การทำบัญชีปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของแหล่งกำเนิดจากโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนงานวิจัยโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์

บัณฑิต ชูแสงศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การทำบัญชีปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของแหล่งกำเนิดจากโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนงานวิจัยโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์

บัณฑิต ชูแสงศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INVENTORY OF POLLUTION RELEASE FROM FACTORIES IN INDUSTRIAL ESTATE FOR SUPPORTING ELECTRONIC NOSE NETWORK RESEARCH

BUNDIT CHUSAENGSRI

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

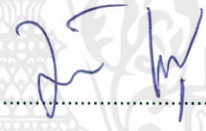
ปริญญานิพนธ์เรื่อง การทำบัญชีปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของแหล่งกำเนิดจาก โรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมเพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนงานวิจัย โครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์

โดย นายบัณฑิต ชูแสงศรี

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.นริศรา ทองบุญชู

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์



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

.....กรรมการ
(ผศ.ดร.กุลนันทน์ เกียรติกิตติพงษ์)

.....กรรมการ
(ผศ.รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การทำบัญชีปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของแหล่งกำเนิดจากโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนงานวิจัยโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์
โดย	นายบัณฑิต ชูแสงศรี
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. นริศรา ทองบุญชู

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดทำบัญชีปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของแหล่งกำเนิดจากโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมเพื่อสนับสนุนงานวิจัยโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ ในบริเวณที่ศึกษาประกอบด้วยโรงงานจำนวน 11 โรงงาน 6 ประเภท ได้แก่ โรงกลั่นน้ำมัน โรงไฟฟ้าถ่านหิน โรงผลิตเหล็กขั้นกลาง โรงผลิตมอนอเมอร์ โรงผลิตโอเลฟินส์ โรงผลิตพอลิเมอร์ และ ถังกักเก็บสารเคมี เทคนิคการใช้ตัวคูณการปลดปล่อยถูกนำมาใช้ในการประเมินการปลดปล่อย ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ของโรงงานได้มาจากรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ค่าปัจจัยการปลดปล่อยได้มาจากข้อมูลที่รายงานโดยหน่วยงานนานาชาติที่ได้รับการยอมรับ ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่ามลพิษที่มีการปลดปล่อยสูงสุดคือ NO_x มากที่สุด รองลงมาคือ CO VOCs SO_2 PM_{10} และ Heavy metal ที่อัตรา 48,044, 13,250 9,622 8,183.6 3,154.57 13.77 ตันต่อปีตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยแยกตามประเภทอุตสาหกรรม โรงกลั่นน้ำมันมีการปลดปล่อย NO_x CO SO_2 VOCs และ PM_{10} ที่อัตรา 40,856 11,710 7,642 7,452 และ 2,383 ตันต่อปีตามลำดับ โรงไฟฟ้าถ่านหินมีการปลดปล่อย NO_x PM_{10} CO VOCs และ SO_2 ที่อัตรา 3,641 635 165.5 19.86 และ 5.96 ตันต่อปีตามลำดับ โรงผลิตเหล็กขั้นกลางมีการปลดปล่อย SO_2 VOCs NO_x Heavy metal และ PM_{10} ที่อัตรา 435 219.4 62.15 13.77 และ 0.032 ตันต่อปีตามลำดับ โรงผลิตมอนอเมอร์มีการปลดปล่อย VOCs ที่อัตรา 407 กิโลกรัมต่อปี โรงผลิตโอเลฟินส์มีการปลดปล่อย NO_x VOCs CO PM_{10} และ SO_2 ที่อัตรา 3,288 1,380 1,297 124 และ 6.75 ตันต่อปีตามลำดับ โรงผลิตพอลิเมอร์ NO_x VOCs SO2 CO และ PM_{10} ที่อัตรา 197.55 129.48 93.87 77.88 และ 12.54 ตันต่อปีตามลำดับ และถังกักเก็บสารเคมีมีการปลดปล่อย VOCs ที่อัตรา 421.21 ตันต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Inventory of pollution release from factories in industrial estate for supporting electronic nose network research
By	Mr. Bundit Chusaengsri
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Chemical Engineering
Year	2016
Advisor	Dr. Narisara Thongboonchoo

ABSTRACT

The aim of this reserch is to prepare air pollutants emission inventory from factories in an industrial estate to support the electronic nose network research. In study domain, there are 11 factories and 6 industrial types i.e, petroleum refineries plant, coal-fired power plant, electric furnace steel plants, monomer plants, olefins plants, polymer plants and chemical tank farms. The emission factor technique was used for emission estimation. The general information and activities data of factories were extracted from Environmental Impact Assessmen(EIA) report while emission factors were retrived from reported data of recognized international organization. The results reavealed that the highest amount pollutants released is NOx, followed by CO, VOCs, SO_2, PM_{10} and Heavy metal at rate 48,044,13,250, 9,622, 8,183.6, 3,154.57 and 13.77 tons per year, respectively. When analyzed emssions by industrial types, the results showed that refineries plants released NO_x, CO, SO_2, VOCs and PM_{10} at rate 40,856, 11,710, 7,452, 7,343 and 2,383 tons per year. The coal-fired power plant emitted NO_x, PM_{10}, CO and VOCs at rate 3,641, 635, 165.5 and 5.96 tons per year, respectively. The electric furnace steel plants discharged SO_2, VOCs, NO_x, Heavy metal and PM_{10} at rate 435, 219.4, 62.15, 13.77 and 0.032 tons per year, respectively. The monomer plants released VOCs at 407 kilograms per year. The olefins plants emitted NO_x, VOCs, CO, PM_{10} and SO_2 at rate 3,288, 1,380, 1,297, 124 and 6.75 tons per year, respectively. The polymer plants discharged NO_x, VOCs, SO_2, CO and PM_{10} at rate 93.87 129.48 197.55 77.88 and 12.54 tons per year, respectively. The chemical tank farms released VOCs at rate of 421.21 tons per year.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร.นริศรา ทองบุญชู อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งได้ให้คำชี้แนะแนวทางซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งพร้อมทั้งให้การว่ากล่าวตักเตือนสั่งสอนเพื่อให้เป็นตามเป้าหมาย

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมเคมีที่ให้คำปรึกษาทั้งในเรื่องส่วนตัวและการเรียน ทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และมีความสุขตลอดเวลาที่ได้เรียนที่ภาควิชา

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมีที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ ทั้งในการเรียนการสอนรวมถึงสถานที่สำหรับทำปริญญานิพนธ์ รวมถึงเจ้าหน้าที่ของภาควิชาที่ได้อำนวยความสะดวกในหลาย ๆ ด้าน

ขอขอบคุณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย สำหรับการเอื้อเฟื้อข้อมูลต่าง ๆ จนถึงการดูแลตลอดระยะเวลาในการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณกลุ่มเพื่อนในภาควิชาและต่างสาขาที่ให้คำแนะที่ดีเสมอมา และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือกำลังใจในวันที่ท้อแท้และสิ้นหวัง

ขอขอบคุณครอบครัวที่ได้อบรมสั่งสอน ทั้งยังสนับสนุนอยู่เบื้องหลัง รวมถึงผู้ที่ไม่ได้กล่าวถึง ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมต่อไป

นาย บัณฑิต ชูแสงศรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญรูป.....VII

สารบัญตาราง.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....2

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....2

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากปริญญานิพนธ์.....2

บทที่ 2 ทฤษฎี.....3

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับจังหวัดระยอง และนิคมอุตสาหกรรมในอำเภอเมือง จังหวัดระยอง.....3

2.2 ประเภทของแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม.....4

2.2.1 กระบวนการเผาไหม้.....4

2.2.2 กระบวนการผลิต.....5

2.2.3 การปลดปล่อยมลพิษจากถังกักเก็บ.....5

2.3 โรงงานอุตสาหกรรมและการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต.....7

2.3.1 โรงกลั่นน้ำมัน.....7

2.3.2 โรงผลิตโอเลฟินส์.....9

2.3.3 โรงผลิตโมโนเมอร์.....10

2.3.4 โรงไฟฟ้าถ่านหิน.....12

2.3.5 โรงหลอมเหล็ก.....13

2.4 โครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์.....15

2.5 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ.....16

2.5.1 การดุลมวลสาร.....16

2.5.2 การคาดการณ์ทางวิศวกรรม.....17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.3 การคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษโดยการใช้ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ....17
2.5.4 การใช้แบบจำลองในการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ....18
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....20

บทที่ 3 วิธีดำเนินการ....22
3.1 การรวบรวมข้อมูลโรงงาน....22
3.1.1 รวบรวมข้อมูลโรงงานที่ทำการศึกษา....22
3.1.2 รวบรวมข้อมูลปัจจัยการปลดปล่อย....22
3.1.3 คัดกรองและบันทึกข้อมูล....22
3.2 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ....23
3.2.1 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต....24
3.2.2 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากกำลังการผลิต....24
3.2.3 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจาการใช้พลังงาน....24
3.2.4 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากถังกักเก็บสารเคมี....25
3.3 วิธีการประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของโรงงานแต่ละประเภท....27
3.3.1 โรงกลั่นน้ำมันและโรงโอเลฟินส์....27
3.3.2 โรงเหล็กขั้นกลาง....28
3.3.3 โรงไฟฟ้าถ่านหิน....28
3.3.4 โรงผลิตมอนอเมอร์....28
3.3.5 โรงผลิตพอลิเมอร์....28
3.3.6 ถังกักเก็บบริเวณท่าเรือมาบตาพุด....29

บทที่ 4 ผลการประเมิน และวิเคราะห์ผล....30
4.1 ผลการประเมินการปลดปล่อยมลพิษรวมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม....30
4.2 การวิเคราะห์การปลดปล่อยมลพิษแยกตามกลุ่มอุตสาหกรรม....31
4.2.1 โรงเหล็กขั้นกลาง....31
4.2.2 โรงผลิตพอลิเมอร์....31
4.2.3 โรงไฟฟ้าถ่านหิน....32
4.2.4 โรงกลั่นน้ำมัน....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.5 โรงผลิตโอเลฟินส์.....33
4.2.6 โรงผลิตมอนอเมอร์.....34
4.3 วิเคราะห์ผลการประเมินการปลดปล่อยมลพิษรวมแยกตามแหล่งกำเนิด.....34
4.4 วิเคราะห์ผลการประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย.....35

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....37
5.1 สรุปผลการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ.....37
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....38
เอกสารอ้างอิง.....39
ภาคผนวก.....41
ภาคผนวก ก ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษและแหล่งกำเนิด.....42
ภาคผนวก ข อัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงเทียบเท่าน้ำมันดิบ.....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ถังกักเก็บชนิดหลังคาปิดตาย (Fixed-roof tank).....5
2.2 ถังกักเก็บแบบหลังคาลอยภายนอก (External floating roof).....6
2.3 แผนผังกระบวนการของโรงกลั่นน้ำมัน.....7
2.4 แผนผังกระบวนของโรงผลิตโอเลฟินส์.....10
2.5 แผนผังกระบวนการของโรงผลิตมอนอเมอร์.....11
2.6 แผนผังกระบวนการทำงานของโรงไฟฟ้าถ่านหิน.....13
2.7 กระบวนการในการผลิตเหล็กรูปภัณฑ์ด้วยวิธีการ Electric arc furnaces.....14
2.8 กระบวนการวิเคราะห์กลิ่นของจมูกอิเล็กทรอนิกส์.....15
2.9 หน้าต่างเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม TANKS 4.0.9d.....19
3.1 คำสั่งในการเลือกชนิดถังกักเก็บสารเคมีที่ทำการประเมินในโปรแกรม TANKS.....25
3.2 การกำหนดข้อมูลทางกายภาพของถังกักเก็บสารเคมี.....26
3.3 การกำหนดสถานที่ตั้งของถังกักเก็บสารเคมี.....26
3.4 การกำหนดสารเคมีภายในถังกักเก็บสารเคมี.....27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 กลุ่มสารเคมีและความละเอียดที่เซ็นเซอร์จมูกอิเล็กทรอนิกส์สามารถตรวจวัด....16
2.2 ค่าการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการอุตสาหกรรมแบบต่างๆ....21
3.1 ตัวอย่างค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากหน่วย Sulfur Recovery Unit ของโรงกลั่นน้ำมัน...23
3.2 ค่า Emission Factor ของการผลิตเหล็กรูปภัณฑ์ด้วยวิธีการ Electric arc furnace....24
3.3 ค่าการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ LPG....25
3.4 ผลการปลดปล่อยสาร Acrylonitrile ออกจากถังกักเก็บสารเคมี....27
3.5 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากโรงกลั่นน้ำมันและโรงผลิตโอเลฟินส์....28
3.6 แหล่งกำเนิดมลพิษของโรงผลิตพอลิเมอร์ 5 โรง....29
4.1 ผลการประเมินการปลดปล่อยมลพิษแยกตามประเภทโรงงานและชนิดของมลพิษ....30
4.2 ผลการประเมินการปลดปล่อยมลพิษของโรงเหล็กขั้นกลาง....31
4.3 มลพิษทางอากาศที่ปล่อยออกจากโรงผลิตพอลิเมอร์แต่ละโรง....31
4.4 การปลดปล่อยมลพิษตามแหล่งกำเนิดของโรงผลิตพอลิเมอร์....32
4.5 การปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดของโรงกลั่นน้ำมัน....33
4.6 การปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดของโรงผลิตโอเลฟินส์....34
4.7 การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิด....34
4.8 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากโรงกลั่นและโรงผลิตโอเลฟินส์....36
4.9 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน....36
4.10 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากโรงผลิตพอลิเมอร์....36
5.1 สารบ่งชี้มลพิษของแต่ละโรงงาน....37
ก.1 มลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรม....43
ก.2โรงงานเหล็กรูปภัณฑ์ ชนิด Electric arc furnace....44
ก.3 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศที่ใช้คำนวณการปลดปล่อยจากอัตราการใช้พลังงานแยกตามชนิดเชื้อเพลิง....45
ก.4 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารมลพิษทางอากาศของการเผาไหม้ถ่านหิน Black Coal....46
ก.5 องค์ประกอบของสารอินทรีย์ระเหยแต่ละชนิดที่ประเมินจากอุตสาหกรรมโลหะขั้นกลาง....47
ก.6 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต....48
ข.1 ค่าการแปลงหน่วยจากอัตราการใช้พลังงานเป็นตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การขยายตัวอย่างต่อเนื่องของอุตสาหกรรมในจังหวัดระยองเนื่องจากเป็นบริเวณที่สะดวกต่อการขนส่งวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ รวมถึงมีท่าเรือน้ำลึก การขยายตัวของอุตสาหกรรมส่งผลดีต่อพื้นที่ทำให้มีการจ้างงานเกิดขึ้นและส่งผลให้ค่าจีดีพี (Gross Domestic Product: GDP) ของประเทศสูงขึ้น แต่ก็มีผลเสียที่ตามมาคือปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยอยู่รอบๆ บริเวณนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งมีทั้งหมด 5 นิคม และ 1 ท่าเรือ ได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด นิคมอุตสาหกรรมผาแดง นิคมอุตสาหกรรมเหมราชตะวันออก (มาบตาพุด) นิคมอุตสาหกรรม อาร์ ไอ แอล นิคมอุตสาหกรรมเอเชีย และท่าเรืออุตสาหกรรม (มาบตาพุด) [1] อุตสาหกรรมหลักในนิคมเหล่านี้ได้แก่ อุตสาหกรรมเคมี และอุตสาหกรรมปิโตรเคมีอาจปล่อยมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxide: NO_x) คาร์บอนมอนออกไซด์ (Carbon monoxide: CO) ฝุ่นละออง (Particulate matter: PM) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide: SO_2) และสารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile organic compounds: VOCs) จากกิจกรรมต่างๆ ของโรงงานได้แก่ การผลิต การขนส่ง การบำบัดน้ำเสีย มลพิษทางอากาศเหล่านี้ส่งผลต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่รอบๆ บริเวณนิคมอุตสาหกรรม โดยเฉพาะสารอินทรีย์ระเหยหากสูดดมเข้าไปจะส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจ ตับ ไต และระบบประสาท [2] ดังนั้นการเฝ้าระวังปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยจากอุตสาหกรรมจึงมีความสำคัญเพื่อที่จะทราบถึงปริมาณของมลพิษในบรรยากาศและสามารถนำไปใช้ในการควบคุมและป้องกันการปลดปล่อยมลพิษอันจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนได้ โครงข่ายเฝ้าระวังสารอินทรีย์ระเหยโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า “จมูกอิเล็กทรอนิกส์” ซึ่งพัฒนาโดย วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และได้ติดตั้งขึ้นในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมเพื่อใช้เฝ้าระวังปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ปลดปล่อยมาสู่บรรยากาศ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของมลพิษที่ปลดปล่อยมาจากแต่ละโรงงานและปริมาณของมลพิษที่ตรวจวัดได้ในบรรยากาศมีความสำคัญในการหาสาเหตุของปัญหามลพิษทางอากาศที่แท้จริง ปริญญานิพนธ์นี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากโรงงานที่อยู่รอบบริเวณโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อสนับสนุนงานวิจัย “จมูกอิเล็กทรอนิกส์” ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดนอกจากนี้ข้อมูลดังกล่าวยังสามารถนำไปใช้ในการวางมาตรการเพื่อใช้ในการลดและควบคุมมลพิษทางอากาศในพื้นที่ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อจัดทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่รอบโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1) ทำการประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศเฉพาะในส่วนของโรงงานที่อยู่รอบๆ บริเวณที่ติดตั้งโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ เท่านั้น

2) ประเภทของมลพิษทางอากาศที่ประเมินได้แก่ ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) คาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และสารอินทรีย์ระเหย (VOCs)

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากปริญญานิพนธ์

ได้ข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของโรงงานต่างๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

