การรับสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในกรุงเทพมหานคร

นางสาวไพลิน ทวีวงษ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EXPOSURE TO VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs) FROM GAS STATIONS IN BANGKOK

Miss Phailin Thaveevongs

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

511023

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การรับสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในกรุงเทพมหานคร
โดย	นางสาวไพลิน ทวีวงษ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร.ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ เตชะเสน)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไพลิน ทวีวงษ์ : การรับสัมผัสสารประกอบอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในกรุงเทพมหานคร. (EXPOSURE TO VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs) FROM GAS STATIONS IN BANGKOK) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ.ดร.ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์, 178 หน้า.

ศึกษาการรับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหย (สารวีโอซี) จากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร โดยการเก็บตัวอย่างสารวีโอซีในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้งหมด 11 พื้นที่ ในระหว่างวันที่ 29 ตุลาคม – 4 พฤศจิกายน 2551 ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้ passive gas tube ที่ภายในบรรจุถ่านกัมมันต์ ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ active sampling และ passive sampling ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ(R^2)ของความสัมพันธ์ของสาร 10 ชนิด อยู่ระหว่าง 0.7958 – 0.9681 ทำการเก็บตัวอย่างสารวีโอซี โดยการใช้หลอดเก็บตัวอย่าง passive gas tube เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากพนักงานที่รับสัมผัสในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงระหว่างเวลา 6.00 – 14.00 น. ตัวอย่างที่เก็บได้นำมาทำการสกัดด้วยสารละลายคาร์บอนไดซัลไฟด์ วิเคราะห์หาชนิด และปริมาณโดยเครื่อง GC-FID จากการศึกษาพบสารวีโอซีจำนวน 39 ชนิดโดยประมาณ ซึ่งพบในทุกพื้นที่การศึกษาและรายงานผลการศึกษาสารวีโอซี 10 ชนิดเป็นหลัก ได้แก่ methyl-tertiary-butyl-ether (MTBE), benzene, isooctane, n-heptane, toluene, ethylbenzene, m,p-xylene, o-xylene, stylene, 3-ethylbenzene และ decanal เป็นต้น มีปริมาณเฉลี่ยอยู่ในช่วงตั้งแต่ 638 - 1628, 308 - 852, 20 - 49, 140 - 401, 270 - 682, 10 - 27 , 22 - 58 , 11 - 20 , 13 - 26 และ 1.8 – 9.8 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จากการเก็บตัวอย่างสารวีโอซีทั้งหมด สารที่สามารถนำมาประเมินความเสี่ยงได้มี 5 ชนิด คือ MTBE, benzene, ethylbenzene, toluene และ xylene ผลการประเมินชี้ให้เห็นว่าพนักงานมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งเนื่องจากรับสัมผัสสารมีค่าความเสี่ยงของการรับสัมผัสสาร MTBE และ benzene เท่ากับ 2.41×10^{-5} - 1.18×10^{-4} และ 3.42×10^{-4} - 1.23×10^{-3} ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ที่กำหนดไว้ที่ 1 x 10^{-6} ขณะที่ค่าความเสี่ยงของสาร Ethylbenzene อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับค่าความเสี่ยงของสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งยังไม่พบโอกาสในการเพิ่มความเสี่ยงเนื่องจากการรับสัมผัสสาร toluene และ xylene ซึ่งมีค่า HQ น้อยกว่า 1

ภาควิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม... ลายมือชื่อนิสิต.....ไพลิน ทวีวงษ์.....

สาขาวิชา....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม... ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา..2551..... ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

4870605021: MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORDS : VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS, VOCs / ACTIVE SAMPLING PASSIVE SAMPLING

PHAILIN THAVEEVONGS: EXPOSURE TO VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs) FROM GAS STATIONS IN BANGKOK. ADVISOR: ASST. PROF. SIRIMA PANYAMATEEKUL, Ph.D., CO-ADVISOR: TASSANEE PRUEKSASIT, Ph.D., 178 pp.

Environmental exposure to volatile organic compounds (VOCs) of workers in 11 gas station in Bangkok was assigned to study. The sampling using passive gas tube containing activated charcoal was performed during 29 October to 4 November 2008. The correlation between active sampling and passive sampling was examined and satisfactory correlation of 10 compounds could be found with the range of coefficient of determination (R^2) between 0.7958 – 0.9681. Each sample was collected in gas station for 8 hours during 6 am – 14 pm. Each sample was taken to extract with CS_2, and to qualitative and quantitative analysis by GC-FID. Thirty-nine VOCs could be found and 10 compounds of those, such as methyl-tertiary-butyl-ether (MTBE), benzene, isooctane, n-heptane, toluene, ethylbenzene, m,p-xylene, o-xylene, stylene, 3-ethylbenzene and decanal were mainly observed in all study areas with the ranges of 638 - 1628, 308 - 852, 20 - 49, 140 - 401, 270 - 682, 10 - 27 , 22 - 58 , 11 - 20 , 13 - 26 and 1.8 – 9.8 $\mu g/m^3$, respectively. From all detectable VOCs species mentioned above five compounds could be estimated health risk, including MTBE, benzene, ethylbenzene, toluene and xylene. This estimation result reveals that cancer risk level of the workers exposure to MTBE and benzene were in the range of 2.41×10^{-5} - 1.18×10^{-4} and 3.42×10^{-4}- 1.23×10^{-3}, respectively. These levels were higher than an acceptable risk level at 1 x 10^{-6}. While that of their exposure to ethylbenzene was within an acceptable criteria. For non-cancer risk estimation, there was no increase risk for the workers exposure to toluene and xylene because the HQ were less than 1.

Department : ..... Environmental Engineering..	Student's Signature Phailin Thaveevongs
Field of Study : ..Environmental Engineering..	Advisor's Signature .....
Academic Year : .....2008.....	Co – Advisor's Signature T. Prueksasit

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ ข้อแนะนำ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ทุกขั้นตอน ตลอดจนเคี่ยวเข็ญและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ตลอดมา และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณย์ เตชะเสน และรองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์นี้ และให้คำปรึกษาอันเป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม รองศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเธียร ที่ให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือวิจัยของห้องปฏิบัติการของเสียอันตราย

ขอขอบพระคุณบริษัทอุตสาหกรรมด้านปิโตรเลียม ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูล และสถานที่ในการเก็บตัวอย่างในการทำวิทยานิพนธ์ ทำให้วิทยานิพนธ์นี้ประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณกรมควบคุมมลพิษ และศูนย์ฝึกอบรมและวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมปทุมธานี ที่ให้ข้อมูลและความอนุเคราะห์ด้านการเก็บตัวอย่างในทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่ไม่อาจกล่าวนามได้ทั้งหมด ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย แนะนำการใช้เครื่องมือ และความรู้ต่างๆ อีกมากมาย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา และทุกคนในครอบครัวที่เป็นผู้ช่วยส่งเสริม สนับสนุน และเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้การศึกษาครั้งนี้ประสบผลได้ตามที่ตั้งใจ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 แนวเหตุผลและทฤษฎี..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการศึกษา..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 บทนำ..... 4

2.2 ลักษณะของวีโอซี..... 4

2.3 แหล่งกำเนิดของวีโอซี..... 5

2.4 การได้รับสัมผัสวีโอซีของมนุษย์..... 8

2.5 ความเป็นพิษของวีโอซี..... 11

2.6 ค่ามาตรฐานของวีโอซีต่างๆที่อนุญาตให้มีในบรรยากาศ..... 13

2.7 การป้องกันและแก้ไขปัญหาที่เกิดจากสารวีโอซี..... 16

2.8 การเก็บตัวอย่างวีโอซี..... 17

2.9 หลักการวิเคราะห์วีโอซี..... 19

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 20

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 27

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 27

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 28

3.3 พื้นที่ศึกษา..... 28

หน้า

3.4 การเก็บตัวอย่าง..... 34
3.5 การสกัดตัวอย่าง..... 38
3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล..... 40
3.7 ตัวแปรการศึกษา..... 45
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 46
4.1 ผลการศึกษาเบื้องต้น..... 46
4.2 การหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Active sampling และ Passive sampling 54
4.3 ชนิดและปริมาณของสารวีโอซีในเขตกรุงเทพมหานคร..... 63
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 94
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 94
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 96
รายการอ้างอิง..... 97
ภาคผนวก..... 100
ภาคผนวก ก แบบสอบถามข้อมูลจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง..... 101
ภาคผนวก ข การเก็บตัวอย่างแบบCanister 104
ภาคผนวก ค สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง..... 108
ภาคผนวก ง Calibration curve 115
ภาคผนวก จ ปริมาณของสาร VOCs ที่บุคคลได้รับสัมผัสในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง..... 124
ภาคผนวก ฉ การหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling..... 127
ภาคผนวก ช ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) จากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้งหมด 11 พื้นที่..... 129
ภาคผนวก ซ ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ทางสถิติ..... 160
ภาคผนวก ฌ ตารางค่า SF และ ADI (RfD) 170
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 178

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	วีโอซีจากแหล่งกำเนิดต่างๆ	7
2.2	แหล่งกำเนิดสารวีโอซีที่สามารถตรวจพบได้	7
2.3	ตัวอย่างสารวีโอซี บางชนิดที่มีผลกระทบต่อระบบเนื้อเยื่อ และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ	11
2.4	สาร VOCs ที่เป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) และสารส่งเสริมการเกิดเนื้องอก (tumor promoter) และชนิดของมะเร็ง	13
2.5	ค่ามาตรฐานของวีโอซีที่อนุญาตให้มีในสถานประกอบการ	14
3.1	ลักษณะพื้นที่ศึกษา	33
3.2	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิคอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างวีโอซี	41
4.1	Retention time ของสารละลายมาตรฐาน VOCs	48
4.2	การสร้าง Calibration curve	49
4.3	ค่า R^2 ของ VOCs 40 ชนิด จากการสร้าง Calibration curve	50
4.4	ค่า LOD ของสารละลายมาตรฐาน VOCs 40 ชนิด	52
4.5	ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์ Recovery ของ Volatile Organic Compounds	53
4.6	แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling ระยะเวลา 8 ชั่วโมง	56
4.7	แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling ระยะเวลา 24 ชั่วโมง	59
4.8	ชนิดของ VOCs ที่พบที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร	65
4.9	เปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสกับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการขององค์กรต่างๆ	89
4.10	ค่า SF และ ADI (RfD)	90
4.11	ค่าความเสี่ยงโดยเฉลี่ยของการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer-Risk : Risk) จากการได้รับสัมผัสสาร	91
4.12	ค่าความเสี่ยงโดยเฉลี่ยของสารที่ไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (Non-Cancer Risk : HQ) จากการได้รับสัมผัสสาร	92

ตารางที่ หน้า
4.13 ค่าความเสี่ยงของสาร VOCs จากการได้รับสัมผัสสาร..... 92

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	ตำแหน่งที่ตั้งของเก็บตัวอย่างสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในกรุงเทพมหานคร.....	29
3.2	พื้นที่ในการเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในกรุงเทพมหานคร....	29
3.3	โครงสร้างของ Passive sampler	35
3.4	โครงสร้างของ Active sampler	35
3.5	Personal air sampler (Personal pump).....	36
3.6	ชุดเปรียบเทียบอัตราการไหล.....	36
3.7	ขั้นตอนการสกัดสารวีโอซีจากหลอดเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling.....	39
3.8	GC-FID ต่อกับ Auto sampler.....	40
3.9	Capillary column.....	40
4.1	Chromatogram ของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด Japanese 50 component indoor air ที่ความเข้มข้น 10,000 ng/ml และ Chromatogram ของสารละลายมาตรฐาน MTBE ที่ความเข้มข้น 100,000 ng/ml และ Toluene d-8 (internal standard)	47
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling ระยะเวลา 8 ชั่วโมง โดยการเก็บตัวอย่างภายในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง.....	57
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling ระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยการเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่ริมถนน.....	60
4.4	ปริมาณความเข้มข้นของสาร TOTAL VOCs ทั้งหมด 10 พื้นที่การศึกษาที่บุคคลที่ 1และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส.....	68
4.5	ปริมาณความเข้มข้นของสาร TOTAL VOCs ที่เกิดขึ้นในหนึ่งสัปดาห์จากพื้นที่การศึกษาทั้งหมด 10 พื้นที่.....	73
4.6	ปริมาณความเข้มข้นของสาร TOTAL VOCs ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันจากพื้นที่การศึกษาทั้งหมด 10 พื้นที่.....	74
4.7	ชนิดของปริมาณสาร VOCs ที่พบในพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร.....	77
4.8	ปริมาณสาร VOCs แต่ละชนิดที่พบในพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร.....	79
4.9	ปริมาณสาร TOTAL VOCs ที่พบจาก 10 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร.....	83

ภาพที่		หน้า
4.10	ปริมาณความเข้มข้นของสาร TOTAL VOCs ในพื้นที่ศึกษาองค์การโทรศัพท์หลักสี่ที่บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส.....	84
4.11	ปริมาณความเข้มข้นของสาร TOTAL VOCs ในพื้นที่ศึกษาองค์การโทรศัพท์หลักสี่.....	85
4.12	ปริมาณความเข้มข้นของสาร TOTAL VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาองค์การโทรศัพท์หลักสี่	86
4.13	ปริมาณสาร TOTAL VOCs ที่พบจาก 11พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร.....	86
4.14	ปริมาณสาร TOTAL VOCs เปรียบเทียบกับปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่พบจาก10พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร.....	88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวเหตุผลและทฤษฎี

มลพิษอากาศจัดเป็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองใหญ่มีการพัฒนาและขยายตัวทางด้านพลังงาน การท่องเที่ยว และการคมนาคม ปัญหาการจราจรที่หนาแน่นอันเกิดจากการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของยานพาหนะและการขนส่ง จากการเพิ่มขึ้นของปริมาณยานพาหนะนี้ทำให้ปริมาณความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสูงขึ้นและมีการขยายตัวของสถานีบริการน้ำมันซึ่งกระจายอยู่ทั่วไปในเขตกรุงเทพมหานครอย่างรวดเร็ว ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศอันเนื่องมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถยนต์ประเภทต่างๆ

การระเหยของสารวีโอซีจากระบบการกักเก็บและแหล่งจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงถือเป็นสาเหตุที่สำคัญของปัญหามลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมือง นอกจากนี้ยังพบว่าสารที่ระเหยจากน้ำมันเชื้อเพลิงและไอเสียรถยนต์ ถือเป็นแหล่งกำเนิดสารวีโอซีที่สำคัญต่อกลุ่มคนทำงานและคนทั่วไปที่ได้รับสัมผัส ดังนั้นคนทั่วไปจึงสามารถรับสัมผัสสารดังกล่าวในระดับสูงทั้งขณะที่เดินทางโดยรถยนต์ และขณะที่เติมน้ำมันตามสถานีบริการน้ำมัน สำหรับกลุ่มคนงาน พนักงานขนส่งน้ำมัน และพนักงานที่ทำงานในสถานีบริการน้ำมันต้องทำงานสัมผัสกับน้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรง การปลดปล่อยสารวีโอซีจากการเติมน้ำมันจึงมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการขายน้ำมัน

กรุงเทพมหานครเป็นเมืองหลวงที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น และกำลังประสบกับปัญหามลพิษทางอากาศที่เพิ่มมากขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ซึ่งส่งผลต่อการเกิดสารวีโอซีแพร่กระจายอยู่ในชั้นบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเขตกรุงเทพมหานครจึงเป็นตัวแทนของสิ่งแวดล้อมเมืองที่น่าสนใจในการศึกษา นอกจากนี้การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารวีโอซีในประเทศไทยยังมีน้อย และส่วนใหญ่จะเป็นการตรวจวัดปริมาณสารวีโอซีในบรรยากาศทั่วไปหรือทำการตรวจวัดในส่วนของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น การตรวจวัดสารวีโอซีในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงและปริมาณการรับสัมผัสสารวีโอซีในตัวบุคคลที่ทำงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงยังไม่มีการศึกษามากนัก การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของสารวีโอซีในบริเวณพื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงและที่พนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงจากเขตต่างๆในกรุงเทพมหานครได้รับ

สัมผัสในหนึ่งวันโดยการใช้เทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบแอกทีฟและแบบพาสซีฟ อีกทั้งยังมีการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและบันทึกเวลาที่ทำกิจกรรมในแต่ละวัน ซึ่งข้อมูลจากการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะบ่งบอกถึงระดับความเสี่ยงและโอกาสที่จะได้รับสารดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการเก็บตัวอย่างแบบแอกทีฟกับตัวอย่างแบบพาสซีฟ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของการรับสัมผัสสารวีโอซีของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

1.2.3 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของวีโอซีที่ปรากฏบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง และที่พนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงได้รับ

1.2.4 เพื่อหาชนิดและความเข้มข้นของวีโอซีในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 พื้นที่ศึกษา

ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 11 สถานีทั่วกรุงเทพมหานคร

1.3.2 การตรวจวัดบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

เก็บตัวอย่างแบบแอกทีฟและแบบพาสซีฟบริเวณหัวจ่ายน้ำมัน และบริเวณกักเก็บน้ำมัน เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

1.3.3 การตรวจวัดการรับสัมผัสของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้บุคคลที่ทำงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ทำการติดหลอด Passive gas tube ตรงบริเวณหน้าอกของผู้เก็บตัวอย่าง เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง จะทำให้ทราบปริมาณการรับสัมผัสสารวีโอซีในแต่ละวัน

1.3.4 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 7 วัน ตั้งแต่วันที่ 29 ตุลาคม – 4 พฤศจิกายน 2551

1.3.5 วีโอซีเป้าหมาย

วิเคราะห์หาชนิดและความเข้มข้นของสารวีโอซีโดยใช้สารละลายมาตรฐานวีโอซีชนิด Japanese 50 component indoor air และ MTBE โดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟฟี (GC-FID)

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการศึกษา

1.4.1 ศึกษาลักษณะของสารวีโอซี

1.4.2 วางแผนการทดลอง เก็บตัวอย่าง จัดหาอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์

1.4.3 ดำเนินการทดลอง

1.4.4 วิเคราะห์และสรุปผลการดำเนินการ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการรับสัมผัสสารวีโอซีของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร

1.5.2 ทำให้ทราบความเข้มข้นของสารวีโอซีบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่แตกต่างกันของเขตกรุงเทพมหานคร

1.5.3 สามารถนำข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้ไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาการรับสัมผัสสารวีโอซีของกลุ่มคนทำงาน และกลุ่มบุคคลทั่วไปในเขตกรุงเทพมหานครหรือในเมืองสำคัญอื่นๆในประเทศไทยต่อไปได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ประโยชน์ของสารวีโอซีสามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เช่น สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมต่างๆ ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ใช้เป็นเชื้อเพลิง ใช้ล้างคราบไขมัน เป็นต้น อย่างไรก็ตามสารวีโอซีสามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้โดยตรงหรือโดยทางอ้อมขึ้นอยู่กับโครงสร้างและลักษณะทางเคมีของสารอินทรีย์ แต่ละชนิด ถ้าหากมีการใช้ที่ไม่เหมาะสมและการควบคุมหรือการจัดการที่ไม่ดีพอ อาจส่งผลกระทบสู่สิ่งแวดล้อมได้ สารวีโอซีหลายชนิดมีผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพมนุษย์ เช่น มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ ระบบประสาทส่วนกลาง ตับ และ ไต บางชนิดเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง ส่วนผลกระทบทางอ้อมก่อให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมิคัลออกซิแดนท์ในบรรยากาศ ปัจจุบันปัญหามลพิษทางอากาศอันเนื่องมาจากสารวีโอซีโดยเฉพาะในเขตเมืองและ เขตอุตสาหกรรมกำลังเป็นปัญหาที่ขยายวงกว้างไปทุกแห่ง [กรมควบคุมมลพิษ, 2544]

2.2 ลักษณะของวีโอซี

วีโอซี คือ สารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบและมีความดันไออย่างน้อย 0.13 กิโลพาสคาล (kPa) ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (ที่ 293 °K และ 101 kPa) ทั้งนี้ไม่รวมก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสารประกอบกลุ่มออแกโนเมทัลลิค หรือกรดอินทรีย์ต่างๆ [มลิวรรณ, 2544] โมเลกุลส่วนใหญ่ประกอบด้วย อะตอมคาร์บอน และไฮโดรเจน อาจมีออกซิเจนหรือคลอรีนร่วมด้วย

การแบ่งวีโอซีตามลักษณะของโมเลกุลสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1) Non-chlorinated VOCs หรือ Non-halogenated hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่ไม่มีธาตุคลอรีนในโมเลกุล ประกอบด้วย อะลิฟาติก ไฮโดรคาร์บอน (Aliphatic hydrocarbons) เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล ก๊าซธรรมชาติ เฮกเซน ตัวทำละลายในอุตสาหกรรม แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ และ คีโตน เป็นต้น และกลุ่มสารอะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Aromatic hydrocarbons)เช่น สารตัวทำละลาย โทลูอีน เบนซิน เอธิลเบนซิน ไซลีน สไตรีน และฟีนอล เป็นต้น สารวีโอซีกลุ่มนี้อาจเกิดจากการเผาไหม้กองขยะ พลาสติก วัสดุ สารตัวทำละลาย สีทาวัสดุ เป็นต้น มีผลเสียต่อสุขภาพ ดังนี้ พนักงานดับเพลิง คนงานเผาขยะ คนเผาถ่าน มักป่วย

ด้วยโรคทางเดินลมหายใจบ่อยเพราะได้รับวีโอซีประมาณ 144 ชนิดเป็นประจำจากควันไฟและเชื้อเพลิง ในรูปของ เบนซิน โทลูอีน แนฟทาลีน โพรเพน 1,3 บิวตะไดอีน สไตรีน และalkyl-substituted benzene compounds อื่นๆ xylenes, 1-butene/2-methylpropene, propane, 2-methylbutane, ethylbenzene, naphthalene, isopropyl benzene รวมกันในปริมาตรสูงถึงร้อยละ 76.8 ของวีโอซีทั้งหมดที่วัดได้ในควันไฟ [Hester และ Harrison, 1995]

2) Chlorinated VOCs หรือ halogenated hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่มีธาตุคลอรีนในโมเลกุล ได้แก่ สารเคมีที่สังเคราะห์ใช้ในอุตสาหกรรมสาร chlorinated VOCs นี้มีความเป็นพิษมากกว่าและเสถียรตัวในสิ่งแวดล้อมมากกว่าสารกลุ่มแรก (non-chlorinated VOCs) เพราะมีโครงสร้างที่มีพันธะระหว่างคาร์บอนและธาตุกลุ่มฮาโลเจนที่ทนทานมาก ยากต่อการสลายตัวในธรรมชาติ ทางชีวภาพ ทางกายภาพ หรือโดยทางวิธีเคมีทั่วไป มีความคงตัวสูงและสะสมได้นาน สลายตัวทางชีวภาพได้ยาก รบกวนการทำงานของสารพันธุกรรม หรือยับยั้งปฏิกิริยาชีวเคมีในเซลล์ และมีฤทธิ์ในการก่อมะเร็ง หรือกระตุ้นการเกิดมะเร็ง การวิเคราะห์น้ำประปา พบว่าในน้ำประปามักมีการปนเปื้อนของสารกลุ่ม chlorinated VOCs ได้บ่อย น้ำประปายิ่งใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อมากน้ำจะยิ่งมีสาร halogenated hydrocarbons มากขึ้น เช่น พบ Trihalomethanes ได้บ่อยในน้ำดื่มจากท่อประปา แต่พบน้อยมากในน้ำบ่อธรรมชาติกรองมาจากใต้ดิน ในบรรดาสารกลุ่ม halogenated VOCs นี้ trichloroethylene (TCE) ซึ่งเป็นสารตัวทำละลายในน้ำยาซักแห้ง น้ำยาละลายคราบน้ำมัน หรือคราบไขมัน และเรซินต่างๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรม พบปนเปื้อนได้บ่อยและได้รับการศึกษาค้นคว้าวิจัยมานานกว่า 30 ปี ในด้านผลกระทบต่อสุขภาพของสัตว์ทดลองและมนุษย์ เป็นสารก่อมะเร็งร้ายแรงชนิดหนึ่ง (Group 2A carcinogen (probably carcinogenic to humans) ตามนิยามและการยอมรับขององค์การอนามัยโลก (International Agency for Research on Cancer, IARC และ World Health Organization, WHO)[Hester และ Harrison, 1995]

2.3 แหล่งกำเนิดของวีโอซี

วีโอซีถูกปล่อยสู่บรรยากาศได้ทั้งจากกระบวนการต่างๆตามธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ โดยแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติที่พบได้แก่ ภูเขาไฟระเบิดและไฟป่า อย่างไรก็ตามวีโอซีส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากธรรมชาติแต่จากการกระทำของมนุษย์นั้นเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม และก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพกับมนุษย์โดยตรงจากกิจกรรมของมนุษย์ แหล่งกำเนิดของวีโอซี สามารถแบ่งออกเป็น

2.3.1แหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่

วีโอซีที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่นั้นส่วนใหญ่มาจากการปลดปล่อยจากยานพาหนะ และถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งเกิดในพื้นที่เมืองมากที่สุด เนื่องจากในพื้นที่เมืองมีการจราจรที่คับคั่งกว่าในเขตชนบท

2.3.2แหล่งกำเนิดอยู่กับที่

วีโอซีที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอยู่กับที่นั้นส่วนใหญ่มาจากการปลดปล่อยจากกระบวนการอุตสาหกรรมที่ขยายเป็นวงกว้างรวมทั้งกระบวนการที่ใช้ตัวทำละลายสีหรือการใช้สารเคมี นอกจากนี้กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ถ่านโค้ก หรือน้ำมันปิโตรเลียม ทำให้เพิ่มระดับความเข้มข้นวีโอซีในบรรยากาศจึงทำให้บริเวณเมืองและแหล่งที่มีโรงงานอุตสาหกรรมมีระดับความเข้มข้นวีโอซีมากกว่าบริเวณชนบท

2.3.3บ้านเรือนและภายในอาคาร

แหล่งกำเนิดวีโอซีภายในบ้านเรือนเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในบ้านเรือนทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการเผาไหม้และระบบการควบคุมการปลดปล่อย สำหรับบริเวณภายในอาคาร การสูบบุหรี่ การทำอาหาร รวมทั้งเครื่องทำความร้อน ทำให้เพิ่มความเข้มข้นของวีโอซีในอาคารได้ ในสิ่งแวดล้อมภายในที่พักอาศัย วีโอซีจะสามารถปลดปล่อยมาจากแหล่งกำเนิดจากการใช้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์พลาสติก กาว ตัวทำละลาย กระป๋องสเปรย์ วัสดุพิมพ์ สี น้ำมันขัดเงา ขี้ผึ้ง ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด สารฆ่าเชื้อโรค เครื่องสำอาง น้ำมันหล่อลื่น เชื้อเพลิง ซึ่งความเข้มข้นของวีโอซีภายในอาคารโดยทั่วไปจะมีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอกอาคารเพราะแหล่งกำเนิดภายในอาคารจะมาจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในกิจกรรมของมนุษย์

2.3.4สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย

ในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบเปิดที่ใกล้กับชุมชนจะพบวีโอซีซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ประชาชนในชุมชนไม่ยอมรับการกลบฝัง และการเผา เนื่องจากมีก๊าซเกิดขึ้นจากการเผาของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ และการปลดปล่อยจากเครื่องยนต์ที่บรรทุกขยะมูลฝอยซึ่งทำให้เกิดวีโอซีหลากหลายชนิด [Kungskulniti และ Sylvia, 1990]

2.3.5สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

สารอินทรีย์ระเหยมาจากระบบกักเก็บ และแหล่งจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิง ถือเป็นสาเหตุที่สำคัญของปัญหามลพิษทางอากาศทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมือง ประชาชนทั่วไปมีโอกาสได้รับสัมผัสสารวีโอซีต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อมในขณะที่เดินทาง และเติมน้ำมันในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับกลุ่มพนักงานที่ทำงานขนส่งน้ำมัน และพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมีโอกาสสูงในการรับสัมผัสสารต่าง ๆสูงขึ้น มีการศึกษาวิจัยในพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวน 323 คน ทั้งหมด 51 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานคร

พบว่าระดับเบนซินมีระดับเกินค่ามาตรฐาน (50 พีพีบี) [สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548]

จากการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการระบายสารมลพิษในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ของกรมควบคุมมลพิษปี 2544 พบว่าสัดส่วนการระบายสารอินทรีย์ระเหยออกสู่บรรยากาศจากยานพาหนะ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ที่พักอาศัย สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง โรงงานอุตสาหกรรม และอากาศยาน ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 วีโอซีจากแหล่งกำเนิดต่างๆสามารถแบ่งออกเป็นสัดส่วนได้ดังนี้

แหล่งกำเนิด	สารวีโอซี (ร้อยละ)
ยานพาหนะ	52.2
ที่พักอาศัย	5.22
โรงงานอุตสาหกรรม	0.45
สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย	39.75
สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง	2.21
อากาศยาน	0.16

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2543

ตารางที่ 2.2 แหล่งกำเนิดสารวีโอซีที่สามารถตรวจพบได้

ชนิดของวีโอซี	แหล่งกำเนิด
Benzene	การสูบบุหรี่ และน้ำมันเชื้อเพลิงจาก
Toluene, Xylene, Ethylbenzene,	รถยนต์
	สี กาว น้ำมันเชื้อเพลิง และผลิตภัณฑ์ที่
Trimethylbenzene (Aromatic hydrocarbons),	เกิดจากการเผาไหม้
aliphatic hydrocarbons	อาหาร พืชตระกูลส้ม และมะนาว ต้นไม้
Limonene, alpha-pinene (Terpenes)	ดอกไม้ และเครื่องดื่ม
1, 4-Dichlorobenzene	ลูกเหม็น ยาดับกลิ่นห้อง
Styrene	ยาฆ่าเชื้อ สี และพลาสติก
	น้ำยาซักแห้ง

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Namiesnik และคณะ, 1992 Otson และ Fellin, 1992 และ U.S. EPA, 1990

ตารางที่ 2.2 แหล่งกำเนิดสารวีโอซีที่สามารถตรวจพบได้ (ต่อ)

ชนิดของวีโอซี	แหล่งกำเนิด
Tetrachloroethylene	คลอรีนในน้ำ
Chloroform	น้ำยาซักแห้ง
1, 1, 1-Trichloroethane	แลกเกอร์ น้ำยาขัดเงา และกาว
Ketone	เรซิน สี แลกเกอร์ น้ำยาขัดเงา สบู่
Ethers	เครื่องสำอาง
Esters	เรซิน พลาสติก แลกเกอร์ และตัวทำละลาย

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Namiesnik และคณะ, 1992 Otson และ Fellin, 1992 และ U.S. EPA, 1990

2.4 การได้รับสัมผัสวีโอซีของมนุษย์

สารวีโอซีเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ

1. การหายใจได้รับทางปอด
2. การกิน-ดื่มทางปาก
3. การสัมผัสทางผิวหนัง

หลังจากการเข้าสู่ร่างกายโดยวิธีการต่างๆสารวีโอซีจะผ่านเข้าสู่ตับ ซึ่งจะมีเอนไซม์และวิถีทางเมตาบอลิซึม(metabolism)หลากหลายที่แตกต่างกันจะทราบกลไกการเกิดพิษของสารวีโอซีต้องอาศัยความรู้ด้านเภสัชวิทยาและพิษจุลศาสตร์ เช่น สารพิษถูกเปลี่ยนแปลงทางเมตาบอลิซึมในตับในระยะแรกโดยอาศัยเอนไซม์ในระบบและในระยะหลังรวมตัวกับสาร glutathione ชนิดเอนไซม์ P450 ที่ใช้จะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของวีโอซีเช่น เอนไซม์ชนิด CTP2E1 มีบทบาทมากต่อเมตาบอลิซึมของ trichloroethylene ซึ่งจะกลายเป็น chloral hydrate และต่อมาถูกเอนไซม์ชนิด CYP2B เร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็น trichloroethanol ซึ่งในที่สุดจะถูกขับทิ้งทางปัสสาวะในรูปของ trichloroacetic acid; เซลล์ตับจะทำให้ toluene กลายเป็น benzyl alcohol และ benzoic acid ละลายในน้ำได้ง่าย แล้วถูกขับออกทางปัสสาวะ

ปัจจัยที่ทำให้สารวีโอซีเกิดอันตรายมีความรุนแรงและอาการป่วยมากหรือน้อยมีดังนี้

1. ครึ่งชีวิต (Half-life) ของสารวีโอซีในเลือดจากการตรวจวัดสารระเหยวีโอซีในเลือดสามารถบอกประวัติการได้รับ หรือ การสัมผัสวีโอซีในประชากรได้

2. ขึ้นอยู่กับสภาวะภายในร่างกาย และปฏิกิริยาชีวเคมีทางเมตาบอลิซึมในตับและเนื้อเยื่อ แปรสภาพให้เป็นพิษมากขึ้นหรือน้อยลงได้ และขึ้นอยู่กับปริมาณแอลกอฮอล์หรือ

สารเคมีอื่นในกระแสเลือดและเนื้อเยื่อด้วย ตัวอย่างเช่น การดื่มเหล้าหรือเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์จะเพิ่มการดูดซึมและเพิ่มระดับของ 2-butanone และ acetone ในเลือดของนักดื่มเหล้าทั้งหลาย

3. การขับสารพิษทิ้ง สารวีโอซีถูกขับโดยตรงผ่านไตออกมาทางปัสสาวะ ทางลมหายใจ และโดยทางอ้อมผ่านตับ และน้ำดี ถ้าสารนั้นถูกขับออกทิ้งได้ง่าย ความเป็นพิษจะน้อยลงกว่าสารเคมีที่ถูกขับออกทิ้งได้ยาก

ผลกระทบต่อสุขภาพของสารวีโอซี ต่อมนุษย์ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1) พิษแบบเฉียบพลัน คือ อาการที่มักเกิดขึ้นทันที ได้แก่ การระคายเคืองต่อตา เยื่อบุทางเดินหายใจ และโดยส่วนใหญ่ถ้าความเข้มข้นของสารวีโอซีในอากาศต่ำกว่า 50 พีพีเอ็ม จะมีอาการฝันหวาน ร่าเริง ตื่นเต้น และมีอาการเสมือนเมาสุรา ได้แก่ ปวดศีรษะ มึนงง คลื่นไส้อาเจียน อ่อนเพลีย ประสาทหลอน และควบคุมตัวเองไม่ได้ ถ้าความเข้มข้นมากกว่า 50 พีพีเอ็ม จะทำให้ง่วงซึม ชัก หมดสติ และเสียชีวิตได้ ซึ่งจากการศึกษาวิจัยเบื้องต้นในพนักงานที่ทำงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเขตปทุมวัน พบว่ามีอาการปวดศีรษะ เวียนศีรษะ อ่อนเพลีย [สมเกียรติ 2544]

2) พิษแบบเรื้อรัง คือ อาการที่เกิดขึ้นเมื่อร่างกายได้รับสารวีโอซีต่างๆปริมาณน้อยเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดพยาธิสภาพกับอวัยวะเป้าหมาย เช่น สมอง ตับ ไต มีผลทำให้อวัยวะทำงานผิดปกติไปจนถึงทำงานไม่ได้ นอกจากนี้สารเบนซินยังเป็นสารก่อมะเร็งที่อวัยวะเป้าหมายต่างๆ และมะเร็งเม็ดเลือดขาวได้ [กรรชิต, 2544]

ผลกระทบของสารวีโอซีต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย

1) ระบบประสาท

การได้รับสารวีโอซีจะทำให้เกิดอาการกดประสาทหลายอย่าง เช่น การง่วงนอน วิงเวียนปวดศีรษะ ซึมเศร้า หรือหมดสติได้ ในการทดลองกับหนูพุกขาว และหนูถีบจักรพบว่าการได้รับ 1,1,1-trichloroethane(TRI) 5000 พีพีเอ็ม ทางลมหายใจนาน 40 นาที ทำให้การส่งกระแสประสาทผิดปรกติได้ หนูมีการเรียนรู้สิ่งเร้าในสิ่งแวดล้อมลดลง กลไกคือ TRI ทำให้สาร cyclic GMP ซึ่งเป็นสารทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้เซลล์ประสาททำงาน นั้นมีระดับลดลงและ medulla oblongata คือลดลงจากกลุ่มควบคุม ถึงร้อยละ 55-58 และระดับ cyclic GMP จะลดมากเมื่อได้รับสารระเหยนานมากขึ้นเป็น 100 นาที ในกลุ่มช่างทำรองเท้า ซึ่งได้รับวีโอซีจากการหายใจสารตัวทำละลายสีหรือน้ำยาทำรองเท้า dichloromethane, n-hexane, plastic compounds (isocyanates และ polyvinyl chloride) เป็นประจำ มักจะมีอาการทางประสาทคือ ปวดศีรษะ (ร้อยละ 65), จิตใจกังวล(ร้อยละ 53), รู้สึกคันที่ขาและเท้า(ร้อยละ 46), เจ็บตา(ร้อยละ 43), หายใจลำบากและมีอาการรวมหลายอย่าง (ร้อยละ 1.1-3.5) การศึกษาในหญิงตั้งครรภ์จำนวน 14,000 คน ใน Bristol, U.K. ที่ใช้สเปรย์ปรับอากาศ (aerosols) เป็นประจำพบว่าในเลือดมีสารพวกวีโอซี

(Xylene, ketone และ aldehydes) ค่อนข้างสูง และประชากรเหล่านี้จะมีอาการหลายอย่าง เช่น ร้อยละ 25 ปวดศีรษะ, ร้อยละ 19 มีอาการซึมเศร้าหลังคลอด, เด็กที่คลอดออกมาแล้วมักมีอาการท้องเสียบ่อยกว่าเด็กกลุ่มอื่นร้อยละ 22

2) ระบบหายใจ

เมื่อได้รับการสูดดมจะมีผลระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดหลอดลมอักเสบและการหดเกร็งอาจจะเสียชีวิตได้จากระบบหายใจล้มเหลว

3) ระบบเลือด

จากการศึกษาการรับสัมผัสสารเบนซินทำให้เกิดการทำลายไขกระดูกเป็นผลทำให้เกิดโลหิตจางแบบ Apastic anemia จำนวนเม็ดเลือดขาวและเกล็ดเลือดต่ำลง นอกจากนี้ยังเป็นสารก่อมะเร็งทำให้เกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาว หากมีการสะสมไอระเหยของเบนซินในปริมาณสูงอาจก่อให้เกิดมะเร็งปอดได้ นอกจากนี้มีการศึกษาพบว่าเบนซินในระดับต่ำมีผลต่อความผิดปกติของเลือดในกลุ่มเด็ก

4) ระบบสืบพันธุ์

สารวีโอซีประเภทตัวทำละลายจะมีผลต่อการลดจำนวนการตกไข่ จำนวนอสุจิ และเกิดการเสื่อมสมรรถภาพทางเพศ นอกจากนี้ยังมีผลต่อตัวอ่อนในครรภ์มีผลทำให้เกิดการผิดปกติแต่กำเนิด การแท้งและการตายก่อนคลอดได้

5) ผิวหนังและตา

เมื่อได้รับสัมผัสจะมีอาการระคายเคืองและทำให้เกิดอักเสบที่ผิวหนังผื่นแดง พุพอง และเยื่อหุ้มตาอักเสบ

6) ตับและไต

สารวีโอซีเกือบทุกชนิดจะถูกเปลี่ยนแปลงที่ตับ และถูกขับออกทางไต สำหรับ โทลูอีน มีผลทำลายตับและตับวายได้ นอกจากนี้ยังพบภาวะ Renal tubular acidosis กรวยไตอักเสบและไตวายได้

7) ระบบภูมิคุ้มกัน

สารวีโอซีหลายชนิดทำให้ระบบภูมิคุ้มกันถูกรบกวนหรือทำลาย ศักยภาพทางการป้องกันโรคการติดเชื้อจะลดและพร่องลงจากเดิม เช่น ในการศึกษาในประชากร 302 คน (อายุ 40-59 ปี) ที่ Aberdeen, North Carolina และบริเวณใกล้เคียงโดยการ ตรวจเลือด ตรวจผิวหนังและสัมภาษณ์ พบว่ามีสาร Dichloroethylene (DCE) ในเลือด ในคนที่อยู่ใกล้ที่ทิ้งขยะสารเคมีพิษ (pesticide dump sites) ในระดับเฉลี่ย 4.05 พีพีบี เทียบกับระดับเฉลี่ย 2.95 พีพีบี (p=0.01) ของกลุ่มควบคุม คนที่อยู่ใกล้มากกว่ายิ่งมีระดับ DCE สูงกว่า ยิ่งอยู่ในบริเวณนาน ๆ ยิ่งได้รับมากขึ้น

แตกต่างกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้เม็ดเลือดขาวของประชากรดังกล่าวมีคุณสมบัติทางภูมิคุ้มกัน (mitoger-induced lymphoproliferativity) ต่ำกว่าเม็ดเลือดขาวในกลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัด

2.5 ความเป็นพิษของวีโอซี

2.5.1 การเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogenicity)

วีโอซีหลายชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง การได้รับควันวีโอซีจากการสูบบุหรี่ ทำให้มนุษย์เป็นมะเร็งปอดมากขึ้น การเป็นมะเร็งจากการได้รับสัมผัสวีโอซีขึ้นอยู่กับเส้นทางการรับสัมผัส เช่น จากการหายใจหรือทางผิวหนัง

2.5.2 การเป็นสารก่อเกิดการกลายพันธ์ (Mutagenicity)

วีโอซีที่เป็นสารก่อมะเร็งจะมีฤทธิ์เป็นสารก่อเกิดการกลายพันธุ์ด้วยวีโอซีบางชนิด เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกเมทตาโบไลท์โดยเอนไซม์ Cytochrome P-450

2.5.3 การเสริมพิษ/การต่อต้านพิษ (Potentiation/antagonism)

อันตรายและโทษต่อสุขภาพของสารวีโอซีจะยิ่งมีผลกระทบมากขึ้นถ้าได้รับสารวีโอซีผสมกันหลายชนิดในระยะเดียวกัน อาจจะส่งเสริมความรุนแรงต่อสุขภาพมากขึ้น มากกว่าผลกระทบรวมกันที่เกิดจากสารเดี่ยวๆแต่ละชนิดได้ สารวีโอซีผสมกันหลายชนิดจะเกิดอันตรายโดยการทำลายเซลล์ของโครโมโซม ของระบบอวัยวะต่าง ๆ เช่น เม็ดเลือดแดง ตับ ไต ประสาท ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และ 2.4 เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างสารวีโอซีบางชนิดที่มีผลกระทบต่อระบบเนื้อเยื่อและอันตรายต่อสุขภาพ

สาร VOCs	เนื้อเยื่อที่ถูกทำลายโดย VOCs	ผลร้ายต่อสุขภาพ
Benzene	Hemopoietic system, Red blood cell, Nerve	ทำลายไขกระดูก เม็ดเลือดแดงแตก โรคโลหิตจาง และอาการหรือโรคทางประสาทส่วนกลาง
Carbon tetrachloride(CCl_4)	Liver, CNS	ตับเสื่อม ตับแข็ง
Chloroform (trichloromethane ,$CHCl_3$)	Liver, Kidney, Heart muscle, Eyes, Skin	ตับเสื่อม ตับแข็ง ไตเสื่อม หัวใจเต้นผิดปกติ การแสบระคายเคืองของตาและผิวหนัง

ที่มา: ประสงค์ และไมตรี, 2544

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างสารวีโอซีบางชนิดที่มีผลกระทบต่อระบบเนื้อเยื่อและอันตรายต่อสุขภาพ (ต่อ)

สาร VOCs	เนื้อเยื่อที่ถูกทำลายโดย VOCs	ผลร้ายต่อสุขภาพ
Dichlorobenzene (methylene chloride, DCM)	Liver, Kidney, blood, Skin, Eyes, Upper respiratory tract	ฤทธิ์แสบ ระคายเคือง โรคตับ กดประสาทส่วนกลาง อาจหมดสติและตายได้
Ethyl alcohol (methylene)	Liver, CNS Nerve, Placenta	ตับเสื่อม ตับแข็ง เร่งการเกิดมะเร็งตับ มีอาการกดประสาท ทำให้ทารกคลอดพิการ
Ethyl benzene (ethylbenzol) n-Hexane	Eyes, CNS Nerve, Nasal cavity Nerve	ทำให้ระคายเคือง แสบตา แสบจมูก กดประสาทส่วนกลาง ทำให้ปวดหัว สับสนงุนงง อาจหมดสติได้
Methyl alcohol (methanol)	Liver, CNS Nerve	ตับเสื่อม อาการกดประสาท ทำให้ตาบอด
Toluene (methylbenzene , toluol)	CNS Nerve	อาการทางประสาทส่วนกลาง
Trichlorobenzene	Liver, Kidney	ตับแข็ง ตับเสื่อม ไตเสื่อม
1,1,1-Trichloroethane (methylchloroform)	Liver, Nerve, Kidney	อาการทางประสาทส่วนกลาง ชักหมดสติและอาจตายได้
Xylene (dimethylbenzene)	Skin, Nerve	ระคายเคือง โรคผิวหนัง และอาการเกิดจากการกดประสาทส่วนกลาง

ที่มา: ประสงค์ และไมตรี, 2544

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 สาร VOCs ที่เป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) สารส่งเสริมการเกิดเนื้องอก (tumor promoter) และชนิดของมะเร็ง

ชนิดสาร VOCs	ชนิดของมะเร็ง	ชนิดสาร VOCs	ชนิดของมะเร็ง
Benzene	Acute myeloblastic leukemia	Vinyl Chloride	Lung cancer
Carbon Tetrachloride	Hepatoma	Hexachlorobenzene	Lung cancer
Dichloropropane	Lung cancer	Dibromochloropropane	Lung cancer
Ethylbenzene	Lung cancer	Ethylene Dibromide	Lung cancer
Dichloroethane	Lung cancer	Trihalomethanes	Lung cancer
Pentachloropheno	Lung cancer	Trichloroacetylene	Lung cancer
Toluene	Lung cancer	Haloacetic Acid	Lung cancer
Trichloroethylene	Lung cancer		
Dichloromethane	Lung cancer		

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก ประสงค์ และไมตรี, 2545

2.6 ค่ามาตรฐานของวีโอซีต่างๆที่อนุญาตให้มีในบรรยากาศ

การกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของวีโอซีในแต่ละประเทศมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของเบนซินโดยมีค่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 3 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ส่วนในยุโรปกำหนดไว้ที่ 5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ส่วนวีโอซีภายในอาคาร ได้แก่ โทลูอีน และไซลีน กระทรวงสาธารณสุขของญี่ปุ่นได้กำหนดมาตรฐานไว้ที่ระดับ 260 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และ 870 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ [Amagai และคณะ, 2002]

การกำหนดค่ามาตรฐานของสารวีโอซีในสถานประกอบการเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้เป็นแนวทางบนพื้นฐานของความเสี่ยงต่อการก่อให้เกิดมะเร็ง โดยค่ามาตรฐานที่อนุญาตให้มีสารอินทรีย์ระเหยในสถานประกอบการของแต่ละหน่วยงาน แต่เป็นวีโอซีบางชนิดเท่านั้นที่มีค่ามาตรฐาน ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่ามาตรฐานของวีโอซีที่อนุญาตให้มีในสถานประกอบการ

สารประกอบ	หน่วยงาน	ปริมาณความเข้มข้น	ปริมาณความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
Benzene	ACGIH	0.5 ppm (TWA/8 ชม.)	1.5×10^3
		2.5 ppm (STEL)	7.9×10^3
	NIOSH	0.1 ppm (TWA/10 ชม.)	3.1×10^2
		1 ppm (STEL/15 นาที)	3.1×10^3
	NIOSH	500 ppm(IDLH)	1.5×10^6
	OSHA	1 ppm (TWA/8 ชม.)	3.1×10^3
		5 ppm (STEL/15 นาที)	1.5×10^4
CHLOROFORM	ACGIH	10 ppm (TWA)	1.8×10^5
	NIOSH	2 ppm (STEL/60 นาที)	9.78×10^3
	NIOSH	500 ppm(IDLH)	2.4×10^6
	OSHA	50 ppm	2.4×10^5
TRICHLOROETHYLENE	ACGIH	50 ppm (TWA)	2.68×10^5
		200 ppm (STEL)	1.07×10^6
	NIOSH	25 ppm	1.34×10^5
		2 ppm (1 ชม.)	1.07×10^4
	OSHA	100 ppm (3 ชม.)	5.37×10^5
		200 ppm (15 นาที)	1.07×10^6
		600 ppm (5 นาที)	3.22×10^6
STYRENE	ACGIH	20 ppm (TWA)	8.52×10^4
		40 ppm (STEL)	1.7×10^5
	NIOSH	50 ppm (TWA)	2.15×10^5
		100 ppm (STEL)	4.25×10^5
	NIOSH	700 ppm (IDLH)	2.98×10^6
	OSHA	100 ppm (3 ชม.)	4.25×10^5
		200 ppm (15 นาที)	8.52×10^5
		600 ppm (5 นาที)	2.55×10^6
TETRACHLOROETHYLENE	ACGIH	50 ppm (TWA)	2.87×10^5
		200 ppm (STEL)	11.46×10^5
	NIOSH	150 ppm (IDLH)	17.22×10^5
	OSHA	100 ppm (8 ชม.)	11.46×10^5
		200 ppm(15 นาที)	22.96×10^5

TWA = Time Weight Average STEL = Short Term Exposure Limit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.5 ค่ามาตรฐานของวีโอซีที่อนุญาตให้มีในสถานประกอบการ (ต่อ)

สาร	หน่วยงาน	ปริมาณความเข้มข้น	ปริมาณความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
TOLUENE	ACGIH	20 ppm (TWA/8 ชม.)	7.68×10^4
	NIOSH	100 ppm (TWA)	3.84×10^5
		150 ppm (STEL)	5.76×10^5
	NIOSH	500 ppm (IDLH)	1.92×10^6
	OSHA	200 ppm (8 ชม.)	7.68×10^5
		300 ppm (15 นาที)	1.15×10^6
		500 ppm (10 นาที)	1.92×10^6
	EU OEL	50 ppm (TWA)	1.92×10^5
		100 ppm(STEL)	3.84×10^5
p-XYLENE	ACGIH	100 ppm (TWA)	4.35×10^5
		150 ppm (STEL)	6.55×10^5
	NIOSH	100 ppm (TWA)	4.35×10^5
		150 ppm (STEL)	6.52×10^5
	NIOSH	900 ppm (IDLH)	3.91×10^6
	OSHA	100 ppm (TWA)	4.35×10^5
	EU OEL	50 ppm (TWA)	2.17×10^5
		100 ppm (STEL)	4.35×10^5
o-XYLENE	ACGIH	100 ppm (TWA)	4.35×10^5
		150 ppm (STEL)	6.55×10^5
	NIOSH	100 ppm (TWA)	4.35×10^5
		150 ppm (STEL)	6.52×10^5
	NIOSH	900 ppm (IDLH)	3.91×10^6
	OSHA	100 ppm (TWA)	4.35×10^5
	EU OEL	50 ppm (TWA)	2.17×10^5
		100 ppm(STEL)	4.35×10^5
m-XYLENE	ACGIH	100 ppm (TWA)	4.35×10^5
		150 ppm (STEL)	6.55×10^5
	NIOSH	100 ppm (TWA)	4.35×10^5
		150 ppm (STEL)	6.52×10^5
	NIOSH	900 ppm (IDLH)	3.91×10^6
	OSHA	100 ppm (TWA)	4.35×10^5
	EU OEL	50 ppm (TWA)	2.17×10^5

TWA = Time Weight Average STEL = Short Term Exposure Limit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7 การป้องกันและการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากสารวีโอซี

การควบคุมสารวีโอซีที่ดีที่สุด คือ การป้องกันมิให้มีการใช้สารที่อันตรายต่อสุขภาพโดยไม่จำเป็น หรือหากจำเป็นต้องใช้ ก็ต้องมีวิธีการลดอันตราย ความเสี่ยง และความเป็นพิษให้เหลือน้อยที่สุด โดยมิให้สารเคมีเกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ในน้ำ อากาศ ดิน อาหาร และเครื่องดื่ม เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

การทำลายวีโอซีทางเคมี ได้มีการนำสาร oxidizers หลายชนิด เช่น ก๊าซโอโซน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต มาใช้เพื่อทำลายสารวีโอซีโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้วีโอซีหลายกลุ่มสลายตัวและหมดสภาพความเป็นพิษได้ การทำงานทางชีวภาพ มีการวิจัย co-metabolism method ที่จะใช้จุลชีพหลายชนิดรวมกันที่สามารถทำปฏิกิริยาทางชีวเคมีกับสารวีโอซีได้ โดยอาศัยเอนไซม์ของแบคทีเรียทั้งชนิด anaerobic และ aerobic จะทำให้เกิด oxidation, reduction, dehalogenation เป็นต้น และสารวีโอซี (TCE, PCE, DCM, benzene, toluene) จะถูกทำลายและหมดความเป็นพิษได้

ในทางการแพทย์ได้มีการรักษาผู้ป่วยที่ได้รับสารวีโอซีเข้าไปในร่างกายและเกิดมีอาการป่วย ต้องใช้วิธีการล้างออก การขับออกในทุกรูปแบบ ทั้งทางกายภาพ ทางเคมีและทางชีวภาพ ให้ทันท่วงที ก่อนที่สารเคมีนั้นจะสะสมและเกิดความเป็นพิษ วิธีการรักษานั้นกระทำได้ยากและสิ้นเปลืองการรักษา

สารวีโอซีมีอันตรายต่อสุขภาพหลายด้าน โดยการเกิดการเป็นพิษมากหรือน้อยแล้วแต่ชนิดและความเข้มข้นของสารเคมี ปริมาณที่ได้รับ สภาวะทางชีวภาพของร่างกาย และปัจจัยอื่น ๆ หากได้รับสารวีโอซีบางชนิดในปริมาณมาก จะทำให้เกิดการทำลายระบบประสาทส่วนกลาง และมีอาการกดประสาท เกิดอาการทันทีหรือหมดสติได้ ในการได้รับปริมาณน้อยและนานจะมีปัญหาเรื้อรัง อาจทำให้เกิดมะเร็งและความเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่ออวัยวะภายในได้ด้วย การเกิดพิษมีกลไกมาจากคุณสมบัติทางเคมีของสารวีโอซีที่ทนทานต่อการสลายตัวทางชีวภาพ แต่สามารถรวมตัวกับสารชีวโมเลกุล ดีเอ็นเอ โปรตีน ไขมันได้ ทำให้ปฏิกิริยาชีวเคมีในเซลล์ถูกรบกวนและหยุดชะงัก การแก้ไขปัญหาของสารวีโอซีนั้น อาจทำลายสารวีโอซีทางเคมีโดยการใช้ ก๊าซโอโซน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และสารออกซิไดซ์อื่น หรือทางชีวภาพใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารวีโอซีได้ การรักษาผู้ป่วยนั้นมีความลำบากยุ่งยากมาก การควบคุมโดยการป้องกันและการลดความเสี่ยงต่อสารวีโอซีในระดับต่าง ๆ จะเป็นวิธีการที่ดีและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

2.8 การเก็บตัวอย่างวีโอซี

การเก็บตัวอย่างสารวีโอซีในบรรยากาศมีหลักวิธีการเก็บอยู่ 2 วิธี ได้แก่

2.8.1 Active Sampling

Active Sampling หมายถึง การเก็บตัวอย่างอากาศที่ต้องอาศัยปั๊มในการดูดตัวอย่างอากาศเพื่อเก็บสารที่ต้องการตรวจสอบผ่านตัวกลาง (Collection medium) โดยอาศัยหลักการอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

1. การเข้าไปแทนที่อากาศ (Air displacement) หลักการนี้ตัวอย่างก๊าซถูกดูดซึมเข้าไปในภาชนะเก็บ (Collector) เช่น ขวดสุญญากาศ ถุง ถังคานิสเตอร์ เป็นต้น

2. การควบแน่น (Condensation) หลักการนี้ตัวอย่างก๊าซจะถูกดูดผ่านเข้าไปใน หรืออุปกรณ์ที่เหมาะสม ซึ่งแช่อยู่ในภาชนะที่บรรจุสารทำความเย็นเพื่อทำให้ตัวอย่างอากาศเย็นตัวลงต่ำกว่าจุดเดือดหรือจุดเยือกแข็งของก๊าซที่ต้องจับ สารให้ความเย็นมีหลายชนิดและมีอุณหภูมิต่างกัน ภาชนะควบแน่นส่วนใหญ่ใช้ Dewar flask ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบรรจุสารให้ความเย็นและจับก๊าซ ระบบควบแน่นต้องใช้อัตราการไหลต่ำกว่า 10 ลิตร/ นาที จึงจะมีประสิทธิภาพสูง หากใช้อัตราการไหลสูงขึ้นเวลาที่สัมผัสกับความเย็นจะลดลง และอาจนำละอองไอจากการควบแน่นออกไป ตัวอย่างก๊าซสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ทันที ปัญหาสำคัญในการควบแน่นเกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำในตัวอย่างก๊าซแต่ละชนิด ดังนั้นอาจใช้เครื่องควบแน่นหลายอันต่อกัน เครื่องแรกมีความเย็นพอที่จะกลั่นไอน้ำ และเครื่องต่อๆไปจะเย็นขึ้นตามลำดับการกลั่นตัวของก๊าซแต่ละชนิด หลักการควบแน่นเหมาะที่จะใช้กับตัวอย่างที่มีลักษณะที่ระเหยได้ง่ายบนตัวดูดซับ

