูงสุด อย่างไรก็ตามสารไวนิลคลอไรด์มีค่าไม่เกินมาตรฐานเฉลี่ยรายปีที่กำหนดไว้ 10.00 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2566)

1,3-บิวทาไดอีน เป็นผลผลิตที่เกิดขึ้นในโรงงานปิโตรเคมี เป็นสารที่ได้ระหว่างการสังเคราะห์แก๊ส เอธิลีน (Ethylene) ใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมยางสังเคราะห์ชนิด Styrene-Butadiene Rubber (SBR) และ polybutadiene rubber ใช้ในการผลิตพลาสติกทนความร้อน Acrylonitrile-Butadiene-Styrene-Copolymer (ABS) (The International Agency for Research on Cancer, 2566) จากสถิติสถานการณ์ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561-2565 พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของ 1,3-บิวทาไดอีนในบรรยากาศ 0.01-4.14 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร จังหวัดระยองพบปริมาณสารในบรรยากาศเกินค่ามาตรฐานมาตรฐานเฉลี่ยรายปีที่กำหนดไว้ 0.33 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2566)

ไดคลอโรมีเธน ใช้ในอุตสาหกรรมผลิต Cellulose Acetate อุตสาหกรรมผลิตพลาสติก งานกำจัดแมลง อุตสาหกรรมผลิตฟิล์มถ่ายภาพ อุตสาหกรรมสี (The International Agency for Research on Cancer, 2566) จากสถิติสถานการณ์ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561-2565 พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของไดคลอโรมีเธน ในบรรยากาศ 0.44 -2.88ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร กรุงเทพมหานครพบปริมาณสารในบรรยากาศสูงสุด อย่างไรก็ตามสารไดคลอโรมีเธน มีค่าไม่เกินมาตรฐานเฉลี่ยรายปีที่กำหนดไว้ 22 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2566)

คลอโรฟอร์ม ใช้เป็นตัวทำละลายในสารเคมีหลายประเภท เช่น อยู่ในส่วนผสมของกาว ทินเนอร์ แลคเกอร์ น้ำยาทำความสะอาด ยาฆ่าแมลง น้ำยาฟอกขาว (Bleaching agent) ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารฟรีออน (Freon) ซึ่งใช้ในตู้เย็น ใช้เป็นสารสกัด (Extractors) ในกระบวนการผลิตยา

(The International Agency for Research on Cancer, 2566) จากสถิติสถานการณ์ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561-2565 พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของคลอโรฟอร์มในบรรยากาศ 0.07-0.95 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร กรุงเทพมหานคร พบปริมาณสารในบรรยากาศเกินมาตรฐานเฉลี่ยรายปีที่กำหนดไว้ 0.43 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2566)

1,2-ไดคลอโรอีเธน ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิต Vinyl chloride เพื่อนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ Polyvinylchloride หรือ PVC เช่น ท่อประปา วัสดุก่อสร้าง ถุงและบรรจุภัณฑ์ เฟอร์นิเจอร์ หุ้มเบาะรถยนต์ เครื่องใช้ภายในบ้าน และชิ้นส่วนรถยนต์ ใช้เป็นตัวทำละลายและเติมในน้ำมันที่มีสารตะกั่วเพื่อกำจัดสารตะกั่ว (The International Agency for Research on Cancer, 2566) จากสถิติสถานการณ์ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561-2565 พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของ1,2-ไดคลอโรอีเธนในบรรยากาศ 0.10 -0.90 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ระยอง พบปริมาณสารในบรรยากาศเกินมาตรฐานเฉลี่ยรายปีที่กำหนดไว้ 0.40 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2566)