การจัดทำข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศในพื้นที่อุตสาหกรรมจำเป็นต้องใช้ข้อมูลพื้นฐานต่างๆ ในบทนี้กล่าวถึงประเภทอุตสาหกรรมที่จะประเมิน แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ วิธีการประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของอุตสาหกรรมบริเวณรอบๆ สถานที่ที่ติดตั้งจมูกอิเล็กทรอนิกส์

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับจังหวัดระยอง และนิคมอุตสาหกรรมในอำเภอเมือง จังหวัดระยอง

จากข้อมูลของสำนักงานคลังจังหวัดระยอง พบว่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดปี พ.ศ. 2557 มีมูลค่า 874,547 ล้านบาท ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลจากการผลิตด้านอุตสาหกรรม มีมูลค่าผลิตภัณฑ์เฉลี่ยต่อหัวประชากร 1,008,615 บาท/คน/ปี คิดเป็นลำดับที่ 1 ของประเทศ [3]

จังหวัดระยองเป็นส่วนหนึ่งในโครงการพัฒนาพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกและได้รับการกำหนดแนวทางการพัฒนาให้เป็นศูนย์กลางความเจริญแห่งใหม่ เป็นศูนย์บริการมาตรฐานการศึกษาและวิจัยด้านเทคโนโลยี และกำหนดให้ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเป็นประตูทางออกให้กับภาคตะวันออกเฉียงเหนือในการส่งสินค้าออกไปจำหน่ายต่างประเทศโดยไม่ต้องผ่านกรุงเทพฯ รัฐบาลได้ดำเนินการจัดเตรียมระบบสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานไว้อย่างสมบูรณ์และกำหนดพื้นที่บริเวณมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง เป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรม เป็นเมืองอุตสาหกรรมใหม่ของประเทศ มีเนื้อที่ทั้งหมด 10,000 ไร่ เป็นพื้นที่สำหรับอุตสาหกรรม 8,000 ไร่ มีท่าเรือน้ำลึกขนส่งสินค้าที่สามารถรับเรือขนาด 20,000 ตัน 1 ท่า และท่าขนส่งวัสดุเหลวที่สามารถรับเรือขนาด 8,000 ตัน 2 ท่า [4] เป็นที่ตั้งของอุตสาหกรรมที่สำคัญ คือ โรงแยกก๊าซธรรมชาติ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และอุตสาหกรรมปุ๋ยเคมี จังหวัดระยองจึงมีศักยภาพสูงในส่วนของการลงทุนด้านอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังได้รับการกำหนดเป็นเขตการส่งเสริมการลงทุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน ให้อยู่ในเขต 3 ของการส่งเสริมการลงทุนซึ่งได้เปรียบกว่าจังหวัดปริมณฑล ส่งผลให้จังหวัดระยองมีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว

จังหวัดระยองถือเป็นเมืองอุตสาหกรรมของประเทศ มีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่เป็นจำนวนมากกว่า 1,700 แห่ง โดยอำเภอเมือง จังหวัดระยอง มีโรงงานตั้งอยู่มากที่สุด รองลงมาคืออำเภอปลวกแดง อำเภอแกลง อำเภอบ้านค่าย อำเภอนิคมพัฒนา อำเภอบ้านฉาง อำเภอวังจันทร์ และอำเภอเขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชะเมา ตามลำดับ แบ่งเป็นโรงงานนอกพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมและเขตประกอบการอุตสาหกรรม 1,259 แห่ง และในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม 445 แห่ง มีนิคมอุตสาหกรรมจำนวน 8 แห่ง และเขตประกอบการอุตสาหกรรมจำนวน 5 เขต โดยเขตนิคมอุตสาหกรรมที่มีจำนวนโรงงานมากที่สุดเรียงตามลำดับได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด อ.ปลวกแดง นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด อ.เมือง นิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ อ.ปลวกแดง และนิคมอุตสาหกรรมตะวันออก อ.เมือง สำหรับเขตประกอบการอุตสาหกรรมที่มีจำนวนโรงงานมากที่สุดเรียงตามลำดับได้แก่ เขตประกอบการอุตสาหกรรมสยามอีสเทิร์นอินดัสเตรียลพาร์ค อ.ปลวกแดง เขตประกอบการอุตสาหกรรมไออาร์พีซี อ.เมือง เขตประกอบการอุตสาหกรรมระยองที่ดินอุตสาหกรรม อ.บ้านค่าย เขตประกอบการอุตสาหกรรมโรจนะ อ.บ้านค่าย [5]

นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีเนื้อที่กว่า 10,000 ไร่ เป็นพื้นที่สำหรับอุตสาหกรรม 8,000 ไร่ มีจำนวนโรงงาน 62 แห่ง (รวมโรงไฟฟ้าบริเวณท่าเทียบเรือ 2แห่ง) อุตสาหกรรมหลัก คือ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เหล็ก เคมีภัณฑ์ ไฟฟ้า จากการที่มีนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเป็นผลให้มีอุตสาหกรรมขั้นต่อเนื่องเกิดขึ้นตามมา เช่น นิคมอุตสาหกรรมเหมราชตะวันออก (อุตสาหกรรมปิโตรเคมี และเคมีภัณฑ์) นิคมอุตสาหกรรมผาแดง (อุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติก) นิคมอุตสาหกรรมเอเชีย (อุตสาหกรรมปิโตรเคมี และซิลิโคนส์) นิคมอุตสาหกรรมอีสเทอร์นซีบอร์ด นิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ และนิคมอุตสาหกรรมอาร์ ไอ แอล (อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์) [5]

2.2 ประเภทของแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม [12-13]

ในอุตสาหกรรมเคมีแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศหลักๆ มาจากกระบวนการเผาไหม้ กระบวนการผลิต ถังกักเก็บ และระบบบำบัดน้ำเสีย แต่ในงานศึกษานี้สนใจสนใจส่วนของ 3 แหล่งกำเนิดแรก

2.2.1 กระบวนการเผาไหม้

ในโรงงานอุตสาหกรรมอาจมีกระบวนการเผาไหม้เพื่อใช้ใน

- การผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น เตาเผา
- ผลิตไอน้ำ เช่น steam turbine
- ให้ความร้อนแก่อุปกรณ์ต่างๆ เช่น furnaces
- รวมทั้งใช้ในการกำจัดสารที่อาจเป็นอันตรายต่อโรงงานและสิ่งแวดล้อม เช่น flare

สารที่ปลดปล่อยออกมาจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่เผาไหม้และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาไหม้ ได้แก่ ออกไซด์ของคาร์บอน เช่น CO, CO_2 ออกไซด์ของไนโตรเจนเช่น NO, NO_2 ออกไซด์ของซัลเฟอร์เช่น SO_2 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 กระบวนการผลิต

แหล่งกำเนิดจากกระบวนการผลิตมีความหลากหลายและแตกต่างกันตามลักษณะและอุปกรณ์ของกระบวนการผลิตนั้นๆ โดยส่วนใหญ่มลพิษจะปลดปล่อยมาจาก

- อุปกรณ์ที่มีความร้อนสูง
- อุปกรณ์ที่ต้องเปิด-ปิดบ่อย เช่น ถังปฏิกิริยาแบบกะ
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุและของไหลและวาล์ว

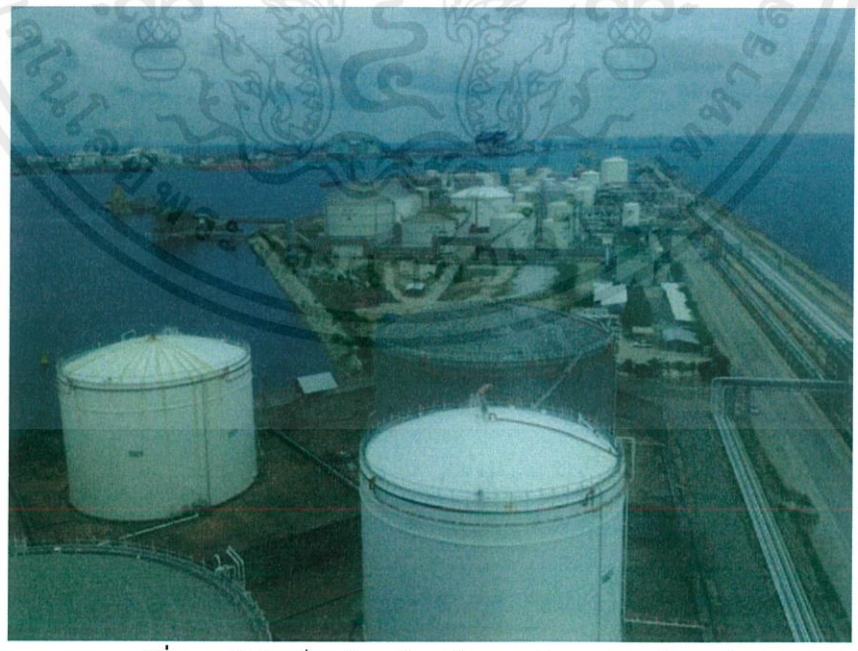
ดังรายละเอียดจะอธิบายในหัวข้อ 2.3

2.2.3 การปลดปล่อยมลพิษจากถังกักเก็บ

ถังกักเก็บเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บสารตั้งต้น สารผลิตภัณฑ์ และสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต ถังกักเก็บมีการกักเก็บสารจำนวนมาก บางถังมีการอัดความดันเพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ถังกักเก็บจึงจัดเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญแหล่งหนึ่ง ประเภทของถังกักเก็บที่นิยมใช้ ได้แก่

1) ถังกักเก็บชนิดหลังคาปิดตาย (Fixed-roof tank)

เป็นถังที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกแนวตั้งมีหลังคาเป็นโดม หลังคานั้นไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงตามปริมาณสารได้ ปริมาณการปลดปล่อยของสารอินทรีย์ระเหยจะขึ้นอยู่กับระดับความสูงของของเหลวภายในถัง หากมีปริมาณของเหลวต่ำจะทำให้มีพื้นที่ว่างมาก สารเคมีที่บรรจุอยู่ภายในจึงกลายเป็นไอมากขึ้น ตัวอย่างถังกักเก็บชนิดหลังคาปิดตายแสดงดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 ถังกักเก็บชนิดหลังคาปิดตาย (Fixed-roof tank)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ถังกักที่มีระบบหลังคาลอย (Floating roof tank)

ถังชนิดนี้มีลูกลอยติดไว้สำหรับให้หลังคาเคลื่อนที่ตามปริมาณของสารเคมีที่บรรจุอยู่ภายในทำให้ไม่เกิดช่องว่างขึ้น สารอินทรีย์ที่บรรจุอยู่ภายในจะมีอัตราการระเหยลดลงเมื่อเทียบกับถังกักเก็บชนิดหลังคาปิดตาย จึงสามารถลดการเกิดเพลิงไหม้เนื่องจากอากาศไม่สามารถสัมผัสกับสารเคมี โดยถังประเภทนี้สามารถแบ่งประเภทได้ 2 ประเภท คือ ถังกักเก็บแบบหลังคาลอยภายนอก (External floating roof: EFR) และ ถังกักเก็บแบบหลังคาลอยภายใน (Internal floating roof: IFR)

2.1) ถังกักเก็บแบบหลังคาลอยภายนอก (External floating roof: EFR)

ถังชนิดนี้มีหลังคาหรือลูกลอยที่สามารถเคลื่อนที่ตามปริมาณสารเคมีที่บรรจุอยู่ภายในถัง ทำให้ไม่เกิดช่องว่างระหว่างของเหลวและหลังคา ดังนั้นจึงลดการระเหยของสารเคมีลงได้ และที่หลังคายังติดขอบหลังคาป้องกันการรั่วซึมของสารเคมี

2.2) ถังกักเก็บแบบหลังคาลอยภายใน (Internal floating roof: IFR)

ถังชนิดนี้มีหลังคาปิดตายด้านบนชั้นหนึ่ง และมีหลังคาที่สามารถเคลื่อนที่ได้ตามระดับของสารเคมีภายในถังเพื่อป้องกันไม่ให้สัมผัสอากาศภายนอก หลังคาลอยมีขอบยางซึ่งช่วยกักเก็บสารเคมีไว้ใต้หลังคา ถังชนิดนี้เหมาะสำหรับเก็บสารเคมีที่ระเหยง่าย หรือไวไฟมาก เช่น น้ำมันเบนซิน

ตัวอย่างถังกักเก็บชนิดหลังคาภายนอกและชนิดหลังคาลอยภายในแสดงดังรูป 2.2 ด้านซ้ายคือ ถังกักเก็บแบบหลังคาลอยภายนอก ด้านขวาคือ ถังกักเก็บแบบหลังคาลอยภายใน

รูปที่ 2.2 ถังกักเก็บแบบหลังคาลอยภายนอก (External floating roof)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โรงงานอุตสาหกรรมและการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

บริเวณพื้นที่ศึกษามีโรงงานตั้งอยู่หลายประเภท ได้แก่ โรงกลั่นน้ำมัน โรงไฟฟ้าถ่านหิน โรงงานผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ โรงหลอมเหล็กขั้นกลาง โรงผลิตมอนอเมอร์ โรงผลิตพอลิเมอร์ โรงผลิตโอเลฟินส์ รายละเอียดของโรงงานและแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศในโรงงานดังต่อไปนี้

2.3.1 โรงกลั่นน้ำมัน [6]

โรงกลั่นน้ำมันเป็นโรงงานที่นำน้ำมันดิบ (Crude Oil) มากลั่นแยก โดยอาศัยคุณสมบัติที่แตกต่างกันของสารแต่ละชนิด และนำไปปรับปรุงคุณภาพเพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ แผนผังแสดงกระบวนการต่างๆ ในโรงกลั่นน้ำมัน แสดงดังรูปที่ 2.3 ซึ่งสามารถแบ่งกระบวนการหลักๆออกเป็น 5 กระบวนการ ได้แก่

1) กระบวนการแยก (Separation process) ใช้การกลั่นซึ่งอาศัยคุณสมบัติความต่างของจุดเดือดของสารต่างชนิดกันเพื่อแยกผลิตภัณฑ์ประเภท แก๊ส ของเหลว ของแข็งออกจากกัน โดยน้ำมันที่ได้ออกมามีโครงสร้างเป็นโซ่ตรง โซ่กิ่ง วงแหวนอิ่มตัว และสารอะโรมาติกส์ หน่วยปฏิบัติการที่สำคัญในกระบวนการแยกคือ หอกลั่นสุญญากาศ (Atmospheric distillation unit) และหอกลั่นบรรยากาศ (Vacuum distillation unit)

2) กระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ (Conversion process) เป็นกระบวนการที่ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีมูลค่าสูงขึ้น เช่น กระบวนการแตกตัวด้วยความร้อน (Thermal cracking process) กระบวนการแตกตัวโดยอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic cracking process) กระบวนการรีฟอร์มด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic reforming process) และ การเปลี่ยนไอโซเมอร์ (Isomerization)

3) กระบวนการกำจัดสารปนเปื้อน (Treating process) เป็นกระบวนการกำจัดสารปนเปื้อนออกจากน้ำมันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำมันและผลกระทบต่อเครื่องยนต์ที่นำน้ำมันไปใช้ ได้แก่ กระบวนการบำบัดด้วยไฮโดรเจน (Hydrotreating) การกำจัดกำมะถันโดยใช้ไฮโดรเจน (Hydrodesulfurization) และ กระบวนการกำจัดสารปนเปื้อนที่เป็นกรด (Sweetening process) เป็นต้น

4) กระบวนการผสมน้ำมัน (Blending process) เป็นกระบวนการสุดท้ายก่อนนำผลิตภัณฑ์ไปจำหน่าย โดยเป็นขั้นตอนที่นำน้ำมันที่มีคุณสมบัติต่างกันมาผสมเข้าด้วยกัน อาจมีการใช้สารเติมแต่ง (Additives) และเติมสีลงไปในผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามที่ลูกค้าต้องการ

5) หน่วยเสริมการผลิต (Auxiliary facilities) เป็นหน่วยที่เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้ดีขึ้น เช่น Boiler, Compressor engine เป็นต้น

หน่วยกระบวนการผลิตและอุปกรณ์ต่างๆ ในอุตสาหกรรมมีลักษณะที่แตกต่างกัน ตัวอย่างกระบวนการ สาเหตุ และมลพิษที่อาจปลดปล่อยออกมามีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Atmosphere distillation และ Vacuum distillation เป็นอุปกรณ์ที่แยกสารออกจากกันโดยอาศัยจุดเดือดหรือความดันไอ ที่ต่างกันของสาร ดังนั้นในการดำเนินการจำเป็นต้องอาศัยความร้อนในการทำให้สารกลายเป็นไอก่อนควบแน่น ทำให้เกิดการรั่วของสารอินทรีย์ระเหยที่อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับหอกลั่น คือ Steam ejetors หรือ Condenser

Thermal cracker เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้สารจำพวกไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่แตกตัวเป็นโมเลกุลขนาดเล็กด้วยความร้อน สามารถแปรรูปน้ำมันหนัก หรือกากน้ำมันให้กลายเป็นถ่านโค้กได้ โดยมลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยออกมาจากอุปกรณ์ คือ สารอินทรีย์ระเหย และฝุ่นละออง

Flare เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อระบายสารออกจากระบบในช่วงที่ระบบยังไม่เข้าสู่ steady state หรือกำลังจะออกจากสภาวะ steady state โดยจะเผาสารที่อุปกรณ์ตัวนี้เพื่อป้องกันไม่ให้สารอินทรีย์ระเหยออกสู่บรรยากาศแต่ก็ยังมีที่เล็ดรอดออกมาบ้าง มลพิษทางอากาศที่เกิดจาก Flare คือ สารอินทรีย์ระเหย ออกไซด์ของไนโตรเจน และคาร์บอนมอนออกไซด์