3. การดูดซึม (Absorption) หลักการนี้ตัวอย่างก๊าซละลายในของเหลวหรือทำปฏิกิริยากับของเหลวที่บรรจุในขวดดูดซึมหรือ Impinger โดยการทำตัวอย่างก๊าซให้เป็นฟองอากาศเล็กๆ เพื่อช่วยในการดูดซึมจะมีประสิทธิภาพดีและเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด แต่ต้องป้องกันการอุดตันจากฝุ่นละออง นอกจากนี้ขวดดูดซึมที่มีรูพรุนขนาดเล็กมากๆอาจทำให้เกิดความดันลด (Pressure drop) และต้องมีที่ว่างตอนบนของสารละลายเพื่อไม่ให้ฟองล้นออกมา ขวดดูดซึมส่วนใหญ่ทำด้วยแก้ว ดังนั้นต้องแน่ใจว่าไม่ดูดหรือทำปฏิกิริยากับก๊าซที่ทำการศึกษาการเก็บตัวอย่างโดยหลักการดูดซึมนี้ไม่ค่อยนิยมใช้ เนื่องจากยุ่งยากต้องเคลื่อนย้ายสารละลายที่ใช้ในการดูดซึม ต้องระวังอุปกรณ์แตกหักเสียหายในขณะเก็บตัวอย่าง และต้องคำนึงถึงศักยภาพของ Impinger เป็นต้น ดังนั้นส่วนใหญ่จึงหันไปใช้เทคนิคการดูดซับ (Adsorption) โดยการใช้หลอดดูดซับ แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคการดูดซึมอาจใช้ในกรณีที่ตัวดูดซับบางตัวไม่เหมาะสำหรับเก็บตัวอย่างในสภาวะที่มีความชื้นสูงๆ

4. การดูดซับ (Adsorption) การดูดซับของก๊าซตัวอย่างเป็นการเกิดขึ้นที่ผิวโดยที่โมเลกุลของก๊าซจะรวมตัว และดูดด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเข้าหาผิวของวัสดุที่ดูดจับตัวอย่าง ณ อุณหภูมิเดียวกัน ปริมาณก๊าซที่ถูกดูดจะเป็นสัดส่วนกับความดันก๊าซ นอกจากนี้การดูดซับยังขึ้นกับพื้นที่ผิวของวัสดุที่ดูดปริมาณก๊าซต่างๆที่ถูกดูดจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความสามารถในการระเหย สารที่สามารถดูดซับอะตอมหรือโมเลกุลของสารอื่น เรียกว่า สารดูดซับ (Adsorbent) โดยทั่วไปแล้ววัสดุที่ใช้เป็นตัวดูดซับจะมีลักษณะเป็นรูพรุนเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว ขนาดของรูพรุน (Pore size) และขนาดของอนุภาคจะเป็นลักษณะสำคัญต่อการดูดซับ อะตอมหรือโมเลกุลที่ถูกดูดซับ เรียกว่าสารถูกดูดซับ (Adsorbate) ส่วนกระบวนการที่ทำให้สารถูกดูดซับหลุดออกจากผิวของตัวดูดซับเรียกว่า ดีซอฟชั่น (Desorption)

2.8.2 Passive Sampling

Passive Sampling หมายถึง การเก็บตัวอย่างโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซจากความเข้มข้นสูงไปสู่ความเข้มข้นต่ำ ณ สภาวะ Steady state โดยการดูดซึมทางเคมี หรือ การดูดซับทางด้านกายภาพบนตัวกลาง (Medium) ซึ่งวิธีนี้ไม่ต้องมีการใช้ปั๊มในการเก็บตัวอย่าง หลักการของการเก็บแบบ Passive แบ่งได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. Passive Sampling ที่อาศัยการแพร่ของโมเลกุลก๊าซ

มวลของก๊าซที่เก็บได้จะถูกจำกัดโดยความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลางของตัว Passive tube และ ลักษณะทางเคมี กายภาพของก๊าซแต่ละชนิด ความเร็วในการเก็บตัวอย่างจะขึ้นอยู่กับค่า ดัชนีของการแพร่ (Diffusion coefficient) ของก๊าซที่เก็บและพื้นที่หน้าตัดของตัว Passive Sampling ตัว Passive Sampling ที่อาศัยการแพร่ ส่วนใหญ่นิยมใช้เป็นตัวหลอดที่มีตัวดูดซับที่มีฝาครอบเป็นช่องตะแกรงป้องกันผลกระทบของกระแสลมในขณะเก็บตัวอย่าง ความเข้มข้นของก๊าซสามารถคำนวณได้จากพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ ระยะทางจากผิวหน้าของตัว Passive Sampling ถึงสารดูดซับ อัตราการเก็บตัวอย่างและประสิทธิภาพของการ Desorption ตัวอย่างก๊าซที่ใช้หลักการแพร่ ได้แก่ สารอินทรีย์ระเหยพวกไฮโดรคาร์บอน เช่น เบนซิน โทลูอีน ไซลีน เป็นต้น

2. Passive Sampling ที่อาศัยการซึมผ่านของโมเลกุลก๊าซ

มวลของก๊าซที่เก็บได้ถูกควบคุมโดยลักษณะทางเคมี กายภาพของเมมเบรน และลักษณะของก๊าซ มวลของก๊าซที่เก็บได้สัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการซึมผ่านของก๊าซ ความเข้มข้นของก๊าซในบรรยากาศ และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง นอกจากนี้ตัวอย่างก๊าซที่ซึมผ่านเมมเบรน ขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายของก๊าซในเมมเบรนซึ่งเคลือบด้วยสารที่สามารถละลายได้และขึ้นกับอัตราการแพร่ผ่านเมมเบรน ภายในสภาวะที่เข้มข้นแตกต่างกัน

ปัจจัยสำคัญในการเก็บตัวอย่างโดยใช้ Passive Sampling ได้แก่ ขนาดของหลอด Passive tube ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง ช่วงความเข้มข้นของก๊าซ ความเสถียรภาพของตัวกลาง ค่าความถูกต้องและแม่นยำที่ต้องการ วิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ อุณหภูมิ อัตราความเร็วที่ผิวหน้า ความชื้น ความเสถียรของก๊าซในตัวกลาง สิ่งเจือปนที่รบกวน ความดันบรรยากาศ ประสิทธิภาพของการเก็บตัวอย่าง ความเสถียรภาพในการเก็บรักษาตัวอย่าง และปริมาตรของตัวอย่าง

2.9 หลักการวิเคราะห์วีโอซี

เทคนิคในการเตรียมตัวอย่าง หรือการสกัดตัวอย่างก่อนที่จะวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ มีหลายวิธี

1. Headspace

วิธีนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ก๊าซและสารระเหยที่ระเหยได้ง่าย หรือมีจุดเดือดต่ำๆ แต่ไม่สามารถวัดสารอินทรีย์ที่มีจุดเดือดสูงๆ และสารอินทรีย์กึ่งระเหยได้ เนื่องจากมี Partition ใน Gas headspace volume ต่ำ และ Sensitivity ของเทคนิคนี้อยู่ระดับพีพีเอ็ม

2. Purge and Trap Thermal Desorption

วิธีนี้สามารถวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยและสารกึ่งระเหยได้ โดยการ Purge ตัวอย่างที่อุณหภูมิสูง ทำให้สามารถตรวจวัดสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงได้ เทคนิคนี้ Sensitivity สูงกว่า Headspace ถึง 1,000 เท่า สำหรับสารอินทรีย์ระเหยและสารกึ่งระเหยโดยมี Detection limit อยู่ในช่วงพีพีบี อย่างไรก็ตามวิธีนี้ไม่เหมาะสำหรับตรวจวัดสารอินทรีย์ที่มีจุดเดือดต่ำๆ หรือระเหยได้ง่าย เนื่องจากสารดังกล่าวไม่ติดบนตัวดูดซับ

3. การสกัดด้วยสารละลาย

สารละลายที่ใช้ในการสกัดสารอินทรีย์ระเหยส่วนใหญ่มักใช้คาร์บอนไดซัลไฟด์ในการสกัดสารอินทรีย์ระเหยออกจากตัวดูดซับ เช่น Activated carbon เนื่องจากคาร์บอนไดซัลไฟล์มีประสิทธิภาพในการสกัดสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง

4. Thermal Desorption

เป็นเทคนิคที่ใช้ในการสกัดตัวอย่างสารอินทรีย์อาจเป็นสารที่ระเหยง่ายและสารกึ่งระเหยที่เป็น Trace organic จาก Solid sorbent หรือ Sample matrix ตัวอื่น โดยไม่ต้องใช้สารละลายเป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่ายและมี Sensitivity สูง เทคนิคนี้เป็นการสกัดตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพสามารถ Transfer sensitivity สารที่ต้องการวิเคราะห์ไปยังเครื่องมือที่วิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว

การวิเคราะห์ชนิดและความเข้มข้นของสารวีโอซีนั้น ส่วนใหญ่ต้องอาศัยเทคนิคทาง GC การเลือกคอลัมน์ ถือเป็นหัวใจของการแยกสารด้วยเทคนิคทาง GC เมื่อผสมก๊าซ หรือไอของ

สารที่ปนกันอยู่ในสารตัวอย่าง ผ่านคอลัมน์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวแยกก๊าซ หรือไอผสมเหล่านั้นออกจากกันเป็นส่วนๆ ดังนั้นโครมาโตแกรมที่ได้จะดีหรือไม่จึงขึ้นอยู่กับชนิดของคอลัมน์ ประเภทของคอลัมน์ ที่ใช้กันโดยทั่วไปใน GC นั้นมี 2 ประเภท คือ

(1) Pack columns มีอยู่ 2 ชนิด คือ Partition column และ Adsorption column สำหรับ Partition column เป็นคอลัมน์เปล่าที่บรรจุด้วยอนุภาคของแข็งซึ่งมีลักษณะเฉื่อย แล้วฉาบผิวด้วยสารอินทรีย์บางชนิดที่เรียกว่า Liquid phase อีกชนิดหนึ่งเป็นคอลัมน์ที่บรรจุด้วยอนุภาคของสารดูดซับ เช่น Alumina, Activated charcoal, Silica gel หรือ Molecular sieves เป็นต้น

(2) Capillary columns คอลัมน์ชนิดนี้ โดยทั่วไปเป็นหลอดกลวงขนาดเล็ก ทำด้วยเหล็กกล้า หรือเหล็กไร้สนิม แก้วquartz (Fused silica) มีรัศมีภายใน 0.3 - 0.6 มิลลิเมตร ภายในฉาบผิวด้วย Liquid phase เป็นฟิล์มบางๆตลอดรูเล็กๆซึ่งอาจมีความยาว 25 – 100 เมตร คอลัมน์ชนิดนี้แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพของคอลัมน์ต่อหน่วยความยาวค่อนข้างต่ำ แต่สามารถใช้คอลัมน์ยาวมากได้ เพราะมี Pressure drop เพียงเล็กน้อย ดังนั้นเมื่อใช้คอลัมน์ยาวมากๆจึงทำให้ประสิทธิภาพในการแยกมีค่าสูง และเมื่อใช้ในสภาวะที่เหมาะสมแล้ว Capillary column จะมีประสิทธิภาพในการแยกที่ดีที่สุด

ในการวิเคราะห์สารวีโอซีนั้น อุณหภูมิของคอลัมน์มีส่วนสำคัญอย่างมากต่อการแยกสารตัวอย่าง หรือค่า Partition coefficient นั่นคือ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของคอลัมน์ขึ้น จะทำให้องค์ประกอบของสารมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้น และช่วยทำให้การวิเคราะห์เร็วขึ้น โดยทั่วไปแล้วการทำให้อุณหภูมิของคอลัมน์ลดลงจะช่วยทำให้การแยกองค์ประกอบต่างๆดีขึ้น ดังนั้นจึงควรเลือกใช้อุณหภูมิของคอลัมน์ให้เหมาะสม คือ ให้ได้การแยกที่ดี และ Retention time ไม่นานเกินไป อุณหภูมิที่เลือกใช้มักจะเป็นอุณหภูมิของจุดเดือดโดยเฉลี่ยของสารตัวนั้น หรือเลือกใช้อุณหภูมิที่ต่ำสุดและสูงสุดที่สารนั้นจะกลายเป็นก๊าซเฟส และจะต้องไม่ใช้อุณหภูมิของคอลัมน์สูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดของ Liquid phase ที่กำหนดไว้ มิฉะนั้น Liquid phase อาจจะสลายตัวแล้วระเหยออกไปทำให้เปอร์เซ็นต์ Liquid phase เปลี่ยนไปในที่สุดคอลัมน์อาจจะเสียได้

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาถึงความเข้มข้นของวีโอซีในประเทศไทยนั้นส่วนใหญ่ทำการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร เนื่องจากเป็นเขตที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆที่มาจากมลพิษทางอากาศได้ง่าย จากการศึกษาของสาวิตรี (2548) เกี่ยวกับการรับสัมผัสสารวีโอซีจากสิ่งแวดล้อมของผู้พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร โดยเก็บตัวอย่างสารวีโอซีบริเวณริมถนนและพื้นที่ทั่วไปใน 9 พื้นที่ ได้แก่ เขตพระโขนง ยานนาวา จตุจักร ราชเทวี บางกะปิ บางกอก

น้อย บางแค ประเวศ และคันนายาว โดยการใช้หลอด Passive gas tube ในการเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และในแต่ละจุดมีการเก็บตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ ภายนอกอาคาร ภายในอาคารและบุคคลที่ได้รับสัมผัส ตัวอย่างที่ได้นั้นนำมาทำการวิเคราะห์หาชนิดและความเข้มข้นของวีโอซีโดยเครื่อง GC/MS ในทุกๆพื้นที่การศึกษานั้นจะพบวีโอซี 6 ชนิดหลักๆ ได้แก่ เบนซิน โทลูอีน เอทิลเบนซิน .m,o,p-ไซลีน และมีความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วงตั้งแต่ 18.9-76.1 , 60.2 – 213.7 , 2.6 – 15.9 , 5.7 – 26.2 , 4.1 – 21.5 และ 3.7 – 18.9 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของวีโอซีทุกชนิดที่พบบริเวณริมถนนมีค่าสูงกว่าพื้นที่ทั่วไป แต่ความเข้มข้นของ วีโอซีภายในอาคารและบุคคลที่ได้รับสัมผัสมีแนวโน้มไม่สอดคล้องกับความเข้มข้นของวีโอซีภายนอกอาคาร เนื่องมาจากความแตกต่างของลักษณะอาคารบ้านเรือนและกิจกรรมต่างๆของผู้อยู่อาศัย

การศึกษาของ Muttamara และคณะ (1999) เป็นการประเมินความเข้มข้นของสารเบนซินและโทลูอีน ที่แพร่กระจายออกมาจากไอเสียรถยนต์ในกรุงเทพจากการใช้น้ำมันเบนซิน โดยเลือกจากแบบจำลองรถยนต์ที่แตกต่างกันออกไป 12 ตัวอย่าง ซึ่งค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณเบนซิน และโทลูอีน จากการแพร่กระจายออกมาจากท่อไอเสียรถยนต์นั้นอยู่ในช่วง 4.4 – 22.2 และ 12.24 – 44.75 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับของแบบจำลองรถยนต์ในรุ่นปี 1990 – 1992 ส่วนในแบบจำลองของรถยนต์ในปี 1994 – 1995 ที่นำมาทดสอบนั้นค่าจะลดลงอยู่ในช่วง 0.76 – 4.14 และ 0.89 – 6.26 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และจากการทดสอบจากรถยนต์แบบต่างๆนั้นค่าของสารทั้ง 2 ชนิดนั้นจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามอายุของรุ่นรถยนต์นั้นๆ

จากการศึกษาถึงความน่าจะเป็นของแหล่งกำเนิดที่ปล่อยสารวีโอซีที่เกิดขึ้นภายในอุโมงค์จากการขับขี่ยานพาหนะต่างๆของ Na (2005) ในการศึกษานี้จะวัดค่าความเข้มข้นสารวีโอซี ตั้งแต่ที่ $C_2 - C_9$ บริเวณกรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้ มีการเก็บตัวอย่างที่บริเวณทางเข้า และตรงกลางภายในอุโมงค์ และยังมีการเก็บตัวอย่างจากภายนอกอุโมงค์โดยเก็บจากอากาศโดยรอบบริเวณอุโมงค์แล้วนำค่าที่ได้ทั้งหมดจากจุดเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันออกไปมาทำการเปรียบเทียบกัน สารที่มีความเข้มข้นมากที่สุด คือ โพรเพน อัตราส่วนของความเข้มข้นของ โพรเพนกับค่าความเข้มข้นของวีโอซีทั้งหมดนั้นค่าที่ออกมาจากทางเข้าอุโมงค์มีค่าออกมามากกว่าค่าตรงกลางภายในอุโมงค์ และอากาศโดยรอบนั้นก็มีผลต่อค่าต่างๆ ที่ตรวจวัดได้ภายในอุโมงค์

การศึกษาของ Kerbachi (2006) ได้ทำการศึกษาถึงมลพิษในอากาศที่เกิดจากสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ในประเทศ แอลจีเรีย ที่กรุงแอลเจียร์ วิเคราะห์ค่าตั้งแต่ $C_6 - C_{16}$ ในกลุ่ม

Semi-volatile organic compounds โดยการเก็บตัวอย่างจากริมถนน ใช้ค่า Background จากในตัวเมืองและพื้นที่ตามชนบท จากการตรวจวัดก็พบสาร BTEX บริเวณริมถนนจะพบค่าความเข้มข้นของเบนซินและโทลูอีน 27 และ 39 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยค่าในตัวเมือง ในประเทศแอลจีเรีย จะกำหนดให้ค่าเบนซินไม่เกิน 10 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ส่วนค่าต่างๆที่ตรวจพบนั้นมีค่าอยู่ในเกณฑ์ มีค่าไม่ต่างจากค่าในบรรยากาศของเมืองต่างๆทั่วโลก และในช่วงเวลาฤดูร้อนค่าต่างๆที่ออกมาจะลดลง แต่อย่างไรก็ตามสารประกอบต่างๆที่มากขึ้นนั้นน่าจะมาจากการแพร่กระจายมลพิษที่ออกมาจากท่อไอเสียของรถยนต์จากการจราจรบนถนนที่มีอัตราการใช้รถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้น

นอกจากนี้ได้มีการศึกษาในเขตเมืองหาดใหญ่ จังหวัด สงขลา โดย จงดี และคณะ, 2547 ซึ่งทำการติดตามตรวจสอบความเข้มข้นของ เบนซิน , โทลูอีน และไซลีน โดยใช้เทคนิค Passive sampling ในช่วงระหว่างวันที่ 28 กรกฎาคม ถึง 12 สิงหาคม 2546 โดยสารดูดซับชนิด Tenax TA ขนาด 60/80 mesh ถูกนำมาใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศเป็นระยะเวลาสองสัปดาห์ ซึ่งพบความเข้มข้น เบนซิน โทลูอีน และไซลีน ที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 3.2 – 5.4 38.0 – 80.3 และ 29.7 – 66.7 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยความเข้มข้นที่ตรวจพบบริเวณนอกเมืองหาดใหญ่รวมทั้งบริเวณสวนสาธารณะจะมีค่าต่ำ ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้สารทั้งสามชนิดจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความสูงจากพื้นดินเพิ่มมากขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามทิศทางลม เมื่อพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างมีลักษณะเป็นถนนแคบที่อยู่ระหว่างตึกสูง พบว่ามีความเข้มข้นของสารทั้งสามชนิดที่สูงสุด คือ 23.5 725.1 และ 267.9 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานในบรรยากาศที่ตั้งไว้โดยองค์การอนามัยโลก คือ 16.3 และ 260.0 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตรสำหรับเบนซิน และ โทลูอีน

การศึกษาเกี่ยวกับการรับสัมผัสสารวีโอซีของบุคคลทั่วไปนั้นจะมีการใช้แบบสอบถามเพื่อบันทึกเวลาและกิจกรรมของบุคคลที่เก็บตัวอย่าง เพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่บันทึกจะเกี่ยวข้องกับระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานที่ เช่น ภายในที่พักอาศัยและที่ทำงานและภายนอกที่พักอาศัย พร้อมทั้งกิจกรรมในแต่ละสถานที่ (Freeman และคณะ, 1999) Edwards และคณะ (2001) ได้ทำการตรวจวัดปริมาณการรับสัมผัสสารวีโอซีของบุคคลทั่วไปในบริเวณภายในและภายนอกที่พักอาศัยและสถานที่ทำงาน ใน EXPOLIS-Helsinki ประเทศ Finland โดยใช้แบบสอบถามที่ครอบคลุมรายละเอียดของกิจกรรมทั่วไป และพฤติกรรมการเดินทางของผู้ที่เข้าร่วมเก็บตัวอย่างและลักษณะของที่พักอาศัยและสถานที่ทำงานซึ่งประกอบด้วย ประเภทของสิ่งก่อสร้าง การสูบบุหรี่ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การระบายอากาศ ปริมาณการจราจร

พื้นที่ตั้งและบริเวณที่ใกล้เคียง ซึ่งข้อมูลที่ได้เหล่านี้นำมาวิเคราะห์สัดส่วนเวลาที่ใช้ไปจริงๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการคาดคะเนปริมาณการรับสัมผัสสารวีโอซีของบุคคลในสถานที่นั้นๆเมื่อทราบความเข้มข้นของวีโอซีในบรรยากาศบริเวณภายในและภายนอก

จากการศึกษาความเข้มข้นของวีโอซีในบรรยากาศ ในเขตเมือง Izmir ประเทศ ตุรกี ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลากลางวัน และช่วงระยะกลางคืนตลอดคืน ระหว่างกลางเดือนสิงหาคม – กลางเดือนกันยายน 1998 พื้นที่เก็บตัวอย่างเป็นบริเวณการจราจรบนท้องถนน และระยะทางเชื่อมต่อ จากแหล่งกำเนิดวีโอซีเมื่อนำมาทำการวิเคราะห์ตัวอย่างพบ เบนซิน โทลูอีน และ m,o,p-ไซลีน (BTX) อัลคิลเบนซิน (ได้แก่ Ethybenzene 1,3,5-Trimethybenzene 1,2,4-Trimethybenzene) n-Hexane และ n-Heptane ซึ่งพบToluene มีความเข้มข้น 27.8 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และสูงกว่าสารชนิดอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ (Muezzinoglu และคณะ, 2000)

จากการศึกษาความเข้มข้น BTEX ที่ได้จากการรับสัมผัสในเขตเมือง 4 เมืองของประเทศออสเตรเลีย คือ Sydney Melbourne Perth และ Adelaide โดยกระทรวงสิ่งแวดล้อมของไทย (2004) ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้ Passive sampler เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน มีผู้ร่วมเก็บตัวอย่างทั้งหมด 207 คน ที่ไม่ได้สูบบุหรี่ พบความเข้มข้นการรับสัมผัสสาร เบนซิน , โทลูอีน , เอทิลเบนซิน และไซลีน เฉลี่ย 23.8, 2120, 119 และ 697 พีพีบี ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาทั้ง 4 เมืองพบว่าผู้ร่วมเก็บตัวอย่างที่พักอาศัยอยู่บริเวณเมือง Sydney จะได้รับสัมผัสสาร BTEX สูงกว่าเมืองอื่นๆอยางมีนัยสำคัญ เนื่องจากบริเวณเมือง Sydney มีการจราจรที่หนาแน่นกว่าเมืองอื่นๆ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของสาร BTEX จากยานพาหนะ จึงทำให้ทราบว่าสาร BTEX มีที่มาจากรถยนต์เป็นส่วนใหญ่

Wan-kuen Jo และ Ki-Berm Song (2001) ศึกษาถึงอาชีพที่เกี่ยวข้องและมีความเป็นไปได้ว่าจะได้รับสารวีโอซี ที่แพร่กระจายออกมาจากไอเสียรถยนต์หรือไอระเหยจากในน้ำมันก๊าซโซลีน ได้ทำการศึกษาตรวจวัดในช่วงเวลาที่ทำงานที่มีผลต่อการได้รับสารวีโอซีจาก 5 สาขาอาชีพ คือ ตำรวจจราจรที่ประจำป้อมติดกับถนน พนักงานในที่จอดรถ พนักงานร้านค้าสะดวกซื้อในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง สถานบริการที่เกี่ยวข้อง และพนักงานขายของลานจอดรถใต้ดิน โดยทำการตรวจวัดความเข้มข้นของวีโอซีในอากาศบริเวณโดยรอบสถานที่ทำงาน จากตัวบุคคล และวัดจากอัตราการหายใจ ในการเก็บตัวอย่างจากบุคคลในแต่ละสาขาอาชีพนั้นจะแบ่งออกเป็น ผู้ที่สูบบุหรี่ และผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ ทำการตรวจวัดจากความเข้มข้นของวีโอซี 6 ชนิด คือ เบนซิน , โทลูอีน , เอทิลเบนซิน และ m,o,p-ไซลีน ค่าที่ออกมาในตัวบุคคลที่สูบบุหรี่นั้นจากการตรวจวัดมีความเป็นไปได้

ที่จะได้รับสารวีโอซีนั้นค่าที่ออกมาไม่แตกต่างไปจากบุคคลที่ไม่ได้สูบบุหรี่ แต่บุคคลที่สูบบุหรี่ได้รับสารเบนซินในปริมาณที่มากกว่าผู้ที่ไม่ได้สูบุหรี่ในช่วงเวลาการทำงาน ค่าที่ได้จากการตรวจวัดอัตราการหายใจเข้าไปนั้นจะมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดจากบริเวณลานจอดรถใต้ดินและมากกว่าบริเวณลานจอดรถในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง

จากงานวิจัยของ Takeshi และ คณะ (2006) ทำการศึกษาเกี่ยวกับสาร VOCs ที่มีอยู่ในบรรยากาศ ที่เขต Shimizu เมือง Shizuoka ประเทศญี่ปุ่น การเก็บตัวอย่างแบ่งออกเป็นสองฤดูกาล ในฤดูร้อนเก็บตัวอย่างในช่วงวันที่ 22-23 สิงหาคม 2000 และในฤดูหนาว เก็บตัวอย่างในช่วงวันที่ 21-22 ธันวาคม เก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้หลอด passive gas tube การสกัดตัวอย่างที่เก็บมาได้นั้น ใช้สารละลาย CH_2 และใช้ TOLUENE-d8 เป็นสาร internal standard นำไปเข้าเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที และนำไปเขย่าด้วยเครื่องที่ใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 10 นาที ที่อุณหภูมิ 10 องศา และทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS การคำนวณค่าจากการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี passive คำนวณโดยนำผลจากการหาค่าความสัมพันธ์ด้วยวิธี active จากการทดสอบวิธีการสกัดได้ค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 93-98 % การเก็บตัวอย่างของสาร VOCs นั้น เก็บตัวอย่างทั้งหมด 34 จุด เมื่อนำค่าทั้งหมดมาวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งจากการที่ได้รับปริมาณสาร VOCs พบว่าในช่วงฤดูหนาวมีค่าความเสี่ยงมากกว่าในช่วงฤดูร้อน ซึ่งสารตัวหลักๆ ที่พบ คือ benzene, carbon tetrachloride, formaldehyde และ acetaldehyde ซึ่งผลจากค่าความเข้มข้นที่ได้นั้น มาจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงจากยานพาหนะ ซึ่งส่งผลให้ปริมาณสาร VOCs ที่ออกมามีค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพมาก

จากงานวิจัยของ Olansandan และคณะ (1999) ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างด้วยหลอด passive เพื่อหาสาร VOHCs จำนวน 18 ชนิด ทั้งภายในและภายนอกอาคารที่ก่อให้เกิดมลพิษในเมือง Shizuoka ประเทศญี่ปุ่น ขั้นตอนการทดลองในขั้นแรกทำการทดสอบวิธีการสกัดด้วยการนำหลอด passive จำนวน 10 หลอด มาทำการ spiked สาร VOHCs ในช่วงของความเข้มข้นตั้งแต่ 1.27 -8.35 ไมโครกรัม ค่าที่ได้จากการทดสอบวิธีสกัด ได้ค่าตั้งแต่ 90.8 – 104 % พบว่า สาร 14 ชนิด จากทั้งหมด 18 ชนิด มีค่า % การทดสอบสูงกว่า 95 % ทำให้สามารถมั่นใจได้ว่าวิธีการสกัดมีประสิทธิภาพ ต่อมาหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ active และ passive โดยการนำอุปกรณ์ทั้งสองชนิดนี้ไปวางไว้ ณ สถานที่เดียวกัน ซึ่งในวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ active มีการต่อเข้ากับ pump จากค่าความสัมพันธ์ที่ได้จากทั้งสองวิธี พบค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.799-0.991 ซึ่งค่า R^2 บ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือ สามารถนำค่าจากความสัมพันธ์ที่ได้จะนำมาทำการคำนวณหาความเข้มข้นของวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ passive จากการเก็บตัวอย่างแบบ Activeใช้อัตราการ

ไหลที่ 50 ml/min ซึ่งจากค่าความสัมพันธ์ที่ได้จึงนำค่าอัตราการไหลจากการเก็บตัวอย่างแบบ Activeมาใช้ในการคำนวณการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี passive

Yamada และ คณะ (2004) ทำการวิเคราะห์ VOCs เช่น benzene, toluene, m,p-xylene และ o-xylene โดยใช้วิธีการเก็บแบบ passive ในเมืองเกียวโต ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง 7-14 วัน ที่เมืองเกียวโต และ 30 วัน ที่ภูเขา Hiei และภูเขา Daimonji Shibata gas-tube samplers ถูกบรรจุด้วย Activated carbon เพื่อทำการวิเคราะห์ค่า VOCs การดูดซับของ VOCs จะถูกสกัดโดย CS_2 และวิเคราะห์โดย FID-GC วัดค่า VOCs ได้เท่ากับ 0.3 $\mu g/m^3$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3% Samplers ถูกจัดตั้ง 5 ตำแหน่งในเดือนมีนาคม 2001 และ 13 ตำแหน่ง บนภูเขา Hiei ในเดือนพฤศจิกายน 2002 ความเข้มข้นเฉลี่ยของเบนซินมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (3.0 $\mu g/m^3$) ยกเว้นที่ภูเขา Daimonji ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2001 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2002 และเดือนมีนาคม 2002 ถึงกุมภาพันธ์ 2003 ลดลงต่ำกว่า 3.0 $\mu g/m^3$ การลดลงของเบนซินอาจเนื่องมาจากการลดองค์ประกอบของเบนซินในแก๊สโซลีนเมื่อปลายปี1999

Truc และคณะ (2007) ทดลองหาความเข้นข้นของ benzene, toluene, ethybenzene, m,p-xylenes และ o-xylene(BTEX) รวมทั้ง CO, NOx, SO_2 ที่ริมถนนในช่วงฤดูแล้งปี 2004 ในเมืองฮานอย ประเทศเวียดนาม โดยเลือกถนน 3 สาย คือ Truong Chinh (TC) ซึ่งมีการจราจรหนาแน่น Dien Bien Phu(DBP) ซึ่งมีการจราจรเบาบาง และ Nguyen Trai(NT) ซึ่งมีการจราจรหนาแน่นโดยวิ่งผ่านนิคมอุตสาหกรรม BTEX ถูกวัดโดย SKC Charcoal tubes และวิเคราะห์โดย GC-FID พบว่าที่ถนน TC ค่าเฉลี่ยทุกๆชั่วโมงของ benzene, toluene, ethybenzene, m,p-xylenes และ o-xylene มีค่าเท่ากับ 65, 62, 15, 43 และ 22 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ และ 30, 38, 9, 26 และ 11 $\mu g/m^3$ บนถนน DBP และ 123, 87, 24, 56 และ 30 $\mu g/m^3$ บนถนน NT ส่วนมลภาวะอื่นๆ ซึ่งมีลักษณะเป็นแก๊ส ประกอบไปด้วย CO, NOx และ SO_2 ที่ถูกวัดโดยอุปกรณ์อัตโนมัติ พบว่า มีค่าต่ำและไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศเวียดนาม

นิลุบล และคณะ (2007) พัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเบนซินและโทลูอีนในน้ำมันเบนซินด้วยวิธีการที่ง่ายและใช้เวลาสั้นในการวิเคราะห์ โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ หัววัดชนิด FID และคอลัมน์ DB-1 วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันเบนซิน ออกเทน 91 และ 95 จากสถานีบริการน้ำมัน 3 ยี่ห้อ จำนวนทั้งหมด 46 สถานี สารเบนซิน และโทลูอีน ในน้ำมันเบนซิน ปรากฏพีคที่เวลา 4.87 และ 8.60 นาที ตามลำดับ วิธีวิเคราะห์นี้สามารถวิเคราะห์เบนซินและโทลูอีนได้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.012 และ 0.049 โดยปริมาตร ตามลำดับ การวิเคราะห์เบนซินที่ความเข้มข้นร้อยละ 3.00 และ 4.66 โดยปริมาตรในน้ำมันเบนซิน ให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 99.0 และ

106.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนน้อยกว่าร้อยละ 9 การวิเคราะห์โทลูอีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 5.95 และ 9.92 โดยปริมาตรในน้ำเบนซิน ให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 103.36 และ 93.65 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนน้อยกว่าร้อยละ 4 ค่าเฉลี่ยของเบนซินในน้ำมันออกเทน 91 และ 95 เป็นร้อยละ 1.69 ± 0.49 และ 1.55 ± 0.41 โดยปริมาตร ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของโทลูอีนในน้ำมันออกเทน 91 และ 95 เป็นร้อยละ 7.23 ± 2.47 และ 7.01 ± 1.78 โดยปริมาตร ตามลำดับ ความเข้มข้นของเบนซินและโทลูอีนในน้ำมันเบนซิน 3 ยี่ห้อที่ศึกษามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Passive gas tube
2. Charcoal glass tube
3. Micro syringe
4. Gas Chromatography –Flame Ionization Detector (GC-FID)
5. Personal air sampler (Personal pump)
6. Capillary column DB-5MS ขนาด 60 m × 0.32 mm 1.0 μm film thickness
7. เครื่องเขย่าหนีศูนย์กลาง
8. ชุดอุปกรณ์เครื่องแก้ว
9. ขวด Vial ขนาด 2 ml
10. Insert vial ขนาด 200 μl
11. ฝาปิด Screw cap vial และ แผ่น septa ชนิด PTFE
12. ไมโครปิเปต ขนาด 1000 μl
13. ไมโครปิเปต ขนาด 200 μl

3.1.2 สารเคมี

1. ก๊าซ Helium (บริสุทธิ์ $\geq$ 99.995%)
2. ก๊าซ Nitrogen (บริสุทธิ์ $\geq$ 99.995%)
3. ก๊าซ Hydrogen (บริสุทธิ์ $\geq$ 99.995%)
4. ก๊าซ Air Zero (บริสุทธิ์ $\geq$ 99.995%)
5. CS_2 (Carbon disulfide)
6. Toluene-d8 (Internal standard)
7. Japanese 50 Component indoor air (standard)
8. MTBE (standard)
9. Methanol (HPLC Grade)
10. Acetone (AR Grade)

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้ศึกษาถึงปริมาณการรับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยที่พนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงได้รับ โดยนำผลจากการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Active Sampling และการเก็บตัวอย่างแบบ Passive Sampling มาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณการรับสัมผัส รวมถึงเพื่อให้ทราบถึงชนิดของสาร VOCs ที่พบในการเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร และนำค่าข้อมูลต่างๆที่ได้มานั้นไปทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบปริมาณของสารที่พบจากพื้นที่การศึกษาทั้งหมด จากนั้นนำค่าข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงได้รับสัมผัส และดำเนินการวิจัยที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 6 ขั้นตอน

1) กำหนดพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา โดยเลือกจากในเขตกรุงเทพมหานคร ให้พื้นที่การศึกษาคลอบคลุมทั่วเขตกรุงเทพมหานคร

2) ทำการทดลองเบื้องต้น

- หาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
- สร้าง Calibration curve
- หาค่า Limit of detection (LOD)
- ทดสอบวิธีการสกัดโดยใช้ Recovery Test

3) หาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling

4) เก็บตัวอย่างจากพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อหาชนิดและปริมาณการรับสัมผัสของสาร VOCs

5) วิเคราะห์ค่าทางสถิติ

6) ประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสสาร VOCs

3.3 พื้นที่ศึกษา

เกณฑ์กำหนดพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาที่ใช้เก็บตัวอย่างคือบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 11 สถานี จาก 7 เขต ซึ่งตำแหน่งที่ตั้งของจุดเก็บตัวอย่าง แสดงในภาพที่ 3.1 รายละเอียดตำแหน่งที่ตั้ง ดังภาพที่ 3.2 (ก) - 3.2 (ช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.1 ตำแหน่งที่ตั้งของเก็บตัวอย่างสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในกรุงเทพมหานคร

(ก) พื้นที่การศึกษา เขตดอนเมือง

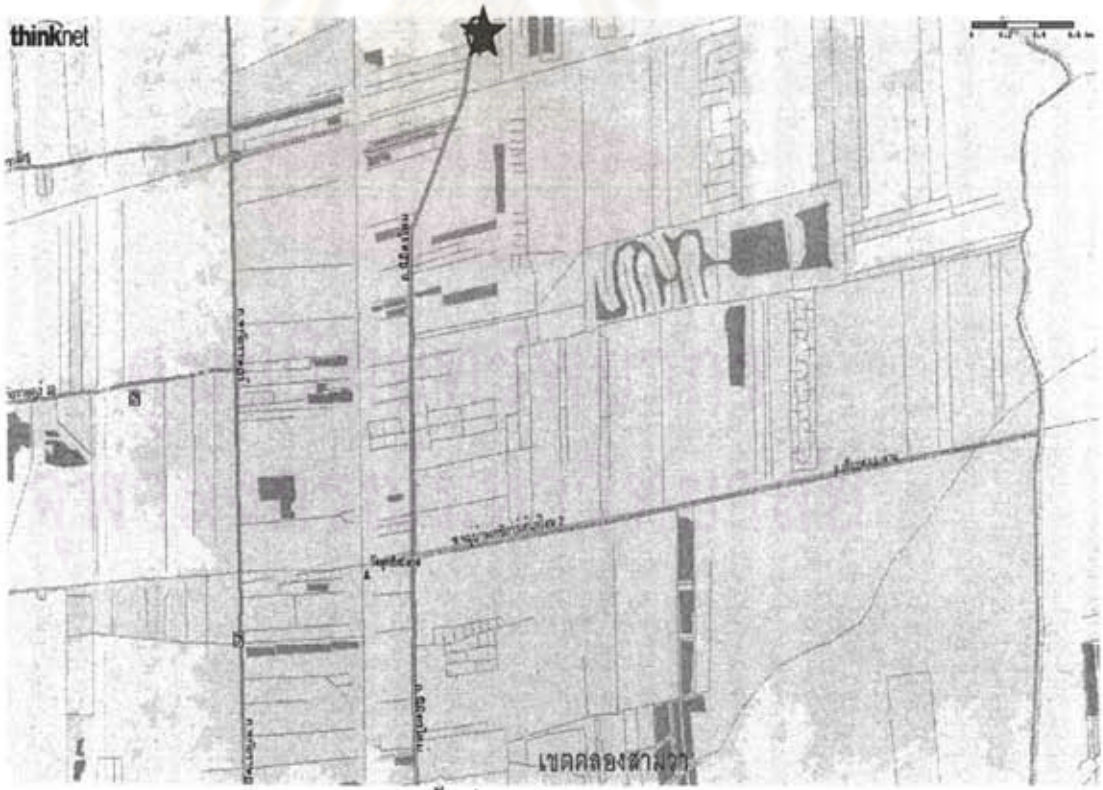
ภาพที่ 3.2 พื้นที่ในการเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในกรุงเทพมหานคร

(ข) พื้นที่การศึกษา เขตบางขุนเทียน

(ค) พื้นที่การศึกษา เขตพญาไท

ภาพที่ 3.2 พื้นที่ในการเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

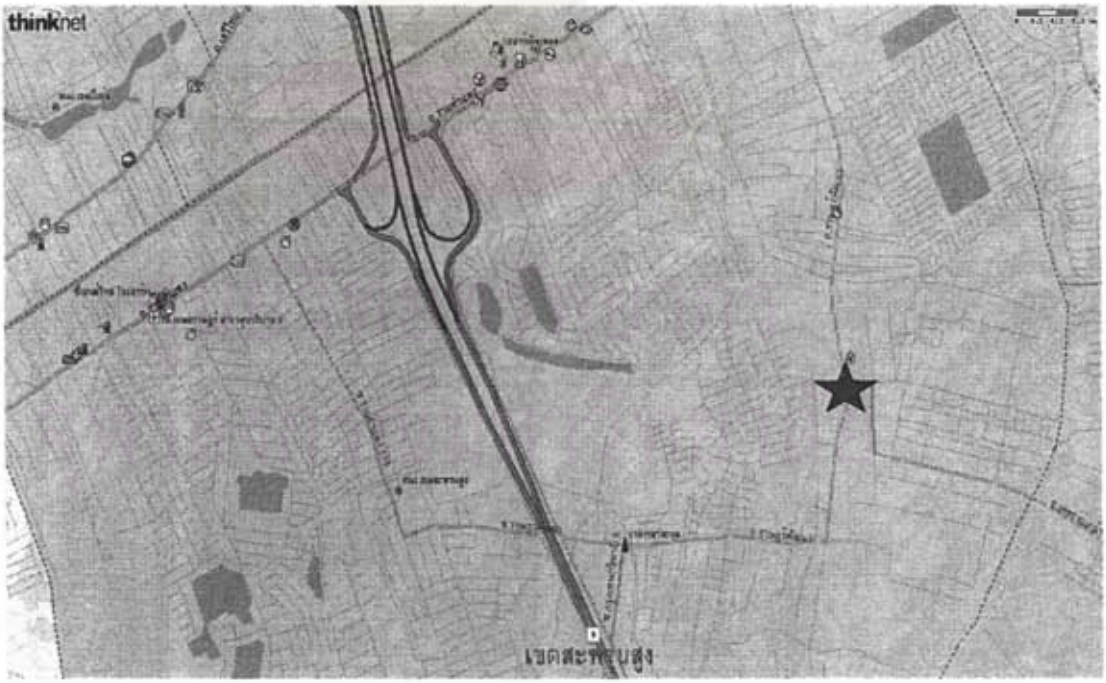
(ง) พื้นที่การศึกษา เขตสวนหลวง



(จ) พื้นที่การศึกษา เขตคลองสามวา

ภาพที่ 3.2 พื้นที่ในการเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

(ฉ) พื้นที่การศึกษา เขตพระโขนง



(ฉ) พื้นที่การศึกษา เขตสะพานสูง

ภาพที่ 3.2 พื้นที่ในการเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

ตารางที่ 3.1 ลักษณะพื้นที่ศึกษา

สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง	รหัสพื้นที่	ยอดจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/วัน)	ลักษณะพื้นที่	ปริมาณรถยนต์ (คัน/วัน)
สวัสดิการ ร.1 รอ.	RO	55,524.34	ขนาดใหญ่ พื้นที่โล่ง ติดถนนวิภาวดีรังสิต 8-10เลน	1,851
สวัสดิการสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (บางนาขาออก)	BN	49,778.19	ขนาดใหญ่ พื้นที่โล่ง ติดถนนทางด่วน 6 เลน	1,659
บางขุนเทียน	BT	17,023.79	พื้นที่ขนาดเล็ก อยู่ชานเมือง ไม่ติดกับถนนสายหลัก	568
การท่าอากาศยาน 2	J	44,379.10	ขนาดเล็ก ติดถนนวิภาวดีรังสิต 4 เลน ติดกับสนามบินภายในประเทศและศูนย์การค้า ด้านหลังมีลานจอดรถของพนักงานการบินภายในประเทศ	1,479
นิมิตรใหม่	NI	16,408.50	ขนาดใหญ่ พื้นที่โล่ง อยู่นอกตัวเมือง ติดถนนนิมิตรใหม่ 6 เลน	547
สนามเป้า	SP	22,395.49	ขนาดเล็ก ติดกับถนน 4 เลน ที่มีการจราจรหนาแน่น ติดกับสถานีรถไฟลอยฟ้าสนามเป้า	747

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 ลักษณะพื้นที่ศึกษา (ต่อ)

สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง	รหัสพื้นที่	ยอดจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/วัน)	ลักษณะพื้นที่	ปริมาณรถยนต์ (คัน/วัน)
การทางพิเศษ (ด่วนดาวคะนอง)	DKN	34,945.04	ขนาดกลาง อยู่หลังที่เก็บค่าผ่านทาง ติดกับถนน 6 เลน	1,165
พหลโยธิน	PH	22,993.32	ขนาดเล็ก ติดกับถนน 4 เลน ที่มีการจราจรหนาแน่น	767
องค์การโทรศัพท์ หลักสี่	TOT	14,454.72	ขนาดเล็ก มีอาคารที่จอดรถล้อมรอบ ด้านหลังมีรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่จอดอยู่เป็นจำนวนมาก	482
พัฒนาการ	P	30,560.83	ขนาดกลาง ติดกับถนน 4 เลน	1,019
สุขาภิบาล 3	TL	34,218.57	ขนาดใหญ่ พื้นที่โล่ง อยู่นอกตัวเมือง ติดถนนสุขาภิบาล 3 6 เลน	1,140

3.4 การเก็บตัวอย่าง

3.4.1 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง

อุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ชุดเก็บตัวอย่างแบบ Passive (Passive Sampler) และชุดเก็บตัวอย่างแบบ Active (Active Sampler)

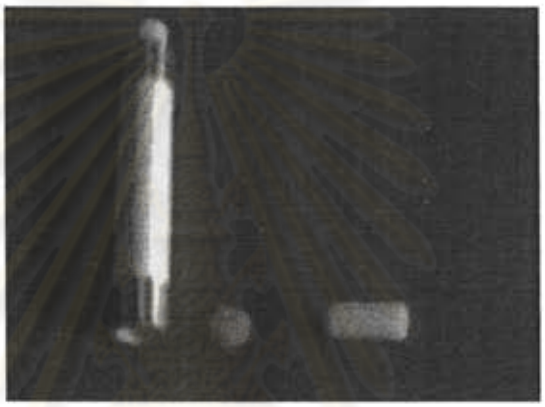
1. Passive Sampler

Passive sampler เป็นหลอดชนิด PTFE Passive gas tube ผลิตโดยบริษัท Shibata Scientific Technology ที่บรรจุ Granular activated charcoal หลอดมีความยาว 30.30 $\pm$ 0.37 mm และมีปริมาณของ Granular activated charcoal 194.4 $\pm$ 3.8 mg ดังภาพที่ 3.3

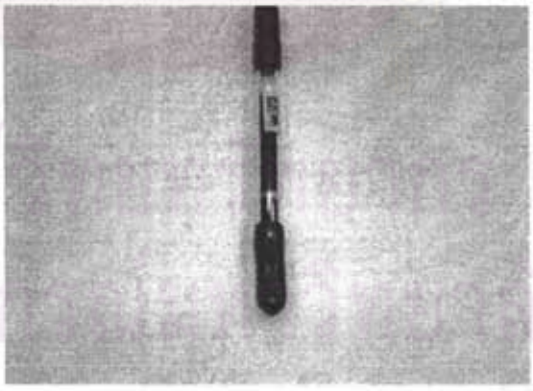
2. Active Sampler

Active Sampler เป็นหลอดแก้วที่บรรจุ Activated charcoal ขนาด 20 – 40 mesh หรือเรียกว่า Charcoal glass tube ลักษณะหลอดแยกออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนบนบรรจุ Activated charcoal ขนาด 20-40 mesh 400 mg และส่วนล่างบรรจุ 200 mg ดังภาพที่ 3.4

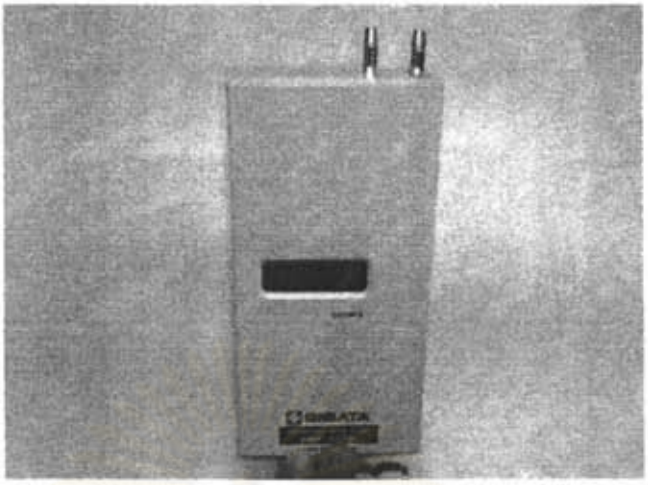
การเก็บตัวอย่างต้องนำหลอดเก็บตัวอย่างต่อเข้ากับ Personal pump ดังภาพที่ 3.5 และทำการเปรียบเทียบอัตราการไหลดังภาพที่ 3.6 ของก๊าซทุกครั้ง



ภาพที่ 3.3 โครงสร้างของ Passive sampler



ภาพที่ 3.4 โครงสร้างของ Active sampler



ภาพที่ 3.5 Personal air sampler (Personal pump)

ภาพที่ 3.6 ชุดเปรียบเทียบอัตราการไหล

3.4.2 ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง จำนวน 11 สถานีทั่วกรุงเทพมหานคร แต่ละสถานี 7 วัน วันละ 8 ชั่วโมง โดยเลือกช่วงเวลาทำงานโดยในแต่ละครั้งจะเก็บตัวอย่างจากพนักงานจำนวน 2 คน โดยจำนวนตัวอย่างที่เก็บแบบ Active และ Passive

3.4.3 วิธีการเก็บตัวอย่าง

1. การเก็บตัวอย่างอากาศในบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

วิธี Active Sampling วางอุปกรณ์สูงจากพื้น 1.5 เมตร ต่อกับ Personal pump ใช้อัตราการไหลที่ 60 ml/min สถานีละ 2 ตัวอย่าง จากบริเวณจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและบริเวณระบบ

กักเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง โดยเลือกมา 1 วัน จากเก็บตัวอย่างในช่วงระยะเวลาเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างจากตัวบุคคล

การเก็บแบบวิธี Passive Sampling บริเวณเดียวกันกับการเก็บแบบ Active Sampling ระยะเวลาเท่ากันกับการเก็บแบบ Active Sampling

จุดเก็บตัวอย่างบริเวณระบบกักเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งการเก็บแบบวิธี Active Sampling และการเก็บแบบวิธี Passive Sampling จะวางห่างจากถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง 1 เมตร วางอุปกรณ์สูงจากพื้น 1.5 เมตร เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง

2. การเก็บตัวอย่างที่ตัวบุคคล

โดยใช้หลอด Passive gas tube เก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคลจำนวน 2 คน บริเวณเหนือหน้าอก เก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงในชั่วโมงทำงานเป็นระยะเวลา 7 วัน

3. การเก็บตัวอย่างแบบ Active และแบบ Passive เปรียบเทียบกับแบบ Canister

การเก็บตัวอย่างแบบ Canister เป็นระบบที่ตรงตามมาตรฐานสากลตามข้อกำหนดของ US.EPA TO-15 จึงนำวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Active Sampling และวิธี Passive Sampling ที่ใช้ในการทดลองนี้มาทำการเปรียบเทียบกับการเก็บตัวอย่างแบบ Canister เพื่อที่จะได้ทราบถึงประสิทธิภาพของการเก็บตัวอย่างแบบ Active Sampling และ Passive Sampling โดยดูจากค่าที่ได้หลังจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID แล้วทำการคำนวณประสิทธิภาพจากการเก็บตัวอย่าง

วิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Active และแบบ Passive เปรียบเทียบกับแบบ Canister โดยวิธี Active Sampling ต่อกับ Personal pump ใช้อัตราการไหลที่ 60 ml/min เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำไปตั้งไว้คู่กับการเก็บตัวอย่างโดยวิธี Passive Sampling และการเก็บตัวอย่างโดยวิธี Canister

การเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามและบันทึกเวลาและกิจกรรม เป็นการเก็บข้อมูลระหว่างการเก็บตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลการทำงาน และสภาพแวดล้อม

3.4.4 การเก็บรักษาตัวอย่าง

การเก็บรักษาตัวอย่างวีโอซีทำได้โดย นำหลอดเก็บตัวอย่างเก็บในถุงอลูมิเนียมแล้วปิดให้สนิททันทีภายหลังจากการที่เก็บตัวอย่างครบ 8 ชม.และทำการเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส

3.5 การสกัดตัวอย่าง

3.5.1 สกัดด้วยสารละลาย

ทำการสกัดโดยนำ Activated charcoal ใน Passive gas tube มาบรรจุในหลอดแก้วทดลองผสมกับตัวทำละลาย Carbon disulfide (CS_2) ปริมาตร 1 ml ทำการเขย่าที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาประมาณ 1 ชั่วโมง และนำไปเขย่าโดยเครื่องเขย่าแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ความเร็ว 3000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายส่วนใสที่ได้จากการเขย่าไปวิเคราะห์โดยใช้ GC-FID (ดังแสดงในภาพที่ 3.6) ซึ่งวิธีการนี้ดัดแปลงมาจากวิธีของ Olansandan และคณะ(1999) ส่วนในการสกัดจากตัวอย่างนั้นจะฉีดสารละลายมาตรฐาน Toluene-d8 (Internal standard) หลังจากเก็บตัวอย่างแล้วหลังจากนั้นทิ้งไว้ 30 นาที แล้วจึงนำมาสกัดตามวิธีข้างต้น แต่ต้องทำการเก็บรักษาหลอดเก็บตัวอย่างให้สนิทเพื่อป้องกันอากาศเข้าสู่หลอดเก็บตัวอย่างก่อนเปิดใช้เก็บตัวอย่างจริง ดังภาพที่ 3.7

3.5.2 การทดสอบวิธีการสกัด

สามารถทำได้โดยการใช้ Micro syringe ฉีดสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 1000 ng/ml ที่มีสารละลายมาตรฐาน Toluene-d8 (Internal standard) ที่ความเข้มข้น 2,376 ng/ml เข้าไปใน Passive gas tube จำนวน 10 หลอด แล้วทำการปิดหลอดทันทีหลังจากนั้นทิ้งไว้ 30 นาที นำหลอดที่ไม่ได้ฉีดสารละลายมาตรฐาน (Blank) จำนวน 2 หลอด ไปทดสอบโดยวิธีเดียวกัน จากนั้นนำหลอดตัวอย่างที่ฉีดสารละลายมาตรฐานและ Blank ที่ไม่ได้ฉีดสารละลายมาตรฐานมาสกัดและวิเคราะห์ต่อไป

3.5.3 การคำนวณเปอร์เซ็นต์ Recovery test

การคำนวณเปอร์เซ็นต์ Recovery test ของวีโอซีหลังจากการวิเคราะห์โดยใช้ GC-FID แล้ว ดังสมการ

$$\text{\% Recovery test VOCs} = (B - C) / A \times 100 \qquad (3.1)$$

โดยให้ค่า

A = ปริมาณวีโอซีของสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 1000 ng/ml (µg)

B = ปริมาณวีโอซีที่วิเคราะห์จากหลอดตัวอย่างที่ฉีดสารละลายมาตรฐาน (µg)

C = ปริมาณวีโอซีที่วิเคราะห์จากหลอดตัวอย่าง blank (µg)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการสกัดสารวีโอซีจากหลอดเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling

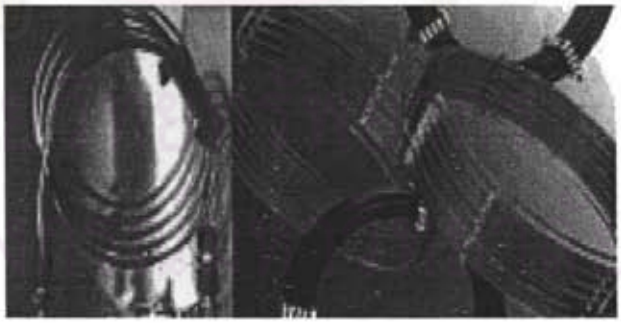
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1เครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างวีโอซีคือ Gas Chromatography รุ่น 6890N ต่อกับ Detector ชนิด Flame Ionization Detector (GC-FID) โดยใช้โปรแกรม HP Chem Station ดังภาพที่ 3.8 และติดตั้ง Capillary column DB-5MS ขนาด 60 m × 32 mm 1.0 μm film thickness ของ j & w ดังภาพที่ 3.9 และใช้ N_2 He H_2 และ Air Zero เป็น Carrier gas ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างวีโอซี

ภาพที่ 3.8 GC-FID ต่อกับ Auto sampler



ภาพที่ 3.9 Capillary column

3.6.2 การวิเคราะห์ชนิดและความเข้มข้นของสารวีโอซี

หาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ชนิดและความเข้มข้นของสารวีโอซี วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง GC-FID โดยทำการวิเคราะห์จากสารละลายมาตรฐาน 2 ชนิด คือ ชนิด Japanese 50 component indoor air และชนิด MTBE ใช้สภาวะการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3.1 ใช้ปริมาตรในการฉีดเข้าเครื่อง GC-FID 1.0 µl ซึ่งเบื้องต้นใช้เทคนิค Scan mode เพื่อหา Retention time ของสารละลายมาตรฐานวีโอซี

ตารางที่ 3.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิคอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างวีโอซี

Oven Ramp	°C/min	Next °C	Hold min	Run Time
Initial		35	10.00	10.00
Ramp 1	5.00	220	5.00	52.00

3.6.3 การสร้าง Calibration curve

ทำการสร้าง Calibration curve ของ Standard Japanese 50 component indoor air โดยใช้สารละลายมาตรฐานวีโอซีที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 7 ความเข้มข้น ดังนี้ 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000, 10000 ng/ml ซึ่งแต่ละความเข้มข้นจะมีสารละลายมาตรฐาน Toluene-d8 (Internal standard) ที่ความเข้มข้น 2,376 ng/ml รวมอยู่ด้วย

ทำการสร้าง Calibration curve ของ Standard MTBE โดยใช้สารละลายมาตรฐานวีโอซีที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 7 ความเข้มข้น ดังนี้ 5000, 10000, 20000, 40000, 60000, 80000, 100000 ng/ml ซึ่งแต่ละความเข้มข้นจะมีสารละลายมาตรฐาน Toluene-d8 (Internal standard) ที่ความเข้มข้น 2,376 ng/ml รวมอยู่ด้วย

3.6.4 Limit of detection (LOD)

Limit of detection หมายถึง ความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถวัดสารนั้นได้โดยดูค่าสัญญาณ (Signal) เปรียบเทียบกับ noise โดยมากมักใช้ค่า Signal: noise = 3: 1 เป็นการตรวจสอบเพื่อหาความเข้มข้นที่ต่ำสุดที่จะทำการวัด และสามารถทำการรายงานผลได้โดยค่าที่ไม่สามารถตรวจวัดได้จะแสดงเป็นค่า ND (Not detected) ซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังสมการ

$$LOD = \frac{3 \text{ X ความเข้มข้นต่ำสุดที่ใช้ (ng/ml) X } \delta}{\overline{X}} \quad (3.2)$$