เบนซีน เป็นสารที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันแก๊สธรรมชาติ และน้ำมันดิน เป็นส่วนผสมอยู่ในน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) เนื่องจากเป็นส่วนผสมอยู่ในน้ำมัน แก๊สโซลีน ทำให้คนที่ทำงานเกี่ยวข้องกับน้ำมันและรถ เช่น พนักงานโรงกลั่น เด็กปั๊ม ช่างซ่อมรถ ตำรวจจราจร เสี่ยงได้รับสัมผัสในการทำงานไปด้วยเบนซีน (Benzene) มักถูกเรียกสับสนกับน้ำมันเบนซิน (Benzine) สองอย่างนี้มีความแตกต่างกัน เบนซีนเป็นตัวทำละลายชนิดหนึ่งและเป็นส่วนผสมในน้ำมัน ส่วนเบนซินเป็นชื่อของสูตรน้ำมัน (เช่นเดียวกับชื่อ ดีเซล แก๊สโซฮอล์ โซล่า เหล่านี้เป็นต้น) (The International Agency for Research on Cancer, 2566) จากสถิติสถานการณ์ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561-2565 พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของเบนซีน ในบรรยากาศ 1.20 - 3.30ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร กรุงเทพมหานคร ขอนแก่น เชียงใหม่ ระยอง พบปริมาณสารในบรรยากาศ เกินมาตรฐานเฉลี่ยรายปีที่กำหนดไว้ 1.70 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2566)

ไตรคลอโรเอทธิลีน เป็นตัวทำละลายที่ถูกใช้ในอุตสาหกรรมหลายอย่าง เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น น้ำยาลบคำผิด น้ำยาล้างฟิล์ม ยาฆ่าแมลง น้ำยาทำความสะอาด น้ำยาซักแห้ง (ลบรอยเปื้อนบนผ้า) กาว น้ำยาลบสี ในโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับโลหะ นิยมใช้ไตรคลอโรเอทิลีนเป็นสารล้างคราบมัน (Degreaser) เนื่องจากมีคุณสมบัติล้างคราบน้ำมันออกจากโลหะได้ เกลี้ยงเกลา ทำให้โลหะเป็นมันวาว จึงถูกใช้ในอุตสาหกรรมโลหะหลายอย่าง เช่น โรงงานชิ้นส่วนนาฬิกาโลหะ โรงงานทำชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (The International Agency for Research on Cancer, 2566) จากสถิติสถานการณ์ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561-2565 พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของไตรคลอโรเอทธิลีน ในบรรยากาศ 0.02-0.31 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ปริมาณสารในบรรยากาศสูงสุด อย่างไรก็ตาม ไม่เกินมาตรฐานเฉลี่ยรายปีที่กำหนดไว้ 23 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2566)

1,2-ไดคลอโรโพรเพน ใช้เป็นตัวทำละลายในน้ำมัน ไขมัน เรซิน แวกซ์ และยาง ในการผลิต Toluene Diisocyanate การผลิตฟิล์มถ่ายภาพ กระดาษเคลือบ ตัวเร่งปฏิกิริยาในผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี(The International Agency for Research on Cancer, 2566) จากสถิติสถานการณ์ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561-2565 พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของ1,2-ไดคลอโรโพรเพน ในบรรยากาศ 0.06-0.17 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ปริมาณสารในบรรยากาศสูงสุด อย่างไรก็ตาม ไม่เกินมาตรฐานเฉลี่ยรายปีที่กำหนดไว้ 4 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2566)

เตตระคลอโรเอทธิลีน ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมที่มีการใช้ตัวทำละลาย ใช้ในน้ำยาซักแห้งใช้ในการผลิตสารฟลูออโรคาร์บอน (The International Agency for Research on Cancer, 2566) จากสถิติสถานการณ์ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561-2565 พบว่าปริมาณการปนเปื้อนของเตตระคลอโรเอทธิลีน ในบรรยากาศ 0.06-0.37 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ปริมาณสารในบรรยากาศสูงสุด อย่างไรก็ตาม ไม่เกินมาตรฐานเฉลี่ยรายปีที่กำหนดไว้ 200 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2566)

กลไกการก่อโรคและผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัส

ไวนิลคลอไรด์ เมื่อสัมผัสสารทางการหายใจ จะสามารถดูดซึมเข้าร่างกายได้เพียง ร้อยละ 42 จะผ่านเข้าสู่

