สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมในประเทศไทย

นางสาวอุดมลักษณ์ มณีศิริรัตน์
นางสาวไอริณ เศรษฐโชดึก

สพ.
ว 793 ก
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72189
วัน,เดือน,ปี 12 มิ.ย. 2550

.b 11764569
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESTIMATION OF EMISSIONS OF AIR POLLUTANTS FROM INDUSTRIAL ENERGY USE IN THAILAND

Miss Udomluk Maneesirirat

Miss Airin Sedhachoduk

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

For the Degree of Bachelor of Chemical Engineering Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมในประเทศไทย
โดย	นางสาวอุดมลักษณ์ มณีศิริรัตน์ นางสาวไอริณ เศรษฐโชดึก
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ดร.นริศรา ทองบุญชู ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

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

.....กรรมการ
(ดร.สุรัตน์ อารีรัตน์)

.....กรรมการ
(อ.รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง การประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมในประเทศไทย
โดย นางสาวอุดมลักษณ์ มณีศิริรัตน์
นางสาวไอริณ เศรษฐโชติก
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.นริศรา ทองบุญชู
ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บัญชีการปลดปล่อยมลพิษจากการใช้พลังงานของแหล่งอุตสาหกรรมในประเทศไทย จัดทำขึ้นจากสถานการณ์พลังงานใน ปี พ.ศ. 2548 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โดยสารมลพิษที่สนใจคือ ซัลเฟอร์ออกไซด์(SO_x) ไนโตรเจนออกไซด์(NO_x) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) สารประกอบอินทรีย์ระเหย (VOC) และฝุ่นละออง (PM_{10}) จากผลประเมินมลพิษที่ถูกปลดปล่อยพบว่า ซัลเฟอร์ออกไซด์มีปริมาณการปลดปล่อยสูงสุดถึง 2,510 กิโลตันต่อปี รองลงมาเป็นฝุ่นละออง ไนโตรเจนออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และ สารประกอบอินทรีย์ระเหย ที่ 1,786 908 722 และ 71 กิโลตันต่อปี ตามลำดับ เมื่อศึกษาการกระจายตามสาขาเศรษฐกิจพบว่า อุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้า แก๊ส และน้ำประปา เป็นแหล่งปลดปล่อยหลักของ SO_x และ PM_{10} รองลงมาคือ อุตสาหกรรมอโลหะ NO_x ถูกปลดปล่อยมาจากอุตสาหกรรมอโลหะและเคมี ในสัดส่วนเกือบเท่าๆ กัน VOC และ CO จะมาจากอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม และยาสูบ ส่วนอุตสาหกรรมอื่นๆ จะปลดปล่อยมลพิษออกมาในปริมาณค่อนข้างน้อย เมื่อศึกษาการกระจายตามสาขาชนิดของเชื้อเพลิงพบว่า ถ่านหินเป็นแหล่งกำเนิดหลักของ SO_x และ PM_{10} ในขณะที่น้ำมันสำเร็จรูปเป็นแหล่งกำเนิดหลักของ NO_x ส่วน VOC และ CO หลักๆ จะถูกปลดปล่อยมาจากพลังงานหมุนเวียนและน้ำมันสำเร็จรูป เมื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยมลพิษใน 6 ภูมิภาคของประเทศรวมทั้งกรุงเทพมหานคร พบว่าภาคเหนือมีการปลดปล่อยมลพิษมากที่สุดคิดเป็น ร้อยละ 36 รองมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และภาคตะวันออก ร้อยละ 22, 18, 10, 9 และ 5 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับบัญชีปลดปล่อยอื่นๆ อาทิ กรมควบคุมมลพิษ โครงการ TRACE-P ขององค์การบริหารการบินและอวกาศ (NASA) และองค์การความร่วมมือนานาชาติของญี่ปุ่น (JICA) พบว่าซัลเฟอร์ออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์มีความใกล้เคียงที่สุด ส่วนสารประกอบอินทรีย์ระเหยและฝุ่นละอองยังมีความเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title Estimation of Emissions of Air Pollutants from Industrial Energy Use in Thailand

By Miss Udomluk Maneesirirat

Miss Airin Sedhachoduk

Advisor Dr. Narisara Thongboonchoo

Report for Bachelor Degree in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

The emission inventory from industrial energy use in Thailand was prepared based on energy situation from Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy in B.E. 2548. The species of interested are nitrogen oxides (NO_x), sulfur dioxides (SO_x), carbon monoxide (CO), volatile organic compound (VOC), and Particulate matters with a diameter 10 micron (PM_{10}). The results shows emissions of SO_x is the most at 2510 ktons, follows by PM_{10}, NO_x, CO, and VOC at 1786, 908, 722, and 71 ktons, respectively. The emission profile by economics sector shows a major contributor of SO_x, and PM_{10} is power plant, gas, and water works sector, follows by non-metal industries. The NO_x are released from non-metal and chemical industries at almost equal share. The VOC and CO are contributed from food, soft drink, and tobacco industries. The other industries are minor contributors of air pollutants. The emission profile by fuel types show the coal is a major source of SO_x, and PM_{10} while the main source of NO_x is petroleum products. The VOC and CO are mainly released from alternative energy and petroleum products. When compared the contribution from 6 regions in the country including Bangkok, the northern region is a major at 36%, follows by the northeastern, central, Bangkok, eastern at 22, 18, 10, 9 and 5, respectively. The comparison with previous inventories such the Pollution Control Department, National Aeronautics and Space Administration (NASA) TRACE-P, and Japan International Cooperation Agency (JICA) founded the estimates of SO_x, NO_x, and CO are similar to those sources. On the other hand, discrepancy of VOC and PM_{10} estimates are observed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้และความช่วยเหลือในปริญญานิพนธ์นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณพิทยา เครือเขื่อนเพชร วิศวกร 5 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.นริศรา ทองบุญชู อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ช่วยให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากคำแนะนำและการแก้ไขที่ดี คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งอย่างมาก ที่ได้รับความช่วยเหลือตลอดการทำปริญญานิพนธ์นี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้มีพระคุณสูงสุดในชีวิต ที่ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจและคำแนะนำตลอดมา หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

อุดมลักษณ์ มณีศิริรัตน์

ไอริณ เศรษฐโชดึก

14 มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป VI

สารบัญตาราง VII

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน 2

1.4 ขั้นตอนดำเนินงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 4

2.1 สถานการณ์มลพิษ 4

2.2 ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ 6

2.2.1 ประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ 7

2.2.2 มลพิษจากกระบวนการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม 8

2.2.3 มลพิษทางอากาศที่มักพบในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท 11

2.2.4 เชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรม 12

2.3 มลพิษทางอากาศ 13

2.3.1 ประเภทของสารมลพิษทางอากาศและผลกระทบต่างๆ 13

2.3.2 ตัวอย่างสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ 14

2.4 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษ 15

2.4.1 ความหมายของบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ 15

2.4.2 ขั้นตอนการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ 15

2.4.3 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ (Emission factor) 17

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 20

3.1 การรวบรวมข้อมูล..... 20

3.1.1 ข้อมูลอัตราของกิจกรรมการใช้พลังงาน..... 20

3.1.2 ข้อมูลค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ..... 22

3.2 การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ..... 27

3.2.1 การแปลงและจัดประเภทข้อมูลการใช้พลังงาน..... 27

3.2.2 การขยายข้อมูล..... 27

3.2.3 การประเมินปริมาณการใช้พลังงาน..... 29

บทที่ 4 ผลการประเมินสารมลพิษจากภาคอุตสาหกรรม..... 31

4.1 ปริมาณการใช้พลังงานแยกตามสาขาทางเศรษฐกิจ ปี พ.ศ. 2548..... 31

4.2 ปริมาณการใช้พลังงานแยกตามสาขาทางอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2548..... 32

4.3 ชนิดของพลังงานและสัดส่วนการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม..... 33

4.4 สัดส่วนโรงงานควบคุมที่ใช้ในการประเมินมลพิษ..... 34

4.5 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยแยกตามชนิดเชื้อเพลิง..... 39

4.6 ผลการประเมินปริมาณสารมลพิษที่ปลดปล่อย
จากภาคอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2548..... 44

4.6.1 ปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยแยกตามสาขาทางอุตสาหกรรม..... 44

4.6.2 ปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยแยกตามชนิดเชื้อเพลิง..... 46

4.6.3 ปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยแยกตามภูมิภาคของประเทศไทย..... 46

4.7 การเปรียบเทียบผลการประเมินมลพิษกับแหล่งข้อมูลอื่นๆ..... 48

4.7.1 ฐานข้อมูลจากโครงการ TRACE-P ขององค์การนาซ่า..... 48

4.7.2 ฐานข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ..... 49

4.7.3 ฐานข้อมูลของ JICA..... 49

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 52

เอกสารอ้างอิง..... 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 แนวโน้มการใช้พลังงานโดยแบ่งตามสาขาทางเศรษฐกิจ	4
รูปที่ 2.2 ปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษแต่ละชนิดแยกตามสาขาทางเศรษฐกิจ ปีพ.ศ. 2548	5
รูปที่ 2.3 ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ	6
รูปที่ 3.1 หน้าต่างซอฟท์แวร์ ICLIE-HEAT	23
รูปที่ 3.2 หน้าต่างแสดงค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษที่ได้จากซอฟท์แวร์ ICLEI-HEAT	23
รูปที่ 3.3 หน้าต่างซอฟท์แวร์ CACP	24
รูปที่ 3.4 การแสดงผลการคำนวณของซอฟท์แวร์ CACP	25
รูปที่ 3.5 หน้าต่างแสดงค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษที่ได้จากซอฟท์แวร์ CACP	26
รูปที่ 4.1 สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามสาขาทางเศรษฐกิจ ปี 2548	31
รูปที่ 4.2 สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามสาขาทางอุตสาหกรรม	32
รูปที่ 4.3 สัดส่วนชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรม	33
รูปที่ 4.4 การปลดปล่อยมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง แยกตามสาขาทางอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2548	45
รูปที่ 4.5 สารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกจากกลุ่มเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ	47
รูปที่ 4.6 สารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยแยกตามภูมิภาคของประเทศไทย	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 2.1 สารมลพิษที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรม..... 8

ตารางที่ 2.2 กิจกรรมที่ก่อให้เกิดสารมลพิษที่ไม่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิง..... 9

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างการขยายข้อมูลปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละจังหวัด..... 28

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการตรวจสอบข้อมูลการซื้อขายน้ำมันเตา 600
ของจังหวัดกรุงเทพมหานครกับข้อมูลที่ประเมินได้..... 29

ตารางที่ 3.3 การแปลงข้อมูลจากปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดในจังหวัดกรุงเทพมหานคร
เป็นปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการสันดาปเชื้อเพลิง Agricultural Waste..... 30

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ในการประเมิน
และจำนวนโรงงานทั้งหมดแยกตามรายจังหวัด ปี พ.ศ.2548..... 34

ตารางที่ 4.2 สัดส่วนของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมแยกตามภูมิภาค
ที่ใช้ในการประเมิน และจำนวนโรงงานทั้งหมด แยกตามภาค ปี พ.ศ.2548..... 39

ตารางที่ 4.3 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษของเชื้อเพลิงที่ใช้ประเมินในปริญญานิพนธ์..... 40

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยมลพิษรวมทั้งประเทศ
ที่ประเมินได้กับข้อมูลของงานวิจัยต่างๆ (กิโลตันต่อปี)..... 50

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในเขตกรุงเทพและปริมณฑล
ที่ประเมินได้กับข้อมูลของงานวิจัยต่างๆ (กิโลตันต่อปี)..... 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Emission Inventory	-	การทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ
Emission Sources	-	แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ
Atmosphere	-	อากาศหรือบรรยากาศ
Receptors	-	ผู้รับผลเสียหายหรือผลกระทบ
Natural Sources	-	แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ
Man-Made Sources	-	แหล่งกำเนิดที่เป็นกิจกรรมหรือการกระทำของมนุษย์
Anthropogenic Sources	-	แหล่งกำเนิดที่เป็นกิจกรรมหรือการกระทำของมนุษย์
Mobile Sources	-	แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้
Stationary Sources	-	แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่
Point Sources	-	แหล่งกำเนิดแบบจุด
Area Sources	-	แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่
Primary Air Pollutants	-	สารมลพิษทางอากาศปฐมภูมิ
Secondary Air Pollutants	-	สารมลพิษทางอากาศทุติยภูมิ
Photochemical Oxidation	-	ปฏิกิริยาออกซิเดชันทางเคมีโดยแสง
Classical smog	-	คลาสสิคอล สมอก
NO_X	-	Nitrogen Oxides
SO_X	-	Sulfur Oxides
SO_2	-	Sulfur Dioxide
VOC	-	Volatile Organic Compounds
PM_{10}	-	Particulate matter with a diameter 10 micron
Asbestos	-	ใยหิน
Extrapolate	-	การประมาณในขอบเขต
CEMs	-	Continuous Emission Monitoring Systems
CACP	-	Clean Air and Climate Protection
E	-	ค่าการปลดปล่อยมลพิษ
EF (Emission factor)	-	ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ
A	-	อัตราของกิจกรรมการใช้พลังงาน
ICLEI	-	International Council for Local Environmental Initiatives
TRACE-P	-	Transport and Chemical Evolution over the Pacific

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACE-Asia	-	Asian Pacific Regional Aerosol Characterization Experiment
GIS	-	Geographical Information System
NASA	-	National Aeronautics and Space Administration
JICA	-	Japan International Cooperation Agency
Toe	-	Ton of Oil Equivalent
TSIC	-	Thai Standard Industry Classification
Clean Fuel	-	เชื้อเพลิงสะอาด
Conventional Fuel	-	เชื้อเพลิงธรรมดา
CH_4	-	มีเทน
Non Methane Volatile Organic Compounds	-	NMVOC
SPM	-	Suspended Particulate Matter
Bangkok Metropolitan Region	-	ส่วนกรุงเทพและปริมณฑล
Whole Thailand	-	ข้อมูลรวมทั้งประเทศ
Uncontrolled technology	-	เทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนา มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการใช้ทรัพยากรต่างๆ และพลังงานเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดมลพิษต่างๆ เกิดขึ้นมากมายโดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษทางอากาศขึ้น และยังมีแนวโน้มที่รุนแรงขึ้นทุกปี แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญของประเทศไทยที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ แบ่งเป็น 3 ประเภทหลัก คือ แหล่งกำเนิดแบบจุดหรือจากอุตสาหกรรม แหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่หรือจากรถยนต์ และแหล่งกำเนิดแบบพื้นที่หรือจากที่อยู่อาศัย โดยในปริญญานิพนธ์นี้สนใจเฉพาะแหล่งกำเนิดจากอุตสาหกรรม

มลพิษทางอากาศที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย ส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและกระบวนการผลิต สารมลพิษที่สำคัญที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ คาร์บอนมอนออกไซด์ (Carbon Monoxide: CO) ซัลเฟอร์ออกไซด์ (Sulfur Oxide: SO_X) ไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen Oxides: NO_X) สารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compound: VOC) และฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ไมครอน (Particulate matter with a diameter 10 micron: PM_{10}) เป็นต้น ซึ่งสารมลพิษเหล่านี้จะมีปริมาณการปลดปล่อยสู่อากาศเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นของโรงงานอุตสาหกรรม

เนื่องจากคุณภาพอากาศมีความสำคัญต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม จึงต้องมีการควบคุมคุณภาพอากาศให้อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นอันตราย การทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ (Emission Inventory) เป็นการรวบรวมตำแหน่งของแหล่งกำเนิด ชนิดและปริมาณของสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อย จึงเป็นเครื่องมือช่วยในการควบคุมและปรับปรุงคุณภาพอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลของมลพิษที่ปลดปล่อยสู่อากาศของแหล่งกำเนิด ซึ่งเป็นการควบคุมโดยตรงที่แหล่งกำเนิด และยังใช้เพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มของมลพิษที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อการวางแผนการควบคุมมลพิษต่อไปได้

บัญชีการปลดปล่อยมลพิษของประเทศไทย ยังไม่มีการจัดทำขึ้นอย่างเป็นทางการ หรืออาจเป็นข้อมูลที่ล้าสมัย ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดเมื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นปริญญานิพนธ์นี้จึงจัดทำการประเมินข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อสร้างเป็นบัญชีการปลดปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้ฐานข้อมูลจากปี พ.ศ. 2548 ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่มีความทันสมัยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อรวบรวมข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม จัดทำเป็นฐานข้อมูลเกี่ยวกับประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากการใช้พลังงาน

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลบัญชีการปลดปล่อยมลพิษที่ประเมินได้กับข้อมูลเก่าที่มีอยู่ เพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องของข้อมูล

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

1.3.1 ทำการประเมินมลพิษทางอากาศที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2548

1.3.2 แบ่งประเภทโรงงานอุตสาหกรรมตามมาตรฐานอุตสาหกรรมประเทศไทย (Thai Standard Industry Classification: TSIC) ซึ่งคัดเลือกเฉพาะโรงงานควบคุมที่มีรายชื่อตามกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทดแทนกำหนด เป็นประเภทโรงงานควบคุมที่มีรายชื่อ

1.3.3 การศึกษาอัตราการปลดปล่อยมลพิษ โดยการคำนวณจากค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษซึ่งประยุกต์มาจากการทดลองของต่างประเทศให้เหมาะสมกับการประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย

1.3.4 ทำการประเมินมลพิษทางอากาศโดยใช้สมมติฐานไม่มีเทคโนโลยีในการควบคุมมลพิษ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานจัดทำขึ้นในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2549 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2550 โดยขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกขั้นตอน ได้เป็น

1.4.1 รวบรวมข้อมูลพื้นฐานโรงงานอุตสาหกรรมและข้อมูลค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ

1.4.2 แบ่งข้อมูลโรงงาน

1.4.3 การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ

1.4.4 วิเคราะห์ข้อมูล

1.4.5 สรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 เรียนรู้ทักษะการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐาน และโปรแกรมที่เกี่ยวกับการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ

1.5.2 ได้ทราบข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานในปัจจุบัน และแนวโน้มการเกิดมลพิษเนื่องจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิง

1.5.3 ได้ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบจุดที่มีความทันสมัย เพื่อช่วยในการจัดการคุณภาพทางอากาศ

1.5.4 เป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองด้านคุณภาพอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

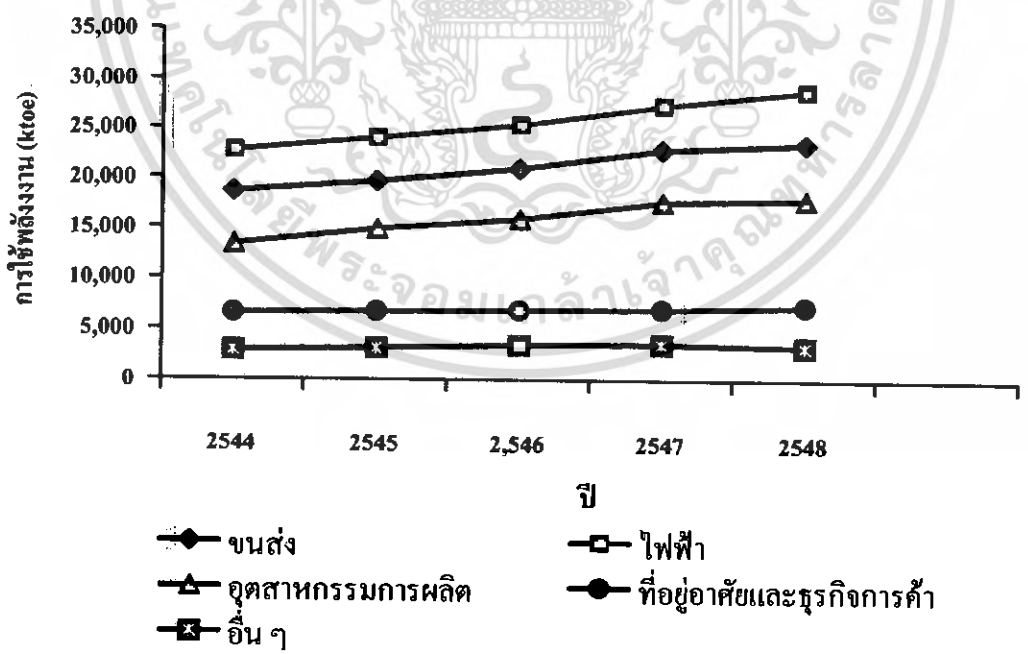
บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

ปัจจุบันปัญหามลพิษทางอากาศในประเทศไทย ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การจราจร และแหล่งอุตสาหกรรม ทวีความรุนแรงขึ้นโดยส่งผลทำให้สุขภาพอนามัยและสุขภาพอนามัยและสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมลง

การทราบสถานการณ์มลพิษ ลำดับความสำคัญของแหล่งกำเนิดที่ปลดปล่อยมลพิษ และความเข้าใจเกี่ยวกับระบบภาวะมลพิษทางอากาศ ชนิดของสารมลพิษทางอากาศ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการประเมินการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ

2.1 สถานการณ์มลพิษ

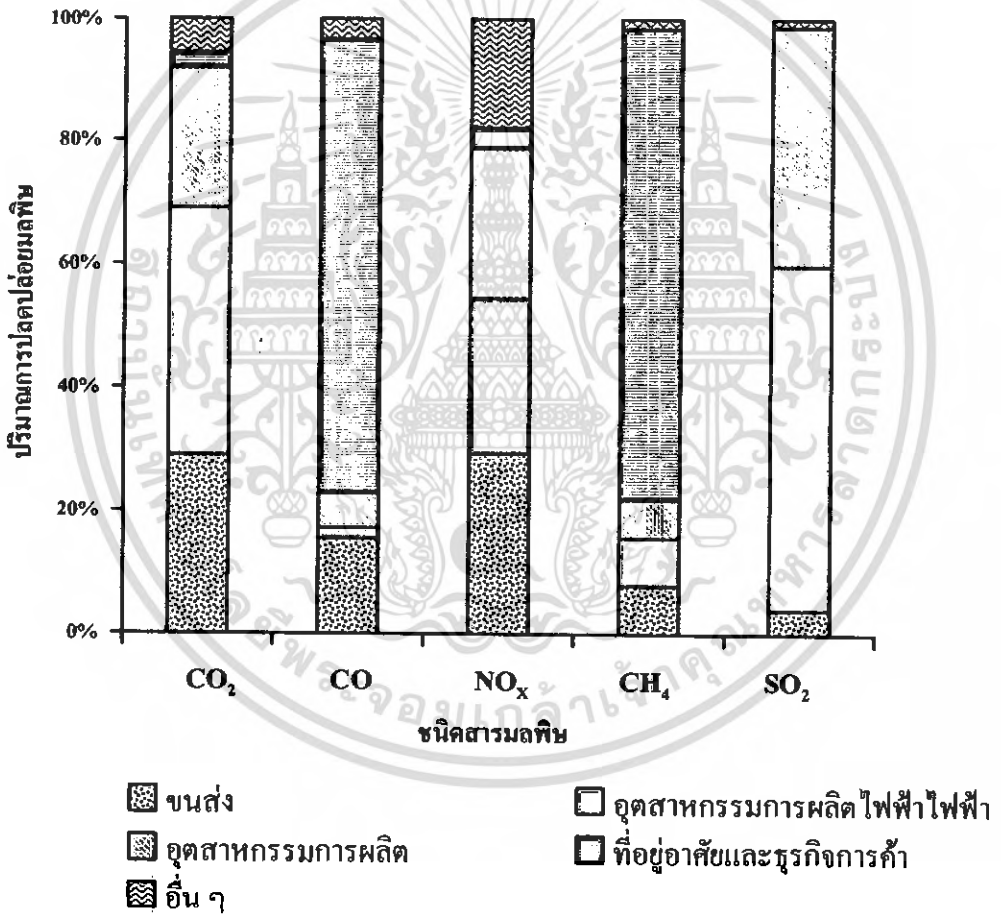
ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศในประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นตามการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นจากแนวโน้มการใช้พลังงานตามสาขาเศรษฐกิจที่แสดงดังรูปที่ 2.1 พบว่าตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2544 เป็นต้นมามีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทุกปีโดยมีการใช้ในการผลิตไฟฟ้าสูงสุด รองลงมาคือการขนส่ง อุตสาหกรรมการผลิต ที่อยู่อาศัย และอื่นๆตามลำดับ



รูปที่ 2.1 แนวโน้มการใช้พลังงานโดยแบ่งตามสาขาทางเศรษฐกิจ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษชนิดต่างๆ โดยแบ่งตามสาขาทางเศรษฐกิจที่แสดงในรูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นว่าสารมลพิษแต่ละชนิดมีปริมาณการปลดปล่อยขึ้นกับสาขาทางเศรษฐกิจ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีปริมาณการปลดปล่อยมากในสาขาการผลิตไฟฟ้า อุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ และการขนส่ง เนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต และการสันดาปเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ คาร์บอนมอนอกไซด์และมีเทนพบมากในที่อยู่อาศัยและธุรกิจการค้า เนื่องจากเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นแก๊สที่เกิดจากการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์จากการหุงต้มในครัวเรือน และมีเทนเป็นผลผลิตจากการเกษตรกรรม ไนโตรเจนออกไซด์พบมากในสาขาการขนส่ง อุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้าและการผลิตในปริมาณใกล้เคียงกัน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์พบมากในอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้าและการผลิต