Compressor engines เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสารจากสภาวะแก๊สเป็นของเหลวโดยอาศัยเครื่องทำความเย็นให้เกิดการควบแน่นแก๊สก่อนส่งไปยังหน่วยต่างๆที่ต้องการใช้สารในสภาวะของเหลว หรืออัดแก๊สเป็นของเหลวเพื่อให้สามารถเก็บลงถังได้เป็นปริมาณมาก มลพิษที่ปลดปล่อยจากอุปกรณ์นี้ คือ ออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนมอนอออกไซด์ และสารอินทรีย์ระเหย

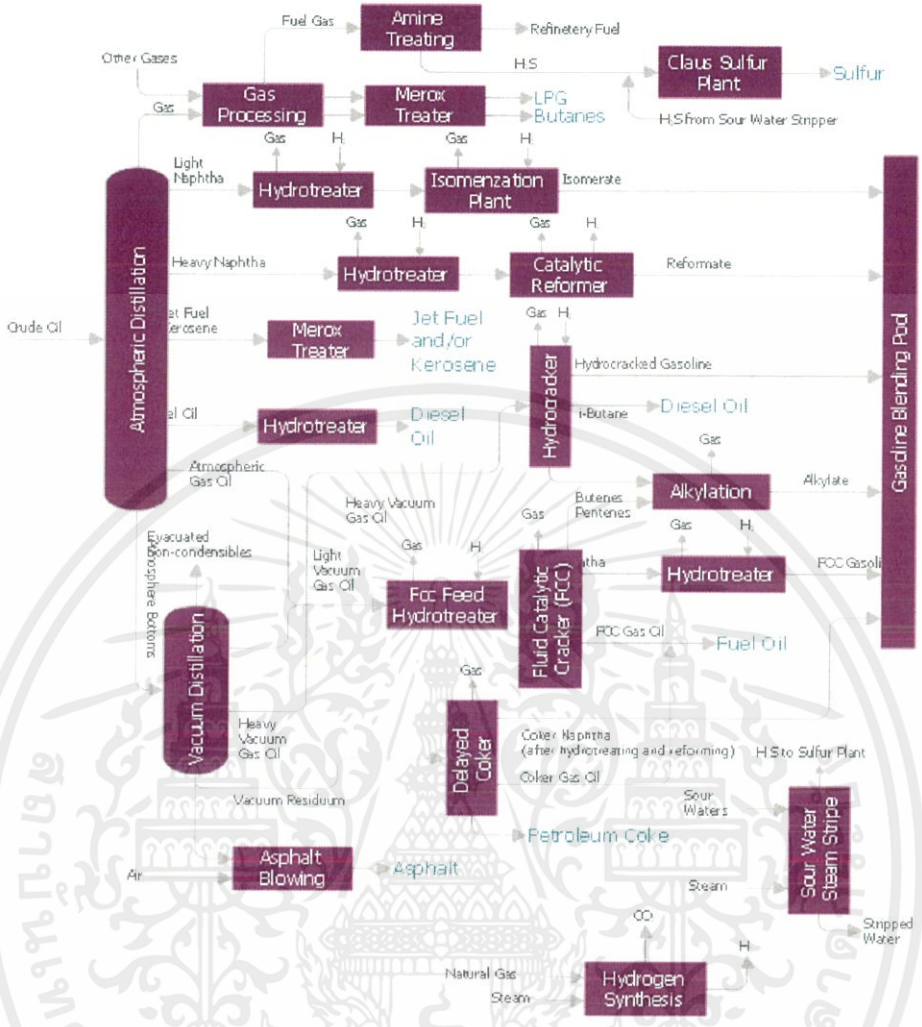
Banbury Mixer เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการผสมเนื้อสารให้เป็นเนื้อเดียวกันซึ่งมีการทำงานเป็นแบบกะ สารที่อยู่ใน Mixer จะถูกปล่อยออกมาพร้อมฝุ่นละอองขนาดเล็ก และมีสารอินทรีย์ในช่วงที่เปลี่ยนกะ

Wet Scrubber เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ละอองน้ำในการดักจับสารอินทรีย์ระเหยก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ แต่ยังไม่สามารถดักจับได้ทั้งหมด ดังนั้นมลพิษทางอากาศที่ปล่อยออกจากอุปกรณ์ตัวนี้คือสารอินทรีย์ระเหยง่าย

Sulfur Recovery Unit (SRU) เป็นหน่วยที่ใช้ในการกำจัดกำมะถันออกจากน้ำมันโดยเปลี่ยนจาก H_2S ให้อยู่ในรูปของซัลเฟอร์เหลว มลพิษหลักที่ปล่อยออกจากอุปกรณ์นี้คือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

Boiler เป็นอุปกรณ์ที่นำความร้อนจากการเผาไหม้มาต้มน้ำให้เดือดจนได้ไอน้ำและนำไปใช้ โดยส่วนมากมลพิษจะเกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ไม่ว่าจะเป็นก๊าซธรรมชาติหรือถ่านหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แผนผังกระบวนการของโรงกลั่นน้ำมัน [7]

2.3.2 โรงผลิตโอเลฟินส์ [8]

กระบวนการหลักของโรงผลิตสารโอเลฟินส์คือการนำสารไฮโดรคาร์บอนที่ได้จากกระบวนการกลั่นเช่น อีเทน โพรเพน มิกซ์ซีสี่ และแก๊สธรรมชาติ (natural gas) มาผ่านกระบวนการแตกตัวเพื่อให้กลายเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว โดยใช้ Pyrolysis furnace เพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการ Thermal cracking หรือ Catalytic cracking จนเกิดกระบวนการแตกตัวเป็นไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีขนาดโมเลกุลตามที่ต้องการและเป็นโมเลกุลที่มีพันธะคู่ซึ่งมีสารพวกไฮโดรเจนเป็นผลพลอยได้ โดยกระบวนการหลักๆ สามารถแบ่งออกเป็น 4 กระบวนการ

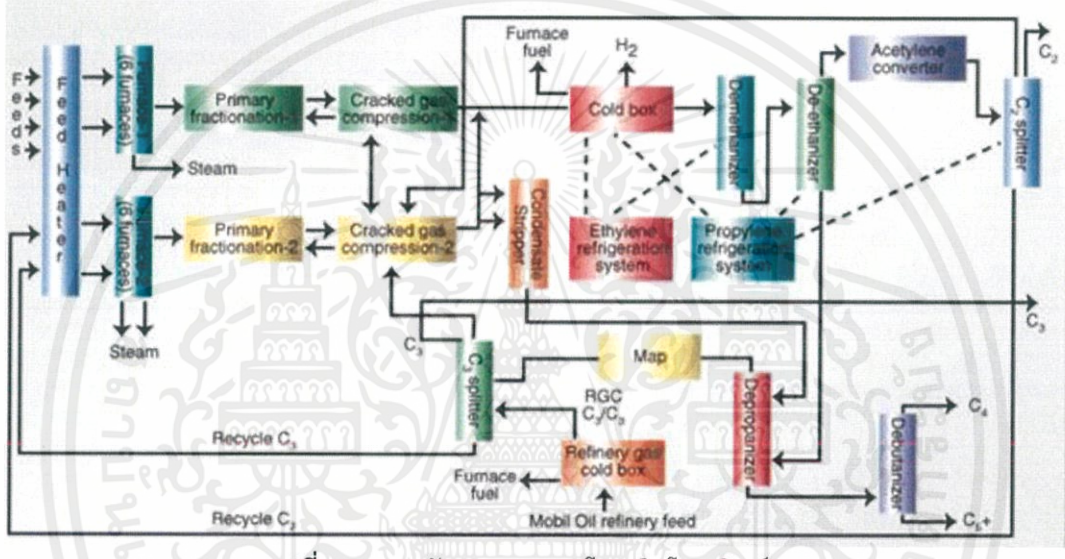
1) กระบวนการเตรียม และกำจัดสารปนเปื้อน (Preparing and Treating process) เป็นขั้นตอนหลังจากการกลั่นแยกผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์มีสิ่งเจือปนอยู่ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ จึงต้องนำไปกำจัดสารปนเปื้อนก่อนเข้าสู่กระบวนการแตกตัวเพื่อป้องกันการกัดกร่อนภายในอุปกรณ์และท่อต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) กระบวนการทำให้เกิดการแตกตัว (Cracking process) โดยใช้ furnace เป็นหน่วยให้ความร้อนในการแตกตัวน้ำมัน เปลี่ยนสารไฮโดรคาร์บอนให้เป็นโมเลกุลที่เล็กลงและเป็นพันธะคู่

3) กระบวนการแยก (Separation process) เป็นกระบวนการที่กลั่นแยกสารที่ได้จากกระบวนการแตกตัวโดยแยกสารผลิตภัณฑ์ที่ได้เพื่อนำไปจำหน่ายหรือนำไปใช้ในกระบวนการเติมไฮโดรเจน โดยสารที่ไม่เกิดปฏิกิริยาในขั้นตอนนี้จะถูกส่งกลับไปสู่กระบวนการแตกตัวอีกครั้ง

4) กระบวนการเติมไฮโดรเจนและหน่วยกำจัดน้ำ (Hydrogenation unit และ Drying) เป็นหน่วยเติมไฮโดรเจนเพื่อเปลี่ยนพันธะสามให้กลายเป็นพันธะคู่ เช่น เปลี่ยนอะเซททีลีนให้กลายเป็นเอทิลีนแผนผังแสดงกระบวนการผลิตโอเลฟินส์ แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แผนผังกระบวนของโรงผลิตโอเลฟินส์ [9]

มลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยจากโรงโอเลฟินส์มีแหล่งกำเนิดจาก Boilers and process heaters, combustion reaction, Flare, tank รายละเอียดของอุปกรณ์ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 2.3.1 ซึ่งมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาจากโรงผลิตโอเลฟินส์ได้แก่ PM_{10}, NO_x, CO, TSP, VOCs, Fluoride, Formaldehyde

2.3.3 โรงโมโนเมอร์ [6]

กระบวนการผลิตในโรงงานผลิตมอนอเมอร์แต่ละประเภทมีลักษณะเฉพาะตัวขึ้นอยู่กับชนิดของมอนอเมอร์ที่ทำการผลิต แต่โดยรวมแล้วสามารถระบุกระบวนการหลักในการผลิตมอนอเมอร์ได้เป็น 5 กระบวนการหลักดังแสดงในรูปที่ 2.5

1. กระบวนการเตรียมสารตั้งต้น (Feed preparation) เป็นหน่วยที่เตรียมความพร้อมของสารตั้งต้นก่อนจะเข้าสู่ขั้นตอนการทำปฏิกิริยา โดยจะปรับองค์ประกอบต่างๆของสารตั้งต้น ความเข้มข้น ความดัน อุณหภูมิ ปริมาณ และสารเร่งปฏิกิริยา ให้เป็นตามสูตรที่กำหนดไว้

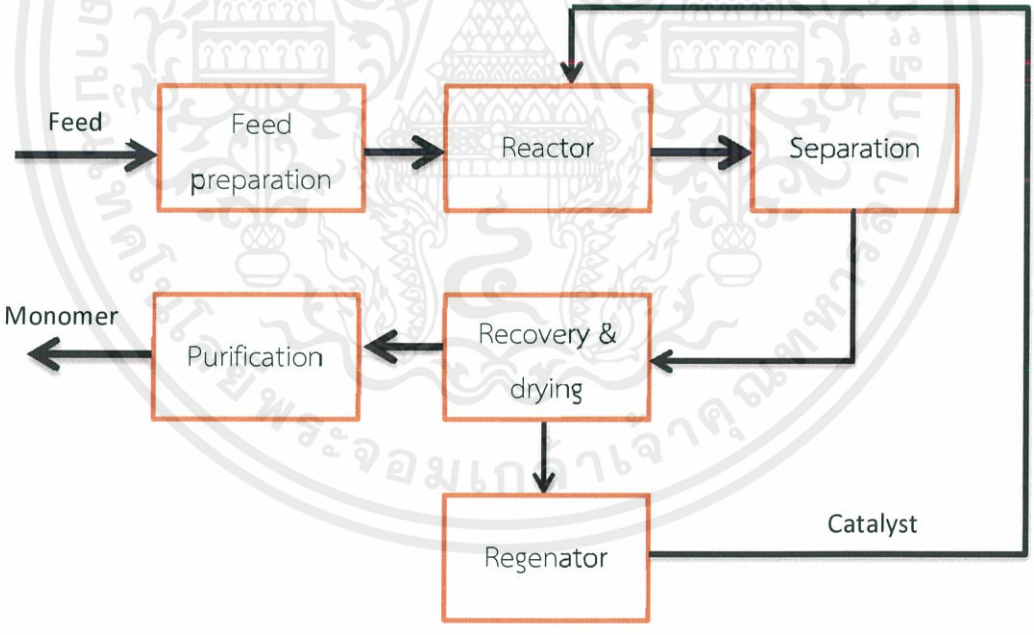
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กระบวนการเกิดปฏิกิริยาในถังปฏิกรณ์ (Reactor) หลังจากเตรียมสารตั้งต้นในขั้นตอนแรกเสร็จจะป้อนเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อทำปฏิกิริยา ซึ่งถังปฏิกรณ์จะเป็นแบบ Batch หรือแบบ Continuous ก็ได้ โดยถังปฏิกรณ์จะควบคุมอุณหภูมิและความดันไว้ตามลักษณะการเกิดปฏิกิริยา

3. กระบวนการกลั่นแยก (Separation process) หลังจากปฏิกิริยาสมบูรณ์แล้วจะนำสารทั้งหมดออกมา ซึ่งภายในสารที่ทำออกมาไม่ได้มีเพียงผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเท่านั้น แต่จะประกอบไปด้วย สารตั้งต้นที่ไม่ทำปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ข้างเคียงออกมา ภายในขั้นตอนการกลั่นแยกจะแยกสารต่างๆออกจากกันด้วยวิธีการเฉพาะเจาะจงสารแต่ละชนิด สารตั้งต้นจะถูกนำกลับไปเข้าสู่ขั้นตอนการเตรียมสารใหม่อีกครั้ง ส่วนผลิตภัณฑ์จะถูกนำไปทำให้บริสุทธิ์เพื่อเพิ่มมูลค่าต่อไป

4. กระบวนการนำกลับและการจัดการน้ำ (Recovery and drying process) เป็นขั้นตอนการนำสารตั้งต้นที่ไม่ทำปฏิกิริยากลับมาใช้ใหม่เพื่อลดงบประมาณและของเสียจากโรงงาน รวมถึงตัวเร่งปฏิกิริยาเช่นกัน ในส่วนของตัวเร่งปฏิกิริยาถ้าหากเป็นของแข็งจะถูกนำเข้าสู่หน่วยฟื้นฟูสภาพเพื่อให้นำกลับมาใช้งานได้ใหม่อีกครั้งก่อนนำเข้าสู่เตาปฏิกรณ์ ในส่วนของผลิตภัณฑ์จะถูกนำไปทำให้แห้งด้วยสารดูดซับก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์

5. กระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (Purification process) เป็นกระบวนการที่ทำให้ผลิตภัณฑ์บริสุทธิ์ก่อนจะนำเข้าสู่ขั้นตอนการกักเก็บหรือส่งขายต่อไป



รูปที่ 2.5 แผนผังกระบวนของโรงผลิตมอนอเมอร์

แหล่งกำเนิดมลพิษของโรงมอนอเมอร์ คือ Vent Gas, Thermal Oxidizer มลพิษส่วนใหญ่ที่ปลดปล่อยออกจากโรงผลิตมอนอเมอร์คือ VOCs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 โรงไฟฟ้าถ่านหิน [10]

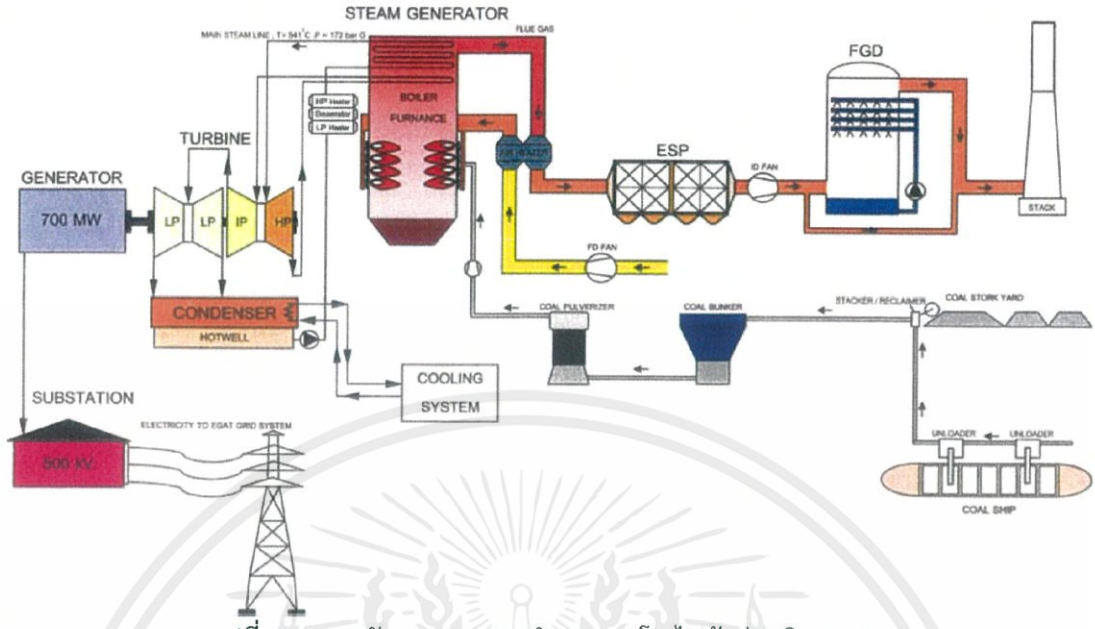
อุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษาใช้ถ่านหินบิทูมินัสเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า โดยเริ่มจากขนส่งถ่านหินเข้าโรงไฟฟ้าด้วยระบบสายพานลำเลียงไปยัง Coal Bunker และส่งต่อไปยัง Coal Pulverizer เพื่อบดถ่านหินให้ได้ขนาดตามต้องการก่อนที่จะถูกส่งเข้าไปยังเตาเผา (Boiler Furnace) โดยการใช้ลมพาผงถ่านเข้าไป เมื่อถ่านเผาไหม้ก็จะคายพลังงานความร้อนออกมาและถ่ายเทให้น้ำที่อยู่ภายในท่อรอบๆ ผนังเตา น้ำที่ใช้จะต้องเป็นน้ำที่กำจัดแร่ธาตุต่างๆ ออกแล้ว (Demineralized water) เมื่อน้ำได้รับความร้อนจนเดือดจะเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ อุปกรณ์ที่เรียกว่า Boiler Drum ซึ่งติดตั้งอยู่ส่วนบนของเตาเผาจะทำหน้าที่แยกไอน้ำและนำออกจากกัน ส่วนที่เป็นน้ำจะกลับไปรับความร้อนจากเตาเผาอีกครั้งหนึ่ง ส่วนที่ไอน้ำจะผ่านไปเข้า Superheat Coil เพื่อปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการที่จะนำไปใช้ในการขับเคลื่อนกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ไอน้ำเมื่อผ่านกังหันซึ่งต่อร่วมอยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน สนามแม่เหล็กจะหมุนไปตัดกับขดลวดภายในทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ไอน้ำที่ผ่านกังหันไอน้ำแล้วจะมีอุณหภูมิและความดันลดลง และจะถูกควบแน่นให้กลายเป็นน้ำภายในเครื่องควบแน่น (Condenser) เพื่อส่งกลับไปรับความร้อนในห้องเผาไหม้ต่อไป