กระแสเลือด ผ่านเนื้อเยื่อต่าง ๆ และเข้าสู่ตับ และจะสร้างเอนไซด์ เพื่อทำลายสารดังกล่าว และถูกขับออกมาทางปัสสาวะ สารดังกล่าวสามารถรบกวนกระบวนการสังเคราะห์ DNA และ RNA ในร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรคมะเร็ง อาการเฉียบพลันก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ของไวนิลคลอไรด์ ได้แสดงอาการไอ เจ็บคอ และหายใจลำบาก การระคายเคืองต่อตาและผิวหนัง ได้แสดงอาการแดง คัน แสบร้อน และไหม้จากสารเคมี อาการทางประสาทเช่น ปวดศีรษะ วิงเวียน หน้ามืด และสับสนได้เกิดขึ้น และอาการคลื่นไส้และอาเจียนก็อาจเกิดขึ้น อาการเรื้อรัง ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตับและมะเร็ง อื่น ๆ เช่น มะเร็งปอด มะเร็งสมอง มะเร็งเม็ดเลือดขาว และมะเร็งต่อมน้ำเหลือง อาการทางระบบประสาท เช่น การทำงานของสมองบกพร่อง ความจำเสื่อม และปลายประสาทอักเสบ ภาวะเรื้อรังของทางเดินหายใจ เช่น หลอดลมอักเสบ หอบหืด และโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) และอาจทำให้เกิดภาวะเจริญพันธุ์ที่ลดลงและความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของความพิการแต่กำเนิดในลูกหลาน ภาวะเรื้อรังเหล่านี้อาจพัฒนาขึ้นเมื่อได้รับไวนิลคลอไรด์เป็นเวลาหลายปี (The International Agency for Research on Cancer, 2023)

1,3-บิวทาไดอีน กลไกการก่อโรค 1,3-บิวทาไดอีนถูกเผาผลาญในตับเพื่อสร้างสารปฏิกิริยาที่สามารถทำลาย DNA และโปรตีนในเซลล์ นำไปสู่การกลายพันธุ์ การอักเสบ และการตายของเซลล์ ความเสียหายระดับเซลล์นี้สามารถส่งผลต่อสุขภาพได้หลายอย่าง รวมถึงมะเร็ง ความเป็นพิษต่อภูมิคุ้มกัน และความเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ อาการเฉียบพลันก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อตา จมูก คอ และระบบทางเดินหายใจ ผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง การระคายเคืองผิวหนัง และผลต่อระบบทางเดินอาหาร อาการเหล่านี้อาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับระดับและระยะเวลาที่ได้รับสาร แต่โดยทั่วไปจะพบได้เฉพาะเมื่อได้รับสารในระดับที่สูงมากเท่านั้น เช่น ผู้ที่ประสบอุบัติเหตุในโรงงานอุตสาหกรรมหรือการหกรั่วไหล อาการเรื้อรังโดยเฉพาะมะเร็งเม็ดเลือดขาวและมะเร็งต่อมน้ำเหลือง อาจรวมถึงปัญหาระบบทางเดินหายใจ เช่น หลอดลมอักเสบและถุงลมโป่งพอง ตลอดจนปัญหาระบบสืบพันธุ์และพัฒนาการ ผลเรื้อรังที่แน่นอนของการได้รับสาร 1,3-บิวทาไดอีนนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ระดับและระยะเวลาของการได้รับสาร ตลอดจนความไวต่อยาของแต่ละบุคคล (The International Agency for Research on Cancer, 2023)