รูปที่ 2.2 ปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษแต่ละชนิดแยกตามสาขาทางเศรษฐกิจปี พ.ศ. 2548 [1]

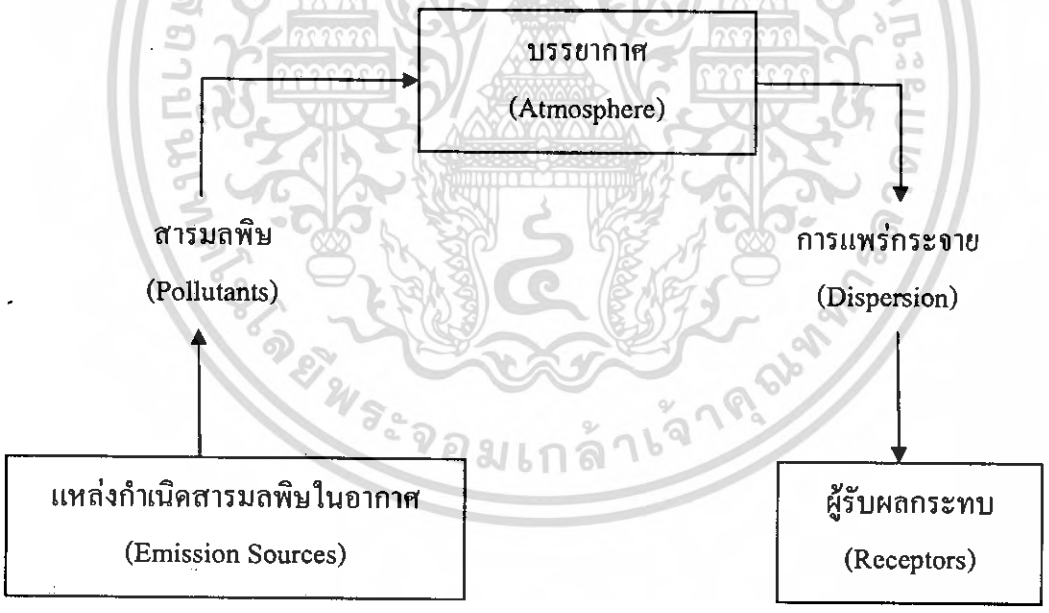
ซึ่งจากรูปทั้งสอง แสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าและอุตสาหกรรมการผลิตเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่ปลดปล่อยสารมลพิษทางอากาศชนิดต่างๆ ที่ต้องให้ความสนใจและหาวิธีการบำบัดและลดการปลดปล่อยสารมลพิษให้มีการปลดปล่อยออกมาน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ [2]

ภาวะมลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะอากาศที่มีสารเจือปน ซึ่งอาจอยู่ในรูปของแก๊ส ของเหลว หรืออนุภาคของแข็ง ในปริมาณมากพอที่ทำให้เกิดผลต่อกระทบสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ สารเจือปนอาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์

ภาวะดังกล่าวประกอบด้วย 3 ส่วนที่มีความสัมพันธ์กัน คือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ (Emission Sources) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) และผู้รับผลเสียหายหรือผลกระทบ (Receptors) ดังรูปที่ 2.3 โดยแหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศเป็นตัวก่อให้เกิดการระบายสารมลพิษทางอากาศออกไปสู่อากาศหรือบรรยากาศ ซึ่งเป็นที่รองรับสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยให้แพร่กระจายออกไปยังผู้รับผลเสียหายหรือผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ ซึ่งอาจเป็นสิ่งมีชีวิต เช่น คน พืช และสัตว์ เป็นต้น หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น เสื้อผ้า อาคาร วัสดุ เป็นต้น ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะรุนแรงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและระยะเวลาที่สัมผัส ส่วนที่ส่งผลกระทบมากที่สุด คือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษ



รูปที่ 2.3 ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ [2, 3]

ประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.2.1.1 ลักษณะของแหล่งกำเนิด คือ

1. แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural Sources)

คือ แหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดและปลดปล่อยสารมลพิษทางอากาศออกสู่อากาศ โดยเป็นไปตามกระบวนการทางธรรมชาติ ไม่มีการกระทำของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้อง เช่น ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า ทะเล และมหาสมุทร เป็นต้น

2. แหล่งกำเนิดที่เป็นกิจกรรมหรือการกระทำของมนุษย์ (Man-Made Sources or Anthropogenic Sources)

คือ แหล่งกำเนิดที่มนุษย์กระทำ เป็นตัวการที่ทำให้เกิดและระบายสารมลพิษทางอากาศออกสู่อากาศ

2.2.1.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิด

1. แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Sources) ได้แก่ รถยนต์ประเภทต่างๆ เรือยนต์ เครื่องบิน รถไฟ เป็นต้น

2. แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Sources) ได้แก่ แหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

- แหล่งกำเนิดแบบจุด (Point Sources) ประกอบด้วยโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษจากการสันดาปเชื้อเพลิงและกระบวนการผลิต
- แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ (Area Sources) คือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษที่ไม่จัดให้อยู่ในแหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่ หรือแหล่งกำเนิดแบบจุดได้ เช่น แหล่งกำเนิดมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิงจากที่อยู่อาศัย การใช้ผลิตภัณฑ์สีและสารเคลือบผิว เป็นต้น

ในปริญญานิพนธ์นี้ศึกษาและพิจารณาเฉพาะแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ คือ โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมมีกระบวนการผลิตที่เปลี่ยนวัตถุดิบให้เป็นผลผลิตโดยใช้การสันดาปเชื้อเพลิงต่างๆ และมีแนวโน้มการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 มลพิษจากกระบวนการผลิตและการสันดาปเชื้อเพลิงโรงงานอุตสาหกรรม

มลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและการสันดาปเชื้อเพลิง ซึ่งในกระบวนการผลิต ได้แก่ การกลั่นน้ำมัน การผลิตปูนซีเมนต์ การหลอมโลหะประเภทต่างๆ และการโม่ บด ย่อย หิน เป็นต้น ส่วนที่มีการสันดาปเชื้อเพลิง ได้แก่ โรงผลิตกระแสไฟฟ้าพลังความร้อน หม้อไอน้ำ โรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ และการเผาขยะ เป็นต้น

สารมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรมสามารถจำแนกตามแหล่งที่มาได้เป็น 2 ประเภท คือ มลพิษที่เกิดจากการสันดาปของเชื้อเพลิง และมลพิษที่ไม่ได้เกิดจากการสันดาปของเชื้อเพลิง โดยตารางที่ 2.1 แสดงสารมลพิษที่เกิดจากการสันดาปของเชื้อเพลิงจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท และตารางที่ 2.2 แสดงสารมลพิษที่ไม่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท

ตารางที่ 2.1 สารมลพิษที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรม [4-6]

ชนิดสารมลพิษ	ประเภทอุตสาหกรรม
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซัลไฟต์	โรงถลุงแร่ โรงกลั่น เตาเผา เตาต้ม การผลิตกรดกำมะถัน อุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้น้ำมันเตา ถ่านหิน
ไนตริกออกไซด์ ไนเตรท	โรงงานทำกรดไนตริก โรงงานที่เผาเชื้อเพลิง เช่น โรงกลั่น
คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์	โรงงานปิโตรเคมี โรงงานพลาสติก โรงงานที่เผาน้ำมันเชื้อเพลิง
เซเลเนียมไดออกไซด์ (Selenium dioxide: SeO_2)	โรงถลุงโลหะ อุตสาหกรรมเคมี
ฟอสฟอรัสเหลือง (P_4)	การถลุงฟอสฟอรัส การผลิตสารประกอบฟอสฟอรัส
นิเกิลคาร์บอนิก (Nickel carbonic: $Ni(CO)_4$)	อุตสาหกรรมน้ำมันปิโตรเคมี โรงถลุงนิเกิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 กิจกรรมที่ก่อให้เกิดสารมลพิษที่ไม่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิง [5, 6]

ชนิดสารมลพิษ	ประเภทอุตสาหกรรม และกิจกรรม
คาร์บอนมอนอกไซด์	โรงงานผลิตเหล็กกล้า โรงงานผลิตเหล็กขั้นต้น
มีเทน	การปลูกข้าว การปลดปล่อยจากสัตว์ การฝังกลบ การบำบัดน้ำเสีย เหมืองแร่ถ่านหิน สิ่งที่รั่วไหลจากการใช้และสกัดน้ำมันและแก๊ส
สารประกอบอินทรีย์ที่ปราศจากมีเทน (Non-Methane Volatile Organic Carbon: NMVOC)	การเติมเชื้อเพลิงให้และการระเหย กระบวนการสกัดน้ำมันและแก๊ส การใช้ตัวทำละลายและสี โรงงานอุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมเบ็ดเตล็ด การทิ้งสิ่งปฏิกูล
แอมโมเนีย(Ammonia: NH_3)	วัว หมู การใช้ปุ๋ย การทิ้งและการบำบัดสิ่งปฏิกูล การผลิตปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ การชุบโลหะ เวชภัณฑ์อินทรีย์และอนินทรีย์ อุตสาหกรรมเคมี
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide: H_2S)	โรงงานกระดาษ โรงงานบำบัดน้ำเสีย โรงกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมแก๊ส แอมโมเนีย
ไฮโดรคาร์บอน	โรงโม่บดหิน โรงเลื่อย โรงทำแป้ง โรงพ่นสี โรงงานขัดแต่งโลหะ
ฝุ่นละออง	โรงงานเคมีภัณฑ์ โรงชุบโลหะ โรงงานทำสี โรงพิมพ์ โรงย้อมผ้า โรงงานอาบน้ำยา
ไอกรด ไอสารเคมี	โรงงานทำปลาป่น โรงงานอบยาง โรงงานทำสี
ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (Hydrogen Fluoride: HF)	โรงงานปุ๋ย โรงงานเซรามิก โรงงานผลิตอลูมิเนียม
ไฮโดรเจนคลอไรด์ (Hydrogen chloride: HCl)	อุตสาหกรรมโซดาไฟ กระบวนการผลิตพลาสติก
ซิลิกอนฟลูออไรด์ (Silicon Fluoride: SiF_4)	อุตสาหกรรมปุ๋ย
ฟอสจีน (Phosgene: $COCl_2$)	อุตสาหกรรมย้อมสี การสังเคราะห์สารอินทรีย์
คาร์บอนไดซัลไฟด์ (Carbon disulfide: CS_2)	การผลิตคาร์บอนไดซัลไฟด์ ตัวทำละลาย การฆ่าเชื้อของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 กิจกรรมที่ก่อให้เกิดสารมลพิษที่ไม่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิง [5, 6] (ต่อ)

ชนิดสารมลพิษ	ประเภทอุตสาหกรรม และกิจกรรม
ไฮโดรเจนไซยาไนต์ (Hydrogen cyanide: HCN)	การผลิตกรดไฮโดรไซยานิก (Hydrocyanic) การผลิตเหล็ก อุตสาหกรรมแก๊ส อุตสาหกรรมเคมี
ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์ (Phosphorus trichloride: PCl_3)	การผลิตเวชภัณฑ์ ฟอสฟอรัสไดคลอไรด์
ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์ (Phosphorus penta chloride: PCl_5)	ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์ ฟอสฟอรัสไดออกไซด์
คลอโรซัลโฟริก (Chlorosulphoric: HSO_2Cl)	การผลิตเวชภัณฑ์ การผลิตสีย้อม Chloro sulfuric acid
ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde: HCHO)	การผลิตฟอร์มาลีน หนัง ยางสังเคราะห์ แผ่นกั้นแบตเตอรี
อะโครลีน (Acrolene: CH_2CHHO)	การผลิตAcrylic acid
ไฮโดรเจนฟอสไฟด์ (Hydrogen phosfide: PH_4)	การผลิตกรดฟอสฟอริก ปุ๋ยฟอสฟอริก
เบนซีน (Benzene: C_6H_6)	โรงกลั่นน้ำมัน การผลิตฟอร์มาลีน ตัวทำละลายอินทรีย์
เมทานอล (Methanol: CH_3OH)	การผลิตเมทานอล การผลิตฟอร์มาลีน อุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมยาง สังเคราะห์ ทำแซลแลค
กรดกำมะถัน (Sulfuric acid: H_2SO_4)	การผลิตกรดกำมะถัน อุตสาหกรรมปุ๋ย โรงงานสารอนินทรีย์
โบรมีน (Bromine: Br_2)	สีย้อม เวชภัณฑ์ สารเคมีเกษตร
ฟีนอล (Phenol: C_6H_5OH)	อุตสาหกรรมทาร์ ยาเคมี อุตสาหกรรมสี ยางสังเคราะห์
พิริดีน (Pyridine: C_5H_5N)	อุตสาหกรรมยา สารเคมี
เมอร์แคปเทน (Mercaptan: C_2H_5SH)	อุตสาหกรรมน้ำมันปิโตรเลียม อุตหกรรมเภสัชกรรม
สไตรีน(Styrene: $C_6H_5CHCH_2$)	อุตสาหกรรมผลิตหลังคาไฟเบอร์
คลอรีน (Chlorine: Cl_2)	อุตสาหกรรมโซดาไฟ อุตสาหกรรมเคมีอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 มลพิษทางอากาศที่มักพบในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท[7]

มลพิษทางอากาศที่พบในอุตสาหกรรม มักมีลักษณะที่แตกต่างไปตามประเภทอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถจำแนกสารมลพิษทางอากาศตามประเภทอุตสาหกรรมได้ดังนี้

1. กระบวนการผลิตเมล็ดข้าวและการจัดเก็บ

กระบวนการผลิตเมล็ดข้าวและการจัดเก็บ โรงงานหลักในประเภทนี้ คือ โรงสีและฉาง สารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ คือ ฝุ่น เกิดจากการขนส่งและควันดำจากการใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง

2. อุตสาหกรรมบรรจุกระป๋อง

อุตสาหกรรมบรรจุกระป๋อง เป็นอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรซึ่งกระบวนการผลิตไม่ก่อมลพิษทางอากาศออกมาโดยตรง แต่มลพิษทางอากาศเกิดจากการใช้หม้อกำเนิดไอน้ำในการอบและการฆ่าเชื้อเป็นส่วนใหญ่

3. การสกัดน้ำมันจากพืช

การสกัดน้ำมันจากพืชเป็นการนำผลผลิตทางการเกษตรมาสกัดให้เป็นน้ำมัน เช่น การสกัดน้ำมันถั่วเหลือง การสกัดน้ำมันปาล์ม มลพิษส่วนใหญ่เกิดจากไอของสารระเหยเนื่องจากการใช้ตัวทำละลายในสกัดน้ำมัน และในขั้นตอนการกลั่นก่อให้เกิดมลพิษจากการใช้หม้อกำเนิดไอน้ำ

4. เติมแต่งอาหาร โรงทำขนม

โรงทำขนม เป็นส่วนหนึ่งในประเภทอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งมลพิษจากอุตสาหกรรมประเภทนี้คือ กลิ่นจากน้ำเสีย ฝุ่นจากแป้ง และการใช้เชื้อเพลิงในเตาอบขนม

5. ปลาป่น และกระดูกป่น

อุตสาหกรรมปลาป่น กระดูกป่น เป็นอุตสาหกรรมที่รองรับวัตถุดิบจากการทำประมงและเศษวัตถุดิบที่เหลือจากอุตสาหกรรมอาหาร ในกระบวนการผลิตก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญคือ ฝุ่นจากปลาป่นและกระดูกป่น

6. สิ่งทอ

เป็นโรงงานที่ใช้สารเคมีในการฟอกย้อมสีผ้าที่จะใช้เป็นสิ่งทอ สารมลพิษหลักเกิดจากการใช้สารเคมีในการฟอกย้อมสีผ้า และการเผาไหม้เชื้อเพลิงเนื่องจากโรงงานสิ่งทอโดยส่วนใหญ่ใช้น้ำมันเตาในปริมาณมาก

7. เยื่อกระดาษและกระดาษ

การผลิตเยื่อกระดาษ เป็นการเปลี่ยนโครงสร้างของไม้ให้กลายเป็นเยื่อกระดาษ ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของการผลิตกระดาษ ซึ่งไม้จะถูกคัดขนาดและถูกย่อยให้เป็นเยื่อโดยการต้มกับสารเคมีที่อุณหภูมิสูง กระบวนการทั้งหมดในโรงงาน โดยเฉพาะการผลิตไอน้ำ มีการใช้พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อนสูงทำให้เกิดมลพิษ อีกทั้งระหว่างการล้างเยื่อกระดาษ จะทำให้เกิดน้ำเสียที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ต่างๆ รวมไปถึงแร่ธาตุและกลิ่นตามมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. พลาสติกและเคมีภัณฑ์

โรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตสินค้าโดยใช้สารเคมีที่เป็นสารพิษที่เป็นปัจจัยในการผลิตและโรงงานที่ผลิตสารเคมีขั้นพื้นฐานออกไปใช้ในกิจการอื่นๆสารมลพิษส่วนใหญ่จะเกิดจากกลิ่นการเผาไหม้ผลิตภัณฑ์และไอระเหยของสารเคมี

9. ผลิตภัณฑ์โลหะ และเครื่องจักร

อุตสาหกรรมประเภทนี้พบมากส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานทำส่วนประกอบรถยนต์และรถโดยสาร ปัญหาที่พบคือ ไอสารระเหยของโลหะใช้ในการเคลือบวัสดุ

10. การผลิตไฟฟ้า

การที่โรงงานไฟฟ้าจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าส่งออกมาใช้ได้นั้น จำเป็นต้องมีการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดังกล่าวทำให้เกิดสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ เช่น แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ และอนุภาคของสารมลพิษต่างๆ

ปัญหามลพิษอากาศที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของเชื้อเพลิง ชนิดของอุปกรณ์การสันดาป อุณหภูมิและสภาพการสันดาป ซึ่งเชื้อเพลิงได้มีการนำมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการอุตสาหกรรมมากที่สุด ดังนั้นความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการสันดาปจะเป็นประโยชน์ต่อการควบคุมป้องกันปัญหามลพิษในอุตสาหกรรม

2.2.4 เชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรม [8]

เชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรมและมลพิษที่ปลดปล่อยออกมา สามารถจำแนกตามชนิดของเชื้อเพลิงได้ดังนี้

1. น้ำมันดิบ

เป็นของเหลวประกอบด้วย สารไฮโดรคาร์บอน ชนิดระเหยง่ายและส่วนที่เหลือเป็น สารกำมะถัน ไนโตรเจน และสารประกอบออกไซด์อื่นๆ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นน้ำดิบ ได้แก่ แก๊สปิโตรเลียมเหลว น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันเครื่องบิน น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา โดยแก๊สปิโตรเลียมเหลว จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม ยานพาหนะ และสาขาอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำมันเตา การสันดาปน้ำมันเชื้อเพลิงก่อให้เกิดฝุ่นละออง เขม่า และแก๊สมลพิษ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ซัลเฟอร์ออกไซด์ จึงต้องมีการควบคุมคุณภาพน้ำมัน และเทคโนโลยีช่วยควบคุมแก๊สและฝุ่นละออง

2. แก๊สธรรมชาติ

มีสารไฮโดรคาร์บอนเป็นส่วนประกอบหลัก ส่วนที่เหลือประกอบด้วยแก๊สไนโตรเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และอาจมีไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide: H_2S) ปนอยู่เล็กน้อย ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมน้อย เนื่องจากจะสันดาปอย่างสมบูรณ์ ได้น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ถ่านหิน

หินตะกอนที่สามารถติดไฟได้ มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก มีสารอื่นๆประกอบ เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน กำมะถัน เป็นต้น ส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า และอุตสาหกรรมที่ใช้หม้อไอน้ำ เช่น โรงงานกระดาษ ซึ่งการเผาไหม้ถ่านหินจะปลดปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละอองและควัน

4. เชื้อเพลิงชีวมวล

สารทุกรูปแบบที่ได้จากสิ่งมีชีวิต รวมถึงวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากการเกษตร เช่น มูลสัตว์ และการผลิตจากการเกษตรและป่าไม้ เช่น ไม้ฟืน แกลบ เป็นต้น

2.3 มลพิษทางอากาศ

ปัญหามลพิษที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเกิดจากกระบวนการสันดาปเชื้อเพลิง ทำให้เกิดผลต่างๆได้มากมาย เช่น เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ และวัสดุต่างๆ ส่งผลกระทบแก่ภูมิอากาศ อันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศน์วิทยา สามารถแบ่งเป็นประเภทตามลักษณะการเกิดได้ดังนี้

2.3.1 ประเภทของสารมลพิษทางอากาศและผลกระทบต่างๆ [2]

แบ่งเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการเกิด คือ

1. สารมลพิษทางอากาศปฐมภูมิ (Primary Air Pollutants)

เป็นสารมลพิษทางอากาศที่เกิด และถูกปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ เถ้า และเขม่าควันดำที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงในยานพาหนะ และเตาเผาในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

2. สารมลพิษทางอากาศทุติยภูมิ (Secondary Air Pollutants)

เป็นสารมลพิษทางอากาศที่ไม่ได้เกิดและถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดใดๆ แต่เกิดขึ้นในบรรยากาศทั่วๆไปจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษทางอากาศปฐมภูมิด้วยกันเอง หรือปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษทางอากาศปฐมภูมิกับสารประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในบรรยากาศ เช่น แก๊สโอโซนซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทางเคมีโดยแสง (Photochemical Oxidation) ระหว่างแก๊สไนโตรเจนออกไซด์กับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในบรรยากาศโดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ตัวอย่างสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ [4]

1. แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์

เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านหิน และน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีสารกำมะถันและการถลุงแร่ ซึ่งมีผลต่อระบบประสาทและระบบหายใจ หากละลายน้ำจะกลายเป็นกรดซัลฟิวริค(Sulfuric acid; H_2SO_4) หรือฝนกรด และเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเกิดคลาสสิคอล สมอก (Classical smog)

2. แก๊สไนตริกออกไซด์ และแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์

เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม หรือเครื่องยนต์ในยานพาหนะ บางครั้งเรียกว่า น็อกซ์ (Nitrogen Oxides; NO_x) ไม่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์โดยตรง แต่ทำให้เกิดสมอก

3. แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและสารอื่นๆ ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ การสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดไฮโดรคาร์บอนและเขม่า ถ้าการสันดาปที่สมบูรณ์จะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งแก๊สนี้เป็นพิษต่อคนและสัตว์เป็นอย่างมาก คือสามารถทำให้ร่างกายขาดออกซิเจน อาจถึงแก่ชีวิตได้

4. ไฮโดรคาร์บอน

เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีไฮโดรเจน และคาร์บอน เกิดได้จากการระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิง และการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เมื่อโดนแสงอาทิตย์จะเกิดโอโซนและสมอก

5. ฝุ่นละออง

ได้แก่ สารแขวนลอยอยู่ในอากาศ อาจเป็นของเหลว (Aerosol) หรือของแข็ง (Solids) ก็ได้ มีขนาดใหญ่เล็กต่างกัน เช่น เขม่า ควันดำ ฝุ่นจากดิน ละอองเกสรดอกไม้ สเปรย์ ละอองน้ำมันเถ้า ฝุ่นละอองจากกิจกรรมของมนุษย์มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้หลอดลมอักเสบและทำให้มีดมัวหรือมองเห็นไม่ชัด นอกจากนี้ยังเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดสมอกด้วย ฝุ่นละอองบางประเภท เช่น ใยหิน (Asbestos) ที่ใช้ในการก่อสร้าง ทำท่อ ทำผ้าเบรคเป็นสารที่สะสมในปอดทำให้เกิดมะเร็งได้

6. ไอสารเคมี ไอกรด ไอน้ำมัน ไอสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ เกิดจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทที่ใช้ หรือผลิตสารเคมีที่อาจระเหยเป็นไอ เช่น โรงชุบโลหะอาจมีไอของกรดไซยานิค (HCN) เป็นพิษอาจทำให้ถึงตายได้ ไอสารตะกั่วจากการบัดกรีตะกั่ว ไอสีและทินเนอร์จากการพ่นสี ไอคลอรีนจากการฟอกย้อม เป็นต้น ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นอันตรายต่อสุขภาพทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การประเมินการปลดปล่อยมลพิษ

การประเมินการปลดปล่อยมลพิษ เป็นขั้นตอนสำคัญในการทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ เนื่องจากความแม่นยำของบัญชี จะขึ้นกับความถูกต้องของการทำประเมิน

2.4.1 ความหมายของบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ

บัญชีการปลดปล่อยมลพิษ (Emission Inventory) หมายถึง รายการสารมลพิษทางอากาศที่แบ่งตามแหล่งกำเนิดในพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ ภายในช่วงเวลาที่กำหนด โดยจะรวบรวมข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจากชนิดของแหล่งเนิดที่แตกต่างกัน คือ แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ แหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่ และแหล่งกำเนิดแบบจุด ซึ่งจะกล่าวเพียงการประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบจุดเท่านั้น

2.4.2 ขั้นตอนการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ [9]

เพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพ ควรเริ่มจากการวางแผนการทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ

2.4.2.1 การวางแผนการทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ มีขั้นตอนการทำคือ

1. เลือกวิธีประเมินการปลดปล่อยมลพิษ ซึ่งจะขึ้นกับคุณภาพของข้อมูลที่ต้องการ และควรให้ความสำคัญกับแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดก่อน

2. รวบรวมข้อมูลที่จำเป็น ซึ่งขึ้นกับวิธีการประเมินที่เลือกใช้ เช่น ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษ ข้อมูลกิจกรรม ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ และการประมาณในขอบเขต (Extrapolate) เพื่อหาค่าต้องการ

3. กำหนดขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล เช่น สำรวจและทำแบบสอบถาม หรือตรวจสอบข้อมูลบัญชีการปลดปล่อยมลพิษที่มีอยู่

หลังจากวางแผนการประเมินการปลดปล่อยมลพิษแล้ว ขั้นตอนต่อไปที่ต้องทำคือ เลือกวิธีการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ

2.4.2.2 วิธีการประเมินการปลดปล่อยมลพิษของแหล่งกำเนิดแบบจุด สามารถทำโดย

1. การสุ่มตัวอย่างจากแหล่งกำเนิด (การติดตามตรวจวัดคุณภาพอากาศระบายจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง (Continuous Emission Monitoring Systems: CEMs) และการตรวจสอบแหล่งกำเนิด)

การประเมินการปลดปล่อยมลพิษของแหล่งกำเนิดแบบจุดหลายแหล่ง นิยมการสุ่มตัวอย่าง แต่การวัดปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษโดยตรงจะใช้ค่าใช้จ่ายสูง และผลที่ได้อาจไม่สอดคล้องกับการนำไปประยุกต์ใช้กับหน่วยงานของแหล่งกำเนิดแบบจุดส่วนใหญ่ ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างแหล่งกำเนิดควรใช้กับแหล่งกำเนิดที่ปลดปล่อยสารมลพิษที่มีความเข้มข้นสูง เช่น การผลิตไฟฟ้า โรงกลั่นน้ำมัน และการผลิตโลหะขั้นต้น และมีการวางแผนให้สอดคล้องกับสภาวะการทำงานและประสิทธิภาพของเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทำดุลมวลสาร

เป็นวิธีที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพสำหรับสารมลพิษและแหล่งกำเนิดบางชนิด (เช่น การปลดปล่อยสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยได้จากการแหล่งกำเนิดที่ใช้สารเคลือบผิวและตัวทำละลาย) ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณสารตั้งต้นที่ใส่เข้าไปในกระบวนการ วิธีนี้มีข้อจำกัด คือ ใช้กับแหล่งกำเนิดที่สามารถประเมินปริมาณการใช้วัตถุดิบหรือการสูญเสียจากการระเหยได้เท่านั้น

3. การใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ และค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ

เป็นวิธีการที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากการประเมินการปลดปล่อยมลพิษสำหรับแหล่งกำเนิดจำนวนมาก ที่ไม่สามารถสุ่มตัวอย่างได้ อาจประเมินจากการใช้การสำรวจของหน่วยงานและค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ จากแหล่งกำเนิดที่ใช้เชื้อเพลิงที่เป็นปัจจัยที่เกิดการปลดปล่อยพื้นฐาน (เช่น ถ่านหินที่ถูกเผาไป หน่วยเป็น กิโลกรัมต่อตัน)

วิธีนี้ขึ้นกับชนิดของแหล่งกำเนิด ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษซึ่งต้องเลือกให้เหมาะสม และจะต้องหาปริมาณความไม่แน่นอนของค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษเพื่อการประเมินการปลดปล่อยมลพิษที่มีประสิทธิภาพ โดยใช้สมการที่ (2.1) ในการคำนวณ

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

เมื่อ E คือ ค่าการปลดปล่อยมลพิษ (ปอนด์ต่อปี)

EF คือ ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ (ปอนด์ต่อ toe)

A คือ อัตราของกิจกรรมการใช้พลังงาน (toe ต่อปี)

4. การขยายข้อมูล

เป็นขั้นตอนสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลได้ครบสมบูรณ์ จึงต้องขยายข้อมูลที่ประเมินได้ด้วยสัดส่วนที่เหมาะสมกับข้อมูลที่เหลืออยู่ เช่น ในการประเมินค่าการปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดแบบจุดนี้ จะต้องขยายข้อมูลจากการประเมินแหล่งกำเนิดขนาดใหญ่ที่มีความเข้มข้นของสารมลพิษสูงให้เป็นสัดส่วนเหมาะสมกับแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีขนาดเล็กซึ่งไม่สามารถประเมินได้

5. รวบรวมฐานข้อมูล

เมื่อได้ข้อมูลครบตามต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมฐานข้อมูลที่ประเมินได้ จัดทำเป็นบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ

6. แบบจำลองที่อาศัยลักษณะทางกลศาสตร์

แบบจำลองที่อาศัยลักษณะทางกลศาสตร์จะใช้ในการประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษ โดยยึดหลักทางเคมีและฟิสิกส์ และความเข้าใจในด้านเทคโนโลยีของกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเมินผลเป็นค่าการปลดปล่อยมลพิษ โดยค่าการปลดปล่อยมลพิษที่ได้จะขึ้นอยู่กับขั้นตอนและตัวแปรที่ป้อนเข้า (เช่น การใช้วัตถุดิบ) และสภาวะ (เช่น อุณหภูมิ)

2.4.3 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ (Emission factor)

ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ เป็นค่าตัวแทนซึ่งพยายามโยงปริมาณสารมลพิษที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศกับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยสารมลพิษ โดยทั่วไปค่าปัจจัยเหล่านี้จะแสดงในหน่วย น้ำหนักสารมลพิษต่อหน่วยน้ำหนักหรือปริมาตรของผลิตภัณฑ์และวัตถุดิบ เช่น กิโลกรัมอนุภาคสารมลพิษที่ปล่อยต่อล้านกรัมถ่านหินที่เผา) เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้สำหรับการประเมินการปลดปล่อยมลพิษ ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ

โดยในโครงการพิเศษนี้ใช้ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากซอฟท์แวร์Clean Air and Climate Protection โดย ICLEI (International Council for Local Environmental Initiatives)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

D. G. Streets และคณะ [6] ศึกษาเพื่อสร้างบัญชีการปลดปล่อยอากาศเสียในเอเชีย ในปี2000 เพื่อสนับสนุนการสร้างแบบจำลองในชั้นบรรยากาศและการวิเคราะห์ค่าที่ตรวจวัดในระหว่างการทดลอง TRACE-P และการทดลอง ACE-Asia การปลดปล่อยสารมลพิษถูกประเมินมาจากแหล่งกำเนิดหลักทั้งหมดจากกิจกรรมของมนุษย์ บริเวณแหล่งกำเนิดหลัก ซึ่งสามารถชี้ให้เห็นชนิดของแก๊สที่สำคัญและอนุภาคที่ถูกปลดปล่อยที่มีอิทธิพลต่อ ความเข้มข้นของสารมลพิษในบริเวณใกล้เคียงกับบริเวณที่ทำการทดลองด้วย TRACE-P และ ACE-Asia ได้ และให้ความสำคัญกับการประเมินการปลดปล่อยมลพิษในบริเวณประเทศจีน เนื่องจากมีปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสูงสุดในเอเชีย โดยแสดงให้เห็นการกระจายของสารมลพิษที่ปลดปล่อยโดยแบ่งข้อมูลค่าการปลดปล่อยมลพิษเป็นตารางที่ความคมชัดของภาพแตกต่างกันไปตามลักษณะงานที่จะนำไปใช้ โดยใช้ตำแหน่งที่แน่นอนของแหล่งกำเนิดขนาดใหญ่ เพื่อใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographical Information System: GIS) แทนการกระจายของประชากรในเมืองและชนบท เครือข่ายถนน การใช้ประโยชน์พื้นที่ เส้นทางการเดินเรือ และพิสูจน์ความถูกต้องแม่นยำด้วยการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัด ก่อนนำไปใช้เปรียบเทียบ

พงศ์วุฒิ จงเจริญศรีศิริ [10] ศึกษามลพิษทางอากาศที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและจากการปลดปล่อยสารเคมีที่ระเหยเป็นไอออกมาจากกระบวนการผลิต ก่อผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคนงาน ผู้ปฏิบัติงานและประชาชนผู้อยู่อาศัยใกล้เคียง เช่น เป็นโรคผิวหนัง หอบ หายใจไม่สะดวก ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน โรคระบบทางเดินหายใจ หลอดลมอักเสบ มะเร็ง เป็นลมหมดสติ และเสียชีวิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

72189

Nuriye Peker Say [11] ศึกษาผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญที่ใช้ในการตรวจสอบมลภาวะทางอากาศตามนโยบายพลังงานของตุรกี ซึ่งเน้นมลภาวะที่เกิดจากแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งจะประเมินโดยใช้การฉายและทำเป็นแผนที่คุณภาพอากาศโดยยึดตัวแปร เช่น ข้อมูลลม เส้นโค้งที่มีอุณหภูมิเท่ากัน (Isotherm Curve) ความหนาแน่นประชากร และลักษณะทางภูมิประเทศ โดยซอฟท์แวร์ ArcView ซึ่งเป็นซอฟท์แวร์ของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และเสนอให้ประเมินปริมาณการปลดปล่อยมลพิษจากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใหม่ จากสถานการณ์ทางเศรษฐกิจร่วมกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งปริมาณการปลดปล่อยมลพิษและแผนที่คุณภาพอากาศนี้ควรมีความทันสมัยอยู่เสมอ เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบบริเวณที่ถูกปกป้องไว้ และการออกแบบฐานข้อมูลที่สามารถใช้ในการวางแผนด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงาน เพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อม

D. G. Streets และ S.T. Waldhoff [12] ได้ศึกษาการประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษหลักในประเทศจีน คือ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งใช้ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจากการประเมินจากแบบจำลองทางบรรยากาศ RAIN-Asia โดยจะประเมินปริมาณการปลดปล่อยมลพิษปี 2020 เป็น 2 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์อ้างอิงที่จะประเมินความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการควบคุมการปลดปล่อยมลพิษร่วมด้วย จึงได้ปริมาณการปลดปล่อยน้อยกว่าอีกเหตุการณ์ คือเหตุการณ์ที่มีค่าสูงเพราะไม่ได้ประเมินร่วมกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของการควบคุมการปลดปล่อยมลพิษ ซึ่งจะประเมินจากปี 1990 และได้ค่าการปลดปล่อยมลพิษจากแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการเติบโตทางสาขาการคมนาคม แต่จะได้ค่าการปลดปล่อยมลพิษจากแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ต่ำลง เนื่องจากมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการควบคุมการปลดปล่อยมลพิษ และยังประเมินการปลดปล่อยแบล็คคาร์บอน (Black Carbon: BC) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยที่ปราศจากมีเทน (NMVOC) จะทำโดยวิธีการเดียวกันแต่ใช้ข้อมูลจากปี 1990 และ 1995

A.D. Bhanarkar, P.S. Rao, D.G. Gajghate และ P. Nema [13] ร่วมกันศึกษาการทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษอย่างละเอียดโดยแบ่งตามพื้นที่สำหรับแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ฝุ่นละออง และโลหะหนักมีพิษจากแหล่งอุตสาหกรรมในเขตเมือง Mumbai และปริมณฑลในประเทศอินเดีย จัดทำฐานข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงในแหล่งอุตสาหกรรม รวบรวมปัจจัยการปลดปล่อยของมลพิษจากเอกสารข้อมูลหลายชนิดโดยมีการตรวจสอบอย่างละเอียดเพื่อใช้ภายใต้สภาวะของอินเดีย โดยใช้ข้อมูลจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากแหล่งกำเนิดแบบจุด ซึ่งมีประกอบด้วยข้อมูลขนาดของโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งพิจารณาจากจำนวนพนักงาน ปริมาณการใช้น้ำ เชื้อเพลิง และไฟฟ้า เชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงงานที่ศึกษา ได้แก่ LSHS, FO, LDO, HSD, LPG ถ่านหิน และแก๊สธรรมชาติ (NG) จากข้อมูลการใช้พลังงานพบว่าโรงผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนจะใช้ถ่านหินและ LSHS เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อเพลิง ส่วนเชื้อเพลิงชนิดอื่นจะใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยถ่านหินและ LSHS เฉพาะที่ใช้ใน TPP นั้นมีปริมาณมากกว่าเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ใช้ในโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน กระทำโดยรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ ตามสมการที่ (2.1) คือ ค่าการปลดปล่อยมลพิษ ได้มาจากอัตราของกิจกรรมการใช้พลังงานอย่างเดียว และค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ

3.1 การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่รวบรวมได้ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลอัตราของกิจกรรมการใช้พลังงาน (A) และข้อมูลค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ (EF)

3.1.1 ข้อมูลอัตราของกิจกรรมการใช้พลังงาน

อัตราของกิจกรรมการใช้พลังงานที่ใช้ในการประเมินในโครงงาน คือ ปริมาณการใช้พลังงานจากการสันดาปเชื้อเพลิง ซึ่งรวบรวมข้อมูลมาจากฐานข้อมูลปี พ.ศ.2548 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน ซึ่งได้ทำการสำรวจข้อมูลของโรงงานควบคุมจากแบบสำรวจตามมาตรการโรงงานควบคุมตามพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม ปี พ.ศ. 2540 ซึ่งโรงงานควบคุมต้องตอบแบบสำรวจทุก 6 เดือน ข้อมูลที่ได้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลพื้นฐานของโรงงานอุตสาหกรรมที่แบ่งประเภทตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศไทย (Thai Standard Industry Classification: TSIC) และข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้

1. ข้อมูลพื้นฐานของโรงงานอุตสาหกรรม

ข้อมูลส่วนนี้ใช้ในการจัดประเภทโรงงานตามสาขาทางอุตสาหกรรม เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในระดับต่างๆ เช่น ตามสาขาทางอุตสาหกรรม ตามจังหวัดที่อยู่ของโรงงาน โดยข้อมูลประกอบด้วยชื่อโรงงาน ที่อยู่ รหัสโรงงาน ระยะเวลาการตอบแบบสำรวจ (ครึ่งปีแรก/ครึ่งปีหลัง) ประเภทอุตสาหกรรมโดยแบ่งตามรหัสมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศไทยของกระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งแบ่งรหัสเป็นระดับตัวเลข 5 หลัก คือ

ตัวเลขหลักที่ 1	ระบุหมวดของกิจกรรม
ตัวเลขหลักที่ 2	บอกกิจกรรมในกลุ่มหลัก
ตัวเลขหลักที่ 3	บอกกิจกรรมในกลุ่มย่อย
ตัวเลขหลักที่ 4 และ 5	บอกชนิดของอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังเช่น

31 การผลิตอาหาร เครื่องดื่ม และยาสูบ

311-312 การผลิตอาหาร

3111 การฆ่าสัตว์ การเตรียมและการเก็บถนอมเนื้อสัตว์

31111 การฆ่าสัตว์

31112 การทำเนื้อกระป๋อง

จากตัวอย่างข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบรหัส 31111 และรหัส 31112 จะเห็นว่าอุตสาหกรรมทั้งสองอยู่ในกลุ่มเดียวกัน เนื่องจากมีรหัส 4 หลักแรกเหมือนกัน ต่างกันในหลักที่ 5 ซึ่งแสดงถึงชนิดของอุตสาหกรรม

ประเภทของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องในโครงงานนี้มี 11 กลุ่ม คือ อุตสาหกรรมการผลิต จำนวน 10 กลุ่ม (รหัสกลุ่ม 29-39) และกลุ่มการผลิตไฟฟ้า โรงแยกแก๊สและการผลิตน้ำประปา 1 กลุ่ม (รหัสกลุ่ม 41-42) ดังนี้

1. หิน กรวด และดินทราย (รหัสกลุ่ม 29)
2. อาหารและเครื่องดื่ม (รหัสกลุ่ม 31)
3. สิ่งทอ (รหัสกลุ่ม 32)
4. ไม้ (รหัสกลุ่ม 33)
5. กระดาษ (รหัสกลุ่ม 34)
6. เคมี (รหัสกลุ่ม 35)
7. อโลหะ (รหัสกลุ่ม 36)
8. โลหะขั้นมูลฐาน (รหัสกลุ่ม 37)
9. ผลิตภัณฑ์โลหะ (รหัสกลุ่ม 38)
10. อุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ (รหัสกลุ่ม 39)
11. การผลิตไฟฟ้า โรงแยกแก๊สและการผลิตน้ำประปา (รหัสกลุ่ม 41-42)

2. ข้อมูลชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้และปริมาณการใช้พลังงานจากการสันดาปเชื้อเพลิง

โรงงานแต่ละโรงงานอาจมีการใช้เชื้อเพลิงได้มากกว่าหนึ่งชนิด จากชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรมทั้งหมด 47 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีค่าความร้อนเฉลี่ยต่างกัน ทำให้ปริมาณพลังงานที่เกิดขึ้นจากการสันดาปต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ข้อมูลค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ

มลพิษที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและการสันดาปเชื้อเพลิง ดังนั้นค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ จึงแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต และค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากการสันดาปของเชื้อเพลิง

1. ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ค่าของปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษชนิดนี้จะต่างกันตามประเภทของอุตสาหกรรม และกระบวนการในอุตสาหกรรมนั้นๆ ซึ่งประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมมีความหลากหลาย แม้กระทั่งข้อมูลที่ได้จากเอกสาร AP-42 ของ US-EPA ยังมีข้อมูลค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษเพียงบางส่วนเท่านั้น โดยประเภทของโรงงานที่มีข้อมูลแสดงตังภาคผนวก ข

นอกจากค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิตแล้ว การประเมินปริมาณมลพิษจากค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษชนิดนี้ จะต้องทราบข้อมูลกำลังการผลิต ปริมาณวัตถุดิบ และปริมาณผลผลิตในแต่ละโรงงาน ซึ่งไม่สามารถหาข้อมูลดังกล่าวได้ ดังนั้นปริมาณมลพิษจากการประเมินในโครงงานวิจัยนี้จึงไม่รวมมลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต

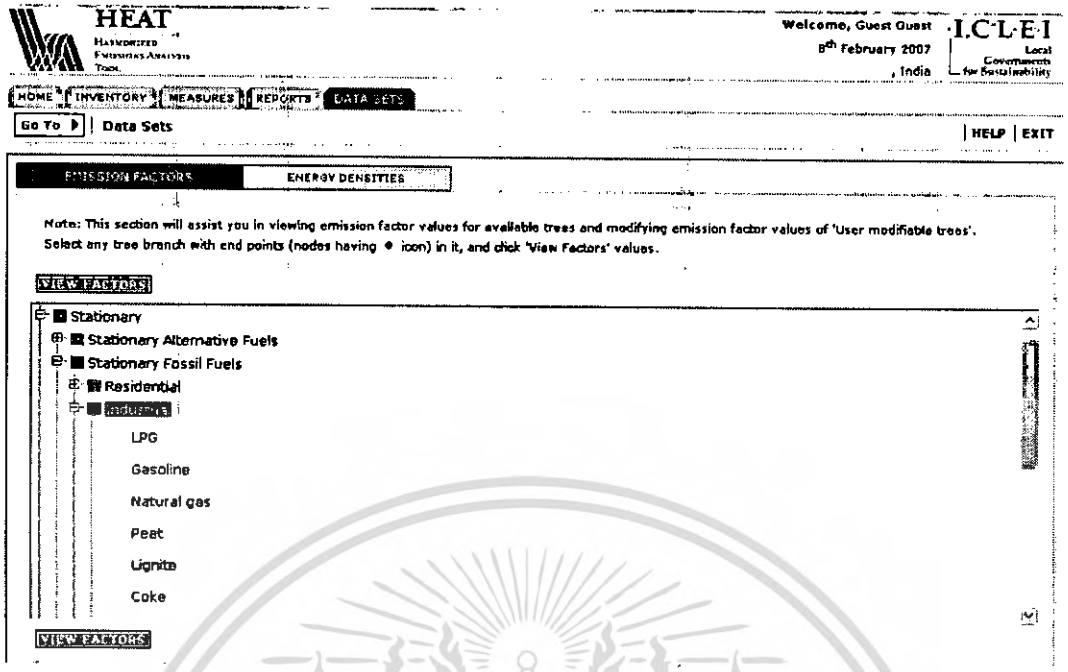
2. ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากการสันดาปของเชื้อเพลิง

ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษชนิดนี้มาจากเอกสาร AP-42 ของ US-EPA ซึ่งหลายหน่วยงานได้นำมาปรับปรุงให้ทันสมัย และเหมาะสมกับพื้นที่ที่ประเมิน โครงงานวิจัยนี้รวบรวมมาจาก 3 แหล่ง ดังนี้

ก. ICLEI-HEAT [14]

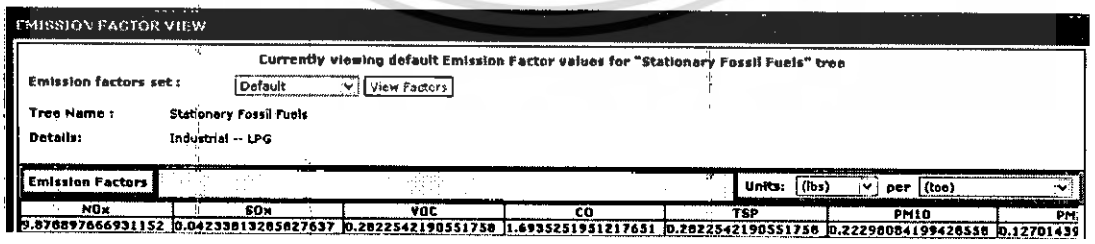
เป็นซอฟท์แวร์ของสหพันธ์ท้องถิ่นนานาชาติเพื่อสิ่งแวดล้อม (International Council for Local Environmental Initiatives: ICLEI) เพื่อช่วยในการจัดทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ ที่ต้องสืบค้นผ่านระบบเครือข่ายทางอินเตอร์เน็ตทำให้ได้ข้อมูลที่มีความทันสมัย ซึ่งค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษถูกรวบรวมไว้สำหรับ 4 ประเทศ คือ อินเดีย บราซิล สหรัฐอเมริกา และสาธารณรัฐแอฟริกาใต้ และซึ่งจะแบ่งตามลักษณะแหล่งกำเนิดของมลพิษ คือ แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary) และแหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile) ซึ่งแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่จะแบ่งอีกเป็นที่อยู่อาศัย (Residential) อุตสาหกรรม (Industrial) และธุรกิจการค้า (Commercial) ซึ่งแสดงหน้าต่างซอฟท์แวร์ ICLEI-HEAT ได้ดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 หน้าต่างซอฟท์แวร์ ICLEI-HEAT

เชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษทั้งหมด 10 ค่า คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide: CO_2) ไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide: N_2O) มีเทน (Methane: CH_4) ไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen Oxide: NO_X) ซัลเฟอร์ออกไซด์ (Sulfur Oxide: SO_X) สารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds: VOC) คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide: CO) ฝุ่นทุกขนาด(Total Suspended Particulates: TSP) ฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ไมครอน (Particulate matter with a diameter 2.5 micron: $PM_{2.5}$) และฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ไมครอน (Particulate matter with a diameter 10 micron: PM_{10}) ซึ่งแสดงหน้าต่างค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษที่ได้จากซอฟท์แวร์ ICLEI-HEAT ได้ดังรูป รูปที่ 3.2

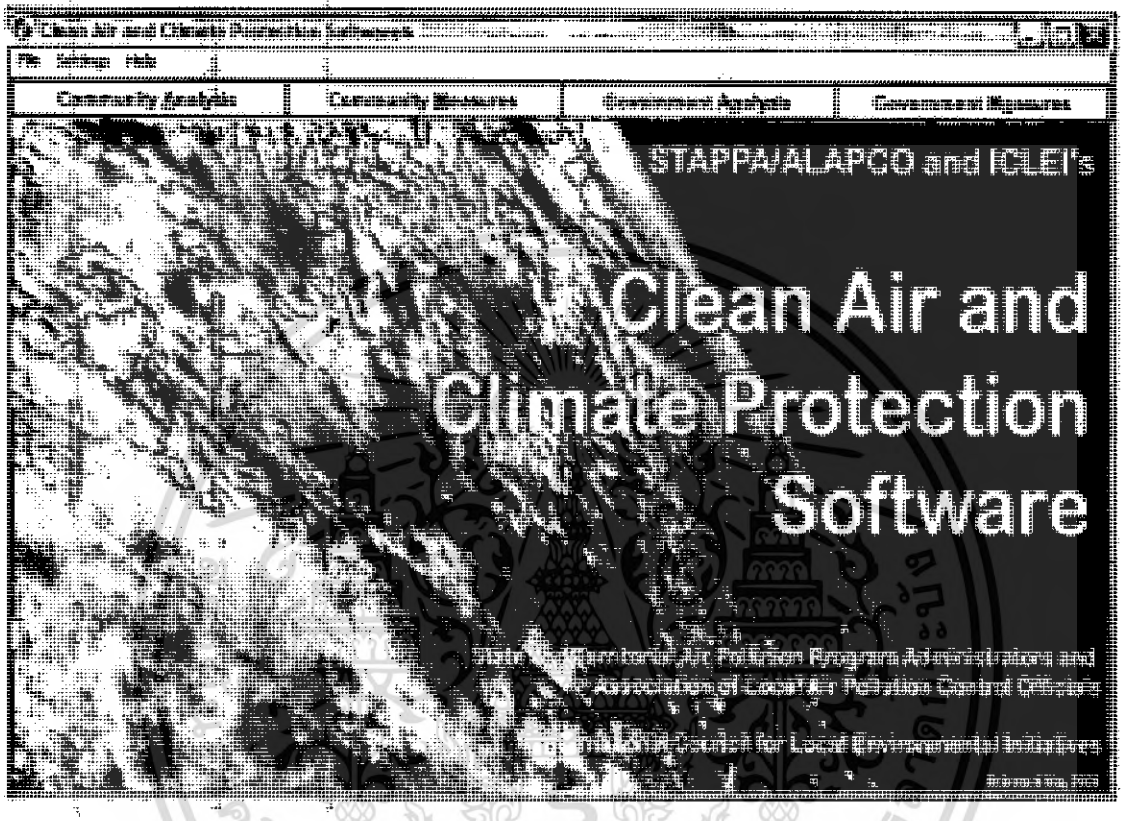


รูปที่ 3.2 หน้าต่างแสดงค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษที่ได้จากซอฟท์แวร์ ICLEI-HEAT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ซอฟท์แวร์ CACP [15]

Clean Air and Climate Protection (CACP) เป็นซีดีรอมของ ICLEI ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อช่วยสร้างบัญชีการปลดปล่อยมลพิษเช่นเดียวกับ ICLEI-HEAT ซึ่งแสดงหน้าต่างซอฟท์แวร์ CACP ดังรูปที่ 3.3



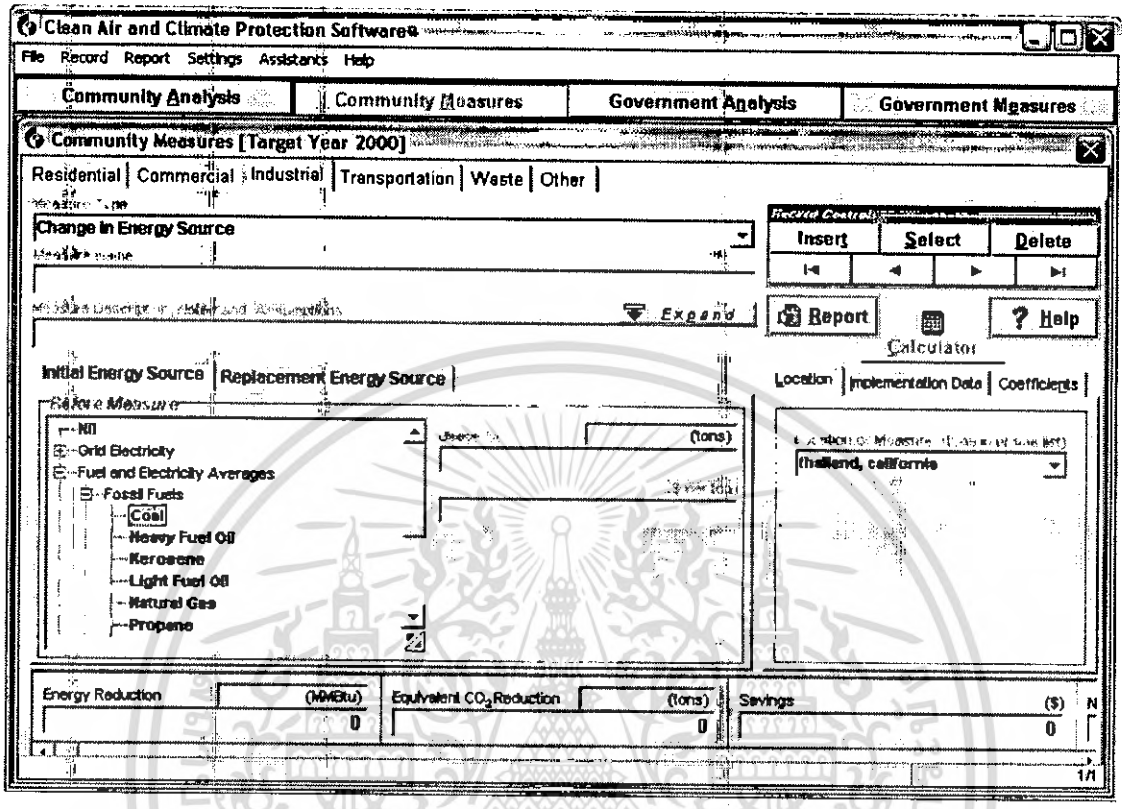
รูปที่ 3.3 หน้าต่างซอฟท์แวร์ CACP

สามารถเลือกชนิดของแหล่งกำเนิดได้ 6 ชนิด คือ ที่อยู่อาศัย การค้า อุตสาหกรรม การขนส่ง สิ่งปฏิกูล และอื่นๆ ดังรูปที่ 3.4 เป็นหน้าต่างแสดงผลการคำนวณของซอฟท์แวร์ CACP จากนั้นป้อนข้อมูลจำนวนการใช้เชื้อเพลิงลงในช่อง Usage Before ซอฟท์แวร์จะคำนวณปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงชนิดนั้นๆ แสดงในช่อง Energy Reduction และคำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์สมมูล (Equivalent CO_2: eCO_2) ซึ่งสามารถแปลงค่าเป็นปริมาณการปลดปล่อยของมลพิษชนิดอื่นๆ เช่น แก๊สไนตรัสออกไซด์ 1 ตัน เท่ากับ 310 ตันคาร์บอนไดออกไซด์สมมูล เป็นต้น

เชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษทั้งหมด 8 ค่า คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide: CO_2) ไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide: N_2O) มีเทน (Methane: CH_4) ไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen Oxide: NO_x) ซัลเฟอร์ออกไซด์ (Sulfur Oxide: SO_x) สารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds: VOC) คาร์บอนมอนอกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

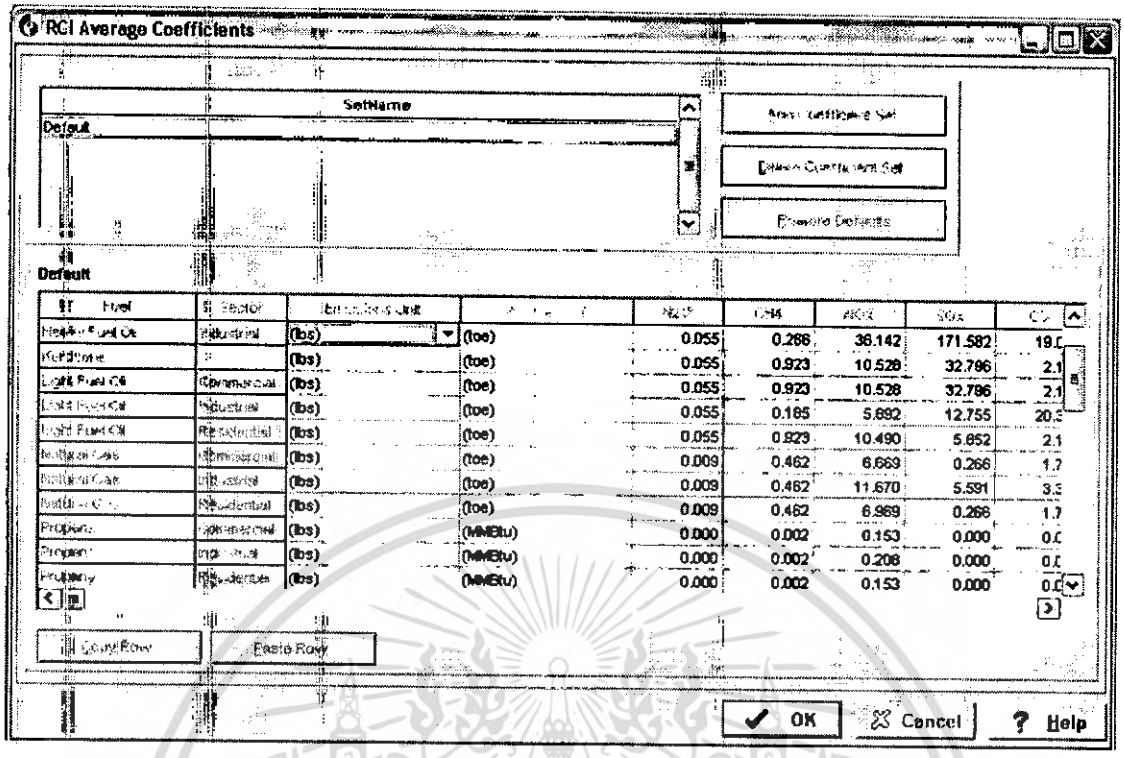
(Carbon Monoxide: CO) และฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ไมครอน (Particulate matter with a diameter 10 micron: PM_{10})



รูปที่ 3.4 การแสดงผลการคำนวณของซอฟท์แวร์ CACP

ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษที่รวบรวมไว้ในซอฟท์แวร์นี้ ถูกแยกประเภทตามชนิดของแหล่งกำเนิด ซึ่งข้อมูลที่ได้จะมีความถูกต้องน้อยกว่าค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษที่ได้จากซอฟท์แวร์ ICLEI-HEAT เนื่องจากซอฟท์แวร์นี้ไม่แยกค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษตามประเทศ คือ แหล่งกำเนิดชนิดเดียวกัน มลพิษแต่ละชนิดมีเพียงค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษค่าเดียวต่อชนิดเชื้อเพลิง ดังรูป 3.5 เป็นหน้าต่างแสดงค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษที่ได้จากซอฟท์แวร์ CACP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 หน้าต่างแสดงค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษที่ได้จากซอฟท์แวร์ CACP

ค. โครงการ How Product Impact Natural System [16]

เป็นข้อมูลค่าปัจจัยการปลดปล่อยจากหม้อกำเนิดไอน้ำขนาดใหญ่ (Boiler) ซึ่งต้องเทียบปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นกับการใช้น้ำมันเตาผลิตไอน้ำและพลังงานไฟฟ้า โดยเวปไซด์ www.howproductsimpact.net ได้รวบรวมไว้ ซึ่งข้อมูลปริมาณมลพิษจะเทียบจากปริมาณการใช้ไอน้ำ 1 MJ

เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสม ปริญญานิพนธ์นี้เลือกใช้ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษของแหล่งกำเนิดแบบอยู่กับที่ที่เป็นภาคอุตสาหกรรมจากทั้ง 3 แหล่งประกอบกัน คือ เลือกใช้ซอฟท์แวร์ ICLEI-HEAT โดยใช้ข้อมูลของประเทศอินเดีย หรือ บราซิล ซึ่งมีลักษณะทางภูมิศาสตร์และเศรษฐกิจใกล้เคียงกับประเทศไทยมากที่สุด แล้วใช้ซอฟแวร์ CACP ในกรณีของเชื้อเพลิงที่ไม่มีค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษรวบรวมไว้ในซอฟท์แวร์ ICLEI-HEAT ส่วนอุตสาหกรรมที่ใช้ไอน้ำเป็นเชื้อเพลิงใช้ข้อมูลจาก โครงการ How Product Impact Natural System โดยเลือกเฉพาะสารมลพิษที่สนใจ 5 ชนิด คือ ไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen Oxide: NO_x) ซัลเฟอร์ออกไซด์ (Sulfur Oxide: SO_x) สารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds: VOC) คาร์บอนมอนออกไซด์ (Carbon Monoxide: CO) และฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ไมครอน (Particulate matter with a diameter 10 micron: PM_{10})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ

ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ คำนวณจากอัตราของกิจกรรมและค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ ดังสมการที่ (2.1) ซึ่งต้องใช้ข้อมูลอัตราของกิจกรรมจากการรวบรวมในข้อ 3.1 ส่วนข้อมูลค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษได้จากการรวบรวมในข้อ 3.2 และตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่ได้จากการคำนวณนี้โดยการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากงานวิจัยต่างๆ

3.2.1 การแปลงและจัดประเภทข้อมูลการใช้พลังงาน

เนื่องจากชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้มีทั้งอยู่ในสภาพของแข็ง ของเหลว และแก๊ส จึงมีข้อมูลปริมาณในหน่วยที่แตกต่างกัน เพื่อให้เปรียบเทียบกันได้จึงทำการแปลงหน่วยของปริมาณทั้งหมดให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน คือ ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (Ton of Oil Equivalent: toe)

เพื่อประโยชน์ในการศึกษาและเปรียบเทียบจึงจัดประเภทการใช้พลังงานออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ข้อมูลการใช้พลังงานแยกตามสาขาทางอุตสาหกรรม โดยรวมปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทุกชนิดของแต่ละสาขาทางอุตสาหกรรมเข้าด้วยกัน ใช้เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานของแต่ละสาขาทางอุตสาหกรรม

2. ข้อมูลการใช้พลังงานแยกตามชนิดของเชื้อเพลิง โดยรวมปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดนั้นๆ เข้าด้วยกัน ได้ข้อมูลสัดส่วนของการใช้เชื้อเพลิงดังภาคผนวก ค

3. ข้อมูลการใช้พลังงานแยกตามจังหวัด โดยรวมจำนวนโรงงานเป็นช่วงตามปริมาณการใช้พลังงานเพื่อใช้ในการขยายข้อมูล

3.2.2 การขยายข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลการใช้พลังงานที่ได้เป็นเพียงส่วนหนึ่ง คือ มีเพียง 2,875 โรงงาน จากจำนวนทั้งหมด 128,575 โรงงาน ทำให้ไม่สามารถประเมินการใช้พลังงานทั้งประเทศจากข้อมูลที่มีอยู่ได้ จึงจำเป็นต้องอาศัยวิธีขยายข้อมูลเพื่อประมาณการใช้พลังงาน โดยแบ่งข้อมูลปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละจังหวัด ซึ่งมีการกระจายตั้งแต่ 0-10,000,000 toe เป็นช่วงตามสเกลลอกการิทึม เพื่อหาสัดส่วนของจำนวนโรงงานที่มีการใช้พลังงานในช่วงนั้นๆ แล้วนำจำนวนโรงงานทั้งหมดในแต่ละจังหวัด [17] มาคูณด้วยสัดส่วนเดียวกัน เพื่อให้ได้จำนวนโรงงานตามขนาดการใช้พลังงาน จากนั้นจะทำการคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานรวม โดยคำนวณมาจากค่าต่ำสุดของการใช้พลังงานในแต่ละช่วง คูณด้วยจำนวนโรงงาน ซึ่งตัวอย่างของการใช้พลังงานในกรุงเทพมหานคร สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างการขยายข้อมูลปริมาณพลังงานที่ใช้ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

	ช่วงการใช้พลังงาน (toe ต่อปี)									
	0 - 0.01	0.011 - 0.10	0.11 - 1	1.1 - 10	10.1 - 100	100.1 – 1,000	1000.1 – 10,000	10,000.1 -100,000	100,000.1- 1,000,000	รวม
จำนวนโรงงานที่มีข้อมูล	13	10	27	50	71	54	4	0	0	229
จำนวนโรงงานที่ได้จากการขยายข้อมูล	1,667	1,282	3,462	6,410	9,103	6,923	513	0	0	29,359
ปริมาณการใช้พลังงานรวม	0	14	381	7,051	91,936	693,001	512,872	0	0	1,305,255

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นว่ามีข้อมูลการใช้พลังงานในกรุงเทพมหานครเพียง 229 โรงงาน จากจำนวน 29,359 โรงงาน

1. การหาสัดส่วนของจำนวนโรงงานในแต่ละช่วง คำนวณจากสมการที่ (3.1)

$$\text{จำนวนโรงงานที่ได้จากการขยายข้อมูล} = \frac{r_i}{m_i} \times \left(n_i - m_i \right) + r_i \qquad (3.1)$$

โดย m คือ จำนวนโรงงานที่มีข้อมูล (โรงงาน)

n คือ จำนวนโรงงานที่มีในจังหวัด (โรงงาน)

r คือ จำนวนโรงงานที่มีพลังงานอยู่ในช่วงนั้นๆ (โรงงาน)

i คือ ช่วงการใช้พลังงาน

2. การหาปริมาณการใช้พลังงานรวมของจังหวัด

เมื่อนำค่าที่ได้จากข้อ 1. มาเปรียบเทียบกับข้อมูลการซื้อขายน้ำมันเตา 600 จากสาขาอุตสาหกรรมในจังหวัด พบว่าเมื่อประเมินโดยใช้ช่วงต่ำสุดของการใช้พลังงาน มีค่าแตกต่างเพียงร้อยละ 10 ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.2 ทำให้สามารถสรุปได้ว่าการใช้ค่าต่ำสุดมีความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการตรวจสอบข้อมูลการซื้อขายน้ำมันเตา 600 ของจังหวัดกรุงเทพมหานครกับข้อมูลที่ประเมินได้ [18]

แหล่งข้อมูล	ปริมาณรวมทั้งสิ้น (toe ต่อปี)	จำนวนโรงงานที่ใช้ประเมิน
กรมธุรกิจพลังงาน	74,347.87	29,359
โครงงาน	8,101.79	10
การขยายข้อมูล	67,678.30	29,359

จากตารางที่ 3.2 สามารถคำนวณปริมาณการใช้พลังงานจากการสันดาปน้ำมันเตา 600 จากสมการที่ (3.2) ดังนี้

$$\text{ปริมาณการใช้พลังงานจากการสันดาปน้ำมันเตา 600} = 0.0028 \times \frac{e}{j} \times n \qquad (3.2)$$

โดย 0.0028 คือ สัดส่วนใช้น้ำมันเตา 600 (ภาคผนวก ค.)

e คือ ปริมาณการใช้พลังงานจากการสันดาปน้ำมันเตา 600 ของโรงงานที่มีข้อมูล (toe ต่อปี)

j คือ จำนวนโรงงานที่มีข้อมูลที่ใช้น้ำมันเตา 600 เป็นเชื้อเพลิง (โรงงาน)

n คือ จำนวนโรงงานที่มีในจังหวัด (โรงงาน)

3.2.3 การประเมินปริมาณการใช้พลังงาน แบ่งการประเมินเป็น 2 ขั้นตอน

การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ โดยใช้สมการที่ (2.1) ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อ 3.1 และ 3.2 โดยกระจายข้อมูลการใช้พลังงานรวมในแต่ละจังหวัด ตามสัดส่วนการใช้พลังงานของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เนื่องจากเชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษต่างกัน ดังตารางที่ 3.3 แสดงตัวอย่างการปลดปล่อยมลพิษ จากเชื้อเพลิง Agricultural Waste ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การแปลงข้อมูลจากปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดในจังหวัดกรุงเทพมหานครเป็นปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการสันดาปเชื้อเพลิง Agricultural Waste

ชนิดเชื้อเพลิง	สัดส่วนการใช้พลังงาน	ปริมาณการใช้พลังงาน (toe ต่อปี)	EMISSION (ปอนด์ต่อปี)				
			SO_x	NO_x	CO	VOC	PM_{10}
Agricultural Waste	0.00486	6,342.88	21,045.66	52,620.50	2,631,088.54	315,729.36	83,085.34

จากตารางที่ 3.3 คำนวณปริมาณการใช้พลังงานจากสมการที่ (3.3) ดังนี้

$$\text{พลังงานที่เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงชนิดนั้นๆ} = f_i \times p \times ef_i \qquad (3.3)$$

โดย f_i คือ สัดส่วนการใช้พลังงาน (ภาคผนวก ค.)

p คือ การใช้พลังงานรวมทั้งจังหวัด (toe ต่อปี)

ef_i คือ ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษที่ต้องการคำนวณ ของเชื้อเพลิงที่ใช้ (ปอนด์ต่อ toe) จากตารางที่ 4.3

i คือ ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้

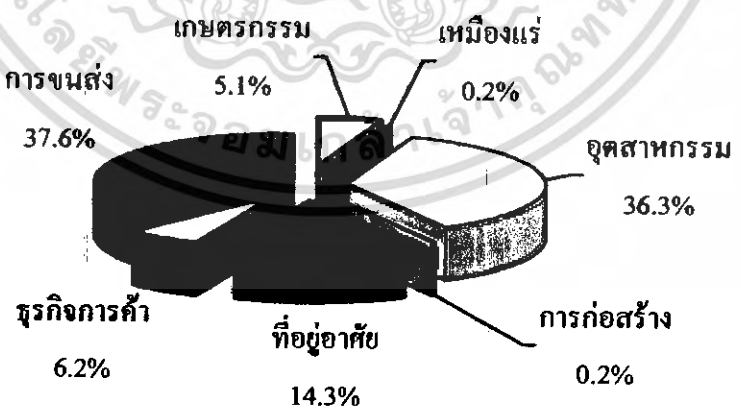
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการประเมินสารมลพิษจากภาคอุตสาหกรรม

ผลการประเมินมลพิษจากสาขาอุตสาหกรรมนี้แบ่งการอธิบายเป็นสองส่วนใหญ่ คือ สัดส่วนการใช้พลังงาน และค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ จากนั้นอธิบายถึงผลการประเมินปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษจากสาขาอุตสาหกรรมในประเทศไทย พร้อมการเปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลงานวิจัยอื่นๆ

4.1 ปริมาณการใช้พลังงานแยกตามสาขาทางเศรษฐกิจ ปี พ.ศ. 2548

การขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการพัฒนาด้านต่างๆมากขึ้น เป็นผลให้อัตราการใช้พลังงานต่างๆ เพิ่มมากขึ้นทุกปี จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2548 ปริมาณการใช้พลังงานของประเทศรวมทุกสาขาทางเศรษฐกิจเป็น 62,395 ktoe (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) แสดงดังรูปที่ 4.1 พบว่าสาขาอุตสาหกรรมการผลิตใช้พลังงาน 22,641 ktoe หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 36.3 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด รองจากสาขาการขนส่งซึ่งคิดเป็นร้อยละ 37.6 สาขาที่อยู่อาศัย สาขาธุรกิจการค้า และสาขาการเกษตร คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 14.3, 6.2 และ 5.1 ตามลำดับ ส่วนสาขาการก่อสร้างและเหมืองแร่คิดเป็น 0.2 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด จากข้อมูลดังกล่าวทำให้เห็นว่ามาตรการในการจัดการปัญหาความรุนแรงของมลพิษ โดยเฉพาะมลพิษทางอากาศ ควรมุ่งเน้นไปที่สาขาอุตสาหกรรมและการขนส่งเป็นหลัก

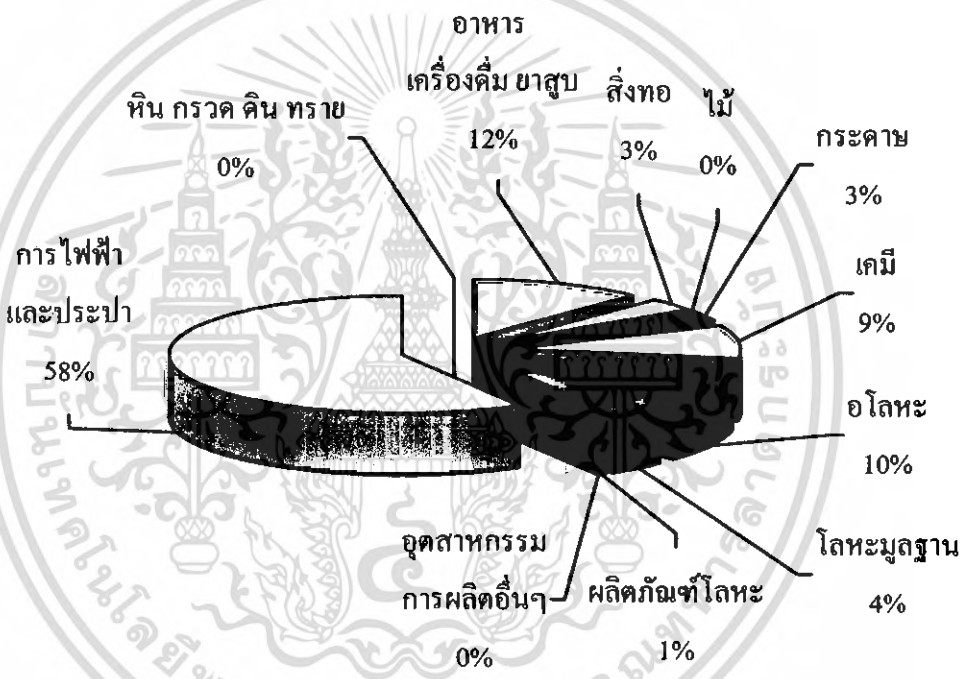


รูปที่ 4.1 สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามสาขาทางเศรษฐกิจ ปี 2548 [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ปริมาณการใช้พลังงานแยกตามสาขาทางอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2548

จากการศึกษาปริมาณการใช้พลังงานตามสาขาอุตสาหกรรม พบว่ากลุ่มการผลิตไฟฟ้า โรงแยกแก๊สและการผลิตน้ำประปา มีการใช้พลังงานสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 58 รองลงมาเป็นกลุ่มอาหารเครื่องดื่มและใบยาสูบ กลุ่มอโลหะ กลุ่มอุตสาหกรรมเคมี กลุ่มโลหะมูลฐาน เท่ากับร้อยละ 12, 10, 9 และ 4 ตามลำดับ กลุ่มสิ่งทอและกระดาษมีสัดส่วนเท่ากันคือร้อยละ 3 ส่วนกลุ่มผลิตภัณฑ์โลหะ เครื่องจักร กลุ่มไม้ กลุ่มหิน ดิน ทราย และกลุ่มอื่นๆ มีสัดส่วนการใช้พลังงานค่อนข้างน้อย คิดเป็นร้อยละ 1 ของสัดส่วนของการใช้พลังงานทั้งหมด



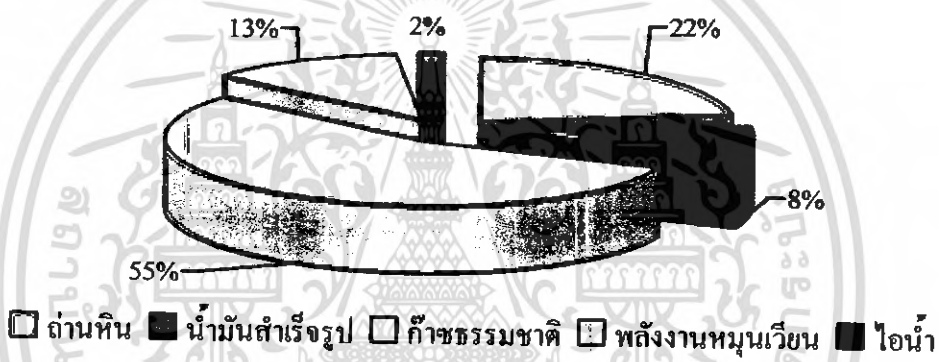
รูปที่ 4.2 สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามสาขาทางอุตสาหกรรม

เนื่องจากปริมาณสารมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาขึ้นกับปริมาณการใช้พลังงาน ดังนั้นการวางมาตรการป้องกันและควบคุมมลพิษควรกระทำโดยพิจารณาจากสัดส่วนการใช้พลังงาน ดังนั้นควรจะเริ่มจัดการจากอุตสาหกรรมกลุ่มการผลิตไฟฟ้า โรงแยกแก๊สและการผลิตน้ำประปา เนื่องจากเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมหลัก ที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานเกินครึ่งหนึ่งของอุตสาหกรรมทั้งหมด รองลงมาเป็นกลุ่มอาหาร เครื่องดื่มและใบยาสูบ กลุ่มอโลหะ กลุ่มอุตสาหกรรมเคมี ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ชนิดของพลังงานและสัดส่วนการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม

จากข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานควบคุมของ พพ. ทั้งหมด 2,975 โรงงาน พบว่ามีเชื้อเพลิงที่ใช้ในการสันดาปทั้งหมด 47 ชนิด เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการศึกษา ปริญญานิพนธ์นี้จึงรวมกลุ่มประเภทเชื้อเพลิงเป็น 5 กลุ่ม คือ กลุ่มถ่านหิน กลุ่มน้ำมันสำเร็จรูป กลุ่มแก๊สธรรมชาติ กลุ่มพลังงานหมุนเวียน (เช่น ชานอ้อย ฟืน เป็นต้น) และกลุ่มไอน้ำ โดยสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงดังกล่าวสามารถแสดงได้รูปที่ 4.3 ซึ่งพบว่ามีการใช้เพลิงกลุ่มแก๊สธรรมชาติมากที่สุดถึงร้อยละ 55 รองลงมาคือ กลุ่มถ่านหิน และกลุ่มพลังงานหมุนเวียน ร้อยละ 22 และ 13 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มน้ำมันสำเร็จรูป และกลุ่มไอน้ำ มีสัดส่วนร้อยละ 8 และ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 สัดส่วนชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรม

เมื่อพิจารณาจากปริมาณมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาจาก เชื้อเพลิงทั้ง 5 กลุ่มก็สามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ เชื้อเพลิงสะอาด (Clean Fuel) คือ กลุ่มแก๊สธรรมชาติ ซึ่งมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 55 ส่วนกลุ่มถ่านหิน กลุ่มน้ำมันสำเร็จรูป กลุ่มไอน้ำและกลุ่มพลังงานหมุนเวียน เป็นเชื้อเพลิงธรรมดา (Conventional Fuel) คิดเป็นร้อยละ 45 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษที่ปลดปล่อยออกจากเชื้อเพลิงทั้งสองประเภท เชื้อเพลิงสะอาดมีการปลดปล่อยมลพิษน้อยกว่าเชื้อเพลิงธรรมดา เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ดีกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น ไม่มีกากของเชื้อเพลิงหลังจากการเผาไหม้ อีกทั้งช่วยบรรเทาสภาวะโลกร้อนและปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศโลกน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น เป็นต้น ซึ่งจากสัดส่วนข้างต้นแสดงว่าโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีการใช้เชื้อเพลิงสะอาดมากกว่าเชื้อเพลิงธรรมดา เล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากการสนับสนุนของหน่วยงานภาครัฐ และเอกชนที่ได้พยายาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำแก๊สธรรมชาติมาใช้ให้ได้ประโยชน์สูงสุดในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น นำไปเป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้า เนื่องจากมีต้นทุนการลงทุนต่ำกว่า และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่ามาก

4.4 สัดส่วนโรงงานควบคุมที่ใช้ในการประเมินมลพิษ

ปริญญานิพนธ์นี้ประเมินมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมควบคุม ซึ่งได้ข้อมูลมาจากแหล่งเดียวเท่านั้น คือ จากแบบสำรวจที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้รับการตอบกลับมา ซึ่งจำนวนโรงงานควบคุมทั้งหมดที่ใช้ในการประเมิน 2,975 โรงงาน จากโรงงานในประเทศไทยทั้งหมดจำนวน 128,575 โรงงาน โดยรายละเอียดของจำนวนโรงงานและสัดส่วนของจังหวัดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ในการประเมิน และจำนวนโรงงานทั้งหมด แยกตามรายจังหวัด ปี พ.ศ.2548

จังหวัด	จำนวนโรงงานที่ใช้ประเมิน	จำนวนโรงงานทั้งหมด	สัดส่วนข้อมูล
กรุงเทพมหานครและปริมณฑล			
กรุงเทพมหานคร	229	29,359	0.78
สมุทรปราการ	487	7,785	6.26
นนทบุรี	23	2,097	1.10
ปทุมธานี	181	2,632	6.88
นครปฐม	95	2,864	3.32
สมุทรสาคร	239	3,740	6.39
ภาคกลาง			
พระนครศรีอยุธยา	110	1,392	7.90
อ่างทอง	3	488	0.61
ลพบุรี	24	859	2.79
สิงห์บุรี	7	374	1.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ในการประเมิน และจำนวนโรงงานทั้งหมด แยกตามรายจังหวัด ปี พ.ศ.2548 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนโรงงานที่ใช้ประเมิน	จำนวนโรงงานทั้งหมด	สัดส่วนข้อมูล
สระบุรี	204	1,372	14.87
ปราจีนบุรี	61	805	7.58
นครนายก	1	343	0.29
สระแก้ว	2	475	0.42
อุทัยธานี	7	441	1.59
ราชบุรี	63	2,018	3.12
กาญจนบุรี	25	1,439	1.74
สุพรรณบุรี	11	1,518	0.72
เพชรบุรี	15	797	1.88
ประจวบคีรีขันธ์	31	680	4.56
ชัยนาท	0	557	0
สมุทรสงคราม	1	356	0.28
ภาคเหนือ			
เชียงใหม่	18	2,762	0.65
ลำพูน	23	641	3.59
ลำปาง	13	1,895	0.69
อุตรดิตถ์	9	839	1.07
แพร่	1	690	0.14
นครสวรรค์	16	1,988	0.80
กำแพงเพชร	11	865	1.27
ตาก	3	481	0.62
พิษณุโลก	12	1,300	0.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ในการประเมิน และจำนวนโรงงานทั้งหมด แยกตามรายจังหวัด ปี พ.ศ.2548 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนโรงงานที่ใช้ประเมิน	จำนวนโรงงานทั้งหมด	สัดส่วนข้อมูล
พิจิตร	5	870	0.57
เพชรบูรณ์	2	1,467	0.14
แม่ฮ่องสอน	0	212	0
น่าน	0	467	0
พะเยา	0	614	0
สุโขทัย	0	679	0
เชียงราย	0	1,744	0
ภาคใต้			
นครศรีธรรมราช	26	1,691	1.54
กระบี่	5	536	0.93
พังงา	2	472	0.42
ภูเก็ต	8	703	1.14
สุราษฎร์ธานี	30	1,053	2.85
ระนอง	4	400	1.00
ชุมพร	10	864	1.16
สงขลา	95	1,898	5.01
สตูล	4	174	2.30
ตรัง	22	710	3.10
ปัตตานี	5	740	0.68
ยะลา	2	322	0.62
นราธิวาส	5	428	1.17
พัทลุง	0	613	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ในการประเมิน และจำนวนโรงงานทั้งหมด แยกตามรายจังหวัด ปี พ.ศ.2548 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนโรงงานที่ใช้ประเมิน	จำนวนโรงงานทั้งหมด	สัดส่วนข้อมูล
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ			
นครราชสีมา	101	4,653	2.17
บุรีรัมย์	3	1,679	0.18
อุบลราชธานี	4	1,587	0.25
ชัยภูมิ	11	1,652	0.67
ขอนแก่น	38	2,885	1.32
อุดรธานี	7	2,868	0.24
หนองคาย	10	1,040	0.96
มหาสารคาม	5	1,035	0.48
กาฬสินธุ์	12	1,630	0.74
นครพนม	3	1,542	0.19
สุรินทร์	0	925	0
ศรีสะเกษ	4	1,556	0.26
ยโสธร	0	758	0
อำนาจเจริญ	0	255	0
หนองบัวลำภู	0	929	0
เลย	0	792	0
สกลนคร	0	1,319	0
ร้อยเอ็ด	1	2,171	0.05
มุกดาหาร	2	523	0.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ในการประเมิน และจำนวนโรงงานทั้งหมด แยกตามรายจังหวัด ปี พ.ศ.2548 (ต่อ)

จังหวัด	จำนวนโรงงานที่ใช้ประเมิน	จำนวนโรงงานทั้งหมด	สัดส่วนข้อมูล
ภาคตะวันออก			
ชลบุรี	217	3,413	6.36
ระยอง	313	1,950	16.05
จันทบุรี	3	763	0.39
ฉะเชิงเทรา	91	1,517	6.00
ตราด	0	624	0
รวม	2,975	128,575	2.31

ซึ่งจะพบว่าข้อมูลมีสัดส่วนเพียงร้อยละ 2 เท่านั้น นอกจานนี้ยังพบว่าจากข้อมูลทั้ง 76 จังหวัด พบว่าข้อมูลใช้ในการประเมินมีเพียง 62 จังหวัด สำหรับจังหวัดที่ไม่มีข้อมูลอีก 14 จังหวัด อาจเนื่องมาจากจังหวัดนั้นๆ ไม่มีการส่งแบบสำรวจในปีที่ประเมินนี้ หรืออาจไม่มีโรงงานขนาดใหญ่ที่มีการใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก โดยสัดส่วนข้อมูลสูงสุดคือข้อมูลของจังหวัด ระยอง คิดเป็นร้อยละ 16 รองลงมาคือ จังหวัดสระบุรี ร้อยละ 15 ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จำนวนมากตั้งอยู่ ซึ่งเมื่อมีการแจกแจงข้อมูลรายภูมิภาคดังแสดงในตารางที่ 4.2 แสดงสัดส่วนของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมแยกตามภูมิภาค และจะเห็นได้ว่ากรุงเทพและปริมณฑลมีจำนวนโรงงานมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 38 ของจำนวนโรงงานทั้งประเทศ รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้คิดเป็นร้อยละ 23,14, 11 และ 8 ตามลำดับ ส่วนภาคตะวันออกมีสัดส่วนน้อยที่สุด คือร้อยละ 6 ของจำนวนโรงงานทั้งประเทศ และเมื่อพิจารณาในส่วนกรุงเทพและปริมณฑล ซึ่งมีสัดส่วนจำนวนโรงงานสูงสุด แต่ไม่ได้มีสัดส่วนจำนวนโรงงานที่มีข้อมูลสูงสุดตาม และจากตารางที่ 4.1 จังหวัดกรุงเทพมหานครมีจำนวนโรงงานสูงสุด แต่กลับมีสัดส่วนข้อมูลเพียงร้อยละ 0.8 เท่านั้น ทำให้โอกาสที่ข้อมูลที่ได้จากกรุงเทพมหานครจะผิดพลาดสูง และสรุปได้ว่าการประเมินมลพิษในจังหวัดที่มีสัดส่วนข้อมูลสูง น่าจะมีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลน้อยกว่าจังหวัดที่มีสัดส่วนข้อมูลต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 สัดส่วนของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมแยกตามภูมิภาคที่ใช้ในการประเมิน และจำนวนโรงงานทั้งหมด แยกตามภาค ปี พ.ศ.2548

ภาค	จำนวนโรงงานที่ใช้ประเมิน	จำนวนโรงงานทั้งหมด	สัดส่วนข้อมูล
กรุงเทพมหานครและปริมณฑล	1,254	48,477	2.59
กลาง	565	13,914	4.06
เหนือ	113	17,514	0.65
ใต้	218	10,604	2.06
ตะวันออกเฉียงเหนือ	201	29,799	0.67
ตะวันออก	624	8,267	0.08
รวม	2,975	128,575	2.31

4.5 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยแยกตามชนิดเชื้อเพลิง [14-16]

ปริญญานิพนธ์นี้ศึกษาการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากกระบวนการสันดาปของเชื้อเพลิงเท่านั้น เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลจากกระบวนการผลิตซึ่งหาข้อมูลได้ยาก โดยสารมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมที่สนใจทำการประเมิน ได้แก่ ซัลเฟอร์ออกไซด์ (Sulfur Oxide: SO_x) ไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen Oxides: NO_x) คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide: CO) สารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compound: VOC) และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate matter with a diameter 10 micron: PM_{10}) ซึ่งจากข้อมูลค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากการสันดาปของเชื้อเพลิง จากแหล่งข้อมูลทั้งสามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 และข้อมูลของประเภทเชื้อเพลิงทั้ง 47 ชนิดที่ใช้ในอุตสาหกรรมในประเทศไทย พบว่า จำนวนชนิดของเชื้อเพลิงมีมากกว่าข้อมูลค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ ทำให้จะต้องมีการกำหนดค่าตามความเหมาะสม สำหรับกลุ่มเชื้อเพลิงประเภทเดียวกัน อาทิ ใช้ค่าสำหรับอะเซทิลีน แก๊สธรรมชาติ fuel gas เป็นต้น ค่าปัจจัยการปลดปล่อยที่ใช้สำหรับปริญญานิพนธ์นี้ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษของเชื้อเพลิงที่ใช้ประเมินในโครงงานวิจัย

ชนิดเชื้อเพลิง	EMISSION FACTOR (Lbs/toe)					REF
	PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO	
กลุ่มแก๊สธรรมชาติ						
น้ำมันก๊าด (Kerosene)	1.25	32.80	10.53	0.36	2.13	CACP Software RCI Average Coefficients-Kerosene
อะเซทิลีน	0.41	5.59	11.67	0.59	3.31	CACP Software RCI Average Coefficients-Natural Gas
แก๊สธรรมชาติจากโรงแยก(dry)	0.41	5.59	11.67	0.59	3.31	CACP Software RCI Average Coefficients-Natural Gas
แก๊สธรรมชาติ	0.41	5.59	11.67	0.59	3.31	CACP Software RCI Average Coefficients-Natural Gas
Fuel Gas	0.41	5.59	11.67	0.59	3.31	CACP Software RCI Average Coefficients-Natural Gas
โพรเพน	0.26	0.00	8.24	0.22	1.39	CACP Software RCI Average Coefficients-Propane
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลี่ยม	0.18	0.04	9.34	0.27	1.60	ICLEI-HEAT-Brazil-Industrial-LPG
แก๊สปิโตรเลียมเหลว(LPG)	0.18	0.04	9.34	0.27	1.60	ICLEI-HEAT-Brazil-Industrial-LPG
แอล พี จี	0.18	0.04	9.34	0.27	1.60	ICLEI-HEAT-Brazil-Industrial-LPG
เชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากกระบวนการผลิต	0.18	0.04	9.34	0.27	1.60	ICLEI-HEAT-Brazil-Industrial-LPG
เซลล์แก๊ส	0.18	0.04	9.34	0.27	1.60	ICLEI-HEAT-Brazil-Industrial-LPG
เพนเทน (Pentane)	0.18	0.04	9.34	0.27	1.60	ICLEI-HEAT-Brazil-Industrial-LPG

ตารางที่ 4.3 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษของเชื้อเพลิงที่ใช้ประเมินในโครงงานวิจัย (ต่อ)

ชนิดเชื้อเพลิง	EMISSION FACTOR (ปอนด์ต่อtoe)					REF
	PM_{10}	SO_X	NO_X	VOC	CO	
กลุ่มถ่านหิน						
ลิกไนท์ลี้	232.70	249.10	34.87	0.22	1.38	ICLEI-HEAT-India-Industrial-Lignite
ลิกไนท์แม่เมาะ	232.70	249.10	34.87	0.22	1.38	ICLEI-HEAT-India-Industrial-Lignite
ลิกไนท์ แจ้คอน	232.70	249.10	34.87	0.22	1.38	ICLEI-HEAT-India-Industrial-Lignite
ลิกไนท์อื่นๆ	232.70	249.10	34.87	0.22	1.38	ICLEI-HEAT-India-Industrial-Lignite
ถ่านหิน (Coke)	82.87	61.37	27.54	0.09	0.79	ICLEI-HEAT-Brazil-Industrial-Coke
coke	82.87	61.37	27.54	0.09	0.79	ICLEI-HEAT-Brazil-Industrial-Coke
ถ่านหินนำเข้า	22.63	126.39	45.71	0.13	1.05	ICLEI-HEAT-Brazil-Industrial-Bituminous Coal
แอนทราไซด์	11.17	93.54	33.83	0.47	0.94	ICLEI-HEAT-Brazil-Industrial-Anthracite Coal
กลุ่มพลังงานหมุนเวียน						
ฟืน	42.09	0.55	3.95	59.47	322.67	CACP Software RCI Average Coefficients-Fuel wood (Air Dry)
Sludge	38.26	3.69	9.23	4.62	369.21	ICLEI-HEAT Stationary for SA Industrial -Biomass/Waste
ชานอ้อย	23.31	7.53	7.53	4.62	92.30	ICLEI-HEAT-Brazil-Industrial-Bagasse
แกลบ	23.31	3.69	9.23	4.62	92.30	ICLEI-HEAT-Brazil-Industrial-Rice hulls
ถ่าน	20.64	0.00	8.30	8.30	580.73	CACP Software RCI Average Coefficients-Charcoal

ตารางที่ 4.3 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษของเชื้อเพลิงที่ใช้ประเมินในโครงงานวิจัย (ต่อ)

ชนิดเชื้อเพลิง	EMISSION FACTOR (ปอนด์ต่อtoe)					REF
	PM_{10}	SO_X	NO_X	VOC	CO	
ฝุ่นไม้	15.88	0.99	8.73	1.51	23.82	CACP Software RCI Average Coefficients-Wood (Oven Cut)
ขี้เลื่อย	15.88	0.99	8.73	1.51	23.82	CACP Software RCI Average Coefficients-Wood (Oven Cut)
เปลือกไม้	15.88	0.99	8.73	1.51	23.82	CACP Software RCI Average Coefficients-Wood (Oven Cut)
Black liquor	13.10	0.99	19.45	1.51	23.82	CACP Software RCI Average Coefficients-Wood (Freshly Cut)
Agricultural Waste	13.10	3.32	8.30	49.78	414.81	CACP Software RCI Average Coefficients-Agricultural Waste
Garbage	13.10	0.33	8.30	49.78	414.81	ICLEI-HEAT-US National Fuel Averages Industrial-Municipal Solid Waste (MSW)
ซังข้าวโพด	2.64	2.88	37.54	55.38	105.20	ICLEI-HEAT-India-Industrial -Maize (cobs)
กลุ่มน้ำมันสำเร็จรูป						
น้ำมันดีเซล	12.31	11.51	175.05	13.89	37.71	CACP Software RCI Average Coefficients-Stationary Diesel
เชื้อเพลิง RV	12.31	11.51	175.05	13.89	37.71	CACP Software RCI Average Coefficients-Stationary Diesel
น้ำมันเตา 2000	10.35	171.58	36.14	3.06	19.03	CACP Software RCI Average Coefficients-Heavy Fuel Oil
น้ำมันเตา 1500	10.35	171.58	36.14	3.06	19.03	CACP Software RCI Average Coefficients-Heavy Fuel Oil
น้ำมันเตา 1200	10.35	171.58	36.14	3.06	19.03	CACP Software RCI Average Coefficients-Heavy Fuel Oil
น้ำมันเตา 600	0.45	12.76	5.89	4.17	20.30	CACP Software RCI Average Coefficients-Light Fuel Oil
น้ำมันเตา	2.89	46.23	16.20	0.06	1.47	ICLEI-HEAT-Brazil-Industrial-Fuel oil

ตารางที่ 4.3 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษของเชื้อเพลิงที่ใช้ประเมินในโครงงานวิจัย (ต่อ)

ชนิดเชื้อเพลิง	EMISSION FACTOR (ปอนด์ต่อtoe)					REF
	PM_{10}	SO_X	NO_X	VOC	CO	
เบนซิน	3.97	3.33	64.70	83.36	2488.74	CACP Software RCI Average Coefficients-Gasoline
Torch Oil	1.25	32.80	10.53	0.36	2.13	CACP Software RCI Average Coefficients-Kerosene
ออกซิเจนเหลว	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ไฮโดรเจน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
กลุ่มไอน้ำ						
ไอน้ำ	NA	1.10E-03	7.36E-04	8.82E-04	5.56E-05	http://www.howproductsimpact.net
ไอน้ำแรงดันปานกลาง	NA	1.10E-03	7.36E-04	8.82E-04	5.56E-05	http://www.howproductsimpact.net
ไอน้ำแรงดันปานสูง	NA	1.10E-03	7.36E-04	8.82E-04	5.56E-05	http://www.howproductsimpact.net
น้ำ	NA	1.10E-03	7.36E-04	8.82E-04	5.56E-05	http://www.howproductsimpact.net

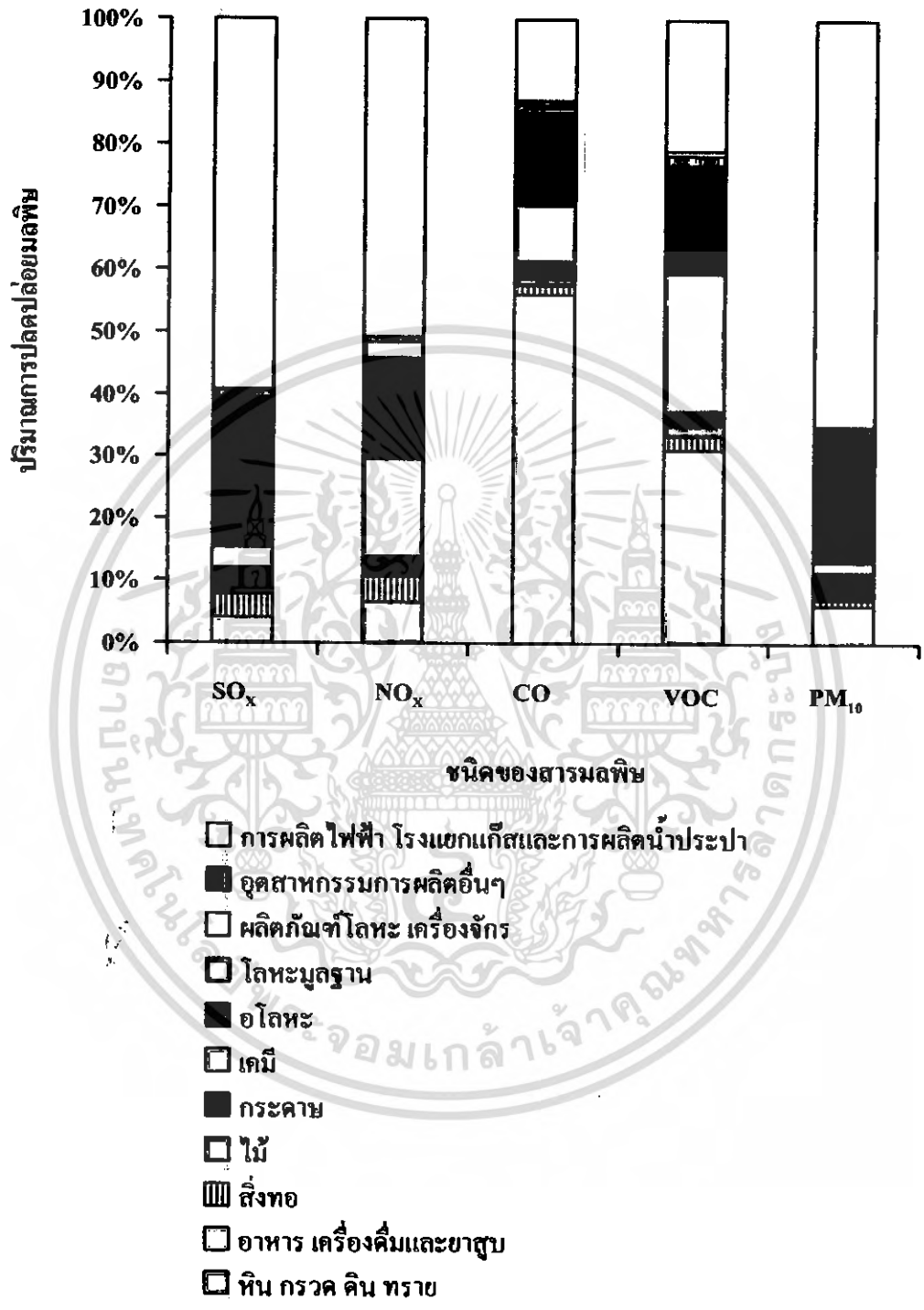
4.6 ผลการประเมินปริมาณสารมลพิษที่ปลดปล่อยจากภาคอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2548

จากการประเมินปริมาณสารมลพิษที่เกิดขึ้นทั้งประเทศ พบว่า ซัลเฟอร์ออกไซด์มีปริมาณการปลดปล่อยสูงสุดถึง 2,510 กิโลตันต่อปี รองลงมาเป็นฝุ่นละออง1,786 กิโลตันต่อปี ไนโตรเจนออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ 908 กิโลตันต่อปี 722 กิโลตันต่อปี ตามลำดับ และสารประกอบอินทรีย์ระเหยมีการปลดปล่อยน้อยที่สุด คือ 71 กิโลตันต่อปี

4.6.1 ปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยแยกตามสาขาทางอุตสาหกรรม

เมื่อพิจารณาแยกตามสาขาทางอุตสาหกรรม ดังรูปที่ 4.4 พบว่าซัลเฟอร์ออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และฝุ่นละออง ถูกปลดปล่อยจากกลุ่มการผลิตไฟฟ้า โรงแยกแก๊สและการผลิตน้ำประปาสูงสุด รองลงมาเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมอโลหะ การปลดปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ในกลุ่มอุตสาหกรรมอโลหะและเคมีมีสัดส่วนเท่าๆ กัน สารประกอบอินทรีย์ระเหย และคาร์บอนมอนอกไซด์ถูกปลดปล่อยออกจากกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่มและยาสูบสูงสุด ส่วนอุตสาหกรรมกลุ่มหิน กรวด ดิน ทราย กลุ่มไม้ กลุ่มอื่นๆ จะปลดปล่อยมลพิษน้อยมากเมื่อเทียบสัดส่วนกับกลุ่มอุตสาหกรรมอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การปลดปล่อยมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแยกตามสาขาทางอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 ปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยแยกตามชนิดเชื้อเพลิง

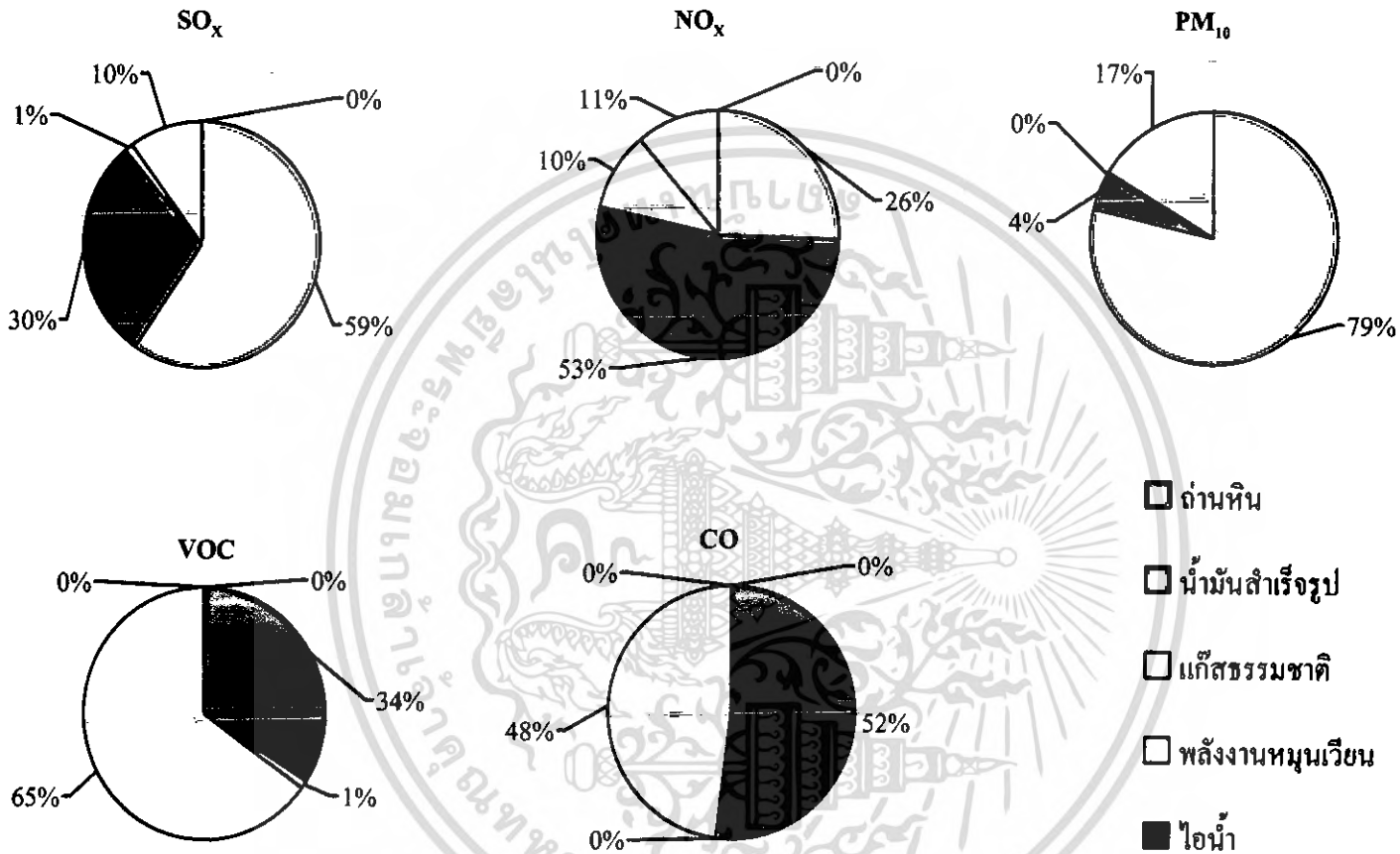
เมื่อพิจารณาแยกตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ ดังรูปที่ 4.5 พบว่าซัลเฟอร์ออกไซด์และฝุ่นละอองมีการปลดปล่อยมาจากเชื้อเพลิงกลุ่มถ่านหินเป็นหลัก ไนโตรเจนออกไซด์มีการปลดปล่อยมาจากเชื้อเพลิงกลุ่มน้ำมันสำเร็จรูปเป็นหลัก ส่วนสารประกอบอินทรีย์ระเหยและคาร์บอนมอนอกไซด์มีการปลดปล่อยส่วนใหญ่มาจากเชื้อเพลิงสองกลุ่มคือ พลังงานหมุนเวียนและน้ำมันสำเร็จรูป โดยเชื้อเพลิงกลุ่มพลังงานหมุนเวียนมีสัดส่วนการปลดปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยมากกว่าน้ำมันสำเร็จรูป ส่วนคาร์บอนมอนอกไซด์จะถูกปลดปล่อยจากกลุ่มน้ำมันสำเร็จรูปมากกว่ากลุ่มพลังงานหมุนเวียน

ปริมาณสารมลพิษที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกัน เนื่องจากชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการสันดาป เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.4 ในอุตสาหกรรมกลุ่มอาหาร เครื่องดื่มและยาสูบ จะพบปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยสูงสุด เนื่องมาจากเชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรมกลุ่มนี้อยู่ในกลุ่มเชื้อเพลิงพลังงานหมุนเวียน เช่น โรงงานผลิตน้ำตาลใช้ชานอ้อย อุตสาหกรรมกระดาษใช้แบล็กลิเคอร์ (Black liquor) เป็นเชื้อเพลิงหมุนเวียน ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงกลุ่มที่มีสัดส่วนการปลดปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยสูงสุด และยังเป็นเชื้อเพลิงที่ปลดปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นอันดับสองรองจากเชื้อเพลิงกลุ่มน้ำมันสำเร็จรูป เนื่องมาจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง

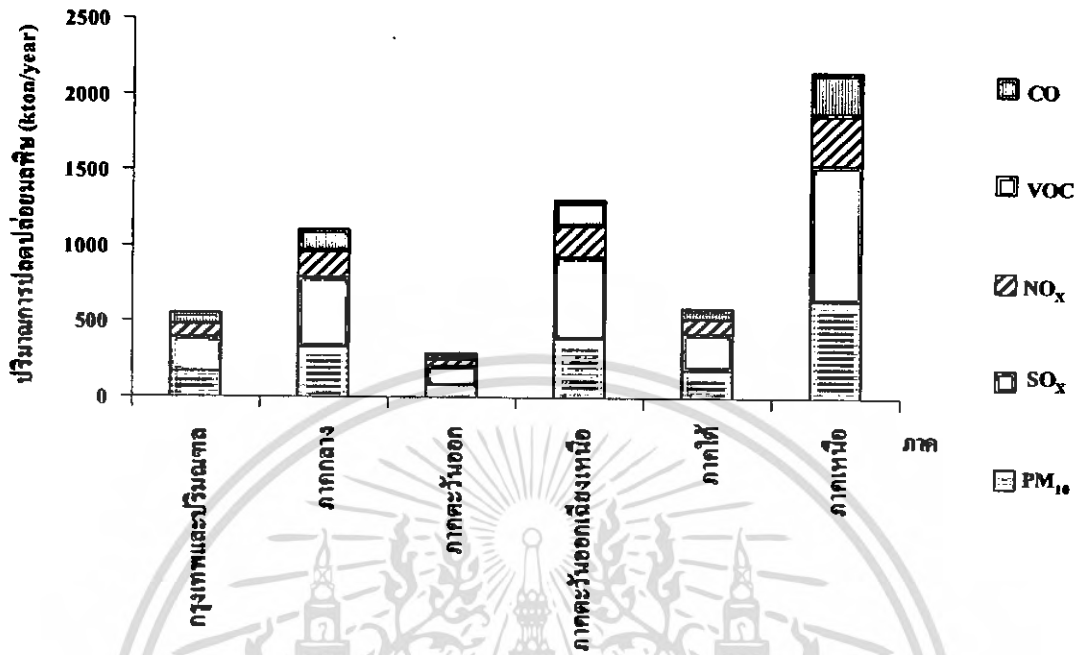
4.6.3 ปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยแยกตามภูมิภาคของประเทศไทย

ชนิดของอุตสาหกรรมและเชื้อเพลิงที่ใช้ในอุตสาหกรรมนั้นๆ มีผลต่อปริมาณมลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมา ดังที่กล่าวมาแล้วในข้อ 4.6.1 และ 4.6.2 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยมลพิษแยกตามภูมิภาค ดังรูปที่ 4.6 ภาคเหนือมีสัดส่วนการปลดปล่อยมลพิษทุกชนิดมากที่สุดรวมกันแล้วได้ถึงร้อยละ 36 โดยเฉพาะซัลเฟอร์ออกไซด์ และฝุ่นละออง ซึ่งเกิดจากการใช้ถ่านหินของโรงไฟฟ้าแม่เมาะในจังหวัดลำปาง รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือร้อยละ 22 ซึ่งมีการปลดปล่อยมลพิษส่วนใหญ่จาก โรงงานน้ำตาลขนาดใหญ่ในจังหวัดอุตรธานี ส่วนภาคกลาง ภาคใต้ เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และภาคตะวันออก มีสัดส่วนของการปลดปล่อยมลพิษเป็นร้อยละ 18, 10, 9 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งมลพิษที่เกิดในภูมิภาคต่างๆ ส่วนใหญ่มาจากอุตสาหกรรมกลุ่มการผลิตไฟฟ้า โรงแยกแก๊สและการผลิตน้ำประปา โดยจะแสดงปริมาณการปลดปล่อยมลพิษของแต่ละจังหวัดในภาคผนวก จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 สารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกจากกลุ่มเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ



รูปที่ 4.6 สารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยแยกตามภูมิภาคของประเทศไทย

4.7 การเปรียบเทียบผลการประเมินมลพิษกับแหล่งข้อมูลอื่นๆ

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความแตกต่างของผลการประเมิน จึงได้เปรียบเทียบข้อมูลกับงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการทำบัญชีการปลดปล่อยมลพิษ จำนวน 4 ข้อมูล ดังนี้

4.7.1 ฐานข้อมูลจากโครงการ TRACE-P ขององค์การนาซ่า (the National Aeronautics and Space Administration: NASA) โดย David-street [19] และ James Dorwart [20]

งานวิจัยของ David-street เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับบัญชีการปลดปล่อยมลพิษของประเทศในภูมิภาคเอเชียที่มีฐานข้อมูลจากปี พ.ศ. 2543 ข้อมูลที่นำมาใช้ในปริญญานิพนธ์มีลักษณะดังนี้

1. ไม่มีข้อมูลของฝุ่นละออง (Particulate matter with a diameter 10 micron: PM_{10}) จึงใช้ข้อมูลของฝุ่นละอองจากงานวิจัยของ James Dorwart ซึ่งอยู่ในโครงการเดียวกัน

2. ข้อมูลของสารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds: VOC) จะแยกเป็นสองส่วนคือ สารประกอบอินทรีย์ระเหยที่ไม่รวมมีเทน (Non Methane Volatile Organic Compounds: NMVOC) และมีเทน (Methane: CH_4) ซึ่งโครงงานนี้จะพิจารณาเฉพาะสารประกอบอินทรีย์ระเหยที่ไม่รวมมีเทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ไม่มีข้อมูลซัลเฟอร์ออกไซด์ (Sulfur Oxide: SO_x) จึงใช้ข้อมูลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide: SO_2) แทน

4.7.2 ฐานข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ [21]

เป็นงานวิจัยของกรมควบคุมมลพิษเกี่ยวกับบัญชีการปลดปล่อยมลพิษที่มีฐานข้อมูลจากปี พ.ศ. 2537 ข้อมูลที่นำมาใช้ในปริญญานิพนธ์มีลักษณะดังนี้

1. ไม่มีข้อมูลของฝุ่นละออง จึงใช้ข้อมูลของฝุ่นรวม (Suspended Particulate Matter: SPM) แทน

2. ไม่มีข้อมูลสารประกอบอินทรีย์ระเหย

3. ข้อมูลแบ่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนกรุงเทพและปริมณฑล (Bangkok Metropolitan Region) และข้อมูลรวมทั้งประเทศ (Whole Thailand)

4. แหล่งกำเนิดในงานวิจัยที่นำมาใช้พิจารณา คือ ส่วนการผลิตรวมกับโรงไฟฟ้า

4.7.3 ฐานข้อมูลของ JICA (Japan International Cooperation Agency) [22]

เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับบัญชีการปลดปล่อยมลพิษที่ก่อให้เกิดฝนกรด ที่มีฐานข้อมูลจากปี พ.ศ. 2546 ข้อมูลที่นำมาใช้ในปริญญานิพนธ์มีลักษณะดังนี้

1. ข้อมูลแบ่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนกรุงเทพและปริมณฑล และข้อมูลรวมทั้งประเทศ

2. สารที่มีข้อมูล มีสองชนิด คือ ซัลเฟอร์ออกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ แต่ไม่มีข้อมูลรวมทั้งประเทศของไนโตรเจนออกไซด์

ซึ่งตารางเปรียบเทียบของข้อมูลจากปริญญานิพนธ์นี้และงานวิจัยอื่นๆ สามารถแสดงดังตารางที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ โดยตารางที่ 4.4 เป็นการเปรียบเทียบปริมาณมลพิษรวมทั้งประเทศ และตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณมลพิษในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยมลพิษรวมทั้งประเทศที่ประเมินได้กับข้อมูลของงานวิจัยต่างๆ (กิโลตันต่อปี)

ชนิดสารมลพิษ	ค่าที่ได้จากงานวิจัย (% ความแตกต่าง)			
	ปริญญานิพนธ์	JICA	TRACE-P	กรมควบคุมมลพิษ
SO_X	2,510	321 (155%)	539 (129%)	1,301 (63%)
NO_X	908		1,197 (17%)	220 (122%)
CO	722		363 (66%)	65 (167%)
VOC	71		3,369 (192%)	
PM_{10}	1,786		28 (194%)	38 (192%)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในระดับประเทศ จากตารางพบว่า

ซัลเฟอร์ออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าสูงกว่าค่าที่คำนวณจากปีฐานที่เก่า อาจเกิดเนื่องจากไม่ได้มีการพิจารณาเกี่ยวกับเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ (Controlled technology) ทำให้ได้ค่าสูงกว่าแหล่งอื่นๆ เป็นจำนวนมาก สำหรับไนโตรเจนออกไซด์ มีค่าใกล้เคียงกับโครงการ TRACE-P และสูงกว่ากรมควบคุมมลพิษซึ่งแสดงว่ามีความน่าเชื่อถือได้ ในกรณีสารประกอบอินทรีย์ระเหย ได้ค่าต่ำกว่าโครงการ TRACE-P มาก เนื่องจากไม่ได้คำนึงถึงการปลดปล่อยจากกระบวนการผลิต ทำให้มีข้อผิดพลาดมาก และฝุ่นละออง ได้ค่าที่สูงกว่าโครงการ TRACE-P และกรมควบคุมมลพิษซึ่งจากงานวิจัยของ Thongboonchoo [23] ได้ทำการทดสอบข้อมูลจากแหล่งทั้งสองข้างต้น พบว่ามีค่าต่ำกว่าความเป็นจริงมาก จึงคาดว่าค่าที่ได้น่าจะมีความใกล้เคียงกับค่าจริงมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามจะต้องมีการทดสอบกับแบบจำลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในเขตกรุงเทพและปริมณฑลที่ประเมินได้กับข้อมูลของงานวิจัยต่างๆ (กิโลตันต่อปี)

ชนิดสารมลพิษ	ค่าที่ได้จากงานวิจัย (% ความแตกต่าง)		
	ปริญญานิพนธ์	กรมควบคุมมลพิษ	JICA
SO_X	232	428 (60%)	101 (123%)
NO_X	84	62 (30%)	50 (51%)
CO	67	20 (105%)	
PM_{10}	165	17 (161%)	

ในกรุงเทพและปริมณฑล เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยมลพิษกับสองแหล่งข้อมูล ดังตารางที่ 4.5 พบว่าซัลเฟอร์ออกไซด์ มีปริมาณการปลดปล่อยสูงกว่าข้อมูลของ JICA แต่ต่ำกว่าของกรมควบคุมมลพิษเล็กน้อย คาดว่าน่าจะเกิดจากความล้าสมัยของข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษและการควบคุมที่ดีขึ้น ทำให้ปริมาณซัลเฟอร์ออกไซด์ถูกปลดปล่อยออกมาน้อยลง ไนโตรเจนออกไซด์ มีปริมาณการปลดปล่อยสูงกว่าทั้งสองแหล่งข้อมูลเล็กน้อย คาร์บอนมอนอกไซด์และฝุ่นละอองสูงกว่ากรมควบคุมมลพิษ ซึ่งจะเห็นว่าข้อมูลในเขตกรุงเทพและปริมณฑลนี้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่นๆ มากกว่า เนื่องจากมีความละเอียดของข้อมูลมากกว่า

โดยเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลทั้งสองตาราง พบว่าข้อมูลจากการประเมินเกือบทุกสารมีค่าการปลดปล่อยมากกว่าข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งมีความเป็นไปได้ เนื่องจากข้อมูลที่ประเมินได้มีความทันสมัยกว่าข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษที่ได้ประเมินไว้เมื่อ 11 ปีที่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การประเมินมลพิษจากสาขาอุตสาหกรรมในปริญญานิพนธ์นี้ ใช้การประเมินจากการใช้พลังงานที่เกิดจากการสันดาปของเชื้อเพลิง เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลในส่วนของกระบวนการผลิตได้ โดยรวบรวมข้อมูลกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงมาจาก ข้อมูลการใช้พลังงานจากการใช้เชื้อเพลิงของโรงงานควบคุม ปี พ.ศ. 2548 จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และรวบรวมข้อมูลค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจาก 3 แหล่ง คือ ซอฟท์แวร์ ICLEI-HEAT ซอฟท์แวร์ CACP และโครงการ How Product Impact Natural System ส่วนค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษที่เกิดในภาคกระบวนการผลิตยังมีจำกัด เพราะเอกสาร AP-42 ของ US-EPA ก็มีไม่ครบทุกสาขาทางอุตสาหกรรม จึงไม่นำมาประกอบในการพิจารณาในปริญญานิพนธ์นี้

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. จากข้อมูลการใช้พลังงานของทุกสาขาทางเศรษฐกิจพบว่ากลุ่มการผลิตไฟฟ้า โรงแยกแก๊สและการผลิตน้ำประปา มีการใช้พลังงานสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 58 รองมาเป็นกลุ่มอาหาร เครื่องดื่มและใบยาสูบร้อยละ 12 กลุ่มอโลหะร้อยละ 10 กลุ่มอุตสาหกรรมเคมีร้อยละ 9 กลุ่มโลหะมูลฐานร้อยละ 4 กลุ่มสิ่งทอและกระดาษร้อยละ 3 กลุ่มผลิตภัณฑ์โลหะ เครื่องจักรร้อยละ 1 กลุ่มไม้ กลุ่มหิน ดิน ทราย และกลุ่มอื่นๆ เป็นกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานน้อยมากเมื่อเทียบกับทุกกลุ่ม

2. จากข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม พบว่ามีการใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด 47 ชนิด เมื่อนำมาจัดรวมเป็น 5 กลุ่มพบว่ามีสัดส่วนของการใช้เชื้อเพลิงกลุ่มแก๊สธรรมชาติสูงที่สุด คือ ร้อยละ 55 รองลงมา คือ กลุ่มถ่านหินร้อยละ 22 ส่วนกลุ่มพลังงานหมุนเวียน น้ำมันสำเร็จรูป และไอน้ำร้อยละ 13, 8 และ 2 ตามลำดับ

3. จากการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยมลพิษในแต่ละภูมิภาคของประเทศ พบว่า ภาคเหนือมีการปลดปล่อยสารมลพิษทุกชนิดมากที่สุด ทุกชนิดรวมกันได้ร้อยละ 36 รองมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 22 ส่วนภาคกลาง ภาคใต้ เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และภาคตะวันออก มีสัดส่วนของการปลดปล่อยมลพิษเป็นร้อยละ 18, 10, 9 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งมลพิษที่เกิดในภูมิภาคต่างๆ ส่วนใหญ่มาจากอุตสาหกรรมกลุ่มการผลิตไฟฟ้า โรงแยกแก๊สและการผลิตน้ำประปา

4. จากการประเมินปริมาณสารมลพิษที่เกิดขึ้นทั้งประเทศ พบว่า ซัลเฟอร์ออกไซด์มีปริมาณการปลดปล่อยสูงสุดถึง 2,510 กิโลตันต่อปี รองลงมาเป็นฝุ่นละออง1,786 กิโลตันต่อปี ไนโตรเจนออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ 908 กิโลตันต่อปี 722 กิโลตันต่อปี ตามลำดับ และสารประกอบอินทรีย์ระเหยมีการปลดปล่อยน้อยที่สุด คือ 71 กิโลตันต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การเปรียบเทียบผลการประเมินกับงานวิจัยอื่นๆ 4 ข้อมูล คือ ฐานข้อมูลจากโครงการ TRACE-P ขององค์การนาซ่า ฐานข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ และฐานข้อมูลของ JICA ซึ่งแบ่งผลการประเมินเป็นสองส่วน คือ ระดับประเทศ และระดับกรุงเทพและปริมณฑล โดยผลการเปรียบเทียบข้อมูลทั้งสองตาราง พบว่าข้อมูลจากการประเมินเกือบทุกสารมีค่าการปลดปล่อยมากกว่าข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งมีความเป็นไปได้ เนื่องจากข้อมูลที่ประเมินได้มีความทันสมัยกว่าข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษที่ได้ประเมินไว้เมื่อ 11 ปีที่แล้ว และสามารถเปรียบเทียบทีละส่วนได้ดังนี้

5.1 ระดับประเทศ พบว่าซัลเฟอร์ออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และฝุ่นละอองมีค่าสูงกว่าค่าที่คำนวณจากปีฐานที่เก่า ซึ่งอาจเกิดจากไม่ได้มีการพิจารณาเกี่ยวกับเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ ส่วนไนโตรเจนออกไซด์ มีความน่าเชื่อถือได้เพราะมีค่าใกล้เคียงกับโครงการ TRACE-P และสูงกว่ากรมควบคุมมลพิษ ในกรณีสารประกอบอินทรีย์ระเหย ได้ค่าต่ำกว่าโครงการ TRACE-P มาก เนื่องจากไม่ได้คำนึงถึงการปลดปล่อยจากกระบวนการผลิต อย่างไรก็ตามจะต้องมีการทดสอบกับแบบจำลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

5.2 ระดับกรุงเทพและปริมณฑล มีความละเอียดของข้อมูลมากกว่า ทำให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่นๆ มากกว่าในระดับประเทศ ยกเว้น ซัลเฟอร์ออกไซด์ที่มีค่าต่ำกว่ากรมควบคุมมลพิษเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากความล้าสมัยของข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษและการควบคุมที่ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรรวบรวมข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมให้มากที่สุด เพื่อให้การประเมินการปลดปล่อยมลพิษมีความละเอียดยิ่งขึ้น และควรตรวจสอบความถูกต้องก่อนทำการประเมิน

2. ควรเลือกข้อมูลค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษของประเทศที่มีลักษณะทางกายภาพ และภูมิประเทศที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด และควรประเมินในส่วนของกระบวนการผลิต เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูล

3. ในการประเมิน ควรพิจารณาเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ (Controlled technology) ด้วย

4. ควรตรวจสอบค่าที่ประเมินได้ด้วยการทำแบบจำลองการปลดปล่อยมลพิษ เพื่อดูความน่าเชื่อถือของข้อมูล

5. ควรทำข้อมูลให้อยู่ในรูปพิกัดเชิงภูมิศาสตร์ เพื่อศึกษาการกระจายของมลพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การแบ่งประเภทอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งประเภทอุตสาหกรรม

โครงงานพิเศษนี้ได้จัดแบ่งโรงงานอุตสาหกรรมออกเป็นกลุ่มย่อย โดยแบ่งตามรหัสมาตรฐานอุตสาหกรรม (Thai Standard Industry Classification: TSIC) ของกระทรวงอุตสาหกรรมซึ่งประกอบด้วยกลุ่ม อุตสาหกรรมการผลิต จำนวน 10 กลุ่ม (รหัสกลุ่ม 29-39) และกลุ่มการผลิตไฟฟ้า โรงแยกแก๊สและการผลิตน้ำประปา อีก 2 กลุ่ม (รหัสกลุ่ม 41-42) โดยแต่ละกลุ่มมีรายละเอียดดังนี้

ก-1. กลุ่มหิน กรวด ทราย (รหัสกลุ่ม 29)

ประกอบด้วยอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการทำเหมืองแร่ การขุดแร่ หรือโดยวิธีการอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการขุดอโลหะ ยกเว้นถ่านลิกไนต์ การขึ้นรูป การย่อย การบด และการกระทำอย่างอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยการทำเหมืองหิน (29011) และการทำเหมืองแร่ - เหมืองหินอื่นๆ (29099)

ก-2. กลุ่มอาหาร เครื่องดื่มและใบยาสูบ (รหัสกลุ่ม 31)

ประกอบด้วยอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการผลิตอาหาร เครื่องดื่ม เพื่อการบริโภคของมนุษย์ การผลิตอาหารสัตว์สำเร็จรูป และการผลิตผลิตภัณฑ์ยาสูบ การรูดก้านใบยาสูบและการอบใบยาสูบ ประกอบด้วย ทุกอุตสาหกรรมในหมวดนี้ ยกเว้น การผลิตน้ำปลา(31142) การผลิตขนมปังกรอบ (31172) และการบ่มใบยาสูบ(31411)

ก-3. กลุ่มสิ่งทอ (รหัสกลุ่ม 32)

ประกอบด้วยอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการปั่น การทอ และการแต่งสำเร็จสิ่งทอสิ่งถัก การถัก การผลิตพรม เครื่องลาดปูเสื่อ เชือกสายระโยงระยาง เชือกเส้นใหญ่ แห อวน เครื่องแต่งกาย และสินค้าสิ่งทอสิ่งถักสำเร็จรูปซึ่งทำจากวัสดุ การฟอกหนังสัตว์ การแต่งสำเร็จหนังสัตว์ การผลิตรองเท้าหนังสัตว์ และการผลิตผลิตภัณฑ์จากหนังสัตว์หรือหนังเทียม ประกอบด้วย ทุกอุตสาหกรรมในหมวดนี้ ยกเว้น การปั่น การทอและการแต่งสำเร็จสิ่งทอสิ่งถัก(32110)

ก-4. กลุ่มไม้ (รหัสกลุ่ม 33)

ประกอบด้วยอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการเลื่อยไม้และการไสไม้ ไม้อัด แผ่นไม้บาง เครื่องไม้ก่อสร้าง อาคาร ภาชนะไม้ เครื่องเรือนและสิ่งที่ติดตั้งอยู่กับที่ ประกอบด้วย ทุกอุตสาหกรรมในหมวดนี้ ยกเว้น การผลิตเครื่องเรือนที่ทำด้วยหวาย(33202)

ก-5. กลุ่มกระดาษ (รหัสกลุ่ม 34)

ประกอบด้วยอุตสาหกรรมเกี่ยวกับผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษแข็ง การพิมพ์ด้วยกรรมวิธีตั้งแต่หนึ่งอย่างขึ้นไป การเข้าเล่มหนังสือ บริการที่ให้แก่อุตสาหกรรมการพิมพ์ ประกอบด้วย ทุกอุตสาหกรรมในหมวดนี้ ยกเว้น การทำกระดาษด้วยมือ(34113)

ก-6. กลุ่มเคมี (รหัสกลุ่ม 35)

ประกอบด้วยอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการผลิตอินทรีย์เคมีภัณฑ์และอนินทรีย์เคมีภัณฑ์ ขั้นอุตสาหกรรมพื้นฐาน ปุ๋ย ยาปราบศัตรูพืช ยางสนสังเคราะห์ วัสดุพลาสติกและการผลิตเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประดิษฐ์ สีทา น้ำมัน ชักเงาและแลกเกอร์ ยารักษาโรค สบู่และเคมีภัณฑ์ที่ใช้สำหรับรักษาความสะอาด น้ำหอม เครื่องสำอางค์และเครื่องหอมอื่นๆ และผลิตภัณฑ์จากเคมีภัณฑ์อื่นๆ เช่น วัตถุระเบิดและกระสุนปืน ไม้ขีดไฟ เทียนไข ธูปและผลิตภัณฑ์ของหอมอื่นๆ น้ำยาขัดมันหนัง ฯลฯ ประกอบด้วย ทุกอุตสาหกรรมในหมวดนี้ ยกเว้น การผลิตถ่าน(35112) การผลิตวัตถุระเบิดและกระสุน(35291) การผลิตของหอม(35293) การผลิตไม้ขีดไฟ(35294) และการผลิตผลิตภัณฑ์เคมีอื่นๆ(35999)

ก-7. กลุ่มอโลหะ (รหัสกลุ่ม 36)

ประกอบด้วยอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการผลิตเครื่องดินเผา แก้ว ผลิตภัณฑ์จากดินที่ใช้ก่อสร้าง เช่น อิฐและกระเบื้องมุงหลังคา ซีเมนต์ ปูนขาว และปูนปลาสเตอร์ ผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ ยิปซั่มและจากแร่อโลหะซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่น

ก-8. กลุ่มโลหะมูลฐาน (รหัสกลุ่ม 37)

ประกอบด้วยอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กและเหล็กกล้ามูลฐาน ซึ่งประกอบด้วยกรรมวิธีทุกขั้นตอนนับตั้งแต่การถลุงด้วยเตาถลุงแร่แบบพ่นลม จนถึงขั้นกึ่งสำเร็จรูปในโรงรีดและโรงหล่อ

ก-9. กลุ่มผลิตภัณฑ์โลหะ เครื่องจักรและอุปกรณ์ (รหัสกลุ่ม 38)

ประกอบด้วยอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะ เช่น เครื่องตัด เครื่องมือ เครื่องใช้ที่ทำด้วยเหล็กและเหล็กกล้าทั่วไป เครื่องเรือนและเครื่องติดตั้งซึ่งส่วนใหญ่ทำด้วยโลหะ ผลิตภัณฑ์ที่โครงสร้างเป็นโลหะและผลิตภัณฑ์โลหะซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ที่อื่น เครื่องจักรมิใช่เครื่องจักรไฟฟ้า เครื่องมือ เครื่องใช้และอุปกรณ์การขนส่ง ประกอบด้วย ทุกอุตสาหกรรมในหมวดนี้ ยกเว้น การต่อและการซ่อมเรือที่ทำด้วยไม้(38412) การต่อและการซ่อมเรือประเภทอื่น(38413) การรื้อทำลายเรือ(38414) การต่อและการซ่อมเรืออื่นๆ ซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่น(38419) และการผลิตอุปกรณ์การขนส่งซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่น(38490)

ก-10. กลุ่มผลิตภัณฑ์อื่นที่ไม่จัดเข้ากลุ่มใด (รหัสกลุ่ม 39)

ประกอบด้วยอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์อื่น นอกเหนือจากกลุ่มที่ได้กล่าวไว้แล้ว ประกอบด้วยทุกอุตสาหกรรมในหมวดนี้ ยกเว้น การผลิตเครื่องเงินและเครื่องถม(39013) และการผลิตเครื่องดนตรี(39020)

ก-11. กลุ่มการผลิตไฟฟ้า (รหัสกลุ่ม 41)

ประกอบด้วยอุตสาหกรรมการผลิต การส่ง และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ประชาชนทั่วไป การผลิตแก๊สในโรงงานผลิตแก๊ส และการจำหน่ายแก๊สที่ผลิตได้หรือแก๊สธรรมชาติให้แก่ประชาชนทั่วไป ประกอบด้วย การผลิตพลังงานไฟฟ้า(41011) การจำหน่ายพลังไฟฟ้า(41012) และการผลิตและจำหน่ายแก๊ส(41020)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-12. กลุ่มการประปา (รหัสกลุ่ม 42)

ประกอบด้วยอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับการทำน้ำให้บริสุทธิ์และจ่ายหรือจำหน่ายแก่ผู้ใช้ตามบ้านเรือน สถานประกอบการอุตสาหกรรม สถานประกอบการพานิชยกรรม และกิจการสาธารณประโยชน์ ประกอบด้วย การประปา(42000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษ
จากกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ประเภทอุตสาหกรรม	TSIC Id	ประกอบการ	EMISSION FACTOR					SOURCE
			PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO	
หิน กรวด ดิน ทราย	29011	การทำเหมืองหิน	0.12 Lbs/Ton-Years Stored	-999	-999	-999	-999	
			5 Lbs/ Tons Dried	-999	-999	-999	-999	EIIP Stone Quarrying - Processing
	29099	การทำเหมืองแร่และเหมืองอื่นๆ	38.773 Lbs/ Ton processed	-999	1.6 Lbs/ Ton process	0.004 Lbs/ Ton process	-999	EIIP Metal Mining (General Processes) - 1011, 1099
อาหาร เครื่องดื่ม และยาสูบ	31111	การฆ่าสัตว์	-999	-999	-999	-999	-999	
	31112	การทำเนื้อกระป๋อง	-999	-999	-999	-999	-999	
	31119	การผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อื่นๆ	-999	-999	-999	-999	-999	
	31121	การผลิตน้ำนมและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำนม	-999	-999	-999	-999	-999	
	31122	โรงผลิตน้ำนม	-999	-999	-999	-999	-999	
	31123	การผลิตไอศครีม	-999	-999	-999	-999	-999	
	31131	การทำผลไม้และผักกระป๋อง	-999	-999	-999	-999	-999	

-999 คือ ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ข-1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ประเภทอุตสาหกรรม	TSIC Id	ประกอบการ	EMISSION FACTOR					SOURCE
			PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO	
	31132	การผลิตซีอิ้วและเต้าหู้	2.687 Lbs/ Ton processed	-999	-999	0.193 gal/ Ton process	-999	AP-42 section9.11.1 table4-5,6
	31139	การทำผลไม้และผักกระป๋อง กับการเก็บถนอมผลไม้และผักด้วยวิธีอื่นๆ	-999	-999	-999	-999	-999	
	31141	การทำปลากระป๋อง	-999	-999	-999	-999	-999	
	31149	การทำอาหารกระป๋อง การเก็บถนอมและแปรรูปอาหารจำพวกปลา กุ้ง และอาหารทะเลอื่นๆ	-999	-999	-999	-999	-999	
	31151	การผลิตน้ำมันและไขมัน	-999	-999	-999	18.33 Lbs/Ton produced	-999	EIIP Vegetable Oil Processing - 2046, 2074, 2076, 2079
	31152	การผลิตมาร์การีน	-999	-999	-999	-999	-999	
	31161	โรงสีข้าว	0.0312 Lbs/ Ton process	-999	-999	-999	-999	AP-42, EIIP 3-02-007-73 Rice: Drying
	31162	การอบข้าวโพด	-999	-999	-999	-999	-999	
	31163	โรงงานทำแป้งจากธัญญพืช	-999	-999	-999	-999	-999	AP-42 section9.9.1 table4-3
	31164	โรงงานทำแป้งมันสำปะหลัง	-999	-999	-999	-999	-999	AP-42 section9.9.1 table4-3

-999 คือ ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ข-1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ประเภทอุตสาหกรรม	TSIC Id	ประกอบการ	EMISSION FACTOR					SOURCE
			PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO	
	31169	การผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ จากธัญญพืช	-999	-999	-999	-999	-999	
	31171	โรงงานทำขนมปัง	-999	-999	-999	-999	-999	
	31173	การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว และผลิตภัณฑ์ที่คล้ายกัน	-999	-999	-999	-999	-999	
	31181	โรงงานทำน้ำตาล	-999	0.41 Lbs/Tons Raw Beets Processed	0.2 Lbs/Tons Raw Beets Processed	0.06 Lbs/Tons Raw Beets Processed	-999	EIIP Sugar Beet Processing - 2063
	31182	โรงงานทำน้ำตาลบริสุทธิ์	-999	0.41 Lbs/Tons Raw Beets Processed	0.2 Lbs/Tons Raw Beets Processed	0.06 Lbs/Tons Raw Beets Processed	-999	EIIP Sugar Beet Processing - 2063
	31190	การผลิตโกโก้ ชอกโกแลท และขนมชนิดเคลือบและมีไส้เป็นน้ำตาล	-999	-999	-999	-999	-999	
	31211	การผลิตแป้ง	-999	-999	-999	-999	-999	
	31212	การผลิตน้ำแข็ง	-999	-999	-999	-999	-999	AP-42 section9.9.1 table4-3
	31213	การผลิตผงชูรส	-999	-999	-999	-999	-999	
	31219	การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ	-999	-999	-999	-999	-999	AP-42 section9.9.1 table4-3

-999 คือ ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ข-1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ประเภทอุตสาหกรรม	TSIC Id	ประกอบการ	EMISSION FACTOR					SOURCE
			PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO	
	31220	การผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่น	-999	-999	-999	-999	-999	
	31310	การต้ม การกลั่น และการผสมสุรา	-999	-999	-999	7.02 Lbs/1000 Gallons Produced	-999	EIIP Wines, Brandy, and Brandy Spirits - 2084
	31320	อุตสาหกรรมสุราผลไม้	-999	-999	-999	7.02 Lbs/1000 Gallons Produced	-999	EIIP Wines, Brandy, and Brandy Spirits - 2085
	31330	โรงทำเบียร์	0.99 Lbs/Ton produced	-999	-999	110.349 Lbs/1000 Barrels Packaged	0.22 Lbs/Ton produced	EIIP Beer Production - 2082
	31340	อุตสาหกรรมเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์และน้ำอัดลม	-999	-999	-999	-999	-999	
	31412	การอบใบยาสูบ	-999	0.48 Lbs/Ton Produced	-999	0.34 Lbs/Ton Produced	-999	EIIP Tobacco Processing - 2111, 2121, 2131, 2141

-999 คือ ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ข-1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ประเภทอุตสาหกรรม	TSIC Id	ประกอบการ	EMISSION FACTOR					SOURCE
			PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO	
สิ่งทอ	32113	การปั่นฝ้าย และเส้นใยประดิษฐ์	-999	-999	-999	-999	-999	
	32114	การทอผ้าไหม	-999	-999	-999	-999	-999	
	32115	การทอผ้าด้วยใยฝ้ายและเส้นใยประดิษฐ์	-999	-999	-999	-999	-999	
	32116	โรงงานทอกระสอบ	-999	-999	-999	-999	-999	
	32117	การพิมพ์สิ่งทอสิ่งถัก	-999	-999	-999	-999	-999	
	32118	การแต่งสำเร็จสิ่งทอสิ่งถัก	-999	-999	-999	-999	-999	
	32119	การปั่นและทออื่นๆ	-999	-999	-999	-999	-999	
	32120	การผลิตสินค้าสิ่งทอสิ่งถักสำเร็จรูป ยกเว้นเครื่องแต่งกาย	-999	-999	-999	-999	-999	
	34190	การผลิตสิ่งของจากเยื่อกระดาษ กระดาษ และกระดาษแข็ง ซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่น	-999	-999	-999	-999	-999	
	34201	การพิมพ์และการพิมพ์โฆษณาหนังสือพิมพ์	0.18 Lbs/Tons Melted	-999	-999	-999	-999	EIIP Printing and Publishing
	34207	การพิมพ์	0.18 Lbs/Tons Melted	-999	-999	-999	-999	EIIP Printing and Publishing

-999 คือ ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ข-1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ประเภทอุตสาหกรรม	TSIC Id	ประกอบการ	EMISSION FACTOR					SOURCE
			PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO	
เคมี	35111	การผลิตเคมีภัณฑ์ขั้นอุตสาหกรรมมูลฐานและปุ๋ย	28.438 Lbs/Tons produced	-999	-999	6.293 Lbs/Tons produced	-999	EIIP Urea Production - 2873
	35120	การผลิตปุ๋ยและ	28.438 Lbs/Tons produced	-999	-999	6.293 Lbs/Tons produced	-999	EIIP Urea Production - 2873
		ยาปราบศัตรูพืช	-999	-999	-999	0.01 Lbs/Gallons Produced	-999	EIIP Pesticides - 2879
	35130	การผลิตยางสนสังเคราะห์	-999	-999	-999	28.68 Lbs/Tons produced	-999	EIIP Synthetic Rubber (Manufacturing Only) - 2822
		วัสดุพลาสติก	26.32 Lbs/Tons produced	1 Lbs/Tons produced	-999	332.47 Lbs/Tons produced	-999	EIIP Plastics Production - 2821
		และเส้นใยประดิษฐ์ ยกเว้นแก้ว	33.32 Lbs/Tons produced	-999	-999	82.8 Lbs/Tons produced	-999	EIIP Synthetic Organic Fiber Manufacturing - 2824

-999 คือ ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ข-1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ประเภทอุตสาหกรรม	TSIC Id	ประกอบการ	EMISSION FACTOR					SOURCE
			PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO	
	35150	การผลิตพลาสติก	26.32 Lbs/Tons produced	1 Lbs/Tons produced	-999	333.47 Lbs/Tons produced	-999	EIIP Plastics Production - 2821
	35210	การผลิตสีทา	17 Lbs/Tons produced	-999	-999	30 Lbs/Tons produced	-999	EIIP Paint Manufacture - 2851
		น้ำมันชักเงา และแลกเกอร์	-999	-999	-999	370 Lbs/Tons produced	-999	EIIP Varnish Manufacturing - 2851
	35220	การผลิตยารักษาโรค	-999	-999	-999	-999	-999	
	35231	การผลิตสบู่ และเคมีภัณฑ์ที่ใช้สำหรับรักษาความสะอาด	-999	-999	-999	0.05 Lbs/Tons produced	-999	EIIP Cleaning Chemicals - 2841, 2842
	35232	การผลิตน้ำหอม เครื่องสำอาง และเครื่องหอมอื่นๆ	-999	-999	-999	-999	-999	
	35292	การผลิตกาว	-999	-999	-999	-999	-999	
	35299	การผลิตผลิตภัณฑ์เคมีอื่นๆ	-999	-999	-999	-999	-999	
	35300	โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม	-999	-999	-999	-999	-999	

-999 คือ ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ข-1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ประเภทอุตสาหกรรม	TSIC Id	ประกอบการ	EMISSION FACTOR					SOURCE
			PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO	
	35400	การผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ จากน้ำมันปิโตรเลียมและถ่านหิน	-999	-999	-999	-999	-999	
	35510	อุตสาหกรรมยางนอกและยางใน	-999	-999	-999	673.1 Lbs/1000 Each Produced	-999	EIIP Tire Manufacture - 3011
	35591	การผลิตยางแผ่นเตรปและยางก้อน	-999	-999	-999	28.68 Lbs/Tons produced	-999	EIIP Synthetic Rubber (Manufacturing Only) - 2822
	35592	การผลิตรองเท้ายาง	-999	-999	-999	28.68 Lbs/Tons produced	-999	EIIP Synthetic Rubber (Manufacturing Only) - 2822
	35599	การผลิตผลิตภัณฑ์ยางอื่นๆ	-999	-999	-999	28.68 Lbs/Tons produced	-999	EIIP Synthetic Rubber (Manufacturing Only) - 2822
	35601	การผลิตภาชนะพลาสติก	26.32 Lbs/Tons produced	1 Lbs/Tons produced	-999	332.47 Lbs/Tons produced	-999	EIIP Plastics Production - 2821

-999 คือ ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ข-1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ประเภทอุตสาหกรรม	TSIC Id	ประกอบการ	EMISSION FACTOR					SOURCE
			PM_{10}	SO_X	NO_X	VOC	CO	
	35609	การผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกอื่นๆ	26.32 Lbs/Tons produced	1 Lbs/Tons produced	-999	333.47 Lbs/Tons produced	-999	EIIP Plastics Production - 2821
อโลหะ	36100	การผลิตเครื่องดินเผา	13.774 Lbs/Tons produced	6.46 Lbs/Tons produced	7.488 Lbs/Tons produced	0.389 Lbs/Tons produced	8.03 Lbs/Tons produced	EIIP Brick Manufacture
	36200	การผลิตแก้วและผลิตภัณฑ์แก้ว	19.72 Lbs/Tons processed	17.6 Lbs/Tons processed	31.2 Lbs/Tons processed	18.6 Lbs/Tons processed	0.5 Lbs/Tons processed	EIIP Glass Manufacture
	36910	การผลิตผลิตภัณฑ์จากดินที่ใช้กับงานก่อสร้าง	-999	-999	0.031 Lbs/Tons produced	-999	-999	EIIP Industrial Sand and Gravel
	36921	การผลิตซีเมนต์	138.54 Lbs/Tons produced	1.65 Lbs/ Tons produced	9 Lbs/Tons produced	-999	4.68 Lbs/Tons produced	EIIP Cement Manufacturing (Dry Process)
			108 Lbs/Tons Cement Produced	10.8 Lbs/ Tons Cement Produced	6 Lbs/Tons Clinker Produced	-999	0.21 Lbs/Tons Clinker Produced	

-999 คือ ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ข-1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ประเภทอุตสาหกรรม	TSIC Id	ประกอบการ	EMISSION FACTOR					SOURCE
			PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO	
	36922	การผลิตปูนขาวและปูนปลาสเตอร์	48.75 Lbs/Tons produced	14.91 Lbs/ Tons produced	5.75 Lbs/Tons produced	0.02 Lbs/Tons produced	2 Lbs/Tons produced	EIIP Lime Manufacture
			51.6 Lbs/Tons Manufactured	5.4 Lbs/Tons Manufactured	6.84 Lbs/Tons Manufactured	-999	4.98 Lbs/Tons Manufactured	
	36991	การผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีต	-999	-999	-999	-999	-999	
	36992	การผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์แอสเบสทอส	-999	-999	-999	-999	-999	EIIP Asbestos Milling
	36999	การผลิตผลิตภัณฑ์แร่อโลหะ ซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ที่อื่น	-999	-999	-999	-999	-999	
โลหะมูลฐาน	37110	โรงงานผลิตเหล็กและเหล็กกล้า และโรงรีดเหล็ก	75.14 Lbs/Tons produced	2.94 Lbs/Tons produced	3.35 Lbs/Tons produced	1.564 Lbs/Tons produced	312 Lbs/Tons produced	EIIP Steel Manufacturing
	37120	โรงหล่อเหล็กและโรงหล่อเหล็กกล้า	50.71 Lbs/Tons processed	325.22 Lbs/Tons processed	82.92 Lbs/Tons processed	6.13 Lbs/Tons processed	-999	EIIP Steel Foundries
	37200	อุตสาหกรรมขั้นมูลฐานสำหรับโลหะที่มิใช่เหล็ก	-999	-999	-999	-999	-999	

-999 คือ ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ข-1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ประเภทอุตสาหกรรม	TSIC Id	ประกอบการ	EMISSION FACTOR					SOURCE
			PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO	
ผลิตภัณฑ์โลหะเครื่องจักร	38110	การผลิตเครื่องตัด เครื่องมือและเครื่องใช้ที่ทำด้วยเหล็กและเหล็กกล้าทั่วไป	-999	-999	-999	-999	-999	
	38120	การผลิตเครื่องเรือนและเครื่องติดตั้งซึ่งทำด้วยโลหะเป็นส่วนใหญ่	-999	-999	-999	-999	-999	
	38130	การผลิตผลิตภัณฑ์โลหะซึ่งใช้ในการก่อสร้างหรือติดตั้ง	-999	-999	-999	-999	-999	
	38191	การผลิตกระป๋องโลหะและภาชนะบรรจุสิ่งของ	-999	-999	-999	-999	-999	
	38192	การผลิตลวดและผลิตภัณฑ์จากลวด	-999	-999	-999	-999	-999	
	38198	บริการการเคลือบ การแกะสลักและบริการที่เกี่ยวเนื่องกัน	-999	-999	-999	-999	-999	
	38199	การผลิตผลิตภัณฑ์โลหะซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่น	-999	-999	-999	-999	-999	
	38210	การผลิตเครื่องยนต์และเครื่องกังหัน	-999	-999	-999	-999	-999	
	38220	การผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ทางเกษตรกรรม	-999	-999	-999	-999	-999	
	38230	การผลิตเครื่องจักรที่ใช้ประดิษฐ์เครื่องไม้และเครื่องโลหะ	-999	-999	-999	-999	-999	

-999 คือ ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ข-1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ประเภทอุตสาหกรรม	TSIC Id	ประกอบการ	EMISSION FACTOR					SOURCE
			PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO	
	38240	การผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์พิเศษสำหรับงานอุตสาหกรรม ยกเว้นเครื่องจักรที่ใช้ประดิษฐ์เครื่องไม้และเครื่องโลหะ	-999	-999	-999	-999	-999	
	38250	การผลิตเครื่องจักรสำนักงาน เครื่องคำนวณและเครื่องทำบัญชี	-999	-999	-999	-999	-999	
	38291	การผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ในครัวเรือน	-999	-999	-999	-999	-999	
	38292	การผลิตเครื่องปรับอากาศ	-999	-999	-999	-999	-999	
	38298	โรงซ่อมเครื่องจักร	-999	-999	-999	-999	-999	
	38299	การผลิตเครื่องจักรชนิดอื่นๆยกเว้นเครื่องไฟฟ้า	-999	-999	-999	-999	-999	
	38310	การผลิตเครื่องจักรและเครื่องมือไฟฟ้าสำหรับงานอุตสาหกรรม	-999	-999	-999	-999	-999	
	38320	การผลิตอุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยุ โทรทัศน์และการคมนาคม	-999	-999	-999	-999	-999	
	38330	การผลิตเครื่องใช้และเครื่องใช้ในบ้านที่ใช้ไฟฟ้า	-999	-999	-999	-999	-999	
	38391	การผลิตลวดและสายเคเบิลชนิดหุ้มฉนวน	-999	-999	-999	-999	-999	
	38392	การผลิตหม้อกำเนิดไฟฟ้าและหม้อเก็บไฟฟ้า	-999	-999	-999	-999	-999	
	38393	การผลิตหลอดไฟฟ้า	-999	-999	-999	-999	-999	EIIP Light Bulb Manufacture
	38399	การผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ที่ใช้ไฟฟ้าอื่นๆ	-999	-999	-999	-999	-999	

-999 คือ ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ข-1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ประเภทอุตสาหกรรม	TSIC Id	ประกอบการ	EMISSION FACTOR					SOURCE
			PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO	
	38411	การต่อและการซ่อมเรือที่ทำด้วยเหล็กกล้า	-999	-999	-999	-999	-999	EIIP Boat Manufacturing
	38420	การผลิตอุปกรณ์รถไฟ	-999	-999	-999	-999	-999	
	38431	การประกอบรถยนต์	-999	-999	-999	18.7 Lbs/ton Prime Coating: Solvent-borne - Automobiles Guide Coating: Solvent-borne - Automobiles	-999	EIIP PETROLEUM AND SOLVENT EVAPORATION - Surface Coating Operations-Automobiles and Light Trucks
	38432	การผลิตตัวถังรถยนต์	-999	-999	-999	-999	-999	
	38439	อุตสาหกรรมยานยนต์อื่นๆ	-999	-999	-999	-999	-999	
	38440	การผลิตจักรยานยนต์ จักรยานสามล้อ และจักรยานสองล้อ	-999	-999	-999	-999	-999	
	38450	การผลิตอากาศยาน	-999	-999	-999	4000 Lbs/Tons Used	-999	EIIP PETROLEUM AND SOLVENT EVAPORATION - Surface Coating Operations-Large Aircraft
	38500	การผลิตอุปกรณ์เกี่ยวกับ การวัดและการควบคุม สำหรับงานวิชาชีพและงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งนิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่น และการผลิตเครื่องมือเครื่องใช้เกี่ยวกับการถ่ายภาพและสายตา	-999	-999	-999	-999	-999	

-999 คือ ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ ข-1 ค่าปัจจัยการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการผลิต

ประเภทอุตสาหกรรม	TSIC Id	ประกอบการ	EMISSION FACTOR					SOURCE
			PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO	
อุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ	39012	การผลิตเครื่องประดับเพชรพลอย	-999	-999	-999	-999	-999	
	39030	การผลิตเครื่องกีฬา	-999	-999	-999	-999	-999	
	39090	อุตสาหกรรมโรงงานซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่น	-999	-999	-999	-999	-999	

-999 คือ ไม่มีข้อมูล

ภาคผนวก ค.

สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม

ชนิดพลังงาน	ปริมาณการใช้พลังงาน (toe)	สัดส่วนการใช้พลังงาน
Agricultural waste	183,945.20	0.0049
Black liquor	304,368.36	0.0080
coke	25,465.06	0.0007
Fuel Gas	303,001.17	0.0080
Garbage	3,987.71	0.0001
Pentane	0.07	0.0000
Sludge	21,625.16	0.0006
Torch Oil	2,035.88	0.0001
เซลล์แก๊ส	3,182.45	0.0001
เชื้อเพลิง RV	422,216.41	0.0112
เชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากกระบวนการผลิต	363,606.95	0.0096
เบนซิน	3,184.43	0.0001
เปลือกไม้	95,872.02	0.0025
แกลบ	274,167.01	0.0072
แอนทราไซด์	2,122.47	0.0001
แอล พี จี	10,486.85	0.0003
โพรเพน	3,031.72	0.0001
ไอน้ำ	286,552.51	0.0076
ไอน้ำแรงดันปานกลาง	76,735.59	0.0020
ไอน้ำแรงดันสูง	234,120.65	0.0062
ไฮโดรเจน	4,032.20	0.0001
แก๊สธรรมชาติ	19,721,732.37	0.5210
แก๊สธรรมชาติจากโรงแยก(dry)	3.46	0.0000
แก๊สปิโตรเลียมเหลว(LPG)	308,126.62	0.0081
ขี้เลื่อย	561,924.00	0.0148
ชานอ้อย	3,132,736.80	0.0828

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม (ต่อ)

ชนิดพลังงาน	ปริมาณการใช้พลังงาน (toe)	สัดส่วนการใช้พลังงาน
ซังข้าวโพด	21,896.77	0.0006
ถ่าน	29,354.40	0.0008
ถ่านหิน (Coke)	159,397.38	0.0042
ถ่านหินนำเข้า	2,712,562.10	0.0717
น้ำ	0.00	0.0000
น้ำมันเตา	1,580,929.20	0.0418
น้ำมันเตา 2000	4,109.26	0.0001
น้ำมันเตา 1200	1,522.58	0.0000
น้ำมันเตา 1500	907,985.25	0.0240
น้ำมันเตา 600	107,702.23	0.0028
น้ำมันก๊าด (Kerosene)	1,061.77	0.0000
น้ำมันดีเซล	167,592.79	0.0044
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม	72,102.05	0.0019
ฝุ่นไม้	23,597.22	0.0006
ฟืน	117,793.84	0.0031
ลิกไนท์ แจ้คอน	324,024.04	0.0086
ลิกไนท์แม่เมาะ	4,236,858.60	0.1119
ลิกไนท์ลี้	1,972.52	0.0001
ลิกไนท์อื่นๆ	1,033,482.87	0.0273
ออกซิเจนเหลว	0.00	0.0000
อะเซทะลีน	554.31	0.0000
รวม	37,852,762.34	1.00000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
แแบบส่งข้อมูลการผลิต การใช้พลังงาน และการอนุรักษ์พลังงาน สำหรับโรงงานควบคุม (แบบ บพร.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บพร.๑

แบบส่งข้อมูลการผลิต การใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน

(สำหรับโรงงานควบคุม)

ประจำเดือน .....พ.ศ. .....ถึงเดือน .....พ.ศ. .....

ส่วนที่ ๑ ข้อมูลทั่วไป

๑.๑ ชื่อโรงงาน .....

๑.๒ ที่ตั้งโรงงาน

เลขที่ .....ซอย .....ถนน .....

ตำบล .....อำเภอ .....

จังหวัด .....รหัสไปรษณีย์ .....

โทรศัพท์ .....

โทรสาร.....

๑.๓ ที่ตั้งสำนักงาน

เลขที่ .....ซอย .....ถนน .....

ตำบล .....อำเภอ .....

จังหวัด .....รหัสไปรษณีย์ .....

โทรศัพท์ .....

โทรสาร.....

๑.๔ ประเภทอุตสาหกรรม

[ ] อาหาร [ ] สิ่งทอ [ ] ไม้ [ ] กระดาษ

[ ] เคมี [ ] อโลหะ [ ] โลหะ [ ] ผลิตภัณฑ์จากโลหะ

[ ] อื่น ๆ (ระบุ) .....

๑.๕ โรงงานเริ่ม ดำเนินการผลิตเมื่อเดือน ..... พ.ศ. .....

๑.๖ เวลาทำงานปกติของโรงงาน

[ ] ๘ ชั่วโมง [ ] ๑๖ ชั่วโมง [ ] ๒๔ ชั่วโมง

[ ] อื่น ๆ (ระบุ) ..... ชั่วโมง

๑.๗ โรงงานดำเนินการผลิต

..... วันต่อเดือน

..... วันต่อปี

..... ชั่วโมงต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๑.๘ ในกรณีที่ไม่ได้ดำเนินการผลิตต่อเนื่องตลอดทั้งปี โปรดระบุเดือนที่ทำการผลิตจริง

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บพร.๑

ส่วนที่ ๒ ข้อมูลการผลิต

(๑) ผลผลิตหลัก						
(๒) วัตถุดิบหลัก						
(๓) เดือนที่ผลิต	เดือนที่ ๑	เดือนที่ ๒	เดือนที่ ๓	เดือนที่ ๔	เดือนที่ ๕	เดือนที่ ๖
(๔) หน่วยผลผลิต						
(๕) ปริมาณผลผลิต						
(๖) กำลังการผลิตติดตั้ง						
(๗) ชั่วโมงการทำงาน						

หมายเหตุ ตารางข้อมูลการผลิตสำหรับหนึ่งประเภทผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ ๓ ข้อมูลการใช้พลังงาน

๓.๑ การใช้พลังงาน (ชื่อผลผลิต /รวม)

(๑) ชนิดพลังงานที่ใช้	(๒) หน่วย	(๓) ปริมาณการใช้							(๔) ค่าความร้อนเฉลี่ย[๑] (เมกะจูล/หน่วย)	(๕) ปริมาณพลังงานรวม รวม (๓) x (๔) (เมกะจูล)
		เดือนที่ ๑ ม.ค.หรือ ก.ค.	เดือนที่ ๒ ก.พ.หรือ ส.ค.	เดือนที่ ๓ มี.ค. หรือ ก.ย.	เดือนที่ ๔ เม.ย. หรือ ต.ค.	เดือนที่ ๕ พ.ค. หรือ พ.ย.	เดือนที่ ๖ มิ.ย. หรือ ธ.ค.	รวม (๓) เดือน ๑ ถึง ๖		
๑. พลังไฟฟ้าธรงชุด	กิโลวัตต์									
๒.พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อ	กิโลวัตต์-ชั่วโมง								๓.๖[๒]	(๖)
๓. พลังงานความร้อน										
น้ำมันเตา	ลิตร									
น้ำมันดีเซล	ลิตร									
น้ำมันเบนซิน	ลิตร									
น้ำมันก๊าด	ลิตร									
แก๊สปิโตรเลียมเหลว	กิโลกรัม									
แก๊สธรรมชาติ	ล้านบีทียู									
ถ่านหินนำเข้า	ตัน									
ลิกไนต์	ตัน									
อื่นๆ (ระบุ)	หน่วย (ระบุ)									
	รวมการใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานสิ้นเปลือง									(๗)
พลังงานหมุนเวียน (ระบุ)	หน่วย (ระบุ)									
									รวมปริมาณพลังงานทั้งหมด	

หมายเหตุ : ๑. ในกรณีไม่มีค่าความร้อนสูงจากผู้จำหน่าย ให้ใช้ค่าความร้อนเฉลี่ยที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกำหนด

๒. เป็นค่าแปลงจากหน่วยกิโลวัตต์/ชั่วโมง เป็นเมกะจูล

๓.๒ การใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า

[ ] ผลิตกระแสไฟฟ้าอย่างเดียว

[ ] ผลิตกระแสไฟฟ้าและความร้อนร่วม

(๑) เดือน / พ.ศ.	(๒) กำลังผลิตติดตั้ง (กิโลวัตต์)	(๓) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงหลัก			(๔) ชั่วโมงการเดินเครื่อง (ชั่วโมง)	(๕) ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (เมกะวัตต์-ชั่วโมง)		(๖) หมายเหตุ
		ชนิด	ปริมาณ	หน่วย		สำหรับใช้เอง	สำหรับขาย	

ส่วนที่ ๔

ข้อมูลการอนุรักษ์พลังงานและผลการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผน

ชื่อมาตรการ ..... ☐ เป็นมาตรการในการปฏิบัติตามเป้าหมายและแผน

มาตรการลำดับที่ [๑] ..... จากจำนวนทั้งหมด ..... มาตรการ ☐ เป็นมาตรการอื่นนอกเหนือจากการปฏิบัติตามเป้าหมายและแผน

(๑) ระยะเวลาดำเนินการ [๒]		(๒) สถานภาพการดำเนินการ [๓]	(๓) การลงทุน [๔]		(๔) ผลการอนุรักษ์พลังงาน [๕]	
ตามแผน	ดำเนินการจริง		ตามแผน	ลงทุนจริง	ตามเป้าหมาย	ที่ได้รับจริง
(๕) ปัญหาอุปสรรคในการดำเนินการ		(๖) ความเห็นและข้อเสนอแนะ [๖]		(๗) หมายเหตุ		

คำอธิบาย

๑) ให้ระบุมาตรการเรียงตามลำดับที่ดำเนินการก่อนเป็นลำดับแรก และให้กรอก ๑ แผ่น ต่อ ๑ มาตรการ

๒) ระยะเวลาดำเนินการให้ระบุเดือน / พ.ศ. เริ่มต้นและสิ้นสุด

๓) กรณีการดำเนินการยังไม่สิ้นสุดให้ระบุสถานภาพการดำเนินการ

๔) การลงทุนให้ระบุจำนวนเงินที่ได้ประเมินไว้ตามแผน และจำนวนเงินที่ลงทุนจริง

๕) ผลการอนุรักษ์พลังงานให้ระบุชนิดพลังงาน ปริมาณและมูลค่าการประหยัด
ในกรณีผลการประหยัดเป็นไฟฟ้าให้ระบุทั้งหน่วยกิโลวัตต์ และกิโลวัตต์-ชั่วโมง

๖) ให้ระบุความเห็นและข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงวิธีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน และของทางราชการ

รับรองข้อมูลถูกต้องจำนวน ..... แผ่น

ลงชื่อ .....ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน
(.....)

หมายเลขทะเบียน .....

ลงชื่อ ..... เจ้าของโรงงาน
(.....)

ภาคผนวก จ.
ปริมาณการใช้พลังงาน
และปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ
ในแต่ละจังหวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-1 ปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในแต่ละจังหวัด

จังหวัด	ปริมาณการใช้พลังงาน (toe ต่อปี)	Emission (กิโลตันต่อปี)				
		PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO
กรุงเทพและปริมณฑล						
กรุงเทพ	1,305,254.99	26.07	36.64	13.26	1.04	10.54
สมุทรปราการ	4,355,982.53	86.99	122.27	44.26	3.48	35.19
นนทบุรี	42,584.78	8.50E-01	1.20	4.33E-01	3.40E-02	3.44E-01
ปทุมธานี	120,592.21	2.41	3.38	1.23	9.63E-02	9.74E-01
นครปฐม	531,012.52	10.60	14.90	5.40	4.24E-01	4.29
สมุทรสาคร	1,905,438.46	38.05	53.48	19.36	1.52	15.39
รวม	8,260,865.48	164.98	231.87	83.93	6.60	66.73
ภาคกลาง						
พระนครศรีอยุธยา	1,402,879.99	28.02	39.38	14.25	1.12	11.33
อ่างทอง	1,839.76	3.67E-02	5.16E-02	1.87E-02	1.47E-03	1.49E-02
ลพบุรี	410,743.09	8.20	11.53	4.17	3.28E-01	3.32
สิงห์บุรี	642,355.69	12.83	18.03	6.53	5.13E-01	5.19
สระบุรี	965,415.81	19.28	27.10	9.81	7.71E-01	7.80
ปราจีนบุรี	323,713.74	6.46	9.09	3.29	2.58E-01	2.62
นครนายก	3,464.30	6.92E-02	9.72E-02	3.52E-02	2.77E-03	2.80E-02
สระแก้ว	2,612,547.50	52.17	73.33	26.54	2.09	21.10
อุทัยธานี	700,660.80	13.99	19.67	7.12	5.59E-01	5.66
ราชบุรี	5,051,663.24	100.89	141.79	51.32	4.03	40.81
กาญจนบุรี	2,341,379.63	46.76	65.72	23.79	1.87	18.91
สุพรรณบุรี	1,797,146.40	35.89	50.44	18.26	1.43	14.52
เพชรบุรี	66,168.59	1.32	1.86	6.72E-01	5.28E-02	5.35E-01
ประจวบคีรีขันธ์	133,276.51	2.66	3.74	1.35	1.06E-01	1.08
สมุทรสงคราม	3,595.60	7.18E-02	1.01E-01	3.65E-02	2.87E-03	2.90E-02
รวม	16,456,850.65	328.66	461.93	167.20	13.14	132.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-1 ปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในแต่ละจังหวัด (ต่อ)

จังหวัด	ปริมาณการใช้พลังงาน (toe ต่อปี)	Emission (กิโลตันต่อปี)				
		PM_{10}	SO_x	NO_x	VOC	CO
ภาคตะวันออก						
ชลบุรี	1,028,344.10	20.54	28.86	10.45	8.21E-01	8.31
ระยอง	3,016,469.98	60.24	84.67	30.65	2.41	24.37
จันทบุรี	5,137.53	1.03E-01	1.44E-01	5.22E-02	4.10E-03	4.15E-02
ฉะเชิงเทรา	232,891.57	4.65	6.54	2.37	1.86E-01	1.88
รวม	4,282,843.19	85.53	120.21	43.51	3.42	34.60
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ						
นครราชสีมา	1,168,177.76	23.33	32.79	11.87	9.33E-01	9.44
บุรีรัมย์	61,675.27	1.23	1.73	6.27E-01	4.92E-02	4.98E-01
อุบลราชธานี	44,158.28	8.82E-01	1.24	4.49E-01	3.53E-02	3.57E-01
ชัยภูมิ	1,687,142.55	33.69	47.36	17.14	1.35	13.63
ขอนแก่น	3,318,459.94	66.27	93.15	33.72	2.65	26.81
อุดรธานี	8,649,724.11	172.74	242.79	87.88	6.91	69.87
หนองคาย	23,161.84	4.63E-01	6.50E-01	2.35E-01	1.85E-02	1.87E-01
มหาสารคาม	45,850.50	9.16E-01	1.29	4.66E-01	3.66E-02	3.70E-01
กาฬสินธุ์	1,552,996.08	31.01	43.59	15.78	1.24	12.55
นครพนม	57,208.20	1.14	1.61	5.81E-01	4.57E-02	4.62E-01
ศรีสะเกษ	4,399.59	8.79E-02	1.23E-01	4.47E-02	3.51E-03	3.55E-02
ร้อยเอ็ด	217,317.10	4.34	6.10	2.21	1.73E-01	1.76
มุกดาหาร	2,617,667.30	52.28	73.48	26.60	2.09	21.15
รวม	19,447,938.51	388.39	545.88	197.59	15.53	157.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-1 ปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในแต่ละจังหวัด (ต่อ)

จังหวัด	ปริมาณการใช้พลังงาน (toe ต่อปี)	Emission (กิโลตันต่อปี)				
		PM_{10}	SO_X	NO_X	VOC	CO
ภาคใต้						
นครศรีธรรมราช	7,327,717.03	146.34	205.68	74.45	5.85	59.19
กระบี่	1,083,942.08	21.65	30.43	11.01	8.65E-01	8.76
พังงา	23,626.20	4.72E-01	6.63E-01	2.40E-01	1.89E-02	1.91E-01
ภูเก็ต	9,985.41	1.99E-01	2.80E-01	1.01E-01	7.97E-03	8.07E-02
สุราษฎร์ธานี	58,918.26	1.18	1.65	5.99E-01	4.70E-02	4.76E-01
ระนอง	1,131.00	2.26E-02	3.17E-02	1.15E-02	9.03E-04	9.14E-03
ชุมพร	10,614.41	2.12E-01	2.98E-01	1.08E-01	8.47E-03	8.57E-02
สงขลา	319,170.58	6.37	8.96	3.24	2.55E-01	2.58
สตูล	4,841.55	9.67E-02	1.36E-01	4.92E-02	3.87E-03	3.91E-02
ตรัง	20,914.02	4.18E-01	5.87E-01	2.12E-01	1.67E-02	1.69E-01
ปัตตานี	16,474.03	3.29E-01	4.62E-01	1.67E-01	1.32E-02	1.33E-01
ยะลา	1,803.20	3.60E-02	5.06E-02	1.83E-02	1.44E-03	1.46E-02
นราธิวาส	10,401.26	2.08E-01	2.92E-01	1.06E-01	8.30E-03	8.40E-02
รวม	8,889,539.02	177.53	249.52	90.32	7.10	71.81
ภาคเหนือ						
เชียงใหม่	224,569.01	4.48	6.30	2.28	1.79E-01	1.81
ลำพูน	11,346.84	2.27E-01	3.18E-01	1.15E-01	9.06E-03	9.17E-02
อุตรดิตถ์	1,139,251.07	22.75	31.98	11.57	9.10E-01	9.20
ลำปาง	16,518,891.38	329.89	463.67	167.83	13.19	133.44
แพร่	6,969.00	1.39E-01	1.96E-01	7.08E-02	5.56E-03	5.63E-02
นครสวรรค์	3,036,980.63	60.65	85.24	30.86	2.42	24.53
กำแพงเพชร	1,832,378.41	36.59	51.43	18.62	1.46	14.80
ตาก	17,686.37	3.53E-01	4.96E-01	1.80E-01	1.41E-02	1.43E-01
พิษณุโลก	1,203,879.30	24.04	33.79	12.23	9.61E-01	9.73
พิจิตร	21,123.60	4.22E-01	5.93E-01	2.15E-01	1.69E-02	1.71E-01
เพชรบูรณ์	8,068,646.70	161.14	226.48	81.98	6.44	65.18
รวม	32,081,722.31	640.69	900.50	325.95	25.61	259.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้