เมื่อ $$\delta = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2 / (n-1)}$$

กำหนดให้

X_i = Peak area ของวีโอซี target ที่ตรวจวัดครั้งที่ i

$\overline{X}$ = Peak area เฉลี่ยของวีโอซี target ที่ตรวจวัดครั้งที่ i ถึงครั้งที่ n

n = จำนวนครั้งที่ตรวจวัด

3.6.5 การหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive และ Active

1. นำชุดเก็บตัวอย่างทั้งแบบที่เก็บโดย Passive และ Active Sampling มาเปรียบเทียบกัน โดยนำชุดอุปกรณ์ที่เก็บโดยวิธี Active และ Passive gas tube ไปวางที่บริเวณ และเวลาเดียวกัน เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

2. หลังจากเก็บตัวอย่างครบ 24 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดเก็บตัวอย่างแบบ Passive และ Active ไปสกัดตามวิธีการข้างต้น (หัวข้อ 3.4.1) สำหรับตัวอย่างที่เก็บโดยวิธี Active ใช้ Carbon disulfide (CS_2) ปริมาตร 2 ml สำหรับ Activated charcoal ที่อยู่ชั้นบน และใช้ปริมาตร 1 ml สำหรับชั้นล่าง และทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณโดยใช้ GC-FID

3. นำค่าที่วิเคราะห์ได้จากทั้ง 2 วิธี มาสร้างความสัมพันธ์ โดยค่าที่วิเคราะห์ตัวอย่างแบบ Passive จะให้หน่วยเป็น μg จากการคำนวณโดยสมการ

ความเข้มข้นของวีโอซี (ไมโครกรัม/ลบ.ม, $\mu g/m^3$) $y = ax$ (3.3)

โดยให้ค่า y = ปริมาณความเข้มข้นของสารวีโอซีที่เก็บแบบ Passive

x = ปริมาณความเข้มข้นของสารวีโอซีที่เก็บแบบ Active

a = ค่าคงที่ที่ได้จากสมการความสัมพันธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.6 การคำนวณปริมาณสารตัวอย่างวีโอซี

การตรวจหาปริมาณวีโอซีในตัวอย่างสามารถทำได้โดยการเทียบกับสารละลายมาตรฐาน วีโอซีที่มีสารละลายมาตรฐาน Toluene-d8 (Internal standard) ที่ความเข้มข้น 2,376 ng/ml สารตัวอย่างวีโอซีที่ได้จากการวิเคราะห์จะได้ค่าเป็น ไมโครกรัม (µg) แสดงวิธีการคำนวณปริมาณสารตัวอย่างดังสมการ

$$\text{Mass of VOCs (µg)} = \frac{P_A - P_B}{P_S} \times C_S \times V_s \qquad (3.4)$$

โดยค่า

C_S = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 1000 ng/ml (µg/ml)

P_A = Peak area ของวีโอซีในตัวอย่าง

P_B = Peak area ของวีโอซี Blank

P_S = Peak area ของวีโอซีในสารละลายมาตรฐาน

V_S = ปริมาตรของตัวอย่าง 1 ml

3.6.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นสารวีโอซีที่ได้จากการเก็บตัวอย่างบริเวณสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงและที่บุคคลได้รับสัมผัส

2. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของความเข้มข้นวีโอซีที่ตรวจพบในแต่ละจุด โดยใช้ T-test และ ANOVA

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.8 การวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสสาร

ทำการคำนวณปริมาณการรับสัมผัส VOCs โดยการหายใจ ดังสมการ

$$\mathbf{ADD = (C \times IR \times EF \times ET \times ED \times CF) / (BW \times AT)} \quad (3.5)$$

เมื่อ ADD = ปริมาณการรับสัมผัส VOCs ใน 1 วัน (mg/kg BW-day)

C = ความเข้มข้นของ VOCs ที่บุคคลได้รับสัมผัสใน 1 วัน ($\mu g/m^3$)

IR = อัตราการหายใจ (0.875 m^3/ hour)

ET = เวลาในการรับสัมผัส VOCs (8 hour)

EF = ความถี่ของการรับสัมผัส VOCs (350 days/year)

ED = ระยะเวลาที่ได้รับสัมผัส VOCs (30 years)

CF = Conversion Factor (10^{-3} mg/µg)

BW = น้ำหนักตัว (70 kg)

AT = ระยะเวลาเฉลี่ยที่ได้รับสัมผัส VOCs (70x365 = 25,550 days)

(ค่าที่ใช้ในการคำนวณอ้างอิงจาก http://rais.ornl.gov/homepage/tm/for_res_wa.shtml, (2005))

- การประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสสาร VOCs แบ่งเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1) สารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง

สำหรับสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง สามารถทำการประเมินความเสี่ยง และคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\mathbf{Risk = CDI \times SF} \quad (3.6)$$

เมื่อ CDI = (C × IR × EF × ET × ED x CF) / (BW × AT)

SF = Slope Factor

ถ้า Risk มีค่าน้อยกว่า 1×10^{-6} สามารถยอมรับได้ คือไม่เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสาร

2) สารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง

สำหรับสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง สามารถทำการประเมินความเสี่ยง และคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$HQ = ADD / ADI \quad (3.7)$$

เมื่อ $ADD = (C \times IR \times EF \times ET \times ED \times CF) / (BW \times AT)$

ADI = Acceptable Daily Intake = RfD

ถ้า ADD / ADI > 1 อาจจะก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสาร

ADD / ADI < 1 คาดว่าจะไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสาร

สำหรับค่า ADD หรือ CDI เป็นปริมาณการรับสัมผัส VOCs โดยการหายใจ ซึ่งสามารถทำการคำนวณปริมาณการรับสัมผัส VOCs โดยการหายใจได้จากสมการที่ 3.3

3.7 ตัวแปรการศึกษา

3.7.1 ตัวแปรอิสระ

ตัวแปรอิสระ คือ ตัวแปรที่ต้องการศึกษาและสนใจในงานวิจัยนี้ ได้แก่ พื้นที่ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างจากเขตต่างๆทั่วกรุงเทพมหานคร ลักษณะของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

3.7.2 ตัวแปรกำหนด

ตัวแปรกำหนด คือ ตัวแปรที่มีการควบคุมให้มีค่าคงที่ตลอดงานวิจัยนี้ ได้แก่

1. ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง 7 วัน โดยในแต่ละตัวอย่างใช้เวลาในการเก็บ 8 ชั่วโมงต่อวัน
2. จำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง 11 สถานีทั่วกรุงเทพมหานคร
3. บุคคลที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างในแต่ละสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

3.7.3 ตัวแปรตาม

ตัวแปรตามคือตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ความเข้มข้นของสารวีโอซี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

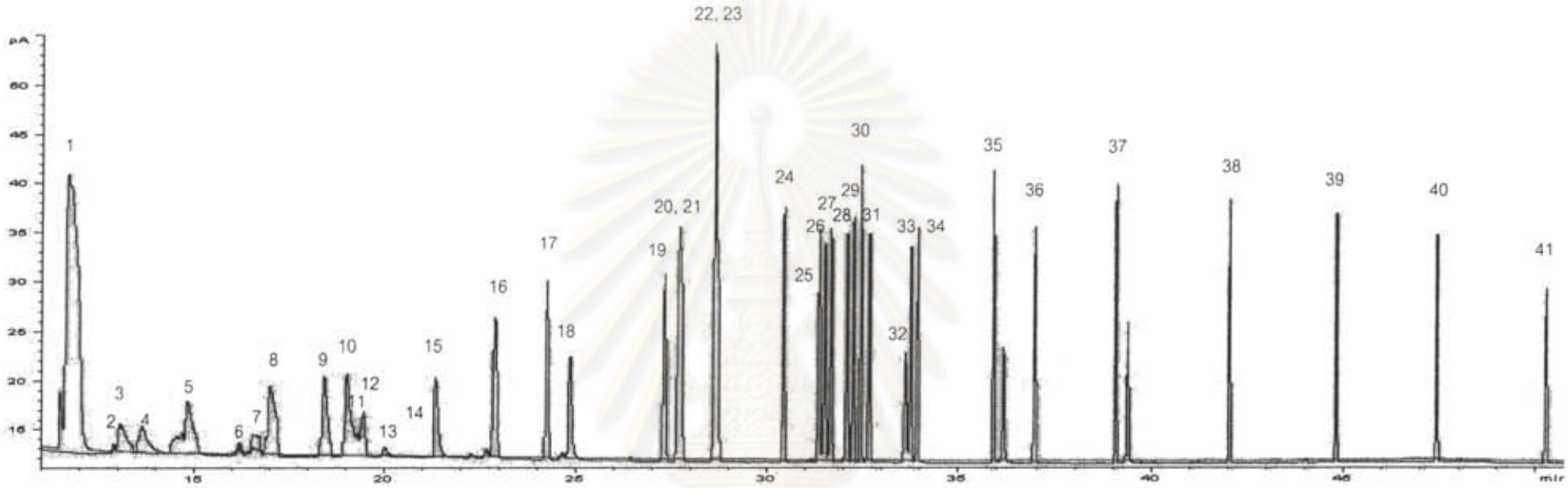
4.1 ผลการศึกษาเบื้องต้น

4.1.1 การหาสภาวะที่เหมาะสม

จากการหาสภาวะที่เหมาะสมโดยการใช้สารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด Japanese 50 component indoor air, MTBE และ Toluene d-8 (internal standard) ซึ่งวิเคราะห์โดย GC-FID คอลัมน์ชนิด DB-5MS, 60 m. × 0.32 mm., 1.0 μm film thickness ของ J&W ในเบื้องต้นใช้เทคนิค Scan mode เพื่อหา Retention time ของสารละลายมาตรฐาน VOCs ซึ่งได้สภาวะที่เหมาะสมคืออุณหภูมิเริ่มต้นที่ 35°C และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ 10 นาที หลังจากนั้นจึงเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 220 °C ที่อัตราการเพิ่ม 5°C/นาที นาน 5 นาที และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ รวมเวลาทั้งสิ้น 52 นาที Retention time ที่ได้จากการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.1 เมื่อทราบค่า Retention time ของสารละลายมาตรฐานแล้ว ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างเพื่อหาชนิดและปริมาณของสาร VOCs นั้นใช้เครื่อง GC-FID ซึ่งได้ Peak retention time ของสารแต่ละชนิดแสดงเป็นกราฟ Chromatograms ดังภาพที่ 4.1

จากภาพที่ 4.1 Chromatograms แสดง Peak ที่ retention time ต่างๆทั้งหมด 41 Peak ซึ่ง Peak ที่ได้นั้นรวม Peak ของ Toluene d-8 (internal standard) อยู่ด้วย จากการศึกษาของ Research Centre for Chemical Risk Management, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) เป็นการศึกษาที่คล้ายคลึงกันซึ่งใช้สภาวะการวิเคราะห์และสารละลายมาตรฐานชนิดเดียวกันพบ Peak ทั้งหมด 41 ชนิด ซึ่งชนิดที่พบส่วนใหญ่เป็นชนิดเดียวกันกับผล Chromatograms ที่ได้ในภาพที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



1. MTBE (11.7)	9. N- Haptane(19.0)	17. dibromochloromethane (24.6)	27. 1,3,5-trimethylbenzene (31.6)	35. n-undecane (35.8)
2. Methylene chloride (13.0)	10. trichloroethene (19.2)	18. tetrachloroethene (24.8)	28. 2-ethyltoluene (32.0)	36.1,2,4,5-tetramethylbenzene (36.9)
3. 2-butanone (13.8)	11. 1,2-dichloropropane (19.4)	19. ethylbenzene (27.2)	29. Beta –pinene (32.2)	37. dodecane (39.0)
4. Chloroform (14.6)	12. bromodichloromethane (19.9)	20,21. m,p-xylene (27.6)	30. decane (32.4)	38. decanal (42.0)
5. 2,4-dimethylpentane (14.9)	13. 4-methyl-2-pentanone (21.3)	22,23. Styrene/ o-xylene (28.5)	31. 1,2,4-trimethylbenzene (32.6)	39. tridecane (44.7)
6. 1,2-dichloroethane (16.7)	14. Toluene d-8* (22.6)	24. Alpha-pinene (30.3)	32. 1,4-dichlorobenzene (33.5)	40.tetradecane (47.4)
7. Benzene (17.0)	15. Toluene (22.8)	25. 3-ethyltoluene (31.3)	33. 1,2,3-trimethylbenzene (33.7)	41.pentadecane (50.2)
8. Isooctane (18.3)	16. n-octane (24.2)	26. 4-ethyltoluene (31.4)	34. Limonene (33.9)	

หมายเหตุ : ตัวเลขใน () หมายถึง Retention Time (min) ของสารแต่ละชนิด และ * หมายถึง Internal standard

รูปที่ 4.1 Chromatogram ของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด Japanese 50 component indoor air ที่ความเข้มข้น 10,000 ng/ml และ Chromatogram ของสารละลายมาตรฐาน MTBE ที่ความเข้มข้น 100,000 ng/ml และ Toluene d-8 (internal standard)

4.1.2 การสร้าง Calibration curve

การสร้าง Calibration curve โดยใช้สารละลาย VOCs ชนิด Japanese 50 component indoor air ที่มีความเข้มข้นต่างกัน 7 ความเข้มข้น คือ 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000 และ 10000 ng/ml และ MTBE ที่มีความเข้มข้นต่างกัน 7 ความเข้มข้น คือ 5000, 10000, 20000, 40000, 60000, 80000 และ 100000 ng/ml ซึ่งเทียบความเข้มข้นในหน่วยมวลต่อปริมาตรอากาศดังตารางที่ 4.2 จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID พบชนิดของ VOCs เพียง 40 ชนิด ดังนั้นจึงนำ peak ที่ได้มาแสดงเป็น peak ratio และกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง peak ratio ของสารละลายมาตรฐานต่อ internal standard ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ดังแสดงในภาคผนวก ก ความสัมพันธ์ของกราฟมาตรฐาน แสดงด้วยค่า R^2 ซึ่งค่า R^2 ของแต่ละสารสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.9344 - 0.9996

ตารางที่ 4.1 Retention time ของสารละลายมาตรฐาน VOCs

ชื่อสารประกอบ	Retention time (min)	ชื่อสารประกอบ	Retention time (min)
MTBE	11.70	Styrene/o-Xylene	28.61
Methylene chloride	13.03	Alpha-pinene	30.30
2 - Butanone	13.60	3 – Ethytoluene	31.34
Chloroform	14.64	4 – Ethytoluene	31.49
2,4 - Dimethylpentane	14.84	1,3,5 - Trimethylbenzene	31.56
1,2 - Dichloroethane	16.67	2- Ethyltoluene	32.07
Benzene	17.00	Beta-pinene	32.24
Isooctane	18.35	Docane	32.40
n-Haptane	19.04	1,2,4 - Trimethylbenzene	32.66
Trichloroethene	19.20	1,4 - Dichlorobenzene	33.50
1,2 - Dichloropropane	19.46	1,2,3 - Trimethylbenzene	33.74
Bromodichloromethane	19.90	Limonene	33.85

ตารางที่ 4.1 Retention time ของสารละลายมาตรฐาน VOCs (ต่อ)

ชื่อสารประกอบ	Retention time (min)	ชื่อสารประกอบ	Retention time (min)
4 - Methyl - 2 – pentanone	21.46	n-Undecane	35.89
Toluene	22.87	1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	36.95
n-Octane	24.22	Dodecane	39.07
Dibromochloromethane	24.56	Decanal	41.99
Tetrachloroethene	24.85	Tridecane	44.70
Ethybenzene	27.20	Tetradecane	47.39
m,p-Xylene	27.68	Pentadecane	50.27

ตารางที่ 4.2 การสร้าง Calibration curve

สาร Standard	ความเข้มข้นของสารละลาย (ng/ml)	ความเข้มข้นของอากาศ ($\mu g/m^3$)
STD. Japanese 50 component indoor air	500	17.36
	1,000	34.72
	2,000	69.44
	4,000	138.89
	6,000	208.33
	8,000	277.78
	10,000	347.22
STD. MTBE	5,000	173.61
	10,000	347.22
	20,000	694.44
	40,000	1,388.89
	60,000	2,083.33
	80,000	2,777.78
	100,000	3,472.22

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ค่า R^2 ของ VOCs 40 ชนิด จากการสร้าง Calibration curve

ชื่อสารประกอบ	R^2	ชื่อสารประกอบ	R^2
MTBE	$R^2 = 0.9996$	Styrene/o-Xylene	$R^2 = 0.9962$
Methylene chloride	$R^2 = 0.9789$	Alpha-pinene	$R^2 = 0.9966$
2 - Butanone	$R^2 = 0.9913$	3 - Ethytoluene	$R^2 = 0.9953$
Chloroform	$R^2 = 0.9835$	4 - Ethytoluene	$R^2 = 0.9952$
2,4 - Dimethylpentane	$R^2 = 0.9817$	1,3,5 - Trimethylbenzene	$R^2 = 0.9966$
1,2 - Dichloroethane	$R^2 = 0.9865$	2- Ethyltoluene	$R^2 = 0.9958$
Benzene	$R^2 = 0.9949$	Beta-pinene	$R^2 = 0.9967$
Isooctane	$R^2 = 0.9900$	Docane	$R^2 = 0.9961$
n-Haptane	$R^2 = 0.9909$	1,2,4 - Trimethylbenzene	$R^2 = 0.9958$
Trichloroethene	$R^2 = 0.9875$	1,4 - Dichlorobenzene	$R^2 = 0.9946$
1,2 - Dichloropropane	$R^2 = 0.9944$	1,2,3 - Trimethylbenzene	$R^2 = 0.9963$
Bromodichloromethane	$R^2 = 0.9587$	Limonene	$R^2 = 0.9959$
4 - Methyl - 2 - pentanone	$R^2 = 0.9882$	n-Undecane	$R^2 = 0.9959$
Toluene	$R^2 = 0.9957$	1,2,4,5 -Tetramethylbenzene	$R^2 = 0.9957$
n-Octane	$R^2 = 0.9954$	Dodecane	$R^2 = 0.9961$
Dibromochloromethane	$R^2 = 0.9344$	Decanal	$R^2 = 0.9941$
Tetrachloroethene	$R^2 = 0.9908$	Tridecane	$R^2 = 0.9957$
Ethybenzene	$R^2 = 0.9963$	Tetradecane	$R^2 = 0.9960$
m,p-Xylene	$R^2 = 0.9963$	Pentadecane	$R^2 = 0.9950$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3 ค่า Limit of detection (LOD)

จากการหาค่า Limit of detection (LOD) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่อง GC-FID จะสามารถวิเคราะห์สารมาตรฐาน VOCs ได้ค่า LOD จากการคำนวณโดยใช้สมการ (3.2) ของสารที่พบทั้ง 40 ชนิด มีค่า LOD อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.019 ถึง 0.921 $\mu g/m^3$ ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งสาร 2, 4- Dimethylpentane มีค่า LOD ต่ำสุด และสาร 1, 4-Dichlorobenzene มีค่า LOD ที่สูงที่สุด

จากการศึกษาขีดความสามารถของเครื่อง GC-FID ของ Olansandan และคณะ (1999) โดยวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยประเภท Organohalogen 18 ชนิด พบว่าค่า LOD วิเคราะห์ได้ถึงระดับ พิโครกรัม และจากการศึกษาของ Schneider และคณะ (2001) วิเคราะห์สาร BTX ได้ค่า LOD ออกมาในหน่วยไมโครกรัม คือตั้งแต่ 0.34-2.23 ไมโครกรัม และจากการศึกษาของ Edwards และคณะ (2001) ในประเทศฟินแลนด์ ได้ค่า LOD ของ VOCs ประเภท Alcohols Alkanals Alkanes Aromatics Ester Miscellaneous และ Halogenated พบว่าค่า LOD อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.69-4.13 ไมโครกรัม ซึ่งจากการคำนวณ LOD ของสารทั้ง 40 ชนิด จากตารางที่ 4.3 พบว่าผลจากการหาค่า LOD ได้นั้นดีกว่าการศึกษาอื่นๆที่นำมาเปรียบเทียบ ยกเว้นการศึกษาของ Olansandan และคณะ ซึ่งได้ผลที่ดีกว่า

4.1.4 การทดสอบวิธีการสกัดโดยใช้ Recovery Test

จากการทดสอบวิธีการสกัดโดยใช้ Recovery Test นั้นได้ทดสอบโดยใช้สารละลายมาตรฐาน Japanese 50 component indoor air ความเข้มข้น 1,000 ng/ml และสารละลายมาตรฐาน MTBE ความเข้มข้น 2,500 ng/ml ซึ่งมีการ Spike เข้าไปในหลอดเก็บตัวอย่างแบบ Active แล้วนำมาทำการสกัดนั้นพบสาร VOCs 40 ชนิด นำผลที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณโดยใช้สมการ (3.1) ค่าที่คำนวณได้ออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ Recovery ดังแสดงตารางที่ 4.4

จากตารางที่ 4.4 พบค่า %VOCs Recovery $\pm$ SD ที่ได้ของสารทั้ง 40 ชนิด มีค่าอยู่ในช่วง 83.41 $\pm$ 2.40% (2 - Butanone) ถึง 159.83 $\pm$ 1.17% (Limonene) ซึ่งจากสาร VOCs ที่มี 51 ชนิด แต่ทำการทดสอบแล้วพบสารเพียง 40 ชนิด ในการทดสอบนั้นมี %VOCs Recovery ของสารมากกว่า 80 % ถึง 32 ชนิด และมากกว่า 90 % ถึง 21 ชนิด ซึ่งพบเกินครึ่งหนึ่งของสารที่พบ

จากการทดสอบวิธีการสกัดโดยใช้ Recovery Test โดย สาวิตรี ซึ่งทำการทดสอบโดยใช้สารละลายมาตรฐาน Japanese 52 component indoor air ความเข้มข้น 1,000 ng/ml Spike เข้าไปในหลอดเก็บตัวอย่างแบบ Passive แล้วนำมาทำการสกัด วิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS นั้นพบสาร VOCs 34 ชนิด พบค่า %VOCs Recovery $\pm$ SD ที่ได้ของสารทั้ง 34 ชนิด มีค่าอยู่ในช่วง 68.98 $\pm$ 0.12% (2-Ethyltoluene) ถึง 101.01 $\pm$ 0.39 % (Dibromochloromethane) และของ Olansandan

และคณะ ซึ่งได้ Spike สาร VOHCs เข้าไปตั้งแต่ 1.27-8.35 ไมโครกรัม พบค่า % Recovery อยู่ในช่วง 90.8 % (Carbon tetrachloride) ถึง 104% (Dichloromethane) ซึ่งจากการทดสอบสาร 18 ชนิด นั้น % Recovery ของสารมากกว่า 95% ถึง 14 ชนิด ซึ่งพบเกินครึ่งหนึ่งของชนิดสารที่พบ

ตารางที่ 4.4 ค่า LOD ของสารละลายมาตรฐาน VOCs 40 ชนิด

ชื่อสารประกอบ	LOD ($\mu g/m^3$)	ชื่อสารประกอบ	LOD ($\mu g/m^3$)
MTBE	0.49	Styrene/o-Xylene	0.15
Methylene chloride	0.80	Alpha-pinene	0.29
2 - Butanone	0.73	3 - Ethytoluene	0.11
Chloroform	0.18	4 - Ethytoluene	0.61
2,4 - Dimethylpentane	0.01	1,3,5 - Trimethylbenzene	0.32
1,2 - Dichloroethane	0.70	2- Ethyltoluene	0.22
Benzene	0.23	Beta-pinene	0.25
Isooctane	0.18	Docane	0.06
n-Haptane	0.73	1,2,4 - Trimethylbenzene	0.70
Trichloroethene	0.56	1,4 - Dichlorobenzene	0.92
1,2 - Dichloropropane	0.03	1,2,3 - Trimethylbenzene	0.46
Bromodichloromethane	0.61	Limonene	0.33
4 - Methyl - 2 - pentanone	0.49	n-Undecane	0.16
Toluene	0.50	1,2,4,5 -Tetramethylbenzene	0.25
n-Octane	0.23	Dodecane	0.24
Dibromochloromethane	0.23	Decanal	0.33
Tetrachloroethene	0.61	Tridecane	0.23
Ethybenzene	0.19	Tetradecane	0.22
m,p-Xylene	0.12	Pentadecane	0.18

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์ Recovery ของ Volatile Organic Compounds

ชื่อสารประกอบ	VOCs (spiked)	VOCs (Recovered)	MAX	MIN	%VOCs Recovery ± SD
	(A)µg	(B)µg			B/A×100
MTBE	1	1.0008	1.0750	0.8624	100.08 ± 11.28
Methylene chloride	1	1.1674	1.6787	0.8513	116.74 ± 0.99
2 – Butanone	1	0.8341	1.5395	0.0627	83.41 ± 2.40
Chloroform	1	0.9335	1.6761	0.1972	93.35 ± 0.53
2,4 – Dimethylpentane	1	1.1064	1.2804	0.8918	110.64 ± 0.59
1,2 - Dichloroethane	1	1.0583	1.2809	0.7593	105.83 ± 0.48
Benzene	1	1.2037	2.0907	0.6664	120.37 ± 4.30
Isooctane	1	1.1235	1.4286	0.9048	112.35 ± 1.19
n-Haptane	1	0.9320	1.0533	0.7370	93.20 ± 0.87
Trichloroethene	1	1.0883	2.2556	0.1365	108.83 ± 3.86
1,2 - Dichloropropane	1	0.9229	1.2582	0.7782	92.29 ± 0.37
Bromodichloromethane	1	1.0276	4.3571	0.5306	102.76 ± 1.15
4 - Methyl - 2 - pentanone	1	0.9789	1.3867	0.7352	97.89 ± 1.33
Toluene	1	0.9599	1.2558	0.7431	95.99 ± 1.52
n-Octane	1	1.0887	1.3673	0.8366	108.87 ± 1.22
Dibromochloromethane	1	0.8852	1.1429	0.4286	88.52 ± 0.15
Tetrachloroethene	1	1.0227	2.0234	0.3458	102.27 ± 3.10
Ethybenzene	1	0.9241	1.1566	0.6974	92.41 ± 1.34
m-Xylene/p-Xylene	1	0.8954	1.1096	0.6755	89.54 ± 2.53
Styrene/o-Xylene	1	0.8640	1.0759	0.6403	86.40 ± 3.45
Alpha-pinene	1	0.8554	1.0280	0.6215	85.54 ± 1.31
3 - Ethytoluene	1	0.9279	1.1268	0.6765	92.79 ± 1.37
4 - Ethytoluene	1	1.1795	1.4006	0.8328	117.95 ± 1.09
1,3,5 - Trimethylbenzene	1	1.2188	1.4101	0.8734	121.88 ± 1.18

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์ Recovery ของ Volatile Organic Compounds (ต่อ)

ชื่อสารประกอบ	VOCs (spiked)	VOCs (Recovered)	MAX	MIN	%VOCs Recovery ± SD
	(A)µg	(B)µg			B/A×100
2- Ethyltoluene	1	1.2625	1.5255	0.9207	126.25 ± 1.31
Beta-pinene	1	0.9485	1.1296	0.6865	94.85 ± 1.33
Docane	1	0.9801	1.1914	0.7222	98.01 ± 1.34
1,2,4 - Trimethylbenzene	1	0.8842	1.1295	0.6898	88.42 ± 1.43
1,4 - Dichlorobenzene	1	1.4295	1.8876	1.0426	142.95 ± 0.74
1,2,3 - Trimethylbenzene	1	1.3063	1.5797	0.9370	130.63 ± 1.08
Limonene	1	1.5983	1.8456	1.1351	159.83 ± 1.17
n-Undecane	1	0.9631	1.1656	0.7160	96.31 ± 1.47
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	1	1.2497	1.4449	0.8601	124.97 ± 1.25
Dodecane	1	1.0559	1.2089	0.7134	105.59 ± 1.63
Decanal	1	1.2870	1.5689	0.8112	128.70 ± 1.91
Tridecane	1	1.3517	1.6443	0.8667	135.17 ± 2.20
Tetradecane	1	1.3193	1.6393	0.8045	131.93 ± 2.55
Pentadecane	1	1.0494	1.8622	0.8288	104.94 ± 4.82

4.2 การหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling

การหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active samplingเพื่อนำค่าที่ได้จากสมการเส้นตรงไปใช้ในการประมาณปริมาณสาร VOCs ที่พบในการเก็บตัวอย่างจากพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งในวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Active sampling นั้น เป็นวิธีการเก็บตัวอย่างตามวิธีมาตรฐาน มีการต่ออุปกรณ์กับ Personal air pump ที่รู้อัตราการไหลที่แน่นอน และสามารถนำอัตราการไหลที่ได้นั้นมาคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของสารได้ แต่การเก็บตัวอย่างแบบ Active sampling มีข้อจำกัดเมื่อต้องการเก็บตัวอย่างจากตัวบุคคลเหมือนในงานวิจัยนี้เพราะว่า Personal air pump ไม่สะดวกเมื่อนำมาใช้ติดกับตัวบุคคล จึงมีการนำวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling มาใช้เพราะมีความสะดวก พกพาได้ง่ายเหมาะแก่การนำมาใช้ในการเก็บตัวอย่างจากตัวบุคคล และสามารถทำการเก็บตัวอย่างพร้อมกันได้หลายตัวอย่างในพื้นที่ที่แตกต่างกันออกไป วิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling มีข้อจำกัดเพราะเป็นอุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้ Personal air pump ทำให้ไม่สามารถทราบได้ถึงอัตราการแพร่ผ่านของสารต่างๆ แต่สามารถแก้ไขข้อจำกัดได้ด้วยการวิเคราะห์ค่าข้อมูลที่ได้โดยการนำอุปกรณ์ทั้ง 2 วิธีมาหาค่า

ความสัมพันธ์กันแล้วจึงนำค่ามาใช้ในการคำนวณด้วยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling ทำให้สามารถประมาณค่าของปริมาณสารที่ตรวจพบได้ ซึ่งในการหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling และ Active sampling สอดคล้องกับงานวิจัยของ สาวิตรี พลูมา(2005) ที่มีการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการที่เหมือนกัน แต่เป็นการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ริมถนน และนำค่าความสัมพันธ์ที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสาร VOCs ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี Passive sampling จากงานวิจัยของ Olansandan และคณะ(1999) ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างด้วยหลอด Passive เพื่อหาสาร VOHCs จำนวน 18 ชนิด ทั้งภายในและภายนอกอาคารที่ก่อให้เกิดมลพิษในเมือง Shizuoka ประเทศญี่ปุ่น ก็ได้หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling และ Active sampling ก่อนทำการเก็บตัวอย่างจริงเพื่อนำผลจากค่าความสัมพันธ์ที่ได้มาใช้ในการคำนวณค่าจากเก็บตัวอย่างด้วยหลอด Passive ซึ่งโดยหลักการ และวิธีการเหมือนกับในงานวิจัยนี้ และจากงานวิจัยของ Takeshi และ คณะ (2006) ทำการศึกษาเกี่ยวกับสาร VOCs ที่มีอยู่ในบรรยากาศ ที่เขต Shimizu เมือง Shizuoka ประเทศญี่ปุ่น ทำการเก็บตัวอย่างแบ่งออกเป็นสองฤดูกาล ในฤดูร้อนเก็บตัวอย่างในช่วงวันที่ 22-23 สิงหาคม 2000 และในฤดูหนาว เก็บตัวอย่างในช่วงวันที่ 21-22 ธันวาคม เก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้หลอด passive gas tube และนำค่าความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling และ Active sampling จากงานวิจัยของ Olansandan และคณะ(1999)ได้มาใช้ในการคำนวณค่าจากเก็บตัวอย่างด้วยหลอด Passive ด้วยเช่นเดียวกัน

ผลจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling และ Active sampling โดยการนำชุดเก็บตัวอย่างทั้ง Passive และ Active sampling มาเปรียบเทียบกัน การเก็บแบบ Active sampling จะประกอบด้วย Charcoal glass tube ต่อกับ Personal air pump และแบบ Passive จะใช้ Passive gas tube การหาความสัมพันธ์โดยนำชุดอุปกรณ์ทั้งสองไปวางไว้ในบริเวณที่มีสภาวะ และเวลาเดียวกัน โดยทำการตรวจวัดในเขต ผลจากการหาความสัมพันธ์ของทั้ง 2 วิธีในการเก็บตัวอย่างนั้นเป็นความสัมพันธ์ที่ออกมาในรูปของสมการเส้นตรง $y = ax$ ซึ่งค่า y คือค่าที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บตัวอย่างโดยวิธี Passive sampling (μg) และ x คือค่าที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บตัวอย่างโดยวิธี Active sampling (μg) ความสัมพันธ์ที่ได้มานี้จะนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณ VOCs ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจริง ที่แสดงในหน่วย $\mu g/m^3$ ต่อไป ในการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาหาค่าความสัมพันธ์โดยใช้ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงนี้ ทำการเก็บตัวอย่างในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ในระหว่างวันที่ 29 ตุลาคม – 4 พฤศจิกายน 2551

4.2.1 การหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling ระยะเวลา 8 ชั่วโมง

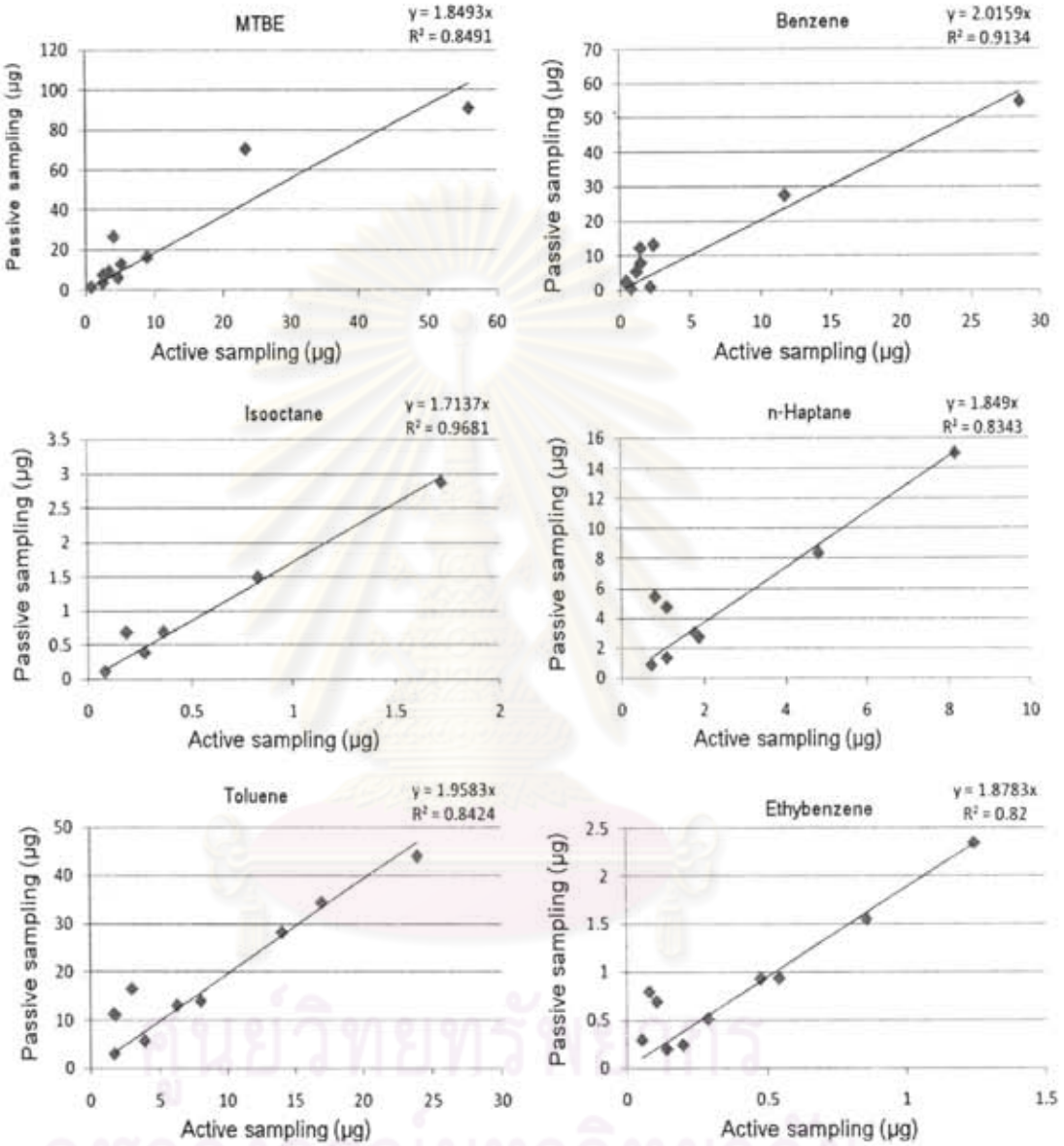
การหาความสัมพันธ์โดยนำชุดอุปกรณ์ทั้งสอง ไปวางในบริเวณที่มีสภาวะ และเวลาเดียวกัน โดยทำการตรวจวัด 10 จุด ในเขตกรุงเทพมหานคร จุดเก็บตัวอย่างคือภายในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง 5 สถานี ได้แก่ สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงพหลโยธิน สนามเป้า สุขาภิบาล 3 ทางด่วนดาวคะนอง และบางขุนเทียน โดยแต่ละสถานีนั้นจะเก็บตัวอย่าง 2 จุด คือ ตรงกลางกับตรงจุดเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงภายในสถานีบริการนั้นๆ โดยทำการเก็บในช่วงเวลา 6.00 – 14.00 น.ตั้งแต่วันที่ 1 – 4 พฤศจิกายน 2551 ซึ่งระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างนี้อยู่ภายในช่วงเวลาเดียวกับการเก็บตัวอย่างจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อหาปริมาณการรับสัมผัสของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง และผลที่ได้ดังตารางที่ ฉ-2 ในภาคผนวก ฉ

ตารางที่ 4.6 สมการความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling ระยะเวลา 8 ชั่วโมง

สารประกอบ	สมการ	R^2
MTBE	y = 1.8493x	0.8491
Benzene	y = 2.0159x	0.9134
Isooctane	y = 1.7137x	0.9681
n-Haptane	y = 1.8490x	0.8343
Toluene	y = 1.9583x	0.8424
Ethybenzene	y = 1.8783x	0.8200
m,p-Xylene	y = 1.7314x	0.8554
Styrene/o-Xylene	y = 1.6787x	0.7958
3 - Ethytoluene	y = 1.5019x	0.9062
Decanal	y = 38.219x	0.9051

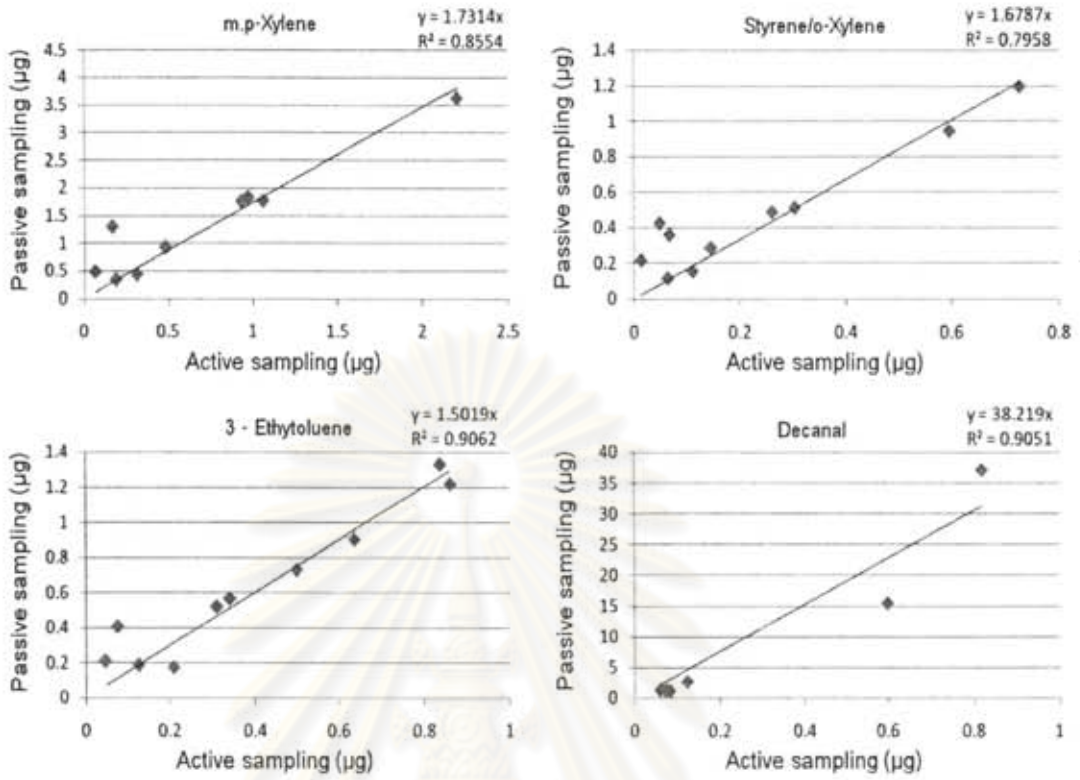
จากการเก็บตัวอย่างในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อหาความสัมพันธ์นั้น สามารถรายงานค่าความสัมพันธ์ของสาร VOCs 10 ชนิดจากสารที่พบทั้งหมด 40 ชนิด ผลจากหาความสัมพันธ์ของทั้ง 2 วิธีในการเก็บตัวอย่างนั้นเป็นความสัมพันธ์ที่ออกมาในรูปของสมการเส้นตรง $y = ax$ ซึ่งค่า y คือ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บโดยวิธี Passive sampling (µg) และ x คือ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บโดยวิธี Active Sampling (µg) ซึ่งได้สรุปสมการ และค่า R^2 ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์

ดังตารางที่ 4.6 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บทั้งสอง แสดงดังภาพที่ 4.2 และค่า R^2 ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์นั้นอยู่ในช่วง 0.7958 – 0.9681



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling ระยะเวลา 8 ชั่วโมง โดยการเก็บตัวอย่างภายในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling ระยะเวลา 8 ชั่วโมง โดยการเก็บตัวอย่างภายในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง (ต่อ)

4.2.2การหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

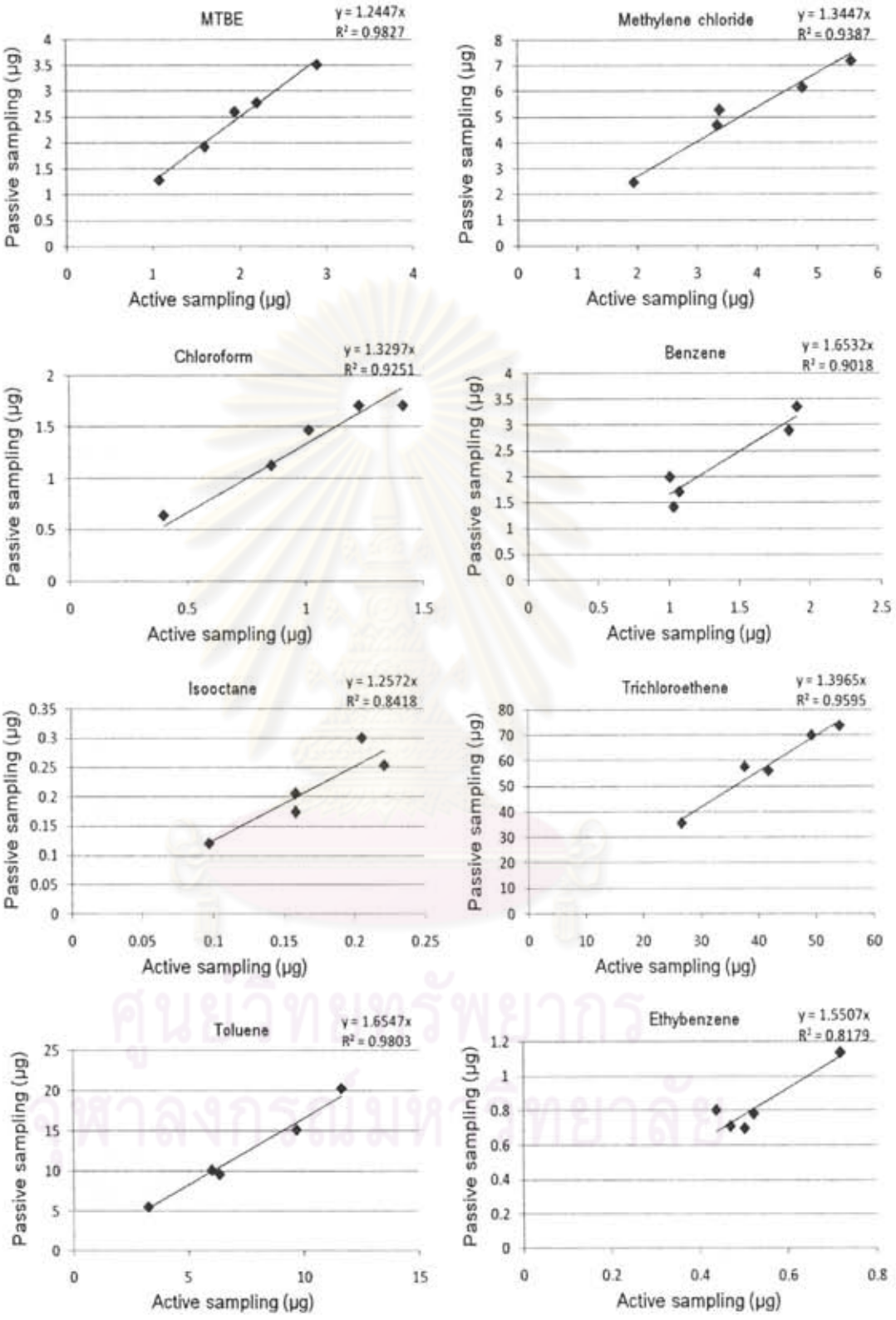
การหาความสัมพันธ์โดยนำชุดอุปกรณ์ทั้งสอง ไปวางในบริเวณที่มีสภาวะ และเวลาเดียวกัน โดยทำการตรวจวัด 5 จุด ในเขตกรุงเทพมหานคร จุดเก็บตัวอย่างคือ พื้นที่ริมถนน 5 สถานี ได้แก่ สถานีศูนย์ฝึกอบรมและวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม คลอง5 สถานีตำรวจโชคชัย 4 แฟลตดินแดง โรงพยาบาลจุฬา และราชภัฏบ้านสมเด็จ โดยทำการเก็บเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 11 – 12 กุมภาพันธ์ 2552 ซึ่งได้ทำการเก็บตัวอย่างพร้อมกับทางกรมควบคุมมลพิษ โดยที่ทางกรมควบคุมมลพิษนั้นใช้อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างด้วยถัง Canister แต่เนื่องจากทางกรมควบคุมมลพิษกำลังทำการวิเคราะห์ตัวอย่างจึงยังไม่ได้ผลข้อมูลจากการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs ทำให้ไม่มีค่าข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างด้วยถัง Canister จึงสามารถทำการแสดงค่าที่ได้ด้วยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Passive sampling และ Active sampling เท่านั้น และผลที่ได้ดังตารางที่ ฉ-1ในภาคผนวก ฉ สาเหตุที่ต้องทำการหาค่าการหาความสัมพันธ์จากการเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงเพิ่มเติมเนื่องมาจากต้องการนำอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างแบบ

Passive sampling มาเปรียบเทียบกับการเก็บตัวอย่างด้วยถัง Canister ซึ่งเป็นวิธีการที่เป็นมาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป

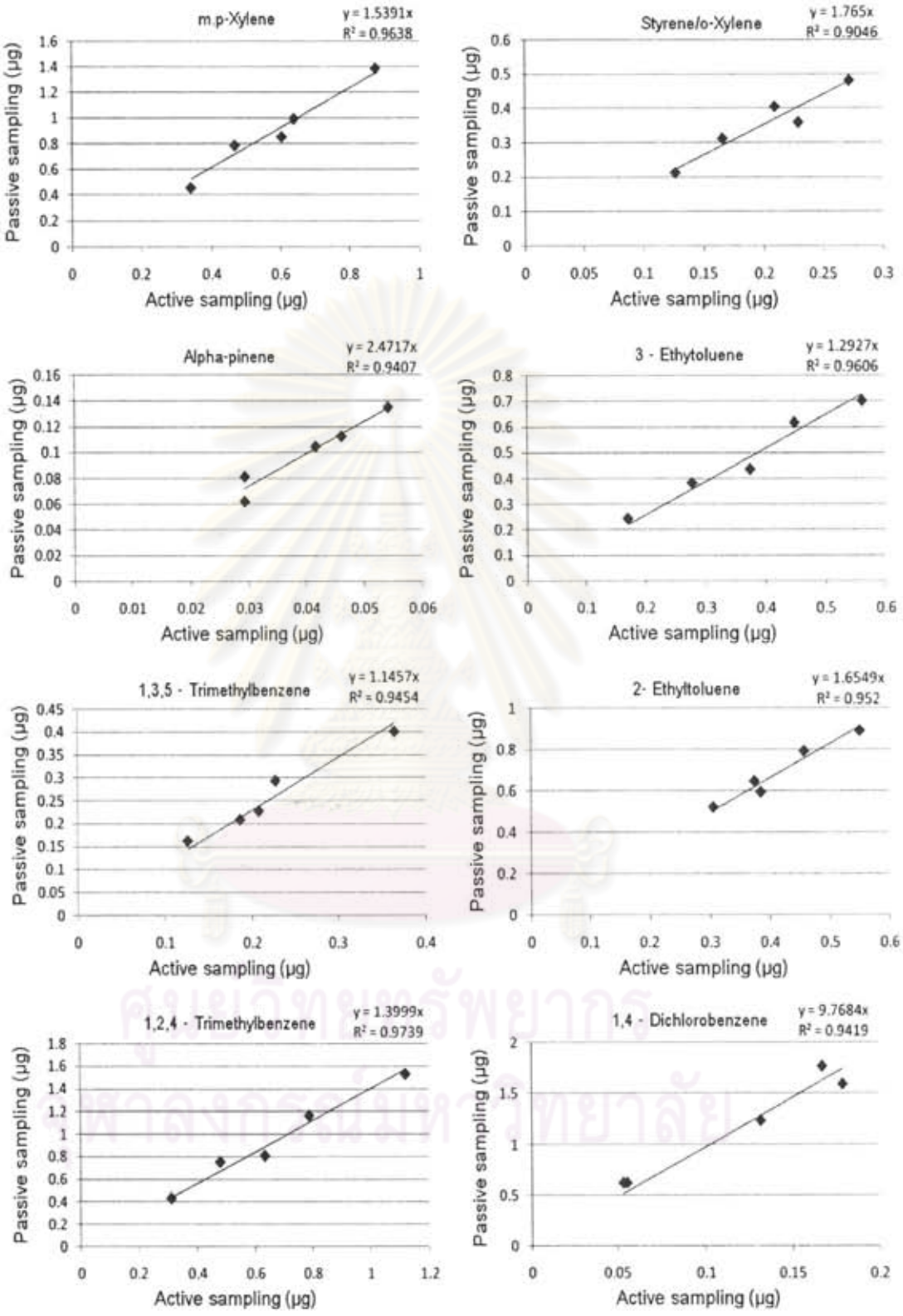
ตารางที่ 4.7 สมการความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

สาร	สมการ	R^2	สาร	สมการ	R^2
MTBE	y = 1.2447x	0.9827	Alpha-pinene	y = 2.4717x	0.9407
Methylene chloride	y = 1.3447x	0.9387	3 - Ethytoluene	y = 1.2927x	0.9606
Chloroform	y = 1.3297x	0.9251	1,3,5 - Trimethylbenzene	y = 1.1457x	0.9454
Benzene	y = 1.6532x	0.9018	2- Ethyltoluene	y = 5.239x	0.9250
Isooctane	y = 1.2572x	0.8418	1,2,4 - Trimethylbenzene	y = 1.3999x	0.9739
Trichloroethene	y = 1.3965x	0.9595	1,4 - Dichlorobenzene	y = 9.7684x	0.9419
Toluene	y = 1.6547x	0.9803	1,2,3 - Trimethylbenzene	y = 2.3498x	0.9741
Ethybenzene	y = 1.5507x	0.8179	Limonene	y = 5.239x	0.9250
m,p-Xylene	y = 1.5391x	0.9638	n-Undecane	y = 1.2927x	0.9606
Styrene/o-Xylene	y = 1.7650x	0.9046	1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	y = 6.2266x	0.8883

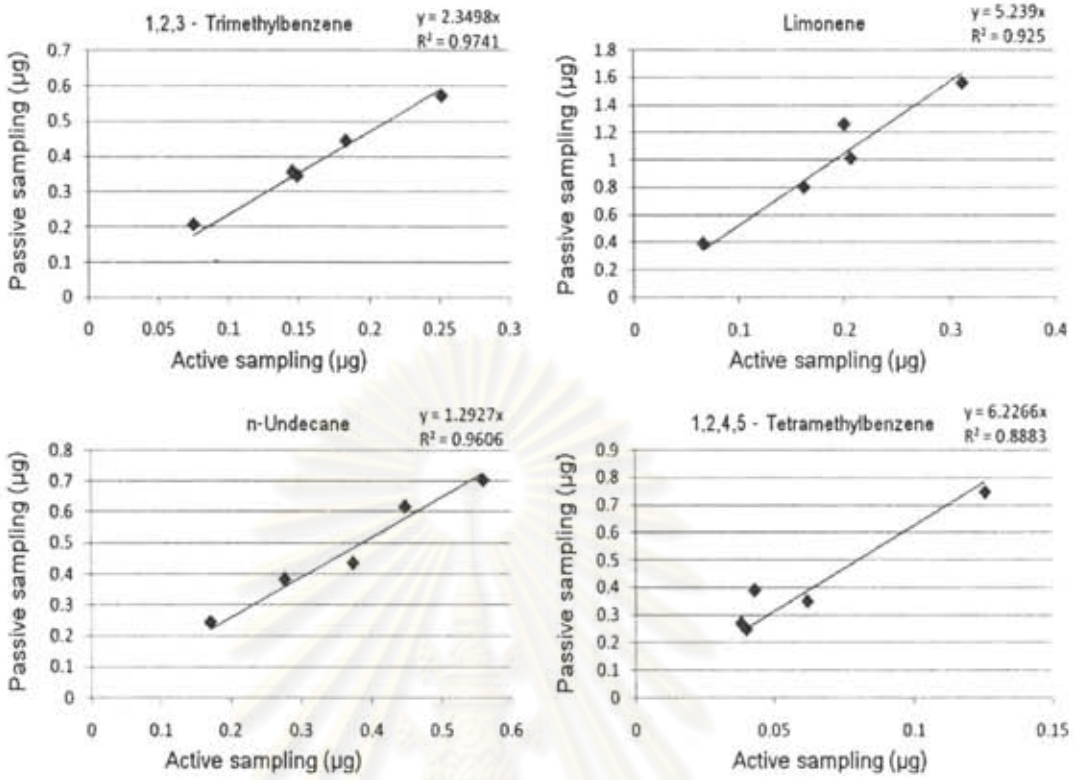
จากการเก็บตัวอย่างบริเวณริมถนนในเขตกรุงเทพมหานครเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อหาความสัมพันธ์นั้น สามารถรายงานค่าความสัมพันธ์ของสาร VOCs 20 ชนิดจากสารที่พบทั้งหมด 40 ชนิด ผลจากหาความสัมพันธ์ของทั้ง 2 วิธีในการเก็บตัวอย่างนั้นเป็นความสัมพันธ์ที่ออกมาในรูปของสมการเส้นตรง $y = ax$ ซึ่งค่า y คือ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บโดยวิธี Passive sampling (µg) และ x คือ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บโดยวิธี Active Sampling (µg) ซึ่งได้สรุปสมการ และค่า R^2 ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ ดังตารางที่ 4.7 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บทั้งสอง แสดงดังภาพที่ 4.3 ค่า R^2 ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์นั้นอยู่ในช่วง 0.8179 – 0.9827 การเก็บตัวอย่างแบบ 24 ชั่วโมงเก็บจากบริเวณพื้นที่ริมถนนในเขตตัวเมืองกรุงเทพมหานครระหว่างวันที่ 11 – 12 กุมภาพันธ์ 2552 จากสภาวะแวดล้อม และอุณหภูมิภายในวัน เวลา และสถานที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 พื้นที่การศึกษา ที่กล่าวไปในข้างต้น



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling ระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยการเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่ริมถนน



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling ระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยการเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่ริมถนน (ต่อ)



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling ระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยการเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่ริมถนน (ต่อ)

จากการหาความสัมพันธ์ทั้งหมด 2 แบบ ค่าสมการที่นำเอามาใช้ในการคำนวณหาปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs นำมาจากสมการที่ได้จากการเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง จำนวน 10 สถานี เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง ซึ่งได้ค่า R^2 ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์นั้นอยู่ในช่วง 0.7958 – 0.9681 และจากการหาความสัมพันธ์สามารถรายงานค่าความสัมพันธ์ของสาร VOCs 10 ชนิดจากสารที่พบทั้งหมด 40 ชนิด ผลจากหาความสัมพันธ์ของทั้ง 2 วิธีในการเก็บตัวอย่างนั้นเป็นความสัมพันธ์ที่ออกมาในรูปของสมการเส้นตรง $y = ax$ ซึ่งค่า y คือ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บโดยวิธี Passive sampling (µg) และ x คือ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บโดยวิธี Active Sampling (µg) เลือกนำค่าความสัมพันธ์โดยการเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง มาใช้ในการคำนวณหาปริมาณการรับสัมผัสของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องมาจากเป็นการเก็บตัวอย่างอยู่ในช่วงระยะเวลา สถานที่ สภาพแวดล้อมเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างจากพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling ระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยการเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่ริมถนน ได้ค่าความสัมพันธ์ของสาร VOCs 20 ชนิดจากสารที่พบทั้งหมด 40 ชนิด สาเหตุที่พบชนิดของค่าความสัมพันธ์มากกว่านั้นเนื่องมาจากจุดที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างนั้นมีค่าความ

