

บัญชีการปลดปล่อยมลพิษจากคลังน้ำมันและสถานีบริการน้ำมันในประเทศไทย
สำหรับปี พ.ศ. 2556 และ 2557

นายณัฐกร ชัยเดช
นางสาวณัฐมน มาศวงศ์วิวัฒน์

ปฏิญานិพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

บัญชีการปลดปล่อยมลพิษจากคลังน้ำมันและสถานีบริการน้ำมันในประเทศไทย
สำหรับปี พ.ศ. 2556 และ 2557

นายณัฐกร

ชัยเดช

นางสาวณัฐมน

มาศวงศ์วิวัฒน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

EMISSION INVENTORY OF VOCs FROM OIL DEPOTS AND PETROLEUM SERVICE
STATIONS IN THAILAND FOR 2013 AND 2014

NATTAKORN
NATAMON

CHAI DACH
MASWONGWIWAT

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2014

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง บัญชีการปลดปล่อยมลพิษจากคลังน้ำมันและสถานบริการทั่วประเทศ
โดย นายณัฐกร ชัยเดช
นางสาวณัฐมน มาศวงศ์วิวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. นริศรา ทองบุญชู
ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ดร. นริศรา ทองบุญชู)


..... กรรมการ
(ดร. ณัฐนนท์ ไพบูลย์ศิลป์)


..... กรรมการ
(ดร.กุลนันท์ เกียรติกิตติพงษ์)

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	บัญชีการปลดปล่อยมลพิษจากคลังน้ำมันและสถานีบริการน้ำมันในประเทศไทย ไทยสำหรับปี พ.ศ. 2556 และ 2557
โดย	นายณัฐกร ชัยเดช นางสาวณัฐมน มาดวงศรีวัฒน์
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. นริศรา ทองบุญชู

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อจัดทำบัญชีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมันและสถานีบริการน้ำมันในประเทศไทยสำหรับปี พ.ศ. 2556 และ 2557 ในส่วนของคลังน้ำมันทำการประเมินโดยใช้โปรแกรม TANK version 4.0.d ของ US-EPA ส่วนสถานีบริการน้ำมันทำการประเมินโดยใช้เทคนิคค่าปัจจัยการปลดปล่อย โดยใช้ค่าปัจจัยการปลดปล่อยจาก Australian National Pollutant Inventory (NPI) ผลการประเมินในส่วนของคลังน้ำมันจำนวน 181 คลัง พบว่า ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมด (total VOCs) ที่ปลดปล่อยออกมาในปี พ.ศ. 2556 มีมากกว่าปี พ.ศ. 2557 โดยมีปริมาณปลดปล่อยเท่ากับ 2,402.04 และ 2,983.43 ตัน ตามลำดับ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภาคที่มีปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยมากที่สุด รองลงมาคือภาคกลาง ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ถูกปลดปล่อยมาจากการกักเก็บน้ำมันประเภทไวไฟมาก อาทิ น้ำมันเบนซิน มากที่สุด รองลงมาคือ ไวไฟปานกลาง อาทิ คีโรซีน และไวไฟน้อย อาทิ น้ำมันดีเซล ตามลำดับ โดยการสูญเสียของน้ำมันประเภทไวไฟมากเกิดระหว่างการจัดเก็บที่เกิดบริเวณช่องว่างที่ขอบถัง และบริเวณช่องว่างระหว่างหลังคาถอย และผนังถึงมากกว่าการสูญเสียระหว่างการขนถ่าย ส่วนน้ำมันประเภทไวไฟปานกลางพบว่าการสูญเสียเกิดจากการจัดเก็บใกล้เคียงกับระหว่างการขนถ่าย ในขณะที่ส่วนน้ำมันประเภทไวไฟน้อย การสูญเสียระหว่างการขนถ่ายมีมากกว่าการจัดเก็บ โดยประเภทของสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยออกมามากที่สุดคือสารอินทรีย์ที่ระบุนิคมไม่ได้ รองลงมาคือ นอร์มัลเฮกเซน ในส่วนของสถานีบริการน้ำมันทำประเมินจากสถานีบริการทั้งหมด 23,004 และ 23,478 แห่ง ในปี พ.ศ. 2556 และ 2557 ตามลำดับ พบว่าการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดเท่ากับ 14,088.44 ตัน 16,415.20 ตัน ตามลำดับ ภาคกลางเป็นภูมิภาคที่มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยสูงสุด โดยการปลดปล่อยส่วนใหญ่มาจากน้ำมันประเภทแก๊สโซฮอล์ 95 และ 91 เป็นหลัก โดยประเภทของสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยออกมามากที่สุดคือสารอินทรีย์ที่ระบุนิคมไม่ได้ รองลงมาคือ เมตา-ไซลีน โทลูอิน และเอทานอล ในปริมาณใกล้เคียงกัน

Report Title Emission Inventory of VOCs from Oil Depots and Petroleum Service Stations in Thailand for 2013 and 2014.

By Mr. Nattakorn Chaidach
Ms. Natamon Maswongwiwat

Degree Bachelor of Engineering

Program Chemical Engineering

Year 2014

Advisor Dr. Narisara Thongboonchoo

ABSTRACT

The aim of this research is to prepare emission inventory for volatile organic compounds (VOCs) released from oil depots and petroleum service stations in Thailand for 2013 and 2014. For oil depots, the US-EPA program, TANK version 4.0.d., was used for emission estimation. While emission factor technique and emission factors from Australian National Pollutant Inventory (NPI) were used for petroleum service stations. The estimated results from 181 oil depots show that total VOCs released from 2014 were greater than that of 2013. The emissions amounts were 2,402.0 and 2,983.43 tons respectively. The eastern region was the region that released maximum amount of VOCs, followed by central region. The amount of VOCs were maximum released from storage of high flammable petroleum (i.e., gasoline), followed by moderate flammable petroleum (i.e., kerosene), and low flammable petroleum (i.e., diesel), respectively. The losses VOCs from storage of high flammable petroleum were from two types of storage losses (i.e., rim space loss and desk fitting loss) rather than withdrawal loss. While the losses of VOCs from storage loss and working loss was comparable for moderate flammable petroleum storage. The VOCs that released from working loss was greater than that of storage loss for low moderate flammable petroleum storage. The major types of VOCs released from oil depots were unidentified VOCs, followed by n-hexane. For Petroleum service stations, the total numbers of stations for emissions estimation were 23,004 and 23,478 for 2013 and 2014, respectively. The total VOCs released were 14,088.44 and 16,415.20 tons, respectively. The central region was a major source of VOCs emissions. Those emissions were mainly from two types of petroleum, i.e., Gasohol 95 and 91. The major types of VOCs released from oil depots was unidentified VOCs, followed by m-xylene, toluene, and ethanol with comparable amount.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร. นริศรา ทองบุญชูอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทที่มอบความรู้ให้คำปรึกษา คำแนะนำเป็นอย่างดีมาโดยตลอดเวลาในการทำปริญญาโทนี้ ทำให้ปริญญาโทนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร. ณัฐนนท์ ไพบูลย์ศิลป์ดร.กุลนันท์ เกียรติกิตติพงษ์กรรมการสอบปริญญาโท ที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อชี้แนะ

สุดท้ายขอขอบพระคุณ ครอบครัวของคณะผู้จัดทำ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องการจัดทำและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดทำปริญญาโท ที่ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และคอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมาจนทำให้ปริญญาโทเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

นาย ณัฐกร ชัยเดช

นางสาว ณัฐมน มาศวงศ์วิวัฒน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญตาราง.....	vi
สารบัญรูปภาพ.....	viii
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 น้ำมันปิโตรเลียม.....	3
2.1.1 สารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds: VOCs).....	3
2.1.2 ชนิดของน้ำมัน.....	3
2.1.3 องค์ประกอบของน้ำมัน.....	4
2.2 กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันปิโตรเลียม.....	5
2.3 ถังกักเก็บน้ำมันและลักษณะการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย.....	6
2.3.1 ประเภทของถังกักเก็บน้ำมัน.....	6
2.3.2 การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศตามลักษณะถังเก็บน้ำมัน.....	8
2.4 การสูญเสียน้ำมันจากสถานีบริการ.....	9
2.4.1 ลักษณะการปลดปล่อยมลพิษของสถานีบริการน้ำมัน.....	9
2.5 หลักการและวิธีการในการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังกักเก็บ.....	11
2.5.1 สมการที่ใช้ในการคำนวณ.....	11
2.5.2 วิธีการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย.....	16
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
บทที่ 3 วิธีการทดลอง.....	18
3.1 การประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมัน.....	18
3.1.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล.....	18
3.1.2 การประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมัน.....	19
3.2 การประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมัน.....	24
3.2.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล.....	24
3.2.2 ขั้นตอนการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย.....	25

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล.....	26
4.1 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยจากคลังน้ำมันทั่วประเทศไทย	26
4.1.1 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดแยกตามภูมิภาค.....	26
4.1.2 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวมแยกตามประเภทการสูญเสียและ ประเภทของน้ำมัน.....	27
4.1.3 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยแยกตามประเภทของสารอินทรีย์ระเหย.....	29
4.2 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดที่ปลดปล่อยจากสถานีบริการ.....	30
4.2.1 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดแยกตามภูมิภาค	30
4.2.2 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดแยกตามประเภทของน้ำมัน.....	31
4.2.3 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยแยกตามประเภทของสารอินทรีย์ระเหย.....	32
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	34
5.1 สรุปผลการทดลอง	34
5.2 ข้อเสนอแนะ	34
บรรณานุกรม.....	36
ภาคผนวก.....	38
ภาคผนวก ก ปริมาณ VOCs ของคลังน้ำมัน	39
ภาคผนวก ข ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมัน และตัวอย่างการคำนวณ	52
ภาคผนวก ค ปริมาณ VOCs ของสถานีบริการน้ำมัน	60

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของน้ำมันชนิดต่างๆ.....	4
3.1 ตารางแสดงตัวอย่างจำนวนถังและปริมาตรรวมของแต่ละคลัง	18
3.2 ตารางแสดงตัวอย่างข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของจังหวัด กำแพงเพชร.....	18
3.3 Emission factor สำหรับน้ำมันประเภทไวไฟมาก	25
3.4 องค์ประกอบของสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยจากน้ำมันประเภทไวไฟมาก.....	25
4.1 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ประเมินจากคลังน้ำมันในแต่ละภูมิภาค ปี พ.ศ. 2556 และ 2557	26
4.2 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยจากคลังน้ำมันแยกตามประเภทของ สารอินทรีย์ระเหยในปี พ.ศ. 2556 และ 2557	29
4.3 ตารางแสดงจำนวนผู้จัดจำหน่ายและปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ ปลดปล่อยในปี พ.ศ. 2556 และ 2557.....	30
4.4 ตารางแสดงการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยแต่ละชนิดในปี พ.ศ. 2556 และ 2557.....	32
ก.1 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคกลาง ในปี พ.ศ.2556.....	40
ก.2 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคเหนือ ในปี พ.ศ. 2556 ...	41
ก.3 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี พ.ศ. 2556.....	42
ก.4 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคตะวันออก ในปี พ.ศ. 2556.....	43
ก.5 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคตะวันตก ใน ปี พ.ศ. 2556.....	44
ก.6 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคใต้ ในปี พ.ศ. 2556.....	45
ก.7 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคกลาง ในปี พ.ศ. 2557....	46
ก.8 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคเหนือ ในปี พ.ศ. 2557 ...	47
ก.9 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี พ.ศ. 2557.....	48
ก.10 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคตะวันออก ในปี พ.ศ. 2557.....	49
ก.11 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคตะวันตก ในปี พ.ศ. 2557.....	50
ก.12 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคใต้ ในปี พ.ศ. 2557.....	51
ข.1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมัน.....	53
ข.2 ปริมาณการซื้อขายประเภท ULG 91 ปี พ.ศ. 2556 และ 2557	53
ข.3 ปริมาณการซื้อขายประเภท ULG 95 ปี พ.ศ. 2556 และ 2557	53
ข.4 ปริมาณการซื้อขายประเภท Gasohol 95 ปี พ.ศ. 2556 และ 2557	54
ข.5 ปริมาณการซื้อขายประเภท Gasohol 91 ปี พ.ศ. 2556 และ 2557	54

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ข.6 ปริมาณการซื้อขายประเภท Gasohol 95 E20 ปี พ.ศ. 2556 และ 2557	54
ข.7 ปริมาณการซื้อขายประเภท Gasohol 95 E85 ปี พ.ศ. 2556 และ 2557	55
ข.8 ปริมาณการซื้อขายประเภท HSD ปี 2556 และ ปี พ.ศ. 2557	55
ข.9 ปริมาณการซื้อขายประเภท HSD Premium ปี พ.ศ. 2556 และ 2557	55
ข.10 ปริมาณการซื้อขายประเภทน้ำมันเตา ปี พ.ศ. 2556 และ 2557	56
ข.11 องค์ประกอบของน้ำมันแต่ละชนิด	57
ข.12 ตัวอย่างการคำนวณการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากน้ำมันประเภท ไวไฟน้อยในปี พ.ศ. 2556	59
ค.1 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน ULG 91 ปี พ.ศ. 2556	61
ค.2 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน ULG 95 ปี พ.ศ. 2556	61
ค.3 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 91 ปี พ.ศ. 2556	62
ค.4 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 95 ปี พ.ศ. 2556	62
ค.5 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 95 E20 ปี พ.ศ. 2556	63
ค.6 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 95 E85 ปี พ.ศ. 2556	63
ค.7 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน HSD ปี พ.ศ. 2556	64
ค.8 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน HSD Premium ปี พ.ศ. 2556	64
ค.9 ตารางการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมันเตา ปี พ.ศ. 2556	65
ค.10 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน ULG 91 ปี พ.ศ. 2557	65
ค.11 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน ULG 95 ปี พ.ศ. 2557	66
ค.12 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 91 ปี พ.ศ. 2557	66
ค.13 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 95 ปี พ.ศ. 2557	67
ค.14 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 95 E20 ปี พ.ศ. 2557	67
ค.15 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 95 E85 ปี พ.ศ. 2557	68
ค.16 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน HSD ปี พ.ศ. 2557	68
ค.17 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน HSD Premium ปี พ.ศ. 2556	69
ค.18 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมันเตา ปี พ.ศ. 2556	69

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันปิโตรเลียม	6
2.2 ถังหลังคาอยู่กับที่แบบแนวตั้ง	7
2.3 ถังหลังคาลอยภายใน	7
2.4 ถังหลังคาลอยภายนอก	8
2.5 รูปการถ่ายเทน้ำมันลงสู่ถังน้ำมันใต้ดิน	10
2.6 รูปการถ่ายเทถังน้ำมันจากถังน้ำมันใต้ดินไปยังรถยนต์	10
2.7 รูปของถังหลังคาอยู่กับที่ (side view)	12
3.1 หน้าต่างของโปรแกรม Tank ที่ใช้ป้อนเข้าข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา	19
3.2 หน้าต่างของโปรแกรม Tank ที่ใช้สำหรับการป้อนข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	20
3.3 หน้าต่างของโปรแกรม Tank สำหรับใช้ในการเลือกประเภทของถัง	20
3.4 หน้าต่างโปรแกรม Tank สำหรับใส่ข้อมูลด้วยถังประเภท Internal floating roof Tank	21
3.5 หน้าต่างโปรแกรม Tank สำหรับการใส่ข้อมูลด้วยถังประเภท Vertical fixed roof tank	21
3.6 รูปแสดงการกรอกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในโปรแกรม Tank.....	22
3.7 หน้าต่างของโปรแกรม Tank ในการป้อนข้อมูลของของเหลวในถัง	23
3.8 หน้าต่างของโปรแกรมที่ใช้ในการจำแนกองค์ประกอบของสารอินทรีย์ ระเหยสำหรับน้ำมันประเภทไวไฟมาก.....	24
3.9 ตัวอย่างผลการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย	24
4.1 สัดส่วนของการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดแยกตามประเภทของน้ำมัน ในปี พ.ศ. 2556	27
4.2 สัดส่วนของการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดแยกตามประเภทของน้ำมัน ในปี พ.ศ. 2557	28
4.3 สัดส่วนของการสูญเสียมลพิษจากคลังน้ำมันในแต่ละประเภทในปี พ.ศ. 2556 และ 2557.....	28
4.4 สัดส่วนการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากน้ำมันประเภทต่างๆในปี พ.ศ. 2556.....	31
4.5 สัดส่วนการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากน้ำมันประเภทต่างๆในปี พ.ศ. 2557.....	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

เนื่องจากปัจจุบันการคมนาคมในประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยเห็นได้จากการสร้างระบบสาธารณูปโภคที่เพิ่มขึ้นทั้ง ถนน ทางพิเศษ ประกอบกับนโยบายของรัฐบาล ในปี 2555 ที่มีการคืนภาษีรถยนต์คันแรก ส่งผลให้ปริมาณรถยนต์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้น ความต้องการในการใช้น้ำมันเพื่อการคมนาคมจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากข้อมูลสรุป การผลิต นำเข้า จำหน่าย และส่งออกน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศไทย พบว่าในปี พ.ศ. 2550 ความต้องการใช้น้ำมันปิโตรเลียมของคนไทยมีปริมาณ 3,611 ล้านลิตร [1] ในปี พ.ศ. 2556 พบว่าความต้องการใช้น้ำมันปิโตรเลียมเพิ่มสูงขึ้นถึง 4,414 ล้านลิตร และมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นทุกปี นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนสถานีบริการน้ำมันซึ่งมีอยู่เพียง 18,993 แห่งในปี พ.ศ. 2549 แต่ในปี พ.ศ. 2557 มีจำนวนสถานีบริการน้ำมันเพิ่มขึ้นเป็น 24,213 แห่ง เพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีการเพิ่มจำนวนสถานีบริการน้ำมัน และปริมาณน้ำมันในคลังน้ำมันทั่วประเทศ

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บและจำหน่ายน้ำมันปิโตรเลียมเป็นแหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ระเหยออกสู่บรรยากาศที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่ง เนื่องจากน้ำมันปิโตรเลียมเป็นของผสมที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ระเหยหลากหลายประเภท ทำให้สามารถติดไฟและกลายเป็นไอได้ง่าย ดังนั้นการกักเก็บน้ำมันปิโตรเลียมในปริมาณมากจึงต้องเก็บไว้ในถังกักเก็บน้ำมันที่ต้องมีการออกแบบและควบคุมเป็นพิเศษ แม้ว่าการออกแบบจะมีประสิทธิภาพดีเพียงใด ไอระเหยของสารอินทรีย์ก็ยังคงสามารถระเหยออกจากถังกักน้ำมันได้ ดังนั้นในแต่ละวันน้ำมันปิโตรเลียมที่ถูกกักเก็บไว้ในคลังน้ำมันและน้ำมันปิโตรเลียมถ่ายเทเข้าและออกจากคลังน้ำมันสู่รถขนส่งเพื่อกระจายน้ำมันไปยังสถานีบริการ การถ่ายเทน้ำมันจากรถขนส่งน้ำมันไปยังถังกักเก็บของสถานีบริการและการจ่ายน้ำมันจากหัวจ่ายไปยังรถยนต์ดังกล่าวสามารถทำให้มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยให้ออกมาสู่บรรยากาศมากยิ่งขึ้น เมื่อสารอินทรีย์ระเหยนอกจากจะมีพิษโดยตรงแล้วยังสามารถทำปฏิกิริยากับสารเคมีอื่นๆ ในชั้นบรรยากาศเกิดเป็นสารที่มีอันตรายมากยิ่งขึ้น สารอินทรีย์ระเหยบางตัวอาจเป็นสารก่อมะเร็งและสารที่ก่อให้เกิดก๊าซโอโซน ซึ่งมีฤทธิ์ในการทำให้เกิดการระคายเคืองในระบบทางเดินหายใจของมนุษย์

งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญและมีความสนใจที่จะจัดทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศประเภทสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมันและสถานีบริการน้ำมันทั่วประเทศ เนื่องจากบัญชีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมันและสถานีบริการที่เคยจัดทำขึ้นมาเป็นข้อมูลที่ล้ำสมัยไม่สามารถนำมาใช้ในการจัดการปัญหาในสถานการณ์ปัจจุบันได้ ข้อมูลบัญชีการปลดปล่อยที่จัดทำขึ้นมาจะถูกนำไปใช้ในการจัดการควบคุม แก้ไขและลดปัญหาด้านมลพิษทางอากาศ รวมทั้งการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อจัดทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศประเภทสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds: VOCs) จากคลังน้ำมันและสถานีบริการ
2. เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการจัดทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของคลังน้ำมันและสถานีบริการน้ำมันไปใช้เป็นข้อมูลในการป้อนเข้าในแบบจำลองคุณภาพอากาศ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมันและสถานีบริการในประเทศไทยในปี 2556 และ 2557

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงวิธีการที่ใช้ในการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยโดยใช้ปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากคลังน้ำมัน
2. สามารถจัดทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศประเภทสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมันทั่วประเทศ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการจัดทำแบบจำลองการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการควบคุม กำจัด และลดปัญหาด้านมลพิษทางอากาศ
3. ทำให้ได้รับความรู้เพิ่มเติมและมีความใจเกี่ยวกับการระเหยของน้ำมันที่อยู่ในถังเก็บน้ำมันแบบต่างๆ

บทที่ 2

ทฤษฎี

เนื้อหาในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ โดยจะประกอบไปด้วย ความหมายของน้ำมันปิโตรเลียม กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันปิโตรเลียม ถึงกักเก็บน้ำมัน สถานีบริการน้ำมัน และลักษณะการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย รวมไปถึงวิธีการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

2.1 น้ำมันปิโตรเลียม [2]

น้ำมันปิโตรเลียม หมายถึง ของเหลวที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ ที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ ให้เหมาะสมกับการใช้งาน เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานในการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ หรือใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ต้มน้ำในหม้อไอน้ำ ใช้ในเตาอบเครื่องปั้นดินเผา หรือในโรงงานเซรามิก และใช้ในการทำความร้อน ให้แสงสว่าง เป็นต้น เนื่องจากน้ำมันเป็นของเหลวชนิดหนึ่งประกอบไปด้วยสารไฮโดรคาร์บอนนับร้อยชนิดผสมกันอยู่ ซึ่งมีคุณลักษณะสำคัญคือสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย การกลายเป็นไอของน้ำมันนั้นขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ และความดันของน้ำมัน เนื่องจากน้ำมันประกอบด้วยสารอินทรีย์หลายชนิดผสมกัน ดังนั้นไอระเหยของน้ำมันจึงประกอบด้วย สารประกอบอินทรีย์ระเหย

2.1.1 สารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds: VOCs) [3]

สารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds) คือ สารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งมีจุดเดือดอยู่ในช่วง 50-260 องศาเซลเซียส (ไม่นับรวมสารในกลุ่มยาฆ่าแมลง) ในสภาวะอุณหภูมิปกติ สารประกอบอินทรีย์ระเหยจะอยู่ในรูปของก๊าซหรือไอชนิดของสารประกอบ ซึ่งสามารถเข้าสู่ร่างกายผ่านทาง 3 ช่องทางคือ การหายใจ การกินหรือดื่มและการสัมผัสทางผิวหนังการตรวจจับ สามารถตรวจจับโดยใช้เครื่องวัดไอสารอินทรีย์ (Organic Vapor Analyzer) ใช้หลักการของโครมาโทกราฟี ในการตรวจวัด

2.1.2 ชนิดของน้ำมัน [4]

ผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมมีหลายชนิด สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางทั้งทางตรงและทางอ้อม คุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เพื่อให้ทันกับวิวัฒนาการของเครื่องยนต์ที่เจริญก้าวหน้าอย่างไม่หยุดยั้งซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงตามพระราชบัญญัติควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ.2542 สามารถจำแนกได้ 3 ประเภทดังนี้

- 1) ชนิดไวไฟน้อย ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีจุดวาบไฟตั้งแต่ 60 องศาเซลเซียสขึ้นไป เช่น น้ำมันเบนซิน เป็นต้น
- 2) ชนิดไวไฟปานกลาง ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีจุดวาบไฟตั้งแต่ 37.8 องศาเซลเซียสขึ้นไปแต่ต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส เช่น น้ำมันเตา เป็นต้น
- 3) ชนิดไวไฟมาก ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 37.8 องศาเซลเซียส เช่น น้ำมันดีเซล เป็นต้น

2.1.3 องค์ประกอบของน้ำมัน [3]

สารประกอบอินทรีย์ระเหยสามารถแบ่งตามโครงสร้างโมเลกุลได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบสายโซ่ตรง (เช่น ออกเทน บิวเทน โพรเพน) และกลุ่มสารอะโรมาติก (เช่น โทลูอิน เบนซีนเอทิลเบนซีน และไซลีน) องค์ประกอบของน้ำมันแต่ละประเภทแสดงดังตารางที่ 2.1 หากไอระเหยของน้ำมันเกิดรั่วไหลออกมาจะปล่อยสารอินทรีย์ระเหยออกมาต่างกันตามชนิด และปริมาณของสารในน้ำมันนั้นๆ

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของน้ำมันชนิดต่างๆ [5]

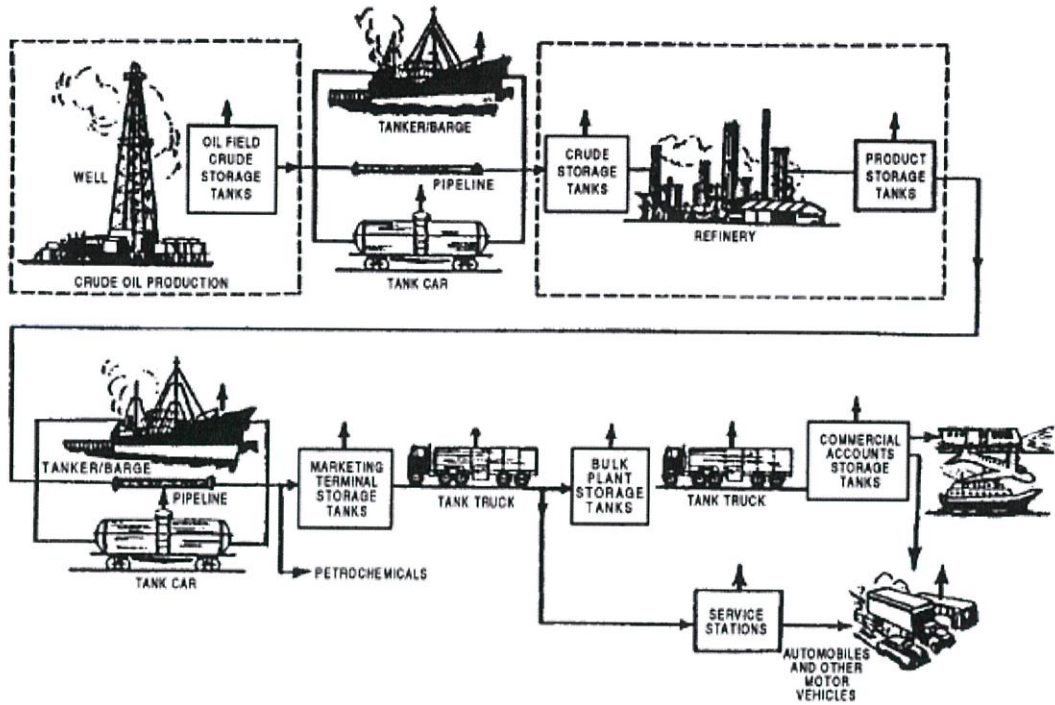
Substance	Crude oil	Fuel oil	Heating oil	Jet kerosene	Avgas 100	Avgas LL
	Typical composition (%)	Typical composition (%)	Typical composition (%)	Typical composition (%)	Typical composition (%)	Typical composition (%)
Benzene	0.090	0.010	-	0.367	1.300	4.000
Cumene	0.040	0.215	-	2.830	0.011	0.025
Cyclohexane	0.760	-	-	1.200	0.483	0.002
Ethyl benzene	0.160	0.010	0.070	0.517	0.175	6.500
n-Hexane	2.060	0.010	-	4.650	0.900	2.525
Lead	-	-	-	-	0.350	0.267
PAH ³	0.300	0.820	0.800	0.985	0.125	-
Toluene	0.410	0.030	0.080	0.180	2.123	14.250
Xylenes	0.710	0.100	0.330	1.880	0.955	6.750
Ethanol	-	-	-	-	-	-
Other non-NPI listed VOCs	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของน้ำมัน [5] (ต่อ)

Substance	Diesel	Leaded petrol	Unleaded petrol (ULP)	Premium unleaded petrol (PULP)	RON98	Ethanol blend (E10)
	Typical composition (%)	Typical composition (%)	Typical composition (%)	Typical composition (%)	Typical composition (%)	Typical composition (%)
Benzene	0.030	0.903	0.933	1.003	1.007	0.990
Cumene	0.975	0.110	0.100	0.120	0.170	-
Cyclohexane	0.010	0.805	0.765	0.990	1.100	-
Ethyl benzene	0.110	1.600	1.533	1.763	1.805	2.000
n-Hexane	0.010	2.600	1.830	1.520	2.025	2.000
Lead	-	0.505	0.001	0.000	-	0.060
PAH ³	0.360	0.570	0.610	0.380	0.480	-
Toluene	0.100	7.927	5.603	7.093	19.650	7.500
Xylenes	0.345	8.170	7.747	8.980	9.730	10.000
Ethanol	-	-	-	-	-	10.000
Other non-NPI listed VOCs	ND	ND	ND	ND	ND	ND

2.2 กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันปิโตรเลียม

กระบวนการจัดหาปิโตรเลียมเริ่มต้นจากการหาแหล่งน้ำมันทั้งทางบกและทางทะเลจากในประเทศหรือนำเข้าจากต่างประเทศ น้ำมันดิบดังกล่าวจะถูกขนส่งผ่านทางระบบท่อ เรือ และอื่นๆ มายังโรงกลั่น กระบวนการกลั่นปิโตรเลียมจะทำการแยกน้ำมันดิบออกเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ แนฟทา น้ำมันเบนซิน และอื่นๆ โดยผลิตภัณฑ์ประเภทก๊าซ จะถูกอัดให้มีสถานะเป็นของเหลวโดยใช้ความดันเพื่อให้่ายต่อการขนส่ง โดยบางส่วนอาจขนส่งผ่านทางระบบท่อ ส่วนผลิตภัณฑ์ประเภทของเหลวจะถูกขนส่งไปยังผู้บริโภครถยนต์ผ่านระบบท่อ รถไฟ และรถบรรทุกไปยังคลังน้ำมัน คลังน้ำมันจะทำการผสมน้ำมันกับส่วนผสมชนิดต่างๆ เพื่อให้ได้น้ำมันชนิดที่ต้องการ จากนั้นก็ถูกส่งไปยังสถานีบริการผ่านทางรถบรรทุก ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันปิโตรเลียม [6]

2.3 ถังกักเก็บน้ำมันและลักษณะการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย [7]

2.3.1 ประเภทของถังกักเก็บ

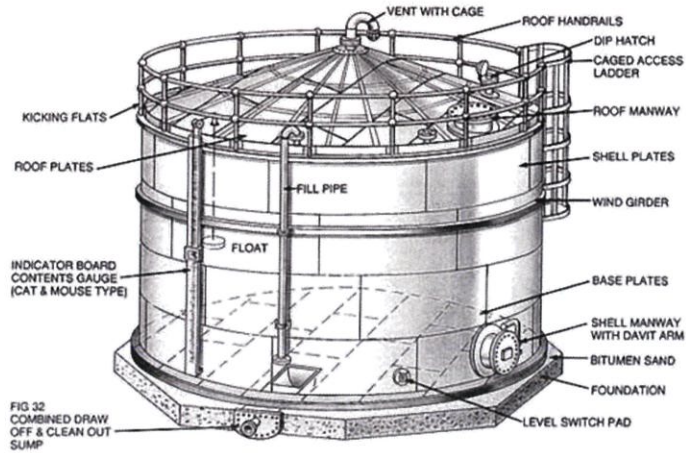
ถังเก็บน้ำมันที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมีอยู่หลายประเภท ได้แก่ ถังหลังคาอยู่กับที่และหลังคาลอยเป็นต้น

1) ถังหลังคาอยู่กับที่ (Fixed roof tank)

ถังหลังคาอยู่กับที่ประกอบด้วยส่วนลำตัวที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกกับส่วนหัวที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ อาจจะมีลักษณะเป็น แผ่น กรวย หรือเป็นรูปโดมดังรูปที่ 2.2 โดยทั่วไปแล้วถังหลังคาที่อยู่กับที่จะมีระบบระบายอากาศ เพื่อป้องกันเหตุการณ์การเพิ่มสูงขึ้นของความดันภายในท่อ ซึ่งระบบระบายอากาศนี้เป็นระบบที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยมลพิษในกระบวนการกักเก็บน้ำมันถึงถังหลังคาอยู่กับที่ที่สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะการวางถัง

1.1) การตั้งถังหลังคาอยู่กับที่แบบแนวตั้ง (Vertical fixed roof tank)

การวางถังในลักษณะนี้จะนำมาใช้เมื่อต้องการจะวางถังในบริเวณเหนือระดับพื้นดิน ซึ่งการวางถังในลักษณะนี้ใช้เก็บน้ำมันประเภทไวไฟปานกลาง และไวไฟน้อย



รูปที่ 2.2 ถังหลังคาอยู่กับที่แบบแนวตั้ง [8]

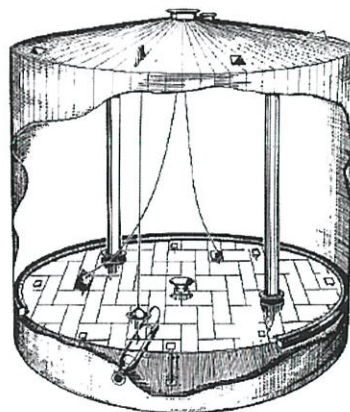
1.2) การตั้งถังหลังคาอยู่กับที่แบบแนวนอน (Horizontal fixed roof tank)
การวางถังในแนวนอนจะนำมาใช้งานในกรณีที่ต้องการจะวางถังในบริเวณที่ต่ำกว่าระดับพื้นดินถึงที่วางในแนวนอนส่วนมากมักจะเป็นถังสูญญากาศ

2) ถังหลังคาลอย (Floating Roof tank)

ถังกักเก็บประเภทหลังคาลอยแบ่งเป็น 2 ชนิดได้แก่

2.1) ถังหลังคาลอยภายใน (Internal floating roof tank)

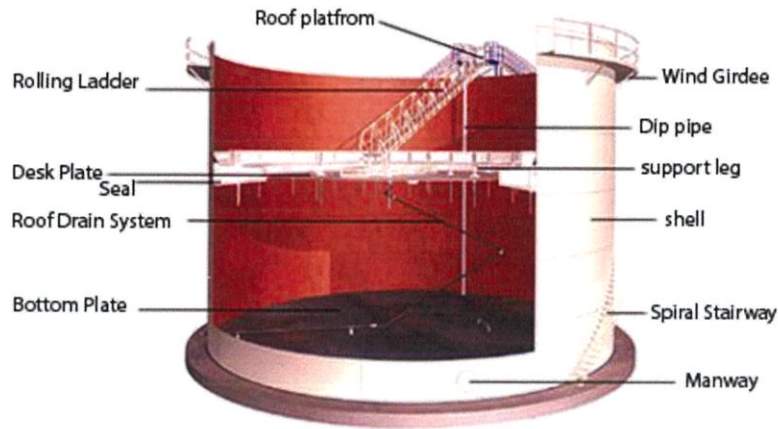
ถังหลังคาลอย (Internal floating roof tank) ภายในมีลักษณะคล้ายกับถังหลังคาอยู่กับที่ (Fixed roof tank) แตกต่างกันตรงที่จะมีหลังคาลอยภายในทำหน้าที่ปรับความดันภายในถัง เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของความดันภายในถัง และเพื่อป้องกันการลุกติดไฟของน้ำมันภายในถัง ที่อาจเกิดขึ้นจากสมบัติทางกายภาพของน้ำมันมีการติดตั้งระบบระบายอากาศเพื่อป้องกันการปลดปล่อยมลพิษ ลักษณะถังหลังคาลอยภายในแสดง ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ถังหลังคาลอยภายใน [9]

2.2) ถังหลังคาลอยภายนอก (External floating roof tank)

โดยทั่วไปแล้วถังชนิดนี้ประกอบด้วยส่วนของฐานที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีหลังคาที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของความดันภายในถัง ลักษณะของถังหลังคาลอยภายนอกแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ถังหลังคาลอยภายนอก [9]

2.3.2 การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศตามลักษณะถังเก็บน้ำมัน [11]

1) การปลดปล่อยมลพิษของถังหลังคาอยู่กับที่ (Fixed roof tank)

การปลดปล่อยมลพิษจากถังหลังคาอยู่กับที่แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1.1) การสูญเสียจากการจัดเก็บ (Standing storage loss หรือ breathing loss)

การปลดปล่อยมลพิษแบบนี้เกิดจากการถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่สูงกว่าไปยังผนังของถังน้ำมันและจากถังน้ำมันไปยังน้ำมัน ส่งผลให้น้ำมันที่อยู่ในถังกลายเป็นไอมากขึ้น ทำให้ความดันภายในถังเก็บน้ำมันสูงขึ้นตาม เมื่อความดันสูงขึ้นเกินค่าที่ตั้งไว้ ระบบระบายความดันจะทำการปลดปล่อยไอบางส่วนออกไปเพื่อทำให้ความดันภายในถังอยู่ในระดับที่ควบคุมได้

1.2) การสูญเสียจากการขนถ่าย (Working loss)

การปลดปล่อยประเภทนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับของเหลวภายในถัง จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.2.1) Filling loss

