รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การวัดและการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดของประเทศไทย โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Measurement and Identification Source Characteristic of VOCs in Map Ta Phut Industrial Estate of Thailand Using Multivariate Analysis Technique)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จตุภัทร เมฆพายัพ

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 352454
สัญญาเลขที่ 77/2560

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การวัดและการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดของประเทศไทย โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Measurement and Identification Source Characteristic of VOCs in Map Ta Phut Industrial Estate of Thailand Using Multivariate Analysis Technique)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จตุภัทร เมฆพายัพ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

กันยายน 2560

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 77/2560

Acknowledgement

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 77/2560).

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร
(Executive Summary)

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.จตุภัทร เมฆพายัพ ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยเรื่อง การวัดและการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดของประเทศไทย โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Measurement and Identification Source Characteristic of VOCs in Map Ta Phut Industrial Estate of Thailand Using Multivariate Analysis Technique) รหัสโครงการ 352454 / สัญญาเลขที่ 77/2560 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 145,200 บาท ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี

บทคัดย่อ

ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) จะถูกวัดจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2558 โดยมีการประยุกต์เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปรเพื่อระบุปริมาณลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs พร้อมกันกับตรวจสอบการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเพื่อกำหนดรูปแบบทางกายภาพของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโดยพิจารณาจากการปลดปล่อย VOCs ส่วนประกอบหลักของการวิเคราะห์ปัจจัยแสดงให้เห็นว่ามีแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุสำคัญของการเกิด VOCs ที่มีผลต่อคุณภาพอากาศในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด 3 แหล่ง คือ กิจกรรมในครัวเรือน ได้แก่ เต-ตระคลอโรเอทธิลีน และคลอโรฟอร์ม การปล่อยของเสียจากยานพาหนะ ได้แก่ เบนซีน และกระบวนการทางอุตสาหกรรม ได้แก่ ไวนิลคลอไรด์ 1,3-บิวทาไดอีน ไดคลอโรมีเทน และไตรคลอโรเอทธิลีน นอกจากนี้การวิเคราะห์แบ่งกลุ่มยังแสดงให้เห็นอีกว่ามีการแบ่งกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ VOCs ในบรรยากาศโดยรวมค่อนข้างต่ำมีจำนวน 5 สถานี ได้แก่ สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด (S1) สถานีวัดมาบชลูด (S2) สถานีโรงเรียนวัดหนองแฟบ (S3) สถานีเมืองใหม่มาบตาพุด (S4) และสถานีศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน (S6) กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ VOCs ในบรรยากาศโดยรวมปานกลางคือ สถานีหมู่บ้านนพเกตุ (S7) และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ VOCs ในบรรยากาศโดยรวมค่อนข้างสูง คือ สถานีชุมชนบ้านพลง (S5)

คำสำคัญ: สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด การวิเคราะห์หลายตัวแปร

ผลลัพธ์ที่ได้และข้อเสนอแนะ

ผลที่ได้จากงานวิจัย “การวัดและการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดของประเทศไทย โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร” สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. เมื่อใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร พบว่าเบนซีนและ 1,3-บิวทาไดอีน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิด VOCs ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ซึ่งให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับที่ศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs ด้วยสถิติเชิงพรรณนา อีกทั้งยังให้ผลสอดคล้องกันกับรายงานของกรมควบคุมมลพิษในปี พ.ศ. 2556 (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2557) ที่เกี่ยวกับผลการตรวจวัดค่าเฉลี่ย 12 เดือน ของ VOCs จำนวน 4 ชนิดที่มีค่าความเข้มข้นสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี คือ เบนซีน 1,3-บิวทาไดอีน 1,2-ไดคลอโร-อีเทน และไวนิลคลอไรด์ ดังนั้นจึงควรเฝ้าระวังและติดตามตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง เพื่อหาแนวทางในการควบคุมและป้องกันปัญหามลพิษทางอากาศที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากสาร VOCs ทั้ง 4 ชนิดนี้

2. เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิด VOCs ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดทั้ง 5 ปัจจัย จะเห็นได้ว่าเป็นกลุ่มสารซึ่งส่วนใหญ่แล้วมีแหล่งกำเนิดมาจาก 3 แหล่ง คือ กิจกรรมในครัวเรือน ได้แก่ เตตระคลอโรเอทธิลีนและคลอโรฟอร์ม การปล่อยของเสียจากยานพาหนะ ได้แก่ เบนซีน และกระบวนการทางอุตสาหกรรม ได้แก่ ไวนิลคลอไรด์ 1,3-บิวทาไดอีน ไดคลอโรมีเทน และไตรคลอโรเอทธิลีน

3. สามารถขยายผลที่ได้จากงานวิจัยนี้โดยประยุกต์เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร เพื่อตรวจสอบปัญหามลพิษทางอากาศในนิคมอุตสาหกรรมอื่น ๆ หรือจังหวัดที่เป็นเขตอุตสาหกรรมของประเทศไทยได้

4. สามารถขยายผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ในการวัดและการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดของ VOCs โดยพิจารณาจากค่าเฝ้าระวัง 24 ชั่วโมงแทนการใช้ค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีสำหรับ VOCs ในบรรยากาศได้

5. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยไปเผยแพร่ให้กับสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

บทคัดย่อภาษาไทย

ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) จะถูกวัดจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2558 โดยมีการประยุกต์เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปรเพื่อระบุปริมาณลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs พร้อมกันกับตรวจสอบการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเพื่อกำหนดรูปแบบทางกายภาพของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโดยพิจารณาจากการปลดปล่อย VOCs ส่วนประกอบหลักของการวิเคราะห์ปัจจัยแสดงให้เห็นว่ามีแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุสำคัญของการเกิด VOCs ที่มีผลต่อคุณภาพอากาศในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด 3 แหล่ง คือ กิจกรรมในครัวเรือน ได้แก่ เต-ตระคลอโรเอทธิลีนและคลอโรฟอร์ม การปล่อยของเสียจากยานพาหนะ ได้แก่ เบนซีน และกระบวนการทางอุตสาหกรรม ได้แก่ ไวนิลคลอไรด์ 1,3-บิวทาไดอีน ไดคลอโรมีเทน และไตรคลอโรเอทธิลีน นอกจากนี้การวิเคราะห์แบ่งกลุ่มยังแสดงให้เห็นอีกว่ามีการแบ่งกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ VOCs ในบรรยากาศโดยรวมค่อนข้างต่ำมีจำนวน 5 สถานี ได้แก่ สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด (S1) สถานีวัดมาบชลูด (S2) สถานีโรงเรียนวัดหนองแฟบ (S3) สถานีเมืองใหม่มาบตาพุด (S4) และสถานีศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน (S6) กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ VOCs ในบรรยากาศโดยรวมปานกลางคือ สถานีหมู่บ้านนพเกตุ (S7) และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ VOCs ในบรรยากาศโดยรวมค่อนข้างสูง คือ สถานีชุมชนบ้านพลง (S5)

คำสำคัญ: สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด การวิเคราะห์หลายตัวแปร

Abstract

The yearly concentrations of volatile organic compounds (VOCs) were measured from 2007 to 2015 at the monitoring stations of Map Ta Phut Industrial Estate. Multivariate analysis technique is applied to identify and quantify the source contribution of VOCs. Clustering of monitoring stations is also investigated to determine physical pattern of monitoring stations considered from the VOCs emission. Principal component of factor analysis indicates 3 significantly major VOCs emission sources impact the air quality in Map Ta Phut Industrial Estate; activity in household contributed to tetrachloroethylene and chloroform, vehicle emissions accounted for benzene and industrial process dominated with vinyl chloride, 1,3-butadiene, dichloromethane and trichloroethylene. In addition, cluster analysis shows there are 3 clusters of monitoring stations. Cluster 1 reveals rather small concentrations of VOCs in 5 monitoring stations; Health Promotion Hospital Map Ta Phut (S1), Map Chalute Temple (S2), Wat Nong Fap School (S3), Muang Mai Map Ta Phut (S4) and Ban Ta Kuan Public Health Center (S6). Nop Pakate Village (S7) is in cluster 2 demonstrated medium concentrations of VOCs while Ban Plong (S5) Community stated the large concentrations of VOCs is located in cluster 3.

Keywords: Volatile organic compounds, Map Ta Phut Industrial Estate, Multivariate analysis

สารบัญเรื่อง

		หน้า
กิตติกรรมประกาศภาษาไทย		ก
กิตติกรรมประกาศภาษาอังกฤษ		ข
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร		ค
บทคัดย่อภาษาไทย		จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ฉ
สารบัญเรื่อง		ช
สารบัญตาราง		ญ
สารบัญภาพ		ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย		ฏ
บทที่ 1 บทนำ		1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
	1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	6
	1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
	1.4 ขอบเขตของการวิจัย	8
	1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย	8
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	9
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย		10
	2.1 คำอธิบายข้อมูล	10
	2.2 การศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs ด้วยสถิติเชิงพรรณนา	10
	2.2.1 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเบนซีน	10
	2.2.2 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไวนิลคลอไรด์	10
	2.2.3 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรอีเทน	10
	2.2.4 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไตรคลอโรเอทธิลีน	11
	2.2.5 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไดคลอโรมีเทน	11
	2.2.6 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรโพรเพน	11
	2.2.7 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเตตระคลอโรเอทธิลีน	11
	2.2.8 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของคลอโรฟอร์ม	11
	2.2.9 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,3-บิวทาไดอีน	11