เข้มข้นของสาร VOCs ในแต่ละที่ค่อนข้างแตกต่างกัน เมื่อมีการกระจายตัวของความเข้มข้นที่แตกต่างกันทำให้ค่า R^2 ที่ได้ค่อนข้างดี จำนวนชนิดที่ได้ค่าความสัมพันธ์ของสาร VOCs จึงมากขึ้น

จากการศึกษาสาร VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร ของ สาวิตรี พลูมา(2005) ที่ศึกษาสาร VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งทำการศึกษาโดยวิธีการเก็บตัวอย่างที่เหมือนกัน โดยทำการตรวจวัด 12 จุด เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงจากการเก็บตัวอย่างในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อหาความสัมพันธ์นั้น พบ VOCs 15 ชนิดได้แก่ Benzene , Toluene , Ethybenzene , m,p-Xylene , o-Xylene , 3–Ethytoluene , 4–Ethytoluene, 2-Ethyltoluene, 1,3,5-Trimethylbenzene, Decane, 1,2,4–Trimethylbenzene, 1,2,3-Trimethylbenzene, 1,4–Dichlorobenzene และ Limonene ได้ความสัมพันธ์ ที่ออกมาในรูปของสมการเส้นตรง $y = ax$ เช่นกัน และค่า R^2 ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์นั้นอยู่ในช่วง 0.8303 -0.9979 และจากงานวิจัยของ Olansandan และคณะ (1999)ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ active และ passive โดยการนำอุปกรณ์ทั้งสองชนิดนี้ไปวางไว้ ณ สถานที่เดียวกัน ซึ่งในวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ active มีการต่อเข้ากับ pump จากค่าความสัมพันธ์ที่ได้จากทั้งสองวิธี พบค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.799-0.991

4.3 ชนิดและปริมาณของสาร VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการเก็บตัวอย่างการรับสัมผัสสาร VOCs ของบุคคลที่ทำงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง จากเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งประกอบไปด้วย 11 สถานี โดยวิธี Passive Sampling เป็นระยะเวลา 7วัน ตั้งแต่วันที่ 29 ตุลาคม – 4 พฤศจิกายน 2551 โดยแต่ละตัวอย่างใช้เวลาในการเก็บ 8 ชั่วโมง ในแต่ละวันที่เก็บตัวอย่าง แต่ละพื้นที่จะเริ่มเก็บตัวอย่างที่เวลา 6.00 – 14.00 น. โดยใช้พนักงานในการเก็บตัวอย่าง 2 คนในแต่ละวัน ได้ผลดังนี้

4.3.1ชนิดของสาร VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการเก็บตัวอย่างการรับสัมผัสสาร VOCs ของบุคคลที่ทำงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง จากเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งประกอบไปด้วย 11 สถานี พบสาร VOCs ทั้งหมด 39 ชนิด โดยชนิดของสาร VOCs ที่พบในทุกพื้นที่การศึกษา และนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณมี 10 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 4.8 ซึ่งชนิดหลักที่พบได้แก่ MTBE, Benzene, Isooctane, n-Haptane, Toluene, Ethybenzene, m,p-Xylene, Styrene, o-Xylene, 3–Ethytoluene, Decanal

จากการศึกษาสาร VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร ของ สาวิตรี พลูมา(2005) ที่ศึกษาสาร VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งทำการศึกษาโดยวิธีการเก็บตัวอย่างที่เหมือนกัน จากการเก็บตัวอย่างการรับสัมผัสสาร VOCs ของบุคคลทั่วไปที่อาศัยในที่พักอาศัย 18 หลัง ซึ่งประกอบไปด้วย บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) 9 หลัง และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) 9 หลังใน

เขตเมือง (urban) ของกรุงเทพมหานคร พบ VOCs ทั้งหมด 16 ชนิด โดยชนิดของ VOCs ที่พบในทุกพื้นที่ทำการศึกษามี 8 ชนิดหลัก ได้แก่ benzene, toluene, ethylbenzene, m-xylene, p-xylene, o-xylene, 3-ethyltoluene และ 4-ethyltoluene เป็นหลัก และจากงานวิจัยถึงองค์ประกอบทางเคมีของสารอินทรีย์จากแหล่งกำเนิดที่คลังเก็บน้ำมันโดย วรรณา และคณะ(2549) พบชนิดของสาร VOCs 11 ชนิดได้แก่ benzene , toluene , ethylbenzene , o-xylene , m-xylene , p-xylene , cyclopentane , trimethylbenzene , 1,2,4-trimethylbenzene methyl tertiary-butyl ether (MTBE) , Isobutene จากการศึกษาชนิดของสาร VOCs ที่พบในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นมีชนิดที่พบมากกว่าการวิจัยถึงองค์ประกอบทางเคมีของสารอินทรีย์จากแหล่งกำเนิดที่คลังเก็บน้ำมัน เพราะสารละลายมาตรฐาน VOCs มีชนิด VOCs มากถึง 50 ชนิด และเมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาครั้งนี้กับงานวิจัยดังกล่าว พบชนิดสาร VOCs ที่ตรวจพบได้ตรงกัน 8 ชนิด ได้แก่ benzene , toluene, ethylbenzene , o-xylene , m-xylene , p-xylene, 1,2,4-trimethylbenzene , methyl tertiary-butyl ether (MTBE) ซึ่งแหล่งกำเนิดของสาร VOCs หลักที่พบอันได้แก่ benzene , toluene , xylene , ethylbenzene , trimethylbenzene (Aromatic hydrocarbons) และ aliphatic hydrocarbons นั้นมาจาก การสูบบุหรี่ น้ำมันเชื้อเพลิงจากรถยนต์ สีกาว และผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ชนิดของ VOCs ที่พบที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร

No.	ชื่อสาร	ดาวคะนอง	บางนาขาออก	เพื่อสัวัสดิการ ร.1 รอ.	พหลโยธิน	สนามเป้า	สุขาภิบาล 3	บางขุนเทียน	การท่าอากาศยาน 2	พัฒนาการ	นิมิตรใหม่	องค์การโทรศัพท์ หลักสี่
1	MTBE	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
2	Methylene chloride	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	2 - Butanone	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
4	Chloroform	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
5	2,4 - Dimethylpentane	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
6	1,2 - Dichloroethane	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
7	Benzene	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
8	Isooctane	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
9	n-Haptane	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
10	Trichloroethene	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
11	1,2 - Dichloropropane	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
12	Bromodichloromethane	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
13	4 - Methyl - 2 - pentanone	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
14	Toluene	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
15	n-Octane	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
16	Dibromochloromethane	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
17	Tetrachloroethene	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
18	Ethybenzene	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
19	m,p-Xylene	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
20	Styrene/o-Xylene	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
21	Alpha-pinene	D	-	D	D	D	D	-	-	D	D	D

หมายเหตุ : D คือ พบชนิดสาร - คือ ไม่พบชนิดสาร

ตารางที่ 4.8 ชนิดของ VOCs ที่พบที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

No.	ชื่อสาร	ดาวคะนอง	บางนาขาออก	เพื่อสวัสดิการ ร.1 รอ.	พหลโยธิน	สนามเป้า	สุขาภิบาล 3	บางขุนเทียน	การท่าอากาศยาน 2	พัฒนาการ	นิมิตรใหม่	องค์การโทรศัพท์ หลักสี่
22	3 - Ethytoluene	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
23	4 - Ethytoluene	-	-	D	-	-	-	-	-	-	-	D
24	1,3,5 - Trimethylbenzene	D	-	D	D	D	D	-	D	D	D	D
25	2- Ethyltoluene	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
26	Beta-pinene	-	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
27	Docane	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
28	1,2,4 - Trimethylbenzene	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
29	1,4 - Dichlorobenzene	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	1,2,3 - Trimethylbenzene	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
31	Limonene	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
32	n-Undecane	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
33	1,2,4,5- Tetramethylbenzene	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
34	Dodecane	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
35	Decanal	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
36	Tridecane	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
37	Tetradecane	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
38	Pentadecane	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

หมายเหตุ : D คือ พบชนิดสาร - คือ ไม่พบชนิดสาร

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของสาร VOCs ที่ตรวจพบในเขตกรุงเทพมหานคร

1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณของสาร VOCs ที่ตรวจพบในเขตกรุงเทพมหานครที่พนักงานได้รับสัมผัส

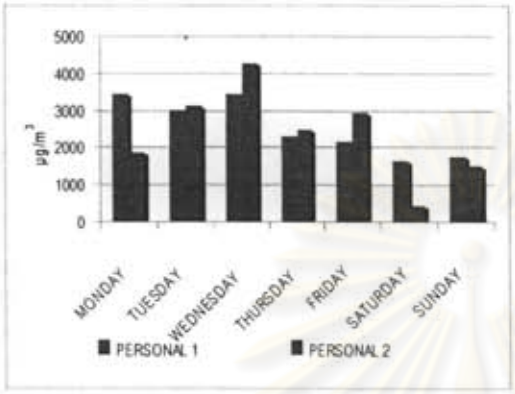
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs ที่ตรวจพบในเขตกรุงเทพมหานครทั้ง 10 พื้นที่ดังนี้

- พื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาการท่าอากาศยาน2 (J)
- พื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาพหลโยธิน (PH)
- พื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาการทางพิเศษ (ด่วนดาวคะนอง) (DKN)
- พื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาบางขุนเทียน (BT)
- พื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาสนามเป้า(SP)
- พื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาเพื่อสวัสดิการ ร.1 รอ.(RO)
- พื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขานิมิตใหม่(NI)
- พื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาพัฒนาการ(P)
- พื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาถนนสุขาภิบาล 3(TL)
- พื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาสวัสดิการสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (บางนาขาออก) (BN)

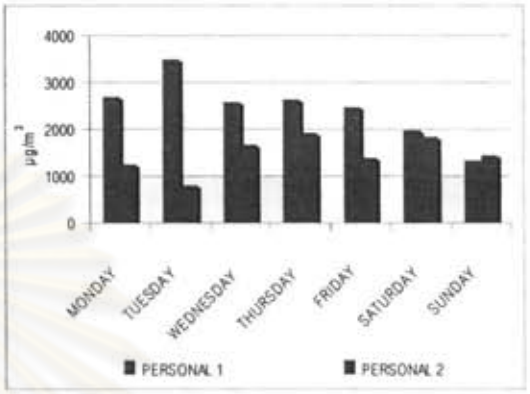
ในแต่ละพื้นที่จะทำการเก็บตัวอย่างจากพนักงานภายในสถานีบริการนั้นๆจำนวน 2 คน เป็นระยะเวลาตั้งแต่ 6.00 – 14.00 น.ทั้งหมด 7 วัน (จันทร์-อาทิตย์) นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มาแสดงผลดังภาพ ที่ 4.4 โดยแบ่งตามพื้นที่ที่ทำการศึกษา และในแต่ละภาพจะแสดงปริมาณการรับสัมผัสที่แต่ละบุคคลได้รับในแต่ละวัน สำหรับพื้นที่การศึกษาองค์การโทรศัพท์หลักสี่นั้นเมื่อเปรียบเทียบกับสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงอื่นๆ สภาพแวดล้อมภายในบริเวณสถานีมีอาคารล้อมรอบด้านหลังยังติดกับอาคารที่จอดรถยนต์อีกซึ่งในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างจะมีรถยนต์เข้ามาจอดรอรับส่งพนักงานโดยที่ทำการติดเครื่องยนต์เอาไว้ จึงส่งผลต่อปริมาณการรับสัมผัสสารของพนักงาน ทั้งช่วงระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างมีเพียง 5 วัน (จันทร์-ศุกร์) ซึ่งในสถานีอื่นๆมีการเก็บตัวอย่าง 7 วัน (จันทร์-อาทิตย์) ซึ่งในการรายงานผลต่อจากนี้ไปจะไม่นำผลจากพื้นที่การศึกษา TOT มาทำการวิเคราะห์รวมเข้าไปด้วยเนื่องจากเหตุผลดังกล่าว

เมื่อนำข้อมูลค่าเฉลี่ยของ VOCs แต่ละบุคคลที่ตรวจวัดได้ทั้ง 2 บุคคล ไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ T-test ในโปรแกรม SPSS 16 for window ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แสดงในภาคผนวก ซ พบว่าจากพื้นที่การศึกษาทั้งหมดมีเพียงพื้นที่การศึกษาเดียวที่ปริมาณการตรวจวัดจากทั้ง 2 บุคคลมีปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือพื้นที่

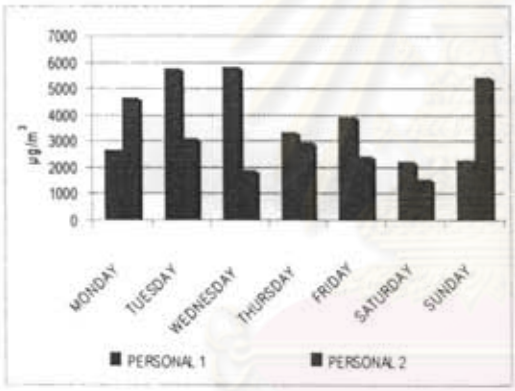
การศึกษาสาขาสวัสดิการสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (บางนาขาออก) ส่วนพื้นที่ที่เหลือทั้ง 9 พื้นที่นั้นปริมาณการตรวจวัดจากทั้ง 2 บุคคลมีปริมาณที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากค่าที่แตกต่างกันในทางสถิตินั้นอาจเนื่องมาจากกิจกรรมต่างๆของแต่ละบุคคลที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน



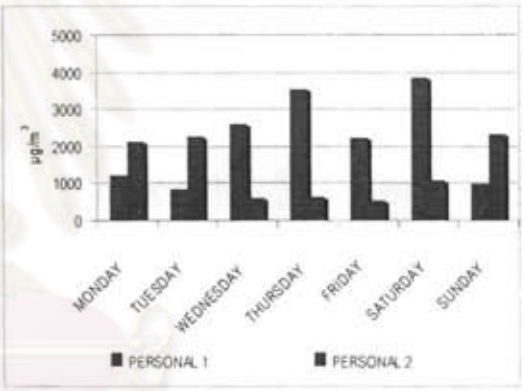
(a) DKN



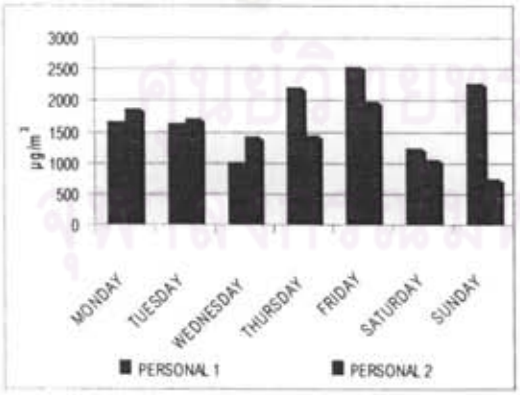
(b) BN



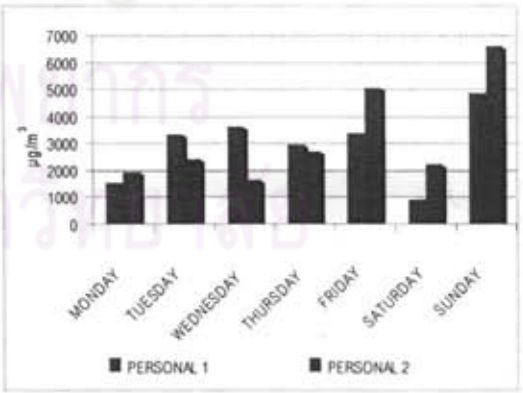
(c) RO



(d) PH

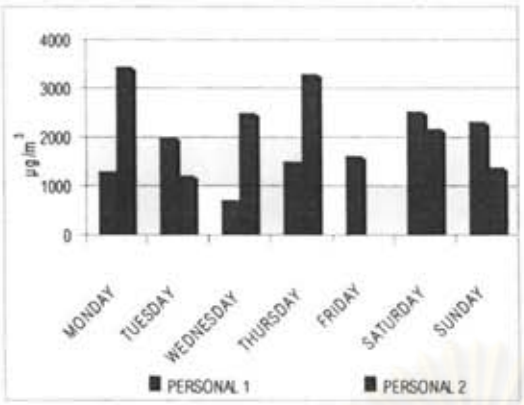


(e) SP

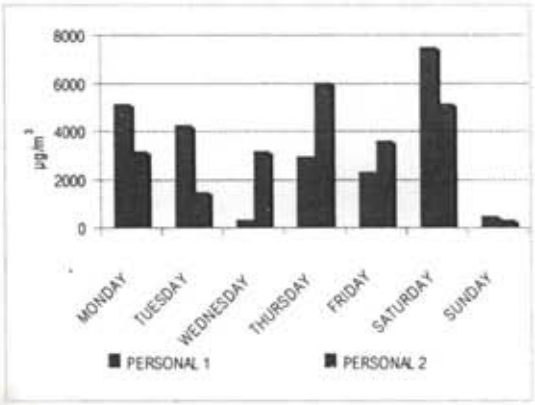


(f) TL

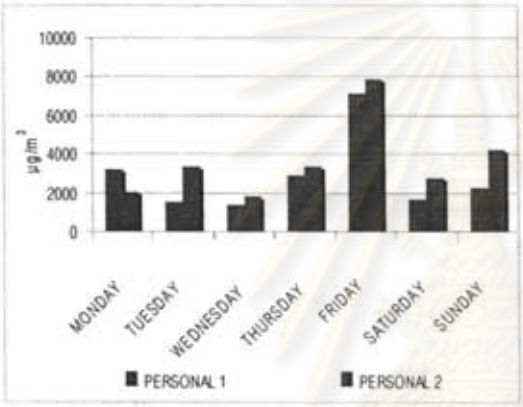
ภาพที่ 4.4 ปริมาณความเข้มข้นของ TOTAL VOCs ทั้งหมด 10 พื้นที่การศึกษาที่บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส



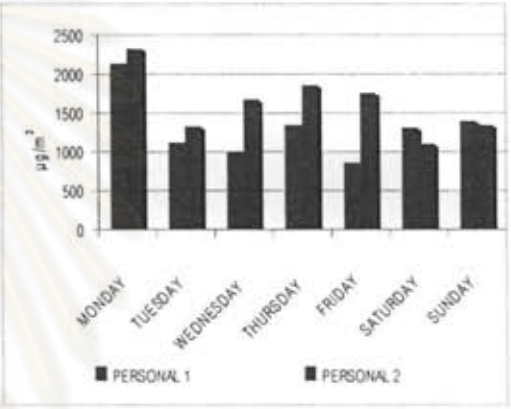
(g) BT



(h) J



(i) P



(j) NI

ภาพที่ 4.4 ปริมาณความเข้มข้นของ TOTAL VOCs ทั้งหมด 10 พื้นที่การศึกษาที่บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส (ต่อ)

- พื้นที่ศึกษาบางขุนเทียนจากปริมาณการรับสัมผัสของบุคคลที่ 2 ในวันศุกร์ไม่มีผลข้อมูลเนื่องมาจากพนักงานที่ทำการติดอุปกรณ์ตัวอย่างให้นั้นลืมติดอุปกรณ์ทำให้ข้อมูลขาดหายไป และจากปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อพิจารณาจากตัวบุคคลพบว่าบุคคลที่ 1 ได้รับสัมผัสสารมากในวันเสาร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 2519 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันพุธซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 704 $\mu g/m^3$ ซึ่งแตกต่างจากบุคคลที่ 2 ที่ได้รับสัมผัสสารมากในวันจันทร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 3445 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันอังคารซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1597 $\mu g/m^3$ เมื่อนำค่าเฉลี่ยในทุกวันมาพิจารณาพบว่าบุคคลที่ 2 (2331 $\mu g/m^3$) พบปริมาณสารในการรับสัมผัสมากกว่าบุคคลที่ 1 (1702 $\mu g/m^3$) จากภาพที่ 4.4 (g) พบว่าค่าที่ได้นั้นไม่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าในทางสถิติแล้วมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- พื้นที่ศึกษาการทางพิเศษ (ด่วนดาวคะนอง)ปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อพิจารณาจากตัวบุคคลพบว่าบุคคลที่ 1 ได้รับสัมผัสสารมากในวันพุธซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 3470 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันเสาร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1649 $\mu g/m^3$ ซึ่งไม่แตกต่างจากบุคคลที่ 2 ที่ได้รับสัมผัสสารมากในวันพุธเช่นกันซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 4279 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันเสาร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 415 $\mu g/m^3$ เมื่อนำค่าเฉลี่ยในทุกวันมาพิจารณาพบว่าบุคคลที่ 1 (2550 $\mu g/m^3$) พบปริมาณสารในการรับสัมผัสมากกว่าบุคคลที่ 2 (2375 $\mu g/m^3$) จากภาพที่ 4. 4 (a) พบว่าค่าที่ได้นั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าในทางสถิติแล้วมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- พื้นที่ศึกษาสวัสดิการสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (บางนาขาออก)ปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อพิจารณาจากตัวบุคคลพบว่าบุคคลที่ 1 ได้รับสัมผัสสารมากในวันอังคารซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 3488 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันอาทิตย์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1339 $\mu g/m^3$ ซึ่งแตกต่างจากบุคคลที่ 2 ที่ได้รับสัมผัสสารมากในวันพฤหัสซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1910 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันอังคารซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 809 $\mu g/m^3$ เมื่อนำค่าเฉลี่ยในทุกวันมาพิจารณาพบว่าบุคคลที่ 1 (2454 $\mu g/m^3$) พบปริมาณสารในการรับสัมผัสมากกว่าบุคคลที่ 2 (1469 $\mu g/m^3$) จากภาพที่ 4. 4 (b) พบว่าค่าที่ได้นั้นไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน และเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าในทางสถิติแล้วค่าที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งอาจจะเกิดมาจากกิจกรรมต่างๆของแต่ละบุคคลที่แตกต่างกันออกไป

- พื้นที่ศึกษาเพื่อสวัสดิการ ร.1 รอ.ปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อพิจารณาจากตัวบุคคลพบว่าบุคคลที่ 1 ได้รับสัมผัสสารมากในวันพุธซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 5380 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันเสาร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 2231 $\mu g/m^3$ ซึ่งแตกต่างจากบุคคลที่ 2 ที่ได้รับสัมผัสสารมากในวันอาทิตย์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 5443 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันเสาร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1579 $\mu g/m^3$ เมื่อนำค่าเฉลี่ยในทุกวันมาพิจารณาพบว่าบุคคลที่ 1 (3726 $\mu g/m^3$) พบปริมาณสารในการรับสัมผัสมากกว่าบุคคลที่ 2 (3155 $\mu g/m^3$) จากภาพที่ 4. 4 (c) พบว่าค่าที่ได้นั้นไม่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าในทางสถิติแล้วมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- พื้นที่ศึกษาพหลโยธินปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อพิจารณาจากตัวบุคคลพบว่าบุคคลที่ 1 ได้รับสัมผัสสารมากในวันเสาร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 3861 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันอังคารซึ่งมีปริมาณโดย

เฉลี่ย 839 $\mu g/m^3$ ซึ่งแตกต่างจากบุคคลที่ 2 ที่ได้รับสัมผัสสารมากในวันอาทิตย์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 2346 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันศุกร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 556 $\mu g/m^3$ เมื่อนำค่าเฉลี่ยในทุกวันมาพิจารณาพบว่าบุคคลที่ 1 (2182 $\mu g/m^3$) พบปริมาณสารในการรับสัมผัสมากกว่าบุคคลที่ 2 (1376 $\mu g/m^3$) จากภาพที่ 4. 4 (d) พบว่าค่าที่ได้นั้นไม่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าในทางสถิติแล้วมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- พื้นที่ศึกษาสนามเป้าปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อพิจารณาจากตัวบุคคลพบว่าบุคคลที่ 1 ได้รับสัมผัสสารมากในวันอาทิตย์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 2283 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันพุธซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1006 $\mu g/m^3$ ซึ่งแตกต่างจากบุคคลที่ 2 ที่ได้รับสัมผัสสารมากในวันศุกร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1993 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันอาทิตย์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 742 $\mu g/m^3$ เมื่อนำค่าเฉลี่ยในทุกวันมาพิจารณาพบว่าบุคคลที่ 1 (1803 $\mu g/m^3$) พบปริมาณสารในการรับสัมผัสมากกว่าบุคคลที่ 2 (1466 $\mu g/m^3$) จากภาพที่ 4. 4 (e) พบว่าค่าที่ได้นั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าในทางสถิติแล้วมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- พื้นที่ศึกษาถนนสุขาภิบาล 3ปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อพิจารณาจากตัวบุคคลพบว่าบุคคลที่ 1 ได้รับสัมผัสสารมากในวันพุธซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 3645 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันเสาร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 919 $\mu g/m^3$ ซึ่งแตกต่างจากบุคคลที่ 2 ที่ได้รับสัมผัสสารมากในวันอาทิตย์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 6634 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันพุธซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1643 $\mu g/m^3$ เมื่อนำค่าเฉลี่ยในทุกวันมาพิจารณาพบว่าบุคคลที่ 2 (3241 $\mu g/m^3$) พบปริมาณสารในการรับสัมผัสมากกว่าบุคคลที่ 1 (2958 $\mu g/m^3$) จากภาพที่ 4. 4 (f) พบว่าค่าที่ได้นั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าในทางสถิติแล้วมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- พื้นที่ศึกษาการท่าอากาศยาน2 ปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อพิจารณาจากตัวบุคคลพบว่าบุคคลที่ 1 ได้รับสัมผัสสารมากในวันอาทิตย์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 2283 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันพุธซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1006 $\mu g/m^3$ ซึ่งแตกต่างจากบุคคลที่ 2 ที่ได้รับสัมผัสสารมากในวันศุกร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1993 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันอาทิตย์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 742 $\mu g/m^3$ เมื่อนำค่าเฉลี่ยในทุกวันมาพิจารณาพบว่าบุคคลที่ 1 (1803 $\mu g/m^3$) พบปริมาณสารในการรับสัมผัสมากกว่าบุคคลที่ 2 (1466 $\mu g/m^3$) จากภาพที่ 4. 4 (h) พบว่าค่าที่ได้นั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

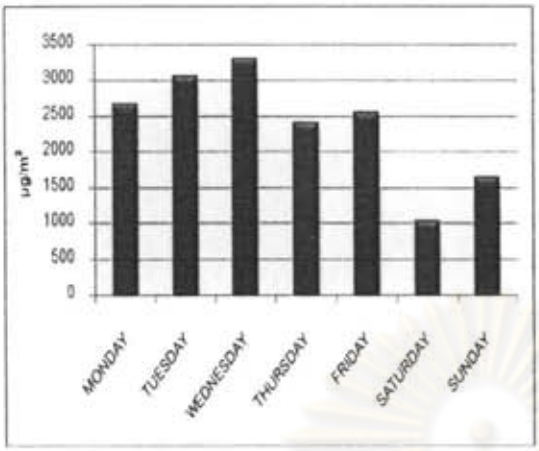
และเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าในทางสถิติแล้วมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- พื้นที่ศึกษาพัฒนาการปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อพิจารณาจากตัวบุคคลพบว่าบุคคลที่ 1 ได้รับสัมผัสสารมากในวันอาทิตย์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 2283 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันพุธซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1006 $\mu g/m^3$ ซึ่งแตกต่างจากบุคคลที่ 2 ที่ได้รับสัมผัสสารมากในวันศุกร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1993 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันอาทิตย์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 742 $\mu g/m^3$ เมื่อนำค่าเฉลี่ยในทุกวันมาพิจารณาพบว่าบุคคลที่ 1 (1803 $\mu g/m^3$) พบปริมาณสารในการรับสัมผัสมากกว่าบุคคลที่ 2 (1466 $\mu g/m^3$) จากภาพที่ 4. 4 (i) พบว่าค่าที่ได้นั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าในทางสถิติแล้วมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

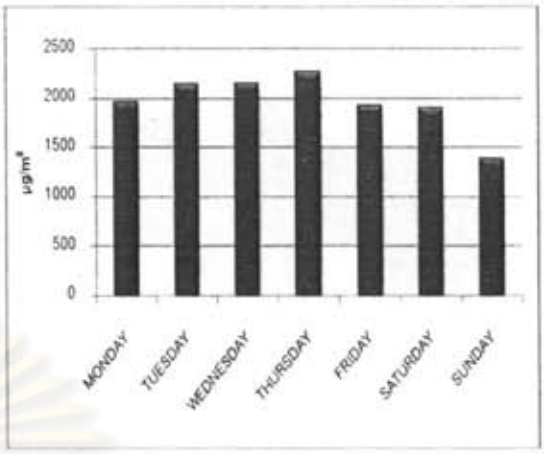
- พื้นที่ศึกษานิมิตรใหม่ปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อพิจารณาจากตัวบุคคลพบว่าบุคคลที่ 1 ได้รับสัมผัสสารมากในวันอาทิตย์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 2283 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันพุธซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1006 $\mu g/m^3$ ซึ่งแตกต่างจากบุคคลที่ 2 ที่ได้รับสัมผัสสารมากในวันศุกร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1993 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันอาทิตย์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 742 $\mu g/m^3$ เมื่อนำค่าเฉลี่ยในทุกวันมาพิจารณาพบว่าบุคคลที่ 1 (1803 $\mu g/m^3$) พบปริมาณสารในการรับสัมผัสมากกว่าบุคคลที่ 2 (1466 $\mu g/m^3$) จากภาพที่ 4. 4 (j) พบว่าค่าที่ได้นั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าในทางสถิติแล้วมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณของสาร VOCs ที่เกิดขึ้นในหนึ่งสัปดาห์ในพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร

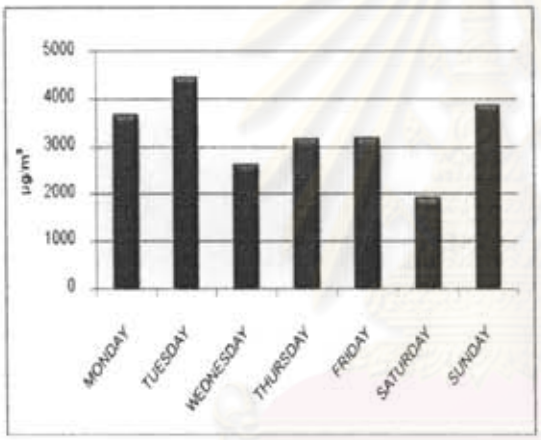
ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างมีทั้งหมด 7 วัน เริ่มตั้งแต่วันจันทร์ – วันอาทิตย์ ปริมาณสารที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานีมีค่าแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านต่างๆ เช่น สภาพแวดล้อมโดยรอบของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง กิจกรรมต่างๆของแต่ละบุคคล



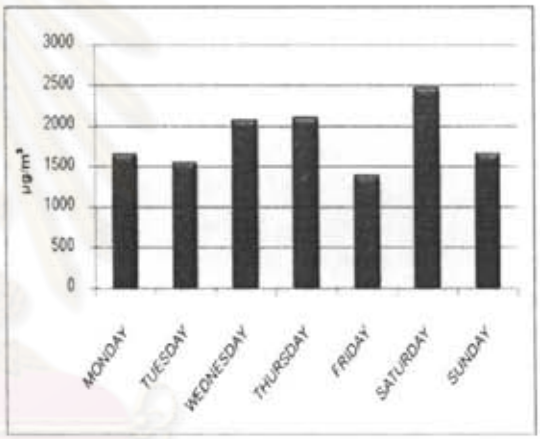
(a) DKN



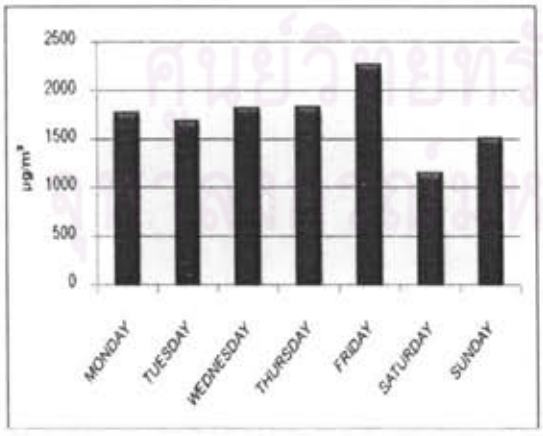
(b) BN



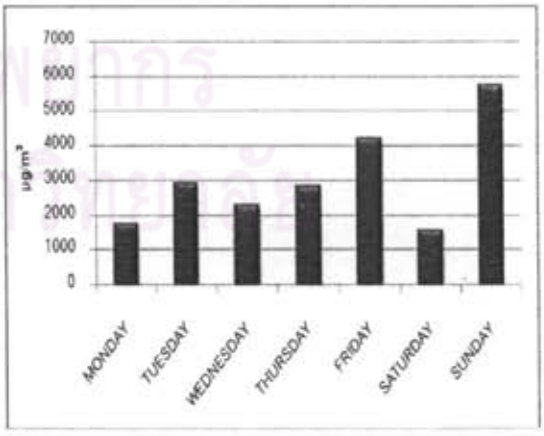
(c) RO



(d) PH

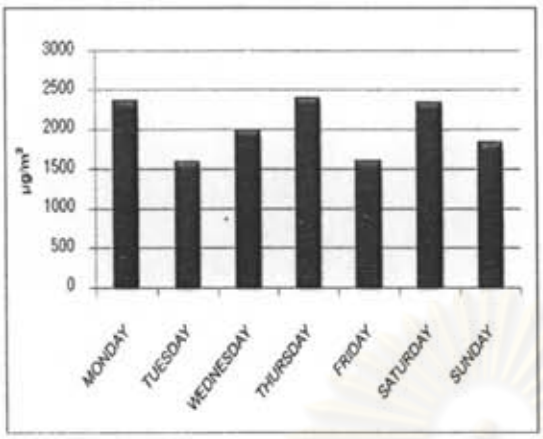


(e) SP

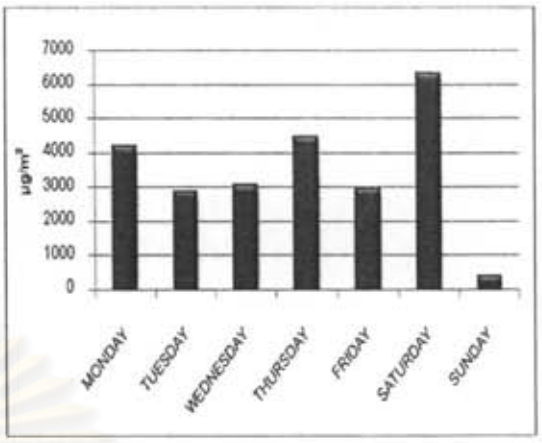


(f) TL

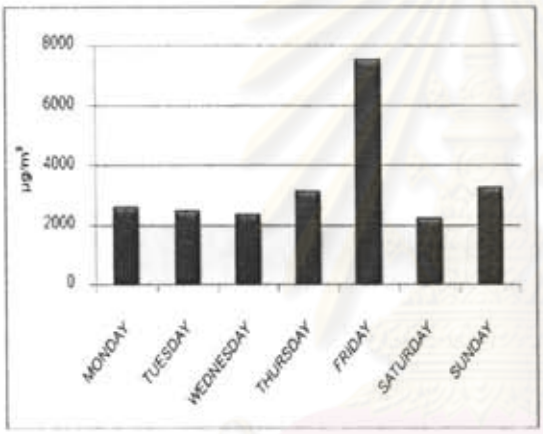
ภาพที่ 4.5 ปริมาณความเข้มข้นของ TOTAL VOCs ที่เกิดขึ้นในหนึ่งสัปดาห์จากพื้นที่การศึกษาทั้งหมด 10 พื้นที่



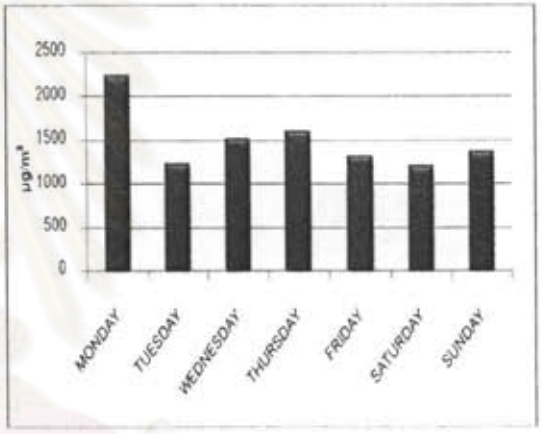
(g) BT



(h) J

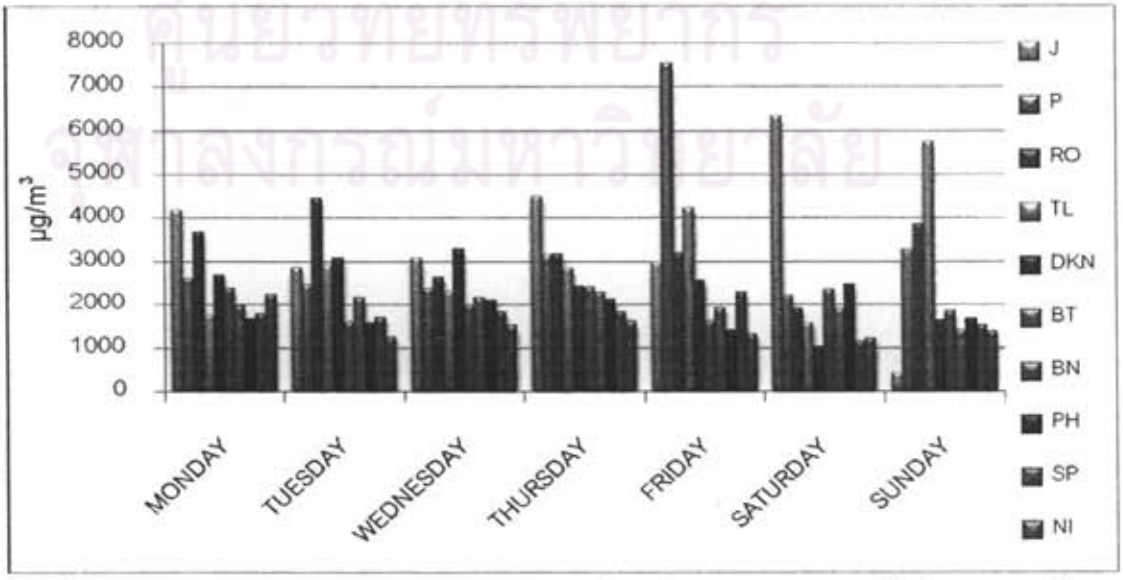


(i) P



(j) NI

ภาพที่ 4.5 ปริมาณความเข้มข้นของ TOTAL VOCs ที่เกิดขึ้นในหนึ่งสัปดาห์จากพื้นที่การศึกษาทั้งหมด 10 พื้นที่ (ต่อ)



ภาพที่ 4.6 ปริมาณความเข้มข้นของ TOTAL VOCs ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันจากพื้นที่การศึกษาทั้งหมด 10 พื้นที่

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ทั้งสัปดาห์พบว่าสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงนิมิตรใหม่พบปริมาณสารมากในวันจันทร์ ปริมาณสาร VOCs ที่พบอยู่ที่ 2235 $\mu g/m^3$ ซึ่งจากการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นทราบว่าในวันจันทร์จะมีรถยนต์เข้ามาใช้บริการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมาก จากภาพที่ 4.5 (j) ก็สอดคล้องกับข้อมูลเบื้องต้นที่ได้รับมา เพราะปริมาณสาร VOCs ที่พบทั้งหมดมีค่าสูงที่สุดในวันจันทร์แต่ในวันอื่นๆในสัปดาห์นั้นมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 1200 – 1600 $\mu g/m^3$ โดยประมาณ

จากภาพที่ 4.6 ภาพรวมของปริมาณสาร VOCs ที่พบปริมาณสารมากที่สุดในวันอังคารคือ พื้นที่ศึกษาเพื่อสวัสดิการ ร.1 รอ.ปริมาณสาร VOCs ที่พบอยู่ที่ 4441 $\mu g/m^3$ ซึ่งจากการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นทราบว่าในทุกๆวันจะมีรถยนต์เข้ามาใช้บริการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมากไม่มีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละวัน ซึ่งจากภาพที่ 4.5 (c) ก็สอดคล้องกับข้อมูลเบื้องต้นที่ได้รับมาปริมาณสาร VOCs ที่พบทั้งหมดในสัปดาห์นั้นมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกัน ซึ่งจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อสวัสดิการ ร.1 รอ.พบปริมาณสาร VOCs ต่ำสุดในวันเสาร์ (1905 $\mu g/m^3$)

ปริมาณสาร VOCs ที่พบมากในวันพุธ คือพื้นที่ศึกษาการทางพิเศษ (ด่วนดาวคะนอง) ปริมาณสาร VOCs ที่พบอยู่ที่ 3297 $\mu g/m^3$ ซึ่งจากการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นทราบว่าในวันจันทร์ – ศุกร์จะมีรถยนต์เข้ามาใช้บริการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมากไม่มีความแตกต่างกัน แต่ในวันเสาร์ – อาทิตย์จะมีรถยนต์เข้ามาใช้บริการต่ำกว่าในวันปกติ ซึ่งจากภาพที่ 4.5 (a) ก็สอดคล้องกับข้อมูลเบื้องต้นที่ได้รับมา ซึ่งปริมาณสาร VOCs ที่พบทั้งหมดในสัปดาห์นั้นมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันยกเว้นในวันเสาร์ – อาทิตย์ ซึ่งจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงการทางพิเศษ (ด่วนดาวคะนอง) พบปริมาณสาร VOCs ต่ำสุดในวันเสาร์ (1032 $\mu g/m^3$)

ปริมาณสาร VOCs ที่พบมากในวันพฤหัสมีทั้งหมด 2 พื้นที่ คือพื้นที่ศึกษาสวัสดิการสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (บางนาขาออก) และพื้นที่บางขุนเทียน ซึ่งปริมาณสาร VOCs ที่พบอยู่ที่ 2275 และ 2399 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ จากภาพที่ 4.5 (b) และ(g) ปริมาณสาร VOCs ที่พบทั้งหมดในสัปดาห์นั้นมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกัน สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสวัสดิการสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (บางนาขาออก) พบปริมาณสาร VOCs ต่ำสุดในวันเสาร์ (1905 $\mu g/m^3$) และสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงบางขุนเทียนพบปริมาณสาร VOCs ต่ำสุดในวันอังคาร (1597 $\mu g/m^3$)

ปริมาณสาร VOCs ที่พบมากในวันศุกร์มีทั้งหมด 2 พื้นที่ คือพื้นที่ศึกษาสนามเป้า และพื้นที่พัฒนาการ ซึ่งปริมาณสาร VOCs ที่พบอยู่ที่ 2268 และ 7533 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ จากภาพที่ 4.5 (e) และ(i) ปริมาณสาร VOCs พื้นที่ศึกษาสนามเป้าที่พบทั้งหมดในสัปดาห์นั้นมีปริมาณสาร VOCs ใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกัน แต่ในพื้นที่พัฒนาการปริมาณสาร VOCs ที่พบทั้งหมดใน

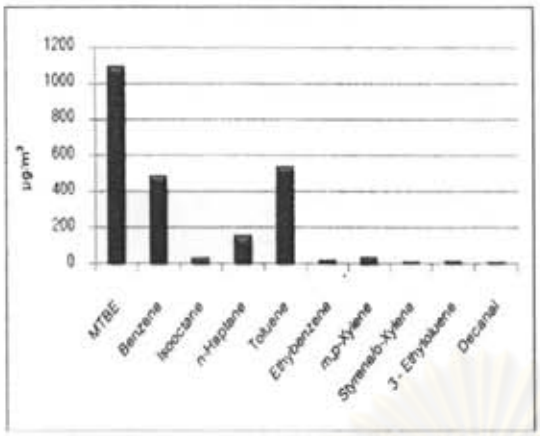
สัปดาห์นั้นมีปริมาณสาร VOCs ใกล้เคียงกันยกเว้นในวันศุกร์ที่มีปริมาณสาร VOCs มากกว่าในวันอื่นๆมาก จากการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นทราบว่าในวันศุกร์จะมีรถยนต์เข้ามาใช้บริการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมาก สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสนามเป้า พบปริมาณสาร VOCs ต่ำสุดในวันเสาร์ (1149 $\mu g/m^3$) และสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงพัฒนาการพบปริมาณสาร VOCs ต่ำสุดในวันเสาร์ (2209 $\mu g/m^3$) ซึ่งจากในภาพที่ 4.6 ซึ่งเป็นภาพรวมทั้งหมดนั้นปริมาณสาร VOCs ที่พบในพื้นที่พัฒนาการมีปริมาณสูงที่สุด

ปริมาณสาร VOCs ที่พบมากในวันเสาร์มีทั้งหมด 2 พื้นที่ คือพื้นที่ศึกษาการท่าอากาศยาน 2 และพื้นที่พหลโยธิน ซึ่งปริมาณสารที่พบอยู่ที่ 6388 และ 2472 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ จากภาพที่ 4.5 (h) และ(d) ปริมาณสาร VOCs พื้นที่ศึกษาพหลโยธินที่พบทั้งหมดในสัปดาห์นั้นมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกัน แต่ในพื้นที่การท่าอากาศยาน 2 ปริมาณสาร VOCs ที่พบทั้งหมดในสัปดาห์นั้นมีค่าใกล้เคียงกันยกเว้นในวันอาทิตย์ที่พบปริมาณสาร VOCs ต่ำกว่าในวันอื่นๆมาก สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงการท่าอากาศยาน 2 พบปริมาณสาร VOCs ต่ำสุดในวันอาทิตย์ (397 $\mu g/m^3$) และสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงพหลโยธินพบปริมาณสาร VOCs ต่ำสุดในวันศุกร์ (1395 $\mu g/m^3$)

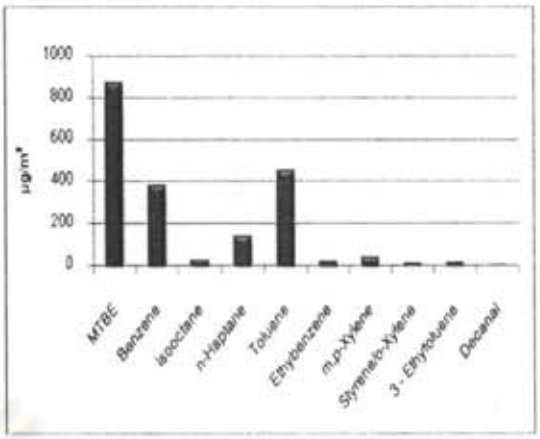
ปริมาณสาร VOCs ที่พบมากในวันอาทิตย์ คือพื้นที่ศึกษาถนนสุขาภิบาล 3 ปริมาณสาร VOCs ที่พบอยู่ที่ 5744 $\mu g/m^3$ ซึ่งจากการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นทราบว่าในทุกๆวันจะมีรถยนต์เข้ามาใช้บริการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมากไม่มีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละวัน ยกเว้นในวันเสาร์ที่มีรถยนต์เข้ามาใช้บริการน้อยกว่าวันอื่นๆ ซึ่งจากภาพที่ 4.5 (f) ก็สอดคล้องกับข้อมูลเบื้องต้นที่ได้รับมา ซึ่งปริมาณสาร VOCs ที่พบทั้งหมดในสัปดาห์นั้นมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันยกเว้นในวันเสาร์ ซึ่งจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงถนนสุขาภิบาล 3 พบปริมาณสาร VOCs ต่ำสุดในวันเสาร์ (1569 $\mu g/m^3$)

3. ผลการวิเคราะห์ชนิดของปริมาณสาร VOCs ในพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร

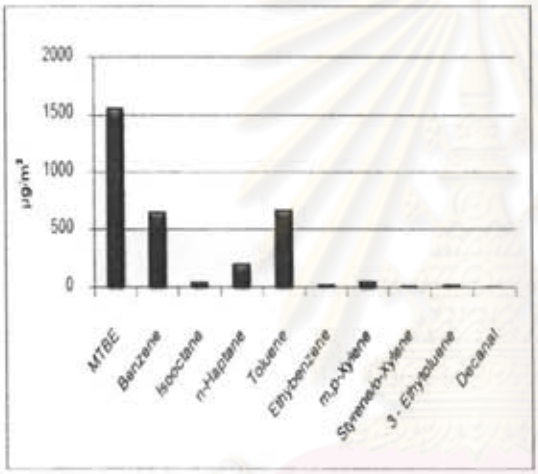
จากชนิดสารที่พบทั้งหมดจากในทุกพื้นที่การศึกษา พบชนิดสารทั้งหมด 10 ชนิด ได้แก่ MTBE, Benzene, Isooctane, n-Heptane, Toluene, Ethylbenzene, m,p-Xylene, o-Xylene, Stylene, 3-Ethylbenzene และ Decanal



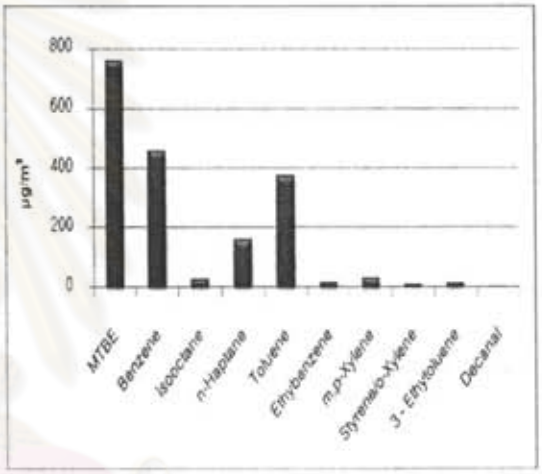
(a) DKN



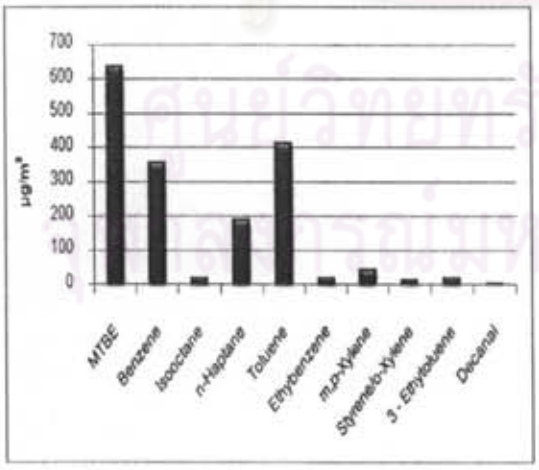
(b) BN



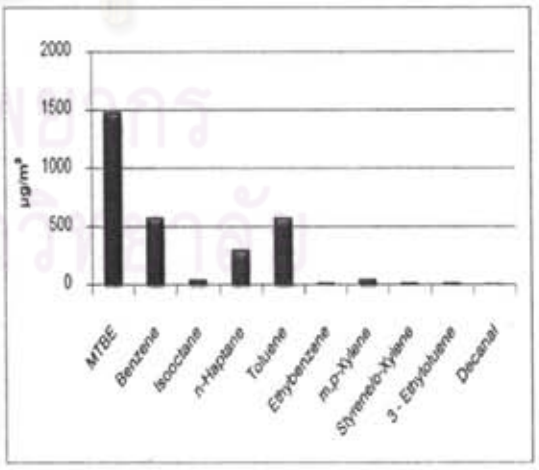
(c) RO



(d) PH

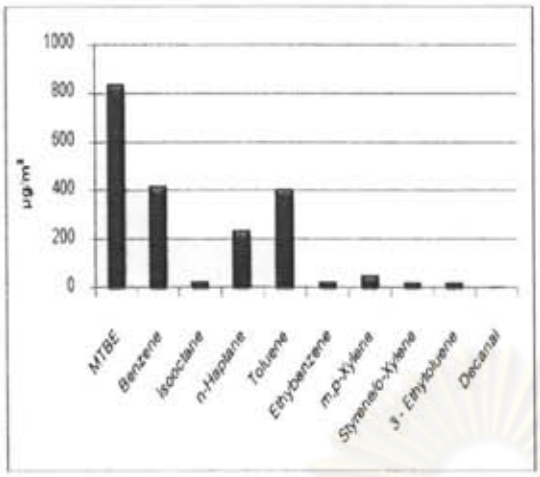


(e) SP

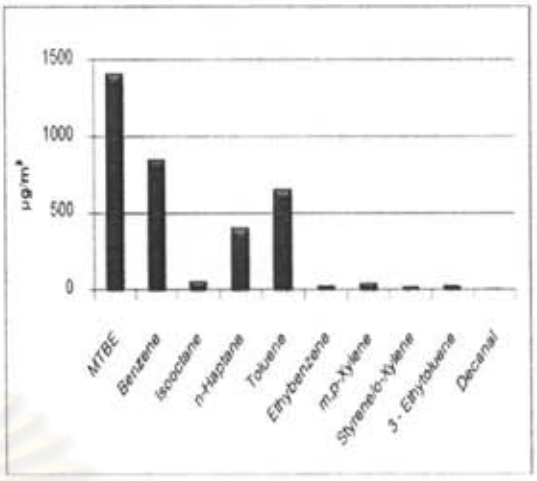


(f) TL

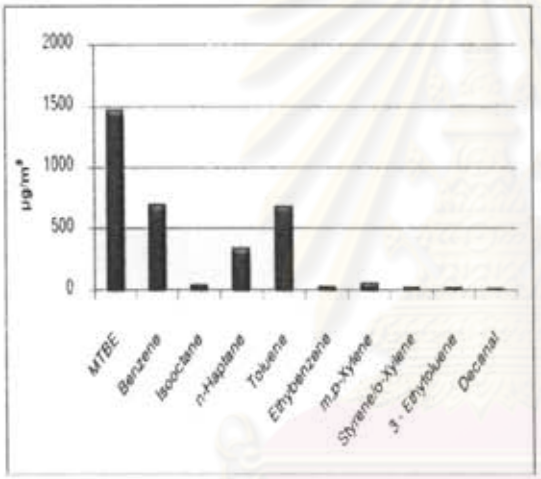
ภาพที่ 4.7 ชนิดของปริมาณสาร VOCs ที่พบในพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร



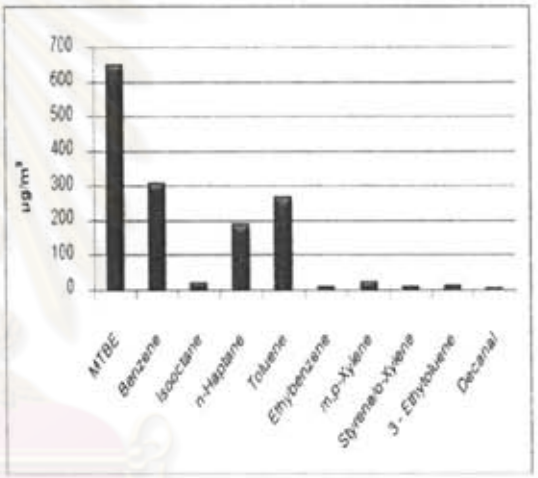
(g) BT



(h) J



(i) P



(j) NI

ภาพที่ 4.7 ชนิดของปริมาณสาร VOCs ที่พบในพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร (ต่อ)

จากภาพที่ 4.7 สาร VOCs ที่พบทั้งหมด 10 ชนิด จากพื้นที่การศึกษาทั้งหมด 10 พื้นที่นั้น มีค่าแนวโน้มชนิดสารที่พบเป็นไปในทิศทางเดียวกัน สาร VOCs ที่พบชนิดหลักๆในทุกพื้นที่การศึกษา 4 ชนิด คือ MTBE, Benzene, n-Heptane และ Toluene เป็นชนิดที่พบในปริมาณมากจากทุกพื้นที่การศึกษา สาร MTBE พบปริมาณสารมากที่สุดในทุกพื้นที่การศึกษา ซึ่งจากแนวโน้มชนิดสารที่พบสามารถบอกได้ว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญของสาร VOCs นั้นมาจากในน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นหลัก

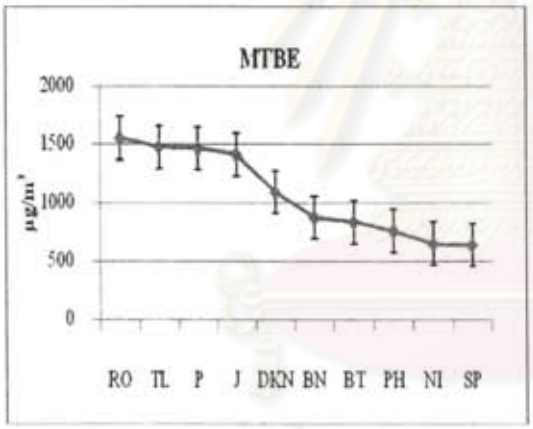
4. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร

จากการเก็บตัวอย่างสาร VOCs ที่บริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง 10 สถานี ในเขตเมือง (urban) ของกรุงเทพมหานคร เป็นเวลา 7 วัน ได้นำผลปริมาณ VOCs แต่ละชนิด ของทุกพื้นที่ศึกษามาเปรียบเทียบกัน ดังภาพที่ 4.9 และทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น VOCs แต่ละชนิด ด้วยวิธี compaired mean one way ANOVA โดยทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (หรือที่ p-value = 0.05) ภายใต้สมมติฐานดังนี้

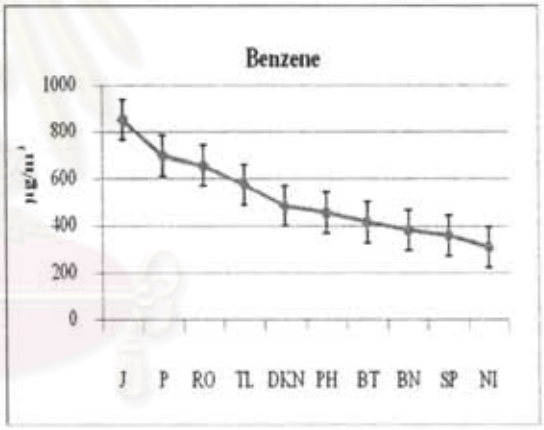
H_0: ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของ VOCs แต่ละชนิด ทั้ง 10 พื้นที่ ไม่แตกต่างกัน

H_1: ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของ VOCs แต่ละชนิด ทั้ง 10 พื้นที่ แตกต่างกัน