ไดคลอโรมีเธน กลไกการก่อโรค สร้างสารเมแทบอไลต์ที่เป็นพิษ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ ฟอร์มัลดีไฮด์ และกรดฟอร์มิก ซึ่งสามารถนำไปสู่การทำลายเซลล์และการทำงานของอวัยวะที่ผิดปกติ ยังสามารถส่งผลต่อระบบประสาทโดยทำหน้าที่กดระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งอาจทำให้เกิดอาการต่างๆ เช่น เวียนศีรษะ สับสน และหมดสติ อาการเฉียบพลัน ระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ นำไปสู่อาการต่างๆ เช่น ไอ หายใจมีเสียงหวีด และหายใจถี่ นอกจากนี้ยังอาจทำให้เกิดอาการปวดหัว เวียนศีรษะ สับสน และหมดสติได้ การได้รับในปริมาณสูงอาจทำให้หัวใจเต้นเร็ว เจ็บหน้าอก และคลื่นไส้ การสัมผัสผิวหนังกับไดคลอโรมีเทนชนิดน้ำอาจทำให้เกิดการระคายเคือง รอยแดง และสารเคมีไหม้ได้ ในกรณีที่ได้รับสารอย่างเฉียบพลันอย่างรุนแรง อาจทำให้เกิดอาการชัก โคม่า และถึงแก่ชีวิตได้ อาการเรื้อรัง การได้รับไดคลอโรมีเทนในปริมาณสูงเป็นเวลานานสามารถเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งตับและมะเร็งปอด รวมถึงมะเร็งชนิดอื่น ๆ ส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งนำไปสู่อาการต่าง ๆ เช่น ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ และสูญเสียความทรงจำ นอกจากนี้ยังอาจทำให้ตับและไตถูกทำลาย และอาจส่งผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด ทำให้ความดันโลหิตเพิ่มขึ้นและโรคหัวใจ ด้านการสืบพันธุ์และพัฒนาการ เช่น ภาวะเจริญพันธุ์ลดลง ความพิการแต่กำเนิด และพัฒนาการล่าช้าในเด็ก (The International Agency for Research on Cancer, 2023)

คลอโรฟอร์ม กลไกการก่อโรคทำให้ตับและไตเสียหายได้ด้วยการสร้างเมแทบอไลต์ที่ทำปฏิกิริยาซึ่งจับกับโปรตีนในเซลล์และทำลายเนื้อเยื่อ สารเหล่านี้ยังสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งอาจทำให้เซลล์ตายและเกิดการอักเสบได้ นอกจากนี้ ยังมีความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของมะเร็งบางชนิด รวมถึงมะเร็งตับและไต อาการเฉียบพลันก่อให้เกิดปวดหัวและเวียนศีรษะ คลื่นไส้อาเจียน สับสน ระคายเคืองต่อตา จมูก และคอ หายใจลำบาก รวมทั้งไอ หายใจถี่ และเจ็บหน้าอก จังหวะการเต้นของหัวใจผิดปกติหมดสติหรือโคม่า (เมื่อได้รับสารในระดับสูง) ในกรณีที่รุนแรง การสัมผัสคลอโรฟอร์มอาจถึงแก่ชีวิตได้ อาการเรื้อรังการได้รับคลอโรฟอร์มเป็นเวลานานอาจนำไปสู่โรคตับและไตเรื้อรัง ซึ่งอาจทำให้ตับหรือไตวายได้ ระบบทางเดินหายใจและระบบประสาท มีความเสี่ยงต่อโรคมะเร็ง นำไปสู่การไอเรื้อรัง หายใจ

ถี่ และอาการทางระบบทางเดินหายใจอื่นๆ มีความเสี่ยงต่อโรคพาร์กินสัน (The International Agency for Research on Cancer, 2023)

1,2-ไดคลอโรอีเธน กลไกการก่อโรคผลกระทบที่เป็นพิษต่อตับและระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งสามารถทำลายเซลล์ตับและนำไปสู่ความผิดปกติของตับ สามารถนำไปสู่ความเสียหายของระบบประสาทส่วนปลาย ส่งผลให้เกิดอาการชา รู้สึกเสียวซ่า และกล้ามเนื้ออ่อนแรง อาการเฉียบพลันการสูดดมสามารถทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ นำไปสู่การไอ หายใจถี่ เจ็บหน้าอก และเจ็บคอ ผิวหนังและดวงตาระคายเคือง ทำให้เกิดผื่นแดง คัน และอักเสบ การกลืนกินอาจทำให้เกิดอาการปวดท้อง คลื่นไส้อาเจียน และท้องเสีย ในกรณีที่รุนแรงจากการสัมผัสอย่างเฉียบพลัน บุคคลอาจมีอาการทางระบบประสาท เช่น ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ สับสน และหมดสติ อาการเรื้อรังส่งผลต่ออวัยวะและระบบต่าง ๆ ในร่างกาย รวมทั้งตับ ไต ระบบประสาทส่วนกลาง และระบบสืบพันธุ์ ยังสามารถนำไปสู่การก่อตัวของเนื้องอกในตับ ทำให้ไตทำงานผิดปกติ ส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้เกิดอาการต่าง ๆ เช่น ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ และคลื่นไส้ ระบบประสาทส่วนปลาย ส่งผลให้เกิดอาการชา รู้สึกเสียวซ่า และกล้ามเนื้ออ่อนแรง ส่งผลต่อระบบสืบพันธุ์ ทำให้ภาวะเจริญพันธุ์ลดลงในทั้งชายและหญิง และเพิ่มความเสี่ยงของการแท้งบุตรและความพิการแต่กำเนิด เพิ่มความเสี่ยงในการเกิด มะเร็งตับและมะเร็งปอด (The International Agency for Research on Cancer, 2023)