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 2		
	2.3 การระบุลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยซึ่งมีการดึงปัจจัยด้วยวิธีส่วนประกอบหลัก	11
	2.4 การจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม	11
บทที่ 3	ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	12
	3.1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs ด้วยสถิติเชิงพรรณนา	12
	3.1.1 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเบนซีน	13
	3.1.2 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไวนิลคลอไรด์	13
	3.1.3 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรอีเทน	14
	3.1.4 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไตรคลอโรเอทธิลีน	15
	3.1.5 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไดคลอโรมีเทน	15
	3.1.6 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรโพรเพน	16
	3.1.7 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเตตระคลอโรเอทธิลีน	17
	3.1.8 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของคลอโรฟอร์ม	17
	3.1.9 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,3-บิวทาไดอีน	18
	3.2 ผลการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยซึ่งมีการดึงปัจจัยด้วยวิธีส่วนประกอบหลัก	19
	3.3 ผลการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม	21
บทที่ 4	บทสรุป	23
	4.1 สรุปผลการวิจัย	23
	4.2 อภิปรายผลการวิจัย	24
บทที่ 5	ผลผลิต	25
	5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ	25
	5.2 การจดสิทธิบัตร	25
	5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์	25
	5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ	25
รายงานสรุปการเงิน		26
บรรณานุกรม		27

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
ประวัตินักวิจัยและคณะ	29

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีของ VOCs สำหรับบรรยากาศ	4
2	ค่าเฝ้าระวัง 24 ชั่วโมงสำหรับ VOCs ในบรรยากาศ	4
3	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสาร VOCs ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	12
4	ค่าเฉพาะ สัดส่วนของความแปรผัน และสัดส่วนสะสมของความแปรผันของแต่ละส่วนประกอบหลัก	19
5	ค่าถ่วงปัจจัยของปัจจัย 5 ปัจจัย เมื่อมีการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวริแมกซ์	20
6	การจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม	21

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเบนซีน	13
2	แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไวนิลคลอไรด์	14
3	แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรอีเทน	14
4	แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไตรคลอโรเอทธิลีน	15
5	แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไดคลอโรมีเทน	16
6	แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรโพรเพน	16
7	แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเตตระคลอโรเอทธิลีน	17
8	แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของคลอโรฟอร์ม	17
9	แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,3-บิวทาไดอีน	18
10	Scree plot สำหรับการสร้างเป็นตัวแปรอิสระใหม่	19
11	แผนภาพเดนโดแกรมของการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ	22

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย
VOCs	สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds)
S1	สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด
S2	สถานีวัดมาบชลูด
S3	สถานีโรงเรียนวัดหนองแฟบ
S4	สถานีเมืองใหม่มาบตาพุด
S5	สถานีชุมชนบ้านพลง
S6	สถานีศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน
S7	สถานีหมู่บ้านนพเกตุ
PC	ส่วนประกอบหลัก (Principal Component)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds) หรือ VOCs คือ กลุ่มของสารประกอบอินทรีย์ซึ่งสามารถระเหยเป็นไอและกระจายตัวไปในอากาศได้ง่ายที่อุณหภูมิและความดันปกติ องค์ประกอบหลักของ VOCs คืออะตอมของธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน และอาจมีอะตอมของธาตุอื่น ๆ ได้แก่ ออกซิเจน ฟลูออไรด์ คลอไรด์ โบรไมด์ ซัลเฟอร์ และไนโตรเจน หากพิจารณาตามลักษณะโครงสร้างของโมเลกุลสารแล้ว สามารถแบ่ง VOCs ได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

1. กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่ไม่มีอะตอมของธาตุคลอรีนเป็นองค์ประกอบ (Non-chlorinated VOCs หรือ Non-halogenated Hydrocarbons) เป็นกลุ่มสารที่ได้มาจากสิ่งแวดล้อม การเผาไหม้ กองขยะ พลาสติก วัสดุ สารตัวทำละลาย และสีทาวัสดุ เป็นต้น หากได้รับสารกลุ่มนี้เข้าไปในร่างกายแล้วจะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของผู้ได้รับคือทำให้ป่วยเป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ สารกลุ่มนี้ประกอบด้วย

1.1 อะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (Aliphatic Hydrocarbon) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีอะตอมของธาตุคาร์บอน (C) ต่อกันเป็นลูกโซ่ โดยอาจมีพันธะระหว่างอะตอมเป็นได้ทั้งพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม หรือมีการผสมกันของพันธะมากกว่าหนึ่งชนิดก็ได้ อะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1) อัลเคน (Alkane) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวที่ภายในโมเลกุลมีอะตอมของธาตุคาร์บอนต่อกันเป็นโซ่ปิด เช่น โพรเพน (Propane) และบิวเทน (Butane) ใช้เป็นก๊าซหุงต้มตามบ้านเรือน หรือ เฮกเซน (Hexane) ทำให้ผิวหนังขาดความชุ่มชื้น แห้ง และแตก เป็นต้น

2) อัลคีน (Alkene) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวที่มีอะตอมของธาตุคาร์บอนต่อกันเป็นพันธะคู่อยู่ 1 คู่ นอกนั้นเป็นพันธะเดี่ยว อัลคีนใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตโพลิเมอร์ เอทานอล พลาสติก และผงซักฟอก เช่น เอทธิลีน (Ethylene) และโพรพิลีน (Propylene) เป็นต้น

3) อัลไคน์ (Alkyne) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวที่ภายในโมเลกุลมีอะตอมของธาตุคาร์บอนเป็นพันธะสาม อัลไคน์ใช้ทำเชื้อเพลิง เชื่อมโลหะ อีกทั้งเป็นสารตั้งต้นในการทำพลาสติกและยางเทียม เช่น อีไทน์ (Ethyne) เป็นต้น

1.2 อะลิไซคลิกไฮโดรคาร์บอน (Alicylic hydrocarbon) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีอะตอมของธาตุคาร์บอนต่อกันวง เช่น ไซโคลอัลเคน (Cycloalkane) ไซโคลอัลคีน (Cycloalkene) และไซโคลแอลไคน์ (Cycloalkyne) เป็นต้น

1.3 อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic hydrocarbon) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีอะตอมของธาตุคาร์บอนต่อกันเป็นวง โดยมีความยาวพันธะอยู่ระหว่างพันธะเดี่ยวกับพันธะคู่และมีความยาวของพันธะเท่ากัน อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนเป็นสารตัวทำละลาย เช่น เบนซีน (Benzene) โทลูอีน (Toluene) ไซลีน (Xylenes) และฟีนอล (Phenol) เป็นต้น

2. กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่มีอะตอมของธาตุคลอรีนเป็นองค์ประกอบ (Chlorinated VOCs หรือ Halogenated Hydrocarbons) ได้แก่ สารเคมีที่ใช้สังเคราะห์ในอุตสาหกรรม สารกลุ่มนี้มีความเป็นพิษและเสถียรในสิ่งแวดล้อมมากกว่าสารของกลุ่ม Non-chlorinated VOCs เนื่องจากสลายตัวได้ยากในธรรมชาติและมีคุณสมบัติทางเคมีคือมีความคงตัวสูง เก็บสะสมได้นาน จึงก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่ได้รับสารกลุ่มนี้โดยสารกลุ่มนี้จะไปรบกวนการทำงานของสารพันธุกรรม ยับยั้งปฏิกิริยาชีวเคมีในเซลล์ อีกทั้งยังมีฤทธิ์ในการก่อมะเร็ง หรือกระตุ้นการเกิดมะเร็งได้ ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ ได้แก่

1) 1,1,1,2-เตตระคลอโรอีเทน (1,1,1,2-Tetrachloroethane)
2) 1,1,1-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1-Trichloroethane)
3) 1,1,2,2-เตตระคลอโรอีเทน (1,1,2,2-Tetrachloroethane)
4) 1,1,2-เตตระคลอโรอีเทน (1,1,2-Tetrachloroethane)
5) 1,1-ไดคลอโรอีเทน (1,1-Dichloroethane)
6) 1,1-ไดคลอโรเอทธิลีน (1,1-Dichloroethylene)
7) 1,2,2-ไตรฟลูออโรอีเทน (1,2,2-Trifluoroethane) หรือฟรีออน 113 (Freon 113)
8) 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)
9) 1,2-ไดคลอโรโพรเพน (1,2-Dichloropropane)
10) 1,2-ทรานส-ไดคลอโรเอทธิลีน (1,2-Trans-Dichloroethylene)
11) 1,3-ซีส-ไดคลอ-1-โพรเพน (1,3-cis-dichlor-1-propane)
12) 1-คลอโร-2-โพรพีน (1-Chloro-2-propene)
13) 2-บิวทิลีน ไดคลอไรด์ (2-butylene dichloride)
14) อะเซติลีน (Acetylene tetrachloride)
15) โบรโมไดคลอโรมีเทน (Bromodichloromethane)
16) 1,3-ทรานส-ไดคลอโพรพีน (1,3-trans-dichlopropene)
17) โบรโมฟอร์ม (Bromoform)
18) โบรโมมีเทน (Bromomethane)
19) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)
20) คลอโรไดโบรโมมีเทน (Chlorodibromomethane)
21) คลอโรอีเทน (Chloroethane)
22) คลอโรฟอร์ม (Chloroform)
23) คลอโรมีเทน (Chloromethane
24) ซีส-1,2-ไดคลอโรเอทธิลีน (Cis-1,2-dichloroethylene)
25) ซีส-1,3-ไดคลอโรโพรเพน (Cis-1,3-dichloropropane)
26) ไดโบรโมคลอโรโพรเพน (Dibromochloropropane)
27) ไดโบรโมมีเทน (Dibromomethane)

28) ไดคลอโรโบรโมมีเทน (Dichlorobromomethane)

29) ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane) หรือ ดีซีเอ็ม (DCM)

30) เอทิลีนไดโบรไมด์ (Ethylene dibromide)

31) ฟลูออโรไตรคลอโรมีเทน (Fluorotrichloromethane) หรือฟรีออน 11 (Freon11)

32) ไกลซีรอลไตรคลอโรไฮดรีน (Glycerol trichlorohydrin)

33) เฮซะคลอโรบิวทาไดอีน (Hexachlorobutadiene)

34) เฮซะคลอโรไซโคลเพนทาไดอีน (Hexachlorocyclopentadiene)

35) เฮซะคลอโรอีเทน (Hexachloroethane)

36) เมทิลีนคลอไรด์ (Methylene chloride)

37) นีโอพรีน (Neoprene)

38) เพนตะคลอโรอีเทน (Pentachloroethane)

39) เพอคลอโรเอทิลีน (Perchloroethylene)

40) โพรไพลีนไดคลอไรด์ (Propylene dichloride)

41) ไตรคลอโรไตรฟลูออโรอีเทน (Trichlorotrifluoroethane)

42) โมโนคลอโรเบนซีน (Monochlorobenzene)

43) เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachloroethylene)

44) ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene) หรือ ทีซีอี (TCE)

45) ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl chloride)

46) ไวนิลไตรคลอไรด์ (Vinyl trichloride

47) ไวนิลไอดีนคลอไรด์ (Vinylidene chloride)

(สำนักความปลอดภัยแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2557)

ปัจจุบันในแต่ละปีมีการปล่อยสาร VOCs ออกสู่สิ่งแวดล้อมเป็นปริมาณค่อนข้างมาก เนื่องจาก VOCs เป็นสารที่ถูกใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมและกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ดังนั้น VOCs จึงเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดมลภาวะทางอากาศซึ่งรัฐบาลให้ความสำคัญเป็นอันดับต้น ๆ พร้อมกันกับมีการเร่งแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยออกเป็นประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เพื่อกำหนดค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีสำหรับ VOCs ในบรรยากาศไว้ 9 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 1 (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2550)

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีของ VOCs สำหรับบรรยากาศ

VOCs	ค่าเฉลี่ย 1 ปี ($\mu g/m^3$)
1. เบนซีน (Benzene)	1.7
2. ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride)	10
3. 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	0.4
4. ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene)	23
5. ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	22
6. 1,2-ไดคลอโรโพรเพน (1,2-Dichloropropane)	4
7. เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachloroethylene)	200
8. คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	0.43
9. 1,3-บิวทาไดอีน (1,3-Butadiene)	0.33

นอกจากนี้ยังมีการกำหนดค่าเฝ้าระวัง 24 ชั่วโมงสำหรับ VOCs ในบรรยากาศไว้อีก 19 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2 (ประกาศกรมควบคุมมลพิษ, 2552)

ตารางที่ 2 ค่าเฝ้าระวัง 24 ชั่วโมงสำหรับ VOCs ในบรรยากาศ

VOCs	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($\mu g/m^3$)
1. เบนซีน (Benzene)	7.6
2. ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride)	20
3. 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	48
4. ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene)	130
5. ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	210
6. 1,2-ไดคลอโรโพรเพน (1,2-Dichloropropane)	82
7. เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachloroethylene)	400
8. คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	57
9. 1,3-บิวทาไดอีน (1,3-Butadiene)	5.3
10. อะซิทัลดีไฮด์ (Acetaldehyde)	860
11. อะครอลนี (Acrolein)	0.55
12. อะคริโลไนไตร (Acrylonitrile)	10
13. เบนซิลคลอไรด์ (Benzyl Chloride)	12

ตารางที่ 2 ค่าเฝ้าระวัง 24 ชั่วโมงสำหรับ VOCs ในบรรยากาศ (ต่อ)

VOCs	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($\mu g/m^3$)
14. โบรโมมีเธน (Bromomethane)	190
15. 1,4-ไดออกเซน (1,4-Dioxane)	860
16. คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)	150
17. 1,2-ไดโบรโมอีเธน (1,2-Dibromoethane)	370
18. 1,4-ไดคลอโรเบนซีน (1,4-Dichlorobenzene)	1,100
19. 1,1,2,2-เตตระคลอโรอีเธน (1,1,2,2-Tetrachloroethane)	83

นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดตั้งอยู่ที่ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง เป็นนิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ มีกำลังการผลิตอุตสาหกรรมหลากหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมการเกษตรและสิ่งทอ เป็นต้น ประกอบกับนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดยังมีการขยายพื้นที่อุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตขึ้นอีก จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดประสบกับปัญหามลพิษทางอากาศเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะปัญหาของ VOCs ซึ่งจะเห็นได้จากรายงานของกรมควบคุมมลพิษในปี พ.ศ. 2556 เกี่ยวกับผลการตรวจวัดค่าเฉลี่ย 12 เดือน ของ VOCs จำนวน 4 ชนิดที่มีค่าความเข้มข้นสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2557) ได้แก่

1. เบนซีน ที่สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด สถานีเมืองใหม่มาบตาพุด สถานีชุมชนบ้านพลง สถานีศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน และสถานีหมู่บ้านนพเกตุ
2. 1,3-บิวทาไดอีน ที่สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด สถานีเมืองใหม่มาบตาพุด และสถานีศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน
3. 1,2-ไดคลอโรอีเทน ที่สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด สถานีเมืองใหม่มาบตาพุด และสถานีชุมชนบ้านพลง
4. ไวนิลคลอไรด์ ที่สถานีชุมชนบ้านพลง

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาว่า VOCs ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุใดเป็นส่วนใหญ่ โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate analysis technique) ได้แก่ การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) ซึ่งมีการหมุนปัจจัยด้วยวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) และการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม (Cluster analysis) พร้อมกับวิเคราะห์และประเมินค่าเฉลี่ยรายปีสำหรับ VOCs ในบรรยากาศทั้ง 9 ชนิดที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานีในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ถ้าหากค่าความเข้มข้นของค่าเฉลี่ยรายปีของสาร VOCs ในบรรยากาศที่บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของสถานีใดมีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีแล้ว จะส่งผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ดังนั้นจึงเป็นการเฝ้าระวัง

และติดตามตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง โดยอาจใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปรเป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมืออย่าง-ง่ายที่ช่วยในการชี้แนะแนวทางควบคุมและป้องกันปัญหามลพิษทางอากาศที่จะเกิดขึ้นเนื่องจาก VOCs ได้

1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs ของประเทศไทยและต่างประเทศ มีอาทิเช่น

Guo et al. (2004) วิเคราะห์และตรวจสอบแหล่งกำเนิดของการปล่อยสาร VOCs และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในธรรมชาติที่เป็นพื้นที่ชนบททางภาคตะวันออกของประเทศจีน ผลการวิเคราะห์พบว่าการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักแสดงให้เห็นว่าในการปล่อยสาร VOCs และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ส่วนใหญ่เกิดจากการปล่อยไอเสียของยานยนต์ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง กิจกรรมประจำวันของมนุษย์ และการปล่อยของเสียจากอุตสาหกรรม สำหรับการระบุแหล่งกำเนิดของสาร VOCs และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ประเมินค่าด้วยเทคนิคคะแนนของค่าสัมบูรณ์ของส่วนประกอบหลัก (Absolute Principal Component Source: APCS) และการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple linear regression) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าการปล่อยสาร VOCs และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ส่วนใหญ่เกิดจากยานยนต์และการเผาไหม้เชื้อเพลิง 71±5% (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และเกิดจากการระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงและสารตัวทำละลาย 7±3%

Marciano, Saritha and Kuruvilla (2008) ประยุกต์ใช้เทคนิค PCA และ APCS ในการระบุแหล่ง-กำเนิดของ VOCs พร้อมทั้งแสดงปริมาณของ VOCs ที่มีผลต่อคุณภาพอากาศในเมืองคอร์ปัสคริสตี (Corpus Christi) รัฐเท็กซัส (Texus) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีลักษณะแห้งแล้ง มีโรงกลั่นปิโตรเคมีขนาดใหญ่ และมีบริษัทในภาคอุตสาหกรรมกระจายอยู่ทั่วทั้งเมือง โดยเก็บค่าความเข้มข้นรายชั่วโมงของสาร VOCs จำนวน 46 ชนิด จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ 2 สถานี คือ สถานี CAMS633 และสถานี CAMC634 ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้เทคนิค PCA สามารถระบุได้ว่ามีแหล่งกำเนิดของ VOCs ที่มีผลต่อระดับค่าความเข้มข้นของ VOCs ณ สถานี CAMS633 อยู่ 5 สาเหตุ คิดเป็น 69% ของความแปรปรวนทั้งหมด ส่วนสถานี CAMS634 แสดงสาเหตุการเกิด VOCs ที่มีผลต่อระดับค่าความเข้มข้นของ VOCs อยู่ 6 สาเหตุ คิดเป็น 75% ของความแปรปรวนทั้งหมด นอกจากนี้เทคนิค APCS ยังชี้ให้เห็นอีกว่า ณ สถานี CAMS633 สาเหตุที่สำคัญของการเกิด VOCs คือการปล่อยก๊าซธรรมชาติ ซึ่งคิดเป็น 70% ของค่าความเข้มข้นของ VOCs ที่วัดได้ในบรรยากาศ

Geng et al. (2009) ประยุกต์ใช้ตัวแบบรีเซพเตอร์ (Receptor model) ด้วยเทคนิค PCA และ APCS เพื่อระบุแหล่งกำเนิดของ VOCs และหาค่าความเข้มข้นของ VOCs ในเมืองเซียงไฮ้ (Shanghai) ของประเทศจีน ในช่วงปี ค.ศ. 2006 ถึงปี ค.ศ. 2008 ผลการศึกษาพบว่าแหล่งกำเนิดของ VOCs ในช่วงฤดูร้อนมี 5 สาเหตุ คือ

1. ส่วนประกอบหลักที่ 1 ในช่วงฤดูร้อน (PCs1) เป็นการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวและก๊าซธรรมชาติ และการระเหยของเบนซีน
2. ส่วนประกอบหลักที่ 2 ในช่วงฤดูร้อน (PCs2) เป็นการปล่อยของเสียจากยานยนต์

3. ส่วนประกอบหลักที่ 3 ในช่วงฤดูร้อน (PCs3) เป็นการใช้ตัวทำละลาย

4. ส่วนประกอบหลักที่ 4 ในช่วงฤดูร้อน (PCs4) เป็นการปล่อยของเสียจากผลผลิตทางอุตสาหกรรม

5. ส่วนประกอบหลักที่ 5 ในช่วงฤดูร้อน (PCs5) เป็นการเผาไหม้ของถ่านหินและเชื้อเพลิง

สำหรับในช่วงฤดูหนาว แหล่งกำเนิด VOCs มีสาเหตุของการเกิด 4 สาเหตุ คือ

1. ส่วนประกอบหลักที่ 1 ในช่วงฤดูหนาว (PCw1) เป็นการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวและก๊าซธรรมชาติ และการระเหยของเบนซีน

2. ส่วนประกอบหลักที่ 2 ในช่วงฤดูหนาว (PCw2) เป็นการใช้ตัวทำละลายและการปล่อยของเสียจากผลผลิตทางอุตสาหกรรม

3. ส่วนประกอบหลักที่ 3 ในช่วงฤดูหนาว (PCw3) เป็นการปล่อยของเสียจากยานยนต์

4. ส่วนประกอบหลักที่ 4 ในช่วงฤดูหนาว (PCw4) เป็นการเผาไหม้ของถ่านหินและเชื้อเพลิง

Huang, Chen and Wang (2012) ศึกษาและวัดค่า VOCs ซึ่งเก็บรวบรวมจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจำนวน 15 สถานี ของเขตการปกครองตัวเอง 2 เขต ในเมืองเกาสยง (Kaohsiung) คือ เขต A-Sewer และเขต B-Sewer โดยการวิเคราะห์ด้วย PCA และ APCS ผลการศึกษาพบว่า เขต A-Sewer มีเปอร์เซนต์ของแหล่งกำเนิด VOCs จากการใช้สารละลายเป็น 31.65±11.27% (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) จากโรงกลั่นน้ำมันและการรั่วของก๊าซเป็น 28.71±11.52% จากการทาสีเป็น 19.14±9.74% จากโรงงานแอสฟัลต์เป็น 17.05±8.73% และจากสาเหตุอื่น ๆ เป็น 3.45±3.95% สำหรับเขต B-Sewer มีเปอร์เซนต์ของแหล่งกำเนิด VOCs จากโรงงานผ้าพิมพ์เป็น 45.35±9.19% จากโรงกลั่นน้ำมันและการรั่วของก๊าซเป็น 31.78±8.59% จากการใช้สารละลายเป็น 18.64±8.50% และจากการซักแห้งเป็น 4.23±4.70%

Khantee and Thepanondh (2014) ระบุแหล่งกำเนิดของ VOCs ในพื้นที่ตำบลมาบตาพุด จังหวัดระยองของประเทศไทย ด้วยตัวแบบรีเซพเตอร์ โดยใช้การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักและอัตราส่วน BTEX (BTEX Ratio) ผลการศึกษาพบว่าลักษณะของสาร VOCs ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด แสดงได้ด้วยส่วนประกอบหลัก (Principal Component: PC) จำนวน 12 ส่วนประกอบ ซึ่งเหมือนกันกับส่วนประกอบหลักของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศซึ่งมีที่ตั้งอยู่ริมถนน เช่น สถานีดินแดง

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อระบุลักษณะแหล่งกำเนิดหรือหาสาเหตุของการเกิด VOCs ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยซึ่งมีการหมุนปัจจัยด้วยวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก

2. เพื่อจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดที่มีลักษณะทางกายภาพคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยพิจารณาจากปริมาณค่าความเข้มข้นของ VOCs ด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม (Cluster Analysis)

3. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการทำวิจัยระหว่างนักวิจัยร่วมองค์กรและเตรียมความพร้อมของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาเข้าสู่การเป็นนักวิจัยรุ่นใหม่

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs และการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ซึ่งวัดค่าเฉลี่ยรายปีของปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs ซึ่งมีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu g/m^3$) จำนวน 9 ชนิด ได้แก่ เบนซีน ไวนิลคลอไรด์ 1,2-ไดคลอโรอีเทน ไตรคลอโรเอทธิลีน ไดคลอโรมีเทน 1,2-ไดคลอโรโพรเพน เตตระคลอโรเอทธิลีน คลอโรฟอร์ม และ 1,3-บิวทาไดอีน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2558 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จำนวน 7 สถานี ดังนี้

1. สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด
2. สถานีวัดมาบชลูด
3. สถานีโรงเรียนวัดหนองแฟบ
4. สถานีเมืองใหม่มาบตาพุด
5. สถานีชุมชนบ้านพลง
6. สถานีศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน
7. สถานีหมู่บ้านนพเกตุ

1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเป็นเมืองอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นวัตถุดิบและเป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องมีทั้งโรงงานอุตสาหกรรมประเภทปิโตรเคมี กลั่นน้ำมัน เคมีภัณฑ์ ไฟฟ้า และเหล็ก จึงมีการปล่อย VOCs ออกสู่บรรยากาศเป็นจำนวนมาก และเนื่องจาก VOCs มีแหล่งกำเนิดจากสาเหตุหลายสาเหตุ เช่น แหล่งกำเนิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ การเผาขยะ การบำบัดน้ำเสีย การปล่อยของเสียจากการประกอบกิจกรรมของภาคอุตสาหกรรมการผลิต การเผาไหม้ของน้ำมัน ถ่านหิน หรือก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์หรือเครื่องมืออย่างง่ายในการระบุหาสาเหตุของการเกิด VOCs เพื่อช่วยชี้แนะแนวทางในการควบคุมและป้องกันปัญหามลพิษที่จะเกิดขึ้นเนื่องจาก VOCs ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักซึ่งเป็นหนึ่งในเทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปรจึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมืออย่างง่ายเพื่อตรวจหาสาเหตุของการเกิด VOCs ได้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เป็นองค์ความรู้สำหรับการวิจัยต่อไปในเรื่องของการวัดและการระบุลักษณะของ VOCs ในบริเวณแหล่งอุตสาหกรรม หรือนิคมอุตสาหกรรมอื่น ๆ ของประเทศไทย ด้วยการวิเคราะห์หลายตัวแปรซึ่งจะทำให้ทราบถึงสาเหตุสำคัญของการเกิด VOCs เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมือเพิ่มเติมอย่างง่ายนอกเหนือจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศซึ่งจะช่วยชี้แนะแนวทางในการควบคุมและป้องกันปัญหามลพิษทางอากาศที่จะเกิดขึ้นได้

2. เป็นการบริการความรู้แก่สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

3. เผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารในระดับประเทศและ/หรือนานาชาติ

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย “การวัดและการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดของประเทศไทย โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร” มีดังนี้

2.1 คำอธิบายข้อมูล

หน่วยงานที่เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณค่าความเข้มข้นของสาร VOCs ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดที่ใช้สำหรับงานวิจัยครั้งนี้คือสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลค่าเฉลี่ยรายปีของปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs (หน่วย: $\mu g/m^3$) ในบรรยากาศ 9 ชนิด ได้แก่ เบนซีน (Benzene) ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride) 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane) ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene) ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane) 1,2-ไดคลอโรโพรเพน (1,2-Dichloropropane) เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachloroethylene) คลอโรฟอร์ม (Chloroform) และ 1,3-บิวทาไดอีน (1,3-Butadiene) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2558 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จำนวน 7 สถานี ดังนี้

1. สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด (S1)
2. สถานีวัดมาบชลูด (S2)
3. สถานีโรงเรียนวัดหนองแฟบ (S3)
4. สถานีเมืองใหม่มาบตาพุด (S4)
5. สถานีชุมชนบ้านพลง (S5)
6. สถานีศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน (S6)
7. สถานีหมู่บ้านนพเกตุ (S7)

2.2 การศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs ด้วยสถิติเชิงพรรณนา

ในการวิเคราะห์ลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดนั้นทำได้โดยศึกษาปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของสาร VOCs ในบรรยากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของแต่ละสถานีทั้ง 7 สถานี ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึง ปี พ.ศ. 2558 ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error: SE.) และแผนภาพการกระจาย (Scatter plot) ของ

2.2.1 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเบนซีน

2.2.2 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไวนิลคลอไรด์

2.2.3 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรอีเทน

2.2.4 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไตรคลอโรเอทธิลีน

2.2.5 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไดคลอโรมีเทน

2.2.6 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรโพรเพน

2.2.7 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเตตระคลอโรเอทธิลีน

2.2.8 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของคลอโรฟอร์ม

2.2.9 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,3-บิวทาไดอีน

2.3 การระบุลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยซึ่งมีการดึงปัจจัยด้วยวิธีส่วนประกอบหลัก

เนื่องจากมีสาร VOCs ที่ใช้ในงานวิจัยนี้อยู่เป็นจำนวนค่อนข้างมากในบรรยากาศ (9 ชนิด) ซึ่งสาร VOCs เหล่านี้อาจมีความสัมพันธ์กัน งานวิจัยนี้จึงประยุกต์การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) ที่มีการดึงปัจจัย (Factor extraction) ด้วยวิธีส่วนประกอบหลัก (Principal component) และทำการหมุนปัจจัย (Factor rotation) ด้วยวิธีแวริแมกซ์ (Varimax) เพื่อทำให้อธิบายความหมายของปัจจัยซึ่งเป็นตัวแปรใหม่ที่ได้ให้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการแก้ปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ (Mullticollinearity) อีกด้วย สำหรับการกำหนดว่าปัจจัยใหม่ที่ได้จะประกอบด้วยตัวแปรใดบ้างนั้นพิจารณาได้จากค่าถ่วงปัจจัย (Factor loading)

2.4 การจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม

การวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม (Cluster analysis) เป็นวิธีการจัดกลุ่มค่าสังเกต (Observation) ใด ๆ โดยค่าสังเกตนั้นอาจเป็นวัตถุ (Object) หรือตัวแปร (Variable) ในงานวิจัยนี้ต้องการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ จำนวน 7 สถานี จึงเป็นการแบ่งกลุ่มของตัวแปร (Cluster of variables) ซึ่งจะรวมกลุ่มของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีลักษณะทางกายภาพคล้ายกันเข้าไว้ในกลุ่มเดียวกัน โดยพิจารณาจากระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ถ้าตัวแปรคู่นั้นมีความสัมพันธ์กันมากก็จะจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน แต่หากตัวแปรคู่นั้นมีความสัมพันธ์กันน้อยก็จะจัดให้อยู่ต่างกลุ่มกัน ซึ่งงานวิจัยนี้ไม่ทราบถึงข้อมูลใด ๆ ล่วงหน้าเลยว่าควรจะจัดกลุ่มของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศออกเป็นกี่กลุ่ม ผู้วิจัยจึงประยุกต์วิธีเชิงลำดับชั้น (Hierarchical method) ที่เป็นการรวมกลุ่ม (Agglomeration) โดยมีวิธีการเชื่อมแบบการเชื่อมเชิงเดียว (Single linkage) และวัดระยะทางแบบยุคลิด (Euclidean distance)

บทที่ 3
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ในการวัดและการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในนิคมอุตสาหกรรมมาบ-ตาพุดของประเทศไทย โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร มีผลการวิจัย ดังนี้

3.1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs ด้วยสถิติเชิงพรรณนา

เมื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของสาร VOCs โดยภาพรวมในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึง ปี พ.ศ. 2558 โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error: SE.) ได้ผลแสดงดังตารางที่ 3

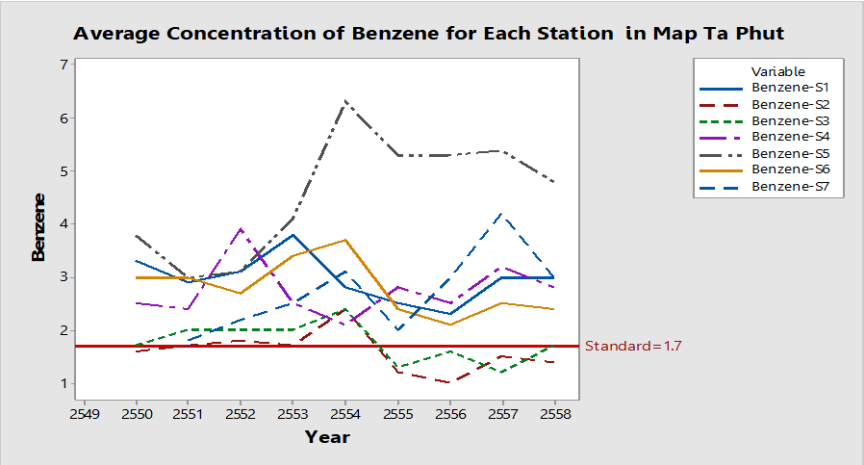
ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสาร VOCs ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

VOCs	Mean±SE.	Annual Standard (μg/m^3)
1. เบนซีน (Benzene)	**2.74±0.14**	1.7
2. ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride)	2.08±1.61	10
3. 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	**1.15±0.35**	0.4
4. ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene)	0.20±0.02	23
5. ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	1.63±0.51	22
6. 1,2-ไดคลอโรโพรเพน (1,2-Dichloropropane)	0.11±0.01	4
7. เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachloroethylene)	0.17±0.01	200
8. คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	0.21±0.04	0.43
9. 1,3 - บิวทาไดอีน (1,3 - Butadiene)	**0.40±0.05**	0.33

จากตารางที่ 3 พบว่ามีสาร VOCs ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดจำนวน 3 ชนิดที่มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีสูงมากกว่าค่ามาตรฐาน คือ เบนซีน 1,2-ไดคลอโรอีเทน และ1,3-บิวทาไดอีน

สำหรับรูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของสาร VOCs ในบรรยากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของแต่ละสถานีทั้ง 7 สถานี ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึง ปี พ.ศ. 2558 ซึ่งศึกษาจากแผนภาพการกระจาย ได้ผลดังนี้

3.1.1 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเบนซีน แสดงดังภาพที่ 1



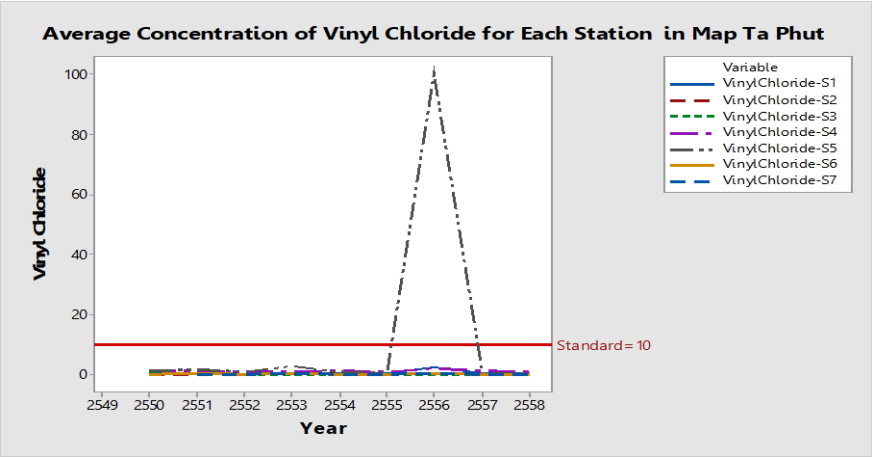
ภาพที่ 1 แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเบนซีน

จากภาพที่ 1 พบว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเกือบทุกสถานีมีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเบนซีนสูงมากกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี (1.7 $\mu g/m^3$) ยกเว้นสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ 2 สถานี คือ

1. สถานีวัดมาบชลูด (S2) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเบนซีนไม่เกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี ในปี พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2551 พ.ศ. 2553 และ ปี พ.ศ. 2555 ถึง ปี พ.ศ. 2558

2. สถานีโรงเรียนวัดหนองแฟบ (S3) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเบนซีนไม่เกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี ในปี พ.ศ. 2550 และ ปี พ.ศ. 2555 ถึง ปี พ.ศ. 2558

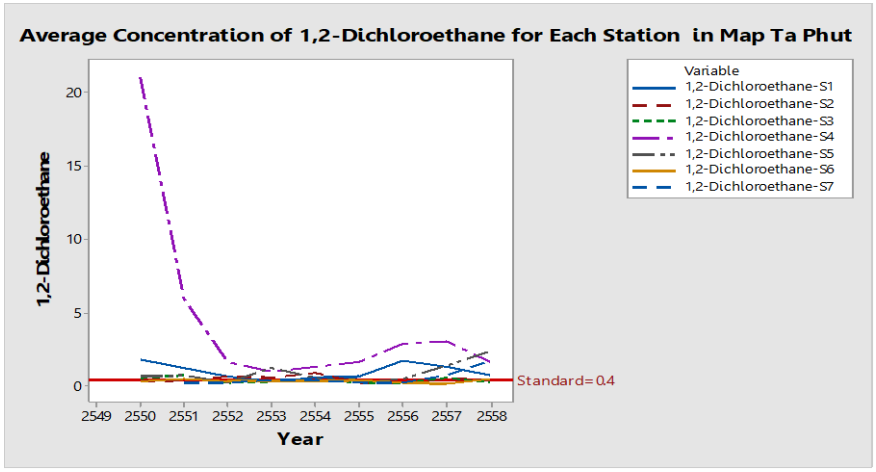
3.1.2 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไวนิลคลอไรด์ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไวนิลคลอไรด์

จากภาพที่ 2 พบว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทุกสถานีมีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไวนิลคลอไรด์ไม่เกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี (10 µg/m^3) ยกเว้นสถานีชุมชนบ้านพลง (S5) ในปี พ.ศ. 2556

3.1.3 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรอีเทน แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรอีเทน

จากภาพที่ 3 พบว่าสถานีเมืองใหม่มาบตาพุด (S4) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ 1,2-ไดคลอโรอีเทนสูงมากกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี (0.4 µg/m^3) ทุกปี ส่วนสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอื่น ๆ เป็นดังนี้

1. สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด (S1) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ 1,2-ไดคลอโรอีเทนสูงมากกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีเกือบทุกปี ยกเว้นปี พ.ศ. 2553

2. สถานีวัดมาบชลูด (S2) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรอีเทนสูงมากกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีในปี พ.ศ. 2552 ถึงปี พ.ศ. 2554 และปี พ.ศ. 2558

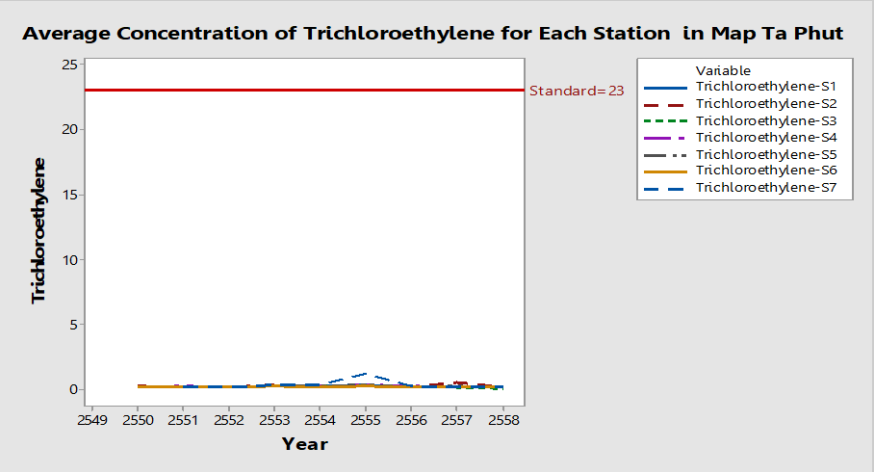
3. สถานีโรงเรียนวัดหนองแฟบ (S3) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรอีเทนสูงมากกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีในปี พ.ศ. 2552 ถึงปี พ.ศ. 2556 และปี พ.ศ. 2558

4. สถานีชุมชนบ้านพลง (S5) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรอีเทนสูงมากกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีเกือบทุกปี ยกเว้นปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2555

5. สถานีศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน (S6) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรอีเทนสูงมากกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีในปี พ.ศ. 2551 และปี พ.ศ. 2558

6. สถานีหมู่บ้านนพเกตุ (S7) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรอีเทนสูงมากกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีในปี พ.ศ. 2553 และปี พ.ศ. 2557 ถึงปี พ.ศ. 2558

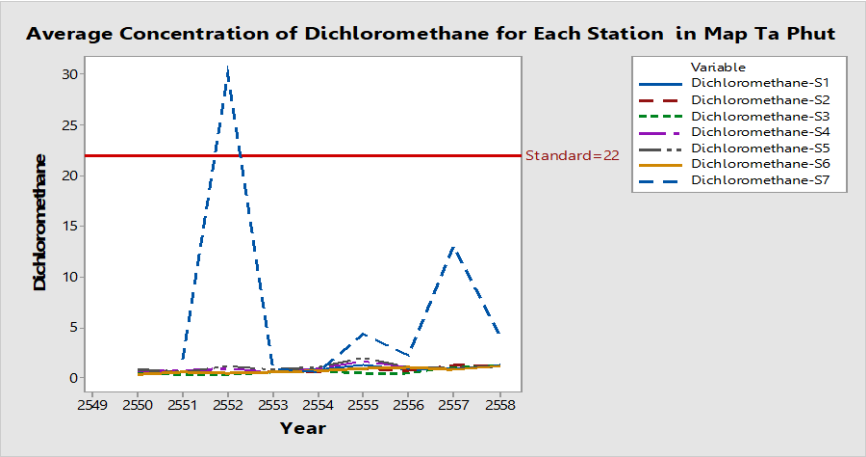
3.1.4 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไตรคลอโรเอทธิลีน แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไตรคลอโรเอทธิลีน

จากภาพที่ 4 พบว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทุกสถานีมีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไตรคลอโรเอทธิลีนไม่เกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี (23 $\mu g/m^3$)

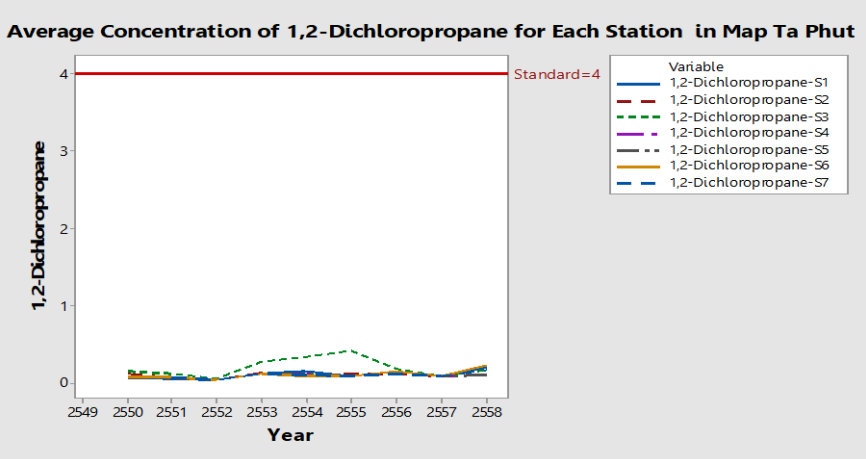
3.1.5 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไดคลอโรมีเทน แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไดคลอโรมีเทน

จากภาพที่ 5 พบว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทุกสถานีมีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของไดคลอโรมีเทน ไม่เกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี (22 µg/m^3) ยกเว้นสถานีหมู่บ้านนพเกตุ (S7) ในปี พ.ศ. 2552

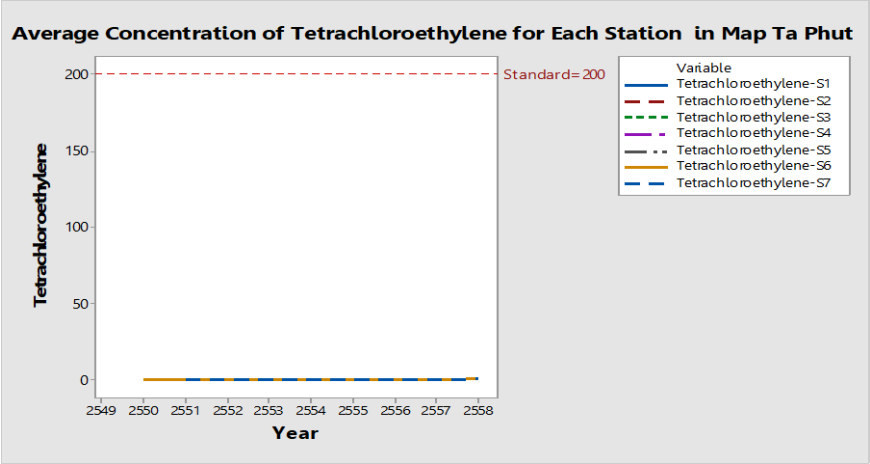
3.1.6 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรโพรเพน แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรโพรเพน

จากภาพที่ 6 พบว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทุกสถานีมีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ 1,2-ไดคลอโรโพรเพนไม่เกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี (4 µg/m^3)

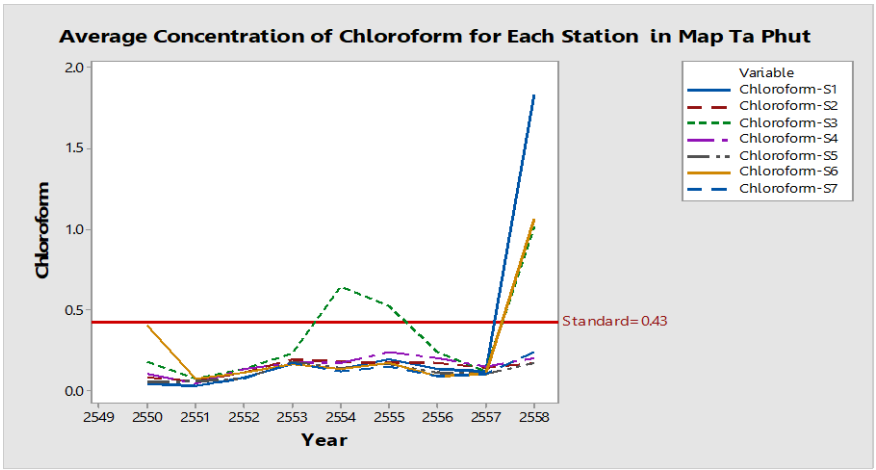
3.1.7 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเตตระคลอโรเอทธิลีน แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเตตระคลอโรเอทธิลีน

จากภาพที่ 7 พบว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทุกสถานีมีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของเตตระคลอโรเอทธิลีนไม่เกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี (200 µg/m^3)

3.1.8 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของคลอโรฟอร์ม แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของคลอโรฟอร์ม

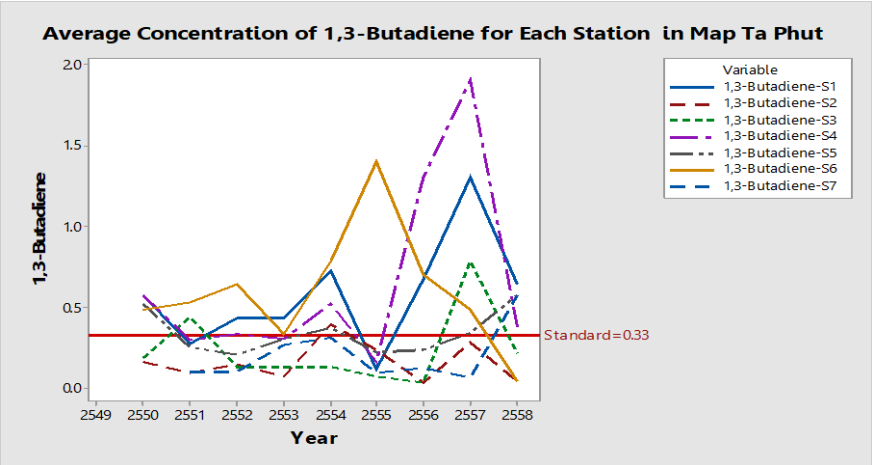
จากภาพที่ 8 พบว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทุกสถานีมีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของคลอโรฟอร์มไม่เกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี (0.43 µg/m^3) ยกเว้น

1. สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด (S1) ในปี พ.ศ. 2558

2. สถานีโรงเรียนวัดหนองแฟบ (S3) ในปี พ.ศ. 2554 และปี พ.ศ. 2555

3. สถานีศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน (S6) ในปี พ.ศ. 2558

3.1.9 รูปแบบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,3-บิวทาไดอีน แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แผนภาพการกระจายของปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,3-บิวทาไดอีน

จากภาพที่ 9 พบว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแต่ละสถานีมีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ 1,3-บิวทาไดอีน ดังนี้

1. สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด (S1) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ 1,3-บิวทาไดอีนสูงมากกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีทุกปี ยกเว้นปี พ.ศ. 2555

2. สถานีวัดมาบชลูด (S2) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,3-บิวทาไดอีนไม่เกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีทุกปี ยกเว้นปี พ.ศ. 2554

3. สถานีโรงเรียนวัดหนองแฟบ (S3) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,3-บิวทาไดอีนไม่เกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีทุกปี ยกเว้นปี พ.ศ. 2551 และปี พ.ศ. 2557

4. สถานีเมืองใหม่มาบตาพุด (S4) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,3-บิวทาไดอีนสูงมากกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีทุกปี ยกเว้นปี พ.ศ. 2552 ถึงปี พ.ศ. 2553 และปี พ.ศ. 2555

5. สถานีชุมชนบ้านพลง (S5) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,3-บิวทาไดอีนสูงมากกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีทุกปี ยกเว้นปี พ.ศ. 2551 ถึงปี พ.ศ. 2553 และปี พ.ศ. 2555 ถึงปี พ.ศ. 2556

6. สถานีศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน (S6) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,3-บิวทาไดอีนสูงมากกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีทุกปี ยกเว้นปี พ.ศ. 2553 และปี พ.ศ. 2558

7. สถานีหมู่บ้านนพเกตุ (S7) มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ1,3-บิวทาไดอีนไม่เกินค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีทุกปี ยกเว้นปี พ.ศ. 2558

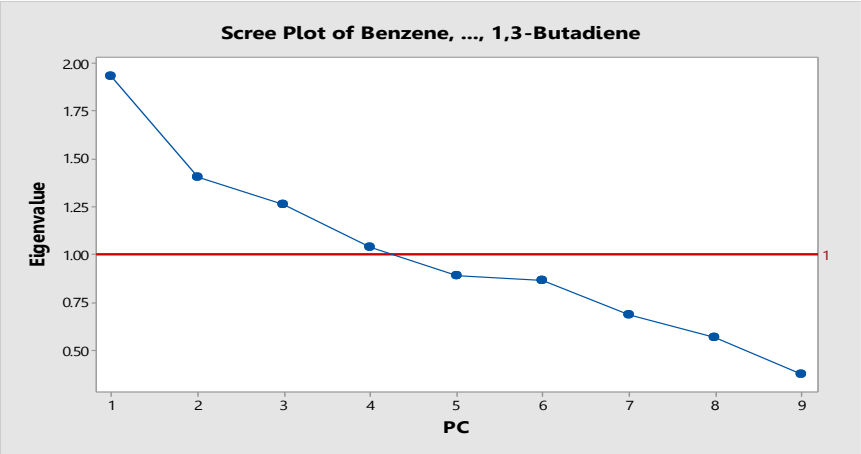
3.2 ผลการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยซึ่งมีการดึงปัจจัยด้วยวิธีส่วนประกอบหลัก

เมื่อประยุกต์การวิเคราะห์ปัจจัยโดยมีการดึงปัจจัยด้วยวิธีส่วนประกอบหลักพบว่าให้ค่าเฉพาะ (Eigen value) สัดส่วน (Proportion) และสัดส่วนสะสม (Cumulative proportion) ของความแปรผัน (Variation) ของแต่ละส่วนประกอบหลัก (Principal component: PC) แสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉพาะ สัดส่วนของความแปรผัน และสัดส่วนสะสมของความแปรผันของแต่ละส่วนประกอบหลัก

ส่วนประกอบหลัก (PC)	ค่าเฉพาะ (Eigen value)	สัดส่วนของความแปรผัน (Proportion of variation)	สัดส่วนสะสมของความแปรผัน (Cumulative proportion of variation)
PC1	1.9299	0.214	0.214
PC2	1.4011	0.156	0.370
PC3	1.2626	0.140	0.510
PC4	1.0359	0.115	0.625
PC5	**0.8865**	**0.099**	**0.724**
PC6	0.8646	0.096	0.820
PC7	0.6808	0.076	0.896
PC8	0.5659	0.063	0.959
PC9	0.3728	0.041	1.000

ส่วนกราฟของ Scree plot ที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อรวมตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันเข้าไว้ด้วยกัน โดยสร้างเป็นตัวแปรอิสระใหม่ซึ่งไม่ทำให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ แสดงได้ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 Scree plot สำหรับการสร้างเป็นตัวแปรอิสระใหม่

Kaiser เสนอเกณฑ์เพื่อกำหนดจำนวนส่วนประกอบหลักซึ่งเป็นการรวมตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันเข้าไว้ด้วยกันเพื่อสร้างเป็นตัวแปรอิสระใหม่ที่ไม่ทำให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบพหุ โดยพิจารณาจากกราฟของ Scree plot ที่มีค่าเฉพาะมากกว่าหรือใกล้เคียงกับ 1 (Velicer and Jackson, 1990) และให้ค่าเปอร์เซ็นต์สัดส่วนของความแปรผันสะสมของส่วนประกอบหลักที่มีค่ามากกว่า 70%

จากตารางที่ 4 และภาพที่ 10 จะเห็นว่าค่าเฉพาะที่มีค่ามากกว่า 1 มีทั้งหมด 6 ค่า (ส่วนประกอบหลักที่ 1 ถึงส่วนประกอบหลักที่ 6) จึงอาจเลือกใช้ส่วนประกอบหลักจำนวน 4-6 ส่วนประกอบ ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้ส่วนประกอบหลักจำนวน 5 ส่วนประกอบ (ตามคำแนะนำของ Kaiser) เพื่อสร้างเป็นตัวแปรอิสระใหม่ และพบว่าเมื่อใช้ส่วนประกอบหลักจำนวน 5 ส่วนประกอบหรือปัจจัยจำนวน 5 ปัจจัย สามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 72.4% จากนั้นจะทำการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวริแมกซ์ เพื่อช่วยให้อธิบายความหมายของตัวแปรอิสระใหม่ได้ง่ายและชัดเจนมากขึ้น ซึ่งจะได้ค่าถ่วงปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัย ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าถ่วงปัจจัยของปัจจัย 5 ปัจจัย เมื่อมีการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวริแมกซ์

Variable	Factor1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
เบนซีน (Benzene)	0.009	**0.799**	-0.246	0.208	0.019
ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride)	-0.045	**0.808**	0.229	-0.208	-0.044
1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	-0.089	-0.065	-0.668	-0.053	0.066
ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene)	-0.056	-0.014	0.063	0.011	**0.985**
ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	0.016	-0.034	0.224	**0.856**	0.027
1,2-ไดคลอโรโพรเพน (1,2-Dichloropropane)	0.560	-0.116	0.315	-0.501	0.058
เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachloroethylene)	**0.819**	0.093	-0.043	0.159	-0.078
คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	**0.863**	-0.094	0.063	-0.140	-0.012
1,3-บิวทาไดอีน (1,3-Butadiene)	0.019	0.086	**-0.763**	-0.083	-0.159
เปอร์เซนต์ความแปรปรวน (% Variance)	19.4	14.8	14.4	12.5	11. 2

จากตารางที่ 5 เมื่อมีการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวริแมกซ์และพิจารณาค่าถ่วงปัจจัยของตัวแปรที่มีค่าตั้งแต่ 0.7 ขึ้นไป (Reghunath, Murthy & Raghavan, 2002) แล้วพบว่าค่าถ่วงปัจจัยของสาร VOCs ที่ได้ในแต่ละปัจจัยมีความชัดเจนและง่ายต่อการอธิบายความหมายมากยิ่งขึ้น ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 แสดงถึง เตตระคลอโรเอทธิลีนและคลอโรฟอร์ม ซึ่งมีเปอร์เซนต์ความแปรปรวนเท่ากับ 19.4

ปัจจัยที่ 2 แสดงถึง เบนซีนและไวนิลคลอไรด์ ซึ่งมีเปอร์เซนต์ความแปรปรวนเท่ากับ 14.8

ปัจจัยที่ 3 แสดงถึง 1,3-บิวทาไดอีน ซึ่งมีเปอร์เซนต์ความแปรปรวนเท่ากับ 14.4

ปัจจัยที่ 4 แสดงถึง ไดคลอโรมีเทน ซึ่งมีเปอร์เซนต์ความแปรปรวนเท่ากับ 12.5

ปัจจัยที่ 5 แสดงถึง ไตรคลอโรเอทธิลีน ซึ่งมีเปอร์เซนต์ความแปรปรวนเท่ากับ 11.2

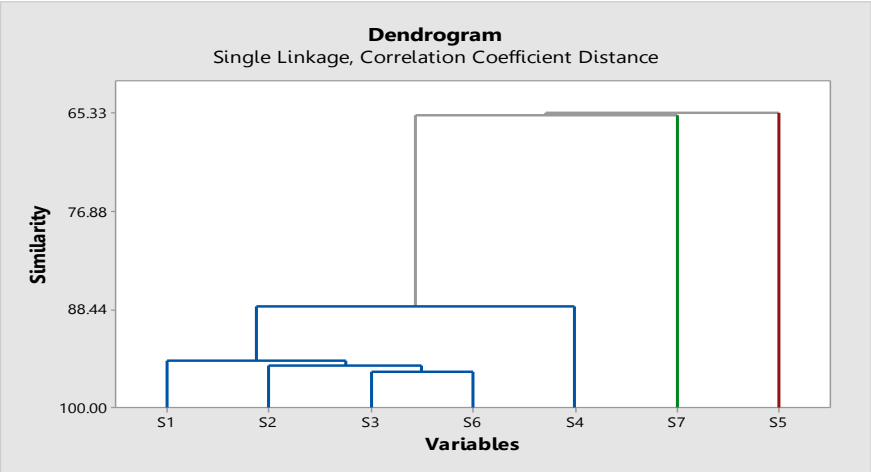
3.3 ผลสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม

เมื่อทำการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจำนวน 7 ชนิด ด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มของตัวแปรที่ใช้วิธีเชิงลำดับชั้นแบบการรวมกลุ่ม ซึ่งมีวิธีการเชื่อมแบบการเชื่อมเชิงเดียว และวัดระยะทางแบบยุคลิดได้ผลแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม

Step	Number of clusters	Similarity level	Distance level	Clusters joined		New cluster	Number of obs. in new cluster
1	6	95.7200	0.085599	3	6	3	2
2	5	95.1190	0.097620	2	3	2	3
3	4	94.5394	0.109213	1	2	1	4
4	3	88.0229	0.239542	1	4	1	5
5	2	65.5751	0.688498	1	7	1	6
6	1	65.3252	0.693495	1	5	1	7

สำหรับแผนภาพเดนโดแกรม (Dendogram diagram) ที่แสดงถึงการรวมกลุ่มของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีลักษณะทางกายภาพคล้ายคลึงกันหรือมีความสัมพันธ์กัน แสดงได้ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แผนภาพเดนโดแกรมของการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ

จากตารางที่ 6 และภาพที่ 11 จะเห็นได้ว่าสามารถจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ VOCs ในบรรยากาศโดยรวมค่อนข้างต่ำมีจำนวน 5 สถานี ได้แก่ สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด (S1) สถานีวัดมาบชลูด (S2) สถานีโรงเรียนวัดหนองแฟบ (S3) สถานีเมืองใหม่มาบตาพุด (S4) และสถานีศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน (S6)

2. กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ VOCs ในบรรยากาศโดยรวมปานกลาง คือ สถานีหมู่บ้านนพเกตุ (S7)

3. กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ VOCs ในบรรยากาศโดยรวมค่อนข้างสูง คือ สถานีชุมชนบ้านพลง (S5)

บทที่ 4
บทสรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัย “การวัดและการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดของประเทศไทย โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร” สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

1. สาร VOCs ที่มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีสูงมากกว่าค่ามาตรฐานในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมี 3 ชนิด คือ

1) เบนซีน มีค่าเฉลี่ย±ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 2.74±0.14 $\mu g/m^3$ ซึ่งค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีของเบนซีนมีค่าเท่ากับ 1.7 $\mu g/m^3$

2) 1,2-ไดคลอโรอีเทน มีค่าเฉลี่ย±ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 1.15±0.35 $\mu g/m^3$ ซึ่งค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีของ1,2-ไดคลอโรอีเทนมีค่าเท่ากับ 0.4 $\mu g/m^3$

3) 1,3-บิวทาไดอีน มีค่าเฉลี่ย±ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.40±0.05 $\mu g/m^3$ ซึ่งค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีของ1,3-บิวทาไดอีนมีค่าเท่ากับ 0.33 $\mu g/m^3$

2. เมื่อประยุกต์การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีการดึงปัจจัยด้วยวิธีส่วนประกอบหลัก และทำการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวริแมกซ์ เพื่อระบุลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดโดยพิจารณาจากค่าถ่วงปัจจัย พบว่าปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิด VOCs ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมี 5 ปัจจัย คือ

1) ปัจจัยที่ 1 แสดงถึง เตตระคลอโรเอทธิลีนและคลอโรฟอร์ม

2) ปัจจัยที่ 2 แสดงถึง เบนซีนและไวนิลคลอไรด์

3) ปัจจัยที่ 3 แสดงถึง 1,3-บิวทาไดอีน

4) ปัจจัยที่ 4 แสดงถึง ไดคลอโรมีเทน

5) ปัจจัยที่ 5 แสดงถึง ไตรคลอโรเอทธิลีน

3. เมื่อทำการจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มของตัวแปรที่ใช้วิธีเชิงลำดับชั้นแบบการรวมกลุ่ม ซึ่งมีวิธีการเชื่อมแบบการเชื่อมเชิงเดียว และวัดระยะทางแบบยุคลิด พบว่าสามารถจัดกลุ่มสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1) กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ VOCs ในบรรยากาศโดยรวมค่อนข้างต่ำมีจำนวน 5 สถานี ได้แก่ สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมาบตาพุด (S1) สถานีวัดมาบชลูด (S2) สถานีโรงเรียนวัดหนองแฟบ (S3) สถานีเมืองใหม่มาบตาพุด (S4) และสถานีศูนย์บริการสาธารณสุขบ้านตากวน (S6)

2) กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ VOCs ในบรรยากาศโดยรวมปานกลาง คือ สถานีหมู่บ้านนพเกตุ (S7)

3) กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ VOCs ในบรรยากาศโดยรวมค่อนข้างสูง คือ สถานีชุมชนบ้านพลง (S5)

4.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลที่ได้จากงานวิจัย “การวัดและการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดของประเทศไทย โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร” สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. เมื่อใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร พบว่าเบนซีนและ 1,3-บิวทาไดอีน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิด VOCs ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ซึ่งให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับที่ศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุของการเกิด VOCs ด้วยสถิติเชิงพรรณนา อีกทั้งยังให้ผลสอดคล้องกันกับรายงานของกรมควบคุมมลพิษในปี พ.ศ. 2556 (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2557) ที่เกี่ยวกับผลการตรวจวัดค่าเฉลี่ย 12 เดือน ของ VOCs จำนวน 4 ชนิดที่มีค่าความเข้มข้นสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปี คือ เบนซีน 1,3-บิวทาไดอีน 1,2-ไดคลอโรอีเทน และไวนิลคลอไรด์ ดังนั้นจึงควรเฝ้าระวังและติดตามตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง เพื่อหาแนวทางในการควบคุมและป้องกันปัญหามลพิษทางอากาศที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากสาร VOCs ทั้ง 4 ชนิดนี้

2. เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิด VOCs ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดทั้ง 5 ปัจจัย จะเห็นได้ว่าเป็นกลุ่มสารซึ่งส่วนใหญ่แล้วมีแหล่งกำเนิดมาจาก 3 แหล่ง คือ กิจกรรมในครัวเรือน ได้แก่ เตตระคลอโร-เอทธิลีนและคลอโรฟอร์ม การปล่อยของเสียจากยานพาหนะ ได้แก่ เบนซีน และกระบวนการทางอุตสาหกรรม ได้แก่ ไวนิลคลอไรด์ 1,3-บิวทาไดอีน ไดคลอโรมีเทน และไตรคลอโรเอทธิลีน

3. สามารถขยายผลที่ได้จากงานวิจัยนี้โดยประยุกต์เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร เพื่อตรวจสอบปัญหามลพิษทางอากาศในนิคมอุตสาหกรรมอื่น ๆ หรือจังหวัดที่เป็นเขตอุตสาหกรรมของประเทศไทยได้

4. สามารถขยายผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ในการวัดและการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดของ VOCs โดยพิจารณาจากค่าเฝ้าระวัง 24 ชั่วโมงแทนการใช้ค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีสำหรับ VOCs ในบรรยากาศได้

5. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยไปเผยแพร่ให้กับสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

บทที่ 5
ผลผลิต

5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ

Mekparyup, J., & Saithanu, K. (201X). Measurement and Identification Source Characteristic of VOCs in Map Ta Phut Industrial Estate of Thailand Using Multivariate Analysis Technique. *Asian Journal of Applied Sciences, X*(X), xxx-xxx.

5.2 การจดสิทธิบัตร

ไม่มี

5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์

ไม่มี

5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ

เป็นองค์ความรู้สำหรับการวิจัยต่อไปในการวัดและการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดของ VOCs โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร ซึ่งอาจพิจารณาได้จากทั้งค่ามาตรฐานเฉลี่ยรายปีหรือค่าเฝ้าระวัง 24 ชั่วโมง สำหรับ VOCs ในบรรยากาศ และยังอาจขยายพื้นที่ในการตรวจสอบปัญหามลพิษทางอากาศในนิคมอุตสาหกรรมอื่น ๆ หรือจังหวัดอื่น ๆ ที่เป็นเขตอุตสาหกรรมของประเทศไทยได้

รายงานสรุปการเงิน

เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย 352454 สัญญาเลขที่ 77/2560

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ การวัดและการระบุลักษณะแหล่งกำเนิดของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดของประเทศไทย โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Measurement and Identification Source Characteristic of VOCs in Map Ta Phut Industrial Estate of Thailand Using Multivariate Analysis Technique)

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน ผศ.ดร.จตุภัทร เมฆพายัพ

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2560

ระยะเวลาในการดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 – 30 กันยายน พ.ศ. 2560

รายรับ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%) 65,340 บาท เมื่อวัน เดือน ปี 28 ธันวาคม พ.ศ. 2559

งวดที่ 2 (40%) 52,272 บาท เมื่อวัน เดือน ปี 19 มิถุนายน พ.ศ. 2560

งวดที่ 3 (10%) _____ บาท เมื่อวัน เดือน ปี _____

รวม 117,612 บาท (หนึ่งแสนหนึ่งหมื่นเจ็ดพันหกร้อยสิบสองบาทถ้วน)

รายจ่าย

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
1. ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัย	72,000.00	72,000.00	0.00
2. ค่าตอบแทน	16,400.00	16,400.00	0.00
3. ค่าใช้สอย	15,000.00	15,000.00	0.00
4. ค่าวัสดุ	15,778.00	15,778.00	0.00
5. ค่าครุภัณฑ์	12,780.00	12,780.00	0.00
6. ค่าสาธารณูปโภค	13,242.00	13,242.00	0.00
รวม	145,200.00	145,200.00	0.00

(_____)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

บรรณานุกรม

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 30 เล่ม 124 ตอนพิเศษ 143ง ราชกิจจานุเบกษา 28 กันยายน 2550 เรื่องกำหนดมาตรฐานค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี

ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เล่ม 126 ตอนพิเศษ 13ง ราชกิจจานุเบกษา 27 มกราคม 2552 เรื่องกำหนดค่าเฝ้าระวังสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมง

สำนักความปลอดภัยแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. *เอกสารความปลอดภัยในการทำงาน.* วันที่ค้นข้อมูล 11 พฤษภาคม 2557, เข้าถึงได้จาก http://www.oshthai.org/upload/file_linkitem/20100126090841_2.pdf

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. *สรุปข้อมูลคุณภาพอากาศรายเดือน.* วันที่ค้นข้อมูล 1 มิถุนายน 2557, เข้าถึงได้จาก http://aqnis.pcd.go.th/data/monthly

Geng, F., Cai, C., Tie, X., Yu, Q., An, J., Peng, L., Zhou, G. and Xu, J., 2009, Analysis of VOCs emissions using PCA/APCS receptor model at city of Shanghai, China. *J. Atmos Chem,* 62, 229-247.

Guo, H., Wang, T., Simpson, I. J., Blake, D. R., Yu, X. M., Kwok, Y. H. and Li, Y. S., 2004, Source contributions to ambient VOCs and CO at a rural site in eastern China. *Atmospheric Environment,* 38, 4551-4560.

Huang, C. H., Chen K. S. and Wang H. K., 2012, Measurements and PCA/APCS Analyses of Volatile Organic Compounds in Kaohsiung Municipal Sewer Systems, Southern Taiwan. *Aerosol and Air Quality Research,* 12, 1315-1326.

Khantee, W. and Thepanondh, S., 2014, Source Apportionment Analysis of Airborne Volatile Organic Compounds in Maptaphut, Thailand. *International Journal of Environment Science and Development,* 5(2), 191-196.

Marciano, S., Saritha, K. and Kuruvilla, J., 2008, Source Characterization of Volatile Organic Compounds Affecting the Air Quality in a Coastal Urban Area of South Texas. *Int. J. Environ. Res. Public Health,* 5(3), 130-138.

Reghunath, R., Murthy, T. S., & Raghavan, B. R. (2002). The utility of multivariate statistical techniques in hydrogeochemical studies: an example from Karnataka, India. *Water research, 36*(10), 2437-2442.

Velicer, W. F., & Jackson, D. N. (1990). Component analysis versus common factor analysis: Some issues in selecting an appropriate procedure. *Multivariate behavioral research*, *25*(1), 1-28.