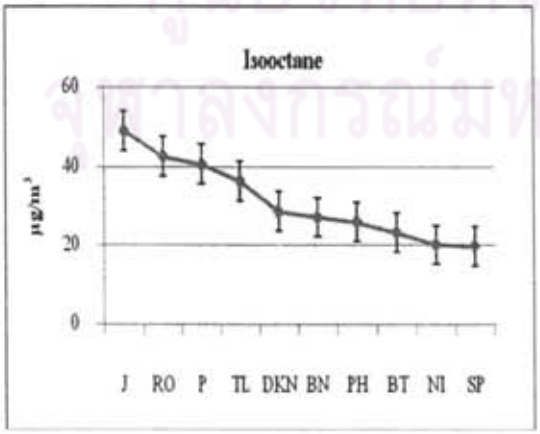
จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window (ดังแสดงในภาคผนวก ซ) พบว่า ความน่าจะเป็นที่ใช้ทดสอบสมมติฐานที่โปรแกรมคำนวณได้ของปริมาณความเข้มข้น VOCs แต่ละชนิด ทั้ง 10 พื้นที่ คือปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับสมมติฐาน H_1 โดยมีรายละเอียดความแตกต่างของ VOCs แต่ละชนิด ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนี้



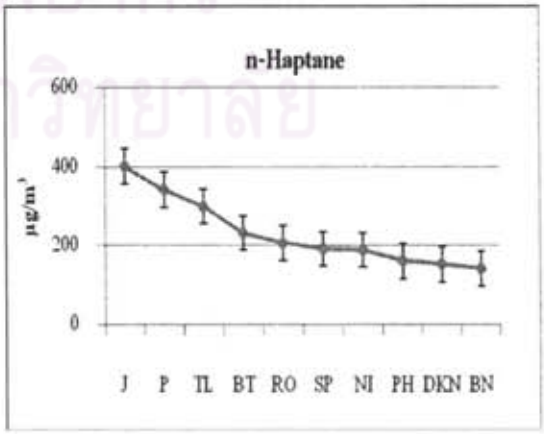
(a) MTBE



(b) Benzene

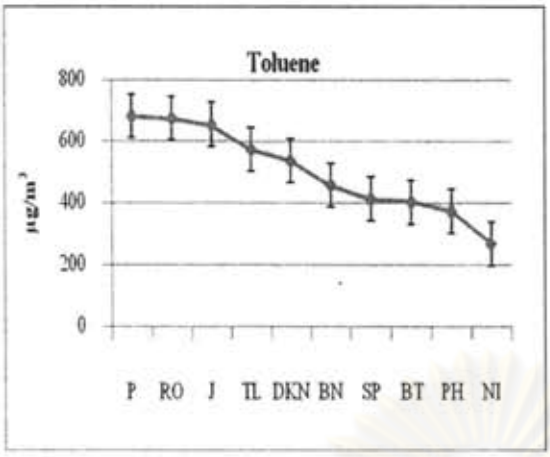


(c) Isooctane

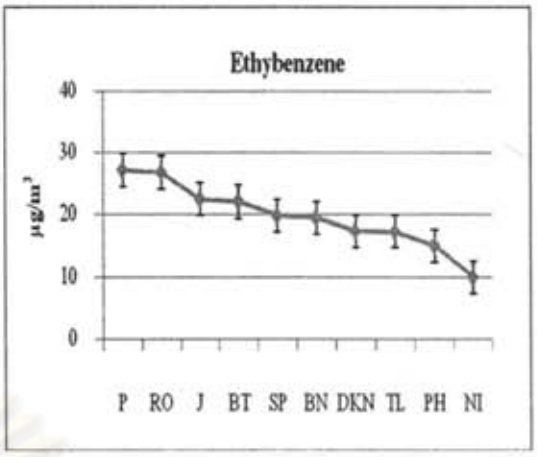


(d) n-Heptane

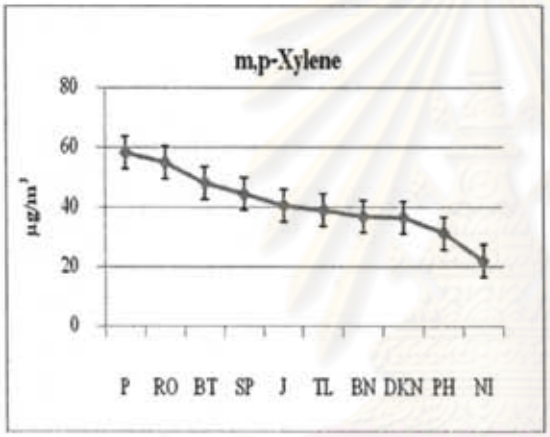
ภาพที่ 4.8 ปริมาณสาร VOCs แต่ละชนิดที่พบในพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร



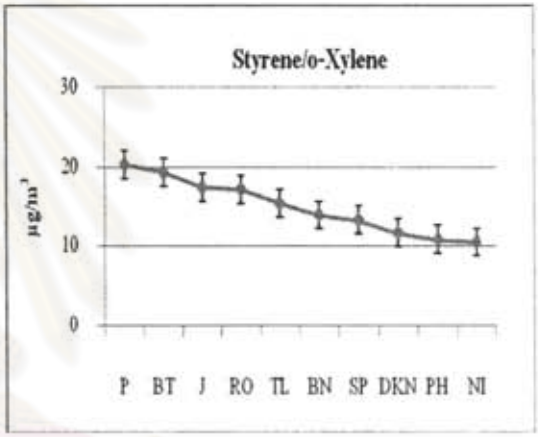
(e) Toluene



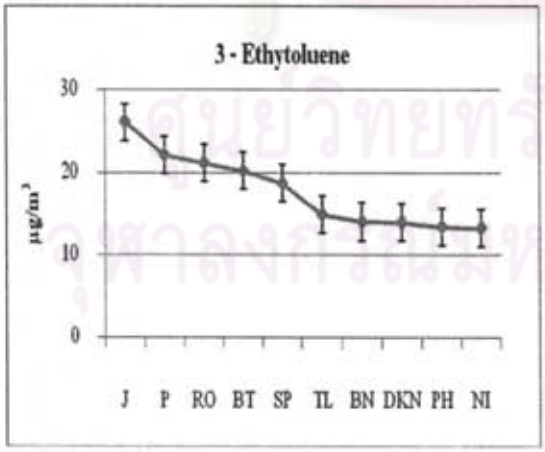
(f) Ethylbenzene



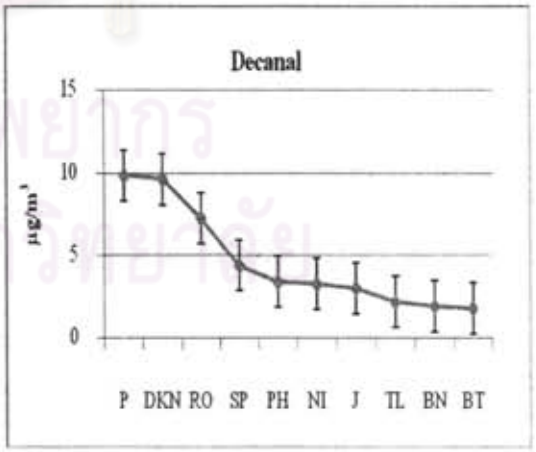
(g) m,p-Xylene



(h) Styrene / 0-Xylene



(i) Ethyltoluene



(j) Decanal

ภาพที่ 4.8 ปริมาณสาร VOCs แต่ละชนิดที่พบในพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร (ต่อ)

ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs ที่พบในเขตกรุงเทพมหานคร ชนิดที่พบมากที่สุด คือ MTBE ในพื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาเพื่อสวัสดิการ ร.1 รอ. มีปริมาณสาร VOCs อยู่ในช่วง 638 - 1628 $\mu g/m^3$ เมื่อเปรียบเทียบจากงานวิจัยของ Hokkola และ Saarinen (2000) ที่ทำการตรวจวัดปริมาณการรับสัมผัสสาร MTBE ของกลุ่มผู้ใช้บริการน้ำมันโดยเปรียบเทียบระหว่างสถานีบริการที่ติดอุปกรณ์ดึงกลับไอระเหยระหว่างการถ่ายน้ำมันลงสู่ถังกักเก็บ(I) และสถานีบริการที่ติดอุปกรณ์ดึงกลับไอระเหยบริเวณเครื่องจ่ายน้ำมันขณะที่เติมน้ำมันเพิ่มเติมอีกหนึ่งจุด (II)ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มผู้ใช้บริการประเภท(I) และ(II) ได้รับสัมผัสสาร MTBE โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 15300 และ 3400 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสาร MTBE ที่ได้จากงานวิจัยนี้มีค่าน้อยกว่ามาก และจากการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี Compaired mean one way ANOVA พบว่าการรับสัมผัสของบุคคลในบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้ง 10 พื้นที่ของสาร MTBE คือ $RO^{ad}=TL^{ad}=P^{adf}=J^{adf}= DKN^{a}=BN^{ac}=BT^{ae}=PH^{ae}=NI^{ae}=SP^{ae}$ ดังแสดงภาพที่ 4.8 (a)

ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs ที่พบในเขตกรุงเทพมหานครของ Benzene มีปริมาณสาร VOCs อยู่ในช่วง 308 - 852 $\mu g/m^3$ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ Hokkola และ Saarinen (2000) พบว่าในกลุ่มพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกลางเมือง Mexico ได้รับสัมผัสสาร Benzene ระหว่างชั่วโมงทำงาน เฉลี่ยที่ 6 ชั่วโมง คือ 310 $\mu g/m^3$และในงานวิจัยของ Lauri Saarinen (2003)ได้รายงานถึงระดับในการรับสาร Benzene ในกลุ่มพนักงานขนถ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในบางประเทศไว้ดังนี้ ประเทศยุโรป สหรัฐอเมริกา สวีเดน เยอรมันและญี่ปุ่น พนักงานได้รับสาร Benzene โดยเฉลี่ย 1400-6100, 900-1100, 3000-4300, 1300 และ380-5200 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งจากค่าที่ได้ในงานวิจัยนี้ถือว่าพบสารในระดับที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆแต่ปริมาณสารที่ตรวจพบนั้นยังไม่มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ของหน่วยงานต่างๆดังแสดงในตารางที่ 2.5 ในบทที่ 2 และจากการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี Compaired mean one way ANOVA พบว่าการรับสัมผัสของบุคคลในบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้ง 10 พื้นที่ของสาร Benzene คือ $J^{bdc}>P^{ad}=RO^{ae}=TL^{af}=DKN^{a}=PH^{a}=BT^{a}=BN^{ad}=SP^{a}=NI^{af}$ ดังแสดงภาพที่ 4.8 (b)

ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs ที่พบในเขตกรุงเทพมหานครของ Isooctane มีปริมาณสาร VOCs อยู่ในช่วง 20 - 49 $\mu g/m^3$ และจากการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี Compaired mean one way ANOVA พบว่าการรับสัมผัสของบุคคลในบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้ง 10 พื้นที่ของสาร Isooctane คือ

$J^{bcf}=RO^{bd}=P^{adf}=TL^{ade}$ $DKN^{a}=BN^{a}=PH^{a}=BT^{a}=NI^{a}=SP^{a}$ ดังแสดงภาพที่ 4.8 (c)

ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs ที่พบในเขตกรุงเทพมหานครของ n-Heptane มีปริมาณสาร VOCs อยู่ในช่วง 140 - 401 $\mu g/m^3$ และจากการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลด้วย

วิธี Compaired mean one way ANOVA พบว่าการรับสัมผัสของบุคคลในบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้ง 10 พื้นที่ของสาร n-Heptane คือ $J^{df}=P^{df}=TL^{d}>BT^{ae}=RO^{ad}=SP^{ae}=NI^{ae}=PH^{ae}$ $DKN^{a}=BN^{ac}$ ดังแสดงภาพที่ 4.8 (d)

ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs ที่พบในเขตกรุงเทพมหานครของ Toluene มีปริมาณสาร VOCs อยู่ในช่วง 270 - 682 $\mu g/m^3$ ซึ่งจากค่าที่ได้ในงานวิจัยนี้ถือว่าพบสารในระดับที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนด ปริมาณสารที่ตรวจพบนั้นยังไม่มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ของหน่วยงานต่างๆดังแสดงในตารางที่ 2.5 ในบทที่ 2 และจากการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี Compaired mean one way ANOVA พบว่าการรับสัมผัสของบุคคลในบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้ง 10 พื้นที่ของสาร Toluene คือ

$P^{ai}=RO^{ae}=J^{a}=TL^{ag}=DKN^{a}=BN^{ad}=SP^{ah}=BT^{aj}=PH^{af}=NI^{bdfhijk}$ ดังแสดงภาพที่ 4.8 (e)

ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs ที่พบในเขตกรุงเทพมหานครของ Ethylbenzene มีปริมาณสาร VOCs อยู่ในช่วง 10 - 27 $\mu g/m^3$ และจากการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี Compaired mean one way ANOVA พบว่าการรับสัมผัสของบุคคลในบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้ง 10 พื้นที่ของสาร Ethylbenzene คือ

$P^{bdgh}=RO^{bc}>J^{aeh}=BT^{aeh}=SP^{ag}=BN^{ad}=DKN^{a}=TL^{a}=PH^{af}=NI^{cf}$ ดังแสดงภาพที่ 4.8 (f)

ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs ที่พบในเขตกรุงเทพมหานครของ m,p-Xylene มีปริมาณสาร VOCs อยู่ในช่วง 22 - 58 $\mu g/m^3$ ซึ่งจากค่าที่ได้ในงานวิจัยนี้ถือว่าพบสารในระดับที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนด ปริมาณสารที่ตรวจพบนั้นยังไม่มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ของหน่วยงานต่างๆดังแสดงในตารางที่ 2.5 ในบทที่ 2 และจากการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี Compaired mean one way ANOVA พบว่าการรับสัมผัสของบุคคลในบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้ง 10 พื้นที่ของสาร m,p-Xylene คือ

$P^{bdef}=RO^{bc}>BT^{aef}=SP^{aed}=J^{ag}=TL^{ae}=BN^{a}=DKN^{a}=PH^{a}=NI^{a}$ ดังแสดงภาพที่ 4.8 (g)

ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs ที่พบในเขตกรุงเทพมหานครของ o-Xylene/ Stylene มีปริมาณสาร VOCs อยู่ในช่วง 11 - 20 $\mu g/m^3$ ซึ่งจากค่าที่ได้ในงานวิจัยนี้ถือว่าพบสารในระดับที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนด ปริมาณสารที่ตรวจพบนั้นยังไม่มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ของหน่วยงานต่างๆดังแสดงในตารางที่ 2.5 ในบทที่ 2 และจากการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี Compaired mean one way ANOVA พบว่าการรับสัมผัสของบุคคลในบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้ง 10 พื้นที่ของสาร o-Xylene/ Stylene คือ

$DKN^{a}=BN^{ac}=RO^{bcd}>PH^{a}=SP^{ade}=TL^{bce}=BT^{bc}=J^{bce}=P^{b}>NI^{a}$ ดังแสดงภาพที่ 4.8 (h)

ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs ที่พบในเขตกรุงเทพมหานครของ 3-Ethylbenzene มีปริมาณสาร VOCs อยู่ในช่วง 13 - 26 $\mu g/m^3$ และจากการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี

Compaired mean one way ANOVA พบว่าการรับสัมผัสของบุคคลในบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้ง 10 พื้นที่ของสาร 3-Ethylbenzene คือ

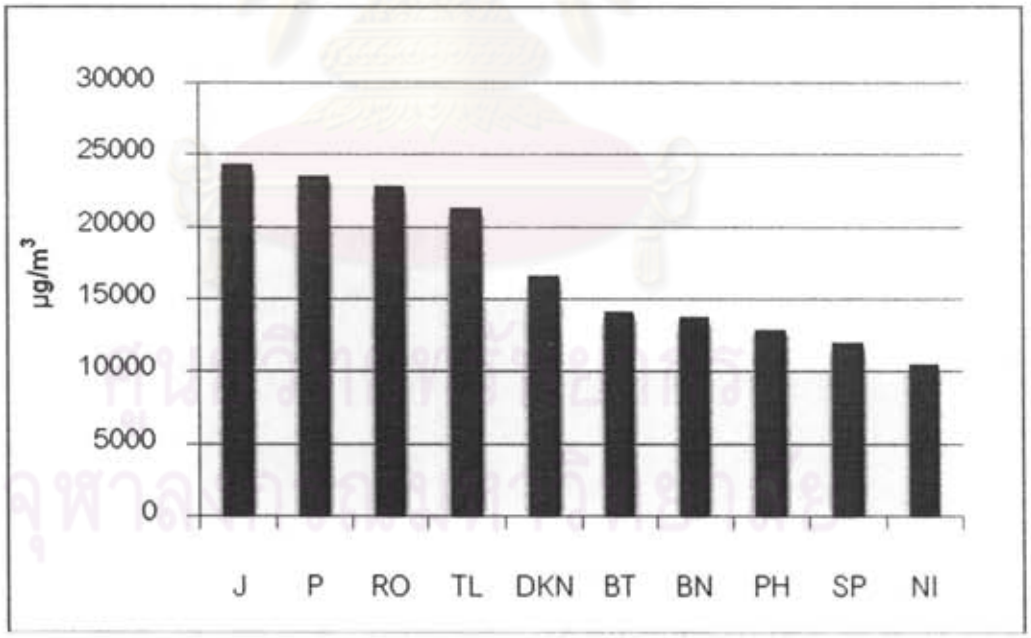
$J^{bgh}=P^{befg}=RO^{bd}=BT^{adg}=SP^{ade}=TL^{adf}=BN^{a}=DKN^{a}$ $PH^{a}=NI^{a}$ ดังแสดงภาพที่ 4.8 (i)

ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs ที่พบในเขตกรุงเทพมหานครของ Decanal มีปริมาณสาร VOCs อยู่ในช่วง 1.8 – 9.8 $\mu g/m^3$ และจากการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี Compaired mean one way ANOVA พบว่าการรับสัมผัสของบุคคลในบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้ง 10 พื้นที่ของสาร Decanal คือ

$P^{a}=DKN^{a}>RO^{c}>SP^{de}>PH^{bc}=NI^{bf}=J^{bf}=TL^{b}=BN^{b}=BT^{b}$ ดังแสดงภาพที่ 4.8 (j)

4.3.3 การเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของกลุ่มสาร Total VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการเก็บตัวอย่างสาร VOCs ที่บริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง 10 สถานี ในเขตเมือง (urban) ของกรุงเทพมหานคร เป็นเวลา 7 วัน ได้นำผลรวมของปริมาณ VOCs แต่ละชนิดของทุกพื้นที่ศึกษามาเปรียบเทียบกัน ดังภาพที่ 4.9 และทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น VOCs แต่ละชนิด ด้วยวิธี compaired mean one way ANOVA โดยทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (หรือที่ p-value = 0.05)

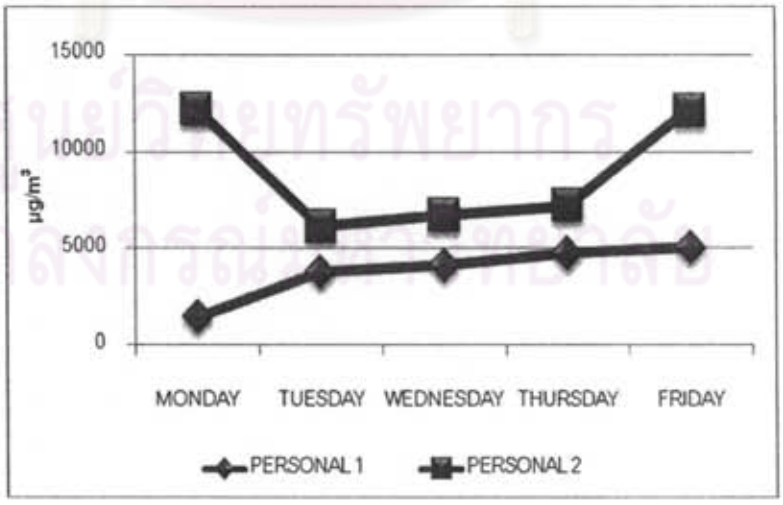


ภาพที่ 4.9 ปริมาณสาร Total VOCs ที่พบจาก 10 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

ปริมาณความเข้มข้นของกลุ่มสาร Total VOCs ที่พบในเขตกรุงเทพมหานคร พบมากในพื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาการท่าอากาศยาน 2 จากการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี compaired mean one way ANOVA พบว่าการรับสัมผัสของบุคคลในบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้ง 10 พื้นที่ของกลุ่มสาร Total VOCs คือ $J^{ag}=P^{ak}=RO^{ac}=TL^{al}=DKN^{a}=BT^{aj}=BN^{ad}=PH^{af}=SP^{ah}>NI^{bdfhj}$ ซึ่งค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิตินั้นในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขานิมิตรใหม่พบปริมาณสาร VOCs ต่ำที่สุด เนื่องมาจากพื้นที่การศึกษานิมิตรใหม่นั้นถือเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการเปรียบเทียบได้เนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่อยู่ชานเมือง สภาพการจราจรไม่หนาแน่น ลักษณะโดยรอบสถานีเป็นพื้นที่แบบเปิดโล่ง ไม่มีอาคารล้อมรอบ ทำให้พบปริมาณสาร VOCs ต่ำ ส่วนพื้นที่ที่พบสาร VOCs ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงเช่น การท่าอากาศยาน 2 พัฒนาการ เพื่อสวัสดิการ ร1.รอ. และสาขาสุขาภิบาล 3 นั้น ลักษณะพื้นที่โดยรอบสถานีอยู่ติดกับถนนสายหลัก ในตัวใจกลางเมืองมีการจราจรหนาแน่น พื้นที่โดยรอบอยู่ติดตัวอาคาร ทำให้จากการวิเคราะห์หาปริมาณสาร VOCsพบสาร VOCs ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง

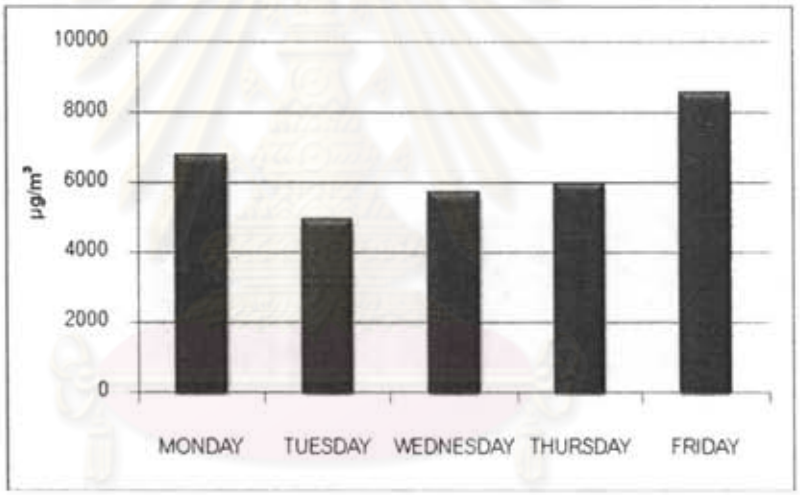
พื้นที่ศึกษาบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาองค์การโทรศัพท์หลักสี่(TOT)

สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาองค์การโทรศัพท์หลักสี่ มีสภาพแวดล้อมโดยรอบสถานีลักษณะเป็นพื้นที่ปิด ขนาดเล็ก มีอาคารที่จอดรถล้อมรอบ ด้านหลังสถานีมีรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่จอดเรียงอยู่เป็นจำนวนมาก อยู่ภายในองค์การโทรศัพท์หลักสี่ซึ่งในช่วงเวลาก่อนและหลังเวลาทำงานการจราจรค่อนข้างหนาแน่น และติดขัดเป็นระยะเวลานาน



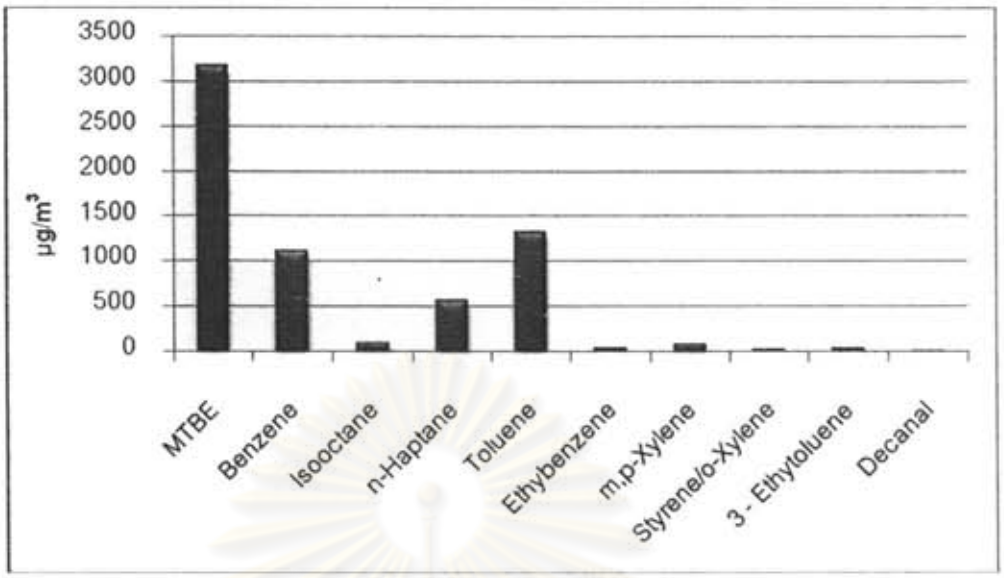
ภาพที่ 4.10 ปริมาณความเข้มข้นของ TOTAL VOCs ในพื้นที่ศึกษาองค์การโทรศัพท์หลักสี่ ที่บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส

จากปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อพิจารณาจากตัวบุคคลจากภาพที่ 4.10 พบว่าบุคคลที่ 1 ได้รับสัมผัสสารมากในวันศุกร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 5037 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันจันทร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 1438$\mu g/m^3$ ซึ่งแตกต่างจากบุคคลที่ 2 ที่ได้รับสัมผัสสารมากในวันจันทร์ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 12180 $\mu g/m^3$ และได้รับสัมผัสสารน้อยที่สุดในวันอังคารซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 6169 $\mu g/m^3$ เมื่อนำค่าเฉลี่ยในทุกวันมาพิจารณาพบว่าบุคคลที่ 2 (8896 $\mu g/m^3$) พบปริมาณสารในการรับสัมผัสมากกว่าบุคคลที่ 1 (3822 $\mu g/m^3$) อาจเนื่องมาจากกิจกรรมต่างๆในแต่ละวันของแต่ละบุคคล และทั้ง 2 บุคคลมีค่าแนวโน้มของสารในแต่ละวันไปในทิศทางตรงข้ามกัน เมื่อนำข้อมูลค่าเฉลี่ยของ VOCs แต่ละบุคคลที่ตรวจวัดได้ทั้ง 2 บุคคล ไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ T-test ในโปรแกรม SPSS 16 for window ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แสดงในภาคผนวก ช พบว่า มีปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



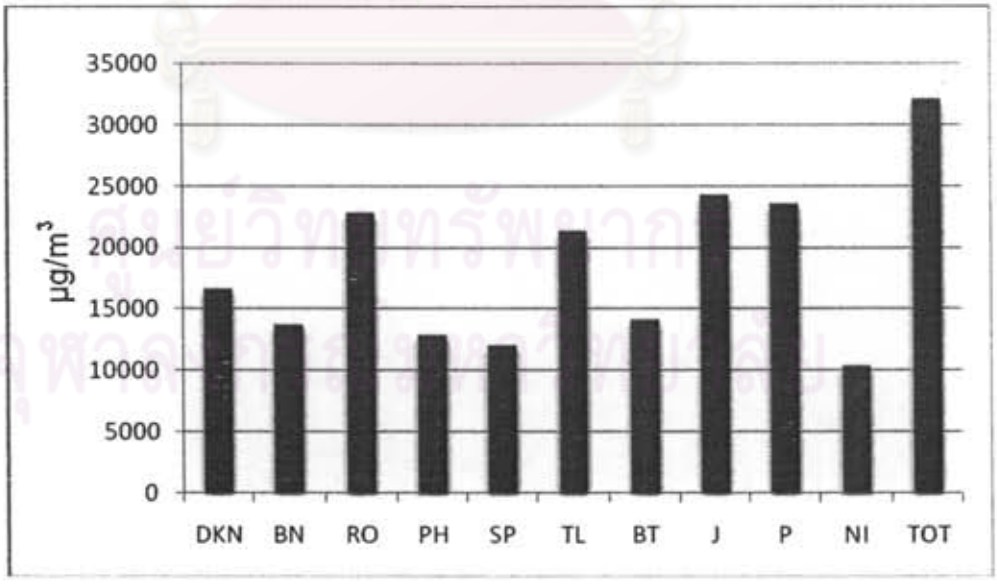
ภาพที่ 4.11 ปริมาณความเข้มข้นของ TOTAL VOCs ในพื้นที่ศึกษาองค์การโทรศัพท์หลักสี่

สาร VOCs ทั้งหมดเมื่อนำมาพิจารณาทั้งสัปดาห์จะพบว่าในวันศุกร์ (8599 $\mu g/m^3$) พบสารมากที่สุด และพบสารน้อยที่สุดในวันอังคาร (4974 $\mu g/m^3$) ซึ่งค่าแนวโน้มในแต่ละวันไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นในวันศุกร์ที่มีปริมาณสาร VOCs ค่อนข้างมากเนื่องมาจากเป็นวันสุดท้ายก่อนวันหยุดราชการ ซึ่งจากการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นพบว่าในวันศุกร์จะมีปริมาณรถยนต์เข้ามาใช้บริการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงค่อนข้างมากกว่าในวันอื่นๆ



ภาพที่ 4.12 ปริมาณความเข้มข้นของ VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาองค์การโทรศัพท์หลักสี่

โดยปริมาณค่าเฉลี่ยของสาร VOCs ที่หาปริมาณได้มี 10 ชนิด สาร VOCs ที่พบในปริมาณมากสุด 3 ลำดับ คือ MTBE, Toluene และ Benzene ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 3179 $\mu g/m^3$ 1321 $\mu g/m^3$ และ 1111 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ สาร VOCs ที่พบในปริมาณน้อยสุด คือ Decanal พบในปริมาณ 3.61 $\mu g/m^3$ ดังแสดงในภาพ 4.12



ภาพที่ 4.13 ปริมาณสาร Total VOCs ที่พบจาก 11 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

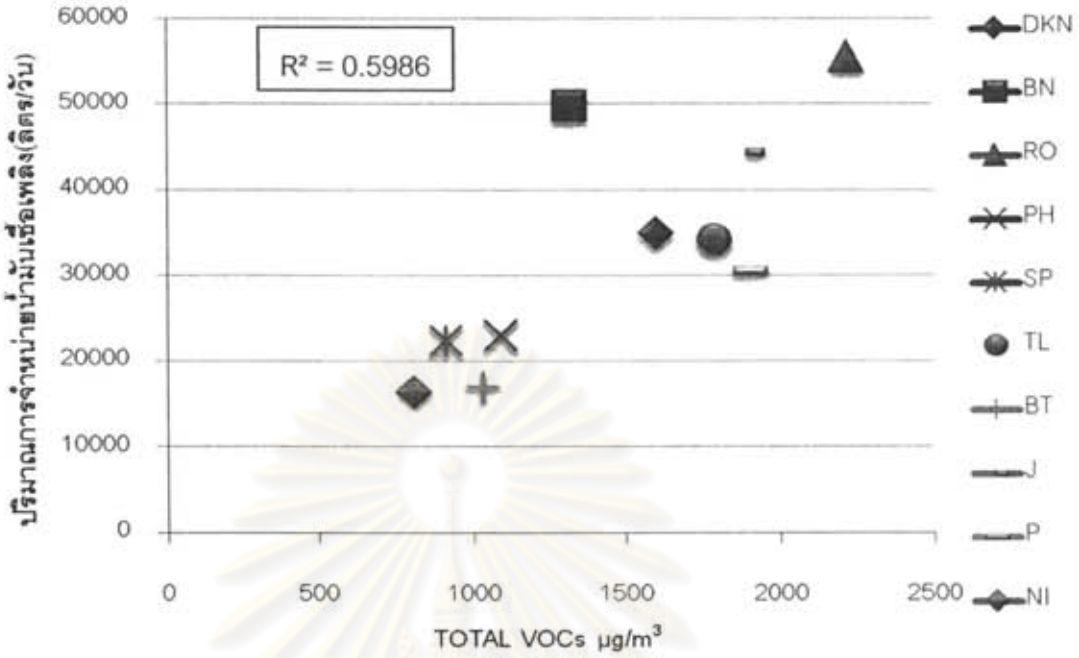
จากภาพที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าพื้นที่การศึกษา TOT มีค่าความเข้มข้นที่ค่อนข้างสูงมากกว่าสถานีอื่นๆ เนื่องมาจากสภาพแวดล้อมโดยรอบสถานีซึ่งไม่ได้ขึ้นอยู่กับยอดปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้งที่ลักษณะของสถานีนั้นมีขนาดที่เล็ก มียอดในการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ (14,455 ลิตร/วัน) เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงอื่นๆ สภาพแวดล้อมภายในบริเวณสถานีมีอาคารล้อมรอบด้านหลังยังติดกับอาคารที่จอดรถยนต์อีกซึ่งในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างจะมีรถยนต์เข้ามาจอดรอรับส่งพนักงานโดยที่ทำการติดเครื่องยนต์เอาไว้ จึงส่งผลต่อปริมาณการรับสัมผัสสารของพนักงาน ทั้งช่วงระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างมีเพียง 5 วัน (จันทร์-ศุกร์) ซึ่งในสถานีอื่นๆมีการเก็บตัวอย่าง 7 วัน (จันทร์-อาทิตย์) จึงไม่นำผลจากพื้นที่การศึกษา TOT มาทำการวิเคราะห์รวมเข้าไปด้วยเนื่องจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น

4.3.4 การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของ Total VOCs กับปริมาณยอดการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง

การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของ Total VOCs กับปริมาณยอดการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นเพื่อแสดงถึงค่าความน่าเชื่อถือซึ่งดูได้จากค่า R^2 ทำให้ทราบว่าสาเหตุของการพบสารในปริมาณที่มาก หรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณยอดการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงหรือไม่ แสดงถึงค่าความสัมพันธ์ที่ไปในทิศทางเดียวกัน

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.14 พบว่าความสัมพันธ์ที่ได้มีค่า $R^2 = 0.5986$ คือปริมาณความเข้มข้นของ Total VOCs กับปริมาณยอดการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นในพื้นที่บางนาขาออก อาจจะเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมโดยรอบสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง และกิจกรรมต่างๆของพนักงานที่ติดอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.14 ปริมาณสาร Total VOCs เปรียบเทียบกับปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่พบจากทั้งหมด 10 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

4.3.5 เปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสกับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการขององค์กรต่างๆ

จากการหาปริมาณการรับสัมผัสในทุกพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 11 พื้นที่สามารถนำค่าความเข้มข้นของปริมาณการรับสัมผัสมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการจากองค์กรต่างๆ โดยการใช้ค่า Time Weighted Average ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารสำหรับการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วัน หรือ 40 ชั่วโมง/สัปดาห์ โดยที่คนงานเกือบทุกคนสัมผัสสารซ้ำ ๆ หลายๆ วันโดยไม่เกิดอันตรายต่อร่างกาย จากงานวิจัยนี้สามารถรายงานชนิดของสารที่นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการจากองค์กรต่างๆ ได้ทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ MTBE, benzene และ m,p-xylene ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.9

เมื่อนำค่าที่ได้จากการหาปริมาณการรับสัมผัสมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการจากองค์กรต่างๆดังแสดงในตารางที่ 4.9 ปรากฏว่ามีเพียงสาร benzene เท่านั้นที่มีค่าเกินจากค่ามาตรฐานของ OSHA ซึ่งเกินมาจากค่ามาตรฐานทั้งหมด 6 ค่าจากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 149 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 4.02 จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการตรวจวัดปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ส่วนสารชนิดอื่นๆนั้นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการจากองค์กรต่างๆแล้วนั้นไม่พบค่าที่เกินจากมาตรฐานที่กำหนดไว้

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสกับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการขององค์กรต่างๆ

สาร	ปริมาณการรับสัมผัส ($\mu g/m^3$)		จำนวนครั้งที่ตรวจพบเกินค่ามาตรฐาน ($\mu g/m^3$)			
	MIN	MAX	OSHA	ACGIH	EUOEL	NIOSH
BENZENE	40.39	2267.03	6/149* (1500)	- (3100)	-	-
TOLUENE	71.86	2500.95	- (768000)	- (76800)	- (192000)	- (384000)
XYLENE	9.34	149.30	- (435000)	- (435000)	- (217000)	- (435000)

หมายเหตุ : * คือ จำนวนครั้งที่พบเกินค่ามาตรฐาน/จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

: - คือ ปริมาณการรับสัมผัสไม่เกินค่ามาตรฐาน

: () ค่าในวงเล็บ คือ ค่าปริมาณการรับสัมผัสตามที่มาตรฐานกำหนด

4.3.6 การประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสสาร VOCs

จากการวิเคราะห์สาร VOCs ทั้งหมด 10 ชนิด มีสารที่สามารถนำมาประเมินความเสี่ยงได้ 5 ชนิด คือ MTBE, Benzene, Ethylbenzene, Toluene และXylene เนื่องจากมีข้อมูลที่เพียงพอต่อการประเมินความเสี่ยง ซึ่งสารที่จัดเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งมี 3 ชนิด คือ MTBE, Benzene, และEthylbenzene การประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสสาร สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.6 (บทที่ 3) สำหรับ MTBE, Benzene และEthylbenzene และสมการที่ 3.7 (บทที่ 3) สำหรับ Toluene และ Xylene โดยสมการที่ใช้แสดงได้ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ADD = (C × IR × EF× ET × ED x CF) / (BW × AT)

เมื่อ ADD = ปริมาณการรับสัมผัส VOCs ใน 1 วัน (mg/kg BW-day)

C = ความเข้มข้นของ VOCs ที่บุคคลได้รับสัมผัสใน 1 วัน ($\mu g/m^3$)

IR = อัตราการหายใจ (0.875 m^3/hour)

ET = เวลาในการรับสัมผัส VOCs (8 hour)

EF = ความถี่ของการรับสัมผัส VOCs (350 days/year)

ED = ระยะเวลาที่ได้รับสัมผัส VOCs (30 years)

CF = Conversion Factor (10^{-3} mg/µg)

BW = น้ำหนักตัว (70 kg)

AT = ระยะเวลาเฉลี่ยที่ได้รับสัมผัส VOCs (70x365 = 25,550 days)

สารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง : Risk = CDI x SF

เมื่อ CDI = (C × IR × EF× ET × ED x CF) / (BW × AT)

SF = Slope Factor

CDI = ADD

สารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง : HQ = ADD / ADI

เมื่อ ADD = (C × IR × EF× ET × ED x CF) / (BW × AT)

ADI = Acceptable Daily Intake = RfD

(ค่าที่ใช้ในการคำนวณอ้างอิงจาก http://rais.ornl.gov/homepage/tm/for_res_wa.shtml, 2005))

ตารางที่ 4.10 ค่า SF และ ADI (RfD)

สาร	ค่า SF $(mg/kg\text{-}day)^{-1}$	ค่า ADI (RfD) (mg/kg-day)
MTBE	9.1×10^{-4}	-
Benzene	2.73×10^{-2}	-
Ethylbenzene	3.85×10^{-3}	-
Toluene	-	1.43
Xylene	-	2.86×10^{-2}

ที่มา: http://rais.ornl.gov/cgi-bin/tox/TOX_9801, 2009

ตารางที่ 4.11 ค่าความเสี่ยงโดยเฉลี่ยของการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer - Risk: Risk) จากการได้รับสัมผัสสาร

สถานี	MTBE	Benzene	Ethylbenzene
DKN	4.04×10^{-5}	5.38×10^{-4}	2.72×10^{-6}
BN	3.23×10^{-5}	4.24×10^{-4}	3.05×10^{-6}
RO	5.75×10^{-5}	7.32×10^{-4}	4.21×10^{-6}
PH	2.81×10^{-5}	5.07×10^{-4}	2.35×10^{-6}
SP	2.36×10^{-5}	3.98×10^{-4}	3.12×10^{-6}
TL	5.46×10^{-5}	6.42×10^{-4}	2.71×10^{-6}
BT	3.09×10^{-5}	4.61×10^{-4}	3.47×10^{-6}
J	5.22×10^{-5}	9.47×10^{-4}	3.53×10^{-6}
P	5.42×10^{-5}	7.76×10^{-4}	4.26×10^{-6}
NI	2.41×10^{-5}	3.42×10^{-4}	1.55×10^{-6}
TOT	1.18×10^{-4}	1.23×10^{-3}	5.83×10^{-6}

ถ้า Risk มีค่าน้อยกว่า 1×10^{-6} สามารถยอมรับได้ คือไม่เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสาร ค่า Risk ที่ 1×10^{-6} หมายความว่าหนึ่งคนจากประชากรล้านคนที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง ซึ่งจากงานวิจัยนี้ปริมาณการรับสัมผัสสาร Benzene มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.42×10^{-4} - 1.23×10^{-3} ซึ่งจากการที่ร่างกายได้รับปริมาณของสาร Benzene มากเกินไปนั้นส่งผลให้ไขกระดูกถูกทำลาย เม็ดเลือดแดงแตก โรคโลหิตจาง และอาการหรือโรคทางประสาทส่วนกลาง และสุดท้ายทำให้เกิดเป็นโรคมะเร็ง สาร MTBE มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอยู่ในช่วงตั้งแต่ 2.41×10^{-5} - 1.18×10^{-4} ในส่วนของสาร Ethylbenzene นั้นมีค่าน้อยกว่า 1×10^{-6} สามารถยอมรับได้ คือไม่เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสาร

ตารางที่ 4.12 ค่าความเสี่ยงโดยเฉลี่ยของสารที่ไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (Non – Cancer Risk: HQ) จากการได้รับสัมผัสสาร

สถานี	Toluene	Xylene
DKN	0.0153	0.0516
BN	0.0130	0.0524
RO	0.0192	0.0783
PH	0.0106	0.0442
SP	0.0118	0.0631
TL	0.0163	0.0555
BT	0.0115	0.0686
J	0.0186	0.0578
P	0.0194	0.0830
NI	0.0077	0.0309
TOT	0.0376	0.0990

ถ้า ADD / ADI > 1 อาจจะก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสาร

ADD / ADI < 1 คาดว่าจะไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัส

ซึ่งจากงานวิจัยนี้ปริมาณสาร VOCs ที่ได้รับสัมผัสมีค่าต่ำกว่า 1 เพราะฉะนั้นทั้งสาร Toluene และ Xylene ยังไม่มีโอกาสไปเพิ่มโอกาสเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆอันเนื่องมาจากการรับสัมผัสสารดังกล่าว

ตารางที่ 4.13 ค่าความเสี่ยงของสาร VOCs จากการได้รับสัมผัสสาร

สาร	ค่าความเสี่ยงของสาร VOCs		จำนวนที่เกินมาตรฐาน/ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด
	MIN	MAX	
MTBE	3.88×10^{-6}	2.39×10^{-4}	139/149
Benzene	4.53×10^{-5}	2.54×10^{-3}	149/149
Ethybenzene	3.86×10^{-7}	1.22×10^{-5}	2/149
Toluene	0.00207	0.07187	0/149
m,p-Xylene	0.01342	0.21453	0/149

เมื่อนำค่าที่ได้จากการหาปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs มาทำการคำนวณหาค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งพบว่าสาร MTBE และ benzene มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ มีค่ามากกว่า 1×10^{-6} โดยที่ค่าความเสี่ยงของสาร MTBE จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 149 ตัวอย่างพบจำนวนค่าที่เกินมาตรฐานทั้งหมด 139 คิดเป็นร้อยละ 93.28 จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการตรวจวัดในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ส่วนจำนวนค่าที่เกินมาตรฐานของสาร benzene ที่มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งนั้นในทุกตัวอย่างค่าที่ได้ออกมามีค่าเกินจากค่ามาตรฐานทั้งหมดทุกตัวอย่าง

จากการศึกษาเพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ passive sampling และ active sampling ได้ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R^2) จากความค่าความสัมพันธ์อยู่ในช่วง $R^2 = 0.7958 - 0.9681$ ทำให้ทราบว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างแบบ passive sampling นั้นมีประสิทธิ์ภาพมากพอต่อการนำมาใช้ในการเก็บตัวอย่างจากตัวบุคคล เพราะดูได้จากค่าความสัมพันธ์ที่ได้จากการที่ทำการเก็บตัวอย่างพร้อมกับวิธีที่ได้มาตรฐาน(active sampling)

เมื่อหาค่าความสัมพันธ์ได้แล้วจะทำการคำนวณหาปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 11 พื้นที่ จากปริมาณการรับสัมผัสสารที่ตรวจพบได้ทั้งหมดนั้น ทำให้ทราบว่าปริมาณการรับสัมผัสของสาร VOCs นั้นจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สภาพแวดล้อมโดยรอบบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง และกิจกรรมต่างๆของพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ตรวจวัด เป็นต้น แต่ชนิดของสาร VOCs หลักๆที่ตรวจวัดได้นั้น สามารถระบุได้ถึงแหล่งกำเนิดได้ว่าแหล่งกำเนิดของสารนั้นมาจากในน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นหลัก และเมื่อนำค่าปริมาณการรับสัมผัสสารโดยเฉลี่ยไปทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการขององค์กรต่างๆ โดยการใช้ค่า Time Weighted Average ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารสำหรับการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วัน หรือ 40 ชั่วโมง/สัปดาห์ โดยที่คนงานเกือบทุกคนสัมผัสสารซ้ำ ๆ หลายๆ วัน โดยไม่เกิดอันตรายต่อร่างกาย ยังไม่พบค่าที่เกินจากมาตรฐานที่องค์กรต่างๆได้กำหนดไว้

เนื่องจากสาร VOCs บางชนิดส่งผลอันตรายต่อสุขภาพ เป็นสารที่สามารถก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ จึงนำค่าที่ได้จากปริมาณการรับสัมผัสสารมาคำนวณหาค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง พบว่า สาร MTBE และ benzene มีค่าเกินจากที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ เพราะฉะนั้นถึงแม้ว่าพนักงานที่ทำงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงจะได้รับสัมผัสสารในปริมาณที่ไม่เกินจากที่ค่ามาตรฐานกำหนดไว้ก็ตาม แต่ว่ายังคงมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งที่อาจเกิดขึ้นจากการได้รับสัมผัสสารเป็นระยะเวลานาน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการรับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงใน 11 พื้นที่การศึกษา ในเขตกรุงเทพมหานครนั้นได้ทำการศึกษาการทดลองเบื้องต้น การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสาร VOCs การหาความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ VOCs ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ภายในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง และบุคคลที่เป็นพนักงานภายในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงได้รับสัมผัส การคาดคะเนปริมาณ VOCs แต่ละชนิดโดยใช้ สมการของ Time Weight Average ซึ่งในการเก็บตัวอย่างมีการทำแบบสอบถามรวมด้วย จากการศึกษาได้ผลสรุปต่างๆดังนี้

จากการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมโดยการใช้สารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด Japanese 50 component indoor air, MTBE และ Toluene d-8 (internal standard) ซึ่งวิเคราะห์โดย GC-FID สามารถพบ peak retention time ทั้งหมด 41 peak และ Calibration curve มีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.9344 - 0.9996 ซึ่งมีค่า LOD อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.019 ถึง 0.921 $\mu g/m^3$ ซึ่งสาร 2, 4- Dimethylpentane มีค่า LOD ต่ำสุด และสาร 1, 4-Dichlorobenzene มีค่า LOD ที่สูงที่สุด และ % VOCs Recovery $\pm$ SD ที่ได้ของสารทั้ง 41 ชนิด มีค่าอยู่ในช่วง 83.41 $\pm$ 2.40% (2 - Butanone) ถึง 159.83 $\pm$ 1.17% (Limonene)

การหาค่าความสัมพันธ์ของปริมาณ VOCs ที่วิเคราะห์ได้ระหว่างวิธีการเก็บแบบ passive sampling และ active sampling มี 2 แบบคือ

1. ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมง โดยทำการเก็บตัวอย่างจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานครจาก 5 พื้นที่ ซึ่งแต่ละพื้นที่จะเก็บตัวอย่าง 2 จุดต่อหนึ่งพื้นที่ และเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกับการเก็บตัวอย่างจากพนักงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อหาปริมาณการรับสัมผัส พบชนิดของสารที่สามารถรายงานค่าความสัมพันธ์ของสารได้ทั้งหมด 10 ชนิด และได้ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R^2) จากความค่าความสัมพันธ์อยู่ในช่วง $R^2 = 0.7958 – 0.9681$

2. ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างจากพื้นที่บริเวณริมถนนในเขตกรุงเทพมหานครจาก 5 พื้นที่ พบชนิดของสารที่สามารถรายงานค่าความสัมพันธ์ของสารได้

ทั้งหมด 20 ชนิด และได้ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R^2) จากความค่าความสัมพันธ์อยู่ในช่วง $R^2 = 0.8179 - 0.9827$

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของ VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร สามารถสรุปประเด็นสำคัญ ได้ดังนี้

1. ระหว่างชนิดของ VOCs ที่พบในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้งหมด 39 ชนิด แต่สามารถหาความสัมพันธ์ (Correlation) ได้ 10 ชนิด ปริมาณของสาร VOCs แต่ละชนิดในทุกพื้นที่ที่ทำการศึกษาจะพบสาร VOCs 10 ชนิดเป็นหลัก ดังนี้

1.1 methyl-tertiary-butyl-ether (MTBE) ปริมาณของสาร VOCsที่ได้อยู่ในช่วง 638 - 1628 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

1.2 benzene ปริมาณของสาร VOCsที่ได้อยู่ในช่วง 308 - 852 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

1.3 isooctane ปริมาณของสาร VOCsที่ได้อยู่ในช่วง 20 - 49 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

1.4 n-haptane ปริมาณของสาร VOCsที่ได้อยู่ในช่วง 140 - 401 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

1.5 toluene ปริมาณของสาร VOCsที่ได้อยู่ในช่วง 270 - 682 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

1.6 ethylbenzene ปริมาณของสาร VOCsที่ได้อยู่ในช่วง 10 - 27 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

1.7 m,p-xylene ปริมาณของสาร VOCsที่ได้อยู่ในช่วง 22 - 58 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

1.8 styrene, o-xylene ปริมาณของสาร VOCsที่ได้อยู่ในช่วง11-20ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

1.9 3–Ethytoluene ปริมาณของสารVOCsที่ได้อยู่ในช่วง13-26 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

1.10 decanal ปริมาณของสาร VOCs ที่ได้อยู่ในช่วง 1.8 – 9.8 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

2. ปริมาณสาร VOCs แต่ละชนิดในทุกพื้นที่ที่ทำการศึกษามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงหนึ่งสัปดาห์ ในทิศทางเดียวกัน และพบว่าปริมาณที่พบขึ้นอยู่กับปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง การเข้ามารับบริการภายในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงของรถยนต์ประเภทต่างๆ และสภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ยกเว้นพื้นที่การศึกษาองค์การโทรศัพท์หลักสี่ ที่แหล่งกำเนิดหลักมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่

3. จากการวิเคราะห์สาร VOCs ทั้งหมด 10 ชนิด มีสารที่สามารถนำมาประเมินความเสี่ยงได้ 5 ชนิด คือ MTBE, Benzene, Ethylbenzene, Toluene และXylene โดยสามารถแยกออกเป็นสารที่ก่อและไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งดังต่อไปนี้

3.1 สารที่จัดเป็นสารก่อให้เกิดโรคมะเร็ง(**Cancer - Risk: Risk**) จากการได้รับสัมผัสสารมี 3 ชนิด คือ

- MTBE มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอยู่ในช่วง 2.41×10^{-5} - 1.18×10^{-4}
- benzene มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอยู่ในช่วง 3.42×10^{-4}- 1.23×10^{-3}
- ethylbenzene มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอยู่ในช่วง 1.55×10^{-6} - 5.83×10^{-6}

ปริมาณการรับสัมผัสสาร MTBE และสาร Benzene มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรค ซึ่งจากการที่ร่างกายได้รับปริมาณของสาร Benzene มากเกินไปนั้น ส่งผลให้ไขกระดูกถูกทำลาย เม็ดเลือดแดงแตก โรคโลหิตจาง และอาการหรือโรคทางประสาทส่วนกลาง และสุดท้ายทำให้เกิดเป็นโรคมะเร็ง ในส่วนของสาร Ethylbenzene นั้นมีค่าน้อยกว่า 1×10^{-6} สามารถยอมรับได้ คือไม่เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสาร

3.2 สารที่ไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง(Non – Cancer Risk: HQ)จากการรับสัมผัสสารมี 2 ชนิด คือ

- toluene มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอยู่ในช่วง 0.0077 - 0.0376
- xylene มีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอยู่ในช่วง 0.0309 - 0.0990

ซึ่งจากงานวิจัยนี้ปริมาณสาร VOCs ที่ได้รับสัมผัสมีค่าต่ำกว่า 1 เพราะฉะนั้นทั้งสาร Toluene และ Xylene ยังไม่มีโอกาสไปเพิ่มโอกาสเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆอันเนื่องมาจากการรับสัมผัสสารดังกล่าว

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรเก็บตัวอย่างจากตัวบุคคลมากกว่า 2 จุดเพื่อให้ผลในการคาดคะเนปริมาณสาร VOCs แต่ละชนิดโดยใช้สมการของ Time Weight Average ได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2) ควรทำการเก็บตัวอย่างการรับสัมผัสทุกเขตในกรุงเทพมหานคร เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากขึ้น

3) ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาล เช่น ฤดูฝนและแล้งฝน

4) เพื่อให้ได้ข้อมูลการประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสสาร VOCs ควรมีการวิเคราะห์สารตกค้างในตัวอย่างมนุษย์ เช่น เลือด ปัสสาวะ เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมธุรกิจพลังงาน.มาตรฐานความปลอดภัยของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง [Online].แหล่งที่มา : http://www.doeb.go.th [23 มีนาคม 2550].

กรรชิต คุณาวุฒิ. 2544. คู่มือการวินิจฉัยและการเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพ. กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2543. รายงานฉบับสมบูรณ์การปรับปรุงฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศและประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมลฑล. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2544. ปัญหาสารพิษในสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2545. สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษอากาศและเสียงปี 2543. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

จงดี ธรรมเขต, วิไลลักษณ์ มุณีสว่าง, ปณต ถาวรังกรู และเพริศพิชญ์ คณาธารณา. 2547. การติดตามตรวจสอบปริมาณเบนซิน โทลูอีน และไซลีนในเขตเมืองหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาโดยใช้เทคนิคพาสซีพแซมปลิง. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช และไมตรี สุทธจิตต์. 2544. สารอินทรีย์ระเหยง่ายในสิ่งแวดล้อม. พิษวิทยาสาร 11: 25-30.

นิลุบล เล็กเจริญกุล, พรพิมล กรองทิพย์, วิทยา อยู่สุข, สิทธินันท์ ฉันท์ธนกุล, และ สุมาลี สิงหนิยม. 2007. การวิเคราะห์ปริมาณเบนซีนและโทลูอีนในน้ำมันเบนซีนด้วยวิธีก๊าซโครมาโทกราฟีและการประยุกต์ใช้. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ 21(1):25-34.

มลิวรรณ บุญเสนอ. 2544. พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สมเกียรติ ศิริรัตนพฤกษ์. 2544. ความเสี่ยงทางสุขภาพในอาชีพพนักงานบริการที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง (ปั๊มน้ำมัน) เทคโนโลยีควบคุมและป้องกันมลพิษจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง. กรุงเทพมหานคร: สำนักอนามัยกระทรวงสาธารณสุข.

สาวิตรี พลูมา. 2548. การรับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยจากสิ่งแวดล้อมของผู้พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Amagai, T., Ohuru, T., and Sugiyama, T. 2002. Gas chromatographic/mass spectrometric determination of benzene and its alkyl derivatives in indoor and outdoor air in Fuji, Japan. Journal of AOAC International 85(1): 203-211.

Edwards, R. D, J., Sarela, K., and Jantunen, M. 2001. VOC concentration measured in personal samples and residential indoor, outdoor and workplace microenvironments in EXPOLIS-Helsinki, Atmospheric Environment 35: 4531-4543.

Freeman, N., Lioy, P., Pellizzari, E., Zelon, H., Thomas, K., Clayton, A., and Quackenboss, J. 1999. Responses to the region 5NHEXES time/activity diary, Journal of Exposure Analysis and Environment Epidemiology 9(5): 414-426.

Hester, R. E. and Harrison, R. M. 1995. Volatile Organic Compounds in Atmosphere, Chemosphere 1: 211-221.

Kungskulniti, N. and Sylvia, A. 1990. Ambient Volatile organic compounds at selected site in Bangkok city, Thailand, Chemosphere 20: 673-679.

Mattamara. S., Shing. T., and Lertvisansak. I. 1999 . Assessment of Benzene and Toluene Emission from Automobile Exhaust in Bangkok, Environmental Research 81: 23-31.

Muezzinoglu, A., Odabasi, M., and Onat, L. 2000. Volatile organic compounds in the air of Izmir, Turkey, Atmospheric Environment 35: 753-760.

Na, K. 2005. Determination of VOC source signature of vehicle exhaust in a traffic tunnel, Environmental management 40: 733-739.

Namiesnik, J., Gorecki, T., Mozdron-Zabiegala, B., and Lukasiak, J. 1992. Source of VOCs in indoor air. Building and Environment 35: 339-346.

Kerbachi. R., Menouer. B., Lahouari. B., and Malika. K. 2006 . Ambient air pollution by aromatic hydrocarbons in Algier, Atmosphere Environment 40: 3995-4003.

Ohura, T., Amagai, T., and Fusaya, M. 2006. Regional assessment of ambient volatile organic compounds in an industrial harbor area, Shizuoka, Japan, Aymospheric Environment 40:238-248.

Olansandan, Amagai, T., and Matsushita, H. 1999. A passive sampler-GC/ECD method for analyzing 18 volatile organohalogen compounds in indoor and outdoor air and it application to a survey on indoor pollution in Shizuoka, Japan. Talanta 50: 851-863.

Ortiz, E., Alemon, E., Romero, D., Arriaga, J., Olaya, P., Guzman, F., and Rios, C. 2001. Personal exposure to benzene, toluene and Xylene in different microenvironments at the Maxico City metropolitan zone. The Science of the Total Environment 287: 241-248.