ในขณะที่เติมน้ำมันไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำมัน จะมีอากาศแทรกเข้ามาในถังเมื่อปริมาณของอากาศสูงถึงค่าที่กำหนด ระบบระบายอากาศจะขับไล่อากาศที่แทรกเข้ามาพร้อมน้ำมันออกไป ทำให้มีไอระเหยของน้ำมันบางส่วนถูกระบายไปพร้อมกับอากาศด้วย

1.2.2) Emptying loss

ระหว่างการถ่ายเทน้ำมันออกจากถัง เมื่อระดับน้ำมันในถังลดลง ความดันของไอบนถังลดลง เมื่อความดันลดลงจนถึงจุดต่ำสุดที่ตั้งไว้ อากาศภายนอกจะถูกดูดเข้ามาภายในถัง โดยปริมาตรน้ำมันที่ถ่ายออกจะเท่ากับปริมาตรของอากาศที่ถูกดูดเข้ามา น้ำมันส่วนที่เหลืออยู่ในถังจะปรับตัวเข้าสู่สภาวะสมดุลโดยการกลายเป็นไอบริเวณผิวของน้ำมัน ทำให้ความดันสูงขึ้น เมื่อความดันสูงขึ้นจนถึงค่าที่ตั้งไว้ ระบบจะทำการระบายไอบางส่วนเพื่อรักษาความดันภายในถัง

2) การปลดปล่อยมลพิษของถังที่มีหลังคาลอย (Floating roof tank)

การปลดปล่อยมลพิษจากถังหลังคาลอยจะเกิดได้ 2 รูปแบบคือ

2.1) การสูญเสียบริเวณช่องว่างที่ขอบของถัง (Rim space loss)

ตัวการที่ทำให้เกิดการสูญเสียประเภทนี้คือ ลมเนื่องจากบริเวณหลังคาของถังมีลมพัดอยู่ตลอดเวลาทำให้บริเวณหลังคาของถังเป็นบริเวณที่มีความดันต่ำกว่าภายในถัง ทำให้เกิดการถ่ายเทมลพิษจากถังไปยังอากาศข้างบน

2.2) การสูญเสียจากการถ่ายเทน้ำมันออกจากถัง (Withdrawal loss)

เมื่อระดับของน้ำมันในถังลดลงระดับของหลังคาจะค่อยๆตกลงมาน้ำมันบางส่วนจะติดอยู่บริเวณรอบๆถังและเสาค้ำหลังคา เมื่อน้ำมันส่วนนี้จะสัมผัสกับอากาศในถังจะเกิดการระเหยจนกระทั่งหลังคาลอยขึ้นมาปิดในระหว่างการเติมน้ำมัน

2.3) การสูญเสียบริเวณผนังซึ่งปิดช่องว่างระหว่างหลังคาลอยและผนังถัง (Desk fitting loss)

การสูญเสียประเภทนี้เกิดจากอุปกรณ์ที่เจาะผ่านผนังคาลอย ทำให้เกิดช่องเปิดขนาดเล็ก ซึ่งระเหยของน้ำมันจะอาศัยหลังการในลักษณะเดียวกับการสูญเสียบริเวณที่ช่องว่างระหว่างขอบของถัง (Rim space loss) แต่รั่วจากช่องเปิดนี้แทน

2.4 การสูญเสียของน้ำมันจากสถานีบริการ [11]

2.4.1 ลักษณะการปลดปล่อยมลพิษของสถานีบริการน้ำมัน [12]

เนื่องจากสถานีบริการน้ำมันมีการกักเก็บน้ำมันในลักษณะเดียวกับคลังน้ำมัน ลักษณะของการปลดปล่อยมลพิษจึงมีลักษณะใกล้เคียงกัน แตกต่างกันที่สถานีการบริการน้ำมันมีจำนวนครั้งของการถ่ายเทน้ำมันที่มากกว่า และวิธีการถ่ายเทน้ำมันที่แตกต่างกัน การขาดการป้องกันการระเหยของน้ำมัน ทำให้การปลดปล่อยมลพิษจากถังกักเก็บของสถานีบริการน้ำมันมีปริมาณสูง สามารถจำแนกลักษณะการปลดปล่อยได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) การสูญเสียไอระเหยในขณะที่ถ่ายเทน้ำมันลงถังน้ำมันที่อยู่ใต้ดิน

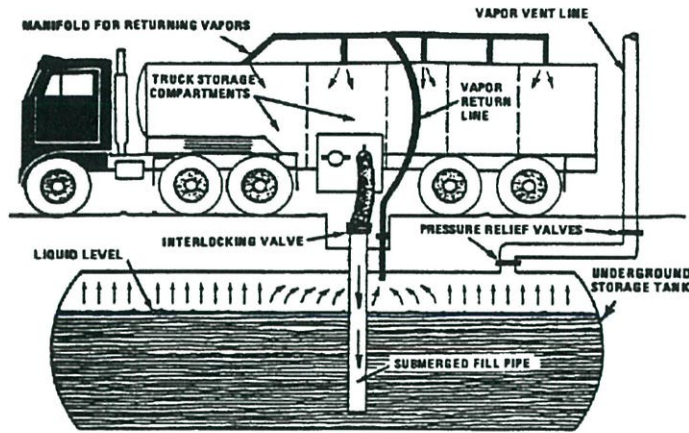
ก่อนที่จะถ่ายเทน้ำมันลงสู่ถังใต้ดิน น้ำมันในถังน้ำมันอยู่ในสภาวะทั้งของเหลวและไอเมื่อทำการถ่ายเทน้ำมัน ไอระเหยบางส่วนจะเคลื่อนที่ออกจากถังน้ำมันออกสู่บรรยากาศ ซึ่งวิธีการเติมน้ำมันลงสู่ถังใต้ดินนี้มี 3 วิธีคือ

1.1) การเติมแบบกระเซ็น (Splash filling)

เป็นวิธีการเติมน้ำมันโดยจุ่มท่อเหนือระดับของเหลวในถัง ทำให้เกิดการการกระเซ็น วิธีนี้เป็นวิธีการเติมน้ำมันที่ปลดปล่อยมลพิษมากที่สุด เนื่องจากหยดน้ำมันที่กระเซ็นสามารถกลายเป็นไอได้ง่าย

1.2) การเติมแบบจุ่ม (Submerge filling)

เป็นวิธีการเติมน้ำมันโดยจุ่มท่อใต้ระดับของเหลวในถังดังรูปที่ 2.5 เป็นวิธีการเติมน้ำมันที่นิยมใช้ เนื่องจากเป็นวิธีการเติมน้ำมันที่ไม่มีน้ำมันที่เสียเปล่าเช่นวิธีแบบกระเซ็น



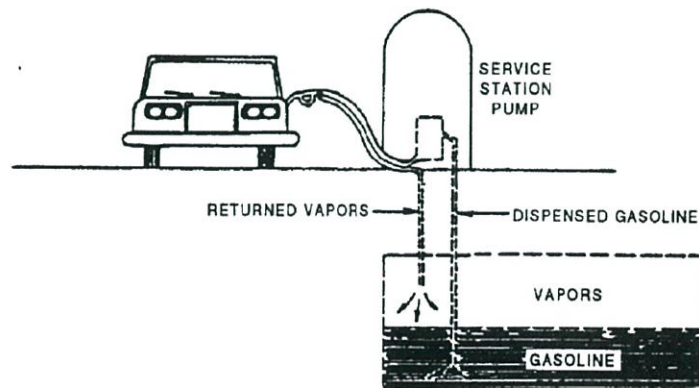
รูปที่ 2.5 การถ่ายเทน้ำมันลงสู่ถังน้ำมันใต้ดิน [12]

2) Breathing loss และ Emptying loss

Breathing loss เป็นการสูญเสียในลักษณะเดียวกับคลังน้ำมัน เกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนจากบรรยากาศถ่ายเทสู่ถังน้ำมัน ทำให้อุณหภูมิของน้ำมันสูงขึ้น และกลายเป็นไอมากขึ้นส่งผลให้ความดันภายในถังสูง เพื่อป้องกันการระเบิดที่เกิดจากความดันที่สูงขึ้น จึงต้องมีระบบระบายไอระเหยของน้ำมันส่วนนี้ Breathing loss จึงเป็นการสูญเสียที่เกิดขึ้นทุกวันและไม่สามารถควบคุมได้ ส่วน Emptying loss เป็นการสูญเสียในกรณีที่มีการถ่ายเทน้ำมันออกจากถังน้ำมัน เมื่อระดับน้ำมันในถังลดลงความดันของไภายในถังลดลง เมื่อความดันลดลงจนถึงจุดต่ำสุดที่ตั้งไว้ อากาศภายนอกจะถูกดูดเข้ามาภายในถัง ซึ่งปริมาตรน้ำมันที่ออกเท่ากับปริมาตรของอากาศที่เข้ามา จากนั้นน้ำมันส่วนที่เหลืออยู่ในถังจะปรับตัวเข้าสู่สภาวะสมดุลโดยการกลายเป็นไอบริเวณผิวของน้ำมัน ทำให้ความดันสูงขึ้น เมื่อความดันสูงขึ้นจนถึงค่าที่ตั้งไว้ ระบบจะทำการระบายไอบางส่วนเพื่อรักษาความดันภายในถัง

3) การสูญเสียที่เกิดจากการเติมน้ำมันสู่ยานพาหนะ

การสูญเสียลักษณะนี้เกิดจากหัวฉีดที่ใช้ถ่ายเทน้ำมันเข้าสู่ถังน้ำมันในรถยนต์ ในระหว่างการถ่ายเทน้ำมันเข้าสู่ถังน้ำมันของเครื่องยนต์ ไอระเหยของน้ำมันบางส่วนสามารถออกสู่บรรยากาศซึ่งสามารถลดการสูญเสียประเภทนี้ได้ โดยการติดตั้งระบบ VRU (Vapor recovery unit) แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การถ่ายเทถังน้ำมันจากถังน้ำมันใต้ดินไปยังรถยนต์และระบบ VRU [12]

2.5 หลักการและวิธีการในการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังกักเก็บ

2.5.1 สมการที่ใช้ในการคำนวณ [11]

ในการคำนวณการสูญเสียไอระเหยของน้ำมันจากคลังน้ำมันสามารถคำนวณได้โดยอาศัยหลักการทางเทอร์โมไดนามิกเกี่ยวกับ สมดุลวัฏภาคไอและของเหลว ซึ่งการคำนวณการสูญเสียของน้ำมันในถังต่างชนิดกันก็มีวิธีการคำนวณที่ต่างกัน เนื่องจากถังแต่ละชนิดมีการสูญเสียของสารอินทรีย์ระเหยที่ต่างกัน

1) ถังหลังคาอยู่กับที่ (Fixed roof tank)

1.1) Standing storage loss

ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียประเภทนี้ ได้แก่

- คุณสมบัติของน้ำมันที่กักเก็บ เช่น ชนิดของน้ำมัน ความดันไอของน้ำมัน และอุณหภูมิของน้ำมันในถัง
- ข้อมูลเกี่ยวกับถัง เช่น เส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง ชนิดของหลังคา โครงสร้าง และสีทาถัง
- ข้อมูลด้านภูมิอากาศของสถานที่ที่ตั้งของคลังน้ำมัน เช่น อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

การคำนวณ standing loss storage loss สามารถประเมินได้ จากสมการที่ 2.1

$$L_s = 365V_vW_vK_EK_s \quad (2.1)$$

โดยที่	L_s	=	Standing storage loss	; lb/yr
	V_v	=	ปริมาตรของไอในถัง	; ft ³
	W_v	=	ความหนาแน่นของไอน้ำมัน	; lb/ft ³
	K_E	=	Vapor space expansion factor	
	K_s	=	Vented Vapor saturation factor	

โดยขั้นตอนต่างๆดังนี้

1.1.1) การหาปริมาตรของไอในถัง (V_v)

เนื่องจากถังน้ำมันมีลักษณะเป็นทรงกระบอกมีหลังคารูปโดมปิดด้านบน ภายในบรรจุด้วยน้ำมันและไอน้ำมัน ดังนั้นปริมาตรของไอ สามารถคำนวณได้จาก สมการ 2.2

$$V_v = \frac{\pi}{4} D^2 H_{v0} \quad (2.2)$$

โดยที่	D	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของถัง	; ft
	H_{v0}	=	Vapor space outage	; ft

1.1.2) การหา Vapor space outrage (H_{V0})

Vapor space outrage เป็นความสูงของถังทรงกระบอกซึ่งมีปริมาตรเท่ากับ ปริมาตรของไอในถังน้ำมันอยู่กับที่ (Fixed roof tank) รวมกับปริมาตรของถังภายใต้หลังคารูปโดม ดังแสดงในรูป 2.7 โดยค่า Vapor space outrage สามารถคำนวณได้จาก สมการ 2.3

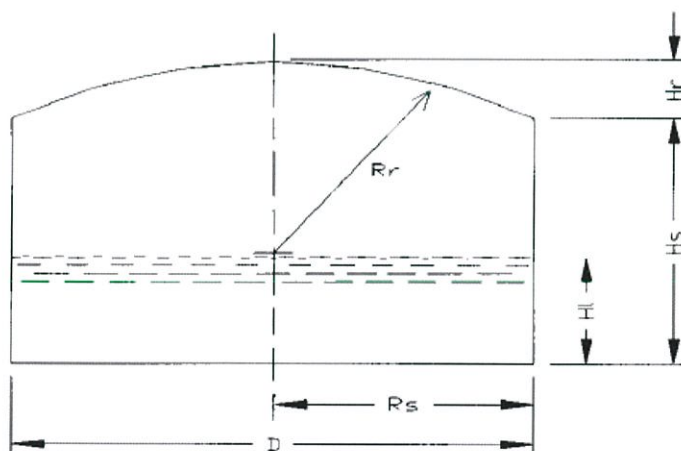
$$H_{V0} = H_S - H_L + H_{R0} \quad (2.3)$$

โดยที่	H_{V0}	=	Vapor space outrage	; ft
	H_L	=	ความสูงของของเหลวภายในถัง	; ft
	H_S	=	ความสูงของผนังถัง	; ft
	H_{R0}	=	Roof outrage	; ft

สำหรับถังหลังคารูปโดมค่า Roof outrage สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 2.4

$$H_{R0} = H_R \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(\frac{H_R}{R_R} \right)^2 \right] \quad (2.4)$$

โดยที่	H_R	=	$S_R R_S$	
	H_R	=	$H_R [R_R^2 \cdot R_S^2]^{0.5}$	
	S_R	=	รัศมีของหลังคารูปโดม	; ft



รูปที่ 2.7 รูปของถังหลังคาอยู่กับที่ (side view) [11]

1.1.3) การหาความหนาแน่นของไอน้ำมัน (W_V)

ความหนาแน่นของไอน้ำมัน สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.5

$$W_V = \frac{M_V P_{VA}}{R_U T_{LA}} \quad (2.5)$$

โดยที่	M_V	=	น้ำหนักโมเลกุลของไอน้ำมัน	; lb / lb-mole
--------	-------	---	---------------------------	----------------

R_U	=	Gas constant (10.731 psia ft ³ / lb-mole R)
P_{VA}	=	ความดันไอของน้ำมันในแต่ละวัน ; psia
T_{LA}	=	อุณหภูมิที่ผิวน้ำมันเฉลี่ยแต่ละวัน ; R

$$\text{โดยที่ } T_{LA} = 0.44T_{AA} + 0.56T_B + 0.0079\alpha$$

T_{AA}	=	อุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละวัน ; R
T_B	=	อุณหภูมิของน้ำมันในถัง ; R
I	=	ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ตกบนผิวราบ ; Btu/ft ² day
α	=	สัมประสิทธิ์การดูดซับแสงอาทิตย์ของสีทาสี

1.1.4) การหา Vapor space expansion factor

ค่า Vapor space expansion factor สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.6

$$K_E = \frac{\Delta T_V}{T_{LA}} + \left(\frac{\Delta P_V - \Delta P_B}{P_A - P_{VA}} \right) \quad (2.6)$$

โดยที่	ΔT_V	=	อุณหภูมิของไอในแต่ละวัน ; R
	ΔP_V	=	ช่วงความดันไอในแต่ละวัน ; psi
	ΔP_B	=	ช่วงความดัน ณ รั้วระบาย ; psi
	P_A	=	ความดันบรรยากาศ ; psia

1.1.5) การหา Vented Vapor Saturation Factor (K_S)

ค่า Vented Vapor Saturation Factor (K_S) สามารถคำนวณดังสมการที่

2.7

$$K_S = \left[\frac{1}{1 + 0.053 P_{VA} H_{VO}} \right] \quad (2.7)$$

โดยที่ ใช้ค่าคงที่ H_{VO} และ P_{VA} จากสมการที่ 2.3 และ 2.5

1.2) Working loss

ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียประเภทนี้ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุลไอของน้ำมัน ความดันไอของน้ำมัน หรือ Reid vapor pressure ของน้ำมัน Stock annual net though put Stock turnover rate และชนิดของน้ำมัน

การประเมิน Working loss สามารถประเมินได้จากสมการที่ 2.8

$$F = \left(\frac{3PV}{10,000} \right) K_T \quad (2.8)$$

โดยที่	F	=	Working loss	; barrel /yr
	P	=	ความดันไอของน้ำมัน	; psia
	V	=	ปริมาณน้ำมันที่เพิ่มขึ้นจากการเติม	; barrel
	K_T	=	Turnover factor	
เมื่อ	$K_T = \frac{180+N}{6N}$		สำหรับ $N > 36$	
	$K_T = 1$		สำหรับ $N \leq 36$	
โดยที่	N	=	Stock turnover rate	; turnover /yr

2) ถังหลังคาลอย (Floating Roof tank)

ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหยของถังชนิดนี้ได้แก่

- ความดันไอของน้ำมัน
- อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำมันในถัง
- ชนิดของน้ำมัน
- เส้นผ่าศูนย์กลางของถัง
- ชนิดของหลังคา
- ชนิดของผนัง
- ชนิดของและจำนวนอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนหลังคา
- โครงสร้างของหลังคา
- น้ำหนักโมเลกุลของไอน้ำมัน

2.1) Rim seal loss และ Deck fitting loss

ค่า Rim seal loss และ Deck fitting loss สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.9

$$L_R = [(K_r D) + (F_f) + (F_d)] P^* M_v K_c \quad (2.9)$$

โดยที่	L_T	=	Total loss	; lb/yr
	K_f	=	Rim seal loss factor	; lb-mole/ft yr
	D	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของถัง	; ft
	F_f	=	Total deck fitting loss factor	; lb-mole/yr
	F_d	=	Deck seam loss factor	; lb-mole/yr
	P^*	=	Vapor pressure function	
	M_v	=	น้ำหนักโมเลกุลของน้ำมัน	; lb/lb-mole
	K_c	=	Product factor	

ซึ่งสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

2.1.1) Total deck fitting loss factor (F_r)

ค่า Total deck fitting loss factor สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.10

$$F_r = \sum_{i=0}^n N_{fi} K_{fi} \quad (2.10)$$

โดยที่ N_{fi} = จำนวนอุปกรณ์แต่ละชนิด
 K_{fi} = Deck fitting loss factor ของอุปกรณ์แต่ละชนิด
 แสดงในตาราง ; lb-mole/yr