กระบวนการเผาไหม้ของถ่านหินจะเกิดขี้เถ้าขึ้นหลังจากการเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ ขี้เถ้าส่วนที่มีน้ำหนักมากจะตกลงสู่ด้านล่างของเตาเรียกว่า Bottom Ash ขี้เถ้าส่วนที่มีน้ำหนักน้อยจะลอยขึ้นไปกับอากาศที่ถูกเผาไหม้แล้ว (Flue gas) สู่ส่วนบนของเตาเผาไหม้ ขี้เถ้าส่วนนี้จะถูกดักจับด้วยเครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Precipitator) และเนื่องจากในถ่านหินจะมีส่วนประกอบของกำมะถันปนอยู่ด้วย เมื่อเกิดกระบวนการเผาไหม้ กำมะถันจะเปลี่ยนรูปเป็น SO_2 อุปกรณ์ Sea Water Desulfurization (Sea Water FGD) จะถูกติดตั้งเพื่อดักจับ SO_2 ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ

โรงไฟฟ้าถ่านหินได้นำเข้าถ่านหินบิทูมินัสโดยการขนส่งทางเรือ ซึ่งในการขนถ่ายจากเรือสู่คลังกักเก็บ จะมีฝุ่นละอองเป็นจำนวนมากที่มีการฟุ้งกระจายออก และในกระบวนการเผาถ่านหินจะมีสารทั้งไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen Oxide: NO_x) คาร์บอนมอนออกไซด์ (Carbon monoxide: CO) ฝุ่นละออง (Particulate matter: PM) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide: SO_2) เป็นผลพิษหลักจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน ซึ่งกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าได้แสดงดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แผนผังกระบวนการทำงานของโรงไฟฟ้าถ่านหิน [10]

2.3.5 โรงหลอมเหล็ก [11]

โรงหลอมเหล็กเป็นโรงงานที่นำเหล็กชนิดต่างๆ มาเปลี่ยนสภาพ ทั้งคุณสมบัติ รูปร่าง เพื่อเพิ่มมูลค่า โดยอุตสาหกรรมเหล็กแบ่งออกเป็น 3 ขั้น คือ อุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้น อุตสาหกรรมเหล็กขั้นกลาง และอุตสาหกรรมเหล็กขั้นปลาย

1. อุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้น

การผลิตเหล็กเริ่มจากการนำเอาวัตถุดิบคือ สินแร่เหล็ก (iron ore) ที่ได้จากเหมืองเหล็กมาผ่านกระบวนถลุง โดยที่กระบวนการถลุงแร่เหล็กมีสองวิธีคือ เตาถลุงแบบพ่นลม (blast furnace) ซึ่งประกอบด้วยเตาหลอมที่มีปล่องสูงและใช้วิธีอัดอากาศร้อนเข้าทางด้านล่างโดยใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเพื่อเร่งความร้อนถึงอุณหภูมิที่ไปแยกเหล็กออกจากสิ่งเจือปนอื่น ๆ

2. อุตสาหกรรมเหล็กขั้นกลาง

อุตสาหกรรมเหล็กขั้นกลางคือ การนำเอาผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้นคือ เหล็กถลุงมาเข้าเตาหลอมละลายออกซิเจน (basic oxygen furnace) เป็นน้ำเหล็ก ตลอดจนผ่านกระบวนการปรุงคุณภาพของน้ำเหล็กตามที่ต้องการ หรือนำเอาเหล็กพรุนมาเข้าเตาหลอมไฟฟ้า (electric arc furnace) จากนั้น น้ำเหล็กก็จะเข้าสู่กระบวนหล่อเป็นเหล็กแท่ง นอกจากนี้ ก็ยังอาจใช้เศษเหล็ก (scrap) เป็นวัตถุดิบเข้าหลอมในเตาหลอมไฟฟ้าและปรับปรุงคุณภาพได้อีกเช่นกัน ผลลัพธ์ที่ได้คือ เหล็กแท่งชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เหล็กแท่งเล็ก (billet) เหล็กแท่งใหญ่ (bloom, beam) และเหล็กแท่งแบน (slab)

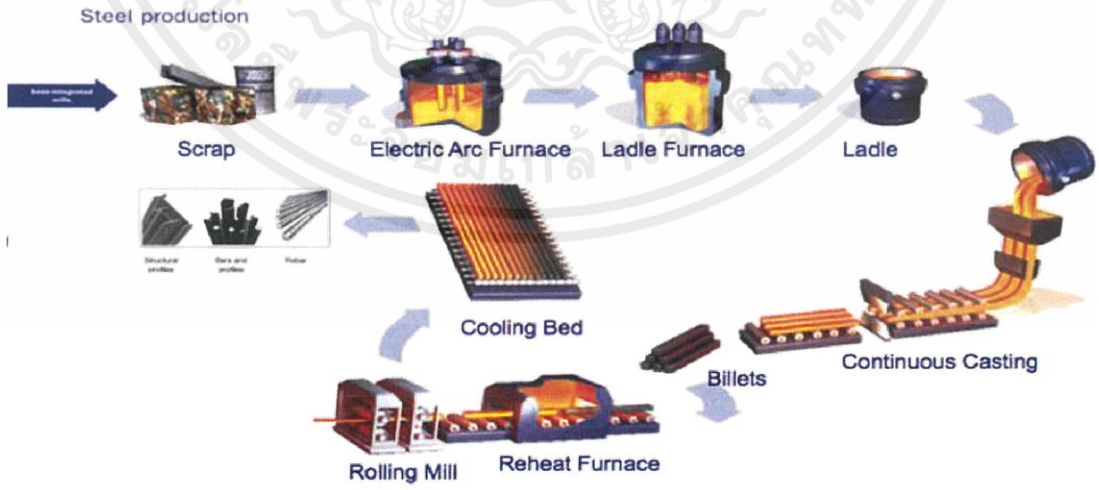
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุตสาหกรรมเหล็กขั้นปลาย

อุตสาหกรรมเหล็กขั้นปลายจะนำวัตถุดิบขั้นกลางคือ เหล็กแท่งเล็ก เหล็กแท่งใหญ่ และเหล็กแท่งแบนจะถูกนำมาผ่านกระบวนการรีดร้อน รีดเย็น รีดซ้ำ หล่อ หรือตีขึ้นรูป ให้เป็นผลิตภัณฑ์เหล็กขั้นปลาย ทั้งนี้เหล็กแท่งเล็กเป็นวัตถุดิบในการรีดและรีดซ้ำเป็นผลิตภัณฑ์เหล็กรูปทรงยาว (long product) ส่วนผลิตภัณฑ์เหล็กหล่อนั้น จะผลิตด้วยการหล่อเศษเหล็กขึ้นรูปเป็นวัสดุเหล็กรูปทรงต่าง ๆ เพื่อการใช้งานเฉพาะอย่างต่อไป ผลิตภัณฑ์ขั้นปลายเหล่านี้จะเป็นวัตถุดิบให้แก่อุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ เช่น ก่อสร้าง ยานยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า เฟอร์นิเจอร์ บรรจุภัณฑ์โลหะ เป็นต้น

ในส่วนของโรงงานในพื้นที่ศึกษาเป็นโรงงานเหล็กขั้นกลางซึ่งใช้เตาหลอมไฟฟ้าแบบ Electric Arc Furnace (EAF) เท่านั้น

เศษเหล็ก (Scrap) ที่ซื้อมาโรงงานจะป้อนเข้าสู่เตาหลอมแบบไฟฟ้า (Electric arc furnaces) เพื่อเปลี่ยนสถานะของเศษเหล็กจากของแข็งให้กลายเป็นของเหลวระหว่างนี้จะมีการเปิด-ปิดเตาขณะหลอมเพื่อเติมเศษเหล็กเพิ่มซึ่งมลพิษทางอากาศถูกปล่อยออกมาในขั้นตอนนี้ หลังจากหลอมเศษเหล็กกลายเป็นของเหลวทั้งหมดจะนำเข้าสู่เตาปรับปรุงคุณภาพ (Ladle Furnace: LF) เพื่อให้เหล็กที่ได้มีส่วนผสมและคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ด้วยการเติมสารปรับปรุงคุณภาพต่างๆ เข้าไปในช่องเติมสารปรับปรุงคุณภาพ น้ำเหล็กที่ได้จากเตาหลอมจะถูกเทลงสู่เบ้ารับน้ำเหล็ก (Ladle) ก่อนนำเข้าสู่ เครื่องหล่อเหล็กแท่ง (Continuous Casting Machine) เพื่อขึ้นรูป เหล็กแท่งที่ได้จากเครื่องหล่อเหล็กแท่งจะถูกพักไว้จนเย็นก่อนนำไปเข้าสู่กันตอนการอบเหล็กที่เตาอบเหล็ก (Reheat Furnace) โดยใช้แก๊สธรรมชาติ (Natural Gas) เป็นเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มความร้อนของเหล็กก่อนนำไปรีดที่แท่นรีดเหล็ก (Roilling Mill) เมื่อได้เหล็กแท่งจากการรีดแล้วจะนำไปพักไว้ให้เย็นที่แท่นพัก (Cooling Bed) ก่อนส่งจำหน่าย ซึ่งกระบวนการผลิตแสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 กระบวนการในการผลิตเหล็กรูปภัณฑ์ด้วยวิธีการ Electric arc furnaces [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Emissions จากเตา EAF และเตา LF จะถูกรวบรวมโดยระบบระบายอากาศแบบเฉพาะแห่ง (Local Exhaust Ventilation) ซึ่งประกอบด้วยฮูด (Hood) ระบบท่อ (Dust System) และอุปกรณ์ควบคุมฝุ่น ซึ่ง ได้แก่ Baghouse Filter อากาศเสียซึ่งได้รับการบำบัดแล้วจะถูกปล่อยออกสู่อากาศทางปล่องควันของ Baghouse Filter ซึ่งทั้งหมดนี้ต้องอาศัยพัดลม (Blower) ที่ใช้กับระบบระบายอากาศ

2.4 โครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์

การร้องเรียนปัญหาเรื่องกลิ่นและมลภาวะทางอากาศจากชุมชนรอบนิคมอุตสาหกรรมเกิดขึ้นแทบทุกวัน ระบบเฝ้าระวังเพื่อตรวจสอบปริมาณมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะสารอินทรีย์ระเหยแบบกลิ่นปัจจุบันจึงมีความจำเป็น ความร่วมมือระหว่างนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ติดตั้งโครงข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์

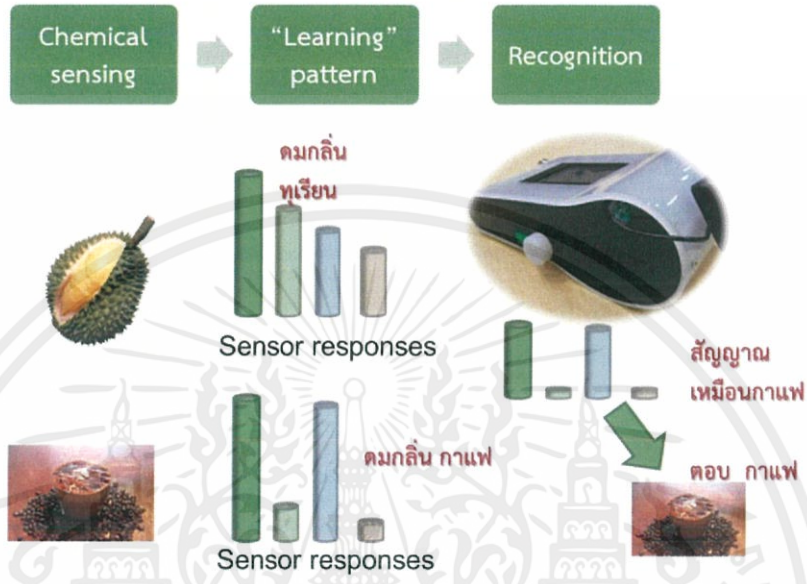
การตรวจวัดกลิ่นเป็นปัญหาสำคัญที่ขาดเครื่องมือวัดซึ่งสามารถเทียบเคียงกับความสามารถของจมูกมนุษย์ ปัญหานี้จึงเป็นที่มาของการตรวจเฝ้าระวังคุณภาพอากาศในพื้นที่อุตสาหกรรม โดยทั่วไปการระบุเพียงสารเคมีที่ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือชั้นสูง เช่น Gas Chromatography Mass Spectrometer (GC-MS) ไม่สามารถระบุได้ถึงแหล่งที่มาของการตรวจวัดได้อย่างชัดเจน เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวข้องกับสารเคมีหลายหลายชนิดและมีความซับซ้อน อีกทางเลือกหนึ่งคือการใช้ผู้เชี่ยวชาญในการทดสอบกลิ่น ซึ่งอาจทำให้เกิดข้อโต้แย้งในเรื่องความน่าเชื่อถือ อีกทั้งไม่สามารถเฝ้าระวังกลิ่นได้ตลอดเวลา

แนวทางการตรวจวัดแบบใหม่อาศัยระบบประมวลผลเซ็นเซอร์หลายชนิดรู้จักกันว่าจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose or Artificial Nose) ซึ่งเป็นการเลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์นี้ กลไกสำคัญคือระบบวิเคราะห์จดจำรูปแบบทางสถิติ (Pattern Recognition) ซึ่งเป็นการประมวลผลจำแนกลักษณะแพทเทิร์นของกลิ่นที่ต้องการวัดจากเซ็นเซอร์หลายชนิด โดยไม่มีความจำเป็นต้องแยกแยะองค์ประกอบของสารเคมีที่มีอยู่ภายในกลิ่น เซ็นเซอร์เหล่านี้ทำงานคล้ายเซลล์ประสาทชนิดต่างๆ และแปลงสัญญาณการตอบสนองเป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อนำมาประมวลผลเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของลักษณะแพทเทิร์นที่ได้เก็บข้อมูลไว้ก่อน เช่น ข้อมูลของอากาศดี กลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นทุเรียน เป็นต้น วิธีการนี้ช่วยลดความซับซ้อนของข้อมูลสารเคมีจำนวนมากมาประมวลผลเพื่อหาชนิดสภาพอากาศหรือแหล่งกำเนิดกลิ่นโดยตรง

นอกจากนั้นการลดความซับซ้อนของข้อมูลแล้ว จมูกอิเล็กทรอนิกส์ยังสามารถทำให้ตรวจวิเคราะห์ผลได้แบบ realtime เซ็นเซอร์ประเภทที่นิยมใช้ คือ กลุ่มตัวเร่งปฏิกิริยาพวกออกไซด์ของโลหะ (Metal oxide catalysts) ยังเป็นเซ็นเซอร์ต้นทุนต่ำและให้การตอบสนองความต้านทานที่เปลี่ยนไปกับสารหลายหลายชนิด โดยเฉพาะสารกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย แม้ว่าจมูกอิเล็กทรอนิสก์จะไม่ได้มีความจำเพาะต่อสารใดสารหนึ่งโดยเฉพาะและมีขีดความสามารถในการตรวจ จมูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กทรอนิกส์จึงมีศักยภาพในการพัฒนาไปเป็นระบบที่กระจายจุดตรวจวัดไปในพื้นที่ได้จำนวนหลายจุดดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 กระบวนการวิเคราะห์กลิ่นของจมูกอิเล็กทรอนิกส์

ได้มีการปรับปรุงจมูกอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งใช้ในห้องปฏิบัติการ ไปใช้ในพื้นที่อุตสาหกรรมเพื่อตรวจวัดกลิ่นที่ปล่อยออกมาจากโรงงาน เนื่องจากกลิ่นที่ปล่อยออกมาส่งผลกระทบต่อชุมชนโดยรอบ โดยการปรับปรุงโครงสร้างภายนอก เนื่องจากเดิมใช้เพียงในห้องทดลองลองเท่านั้นจึงไม่ได้มีสภาพแวดล้อมรบกวน เช่น ฝน แดด และ ภูมิอากาศ จึงจำเป็นต้องออกแบบให้เครื่องมือมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมที่ตั้งเพื่อให้มีอายุการใช้งานยาวนาน

ในการตรวจวัดกลิ่นบริเวณเขตอุตสาหกรรมจะมีการกำหนดชนิดของสารที่เป้าหมายที่ส่งผลต่อสุขภาพของประชาชนบริเวณรอบๆ จึงมีการกำหนดเซ็นเซอร์ขึ้นมา 7 ตัวดังแสดงตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 กลุ่มสารเคมีและความละเอียดที่เซ็นเซอร์จมูกอิเล็กทรอนิกส์สามารถตรวจวัด

เซ็นเซอร์	กลุ่มสารที่สามารถตรวจวัดได้	ความละเอียด
1	VOCs, H2S, alcohol	5ppm
2	CFCs	100ppm
3	VOCs, hydrogen, ethanol, iso-butane	1ppm
4	VOCs, Toluene, hydrogen sulfide	0.1ppm
5	iso-butane/Propane, Methane, Hydrogen	100ppm
6	Ammonia, H2S, Ethanol	10ppm
7	Specific to carbon dioxide	350ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ [13-14]

เทคนิคที่นำมาใช้ในการประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันได้แก่ การดุลมวลสาร (Mass balance) การคาดการณ์ทางวิศวกรรม (Engineering judgment) การใช้ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ (Emission factor) และสารใช้แบบจำลองการประเมินการปลดปล่อย ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขปดังนี้

2.5.1 การดุลมวลสาร (Mass balance)

เป็นวิธีการประเมินการปลดปล่อยมลพิษที่สามารถทำได้ง่ายที่สุดโดยให้หลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ทราบถึงปริมาณสารที่หายออกจากระบบ หากไม่มีข้อมูลภายในย่อมหาค่าที่ระบุชัดเจนของอุปกรณ์แต่ละตัวได้ยาก วิธีการประเมินต้องวัดค่าที่ input และ output

มวลขาเข้า – มวลขาออก = มวลที่รั่วไหล

ข้อดีของการดุลมวลสารคือวิธีนี้เป็นการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ไม่มีค่าใช้จ่ายซึ่งสามารถทำได้ง่ายหากโรงงานมีขนาดเล็กและไม่มีอุปกรณ์หรืองบประมาณในการตรวจวัดมาก สามารถคำนวณปริมาณจากกระบวนการแบบรวมได้

ข้อจำกัดของการดุลมวลสารคือหากเกิดความผิดพลาดจะส่งผลต่อการประเมินอย่างมาก นอกจากนี้วิธีนี้ยังไม่เหมาะกับกระบวนการที่มีปฏิกิริยาเคมีอีกด้วย

2.5.2 การคาดการณ์ทางวิศวกรรม (Engineering judgment)

เป็นวิธีที่ไม่นิยมเนื่องจากมีความแม่นยำต่ำ แต่จะใช้เมื่อไม่สามารถใช้การตรวจวัดซึ่งต้องอาศัยความสามารถเฉพาะทาง

ข้อดี คือเป็นวิธีการประเมินที่ต้องอาศัยความชำนาญและหลักการทางคณิตศาสตร์มาช่วย ดังนั้นจึงไม่มีค่าใช้จ่ายด้านการตรวจวัด สามารถใช้ได้เมื่อมีข้อมูลในประเมินน้อย

ข้อจำกัด คือมีความแม่นยำต่ำและต้องอาศัยความสามารถเฉพาะทางของผู้ประเมิน

2.5.3 การคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษโดยการใช้ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ (Emission factor: E)

การประเมินโดยใช้ค่าปัจจัยการปลดปล่อยทำโดยใช้ค่าปัจจัยการปลดปล่อยที่ได้จากการตรวจวัดมลพิษที่ปลดปล่อยออกจากอุปกรณ์ต่าง ๆ และรายงานค่าอัตราการปลดปล่อยออกมา มีสถาบันระดับประเทศที่รวบรวมข้อมูลดังกล่าวแยกตามประเภทของอุตสาหกรรมได้แก่ National pollutant inventory ของประเทศออสเตรเลีย Technology transfer network clearinghouse for inventories & Emission factors ของ US-EPA และ Netherlands organization for applied scientific research หรือ TNO เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณการปลดปล่อยได้มาจากผลคูณของอัตราของกิจกรรมที่ทำให้เกิดมลพิษกับค่าปัจจัยการปลดปล่อยดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$E = A \times EF \quad (2.1)$$

โดยที่ E คือ ปริมาณการปลดปล่อย (Emission rate)

A คือ อัตราของกิจกรรมที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยมลพิษ (Activity rate)

EF คือ ค่าปัจจัยการปลดปล่อย (Emission factor)

วิธีการคาดประมาณการปลดปล่อยโดยการใช้ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษสามารถระบุข้อดีและข้อจำกัดได้ดังนี้

ข้อดี คือเป็นวิธีที่รวดเร็วและทำได้ง่าย การประเมินการปลดปล่อยจากกระบวนการผลิตต้องการข้อมูลเพียงปริมาณของวัตถุดิบหรือปริมาณการผลิต จำนวนของวาล์ว ข้อต่อ ปั๊ม คอมเพรสเซอร์ และการไหลของสารเคมีผ่านอุปกรณ์นั้น ทำให้ได้ผลที่ถูกต้องพอสมควรใช้ได้กับการผลิตที่จำเพาะเจาะจง และสารเคมีบางประเภท

ข้อจำกัด คือข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณจะเป็นข้อมูลที่มีการจัดเก็บในช่วงการทำงานปกติและไม่พบการรั่วไหล แต่ในการปฏิบัติงานจริงมักไม่เป็นตามนั้นเนื่องจากค่าปัจจัยการปลดปล่อยไม่ใช่ค่าที่แท้จริงในกิจกรรมต่างๆ ดังนั้นหากโรงงานมีข้อมูลการตรวจวัดในอดีตสามารถนำค่ามาใช้แทนค่าจากสถาบันต่างๆได้ การใช้ค่าปัจจัยการปลดปล่อยจากหน่วยงานหรือสถาบันต่างๆนั้นไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับกิจการหรือกระบวนการผลิตที่มีลักษณะต่างกันได้ ดังนั้นสถานประกอบการควรประเมินเฉพาะเครื่องมือและอุปกรณ์ หรือกระบวนการผลิตที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับมาตรฐานที่กำหนดเท่านั้นจึงจะสามารถนำมาประมาณการปลดปล่อยได้

2.5.4 การใช้แบบจำลองในการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ (Emission model)

การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการประเมินการปลดปล่อย (Emission model) เป็นวิธีที่ผู้มีประสบการณ์ได้รวบรวมข้อมูลจากการเก็บสถิติ การประเมิน และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบสำเร็จ โดยป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม (ข้อมูลสารตั้งต้น ลักษณะของแหล่งกำเนิด ทิศทางของลม) เช่น โปรแกรม TANKS ของ US-EPA เป็นโปรแกรมที่ออกแบบและสร้างขึ้นโดยสถาบันปิโตรเลียมแห่งสหรัฐอเมริกา (American petroleum institute) ภายใต้การสนับสนุนจากสำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (Environmental Protection Agency's : US-EPA) ซึ่งทำขึ้นเพื่อให้บุคคลทั่วไป หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน สามารถทำการประเมินข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศได้

การประเมินการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยที่ถังกักเก็บปล่อยออกมาต้องพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยออกมา อาทิ ชนิดของผลิตภัณฑ์ ปริมาณผลิตภัณฑ์ ชนิดของถังกักเก็บ ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดันไอ สถานะของสาร รวมถึงสภาพแวดล้อมภายนอก ในการประเมินครั้งนี้ได้ใช้โปรแกรม TANKS 4.0.9d

โดยมีรายละเอียดของข้อมูลที่ต้องการใช้และระบุในการคำนวณคือ

1) ชนิดของถังกักเก็บซึ่งในโปรแกรมได้จำแนกชนิดถังกักเก็บเป็น Horizontal tank, Vertical fixed roof tank, Internal floating roof tank, External floating roof tank และ Dome external floating roof tank

2) ลักษณะทางกายภาพของถังกักเก็บ เช่น ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง ปริมาตรบรรจุ สีเคลือบถัง เป็นต้น

3) สถานที่ตั้ง พื้นที่หรือสถานที่ใกล้เคียง

4) ชนิดของสารเคมีที่บรรจุ

5) ช่วงเวลาในการประมาณค่าการปลดปล่อยสารมลพิษ

6) ลักษณะการรายงานผล ได้แก่ หน่วยของอัตราการปลดปล่อยสารมลพิษ และโปรแกรมรายงาน เช่น รายงานผลด้วยโปรแกรม Microsoft Access หรือ Internet Explorer

ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม TANKS 4.0.9d แสดงดังรูป 2.8

รูปที่ 2.9 หน้าต่างเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม TANKS 4.0.9d

ข้อดีและข้อจำกัดของโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศมีดังนี้

ข้อดี คือสะดวกกับการใช้งานโปรแกรมสามารถช่วยในการคำนวณที่ซับซ้อนได้ อาทิ การประเมินที่ต้องคำนึงลักษณะทางภูมิอากาศ ความเร็วลม ลักษณะของถังกักเก็บ มีความแม่นยำใกล้เคียงกับวิธีการประเมินด้วยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปลดปล่อยที่นำมาคำนวณด้วยตัวเอง เนื่องจากโปรแกรมสำเร็จรูปพัฒนามาจากพื้นฐานของทฤษฎีและข้อมูลที่เก็บสะสมมา เช่น โปรแกรม TANKS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้นำความรู้ทางด้าน Thermodynamics ในส่วนของความดันไอของสารแต่ละชนิดมาคำนวณการเกิดสารอินทรีย์ระเหยภายในถัง ณ อุณหภูมิที่บรรจุหรืออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

ข้อจำกัด คือโปรแกรมสำเร็จรูปอาจมีข้อมูลไม่ตรงกับที่ผู้ใช้ต้องการทำให้ต้องเลือกตัวเลือกอื่นที่มีอยู่ในโปรแกรมมาใช้ทดแทน ซึ่งอาจทำให้ได้ค่าที่ผิดพลาดได้ นอกจากนี้หากผู้ใช้โปรแกรมไม่ได้มีการศึกษาทฤษฎีมาอย่างถ่องแท้อาจจะใช้โปรแกรมอย่างไม่ถูกต้อง ส่งผลให้ค่าที่ได้จากการประเมินผิดพลาดได้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รภัทร โตอ่อน [6] ประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากโรงกลั่นน้ำมัน โรงผลิตโอเลฟินส์ และโรงผลิตมอนอเมอร์ ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดระยอง โดยงานวิจัยนี้ศึกษาถึงการปลดปล่อยมลพิษด้วยแบบจำลอง Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP-42) ของประเทศสหรัฐอเมริกา The nation Pollutant และ Inventory (NPI) ของประเทศออสเตรเลีย และโปรแกรม TANKS 4.0.9d จากประเทศสหรัฐอเมริกา โดยอาศัยข้อมูลกำลังการผลิตและกระบวนการผลิตจากรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) และรายงานอื่น ซึ่งมีโรงกลั่นทั้งสิ้น 11 โรง โรงผลิตโอเลฟินส์ 7 โรง พบว่าโรงกลั่นน้ำมัน 4 โรงมีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยสูงที่สุดคือ 11,455 ตันต่อปี คาร์บอนมอนอออกไซด์ 7,113.27 ตันต่อปี ออกไซด์ของไนโตรเจน 9,642 ตันต่อปี และโรงผลิตโอเลฟินส์จำนวน 7 โรง มีปริมาณการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยสูงที่สุดคือ 12,355.78 ตันต่อปี CO 17,113.27 ตันต่อปี NO_x 21,476.06 ตันต่อปี

Unnugulsum Alyuz [14] และคณะ ได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากกระบวนการอุตสาหกรรม ในปี ค.ศ. 2010 ที่ประเทศตุรกี โดยอุตสาหกรรมที่ศึกษา ได้แก่ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีอินทรีย์ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีอนินทรีย์ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองแร่ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับถลุงและขึ้นรูปโลหะ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมกระดาษและเยื่อกระดาษ อุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 แบบ คือ แบบการปล่อยที่ควบคุมได้ และควบคุมไม่ได้ ซึ่งมีผลการปลดปล่อยดังตารางที่ 2.1แสดงให้เห็นว่าอุตสาหกรรมแร่มีการปลดปล่อย CO_2 PM_{10} SO_2 NO_x และ CO สูงที่สุด อุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยสูงที่สุด และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสารอนินทรีย์ปลดปล่อย N_2O และ NH_3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ค่าการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการอุตสาหกรรมแบบต่างๆ

Calculated emissions for both controlled and uncontrolled conditions (ton/year).

	Organic chemicals industry		Inorganic chemicals industry		Mineral industry		Metallurgical industry		Pulp and paper industry		Food industry		Petroleum refineries	
	u[a]	c[b]	u	c	u	c	u	c	u	c	u	c	u	c
CO_2	164,375	NA[c]	1,825,078	NA	32,927,740	NA	20,207,070	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PM	94,269	1423	244,132	1905	7,226,854	16,219	867,659	24,954	498,779	2494	340	17	36,827	1841
SO_x	NA	NA	6191	438	48,073	6778	28,897	6094	31,815	6363	NA	NA	32,403	4860
NO_x	NA	NA	13,266	2765	94,452	66,117	10,914	7369	4545	3182	NA	NA	729	510
CO	19,592	927	12,516	146	130,029	2601	502,258	14,668	198,690	9935	NA	NA	57,805	2890
VOC	48,626	3172	NA	NA	9735	10	41,599	1252	75,001	3750	24,386	1219	105,328	22,505
N_2O	NA	NA	6671	2252	250	12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NH_3	NA	NA	8672	433	NA	NA	28	1	NA	NA	NA	NA	202	20

[a] Uncontrolled.
[b] Controlled.
[c] NA, not allowed. This sector is not a key category for the pollutant.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการจัดทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของโรงงานในเขตนิคมมาบตาพุด ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญ คือการศึกษาและรวบรวมข้อมูลโรงงานที่ต้องการจัดทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ และการจัดทำข้อมูลการปลดปล่อย

3.1 การรวบรวมข้อมูลโรงงาน

รายละเอียดการรวบรวมข้อมูลโรงงานมีดังต่อไปนี้

3.1.1 รวบรวมข้อมูลโรงงานที่ทำการศึกษา

รวบรวมข้อมูลต่างๆ ของโรงงานจากรายงานประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ของโรงงานจากฐานข้อมูลของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุดิบ กระบวนการ ผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการป้องกันการปลดปล่อยมลพิษ และข้อมูลการกักเก็บสาร ในพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นที่ตั้งของเครือข่ายจมูกอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งประกอบด้วย โรงงานเหล็กขั้นกลาง 2 โรงงาน โรงผลิตมอนอเมอร์ 1 โรง โรงกลั่นน้ำมัน 1 โรง โรงไฟฟ้าถ่านหิน 1 โรง โรงผลิตพอลิเมอร์ 5 โรง โรงผลิตโอเลฟินส์ 1 โรง และถังกักเก็บบริเวณท่าเรือ

3.1.2 รวบรวมข้อมูลปัจจัยการปลดปล่อย

รวบรวมปัจจัยการปลดปล่อยจากอุตสาหกรรมที่มีข้อมูลตรงหรือใกล้เคียงกับอุตสาหกรรมในบริเวณที่ศึกษาได้จาก 3 แหล่ง คือ Technology transfer network clearinghouse for inventories & Emission factors ของ US-EPA National pollutant inventory ของประเทศออสเตรเลีย และ Netherlands organization for applied scientific research ตัวอย่างค่าปัจจัยการปลดปล่อยแสดงไว้ในภาคผนวก ก

3.1.3 คัดกรองและบันทึกข้อมูล

ศึกษารายละเอียดข้อมูลโรงงานแต่ละโรง คัดกรองและบันทึกข้อมูลที่จำเป็นต่อการประเมินลงในโปรแกรมเพื่อใช้ในการประเมินต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ

การประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากโรงงานแต่ละโรงงานจะแตกต่างกันตามลักษณะกิจกรรมและข้อมูลปัจจัยการปลดปล่อยที่มีซึ่งสามารถแบ่งประเภทของการประเมินได้ 4 ประเภท คือ

3.2.1 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

สำหรับโรงงานที่มีรายละเอียดข้อมูลแยกตามกระบวนการและ/หรือหน่วยการผลิตและมีค่าปัจจัยการปลดปล่อยที่สายงานแยกตามหน่วยการผลิตจะทำการประเมินแยกตามกระบวนการและรวบรวมทั้งหมดเป็นข้อมูลรายโรง ตัวอย่างการคำนวณได้แสดงตัวอย่างของโรงกลั่นน้ำมันในส่วนของ Sulfur Recovery Units (SRU) มีอัตราการไหล 250 ตันต่อวัน ซึ่งมีประสิทธิภาพ 99.8% เมื่อตรวจสอบจากค่าปัจจัยการปลดปล่อยจาก Emission Estimation Technique manual for Petroleum โดย Department of Sustainability, Environment Australia ดังแสดงในตารางที่ 3.1 พบว่าค่าปัจจัยการปลดปล่อยของ SO_2 เท่ากับ 29 กิโลกรัมต่อตัน สามารถประเมินอัตราการปลดปล่อยของ SO_2 ตามสมการ 2.1

$$E = A \times EF \tag{2.1}$$

$$E_{SO2} = 250 \frac{\text{ตัน}}{\text{ปี}} \times 29 \frac{\text{กิโลกรัม}}{\text{ตัน}}$$

ได้ E_{SO2} = 7250 กิโลกรัมต่อวัน หรือ 2646.25 ตันต่อปี

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากหน่วย Sulfur Recovery Unit ของโรงกลั่นน้ำมัน [14]

Refinery Process Operation	Emission Factor Unit	SO_2	
		Uncon	Con
Sulfur Recovery Unit (SRU)			
1. 1, uncontrolled (93.5%)	kg/ton S produced	139	ND
2. 3, uncontrolled (95.5%)	kg/ton S produced	94	ND
3. 4, uncontrolled (96.5%)	kg/ton S produced	73	ND
4. 2, controlled (98.6%)	kg/ton S produced	ND	29
5. 3, controlled (96.8%)	kg/ton S produced	ND	65
6. Unspecified (uncontrolled)	kg/ton S produced	ND	ND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากกำลังการผลิต

สำหรับโรงงานที่มีรายละเอียดข้อมูลแยกตามกระบวนการแต่ไม่มีข้อมูลปัจจัยการปลดปล่อยแยกตามกระบวนการที่ตรงตามข้อมูลนั้นๆ แต่มีข้อมูลกำลังการผลิตและข้อมูลการปลดปล่อยตามกำลังการผลิต จะทำการประเมินจากกระบวนการผลิต ตัวอย่างของการประเมิน คือโรงงานเหล็กที่ใช้ Electric arc furnace ซึ่งมีกำลังการผลิต 500,000 ตันต่อปี ข้อมูลปัจจัยการปลดปล่อยจากกำลังการผลิตของ EMEP CORINAIR Electric arc furnaces แสดงในตารางที่ 3.2 ซึ่งเมื่อตรวจสอบกับข้อมูล EIA ของโรงงานแล้วมีความใกล้เคียงกับกระบวนการที่ 4 มากที่สุดโดยมี Emission factor ของ PM PM_{10} และ $PM_{2.5}$ เท่ากับ 0.034, 0.026 และ 0.026 ตามลำดับ ทำให้สามารถคำนวณปริมาณการปลดปล่อยของ PM_{10} โดยการแทนค่าในสมการ (2.1)

$$E = A \times EF \qquad (2.1)$$

$$E_{PM10} = 500{,}000 \frac{\text{ตัน}}{\text{ปี}} \times 0.034 \frac{\text{กรัม}}{\text{ตัน}}$$

$$E_{PM10} = 17{,}000 \text{ กรัมต่อปี หรือ } 0.017 \text{ ตันต่อปี}$$

ตารางที่ 3.2 ค่า Emission Factor ของการผลิตเหล็กรูปภัณฑ์ด้วยวิธีการ Electric arc furnace [15]

Process	Control	Emission factor, g/ton				
		PM	Rating	PM_{10}	$PM_{2.5}$	Rating
Electric arc furnace steel minimills AP-42 Chapter 12.5.1 (2004)						
1.Charging, melting, slagging, tapping	Shell evacuation and roof canopy to fabric filter	0.05	D	0.038	0.038	E
2. Charging, melting, slagging, tapping, ladle transfer to ladle furnace, ladle preheater, alloy addition, ladle furnace melting	Shell evacuation and roof canopy to fabric filter	0.03	E	0.023	0.023	E
3.Charging, melting, slagging, tapping, continuous caster	Shell evacuation and roof canopy to fabric filter	0.009	E	0.007	0.007	E
4.Charging, melting, slagging, tapping, ladle transfer to ladle furnace, ladle preheater, alloy addition, ladle furnace melting ,continuous caster	Shell evacuation and roof canopy to fabric filter	0.034	E	0.026	0.026	E

3.2.3 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากการใช้พลังงาน

สำหรับโรงงานที่ไม่มีข้อมูลปัจจัยการปลดปล่อยที่ใกล้เคียงกับลักษณะโรงงาน แต่มีข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงจะทำการประเมินการปลดปล่อยจากการใช้พลังงาน ตัวอย่างของการประเมินคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงงานผลิตพอลิเมอร์ที่มีค่าการใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง 1,730,680 ลิตรต่อปี เทียบเท่าการใช้น้ำมันดิบ 1,090.57 ตันต่อปี ค่าปัจจัยการปลดปล่อยของ LPG จากสถาบัน United States Environmental Protection Agency แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ LPG [16]

ชนิดเชื้อเพลิง	Emission factor (kg/toe)				
	PM_{10}	SO_2	NO_x	VOCs	CO
LPG	0.0816466	0.0181437	4.2365493	0.1224698	0.7257472

เมื่อแทนเข้าไปในสมการที่ (2.1) จะสามารถหาค่าปริมาณการปลดปล่อย PM_{10} ได้เท่ากับ 89.04 กิโลกรัมต่อปี

$$E = A \times EF \tag{2.1}$$

$$E_{PM10} = 1{,}090.57 \frac{\text{toe}}{\text{ปี}} \times 0.0816466 \frac{\text{กิโลกรัม}}{\text{toe}}$$

$$E_{PM10} = 89.04 \text{ กิโลกรัมต่อปี}$$

3.2.4 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากถังกักเก็บสารเคมี

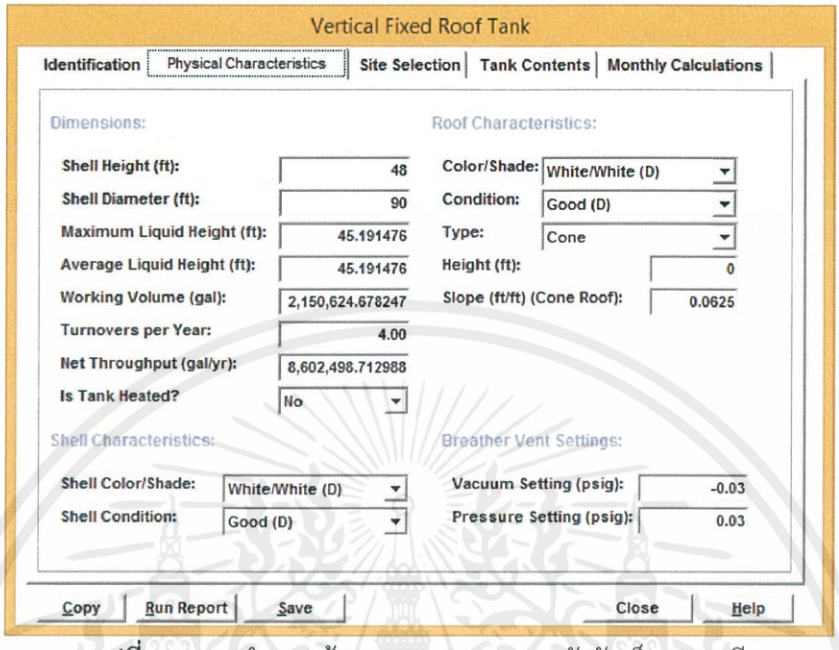
การประเมินโดยใช้โปรแกรม TANKS 4.0.9d ซึ่งรายละเอียดการใช้โปรแกรมมีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกคำสั่ง Create a New Tank Record เลือกชนิดของถังกักเก็บสารเคมีที่ต้องการประเมินดังแสดงในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 คำสั่งในการเลือกชนิดถังกักเก็บสารเคมีที่ทำการประเมินในโปรแกรม TANKS

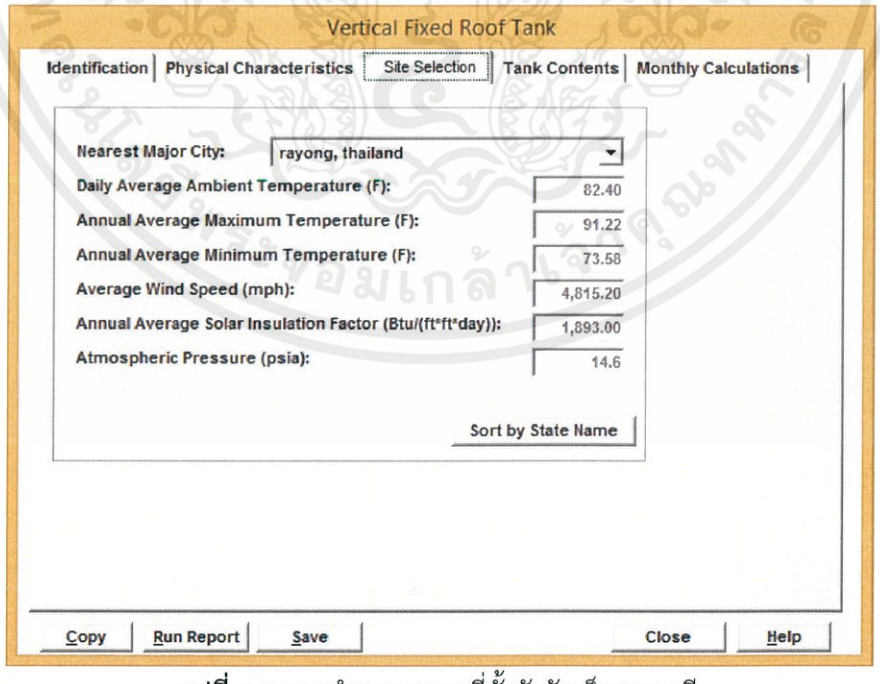
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ป้อนข้อมูลทางกายภาพของถังกักเก็บสารเคมีทั้งความสูง ปริมาตรบรรจุดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การกำหนดข้อมูลทางกายภาพของถังกักเก็บสารเคมี

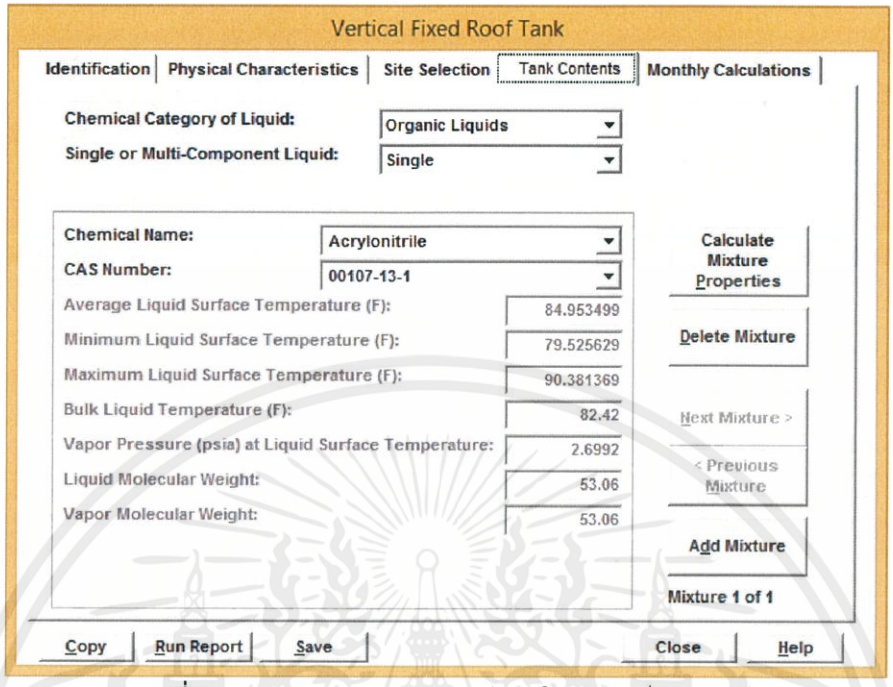
3. เลือกสถานที่ตั้งถังกักเก็บสารเคมีที่ต้องการประเมินเพื่อกำหนดอุณหภูมิ ความเร็วลม ความดัน ของสถานที่บริเวณนั้นดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยจะต้องเตรียมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของสถานที่ๆ ต้องการประเมินใส่ไปในฐานข้อมูลก่อน



รูปที่ 3.3 การกำหนดสถานที่ตั้งถังกักเก็บสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เลือกข้อมูลของสารเคมีที่กักเก็บอยู่ภายในถังกักเก็บสารเคมีดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การกำหนดชนิดสารเคมีภายในถังกักเก็บสารเคมี

5. หลังการนำข้อมูลทั้งหมดใส่ลงในโปรแกรม TANK 4.0.9d กดปุ่ม Run Report ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณค่าที่ถังกักเก็บสารเคมีนั้นปลดปล่อยออกมาในหน่วย lbs/year ออกมาซึ่งแสดงผลออกมาดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ผลการปลดปล่อยสาร Acrylonitrile ออกจากถังกักเก็บสารเคมี

	Breathing loss	Working loss	Rim seal loss	Withdrawal loss	Deck fitting loss	Deck Seam loss
Acrylonitrile	10956.29	29334.13	0	0	0	0

3.3 วิธีการประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของโรงงานแต่ละประเภท

จากการศึกษาข้อมูลรายละเอียดของโรงงานแต่ละประเภทและปัจจัยการปลดปล่อยที่มีทำให้สามารถสรุปวิธีการประเมินที่เหมาะสมของโรงงานแต่ละประเภทได้ดังนี้

3.3.1 โรงกลั่นน้ำมันและโรงโอเลฟินส์

โรงกลั่นและโรงโอเลฟินส์มีการปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดหลักๆ 3 แห่งคือ กระบวนการผลิต กระบวนการเผาไหม้ และถังกักเก็บ ในส่วนของกระบวนการผลิตและการเผาไหม้ประเมินโดยใช้ปัจจัยการปลดปล่อยจาก NPI และ AP42 ในส่วนของถังกักเก็บได้จากโปรแกรม TANKS 4.0.9d ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดวิธีการและมลพิษที่สามารถประเมินได้ดังตารางที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากโรงกลั่นน้ำมันและโรงผลิตโอเลฟินส์

แหล่งกำเนิด	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	การคำนวณ	มลพิษที่ปลดปล่อยออกมา
กระบวนการผลิต	NPI และ AP42	Emission factor x Capacity	SO_2 NO_x CO PM_{10} VOCs
กระบวนการเผาไหม้	NPI และ AP42	Emission factor x Fuel Usage	SO_2 NO_x CO PM_{10} VOCs
ถังกักเก็บ	TANKS 4.0.9d		VOCs

3.3.2 โรงเหล็กขั้นกลาง

โรงเหล็กที่ประเมินเป็นโรงเหล็กขั้นกลาง ซึ่งเป็นโรงเหล็กที่มีกระบวนการผลิตแบบ Electric arc furnace เพียงรูปแบบเดียว ดังนั้นจึงเลือกใช้ PROCESSES IN IRON & STEEL INDUSTRIES & COLLIERIES Electric Furnace Steel Plant, Emission Inventory Guidebook – 2006 ดังแสดงในตารางที่ 3.2 โรงผลิตเหล็กขั้นกลางมีแหล่งกำเนิดมลพิษจากกระบวนการผลิตเท่านั้นเนื่องจากไม่มีกระบวนการเผาไหม้เพราะความร้อนมาจากการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิต และไม่มีการปลดปล่อย VOCs จากถังกักเก็บเนื่องด้วยวัตถุดิบส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นของแข็ง วิธีการประเมินได้จากนำค่า Emission factor คูณกับ กำลังการผลิตของโรงงาน มลพิษจากโรงผลิตเหล็กขั้นกลางประกอบด้วย SO_2 NO_x PM_{10} VOCs และ Heavy metal

3.3.3 โรงไฟฟ้าถ่านหิน

โรงไฟฟ้าถ่านหินในการประเมินนี้ใช้ถ่านหินบิทูมินัสซึ่งขนส่งมาจากต่างประเทศ ในกระบวนการผลิตไม่มีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศออกมา แหล่งกำเนิดมลพิษมาจากการเผาไหม้ถ่านหินเท่านั้น ส่วนของถังกักเก็บมีการวางถ่านหินไว้และสเปรย์น้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อดักจับฝุ่น ซึ่งผู้ประเมินไม่มีข้อมูลอ้างอิงในส่วนนี้จึงประเมินเพียงการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการเผาไหม้เท่านั้น

3.3.4 โรงผลิตมอนอเมอร์

โรงผลิตมอนอเมอร์มีเพียง 1 โรงงานซึ่งเป็นโรงงานที่ผลิต เม็ดบิสฟีนอล เอ และสารละลายโซเดียมบิสฟีนอล เอ จากฐานข้อมูลของทั้ง AP42 และ NPI ไม่พบค่าปัจจัยการปลดปล่อย ดังนั้นจึงอ้างอิงข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจาก EIA ซึ่งมีการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิตเท่านั้น โดยมีแหล่งกำเนิดมลพิษคือ Valves, Connectors/Flanges และ Open-ended lines สารมลพิษที่ปลดปล่อยจากโรงงานนี้มีเพียง VOCs

3.3.5 โรงพอลิเมอร์

โรงผลิตพอลิเมอร์นี้มี 5 โรง ซึ่งการปลดปล่อยมลพิษมีแหล่งกำเนิดดังแสดงในตารางที่ 3.6 ในส่วนการประเมินมีลักษณะเดียวกับโรงกลั่นน้ำมันและโรงผลิตโอเลฟินส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โรงผลิตพอลิเมอร์ 1 มีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากกระบวนการผลิตเพียงอย่างเดียวผลิตภัณฑ์ของโรงงานคือ พอลิคาร์บอเนต ซึ่งไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยจึงทำได้เพียงสรุปข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจาก EIA เท่านั้น

- โรงผลิตพอลิเมอร์ 2 มีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากกระบวนการผลิตและถังกักเก็บ ซึ่งกระบวนการผลิตสามารถประเมินได้จาก EMISSION FACTORS FOR EMULSION STYRENE-BUTADIENE COPOLYMER PRODUCTION ของ US-EPA ในส่วนของถังกักเก็บสามารถประเมินได้จากโปรแกรม TANKS 4.0.9d

- โรงผลิตพอลิเมอร์ 3 มีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากกระบวนเผาไหม้ ซึ่งใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง

- โรงผลิตพอลิเมอร์ 4 มีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากกระบวนการผลิตและถังกักเก็บ ผลิตภัณฑ์ของโรงผลิตพอลิเมอร์นี้คือ Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) และ Styrene Acrylonitrile (SAN) ซึ่งกระบวนการผลิตสามารถประเมินได้เพียง ABS เนื่องจาก SAN ไม่มีข้อมูลปัจจัยการปลดปล่อย โดยสามารถประเมินได้จาก Emission factors for ABS production ของ US-EPA ในส่วนของถังกักเก็บสามารถประเมินได้จากโปรแกรม Tank 4.0.9

- โรงผลิตพอลิเมอร์ 5 มีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากกระบวนการผลิตและการเผาไหม้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ของโรงงานคือ พอลิเอสเตอร์ กระบวนการผลิตไม่สามารถประเมินได้เนื่องจากไม่มีข้อมูลปัจจัยการปลดปล่อย จึงใช้ข้อมูลจาก EIA โดยตรง ในส่วนของการเผาไหม้มีการใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติ

ตารางที่ 3.6 แหล่งกำเนิดมลพิษของโรงผลิตพอลิเมอร์ 5 โรง

แหล่งกำเนิดมลพิษ	กระบวนการผลิต	การเผาไหม้	ถังกักเก็บ	แหล่งข้อมูลอ้างอิง
โรงผลิตพอลิเมอร์ 1	✓	✗	✗	EIA
โรงผลิตพอลิเมอร์ 2	✓	✗	✓	AP42 และ EIA
โรงผลิตพอลิเมอร์ 3	✗	✓	✗	AP42
โรงผลิตพอลิเมอร์ 4	✓	✗	✓	TNO
โรงผลิตพอลิเมอร์ 5	✓	✓	✗	EIA และ AP42

3.3.6 ถังกักเก็บบริเวณท่าเรือมาบตาพุด

ถังกักเก็บบริเวณท่าเรือทำการประเมินโดยใช้โปรแกรม TANK 4.0.9d

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการประเมิน และการวิเคราะห์ผล

ผลการประเมินการปลดปล่อยมลพิษของโรงงานและการอภิปรายผล แยกตามประเภทโรงงานกลุ่มอุตสาหกรรม แหล่งกำเนิดและแยกตามประเภทของสารอินทรีย์ระเหยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการประเมินการปลดปล่อยมลพิษรวมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ผลการประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมทั้ง 11 โรงแยกตามประเภทอุตสาหกรรมและถังกักเก็บบริเวณท่าเรือแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินการปลดปล่อยมลพิษแยกตามประเภทโรงงานและชนิดของมลพิษ

ประเภทโรงงาน	ปริมาณมลพิษทางอากาศ (ตันต่อปี)					
	SO_2	NO_x	PM_{10}	VOCs	CO	Heavy metal
โรงกลั่นน้ำมัน	7,642	40,856	2,383	7,452	11,710	N/A
โรงไฟฟ้าถ่านหิน	5.96	3,641	635	19.86	165.5	N/A
โรงเหล็กขั้นกลาง	435	62.15	0.032	219.4	N/A	13.77
โรงผลิตมอนอเมอร์	N/A	N/A	N/A	0.00407	N/A	N/A
โรงผลิตโอเลฟินส์	6.75	3,288	124	1,380	1,297	N/A
โรงผลิตพอลิเมอร์	93.87	197.55	12.54	129.48	77.88	N/A
ถังกักเก็บ	N/A	N/A	N/A	421.21	N/A	N/A
รวม	8183.6	48,044.7	3,154.57	9,622	13,250	13.77

ผลการประเมินในพื้นที่ศึกษาพบว่ามีการปลดปล่อยรวมของ NO_x มากที่สุดในอัตรา 48,044.7 ตันต่อปี รองลงมาคือ CO VOCs SO_2 PM_{10} และ Heavy metal ที่อัตรา 13,250 9,622 8,183.6 3,154.57 13.77 ตันต่อปีตามลำดับ โดยแหล่งกำเนิดของ NO_x มาจากโรงกลั่นเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือโรงไฟฟ้าถ่านหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์การปลดปล่อยมลพิษแยกตามกลุ่มอุตสาหกรรม

4.2.1 โรงเหล็กขั้นกลาง

โรงเหล็กขั้นกลางที่ทำการประเมินมี 2 โรงงาน ซึ่งแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศมาจากกระบวนการผลิตและการเผาไหม้ ในส่วนของการเผาไหม้เป็นปริมาณเพียงเล็กน้อย จึงไม่นำมาพิจารณา ดังนั้นจึงแสดงค่าเฉพาะการปลดปล่อยจากกระบวนการผลิต ปริมาณการปลดปล่อยของแต่ละโรงงานแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินการปลดปล่อยมลพิษของโรงเหล็กขั้นกลาง

แหล่งกำเนิดมลพิษ	ปริมาณมลพิษทางอากาศ (ตันต่อปี)					
	SO_2	NO_x	PM_{10}	VOCs	CO	Heavy metal
โรงเหล็กขั้นกลาง 1	175	25	0.013	88.25	N/A	5.54
โรงเหล็กขั้นกลาง 2	260	37.15	0.019	131.14	N/A	8.23

จะเห็นว่าโรงเหล็กขั้นกลาง 2 มีปริมาณการปลดปล่อยมลพิษมากกว่าโรงเหล็กขั้นกลาง 1 เนื่องจากโรงเหล็กขั้นกลาง 2 ที่มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 743,000 ตันต่อปี จึงมากกว่าโรงพลิตเหล็กขั้นกลาง 1 ซึ่งกำลังการผลิต 500,000 ตันต่อปี

4.2.2 โรงผลิตพอลิเมอร์

จากโรงผลิตพอลิเมอร์จำนวน 5 โรง ได้ผลประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศแยกตามรายโรงงานดังรายละเอียดในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 มลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยออกจากโรงผลิตพอลิเมอร์แต่ละโรง

แหล่งกำเนิดมลพิษ	ปริมาณมลพิษทางอากาศ (ตันต่อปี)					
	SO_2	NO_x	PM_{10}	VOCs	CO	Heavy metal
โรงผลิตพอลิเมอร์ 1	N/A	N/A	N/A	33	N/A	N/A
โรงผลิตพอลิเมอร์ 2	7.42	12.49	6.11	0.053	25.91	N/A
โรงผลิตพอลิเมอร์ 3	0.0198	4.62	0.089	0.1336	0.7915	N/A
โรงผลิตพอลิเมอร์ 4	N/A	N/A	N/A	85	N/A	N/A
โรงผลิตพอลิเมอร์ 5	86.43	180.44	6.34	11.29	51.18	N/A
รวม	93.87	197.55	12.54	129.48	77.88	N/A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงผลิตพอลิเมอร์มีการปลดปล่อย SO_2 ด้วยอัตรา 93.87 ตันต่อปี โรงงานที่ปลดปล่อยมากที่สุดคือ โรงผลิตพอลิเมอร์ 5 ด้วยอัตรา 86.43 ตันต่อ รองลงมาคือโรงผลิตพอลิเมอร์ 2 มีการปลดปล่อยด้วยอัตรา 7.42 ตันต่อปี ปี เนื่องจากโรงผลิตพอลิเมอร์ 5 เป็นโรงผลิตพอลิเมอร์ที่มีการเผาไหม้จากแก๊สธรรมชาติและโรงพอลิเมอร์ที่ 2 ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่มีการปลดปล่อย SO_2 ต่ำกว่าหากเทียบกับแก๊สธรรมชาติ ในส่วนของ NO_x มีการปลดปล่อยด้วยอัตรา 197.55 ตันต่อปี โรงงานที่ปลดปล่อยมากที่สุดคือ โรงผลิตพอลิเมอร์ 5 ด้วยอัตรา 180.44 ตันต่อปี รองลงมาคือโรงผลิตพอลิเมอร์ 2 มีการปลดปล่อยด้วยอัตรา 12.49 ตันต่อปี ในส่วนของ PM_{10} มีการปลดปล่อย 12.54 ตันต่อปี โรงงานที่ปลดปล่อยมากที่สุดคือ โรงผลิตพอลิเมอร์ 5 ด้วยอัตรา 6.34 ตันต่อปี รองลงมาคือโรงผลิตพอลิเมอร์ 2 มีการปลดปล่อยด้วยอัตรา 6.11 ตันต่อปี ในส่วนของ VOCs โรงงานที่ปลดปล่อยมากที่สุดคือ โรงผลิตพอลิเมอร์ 4 ด้วยอัตรา 85 ตันต่อปี รองลงมาคือโรงผลิตพอลิเมอร์ 1 มีการปลดปล่อยด้วยอัตรา 33 ตันต่อปี ในส่วนของ CO โรงงานที่ปลดปล่อยมากที่สุดคือ โรงผลิตพอลิเมอร์ 5 ด้วยอัตรา 51.18 ตันต่อปี รองลงมาคือโรงผลิตพอลิเมอร์ 2 มีการปลดปล่อยด้วยอัตรา 25.91 ตันต่อปี จากข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของโรงผลิตพอลิเมอร์ทั้ง 5โรง จะสังเกตว่าโรงผลิตพอลิเมอร์ 5 มีการปลดปล่อยมลพิษสูงสุดเนื่องจากมีกำลังการผลิตสูงที่สุดในโรงผลิตพอลิเมอร์ทั้ง 5 โรง

เมื่อจำแนกการปลดปล่อยแยกตามแหล่งกำเนิดมลพิษของกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตพอลิเมอร์ดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าแหล่งกำเนิดของ SO_2 NO_x PM_{10} และ CO มาจากกระบวนการเผาไหม้เป็นหลักส่วน VOCs มาจากอุปกรณ์กระบวนการผลิตมากที่สุด ส่วนการปลดปล่อยจากกระบวนการเผาไหม้ ถังกักเก็บ และกระบวนการผลิตมีน้อยมากเมื่อเทียบกับอุปกรณ์

ตารางที่ 4.4 การปลดปล่อยมลพิษตามแหล่งกำเนิดของโรงผลิตพอลิเมอร์

แหล่งกำเนิดมลพิษ	ตันต่อปี				
	SO_2	NO_x	PM_{10}	VOCs	CO
Process	7.43	12.49	6.11	0.45	25.91
Equipment	N/A	N/A	N/A	115.75	N/A
Tank	N/A	N/A	N/A	3.90	N/A
Combustion	86.44	185.06	6.43	9.38	51.97
Total	93.87	197.55	12.54	129.48	77.88

4.2.3 โรงไฟฟ้าถ่านหิน

โรงไฟฟ้าถ่านหินมีเพียง 1 โรง การปลดปล่อยเกิดจากการเผาไหม้ของถ่านหินเพียงอย่างเดียว ในส่วนการกักเก็บและการขนถ่ายถ่านหินทางโรงไฟฟ้าได้ทำการป้องกันโดยสร้างฉากกำบังในส่วนบริเวณที่มีการขนถ่าย และมีการพ่นละอองน้ำในส่วนการกักเก็บเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจาย เมื่อทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเมินเฉพาะในส่วนของการเผาไหม้เพียงอย่างเดียวพบว่ามีการปลดปล่อย SO_2 5.96 ตันต่อปี NO_x 3,641 ตันต่อปี PM_{10} 635 ตันต่อปี VOCs 19.86 ตันต่อปี และ CO 165.5 ตันต่อปี

4.2.4 โรงกลั่นน้ำมัน

โรงกลั่นน้ำมันมีเพียง 1 โรง มีแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศจากกระบวนการผลิต การเผาไหม้ และถังกักเก็บ ซึ่ง SO_2 มีการปลดปล่อยสูงสุดจากกระบวนการเผาไหม้ 7,163 ตันต่อปี รองลงมาคือปลดปล่อยจากกระบวนการผลิต 479 ตันต่อปี NO_x มีการปลดปล่อยสูงสุดจากกระบวนการเผาไหม้ 35,516 ตันต่อปี รองลงมาคือกระบวนการผลิต 5,340 ตันต่อปี PM_{10} มีการปลดปล่อยสูงสุดจากกระบวนการผลิต 1,464 ตันต่อปี รองลงมาคือการเผาไหม้ 919 ตันต่อปี VOCs มีการปลดปล่อยสูงสุดจากกระบวนการผลิต 5,135 ตันต่อปี รองลงมาคือกระบวนการเผาไหม้ 2,092 ตันต่อปี ส่วนถังกักเก็บมีการปลดปล่อยเพียง VOCs ออกมา 225 ตันต่อปี CO มีการปลดปล่อยสูงสุดจากกระบวนการเผาไหม้ 7,743 ตันต่อปี รองลงมาคือกระบวนการผลิต 3,967 ตันต่อปี รายละเอียดการปลดปล่อยแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดของโรงกลั่นน้ำมัน

แหล่งกำเนิดมลพิษ	ตันต่อปี				
	SO_2	NO_x	PM_{10}	VOCs	CO
Process	479	5,340	1,464	5,135	3,967
Tank	0	0	0	225	0
Combustion	7,163	35,516	919	2,092	7,743
Total	7,642	40,856	2,383	7,452	11,710

4.2.5 โรงผลิตโอเลฟินส์

โรงผลิตโอเลฟินส์มีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากกระบวนการผลิต กระบวนการเผาไหม้ และถังกักเก็บสารเคมี ซึ่ง SO_2 มีการปลดปล่อยจากกระบวนการเผาไหม้ 6.75 ตันต่อปี NO_x มีการปลดปล่อยสูงสุดจากกระบวนการผลิต 1,712 ตันต่อปี รองลงมาคือกระบวนการเผาไหม้ 1,576 ตันต่อปี PM_{10} มีการปลดปล่อยสูงสุดจากกระบวนการผลิต 93 ตันต่อปี รองลงมาคือการเผาไหม้ 30.38 ตันต่อปี VOCs มีการปลดปล่อยสูงสุดจากกระบวนการผลิต 1,333 ตันต่อปี รองลงมาคือกระบวนการเผาไหม้ 45.56 ตันต่อปี ส่วนถังกักเก็บมีการปลดปล่อยเพียง VOCs ออกมา 1.6 ตันต่อปี CO มีการปลดปล่อยสูงสุดจากกระบวนการผลิต 1,027 ตันต่อปี รองลงมาคือกระบวนการเผาไหม้ 270 ตันต่อปี ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดของโรงผลิตโอเลฟินส์

แหล่งกำเนิดมลพิษ	ตันต่อปี				
	SO_2	NO_x	PM_{10}	VOCs	CO
Process	0	1,712	93	1,333	1,027
Tank	0	0	0	1.60	0
Combustion	6.75	1,576	30.38	45.56	270

4.2.6 โรงผลิตมอนอเมอร์

เนื่องจากโรงผลิตมอนอเมอร์ในการประเมินนี้เป็นโรงงานผลิตบิสฟีนอล เอ ซึ่งยังไม่มีหน่วยงานใดได้รวบรวมปัจจัยการปลดปล่อยไว้ ทางผู้ประเมินจึงทำได้เพียงอ้างอิงข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจาก EIA เท่านั้น ซึ่งจาก EIA โรงผลิตมอนอเมอร์มีการปลดปล่อยเพียง VOCs 0.00407 ตันต่อปี โดยมาจากการรั่วซึมอุปกรณ์ และในส่วนของมลพิษทางอากาศจากถังกักเก็บสารเคมีที่ทางโรงงานมีการเชื่อมท่อรวบรวมสารอินทรีย์ระเหยไปเผาทำลายที่ RTO ของโรงงาน

4.3 วิเคราะห์ผลการประเมินการปลดปล่อยมลพิษรวมแยกตามแหล่งกำเนิด

การจำแนกประเภทแหล่งกำเนิดมลพิษมีทั้งหมด 4 แหล่ง คือ กระบวนการผลิต อุปกรณ์ ถังกักเก็บ และการเผาไหม้ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 พบว่ามีการปลดปล่อยของ NO_x SO_2 PM_{10} และ CO ซึ่งประเมินได้จากการเผาไหม้และกระบวนการเผาไหม้จะเป็นแหล่งกำเนิดของสารทั้ง 4 ชนิด มากกว่ากระบวนการผลิต ในขณะที่ VOCs ซึ่งปลดปล่อยมาจากแหล่งกำเนิดทั้ง 4 แหล่งจะปลดปล่อยมาจากกระบวนการผลิตมากที่สุด รองลงมาจะมาจากการเผาไหม้และถังกักเก็บ ส่วนจากอุปกรณ์จะน้อยกว่า 3 แหล่ง

ตารางที่ 4.7 การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิด

แหล่งกำเนิดมลพิษ	ตันต่อปี				
	SO_2	NO_x	PM_{10}	VOCs	CO
Process	922	7,451	1,564	6,688	5,020
Equipment	N/A	N/A	N/A	117	N/A
Tank	N/A	N/A	N/A	651.5	N/A
Combustion	7,261.6	40,593.7	1590.6	2,165.5	8,230
Total	8,183.58	48,044.7	3,154.6	9,622	13,250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วิเคราะห์ผลการประเมินจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย

สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่มีการปลดปล่อยออกมาจากอุตสาหกรรมแต่ละประเภท จะมีความแตกต่างที่ชนิดและปริมาณ รายละเอียดการจำแนกประเภทสารอินทรีย์และสารอื่นๆ ที่ปลดปล่อยออกมาจากโรงกลั่นน้ำมันและโรงผลิตโอเลฟินส์ โรงไฟฟ้าถ่านหิน และโรงผลิตพอลิเมอร์ แสดงดังตารางที่ 4.8 ถึง ตารางที่ 4.10 ตามลำดับ ในส่วนของโรงผลิตมอนอเมอร์ มีการปลดปล่อย 1,3-butadiene 4.07 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งมีน้อยมากหากเทียบกับอุตสาหกรรมอื่น จึงไม่ถูกนำมาแสดง ซึ่งหากพิจารณาโรงงานแต่ละโรงจะสังเกตได้ว่าโรงกลั่นน้ำมันมีการปลดปล่อย Formaldehyde มากที่สุดที่อัตรา 699.31 ตันต่อปี ส่วนโรงผลิตโอเลฟินส์แม้ว่าจะมีการปลดปล่อยสารประเภทอื่นน้อยกว่าโรงกลั่นแต่มีการปลดปล่อย Acetaldehyde 5.28 ตันต่อปี มากกว่าโรงกลั่น โรงไฟฟ้าถ่านหินมีการปลดปล่อย HCl และ Ammonia 397.2 และ 0.19 ตันต่อปีตามลำดับ สำหรับส่วนโรงผลิตพอลิเมอร์จะมีสารอินทรีย์ระเหยออกมาหลากหลายประเภท มี Styrene และ 1,3-butadiene ออกมามากที่สุดในอัตรา 58.81 และ31.37 ตันต่อปี ส่วนสารอื่นๆ มีการปลดปล่อยออกมาน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากโรงกลั่นน้ำมันและโรงผลิตโอเลฟินส์

แหล่งกำเนิดมลพิษ	ตันต่อปี							
	Benzene	Toluene	Xylenes	Formaldehyde	n-Hexane	Cyclohexane	Acetaldehyde	Phenol
โรงกลั่นน้ำมัน	7.83	9.14	3.82	699.31	166.84	1.61	0.71	0.34
โรงผลิตโอเลฟินส์	1.90	2.21	0.93	76.47	24.07	0.39	5.28	0.05

ตารางที่ 4.9 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน

แหล่งกำเนิดมลพิษ	ตันต่อปี							
	Ammonia	Benzene	Cumene	Cyclohexane	Ethylbenzene	n-Hexane	HCl	Toluene
โรงไฟฟ้าถ่านหิน	0.19	0.12	0.0018	0.02	0.03	0.02	397.2	0.079

ตารางที่ 4.10 การปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยจากโรงผลิตพอลิเมอร์

แหล่งกำเนิดมลพิษ	ตันต่อปี								
	styrene	1,3-butadiene	Toluene	Acrylonitrile	Heptane	Cyclohexane	HCl	COCl2	Carbonate
โรงผลิตพอลิเมอร์ 1	0.0534	31.37	0.015	N/A	0.92	0.206	N/A	N/A	N/A
โรงผลิตพอลิเมอร์ 2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.274	0.000018	0.037
โรงผลิตพอลิเมอร์ 3	N/A	N/A	N/A	1.62	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
โรงผลิตพอลิเมอร์ 4	58.81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
โรงผลิตพอลิเมอร์ 5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ

โรงงานแต่ละแห่งมีการปลดปล่อยมลพิษซึ่งแตกต่างกันออกไปตามสารที่ใช้เป็นสารตั้งต้นหรือสารที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของโรงงานนั้นๆ กระบวนการผลิตและกระบวนการควบคุมที่ใช้ในโรงงาน ปริมาณการปลดปล่อยโดยรวมของโรงงาน 11 โรงและท่าเรือมีการปลดปล่อย NO_x มากที่สุดในอัตรา 48,044.7 ตันต่อปี รองลงมาคือ CO VOCs SO_2 PM_{10} และ Heavy metal ตามลำดับในอัตรา 13,250 9,622 8,183.6 3,154.57 13.77 ตันต่อปี

โรงกลั่นน้ำมันเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศหลัก ตามด้วยโรงไฟฟ้าถ่านหินและโรงโอเลฟินส์ ตามลำดับ หากต้องการลดการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจะต้องจัดการควบคุมโรงงานทั้ง 3 ประเภทก่อน ในส่วนของการจำแนกการปลดปล่อยมลพิษซึ่งประเภทของสารอินทรีย์ระเหยและสารอื่นๆ พบสารที่สามารถใช้เป็นดัชนีในการระบุแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศได้ดังแสดงตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สารบ่งชี้มลพิษของแต่ละโรงงาน

โรงงาน	มลพิษบ่งชี้ของโรงงาน
โรงไฟฟ้าถ่านหิน	Ammonia, HCl
โรงเหล็กขั้นกลาง 1	Heavy metal
โรงเหล็กขั้นกลาง 2	Heavy metal
โรงผลิตพอลิเมอร์ 1	1,3-butadiene, Heptane, cyclohexane
โรงผลิตพอลิเมอร์ 2	$COCl_2$, Chlorobenzene, HCl, methyl chloride
โรงผลิตพอลิเมอร์ 3	Acrylonitrile
โรงผลิตพอลิเมอร์ 4	Styrene
โรงผลิตพอลิเมอร์ 5	Triethylphosphate, Acetaldehyde
โรงกลั่นน้ำมัน	Formaldehyde, Xylenes, n-Hexane, Benzene, Toluene
โรงผลิตมอนอเมอร์	1,3-butadiene
โรงผลิตโอเลฟินส์	Acetaldehyde, Formaldehyde, n-Hexane, Fluoride, Toluene, Benzene

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลจาก EIA แต่ละโรงงานมีรายละเอียดต่างกันออกไป ซึ่งรายละเอียดที่ไม่ครบถ้วนจึงจำเป็นต้องรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมและคาดเดาข้อมูลในบางส่วนได้แก่ ค่า Turnovers per Year ของถังกักเก็บสารเคมี และ ข้อมูลอัตราส่วนการใช้ถ่านหินจากต่างประเทศของโรงไฟฟ้าถ่านหิน ส่งผลให้อาจมีความคลาดเคลื่อนในการประเมิน

2. ในส่วน Emission factor มีการจัดทำการประเมินอุตสาหกรรมไม่ครบทุกประเภท ส่งผลให้การประเมินไม่ครบถ้วนสมบรูณ์ในบางส่วน ทำให้ต้องใช้ข้อมูลจาก EIA เพื่อทดแทนข้อมูลที่ไม่สามารถหาได้

3. ในงานมีการประเมินมลพิษที่มีแหล่งกำเนิดจากกระบวนการเผาไหม้ กระบวนการผลิตและจากถังกักเก็บเพียงเท่านั้น ยังไม่รวมการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดอื่นๆของโรงงาน เช่น ระบบบำบัดน้ำเสีย และการขนถ่ายสารเคมีเนื่องจากไม่มีข้อมูล

4. การจัดทำ EIA ส่วนใหญ่จัดทำโดยบริษัทที่ปรึกษาซึ่งไม่ใช่บริษัทเดียวกันในการจัดทำทั้งหมด ส่งผลให้ข้อมูลจาก EIA ในแต่ละเล่มมีข้อมูลที่แตกต่างกันไป บางโรงงานมีข้อมูลครบถ้วน บางโรงงานมีข้อมูลไม่ครบถ้วน ควรมีการควบคุมรายละเอียดข้อมูลในการจัดทำให้อย่างครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ. 2559. ข้อมูลอากาศและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง. [Online]. Available : http://www.pcd.go.th/info_serv/air.html.

[2] Thai Safety Work. 2559. [Online]. Available : http://www.thaisafetywork.com/.

[3] Rayonghip. 2559. ""ระยอง" ครองแชมป์รายได้เฉลี่ยต่อหัวประชากรสูงสุดในประเทศ โดยประชากรมีรายได้ต่อปีอยู่ที่ 1,008,615 บาท." [Online]. Available : http://www.rayonghip.com/gdp-rayong-2016/

[4] การนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด. 2559. ความเป็นมาของการพัฒนานิคมอุตสาหกรรมในพื้นที่มาบตาพุด. [Online]. Available : http://www.mtp.rmutt.ac.th/?page_id=916

[5] การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2559. นิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. [Online]. Available : http://www.mtpie.com/www/assets/รายชื่อโรงงาน.doc.

[6] รภัทร โตอ่อน. 2556. "การประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากโรงกลั่น โรงงานผลิตโอเลฟินส์ และโรงมอนอเมอร์ ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดระยอง." วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[7] Conceptdraw. 2559. "Process flow diagram - Typical oil refinery." [Online]. Available : https://conceptdraw.com/a2401c3/preview

[8] สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. 2554. "สารานุกรม เปิดโลกปิโตรเคมี." บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

[9] ETHYLENE OPTIMIZATION SYSTEM REAPS OPERATIONS AND MAINTENANCE BENEFITS. 2559. [Online]. Available : http://www.ogj.com/articles/print/volume-96/issue-10/in-this-issue/petrochemicals/ethylene-optimization-system-reaps-operations-and-maintenance-benefits.html

[10] บริษัท บีแอลซีพี พาวเวอร์ จำกัด. บทความ ทำไมจึงต้องมีโรงไฟฟ้าถ่านหิน. [Online]. Available : http://www2.blcp.co.th/wp-content/uploads/2015/11/บทความ_ทำไมจึงต้องมีโรงไฟฟ้าถ่านหิน_rev3.pdf

[11] อุตสาหกรรมเหล็ก. 2556. [Online]. Available : http://dit-km.myreadyweb.com/article/topic-42048.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] Project Gerdau introduction. 2559. [Online]. Available :
http://www.minxing.us/category/project/page/3/

[13] กมลนาท กิจวานิชชัย และคณะ. 2556. "การประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากโรงกลั่นและโรงผลิตโอเลฟินส์ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดระยอง." ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[14] Ummugulsum Alyuz, et al. 2553. "Emission inventory of primary air pollutants in 2010 from industrial processes in Turkey." Bahcesehir University, Environmental Engineering Department

[15] National pollutant inventory. 2542. "Emission Estimation Technique Manual for Petroleum Refining."

[16] National pollutant inventory. 2549. "PROCESSES IN IRON & STEEL INDUSTRIES & COLLIERIES Electric Furnace Steel Plant."

[17] The U.S. Environmental Protection Agency. 2551. "Liquefied Petroleum Gas Combustion"

[18] The U.S. Environmental Protection Agency. 2554. Petroleum Industry. [Online]. Available : http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch05/index.html.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษและแหล่งกำเนิดมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 มลพิษทางอากาศที่ปลดปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	แหล่งกำเนิดมลพิษ	มลพิษที่ปลดปล่อย
โรงงานเหล็กรูปภัณฑ์ชนิด Electric arc furnaces	Charging, melting, slagging, tapping, ladle transfer to ladle furnace, ladle preheater, alloy addition, ladle furnace melting, continuous caster, stack	PM_{10}, SO_2, NO_x, Methane, CO, dust, Benzene, heavy metal
โรงไฟฟ้าถ่านหิน	Black Coal Combustion	PM_{10}, SO_2, NO_x, CO, Hydrochloric acid, Fluoride compounds, heavy metal
โรงกลั่นน้ำมัน	Boilers and process heaters, Fluid catalytic cracking units, Moving-bed catalytic cracking units, Fluid coking units, Delayed coking units, Blowdown systems, Vacuum distillation column condensers, tank	PM_{10}, SO_2, NO_x, CO, TSP, VOCs, Formaldehyde, n-Hexane
โรงผลิตพอลิเมอร์ 1	Recovery Unit, combustion reaction, Flare	PM_{10}, SO_2, NO_x, CO, VOCs
โรงผลิตพอลิเมอร์ 2	Thermal Oxidizer, Banbury Mixer, Small Lot Extruder, Die	VOCs, Styrene, Acrylonitrile, Ethlyene, Methane
โรงผลิตพอลิเมอร์ 3	Solvent Purification, equipment, Direct Fired Thermal Oxidizer	Styrene, 1,3-butadiene, Heptane, Toluene, Cyclohexane
โรงผลิตพอลิเมอร์ 4	หน่วยผลิตฟอสจีนและทำปฏิกิริยา PC หน่วยเติมสารเติมแต่ง หัวไต หน่วยทำความสะอาดแผ่นไต หน่วยบำบัดก๊าซเสีย หน่วยบำบัดก๊าซเสีย หน่วยบำบัดจากหัวเผา หน่วยเติม IBK	PM_{10}, SO_2, NO_x, CO, $COCl_2$, HCl, CO_2,
โรงผลิตมอนอเมอร์	Vent Gas Low Phenol, Vent Gas High Phenol, Thermal Oxidizer, equipment	VOCs
โรงผลิตโอเลฟินส์	Boilers and process heaters, combustion reaction, Flare, tank	PM_{10}, NO_x, CO, TSP, VOCs, Fluoride, Formaldehyde

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2 โรงงานเหล็กรูปภัณฑ์ ชนิด Electric arc furnace

Process	Compound	Emission factor (g/ton)	Data quality	Reference
Electric arc furnace	PM_{10}	0.026	E	CORINAIR (2006)
	SO_2	350	D	
	NO_x	50	D	
	VOCs	176.5	D	
	CO	1,500	D	
	As	0.002	D	
	Cd	0.004	D	
	Cr	0.03	D	
	Cu	0.03	D	
	Hg	0.0002	D	
	Ni	0.04	D	
	Pb	1	D	
	Zn	11	D	
	Benzene	17	E	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศที่ใช้คำนวณการปลดปล่อยจากอัตราการใช้พลังงานแยกตามชนิดเชื้อเพลิง

ชนิดเชื้อเพลิง	Emission factor (lbs/toe)				
	PM_{10}	SO_2	NO_x	VOCs	CO
เบนซิน	3.97	3.33	64.70	83.36	2488.74
โพรเพน	0.26	0.00	8.24	0.22	1.39
ก๊าซธรรมชาติ	0.41	5.59	11.67	0.59	3.31
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	0.18	0.04	9.34	0.27	1.60
ถ่านหิน	82.87	61.37	27.54	0.09	0.79
ถ่านหินนำเข้า	22.63	126.39	45.71	0.13	1.05
น้ำมันเตา	2.89	46.23	16.20	0.06	1.47
น้ำมันเตา 1500	10.35	171.58	36.14	3.06	19.03
น้ำมันเตา 600	0.45	12.76	5.89	4.17	20.30
น้ำมันก๊าด	1.25	32.80	10.53	0.36	2.13
น้ำมันดีเซล	12.31	11.51	175.05	13.89	37.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.4 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยสารมลพิษทางอากาศของการเผาไหม้ถ่านหิน Black Coal

Process	Pollutant	Emission factor (g/ton)	Data quality	Reference
Black Coal Combustion	Ammonia	0.00028	U	National Pollutant Inventory (2012)
	Benzene	3.4 (kg/PJ)	U	
	CO	0.25	A	
	Cumene	0.0000027	U	
	CN (inorganic) compounds	0.0013	D	
	Cyclohexane	0.000034	ND	
	Ethylbenzene	0.000047	U	
	n-Hexane	0.000034	U	
	Hydrochloric acid	0.6	B	
	Manganese & compounds	0.00025	A	
	NO_x	5.5	A	
	PM_{10}	0.96	A	
	$PM_{2.5}$	0.42	A	
	Polycyclic aromatic hydrocarbons	0.00001	B-D	
	SO_2	19 x S	A	
	Sulfuric acid	0.2 x S	U	
	Toluene	0.00012	U	
	TVOCs	3E-02	B	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 องค์ประกอบของสารอินทรีย์ระเหยแต่ละชนิดที่ประเมินจากอุตสาหกรรมโลหะขั้นกลาง

Profile	% wt
Benzene	34.70
Toluene	14.10
O-Xylene	5.50
m-Xylene	6.50
Naphthalene	0.08
Phenol	6.40
Furfuryl alcohol	0.07
Formaldehyde	0.70
Total C2-C3 aldehyde	24.20
Acrolein	0.33
Total aromatic amines	7.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

Refinery Process Operation	Emission Factor Unit	SO_2		NO_x		CO		PM_{10}		VOCs	
		Uncon	Con	Uncon	Con	Uncon	Con	Uncon	Con	Uncon	Con
FCCU	kg/m^3 feed to the unit	1.413	1.413	0.204	0.204	39.2	Neg	0.549	0.071	0.63	Neg
MBCCU	kg/m^3 feed to the unit	0.171	ND	0.014	ND	10.8	ND	0.038	ND	0.25	ND
Fluid Coking	kg/m^3 feed to the unit	ND	ND	ND	ND	ND	Neg	0.765	0.01	0.046	Neg
Compressor engines											
- Reciprocating engines	kg/1000 m^3 gas burned	25	ND	55.4	ND	7.02	ND	Neg	ND	21.8	ND
- Gas turbines	kg/1000 m^3 gas burned	25	ND	4.7	ND	1.94	ND	Neg	ND	0.28	ND
Blowdown Systems	kg/m^3 refinery feed	Neg	ND	Neg	ND	Neg	ND	Neg	ND	1,662	ND
VDU Condensers	kg/m^3 vacuum feed	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	Neg	0.14	Neg
Sulfur Recovery Unit (SRU)											
- 1, uncontrolled (93.5%)	kg/tonne S produced	139	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
- 3, uncontrolled (95.5%)	kg/tonne S produced	94	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
- 4, uncontrolled (96.5%)	kg/tonne S produced	73	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
- 2, controlled (98.6%)	kg/tonne S produced	ND	29	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
- 3, controlled (96.8%)	kg/tonne S produced	ND	65	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
- Unspecified (uncontrolled)	kg/tonne S produced	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	ND
Flares	Kg/GJ flare gas burned	MB	ND	0.029	ND	0.159	ND	ND	ND	0.06	ND

ที่มา: Emission Estimation Technique manual for Petroleum โดย Department of Sustainability, Environment Australia

ภาคผนวก ข
อัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงเทียบเท่าน้ำมันดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ค่าการแปลงหน่วยจากอัตราการใช้พลังงานเป็นตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

ประเภท (หน่วย)	ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ/ล้านหน่วย
ก๊าซธรรมชาติแห้ง (ลบ.ฟุต)	24.18
ก๊าซธรรมชาติเหลว (ลิตร)	630.14
น้ำมันก๊าซ (ลิตร)	817.4
น้ำมันดีเซล (ลิตร)	861.98
น้ำมันเตา (ลิตร)	941.24
ถ่านหินนำเข้า (กก.)	624.19
ถ่านโค้ก (กก.)	653.92
โพรเพน (กก.)	1,115.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้