Otson, R., and Fellin, P. 1992. Characterisation and Cycling. Gaseous pollutants 9: 335-343.

Son, B., Breysse, P., and Yang, W. 2003. Volatile organic compounds concentration in residential indoor and outdoor and its personal exposure in Korea. Environment International 29: 79-85.

US EPA. 1999. Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air. Environmental Protection Agency, US Federal Register. Compendium Method TO-15A: 1-42.

Vo, T.Q.T., and Nguyen, T.K.O. 2007. Roadside BTEX and other gaseous air pollutants in relation to emission sources, Atmospheric Environment 41:7685-7697.

Wan. K., and Ki. B. 2001. Exposure to volatile organic compounds for individuals with occupations associated with potential exposure to motor vehicle exhaust and2or gasoline vapor emissions, The Science of the Total Environment 269: 25-37.

Yamada, E., Hosokawa, Y., Furuya, Y., Matsushita, K., and Fuse, Y. 2004. Simple Analysis of Volatile Organic Compounds (VOCs) in the Atmosphere using Passive Samplers, ANALYTICAL SCIENCES 20:107-112.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามข้อมูลจากพนักงานในสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามข้อมูลจากพนักงานในสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

วันที่...../...../.....

ชื่อสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง .....

เขต.....

เพศ ◯ ชาย ◯ หญิง

อายุ ◯ 14-25 ◯ 26-35 ◯ 36-45 ◯ มากกว่า45

สถานภาพ ◯ โสด ◯ สมรส

ภูมิลำเนาเดิม .....

ที่อยู่ปัจจุบัน .....

การเดินทางมาทำงาน ◯ เดิน ◯ รถยนต์ส่วนบุคคล ◯ รถโดยสารประจำทาง

รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ◯ ต่ำกว่า 5,000 บาท ◯ 5,000 – 10,000 บาท
◯ 10,000 – 15,000 บาท ◯ มากกว่า 15,000 บาท

ระยะเวลาที่ทำงานในสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ..... ปี

อาชีพก่อนที่มาทำงานนี้ .....

จำนวนวันที่ทำงานต่อสัปดาห์ ..... วัน

ระยะเวลาในการทำงานต่อวัน ..... ชั่วโมง

การตรวจสุขภาพประจำปี เคย ◯ ไม่เคย ◯

ตรวจสุขภาพครั้งล่าสุด ◯ ต่ำกว่า 3 เดือน ◯ 3 เดือน – 6 เดือน
◯ 6 เดือน – 1 ปี ◯ มากกว่า 1 ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่ ◯ ไม่มี ◯ มี.....

ท่านสูบบุหรี่หรือไม่ ◯ ใช่ ◯ ไม่ใช่

ท่านมีปัญหาเกี่ยวกับทางเดินหายใจหรือไม่ ◯ ไม่มี ◯ มี.....ความถี่.....ครั้ง

ท่านมีปัญหาเกี่ยวกับโรคผิวหนังหรือไม่ ◯ ไม่มี ◯ มี.....ความถี่.....ครั้ง

ท่านไม่สบายบ่อยครั้งแค่ไหน ◯ 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ ◯ เดือนละครั้ง ◯ 3 เดือนครั้ง

ในระหว่างการทำงานมีการป้องกัน(ใช้ผ้าปิดจมูก)หรือไม่ ◯ ไม่มี ◯ มี

ในระหว่างการทำงานมีอาการปวดศีรษะหรือมึนงงหรือไม่ ◯ ไม่มี ◯ มี

ท่านทำกิจกรรมอะไรบ้างในวันหยุด ◯ พักผ่อนอยู่กับบ้าน ◯ ไปพักผ่อนต่างจังหวัด
◯ ไปห้างสรรพสินค้า ◯ อื่นๆ

ในขณะทำงานมีการสัมผัสกับน้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรงหรือไม่ ◯ ไม่มี ◯ มี

ในช่วงเวลาที่พักท่านมีการสัมผัสกับสารเคมีบ้างหรือไม่(ถ้ามีอะไรบ้าง) ◯ ไม่มี ◯ มี

อื่นๆ ลักษณะของสถานที่ โดยรอบ

.....

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การเก็บตัวอย่างแบบ Canister

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเก็บตัวอย่างแบบ Canister

Canister เป็นชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างสารพิษในกลุ่มวีโอซี (Volatile Organic Compounds) โดยอาศัยการควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าสู่ถังเก็บตัวอย่างให้คงที่โดยไม่ต้องใช้ปั๊มดูดอากาศ เป็นระบบการเก็บตัวอย่างสารวีโอซีด้วยถังสุญญากาศชนิดพิเศษที่เคลือบด้วย Silonite ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษคือ ไม่ดูดซับสารวีโอซี ทำให้สามารถเก็บรักษาสภาพของตัวอย่างอากาศได้เป็นอย่างดีโดยไม่เปลี่ยนแปลง โดยการเก็บตัวอย่างอากาศไว้ในถังเก็บตัวอย่างที่ทำจากเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel Canister) สะดวกในการนำไปใช้งานในภาคสนาม โดยเป็นระบบที่ตรงตามมาตรฐานสากลตามข้อกำหนดของ US. EPA TO-15

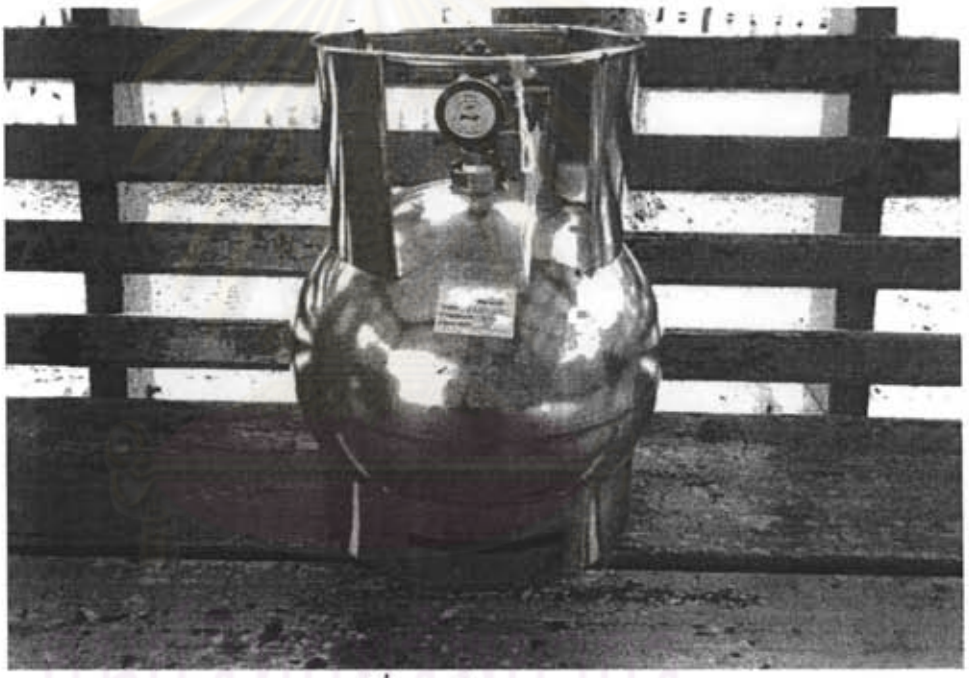
ลักษณะของ Canister

1. ถังเก็บตัวอย่าง canister เป็นถังทรงกลม สามารถบรรจุอากาศได้ไม่น้อยกว่า 6 ลิตร ณ ความดันบรรยากาศ
2. ภายในถังและวาล์ว ปิด-เปิด บนตัวถังเคลือบด้วย Fused Silica ที่มีความหนาแน่นไม่น้อยกว่า 2.25 กรัมต่อซีซี
3. มีเกจวัดความดันสำหรับแสดงค่าความดันภายในถังก่อนเก็บตัวอย่างและหลังเก็บตัวอย่าง
4. มีอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลแบบ Mechanical Flow Controller สำหรับควบคุมปริมาณอากาศที่ไหลเข้าถังเก็บตัวอย่างต่อเนื่อง
5. ภายในมีวาล์วชนิดปรับตั้งค่าได้ เพื่อตั้งปรับค่าการเก็บตัวอย่างได้เต็มถังขนาด 6 ลิตรได้ต่อเนื่องที่ 3 ชั่วโมง, 8 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง
6. มีอุปกรณ์สำหรับปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศ(Flow Calibrator) แบบดิจิตอล
7. สามารถต่อกับอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลได้ไม่มีการรั่วซึม โดยมี Flow Path ที่เคลือบด้วย Fused Silica มีความหนาแน่นไม่น้อยกว่า 2.25 กรัมต่อซีซี

วิธีการเก็บตัวอย่างด้วย Canister

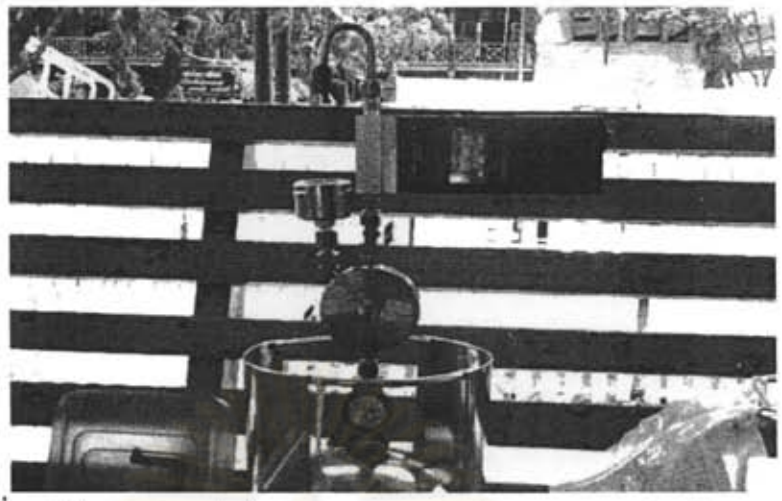
1. เตรียมถัง canister 2 ใบ โดยที่ถังใบแรกใช้ในการปรับเทียบเพื่อตรวจสอบอัตราการไหลของอากาศต่อเข้ากับชุดเกจวัดความดัน Flow meter และ Passive sampler จากการศึกษานี้ใช้อัตราการไหลที่ 3.47 ซีซี/นาที (± 0.05) อากาศภายในถังจะมีปริมาณ 5 ลิตรเมื่อรวมอากาศจากการเก็บตัวอย่าง ตรวจการรั่วซึมที่อาจเกิดขึ้นจากรอยต่อโดยการเปิด – ปิดวาล์วอ่านค่าจากเกจวัดความดัน

2. นำอุปกรณ์ที่ได้จากการปรับเทียบจากถังใบแรกมาต่อเข้ากับถัง canister อีกใบนึง ตรวจสอบการรั่วซึมอีกครั้งใช้เวลา 15 นาที ค่าความดันภายในถังจะมีค่าประมาณ 30 psi (± 3)
3. นำถัง canister ที่ต่ออุปกรณ์และปรับเทียบอุปกรณ์เรียบร้อยแล้วไปตั้งไว้ที่จุดเก็บตัวอย่าง
4. ตรวจสอบค่าอุณหภูมิ และค่าความดันบรรยากาศจาก Barometer
5. บันทึกค่าที่ได้ลงใน Data Check
6. ตั้งชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงทำการเก็บตัวอย่าง (± 1 ชั่วโมง)
7. นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS



รูปที่ ข-1 ถัง Canister

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข-2 ถัง Canister ต่อกับ Pressure gage, Flow meter และ Passive sampler

รูปที่ ข-3 ลักษณะการวางถัง Canister ในการเก็บตัวอย่าง

รูปที่ ข-4 เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ และความดันบรรยากาศ

ภาคผนวก ค
สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

"สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง" หมายความว่า สถานที่ที่ใช้ในการเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อให้บริการน้ำมันเชื้อเพลิงแก่ยานพาหนะ และให้หมายความรวมถึงบริเวณที่กำหนดไว้ในใบอนุญาตให้เป็นเขตสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงตลอดจนสิ่งก่อสร้าง ถัง ท่อ และอุปกรณ์ หรือ เครื่องมือต่าง ๆ ในบริเวณนั้น

ชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิง ที่ใช้ในการประกอบกิจการ มี 3 ชนิด คือ

1. ชนิดไวไฟน้อย มีจุดวาบไฟตั้งแต่ 60 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ได้แก่ น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา น้ำมันหล่อลื่นเป็นต้น

2. ชนิดไวไฟปานกลาง มีจุดวาบไฟระหว่าง 37.8-60 องศาเซลเซียส ได้แก่ น้ำมันก๊าดน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับเครื่องบิน เป็นต้น

3. ชนิดไวไฟมาก มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 37.8 องศาเซลเซียส ได้แก่ น้ำมันเบนซิน น้ำมันปิโตรเลียมดิบ เป็นต้น

ภาชนะที่ใช้บรรจุน้ำมันเชื้อเพลิง มี 5 ประเภท คือ

1. ขวดน้ำมันเชื้อเพลิง ทำด้วยแก้ว ความจุ 0.5-1.0 ลิตร
2. กระป๋องน้ำมันเชื้อเพลิง ทำด้วยพลาสติกหรือเหล็กเคลือบดีบุก ความจุไม่เกิน 20 ลิตร
3. ถังน้ำมันเชื้อเพลิง ทำด้วยพลาสติกหรือเหล็ก ความจุไม่เกิน 227 ลิตร
4. ถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง ทำด้วยเหล็ก ความจุเกินกว่า 227 ลิตร ขึ้นไป
5. ถังขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิง ทำด้วยเหล็ก อลูมิเนียมอัลลอยไม่จำกัดปริมาณ

สถานที่ประกอบกิจการควบคุม

คลังน้ำมันเชื้อเพลิง ได้แก่ ที่เก็บน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณเกิน 500,000 ลิตรขึ้นไป

สถานที่เก็บรักษาน้ำมันเชื้อเพลิง มี 3 ลักษณะ ดังนี้

(1) ลักษณะที่ 1 ได้แก่ สถานที่เก็บน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิด (**ร้านจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงรายย่อย**) ประกอบด้วย น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดไวไฟมาก มีปริมาณไม่เกิน 40 ลิตร หรือชนิดไวไฟปานกลาง มีปริมาณไม่เกิน 227 ลิตร หรือชนิดไวไฟน้อย มีปริมาณไม่เกิน 454 ลิตร

(2) ลักษณะที่ 2 ได้แก่ สถานที่เก็บน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิด (**โรงงานขนาดเล็กหรือเพื่อการเกษตร**) ประกอบด้วยน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดไวไฟมาก มีปริมาณเกิน 40 ลิตร แต่ไม่เกิน 454 ลิตร หรือชนิดไวไฟปานกลาง มีปริมาณเกิน 227 ลิตร แต่ไม่เกิน 1,000 ลิตร หรือชนิดไวไฟน้อย มีปริมาณเกิน 454 ลิตร แต่ไม่เกิน 15,000 ลิตร

(3) ลักษณะที่ 3 ได้แก่ สถานที่เก็บน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิด (**โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่**) ประกอบด้วย น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดไวไฟมาก มีปริมาณเกิน 454 ลิตรขึ้นไป หรือชนิดไวไฟปานกลาง มีปริมาณเกิน 1,000 ลิตรขึ้นไป หรือชนิดไวไฟน้อย มีปริมาณเกิน 15,000 ลิตรขึ้นไป แต่ปริมาณทั้งหมดต้องไม่เกิน 500,000 ลิตร

สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง แบ่งเป็น ๖ ประเภท คือ

(๑) ประเภท ก

สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงประเภท ก ได้แก่ สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ให้บริการแก่ยานพาหนะทางบก ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ติดเขตทางหลวง ถนนสาธารณะ หรือถนนส่วนบุคคลซึ่งมีขนาดความกว้างตามที่ กรมธุรกิจพลังงานประกาศกำหนด และเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงไว้ในถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงใต้พื้นดิน (**สถานีบริการติดถนนใหญ่**)

สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงประเภท ก. (ประเภทที่ 1 เดิม)" หมายความว่า สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ตั้งอยู่ในที่ดินที่ติดเขตทางหลวงหรือถนนสาธารณะ ที่มีความกว้างของถนนไม่น้อยกว่า 12.00 เมตร หรือถนนส่วนบุคคลที่มีความกว้างของถนนไม่น้อยกว่า 10.00 เมตร

สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงประเภท ก. (ประเภทที่ 1 เดิม) ต้องมีทางเข้าและทางออกสำหรับยานพาหนะเชื่อต่อกับทางหลวงหรือถนนสาธารณะ หรือทางที่มีสภาพเป็นสาธารณะ หรือถนนส่วนบุคคล ซึ่งได้รับอนุญาตหรือได้รับความยินยอมให้ทำเป็นทางเชื่อม เพื่อให้เป็นทางเข้าและทางออกจากเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลและรับผิดชอบหรือเจ้าของทาง หรือถนนดังกล่าว โดยกำหนดให้มีรูปแบบของทางเข้าและทางออกตามประกาศกรมโยธาธิการดังนี้

ทางเข้าและทางออกแยกต่างหากจากกันและห่างกันไม่น้อยกว่า 10.00 เมตร สำหรับสถานีบริการรูปแบบที่ 1

1.แต่ละทางต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 4.00เมตร

2.ขอบทางเลี้ยวเข้าด้านซ้าย และขอบทางเลี้ยวออกด้านซ้ายต้องมีรัศมีความโค้งไม่น้อยกว่า 3.00 เมตร

3.แนวเขตสถานีบริการด้านที่ใช้เป็นทางเข้าและทางออกสำหรับยานพาหนะ (ด้านหน้า) ต้องยาวไม่น้อยกว่า 24.00 เมตร

ทางเข้าทางออกทางเดียวกัน สำหรับสถานีบริการรูปแบบที่ 2

1. แต่ละทางต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 4.00 เมตร

2. ขอบทางเลี้ยวเข้าด้านซ้าย และขอบทางเลี้ยวออกด้านซ้ายต้องมีรัศมีความโค้งไม่น้อยกว่า 3.00 เมตร

3. แนวเขตสถานีบริการด้านที่ใช้เป็นทางเข้าและทางออกสำหรับยานพาหนะ (ด้านหน้า) ต้องยาวไม่น้อยกว่า 19.00 เมตร

4. เครื่องสูบและตู้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ต้องอยู่ห่างจากเขตถนนหรือเขตทางที่ใช้เป็นทางเข้าและทางออกสำหรับยานพาหนะไม่น้อยกว่า 7.00 เมตร

ทางเข้าทางออกทางเดียวกัน สำหรับสถานีบริการรูปแบบที่ 3

1. ต้องมีความกว้างของทางเข้าและทางออกไม่น้อยกว่า 7.00 เมตร

2. ขอบทางเลี้ยวเข้าด้านซ้ายและขอบทางเลี้ยวออกด้านซ้ายต้องมีรัศมีความโค้งไม่น้อยกว่า 3.00 เมตร

3. แนวเขตสถานีบริการด้านที่ใช้เป็นทางเข้าและทางออกสำหรับยานพาหนะ (ด้านหน้า) ต้องยาวไม่น้อยกว่า 16.00 เมตร

4. เครื่องสูบและตู้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ต้องอยู่ห่างจากเขตถนน หรือเขตทางที่ใช้เป็นทางเข้าและทางออกสำหรับยานพาหนะไม่น้อยกว่า 12.00 เมตร

(๒) ประเภท ข

สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงประเภท ข ได้แก่ สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ให้บริการแก่ยานพาหนะทางบก ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ติดเขตถนนสาธารณะหรือถนนส่วนบุคคลที่มีความกว้างตามที่กรมธุรกิจพลังงานประกาศกำหนด และเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงไว้ในถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงใต้พื้นดิน(**สถานีบริการติดถนนซอย**)

(๓) ประเภท ค

สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงประเภท ค มี ๒ ลักษณะ ดังนี้

ลักษณะที่หนึ่ง ได้แก่ สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ให้บริการแก่ยานพาหนะทางบกที่มีการเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดไวไฟปานกลางหรือชนิดไวไฟน้อย มีปริมาณไม่เกิน ๑๐,๐๐๐ ลิตร และเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงไว้ในถังเก็บน้ำมัน เชื้อเพลิงเหนือพื้นดิน(**ปั๊มถังลอยริมถนนขนาดเล็ก**)

ลักษณะที่สอง ได้แก่ สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ให้บริการแก่ยานพาหนะทางบกที่มีการเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดไวไฟปานกลางหรือชนิดไวไฟน้อย มีปริมาณเกิน ๑๐,๐๐๐ ลิตรขึ้นไป และเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงไว้ในถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงเหนือพื้นดิน(**ปั๊มถังลอยริมถนนขนาดใหญ่**)

(๔) ประเภท ง

สถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงประเภท ง ได้แก่ สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่เก็บน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดไวไฟมาก ชนิดไวไฟปานกลาง หรือชนิดไวไฟน้อยไว้ในถังน้ำมันเชื้อเพลิง(**ปั๊มหลอดแก้วมือหมุน**)

(๕) ประเภท จ

สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงประเภท จ มี ๒ ลักษณะ ดังนี้

ลักษณะที่หนึ่ง ได้แก่ สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ให้บริการแก่เรือที่มีปริมาณการเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดไวไฟปานกลางหรือชนิดไวไฟน้อย มีปริมาณไม่เกิน ๑๐,๐๐๐ ลิตร และเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงไว้ในถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงเหนือพื้นดินหรือถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงที่ติดตั้งภายในโป๊ะเหล็ก(**สถานีบริการทางน้ำขนาดเล็ก**)

ลักษณะที่สอง ได้แก่ สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ให้บริการแก่เรือที่มีปริมาณการเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงไวไฟปานกลางหรือชนิดไวไฟน้อย มีปริมาณเกิน ๑๐,๐๐๐ ลิตรขึ้นไป และเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงไว้ในถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงเหนือพื้นดินหรือถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงที่ติดตั้งภายในโป๊ะเหล็กหรือเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดไวไฟมาก ชนิดไวไฟปานกลาง หรือชนิดไวไฟน้อยไว้ในถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงใต้พื้นดิน(**สถานีบริการทางน้ำขนาดใหญ่**)

(๖) ประเภท ฉ

สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงประเภท ฉ ได้แก่ สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ให้บริการแก่อากาศยาน

ตารางที่ ค-1 กิจการควบคุมประเภทที่ 1

(ประกอบกิจการได้ทันที)

สถานประกอบกิจการน้ำมันเชื้อเพลิง	ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง	ภาชนะบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิง	ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง
สถานที่เก็บรักษาน้ำมันเชื้อเพลิง ลักษณะที่หนึ่ง (ร้านจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงรายย่อย)	ไวไฟมาก ไวไฟปานกลาง ไวไฟน้อย	- ขวด, กระป๋อง - ขวด, กระป๋อง, ถัง - ขวด, กระป๋อง, ถัง, ถังเก็บ บน ดินขนาดเล็ก	- ไม่เกิน 40 ลิตร หรือ - ไม่เกิน 227 ลิตร หรือ - ไม่เกิน 454 ลิตร ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิด

ตารางที่ ค-2 กิจการควบคุมประเภทที่ 2
(เมื่อจะประกอบกิจการต้องแจ้งให้พนักงานเจ้าหน้าที่ทราบก่อน)

ลำดับ	สถานประกอบกิจการน้ำมันเชื้อเพลิง	ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง	ภาชนะบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิง	ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)
1	สถานที่เก็บรักษาน้ำมันเชื้อเพลิง ลักษณะที่สอง (โรงงานขนาดเล็กหรือเพื่อการเกษตร)	ไวไฟมาก ไวไฟปานกลาง ไวไฟน้อย	- ขวด, กระป๋อง, ถัง, ถังเก็บบนดินขนาดเล็ก ถังเก็บบนดินขนาดใหญ่ ถังเก็บใต้พื้นดิน	- เกิน 40 ลิตร แต่ไม่เกิน 454 ลิตร หรือ เกิน 227 ลิตรแต่ไม่เกิน 1,000 ลิตร หรือ เกิน 454 ลิตร แต่ไม่เกิน 15,000 ลิตร ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือ หลายชนิด
2	สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ประเภท ค ลักษณะที่หนึ่ง (ปั๊มถังลอยริมถนนขนาดเล็ก)	ไวไฟมาก ไวไฟปานกลาง ไวไฟน้อย	- ถังเก็บบนดินขนาดใหญ่	(ห้ามเก็บ) รวมกันไม่เกิน 10,000 ลิตร
3	สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ประเภท ง (ปั๊มหลอดแก้วมือหมุน)	ไวไฟมาก ไวไฟปานกลาง ไวไฟน้อย	- ถัง	- ไม่เกิน 454 ลิตร
4	สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ประเภท จ ลักษณะที่หนึ่ง (สถานีบริการทางน้ำขนาดเล็ก)	ไวไฟมาก ไวไฟปานกลาง ไวไฟน้อย	- ถังเก็บที่ติดตั้งภายในโป๊ะเหล็ก,ถังเก็บบนดินขนาดใหญ่	(ห้ามเก็บ) รวมกันไม่เกิน 10,000 ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-3 กิจการควบคุมประเภทที่ 3
(ต้องได้รับใบอนุญาตก่อนจึงจะประกอบการได้)

ลำดับที่	สถานประกอบกิจการน้ำมันเชื้อเพลิง	ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง	ภาชนะบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิง	ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)
1	สถานที่เก็บรักษาน้ำมันเชื้อเพลิงลักษณะที่สาม (โรงงานขนาดใหญ่)	ไวไฟมาก ไวไฟปานกลาง ไวไฟน้อย	- ขวด,กระป๋อง,ถัง, ถังเก็บบนดินขนาดเล็ก ถังเก็บบนดินขนาดใหญ่, ถังเก็บใต้พื้นดิน	- เกิน 454 ลิตรขึ้นไป หรือ เกิน 1,000 ลิตรขึ้นไป หรือ เกิน 15,000 ลิตรขึ้นไป แต่รวมกันไม่เกินกว่า 500,000 ลิตร
2	คลังน้ำมันเชื้อเพลิง (สถานีเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงเกิน 50,000 ลิตร)	ไวไฟมาก ไวไฟปานกลาง ไวไฟน้อย	- ขวด, กระป๋อง,ถัง, ถังเก็บบนดินขนาดเล็ก ถังเก็บบนดินขนาดใหญ่, ถังเก็บใต้พื้นดิน	รวมกันเกิน 500,000 ลิตร
3	สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ประเภท ก (สถานีบริการติดถนนใหญ่)	ไวไฟมาก ไวไฟปานกลาง ไวไฟน้อย	- ถังเก็บใต้พื้นดิน ขวด, กระป๋อง,ถัง,	เก็บในพื้นที่ตาม พ.ร.บ. ผังเมือง ที่มีการกำหนด พื้นที่หนาแน่นมาก,ปาน กลางให้เก็บได้ไม่เกิน 180,000 ลิตร นอกเขตให้ เก็บได้ 360,000 ลิตร
4	สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ประเภท ข (สถานีบริการติดถนนซอย)	ไวไฟมาก ไวไฟปานกลาง ไวไฟน้อย	- ถังเก็บใต้พื้นดิน ขวด, กระป๋อง,ถัง,	- ไม่เกินกว่า 60,000 ลิตร - รวมกันไม่เกิน 20,000 ลิตร
5	สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ประเภท ค ลักษณะที่สอง (ปั๊มถังลอยริมถนนขนาดใหญ่)	ไวไฟมาก ไวไฟปานกลาง ไวไฟน้อย	- ถังเก็บบนดินขนาดใหญ่ - ถังเก็บบนดินขนาดใหญ่	(ห้ามเก็บ) - รวมกันเกินกว่า 10,000 ลิตร แต่ไม่เกินกว่า 60,000 ลิตร
6	สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงประเภท จ ลักษณะที่สอง (สถานีบริการทางน้ำขนาดใหญ่)	ไวไฟมาก ไวไฟปานกลาง ไวไฟน้อย	- ถังเก็บใต้พื้นดิน - ถังเก็บบนดินขนาดใหญ่, ถังเก็บที่ติดตั้งภายในโป๊ะ เหล็ก	- ไม่มีข้อกำหนด (ห้ามเก็บ) - เก็บได้ถังละไม่เกิน 30,000 ลิตร และรวม กันไม่เกิน 60,000 ลิตร
7	สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ประเภท ฉ (สถานีบริการให้แก่อากาศยาน)	ไวไฟมาก ไวไฟปานกลาง ไวไฟน้อย	- ไม่มีข้อกำหนด	- ไม่มีข้อกำหนด

หมายเหตุ ภาคผนวก-ค มีที่มา: www.doeb.go.th (เว็บไซต์กรมธุรกิจพลังงาน)

ภาคผนวก ง

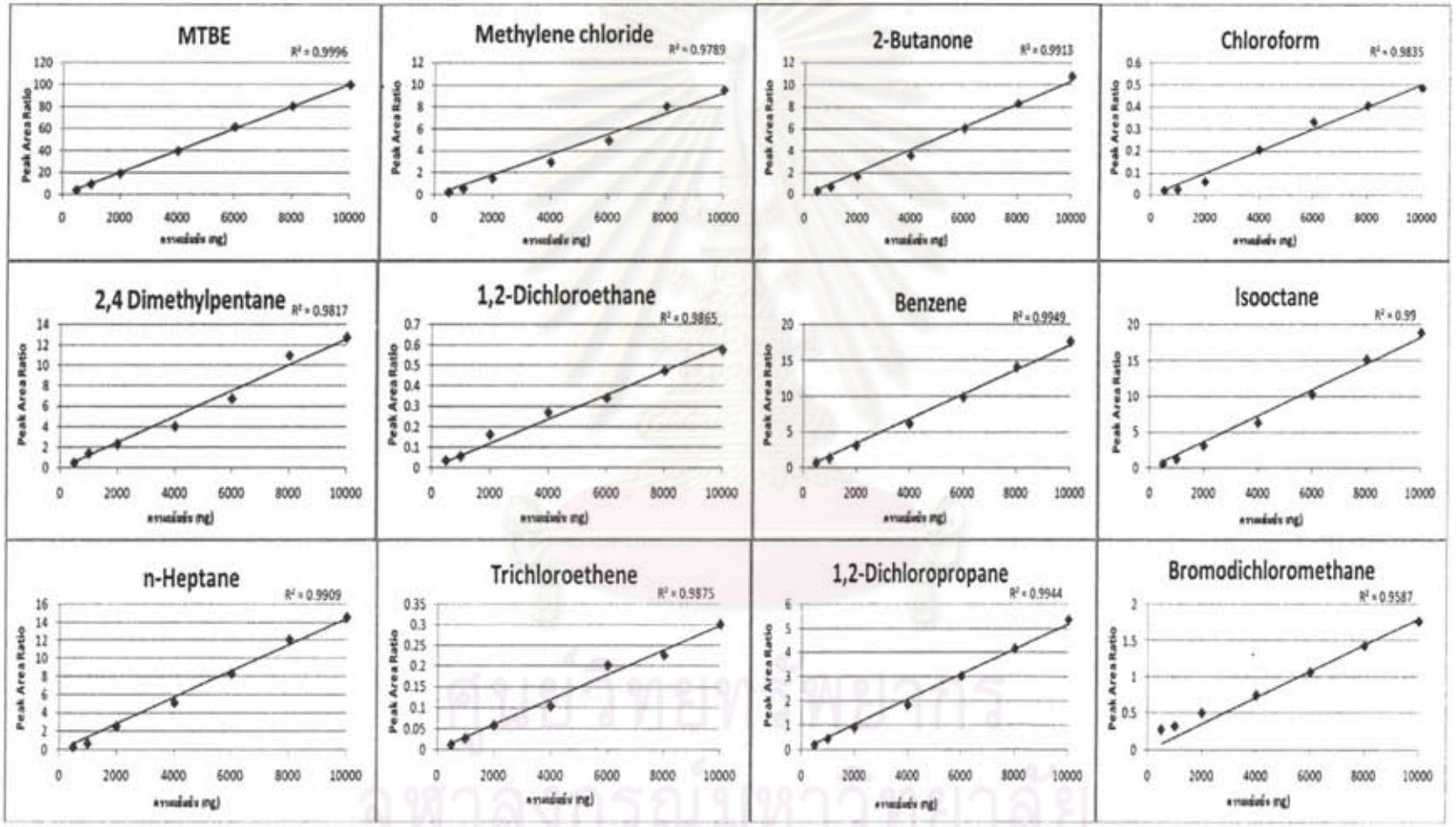
Calibration curve

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

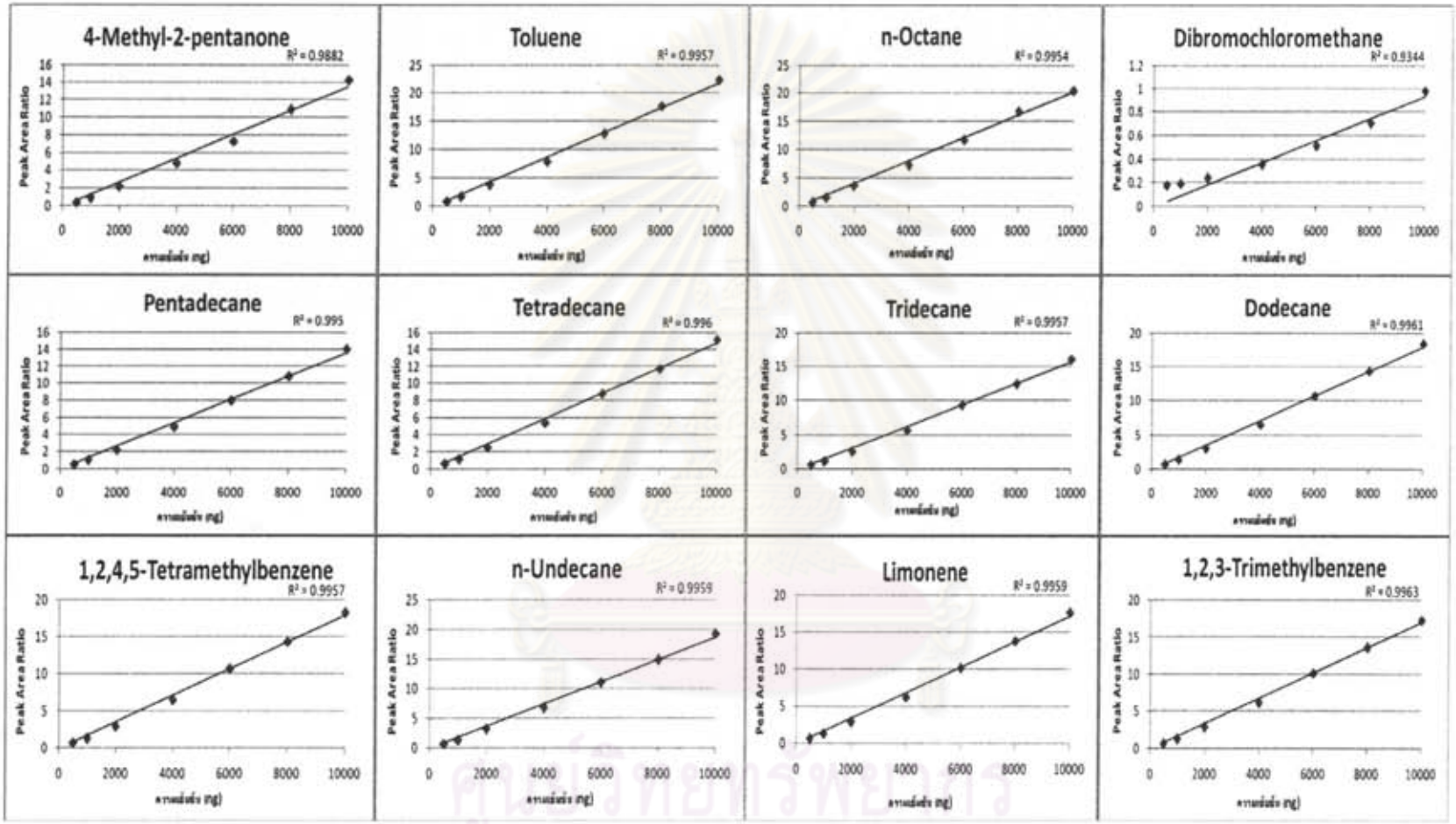
ตารางที่ ง-1 พื้นที่ใต้กราฟสาร VOCs 40 ชนิด ของCalibration Curve

สารประกอบ VOCs	AREA										
	500 ng	1000 ng	2000 ng	4000 ng	6000 ng	8000 ng	10000 ng	average	SD	MAX	MIN
MTBE	4.46	9.80	19.31	39.98	61.82	80.47	100.02	45.12	36.82	100.02	4.46
Methylene chloride	0.23	0.56	1.48	2.98	4.98	8.09	9.53	3.98	3.69	9.53	0.23
2 - Butanone	0.33	0.67	1.66	3.56	6.02	8.27	10.72	4.46	4.01	10.72	0.33
Chloroform	0.02	0.03	0.06	0.21	0.33	0.41	0.49	0.22	0.19	0.49	0.02
2,4 - Dimethylpentane	0.50	1.44	2.33	4.07	6.81	11.05	12.79	5.57	4.81	12.79	0.50
1,2 - Dichloroethane	0.04	0.06	0.16	0.27	0.34	0.48	0.58	0.27	0.21	0.58	0.04
Benzene	0.68	1.33	3.10	6.16	9.87	14.07	17.65	7.55	6.55	17.65	0.68
Isooctane	0.52	1.23	3.06	6.27	10.31	15.20	18.84	7.92	7.12	18.84	0.52
n-Haptane	0.29	0.69	2.54	5.15	8.33	12.11	14.60	6.25	5.63	14.60	0.29
Trichloroethene	0.01	0.03	0.06	0.10	0.20	0.23	0.30	0.13	0.11	0.30	0.01
1,2 - Dichloropropane	0.20	0.44	0.90	1.83	3.02	4.18	5.38	2.28	1.98	5.38	0.20
Bromodichloromethane	0.28	0.33	0.50	0.75	1.07	1.43	1.77	0.88	0.57	1.77	0.28
4 - Methy - 2 - pentanone	0.40	0.96	2.24	4.85	7.30	10.93	14.26	5.85	5.26	14.26	0.40
Toluene	0.86	1.73	3.84	7.83	12.78	17.68	22.37	9.59	8.30	22.37	0.86
n-Octane	0.72	1.56	3.64	7.29	11.69	16.73	20.35	8.85	7.65	20.35	0.72
Dibromochloromethane	0.18	0.19	0.24	0.35	0.51	0.70	0.98	0.45	0.30	0.98	0.18
Tetrachloroethene	0.28	0.96	2.32	5.17	8.51	11.82	15.30	6.34	5.75	15.30	0.28
Ethybenzene	0.82	1.67	3.68	7.67	12.44	16.98	21.56	9.26	7.99	21.56	0.82
m,p-Xylene	1.62	3.31	7.32	15.08	24.62	33.52	42.58	18.29	15.79	42.58	1.62
Styrene/o-Xylene	2.32	4.81	10.66	22.02	35.87	49.11	62.19	26.71	23.09	62.19	2.32
Alpha-pinene	0.84	1.71	3.72	7.63	12.38	16.91	21.44	9.23	7.94	21.44	0.84
3 - Ethytoluene	0.74	1.50	3.24	6.98	11.58	15.59	19.91	8.50	7.41	19.91	0.74
4 - Ethytoluene	0.64	1.29	2.98	6.19	10.38	14.00	17.79	7.61	6.64	17.79	0.64
1,3,5 - Trimethylbenzene	0.74	1.52	3.28	7.00	11.49	15.25	19.49	8.40	7.23	19.49	0.74
2- Ethyltoluene	0.78	1.54	3.30	7.23	11.78	15.86	20.30	8.68	7.54	20.30	0.78
Beta-pinene	0.76	1.56	3.40	7.15	11.51	15.61	19.91	8.56	7.37	19.91	0.76
Docane	0.76	1.60	3.50	7.23	11.82	16.11	20.49	8.79	7.60	20.49	0.76
1,2,4 - Trimethylbenzene	0.74	1.46	3.28	6.85	11.33	15.27	19.51	8.35	7.24	19.51	0.74
1,4 - Dichlorobenzene	0.28	0.96	1.42	3.13	5.31	7.14	9.02	3.89	3.35	9.02	0.28
1,2,3 - Trimethylbenzene	0.66	1.29	2.88	6.19	10.16	13.64	17.28	7.44	6.44	17.28	0.66
Limonene	0.70	1.35	2.92	6.23	10.20	13.77	17.63	7.54	6.53	17.63	0.70
n-Undecane	0.74	1.37	3.24	6.85	11.13	14.93	19.26	8.22	7.13	19.26	0.74
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.72	1.35	2.98	6.52	10.76	14.36	18.35	7.86	6.83	18.35	0.72
Dodecane	0.72	1.38	3.04	6.54	10.71	14.32	18.37	7.87	6.81	18.37	0.72
Decanal	0.68	0.90	2.80	6.13	10.04	13.41	17.21	7.31	6.45	17.21	0.68
Tridecane	0.64	1.21	2.60	5.73	9.40	12.52	16.12	6.89	5.98	16.12	0.64
Tetradecane	0.64	1.19	2.48	5.40	8.76	11.75	15.16	6.48	5.59	15.16	0.64
Pentadecane	0.56	1.08	2.24	4.94	8.02	10.86	14.07	5.97	5.20	14.07	0.56

ภาคผนวก ง

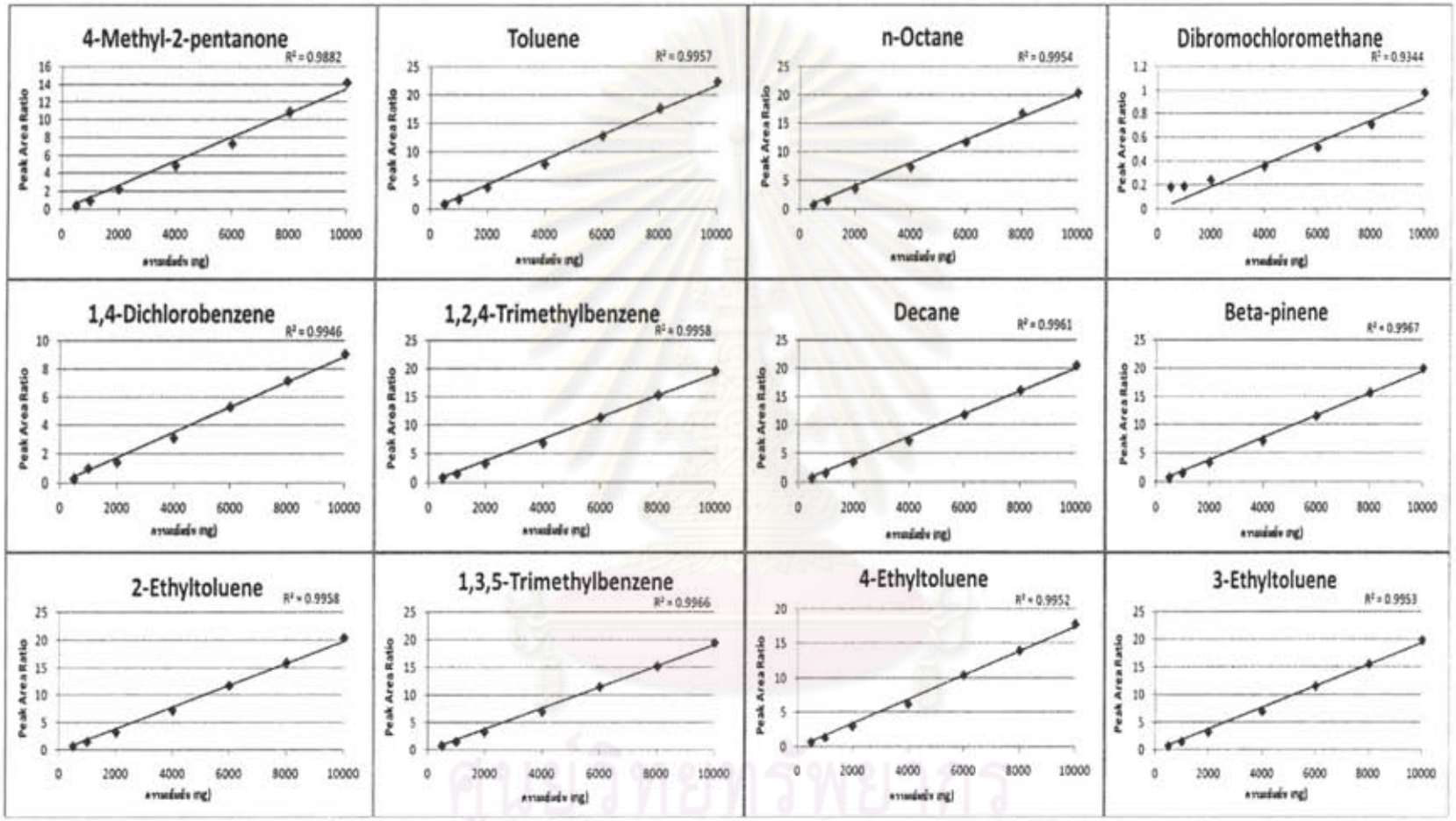


ภาพ ง-1 กราฟ Calibration curve ของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด MTBE และ 50 component indoor air 40 ชนิด

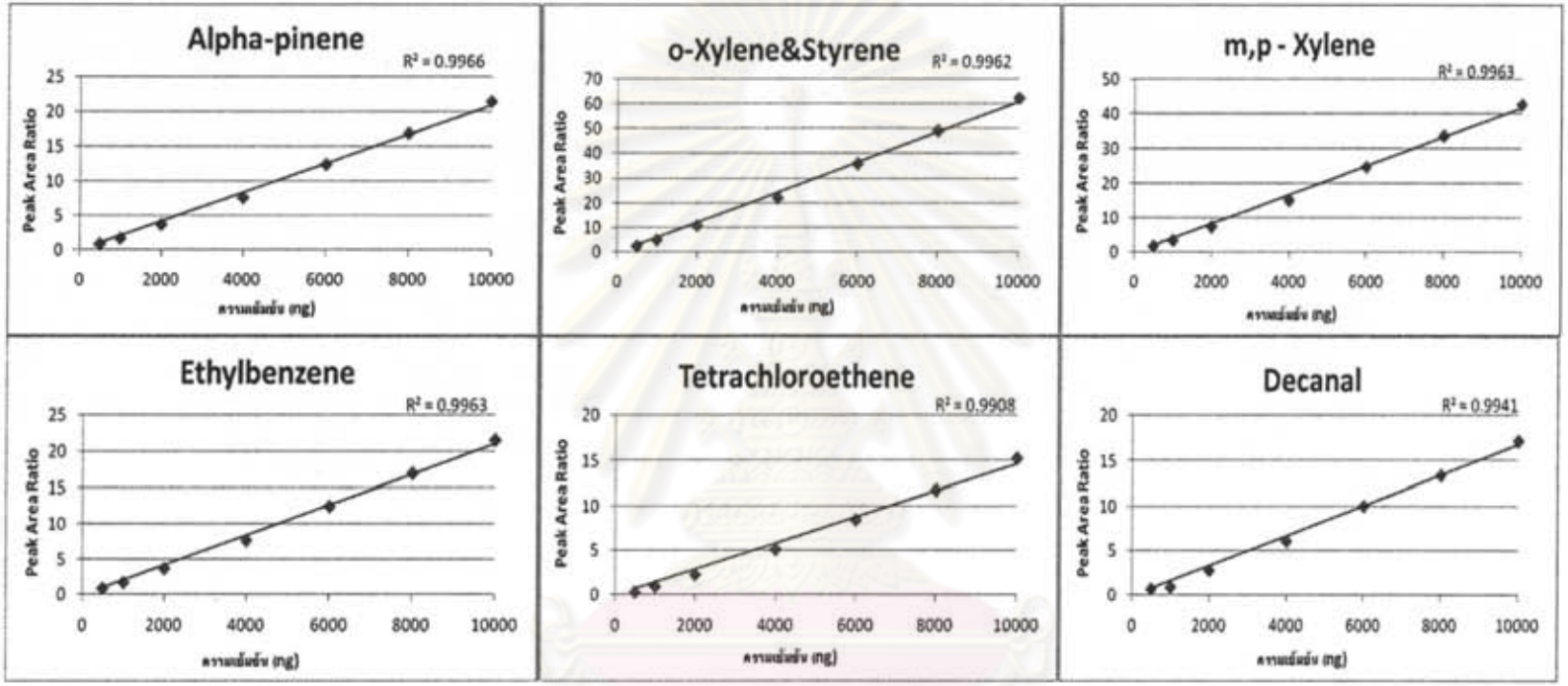


ภาพ ง-1 (ต่อ) กราฟ Calibration curve ของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด MTBE และ 50 component indoor air 40 ชนิด

118

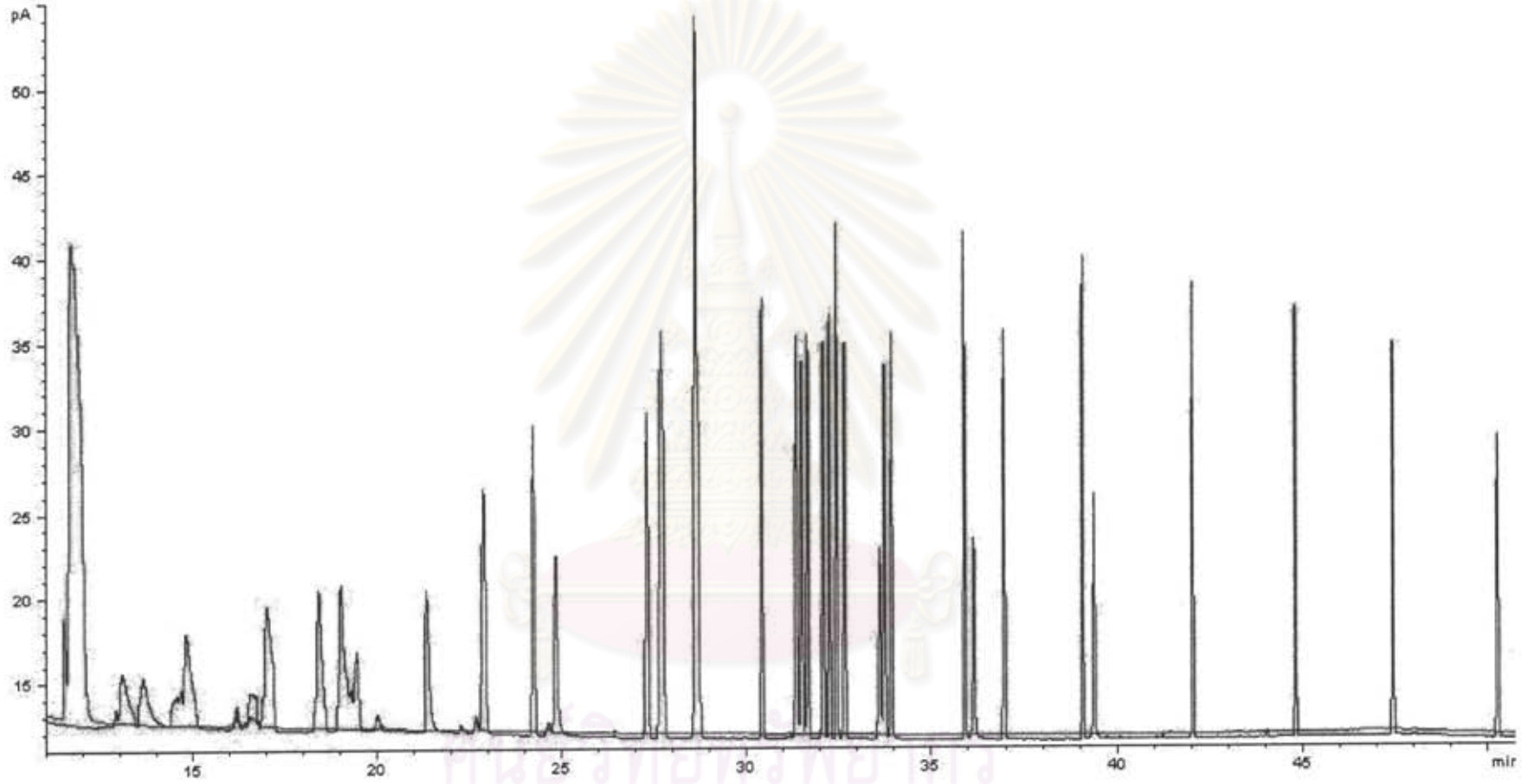


ภาพ ง-1 (ต่อ) กราฟ Calibration curve ของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด MTBE และ 50 component indoor air 40 ชนิด



ภาพ ง-1 (ต่อ) กราฟ Calibration curve ของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด MTBE และ 50 component indoor air 40 ชนิด

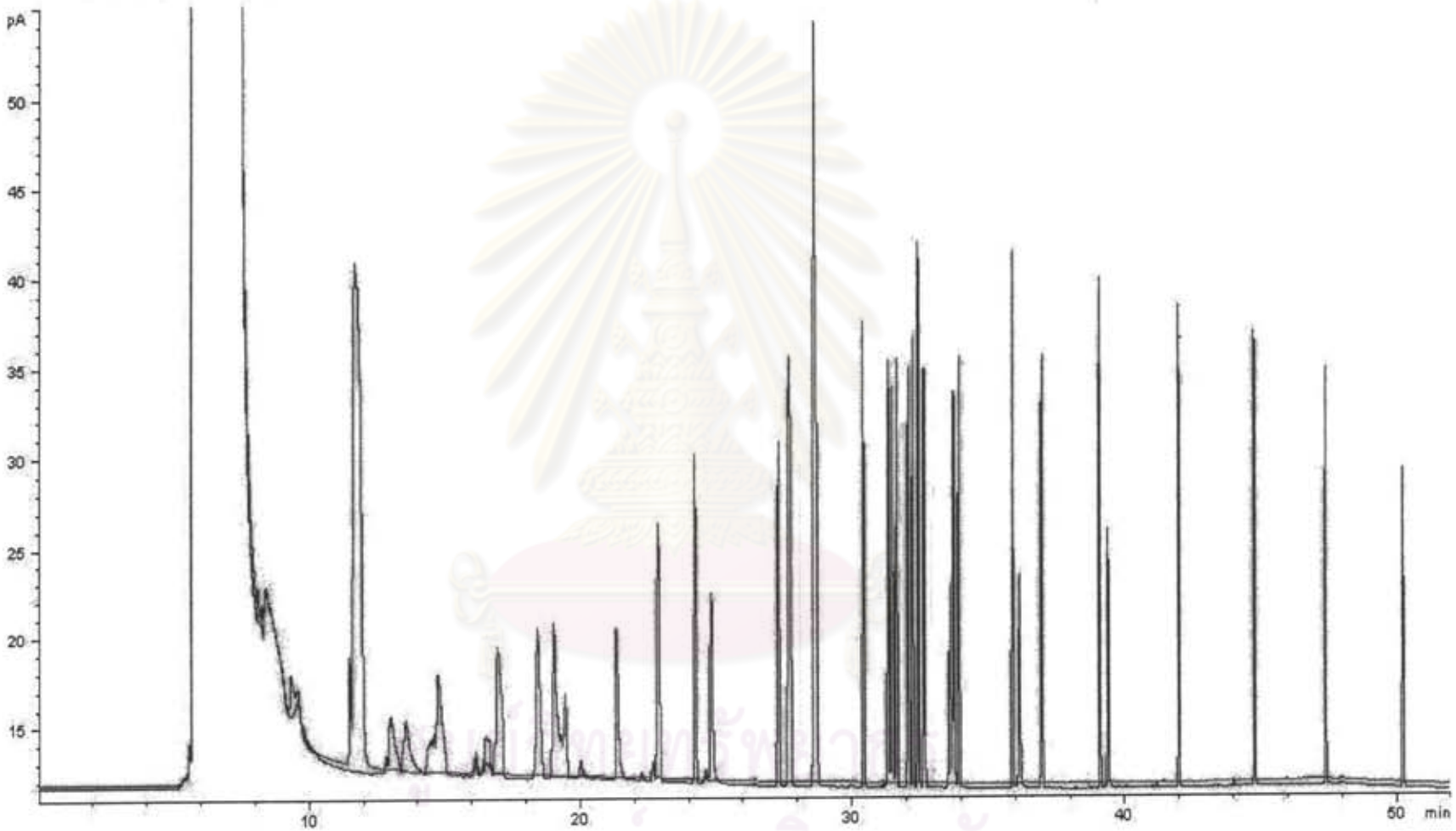
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพ ง-2 Chromatograms Calibration curve ของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด MTBE และ 50 component indoor air 40 ชนิด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