2.1.2) Deck seam loss factor (Fd)

ค่า Deck seam loss factor สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.11

$$F_d = K_d S_d D^2 \quad (2.11)$$

โดยที่ K_d = 0 (สำหรับหลังคาก่อสร้างแบบเชื่อม) ; lb-mole/ft yr
 S_d = Deck seam length factor ; ft /ft²

2.1.3) Vapor pressure function

ค่า Vapor pressure function สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.12

$$P^* = \left[\frac{(P/P_a)}{(1 + (1 - P/P_a)^{0.5})^2} \right] \quad (2.12)$$

โดยที่ P = ความดันไอของน้ำมัน ; psia
 P_a = ความดันบรรยากาศ ณ เพดานถัง ; psia

2.2) Withdrawal loss

ค่า Vapor pressure function สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.13

$$L_w = \frac{0.943QCWL}{D} \left[1 + \left(\frac{N_c F_c}{D} \right) \right] \quad (2.13)$$

โดยที่ L_w = Withdrawal loss ; lb/yr
 Q = ปริมาณน้ำมันที่ถ่ายเทออกใน 1 ปี ; bbl/yr
 C = Clingage factor ; bbl /1000 ft²
 WL = ความหนาแน่นของน้ำมันขณะเก็บ ; lb/gal
 N_c = จำนวนเสาค้ำหลังคา
 F_c = Effective column diameter ; ft

เนื่องจาก Withdrawal loss เป็นการระเหยน้ำมันที่ติดอยู่ตามผนังของถัง ดังนั้นในกรณีถังชนิดที่มีเสาค้ำยัน ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ให้น้ำมันติดได้มากขึ้น ดังนั้นต้องพิจารณาเส้นผ่าศูนย์กลางของเสา เนื่องจากเมื่อเสามีขนาดใหญ่ น้ำมันจะมีพื้นที่ที่เกาะมากขึ้น

2.5.2 วิธีการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย

ในการประเมินการปลดปล่อยมลพิษสามารถทำได้หลากหลายวิธีขึ้นอยู่กับเงินทุนในการวิจัยและความแม่นยำของผลการประเมินในงานวิจัยนี้ทางคณะผู้จัดทำได้เลือกวิธีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปและวิธีการคูณด้วยสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษมาใช้เนื่องจากใช้วิธีนี้เป็นวิธีการที่ใช้ค่าใช้จ่ายน้อย และให้ผลลัพธ์เป็นค่าที่ยอมรับได้

2.5.2.1 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษโดยใช้โปรแกรม Tank 4.09 d [15]

โปรแกรม Tank 4.09 d เป็นโปรแกรมของ US-EPA ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากถังกักเก็บสารเคมีโดยอาศัยหลักการของ API ได้กล่าวไว้หัวข้อก่อนหน้านี้ ผู้ใช้จะต้องจัดหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ถึงที่ต้องการประเมิน (เส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง สีของถัง) สภาพภูมิอากาศของที่ตั้ง (อุณหภูมิบรรยากาศ ความดันบรรยากาศ ความเร็วลม) และ องค์ประกอบของของเหลว ซึ่งผลลัพธ์จากโปรแกรม Tank สามารถรายงานมาเป็นรายปีหรือรายเดือนได้

2.5.2.2 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษแบบการใช้สัมประสิทธิ์ในการปลดปล่อยมลพิษ (Emission Factor) [13]

สัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ (Emission Factor) เป็นตัวเลขหรือค่าที่กำหนดขึ้นโดยพัฒนามาจากการตรวจวัดมลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิด ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษนี้จะขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับมลพิษชนิดนั้นๆ โดยแสดงได้ในรูปของน้ำหนักของสารที่ปลดปล่อยต่อหนึ่งหน่วยมวลของเชื้อเพลิง

การประเมินการปลดปล่อยโดยใช้ Emission Factor จะเหมาะสมกับการปลดปล่อยที่มีปริมาณค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่มักจะใช้ประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยที่ออกสู่บรรยากาศ โดยเฉพาะการฟุ้งกระจาย เช่น การปลดปล่อยที่ออกมาจาก ท่อ วาล์ว ข้อต่อ ช้องอ หัวฉีด แต่ไม่นิยมกับการประเมินการปลดปล่อยลงแหล่งน้ำหรือดิน ซึ่ง Emission Factor สามารถคำนวณปริมาณการปลดปล่อยได้เมื่อทราบข้อมูลของปริมาณการถ่ายเทมวลสาร จึงเป็นวิธีการนี้ที่เหมาะสมสำหรับการประเมินมลพิษที่ออกจากสถานีบริการน้ำมัน โดยประเมินการปลดปล่อยสามารถประเมินได้ตามสมการที่ 2.14

$$E = A \times EF \quad (2.14)$$

โดย E คือ ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ (Emission)
A คือ ปริมาณน้ำมันถ่ายเทเข้า-ออก (Net throughput)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อิศวรา รัตนประยูร [11] ได้ประเมินการระเหยของน้ำมันเบนซินจากคลังน้ำมันและสถานีบริการ ในปี 2538 โดยอาศัยข้อมูลจาก US-EPA โดยแบ่งเป็นสามส่วน ส่วนแรกเป็นการประเมินไอระเหยของน้ำมันเบนซินที่อยู่ในคลังน้ำมัน โดยจำแนกตามชนิด ของถังที่ใช้กักเก็บน้ำมัน ซึ่งแบ่งได้ 3 ชนิด ได้แก่ ถังหลังคาอยู่กบที่ ถังหลังคาลอยตัวภายใน และถังหลังคาลอยตัวภายนอก โดยข้อมูลถึงหลังคาอยู่กบที่ และถังหลังคาลอยตัวภายใน ได้มาจากคลังน้ำมันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยที่พระโขนง และข้อมูลถึงน้ำมันลอยตัวภายนอกได้มาจากคลังน้ำมันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยที่ศรีราชา ส่วนที่สองเป็นการประเมินการปล่อยไอระเหยของน้ำมันเบนซินระหว่างการขนถ่ายน้ำมันจากคลัง

น้ำมันมายังรถบรรทุก ซึ่งข้อมูลส่วนนี้ได้มาจากคลังน้ำมันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยที่พระโขนง และส่วนที่สามจะเป็นการประเมินการระเหยของสถานีบริการ โดยอาศัยโดยประเมินในขณะที่ถ่ายน้ำมันลงสู่ถังใต้ดินและขณะที่เติมน้ำมันเข้าสู่ถังน้ำมันของรถยนต์ ซึ่งข้อมูลตรงส่วนนี้ได้มาจากสถานีบริการน้ำมันสนามเป้า ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้จำแนกการปลดปล่อยมลพิษเป็น 4 ขั้นตอนได้แก่

1. การสูญเสียที่เกิดจากคลังน้ำมัน
2. การสูญเสียที่เกิดจากการถ่ายน้ำมันจากคลังน้ำมันไปยังรถบรรทุก
3. การสูญเสียที่เกิดจากการถ่ายน้ำมันไปยังถังน้ำมันใต้ดิน
4. การสูญเสียที่เกิดจากการเติมน้ำมัน

โดยพบว่าการสูญเสียที่เกิดจากคลังน้ำมันทั้งสามแบบมีค่าเท่ากับ 742 ตันต่อปี คิดเป็น 26% ของการสูญเสียทั้งหมด การสูญเสียที่เกิดจากการถ่ายน้ำมันจากคลังไปยังรถบรรทุกมีค่าเท่ากับ 770 ตันต่อปี คิดเป็น 28% ของการสูญเสียทั้งหมด การสูญเสียที่เกิดจากการถ่ายน้ำมันจากรถบรรทุกไปยังถังน้ำมันใต้ดินมีค่าเท่ากับ 670 ตันต่อปี คิดเป็น 24% ของการสูญเสียทั้งหมด และการสูญเสียที่เกิดจากการเติมน้ำมันของรถยนต์มีค่าเท่ากับ 630 ตันต่อปี คิดเป็น 22% ของการสูญเสียทั้งหมด และจากการเปรียบเทียบชนิดของถังกักเก็บน้ำมัน พบว่าถังหลังคาอยู่กับที่และถังหลังคาลอยตัวภายนอกมีค่าการสูญเสียมากกว่าถังหลังคาลอยตัวภายใน ซึ่งสามารถลดการสูญเสียนี้ได้โดยติดตั้งระบบนำไอคืนกลับ (Vapor recovery unit)

โพลิน ทวีวงศ์และคณะ [13] ได้ทำการประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปี 2551 โดยเริ่มจากการเก็บตัวอย่างของอากาศในบริเวณปั้ม โดยเก็บอากาศที่ความสูงระดับหน้าอกเป็นเวลา 8 ชั่วโมงแล้วทำการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของอากาศโดยใช้วิธี ก๊าซโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography) โดยใช้คาร์บอนไดซัลไฟด์ (CS₂) เป็นตัวทำละลายพบว่าได้สารอินทรีย์ระเหยถึง 51 ชนิด สามารถรายงานค่าความเข้มข้นสารวีไอซี 10 ชนิดหลัก ในหน่วยของไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และพบในทุกพื้นที่ ที่ศึกษา ได้แก่ methyl-tertiary-butyl-ether (MTBE), benzene, isooctane, n-heptane, toluene, ethyl benzene, m ,p-xylene, o-xylene/styrene, 3-ethyl benzene และ decanal ซึ่งปริมาณเฉลี่ยอยู่ในช่วงตั้งแต่ 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 จากผลการตรวจวัดสารวีไอซีดังกล่าว ชนิดสารที่สามารถนำมาประเมินความเสี่ยงได้มี 5 ชนิด คือ MTBE, benzene, ethyl benzene, toluene และ xylene ผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่าพนักงานมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งเนื่องจากสัมผัสสาร MTBE และ benzene ที่ระดับ 2.41×10^{-5} - 1.18×10^{-4} และ 3.42×10^{-4} - 1.23×10^{-3} ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ที่กำหนดไว้ที่ 1×10^{-6} ขณะที่ระดับความเสี่ยงของสาร ethyl benzene เท่ากับ 1.55×10^{-6} - 5.83×10^{-6} ซึ่งอยู่ใน เกณฑ์ที่ยอมรับได้ ส่วนค่าความเสี่ยงของสาร toluene และ xylene ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งนั้น ยังไม่โอกาสในการเพิ่มความเสี่ยงจากการสัมผัส

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินงานในการทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษแบ่งเป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมัน และการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมัน ซึ่งขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและขั้นตอนการประเมินมีรายละเอียดการรวบรวมข้อมูลและขั้นตอนการประเมินดังต่อไปนี้

3.1 การประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมัน

3.1.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

- 1) รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของคลังน้ำมันทั่วประเทศ ได้แก่ ที่ตั้งของคลังน้ำมัน ปริมาณการเก็บน้ำมันแต่ละประเภท ตัวอย่างข้อมูลแสดงดังตารางที่ 3.1
- 2) รวบรวมข้อมูลปริมาณการซื้อขายน้ำมันแต่ละประเภทจากตัวแทนจัดจำหน่ายเป็นระยะเวลา 2 ปี ได้แก่ ปี 2556 และ 2557
- 3) รวบรวมข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ยรายเดือน ได้แก่ ความเร็วลม อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความดันบรรยากาศ และ Solar insulation factor ของจังหวัดต่างๆที่คลังน้ำมันตั้งอยู่ ตัวอย่างข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของจังหวัดกำแพงเพชรแสดงตาราง ที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงตัวอย่างจำนวนถังและปริมาตรรวมของแต่ละคลัง

ที่ตั้งของคลังน้ำมัน			ปริมาณการเก็บ (ล้านลิตร)					
			ไวไฟมาก		ไวไฟปานกลาง		ไวไฟน้อย	
ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ปริมาณรวม	ถัง	ปริมาณรวม	ถัง	ปริมาณรวม	ถัง
บางจาก	พระโขนง	กรุงเทพ	58.000	13	52.000	6	8.943	18
บางจาก	พระโขนง	กรุงเทพ	65.652	11	34.258	6	275.358	26
ชองนนทรี	ยานนาวา	กรุงเทพ	27.707	5	16.817	2	84.750	40

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงตัวอย่างข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของจังหวัด กำแพงเพชร

ชนิดข้อมูล	เดือน												เฉลี่ย
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ความกดอากาศ (เฮกโตปาสกาล)	1013	1011	1010	1007	1007	1005	1005	1006	1007	1011	1012	1014	1009.1
ความเร็วลมเฉลี่ย (น็อต)	0.7	0.8	0.9	1.2	1	0.6	0.6	0.7	0.6	0.8	0.6	0.9	0.8
ทิศทางลมเฉลี่ย (กิโลเมตร)	E,SE	SE	E	E,E	SE	E,NW	SE,S	NW	N	NW	E	NE,SE	N,W
อุณหภูมิต่ำสุด (เซลเซียส)	16.4	18.4	18.1	23.1	22.2	23.4	23.7	23.4	24.5	21.1	20.9	13	20.7
อุณหภูมิสูงสุด (เซลเซียส)	34.1	37.9	39.9	40.7	39.9	36.2	35	35.2	30.5	34.7	34.7	32.2	35.9

3.1.2 การประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมัน

ทำการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมันโดยใช้โปรแกรม Tank version 4.0.9 d ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

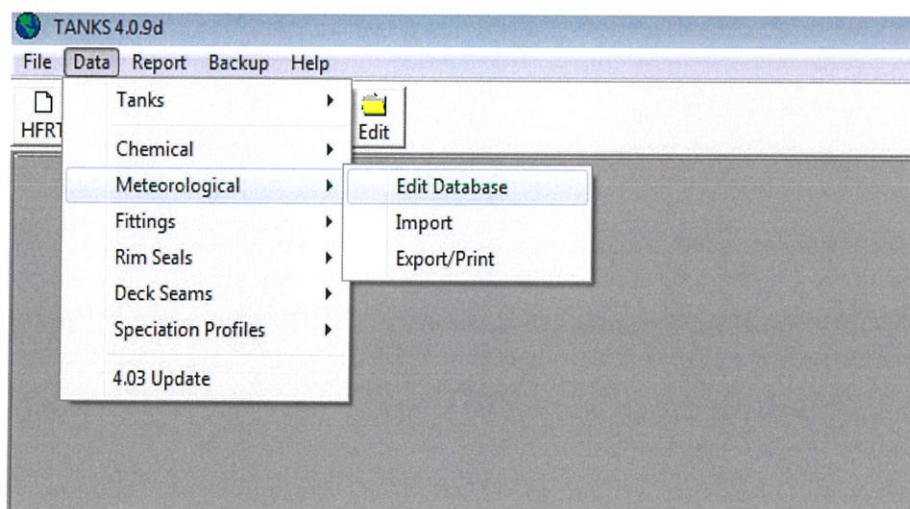
1) ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา

ดำเนินการโดยการแปลงข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ได้มาให้มีหน่วยตรงกับ ข้อมูลที่จำเป็นต้องป้อนเข้าในโปรแกรม Tank จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาบันทึกใส่โปรแกรม หน้าต่างของโปรแกรมที่ใช้สำหรับป้อนข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาแสดงดังรูปที่ 3.1 เมื่อป้อนข้อมูลเข้าแล้วลักษณะข้อมูลที่ป้อนเข้าแสดงดังรูปที่ 3.2

2) ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Tank ในการประเมินมลพิษ

2.1) การป้อนข้อมูลของถังน้ำมัน

ขั้นตอนการประเมินการปลดปล่อยจากคลังน้ำมัน เริ่มจากการเลือกประเภทของถังกักเก็บน้ำมันให้ตรงกับประเภทของน้ำมันที่กักเก็บโดยจะเลือกประเภทถังแบบ Internal Fixed Roof Tank (IFRT) สำหรับน้ำมันประเภทไวไฟมากและ Vertical Fixed Roof Tank (VFRT) สำหรับน้ำมันประเภทไวไฟปานกลางและไวไฟน้อย หน้าต่างโปรแกรมที่ใช้ในการเลือกประเภทของถังแสดงดังรูปที่ 3.3 จากนั้นทำการป้อนเข้าข้อมูลต่างๆได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของถัง ที่ตั้งของถัง และสารที่บรรจุอยู่ในถังเนื่องจากข้อมูลจากคลังน้ำมันมีเพียงปริมาณการกักเก็บจึงประเมินจากขนาดถังจากมาตรฐานในการออกแบบถังกักเก็บ หน้าต่างของโปรแกรมที่ใช้ป้อนข้อมูลเกี่ยวกับถังแสดงดังรูปที่ 3.4 และ 3.5



รูปที่ 3.1 หน้าต่างของโปรแกรม Tank ที่ใช้ป้อนเข้าข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา

Meteorological

City: Bangkok, Thailand

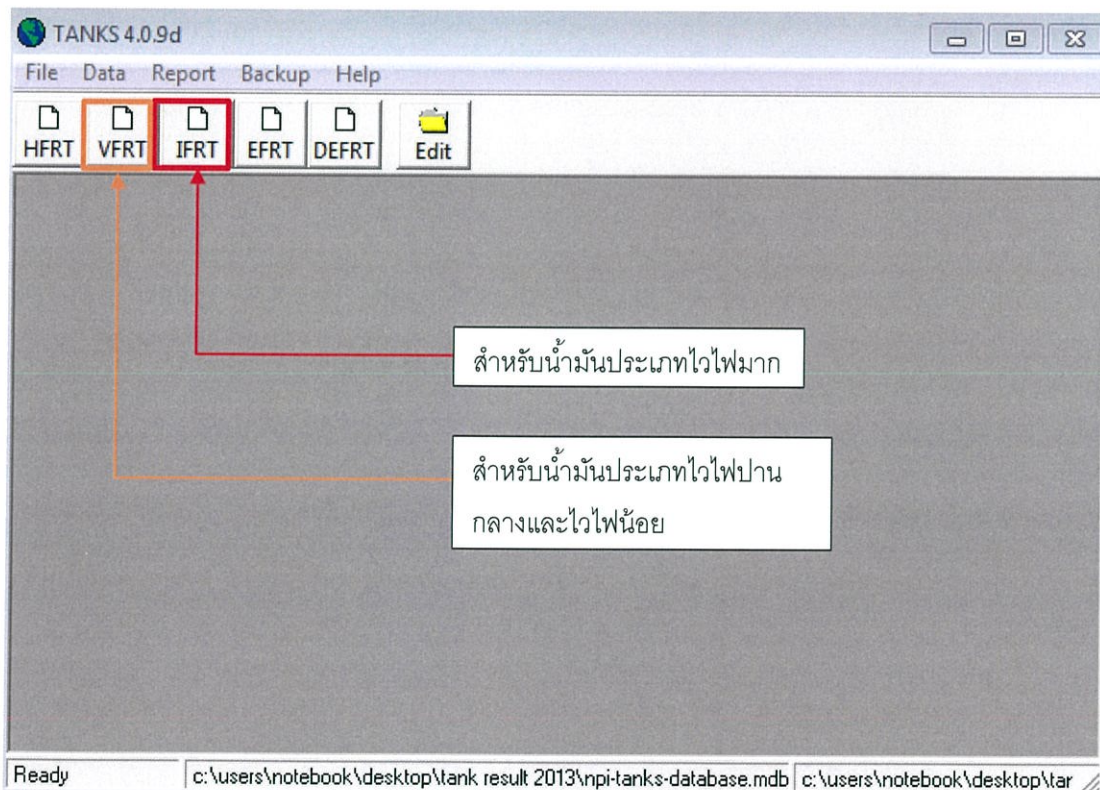
City: Bangkok State: Thailand

Daily Average Ambient Temperature (F): 86.42 Atmospheric Pressure (psia): 14.6

Month	Daily Maximum Ambient Temp. (F)	Daily Minimum Ambient Temp. (F)	Solar Insulation Factor (Btu / (ft ² *day))	Average Wind Speed (mph)
JAN	91.58	76.82	1692	1852
FEB	92.48	78.26	1512	3333.6
MAR	96.8	81.14	2072	3518.8
APR	98.42	82.04	1898	4074.4
MAY	96.08	81.32	1812	4259.6
JUN	93.56	80.24	1696	4074.4
JUL	92.3	78.98	1691	2407.6
AUG	92.3	78.62	1883	2592.8
SEP	91.22	77.36	2062	2222.4
OCT	92.48	78.44	2244	1852
NOV	93.38	78.44	2126	2037.2
DEC	93.56	77.72	2024	2407.6
ANN	93.68	79.16	1893	2778

Add New Delete Save Close Help

รูปที่ 3.2 หน้าต่างของโปรแกรม Tank ที่ใช้สำหรับการป้อนข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



รูปที่ 3.3 หน้าต่างของโปรแกรม Tank สำหรับใช้ในการเลือกประเภทของถัง

Internal Floating Roof Tank

Identification | **Physical Characteristics** | Site Selection | Tank Contents | Monthly Calculations

Physical Characteristics

Tank Characteristics:

Diameter (ft): 90

Tank Volume (gal): 1,736,746.00

Turnovers per year: 4.00

Net Throughput (gal/yr): 6,946,984.00

Self Supporting Roof? Yes

Number of Columns: 0

Effective Column Diameter: 0

Internal Shell Condition: Light Rust (D)

External Shell Color/Shade: White/White (D)

External Shell Condition: Good (D)

Roof Color/Shade: White/White (D)

Roof Paint Condition: Good (D)

Rim Seal System:

Primary Seal: Vapor-mounted

Secondary Seal: None

Deck Characteristics:

Deck Type: Welded

Deck Fitting Category: Typical

View/Add Fittings

Copy Run Report Save Close Help

เส้นผ่านศูนย์กลาง
กลางของถัง

ปริมาตร
ของถัง

จำนวนครั้ง
ที่น้ำมัน
หมดถังต่อปี

รูปที่ 3.4 หน้าต่างโปรแกรม Tank สำหรับใส่ข้อมูลด้วยถังประเภท Internal floating roof Tank

Vertical Fixed Roof Tank

Identification | **Physical Characteristics** | Site Selection | Tank Contents | Monthly Calculations

Dimensions:

Shell Height (ft): 24

Shell Diameter (ft): 25

Maximum Liquid Height (ft): 20.849653

Average Liquid Height (ft): 20.849653

Working Volume (gal): 76,560.00

Turnovers per Year: 4.00

Net Throughput (gal/yr): 306,240.00

Is Tank Heated? No

Roof Characteristics:

Color/Shade: White/White (D)

Condition: Good (D)

Type: Dome

Height (ft): 0

Radius (ft) (Dome Roof): 25

Shell Characteristics:

Shell Color/Shade: White/White (D)

Shell Condition: Good (D)

Breather Vent Settings:

Vacuum Setting (psig): -.03

Pressure Setting (psig): .03

Copy Run Report Save Close Help

ความสูงของ
ตัวถัง

เส้นผ่านศูนย์กลาง
ของถัง

ความสูงและรัศมี
ของถัง

ระดับความสูง
ของของเหลวใน
ถัง

รูปที่ 3.5 หน้าต่างโปรแกรม Tank สำหรับการใส่ข้อมูลด้วยถังประเภท Vertical fixed roof tank

โดยที่หากทราบค่า Net throughput ให้ป้อนค่าลงไปโปรแกรมได้เลย โดยโปรแกรมจะคำนวณค่า Turnover per year ออกมา หากไม่ทราบค่า Net throughput จะทำการสมมติค่า Net throughput เท่ากับ 4 ครั้งต่อปี [14]

2.2) การเลือกสถานที่ของถังกักเก็บน้ำมัน

ข้อมูลในส่วนนี้จะเลือกจากข้อมูลทางข้อมูลอุตุนิยมวิทยาตามรายชื่อจังหวัดที่บันทึกไว้ในขั้นตอนที่หนึ่ง หน้าต่างของการเลือกสถานที่ตั้งของคลังน้ำมันแสดงดังรูปที่ 3.6

The screenshot shows a software window titled "Internal Floating Roof Tank" with several tabs: "Identification", "Physical Characteristics", "Site Selection", "Tank Contents", and "Monthly Calculations". The "Physical Characteristics" tab is active, displaying a table of weather data for "Bangkok, Thailand".

Parameter	Value
Nearest Major City:	Bangkok, Thailand
Daily Average Ambient Temperature (F):	86.42
Annual Average Maximum Temperature (F):	93.68
Annual Average Minimum Temperature (F):	79.16
Average Wind Speed (mph):	2,778.00
Annual Average Solar Insulation Factor (Btu/(ft ² *day)):	1,893.00
Atmospheric Pressure (psia):	14.60

At the bottom of the window, there are buttons for "Copy", "Run Report", "Save", "Close", and "Help". A "Sort by City Name" button is also present below the data table.

รูปที่ 3.6 รูปแสดงการกรอกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในโปรแกรม Tank

2.3) การป้อนสารที่กักเก็บในถังน้ำมัน

ในขั้นตอนนี้เป็นการป้อนข้อมูลของสารที่กักเก็บอยู่ในถังน้ำมันโดยหน้าต่างของโปรแกรม Tank ที่ใช้ในการป้อนข้อมูลดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 3.7 ซึ่งเป็นตัวอย่างการป้อนข้อมูลสำหรับน้ำมันประเภทไวไฟมาก โดยที่ถ้าเป็นน้ำมัน

1. ไวไฟมาก เลือก Speciation option เป็น Partial speciation องค์ประกอบของของเหลวเลือก Multiple และ ประเภทของสารอินทรีย์เป็น Gasoline (RVP 10) ดังรูปที่ 3.7
2. ไวไฟปานกลาง เลือก Speciation option เป็น Full speciation องค์ประกอบของของเหลว เลือก Multiple และ ประเภทของสารอินทรีย์เป็น Jet kerosene
3. ไวไฟน้อย เลือก Speciation option เป็น Full speciation องค์ประกอบของของเหลว เลือก Multiple และ ประเภทของสารอินทรีย์เป็น Jet Naphtha

Vertical Fixed Roof Tank

Identification | Physical Characteristics | Site Selection | Tank Contents | Monthly Calculations

Chemical Category of Liquid: Petroleum Distillates

Single or Multi-Component Liquid: Multiple

Speciation Option: Partial Speciation

Mixture Name: Gasoline (RVP 10)

Average Liquid Surface Temperature (F):	88.973499
Minimum Liquid Surface Temperature (F):	84.107229
Maximum Liquid Surface Temperature (F):	93.839769
Bulk Liquid Temperature (F):	86.44
Vapor Pressure (psia):	8.8298
Minimum Vapor Pressure (psia):	8.1068
Maximum Vapor Pressure (psia):	9.6028
Liquid Molecular Weight:	92
Vapor Molecular Weight:	66

Copy Speciation Profile View/Add Components

Calculate Mixture Properties

Delete Mixture

Next Mixture >

< Previous Mixture

Add Mixture

Mixture 1 of 1

Copy Run Report Save Close Help

รูปที่ 3.7 หน้าต่างของโปรแกรม Tank ในการป้อนข้อมูลของของเหลวในถัง

2.4) การจำแนกองค์ประกอบของสารอินทรีย์ระเหย

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการจำแนกประเภทของสารอินทรีย์ระเหยที่ปล่อยออกมาโดยการใช้ข้อมูลจาก National Pollutant Inventory (NPI) ซึ่งทำโดยการคัดลอกข้อมูลการแบ่งประเภทมาจากฐานข้อมูลที่มีอยู่ โดยถ้าเป็นสาร

1. ไวไฟมาก เลือก Aus E10
2. ไวไฟปานกลาง เลือก Kerosene full
3. ไวไฟน้อย เลือก Diesel full

ตัวอย่างหน้าต่าการจำแนกประเภทของสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยออกมาจากน้ำมันประเภทไวไฟมาก แสดงดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 หน้าต่างของโปรแกรมที่ใช้ในการจำแนกองค์ประกอบของสารอินทรีย์ระเหยสำหรับน้ำมันประเภทไวไฟมาก

3) ทำการประเมินปริมาณการปลดปล่อยจากคลังน้ำมัน

หลังจากที่ป้อนข้อมูลต่างๆ ตามขั้นตอนที่ 1 และ 2 ทำการ Run report ตามตัวอย่างข้อมูลการประเมินการปลดปล่อยแสดงดังรูปที่ 3.9

Components	Losses (lbs)				
	Rim Seal Loss	Withdrawl Loss	Deck Fitting Loss	Deck Seam Loss	Total Emissions
E10	1,239.62	1,226.00	13,549.03	0.00	16,014.65
Toluene	11.40	91.95	124.60	0.00	227.95
Ethanol	31.12	122.60	340.15	0.00	493.87
Gasoline (RVP 10)	1,000.01	826.94	10,930.05	0.00	12,757.00
Xylene (-m)	4.37	122.60	47.79	0.00	174.76
Tetraethyllead	0.00	0.74	0.01	0.00	0.75
Hexane (-n)	16.54	24.52	180.76	0.00	221.81
Ethyl benzene	1.05	24.52	11.43	0.00	36.99
Benzene	5.10	12.14	55.78	0.00	73.02

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างผลการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย [14]

3.2 การประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมัน

3.2.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

1) รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของสถานีบริการน้ำมันทั่วประเทศ ได้แก่ ปริมาณการซื้อขายน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นระยะเวลา 2 ปี ได้แก่ ตั้งแต่ปี 2555 - 2556

2) เลือกข้อมูลปัจจัยการปลดปล่อยสารมลพิษทางอากาศ (Emission Factor) ใช้ข้อมูลจากหน่วยงาน National Pollutant Inventory (NPI) [4] สำหรับน้ำมันประเภทไวไฟปานกลางและไวไฟน้อย ส่วนน้ำมันประเภทไวไฟมากจะใช้ข้อมูลจากคู่มือ Air emissions inventory

guidance document for stationary sources at air force installation [11] ปัจจัยการปลดปล่อยที่ใช้ในการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ค ตัวอย่างของปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ และองค์ประกอบของสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยออกมาจากน้ำมันไวไฟมาก แสดงดังตาราง 3.3

ตารางที่ 3.3 Emission factor สำหรับน้ำมันประเภทไวไฟมาก [12]

Emission Source	VOC Emission Factor (lb/1000 gal) ^b
Filling underground tank ^c	
Submerged filling	7.3
Splash filling	11.5
Balanced submerged filling (Stage I controls)	0.3
Underground tank breathing and emptying ^c	1.0
Vehicle refueling operations ^d	
Displacement losses (uncontrolled)	11.0
Displacement losses (Stage II controls)	1.1
Spillage	0.7

3) รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจำแนกประเภทองค์ประกอบของน้ำมันประเภทต่างๆ ดังรูปตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 องค์ประกอบของสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยจากน้ำมันประเภทไวไฟมาก [5]

องค์ประกอบของน้ำมัน	เปอร์เซ็นต์โดยมวล
Benzene	0.99
Cumene	-
Cyclohexane	-
Ethyl benzene	2.00
Hexane	2.00
Tetraethyllead	0.06
Toluene	7.50
Xylene (-m)	10.00
Ethanol	10.00
Other VOCs	67.45

3.2.2 ขั้นตอนการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย

1) นำปริมาณการซื้อขายน้ำมันของแต่ละสถานีบริการมาคูณกับค่า ปัจจัยการปลดปล่อย ตามสมการที่ 2.14 จะได้ปริมาณการปลดปล่อยของสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการนั้นๆ

2) จำแนกชนิดของสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยออกมาโดยใช้ค่าองค์ประกอบของสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยจากน้ำมันประเภทต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.4 คูณกับปริมาณสารอินทรีย์ที่คำนวณได้จาก ข้อ 1)

บทที่ 4

ผลการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหย

ผลการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมันและสถานีบริการในประเทศไทย ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การประเมินมลพิษจากคลังน้ำมันทั่วประเทศทั้งหมด 181 คลัง โดยใช้โปรแกรม Tank version 4.0.9 d และการประเมินมลพิษสถานีบริการน้ำมันจากผู้จัดจำหน่ายภายในประเทศทั้งหมด โดยใช้ค่าปัจจัยการปลดปล่อย (Emission factor) ในการประเมิน ซึ่งผลการรวบรวมข้อมูลและการประเมินได้เป็นดังนี้

4.1 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยจากคลังน้ำมันทั่วประเทศไทย

4.1.1 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมด (Total VOCs) ที่แยกตามภูมิภาค

ผลการประเมินสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมด ในปี จากคลังน้ำมันทั่วประเทศทั้งหมด 181 คลัง ในปี พ.ศ. 2556 ถึง 2557 แสดงดัง ตารางที่ 4.1 จากข้อมูลพบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดที่ถูกปลดปล่อยจากคลังน้ำมันทั่วประเทศ ไทยปี พ.ศ. 2556 และ 2557 เท่ากับ 2,402.04 และ 2,983.43 ตัน ตามลำดับโดย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภาคที่มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยมากที่สุด เท่ากับ 1,296.73 และ 1,518.52 ตัน ตามลำดับโดย รองลงมาคือ ภาคกลาง และ ภาคใต้ ตามลำดับ ส่วน ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันตก มีปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับภาคอื่นๆ จะเห็นได้ว่าแม้ว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีจำนวนคลังน้ำมันน้อยกว่าภาคกลาง แต่คลังที่มีอยู่เป็นของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เช่น โรงไฟฟ้า ทำให้ปริมาณกักเก็บและปริมาณการใช้มากกว่าภาคกลาง

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดที่ประเมินจากคลังน้ำมันในแยกตามภูมิภาค ปี พ.ศ. 2556 และ 2557

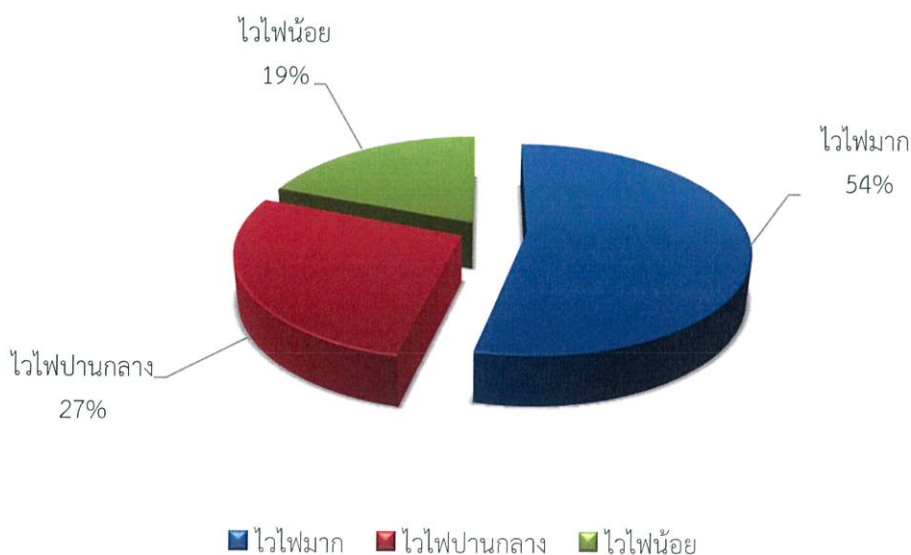
ภูมิภาค	จำนวนคลังน้ำมัน	ปริมาณสารอินทรีย์ที่ปลดปล่อย (ตัน)	
		พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557
ภาคกลาง	74	888.86	985.05
ภาคเหนือ	13	48.14	128.38
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	11	43.26	145.37
ภาคตะวันออก	52	1,296.73	1,518.52
ภาคตะวันตก	7	11.62	11.62
ภาคใต้	24	113.43	194.50
รวม	181	2,402.04	2,983.43

4.1.2 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวมแยกตามประเภทของการสูญเสียและประเภทของน้ำมัน

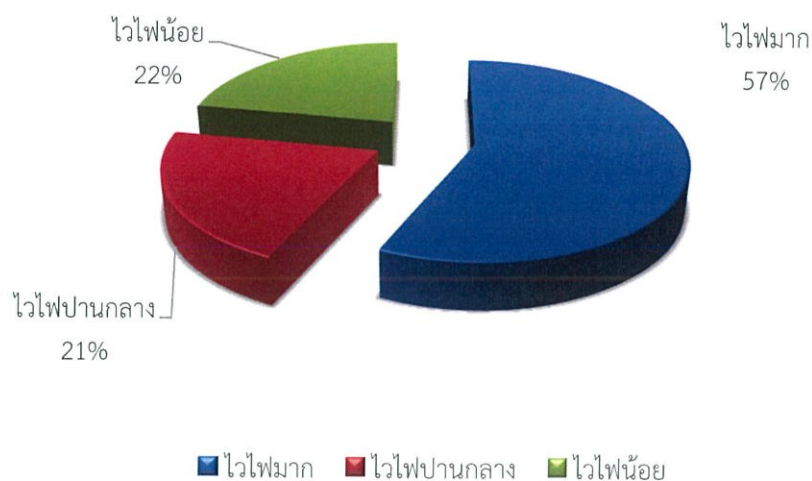
1) ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดที่ปลดปล่อยแยกตามประเภทของน้ำมัน

น้ำมันที่กักเก็บในคลังน้ำมันของประเทศไทยแบ่งเป็น 3 ประเภท คือประเภท ไวไฟมาก ไวไฟปานกลาง และ ไวไฟน้อย ซึ่งส่วนผสมของน้ำมันแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน น้ำมันประเภทไวไฟมาก มีลักษณะเด่นคือ มีส่วนผสมของเอทานอล แต่ไม่มีส่วนผสมของ คิวมีน และ ไฮโคลเฮกเซน ส่วนน้ำมันประเภท ไวไฟปานกลาง และ ไวไฟน้อย ไม่มีส่วนผสมของ เอทานอล รายละเอียดของส่วนประกอบของน้ำมันประเภทอื่นๆ แสดงในภาคผนวก ค ซึ่งน้ำมันแต่ละประเภทถูกนำไปใช้ในลักษณะที่ต่างกัน

แผนภาพแสดงสัดส่วนของปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยจากน้ำมัน ไวไฟมาก ไวไฟปานกลาง และไวไฟน้อยในปี พ.ศ. 2556 ถึง 2557 แสดงดังรูป 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ พบว่าในปี พ.ศ. 2556 ปริมาณปลดปล่อยสูงสุดมาจากการกักเก็บน้ำมันประเภทไวไฟมาก คิดเป็น 54 เปอร์เซ็นต์สูงสุดโดยมี หรือปริมาณ 1,2877 ตัน รองลงมาคือ ประเภทไวไฟปานกลาง คิดเป็น 27 เปอร์เซ็นต์หรือปริมาณ 653.30 ตัน และน้อยที่สุดคือ น้ำมันประเภทไวไฟน้อย คิดเป็น 19 เปอร์เซ็นต์เป็นปริมาณ 461 ตัน ในปี พ.ศ. 2557 การสูญเสียสารอินทรีย์ระเหยส่วนใหญ่ที่ออกจากคลังน้ำมันคือน้ำมันประเภทไวไฟมากเช่นกัน คิดเป็น 57 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาณ 1,692 ตัน รองลงมาคือ ประเภทไวไฟน้อย คิดเป็น 22 เปอร์เซ็นต์หรือเป็นปริมาณ 662.01 ตัน และน้อยที่สุดคือ ประเภทไวไฟปานกลาง คิดเป็น 21 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 628.51 ตัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าซึ่งจะเห็นได้ว่า การกักเก็บน้ำมันประเภทไวไฟมากมีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยออกมามากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการใช้ น้ำมันประเภทนี้ซึ่งเป็นน้ำมันสำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลมากที่สุด น้ำมันไวไฟปานกลางและไวไฟน้อยมีความสามารถในการกลายเป็นไอน้ำน้อยตามลำดับแต่ปริมาณการใช้ที่แตกต่างกันทำให้สัดส่วนการปลดปล่อยเปลี่ยนแปลงจากลำดับที่สองคือน้ำมันไวไฟปานกลางในปี พ.ศ. 2556 เป็นน้ำมันไวไฟน้อยในปี พ.ศ. 2557 แทน

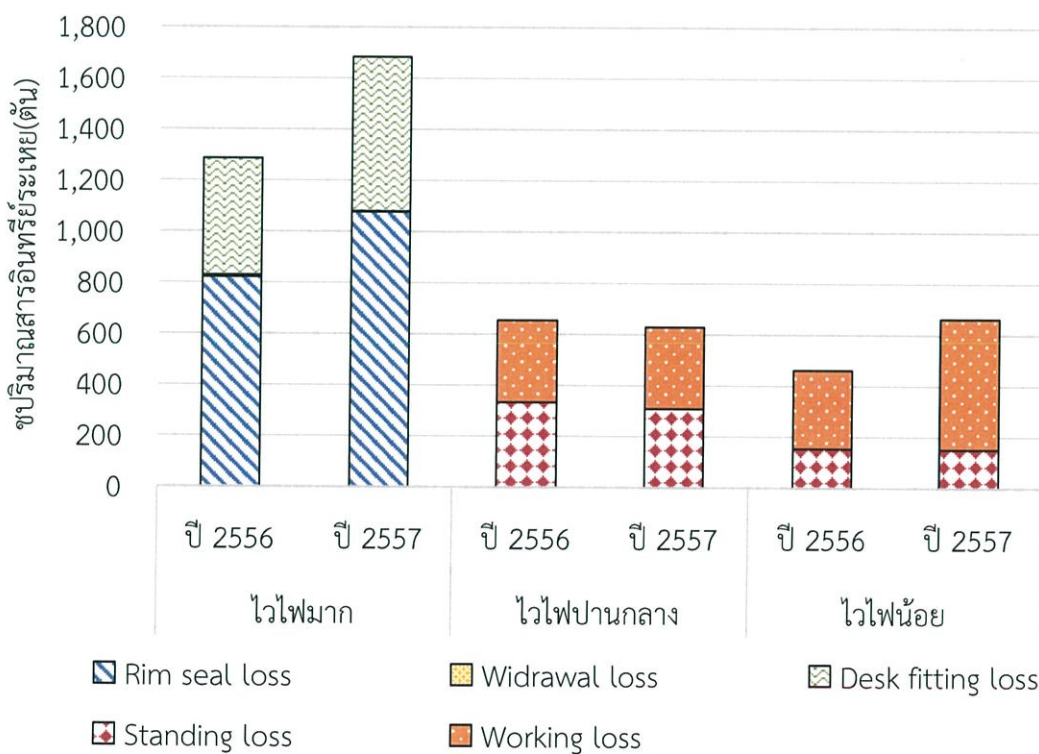


รูปที่ 4.1 สัดส่วนของการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดแยกตามประเภทของน้ำมันในปีพ.ศ. 2556



รูปที่ 4.2 สัดส่วนของการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดแยกตามประเภทของน้ำมันในปี พ.ศ. 2557

2) ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยแยกตามประเภทของการสูญเสีย
ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยแยกตามประเภทการสูญเสียของน้ำมันประเภท
ต่างๆในปี 2556 และ 2557 แสดงดัง รูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 สัดส่วนของการสูญเสียมลพิษจากคลังน้ำมันในแต่ละประเภทในปี พ.ศ. 2556 และ 2557

จากรูปที่ 4.3 พบว่า สำหรับน้ำมันประเภทไวไฟมาก ปริมาณสารอินทรีย์ที่ปลดปล่อยในปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณมากกว่าปีพ.ศ. 2556 มาก โดยในทั้งสองปี การสูญเสียของน้ำมันประเภทนี้เกิดจากการสูญเสียจากการกักเก็บประเภท Rim seal loss มากที่สุดเป็นปริมาณเท่ากับ 802.87 และ 1,076.52 ตัน ตามลำดับ การสูญเสียจากการกักเก็บประเภท Desk fitting loss เป็นปริมาณเท่ากับ 456.72 และ 604.63 ตัน ตามลำดับ และส่วนการสูญเสียจากการขนถ่าย (Withdrawal loss) มีปริมาณน้อยมากเท่ากับ 8.06 และ 2.22 ตัน ตามลำดับ เนื่องจาก Rim seal loss และ Desk fitting loss เป็นการสูญเสียที่ขึ้นกับความสามารถในการกลายเป็นไอ น้ำมันประเภทไวไฟมากสามารถกลายเป็นไอง่าย ทำให้มีการสูญเสียทั้งสองประเภทนี้มาก สำหรับน้ำมันประเภทไวไฟปานกลาง พบว่า ในปี พ.ศ. 2556 และ 2557 มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยในปริมาณที่ใกล้เคียงกันโดย มีการสูญเสียจากการกักเก็บแบบ Standing loss เท่ากับ 333.23 และ 308.46 ตัน ตามลำดับ ส่วนการสูญเสียจากการขนถ่ายแบบ Working loss เท่ากับ 320.06 และ 320.04 ตันตามลำดับเนื่องจากน้ำมันประเภทไวไฟปานกลางมีความสามารถในการกลายเป็นไอที่ไม่สูงมากทำให้มีการสูญเสียจากการกักเก็บแบบ Standing loss ใกล้เคียงกับ Working loss สำหรับน้ำมันประเภทไวไฟน้อยพบว่า ในปี พ.ศ. 2556 และ 2557 มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยต่างกันเล็กน้อย มีการสูญเสียจากการกักเก็บแบบ Standing loss เท่ากับ 153.90 และ 151.89 ตันตามลำดับ และมีการสูญเสียจากการขนถ่ายแบบ Working loss เท่ากับ 307.51 และ 510.12 ตัน ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมันประเภทไวไฟน้อย มีความสามารถในการกลายเป็นไอที่ต่ำเมื่อเทียบกับน้ำมันประเภทอื่นๆ ทำให้มีการสูญเสียแบบ Working loss มากกว่า Standing loss

4.1.3 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยแยกตามประเภทของสารอินทรีย์ระเหย

ผลการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมัน แยกตามประเภทของสารอินทรีย์ระเหยในปี พ.ศ. 2556 และ 2557 แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยจากคลังน้ำมันแยกตามประเภทของสารอินทรีย์ระเหยในปี พ.ศ. 2556 และ 2557

สารมลพิษ	ปริมาณมลพิษ (ตัน)	
	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557
Benzene	41.27	41.88
Cumene	30.15	32.70
Cyclohexane	86.08	83.57
Ethyl benzene	9.21	9.69
n-Hexane	514.86	497.16
Toluene	28.80	30.09
Xylene	29.53	30.66
Ethanol	39.53	38.86
Unidentified VOC	1,622.11	2,218.32

จากตารางที่ 4.2 พบว่าสัดส่วนของสารอินทรีย์ระเหยที่ไม่สามารถระบุชนิดได้มีปริมาณมากที่สุดโดยมีปริมาณ 1,622 และ 2,218 ตัน ในปี พ.ศ. 2556 และ 2557 ตามลำดับคิดเป็นสัดส่วน 68 และ 74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารที่ระบุชนิดได้ไฮกเซนมีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 515 และ 497 ตันในปีพ.ศ. 2556 และ 2557 ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 21 และ 18เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่สารอื่นๆ มีปริมาณรวมกันเท่ากับ 264.87 และ 267.45 ตัน ตามลำดับ

4.2 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดที่ปลดปล่อยจากสถานีบริการ

4.2.1 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดแยกตามภูมิภาค

ในการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันปี พ.ศ. 2556 และปี 2557 ผลการประเมินดังตารางที่ 4.4 พบว่าในปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดเท่ากับ 16,415.20 ตัน ซึ่งมากกว่าปี พ.ศ. 2556 ที่มีปริมาณเท่ากับ 14,088.44 ตัน ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนสถานีบริการที่เพิ่มขึ้นจาก 23,004 เป็น 23,478 แห่ง

ตารางที่ 4.3 จำนวนผู้จัดจำหน่ายและปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยในปีพ.ศ. 2556 และ 2557

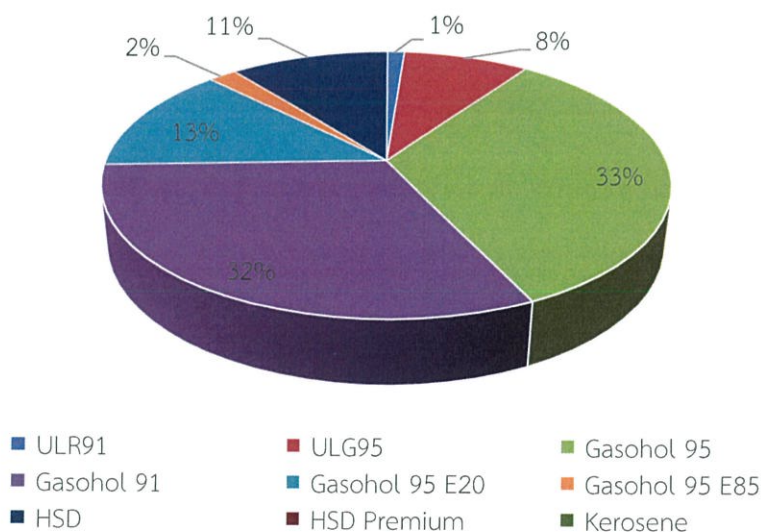
ภูมิภาค	จำนวนสถานีบริการน้ำมัน		ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)	
	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557
ภาคกลาง	7,250	7,450	6,430.90	7,439.75
ภาคเหนือ	2,373	2,520	985.27	1,217.25
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	8,129	8,196	2,714.11	2,614.52
ภาคตะวันออก	1,653	1,649	1,653.49	2,175.62
ภาคตะวันตก	1,211	1,237	639.55	802.03
ภาคใต้	2,388	2,426	1,665.11	2,166.04
รวม	23,004	23,478	14,088.44	16,415.20

นอกจากนี้จะเห็นว่าปี 2556 และ 2557 ภาคกลางเป็นภูมิภาคที่มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยมากที่สุดเป็นปริมาณ 6,430.90 ตันและ 7,439.75 ตัน ตามลำดับ เนื่องจากภาคกลางเป็น ภูมิภาคที่มีจำนวนสถานีบริการมาก และมีจำนวนรถยนต์สูงสุด ทำให้มีความต้องการในการใช้และเติมน้ำมันมากที่สุด ส่งผลให้ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยมีปริมาณที่สูง รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีจำนวนสถานีบริการมากที่สุด มีปริมาณสารอินทรีย์ที่ปลดปล่อยมีปริมาณเท่ากับ 2,714.11 ตัน และ 2,614.52 ตันตามลำดับส่วนภาคใต้และภาคตะวันออกมีการปลดปล่อยที่ใกล้เคียงกันทั้งในปี 2556 และ 2557 ภาคที่มีการปลดปล่อยน้อยที่สุดคือภาคตะวันตก

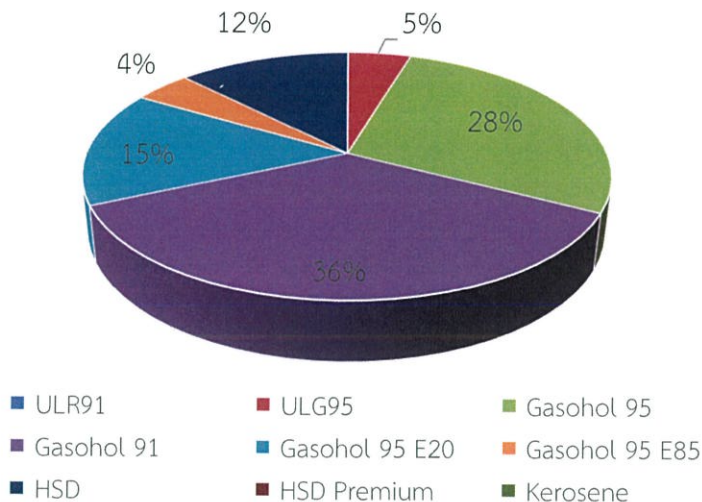
4.2.2 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดแยกตามประเภทของน้ำมัน

แผนภาพแสดงสัดส่วนของปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยแยกตามประเภทของน้ำมันในปี พ.ศ. 2556 ถึง 2557 แสดงดังรูปที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2556 พบว่าสารอินทรีย์ที่ถูกปลดปล่อยมาจากสถานีบริการน้ำมันส่วนใหญ่เกิดจากน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 และ 91 คิดเป็น 33 และ 32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีปริมาณเท่ากับ 4,697.68 ตัน และ 4,432 ตัน รองลงมาคือ น้ำมันประเภทแก๊สโซฮอล์ 95 อี 20 คิดเป็น 13 เปอร์เซ็นต์หรือปริมาณ 1,838.06 ตัน และ น้ำมันดีเซล มีปริมาณเท่ากับ 1,508.92 ตัน คิดเป็น 11 เปอร์เซ็นต์ของสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมด ส่วนน้ำมันประเภทอื่นมีสัดส่วนการปลดปล่อยน้อยมากรวมแล้วคิดเป็น 11 เปอร์เซ็นต์ ของสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมด

ส่วนข้อมูลในปี พ.ศ. 2557 ซึ่งแตกต่างจากปี พ.ศ. 2556 เนื่องจากมีการยกเลิกใช้น้ำมัน ULG 91 ทำให้ผู้บริโภคต้องหันมาใช้แก๊สโซฮอล์ 91 แทนทำให้การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากน้ำมันประเภทแก๊สโซฮอล์ 91 มีปริมาณที่สูงขึ้นโดยมีปริมาณเท่ากับ 5,866.82 ตัน หรือคิดเป็น 36 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ น้ำมันประเภทแก๊สโซฮอล์ 95 คิดเป็น 28 เปอร์เซ็นต์หรือปริมาณ 4,574.13 ตัน ส่วนน้ำมันประเภทอื่นมีการกระจายคล้ายกับในปี พ.ศ. 2556 ซึ่งจะเห็นได้ว่า น้ำมันประเภทไวไฟมาก เช่น แก๊สโซฮอล์ 95 และ 91 เป็นน้ำมันที่มีการใช้ในปริมาณสูง และเป็นน้ำมันที่มีความสามารถในการกลายเป็นไอได้ง่ายสุด ทำให้มีสัดส่วนการปลดปล่อยสูงสุด น้ำมันดีเซลมีการใช้มากเทียบเท่ากับแก๊สโซฮอล์ 95 และ 91 แต่มีความสามารถในการกลายเป็นไอที่ต่ำทำให้ปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยออกมาน้อยกว่า



รูปที่ 4.4 สัดส่วนการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากน้ำมันประเภทต่างๆในปี พ.ศ. 2556



รูปที่ 4.5 สัดส่วนการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากน้ำมันประเภทต่างๆในปี พ.ศ. 2557

4.2.3 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยแยกตามประเภทของสารอินทรีย์ระเหย

ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ถูกปลดปล่อยออกจากสถานีบริการจำแนกตามประเภทของสารในปีพ.ศ. 2556 ถึง 2557 แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยแต่ละชนิดสถานีบริการในปี พ.ศ. 2556 และ 2557

ชนิดของสารอินทรีย์	ปริมาณ(ตัน)	
	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557
Benzene	125.21	142.97
Cumene	17.00	21.25
Cyclohexane	14.91	8.46
Ethyl benzene	250.62	288.12
n-Hexane	252.06	287.72
Tetraethyl lead	6.74	8.17
Toluene	1,107.95	1,170.69
m-Xylene	1,259.45	1,441.70
Ethanol	1,123.67	1,361.64
Unidentified VOCs	9,924.39	11,680.87

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่า สารอินทรีย์ระเหยระบุชนิดไม่ได้ถูกปลดปล่อยมีปริมาณเท่ากับ 9,924.39 ตัน และ 11,680.87 ในปี พ.ศ. 2556 และ 2557 ตามลำดับ ส่วนสารอินทรีย์ระเหยที่สามารถระบุได้ทีมากที่สุดคือ m-Xylene มีปริมาณเท่ากับ 1,259.45 และ 1,441.70 ตัน ในปี พ.ศ. 2556 และ 2557 ตามลำดับ รองลงมาคือ เอทานอล เนื่องจากการประกาศเลิกใช้น้ำมันประเภท ULG

91 ในปี พ.ศ. 2557 ทำให้มีการใช้ แก๊สโซฮอล์ทั้งสองชนิดมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณเอทานอล
ปลดปล่อยออกมาสูงขึ้นจากปี พ.ศ. 2556 ถึงประมาณ 200 ตัน

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมันและสถานีบริการน้ำมันทั่วประเทศไทย

จากการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมันและสถานีบริการทั่วประเทศไทย มีจำนวน 181 คลัง และสถานีบริการน้ำมันทั้งหมดในปี พ.ศ. 2556 จำนวน 23,004 แห่ง และในปี พ.ศ. 2557 จำนวน 23,478 แห่ง โดยผลที่ได้จากการประเมินสรุปได้ ดังนี้

1. สารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยจากคลังน้ำมันในปี พ.ศ. 2556 และ 2557 มีปริมาณ 2,402.04 และ 2,983.42 ตัน ตามลำดับ โดยภูมิภาคที่มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยมากที่สุดคือ ภาคตะวันออก รองลงมาคือ ภาคกลาง

2. สารอินทรีย์ระเหยทั้งหมดที่ถูกปล่อยจากคลังน้ำมันทั้งหมด ส่วนใหญ่เกิดจากน้ำมันประเภทไวไฟมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันประเภทไวไฟปานกลาง และ น้ำมันประเภทไวไฟน้อย

โดยน้ำมันประเภทไวไฟมากที่สุด มีการสูญเสียจากการกักเก็บแบบ Rim seal loss มากที่สุด รองลงมาคือ Desk fitting loss และ น้อยที่สุดคือ การสูญเสียจากการขนถ่ายแบบ Withdrawal loss ส่วนน้ำมันประเภทไวไฟปานกลางมีการสูญเสียจากการจัดเก็บแบบ Standing loss ใกล้เคียงกับการสูญเสียระหว่างขนถ่ายแบบ Working loss และน้ำมันประเภทไวไฟน้อย มีการสูญเสียจากการขนถ่ายแบบ working loss มากกว่าการสูญเสียจากการจัดเก็บแบบ Standing loss

3. ผลการวิเคราะห์สัดส่วนของสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมัน พบว่ามลพิษที่ปลดปล่อยออกมามากที่สุด คือ สารอินทรีย์ระเหยที่ระบุนิดไม่ได้ รองลงมาคือเฮกเซน

4. ในปี พ.ศ. 2556 และ 2557 สารอินทรีย์ระเหยที่ออกจากสถานีบริการน้ำมันมีปริมาณ 14,088.44 และ 16,415.20 ตัน ตามลำดับ โดยที่ ภาคกลางเป็นภาคที่มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยออกมามากที่สุด

5. การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมันส่วนใหญ่เกิดจากน้ำมันประเภทแก๊สโซฮอล์ทั้ง 91 และ 95

6. ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ถูกปล่อยออกจากสถานีบริการน้ำมันมากที่สุดคือ สารอินทรีย์ที่ระบุนิดไม่ได้ รองลงมาคือ ไซลีน เอทานอล โทลูอิน

5.2 ข้อเสนอแนะจากการจัดทำบัญชีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยและสถานีบริการน้ำมัน

1. เนื่องจากการประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากคลังน้ำมันในครั้งนี้มีข้อจำกัดด้านข้อมูลได้แก่ ข้อมูลการซื้อขายน้ำมัน ข้อมูลการใช้น้ำมันสำหรับคลังน้ำมันในโรงงานอุตสาหกรรม และข้อมูลเกี่ยวกับถังน้ำมัน เช่น ลักษณะเพดานของถัง เส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของถังน้ำมัน เป็นต้น อาจทำให้การประเมินสารอินทรีย์ระเหยคลาดเคลื่อนเล็กน้อย ดังนั้นผลการประเมินในครั้งนี้อาจได้รับการปรับปรุงให้มีความถูกต้องและครอบคลุมมากขึ้นถ้าทราบข้อมูลและมีข้อมูลของถังน้ำมันที่ละเอียดมากกว่านี้

2. เนื่องจากข้อมูลปัจจัยการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยที่ใช้ในการประเมินสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมัน เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากสถานีบริการน้ำมันของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างจากประเทศไทย ดังนั้นผลที่ได้จากการประเมินอาจมีความคลาดเคลื่อนจากค่าที่มีการปลดปล่อยจริงได้

3. การประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยแต่ละชนิดพบว่ามีส่วนส่วนของสารอินทรีย์ระเหยที่ไม่สามารถระบุชนิดได้ในปริมาณมาก ซึ่งหากมีค่าองค์ประกอบของน้ำมันมากขึ้นก็จะทำให้สามารถระบุชนิดของสารอินทรีย์ระเหยดังกล่าวได้

บรรณานุกรม

- [1] กรมธุรกิจพลังงาน. “สรุปการผลิต นำเข้า จำหน่าย และส่งออกน้ำมันเชื้อเพลิง.” [Online]. Available: http://www.doeb.go.th/v5/info_sum_import_export_fuel.php
- [2] Wikipedia. “ปิโตรเลียม.” [Online]. Available: th.m.wikipedia.org/wiki/ปิโตรเลียม
- [3] อรอนงค์ ทรงกิตติ. “สารประกอบอินทรีย์ระเหย.” [Online]. Available: <http://www.thaisafetywork.com/vocs>
- [4] กรมธุรกิจพลังงาน. “คู่มือปฏิบัติงานตามพระราชบัญญัติควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2542” [Online]. Available: <http://elaw.doeb.go.th/doeb/web/#>
- [5] National Pollutant Inventory (NPI). “Emission Estimation Technique Manual for Fuel and Organic storage.” [Online]. Available: <http://www.npi.gov.au/system/files/resources/5d886b0c-d392-4c04-c91d-a3a099bc0988/files/fols.doc>
- [6] EIA. “Weather and other events can cause disruptions to gasoline infrastructure and supply.” [Online]. Available: <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=9811>
- [7] EPA “Organic liquid Storage Tanks” [Online]. Available: <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch07/final/c07s01.pdf>
- [8] INTEG “Specification tank standard.” [Online]. Available: <http://www.mc-integ.co.uk/media/ecom/prod/g/50-1-4.jpg>
- [9] Pollyaim “Internal floating roof tank.” [Online]. Available: <http://www.pollyaim.ca/images/coveral300.gif>
- [10] PNP “Storage tank.” [Online]. Available: <http://www.pnpeci.com/en/products-and-services/engineering-and-construction-services/oil-gas-chemical-andpetrochemical/equipment/storage-tanks/atmospheric-api-650.html>
- [11] อิศวรา รัตนประยูร “การประเมินสารระเหยของน้ำมันเบนซินจากคลังน้ำมันและสถานีบริการ.” ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2538.
- [12] Robert J. O’Brien and Mark D. Wade “Air emission inventory guidance document for stationary sources at air force installation” United States Air force. 2003.

- [13] กุลนันทน์ วีรณรงค์กร และคณะ. “การประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจาก โรงงานผลิตพอลิเมอร์ ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง” ปรินญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สำนักวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2555.
- [14] ไพลิน ทวีวงศ์ และคณะ. “การประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยของ พนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร” ปรินญาวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิต สำนักวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์. 2551.
- [15] U.S Environmental Protection Agency “User’s Guide to Tank” [Online]. Available: <http://www.epa.gov/ttnchie1/software/tanks/tank4man.pdf>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ปริมาณ VOCs ของคลังน้ำมัน

ตาราง ก.1 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคกลาง ในปี พ.ศ. 2556

	ไวไฟมาก			ไวไฟปานกลาง		ไวไฟน้อย	
	Rim loss	Withdrawal loss	Deck loss	Standing loss	Working loss	Standing loss	Working loss
Benzene	0.49	0.01	0.29	2.07	1.67	0.52	0.68
Cumene	-	-	-	0.91	0.73	0.93	1.22
Cyclohexane	-	-	-	6.92	5.58	0.21	0.28
Ethyl benzene	0.11	0.02	0.07	0.33	0.26	0.21	0.27
n-Hexane	1.56	0.02	0.93	41.15	33.19	0.45	0.62
Tetraethyllead	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Toluene	1.15	0.07	0.69	0.31	0.25	0.52	0.69
m-Xylene	0.46	0.09	0.28	1.00	0.81	0.55	0.72
Ethanol	3.29	0.09	1.97	-	-	-	-
Unidentified VOC	99.57	0.67	58.62	3.29	2.65	14.66	36.61

ตาราง ก.2 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคเหนือ ในปี พ.ศ. 2556

	ไวไฟมาก			ไวไฟปานกลาง		ไวไฟน้อย	
	Rim loss	Withdrawal loss	Deck loss	Standing loss	Working loss	Standing loss	Working loss
Benzene	0.07	0.00	0.06	0.02	0.01	0.04	0.05
Cumene	-	-	-	0.01	0.00	0.07	0.10
Cyclohexane	-	-	-	0.08	0.02	0.01	0.02
Ethyl benzene	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02
n-Hexane	0.23	0.00	0.20	0.48	0.13	0.02	0.03
Tetraethyllead	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Toluene	0.17	0.02	0.14	0.00	0.00	0.04	0.06
m-Xylene	0.07	0.02	0.06	0.01	0.00	0.04	0.06
Ethanol	0.48	0.02	0.41	-	-	-	-
Unidentified VOC	13.22	0.24	11.17	0.04	0.01	1.21	1.24

ตาราง ก.3 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี พ.ศ. 2556

	ไวไฟมาก			ไวไฟปานกลาง		ไวไฟน้อย	
	Rim loss	Withdrawal loss	Deck loss	Standing loss	Working loss	Standing loss	Working loss
Benzene	0.08	0.00	0.06	0.01	0.00	0.02	0.05
Cumene	-	-	-	0.01	0.00	0.04	0.09
Cyclohexane	-	-	-	0.05	0.00	0.01	0.02
Ethyl benzene	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02
n-Hexane	0.25	0.01	0.19	0.28	0.00	0.01	0.03
Tetraethyllead	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Toluene	0.18	0.03	0.14	0.00	0.00	0.02	0.05
m-Xylene	0.07	0.04	0.05	0.01	0.00	0.03	0.06
Ethanol	0.52	0.04	0.39	-	-	-	-
Unidentified VOC	14.02	0.29	10.57	0.02	0.00	0.48	0.85

ตาราง ก.4 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี พ.ศ. 2556

	ไวไฟมาก			ไวไฟปานกลาง		ไวไฟน้อย	
	Rim loss	Withdrawal loss	Deck loss	Standing loss	Working loss	Standing loss	Working loss
Benzene	0.40	0.00	0.21	2.67	2.24	1.01	0.40
Cumene	-	-	-	1.16	0.97	1.08	0.73
Cyclohexane	-	-	-	8.92	7.49	1.97	0.14
Ethyl benzene	0.09	0.01	0.05	0.42	0.35	0.27	0.16
n-Hexane	1.28	0.01	0.68	53.11	44.61	11.05	0.21
Tetraethyllead	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Toluene	0.94	0.03	0.50	0.40	0.34	0.04	0.41
m-Xylene	0.38	0.03	0.20	1.28	1.07	0.04	0.43
Ethanol	2.70	0.03	1.43	-	-	-	-
Unidentified VOC	95.96	0.29	50.27	4.21	3.53	1.21	150.40

ตาราง ก.5 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคตะวันตก ในปี พ.ศ. 2556

	ไวไฟมาก			ไวไฟปานกลาง		ไวไฟน้อย	
	Rim loss	Withdrawal loss	Deck loss	Standing loss	Working loss	Standing loss	Working loss
Benzene	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.05	0.06
Cumene	-	-	-	0.01	0.01	0.09	0.11
Cyclohexane	-	-	-	0.04	0.06	0.02	0.02
Ethyl benzene	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
n-Hexane	0.05	0.00	0.03	0.27	0.37	0.03	0.03
Tetraethyllead	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Toluene	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	0.06
m-Xylene	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.06
Ethanol	0.09	0.00	0.06	-	-	-	-
Unidentified VOC	2.52	0.00	1.53	0.02	0.03	0.71	0.86

ตาราง ก.6 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคใต้ ในปี พ.ศ. 2556

	ไวไฟมาก			ไวไฟปานกลาง		ไวไฟน้อย	
	Rim loss	Withdrawal loss	Deck loss	Standing loss	Working loss	Standing loss	Working loss
Benzene	0.15	0.00	0.09	0.06	0.02	0.21	0.29
Cumene	-	-	-	0.02	0.01	0.38	0.51
Cyclohexane	-	-	-	0.19	0.06	0.07	0.10
Ethyl benzene	0.03	0.01	0.02	0.01	0.00	0.08	0.12
n-Hexane	0.49	0.01	0.30	1.16	0.38	0.11	0.15
Tetraethyllead	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Toluene	0.36	0.03	0.22	0.01	0.00	0.21	0.29
m-Xylene	0.14	0.03	0.09	0.03	0.01	0.22	0.30
Ethanol	1.02	0.03	0.62	-	-	-	-
Unidentified VOC	27.26	0.23	16.69	0.09	0.03	2.96	4.04

ตาราง ก.7 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคกลาง ในปี พ.ศ. 2557

	ไวไฟมาก			ไวไฟปานกลาง		ไวไฟน้อย	
	Rim loss	Withdrawal loss	Deck loss	Standing loss	Working loss	Standing loss	Working loss
Benzene	0.49	0.01	0.28	1.80	1.67	0.51	0.88
Cumene	-	-	-	0.79	0.73	0.92	1.57
Cyclohexane	-	-	-	5.99	5.58	0.20	0.34
Ethyl benzene	0.11	0.02	0.06	0.28	0.26	0.21	0.35
n-Hexane	1.54	0.02	0.91	35.66	33.19	0.44	0.72
Tetraethyllead	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Toluene	1.13	0.06	0.67	0.27	0.25	0.52	0.88
m-Xylene	0.46	0.08	0.27	0.87	0.81	0.54	0.93
Ethanol	3.25	0.08	1.93	-	-	-	-
Unidentified VOC	113.48	1.14	66.73	2.88	2.65	14.56	42.71

ตาราง ก.8 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคเหนือ ในปี พ.ศ. 2557

	ไวไฟมาก			ไวไฟปานกลาง		ไวไฟน้อย	
	Rim loss	withdrawal loss	Deck loss	Standing loss	Working loss	Standing loss	Working loss
Benzene	0.08	0.01	0.06	0.02	0.01	0.03	0.05
Cumene	-	-	-	0.01	0.00	0.06	0.09
Cyclohexane	-	-	-	0.08	0.02	0.01	0.02
Ethyl benzene	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02
n-Hexane	0.26	0.03	0.20	0.48	0.13	0.02	0.03
Tetraethyllead	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Toluene	0.19	0.04	0.15	0.00	0.00	0.03	0.05
m-Xylene	0.08	0.03	0.06	0.01	0.00	0.03	0.05
Ethanol	0.54	0.08	0.41	-	-	-	-
Unidentified VOC	21.93	0.48	18.15	0.04	0.01	1.08	45.80

ตาราง ก.9 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี พ.ศ. 2557

	ไวไฟมาก			ไวไฟปานกลาง		ไวไฟน้อย	
	Rim loss	widawal loss	Deck loss	Standing loss	Working loss	Standing loss	Working loss
Benzene	0.08	0.01	0.06	0.01	0.00	0.02	0.06
Cumene	-	-	-	0.00	0.00	0.04	0.10
Cyclohexane	-	-	-	0.02	0.00	0.01	0.02
Ethyl benzene	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02
n-Hexane	0.25	0.01	0.19	0.14	0.00	0.01	0.03
Tetraethyllead	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Toluene	0.18	0.03	0.14	0.00	0.34	0.02	0.06
m-Xylene	0.07	0.04	0.05	0.00	1.07	0.03	0.06
Ethanol	0.52	0.04	0.39	-	-	-	-
Unidentified VOC	21.24	0.74	16.31	0.20	0.00	8.02	94.60

ตาราง ก.10 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี พ.ศ. 2557

	ไวไฟมาก			ไวไฟปานกลาง		ไวไฟน้อย	
	Rim loss	Withdrawal loss	Deck loss	Standing loss	Working loss	Standing loss	Working loss
Benzene	0.40	0.00	0.21	2.12	2.24	1.01	0.69
Cumene	-	-	-	0.92	0.97	1.08	1.24
Cyclohexane	-	-	-	7.08	7.49	1.97	0.23
Ethyl benzene	0.09	0.01	0.05	0.33	0.35	0.27	0.28
n-Hexane	1.28	0.01	0.68	42.18	44.60	11.05	0.36
Tetraethyllead	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Toluene	0.94	0.02	0.50	0.32	0.34	0.56	0.70
m-Xylene	0.38	0.03	0.20	1.02	1.07	0.76	0.73
Ethanol	2.70	0.03	1.43	-	-	-	-
Unidentified VOC	120.12	0.34	62.50	3.34	3.53	22.16	154.42

ตาราง ก.11 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคตะวันตก ในปี พ.ศ. 2557

	ไวไฟมาก			ไวไฟปานกลาง		ไวไฟน้อย	
	Rim loss	Withdrawal loss	Deck loss	Standing loss	Working loss	Standing loss	Working loss
Benzene	0.01	0.00	0.01	0.01	2.24	0.05	0.06
Cumene	-	-	-	0.01	0.97	0.09	0.11
Cyclohexane	-	-	-	0.04	7.49	0.02	0.02
Ethyl benzene	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.02	0.02
n-Hexane	0.05	0.00	0.03	0.27	44.60	0.03	0.03
Tetraethyllead	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Toluene	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	0.06
m-Xylene	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.05	0.06
Ethanol	0.09	0.00	0.06	-	-	-	-
Unidentified VOC	2.52	0.00	1.53	0.02	0.03	0.71	0.86

ตาราง ก.12 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยตามการสูญเสียชนิดต่างๆ ณ ภาคใต้ ในปี พ.ศ. 2557

	ไวไฟมาก			ไวไฟปานกลาง		ไวไฟน้อย	
	Rim loss	Withdrawal loss	Deck loss	Standing loss	Working loss	Standing loss	Working loss
Benzene	0.14	0.00	0.09	0.02	0.02	0.20	0.31
Cumene	-	-	-	0.01	0.01	0.37	0.56
Cyclohexane	-	-	-	0.07	0.06	0.07	0.11
Ethyl benzene	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.08	0.13
N – Hexane	0.44	0.01	0.27	0.41	0.37	0.11	0.16
Tetraethyllead	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Toluene	0.32	0.02	0.20	0.00	0.00	0.21	0.32
m-Xylene	0.13	0.03	0.08	0.01	0.01	0.22	0.33
Ethanol	0.92	0.03	0.57	-	-	-	-
Unidentified VOC	34.85	0.45	21.76	0.03	0.03	2.89	27.97

ภาคผนวก ข

ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมัน
และตัวอย่างการคำนวณ

ตาราง ข.1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมัน

ประเภทของน้ำมัน	ค่าปัจจัยการปลดปล่อย	หน่วย
ไวไฟมาก	19.3	lb/1000 gal
ไวไฟปานกลาง	1.9	mg/L
ไวไฟน้อย	176	mg/L

ตาราง ข.2 ปริมาณการซื้อขายประเภท ULG 91 ปี พ.ศ. 2556 และ 2557

ภูมิภาค	ปริมาณการซื้อขาย (L)	
	ปี 2556	ปี 2557
ภาคกลาง	27,990,191.49	-
ภาคเหนือ	9,317,849.37	-
ภาคตะวันออก	2,511,417.80	-
ภาคตะวันตก	2,591,833.76	-
ภาคใต้	12,343,297.72	-
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	15,881,658.00	-

ตาราง ข.3 ปริมาณการซื้อขายประเภท ULG 95 ปี พ.ศ. 2556 และ 2557

ภูมิภาค	ปริมาณการซื้อขาย (L)	
	ปี 2556	ปี 2557
ภาคกลาง	143,903,001.78	114,524,690.61
ภาคเหนือ	32,401,778.00	29,607,004.00
ภาคตะวันออก	92,572,586.42	82,035,448.47
ภาคตะวันตก	22,611,365.79	20,654,511.17
ภาคใต้	56,966,792.96	46,298,098.81
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	170,477,519.00	36,454,295.00

ตาราง ข.4 ปริมาณการซื้อขายประเภท Gasohol 95 ปี พ.ศ. 2556 และ 2557

ภูมิภาค	ปริมาณการซื้อขาย (L)	
	ปี 2556	ปี 2557
ภาคกลาง	1,027,749,469.72	903,311,490.19
ภาคเหนือ	117,558,590.71	162,685,393.38
ภาคตะวันออก	275,821,830.90	282,551,600.00
ภาคตะวันตก	92,904,676.16	126,191,868.30
ภาคใต้	307,300,114.90	315,937,248.24
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	242,559,432.53	218,933,514.73

ตาราง ข.5 ปริมาณการซื้อขายประเภท Gasohol 91 ปี พ.ศ. 2556 และ 2557

ภูมิภาค	ปริมาณการซื้อขาย (L)	
	ปี 2556	ปี 2557
ภาคกลาง	937,569,370.00	1,198,479,763.40
ภาคเหนือ	152,967,947.00	193,798,536.85
ภาคตะวันออก	201,064,271.00	312,583,353.83
ภาคตะวันตก	86,423,489.00	110,777,085.58
ภาคใต้	173,477,427.00	286,638,835.93
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	395,667,749.00	475,267,888.70

ตาราง ข.6 ปริมาณการซื้อขายประเภท Gasohol 95 E20 ปี พ.ศ. 2556 และ ปี 2557

ภูมิภาค	ปริมาณการซื้อขาย (L)	
	ปี 2556	ปี 2557
ภาคกลาง	366,969,750.12	515,498,131.16
ภาคเหนือ	56,581,809.55	72,438,114.01
ภาคตะวันออก	65,283,411.39	100,477,518.56
ภาคตะวันตก	31,877,329.46	41,987,895.04
ภาคใต้	107,781,842.66	152,658,812.93
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	179,044,579.49	210,048,756.12

ตาราง ข.7 ปริมาณการซื้อขายประเภท Gasohol 95 E85 ปี พ.ศ. 2556 และ 2557

ภูมิภาค	ปริมาณการซื้อขาย (L)	
	ปี 2556	ปี 2557
ภาคกลาง	80,150,000.00	184,188,774.00
ภาคเหนือ	7,596,000.00	18,692,000.00
ภาคตะวันออก	5,750,000.00	22,927,000.00
ภาคตะวันตก	2,197,000.00	7,425,000.00
ภาคใต้	12,446,000.00	37,815,250.00
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	10,018,389.00	30,975,800.00

ตาราง ข.8 ปริมาณการซื้อขายประเภท HSD ปี พ.ศ. 2556 และ 2557

ภูมิภาค	ปริมาณการซื้อขาย (L)	
	ปี 2556	ปี 2557
ภาคกลาง	3,112,812,087.40	4,540,861,346.05
ภาคเหนือ	730,027,000.89	740,875,238.94
ภาคตะวันออก	1,078,809,638.61	2,002,422,787.51
ภาคตะวันตก	547,798,735.56	581,893,895.17
ภาคใต้	791,995,302.11	1,452,117,567.75
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	2,312,002,641.26	2,286,431,389.69

ตาราง ข.9 ปริมาณการซื้อขายประเภท HSD Premium ปี พ.ศ. 2556 และ ปี 2557

ภูมิภาค	ปริมาณการซื้อขาย (L)	
	ปี 2556	ปี 2557
ภาคกลาง	4,430,035	19,103,577
ภาคเหนือ	-	3,647,977
ภาคตะวันออก	368,000	5,592,000
ภาคตะวันตก	251,000	4,331,000
ภาคใต้	-	-
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	-	2,478,000

ตาราง ข.10 ปริมาณการซื้อขายประเภทน้ำมันเตา ปี พ.ศ. 2556 และ 2557

ภูมิภาค	ปริมาณการซื้อขาย (L)	
	ปี 2556	ปี 2557
ภาคกลาง	511,117	287,230
ภาคเหนือ	68,400	56,600
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	107,968	102,944
ภาคตะวันออก	22,080	29,424
ภาคใต้	124,600	110,000
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	83,600	62,200

ตาราง ข.11 องค์ประกอบของน้ำมันแต่ละชนิด

ชนิดของน้ำมัน	สัดส่วนโดยมวล (เปอร์เซ็นต์)									
	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ULG95	1.01	0.17	1.10	1.81	2.03	-	19.65	9.73	-	64.03
ULG 91	1.01	0.17	1.10	1.81	2.03	-	19.65	9.73	-	64.03
Gasohol 95	0.99	-	-	2.00	2.00	0.06	7.50	10.00	10.00	67.45
Gasohol 95 E20	0.99	-	-	2.00	2.00	0.06	7.50	10.00	10.00	67.45
Gasohol 95 E85	0.99	-	-	2.00	2.00	0.06	7.50	10.00	10.00	67.45
Gasohol 91	0.99	-	-	2.00	2.00	0.06	7.50	10.00	10.00	67.45
HSD	0.03	0.98	0.01	0.11	0.01	-	0.10	0.35	-	98.42
HSD Premium	0.03	0.98	0.01	0.11	0.01	-	0.10	0.35	-	98.42
Kerosene	0.37	2.83	1.20	0.52	4.65	-	0.18	1.88	-	88.38

ตัวอย่างการคำนวณการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการน้ำมัน

จากตารางที่ ค.3 จะได้ปริมาณการซื้อขายน้ำมันดีเซลของสถานีบริการน้ำมันในภาคกลาง ประจำปี 2556 เท่ากับ 3,112,812,087.40 ลิตร นำค่าปัจจัยการปลดปล่อยในตารางที่ ค.1 มาคูณกับปริมาณการซื้อขายน้ำมันจะได้ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมด

$$\text{Total VOCs} = 3,112,812,087.40 \text{ L} \times 176 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{(1 \text{ kg})}{(1,000,000 \text{ mg})} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}}$$

$$\text{Total VOCs} = 547.85 \text{ ตัน}$$

ขั้นตอนต่อไปก็จะจำแนกประเภทของสารอินทรีย์ระเหยโดยนำค่าองค์ประกอบของน้ำมันในตาราง ค. มาคูณกับสารอินทรีย์ระเหยทั้งหมด จะได้ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยแต่ละชนิดที่ถูกปลดปล่อยออกมา

ตาราง ข.12 ตัวอย่างการคำนวณการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากน้ำมันประเภทไวไฟน้อยในปี พ.ศ. 2556

ชนิดของสารอินทรีย์ระเหย	การคำนวณ
Benzene	$547.85 \text{ ton} \times \frac{0.03}{100}$ = 0.16 ตัน
Cumene	$547.85 \text{ ton} \times \frac{0.98}{100}$ = 5.34 ตัน
Cyclohexane	$547.85 \text{ ton} \times \frac{0.01}{100}$ = 0.05 ตัน
Ethyl benzene	$547.85 \text{ ton} \times \frac{0.11}{100}$ = 0.60 ตัน
Hexane	$547.85 \text{ ton} \times \frac{0.01}{100}$ = 0.05 ตัน
Toluene	$547.85 \text{ ton} \times \frac{0.1}{100}$ = 0.55 ตัน
Xylene	$547.85 \text{ ton} \times \frac{0.35}{100}$ = 1.89 ตัน
Tetraethyllead	-
Ethanol	-
Other VOCs	$547.85 \text{ ton} \times \frac{98.42}{100}$ = 539.20 ตัน

ภาคผนวก ค

ปริมาณ VOCs ของสถานีบริการน้ำมัน

ตาราง ค.1 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน ULG 91 ปี พ.ศ. 2556

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	63.71	0.64	0.11	0.70	1.15	1.29	-	12.52	6.20	-	40.79
ภาคเหนือ	21.21	0.21	0.04	0.23	0.38	0.43	-	4.17	2.06	-	13.58
ภาคตะวันออก	5.72	0.06	0.01	0.06	0.10	0.12	-	1.12	0.56	-	3.66
ภาคตะวันตก	5.90	0.06	0.01	0.06	0.11	0.12	-	1.16	0.57	-	3.78
ภาคใต้	28.09	0.28	0.05	0.31	0.51	0.57	-	5.52	2.73	-	17.99
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	36.15	0.36	0.06	0.40	0.65	0.73	-	7.10	3.52	-	23.15

ตาราง ค.2 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน ULG 95 ปี พ.ศ. 2556

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	327.54	3.30	0.56	3.60	5.91	6.63	-	64.36	31.87	-	209.73
ภาคเหนือ	73.75	0.74	0.13	0.81	1.33	1.49	-	14.49	7.18	-	47.22
ภาคตะวันออก	210.71	2.12	0.36	2.32	3.80	4.27	-	41.40	20.50	-	134.92
ภาคตะวันตก	51.47	0.52	0.09	0.57	0.93	1.04	-	10.11	5.01	-	32.96
ภาคใต้	129.66	1.31	0.22	1.43	2.34	2.63	-	25.48	12.62	-	83.03
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	388.03	3.91	0.66	4.27	7.00	7.86	-	76.25	37.76	-	248.47

ตาราง ค.3 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 91 ปี พ.ศ. 2556

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	2,134.03	21.13	-	-	42.68	42.68	1.28	160.05	213.40	213.40	1,439.40
ภาคเหนือ	348.17	3.45	-	-	6.96	6.96	0.21	26.11	34.82	34.82	234.84
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	457.65	4.53	-	-	9.15	9.15	0.27	34.32	45.76	45.76	308.68
ภาคตะวันออก	196.71	1.95	-	-	3.93	3.93	0.12	14.75	19.67	19.67	132.68
ภาคใต้	394.86	3.91	-	-	7.90	7.90	0.24	29.61	39.49	39.49	266.33
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	900.59	8.92	-	-	18.01	18.01	0.54	67.54	90.06	90.06	607.45

ตาราง ค.4 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 95 ปี พ.ศ. 2556

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	2,339.29	23.16	-	-	46.79	46.79	1.40	175.45	233.93	233.93	1,577.85
ภาคเหนือ	267.58	2.65	-	-	5.35	5.35	0.16	20.07	26.76	26.76	180.48
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	627.81	6.22	-	-	12.56	12.56	0.38	47.09	62.78	62.78	423.45
ภาคตะวันออก	211.46	2.09	-	-	4.23	4.23	0.13	15.86	21.15	21.15	142.63
ภาคใต้	699.45	6.92	-	-	13.99	13.99	0.42	52.46	69.95	69.95	471.78
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	552.10	5.47	-	-	11.04	11.04	0.33	41.41	55.21	55.21	372.39

ตาราง ค.5 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 95 E20 ปี พ.ศ. 2556

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	835.27	8.27	-	-	16.71	16.71	0.50	62.65	83.53	83.53	563.39
ภาคเหนือ	128.79	1.27	-	-	2.58	2.58	0.08	9.66	12.88	12.88	86.87
ภาคตะวันออก	148.59	1.47	-	-	2.97	2.97	0.09	11.14	14.86	14.86	100.23
ภาคตะวันตก	72.56	0.72	-	-	1.45	1.45	0.04	5.44	7.26	7.26	48.94
ภาคใต้	245.33	2.43	-	-	4.91	4.91	0.15	18.40	24.53	24.53	165.47
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	407.53	4.03	-	-	8.15	8.15	0.24	30.56	40.75	40.75	274.88

ตาราง ค.6 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 95 E85 ปี พ.ศ. 2556

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	182.43	1.81	-	-	3.65	3.65	0.11	13.68	18.24	18.24	123.05
ภาคเหนือ	17.29	0.17	-	-	0.35	0.35	0.01	1.30	1.73	1.73	11.66
ภาคตะวันออก	13.09	0.13	-	-	0.26	0.26	0.01	0.98	1.31	1.31	8.83
ภาคตะวันตก	5.00	0.05	-	-	0.10	0.10	0.00	0.38	0.50	0.50	3.37
ภาคใต้	28.33	0.28	-	-	0.57	0.57	0.02	2.12	2.83	2.83	19.11
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	22.80	0.23	-	-	0.46	0.46	0.01	1.71	2.28	2.28	15.38

ตาราง ค.7 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน HSD ปี พ.ศ. 2556

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	547.85	0.16	5.34	0.05	0.60	0.05	-	0.55	1.89	-	539.20
ภาคเหนือ	128.48	0.04	1.25	0.01	0.14	0.01	-	0.13	0.44	-	126.45
ภาคตะวันออก	189.87	0.06	1.85	0.02	0.21	0.02	-	0.19	0.66	-	186.87
ภาคตะวันตก	96.41	0.03	0.94	0.01	0.11	0.01	-	0.10	0.33	-	94.89
ภาคใต้	139.39	0.04	1.36	0.01	0.15	0.01	-	0.14	0.48	-	137.19
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	406.91	0.12	3.97	0.04	0.45	0.04	-	0.41	1.40	-	400.48

ตาราง ค.8 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน HSD Premium ปี พ.ศ. 2556

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	0.78	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	-	0.77
ภาคเหนือ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ภาคตะวันออก	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	-	0.06
ภาคตะวันตก	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	-	0.04
ภาคใต้	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตาราง ค.9 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมันเตา ปี พ.ศ. 2556

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	0.00097	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	0.00005	-	0.00000	0.00002	-	0.00086
ภาคเหนือ	0.00013	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	-	0.00000	0.00000	-	0.00011
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.00021	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00001	-	0.00000	0.00000	-	0.00018
ภาคตะวันออก	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	0.00000	0.00000	-	0.00004
ภาคใต้	0.00024	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00001	-	0.00000	0.00000	-	0.00021
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.00016	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	-	0.00000	0.00000	-	0.00014

ตาราง ค.10 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน ULG95 ปี พ.ศ. 2557

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	260.67	2.62	0.44	2.87	4.71	5.28	-	51.22	25.36	-	166.92
ภาคเหนือ	67.39	0.68	0.11	0.74	1.22	1.36	-	13.24	6.56	-	43.15
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	186.72	1.88	0.32	2.05	3.37	3.78	-	36.69	18.17	-	119.56
ภาคตะวันออก	47.01	0.47	0.08	0.52	0.85	0.95	-	9.24	4.57	-	30.10
ภาคใต้	105.38	1.06	0.18	1.16	1.90	2.13	-	20.71	10.25	-	67.48
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	82.97	0.84	0.14	0.91	1.50	1.68	-	16.30	8.07	-	53.13

ตาราง ค.11 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 91 ปี พ.ศ. 2557

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	2,727.89	27.01	-	-	54.56	54.56	1.64	204.59	272.79	272.79	1,839.96
ภาคเหนือ	441.11	4.37	-	-	8.82	8.82	0.26	33.08	44.11	44.11	297.53
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	711.48	7.04	-	-	14.23	14.23	0.43	53.36	71.15	71.15	479.89
ภาคตะวันออก	252.14	2.50	-	-	5.04	5.04	0.15	18.91	25.21	25.21	170.07
ภาคใต้	652.43	6.46	-	-	13.05	13.05	0.39	48.93	65.24	65.24	440.06
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1,081.77	10.71	-	-	21.64	21.64	0.65	81.13	108.18	108.18	729.65

ตาราง ค.12 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 95 ปี พ.ศ. 2557

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	2,056.05	20.35	-	-	41.12	41.12	1.23	154.20	205.61	205.61	1,386.81
ภาคเหนือ	370.29	3.67	-	-	7.41	7.41	0.22	27.77	37.03	37.03	249.76
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	643.12	6.37	-	-	12.86	12.86	0.39	48.23	64.31	64.31	433.79
ภาคตะวันออก	287.23	2.84	-	-	5.74	5.74	0.17	21.54	28.72	28.72	193.74
ภาคใต้	719.11	7.12	-	-	14.38	14.38	0.43	53.93	71.91	71.91	485.04
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	498.32	4.93	-	-	9.97	9.97	0.30	37.37	49.83	49.83	336.12

ตาราง ค.13 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 95 E20 ปี พ.ศ. 2557

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	1,173.34	11.62	-	-	23.47	23.47	0.70	88.00	117.33	117.33	791.42
ภาคเหนือ	164.88	1.63	-	-	3.30	3.30	0.10	12.37	16.49	16.49	111.21
ภาคตะวันออก	228.70	2.26	-	-	4.57	4.57	0.14	17.15	22.87	22.87	154.26
ภาคตะวันตก	95.57	0.95	-	-	1.91	1.91	0.06	7.17	9.56	9.56	64.46
ภาคใต้	347.47	3.44	-	-	6.95	6.95	0.21	26.06	34.75	34.75	234.37
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	478.10	4.73	-	-	9.56	9.56	0.29	35.86	47.81	47.81	322.48

ตาราง ค.14 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน Gasohol 95 E85 ปี พ.ศ. 2557

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	419.24	4.15	-	-	8.38	8.38	0.25	31.44	41.92	41.92	282.78
ภาคเหนือ	42.55	0.42	-	-	0.85	0.85	0.03	3.19	4.25	4.25	28.70
ภาคตะวันออก	52.18	0.52	-	-	1.04	1.04	0.03	3.91	5.22	5.22	35.20
ภาคตะวันตก	16.90	0.17	-	-	0.34	0.34	0.01	1.27	1.69	1.69	11.40
ภาคใต้	86.07	0.85	-	-	1.72	1.72	0.05	6.46	8.61	8.61	58.06
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	70.50	0.70	-	-	1.41	1.41	0.04	5.29	7.05	7.05	47.56

ตาราง ค.15 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน HSD ปี พ.ศ. 2557

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	1,173.34	11.62	-	-	23.47	23.47	0.70	88.00	117.33	117.33	791.42
ภาคเหนือ	164.88	1.63	-	-	3.30	3.30	0.10	12.37	16.49	16.49	111.21
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	228.70	2.26	-	-	4.57	4.57	0.14	17.15	22.87	22.87	154.26
ภาคตะวันออก	95.57	0.95	-	-	1.91	1.91	0.06	7.17	9.56	9.56	64.46
ภาคใต้	347.47	3.44	-	-	6.95	6.95	0.21	26.06	34.75	34.75	234.37
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	478.10	4.73	-	-	9.56	9.56	0.29	35.86	47.81	47.81	322.48

ตาราง ค.16 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมัน HSD Premium ปี พ.ศ. 2557

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	3.36	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.01	-	3.31
ภาคเหนือ	0.64	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	0.63
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.98	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	0.97
ภาคตะวันออก	0.76	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	0.75
ภาคใต้	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-	0.43

ตาราง ค.17 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากสถานีบริการของน้ำมันน้ำมันเตา ปี พ.ศ. 2557

ภูมิภาค	ปริมาณสารอินทรีย์ระเหย (ตัน)										
	Total VOCs	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethyl benzene	n-Hexane	Tetraethyl lead	Toluene	m-Xylene	Ethanol	Unidentified VOCs
ภาคกลาง	0.00055	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.00003	-	0.00000	0.00001	-	0.00048
ภาคเหนือ	0.00011	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	-	0.00000	0.00000	-	0.00010
ภาคตะวันออก	0.00020	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00001	-	0.00000	0.00000	-	0.00017
ภาคตะวันตก	0.00006	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	0.00000	0.00000	-	0.00005
ภาคใต้	0.00021	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00001	-	0.00000	0.00000	-	0.00018
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.00012	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	-	0.00000	0.00000	-	0.00010