เบนซีน กลไกการก่อโรคเบนซีนเกี่ยวข้องกับการก่อตัวของสารเมตาบอไลต์ที่เป็นพิษซึ่งสามารถทำลาย DNA และส่วนประกอบของเซลล์อื่น ๆ เบนซีนถูกเมตาบอไลต์ในตับและเนื้อเยื่ออื่น ๆ เพื่อสร้างสารตัวกลางที่ไวต่อปฏิกิริยา รวมถึงเบนซีนออกไซด์และสารที่ไวต่อปฏิกิริยาอื่น ๆ นำไปสู่การกลายพันธุ์และความผิดปกติของโครโมโซมที่สามารถนำไปสู่การเกิดมะเร็งได้ นอกจากนี้ น้ำมันเบนซินยังสามารถทำลายเซลล์ไขกระดูก ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาของความผิดปกติของเลือด เช่น มะเร็งเม็ดเลือดขาวและมะเร็งต่อมน้ำเหลือง อาการเฉียบพลันการสัมผัสเบนซินในปริมาณสูงในระยะสั้นอาจทำให้เกิดอาการต่าง ๆ เช่น ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ สับสน คลื่นไส้ อาเจียน และง่วงซึม นอกจากนี้ยังสามารถก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง ดวงตา และทางเดินหายใจ ในกรณีที่รุนแรง การสัมผัสเบนซินแบบเฉียบพลันอาจทำให้ชัก หัวใจเต้นเร็ว และหมดสติได้ การได้รับสารเบนซีนยังส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งนำไปสู่อาการต่าง ๆ เช่น อาการสั่น อ่อนแรง และสูญเสียการประสานงาน อาการเรื้อรังความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของการเกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาว โดยเฉพาะมะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิดเฉียบพลันแบบไมอีลอยด์ (AML) การได้รับสารเบนซีนยังสามารถเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคเลือดอื่น ๆ เช่น มะเร็งต่อมน้ำเหลือง โรคโลหิตจางชนิด aplastic และกลุ่มอาการ myelodysplastic การได้รับสารเบนซีนเป็นเวลานานอาจทำให้ตับและไตเสียหายได้เช่นกัน การได้รับสารเบนซีนยังเกี่ยวข้องกับปัญหาระบบสืบพันธุ์ รวมทั้งภาวะเจริญพันธุ์ที่ลดลงและความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของการแท้งบุตรและความพิการแต่กำเนิด การได้รับสารเบนซีนอย่างเรื้อรังอาจทำให้ผิวหนังระคายเคืองและผิวหนังอักเสบได้ การได้รับสารเบนซีนยังเชื่อมโยงกับผลกระทบทางระบบประสาท รวมทั้งโรคปลายประสาทอักเสบและความบกพร่องทางสติปัญญา (The International Agency for Research on Cancer, 2023)

ไตรคลอโรเอทธิลีน กลไกการก่อโรคสามารถละลายในไขมันได้ดี ซึมผ่านผนังกั้นหลอดเลือดสมอง (Blood-Brain Barrier) ได้อย่างรวดเร็ว ออกฤทธิ์กดสมองได้อย่างรุนแรง ถ้าสูดดมเข้าไปปริมาณมาก ในกรณีการออกฤทธิ์กดสมอง สามารถดูดซึมเข้าทางผิวหนังได้รวดเร็ว ก่อให้เกิดผื่นแพ้ได้ ฤทธิ์ต่อกล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้เกิดการกระตุ้นกล้ามเนื้อหัวใจ อาการเฉียบพลันหากได้รับสัมผัสในความเข้มข้นสูงเข้าไปปริมาณมาก จะกดสมองจนหมดสติ เสียชีวิตได้ หรือหากได้รับปริมาณสูงแล้วมีผลกระตุ้นหัวใจ จะทำให้หัวใจเต้นผิดจังหวะจนเป็นเหตุให้เสียชีวิตได้เช่นกัน หากได้รับปริมาณต่ำ ไม่ถึงกับทำให้เสียชีวิตทันที จะก่อให้เกิดอาการกดสมอง มึนงง เวียนศีรษะ ปวดศีรษะ เคลิ้มฝัน เมา อารมณ์ดี อาการมากขึ้นจะทำให้ เฉื่อยชา กระวนกระวาย สับสน เดินเซ ชัก หยุดหายใจ และโคม่า ความดันโลหิตตก และหัวใจเต้นผิดจังหวะ อาการเรื้อรังสามารถผ่านรกได้ดี ผ่านออกจากร่างกายแม่ไปสู่ลูกทางน้ำนมได้ เชื่อว่าน่าจะเป็นสารก่อมะเร็งตับ (Liver) มะเร็งท่อน้ำดี (Biliary tract) หรือมะเร็งเม็ดเลือดบางชนิด (Non- Hodgkin' s lymphoma) ได้ (The International Agency for Research on Cancer, 2023)

1,2-ไดคลอโรโพรเพน กลไกการก่อโรคดูดซึมได้ทางปาก และการหายใจ เมื่อถูกความร้อนจะสลายเป็น Hydrogen Chloride อาการเฉียบพลันเวียนศีรษะ ปวดหัว คลื่นไส้ ระคายเคืองต่อตา ผิวหนัง และระบบทางเดินหายใจ อาจมีผลต่อ

ระบบประสาทส่วนกลาง มีพิษต่ออัณฑะในสัตว์ทดลอง อาการเรื้อรังทำให้ไขมันบริเวณผิวหนังลดลง ส่งผลต่อตับ ไต ทำให้ซีด และเสียชีวิตได้ (The International Agency for Research on Cancer, 2023)

เตตระคลอโรเอทธิลีน สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง ได้แก่ ทางการหายใจ ทางการกิน และทางผิวหนัง เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะมีฤทธิ์กดระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้มีอาการมึนงง ซึม ปวดศีรษะ คลื่นไส้ หมดสติ สัมผัสผ่านผิวหนังทำให้เกิด อาการเฉียบพลัน อาจมีอาการระคายเคืองต่อผิวหนังเล็กน้อย ผื่นแดงที่ผิวหนัง ถ้าสัมผัสในปริมาณเข้มข้นอาจทำให้ผิวหนังไหม้ แผลพุพอง และเกิดผื่นแดง สัมผัสถูกตา อาจทำให้เกิดตาแดง แสบตา น้ำตาไหล เมื่อรับประทานเข้าไปจะมีอาการระคายเคืองต่อปากและคอ ทำให้เกิดอาการเวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง เมื่อหายใจเข้าไปจะมีผลต่อระบบประสาท อาการสำคัญ มีได้ตั้งแต่ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ กระวนกระวาย ง่วงนอน ซึมจนถึงหมดสติได้ มีฤทธิ์เสี่ยงต่อการเกิดหัวใจเต้นเร็วได้ อาการเรื้อรัง มีฤทธิ์กดประสาทส่วนกลาง เหมือนฤทธิ์ของสารระเหย อื่น ๆ และเมื่อสัมผัสผิวหนังไปนาน ๆ จะทำให้ผิวหนังแห้ง แตก และเกิดผิวหนังอักเสบตามมา (The International Agency for Research on Cancer, 2023)

มาตรการควบคุมทางกฎหมาย

มาตรการควบคุมทางกฎหมายของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) กำหนดให้ปริมาณความเข้มข้นสารในบรรยากาศตามรายละเอียดตารางที่ 2

อภิปรายผล

จะเห็นได้ว่าสารอินทรีย์ระเหยง่าย ที่ปนเปื้อนในบรรยากาศเกิดจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอุตสาหกรรมเคมีหรือปิโตเคมี นอกจากนี้ยังพบว่า การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของรถยนต์ยังก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศอีกด้วยจะเห็นได้จากปัญหาสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ยังเกินมาตรฐานในเขตกรุงเทพมหานคร (นริฏา ฟักแก้ว, 2558) และจังหวัดระยองซึ่งมีปัญหาในปัจจุบัน (ธัญญรัตน์ ไชยคราม, 2557)

อย่างไรก็ตามการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาและผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายในประเทศไทยยังไม่มีรายงานจึงต้องควรมีการศึกษาทางด้านระบาดวิทยาต่อไป

สรุปผล

สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) ส่วนเป็นสารที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ และเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการผลิต บางชนิดใช้เป็นตัวทำละลาย ผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสทำให้เกิดผลกระทบแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง สารที่ยืนยันว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์กลุ่ม 1 ได้แก่ ไวนิลคลอไรด์ 1,3-บิวทาไดอีน และเบนซีน สารที่น่าจะเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ กลุ่ม 2A ได้แก่ ไตรคลอโรเอทธิลีน และเตตระคลอโรเอทธิลีน สารที่อาจจะเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ กลุ่ม 2B ได้แก่ ไดคลอโรมีเธน คลอโรฟอร์ม 1,2-ไดคลอโรอีเธน และ1,2-ไดคลอโรโพรเพน จากผลการศึกษาพบว่า สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่พบในบรรยากาศเกินมาตรฐาน ได้แก่ 1,3-บิวทาไดอีน, คลอโรฟอร์ม, 1,2-ไดคลอโรอีเธน และ เบนซีน และพบว่าจังหวัดที่พบสารอินทรีย์ระเหยง่ายเกินมาตรฐานมากที่สุดคือ กรุงเทพมหานคร ระยอง และ ขอนแก่น ดังนั้นจึงควรมีการเฝ้าระวังการปล่อยสารดังกล่าว จากโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อลดปริมาณมลพิษทางอากาศในสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2566). รายงานสรุปสถานการณ์สารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศตามมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ.ค้นเมื่อ 11 สิงหาคม 2565, จาก https://www.pcd.go.th/maptapoottype/2

จตุภัทร เมฆพายัพ. (2560). การวัดและการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดของประเทศไทย โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร: ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

ธัญญรัตน์ ไชยคราม,สุเพชร จิรขจรกุล. (2557). การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยสารอินทรีย์ระเหยง่าย จังหวัดระยอง. วารสาร Thai Journal of Science and Technology (TJST). 3(3). 160-172

นริฎา ฟักแก้ว, สุรัตน์ บัวเลิศ (2558). การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีผลต่อโอโซน บริเวณเขตเมือง, กรุงเทพมหานคร. วารสารวิจัย มข. (บศ.) 15 (1). 52-62.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. (2555). กำหนดหลักเกณฑ์ และวิธีการปฏิบัติในการตรวจสอบและควบคุมการรั่วซึมของสารอินทรีย์ระเหยจากอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.

ประกาศกรมควบคุมมลพิษ. (2551). กำหนดค่าเฝ้าระวังสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมง. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ

วราวุธ เสือดี. (2555). แนวทางการจัดการสารอินทรีย์ระเหย. กรุงเทพมหานคร: กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.

American Conference of Governmental Industrial Hygienist. (2023). Journal of Occupational and Environmental Hygiene. ค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2566, จาก https://www.acgih.org.

The International Agency for Research on Cancer. (2023). IARC MONOGRAPHS ON THE DENTIFICATION OF CARCINOGENIC HAZARDS TO HUMANS. ค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2566, จาก https://monographs.iarc.who.int.

The National Institute for Occupational Safety and Health. (2023). NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. ค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2566, จาก https://www.cdc.gov/niosh/npg

Occupational and Environmental Medicine Center. (2023). Nopparat Hospital. ค้นเมื่อ 26 กุมภาพันธ์ 2566, จาก http://www.occmednop.com/nrhc/web/search/index.php

Occupational Safety and Health Administration. (2023). Regulations Standards. ค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2566, จาก https://www.osha.gov/lawsregs/regulations

Faculty of Public Health
คณะสาธารณสุขศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
Faculty of Public Health, Ubon Ratchathani Rajabhat University
Ubon Ratchathani Rajabhat University

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางกายภาพ สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs)

ชื่อสารเคมี	สูตรเคมี	คุณลักษณะทางกายภาพ	ความหนาแน่นไอ (อากาศ = 1)
ไวนิลคลอไรด์	C_2H_3Cl	เป็นแก๊สไม่มีสี ติดไฟได้ดี มีกลิ่นหอมหวาน	2.20
1,3-บิวทาไดอีน	C_4H_6	เป็นแก๊สไม่มีสี มีกลิ่นเฉพาะ	1.90
ไดคลอโรมีเธน	CH_2Cl_2	เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ระเหยง่าย ไม่ติดไฟและไม่ระเบิด มีกลิ่นหอมหวาน	2.90
		เป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นหอมหวาน ระเหยเป็นไอได้ง่าย	
คลอโรฟอร์ม	$CHCl_3$	เป็นของเหลวข้นไม่มีสี ระเหยเป็นไอง่าย มีกลิ่นหอมหวาน ไอระเหยหนักกว่า	4.25
1,2-ไดคลอโรอีเธน	$C_2H_4Cl_2$	อากาศ ติดไฟได้	4.10
เบนซีน	C_6H_6	เป็นของเหลว ไม่มีสี มีกลิ่นหอมอโรมาติก ระเหยเป็นไอได้ง่าย	2.70
ไตรคลอโรเอทธิลีน	C_2HCl_3	เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ระเหยได้ง่าย มีกลิ่นเฉพาะ	4.53
1,2-ไดคลอโรโพรเพน	$C_3H_6Cl_2$	เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ระเหยได้ง่าย มีกลิ่นหอมหวาน	1.15
เตตระคลอโรเอทธิลีน	C_2Cl_4	เป็นของเหลวใสไม่มีสี ระเหยเป็นไอได้ดี มีกลิ่นหอมหวาน	5.80

ที่มา: Occupational and Environmental Medicine Center, Nopparat Hospital, 2023

ตารางที่ 2 มาตรการควบคุมด้านกฎหมาย

ชื่อสารเคมี	ACGIH	OSHA	NIOSH	ประกาศกรมควบคุมมลพิษ
ไวนิลคลอไรด์	TLV–TWA = 1 ppm	PEL–TWA=1 ppm, STEL=5 ppm	REL: Cancer Notation	ไม่เกิน 20 µg/m^3
1,3-บิวทาไดอีน	TLV–TWA 2 ppm	PEL–TWA 1ppm, STEL 5 ppm	REL: Cancer Notation	ไม่เกิน 5.3 µg/m^3
ไดคลอโรมีเธน	TLV–TWA = 50 ppm	PEL–TWA=25 ppm, STEL=125 ppm	REL: Cancer Notation	ไม่เกิน 210 µg/m^3
คลอโรฟอร์ม	TLV–TWA 10 ppm	PEL–C 50 ppm	REL: Ca, STEL 2 ppm	ไม่เกิน 57 µg/m^3
1,2-ไดคลอโรอีเธน	TLV–TWA 10 ppm	PEL–TWA 50 ppm, Ceiling 100 ppm	REL–TWA 1 ppm, STEL 2 ppm, IDLH 50 ppm	ไม่เกิน 48 µg/m^3
เบนซีน	TLV–TWA 0.5 ppm, STEL 2.5 ppm	PEL–TWA 1 ppm, STEL 5 ppm	REL: Ca, TWA 0.1 ppm, STEL 1 ppm	ไม่เกิน 7.6 µg/m^3
ไตรคลอโรเอทธิลีน	TLV–TWA = 10 ppm, STEL = 25 ppm	PEL–TWA 100 ppm, Ceiling 200 ppm	REL: Cancer Notation	ไม่เกิน 130 µg/m^3
1,2-ไดคลอโรโพรเพน	TLV–TWA 10 ppm, STEL – Notation	PEL–TWA 75 ppm, Ceiling 110 ppm	REL: Cancer Notation	ไม่เกิน 82 µg/m^3
เตตระคลอโรเอทธิลีน	TLV–TWA 50 ppm, STEL 200 ppm	PEL–TWA 25 ppm, Ceiling 200 ppm	-	ไม่เกิน 400 µg/m^3