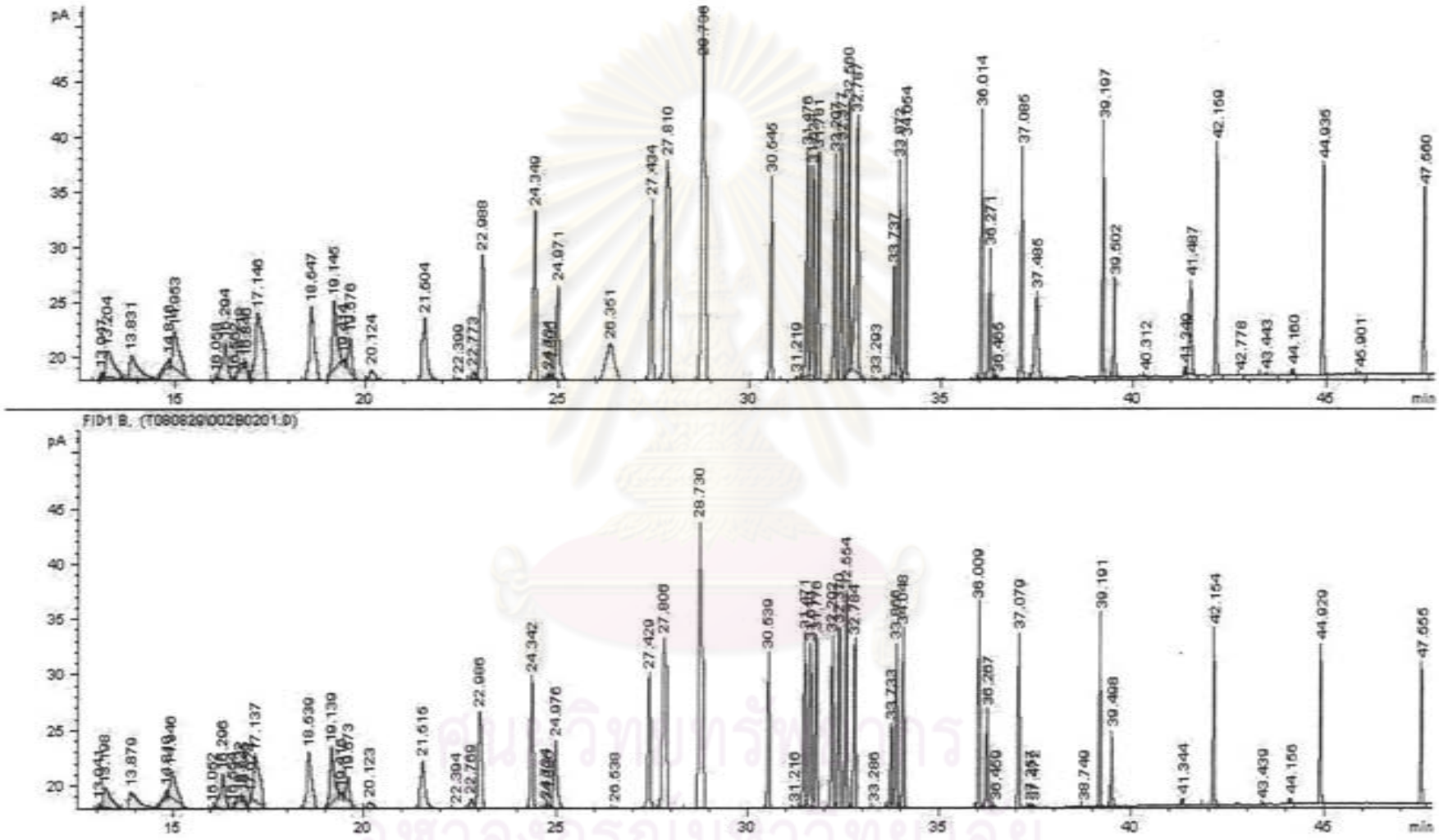
121



ภาพ ง-2 (ต่อ) Chromatograms Calibration curve ของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด MTBE และ 50 component indoor air 40 ชนิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

122



ภาพ ง-2 (ต่อ) Chromatograms Calibration curve ของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด MTBE และ 50 component indoor air 40 ชนิด

ภาคผนวก จ

ค่า Limit of detection (LOD) และค่าการทดสอบวิธีการสกัดโดยใช้ Recovery Test

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ-1 ปริมาณค่า Limit of detection (LOD) ของสาร VOCs 40 ชนิด

สารประกอบ VOCs	AREA								LOD
	25 ng (1)	25 ng (2)	25 ng (3)	25 ng (4)	average	SD	MAX	MIN	($\mu g/m^3$)
MTBE	0.75	0.77	0.65	0.72	0.72	0.05	0.77	0.65	0.189
Methylene chloride	0.14	0.13	nd	nd	0.14	0.007	0.140	0.130	0.136
2 - Butanone	0.01	0.009	nd	nd	0.01	0.001	0.010	0.009	0.194
Chloroform	1.04	1.15	nd	nd	1.10	0.078	1.150	1.040	0.185
2,4 - Dimethylpentane	7.9	6.8	nd	nd	7.35	0.778	7.900	6.800	0.276
1,2 - Dichloroethane	0.31	0.3	nd	nd	0.31	0.007	0.310	0.300	0.060
Benzene	0.8	0.76	nd	nd	0.78	0.028	0.800	0.760	0.094
Isooctane	0.34	0.35	nd	nd	0.35	0.007	0.350	0.340	0.053
n-Haptane	0.05	0.04	nd	nd	0.05	0.007	0.050	0.040	0.409
Trichloroethene	0.15	0.19	nd	nd	0.17	0.028	0.190	0.150	0.433
1,2 - Dichloropropane	0.93	0.87	nd	nd	0.90	0.042	0.930	0.870	0.123
Bromodichloromethane	0.29	0.3	nd	nd	0.30	0.007	0.300	0.290	0.062
4 - Methy - 2 - pentanone	1.54	1.29	1.05	0.96	1.21	0.26	1.54	0.96	0.560
Toluene	0.18	0.11	0.23	0.2	0.18	0.05	0.23	0.11	0.738
n-Octane	2.44	2.46	2.02	1.74	2.17	0.35	2.46	1.74	0.419
Dibromochloromethane	0.16	0.12	0.2	0.19	0.17	0.04	0.20	0.12	0.559
Tetrachloroethene	0.21	0.37	0.2	0.24	0.26	0.08	0.37	0.20	0.802
Ethybenzene	0.61	0.6	0.73	0.68	0.66	0.06	0.73	0.60	0.244
m,p-Xylene	1.01	1.12	1.11	1.17	1.10	0.07	1.17	1.01	0.158
Styrene/o-Xylene	0.29	0.34	0.27	0.31	0.30	0.03	0.34	0.27	0.257
Alpha-pinene	0.17	0.14	0.15	0.16	0.16	0.01	0.17	0.14	0.217
3 - Ethytoluene	0.12	0.17	0.18	0.13	0.15	0.03	0.18	0.12	0.511
4 - Ethytoluene	0.27	0.35	0.26	0.32	0.30	0.04	0.35	0.26	0.368
1,3,5 - Trimethylbenzene	0.28	0.3	0.3	0.29	0.29	0.01	0.30	0.28	0.085
2- Ethyltoluene	0.25	0.21	0.19	0.22	0.22	0.03	0.25	0.19	0.299
Beta-pinene	0.28	0.17	0.28	0.27	0.25	0.05	0.28	0.17	0.558
Docane	0.18	0.16	0.19	0.14	0.17	0.02	0.19	0.14	0.345
1,2,4 - Trimethylbenzene	0.06	0.09	0.08	0.06	0.07	0.02	0.09	0.06	0.539
1,4 - Dichlorobenzene	0.1	0.08	0.1	0.1	0.10	0.01	0.10	0.08	0.274
1,2,3 - Trimethylbenzene	0.13	0.12	0.19	0.11	0.14	0.04	0.19	0.11	0.681
Limonene	0.25	0.25	0.26	0.27	0.26	0.01	0.27	0.25	0.097
n-Undecane	0.25	0.23	0.28	0.22	0.25	0.03	0.28	0.22	0.281
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.17	0.16	0.16	0.17	0.17	0.01	0.17	0.16	0.091
Dodecane	0.39	0.36	0.41	0.35	0.38	0.03	0.41	0.35	0.190
Decanal	0.18	0.2	0.17	0.25	0.20	0.04	0.25	0.17	0.463
Tridecane	0.94	0.89	0.79	0.73	0.84	0.09	0.94	0.73	0.295
Tetradecane	0.2	0.19	0.15	0.187	0.18	0.02	0.20	0.15	0.314
Pentadecane	0.75	0.77	0.65	0.72	0.72	0.05	0.77	0.65	0.189

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ จ-2 ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์ Recovery ของสาร VOCs 40 ชนิด

สารประกอบ VOCs	AREA															%
	1,000 ng	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9	R 10	average	SD	MAX	MIN	Recovery
MTBE	139.2	120	143	141	150	143	-	-	-	-	-	139.4	11.3	150	120	100.08
Methylene chloride	4.2	3.6	4.1	4.9	4.1	4.4	7.0	5.6	5.3	4.4	5.4	4.9	1.0	7	3.55	116.7
2 - Butanone	3.7	5.2	5.6	5.7	5.4	4.6	1.7	0.4	0.2	1.5	0.4	3.1	2.4	5.65	0.23	83.4
Chloroform	0.7	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.7	0.5	1.19	0.14	93.4
2,4 - Dimethylpentane	4.5	4.5	4.5	5.7	4.7	4.9	5.8	5.4	5.4	4.0	5.3	5.0	0.6	5.8	4.04	110.6
1,2 - Dichloroethane	3.2	3.2	3.2	3.8	3.5	3.6	3.5	3.9	4.2	2.5	3.1	3.4	0.5	4.15	2.46	105.8
Benzene	10.6	12.6	10.7	10.7	12.6	11.5	22.1	14.8	16.6	7.1	8.7	12.7	4.3	22.12	7.05	120.4
Isooctane	6.1	5.5	5.8	7.0	5.9	6.4	8.7	8.2	8.3	5.7	7.1	6.8	1.2	8.7	5.51	112.3
n-Haptane	8.6	7.3	7.6	9.0	8.1	8.6	9.1	8.5	8.7	6.4	7.3	8.0	0.9	9.09	6.36	93.2
Trichloroethene	4.0	9.1	8.5	8.7	6.4	7.3	1.0	0.9	0.9	0.6	0.7	4.4	3.9	9.09	0.55	108.8
1,2 - Dichloropropane	2.8	2.2	2.3	2.5	2.4	2.5	3.5	2.6	2.6	2.1	2.8	2.5	0.4	3.46	2.14	92.3
Bromodichloromethane	1.0	0.6	0.6	0.8	0.6	0.6	0.8	0.6	0.7	4.3	0.5	1.0	1.1	4.27	0.52	102.8
4 - Methy - 2 - pentanone	5.3	3.9	4.0	4.7	4.6	3.9	7.3	6.8	6.8	4.2	5.4	5.1	1.3	7.28	3.86	97.9
Toluene	8.7	6.7	6.8	8.4	8.0	8.0	10.9	9.9	10.0	6.5	8.2	8.3	1.5	10.9	6.45	96.0
n-Octane	7.2	6.5	6.8	8.0	7.5	8.0	9.8	9.0	9.1	6.0	7.3	7.8	1.2	9.79	5.99	108.9
Dibromochloromethane	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4	0.5	0.1	0.64	0.24	88.5
Tetrachloroethene	4.3	1.6	1.5	1.6	1.6	1.7	8.7	8.0	8.0	5.2	6.0	4.4	3.1	8.66	1.48	102.3
Ethybenzene	9.5	7.4	7.8	8.9	8.6	8.9	10.9	10.0	10.1	6.6	8.1	8.7	1.3	10.93	6.59	92.4
m,p-Xylene	18.8	14.4	14.8	17.6	16.9	17.2	20.9	19.1	19.3	12.7	15.4	16.8	2.5	20.86	12.7	89.5
Styrene/o-Xylene	26.1	19.2	19.9	23.8	22.3	23.2	28.1	25.4	25.9	16.7	20.8	22.5	3.4	28.06	16.7	86.4
Alpha-pinene	10.7	8.1	8.5	9.8	9.3	9.6	11.0	10.1	10.3	6.7	8.1	9.2	1.3	11	6.65	85.5
3 - Ethytoluene	9.9	7.8	8.4	9.7	9.5	9.6	11.1	10.2	10.5	6.7	8.1	9.1	1.4	11.11	6.67	92.8
4 - Ethytoluene	6.3	6.7	6.9	8.0	7.7	8.1	8.9	8.3	8.4	5.3	6.6	7.5	1.1	8.88	5.28	117.9
1,3,5 - Trimethylbenzene	7.0	7.5	7.9	9.1	8.7	9.1	9.8	9.4	9.6	6.1	7.5	8.5	1.2	9.8	6.07	121.9
2- Ethyltoluene	7.1	7.8	8.1	9.6	9.1	9.5	10.8	9.8	10.1	6.5	7.9	8.9	1.3	10.77	6.5	126.2
Beta-pinene	9.6	7.9	8.2	9.9	9.4	9.7	10.8	9.9	10.3	6.6	8.0	9.1	1.3	10.81	6.57	94.8
Docane	9.3	7.8	8.1	9.6	9.3	9.4	11.0	10.2	10.5	6.7	8.2	9.1	1.3	11.02	6.68	98.0
1,2,4 - Trimethylbenzene	10.0	7.4	7.5	9.0	8.5	8.8	10.8	9.6	11.3	6.9	8.5	8.8	1.4	11.25	6.87	88.4
1,4 - Dichlorobenzene	2.6	2.7	3.1	3.5	3.4	3.5	4.9	4.3	4.8	3.0	3.8	3.7	0.7	4.87	2.69	142.9
1,2,3 - Trimethylbenzene	5.7	6.6	6.9	7.9	7.6	8.0	9.0	8.3	8.4	5.4	6.7	7.5	1.1	9.02	5.35	130.6
Limonene	5.2	7.3	8.0	9.1	8.8	9.1	9.6	8.8	9.1	5.9	7.1	8.3	1.2	9.56	5.88	159.8
n-Undecane	10.8	9.1	9.5	10.9	10.9	10.7	12.3	10.9	12.6	7.7	9.5	10.4	1.5	12.6	7.74	96.3
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	6.7	7.7	7.9	9.5	9.0	9.5	9.7	8.8	9.1	5.8	7.2	8.4	1.3	9.71	5.78	125.0
Dodecane	9.9	9.8	10.1	12.0	11.6	11.9	12.0	10.8	11.0	7.1	8.5	10.5	1.6	11.98	7.07	105.6
Decanal	8.1	10.2	10.4	12.6	12.0	12.3	11.3	10.2	10.1	6.5	8.0	10.4	1.9	12.63	6.53	128.7
Tridecane	8.6	11.5	12.0	14.2	13.5	13.9	13.0	11.0	11.4	7.5	8.7	11.7	2.2	14.19	7.48	135.2
Tetradecane	9.3	12.2	13.1	15.2	14.6	14.9	13.3	10.8	11.7	7.5	9.1	12.2	2.6	15.18	7.45	131.9
Pentadecane	15.6	13.2	13.8	15.7	15.5	16.3	29.1	15.1	19.0	13.2	12.9	16.4	4.8	29.05	12.93	104.9

ภาคผนวก ฉ

การหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ-1 ปริมาณค่าวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active sampling เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

สารประกอบ VOCs	ปริมาณความเข้มข้น Active Sampling (µg/m^3)					ปริมาณความเข้มข้น Passive Sampling (µg)				
	ERTC	โชคชัย 4	คิมแดง	รพ.จุฬา	บ้านสมเด็จ	ERTC	โชคชัย 4	คิมแดง	รพ.จุฬา	บ้านสมเด็จ
MTBE	11.7	8.833	22.546	18.553	33.591	1.286	2.604	1.924	3.520	2.783
Methylene chloride	13.033	22.532	38.626	51.385	49.180	2.483	4.688	7.191	6.158	5.284
Chloroform	14.648	4.641	9.901	11.758	16.399	0.642	1.123	1.470	1.711	1.711
Benzene	17.006	6.388	12.428	11.651	21.490	1.113	1.711	1.991	2.897	3.356
Isooctane	18.35	0.825	1.832	1.832	2.565	0.120	0.174	0.206	0.253	0.301
Trichloroethene	19.2	308.378	436.010	483.574	626.268	35.616	57.534	56.164	73.699	69.863
Toluene	22.876	37.979	73.374	69.628	111.999	5.569	9.654	10.131	13.159	20.313
n-Octane	24.225	7.092	6.839	9.625	3.678	1.722	1.335	1.926	0.744	2.013
Tetrachloroethene	24.944	1.340	2.597	1.472	2.679	0.062	0.143	0.067	0.143	0.057
Ethybenzene	27.2	5.808	6.055	5.437	7.639	0.695	0.779	0.708	1.036	0.851
m.p-Xylene	27.683	3.966	6.989	7.411	9.663	0.456	0.854	0.994	1.188	0.786
Styrene/o-Xylene	28.612	1.467	2.651	2.421	3.304	0.213	0.359	0.406	0.483	0.313
Alpha-pinene	30.3	0.660	0.339	0.339	0.482	0.135	0.062	0.081	0.105	0.113
3 - Ethytoluene	31.349	1.975	4.320	5.184	7.653	0.245	0.437	0.619	0.704	0.384
1,3,5 - Trimethylbenzene	31.656	1.459	2.155	2.628	4.232	0.162	0.209	0.293	0.401	0.227
2- Ethyltoluene	32.077	4.694	4.333	4.453	5.838	0.720	0.645	0.593	0.790	0.790
1,2,4 - Trimethylbenzene	32.661	3.599	7.328	9.127	12.984	0.433	0.811	1.166	1.333	0.755
1,4 - Dichlorobenzene	33.5	0.637	0.614	1.364	2.070	0.629	0.629	1.238	1.592	1.769
1,2,3 - Trimethylbenzene	33.742	1.262	1.685	2.122	2.918	0.206	0.355	0.344	0.470	0.344
Limonene	33.85	0.767	1.879	1.233	2.620	0.390	0.803	1.013	1.558	1.260
n-Undecane	35.891	4.653	6.548	5.843	5.359	1.087	1.611	1.444	1.429	1.757
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	36.958	0.356	0.462	0.439	0.616	0.250	0.248	0.270	0.349	0.389
Decanal	41.99	1.150	1.150	0.878	0.878	4.090	6.283	1.653	3.189	9.737
Tridecane	44.811	0.930	0.486	1.346	1.529	2.488	1.849	3.133	4.128	2.589
Tetradecane	47.39	1.250	1.341	1.450	1.533	0.571	0.613	0.646	0.702	0.596
Pentadecane	50.27	1.003	2.186	1.277	1.459	0.708	1.734	1.095	1.292	1.135

ภาคผนวก ช

ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) จากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้งหมด 11 พื้นที่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช-1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาการทางพิเศษ (ด่วนดาวคะนอง) บุคคลที่ 1

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	840.98	581.70	771.10	478.12	533.29	410.11	431.04	578.05
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	337.68	270.27	338.00	110.14	122.79	147.48	111.40	205.40
Benzene	302.48	296.84	347.28	172.21	137.72	117.69	122.17	213.77
Isooctane	17.31	15.84	17.71	11.98	16.12	9.67	10.95	14.23
Trichloroethene	239.25	253.00	249.76	240.87	995.01	238.45	295.03	358.77
Toluene	249.75	289.73	272.04	265.75	202.05	140.96	157.95	225.46
n-Octane	9.97	8.90	7.68	6.71	5.45	4.69	4.06	6.78
Tetrachloroethene	6.65	5.83	5.65	5.34	5.59	3.97	3.57	5.23
Ethybenzene	9.89	10.46	9.69	8.02	6.29	3.46	5.78	7.66
m.p-Xylene	20.91	21.63	18.83	15.65	11.09	7.91	11.91	15.42
Styrene/o-Xylene	4.84	5.14	4.38	4.13	3.50	2.35	3.26	3.94
Alpha-pinene	0.39	0.36	0.29	0.30	0.32	nd	0.34	0.28
3 - Ethytoluene	6.52	7.76	5.72	6.29	5.43	4.45	6.07	6.03
1,3,5 - Trimethylbenzene	3.29	3.98	6.94	0.81	2.72	2.17	3.03	3.28
2- Ethyltoluene	1.50	1.88	1.70	1.69	1.38	1.25	1.28	1.53
1,2,4 - Trimethylbenzene	8.46	10.99	7.31	8.05	7.09	5.74	8.49	8.02
1,4 - Dichlorobenzene	1.51	1.57	1.12	1.12	1.69	0.74	1.60	1.33
1,2,3 - Trimethylbenzene	1.80	2.59	1.33	2.09	2.25	1.31	2.35	1.96
Limonene	1.63	1.65	1.21	1.19	1.71	0.80	1.60	1.40
n-Undecane	3.09	3.20	2.59	2.62	3.20	2.80	3.15	2.95
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.43	0.46	0.39	0.66	0.48	0.98	0.43	0.55
Decanal	2.10	3.72	3.51	2.98	1.66	1.17	1.96	2.44
Tridecane	1.34	2.48	2.25	1.93	1.15	3.09	1.26	1.93
Tetradecane	1.12	1.76	1.73	1.55	1.07	1.64	1.21	1.44
Pentadecane	1.43	1.94	0.78	1.84	1.69	1.79	1.65	1.59

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาการทางพิเศษ (ด่วนดาวคะนอง) บุคคลที่ 2

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	424.54	655.34	950.90	536.08	718.72	69.84	361.70	531.02
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	181.09	nd	25.87
Chloroform	130.39	257.93	357.94	130.71	228.82	nd	139.57	177.91
Benzene	167.54	296.73	425.47	161.18	218.60	18.49	123.89	201.70
Isooctane	11.15	16.29	22.20	14.16	17.80	2.78	8.28	13.24
Trichloroethene	312.81	299.88	346.76	410.61	530.24	nd	146.30	292.37
Toluene	159.92	276.75	339.36	310.13	241.21	57.47	119.92	214.97
n-Octane	4.19	8.05	8.67	4.52	10.13	2.48	4.37	6.06
Tetrachloroethene	3.69	6.96	5.92	4.21	8.49	2.53	3.27	5.01
Ethybenzene	5.13	9.37	11.61	6.70	8.88	1.82	4.48	6.86
m.p-Xylene	8.21	18.70	23.71	12.37	18.09	4.00	8.90	13.43
Styrene/o-Xylene	2.52	4.53	5.15	3.34	5.96	1.47	2.43	3.63
Alpha-pinene	0.31	0.34	0.34	0.32	0.37	0.34	nd	0.29
3 - Ethytoluene	5.23	7.53	6.72	6.01	7.27	2.44	3.83	5.58
1,3,5 - Trimethylbenzene	2.67	3.95	0.84	3.30	3.60	nd	2.09	2.35
2- Ethyltoluene	1.27	1.74	1.85	1.66	1.68	0.64	0.88	1.39
1,2,4 - Trimethylbenzene	7.26	10.47	8.79	8.74	8.84	3.62	5.12	7.55
1,4 - Dichlorobenzene	1.39	1.77	1.69	1.69	1.74	0.43	0.66	1.34
1,2,3 - Trimethylbenzene	2.38	3.18	1.98	2.38	2.30	5.34	1.39	2.71
Limonene	1.35	1.68	1.70	1.75	1.88	0.72	0.67	1.39
n-Undecane	2.77	3.52	3.39	3.67	3.66	3.97	2.33	3.33
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.73	0.51	0.89	0.48	0.46	0.54	0.51	0.59
Decanal	3.34	3.64	3.01	1.74	2.44	2.97	1.02	2.59
Tridecane	2.03	2.59	2.14	1.65	1.59	2.25	2.51	2.11
Tetradecane	1.61	1.83	1.74	1.70	1.27	1.96	1.42	1.65
Pentadecane	1.90	1.96	2.01	1.97	1.77	2.39	1.52	1.93

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาบางขุนเทียน บุคคลที่ 1

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	**276.45**	440.38	108.15	242.60	320.38	537.11	405.57	332.95
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	**85.59**	85.25	282.24	71.66	96.46	137.89	187.14	135.18
Benzene	**88.61**	165.05	46.03	122.49	114.51	208.70	210.63	136.57
Isooctane	**7.45**	12.72	4.57	4.61	9.06	15.97	11.32	9.39
Trichloroethene	**92.57**	182.41	49.85	81.07	121.60	256.90	82.17	123.80
Toluene	**111.41**	139.37	74.17	140.82	149.80	202.99	194.77	144.76
n-Octane	**7.79**	13.14	7.21	16.67	13.00	8.78	14.09	11.53
Tetrachloroethene	**6.68**	11.47	6.53	13.93	11.47	7.72	9.91	9.67
Ethybenzene	**5.31**	7.66	6.79	10.17	6.30	10.71	13.45	8.63
m.p-Xylene	**11.28**	15.97	12.03	22.58	13.44	20.12	30.46	17.98
Styrene/o-Xylene	**4.13**	5.97	5.43	8.85	5.42	5.82	8.26	6.27
Alpha-pinene	nd	nd	nd	0.35	nd	0.54	nd	0.13
3 - Ethytoluene	**6.51**	7.57	6.67	11.40	7.85	7.67	10.05	8.25
1,3,5 - Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2- Ethyltoluene	**1.51**	1.47	1.40	2.17	1.69	1.67	2.08	1.71
1,2,4 - Trimethylbenzene	**8.39**	8.14	8.43	11.97	9.03	9.09	12.33	9.62
1,4 - Dichlorobenzene	**0.93**	1.36	1.01	1.01	0.83	1.25	1.05	1.06
1,2,3 - Trimethylbenzene	**1.66**	1.79	1.86	2.62	1.82	1.85	2.18	1.97
Limonene	**1.35**	1.26	1.48	1.67	1.27	1.77	nd	1.26
n-Undecane	**3.46**	3.28	3.40	5.26	3.38	4.82	3.78	3.91
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	**0.84**	0.63	0.74	0.95	0.63	nd	0.82	0.66
Decanal	**0.41**	0.38	0.35	0.56	0.32	0.61	0.53	0.45
Tridecane	**1.67**	3.10	1.43	2.77	3.00	3.76	2.29	2.57
Tetradecane	**0.97**	1.52	0.35	1.45	0.57	0.64	1.15	0.95
Pentadecane	**0.97**	2.15	1.22	1.64	1.82	1.97	1.36	1.59

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาบางขุนเทียน บุคคลที่ 2

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)						
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	748.37	262.90	492.73	704.27	444.98	273.33	418.08
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	288.01	59.78	151.48	211.93	158.27	nd	124.21
Benzene	293.27	92.93	213.46	301.33	188.17	108.70	171.12
Isooctane	17.64	6.87	13.05	18.21	11.49	9.88	11.02
Trichloroethene	204.32	100.79	140.23	231.16	124.34	159.40	137.18
Toluene	265.62	91.43	203.77	239.32	176.62	110.54	155.33
n-Octane	11.11	5.86	9.94	10.97	8.09	10.44	8.06
Tetrachloroethene	8.34	5.29	7.75	8.13	6.51	9.64	6.52
Ethybenzene	10.99	4.82	13.11	12.07	8.67	7.71	8.20
m.p-Xylene	23.47	9.95	25.29	22.95	17.79	14.80	16.32
Styrene/o-Xylene	6.19	3.52	7.84	6.10	5.14	5.82	4.95
Alpha-pinene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3 - Ethytoluene	11.54	4.50	9.67	8.00	6.66	7.77	6.88
1,3,5 - Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2- Ethyltoluene	2.69	1.08	1.92	1.68	1.42	1.61	1.49
1,2,4 - Trimethylbenzene	15.41	5.61	12.39	9.48	8.28	8.54	8.53
1,4 - Dichlorobenzene	1.06	0.92	1.28	1.22	1.12	1.07	0.95
1,2,3 - Trimethylbenzene	2.58	1.35	2.21	1.76	1.85	2.02	1.68
Limonene	1.51	1.31	1.94	1.85	1.66	1.61	1.41
n-Undecane	3.85	2.81	4.92	4.83	3.86	4.22	3.50
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	nd	0.56	1.28	1.14	0.92	0.82	0.67
Decanal	0.31	0.26	0.60	0.52	0.53	0.54	0.39
Tridecane	1.96	1.65	3.04	1.83	2.23	3.91	2.09
Tetradecane	1.12	1.21	1.38	1.25	1.28	1.54	1.11
Pentadecane	1.17	1.30	1.67	1.28	1.38	2.46	1.32

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาสวัสดิการ ร.1 รอ. บุคคลที่ 1

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	**644.24**	1394.89	1191.64	677.98	958.16	463.08	582.92	844.70
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	**181.98**	429.15	424.40	185.14	271.86	148.75	138.62	254.27
Benzene	**209.22**	436.14	564.61	315.28	308.75	197.48	157.61	312.73
Isooctane	**15.17**	33.73	40.30	24.07	23.82	15.45	12.57	23.58
Trichloroethene	**328.98**	853.56	932.77	573.08	555.30	353.22	306.34	557.61
Toluene	**214.17**	497.37	515.32	304.41	329.25	205.99	185.60	321.73
n-Octane	**5.37**	10.66	13.67	11.57	8.76	7.55	4.69	8.90
Tetrachloroethene	**4.21**	9.25	12.64	10.74	7.20	6.68	4.24	7.85
Ethybenzene	**7.94**	17.73	23.98	14.47	11.03	9.52	7.44	13.16
m.p-Xylene	**15.76**	34.09	43.46	27.48	22.24	17.57	14.75	25.05
Styrene/o-Xylene	**3.79**	8.23	10.81	7.65	5.44	5.08	4.11	6.44
Alpha-pinene	**0.43**	0.42	0.50	0.40	0.39	0.37	0.41	0.42
3 - Ethytoluene	**6.56**	16.12	14.09	11.30	8.32	7.44	7.66	10.21
1,3,5 - Trimethylbenzene	**3.09**	7.16	6.18	4.92	3.99	3.51	3.46	4.62
2- Ethyltoluene	**1.47**	3.50	2.94	2.28	1.83	1.57	1.59	2.17
1,2,4 - Trimethylbenzene	**9.19**	22.31	17.28	13.73	10.76	8.99	10.98	13.32
1,4 - Dichlorobenzene	**1.82**	1.61	1.60	1.58	1.04	0.56	1.69	1.42
1,2,3 - Trimethylbenzene	**2.73**	4.29	3.67	3.33	2.53	2.01	3.06	3.09
Limonene	**1.77**	1.72	1.69	1.76	1.11	0.22	1.70	1.42
n-Undecane	**3.49**	3.50	3.54	4.17	2.60	2.99	3.70	3.43
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	**0.47**	0.49	0.47	0.57	0.30	0.39	0.52	0.46
Decanal	**3.80**	3.29	2.99	2.11	0.95	1.06	1.65	2.26
Tridecane	**2.22**	2.25	2.52	1.69	2.40	3.40	1.50	2.28
Tetradecane	**1.47**	1.66	2.12	1.56	1.19	2.24	1.49	1.68
Pentadecane	**1.71**	1.66	1.74	1.64	1.26	2.00	1.50	1.65

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาสวัสดิการ ร.1 รอ. บุคคลที่ 2

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	1121.27	677.95	407.32	692.40	505.68	367.34	1462.41	747.77
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	406.68	267.43	129.12	180.08	144.63	92.73	302.24	217.56
Benzene	370.18	266.69	156.05	240.87	211.71	127.34	405.62	254.07
Isooctane	27.92	17.87	10.99	17.40	16.20	7.30	30.80	18.35
Trichloroethene	662.80	339.48	207.73	371.81	389.60	192.37	784.04	421.12
Toluene	399.31	279.67	170.67	244.62	226.96	135.60	380.72	262.51
n-Octane	9.78	7.64	5.04	7.23	5.79	3.84	13.27	7.51
Tetrachloroethene	7.94	6.41	3.63	5.83	5.07	2.81	12.30	6.28
Ethybenzene	13.16	10.04	8.28	10.86	9.85	5.17	14.70	10.29
m.p-Xylene	25.54	20.66	16.60	21.63	18.76	10.39	28.41	20.29
Styrene/o-Xylene	6.32	4.86	3.96	5.16	4.77	2.65	8.03	5.11
Alpha-pinene	0.41	0.55	0.42	0.38	0.42	0.33	0.40	0.42
3 - Ethytoluene	10.02	7.70	6.02	8.12	7.44	4.31	11.76	7.91
1,3,5 - Trimethylbenzene	4.32	3.74	3.01	3.73	3.56	2.00	4.87	3.60
2- Ethyltoluene	2.02	1.74	1.35	1.67	1.58	0.97	2.23	1.65
1,2,4 - Trimethylbenzene	12.97	11.90	8.67	10.42	10.15	5.88	13.81	10.54
1,4 - Dichlorobenzene	0.69	1.75	1.61	0.91	1.72	0.74	0.90	1.19
1,2,3 - Trimethylbenzene	2.57	3.17	2.28	2.59	2.71	1.69	3.91	2.70
Limonene	0.69	1.83	1.59	1.00	1.75	0.66	0.37	1.13
n-Undecane	2.84	4.16	3.16	3.10	4.05	2.67	3.02	3.29
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.74	1.01	0.81	0.42	0.53	0.29	0.31	0.59
Decanal	1.13	1.85	2.10	2.53	1.63	0.92	1.11	1.61
Tridecane	3.44	1.53	1.35	2.17	1.56	2.11	2.66	2.11
Tetradecane	1.91	1.51	1.10	2.16	1.63	1.42	1.44	1.60
Pentadecane	2.71	1.78	1.44	1.93	1.58	1.64	1.47	1.79

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-7 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาสนาม เป้า บุคคลที่ 1

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	**331.00**	271.89	176.15	416.88	462.53	213.80	425.82	328.30
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	**132.46**	134.50	51.62	177.97	173.55	90.68	200.73	137.36
Benzene	**141.06**	137.59	97.74	186.31	189.72	100.42	208.32	151.59
Isooctane	**8.67**	8.26	5.98	11.19	15.22	6.46	12.88	9.81
Trichloroethene	**82.71**	99.15	51.49	163.24	273.34	72.85	153.92	128.10
Toluene	**143.23**	175.82	120.17	213.37	283.78	133.47	201.28	181.59
n-Octane	**7.31**	5.96	4.84	7.20	7.29	4.04	6.48	6.16
Tetrachloroethene	**5.12**	4.41	3.16	5.56	6.45	2.28	4.17	4.45
Ethybenzene	**6.77**	9.10	8.13	10.87	10.55	5.04	10.41	8.70
m.p-Xylene	**15.19**	18.57	17.34	21.96	22.94	11.99	23.37	18.77
Styrene/o-Xylene	**4.26**	4.55	4.44	5.39	5.95	2.85	5.27	4.67
Alpha-pinene	**0.29**	0.30	nd	0.41	0.48	nd	0.28	0.25
3 - Ethytoluene	**6.68**	8.70	6.51	9.17	12.68	6.22	8.41	8.34
1,3,5 - Trimethylbenzene	**3.37**	4.18	1.12	4.40	6.27	3.00	4.20	3.79
2- Ethyltoluene	**1.48**	1.94	1.25	1.90	2.71	1.26	1.70	1.75
1,2,4 - Trimethylbenzene	**8.76**	12.84	8.90	12.46	18.44	9.19	11.97	11.80
1,4 - Dichlorobenzene	**0.59**	0.71	0.74	0.65	1.36	0.93	0.64	0.80
1,2,3 - Trimethylbenzene	**2.34**	3.06	2.40	3.48	3.87	2.49	2.76	2.91
Limonene	**0.00**	0.70	0.63	0.51	1.63	0.83	0.59	0.70
n-Undecane	**2.23**	2.83	3.03	2.08	4.36	3.54	2.54	2.94
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	**0.53**	0.32	0.39	0.49	2.10	0.89	0.35	0.73
Decanal	**1.59**	1.23	1.00	1.44	0.80	0.98	1.00	1.15
Tridecane	**3.03**	2.91	2.90	2.61	1.87	2.29	2.34	2.56
Tetradecane	**1.78**	1.62	1.14	1.34	1.19	1.46	1.50	1.43
Pentadecane	**1.71**	2.93	1.44	1.49	1.60	1.91	1.78	1.84

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-8 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาสนาม เป้า บุคคลที่ 2

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	352.76	303.56	238.10	261.71	366.76	187.51	117.88	261.18
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	150.80	134.16	97.14	101.21	111.06	61.47	40.08	99.42
Benzene	159.71	143.20	129.33	120.23	157.20	89.39	75.19	124.89
Isooctane	9.90	8.74	6.96	8.07	11.21	5.60	3.85	7.76
Trichloroethene	116.67	94.76	51.49	115.58	192.27	56.97	42.73	95.78
Toluene	174.64	174.25	135.65	142.78	207.43	99.88	70.28	143.56
n-Octane	6.53	5.61	4.64	4.34	5.11	3.69	2.33	4.61
Tetrachloroethene	4.35	3.61	2.48	3.10	4.44	1.95	1.63	3.08
Ethybenzene	8.00	8.37	10.15	7.18	9.04	4.56	3.59	7.27
m.p-Xylene	18.29	17.04	18.53	15.33	18.84	10.39	8.35	15.25
Styrene/o-Xylene	4.59	4.08	4.70	3.83	4.60	2.58	2.15	3.79
Alpha-pinene	0.36	0.28	0.30	nd	0.37	nd	nd	0.19
3 - Ethytoluene	7.68	8.20	6.42	7.19	10.22	4.75	4.26	6.96
1,3,5 - Trimethylbenzene	3.90	4.31	1.35	3.57	4.93	2.56	2.23	3.26
2- Ethyltoluene	1.69	1.69	1.51	1.64	2.23	1.06	0.92	1.53
1,2,4 - Trimethylbenzene	10.93	12.55	9.79	10.18	14.90	6.92	6.50	10.25
1,4 - Dichlorobenzene	0.70	0.87	0.31	0.60	0.84	0.67	0.55	0.65
1,2,3 - Trimethylbenzene	2.78	3.20	1.97	2.52	3.50	2.32	1.82	2.59
Limonene	1.07	0.73	0.78	0.55	0.78	0.56	0.67	0.73
n-Undecane	2.58	3.51	3.38	2.70	3.25	2.56	2.65	2.95
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.59	0.71	0.44	0.81	1.52	0.35	0.49	0.70
Decanal	1.31	1.01	1.08	0.89	1.03	0.97	1.05	1.05
Tridecane	3.71	2.63	3.24	2.49	2.67	2.38	2.35	2.78
Tetradecane	2.13	1.44	nd	1.34	1.86	1.38	1.65	1.40
Pentadecane	2.04	1.69	2.00	1.69	1.87	1.49	1.90	1.81

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-9 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาการท่าอากาศยาน 2 บุคคลที่ 1

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	**919.20**	853.37	58.88	559.91	437.99	1632.61	81.28	649.03
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	**309.75**	280.54	nd	122.61	125.67	209.90	nd	149.78
Benzene	**523.83**	410.93	16.28	299.42	247.64	708.21	30.50	319.54
Isooctane	**31.21**	28.94	2.62	21.50	15.43	44.10	3.70	21.07
Trichloroethene	**867.67**	520.38	nd	426.71	255.26	826.04	31.77	418.26
Toluene	**488.85**	329.88	29.43	239.71	176.13	510.37	36.07	258.63
n-Octane	**8.11**	17.88	5.36	10.62	8.54	19.68	10.55	11.53
Tetrachloroethene	**1.89**	14.05	4.14	7.98	6.21	9.20	7.21	7.24
Ethybenzene	**12.67**	13.27	2.17	8.50	6.33	15.10	3.41	8.78
m.p-Xylene	**21.40**	22.18	3.90	14.66	11.94	27.82	6.00	15.41
Styrene/o-Xylene	**5.97**	9.53	3.05	5.64	4.42	6.86	5.40	5.84
Alpha-pinene	nd	0.33	nd	nd	nd	nd	nd	0.05
3 - Ethytoluene	**14.86**	14.73	4.10	12.10	8.22	17.92	5.74	11.10
1,3,5 - Trimethylbenzene	**3.09**	3.05	nd	nd	1.63	4.40	0.67	1.83
2- Ethyltoluene	**3.65**	3.17	0.72	2.46	1.68	4.35	1.11	2.45
1,2,4 - Trimethylbenzene	**19.89**	17.15	4.25	15.11	9.95	23.47	5.60	13.63
1,4 - Dichlorobenzene	**0.82**	0.39	0.50	0.55	0.52	0.24	0.48	0.50
1,2,3 - Trimethylbenzene	**3.19**	3.41	2.05	3.88	2.67	2.49	2.31	2.86
Limonene	**1.06**	0.53	0.45	0.51	0.54	1.16	0.51	0.68
n-Undecane	**2.32**	2.58	2.55	2.35	2.48	2.57	2.74	2.51
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	**0.71**	0.27	nd	nd	nd	0.45	0.67	0.30
Decanal	**0.27**	0.93	0.92	0.83	0.89	0.24	0.74	0.69
Tridecane	**2.37**	2.55	2.56	2.26	2.36	2.17	1.88	2.31
Tetradecane	**1.16**	1.49	1.52	1.22	1.32	1.38	0.97	1.29
Pentadecane	**1.33**	1.29	1.29	1.31	1.17	0.96	1.17	1.22

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-10 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาการท่าอากาศยาน 2 บุคคลที่ 2

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	605.19	302.64	767.25	1280.68	667.72	931.57	50.74	657.97
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	162.01	75.40	134.84	219.75	132.12	322.32	nd	149.49
Benzene	317.67	130.11	275.58	583.20	390.94	578.57	16.99	327.58
Isooctane	22.37	10.18	19.13	35.28	26.01	37.04	2.59	21.80
Trichloroethene	426.16	176.93	354.95	605.28	502.85	656.77	27.39	392.91
Toluene	269.44	115.97	211.31	409.39	286.60	410.42	31.48	247.80
n-Octane	6.97	5.69	7.05	17.87	8.68	14.92	5.38	9.51
Tetrachloroethene	5.65	4.35	5.68	9.91	6.45	10.64	4.29	6.71
Ethybenzene	9.73	5.72	7.53	14.23	9.64	13.15	1.86	8.84
m.p-Xylene	15.32	8.00	12.78	25.75	15.59	22.55	3.65	14.81
Styrene/o-Xylene	5.09	3.91	4.55	7.01	4.72	7.30	2.76	5.05
Alpha-pinene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
3 - Ethytoluene	10.26	5.86	7.99	16.60	10.79	12.40	3.82	9.67
1,3,5 - Trimethylbenzene	1.57	0.93	nd	3.98	2.21	2.99	1.78	1.92
2- Ethyltoluene	2.64	1.19	1.56	5.21	3.83	4.08	0.84	2.76
1,2,4 - Trimethylbenzene	13.64	7.73	9.74	21.07	13.15	14.18	4.38	11.98
1,4 - Dichlorobenzene	0.87	0.57	0.60	0.55	0.52	0.62	0.57	0.61
1,2,3 - Trimethylbenzene	2.40	2.49	2.89	4.21	3.22	3.52	1.64	2.91
Limonene	1.15	0.52	0.55	0.63	0.50	0.55	0.62	0.65
n-Undecane	2.53	1.96	2.26	2.10	2.45	2.53	3.00	2.41
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.64	0.54	nd	nd	nd	0.35	0.79	0.33
Decanal	0.29	1.15	0.96	0.97	0.79	0.87	1.08	0.87
Tridecane	2.75	2.17	2.55	2.75	2.03	2.00	2.94	2.45
Tetradecane	1.19	1.32	1.42	1.51	1.11	1.36	2.03	1.42
Pentadecane	1.24	1.51	1.61	1.39	1.38	1.40	1.63	1.45

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-11 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาพหลโยธิน บุคคลที่ 1

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	307.43	153.94	604.89	719.09	437.22	789.85	176.89	455.62
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	60.12	58.76	169.14	282.58	127.70	293.11	42.79	147.74
Benzene	94.58	85.27	233.51	327.03	222.07	380.57	104.75	206.83
Isooctane	5.86	4.75	14.38	24.13	13.72	22.24	6.35	13.06
Trichloroethene	100.24	55.87	223.49	419.59	234.99	360.98	104.62	214.26
Toluene	81.14	69.08	173.45	296.08	180.60	307.44	82.82	170.09
n-Octane	1.71	2.79	4.56	9.50	4.40	6.48	1.77	4.46
Tetrachloroethene	1.71	1.77	3.90	8.34	3.90	5.00	1.71	3.76
Ethybenzene	3.73	2.57	6.71	11.99	8.54	11.45	3.43	6.92
m.p-Xylene	5.95	6.30	14.26	23.27	15.25	20.93	6.80	13.25
Styrene/o-Xylene	1.70	1.85	3.51	6.52	4.17	5.27	1.92	3.56
Alpha-pinene	nd	0.46	0.46	0.53	nd	0.37	0.46	0.33
3 - Ethytoluene	4.10	2.53	5.67	10.72	6.75	8.09	3.66	5.93
1,3,5 - Trimethylbenzene	nd	nd	2.62	4.88	3.52	69.60	0.67	11.61
2- Ethyltoluene	0.94	0.60	0.77	1.88	1.65	1.59	0.96	1.20
1,2,4 - Trimethylbenzene	5.52	5.02	7.12	13.20	8.87	10.34	6.40	8.07
1,4 - Dichlorobenzene	0.47	0.41	1.12	1.03	0.47	0.74	0.45	0.67
1,2,3 - Trimethylbenzene	1.75	1.87	2.01	2.92	2.16	2.87	2.03	2.23
Limonene	0.23	1.30	1.27	1.36	0.45	0.25	1.37	0.89
n-Undecane	2.04	3.80	4.10	4.02	2.07	2.55	2.89	3.07
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.26	nd	1.07	0.83	1.12	0.78	0.33	0.63
Decanal	0.88	0.70	0.95	0.85	0.88	1.11	1.08	0.92
Tridecane	2.52	1.81	2.77	2.05	2.12	2.65	2.32	2.32
Tetradecane	1.21	1.72	2.14	1.81	1.31	1.40	1.40	1.57
Pentadecane	1.73	2.45	2.13	2.23	1.50	1.60	1.93	1.94

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-12 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาพหลโยธิน บุคคลที่ 2

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	480.05	490.47	97.51	84.86	71.01	199.13	468.84	270.27
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	175.93	203.44	34.98	nd	588.93	nd	177.63	168.70
Benzene	227.20	248.81	69.70	77.45	71.53	106.38	234.27	147.91
Isooctane	15.35	14.76	4.59	4.81	3.76	9.74	15.42	9.77
Trichloroethene	252.52	nd	62.45	nd	52.59	124.89	254.16	106.66
Toluene	187.88	203.92	43.67	61.07	50.35	92.46	187.09	118.06
n-Octane	7.19	7.68	2.01	2.72	1.47	2.14	7.89	4.44
Tetrachloroethene	6.24	6.45	nd	nd	nd	nd	7.81	2.93
Ethybenzene	6.86	7.77	2.26	2.52	3.06	3.38	6.73	4.65
m.p-Xylene	14.03	16.97	5.39	6.02	4.71	6.89	14.52	9.79
Styrene/o-Xylene	4.23	4.99	1.61	1.96	1.51	2.14	4.65	3.01
Alpha-pinene	0.38	0.59	0.56	1.02	nd	0.50	0.97	0.57
3 - Ethytoluene	5.42	8.63	1.74	3.97	2.55	3.45	6.34	4.58
1,3,5 - Trimethylbenzene	1.30	1.26	1.47	nd	78.60	67.45	44.34	27.78
2- Ethyltoluene	1.13	1.24	nd	1.04	1.38	0.63	nd	0.77
1,2,4 - Trimethylbenzene	8.12	9.22	3.77	4.08	3.63	4.65	8.78	6.04
1,4 - Dichlorobenzene	0.27	0.37	1.18	0.46	0.63	0.36	1.66	0.71
1,2,3 - Trimethylbenzene	2.40	2.61	1.68	nd	1.29	1.96	2.91	1.84
Limonene	1.14	1.35	1.20	1.54	0.56	1.29	1.25	1.19
n-Undecane	3.61	4.19	4.17	4.21	1.91	3.90	4.78	3.82
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.20	0.33	1.18	0.53	0.26	0.26	0.51	0.47
Decanal	0.73	0.79	0.85	0.82	1.10	0.76	0.86	0.84
Tridecane	2.65	2.54	2.75	2.64	3.33	2.37	2.88	2.74
Tetradecane	2.12	2.28	2.30	2.09	1.94	1.91	2.02	2.09
Pentadecane	0.91	2.30	2.49	2.27	2.05	2.27	2.51	2.12

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-13 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาองค์การโทรศัพท์ หลักสี่ บุคคลที่ 1

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)					
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	333.15	911.72	983.90	1141.84	1174.55	909.03
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	79.21	307.71	234.81	255.84	409.69	257.45
Benzene	97.85	258.06	297.29	340.65	350.36	268.84
Isooctane	9.19	22.49	28.82	30.43	31.11	24.41
Trichloroethene	177.91	483.36	668.47	719.49	666.51	543.15
Toluene	122.11	326.33	333.89	390.09	450.09	324.50
n-Octane	4.01	4.30	7.16	6.04	7.87	5.88
Tetrachloroethene	4.47	4.82	7.42	6.11	7.42	6.05
Ethybenzene	4.39	7.13	11.90	13.40	13.48	10.06
m.p-Xylene	7.79	13.13	20.05	21.93	26.61	17.90
Styrene/o-Xylene	2.49	3.10	6.93	5.40	6.22	4.83
Alpha-pinene	0.36	0.35	0.38	0.45	0.37	0.38
3 - Ethytoluene	4.58	3.46	8.52	9.41	11.51	7.50
1,3,5 - Trimethylbenzene	2.09	3.25	3.94	3.61	5.38	3.65
2- Ethyltoluene	0.89	1.46	1.96	2.00	2.41	1.74
1,2,4 - Trimethylbenzene	6.37	10.02	10.76	12.40	16.14	11.14
1,4 - Dichlorobenzene	0.68	0.64	0.88	0.87	0.71	0.76
1,2,3 - Trimethylbenzene	2.28	2.47	1.61	2.61	3.40	2.47
Limonene	0.29	0.21	0.39	0.38	0.25	0.30
n-Undecane	2.60	2.22	3.16	3.80	2.89	2.93
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.30	0.27	0.30	0.42	0.29	0.32
Decanal	1.33	0.94	0.34	1.06	1.15	0.96
Tridecane	3.33	2.45	2.94	3.06	2.85	2.93
Tetradecane	1.89	1.31	1.23	1.58	1.56	1.51
Pentadecane	2.78	1.60	1.62	1.49	1.42	1.78

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-14 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาองค์การโทรศัพท์ หลักสี่ บุคคลที่ 2

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)					
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	3127.50	1518.64	1573.75	1770.94	2853.78	2168.92
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	940.65	487.15	370.44	408.29	815.18	604.34
Benzene	758.22	379.66	521.24	521.21	914.02	618.87
Isooctane	73.61	39.17	44.81	46.29	79.27	56.63
Trichloroethene	1733.31	1009.24	1064.84	1131.56	1858.89	1359.57
Toluene	1009.07	561.84	549.69	588.13	1024.34	746.61
n-Octane	11.22	5.92	9.62	8.11	14.06	9.78
Tetrachloroethene	13.17	6.88	9.25	8.51	14.81	10.53
Ethybenzene	24.05	9.38	18.93	16.92	31.80	20.22
m.p-Xylene	42.17	17.15	33.57	29.51	58.39	36.16
Styrene/o-Xylene	9.69	4.31	9.94	6.84	12.64	8.68
Alpha-pinene	0.37	0.44	0.45	0.30	0.52	0.42
3 - Ethytoluene	22.89	10.97	14.15	12.84	20.11	16.19
1,3,5 - Trimethylbenzene	10.26	5.14	6.09	5.83	8.75	7.21
2- Ethyltoluene	5.49	2.33	3.14	2.88	4.44	3.65
1,2,4 - Trimethylbenzene	30.64	15.03	18.09	16.96	27.22	21.59
1,4 - Dichlorobenzene	0.54	1.09	0.88	0.76	0.60	0.77
1,2,3 - Trimethylbenzene	4.57	2.45	2.56	2.36	3.85	3.16
Limonene	0.22	0.56	0.40	0.34	0.25	0.35
n-Undecane	2.15	3.09	3.92	2.92	3.01	3.02
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.30	0.39	0.78	0.32	0.70	0.50
Decanal	1.18	0.70	0.29	0.40	1.21	0.76
Tridecane	2.86	1.46	1.74	3.18	3.15	2.48
Tetradecane	1.50	0.80	0.94	1.23	1.77	1.25
Pentadecane	2.67	1.22	1.05	1.67	1.61	1.64

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-15 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาพัฒนาการ บุคคลที่ 1

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	659.66	352.00	270.82	655.40	1441.12	323.12	514.40	602.36
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	312.97	90.42	65.89	145.44	712.85	100.23	168.22	228.00
Benzene	276.42	108.25	135.43	205.18	673.62	122.23	164.73	240.84
Isooctane	16.93	9.02	8.46	18.70	37.38	10.63	14.36	16.50
Trichloroethene	219.12	208.65	145.21	396.37	419.92	235.47	278.64	271.91
Toluene	265.06	133.57	120.16	253.37	577.71	181.97	194.90	246.68
n-Octane	7.65	5.71	4.55	8.39	15.96	6.12	12.96	8.76
Tetrachloroethene	5.43	5.08	4.18	9.61	10.80	6.46	11.86	7.63
Ethybenzene	9.48	3.47	6.02	11.44	24.87	5.77	6.91	9.71
m.p-Xylene	23.57	6.93	9.98	19.37	51.34	11.41	14.46	19.58
Styrene/o-Xylene	5.43	2.76	3.08	7.92	10.36	4.06	5.79	5.63
Alpha-pinene	0.60	0.33	0.30	0.60	0.37	0.38	0.35	0.42
3 - Ethytoluene	8.78	5.00	4.71	9.63	14.17	8.43	8.98	8.53
1,3,5 - Trimethylbenzene	4.14	2.39	2.39	4.08	7.46	3.61	3.37	3.92
2- Ethyltoluene	1.19	1.16	0.98	1.69	2.71	1.64	1.80	1.60
1,2,4 - Trimethylbenzene	12.74	6.95	7.02	12.05	20.42	12.25	11.24	11.81
1,4 - Dichlorobenzene	1.45	1.56	1.35	1.41	2.05	1.90	1.37	1.58
1,2,3 - Trimethylbenzene	2.85	1.80	2.31	3.92	4.25	2.87	2.30	2.90
Limonene	1.54	1.76	1.35	1.37	2.04	2.06	1.63	1.68
n-Undecane	4.27	3.78	3.46	3.42	4.30	5.68	3.84	4.11
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.34	0.78	0.77	0.45	0.57	0.72	0.77	0.63
Decanal	0.77	3.05	4.60	3.19	1.98	1.34	1.55	2.36
Tridecane	2.26	2.17	2.66	1.73	1.53	1.62	1.30	1.90
Tetradecane	2.20	1.88	1.54	1.36	1.55	1.96	1.39	1.70
Pentadecane	2.49	1.67	1.76	1.57	2.25	2.09	1.55	1.91

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-16 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาพัฒนาการ บุคคลที่ 2

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	444.94	743.65	378.19	737.60	1596.66	580.54	938.86	774.35
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	164.72	342.40	93.57	217.64	793.45	228.15	400.58	320.07
Benzene	131.72	304.86	141.05	252.40	764.43	224.54	369.15	312.59
Isooctane	12.59	16.86	11.74	21.56	39.27	15.45	20.90	19.77
Trichloroethene	265.56	139.97	227.62	455.24	377.40	234.81	223.70	274.90
Toluene	190.27	246.51	155.38	297.99	620.48	230.66	311.87	293.31
n-Octane	7.63	8.11	13.56	10.72	17.30	11.47	8.64	11.06
Tetrachloroethene	6.52	4.95	12.79	13.50	10.03	9.70	5.75	9.03
Ethybenzene	5.71	8.51	6.75	13.07	27.55	8.32	13.36	11.89
m.p-Xylene	11.87	21.94	14.23	22.80	57.02	17.79	27.53	24.74
Styrene/o-Xylene	4.15	4.84	6.61	9.01	11.43	5.87	5.69	6.80
Alpha-pinene	0.31	0.60	0.42	0.77	0.36	0.43	0.31	0.46
3 - Ethytoluene	8.04	6.85	9.24	11.05	13.56	8.47	8.01	9.32
1,3,5 - Trimethylbenzene	3.27	3.74	3.56	4.81	7.04	3.93	4.09	4.35
2- Ethyltoluene	1.66	1.03	1.56	1.95	2.77	1.80	1.88	1.81
1,2,4 - Trimethylbenzene	10.74	9.90	9.46	13.92	19.39	10.93	11.68	12.29
1,4 - Dichlorobenzene	1.28	1.59	1.41	1.30	1.82	1.63	1.44	1.50
1,2,3 - Trimethylbenzene	2.54	2.31	3.04	3.88	3.70	1.98	1.94	2.77
Limonene	1.44	1.65	1.68	1.35	1.85	1.86	1.60	1.63
n-Undecane	3.35	3.10	4.75	3.70	4.07	4.48	3.07	3.79
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.73	0.57	0.74	0.52	1.04	0.97	0.80	0.77
Decanal	3.19	0.61	3.59	4.47	2.01	3.03	3.57	2.92
Tridecane	2.15	2.50	2.06	2.45	1.63	2.15	2.20	2.16
Tetradecane	1.72	2.32	1.54	1.74	1.62	1.65	1.37	1.71
Pentadecane	1.72	2.18	1.62	1.82	2.00	1.84	1.34	1.79

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-17 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาสุขาภิบาล 3 บุคคลที่ 1

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	335.18	746.08	728.69	732.91	765.23	237.38	1165.06	672.93
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	91.47	231.66	241.47	217.99	277.22	nd	335.75	199.36
Benzene	111.54	236.02	330.64	223.46	291.34	52.91	357.36	229.04
Isooctane	8.96	20.58	19.84	15.73	17.98	5.05	27.65	16.54
Trichloroethene	145.86	411.42	144.55	230.89	211.92	73.91	526.53	249.30
Toluene	134.78	308.24	267.40	210.99	252.86	70.84	380.48	232.23
n-Octane	4.90	7.76	30.03	5.96	8.71	1.91	13.56	10.41
Tetrachloroethene	3.63	5.66	24.64	4.59	5.75	1.68	11.25	8.17
Ethybenzene	4.75	9.95	13.71	7.53	10.45	2.67	11.12	8.60
m.p-Xylene	10.57	19.98	32.28	15.16	20.79	4.49	23.83	18.16
Styrene/o-Xylene	2.80	5.05	11.33	3.54	4.88	1.35	6.78	5.10
Alpha-pinene	0.30	0.34	0.50	0.31	nd	nd	nd	0.21
3 - Ethytoluene	5.46	9.46	12.84	4.41	6.53	1.92	14.26	7.84
1,3,5 - Trimethylbenzene	2.65	4.22	4.91	2.61	3.39	nd	6.62	3.49
2- Ethyltoluene	1.13	2.08	2.19	1.07	1.61	0.67	nd	1.25
1,2,4 - Trimethylbenzene	7.97	12.97	12.57	5.97	8.83	2.90	19.60	10.12
1,4 - Dichlorobenzene	1.12	1.24	1.08	0.75	1.00	0.85	0.65	0.96
1,2,3 - Trimethylbenzene	1.24	2.01	2.05	0.73	1.36	0.58	2.85	1.55
Limonene	1.55	1.84	1.90	1.05	1.41	1.14	1.12	1.43
n-Undecane	4.36	4.86	5.39	2.18	3.35	3.04	3.22	3.77
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.59	0.56	0.74	0.40	0.73	0.72	0.33	0.58
Decanal	0.33	0.64	0.62	0.25	0.37	0.27	0.39	0.41
Tridecane	2.71	3.49	3.22	1.94	3.05	1.79	3.78	2.86
Tetradecane	1.12	1.48	1.12	0.84	1.13	0.67	1.56	1.13
Pentadecane	1.39	1.87	1.63	1.16	2.23	0.97	3.13	1.77

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-18 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาสุขาภิบาล 3 บุคคลที่ 2

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	381.01	550.48	348.33	645.16	1211.79	556.09	1695.65	769.79
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	142.64	183.29	68.69	185.05	398.83	195.21	541.47	245.03
Benzene	179.17	190.66	137.32	231.51	406.93	157.70	461.23	252.07
Isooctane	10.20	13.39	9.23	15.05	27.74	11.94	37.46	17.86
Trichloroethene	nd	203.42	118.39	198.19	471.59	192.30	777.70	280.23
Toluene	141.41	200.45	132.18	187.38	392.26	164.73	497.27	245.10
n-Octane	14.72	6.30	4.17	5.80	10.14	4.18	10.70	8.00
Tetrachloroethene	10.80	4.88	2.73	4.98	7.20	3.31	1.74	5.09
Ethybenzene	6.49	6.54	6.23	8.78	1.00	3.75	12.60	6.49
m.p-Xylene	17.71	14.93	12.79	16.52	7.05	9.49	25.27	14.82
Styrene/o-Xylene	6.03	3.80	3.16	3.87	16.32	2.45	6.13	5.96
Alpha-pinene	nd	0.30	nd	nd	12.33	0.57	0.50	1.96
3 - Ethytoluene	7.05	11.32	4.44	5.13	nd	2.68	10.27	5.84
1,3,5 - Trimethylbenzene	nd	5.84	2.14	2.74	nd	1.86	4.82	2.49
2- Ethyltoluene	1.38	2.65	1.15	1.21	2.71	nd	2.07	1.60
1,2,4 - Trimethylbenzene	7.68	18.21	6.11	6.80	3.76	5.28	13.69	8.79
1,4 - Dichlorobenzene	0.88	0.82	0.82	0.80	2.86	1.30	1.43	1.27
1,2,3 - Trimethylbenzene	1.39	2.61	1.00	1.07	2.13	1.72	2.89	1.83
Limonene	1.34	1.22	1.17	1.31	0.81	1.34	1.53	1.25
n-Undecane	3.56	2.50	3.03	2.33	1.50	4.23	3.23	2.91
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.64	0.55	0.48	0.43	1.12	0.96	0.73	0.70
Decanal	0.33	0.29	0.34	0.24	0.82	0.78	2.53	0.76
Tridecane	3.06	2.33	2.62	1.75	2.21	2.86	1.71	2.36
Tetradecane	1.23	1.17	1.17	1.23	1.14	2.21	1.42	1.36
Pentadecane	1.52	1.55	1.58	1.87	1.56	2.18	1.38	1.66

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-19 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาสวัสดิการสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (บางนาขาออก) บุคคลที่ 1

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	639.94	820.53	467.80	476.40	577.92	427.18	327.02	533.83
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	228.18	286.73	179.13	222.80	175.65	130.39	54.43	182.47
Benzene	216.51	230.17	235.55	243.22	188.10	177.33	84.08	196.42
Isooctane	15.38	22.17	21.04	19.88	15.15	11.56	8.37	16.22
Trichloroethene	281.29	704.83	628.85	518.92	349.18	182.67	203.69	409.92
Toluene	216.96	344.64	274.77	284.24	214.09	159.61	113.60	229.70
n-Octane	8.10	8.09	6.65	11.02	9.68	7.31	6.52	8.19
Tetrachloroethene	6.62	6.78	6.59	11.87	13.52	8.21	5.74	8.48
Ethybenzene	8.62	8.83	12.32	11.71	10.40	8.58	6.22	9.53
m.p-Xylene	17.36	16.66	20.38	21.51	19.21	16.33	10.21	17.38
Styrene/o-Xylene	4.96	4.98	5.88	6.76	6.08	4.66	4.11	5.35
Alpha-pinene	nd	nd	nd	nd	0.31	nd	nd	0.04
3 - Ethytoluene	5.92	10.36	6.61	8.23	7.15	4.83	4.97	6.87
1,3,5 - Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2- Ethyltoluene	1.57	2.20	1.10	1.84	1.46	1.23	1.39	1.54
1,2,4 - Trimethylbenzene	7.30	14.70	7.92	9.54	8.60	6.25	6.54	8.69
1,4 - Dichlorobenzene	0.91	1.51	0.19	0.97	1.55	1.07	0.93	1.02
1,2,3 - Trimethylbenzene	1.58	3.50	3.01	2.25	2.58	1.64	1.52	2.30
Limonene	1.27	1.48	0.68	1.16	1.55	1.20	1.11	1.21
n-Undecane	2.44	3.98	2.56	2.89	3.23	2.48	2.36	2.85
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.66	1.23	0.85	0.65	0.42	0.70	0.60	0.73
Decanal	0.30	1.91	1.05	0.34	1.35	0.24	0.22	0.78
Tridecane	2.48	1.46	2.54	2.93	1.16	1.66	1.87	2.02
Tetradecane	0.84	1.43	1.41	0.61	1.12	0.77	0.83	1.00
Pentadecane	1.15	1.59	1.36	2.04	1.50	1.16	1.29	1.44

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-20 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาสวัสดิการสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (บางนาขาออก) บุคคลที่ 2

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	303.29	114.32	281.75	440.90	320.38	418.93	356.69	319.47
Methylene chloride	nd	236.55	nd	nd	nd	nd	nd	33.79
Chloroform	77.85	31.02	134.50	87.35	65.51	125.96	86.72	86.99
Benzene	80.05	46.87	169.97	143.78	101.18	142.20	86.70	110.11
Isooctane	7.12	5.99	12.03	12.22	7.85	10.87	8.59	9.24
Trichloroethene	172.97	56.58	236.02	322.51	166.51	218.24	278.86	207.38
Toluene	114.69	125.83	169.41	170.47	124.10	163.87	136.52	143.56
n-Octane	2.73	4.67	5.74	5.09	3.91	6.12	2.54	4.40
Tetrachloroethene	2.59	5.77	5.43	5.43	31.75	7.78	2.23	8.71
Ethybenzene	4.41	5.08	9.95	8.70	6.22	7.18	4.56	6.59
m.p-Xylene	8.33	9.28	16.24	13.91	10.17	12.82	8.15	11.27
Styrene/o-Xylene	2.53	3.29	4.97	4.20	3.04	4.21	2.56	3.54
Alpha-pinene	0.00	0.29	nd	nd	nd	nd	nd	0.04
3 - Ethytoluene	3.46	5.29	5.09	5.54	4.08	4.99	4.22	4.67
1,3,5 - Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2- Ethyltoluene	1.17	2.77	1.51	1.55	1.34	1.52	1.20	1.58
1,2,4 - Trimethylbenzene	5.40	8.50	6.69	7.94	5.76	6.91	6.62	6.83
1,4 - Dichlorobenzene	1.08	0.68	0.99	1.02	0.83	0.87	1.14	0.94
1,2,3 - Trimethylbenzene	1.21	3.38	1.33	168.18	1.39	1.55	1.46	25.50
Limonene	nd	0.64	1.14	1.15	2.27	1.00	1.29	1.07
n-Undecane	2.59	3.68	2.73	2.47	2.67	2.67	3.29	2.87
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.75	0.34	0.74	0.62	0.82	0.80	1.14	0.74
Decanal	0.28	0.47	0.32	0.25	0.35	0.29	0.29	0.32
Tridecane	1.94	3.99	2.32	1.85	2.73	2.45	2.57	2.55
Tetradecane	0.96	1.86	1.28	0.98	1.21	1.05	1.17	1.22
Pentadecane	0.95	2.57	1.56	1.51	1.47	1.47	1.29	1.55

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-21 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขานิมิตรใหม่ บุคคลที่ 1

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	503.21	224.02	211.42	300.96	159.46	306.70	287.11	284.70
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	107.94	nd	nd	60.63	nd	nd	nd	24.08
Benzene	164.02	88.18	80.09	116.00	69.97	104.83	122.32	106.49
Isooctane	13.02	6.74	6.34	8.89	4.74	8.10	8.56	8.06
Trichloroethene	264.25	102.69	89.61	118.39	71.95	177.91	75.87	128.67
Toluene	163.61	87.11	75.22	89.71	70.82	97.72	90.07	96.32
n-Octane	5.96	90.95	5.08	4.80	8.70	3.66	8.73	18.27
Tetrachloroethene	4.47	7.00	3.37	3.34	5.82	3.76	5.40	4.74
Ethybenzene	3.97	4.63	3.03	3.40	3.33	2.76	4.01	3.59
m.p-Xylene	8.02	7.93	6.32	6.97	7.43	4.99	9.07	7.25
Styrene/o-Xylene	2.53	3.98	2.29	2.25	3.52	1.88	3.16	2.80
Alpha-pinene	0.30	nd	0.30	0.31	nd	nd	nd	0.17
3 - Ethytoluene	5.65	5.93	4.27	4.27	6.14	3.30	5.65	5.03
1,3,5 - Trimethylbenzene	2.81	3.19	1.99	2.17	2.44	1.95	2.44	2.43
2- Ethyltoluene	1.47	1.39	1.02	1.13	1.28	1.08	1.37	1.25
1,2,4 - Trimethylbenzene	7.47	7.40	5.64	5.49	7.69	4.65	7.24	6.51
1,4 - Dichlorobenzene	0.96	0.53	0.44	0.53	0.65	0.92	0.86	0.70
1,2,3 - Trimethylbenzene	1.10	2.32	1.40	0.97	2.71	0.80	1.19	1.50
Limonene	1.39	0.53	0.59	0.89	0.64	1.30	1.33	0.95
n-Undecane	3.53	3.34	2.50	2.48	3.31	4.35	3.32	3.26
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.65	0.56	0.43	0.26	0.73	0.55	0.52	0.53
Decanal	0.35	1.00	1.47	0.50	1.04	0.32	0.29	0.71
Tridecane	3.25	2.67	2.86	2.98	3.34	2.39	2.33	2.83
Tetradecane	1.22	1.32	1.50	1.12	1.79	0.59	0.54	1.15
Pentadecane	2.03	1.54	1.51	1.71	1.67	1.26	2.04	1.68

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-22 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขานิมิตรใหม่ บุคคลที่ 2

สารประกอบ VOCs	ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$)							
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	ค่าเฉลี่ย
MTBE	520.94	272.00	331.29	392.91	348.49	238.95	262.59	338.17
Methylene chloride	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chloroform	103.04	nd	69.74	82.01	70.44	nd	nd	46.46
Benzene	174.42	105.37	149.07	166.01	162.31	89.36	111.29	136.83
Isooctane	15.14	8.63	10.23	11.81	10.53	7.03	8.74	10.30
Trichloroethene	314.61	114.46	159.60	189.68	164.83	130.82	115.77	169.97
Toluene	190.43	96.45	124.35	132.09	134.76	84.50	96.02	122.66
n-Octane	10.53	10.93	8.81	10.91	8.46	4.33	13.79	9.68
Tetrachloroethene	7.65	7.33	5.78	7.29	4.69	6.04	9.51	6.90
Ethybenzene	5.34	4.41	4.74	5.26	4.72	2.95	4.09	4.50
m.p-Xylene	10.73	8.94	10.43	10.81	10.58	5.93	10.22	9.66
Styrene/o-Xylene	4.41	4.03	3.88	4.52	3.71	2.42	5.11	4.01
Alpha-pinene	0.31	0.33	0.86	0.31	1.20	1.17	1.27	0.78
3 - Ethytoluene	9.04	7.34	8.24	7.32	4.87	2.32	3.60	6.10
1,3,5 - Trimethylbenzene	3.95	3.52	3.79	3.13	3.89	nd	3.05	3.05
2- Ethyltoluene	2.02	1.78	1.04	1.68	2.00	1.28	2.33	1.73
1,2,4 - Trimethylbenzene	11.38	9.12	9.42	8.53	10.24	6.14	8.73	9.08
1,4 - Dichlorobenzene	0.51	1.12	1.51	1.15	0.79	1.39	2.20	1.24
1,2,3 - Trimethylbenzene	2.64	1.62	1.56	1.64	3.69	2.41	2.25	2.26
Limonene	0.60	0.57	1.05	1.70	1.27	1.10	1.19	1.07
n-Undecane	3.07	4.72	7.07	4.34	8.35	9.40	9.22	6.60
1,2,4,5 - Tetramethylbenzene	0.53	0.46	1.20	0.43	1.47	3.30	3.52	1.56
Decanal	1.15	0.30	1.35	0.34	1.51	1.50	1.62	1.11
Tridecane	3.00	2.51	2.78	2.49	2.82	3.80	4.26	3.09
Tetradecane	1.64	1.16	2.12	1.04	2.26	2.58	3.27	2.01
Pentadecane	1.64	1.40	2.17	1.62	2.53	2.74	3.15	2.18

หมายเหตุ nd คือ ไม่สามารถตรวจพบสารได้

ตารางที่ ช-23 เปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสสาร Benzene กับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการจากองค์กรต่างๆ

สถานี	บุคคล	ปริมาณการรับสัมผัส ($\mu g/m^3$)							องค์กร	ค่ามาตรฐาน	จำนวนที่เกินค่ามาตรฐาน
		วันจันทร์	วันอังคาร	วันพุธ	วันพฤหัส	วันศุกร์	วันเสาร์	วันอาทิตย์			
DKN	1	750.24	736.24	861.35	427.13	341.59	291.91	303.01	OSHA	3.1×10^3	-
	2	415.54	735.96	1055.30	399.76	542.18	45.85	307.27	ACGIH	1.5×10^3	-
BN	1	537.01	570.89	584.23	603.26	466.53	439.82	208.55	OSHA	3.1×10^3	-
	2	198.54	116.25	421.58	356.62	250.95	352.69	215.03	ACGIH	1.5×10^3	-
RO	1	518.91	1081.76	1400.38	781.98	765.79	489.80	390.91	OSHA	3.1×10^3	-
	2	918.16	661.46	387.05	597.43	525.09	315.83	1006.06	ACGIH	1.5×10^3	-
PH	1	234.58	211.48	579.18	811.14	550.79	943.93	259.81	OSHA	3.1×10^3	-
	2	563.52	617.12	172.88	192.11	177.41	263.86	581.05	ACGIH	1.5×10^3	-
SP	1	349.87	341.27	242.43	462.10	470.55	249.07	516.68	OSHA	3.1×10^3	-
	2	396.12	355.17	320.76	298.21	389.90	221.72	186.48	ACGIH	1.5×10^3	-
TL	1	276.64	585.39	820.08	554.24	722.61	131.22	886.36	OSHA	3.1×10^3	-
	2	444.40	472.89	340.59	574.20	1009.30	391.14	1143.97	ACGIH	1.5×10^3	-
BT	1	219.78	409.36	114.16	303.80	284.01	517.63	522.42	OSHA	3.1×10^3	-
	2	727.39	230.50	529.45	747.39	-	466.71	269.60	ACGIH	1.5×10^3	-

ตารางที่ ช-23 เปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสสาร Benzene กับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการจากองค์กรต่างๆ (ต่อ)

สถานี	บุคคล	ปริมาณการรับสัมผัส ($\mu g/m^3$)							องค์กร	ค่ามาตรฐาน	จำนวนที่เกินค่ามาตรฐาน
		วันจันทร์	วันอังคาร	วันพุธ	วันพฤหัส	วันศุกร์	วันเสาร์	วันอาทิตย์			
J	1	1299.25	1019.22	40.39	742.66	614.21	1756.55	75.65	OSHA	3.1×10^3	-
	2	787.92	322.70	683.52	1446.50	969.64	1435.02	42.14	ACGIH	1.5×10^3	1
P	1	685.59	268.48	335.91	508.90	1670.77	303.17	408.57	OSHA	3.1×10^3	-
	2	326.70	756.13	349.83	626.02	1896.00	556.92	915.60	ACGIH	1.5×10^3	2
NI	1	406.82	218.70	198.65	287.70	173.55	260.01	303.38	OSHA	3.1×10^3	-
	2	432.60	261.34	369.73	411.75	402.57	221.63	276.03	ACGIH	1.5×10^3	-
TOT	1	242.70	1880.60	737.37	844.90	868.99	-	-	OSHA	3.1×10^3	-
	2	1880.60	941.66	1292.81	1292.75	2267.03	-	-	ACGIH	1.5×10^3	3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช-24 เปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสสาร Toluene กับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการจากองค์กรต่างๆ

สถานี	บุคคล	ปริมาณการรับสัมผัส ($\mu g/m^3$)							องค์กร	ค่ามาตรฐาน	จำนวนที่เกินค่ามาตรฐาน
		วันจันทร์	วันอังคาร	วันพุธ	วันพฤหัส	วันศุกร์	วันเสาร์	วันอาทิตย์			
DKN	1	609.78	707.38	664.18	648.83	493.30	344.15	385.64	OSHA	7.68×10^5	-
									ACGIH	7.68×10^4	-
	2	390.45	675.69	828.56	757.20	588.91	140.32	292.79	EU OEL	1.92×10^5	-
									NIOSH	3.84×10^5	-
BN	1	529.72	841.46	670.86	693.98	522.70	389.69	277.35	OSHA	7.68×10^5	-
									ACGIH	7.68×10^4	-
	2	280.03	307.21	413.63	416.20	302.99	400.09	333.31	EU OEL	1.92×10^5	-
									NIOSH	3.84×10^5	-
RO	1	522.90	1214.35	1258.17	743.21	803.88	502.92	453.14	OSHA	7.68×10^5	-
									ACGIH	7.68×10^4	-
	2	974.94	682.81	416.69	597.24	554.13	331.08	929.55	EU OEL	1.92×10^5	-
									NIOSH	3.84×10^5	-
PH	1	198.10	168.66	423.48	722.89	440.95	750.62	202.21	OSHA	7.68×10^5	-
									ACGIH	7.68×10^4	-
	2	458.72	497.89	106.63	149.10	122.94	225.75	456.79	EU OEL	1.92×10^5	-
									NIOSH	3.84×10^5	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

154

ตารางที่ ช-24 เปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสสาร Toluene กับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการจากองค์กรต่างๆ (ต่อ)

สถานี	บุคคล	ปริมาณการรับสัมผัส ($\mu g/m^3$)							องค์กร	ค่ามาตรฐาน	จำนวนที่เกินค่ามาตรฐาน
		วันจันทร์	วันอังคาร	วันพุธ	วันพฤหัส	วันศุกร์	วันเสาร์	วันอาทิตย์			
SP	1	349.71	429.27	293.40	520.94	692.86	325.87	491.44	OSHA	7.68×10^5	-
	2	426.38	425.44	331.20	348.61	506.44	243.85	171.58	ACGIH	7.68×10^4	-
									EU OEL	1.92×10^5	-
									NIOSH	3.84×10^5	-
TL	1	329.06	752.58	652.87	515.14	617.38	172.96	928.95	OSHA	7.68×10^5	-
	2	345.26	489.39	322.73	457.50	957.71	402.20	1214.11	ACGIH	7.68×10^4	-
									EU OEL	1.92×10^5	-
									NIOSH	3.84×10^5	-
BT	1	272.02	340.28	181.08	343.82	365.75	495.61	475.54	OSHA	7.68×10^5	-
	2	648.52	223.24	497.51	584.31	-	431.22	269.88	ACGIH	7.68×10^4	-
									EU OEL	1.92×10^5	-
									NIOSH	3.84×10^5	-
J	1	1193.54	805.40	71.86	585.27	430.02	1246.07	88.07	OSHA	7.68×10^5	-
	2	657.86	283.14	515.91	999.55	699.74	1002.06	76.87	ACGIH	7.68×10^4	-
									EU OEL	1.92×10^5	-
									NIOSH	3.84×10^5	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช-24 เปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสสาร Toluene กับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการจากองค์กรต่างๆ (ต่อ)

สถานี	บุคคล	ปริมาณการรับสัมผัส ($\mu g/m^3$)							องค์กร	ค่ามาตรฐาน	จำนวนที่เกินค่ามาตรฐาน
		วันจันทร์	วันอังคาร	วันพุธ	วันพฤหัส	วันศุกร์	วันเสาร์	วันอาทิตย์			
P									OSHA	7.68×10^5	-
	1	647.16	326.11	293.38	618.62	1410.50	444.29	475.86	ACGIH	7.68×10^4	-
	2	464.54	601.86	379.38	727.56	1514.93	563.16	761.45	EU OEL	1.92×10^5	-
									NIOSH	3.84×10^5	-
NI									OSHA	7.68×10^5	-
	1	399.46	212.69	183.66	219.04	172.90	238.58	219.91	ACGIH	7.68×10^4	-
	2	464.93	235.49	303.60	322.50	329.02	206.31	234.43	EU OEL	1.92×10^5	-
									NIOSH	3.84×10^5	-
TOT									OSHA	7.68×10^5	-
	1	298.14	2463.67	815.19	952.42	1098.90	-	-	ACGIH	7.68×10^4	-
	2	2463.67	1371.75	1342.09	1435.94	2500.95	-	-	EU OEL	1.92×10^5	-
									NIOSH	3.84×10^5	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช-25 เปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสสาร Xylene กับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการจากองค์กรต่างๆ

สถานี	บุคคล	ปริมาณการรับสัมผัส ($\mu g/m^3$)							องค์กร	ค่ามาตรฐาน	จำนวนที่เกินค่ามาตรฐาน
		วันจันทร์	วันอังคาร	วันพุธ	วันพฤหัส	วันศุกร์	วันเสาร์	วันอาทิตย์			
DKN	1	53.46	55.31	48.14	40.01	28.35	20.22	30.45	OSHA	4.35×10^5	-
									ACGIH	4.35×10^5	-
	2	21.00	47.81	60.62	31.64	46.26	10.22	22.76	EU OEL	2.17×10^5	-
									NIOSH	4.35×10^5	-
BN	1	44.40	42.61	52.10	54.99	49.12	41.76	26.10	OSHA	4.35×10^5	-
									ACGIH	4.35×10^5	-
	2	21.29	23.72	41.53	35.56	26.01	32.79	20.85	EU OEL	2.17×10^5	-
									NIOSH	4.35×10^5	-
RO	1	40.29	87.16	111.12	70.26	56.87	44.92	37.72	OSHA	4.35×10^5	-
									ACGIH	4.35×10^5	-
	2	65.31	52.82	42.46	55.32	47.97	26.57	72.65	EU OEL	2.17×10^5	-
									NIOSH	4.35×10^5	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช-25 เปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสสาร Xylene กับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการจากองค์กรต่างๆ (ต่อ)

สถานี	บุคคล	ปริมาณการรับสัมผัส ($\mu g/m^3$)							องค์กร	ค่ามาตรฐาน	จำนวนที่เกินค่ามาตรฐาน
		วันจันทร์	วันอังคาร	วันพุธ	วันพฤหัส	วันศุกร์	วันเสาร์	วันอาทิตย์			
PH	1	15.22	16.10	36.47	59.51	38.99	53.53	17.38	OSHA	4.35×10^5	-
	2	35.87	43.40	13.78	15.39	12.04	17.61	37.13	ACGIH	4.35×10^5	-
									EU OEL	2.17×10^5	-
									NIOSH	4.35×10^5	-
SP	1	38.84	47.49	44.33	56.16	58.66	30.65	59.76	OSHA	4.35×10^5	-
	2	46.77	43.58	47.38	39.21	48.18	26.56	21.34	ACGIH	4.35×10^5	-
									EU OEL	2.17×10^5	-
									NIOSH	4.35×10^5	-
TL	1	27.02	51.10	82.55	38.75	53.16	11.48	60.93	OSHA	4.35×10^5	-
	2	45.29	38.18	32.70	42.25	18.02	24.26	64.61	ACGIH	4.35×10^5	-
									EU OEL	2.17×10^5	-
									NIOSH	4.35×10^5	-
BT	1	28.84	40.84	30.75	57.74	34.37	51.45	77.89	OSHA	4.35×10^5	-
	2	60.01	25.44	64.67	58.68	-	45.50	37.83	ACGIH	4.35×10^5	-
									EU OEL	2.17×10^5	-
									NIOSH	4.35×10^5	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช-25 เปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสสาร Xylene กับค่ามาตรฐานในสถานประกอบการจากองค์กรต่างๆ (ต่อ)

สถานี	บุคคล	ปริมาณการรับสัมผัส ($\mu g/m^3$)							องค์กร	ค่ามาตรฐาน	จำนวนที่เกินค่ามาตรฐาน
		วันจันทร์	วันอังคาร	วันพุธ	วันพฤหัส	วันศุกร์	วันเสาร์	วันอาทิตย์			
J	1	54.71	56.71	9.98	37.48	30.52	71.13	15.33	OSHA	4.35×10^5	-
									ACGIH	4.35×10^5	-
	2	39.16	20.45	32.68	65.83	39.87	57.67	9.34	EU OEL	2.17×10^5	-
									NIOSH	4.35×10^5	-
P	1	60.27	17.73	25.53	49.52	131.27	29.17	36.97	OSHA	4.35×10^5	-
									ACGIH	4.35×10^5	-
	2	30.35	56.10	36.38	58.30	145.81	45.49	70.39	EU OEL	2.17×10^5	-
									NIOSH	4.35×10^5	-
NI	1	20.50	20.27	16.17	17.83	19.00	12.76	23.19	OSHA	4.35×10^5	-
									ACGIH	4.35×10^5	-
	2	27.44	22.87	26.67	27.63	27.06	15.16	26.13	EU OEL	2.17×10^5	-
									NIOSH	4.35×10^5	-
TOT	1	19.93	107.82	51.27	56.07	68.04	-	-	OSHA	4.35×10^5	-
									ACGIH	4.35×10^5	-
	2	107.82	43.86	85.83	75.44	149.30	-	-	EU OEL	2.17×10^5	-
									NIOSH	4.35×10^5	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ซ

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ซ-1 ปริมาณ Total VOCs บริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาการทางพิเศษ (ด่วนดาวคะนอง) ที่บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VAR00002	1.5981E3	14	581.44768	155.39843
	VAR00001	1.5000	14	.51887	.13868

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VAR00002 & VAR00001	14	-.127	.665

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	VAR00002 - VAR00001	1.5966E3	581.51393	155.41614	1260.87414	1932.38644	10.273	13	.000

ตารางที่ ซ-2 ปริมาณ Total VOCs บริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาบางขุนเทียนที่บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VAR00001	1.4615	13	.51887	.14391
	VAR00002	1.1102E3	13	425.20192	117.92979

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	13	.369	.215

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	-1.108E3	425.01098	117.87684	-1365.80910	-851.94598	-9.406	12	.000

ตารางที่ ซ-3 ปริมาณ Total VOCs บริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาสวัสดิการ ร.1 รอ.ที่ บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VAR00001	1.5000	14	.51887	.13868
	VAR00002	2.2177E3	14	974.46039	260.43549

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	14	-.220	.449

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	-2.216E3	974.57475	260.46606	-2778.90892	-1653.50351	-8.509	13	.000

ตารางที่ ซ-4 ปริมาณ Total VOCs บริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาสนามเป้าที่บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VAR00001	1.5000	14	.51887	.13868
	VAR00002	9.1196E2	14	316.69492	84.64028

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	14	-.356	.212

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	-9.104E2	316.87979	84.68969	-1093.42487	-727.50299	-10.751	13	.000

ตารางที่ ซ-5 ปริมาณ Total VOCs บริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาการท่าอากาศยาน 2 ที่บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VAR00001	1.5000	14	.51887	.13868
	VAR00002	1.8942E3	14	1253.37087	334.97745

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	14	-.010	.972

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	-1.892E3	1253.37626	334.97890	-2616.40791	-1169.05209	-5.650	13	.000

ตารางที่ ซ-6 ปริมาณ Total VOCs บริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาพหลโยธิน ที่บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VAR00001	1.5000	14	.51887	.13868
	VAR00002	1.0913E3	14	644.65749	172.29196

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	14	-.305	.289

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	-1.089E3	644.81603	172.33433	-1462.13912	-717.52774	-6.324	13	.000

ตารางที่ ซ-7 ปริมาณ Total VOCs บริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาองค์การโทรศัพท์หลักสี่ ที่บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VAR00001	1.5000	10	.52705	.16667
	VAR00002	4.0569E3	10	2239.15811	708.08397

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	10	.775	.008

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	-4.055E3	2238.74965	707.95480	-5656.89152	-2453.88148	-5.728	9	.000

ตารางที่ ซ-8 ปริมาณ Total VOCs บริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาพัฒนาการ ที่บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VAR00001	1.5000	14	.51887	.13868
	VAR00002	1.9042E3	14	1077.94276	288.09232

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	14	.194	.506

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	-1.902E3	1077.84218	288.06544	-2525.03419	-1280.37909	-6.605	13	.000

ตารางที่ ซ-9 ปริมาณ Total VOCs บริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาสุขาภิบาล 3 ที่บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VAR00001	1.5000	14	.51887	.13868
	VAR00002	1.7862E3	14	990.26639	264.65982

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	14	.104	.724

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	-1.784E3	990.21268	264.64547	-2356.43535	-1212.97179	-6.744	13	.000

ตารางที่ ซ-10 ปริมาณ Total VOCs บริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขาสวัสดิการสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (บางนาขาออก) ที่บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VAR00001	1.5000	14	.51887	.13868
	VAR00002	1.3215E3	14	523.23077	139.83931

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	14	-.648	.012

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	-1.319E3	523.56695	139.92915	-1622.25177	-1017.65466	-9.433	13	.000

ตารางที่ ช-11 ปริมาณ Total VOCs บริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงสาขานิมิตรใหม่ ที่บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2 ได้รับสัมผัส

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VAR00001	1.5000	14	.51887	.13868
	VAR00002	8.0733E2	14	280.31053	74.91614

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VAR00001 & VAR00002	14	.347	.224

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	VAR00001 - VAR00002	-8.058E2	280.13102	74.86816	-967.57591	-644.09024	-10.763	13	.000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช-12 ตัวอย่างสาร MTBE ทั้งหมดใน 11พื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

Dependent Variable	I	J	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
MTBE	DKN	BN	127.88500	136.195	.349	-141.4137	397.1837
		RO	-241.70121	136.195	.078	-510.9999	27.5975
		PH	191.59000	136.195	.162	-77.7087	460.8887
		SP	259.79336	136.195	.059	-9.5054	529.0921
		TL	-166.82736	136.195	.223	-436.1261	102.4714
		BT	150.13057	138.789	.281	-124.2981	424.5592
		J	-98.96993	136.195	.469	-368.2686	170.3288
		P	-133.82250	136.195	.328	-403.1212	135.4762
		NI	243.09886	136.195	.076	-26.1999	512.3976
		TOT	-984.44323*	149.194	.000	-1279.4452	-689.4413
	BN	DKN	-127.8850	136.195	.349	-397.1837	141.4137
		RO	-369.5862	136.195	.008	-638.8849	-100.2875
		PH	63.7050	136.195	.641	-205.5937	333.0037
		SP	131.9084	136.195	.334	-137.3904	401.2071
		TL	-294.7124	136.195	.032	-564.0111	-25.4136
		BT	22.2456	138.789	.873	-252.1831	296.6742
		J	-226.8549	136.195	.098	-496.1536	42.4438
		P	-261.7075	136.195	.057	-531.0062	7.5912
		NI	115.2139	136.195	.399	-154.0849	384.5126
		TOT	-1112.3282	149.194	.000	-1407.3302	-817.3263
	RO	DKN	241.7012	136.195	.078	-27.5975	510.9999
		BN	369.5862	136.195	.008	100.2875	638.8849
		PH	433.2912	136.195	.002	163.9925	702.5899
		SP	501.4946	136.195	.000	232.1959	770.7933
		TL	74.8739	136.195	.583	-194.4249	344.1726
		BT	391.8318	138.789	.005	117.4031	666.2605
		J	142.7313	136.195	.296	-126.5674	412.0300
		P	107.8787	136.195	.430	-161.4200	377.1774
		NI	484.8001	136.195	.001	215.5014	754.0988
		TOT	-742.7420	149.194	.000	-1037.7440	-447.7401
	PH	DKN	-191.5900	136.195	.162	-460.8887	77.7087
		BN	-63.7050	136.195	.641	-333.0037	205.5937
		RO	-433.2912	136.195	.002	-702.5899	-163.9925
		SP	68.2034	136.195	.617	-201.0954	337.5021
		TL	-358.4174	136.195	.009	-627.7161	-89.1186
		BT	-41.4594	138.789	.766	-315.8881	232.9692
		J	-290.5599	136.195	.035	-559.8586	-21.2612
		P	-325.4125	136.195	.018	-594.7112	-56.1138
		NI	51.5089	136.195	.706	-217.7899	320.8076
		TOT	-1176.0332	149.194	.000	-1471.0352	-881.0313

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช-12 ตัวอย่างสาร VOCs ทั้งหมดใน 11พื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง (ต่อ)

Dependent Variable	I	J	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
MTBE	SP	DKN	-259.7934	136.195	.059	-529.0921	9.5054
		BN	-131.9084	136.195	.334	-401.2071	137.3904
		RO	-501.4946	136.195	.000	-770.7933	-232.1959
		PH	-68.2034	136.195	.617	-337.5021	201.0954
		TL	-426.6207	136.195	.002	-695.9194	-157.3220
		BT	-109.6628	138.789	.431	-384.0915	164.7659
		J	-358.7633	136.195	.009	-628.0620	-89.4646
		P	-393.6159	136.195	.004	-662.9146	-124.3171
		NI	-16.6945	136.195	.903	-285.9932	252.6042
		TOT	-1244.2366	149.194	.000	-1539.2385	-949.2346
	TL	DKN	166.8274	136.195	.223	-102.4714	436.1261
		BN	294.7124	136.195	.032	25.4136	564.0111
		RO	-74.8739	136.195	.583	-344.1726	194.4249
		PH	358.4174	136.195	.009	89.1186	627.7161
		SP	426.6207	136.195	.002	157.3220	695.9194
		BT	316.9579	138.789	.024	42.5293	591.3866
		J	67.8574	136.195	.619	-201.4413	337.1561
		P	33.0049	136.195	.809	-236.2939	302.3036
		NI	409.9262	136.195	.003	140.6275	679.2249
		TOT	-817.6159	149.194	.000	-1112.6178	-522.6139
	BT	DKN	-150.1306	138.789	.281	-424.5592	124.2981
		BN	-22.2456	138.789	.873	-296.6742	252.1831
		RO	-391.8318	138.789	.005	-666.2605	-117.4031
		PH	41.4594	138.789	.766	-232.9692	315.8881
		SP	109.6628	138.789	.431	-164.7659	384.0915
		TL	-316.9579	138.789	.024	-591.3866	-42.5293
		J	-249.1005	138.789	.075	-523.5292	25.3282
		P	-283.9531	138.789	.043	-558.3817	-9.5244
		NI	92.9683	138.789	.504	-181.4604	367.3970
		TOT	-1134.5738	151.566	.000	-1434.2661	-834.8815
	J	DKN	98.9699	136.195	.469	-170.3288	368.2686
		BN	226.8549	136.195	.098	-42.4438	496.1536
		RO	-142.7313	136.195	.296	-412.0300	126.5674
		PH	290.5599	136.195	.035	21.2612	559.8586
		SP	358.7633	136.195	.009	89.4646	628.0620
		TL	-67.8574	136.195	.619	-337.1561	201.4413
		BT	249.1005	138.789	.075	-25.3282	523.5292
		P	-34.8526	136.195	.798	-304.1513	234.4461
		NI	342.0688	136.195	.013	72.7701	611.3675
		TOT	-885.4733	149.194	.000	-1180.4753	-590.4713

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ-12 ตัวอย่างสาร VOCs ทั้งหมดใน 11พื้นที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง (ต่อ)

Dependent Variable	I	J	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
MTBE	P	DKN	133.8225	136.195	.328	-135.4762	403.1212
		BN	261.7075	136.195	.057	-7.5912	531.0062
		RO	-107.8787	136.195	.430	-377.1774	161.4200
		PH	325.4125	136.195	.018	56.1138	594.7112
		SP	393.6159	136.195	.004	124.3171	662.9146
		TL	-33.0049	136.195	.809	-302.3036	236.2939
		BT	283.9531	138.789	.043	9.5244	558.3817
		J	34.8526	136.195	.798	-234.4461	304.1513
		NI	376.9214	136.195	.006	107.6226	646.2201
		TOT	-850.6207	149.194	.000	-1145.6227	-555.6188
	NI	DKN	-243.0989	136.195	.076	-512.3976	26.1999
		BN	-115.2139	136.195	.399	-384.5126	154.0849
		RO	-484.8001	136.195	.001	-754.0988	-215.5014
		PH	-51.5089	136.195	.706	-320.8076	217.7899
		SP	16.6945	136.195	.903	-252.6042	285.9932
		TL	-409.9262	136.195	.003	-679.2249	-140.6275
		BT	-92.9683	138.789	.504	-367.3970	181.4604
		J	-342.0688	136.195	.013	-611.3675	-72.7701
		P	-376.9214	136.195	.006	-646.2201	-107.6226
		TOT	-1227.5421	149.194	.000	-1522.5440	-932.5401
	TOT	DKN	984.4432	149.194	.000	689.4413	1279.4452
		BN	1112.3282	149.194	.000	817.3263	1407.3302
		RO	742.7420	149.194	.000	447.7401	1037.7440
		PH	1176.0332	149.194	.000	881.0313	1471.0352
		SP	1244.2366	149.194	.000	949.2346	1539.2385
		TL	817.6159	149.194	.000	522.6139	1112.6178
		BT	1134.5738	151.566	.000	834.8815	1434.2661
		J	885.4733	149.194	.000	590.4713	1180.4753
		P	850.6207	149.194	.000	555.6188	1145.6227
		NI	1227.5421	149.194	.000	932.5401	1522.5440

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฌ

ตารางค่า SF และ ADI (RfD)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฌ-1 ตารางค่า SF ของ Benzene

Chemical	CAS #	Inhalation Unit Risk $(mg/m^3)^{-1}$	Inhalation RfC - Chronic (mg/m^3)	Inhalation RfC - Subchronic (mg/m^3)	Inhalation RfD - Chronic (mg/kg-day)	Inhalation SF $(mg/kg\text{-}day)^{-1}$
Benzene	71432	7.8E-03	3.00E-02	-	8.57E-03	2.73E-02

ที่มา: http://rais.ornl.gov/cgi-bin/tox/TOX_9801

ตารางที่ ฌ-2 ตารางค่า RfD ของ Toluene

Chemical	CAS #	Inhalation Unit Risk $(mg/m^3)^{-1}$	Inhalation RfC - Chronic (mg/m^3)	Inhalation RfC - Subchronic (mg/m^3)	Inhalation RfD - Chronic (mg/kg-day)	Inhalation RfD - Subchronic (mg/kg-day)	Inhalation SF $(mg/kg\text{-}day)^{-1}$
Toluene	108883		5.00E+00	9.23E-01	1.43E+00	2.6E-01	

ที่มา: http://rais.ornl.gov/cgi-bin/tox/TOX_9801

ตารางที่ ฌ-3 ตารางค่า RfD ของ Ethylbenzene

Chemical	CAS #	Inhalation Unit Risk $(mg/m^3)^{-1}$	Inhalation RfC - Chronic (mg/m^3)	Inhalation RfD - Chronic (mg/kg-day)	Inhalation SF $(mg/kg\text{-}day)^{-1}$
Ethylbenzene	100414	1.1E-03	1.00E+00	2.86E-01	3.85E-03

ที่มา: http://rais.ornl.gov/cgi-bin/tox/TOX_9801

ตารางที่ ฌ-4 ตารางค่า RfD ของ Xylene

Chemical	CAS #	Inhalation Unit Risk $(mg/m^3)^{-1}$	Inhalation RfC - Chronic (mg/m^3)	Inhalation RfC - Subchronic (mg/m^3)	Inhalation RfD - Chronic (mg/kg-day)	Inhalation RfD - Subchronic (mg/kg-day)	Inhalation SF $(mg/kg\text{-}day)^{-1}$
Xylene, Mixture	1330207	-	1.00E-01	-	2.86E-02	-	-

ที่มา: http://rais.ornl.gov/cgi-bin/tox/TOX_9801

ตารางที่ ฌ-5 ตารางค่า SF ของ MTBE

Chemical	CAS #	Chronic Inhalation Reference Concentration (mg/m^3)	Subchronic Inhalation Reference Concentration (mg/m^3)	Inhalation RfC - Subchronic (mg/m^3)	Inhalation Unit Risk $(mg/m^3)^{-1}$	Inhalation SF $(mg/kg\text{-}day)^{-1}$
Methyl tert-Butyl Ether (MTBE)	1634044	3.00E+00	-	-	-	9.10E-04

ที่มา: http://rais.ornl.gov/cgi-bin/tox/TOX_9801

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฌ-6 ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer - Risk: Risk) จากการได้รับสัมผัสสาร MTBE

สถานี	ปริมาณการรับสัมผัสบุคคลที่ 1 ($\mu g/m^3$)							ปริมาณการรับสัมผัสบุคคลที่ 2 ($\mu g/m^3$)						
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
DKN	6.43×10^{-5}	4.45×10^{-5}	5.90×10^{-5}	3.66×10^{-5}	4.08×10^{-5}	3.14×10^{-5}	3.30×10^{-5}	3.25×10^{-5}	5.01×10^{-5}	7.27×10^{-5}	4.10×10^{-5}	5.50×10^{-5}	5.34×10^{-6}	2.77×10^{-5}
BN	4.89×10^{-5}	6.27×10^{-5}	3.58×10^{-5}	3.64×10^{-5}	4.42×10^{-5}	3.27×10^{-5}	2.50×10^{-5}	2.32×10^{-5}	8.74×10^{-6}	2.15×10^{-5}	3.37×10^{-5}	2.45×10^{-5}	3.20×10^{-5}	2.73×10^{-5}
RO	4.93×10^{-5}	1.07×10^{-5}	9.11×10^{-5}	5.18×10^{-5}	7.33×10^{-5}	3.54×10^{-5}	4.46×10^{-5}	8.57×10^{-5}	5.18×10^{-5}	3.11×10^{-5}	5.29×10^{-5}	3.87×10^{-5}	2.81×10^{-5}	1.12×10^{-4}
PH	2.35×10^{-5}	1.18×10^{-5}	4.63×10^{-5}	5.50×10^{-5}	3.34×10^{-5}	6.04×10^{-5}	1.35×10^{-5}	3.67×10^{-5}	3.75×10^{-5}	7.46×10^{-6}	6.49×10^{-6}	5.43×10^{-6}	1.52×10^{-5}	3.59×10^{-5}
SP	2.53×10^{-5}	2.08×10^{-5}	1.35×10^{-5}	3.19×10^{-5}	3.54×10^{-5}	1.63×10^{-5}	3.26×10^{-5}	2.70×10^{-5}	2.32×10^{-5}	1.82×10^{-5}	2.00×10^{-5}	2.80×10^{-5}	1.43×10^{-5}	9.01×10^{-6}
TL	2.56×10^{-5}	5.70×10^{-5}	5.57×10^{-5}	5.60×10^{-5}	5.85×10^{-5}	1.82×10^{-5}	8.91×10^{-5}	2.91×10^{-5}	4.21×10^{-5}	2.66×10^{-5}	4.93×10^{-5}	9.27×10^{-5}	4.25×10^{-5}	1.30×10^{-4}
BT	2.11×10^{-5}	3.37×10^{-5}	8.27×10^{-6}	1.86×10^{-5}	2.45×10^{-5}	4.11×10^{-5}	3.10×10^{-5}	5.72×10^{-5}	2.01×10^{-5}	3.77×10^{-5}	5.39×10^{-5}	-	3.40×10^{-5}	2.09×10^{-5}
J	7.03×10^{-5}	6.53×10^{-5}	4.50×10^{-6}	4.28×10^{-5}	3.35×10^{-5}	1.25×10^{-4}	6.22×10^{-6}	4.63×10^{-5}	2.31×10^{-5}	5.87×10^{-5}	9.79×10^{-5}	5.11×10^{-5}	7.12×10^{-5}	3.88×10^{-6}
P	5.04×10^{-5}	2.69×10^{-5}	2.07×10^{-5}	5.01×10^{-5}	1.10×10^{-4}	2.47×10^{-5}	3.93×10^{-5}	3.40×10^{-5}	5.69×10^{-5}	2.89×10^{-5}	5.64×10^{-5}	1.22×10^{-4}	4.44×10^{-5}	7.18×10^{-5}
NI	3.85×10^{-5}	1.71×10^{-5}	1.62×10^{-5}	2.30×10^{-5}	1.22×10^{-5}	2.35×10^{-5}	2.20×10^{-5}	3.98×10^{-5}	2.08×10^{-5}	2.53×10^{-5}	3.00×10^{-5}	2.66×10^{-5}	1.83×10^{-5}	2.01×10^{-5}
TOT	2.55×10^{-5}	2.39×10^{-4}	7.52×10^{-5}	8.73×10^{-5}	8.98×10^{-5}	-	-	2.39×10^{-4}	1.16×10^{-4}	1.20×10^{-4}	1.35×10^{-4}	2.18×10^{-4}	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฌ-7 ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (**Cancer - Risk: Risk**) จากการได้รับสัมผัสสาร Benzene

สถานี	ปริมาณการรับสัมผัสบุคคลที่ 1 ($\mu g/m^3$)							ปริมาณการรับสัมผัสบุคคลที่ 2 ($\mu g/m^3$)						
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
DKN	8.42×10^{-4}	8.26×10^{-4}	9.66×10^{-4}	4.79×10^{-4}	3.83×10^{-4}	3.27×10^{-4}	3.40×10^{-4}	4.66×10^{-4}	8.26×10^{-4}	1.18×10^{-3}	4.49×10^{-4}	6.08×10^{-4}	5.14×10^{-5}	3.45×10^{-4}
BN	6.02×10^{-4}	6.40×10^{-4}	6.55×10^{-4}	6.77×10^{-4}	5.23×10^{-4}	4.93×10^{-4}	2.34×10^{-4}	2.23×10^{-4}	1.30×10^{-4}	4.73×10^{-4}	4.00×10^{-4}	2.82×10^{-4}	3.96×10^{-4}	2.41×10^{-4}
RO	5.82×10^{-4}	1.21×10^{-3}	1.57×10^{-3}	8.77×10^{-4}	8.59×10^{-4}	5.50×10^{-4}	4.39×10^{-4}	1.03×10^{-3}	7.42×10^{-4}	4.34×10^{-4}	6.70×10^{-4}	5.89×10^{-4}	3.54×10^{-4}	1.13×10^{-3}
PH	2.63×10^{-4}	2.37×10^{-4}	6.50×10^{-4}	9.10×10^{-4}	6.18×10^{-4}	1.06×10^{-3}	2.91×10^{-4}	6.32×10^{-4}	6.92×10^{-4}	1.94×10^{-4}	2.16×10^{-4}	1.99×10^{-4}	2.96×10^{-4}	6.52×10^{-4}
SP	3.93×10^{-4}	3.83×10^{-4}	2.72×10^{-4}	5.18×10^{-4}	5.28×10^{-4}	2.79×10^{-4}	5.80×10^{-4}	4.44×10^{-4}	3.98×10^{-4}	3.60×10^{-4}	3.35×10^{-4}	4.37×10^{-4}	2.49×10^{-4}	2.09×10^{-4}
TL	3.10×10^{-4}	6.57×10^{-4}	9.20×10^{-4}	6.22×10^{-4}	8.11×10^{-4}	1.47×10^{-4}	9.94×10^{-4}	4.99×10^{-4}	5.31×10^{-4}	3.82×10^{-4}	6.44×10^{-4}	1.13×10^{-3}	4.39×10^{-4}	1.28×10^{-3}
BT	2.47×10^{-4}	4.59×10^{-4}	1.28×10^{-4}	3.41×10^{-4}	3.19×10^{-4}	5.81×10^{-4}	5.86×10^{-4}	8.16×10^{-4}	2.59×10^{-4}	5.94×10^{-4}	8.39×10^{-4}	-	5.24×10^{-4}	3.02×10^{-4}
J	1.46×10^{-3}	1.14×10^{-3}	4.53×10^{-5}	8.33×10^{-4}	6.89×10^{-4}	1.97×10^{-3}	8.49×10^{-5}	8.84×10^{-4}	3.62×10^{-4}	7.67×10^{-4}	1.62×10^{-3}	1.09×10^{-3}	1.61×10^{-3}	4.73×10^{-5}
P	7.69×10^{-4}	3.01×10^{-4}	3.77×10^{-4}	5.71×10^{-4}	1.87×10^{-3}	3.40×10^{-4}	4.58×10^{-4}	3.67×10^{-4}	8.48×10^{-4}	3.92×10^{-4}	7.02×10^{-4}	2.13×10^{-3}	6.25×10^{-4}	1.03×10^{-3}
NI	4.56×10^{-4}	2.45×10^{-4}	2.23×10^{-4}	3.23×10^{-4}	1.95×10^{-4}	2.92×10^{-4}	3.40×10^{-4}	4.85×10^{-4}	2.93×10^{-4}	4.15×10^{-4}	4.62×10^{-4}	4.52×10^{-4}	2.49×10^{-4}	3.10×10^{-4}
TOT	2.72×10^{-4}	2.11×10^{-3}	8.27×10^{-4}	9.48×10^{-4}	9.75×10^{-4}	-	-	2.11×10^{-3}	1.06×10^{-3}	1.45×10^{-3}	1.45×10^{-3}	2.54×10^{-3}	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฌ-8 ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (**Cancer - Risk: Risk**) จากการได้รับสัมผัสสาร Ethylbenzene

สถานี	ปริมาณการรับสัมผัสบุคคลที่ 1 ($\mu g/m^3$)							ปริมาณการรับสัมผัสบุคคลที่ 2 ($\mu g/m^3$)						
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
DKN	3.81×10^{-6}	4.02×10^{-6}	3.73×10^{-6}	3.09×10^{-6}	2.42×10^{-6}	1.33×10^{-6}	2.23×10^{-6}	1.98×10^{-6}	3.61×10^{-6}	4.47×10^{-6}	2.58×10^{-6}	3.42×10^{-6}	7.02×10^{-7}	1.72×10^{-6}
BN	3.32×10^{-6}	3.40×10^{-6}	4.74×10^{-6}	4.51×10^{-6}	4.00×10^{-6}	3.30×10^{-6}	2.39×10^{-6}	1.70×10^{-6}	1.96×10^{-6}	3.83×10^{-6}	3.35×10^{-6}	2.39×10^{-6}	2.76×10^{-6}	1.75×10^{-6}
RO	3.06×10^{-6}	6.83×10^{-6}	9.23×10^{-6}	5.57×10^{-6}	4.25×10^{-6}	3.66×10^{-6}	2.86×10^{-6}	5.06×10^{-6}	3.86×10^{-6}	3.19×10^{-6}	4.18×10^{-6}	3.79×10^{-6}	1.99×10^{-6}	5.66×10^{-6}
PH	1.44×10^{-6}	9.88×10^{-7}	2.58×10^{-6}	4.61×10^{-6}	3.29×10^{-6}	4.41×10^{-6}	1.32×10^{-6}	2.64×10^{-6}	2.99×10^{-6}	8.71×10^{-7}	9.69×10^{-7}	1.18×10^{-6}	1.30×10^{-6}	2.59×10^{-6}
SP	2.61×10^{-6}	3.50×10^{-6}	3.13×10^{-6}	4.18×10^{-6}	4.06×10^{-6}	1.94×10^{-6}	4.01×10^{-6}	3.08×10^{-6}	3.22×10^{-6}	3.91×10^{-6}	2.76×10^{-6}	3.48×10^{-6}	1.75×10^{-6}	1.38×10^{-6}
TL	1.83×10^{-6}	3.83×10^{-6}	5.28×10^{-6}	2.90×10^{-6}	4.02×10^{-6}	1.03×10^{-6}	4.28×10^{-6}	2.50×10^{-6}	2.52×10^{-6}	2.40×10^{-6}	3.38×10^{-6}	3.86×10^{-7}	1.44×10^{-6}	4.85×10^{-6}
BT	2.05×10^{-6}	2.95×10^{-6}	2.61×10^{-6}	3.91×10^{-6}	2.43×10^{-6}	4.12×10^{-6}	5.18×10^{-6}	4.23×10^{-6}	1.86×10^{-6}	5.05×10^{-6}	4.64×10^{-6}	-	3.34×10^{-6}	2.97×10^{-6}
J	4.88×10^{-6}	5.11×10^{-6}	8.35×10^{-7}	3.27×10^{-6}	2.44×10^{-6}	5.81×10^{-6}	1.31×10^{-5}	3.74×10^{-6}	2.20×10^{-6}	2.90×10^{-6}	5.48×10^{-6}	3.71×10^{-6}	5.06×10^{-6}	7.17×10^{-7}
P	3.65×10^{-6}	1.34×10^{-6}	2.32×10^{-6}	4.40×10^{-6}	9.57×10^{-6}	2.22×10^{-6}	2.66×10^{-6}	2.20×10^{-6}	3.28×10^{-6}	2.60×10^{-6}	5.03×10^{-6}	1.06×10^{-5}	3.20×10^{-6}	5.14×10^{-6}
NI	1.53×10^{-6}	1.78×10^{-6}	1.16×10^{-6}	1.31×10^{-6}	1.28×10^{-6}	1.06×10^{-6}	1.54×10^{-6}	2.06×10^{-6}	1.70×10^{-6}	1.83×10^{-6}	2.03×10^{-6}	1.82×10^{-6}	1.14×10^{-6}	1.57×10^{-6}
TOT	1.69×10^{-6}	9.26×10^{-6}	4.58×10^{-6}	5.16×10^{-6}	5.19×10^{-6}	-	-	9.26×10^{-6}	3.61×10^{-6}	7.29×10^{-6}	6.51×10^{-6}	1.22×10^{-5}	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฌ-9 ค่าความเสี่ยงของสารที่ไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (Non – Cancer Risk: HQ) จากการได้รับสัมผัสสาร Toluene

สถานี	ปริมาณการรับสัมผัสบุคคลที่ 1 ($\mu g/m^3$)							ปริมาณการรับสัมผัสบุคคลที่ 2 ($\mu g/m^3$)						
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
DKN	0.01752	0.02033	0.01909	0.01865	0.01418	0.00989	0.01108	0.01122	0.01942	0.02381	0.02176	0.01692	0.00403	0.00841
BN	0.01522	0.02418	0.01928	0.01994	0.01502	0.01120	0.00797	0.00805	0.00883	0.01189	0.01196	0.00871	0.01150	0.00958
RO	0.01503	0.03490	0.03616	0.02136	0.02310	0.01445	0.01302	0.02802	0.01962	0.01197	0.01716	0.01592	0.00951	0.02671
PH	0.00569	0.00485	0.01217	0.02077	0.01267	0.02157	0.00581	0.01318	0.01431	0.00306	0.00428	0.00353	0.00649	0.01313
SP	0.01005	0.01234	0.00843	0.01497	0.01991	0.00937	0.01412	0.01225	0.01223	0.00952	0.01002	0.01455	0.00701	0.00493
TL	0.00946	0.02163	0.01876	0.01480	0.01774	0.00497	0.02670	0.00992	0.01406	0.00927	0.01315	0.02752	0.01156	0.03489
BT	0.00782	0.00978	0.00520	0.00988	0.01051	0.01424	0.01367	0.01864	0.00642	0.01430	0.01679	0.00000	0.01239	0.00776
J	0.03430	0.02315	0.00207	0.01682	0.01236	0.03581	0.00253	0.01891	0.00814	0.01483	0.02873	0.02011	0.02880	0.00221
P	0.01860	0.00937	0.00843	0.01778	0.04054	0.01277	0.01368	0.01335	0.01730	0.01090	0.02091	0.04354	0.01618	0.02188
NI	0.01148	0.00611	0.00528	0.00629	0.00497	0.00686	0.00632	0.01336	0.00677	0.00872	0.00927	0.00946	0.00593	0.00674
TOT	0.00857	0.07080	0.02343	0.02737	0.03158	0.00000	0.00000	0.07080	0.03942	0.03857	0.04127	0.07187	0.00000	0.00000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฌ-10 ค่าความเสี่ยงของสารที่ไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (Non – Cancer Risk: HQ) จากการได้รับสัมผัสสาร m,p-xylene

สถานี	ปริมาณการรับสัมผัสบุคคลที่ 1 ($\mu g/m^3$)							ปริมาณการรับสัมผัสบุคคลที่ 2 ($\mu g/m^3$)						
	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
DKN	0.07682	0.07947	0.06918	0.05750	0.04074	0.02906	0.04376	0.03018	0.06870	0.08710	0.04547	0.06648	0.01468	0.03271
BN	0.06379	0.06123	0.07486	0.07902	0.07058	0.06001	0.03750	0.03060	0.03409	0.05968	0.05110	0.03738	0.04712	0.02996
RO	0.05789	0.12524	0.15967	0.10096	0.08172	0.06455	0.05421	0.09385	0.07589	0.06101	0.07949	0.06892	0.03817	0.10440
PH	0.02186	0.02313	0.05240	0.08551	0.05603	0.07692	0.02498	0.05154	0.06236	0.01980	0.02211	0.01730	0.02531	0.05335
SP	0.05581	0.06824	0.06369	0.08069	0.08429	0.04404	0.08587	0.06720	0.06262	0.06808	0.05634	0.06923	0.03817	0.03067
TL	0.03883	0.07342	0.11862	0.05569	0.07639	0.01649	0.08755	0.06507	0.05486	0.04698	0.06070	0.02590	0.03486	0.09284
BT	0.04143	0.05868	0.04419	0.08297	0.04938	0.07393	0.11192	0.08623	0.03655	0.09293	0.08432	-	0.06537	0.05436
J	0.07861	0.08148	0.01434	0.05385	0.04386	0.10221	0.02203	0.05627	0.02938	0.04696	0.09459	0.05730	0.08287	0.01342
P	0.08660	0.02547	0.03669	0.07116	0.18862	0.04191	0.05312	0.04362	0.08062	0.05228	0.08377	0.20951	0.06537	0.10114
NI	0.02946	0.02912	0.02323	0.02561	0.02730	0.01833	0.03332	0.03942	0.03286	0.03832	0.03970	0.03888	0.02179	0.03754
TOT	0.02863	0.15493	0.07367	0.08056	0.09777	-	-	0.15493	0.06302	0.12334	0.10841	0.21453	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ไพลิน ทวีวงษ์ เกิดวันที่ 19 กันยายน พ.ศ.2525 ที่จังหวัด ลพบุรี จบการศึกษาในปี พ.ศ.2546 ระดับปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล เมื่อ พ.ศ.2548 ได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อยู่ปัจจุบัน 185 หมู่ 2 ตำบล ท่าชุมพล อำเภอ โพธาราม จังหวัด ราชบุรี 70120

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย