

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการการศึกษาด้านชีววัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่ม
อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก

คณะผู้วิจัย

รศ. ดร. อรทัย ขวาลภาฤทธิ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผศ. ดร. ชนาธิป ผาริโน คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดร. เปรมฤดี กาญจนปิยะ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรม
ปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถัย ชวาลภาฤทธิ์ และคณะ

สัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์

คำย่อ	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
CO ₂	Carbon Dioxide	คาร์บอนไดออกไซด์
CH ₄	Methane	มีเทน
N ₂ O	Nitrous Oxide	ไนตรัสออกไซด์
GHG	Greenhouse Gas	ก๊าซเรือนกระจก
GWP	Global Warming Potential	ค่าศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน
SA	Sectoral Approach	การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิต
CI	Carbon Intensity	ความเข้มข้นคาร์บอน
EI	Energy Intensity	ความเข้มข้นพลังงาน
Upstream	Upstream Petrochemical Industry	อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น
ETH	Ethylene	เอทิลีน
PRO	Propylene	พรอพิลีน
MC4	Mixed C4	มิกซ์ซีสี่
BZ	Benzene	เบนซีน
TOL	Toluene	โทลูอีน
PX	Para-Xylene	พาราไซลีน
Intermediate	Intermediate Petrochemical Industry	อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง
VCM	Vinyl Chloride Monomer	ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์
PTA	Purified Terephthalic Acid	กรดเทเรพทาลิก
SM	Styrene Monomer	สไตรีนมอนอเมอร์
Downstream	Downstream Petrochemical Industry	อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย
PP	Polypropylene	พอลิพรอพิลีน
HDPE	High Density Polyethylene	พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง
LDPE	Low Density Polyethylene	พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ
LLDPE	Linear Low Density Polyethylene	พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น
PET	Polyethylene Terephthalate	พอลิเอทิลีนเทเรพทาเลต
PVC	Polyvinyl Chloride	พอลิไวนิลคลอไรด์
PS	Polystyrene	พอลิสไตรีน
Fuel	Fuel to direct combustion of process	เชื้อเพลิงที่ใช้เผาไหม้โดยตรงในกระบวนการผลิต
Fuel by product	Fuel from process recycled to combustion	เชื้อเพลิงที่เวียนใช้ในกระบวนการผลิต
Process vent	Emission from process vent of process	การปล่อยก๊าซทิ้งจากกระบวนการผลิต
Flare	Flare of process	การเผาก๊าซทิ้งจากกระบวนการผลิต
Steam	Steam in process	พลังงานไอน้ำในกระบวนการผลิต
Electricity	Electricity in process	พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต
BAU	Business-As-Usual	การดำเนินธุรกิจในสภาวะปกติ
PDP	Power Development	แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า
ESP	Energy Saving Plan	แผนมาตรการอนุรักษ์พลังงาน
CC	Catalytic Cracking	กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา

องค์กร

คำย่อ	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
API	American Petroleum Institute	สถาบันปิโตรเลียมของประเทศสหรัฐอเมริกา
WRI	World Resources Institute	สถาบันทรัพยากรโลก
PTIT	Petroleum Institute of Thailand	สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย
MTEC	National Metal and Materials Technology Center	ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ
DEDE	Department of Alternative Energy Development and Efficiency	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
DIW	Department of Industrial Works	กรมโรงงานอุตสาหกรรม
EGAT	Electricity Generating Authority of Thailand	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
EPPO	Energy Policy and Planning Office	สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน

หน่วย

คำย่อ	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
t CO ₂ eq./t	Ton of CO ₂ equivalent per ton of product	ตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันของผลิตภัณฑ์
kt CO ₂ eq.	Kiloton of CO ₂ equivalent	พันตันของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
KTON	Kiloton of product	พันตันของผลิตภัณฑ์
MJ/t	Megajoule per ton of product	ล้านจูลต่อตันของผลิตภัณฑ์
TJ	Terajoule	ล้านล้านจูล
ppm	part per million	ส่วนในล้านส่วน
ppb	part per billion	ส่วนในพันล้านส่วน

สารบัญ

	หน้า
อักษรย่อและหน่วย	ก
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ช
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ฉ
บทคัดย่อ	พ
Abstract	ภ
บทที่ 1 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย	
1.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	1-1
1.2 ประเภทและประโยชน์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	1-3
1.3 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทย	1-10
1.4 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	1-13
1.5 โรงงานปิโตรเคมีในประเทศไทย	1-18
1.6 การใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทย	1-27
บทที่ 2 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิต	
2.1 ก๊าซเรือนกระจก	2-1
2.2 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิต	2-10
2.3 สถานภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย	2-15
บทที่ 3 การดำเนินการศึกษา	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3-1
3.2 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์และโรงงานปิโตรเคมีตัวแทน	3-5
3.3 การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	3-15
3.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต	3-17
บทที่ 4 การจัดฝึกอบรม การเยี่ยมชมสำรวจโรงงาน และการรับฟังความคิดเห็น	
4.1 การอบรมให้ความรู้โครงการการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก	4-3
4.2 การอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตรการใช้ซอฟต์แวร์ LEAP (The Long-range Energy Alternatives Planning system) สำหรับกำหนดนโยบายด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ	4-10
4.3 ความร่วมมือกับกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี สมาอุตสาหกรรม	4-15
4.4 การอบรมให้ความรู้เรื่อง "แนวทางการอนุรักษ์พลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจกต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี"	4-16
4.5 การประชุมรับฟังความคิดเห็นเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิต ปิโตรเคมีขั้นต้น"	4-21
4.6 การอบรมเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลาย"	4-25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.7 การอบรมเรื่อง "มาตรการและแนวนโยบายในด้านการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี"	4-30
4.8 การเยี่ยมชมและการสำรวจโรงงาน	4-33
บทที่ 5 การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย	
5.1 การประเมินก๊าซเรือนกระจกอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย	5-1
5.2 ก๊าซเรือนกระจกกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น	5-7
5.3 ก๊าซเรือนกระจกกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	5-36
5.4 ก๊าซเรือนกระจกกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	5-53
5.5 ภาพรวมการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย	5-83
บทที่ 6 การคาดการณ์กำลังการผลิต	
6.1 การคาดการณ์ปริมาณการผลิตอ้างอิงฐานกำลังการผลิต	6-1
6.2 การคาดการณ์ปริมาณการผลิตอ้างอิงฐานการบริโภค	6-9
6.3 ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในอนาคต	6-10
บทที่ 7 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก	
7.1 แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	7-1
7.2 แรงผลักดันและอุปสรรคต่อการพัฒนากระบวนการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	7-25
7.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทน	7-37
7.4 ศักยภาพการลดพลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	7-49
7.5 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	7-53
บทที่ 8 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจก	
8.1 แนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในอนาคต	8-1
8.2 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น	8-6
8.3 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	8-9
8.4 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	8-12
8.5 ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในอนาคต	8-14
8.6 ข้อเสนอเชิงนโยบายการบริหารจัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	8-17
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการเปลี่ยนวัตถุดิบตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการผลิต	ก-1
ภาคผนวก ข ประเภทมาตรการอนุรักษ์พลังงาน	ข-1
ภาคผนวก ค แบบสอบถามข้อมูลจากโรงงาน	ค-1
ภาคผนวก ง ตัวอย่าง Confidential Agreement	ง-1
ภาคผนวก จ บทความสำหรับการเผยแพร่	จ-1
ภาคผนวก ฉ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์	ฉ-1
ภาคผนวก ช ผลสัมฤทธิ์การดำเนินโครงการ	ช-1
บรรณานุกรม	ย

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีตัวแทน	ณ
ตารางที่ 2	สัดส่วนกำลังการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์จากโรงงานตัวแทน	ด
ตารางที่ 1-1	มูลค่าของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย	1-10
ตารางที่ 1-2	มูลค่าการส่งออกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย	1-11
ตารางที่ 1-3	โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในประเทศไทย	1-20
ตารางที่ 1-4	อัตราการใช้กำลังการผลิตเฉลี่ยของปิโตรเคมีไทยระหว่างปี พ.ศ. 2545-2549	1-23
ตารางที่ 1-5	กำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีของประเทศไทย	1-28
ตารางที่ 1-6	ภาพรวมการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทย พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2549	1-29
ตารางที่ 1-7	สัดส่วนการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2549	1-30
ตารางที่ 1-8	ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลางและขั้นปลายของปี พ.ศ. 2546 - 2549	1-31
ตารางที่ 2-1	ข้อดีและข้อเสียของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิต	2-15
ตารางที่ 3-1	แผนกิจกรรมหลักที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	3-1
ตารางที่ 3-2	กำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยใน พ.ศ. 2548	3-6
ตารางที่ 3-3	การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในประเทศไทย	3-8
ตารางที่ 3-4	ผลการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีตัวแทน	3-10
ตารางที่ 3-5	สัดส่วนกำลังการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์	3-11
ตารางที่ 3-6	สัดส่วนกำลังการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานตัวแทน	3-13
ตารางที่ 3-7	รายชื่อโรงงานตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	3-14
ตารางที่ 3-8	ตัวอย่างค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิง	3-16
ตารางที่ 3-9	ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน	3-20
ตารางที่ 3-10	ตัวอย่างค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิง	3-22
ตารางที่ 4-1	ผลการดำเนินการ	4-1
ตารางที่ 4-2	กำหนดการอบรมโครงการการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก	4-6
ตารางที่ 4-3	รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรมเรื่อง "แนวทางการปรับตัวต่อนโยบายการลดก๊าซเรือนกระจกที่มีผลต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี"	4-7
ตารางที่ 4-4	กำหนดการอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร การใช้ซอฟต์แวร์ LEAP (The Long-range Energy Alternatives Planning system) สำหรับกำหนดนโยบายด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ	4-12
ตารางที่ 4-5	รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรม LEAP	4-13
ตารางที่ 4-6	กำหนดการอบรมให้ความรู้เรื่อง "แนวทางการอนุรักษ์พลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจกต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี"	4-18

สารบัญญัตินี้ (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 4-7	รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรม เรื่อง "แนวทางการอนุรักษ์พลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจกต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี"	4-19
ตารางที่ 4-8	กำหนดการการอบรมเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นต้น"	4-23
ตารางที่ 4-9	รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรม เรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นต้น"	4-24
ตารางที่ 4-10	กำหนดการอบรมเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลาย"	4-27
ตารางที่ 4-11	รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรม อบรม เรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลาย"	4-28
ตารางที่ 4-12	กำหนดการอบรม เรื่อง "มาตรการและแนวนโยบายในด้านการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี"	4-31
ตารางที่ 4-13	รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรม เรื่อง "มาตรการและแนวนโยบายในด้านการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี"	4-32
ตารางที่ 4-14	โรงงานที่ได้เข้าสำรวจและเก็บข้อมูล	4-35
ตารางที่ 5-1	บัญชีรายการการผลิตเอทิลีนจำนวน 1 ตัน	5-14
ตารางที่ 5-2	บัญชีรายการการผลิตพรีโพรพิลีนจำนวน 1 ตัน	5-16
ตารางที่ 5-3	บัญชีรายการการผลิตมีทิลีนจำนวน 1 ตัน	5-18
ตารางที่ 5-4	บัญชีรายการการผลิตเบนซีนจำนวน 1 ตัน	5-20
ตารางที่ 5-5	บัญชีรายการการผลิตโทลูอีนจำนวน 1 ตัน	5-22
ตารางที่ 5-6	บัญชีรายการการผลิตพาราไซลีนจำนวน 1 ตัน	5-24
ตารางที่ 5-7	ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น	5-26
ตารางที่ 5-8	ความเข้มคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น	5-31
ตารางที่ 5-9	บัญชีรายการการผลิตไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์จำนวน 1 ตัน	5-40
ตารางที่ 5-10	บัญชีรายการการผลิตกรดเทรฟทาสิกจำนวน 1 ตัน	5-41
ตารางที่ 5-11	บัญชีรายการการผลิตสไตรีนมอนอเมอร์จำนวน 1 ตัน	5-42
ตารางที่ 5-12	ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	5-43
ตารางที่ 5-13	ความเข้มคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	5-48
ตารางที่ 5-14	บัญชีรายการการผลิตพอลิสไตรีนจำนวน 1 ตัน	5-65
ตารางที่ 5-15	บัญชีรายการการผลิตพอลิพรีโพรพิลีนจำนวน 1 ตัน	5-66
ตารางที่ 5-16	บัญชีรายการการผลิตพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงจำนวน 1 ตัน	5-67
ตารางที่ 5-17	บัญชีรายการการผลิตพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำจำนวน 1 ตัน	5-68
ตารางที่ 5-18	บัญชีรายการการผลิตพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นจำนวน 1 ตัน	5-69
ตารางที่ 5-19	บัญชีรายการการผลิตพอลิเอทิลีนเทรฟทาเลตจำนวน 1 ตัน	5-70
ตารางที่ 5-20	บัญชีรายการการผลิตพอลิไวนิลคลอไรด์จำนวน 1 ตัน	5-71

สารบัญญัตินี้ (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 5-21	ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	5-72
ตารางที่ 5-22	ความเข้มคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	5-78
ตารางที่ 5-23	การเปรียบเทียบความเข้มพลังงาน	5-86
ตารางที่ 5-24	สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	5-87
ตารางที่ 5-25	การเปรียบเทียบความเข้มคาร์บอน	5-90
ตารางที่ 5-26	สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	5-92
ตารางที่ 6-1	ปริมาณน้ำมันและก๊าซธรรมชาติของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2548 - 2568	6-3
ตารางที่ 6-2	ปริมาณแฉะและอีเทนของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2548 - 2568	6-5
ตารางที่ 6-3	บัญชีรายการผลิตภัณฑ์และสัดส่วนการเกิดผลิตภัณฑ์	6-6
ตารางที่ 6-4	ปริมาณการคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น	6-6
ตารางที่ 6-5	ปริมาณการคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง	6-8
ตารางที่ 6-6	ปริมาณการคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย	6-9
ตารางที่ 7-1	สรุปมาตรการการประหยัดพลังงานในหม้อไอน้ำ	7-4
ตารางที่ 7-2	การเปรียบเทียบต้นทุนค่าความร้อนของเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ	7-8
ตารางที่ 7-3	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ	7-10
ตารางที่ 7-4	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตโอเลฟินส์ของวัตถุดิบแต่ละประเภท	7-21
ตารางที่ 7-5	บริษัทชั้นนำที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการผลิตและกระบวนการในปิโตรเคมีภัณฑ์	7-26
ตารางที่ 7-6	ปัจจัยผลักดัน - ปัจจัยขัดขวางต่อการปรับปรุงกระบวนการที่มีอยู่และการพัฒนากระบวนการใหม่	7-27
ตารางที่ 7-7	ผลการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น	7-39
ตารางที่ 7-8	ผลการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	7-42
ตารางที่ 7-9	ผลการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	7-46
ตารางที่ 8-1	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามแผน PDP 2010	8-2

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1	ปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย
รูปที่ 2	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย
รูปที่ 3	ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในอนาคต
รูปที่ 1-1	อัตราการเติบโตและปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในประเทศไทย
รูปที่ 1-2	ความเชื่อมโยงระหว่างอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและปิโตรเคมีในประเทศไทย
รูปที่ 1-3	สายการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
รูปที่ 1-4	มูลค่าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายในปี พ.ศ. 2551 จำแนกตามกลุ่มอุตสาหกรรมต่อเนื่อง
รูปที่ 1-5	กำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีของประเทศไทย
รูปที่ 1-6	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีของประเทศไทย
รูปที่ 1-7	วัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
รูปที่ 1-8	การใช้วัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย
รูปที่ 1-9	ภาพรวมอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย
รูปที่ 1-10	อัตราการใช้กำลังการผลิตในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย
รูปที่ 1-11	กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นในปี พ.ศ. 2551
รูปที่ 1-12	ปริมาณและอัตราการใช้กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น
รูปที่ 1-13	ปริมาณและอัตราการใช้กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง
รูปที่ 1-14	ปริมาณและอัตราการใช้กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย
รูปที่ 1-15	ปริมาณและมูลค่าของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายในปี พ.ศ. 2551
รูปที่ 2-1	รูปแบบการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
รูปที่ 2-2	ขอบเขตการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
รูปที่ 2-3	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย
รูปที่ 2-4	สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรม
รูปที่ 2-5	สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมีของโลก
รูปที่ 3-1	แผนผังลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
รูปที่ 3-2	ขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามแหล่งกำเนิด
รูปที่ 3-3	ผังการไหลของพลังงานและการปล่อยก๊าซ CO ₂
รูปที่ 4-1	ภาพบรรยากาศในการอบรมให้ความรู้โครงการการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก
รูปที่ 4-2	ภาพบรรยากาศในการอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร การใช้ซอฟต์แวร์ LEAP (The Long-range Energy Alternatives Planning system)
รูปที่ 4-3	ภาพบรรยากาศการอบรม เรื่อง "แนวทางการอนุรักษ์พลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจกต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี"
รูปที่ 4-4	ภาพบรรยากาศการอบรมเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นต้น"
รูปที่ 4-5	ภาพบรรยากาศการอบรมเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลาย"

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4-6 ภาพบรรยากาศการอบรม เรื่อง "มาตรการและแนวนโยบายในด้านการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี"	4-33
รูปที่ 5-1 ผังการไหลของผลิตภัณฑ์ตัวแทน	5-1
รูปที่ 5-2 กระบวนการผลิต Ethylene, Propylene และ Mixed C4 จาก Natural Gas Cracking	5-9
รูปที่ 5-3 กระบวนการผลิต Ethylene, Propylene และ Mixed C4 จาก Naphtha/ Gas Oil Cracking	5-10
รูปที่ 5-4 กระบวนการผลิต Benzene, Toluene และ Xylene	5-11
รูปที่ 5-5 การผลิต Benzene จากกระบวนการ Toluene Hydrodealkylation (HRT Process)	5-12
รูปที่ 5-6 การผลิต p-Xylene จากกระบวนการ PAREX/ISOMAR	5-13
รูปที่ 5-7 ความเข้มพลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น	5-26
รูปที่ 5-8 สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น	5-27
รูปที่ 5-9 ปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น	5-28
รูปที่ 5-10 ปริมาณการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น	5-30
รูปที่ 5-11 ความเข้มคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น	5-32
รูปที่ 5-12 สัดส่วนแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น	5-33
รูปที่ 5-13 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น	5-34
รูปที่ 5-14 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น	5-35
รูปที่ 5-15 กระบวนการผลิตไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์	5-37
รูปที่ 5-16 กระบวนการผลิตกรดเทรฟทาลิก	5-38
รูปที่ 5-17 กระบวนการผลิตสไตรีนมอนอเมอร์	5-39
รูปที่ 5-18 ความเข้มพลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	5-44
รูปที่ 5-19 สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	5-45
รูปที่ 5-20 ปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	5-46
รูปที่ 5-21 ปริมาณการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	5-47
รูปที่ 5-22 ความเข้มคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	5-49
รูปที่ 5-23 สัดส่วนแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	5-50
รูปที่ 5-24 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	5-51
รูปที่ 5-25 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	5-53
รูปที่ 5-26 กระบวนการผลิตพอลิสไตรีน	5-55
รูปที่ 5-27 กระบวนการผลิตพอลิพรอพิลีนประเภท Liquid Phase (Himont)	5-56
รูปที่ 5-28 กระบวนการผลิตพอลิพรอพิลีนประเภท Gas Phase	5-57
รูปที่ 5-29 กระบวนการผลิตพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง	5-58
รูปที่ 5-30 กระบวนการผลิตพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ	5-59
รูปที่ 5-31 กระบวนการผลิตพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นประเภท Solution Phase	5-60
รูปที่ 5-32 กระบวนการผลิตพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นประเภท Gas Phase	5-61
รูปที่ 5-33 กระบวนการผลิตพอลิเอทิลีนเทรฟทาลิต	5-62
รูปที่ 5-34 กระบวนการผลิตพอลิไวนิลคลอไรด์ประเภท Suspension Process	5-63

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5-35 กระบวนการผลิตพอลิไวนิลคลอไรด์ประเภท Emulsion Process	5-64
รูปที่ 5-36 ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	5-73
รูปที่ 5-37 สัดส่วนการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	5-74
รูปที่ 5-38 ปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	5-75
รูปที่ 5-39 ปริมาณการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	5-77
รูปที่ 5-40 ความเข้มคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	5-78
รูปที่ 5-41 สัดส่วนแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	5-80
รูปที่ 5-42 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	5-81
รูปที่ 5-43 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	5-82
รูปที่ 5-44 ผังการไหลของพลังงาน	5-84
รูปที่ 5-45 ผังการไหลของก๊าซเรือนกระจก	5-85
รูปที่ 5-46 สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	5-88
รูปที่ 5-47 ปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย	5-89
รูปที่ 5-48 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	5-92
รูปที่ 5-49 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย	5-94
รูปที่ 6-1 การบริโภคพลังงานพื้นฐานของประเทศไทย	6-3
รูปที่ 6-2 กำลังการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในอนาคต	6-10
รูปที่ 7-1 ผังการผลิตไอน้ำและระบบส่งจ่ายไอน้ำภายในกระบวนการผลิต	7-4
รูปที่ 7-2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าความร้อนร่วม	7-7
รูปที่ 7-3 แผนผังกระบวนการการทำงานของวิธีการผลิตแบบเดิมและวิธีการผลิตที่เป็นทางเลือกซึ่งเกี่ยวข้องกับเส้นทางของผลิตภัณฑ์เนฟธา	7-15
รูปที่ 7-4 แผนผังกระบวนการการทำงานของวิธีการผลิตปิโตรเคมีโดยผ่านเส้นทางซึ่งเกี่ยวข้องกับเมทานอลและเอทานอล	7-19
รูปที่ 7-5 วิธีการจัดการขยะพลาสติก	7-22
รูปที่ 7-6 ขั้นตอนอย่างง่ายสำหรับการพัฒนานวัตกรรมในกระบวนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์	7-26
รูปที่ 7-7 ตัวอย่างการวางแผนกลยุทธ์ในบริษัทที่เกี่ยวข้องกับปิโตรเคมีภัณฑ์	7-35
รูปที่ 7-8 ศักยภาพการลดพลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นกลุ่มโอเลฟินส์	7-50
รูปที่ 7-9 ศักยภาพการลดพลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นกลุ่มอะโรเมติกส์	7-51
รูปที่ 7-10 ศักยภาพการลดพลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	7-51
รูปที่ 7-11 ศักยภาพการลดพลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	7-52
รูปที่ 7-12 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นกลุ่มโอเลฟินส์	7-54
รูปที่ 7-13 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นกลุ่มอะโรเมติกส์	7-55
รูปที่ 7-14 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง	7-55
รูปที่ 7-15 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย	7-56

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 8-1	การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น
รูปที่ 8-2	การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง
รูปที่ 8-3	การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย
รูปที่ 8-4	ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในอนาคต

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

ประเทศไทยถูกจัดอันดับเป็นประเทศที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับ 24 ของโลก จากสถาบันทรัพยากรโลก ในปี พ.ศ. 2548 แม้ว่าประเทศไทยไม่ได้ถูกจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้พิธีสารเกียวโตภายในระยะเวลาที่กำหนด แต่ก็มีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้นเนื่องจากการใช้พลังงานมากขึ้นตามการเติบโตทางเศรษฐกิจ ดังนั้นประเทศไทยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเตรียมความพร้อมด้านฐานข้อมูล และแนวทางที่สามารถจะดำเนินการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยไม่กระทบต่อการพัฒนาประเทศ เพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเจรจาถึงความรับผิดชอบเกี่ยวกับเป้าหมายปริมาณก๊าซเรือนกระจกในระดับนานาชาติได้อย่างชัดเจนด้วย

จากวาระการประชุมของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ (IPCC) ในปี พ.ศ. 2550 หัวข้อการลดก๊าซโดยยึดภาคการผลิต (Sectoral Approach, SA) เป็นหนึ่งในสี่ประเด็นการอภิปรายเพื่อประเมินหาคำตอบที่จะบรรลุเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และหัวข้อนี้ถูกผนวกเข้ากับ The 2007 Bali Action Plan ซึ่งเป็นกรอบการเจรจาสำหรับการจัดทำพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจกหลังจากปี พ.ศ. 2555 อย่างไรก็ดีเนื่องจากเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกตามที่กำหนดไว้ในระยะแรกของการใช้พิธีสารเกียวโตนั้น อาจไม่เพียงพอที่จะป้องกันปัญหาที่จะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้ จำเป็นต้องมีการเจรจารอบใหม่เพื่อกำหนดพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจกให้มีความเข้มงวดมากขึ้น ก่อให้เกิดแรงกดดันจากประเทศพัฒนาแล้วที่ต้องการกระจายความรับผิดชอบในการลดก๊าซเรือนกระจกให้กลุ่มประเทศกำลังพัฒนาร่วมกำหนดเป้าหมายสำหรับดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยเช่นกัน ดังนั้น ประเทศไทยในฐานะภาคีอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) และพิธีสารเกียวโตภายใต้ UNFCCC มีความจำเป็นที่จะต้องติดตามการเจรจาที่กำลังดำเนินการอยู่อย่างต่อเนื่อง

ประเทศไทยจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมทั้งในด้านการปรับตัว เพื่อรองรับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากปัญหาโลกร้อน รวมทั้งผลกระทบจากมาตรการต่างๆ เพื่อการแก้ไขปัญหาโลกร้อน ตลอดจนแนวทางการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) บนพื้นฐานของการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยใช้ยุทธศาสตร์และวิธีการที่เหมาะสมเพื่อร่วมแก้ไขปัญหาโลกร้อน จากสถานการณ์ดังกล่าวจึงได้มีการจัดทำยุทธศาสตร์แห่งชาติว่าด้วยการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย (พ.ศ. 2551 – 2555) และกำลังจัดทำแผนแม่บทการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 10 ปี (พ.ศ. 2553 – 2562) และ

แผนปฏิบัติการ 3 ปี นอกจากนี้ในการศึกษาและจัดทำร่างแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 ได้มีหัวข้อเรื่อง Global Agenda on Climate Change เป็นหัวข้อสำคัญเรื่องหนึ่งในแผนพัฒนาฉบับนี้ สำหรับการกำหนดนโยบายระดับชาติเรื่องโลกร้อนและการเจรจาได้มีการจัดตั้ง “คณะกรรมการระดับชาติด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” โดยมีนายกรัฐมนตรีเป็นประธาน และมีคณะกรรมการด้านการกำหนดท่าทีการเจรจาเพื่อเตรียมความพร้อมด้านการเจรจาเป็นการเฉพาะ ซึ่งสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และ สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม ได้รับการแต่งตั้งให้เป็นอนุกรรมการ

แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของประเทศหลัก ๆ มาจากภาคพลังงานและภาคอุตสาหกรรม โดยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมมีปริมาณสูงถึง 43.98 ล้านตัน หรือร้อยละ 22.7 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในประเทศไทย และอุตสาหกรรมสำคัญที่ปล่อยก๊าซ CO₂ สูงมาก ได้แก่ โลหะและโลหะร้อยละ 30 อาหารและเครื่องดื่มร้อยละ 29 และปิโตรเคมีร้อยละ 16 (KMUTT, 2553) สำหรับภาคอุตสาหกรรมนั้นอุตสาหกรรมปิโตรเคมีถูกจัดลำดับว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนที่สูงเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอื่นๆ ซึ่งอุตสาหกรรมปิโตรเคมีเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาและยกระดับฐานะทางเศรษฐกิจของประเทศ เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้เงินลงทุนและเงินหมุนเวียนสูง มีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่นๆ มากมาย โดยเป็นอุตสาหกรรมขั้นปลายของอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมัน ในขณะเดียวกันก็เป็นอุตสาหกรรมขั้นต้นของอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ อนุพันธ์และผลิตภัณฑ์ของสารปิโตรเคมีมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ เม็ดพลาสติก โยสังเคราะห์ ยางสังเคราะห์ สารลดแรงตึงผิว สารเคลือบผิว และกาวต่างๆ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ถือเป็นวัตถุดิบพื้นฐานที่สำคัญในการผลิตเครื่องอุปโภคบริโภคพื้นฐานของมนุษย์ ตลอดจนอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ในการประกอบอาชีพ รวมไปถึงสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ปัจจุบันอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของไทยจัดอยู่ใน 5 อันดับแรกของภูมิภาค และมีอัตราการเติบโตร้อยละ 5 – 12 ต่อปีในปี พ.ศ. 2548 และคาดว่าในปี พ.ศ. 2553 จะมีโครงการผลิตโพลิฟินส์และอนุพันธ์เพิ่มขึ้น 20 โรงงาน และผลิตอะโรมาติกและอนุพันธ์เพิ่มขึ้น 4 โรงงาน ทั้งนี้มากกว่าร้อยละ 40 ของที่การผลิตสินค้าที่เป็นอนุพันธ์และผลิตภัณฑ์ของสารปิโตรเคมีได้ถูกส่งออกไปขายในต่างประเทศ ได้แก่ จีน อินเดีย อเมริกา เป็นต้น

ดังนั้น การศึกษารายละเอียดภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี จึงถือเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญ เนื่องจากจัดอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่เป็นอันดับต้นๆ ของกลุ่มการผลิตที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากและมีแนวโน้มกำลังขยายตัวสูง กอปรกับ

ภาคอุตสาหกรรมก็มีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานและจากกระบวนการผลิตด้วย

วิธีการคำนวณ

ขั้นตอนการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตอ้างอิงตามหลักการประเมินวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment, LCA) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

(1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และศึกษาศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบจำแนกตามสาขาการผลิตในประเทศไทย โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อประเมินระดับความเป็นไปได้ของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาการผลิตปิโตรเคมี การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เป็นการประเมินแบบ Gate to Gate ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เท่านั้น และอ้างอิงการพิจารณาขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก The Greenhouse Gas Protocol (WRI and WBCSD, 2003)

(2) การจัดทำบัญชีรายการ การทราบแหล่งกำเนิดของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตอย่างชัดเจนจะสามารถนำข้อมูลมวลสารขาเข้าของขั้นตอนที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตมาประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง การเก็บรวบรวมข้อมูลจะอ้างอิงจากแบบสอบถาม โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สารขาเข้าระบบ (Input) และสารขาออกจากระบบ (Output) ของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการผลิต

(3) การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หลักเกณฑ์การคำนวณจะอ้างอิงจากระบบที่เป็นมาตรฐานตาม IPCC 2006 ควบคู่กับการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรายงานวิธีการประเมินก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ (API, 2009) ที่สามารถใช้เป็นข้อมูลเฉพาะของแต่ละโรงงาน และจำแนกตามแหล่งกำเนิดได้เป็น 2 ส่วน คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ซึ่งพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตโดยตรง เช่น กระบวนการเผาไหม้ (Combustion) กระบวนการเผาทิ้ง (Flare) และกระบวนการปล่อยทิ้ง (Process vent) เป็นต้น และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม โดยพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานไอน้ำ

(4) การแปลผล ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีจะแสดงในรูปของตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันผลิตภัณฑ์ ($t\ CO_2\ eq./t$) และแปลผลในรูปความเข้มข้นคาร์บอน (Carbon Intensity, CI) ซึ่งหมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิต 1 หน่วย โดยแบ่งเป็น 2 ลำดับชั้น คือ ความเข้มข้นคาร์บอนในผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีแต่ละชนิด และความเข้มข้นคาร์บอนในรายสาขาจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เพื่อให้เข้าใจผังการไหลของก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีอันจะนำไปสู่การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีทั้งกลุ่ม โดยใช้หลักความน่าจะเป็นประเมินข้อมูลจากปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้จริงของโรงงานตัวแทนร่วมกับข้อมูลทุติยภูมิจากสถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (PTIT, 2552) สำหรับโรงงานที่ไม่ใช่โรงงานตัวแทน และนำไปใช้ในการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่อาจปล่อยออกสู่บรรยากาศในอนาคตต่อไป

การคัดเลือกตัวแทนผลิตภัณฑ์และโรงงานปิโตรเคมี

จากข้อมูลในปี 2548 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยมีจำนวนทั้งหมด 53 โรงงาน ผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 32 ประเภท แบ่งออกเป็นโรงงานปิโตรเคมีต้นน้ำ 8 โรงงาน (7 ผลิตภัณฑ์) โรงงานปิโตรเคมีกลางน้ำ 15 โรงงาน (13 ผลิตภัณฑ์) และโรงงานปิโตรเคมีปลายน้ำ 30 โรงงาน (12 ผลิตภัณฑ์) การคัดเลือกผลิตภัณฑ์และโรงงานปิโตรเคมีเพื่อเป็นตัวแทนการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญต้องครอบคลุมทั้งกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทย

การคัดเลือกตัวแทนผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี คณะผู้วิจัยได้ประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทุกผลิตภัณฑ์เบื้องต้นจากผลคูณระหว่างปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในปี พ.ศ. 2548 กับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ IPCC 2006 แล้วจึงนำมาใช้ประกอบการพิจารณาคัดเลือกโดยใช้เกณฑ์อ้างอิงตามแนวทางการพัฒนาฐานข้อมูลจัดทำวัฏจักรของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ (MTEC, 2550) ที่ระบุว่า ปริมาณกำลังการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ตัวแทนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั้งหมด ซึ่งมีนัยครอบคลุมการคัดเลือกในรายสาขาการผลิตทั้งผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย ผลการประเมินเบื้องต้น พบว่า อุตสาหกรรมนี้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม $15,694\ kt\ CO_2\ eq.$ โดยมีสัดส่วนจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายคิดเป็นร้อยละ 70, 17 และ 13 ตามลำดับ ซึ่งหากพิจารณาจากรายการผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี พบว่า ร้อยละ 80 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั้งหมดมาจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีสายพลาสติก และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 70

ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากทั้งอุตสาหกรรม ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงพิจารณาคัดเลือกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในสายพลาสติกเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในการศึกษาต้นน้ำชีวิตก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ จำนวนทั้งสิ้น 16 ผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีตัวแทน

ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น	ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง	ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย
○ Ethylene (ETH) ○ Propylene (PPL) ○ Mixed C4 (MC4) ○ para-Xylene (PX) ○ Benzene (BZ) ○ Toluene (TOL)	○ Vinyl Chloride Monomer (VCM) ○ Purified Terephthalic Acid (PTA) ○ Styrene Monomer (SM)	○ Polypropylene (PP) ○ High Density Polyethylene (HDPE) ○ Low Density Polyethylene (LDPE) ○ Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) ○ Polyvinyl Chloride (PVC) ○ Polyethylene Terephthalate (PET) ○ Polystyrene (PS)

การคัดเลือกโรงงานตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจะอ้างอิงเกณฑ์การพิจารณาเช่นเดียวกับการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ตัวแทน กล่าวคือ กำลังการผลิตรวมและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานตัวแทนต้องมีสัดส่วนไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั้งหมด รวมถึงกำลังการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรายการผลิตของโรงงานตัวแทนต้องมีสัดส่วนไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในแต่ละรายการผลิตเช่นกัน ผลการประเมินเบื้องต้น พบว่ามีโรงงานตัวแทนอุตสาหกรรมปิโตรเคมีทั้งหมด 24 โรงงาน ซึ่งจะทำให้กำลังการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ตัวแทนเป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สัดส่วนกำลังการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์จากโรงงานตัวแทน

กลุ่มผลิตภัณฑ์	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด	ผลิตภัณฑ์ตัวแทนทั้งหมด		ผลิตภัณฑ์ตัวแทนของโรงงานตัวแทน		
	กำลังการผลิต					
	ปริมาณ (KTON)	ปริมาณ (KTON)	สัดส่วน (%)	ปริมาณ (KTON)	สัดส่วน (%)	
	ผลิตภัณฑ์ขั้นต้น	7,892	6,688	85	6,688	85
	ผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง	4,223	3,040	72	3,040	72
	ผลิตภัณฑ์ขั้นปลาย	5,281	4,603	87	4,372	83
	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก					
	ปริมาณ (kt CO ₂ eq.)	ปริมาณ (kt CO ₂ eq.)	สัดส่วน (%)	ปริมาณ (kt CO ₂ eq.)	สัดส่วน (%)	
	ผลิตภัณฑ์ขั้นต้น	11,017	9,054	82	9,054	82
	ผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง	2,652	1,995	75	1,995	75
	ผลิตภัณฑ์ขั้นปลาย	2,024	1,360	67	1,325	65

ภาพรวมกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นอุตสาหกรรมขั้นพื้นฐานที่อยู่ในสายการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีทั้งหมด แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มโอเลฟินส์ และกลุ่มอะโรเมติกส์ แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นสายโอเลฟินส์ คือ กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำ และแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นสายอะโรเมติกส์ คือ กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง การใช้พลังงานของกลุ่มผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์ และกลุ่มผลิตภัณฑ์อะโรเมติกส์ค่อนข้างแตกต่างกัน โดยผลิตภัณฑ์กลุ่มโอเลฟินส์และกลุ่มอะโรเมติกส์มีการใช้พลังงานรายปีต่ำสุดและสูงสุดอยู่ระหว่าง 21,080 – 24,041 และ 6,611 – 12,334 MJ/t ตามลำดับ การใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นในช่วงปี พ.ศ. 2548 - 2553 มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากโรงงานได้นำแนวทางการอนุรักษ์พลังงานมาปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเพื่อดำเนินการตามข้อกำหนดของ พรบ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ส่งผลให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ความเข้มข้นคาร์บอนของผลิตภัณฑ์กลุ่มโอเลฟินส์และอะโรเมติกส์ต่ำสุด - สูงสุดในปี พ.ศ. 2548 - 2553 มีค่าอยู่ในช่วง 1.125 - 1.309 และ 0.518 - 0.667 t CO₂eq./t ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มลดลงเป็นไปตามปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นมาจากเชื้อเพลิงที่เวียนใช้ในกระบวนการผลิต (Fuel by product) มากที่สุด

รองลงมา คือ ก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไอน้ำ (Steam) การใช้เชื้อเพลิงที่เผาไหม้โดยตรงในกระบวนการผลิต (Fuel) การใช้พลังงานไฟฟ้า (Electricity) และการเผาทิ้ง (Flare) ตามลำดับ โดยมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 35-42, 22-28, 21-27, 9-10 และ 2-4 ตามลำดับ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นในช่วงปีที่ศึกษามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยมีค่าอยู่ที่ 6,341 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2548 และ 8,223 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2553 ตามลำดับ เนื่องจากการกำลังการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนที่เพิ่มขึ้นตามการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี

ภาพรวมกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมขั้นปลายต่อไป กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางจึงมีลักษณะอยู่กึ่งกลางระหว่างกระบวนการผลิตปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นปลาย โดยแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและทางอ้อมในสัดส่วนที่เท่าๆ กัน การใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางมีค่าอยู่ระหว่าง 4,858 - 6,189 MJ/t โดยมีแนวโน้มการใช้พลังงานในช่วงปี พ.ศ. 2548 - 2553 ลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น คิดเป็นสัดส่วนการลดลงประมาณร้อยละ 30

ความเข้มคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางมีค่าต่ำสุด - สูงสุดในปี พ.ศ. 2548 - 2553 อยู่ในช่วง 0.396 - 1.209 t CO₂ eq./t ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเป็นไปตามปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์เช่นกัน กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางมีสัดส่วนแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมสูงกว่าแหล่งกำเนิดทางตรงเล็กน้อย คิดเป็นประมาณร้อยละ 61 - 55 และร้อยละ 39 - 45 ตามลำดับ แต่หากพิจารณาจำแนกตามชนิดของพลังงาน พบว่า แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางมาจากการใช้พลังงานไอน้ำมากที่สุด รองลงมา คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงที่เผาไหม้โดยตรงในกระบวนการผลิต การใช้พลังงานไฟฟ้า และก๊าซที่ปล่อยทิ้งจากกระบวนการผลิต โดยมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 28 - 38, 24 - 29, 24 - 27 และ 14 - 16 ตามลำดับ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2553 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายปีสูงสุดในปี พ.ศ. 2553 ประมาณ 2,643 kt CO₂ eq. และ

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายปีต่ำสุดในปี พ.ศ. 2548 ประมาณ 2,051 kt CO₂ eq. คิดเป็นปริมาณการเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 29 ซึ่งสอดคล้องกับกำลังการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางทั้งประเทศที่ในปี พ.ศ. 2553 มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 33 จากปี พ.ศ. 2548

ภาพรวมกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย

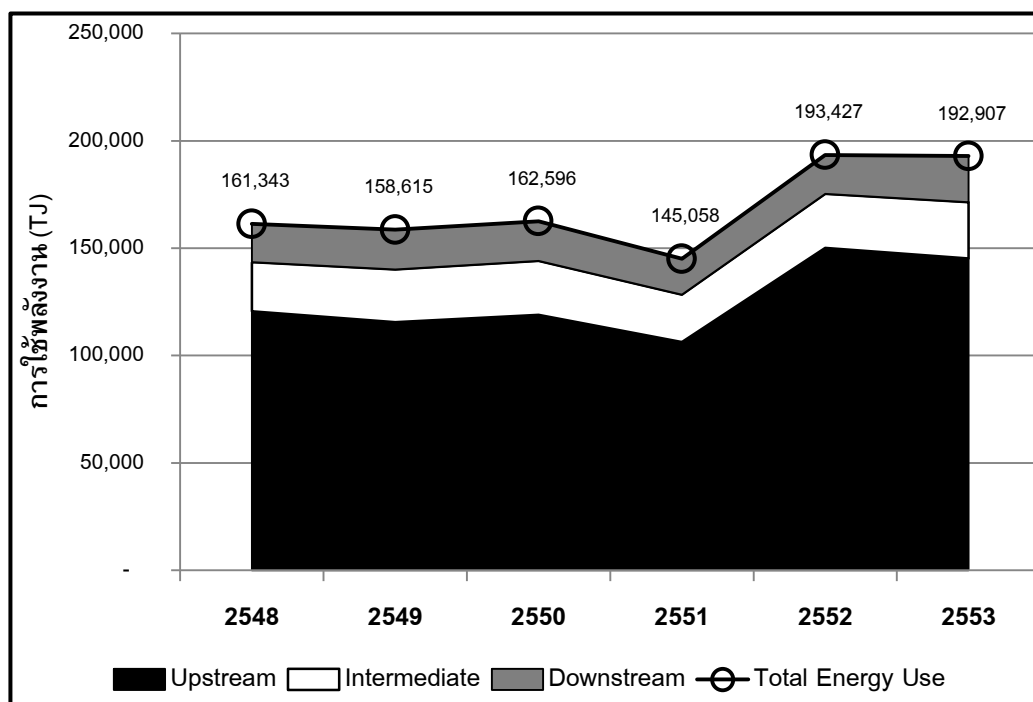
อุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นกลางมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายก่อนนำไปแปรรูปในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่อไป เนื่องจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายซึ่งเป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นต้นและขั้นกลางจึงไม่มีกระบวนการแตกตัวโมเลกุล ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ดังนั้น แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญจึงมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานไอน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมเป็นสำคัญ การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายมีช่วงความกว้างของข้อมูลมากเมื่อเทียบกับกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นกลาง เนื่องจากความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2553 อยู่ระหว่าง 879 - 6,460 MJ/t แนวโน้มการใช้พลังงานก็ลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นกลาง แต่มีอัตราการลดลงที่ไม่สูงนัก

ความเข้มข้นคาร์บอนของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลายมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด - สูงสุดในปี พ.ศ. 2548 - 2553 ประมาณ 0.096 – 0.366 และ 0.109 - 0.527 t CO₂ eq./t ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลายมีการขยายกำลังการผลิตอย่างต่อเนื่อง การนำแนวทางการอนุรักษ์พลังงานมาปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตเพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากนัก ซึ่งเมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลาย พบว่า แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลายมาจากแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมสูงกว่าแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางตรงประมาณ 4 เท่า โดยมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมา คือ การใช้พลังงานไอน้ำ การเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรงในกระบวนการผลิต และการเวียนใช้เชื้อเพลิง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 43 – 50, 30 – 32, 10 -17, 4 – 7 และ 1 – 3 ตามลำดับ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ โดยในปี พ.ศ. 2548

มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 1,830 kt CO₂ eq. และเพิ่มขึ้นเป็น 2,210 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2553

ภาพรวมอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

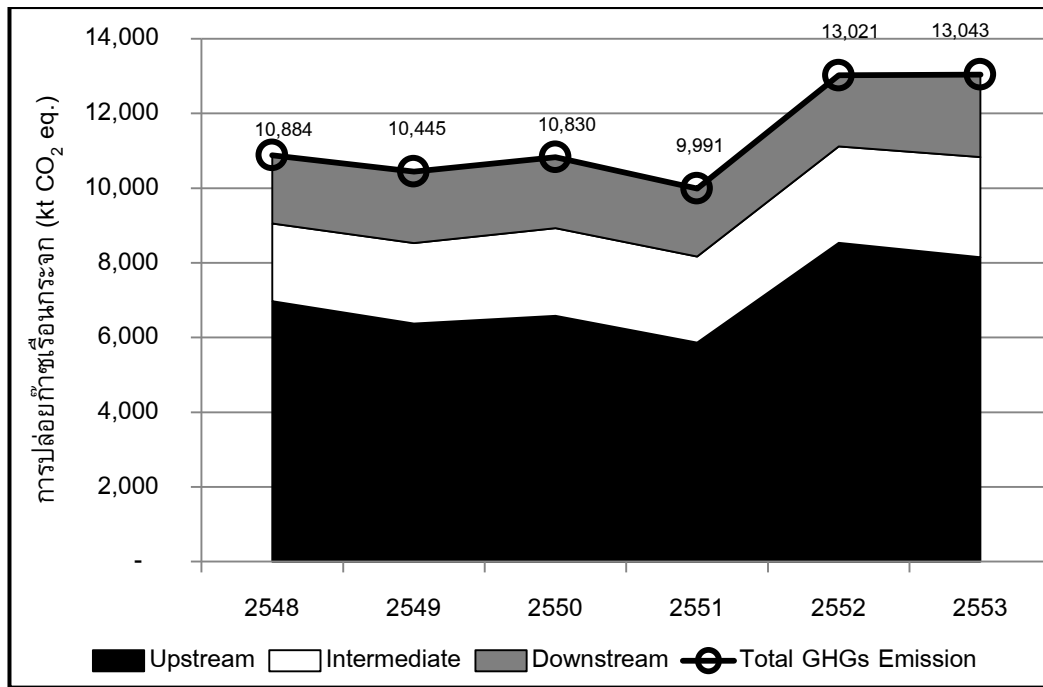
กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานต่อปีอยู่ในช่วงประมาณ 150,000 – 200,000 TJ ดังรูปที่ 1 โดยแบ่งเป็นการใช้พลังงานจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย ในสัดส่วนร้อยละ 75, 14 และ 11 ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 6 – 7 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งประเทศ โดยกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงที่เวียนใช้จากกระบวนการผลิตมากที่สุด (9,530 MJ/t) ส่วนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางใช้พลังงานจาก เชื้อเพลิงที่ใช้เผาไหม้โดยตรง มากที่สุด (2,549 MJ/t) และกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายใช้พลังงานจากพลังงานไอน้ำมากที่สุด (1,294 MJ/t)



รูปที่ 1 ปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยโดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษารายผลิตภัณฑ์ของต่างประเทศ ซึ่งผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกค่อนข้างต่ำกว่าผลการศึกษารายผลิตภัณฑ์ของต่างประเทศเล็กน้อย ยกเว้นผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น สไตรีนมอนอเมอร์ และพอลิ ไวนิลคลอไรด์ที่มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าผลการวิจัยอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างกันของวัตถุดิบ และ/หรือเทคโนโลยีกระบวนการผลิตที่ใช้ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านต้นทุนการดำเนินการ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีลักษณะสอดคล้องกับการใช้พลังงานของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรม กล่าวคือ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีการใช้พลังงานทางตรงเป็นหลักคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 81 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด การปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีที่มาจากแหล่งกำเนิดทางตรงเช่นกัน โดยมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 62 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ในขณะที่กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลายมีการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานทางอ้อมเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักๆ นั้นมีสัดส่วนมาจากแหล่งกำเนิดทางอ้อมเช่นกัน โดยกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดทางอ้อมร้อยละ 58 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง และกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดทางอ้อมร้อยละ 78 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในแต่ละปีมีค่าประมาณ 10,000 – 13,000 kt CO₂ eq. ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 3 ของทั้งประเทศ ดังรูปที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษามีลักษณะค่อนข้างคงที่ โดยแบ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายประมาณร้อยละ 62, 21 และ 17 ตามลำดับ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมในช่วง 3 ปีแรกมีลักษณะไปในทิศทางเดียว โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกค่อนข้างคงที่ แต่เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจโลกชะลอตัวในปี พ.ศ. 2551 ส่งผลให้ปริมาณกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกชนิดลดลงอย่างมากจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงด้วย แต่เมื่อสถานการณ์ต่างๆ กลับเข้าสู่สภาวะปกติในปี พ.ศ. 2552 – 2553 ผู้ผลิตในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้มีการขยายกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นในอัตราสูงเพื่อรองรับความต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นทวีคูณ โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 30 จากปี พ.ศ. 2551 ซึ่งกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นนั่นเอง



รูปที่ 2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

การคาดการณ์กำลังการผลิต

ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในอนาคตจะคาดการณ์โดยอ้างอิงฐานกำลังการผลิต (Production-based) และอ้างอิงฐานการบริโภค (Consumption-based)

การคาดการณ์ปริมาณการผลิตอ้างอิงฐานกำลังการผลิต (Production-based) เป็นวิธีการคาดการณ์ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีโดยใช้ปัจจัยด้านปริมาณวัตถุดิบที่มีในการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นๆ เป็นตัวกำหนดปริมาณสินค้าที่จะผลิตขึ้น แนวคิดนี้เป็นการใช้หลักการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยเชื่อว่า หากอุตสาหกรรมมีวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ปริมาณเท่าไร ปริมาณผลผลิตสูงสุดที่สามารถผลิตได้จากวัตถุดิบเหล่านั้นย่อมประมาณการณได้ วิธีนี้จะใช้สำหรับการคาดการณ์ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นกลาง ซึ่งมีกำลังการผลิตแปรผันตามปริมาณวัตถุดิบตั้งต้นที่มี

การคาดการณ์ปริมาณการผลิตอ้างอิงฐานการบริโภค (Consumption-based) เป็นการคาดการณ์ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีโดยอ้างอิงตามปริมาณความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคเป็นหลัก โดยเชื่อว่า หากตลาดมีความต้องการที่จะบริโภคสินค้าหรือบริการ อุตสาหกรรมหรือผู้ผลิตย่อมต้องการที่จะเพิ่มกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นให้เพียงพอต่อความต้องการด้วยเช่นกัน จึงเป็นหน้าที่ของผู้ผลิตที่

จะจัดหาวัตถุดิบให้ได้ หากวัตถุดิบเหล่านั้นไม่สามารถจัดหาได้ภายในประเทศก็อาจนำเข้าจากต่างประเทศได้ เพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงสุดที่สามารถผลิตตามความต้องการของตลาด วิธีนี้จะใช้สำหรับการคาดการณ์ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย ซึ่งมีกำลังการผลิตแปรผันตามปริมาณความต้องการของบริโภคของตลาด และยังสามารถจัดหาวัตถุดิบได้จากทั้งภายในและภายนอกประเทศ

อัตราการเติบโตเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2593 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ชั้นกลาง และขั้นปลายจากการคาดการณ์มีค่าประมาณร้อยละ 3.7, 3.5 และ 3.0 ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีสัดส่วนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลาง และขั้นปลาย โดยมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 44 สำหรับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ร้อยละ 26 สำหรับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลาง และร้อยละ 30 สำหรับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย กำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ได้จากการคาดการณ์ในปี พ.ศ.2558 มีประมาณ 28.2 ล้านตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 33.8 ล้านตัน และ 51.5 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2568 และ พ.ศ. 2593 ตามลำดับ

ศักยภาพการลดพลังงานและก๊าซเรือนกระจก

การประเมินศักยภาพการลดการใช้พลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทนเป็นการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆ รวมทั้งปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้ เพื่อนำมาคำนวณและวิเคราะห์หาศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรม ข้อมูลที่ใช้ประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจะเป็นข้อมูลผลการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทนในปี พ.ศ. 2553 เพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดได้ในอนาคต โดยเทียบจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

ศักยภาพการลดการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีประมาณ 8,792 TJ โดยมีสัดส่วนการลดพลังงานจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ชั้นกลาง และขั้นปลาย คิดเป็นร้อยละ 64, 33 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีความต้องการใช้พลังงานคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 75, 14 และ 11 ตามลำดับ ทั้งนี้ ปริมาณพลังงานที่คาดว่าจะมีศักยภาพในการลดได้ทั้งหมดนั้นมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 7 ของปริมาณการใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีตัวแทนปี พ.ศ. 2553 (121,715 TJ)

ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีประมาณ 972 kt CO₂ eq. โดยมีสัดส่วนการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย คิดเป็นร้อยละ 38, 37 และ 25 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรม กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด รองลงมา คือ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง และขั้นปลาย ตามลำดับ โดยมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 62, 21 และ 17 ตามลำดับ ทั้งนี้ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะมีศักยภาพในการลดได้ทั้งหมดนั้นมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 11 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีตัวแทนปี พ.ศ. 2553 (8,824 kt CO₂ eq.)

การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีตามกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่คาดไว้ จะประเมินผลแยกรายกลุ่มอุตสาหกรรมแล้วจึงนำผลที่ได้มารวมกันเพื่อเป็นตัวแทนของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยใช้ความเข้มข้นคาร์บอนรายผลิตภัณฑ์และรายกลุ่มอุตสาหกรรมซึ่งเป็นผลการศึกษาจากปี พ.ศ. 2552 เป็นฐานข้อมูลในการคำนวณ แนวทางการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมจะแบ่งออกเป็น 4 แนวทางที่คาดว่าจะเป็นไปได้ คือ

(1) BAU Line (Business-As-Usual Line) เป็นการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สมมติฐานที่ว่า หากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมียังคงดำเนินไปภายใต้สภาวะการเดิม โดยไม่มีมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้น ความเข้มข้นคาร์บอนของผลิตภัณฑ์จึงมีค่าคงที่ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอีก 10 ปีข้างหน้า (ในปี พ.ศ. 2563) จะมีค่าประมาณ 18,985 kt CO₂ eq. และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 31,412 kt CO₂ eq. ในอีก 40 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2593) โดยมีสัดส่วนจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย คิดเป็นร้อยละ 61, 22 และ 17 ตามลำดับ

(2) PDP Line เป็นการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับลดสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคการผลิตไฟฟ้า หรือ Emission Factor โดยอ้างอิงข้อมูลจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2573 (PDP 2010) ซึ่งเป็นผลการศึกษาของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน หากสามารถดำเนินการได้ตามแผน PDP 2010 จะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอีก 10 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2563) มี

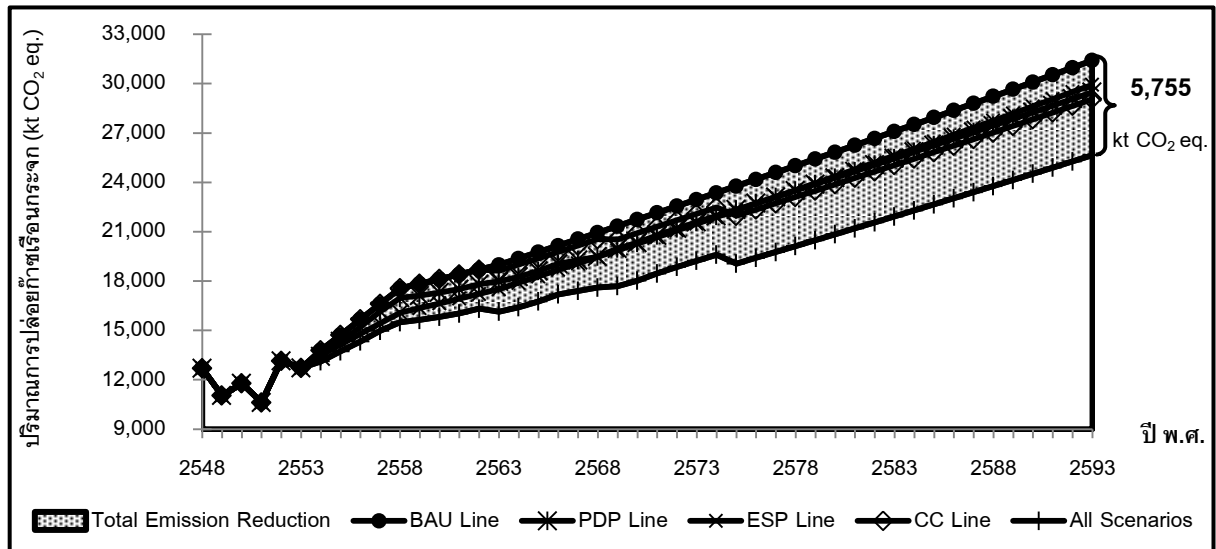
ประมาณ 17,981 kt CO₂ eq. และมีปริมาณเท่ากับ 29,489 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2593 โดยปรับลดจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณปกติประมาณ 1,923 kt CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 6 ซึ่งมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายคิดเป็นร้อยละ 30, 33 และ 37 จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ทั้งหมด ตามลำดับ

(3) ESP Line (Energy Saving Plan Line) เป็นการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้างอิงศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งแนวทางการอนุรักษ์พลังงานเหล่านี้ โรงงานสามารถดำเนินการได้ในระยะเวลาอันสั้น เนื่องจากใช้เงินในการลงทุนไม่มากนัก สามารถดำเนินการได้ทันที โรงงานอุตสาหกรรมสามารถดำเนินการมาตรการทั้งหมดได้ภายในปี พ.ศ. 2554 – 2558 ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทาง ESP Line ในอีก 5 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2558) มีประมาณ 16,080 kt CO₂ eq. และมีปริมาณเท่ากับ 29,936 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2593 โดยปรับลดจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณปกติประมาณ 1,476 kt CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 5 ซึ่งมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายคิดเป็นร้อยละ 35, 36 และ 29 จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ทั้งหมด ตามลำดับ

(4) CC Line (Catalytic Cracking Line) เป็นการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้างอิงศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากการเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตมาใช้กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาแทนกระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำที่ใช้ในปัจจุบัน เป็นแนวทางลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นโดยเฉพาะ ซึ่งคาดว่าจะสามารถเริ่มดำเนินการได้ในปี พ.ศ. 2563 และจะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2563 ลดลงประมาณ 362 kt CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 2 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณปกติ ในขณะที่ปี พ.ศ. 2593 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะลดลงประมาณ 2,356 kt CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 7 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณปกติ

ผลการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีหากทุกแนวทางสามารถดำเนินการไปพร้อมๆ กัน การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศย่อมก่อให้เกิดศักยภาพสูงสุด โดยสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เฉลี่ยประมาณร้อยละ 16 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณเดิม ซึ่งมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงในแนวทางที่ 1 (PDP Line) แนวทางที่ 2 (ESP Line) และแนวทาง

ที่ 3 (CC Line) คิดเป็นร้อยละ 6, 6 และ 4 ตามลำดับ และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานทั้ง 3 แนวทางร่วมกันในปี พ.ศ. 2593 มีประมาณ 25,657 kt CO₂ eq. ซึ่งลดลงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์เดิม (BAU Line) ในปีเดียวกันประมาณ 5,755 kt CO₂ eq. ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในอนาคต

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : RDG5330022

ชื่อโครงการ : การศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก

ื่อนักวิจัย : อรทัย ขวาลภาฤทธิ์¹, ชนาธิป ผาริโน², เปรมฤดี กาญจนปิยะ³

^{1, 2} คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ³ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

email address : orathai.c@chula.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : สิงหาคม 2553 - สิงหาคม 2554

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกแบบจำแนกตามสาขาการผลิตในประเทศไทย โดยคัดเลือกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีเพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษา 16 ชนิด ประกอบด้วย เอทิลีน พรอพิลีน มีกส์ซีลี เบนซีน โทลูอีน พาราไซลีน VCM PTA PSM PP HDPE LDPE LLDPE PET PVC และ PS โดยการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีลักษณะแบบ Gate to Gate ตามแนวทาง The Greenhouse Gas Protocol (WRI and WBCSD, 2003) และวิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใช้วิธีมาตรฐานของ IPCC 2006 ผลการวิจัยพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในปี พ.ศ. 2548 – 2553 อยู่ในช่วง 10,000 – 13,000 kt CO₂ eq./yr ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 3 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศในช่วงเวลาเดียวกัน การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานมีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกประมาณ 972 kt CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 11 ของก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกลุ่มนี้

ผลการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในอนาคต ระหว่างปี พ.ศ. 2554 – 2593 แบ่งออกเป็น 4 แนวทาง คือ (1) การดำเนินกระบวนการผลิตภายใต้สถานะการดำเนินธุรกิจตามปกติ (BAU) (2) การปรับลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้า (PDP) (3) การดำเนินแผนการอนุรักษ์พลังงาน (ESP) และ (4) การเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตมาใช้กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา (CC) พบว่า ใน พ.ศ. 2593 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานตามแนวทาง PDP, ESP และ CC รวมกันมีค่า 25,657 kt CO₂ eq. เมื่อเทียบกับแนวทาง BAU ที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 31,412 kt CO₂ eq. ซึ่งมาตรการทั้งสามแนวทางช่วยลดก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณร้อยละ 16 โดยแนวทาง PDP, ESP และ CC ช่วยลดก๊าซเรือนกระจกได้ในสัดส่วนร้อยละ 6, 6 และ 4 ตามลำดับ

คำหลัก : อุตสาหกรรมปิโตรเคมี การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก

Abstract

Project Code : RDG5330022

Project Title : Study of Greenhouse Gas Emission Indicator and Potential GHG Reduction of Petrochemical Industry

Investigators : example; Chavalparit O.¹, Pharino C.², Kanchanapiya P.³

^{1, 2} Faculty of Engineering Chulalongkorn University, ³ MTEC

email address : orathai.c@chula.ac.th

Project Duration : August 2010 - August 2011

This research aimed to evaluate greenhouse gas emission and potential GHG reduction of petrochemical Industry in Thailand. 16 types of petrochemical products were selected as a case study namely: ethylene, propylene, mixed C4, benzene, toluene, para-xylene, VCM, PTA, PSM, PP, HDPE, LDPE, LLDPE, PET and PVC และ PS. The methodology for GHG emission was based on The Greenhouse Gas Protocol (WRI and WBCSD, 2003) and IPCC 2006. The result showed that during 2005- 2010. GHG emission from Thai petrochemical industry was in the range of 10,000 – 13,000 kt CO₂ eq./yr that equal to 3% of total GHG emission from the country. Energy conservation options could reduce GHG emission of 972 kt CO₂ eq or 11% of total GHG from the industry.

The prediction of GHG emission reduction from petrochemical industry during 2011-2050 by using 4 alternative options such as: (1) Business-As-Usual Line, (2) Power Development Plan (PDP line) (3) Energy Saving Plan (ESP Line) and (4) Change to Catalytic Cracking Technology (CC Line). It was observed that GHG reduction could be achieved 25,657 kt CO₂ eq. or 16% of total emission (BAU line =31,412 kt CO₂ eq) by 2050 from adoption all alternative options. PDP, ESP and CC line option could reduce GHG emission equal to 6%, 6% and 4%, respectively.

Keywords : Petrochemical Industry, Greenhouse Gas Emission, Potential GHG Reduction

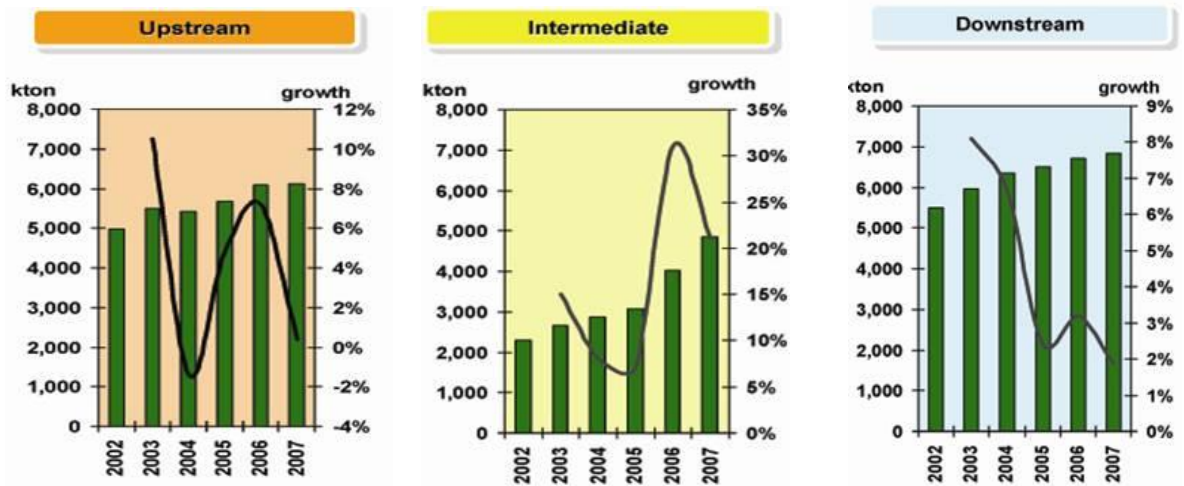
บทที่ 1

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

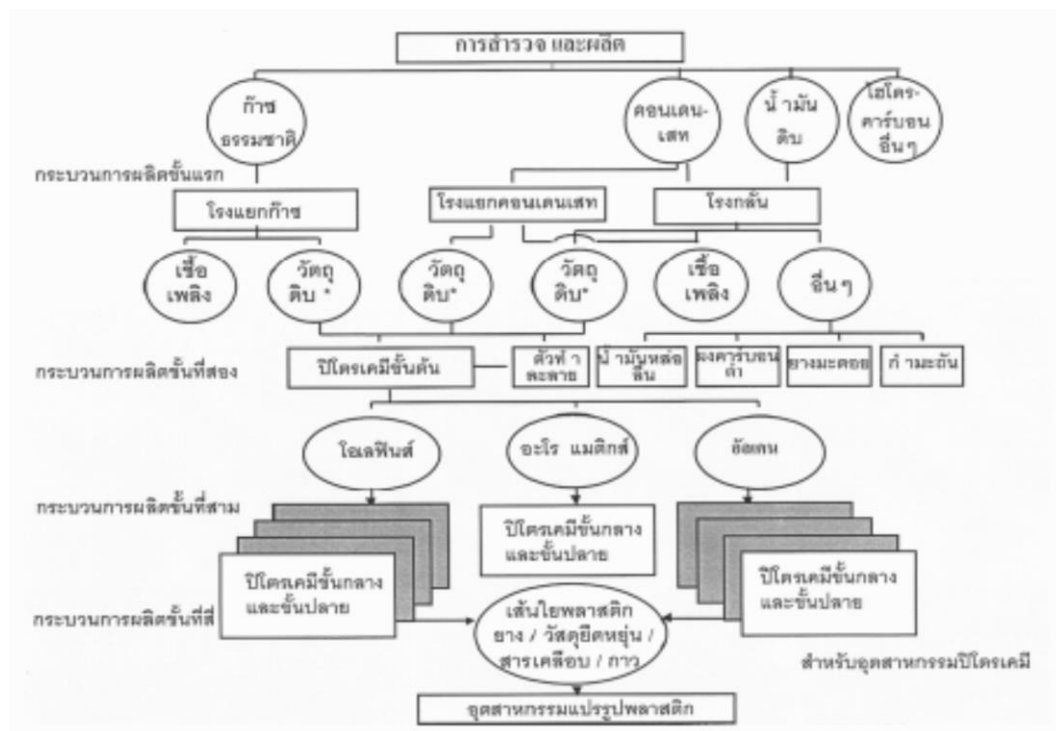
1.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

ปิโตรเคมี (Petrochemical) หมายถึง สารอินทรีย์เคมีประเภทไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ที่ผลิตขึ้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมเป็นวัตถุดิบ ปัจจุบันประมาณร้อยละ 95 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั้งหมดใช้น้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติเป็นสารตั้งต้นในการผลิต ทั้งนี้ปริมาณการใช้น้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์นั้นจะแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีจัดเป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมเคมีโดยใช้ผลิตภัณฑ์บางส่วนจากโรงกลั่นน้ำมันเพื่อเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเคมีภัณฑ์ต่างๆ โดยทั่วไปเป้าหมายหลักของธุรกิจอุตสาหกรรมน้ำมัน คือ การผลิตเชื้อเพลิง และมีวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีเป็นธุรกิจข้างเคียง ดังนั้นเป้าหมายหลักของธุรกิจอุตสาหกรรมปิโตรเคมี คือ การผลิตเคมีภัณฑ์ประเภทต่างๆ นั้นเอง **รูปที่ 1-1** แสดงอัตราการเติบโตและปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2548 โดยกลุ่มของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น (Upstream) ขั้นกลาง (Intermediate) และขั้นปลาย (Downstream) การเติบโตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางมีอัตราสูงเกือบสามเท่าของผลิตภัณฑ์ขั้นต้นและขั้นปลาย ซึ่งมีอัตราการเติบโตอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน แต่หากเทียบกับในระยะเริ่มต้นของการพัฒนาอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มขั้นกลางมีปริมาณการผลิตต่อปีน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ขั้นต้นและขั้นปลายเกือบครึ่งหนึ่ง ซึ่งน่าจะเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์กลุ่มขั้นกลางมีอัตราการเติบโตเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะต่อมา

โดยทั่วไปอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจะนำวัตถุดิบจากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมไปผลิตต่อเนื่องจนเป็นเม็ดพลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ ยางสังเคราะห์ สารเคลือบผิว และกาวยาต่างๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ถือเป็นวัตถุดิบพื้นฐานที่สำคัญในการผลิตเครื่องอุปโภคบริโภคพื้นฐานของมนุษย์ ตลอดจนอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ในการประกอบอาชีพ รวมไปถึงจนถึงสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ที่ทำให้มนุษย์มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น **รูปที่ 1-2** แสดงความเชื่อมโยงระหว่างอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมีในประเทศไทย โครงสร้างของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีเป็นอุตสาหกรรมที่มีความซับซ้อน เนื่องจากมีกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้หลากหลายชนิดที่สามารถนำไปใช้作为วัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้อย่างหลากหลาย



รูปที่ 1-1 อัตราการเติบโตและปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในประเทศไทย (FTIPC, 2011)



รูปที่ 1-2 ความเชื่อมโยงระหว่างอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและปิโตรเคมีในประเทศไทย (PTIT, 2552)

1.2 ประเภทและประโยชน์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีสามารถจำแนกตามประเภทของผลิตภัณฑ์ได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ คือ

1. อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น (Upstream Petrochemical Industry)
2. อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง (Intermediate Petrochemical Industry)
3. อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย (Downstream Petrochemical Industry)

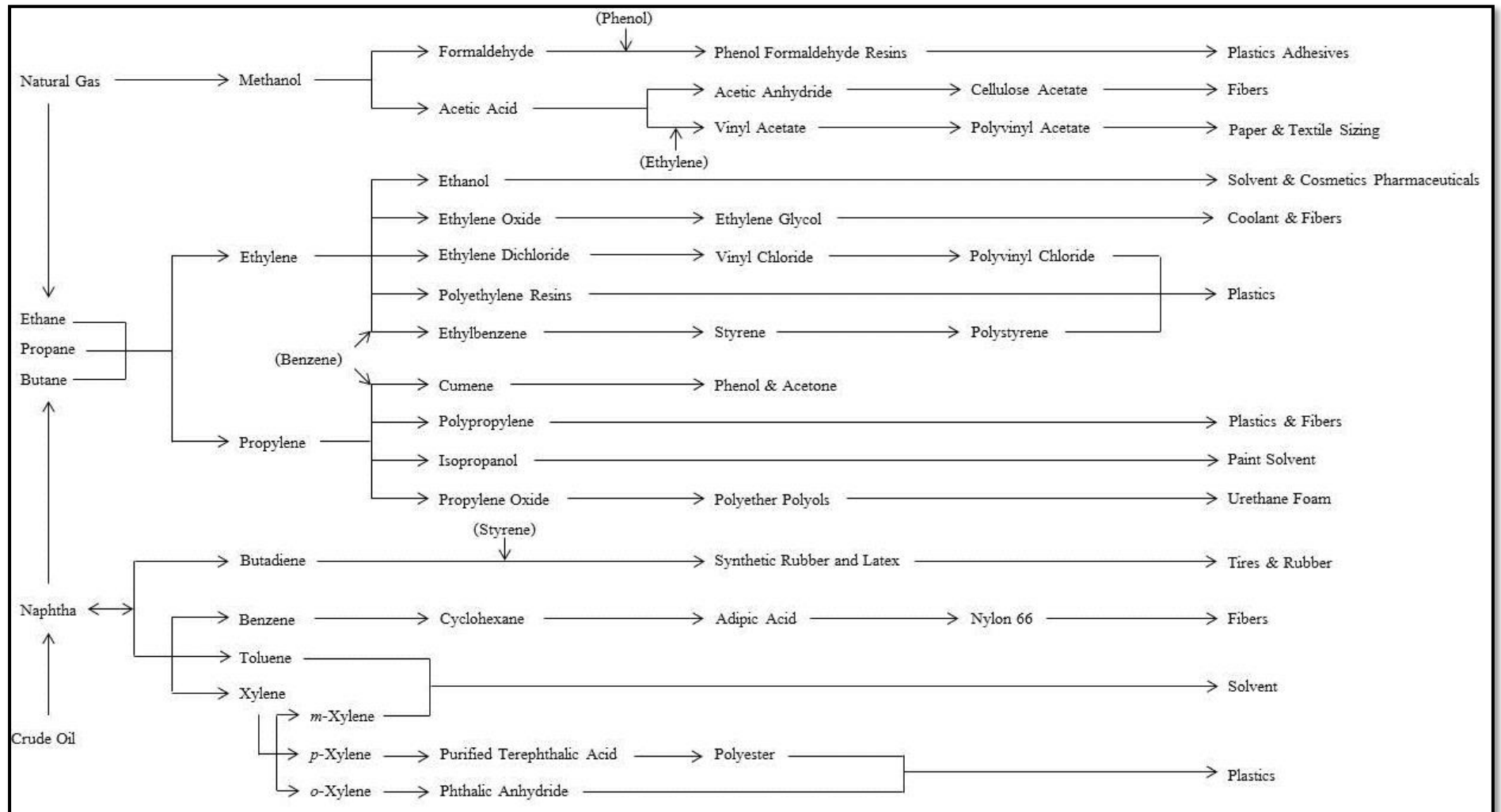
แต่ละกลุ่มของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีความสัมพันธ์กันในด้านห่วงโซ่การผลิตที่มีการนำผลิตภัณฑ์ในขั้นต่างๆ มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคมีการใช้อย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน ดังรูปที่ 1-3

1.2.1 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น (Upstream Petrochemical Industry) เป็นอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีลำดับแรกเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต่อเนื่องต่อไป โดยแบ่งตามโครงสร้างพื้นฐานของโมเลกุลที่แตกต่างกันได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มอัลเคน (Alkane Group) กลุ่มโอเลฟินส์ (Olefins Group) และกลุ่มอะโรมาติกส์ (Aromatics Group) ในแต่ละกลุ่มมีผลิตภัณฑ์หลักซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญยิ่งสำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมปิโตรเคมีรวมทั้งสิ้น 7 ชนิด คือ มีเทน เอทิลีน พรอพิลีน มิกซ์ซีลี เบนซีน โทลูอิน และไซลีน รายละเอียดของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีดังนี้

(1) กลุ่มอัลเคน (Alkane Group) ประกอบด้วย

- **มีเทน (Methane)** เป็นสารตั้งต้นของก๊าซสังเคราะห์ (Synthesis Gas) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเมทิลแอลกอฮอล์ (Methyl Alcohol) และแอมโมเนีย (Ammonia) ซึ่งเมทิลแอลกอฮอล์จะใช้เป็นสารตั้งต้นของออกโซแอลกอฮอล์ (Oxo-alcohol) เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) กรดน้ำส้ม (Acetic Acid) และกรดมด (Formic Acid) ฯลฯ ส่วนแอมโมเนียจะนำไปใช้ในการผลิตปุ๋ยเคมี



รูปที่ 1-3 สายการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

(2) กลุ่มโอเลฟินส์ (Olefins Group) ประกอบด้วย

- **เอทิลีน (Ethylene, ETH)** เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นต้นที่สำคัญที่สุดของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เนื่องจากมีปริมาณการใช้มากกว่าผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นอื่นๆ เอทิลีนสามารถนำไปผลิตเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย เช่น พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (Linear Low Density Polyethylene, LLDPE) และพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) เป็นต้น เอทิลีนยังสามารถผลิตเอทิลีนออกไซด์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางที่จะนำไปใช้ในการผลิตเอทิลีนไกลคอล (Ethylene Glycol, EG) เอทานอลามีน (Ethanamine) ไกลคอลอีเทอร์ (Glycol Ether, GE) และ Non-Ionic Surface Active Agent เป็นต้น โดยเอทิลีนไกลคอลมักทำปฏิกิริยากับกรดเทเรฟทาลิก (Purified Terephthalic Acid, PTA) ได้เป็นพอลิเอสเตอร์ (Polyester) และพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตเรซิน (Polyethylene Terephthalate Resin) ที่ใช้ผลิตเส้นใยพอลิเอสเตอร์ (Polyester Fibers) และขวดน้ำ PET ตามลำดับ นอกจากนี้เอทิลีนยังสามารถทำปฏิกิริยากับคลอรีนภายใต้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมได้เอทิลีนไดคลอไรด์ (Ethylene Dichloride, EDC) และทำการไพโรไลซิสต่อไปได้เป็นไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ (Vinyl Chloride Monomer, VCM) นั้นเอง หรือหากให้เอทิลีนทำปฏิกิริยากับกรดอะซิติก (Acetic Acid) และออกซิเจน ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้วัฏภาคก๊าซจะได้ไวนิลอะซิเตตมอนอเมอร์ (Vinyl Acetate Monomer, VAM) เพื่อเตรียมไว้สำหรับผลิตพอลิไวนิลอะซิเตต (Polyvinyl Acetate, PVA) ต่อไป
- **พรอพิลีน (Propylene, PPL)** เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นต้นที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ส่วนใหญ่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเม็ดพลาสติกประเภทพอลิพรอพิลีน (Polypropylene, PP) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก เช่น ถังรีนอน และฟิล์มต่างๆ เป็นต้น ใช้ในการผลิตอะคริโลไนไตรล์ (Acrylonitrile) จากการทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียและออกซิเจน หรือใช้ในการผลิตไนลอน 6,6 (Nylon 6,6) และเคมีภัณฑ์อื่นๆ เช่น บิวทิลแอลกอฮอล์ (Butyl Alcohol) 2-เอทิลเฮกซะนอล (2-Ethyl Hexanol, 2-EH) และคิวมีน (Cumene) เป็นต้น
- **มิกซ์ซีสี่ (Mixed C4, MC4)** เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเพิ่มออกเทนของเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ (Methyl Tertiary Butyl Ether, MTBE) และสามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตยางสังเคราะห์ต่างๆ เช่น ยางบิวทาไดอีน (Butadiene Rubber, BR) ยางสไตรีนบิวทาไดอีน (Styrene Butadiene Rubber, SBR) และอะคริโลไนไตรล์บิวทาไดอีนสไตรีน (Acrylonitrile Butadiene Styrene, ABS) เป็นต้น

(3) กลุ่มอะโรมาติกส์ (Aromatics Group) ประกอบด้วย

- **เบนซีน (Benzene, BZ)** เป็นสารปิโตรเคมีขั้นต้นใช้ในการผลิตเอทิลเบนซีน (Ethyl Benzene, EB) สไตรีนมอนอเมอร์ (Styrene Monomer, SM) และกรดอะดิปิก (Adipic Acid) เป็นต้น เพื่อนำไปผลิตต่อเป็นเม็ดพลาสติก เช่น พอลิสไตรีน (Polystyrene, PS) พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate, PC) ยางสังเคราะห์สไตรีนบิวทาไดอีน (Synthetic Styrene Butadiene Rubber, SSBR) สไตรีนอะคริโลไนไตรล์ (Styrene Acrylonitrile, SAN) และเคมีภัณฑ์อื่นๆ เช่น ฟีนอล (Phenol) และอีพอกซี (Epoxy) เป็นต้น
- **โทลูอีน (Toluene, TOL)** เป็นสารที่ใช้เป็นตัวทำละลายในการผลิตสารอะโรมาติกส์อื่นๆ ที่มีมูลค่าสูงกว่า คือ พาราไซลีน (p-Xylene, PX) และเบนซีน (Benzene, BZ) ทั้งในอุตสาหกรรมเคมี ยาง ยา พลาสติก หนังเทียม เส้นใย การเคลือบกระดาษ หมึกพิมพ์ และเป็นวัตถุดิบตั้งต้นและสารตัวกลางในอุตสาหกรรมอินทรีย์เคมีและการสังเคราะห์เคมี เช่น การทำโทลูอีนไดไอโซไซยาเนต (Toluene Di-Isocyanate, TDI) ที่เป็นสารตั้งต้นในการผลิตโฟมพอลิยูรีเทน (Polyurethane, PU) เป็นต้น
- **ไซลีน (Xylene)** มี 3 ชนิดหลักคือ มิกซ์ไซลีน (Mixed-Xylene, MX) พาราไซลีน (Para-Xylene, PX) และออร์โธไซลีน (Ortho-Xylene, OX) โดยที่มิกซ์ไซลีนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไซลีน 3 ชนิดปนกันอยู่ ได้แก่ พาราไซลีน ออร์โธไซลีน และเมตาไซลีน สามารถนำไปแยกเป็นไซลีนทั้ง 3 ชนิดโดยเฉพาะและใช้เป็นตัวทำละลายได้ ในขณะที่พาราไซลีนใช้ผลิตเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate, PET) และเส้นใยพอลิเอสเตอร์ (Polyester) ส่วนออร์โธไซลีนใช้ผลิตสารเสริมสร้างความยืดหยุ่น (Plasticizer) ของพอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride, PVC)

1.2.2 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง (Intermediate Petrochemical Industry) เป็นกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นวัตถุดิบในการผลิต และจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมขั้นปลายต่อไป อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางสามารถแบ่งผลิตภัณฑ์ตามสายของปิโตรเคมีขั้นต้นได้ดังนี้

(1) ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางสายอัลเคน (Alkane Intermediates) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางจากมีเทน เช่น เมทานอล (Methanol) หรือเมทิลแอลกอฮอล์ (Methyl Alcohol) ฟอรัลดีไฮด์ (Formaldehyde) แอมโมเนีย (Ammonia) และฟอสจีน (Phosgene) เป็นต้น อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์บางชนิดข้างต้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เลยโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการใดอีก เช่น เมทานอล อาจนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือเป็นสารช่วยละลายน้ำแข็งในกระบวนการผลิตเพื่อป้องกันการอุดตันของน้ำแข็งในท่อที่เย็นจัด เนื่องจากมีสมบัติในการละลายน้ำได้ดี หรือแอมโมเนียอาจนำไปใช้เป็นสารทำความเย็น (Refrigerant) ในเครื่องทำความเย็น เป็นต้น

(2) ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางสายโอเลฟินส์ (Olefin Intermediates) เป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีที่วัตถุดิบจากผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์ขั้นต้น ได้แก่

- ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางจากเอทิลีน เช่น เอทิลีนไดคลอไรด์ (Ethylene Dichloride, EDC) ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ (Vinyl Chloride Monomer, VCM) เอทิลีนออกไซด์ (Ethylene Oxide, EO) และเอทิลีนไกลคอล (Ethylene Glycol, EG) เป็นต้น
- ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางจากพโรพิลีน เช่น ออกโซแอลกอฮอล์ (Oxo Alcohol) และอะคริโลไนไตรล์ (Acrylonitrile) เป็นต้น

(3) ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางสายอะโรมาติกส์ (Aromatic Intermediates) เป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีที่วัตถุดิบจากผลิตภัณฑ์อะโรมาติกส์ขั้นต้น ได้แก่

- ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางจากเบนซีน เช่น เอทิลเบนซีน (Ethyl Benzene, EB) สไตรีนมอนอเมอร์ (Styrene Monomer, SM) ไซโคลเฮกเซน (Cyclohexane, CX) คาโพรแลกทัม (Caprolactam, CPL) คิวมีน (Cumene) และฟีนอล (Phenol) เป็นต้น ซึ่งฟีนอลหรือเรียกว่าสารอนุพันธ์ของเบนซีน สามารถใช้ในการผลิตฟีนอลฟอรัลดีไฮด์เรซิน หรือบิสฟีนอล-เอ (Bisphenol A, BIS-A) ที่ใช้ในการทำอีพอกซีเรซิน
- ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางจากพาราไซลีน เช่น กรดเทเรฟทาลิก (Purified Terephthalic Acid, PTA) และไดเมทิลเทเรฟทาเลต (Dimethyl Terephthalate, DMT) เป็นต้น ซึ่งสารอนุพันธ์ของพาราไซลีนส่วนใหญ่จะนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate, PET)

1.2.3 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย (Downstream Petrochemical Industry) เป็นกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่ใช้ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นกลางมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายก่อนที่จะนำไปแปรรูปในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่อไป อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายสามารถแบ่งเป็นกลุ่มหลักๆ ตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ดังนี้

(1) กลุ่มพลาสติก ประกอบด้วย

- **พลาสติกที่ใช้งานทั่วไป (Commodity Plastics)** เป็นพลาสติกที่มีคุณสมบัติแปรรูปได้หลากหลาย สามารถตอบสนองความต้องการพื้นฐานของมนุษย์มากมาย มีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติกประเภทอื่น พลาสติกกลุ่มพอลิเอทิลีน เช่น พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (Linear Low Density Polyethylene, LLDPE) และพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) เป็นต้น จะใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก อุปกรณ์ไฟฟ้า และชิ้นส่วนยานยนต์ เป็นต้น พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride, PVC) ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตท่อน้ำ ผนังเทียม ฉนวนหุ้มสายไฟ และอุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นต้น พอลิพรอพิลีน (Polypropylene, PP) ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์พลาสติกต่างๆ เช่น เปลือกแบตเตอรี่ แก้วน้ำพลาสติก และฟิวเจอร์บอร์ด เป็นต้น พอลิสไตรีน (Polystyrene, PS) ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตโฟมพอลิสไตรีน และไม้บรรทัด เป็นต้น
- **พลาสติกสำหรับงานวิศวกรรม (Engineering Plastics)** เป็นพลาสติกที่ใช้ในงานวิศวกรรมที่ต้องการสมบัติพิเศษ สามารถใช้ทดแทนโลหะในงานวิศวกรรม เช่น เพื่องานชิ้นส่วนรถยนต์ ชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ตัวอย่างพลาสติกประเภทนี้ได้แก่ ไนลอน (Nylon) พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate, PC) พอลิอะซีทัล (Polyacetal, PA) อะคริโลไนไตรล์บิวทาไดอีนสไตรีน (Acrylonitrile Butadiene Styrene, ABS) และ พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate, PET) เป็นต้น
- **พลาสติกที่มีสมบัติพิเศษ (High Performance Plastics)** เป็นพลาสติกที่มีสมบัติพิเศษสำหรับใช้งานเฉพาะทาง เช่น ทนความร้อน ทนกรดทนด่าง ลื่นไม่ติดง่าย เป็นต้น พลาสติกประเภทนี้มีราคาสูงมากตามลักษณะพิเศษแต่ละชนิด ตัวอย่างพลาสติกประเภทนี้ได้แก่ พอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน (Polytetrafluoroethylene หรือ Teflon) พอลิอีเทอร์อีเทอร์คีโตน (Polyether Ether Ketone, PEEK) และพอลิอีเทอร์ซัลโฟน (Polyether Sulfone, PES) เป็นต้น พลาสติกเหล่านี้ยังมีปริมาณการใช้ไม่มากนักและยังไม่มีการผลิต

ในประเทศไทยเลย เนื่องจากต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิต และเป็นเทคโนโลยีที่ยังไม่แพร่หลายมากนัก

(2) กลุ่มเส้นใยสังเคราะห์ เป็นวัสดุเส้นใยสังเคราะห์ที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ทดแทนการบริโภคเส้นใยธรรมชาติ เช่น ฝ้าย ขนสัตว์ ป่าน และปอ เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอผ้า เสื้อผ้า และเครื่องนุ่งห่ม อีกทั้งยังสามารถปรับปรุงให้มีคุณสมบัติเพื่อเลียนแบบหรือให้แตกต่างจากเส้นใยธรรมชาติก็ได้ ตัวอย่างเส้นใยสังเคราะห์ที่มีการนำมาใช้ทดแทนเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยพอลิเอสเตอร์ใช้ทดแทนไหม เส้นใยอะคริลิกใช้ทดแทนขนสัตว์ เส้นใยสังเคราะห์สามารถไปใช้งานโดยลำพัง หรือผสมกับเส้นใยสังเคราะห์ชนิดอื่น หรือผสมกับเส้นใยธรรมชาติก็ได้ เพื่อการใช้งานที่เหมาะสมกับความต้องการที่หลากหลาย

(3) กลุ่มยางสังเคราะห์ เป็นวัสดุที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงหรือดีกว่ายางธรรมชาติ โดยให้ความยืดหยุ่นคล้ายยางธรรมชาติ แต่มีความคงทนต่อการใช้งานมากกว่า ยางสังเคราะห์มีบทบาทสำคัญต่อธุรกิจยานยนต์ โดยใช้เป็นวัสดุทดแทนยางธรรมชาติได้เป็นอย่างดี ยางสังเคราะห์มีหลายประเภท เช่น ยางบิวทาไดอิน (Butadiene Rubber, BR) ยางสไตรีนบิวทาไดอิน (Styrene Butadiene Rubber, SBR) ยางบิวทิล (Butyl Rubber) ยางไนไตรล์ (Nitrile Rubber, NR) และยางเอทิลีนพรอพิลีนไดอินอีลาสโตเมอร์ (Ethylene Propylene Diene Elastomer, EPDM) เป็นต้น

(4) กลุ่มสารเคลือบผิวและผลิตภัณฑ์กาว เป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีเพื่องานเคลือบผิววัสดุให้แข็งแรง คงทน และสวยงาม เช่น พอลิยูรีเทน (Polyurethane, PU) อีพอกซี (Epoxy Resins) เป็นต้น ส่วนผลิตภัณฑ์กาว เช่น ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde) พอลิไวนิลอะซิเตท (Polyvinyl Acetate, PVA) และกาวอีพอกซี (Epoxy) เป็นต้น

1.3 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทย

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอย่างมากต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ ช่วยสร้างรายได้จำนวนมากหาศาลอย่างต่อเนื่อง ตารางที่ 1-1 แสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยมีรายได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในปี พ.ศ. 2551 ประมาณ 495,625 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 5.4 ของรายได้ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติภายในประเทศ (Gross Domestic Product, GDP) โดยรายได้ดังกล่าวร้อยละ 50 เป็นรายได้จากการส่งออก ส่วนอีกร้อยละ 50 เป็นรายได้จากการขายในประเทศ และหากพิจารณาในด้านมูลค่าเพิ่มของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในช่วงปี พ.ศ. 2546 - 2551 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีสร้างมูลค่าเพิ่มร้อยละ 2 - 3 ของ GDP หรือสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับประเทศ 1.6 - 1.9 แสนล้านบาท

ตารางที่ 1-1 มูลค่าของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย (PTIT, 2552)

Year	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
GDP, Current Price (Million Baht)	5,917,369	6,489,476	7,092,893	7,841,297	8,493,311	9,102,785	N.A.
Exchange Rate (Baht/US\$)	41.5	40.3	40.0	38.0	35.0	33.5	34.0
Petrochemical Status							
Total Revenue , Domestic Downstream Production + Upstream & Intermediate Export							
Million Baht	309,106	404,019	447,253	477,938	488,271	495,625	507,318
Compare to GDP	5.2%	6.2%	6.3%	6.1%	5.7%	5.4%	N.A.
Value Added , Total Revenue – Import & Feedstock							
Million Baht	157,571	193,402	179,071	176,785	174,176	171,248	N.A.
Compare to GDP	2.7%	3.0%	2.5%	2.3%	2.1%	1.9%	N.A.

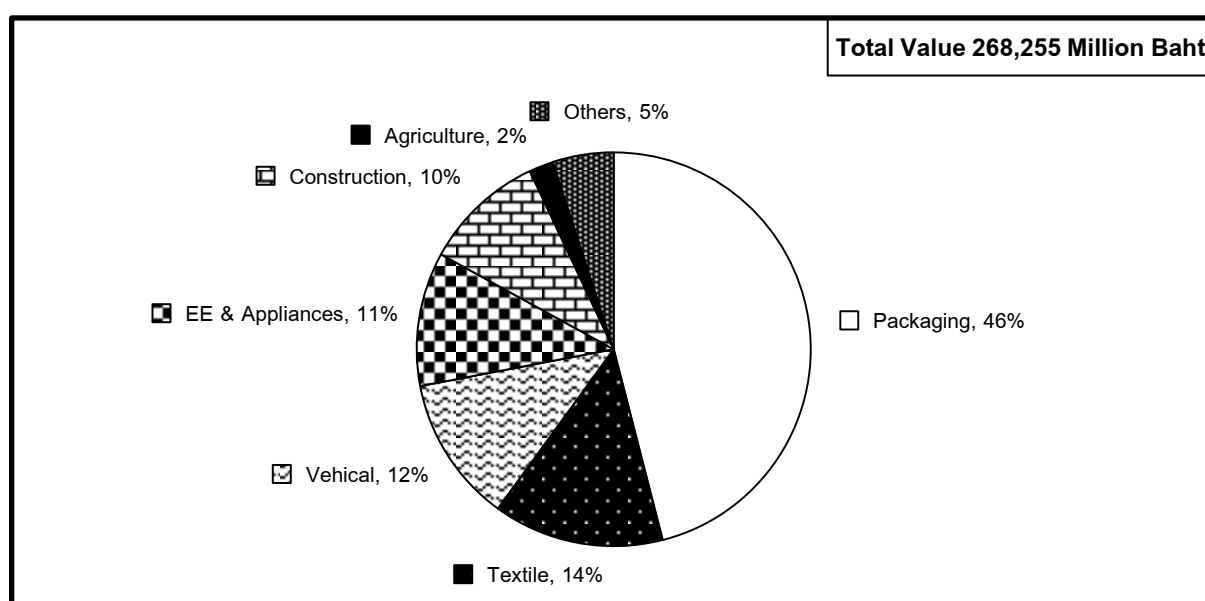
ด้านการส่งออก ที่ผ่านมามูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีโดยรวมของประเทศมีอัตราการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ทำให้การส่งออกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีมีบทบาทและทวีความสำคัญในการสร้างรายได้เข้าประเทศมากขึ้นเป็นลำดับ โดยในปี พ.ศ. 2551 การส่งออกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีโดยรวมมีมูลค่าประมาณ 254,253 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 4.3 ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมด โดยเพิ่มขึ้นเกือบสองเท่าตัวเมื่อเทียบกับปริมาณการส่งออกในปี พ.ศ. 2547 ดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1-2 มูลค่าการส่งออกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย (PTIT, 2552)

Unit, Million Baht

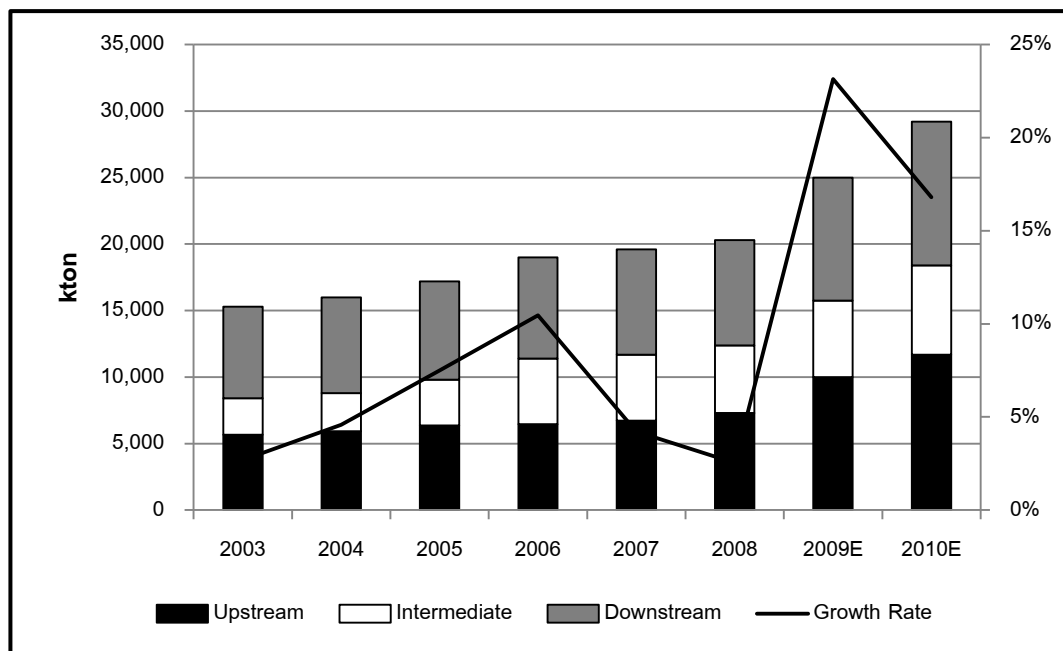
Year	2547	2548	2549	2550	2551
Total Export	3,874,310	4,439,310	4,939,393	5,254,999	5,853,628
Petrochemical Industry Export	167,947	223,063	251,560	256,860	254,253
Ratio	4.3%	5.0%	5.1%	4.9%	4.3%

นอกจากการส่งออกที่สร้างเม็ดเงินจำนวนมหาศาลเข้าประเทศในแต่ละปี อุตสาหกรรมปิโตรเคมียังถือเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐาน (Base Industry) ที่สำคัญของประเทศ เป็นแรงหนุนสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจไทย เนื่องจากเป็นรากฐานของอุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ มากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการมีบทบาทสำคัญในการเป็นอุตสาหกรรมขั้นต้นที่มีความเชื่อมโยงโดยตรงกับอุตสาหกรรมพลาสติกและผลิตภัณฑ์พลาสติก ซึ่งผลิตภัณฑ์พลาสติกต่างๆ จะถูกส่งต่อไปเป็นวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนในการผลิตของอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ เช่น บรรจุภัณฑ์ ยานยนต์ ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ก่อสร้าง หรือแม้แต่อุตสาหกรรมเกษตรซึ่งเป็นรากฐานที่สำคัญของเศรษฐกิจไทย ดังรูปที่ 1-4



รูปที่ 1-4 มูลค่าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายในปี พ.ศ. 2551 จำแนกตามกลุ่มอุตสาหกรรมต่อเนื่อง (PTIT, 2552)

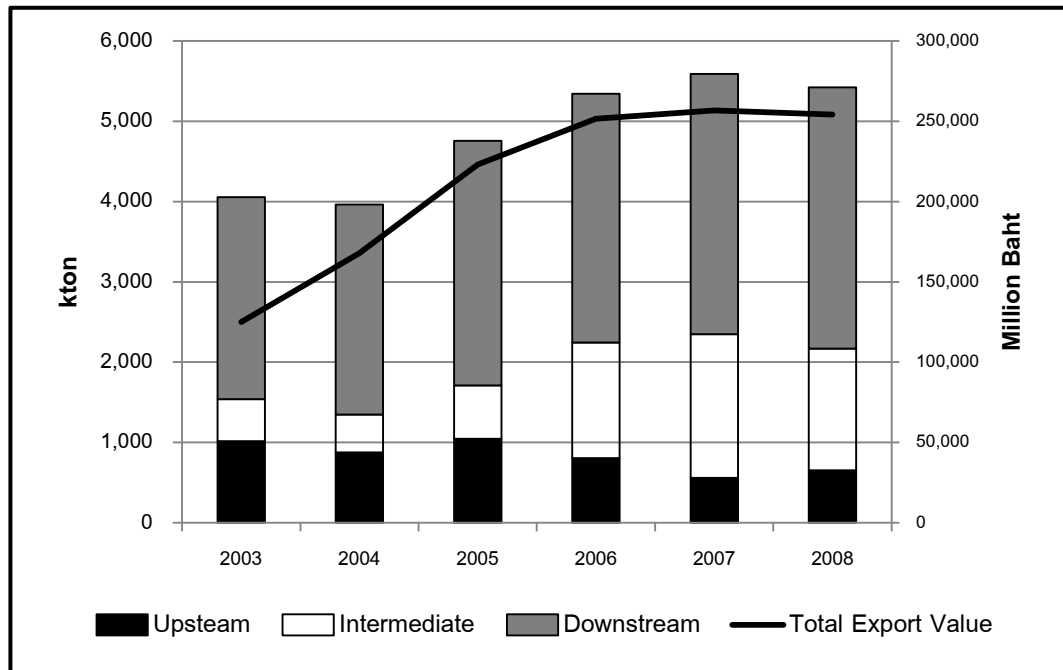
จากปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ประเทศไทยมีกำลังการผลิตเกินกว่าความต้องการภายในประเทศ ผู้ประกอบการจึงเน้นการส่งออกมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งออกไปยังตลาดจีนและตลาดอื่นๆ ในภูมิภาคเอเชียที่มีความต้องการผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีสูงจากการขยายตัวของเศรษฐกิจ การส่งออกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีโดยรวมของประเทศไทยในช่วงที่ผ่านมาจึงเพิ่มขึ้นค่อนข้างมากและต่อเนื่อง โดยเฉพาะสินค้ากลุ่มปิโตรเคมีขั้นปลายมีการส่งออกถึง 3.2 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2551 คิดเป็นร้อยละ 40 ของปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย โครงสร้างสัดส่วนกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2548 ดังรูปที่ 1-5



รูปที่ 1-5 กำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีของประเทศไทย (PTIT, 2552)

การขยายกำลังการผลิตปิโตรเคมีขั้นกลางนอกจากจะส่งผลให้กำลังการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโครงสร้างแล้ว ยังส่งผลให้โครงสร้างสัดส่วนการส่งออกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีของประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันด้วยดังรูปที่ 1-6 กล่าวคือ การส่งออกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางมีสัดส่วนเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่การส่งออกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นปลายมีสัดส่วนลดลงอย่างมาก ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น

ภายในประเทศเพิ่มมากขึ้นตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลาย ซึ่งส่งผลดีต่ออุตสาหกรรมโดยรวม เนื่องจากการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์



รูปที่ 1-6 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีของประเทศไทย (PTIT, 2552)

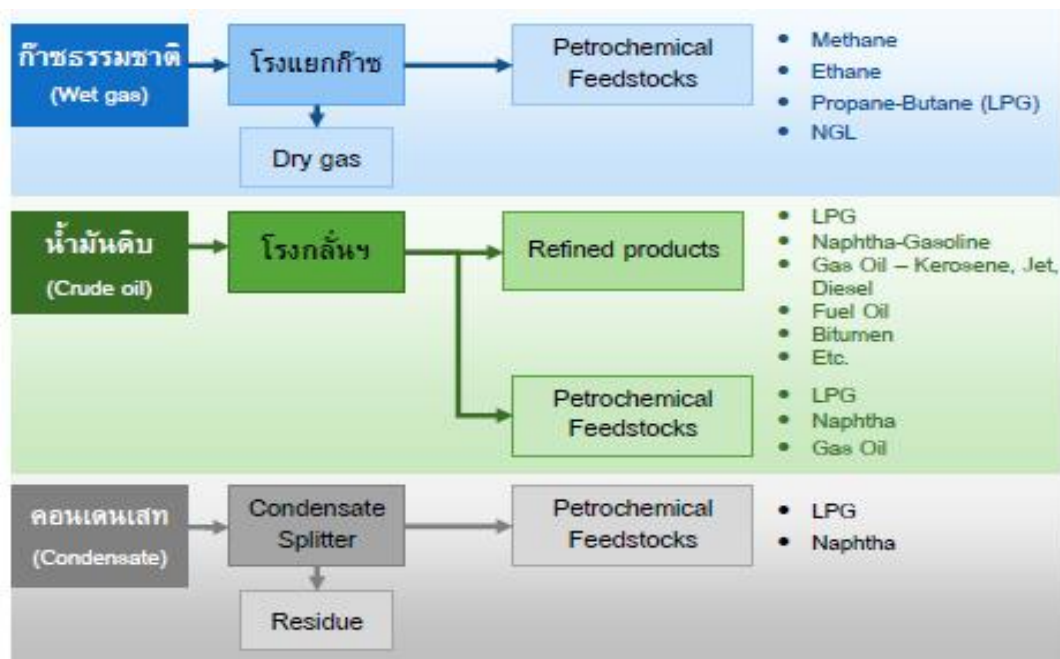
1.4 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

1.4.1 วัตถุดิบ

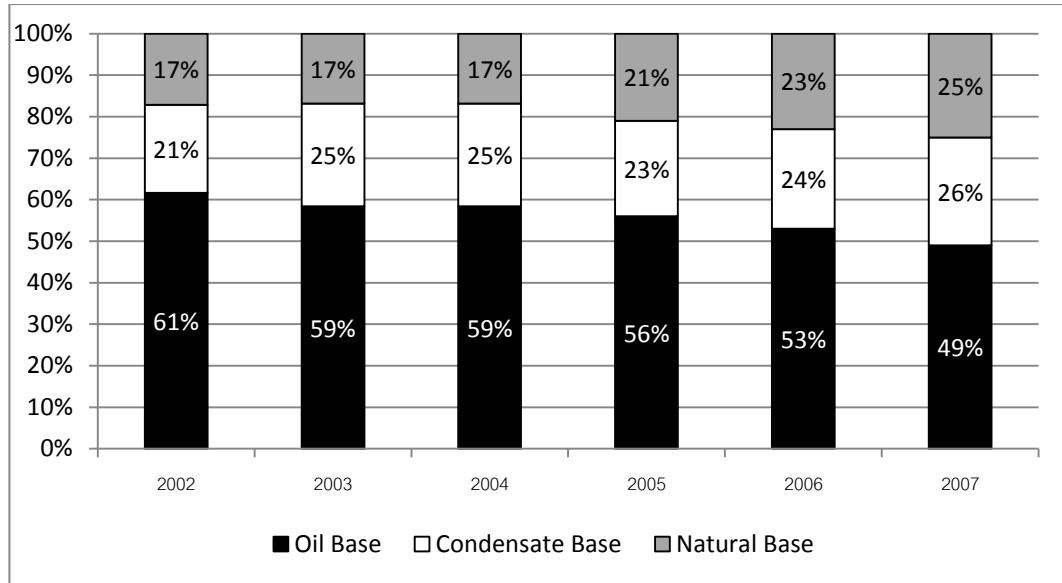
วัตถุดิบ (Feedstock) สำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้มาจากผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเลียม ซึ่งมี 2 ประเภท คือ ก๊าซธรรมชาติและแนฟธาที่ได้จากน้ำมันดิบและคอนเดนเสท ดังรูปที่ 1-7 ทั้งนี้การเลือกใช้วัตถุดิบแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับข้อได้เปรียบเสียเปรียบในการจัดหาวัตถุดิบของแต่ละประเทศ กล่าวคือ การผลิตปิโตรเลียมจากก๊าซธรรมชาติจะพบในประเทศที่มีก๊าซธรรมชาติเป็นจำนวนมาก เช่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา และประเทศในตะวันออกกลาง ส่วนประเทศที่ขาดแคลนก๊าซ

ธรรมชาติ เช่น ญีปุ่น เกาหลี สิงคโปร์ และประเทศในยุโรป จะใช้แนฟธาแทน เนื่องจากขนส่งง่ายและมีขายทั่วไปในตลาดโลก สำหรับประเทศไทยมีการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีจากวัตถุดิบทั้ง 2 ประเภท

ประเทศไทยใช้แนฟธา (Oil Base) เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยมีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 61 ในปี พ.ศ. 2545 แต่แนวโน้มการใช้แนฟธาเป็นวัตถุดิบเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2550 มีการใช้แนฟธาเป็นวัตถุดิบในสัดส่วนที่ลดลงจากปี พ.ศ. 2545 ถึงร้อยละ 12 ซึ่งแนฟธาที่นำมาใช้ส่วนใหญ่นำเข้ามาจากต่างประเทศ และส่วนหนึ่งได้จากโรงกลั่นน้ำมันในประเทศไทย ทิศทางการลดลงของการใช้แนฟธาสอดคล้องกับแผนการพัฒนาอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในระยะที่ 3 ซึ่งต้องการเพิ่มความแข็งแกร่งของอุตสาหกรรมด้วยการพัฒนาจากก๊าซธรรมชาติ ดังนั้น ปริมาณแนฟธาที่ลดลงจึงถูกแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีอยู่ในอ่าวไทย เช่น ก๊าซธรรมชาติ (Natural Base) หรือก๊าซธรรมชาติเหลว (Condensate Base) โดยมีสัดส่วนการนำไปใช้งานดังรูปที่ 1-8



รูปที่ 1-7 วัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (PTIT, 2548)



รูปที่ 1-8 การใช้วัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย (PTIT, 2552)

1.4.2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น

กระบวนการหลักที่สำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น มี 2 กระบวนการ ดังนี้

(1) กระบวนการแตกโมเลกุลของวัตถุดิบ (**Cracking**) เป็นกระบวนการแตกโมเลกุลของวัตถุดิบที่มีโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง ซึ่งมีด้วยกัน 2 ประเภท คือ

- กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยความร้อนและไอน้ำ (**Thermal Steam Cracking**) หรือเรียกสั้นๆ ว่า สตีมแครกกิง (Steam Cracking) เป็นกระบวนการแตกตัวโมเลกุลของวัตถุดิบ เช่น อีเทน (Ethane) โพรเพน (Propane) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) หรือแนฟธา (Naphtha) ด้วยความร้อนของไอน้ำ (Steam) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นที่สำคัญ คือ เอทิลีน (Ethylene) และพรอพิลีน (Propylene) นอกจากนี้ยังได้ผลิตภัณฑ์ร่วม เช่น มิกซ์ซีลี (Mixed C4) ไพโรไลซิสก๊าซโซลีน (Pyrolysis Gasoline) ก๊าซมีเทน (Methane) และก๊าซไฮโดรเจน (Hydrogen) สำหรับไพโรไลซิสก๊าซโซลีนนั้นอาจนำมาใช้เป็นส่วนผสมของน้ำมันก๊าซโซลีน หรือนำไปสกัดแยกได้เป็นเบนซีน โทลูอีน และไซลีน
- กระบวนการแตกตัวโมเลกุลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าช่วย (**Catalytic Cracking**) เป็นกระบวนการแตกตัวโมเลกุลของวัตถุดิบโมเลกุลใหญ่ที่ยากต่อการแตกตัวจึงต้องมีตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) เข้าช่วย เช่น วัตถุดิบจำพวกก๊าซออยล์และน้ำมันเตา ซึ่งเป็น

ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ เมื่อนำวัตถุดิบเหล่านี้มาผ่านกระบวนการแตกตัวโมเลกุลโดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น ในกระบวนการ Fluid Catalytic Cracking (FCC) จะได้ น้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลเป็นหลัก แต่จะได้พอรอฟีนซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นผลพลอยได้ด้วย

(2) กระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุล (Reforming) เป็นกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลไฮโดรคาร์บอน โดยอาจใช้ความร้อน ความดัน และ/หรือตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าร่วมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ โดยกระบวนการนี้มักใช้เปลี่ยนโมเลกุลของแนฟธาชนิดหนักไปเป็นผลิตภัณฑ์อะโรมาติกส์ ประกอบด้วย เบนซิน โทลูอิน และไซลีน และได้ก๊าซไฮโดรเจนออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมด้วย ซึ่งกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

- **Dehydrogenation** คือ กระบวนการดึงไฮโดรเจนออกจากโครงสร้างของไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวเพื่อเปลี่ยนเป็นไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว เช่น กระบวนการดีไฮโดรจีเนชันของไซโคลเฮกเซน (Cyclohexane) เพื่อเปลี่ยนเป็นสารอะโรมาติกส์
- **Dehydrocyclization** คือ กระบวนการดึงไฮโดรเจนออกจากโครงสร้างของไฮโดรคาร์บอนที่โมเลกุลเป็นโซ่ตรงเพื่อเปลี่ยนเป็นสารอะโรมาติกส์ เช่น กระบวนการดีไฮโดรไซคลิกเซชันของพาราฟินส์ (Parafins)
- **Dealkylation** คือ กระบวนการดึงกลุ่มอัลคิลออก เช่น การดึงกลุ่มอัลคิลออกจากโทลูอินและไซลีนเพื่อให้ได้เบนซิน โดยอาจใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาหรือไม่ก็ได้
- **Transalkylation / Disproportionation** คือ กระบวนการที่สารสองโมเลกุลแตกตัวและรวมตัวในเวลาเดียวกัน แล้วให้สารใหม่สองโมเลกุลที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าและใหญ่กว่าเดิม เช่น กระบวนการทรานส์อัลคิลเลชันของโทลูอินเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็น เบนซิน และไซลีน ทั้งนี้จำเป็นต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการด้วย
- **Isomerization** คือ กระบวนการแปลงโครงสร้างโมเลกุลของสาร โดยมีการจัดตัวของอะตอมใหม่ภายในโมเลกุล และจำนวนอะตอมในโมเลกุลยังคงเท่าเดิม เช่น กระบวนการไอโซเมอไรเซชันของออโรไซลีนและเมตาไซลีนเพื่อเป็นพาราไซลีน

1.4.3 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย ทั้งนี้อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางมีกระบวนการผลิตที่สลับซับซ้อน อีกทั้งมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันไปตามแต่ละผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้กระบวนการผลิตปิโตรเคมีขั้นกลางมักจะดำเนินการต่อเนื่องกับกระบวนการผลิตปิโตรเคมีขั้นปลาย

1.4.4 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายใช้ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นหรือขั้นกลางเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายก่อนนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป โดยผลิตภัณฑ์ของกลุ่มอุตสาหกรรมขั้นปลายสามารถแบ่งเป็น 4 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มพลาสติก (Plastic Resins) กลุ่มเส้นใยสังเคราะห์ (Synthetic Fibers) กลุ่มยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubbers, Elastomers) และกลุ่มสารเคลือบผิวและผลิตภัณฑ์กาว (Synthetic Coating and Adhesive Materials)

กระบวนการหลักที่สำคัญที่สุดในการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย คือ กระบวนการพอลิเมอร์ (Polymerization) ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อโมเลกุลเดี่ยวหรือมอนอเมอร์ (Monomer) เข้าด้วยกันเกิดเป็นพอลิเมอร์ (Polymer) โดยกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันมักจำเป็นต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ความร้อน แสงสว่าง หรือความดันเข้าช่วยเพื่อให้กระบวนการเกิดได้อย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้กระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

- (1) Gas Phase Polymerization ใช้ความดันและอุณหภูมิสูงประมาณ 200 °C
- (2) Solution Phase Polymerization ใช้ความดันและอุณหภูมิปานกลางช่วง -70 °C ถึง 70 °C
- (3) Bulk/Batch Polymerization ใช้ความดันปานกลางและอุณหภูมิประมาณ 150 °C
- (4) Suspension Polymerization ใช้ความดันปานกลางและอุณหภูมิช่วง 60 °C ถึง 80 °C
- (5) Emulsion Polymerization ใช้ความดันปานกลางและอุณหภูมิช่วง -20 °C ถึง 60 °C

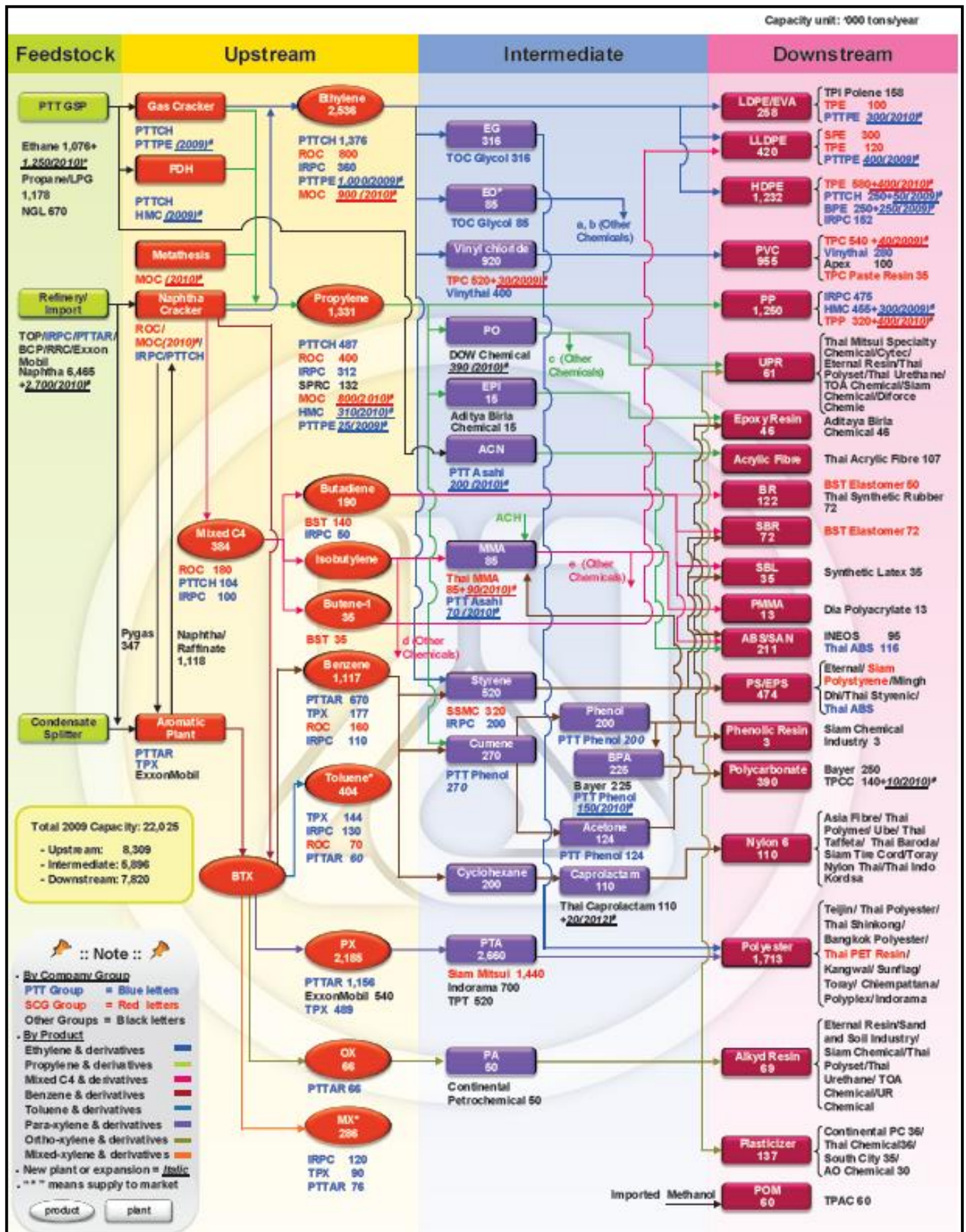
1.5 โรงงานปิโตรเคมีในประเทศไทย

1.5.1 ภาพรวมโรงงานปิโตรเคมีในประเทศไทย

ปิโตรเคมีเป็นอุตสาหกรรมการผลิตที่เน้นการใช้ทุนแบบเข้มข้น (Capital Intensity) ต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมาก อีกทั้งยังต้องใช้แรงงานที่มีความรู้สูง ตลอดจนเงินทุนหมุนเวียนที่มากพอ ประเทศไทยไม่มีเทคโนโลยีเป็นของตนเองต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศทั้งสิ้น ดังนั้น การเลือกใช้เทคโนโลยีจึงเป็นเรื่องสำคัญ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยเดิมมีกลุ่มผู้ประกอบการรายใหญ่ที่สำคัญ คือ กลุ่มปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) กลุ่มทีพีโอ กลุ่มปูนซีเมนต์ไทย กลุ่มธนาคารกรุงเทพ และกลุ่มอื่นๆ แต่ปัจจุบันอุตสาหกรรมมีแนวโน้มที่จะเหลือผู้ประกอบการรายใหญ่เพียง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มปตท. และกลุ่มปูนซีเมนต์ไทย ในขณะที่ผู้ประกอบการรายเดิมหลายรายมีแนวโน้มที่จะขยายสายการผลิตให้มีความหลากหลายมากขึ้น ทั้งนี้ภาพรวมของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทย ดังรูปที่ 1-9

นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 ประเทศไทยมีการเปิดเสรีอุตสาหกรรมปิโตรเคมีทั้งหมด ยกเว้นผลิตภัณฑ์อะโรเมติกส์ซึ่งเริ่มเปิดเสรีในปี พ.ศ. 2542 ทำให้เกิดการลงทุนในอุตสาหกรรมนี้จำนวนมาก ความร่วมมือทางธุรกิจของผู้ผลิตทำให้เกิดการเชื่อมโยงสายการผลิตและพัฒนาเป็นกลุ่มอุตสาหกรรม เสริมสร้างความเข้มแข็งให้กับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของไทย ข้อมูลจากสถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (PTIT) ระบุว่า ปัจจุบัน ประเทศไทยมีโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีประมาณ 72 โรงงาน โดยเป็นโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ชั้นกลาง และชั้นปลายประมาณ 53 โรงงาน และเป็นธุรกิจแบบซื้อมา – ขายไป (Trading) ประมาณ 19 โรงงาน อย่างไรก็ตาม การศึกษาในโครงการนี้จะมุ่งเน้นไปที่โรงงานผู้ผลิตเท่านั้น ซึ่งสามารถแยกตามประเภทของผลิตภัณฑ์ได้เป็น 6 จำพวก ดังตารางที่ 1-3 คือ

1. โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น
2. โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลาง
3. โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลาย
4. โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นและชั้นปลาย
5. โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางและชั้นปลาย
6. โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ชั้นกลาง และชั้นปลาย



รูปที่ 1-9 ภาพรวมอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย (PTIT, 2552)

ตารางที่ 1-3 โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในประเทศไทย (DEDE, 2550)

1. โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น		
ที่	โรงงาน	ผลิตภัณฑ์
1	บริษัท กรุงเทพซินธิติกส์ จำกัด	1,3-Butadiene, 1-Butene, MTBE, C4 Raffinate
2	บริษัท ระยองโอเลฟินส์ จำกัด	Ethylene, Propylene, Mixed C4, Toluene, By Gas
3	บริษัท ปตท.เคมีคอล จำกัด (มหาชน) สาขาไอส์	Ethylene, Propylene
4	บริษัท ไทยพาราไซลีน จำกัด	p-Xylene
5	บริษัท อะโรเมติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)	Aromatics
2. โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง		
ที่	โรงงาน	ผลิตภัณฑ์
1	บริษัท ไทย เอ็มเอ็มเอ จำกัด	MMA
2	บริษัท สยามสไตรีนมอนอเมอร์ จำกัด	SM
3	บริษัท สยามมิตซูบิชิ ฟีนอล จำกัด	PTA
4	บริษัท ทีพีที ปิโตรเคมีคอลส์ จำกัด (มหาชน)	PTA
5	บริษัท คาโปรแลคตัมไทย จำกัด	CPL, ASF
6	บริษัท พีทีที ฟีนอล จำกัด	Phenol, Cumene
7	บริษัท แปซิฟิค พลาสติก (ประเทศไทย) จำกัด	Polyols
8	บริษัท ทีโอซี ไกลคอล จำกัด	EO, EG
3. โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย		
ที่	โรงงาน	ผลิตภัณฑ์
1	บริษัท เอเพ็ค ปิโตรเคมีคอล จำกัด	PVC Resin, DOP, DINP, Soft and Rigid Sheet
2	บริษัท บางกอกโพลีเอทิลีน จำกัด (มหาชน)	HDPE Resin
3	บริษัท ไบเออร์ไทย จำกัด	PC, Thermoplastic-PU, PU ABS, SAN
4	บริษัท บีเอสที อีลาสโตเมอร์ส จำกัด	BR, SBR
5	บริษัท ซีซีซี โพลีโอเลฟินส์ จำกัด	HDPE, LDPE, LLDPE, SBR
6	บริษัท เอสเลนไทย จำกัด	EPS
7	บริษัท เอ็กซอนโมบิลเคมี(ประเทศไทย) จำกัด	PE, PP, Synthetic Rubber, Solvents, Lube Oil Additives
8	บริษัท แกรนด์แปซิฟิคเคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด	ABS Resin, AB Resin
9	บริษัท เอ็ชเอ็มซี โพลีเมอส์ จำกัด	PP Resin
10	บริษัท เอชเอ็มที โพลีสไตรีน จำกัด	PS
11	บริษัท อินโด โพลี (ประเทศไทย) จำกัด	Polyester Products (PSF, POY, PDY, Chips)
12	บริษัท ลี แมชชีนเนอร์รี่ (ประเทศไทย) จำกัด	Alkylphenol, Ehoxylated Detergents

ตารางที่ 1-3 โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในประเทศไทย (ต่อ)

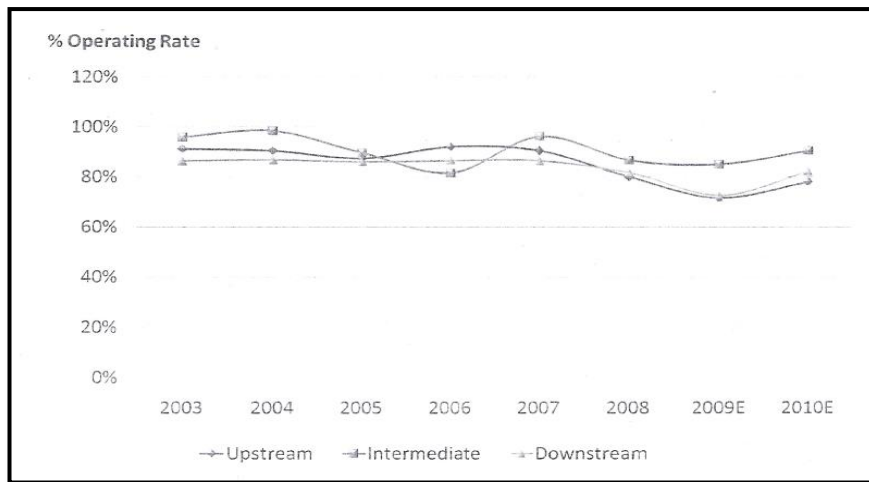
3. โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลาย(ต่อ)		
ที่	โรงงาน	ผลิตภัณฑ์
13	บริษัท ลัคกี้ พลาสติก เคมีคอล จำกัด	PVC Resin, DOP, Plasticizer, Stabilizer
14	บริษัท สยามโพลิเอทิลีน จำกัด	LLDPE
15	บริษัท สยามโพลิสไตรีน จำกัด	PS
16	บริษัท สยามลาเท็กซ์สังเคราะห์ จำกัด	SBL
17	บริษัท แอ็พพลาย ดีบี อินดัสเตรียล จำกัด	PU Adhesive
18	บริษัท ศรีเทพไทยพลาสติก จำกัด	PS, EPS
19	บริษัท ชันแฟลค (ประเทศไทย) จำกัด	Polyester Fiber, Filament Yarn
20	บริษัท ทะล่อมสินพลาสติก จำกัด	EPS, Trader of Plastic
21	บริษัท ไทย จีซีโอ เรซิ่น จำกัด	Phenol Formaldehyde Resin
22	บริษัท บางกอกโพลีเอสเตอร์ จำกัด (มหาชน)	PET Resin
23	บริษัท ไทยโพลีอะซีทัล จำกัด	Polyacetal Resin, Hydrogen Peroxide
24	บริษัท ไทยโพลีคาร์บอเนต จำกัด	PC
25	บริษัท ไทยโพลิเอทิลีน จำกัด	HDPE, MDPE, LLDPE, LDPE
26	บริษัท ไทยโพลิโพรไพลีน จำกัด	PP
27	บริษัท ไทยชินกวง อินดัสตรี คอร์ปอเรชั่น จำกัด	Polyester low IV, bottle grade PET resin
28	บริษัท ทีพีซี เพสต์ เรซิน จำกัด	PVC paste resin
29	บริษัท ยูนิค เทคโนโลยี (ไทยแลนด์) จำกัด	Plastic resin products
30	บริษัท อีเทอร์นอล พลาสติก จำกัด	PS, PAN
31	บริษัท ไทยอีพอกซี แอนด์ อัลลายด์ โปรดักส์ จำกัด	Epoxy resin
32	บริษัท ไทย เพ็ท เรซิน จำกัด	PET resin
33	บริษัท Mingh Dhi Chemical จำกัด	EPS
34	บริษัท เทยีน โพลีเอสเตอร์ จำกัด	Polyester
35	บริษัท พีทีที โพลีเอทิลีน จำกัด	LDPE, LLDPE
36	บริษัท ไทยเอบีเอส จำกัด	ABS, PS
37	บริษัท ไตอะโพลีอะครีเลต จำกัด	PET resin
38	บริษัท ไทยโพลิเอทิลีน (1993) จำกัด	HDPE, MDPE, LLDPE, LDPE
39	บริษัท ไทยโพลิโพรไพลีน (1994) จำกัด	PP
40	บริษัท เทยีน (ประเทศไทย) จำกัด	Polyester

ตารางที่ 1-3 โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในประเทศไทย (ต่อ)

4. โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นปลาย		
ที่	โรงงาน	ผลิตภัณฑ์
1	บริษัท ปตท. เคมีคอล จำกัด (มหาชน) สาขาไอน์	Olefins, HDPE
5. โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลาย		
ที่	โรงงาน	ผลิตภัณฑ์
1	บริษัท ไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด (มหาชน)	VCM, PVC powder, PVC compound, NaOH
2	บริษัท วินไทย จำกัด (มหาชน)	VCM, PVC, Cl ₂ , NaOH
3	บริษัท อินโดรามา โพลีเมอร์ส จำกัด (มหาชน)	PTA, PET resin
4	บริษัท ไทยเคมีภัณฑ์ จำกัด	Formalin, DOP, DINP, UF & PF & MF adhesives
6. โรงงานผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย		
ที่	โรงงาน	ผลิตภัณฑ์
1	บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)	Olefins, Polyols, HDPE, PP, ABS, SAN, EPS, PU, PS, PMMA

1.5.2 กำลังการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

อัตราการใช้กำลังการผลิตเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการแข่งขันของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่ผ่านมามีประเทศไทยมีอัตราการใช้กำลังการผลิตอยู่ในระดับที่ดี คือ อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 80 - 100 ดังรูปที่ 1-10 จะมีบางช่วงเวลาที่ปรับลดลงไปบ้าง เช่นในปี พ.ศ. 2548 - 2549 เนื่องจากการขยายกำลังการผลิตทำให้การดำเนินงานในช่วงแรกเครื่องจักรยังเดินไม่เต็มกำลังอัตราการผลิตจึงต่ำกว่าที่ควร และในปี พ.ศ. 2551 เป็นการลดอัตราการผลิตลงประมาณร้อยละ 30 เนื่องจากผลกระทบของวิกฤตเศรษฐกิจโลก ซึ่งในภาวะปกติอัตราการใช้กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไม่ควรอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าร้อยละ 85 โดยอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นกลางมีอัตราการใช้กำลังการผลิตเฉลี่ยที่ประมาณร้อยละ 90 - 95 และอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายมีอัตราการใช้กำลังการผลิตเฉลี่ยที่ประมาณร้อยละ 85 ดังตารางที่ 1-4



รูปที่ 1-10 อัตราการใช้กำลังการผลิตในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย (PTIT, 2552)

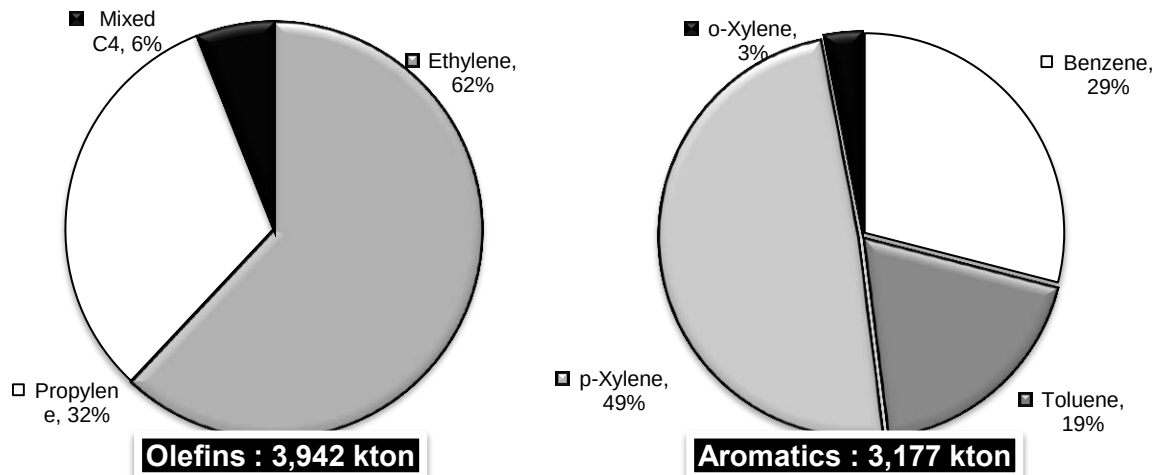
ตารางที่ 1-4 อัตราการใช้กำลังการผลิตเฉลี่ยของปิโตรเคมีไทยระหว่างปี พ.ศ. 2545-2549 (DEDE, 2550)

อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	อัตราการใช้กำลังการผลิตเฉลี่ย (%)				
	2545	2546	2547	2548	2549*
ขั้นต้น	89	99	98	94	90
ขั้นกลาง	85	98	100	90	81
ขั้นปลาย	86	87	88	86	85

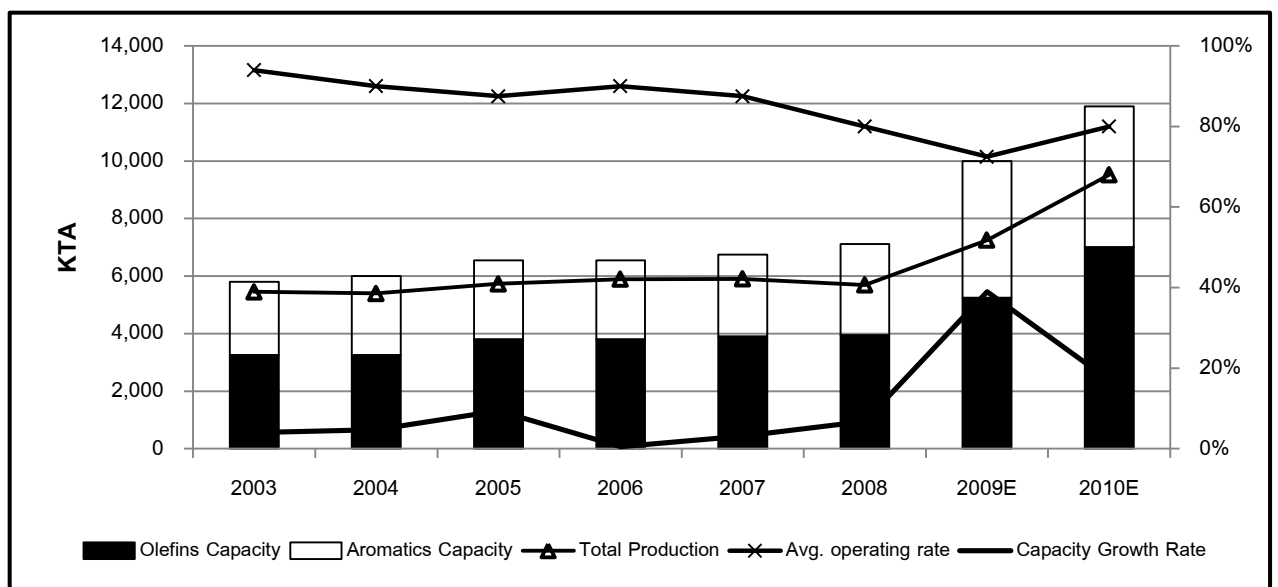
* ข้อมูลปี 2549 เป็นข้อมูลโดยประมาณ

1.5.3 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นของประเทศไทย

ในปี พ.ศ. 2551 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีกำลังการผลิตรวมทั้งในกลุ่มโอเลฟินส์และกลุ่มอะโรเมติกส์ประมาณ 7.12 ล้านตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากประมาณ 5.8 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2545 จากจำนวนดังกล่าวเป็นกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มโอเลฟินส์ 3.94 ล้านตัน และกลุ่มอะโรเมติกส์ 3.18 ล้านตัน โดยมีสัดส่วนกำลังการผลิตจำแนกตามรายผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 1-11 ส่วนอัตราการใช้กำลังการผลิตในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นในช่วงที่ผ่านมามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 90 - 95 ดังรูปที่ 1-



รูปที่ 1-11 กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นในปี พ.ศ. 2551 (PTIT, 2552)

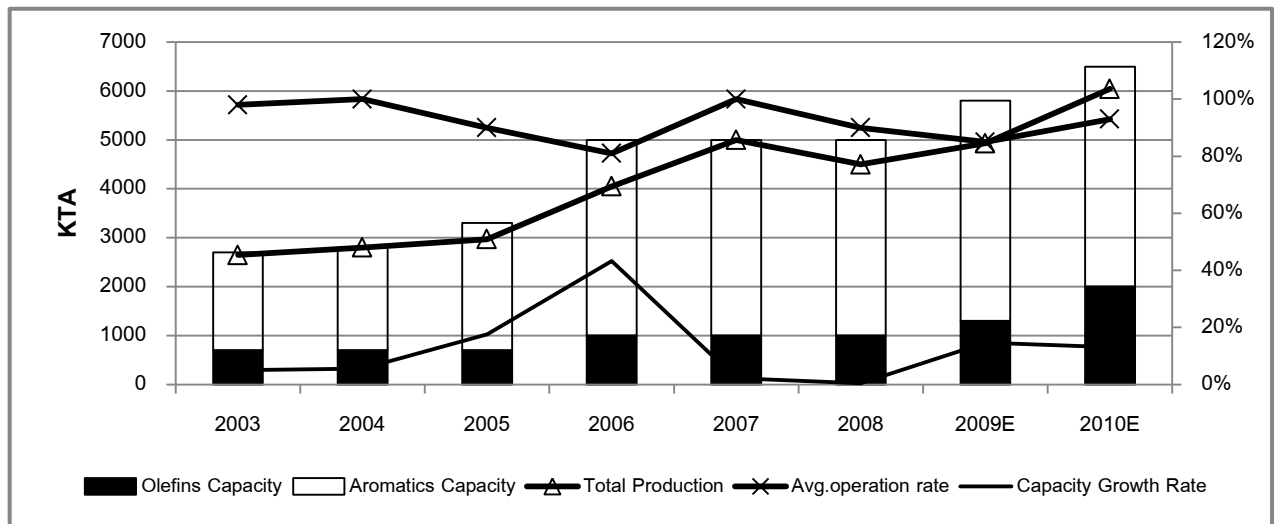


รูปที่ 1-12 ปริมาณและอัตราการใช้กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น (PTIT, 2552)

1.5.4 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางของประเทศไทย

กำลังการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางของประเทศไทยดังรูปที่ 1-13 พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2545 - 2548 อัตราการใช้กำลังการผลิตเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงกว่าร้อยละ 95 ซึ่งสูงกว่ากำลังการผลิตรวมของอุตสาหกรรมส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางมีมากเกินไปเกินความต้องการในประเทศ ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางของไทยที่เคยสูงและขยายตัวอย่างต่อเนื่องลดลงอย่าง

เห็นได้ชัด ขณะเดียวกันปริมาณและมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางของไทยในช่วงปี พ.ศ. 2549 – 2550 เพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ในสายอะโรเมติกส์ส่งผลให้การคำนวณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางอยู่ในสถานะเกินดุลเล็กน้อย อย่างไรก็ตามผลกระทบจากวิกฤตการณ์การเงินโลกในปี พ.ศ. 2551 ได้ส่งผลให้ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ลดลงร้อยละ 16 เมื่อเทียบกับปีก่อน



รูปที่ 1-13 ปริมาณและอัตราการใช้กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง (PTIT, 2552)

1.5.5 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายของประเทศไทย

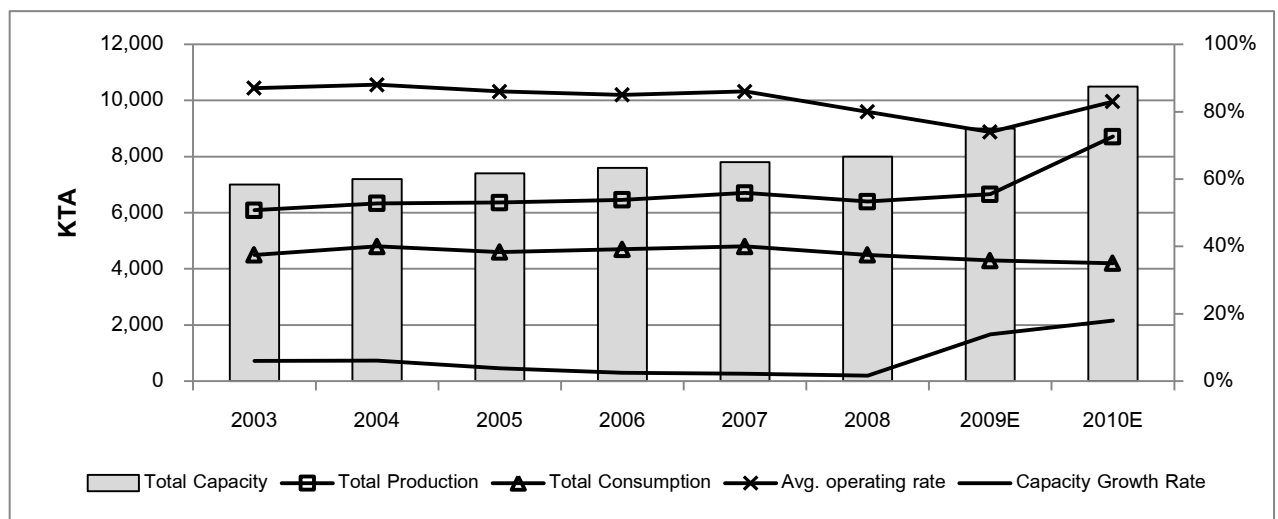
จากกำลังการผลิตทั้งหมดของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทย อุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายถือเป็นอุตสาหกรรมที่มีกำลังการผลิตสูงสุด โดยมีอัตราการใช้กำลังการผลิตอยู่ในระดับร้อยละ 85 - 90 มาโดยตลอด ดังรูปที่ 1-14

ในปี พ.ศ. 2551 ความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลายหรือเม็ดพลาสติกภายในประเทศ อยู่ที่ 4.4 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 2.7 แสนล้านบาท สัดส่วนปริมาณและมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 1-15

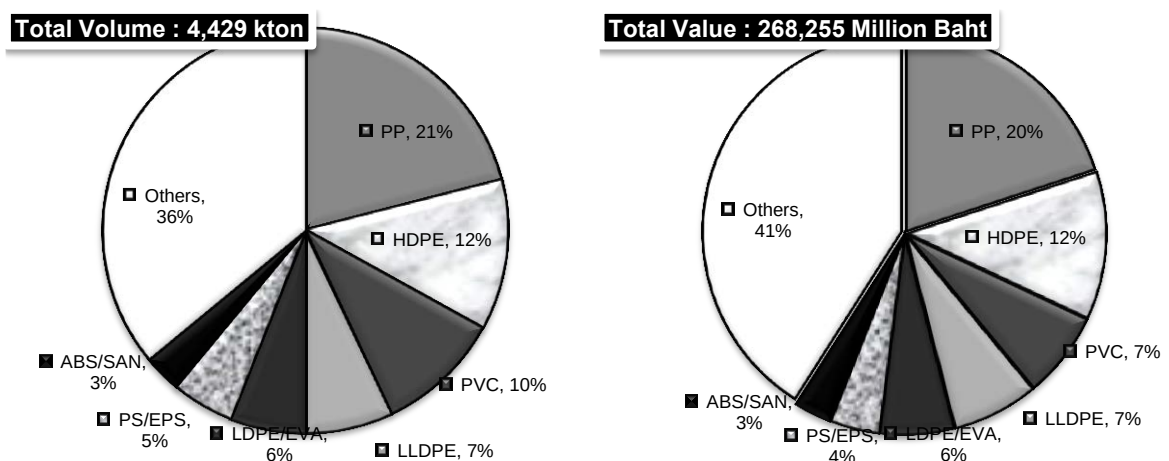
การขยายกำลังการผลิตอย่างต่อเนื่องทำให้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลายมีมากเกินความต้องการใช้ภายในประเทศ ผู้ประกอบการจึงต้องส่งออกผลิตภัณฑ์มากขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 เป็นต้นมา โดยผลิตภัณฑ์เกือบครึ่งหนึ่งของการผลิตจะถูกส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการ

ส่งออกผลิตภัณฑ์ในสายโพลิเอทิลีน ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลายที่ประเทศไทยส่งออกมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) พอลิเอสเตอร์/เพ็ท (Polyester/PET) พอลิคาร์บอเนต (PC) และพอลิโพรไพลีน (PP) โดยมีตลาดส่งออกหลักอยู่ที่จีน (รวมฮ่องกง) และประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น เวียดนาม มาเลเซีย และอินโดนีเซีย เป็นต้น

จากข้อมูลของสถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ระบุว่า ประเทศไทยจัดเป็นประเทศผู้ส่งออกกลุ่มเม็ดพลาสติกหลัก ซึ่งได้แก่ พอลิเอทิลีน (PE) พอลิโพรไพลีน (PP) พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) พอลิสไตรีนและโฟมพอลิสไตรีน (PS/EPS) และเม็ดพลาสติกเอบีเอส/เอสเอเอ็น (ABS/SAN) ในอันดับที่ 10 ของโลก และเป็นผู้นำเข้าเม็ดพลาสติกหลักในอันดับที่ 20 ของโลก



รูปที่ 1-14 ปริมาณและอัตราการใช้กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย (PTIT, 2552)



รูปที่ 1-15 ปริมาณและมูลค่าของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขึ้นปลายในปี พ.ศ. 2551 (PTIT, 2552)

1.5.6 การขยายตัวและการเติบโตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

ผู้ผลิตที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของไทยในปัจจุบันประกอบด้วยกลุ่มบริษัทเอกชนรายใหญ่ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม PTT หรือ เครือบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) และกลุ่ม SCG หรือ เครือปูนซีเมนต์ไทย ส่วนที่เหลือซึ่งเป็นกลุ่มอื่นๆ ที่สำคัญ ได้แก่ TOA และ Indorama สำหรับบริษัทต่างชาติที่เข้ามาลงทุนในประเทศไทยนั้นที่สำคัญ ได้แก่ Dow Chemical, Mitsubishi, Bayer, Exxon Mobil และ Ube ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการเข้ามาร่วมทุนกับผู้ประกอบการท้องถิ่นในประเทศไทย แนวโน้มกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงปี พ.ศ. 2553 และหลังจากนั้นมีการผลิตค่อนข้างคงที่จนถึงปี พ.ศ. 2558 ดังตารางที่ 1-5

1.6 การใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทย

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีถือเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการใช้พลังงานสูง และมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้เนื่องจากการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมดังกล่าว ประกอบกับในแต่ละโรงงานพยายามที่จะปรับฐานกำลังการผลิตให้สูงขึ้นอยู่ตลอดเวลา การที่แต่ละโรงงานมีกำลังการผลิตที่สูงขึ้นย่อมมีการบริโภคพลังงานทั้งไฟฟ้า ไอ้ น้ำ และเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากขึ้น ถึงแม้ผู้ประกอบการแต่ละรายจะมุ่งเน้นในเรื่องการประหยัดพลังงานเป็นสำคัญ

ตารางที่ 1-5 กำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีของประเทศไทย (PTIT, 2552)

Unit : KTON

Year	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น											
Ethylene	2,306	2,306	2,436	2,436	3,536	4,436	4,436	4,436	4,436	4,436	4,436
Propylene	1,221	1,221	1,281	1,281	1,641	2,441	2,441	2,441	2,441	2,441	2,441
Benzene	737	737	737	914	1,277	1,277	1,277	1,277	1,277	1,277	1,277
p-Xylene	1,385	1,420	1,430	1,569	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185	2,185
Toluene	655	655	655	655	404	404	404	404	404	404	404
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง											
VCM	640	840	900	920	950	950	950	950	950	950	950
PTA	1,860	2,660	2,660	2,660	2,660	2,660	2,660	2,660	2,660	2,660	2,660
SM	520	520	520	520	520	520	520	520	520	520	520
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย											
PP	1,250	1,250	1,250	1,250	1,550	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950	1,950
HDPE	1,207	1,232	1,232	1,232	1,572	1,972	1,972	1,972	1,972	1,972	1,972
LDPE	258	258	258	258	258	558	558	558	558	558	558
PVC	817	817	867	1,037	1,007	1,007	1,007	1,007	1,007	1,007	1,007
LLDPE	420	420	420	420	820	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170
PS/EPS	511	511	511	449	449	449	449	449	449	449	449
PET	120	120	120	120	120	250	250	250	250	250	250

1.6.1 ปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

จากรายงานโครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี พ.ศ. 2551 ที่ได้สำรวจรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยโดยครอบคลุมอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย รวมทั้งสิ้น 30 โรงงาน พบว่า อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีการใช้พลังงานมากที่สุดในกลุ่ม และผลการประเมินปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีโดยรวม ดังตารางที่ 1-6

ตารางที่ 1-6 ภาพรวมการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทย พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2549 (DEDE, 2550)

อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	%โรงงานที่สำรวจ	ปริมาณการใช้พลังงาน (Ktoe)			
		ปี 2548	ร้อยละ	ปี 2549	ร้อยละ
ขั้นต้น	100	2,172	68.91	2,186	64.48
ขั้นกลาง	43	213	6.76	475	14.01
ขั้นปลาย	32	768	24.33	729	21.50
รวม		3,152	100.00	3,390	100.00

อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีทั้งหมดที่ประมาณการไว้เปรียบเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมทั้งประเทศ ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม สิ่งทอ ไม้ กระดาษ เคมี อโลหะ โลหะมูลฐาน ผลิตภัณฑ์โลหะ/เครื่องจักรอุปกรณ์ และอื่นๆ (อ้างอิงจากข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม หรือแบบ บพร.1 ของ พพ.) พบว่า ปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีคิดเป็นประมาณร้อยละ 15 - 17 ของการใช้พลังงานทั้งหมดในภาคอุตสาหกรรม

จากข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานในปี พ.ศ. 2549 พบว่า พลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในกระบวนการผลิตประกอบด้วย ไฟฟ้า ไอน้ำ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และอื่นๆ (Process off-gas, Fuel gas) โดยมีสัดส่วนการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมดังตารางที่ 1-7

ตารางที่ 1-7 สัดส่วนการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2549 (DEDE, 2550)

ชนิดพลังงาน	สัดส่วนการใช้พลังงาน (%)
ก๊าซธรรมชาติ	42
ไอน้ำ	38
ไฟฟ้า	6
น้ำมันเตา	1.7
น้ำมันดีเซล	0.6
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	0.6
อื่นๆ	11.1

จากสัดส่วนการใช้พลังงานจะเห็นว่า อุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีปริมาณการใช้พลังงานที่สำคัญอันดับแรก คือ ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้โดยตรง และรองลงมา คือ ไอน้ำ ซึ่งใช้ในการให้ความร้อนเพื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี ปริมาณการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมจึงเป็นการใช้ในกระบวนการผลิตเป็นหลัก

1.6.2 ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานของโรงงานปิโตรเคมี

การที่จะทราบถึงความเหมาะสมในการบริโภคพลังงานจำเป็นต้องทราบประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การพัฒนาประสิทธิภาพพลังงานจะเกิดขึ้นเมื่อมีการใช้พลังงานลดลงในขณะที่การผลิตคงที่หรือเพิ่มขึ้น เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานจำเป็นต้องทราบข้อมูล 2 ส่วน คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้ไป และผลผลิตที่เกิดจากการใช้พลังงาน ข้อมูลการบริโภคพลังงานที่สอดคล้องกับผลผลิตสามารถนำไปใช้ในการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน หรือ ค่าความเข้มพลังงาน (Energy Intensity, EI) ซึ่งจะถูกใช้เป็นตัวกำหนดเป้าหมายสำหรับการพัฒนาประสิทธิภาพพลังงาน การคำนวณผลแบบแยกส่วนจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพพลังงาน อันจะส่งผลให้สามารถจัดการแก้ไขปัญหาการใช้พลังงานได้อย่างถูกต้อง

ความเข้มพลังงาน หมายถึง ปริมาณพลังงานที่ต้องการใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิต 1 หน่วย ซึ่งหน่วยของผลผลิตอาจอยู่ในรูปของหน่วยทางกายภาพ เช่น ตัน หรืออยู่ในรูปมูลค่าทางเศรษฐกิจ เช่น บาท เป็นต้น ดังตารางที่ 1-8

ตารางที่ 1-8 ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลางและขั้นปลายของปี พ.ศ. 2546 - 2549 (DEDE, 2550)

อุตสาหกรรมปิโตรเคมี		ผลิตภัณฑ์	EI (MJ/t)	EI เฉลี่ย (MJ/t)
ขั้นต้น	กลุ่มโอเลฟินส์	Olefins (Ethylene, Propylene)	16,900 - 24,900	21,227
	กลุ่มอะโรมาติกส์	Aromatics (B, T, X)	3,200 - 17,100	6,987
ขั้นกลาง		PTA, EB, SM, PA, EG, POLYOL	1,900 - 27,000	4,685
ขั้นปลาย		HDPE	2,700 - 3,600	3,712
		PS, PP, EPS 1,000 - 2,000	1,000 - 2,000	
		EMULSION PVC, ABS, SAN, PC	2,700 - 12,500	

ค่าความเข้มพลังงานโรงงานปิโตรเคมีมีช่วงที่ค่อนข้างกว้าง ทั้งนี้เนื่องจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของไทยมีจำนวนผู้ประกอบการน้อยราย และแต่ละรายก็ยังมีการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต่างชนิดกัน หรือแม้แต่ผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันยังอาจมีการใช้เทคโนโลยีหรือกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำให้ค่าความเข้มพลังงานมีความแตกต่างกันพอสมควร

บทที่ 2

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิต

2.1 ก๊าซเรือนกระจก

2.1.1 ความสำคัญของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนหรือรังสีอินฟราเรดได้ดี ซึ่งก๊าซเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ กลุ่มของก๊าซเรือนกระจกมีทั้งก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ คือ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โอโซน มีเทน ไนตรัสออกไซด์ และสารซีเอฟซี เป็นต้น กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ รวมทั้งการตัดไม้ทำลายป่า การทำการเกษตรการปศุสัตว์ ควั่นจากท่อไอเสียรถยนต์ และกระบวนการแปรรูปอุตสาหกรรม เป็นต้น ล้วนมีส่วนทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ชั้นบรรยากาศมีการกักเก็บรังสีความร้อนไว้มากขึ้น ผลที่ตามมาคือ อุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นด้วย ปรากฏการณ์ที่ความร้อนถูกกักเก็บไว้ในชั้นบรรยากาศนี้ เรียกว่า "ปรากฏการณ์เรือนกระจก" (Greenhouse Effect) หรือ ภาวะโลกร้อน (Global Warming)

ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ มาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าร้อยละ 60 จากการศึกษาของ IPCC ซึ่งให้เห็นว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในบรรยากาศได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลา 200 ปีที่ผ่านมา นับตั้งแต่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม (ปี พ.ศ. 2343 - พ.ศ. 2543) โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มปริมาณจาก 280 ppm เป็น 360 ppm เช่นเดียวกับก๊าซมีเทนซึ่งเพิ่มขึ้นกว่าเดิมจาก 750 ppb เป็น 1,750 ppb ส่วนก๊าซไนตรัสออกไซด์นั้นเริ่มมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่มีการปฏิวัติการทำเกษตรกรรม แต่อัตราการเพิ่มขึ้นนั้นน้อยมากเมื่อเทียบกับช่วงหลังปฏิวัติอุตสาหกรรม ทำให้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก 270 ppm เป็น 310 ppm

เมื่อรัฐบาลประเทศต่างๆ ได้มีมติรับรองในอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปี พ.ศ. 2535 และอนุสัญญาฯ ดังกล่าวได้มีผลบังคับใช้ในปี พ.ศ. 2537 แล้วนั้น ทุกประเทศได้ตระหนักถึงการริเริ่มแผนปฏิบัติการที่จะเข้มข้นขึ้นในอนาคต และผลจากการประชุมประเทศภาคีสมาชิกของอนุสัญญาครั้งที่ 1 (COP1) ประเทศภาคีสมาชิกต่างเห็นพ้องกันว่า พันธกรณีของประเทศพัฒนาแล้วที่มุ่งหวังจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลับไปสู่ที่ระดับการปล่อยในปี พ.ศ. 2533

ภายในปี พ.ศ. 2543 นั้นไม่เพียงพอที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ระยะยาวของอนุสัญญา ที่ต้องการจะป้องกันการแทรกแซงซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบภูมิอากาศจากการกระทำของมนุษย์ จึงได้มีการจัดตั้งคณะทำงานของ Berlin Mandate (Ad hoc Group on the Berlin Mandate, AGBM) ขึ้นเพื่อทำการร่างข้อตกลงอันนำไปสู่การเสนอพิธีสารเกียวโตในการเจรจาอบสุดท้ายของการประชุม COP3 ณ กรุงเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น ในปี พ.ศ. 2540 ผลของการประชุม คือ ที่ประชุมมีมติรับพิธีสารภายใต้อนุสัญญา ซึ่งประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 จะต้องลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมอย่างน้อยร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับระดับในปี พ.ศ.2533 ในช่วงปี พ.ศ. 2551 - พ.ศ. 2555 พันธกรณีนี้เป็นข้อผูกพันทางกฎหมาย

ประเทศไทยได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาสภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงได้ให้สัตยาบันเข้าร่วมเป็นภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) เมื่อวันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ. 2537 และลงนามให้สัตยาบันต่อพิธีสารเกียวโตเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2545

2.1.2 ชนิดของก๊าซเรือนกระจกภายใต้พิธีสารเกียวโต

ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต จะต้องเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เพียง 6 ชนิดเท่านั้น ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)

❖ **ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide, CO_2)** ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน) จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ และการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัยหรือการเกษตรกรรม ซึ่งการตัดไม้ทำลายป่า นับว่าเป็นตัวการสำคัญที่สุดในการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ เนื่องจากต้นไม้และป่าไม้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในวัฏจักรคาร์บอนของพืช ดังนั้น เมื่อพื้นที่ป่าลดน้อยลง ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศได้มากขึ้น

❖ **ก๊าซมีเทน (Methane, CH₄)** แหล่งกำเนิดก๊าซมีเทนมีมากมายทั้งในธรรมชาติ และเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น จากแหล่งนาข้าว จากการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิต จากหลุมฝังกลบจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ โดยเฉพาะการเผาไหม้ที่เกิดจากธรรมชาติ และการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ สามารถทำให้เกิดก๊าซมีเทนในบรรยากาศสูงถึงร้อยละ 20 ของก๊าซมีเทนในชั้นบรรยากาศทั้งหมด (วนิดา, 2551)

❖ **ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide, N₂O)** แหล่งกำเนิดของก๊าซไนตรัสออกไซด์เกิดจากเกษตรกรรม และเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ

❖ **ก๊าซฟลูออรีเนต (Fluorinated Gases)** กลุ่มก๊าซฟลูออรีเนตประกอบด้วย 3 กลุ่ม คือ ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbons, HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Perfluorocarbons, PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulfurhexafluoride, SF₆) เป็นก๊าซสังเคราะห์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ กลุ่มก๊าซฟลูออรีเนตนำมาใช้แทนสารที่ทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน เช่น ก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbon, CFCs) กลุ่มก๊าซฟลูออรีเนตในชั้นบรรยากาศมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่นๆ แต่มีค่าศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง

2.1.3 รูปแบบการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

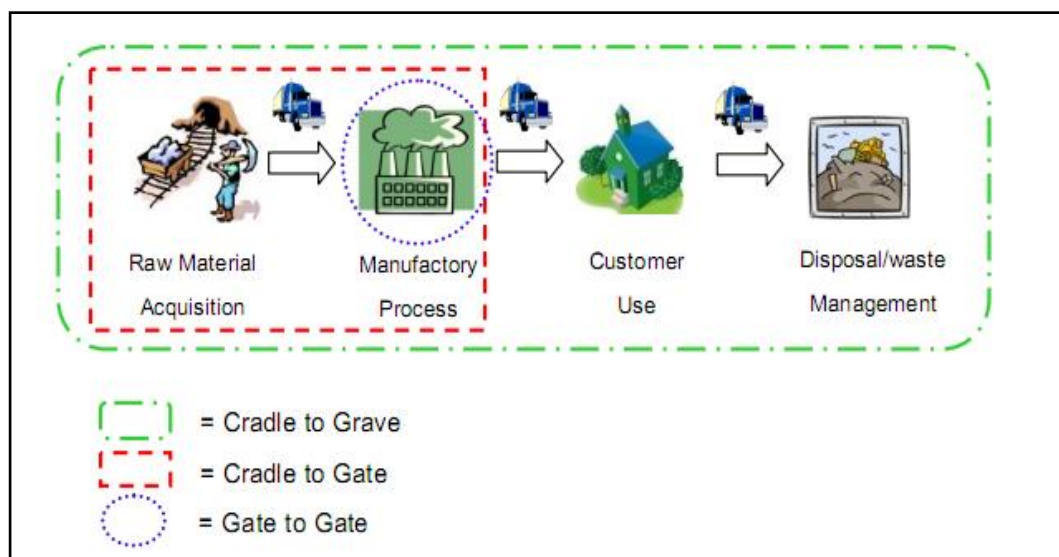
รูปแบบการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งออกเป็น 3 แบบ โดยอ้างอิงจากคู่มือการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ดังรูปที่ 2-1

(1) **การประเมินแบบ Cradle to Grave** เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ การนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน ตลอดจนการกำจัดซากหลังหมดอายุการใช้งาน หรือกล่าวได้ว่าเป็นการพิจารณาตั้งแต่เกิดจนถึงตาย ซึ่งการพิจารณาแบบนี้มีความยุ่งยาก และจำเป็นต้องใช้เวลามาก

(2) **การประเมินแบบ Cradle to Gate** เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ แต่ไม่รวมขั้นตอนการใช้งาน

และการกำจัดซากหลังการใช้งาน ซึ่งการพิจารณาแบบนี้จะทำให้ผลการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกลดลง แต่จะทำให้ความยุ่งยากของการเก็บข้อมูลลดลงด้วย ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลก็จะน้อยกว่ารูปแบบแรก

(3) การประเมินแบบ **Gate to Gate** เป็นการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาเฉพาะกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งจากทั้งโซ่อุปทาน ซึ่งผลการพิจารณาจะน้อยกว่าในรูปแบบที่ 1 และ 2 ไม่ค่อยมีความยุ่งยากในกระบวนการวิเคราะห์และใช้เวลาน้อยที่สุด



รูปที่ 2-1 รูปแบบการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (TEI, 2546)

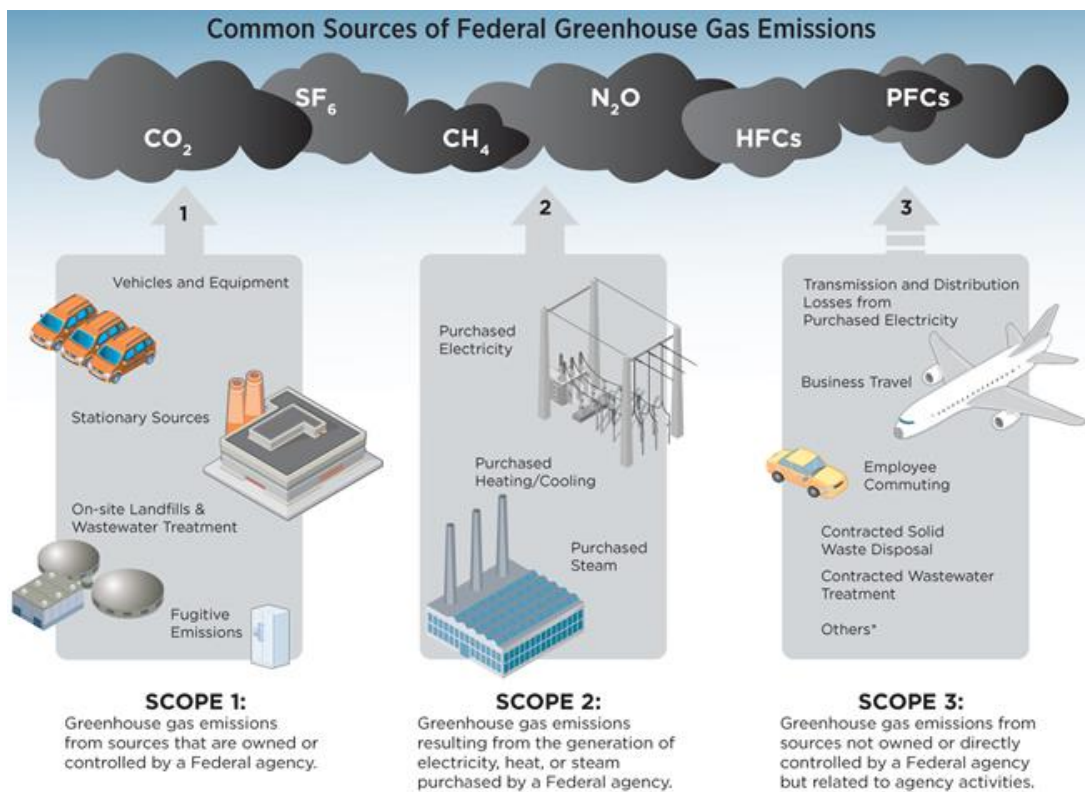
2.1.4 ขอบเขตการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ขอบเขตการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขอบเขตตามแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก โดยอ้างอิงจาก The Greenhouse Gas Protocol (WRI and WBCSD, 2003) ดังรูปที่ 2-2

(1) **ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Greenhouse Gas Emission, E_{Direct})** เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดที่ทางองค์กรเป็นเจ้าของหรือควบคุมโดยองค์กร เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต เป็นต้น

(2) ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Indirect Greenhouse Gas Emission, E_{Indirect}) เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำพลังงานไฟฟ้า พลังงานไอน้ำ หรือ พลังงานความร้อน ซึ่งเป็นการผลิตมาจากที่อื่นโดยที่องค์กรอื่นเป็นผู้ควบคุมเพื่อนำมาใช้ในองค์กร เช่น การซื้อไฟฟ้าจากแหล่งอื่นที่ทางองค์กรไม่ได้เป็นเจ้าของ ในกรณีนี้ที่องค์กรมีการผลิตพลังงานใช้เองและ ส่งพลังงานออกให้แก่องค์กรอื่นถือว่าจัดอยู่ในขอบเขต 1

(3) ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other Indirect Greenhouse Gas Emission, E_{Other}) เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร แต่ทางองค์กร ไม่ได้เป็นเจ้าของหรือไม่ได้เป็นผู้ควบคุม และเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมอื่นๆ นอกเหนือ ขอบเขตที่ 1 และ 2 ตัวอย่างการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ เช่น การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การกำจัด ของเสีย และการขนส่ง เป็นต้น



รูปที่ 2-2 ขอบเขตการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (US.EPA, 2011)

2.1.5 วิธีการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน ลักษณะของแหล่งกำเนิดมลพิษ ความแม่นยำที่ต้องการ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น การใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factors, EF) เป็นการประมาณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกวิธีหนึ่ง ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยทั่วไปค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะแสดงในรูปของปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยน้ำหนัก ปริมาตร ระยะทาง หรือเวลาของกิจกรรมที่ปล่อย ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการคำนวณมักได้จากค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดที่มีคุณภาพยอมรับได้ โดยมีสมการที่ใช้ในการประเมินปริมาณการปล่อยมลพิษดังสมการที่ 2-1

$$E = AD \times EF \times (1 - ER/100)$$

สมการที่ 2-1

โดยที่ E	คือ	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
AD	คือ	ปริมาณการทำกิจกรรม
EF	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ที่ไม่มีการควบคุมมลพิษ)
ER	คือ	ประสิทธิภาพการควบคุมมลพิษ

ในปัจจุบันมีหน่วยงานมากมายทั้งในระดับประเทศและองค์กรระหว่างประเทศพัฒนาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อให้มีความครอบคลุมแหล่งกำเนิดประเภทต่าง ๆ และมีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเลือกใช้จากแหล่งข้อมูลภายในประเทศเป็นลำดับแรก ในกรณีที่ไม่มีพบข้อมูลที่ต้องการจึงจะอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลในต่างประเทศ หรือฐานข้อมูลในโปรแกรมสำเร็จรูปต่าง ๆ เป็นลำดับถัดมา

(1) แหล่งข้อมูลตัวคูณมลพิษในประเทศ

ฐานข้อมูลตัวคูณปริมาณการปล่อยมลพิษของประเทศไทยที่สำคัญ คือ ฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ (Thai National Life Cycle Inventory Database) ซึ่งอยู่

ในความดูแลของ MTEC ระบบฐานข้อมูลที่จัดทำขึ้น ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์จากก๊าซธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี โครงสร้างพื้นฐานและระบบการขนส่ง ผลิตภัณฑ์การเกษตร การกำจัดของเสีย ผลิตภัณฑ์จากโรงกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมเหล็ก อุตสาหกรรมการก่อสร้าง และเคมีภัณฑ์ต่างๆ

ฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีจำนวน 21 ผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย คาโปรแลกตัม ไซโคลเฮกเซน โทลูอิน เบนซีน บิสฟีนอล เอ พาราไซลีน พรอฟีลีน พอลิคาร์บอเนต พอลิพรอฟีลีน พอลิไวนิลคลอไรด์ พอลิสไตรีนทนแรงกระแทกสูง พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง มิกซ์ซีซี ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ สไตรีนมอนอเมอร์ อะคริโลไนไตรล์ อะคริโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน-สไตรีน เอทิลีน เอทิลีนไกลคอล และเอทิลีนออกไซด์ โดยตัวคุณมลพิษเหล่านี้สามารถสืบค้นได้จาก http://www.thaicidatabase.net/LCI_database.aspx

นอกจากนี้ ปัจจุบัน PTIT กำลังดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับการผลิตในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีเพื่อจัดทำฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของอุตสาหกรรมนี้เช่นกัน ซึ่งหากการดำเนินงานของ PTIT สำเร็จลง ประเทศไทยจะมีแหล่งข้อมูลเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อยกระดับความพร้อมของประเทศในการรองรับมาตรฐานและกฎระเบียบของนานาชาติเพิ่มขึ้น

(2) แหล่งข้อมูลตัวคุณมลพิษต่างประเทศ

เอกสารเกี่ยวกับฐานข้อมูลตัวคุณมลพิษของต่างประเทศที่สำคัญที่ได้รับการยอมรับ และมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายมีหลายฉบับ ซึ่งทางผู้วิจัยได้คัดเลือกฐานข้อมูลต่างๆ ที่มีความเหมาะสมกับการนำมาใช้งานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี จำนวน 3 แหล่งที่มา ดังนี้

- องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้จัดทำคู่มือการประเมินปริมาณมลพิษอย่างง่ายและทำได้รวดเร็ว (Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution) โดยครอบคลุมทั้งแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ น้ำเสีย และขยะมูลฝอย ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับแหล่งกำเนิด 6 ประเภทหลัก คือ การเกษตร เหมืองแร่ อุตสาหกรรม (อาหารและเครื่องดื่ม สิ่งทอ กระดาษ เคมีและปิโตรเคมี และเหล็ก) ไฟฟ้า การขนส่ง และการบริการ ทั้งนี้ตัวคุณมลพิษสามารถสืบค้นได้จาก http://whqlibdoc.who.int/hq/1993/who_pep_getnet_93.1-a.pdf

➤ องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US.EPA) ได้จัดทำเอกสารค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ และมีรายละเอียดลักษณะแหล่งกำเนิดที่มีผลกระทบต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออก ซึ่งการนำค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกไปใช้ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับสภาพแหล่งกำเนิดจริง ดังนั้นการใช้งานเอกสารฉบับนี้ต้องทราบรายละเอียดลักษณะของแหล่งกำเนิดมลพิษ ทั้งนี้สามารถสืบค้นได้จาก <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/index.html>

➤ องค์การระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ได้จัดทำแนวทางการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติ เพื่อให้แต่ละประเทศได้จัดทำบัญชีในรูปแบบเดียวกัน โดย IPCC จะรวบรวมข้อมูลของทุกประเทศเพื่อทำการศึกษาผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนให้สามารถใช้ได้กับทุกประเทศ แนวทางในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกในคู่มือเล่มนี้ค่อนข้างง่าย ใช้ข้อมูลน้อย สามารถจัดทำในภาพรวมของทั้งประเทศหรือแต่ละประเภทแหล่งกำเนิดก็ได้ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งออกเป็น 6 หมวด ได้แก่ พลังงาน อุตสาหกรรม ตัวทำละลาย เกษตรกรรม การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและป่าไม้และของเสีย โดยสามารถสืบค้นได้จาก <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

(3) วิธีการคำนวณตัวคูณมลพิษ

นอกจากการเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งต่างๆ ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังกล่าวข้างต้นแล้ว การคำนวณตัวคูณมลพิษของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจากข้อมูลของหน่วยการผลิตหรือโรงงานอุตสาหกรรมจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น อีกทั้งสามารถเปรียบเทียบผลที่ได้กับค่ากลางหรือแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อวิเคราะห์สถานภาพของการผลิต ซึ่งหากอยู่ระดับที่ต่ำกว่าก็จะช่วยในการศึกษาแนวทางการจัดการได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อไป

สมการการคำนวณตัวคูณมลพิษอ้างอิงจากรายงานวิธีการประเมินก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ (API, 2009) ดังสมการที่ 2-2 ข้อมูลสำคัญที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณ คือ ปริมาณองค์ประกอบคาร์บอนในเชื้อเพลิง

$$EF = \frac{\sum(C_{\text{atom}} \times \% \text{mol}) \times \text{MW CO}_2}{\text{MVC}}$$

สมการที่ 2-2

โดยที่ EF	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (g CO ₂ /scf)
$\sum(C_{\text{atom}} \times \% \text{mol})$	คือ	ปริมาณคาร์บอนอะตอมผสม (mole C/mole)
MW CO ₂	คือ	น้ำหนักโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ 44 g/mole C
MVC	คือ	ค่าการแปลงหน่วยปริมาตรต่อโมลสาร ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละอุตสาหกรรม โดยมีค่าที่สภาวะมาตรฐาน 0.8362 scf/g mole

2.1.6 นโยบายบริหารการจัดการก๊าซเรือนกระจก

จากการดำเนินการเพื่อให้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายของพิธีสารเกียวโตในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พิธีสารเกียวโตจึงมีการกำหนดกลไกต่างๆ เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายในการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศในภาคผนวกที่ 1 หรือกลุ่มประเทศพัฒนาและสร้างแรงจูงใจในการลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 หรือกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา ดังนี้

(1) การซื้อขายก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading, ET) เป็นการซื้อขายใบอนุญาตในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ได้รับ โดยใบอนุญาตนี้เรียกว่า Assigned Amount Unit (AAU) การซื้อขายนี้จำกัดอยู่เฉพาะประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 เท่านั้น

(2) การดำเนินการร่วม (Joint Implementation, JI) เป็นการดำเนินการร่วมกันระหว่างประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ด้วยกันเองเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยให้ประเทศเหล่านั้นลงทุนในโครงการลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศอุตสาหกรรมอื่นเพื่อที่ประเทศตนเองจะได้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศได้ ดังนั้นประเทศที่มีค่าใช้จ่ายสูงในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงร่วมมือกับประเทศที่มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าได้ โดย 1 หน่วยเครดิตที่ได้ เรียกว่า Emission Reduction Units (ERU) ซึ่งเทียบได้กับการลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 1 ตัน

(3) กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism, CDM) เป็นการดำเนินการร่วมกันระหว่างประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 และประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 เพื่อลดการปล่อยก๊าซ

เรือนกระจกเพิ่มเติมจากมาตรการที่เกิดขึ้นอยู่แล้วในสภาวะธุรกิจปกติ โดยผู้ดำเนินโครงการจะได้รับ Certified Emission Reduction (CER) สำหรับก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้และผ่านการตรวจวัดแล้ว

(4) การลดก๊าซเรือนกระจกโดยสมัครใจ (Voluntary Emission Reduction, VER) เป็นการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 โดยไม่มีกฎข้อบังคับหรือกำหนดระยะเวลา เป็นความสมัครใจขององค์กรที่จะช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งการดำเนินงานในมาตรการนี้ได้หลายรูปแบบ เช่น มาตรการการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ มาตรการการใช้พลังงานหมุนเวียน มาตรการการชดเชยคาร์บอน มาตรการฉลากคาร์บอน มาตรการตลาดคาร์บอนแบบสมัครใจ และมาตรการการลดก๊าซเรือนกระจกในรายสาขา ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

2.2 การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิต

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิต (Sectoral Approach, SA) คือ แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยสมัครใจ และกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรายสาขาการผลิตซึ่งเป็นข้อตกลง หรือมีผลผูกพันกันในแต่ละสาขาการผลิตภายในประเทศ หรือระหว่างประเทศ (นิรมลและคณะ, 2552)

จากวาระการประชุมของ IPCC ในปี พ.ศ. 2550 การลดก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิตเป็นหนึ่งในประเด็นการอภิปรายเพื่อประเมินหาศักยภาพที่จะบรรลุเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และถูกผนวกเข้ากับ The 2007 Bali Action Plan ซึ่งเป็นกรอบการเจรจาสำหรับการจัดทำพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจกหลังจากปี พ.ศ. 2555 ซึ่งรัฐภาคีได้มีมติขยายการเจรจาตาม Bali Action Plan ออกไปโดยให้นำเสนอผลการเจรจาในการประชุม COP16 และ CMP6 ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 ซึ่งประเทศไทยเป็นภาคีสัญญาวาดด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) พ.ศ. 2535 และพิธีสารเกียวโต พ.ศ. 2540 อย่างไรก็ดีเนื่องจากพิธีสารเกียวโตจะมีผลใช้บังคับได้จนถึง พ.ศ. 2555 และเป็นที่ยอมรับว่าเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกตามที่กำหนดไว้ในระยะแรกของการใช้พิธีสารนี้ ยังไม่เพียงพอที่จะป้องกันปัญหาที่จะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงต้องมีการเจรจารอบใหม่เพื่อกำหนดพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจกหลัง พ.ศ. 2555 ให้มีความเข้มงวดมาก

ขึ้น จึงมีแรงกดดันจากประเทศพัฒนาแล้วที่ต้องการกระจายความรับผิดชอบในการลดก๊าซเรือนกระจกมายังกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา จึงจำเป็นที่ประเทศไทยจะต้องติดตามและเข้าร่วมต่อไป

SA เป็นกลไกใหม่ในการควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรายงานการผลิต โดยหลักการเน้นการทำข้อตกลงระหว่างประเทศในอุตสาหกรรมเดียวกันเพื่อกำหนดระดับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร่วมกันระหว่างผู้ผลิตในอุตสาหกรรมนั้นๆ ทั้งในประเทศพัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนา หรือผู้ประกอบการในแต่ละสาขาอาจตกลงเจรจากำหนดเป้าหมายกันเองโดยสมัครใจ ซึ่งกลไกนี้ได้รับการผลักดันอย่างมาก เนื่องจากเชื่อว่าจะช่วยลดระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ตามเป้าหมายของ UNFCCC และมีแนวโน้มว่า SA จะเป็นกลไกใหม่ที่จะมีผลบังคับใช้หลังปี พ.ศ. 2555 เนื่องจากการส่งเสริมให้ประเทศที่ไม่มีพันธกรณีหรือประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 เข้ามามีส่วนร่วมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น ทำให้เกิดความเท่าเทียมกันมากขึ้นระหว่างประเทศที่มีและไม่มีพันธกรณีภายใต้พิธีสารเกียวโต โดยสาขาการผลิตที่ควรกำหนดให้ใช้กลไก SA เป็นอันดับแรกๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมเหล็ก อุตสาหกรรมกระดาษ และการผลิตไฟฟ้า (นิรมล, 2553)

ในปัจจุบันมีสถาบันต่างๆ ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิตอย่างจริงจัง เช่น Pew Center และ International Energy Agency (IEA) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิตเป็นการจัดทำข้อตกลงระหว่างประเทศในอุตสาหกรรมเดียวกันด้วยการกำหนดระดับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร่วมกันระหว่างผู้ผลิตในอุตสาหกรรมนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นที่ตั้งใดของโลกก็ตาม สาขาการผลิตที่เป็นกลุ่มเป้าหมายตกลงเจรจาใช้การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิต ได้แก่

- ✓ ภาคไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้า (อุตสาหกรรมครัวเรือน บ้านเรือน และกลุ่มทั่วไป)
- ✓ ภาคการขนส่ง (ยานยนต์ การบิน และการขนส่งทางเรือ)
- ✓ ภาคการผลิต (อุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมี อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า อุตสาหกรรมผลิตอลูมิเนียมและแก้ว)
- ✓ ภาคอาคาร (ที่อยู่อาศัย อาคารพาณิชย์)
- ✓ ภาคการผลิตสินค้าอุปโภค (อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า)
- ✓ ภาคการใช้ที่ดิน (การเกษตร)
- ✓ ภาคการก่อสร้าง
- ✓ ภาคการขุดเจาะ (แร่ น้ำมัน และก๊าซ)

2.2.1. ประเภทของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิต

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิตสามารถแบ่งออกเป็น 2 นัย คือ

(1) Sectoral Crediting Mechanic เป็นกลไกกำหนดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการสร้างแรงจูงใจ ไม่มีการผูกพันตามกฎหมาย (No lose target) ถ้าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ (Baseline) ก็ไม่มีผลกระทบผูกพันทางกฎหมาย การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยภาคการผลิตใดที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ต่ำกว่าระดับเป้าหมายจะได้รับคาร์บอนเครดิตซึ่งสามารถนำไปซื้อขายในตลาดการค้าคาร์บอนเครดิตได้ และภาครัฐต้องเข้ามามีบทบาทในการจัดสรรสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับมาให้แก่สาขาการผลิตนั้นๆ

(2) Unilateral Industry Initiatives เป็นข้อตกลงในการดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยที่มีผู้ประกอบการในสาขาการผลิตนั้นๆ เป็นผู้กำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตนั้นๆ โดยสมัครใจ

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิตสามารถแบ่งเป็นประเภทย่อยๆ ดังนี้

(1) แบ่งตามเกณฑ์ของการกำหนดเป้าหมาย

- การกำหนดระดับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง
- การกำหนดโดยใช้เครื่องมืออื่นๆ เช่น การกำหนดเทคโนโลยี การกำหนดการใช้เชื้อเพลิง เป็นต้น

(2) แบ่งตามภูมิศาสตร์

- ระดับในประเทศ
- ระดับระหว่างประเทศ

(3) แบ่งตามบทบาทของรัฐบาล

- รัฐบาลออกกฎหมายเพื่อกำหนดเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- สาขาการผลิตเป็นผู้กำหนดเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่เพียงฝ่ายเดียว (Unilateral Industry Action)

นอกจากนี้ยังมีการแบ่งการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิตออกเป็นประเภทอื่นๆ ได้อีก ได้แก่

(1) Country-specific quantitative approach คือ การกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้แต่ละประเทศ ซึ่งแต่ละประเทศจะไปกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละสาขาการผลิตเอง โดยวิธีนี้จะอนุญาตให้ผู้ผลิตที่ไม่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ตามเป้าหมายสามารถซื้อคาร์บอนเครดิตเพื่อทดแทนได้

(2) Sustainable development policies and measures คือ การกำหนดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างกว้าง เน้นให้มีผลผูกพันต่อประเทศกำลังพัฒนา โดยมุ่งให้ประเทศกำลังพัฒนา กำหนดนโยบายเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศให้มุ่งเน้นเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกให้ครอบคลุมทุกสาขาการผลิต หากนโยบายใดมีความเป็นไปได้ก็จะได้รับเงินอุดหนุนทางการเงิน

(3) Transnational quantitative sectoral approach คือ ความร่วมมือกันในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับนานาชาติ โดยการกำหนดระดับการปล่อยของแต่ละสาขาการผลิต วิธีนี้ จะมีความเหมาะสมต่อสาขาการผลิตที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมาก เช่น อุตสาหกรรมผลิตอลูมิเนียม เป็นต้น

(4) Technology-oriented approach คือ วิธีการกำหนดระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีที่สะอาดและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ยังไม่มีข้อสรุปที่แน่นอน เช่น บางประเทศอาจจะเลือกใช้นโยบายสนับสนุนเทคโนโลยีที่ลดการปล่อยก๊าซในสาขาการผลิต แต่ในบางประเทศจะมุ่งเน้นสนับสนุนเทคโนโลยีที่ลดก๊าซเรือนกระจกในสาขาการบริโภค

ภายใต้พิธีสารเกียวโตได้มีการกล่าวถึงแนวทางการกำหนดระดับเป้าหมายรายสาขา 3 แนวทาง ได้แก่

(1) Sectoral CDM for emission reductions below a baseline defined at a sectoral level หมายถึง การจัดทำโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบเดียวกับ กลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) แต่จัดทำในลักษณะของทั้งสาขาการผลิต คือ จะต้องมีการวัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และระดับก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ของสาขาการผลิตนั้นๆ และยื่นขอรับคาร์บอนเครดิตรวมเป็นสาขา

การผลิตที่มีเส้นฐานอ้างอิงในระดับสาขาการผลิต (Sectoral Baseline) อาจอยู่ในรูปแบบเป้าหมายหรือรูปแบบอื่นๆ ก็ได้

(2) Sectoral crediting of emission reductions below a previously established [no-lose] target หมายถึง การกำหนดระดับเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยไม่มีภาระผูกพันตามกฎหมาย แต่เป็นการสร้างแรงจูงใจในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยภาคการผลิตใดที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ต่ำกว่าระดับที่กำหนดจะได้รับคาร์บอนเครดิตซึ่งสามารถนำไปซื้อขายในตลาดการค้าคาร์บอนได้ ในทางกลับกัน หากภาคการผลิตใดปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกินกว่าระดับที่กำหนดก็จะไม่ได้รับการลงโทษใดๆ

(3) Emission trading based on sectoral targets หมายถึง การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสาขาการผลิตโดยใช้วิธีการ Cap-and-Trade ในระดับสาขาการผลิต โดยแต่ละสาขาจะได้รับใบอนุญาตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับปริมาณเป้าหมายที่รัฐอนุญาตให้สาขานั้นปล่อยได้ และอนุญาตให้ทำการซื้อขายแลกเปลี่ยนใบอนุญาตกันได้ เพื่อให้ผู้ที่ไม่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ สามารถซื้อใบอนุญาตเพิ่มเติมได้ ทั้งนี้ใบอนุญาตในระดับสาขาจะสามารถใช้เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการปฏิบัติตามพันธกรณีของพิธีสารเกียวโตได้

2.2.2. ข้อดีและข้อเสียของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิต

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิตมีข้อดีและข้อเสียสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ข้อดีและข้อเสียของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบรายสาขาการผลิต (นิรมลและคณะ, 2552)

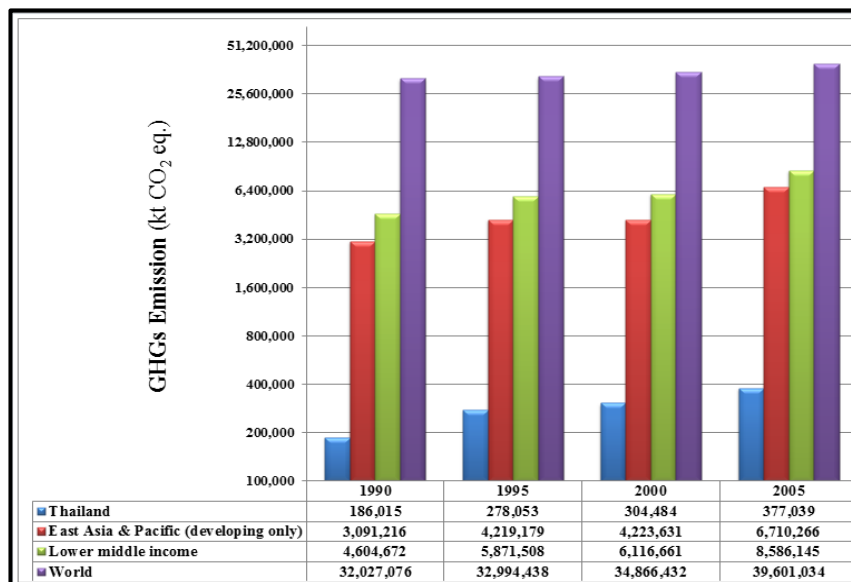
ข้อดี	ข้อเสีย
• ผู้ประกอบการในประเทศกำลังพัฒนาสามารถเข้ามามีส่วนร่วมได้ • การเจรจาตกลงในเรื่องเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถกระทำได้ง่ายเนื่องจากผู้เจรจาเป็นผู้ประกอบการสาขาเดียวกัน • การกำหนดเป้าหมายมีความชัดเจนและง่ายต่อการติดตามผล • ความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการภายในประเทศและต่างประเทศมีความเท่าเทียมกันมากขึ้น • ส่งเสริมให้มีการถ่ายทอด และพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี	• เกิดปัญหาประสิทธิภาพทางด้านต้นทุน (Cost Effectiveness) ซึ่งบางธุรกิจการกำหนดเป้าหมายรายสาขาการผลิตอาจจะไม่เหมาะสมต่อต้นทุนสำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก • ในบางกรณีขอบเขตของสาขาที่มีการควบคุมการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (อย่างสมัครใจหรือ บังคับ) ไม่ครอบคลุมครบทุกสาขา (Limited Extent) • การลงทุนในสาขาการผลิตนำไปสู่สาขาที่ไม่ได้ควบคุมมากขึ้น ทำให้เกิดปัญหาการรั่วไหลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Leakage) จากสาขาหนึ่งไปอีกสาขาหนึ่ง

2.3 สถานภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

2.3.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรวบรวมข้อมูลของธนาคารโลก โดยคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในกิจกรรมต่างๆ คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) จากภาคการเกษตร การปศุสัตว์ และอุตสาหกรรม และคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) จากกิจกรรมของมนุษย์ ระบุว่าในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 377,039 พันตันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังรูปที่ 2-3 ซึ่งหากเทียบสัดส่วนกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมด พบว่า ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 5.62 ของประเทศกำลังพัฒนาในทวีปเอเชียตะวันออกและแปซิฟิก หรือ ร้อยละ

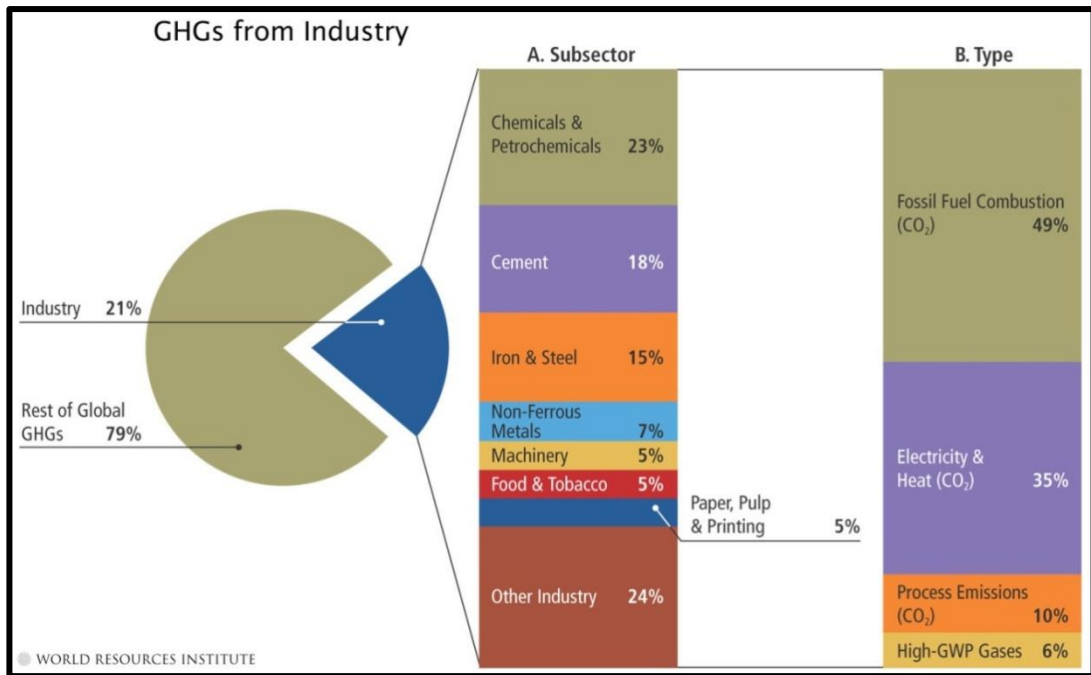
4.39 ของกลุ่มประเทศที่มีรายได้ต่ำกว่าส่วนกลางทั้งหมด หรือร้อยละ 0.95 ของโลก ทั้งนี้ จากการจัดลำดับประเทศที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศสูงสุด โดยสถาบันทรัพยากรโลก (WRI, 2005) พบว่า ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจัดอยู่ในลำดับที่ 31 ของโลก



รูปที่ 2-3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย (World Bank, 2010)

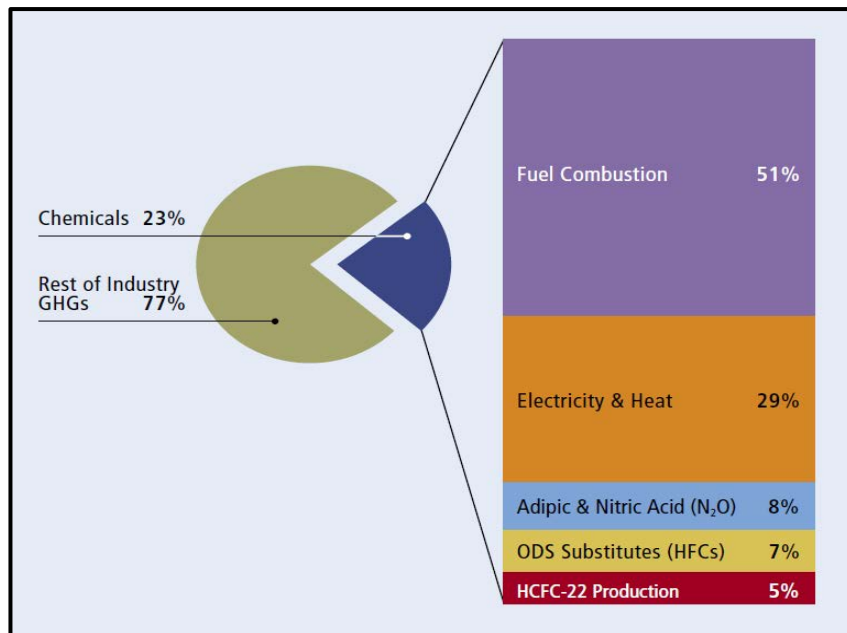
2.3.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนในอุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมี

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลกจำแนกจากตามแหล่งที่มา ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 ประเภท คือ การผลิตไฟฟ้า, การขนส่ง, อุตสาหกรรม, การก่อสร้าง, การเกษตร, การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน, และของเสีย ในปี พ.ศ. 2548 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมคิดเป็นร้อยละ 21 ของทั้งหมด ซึ่งเมื่อจำแนกประเภทของอุตสาหกรรมออกเป็น 8 ประเภท อุตสาหกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คือ อุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมี โดยมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 23 ของภาคอุตสาหกรรม หรือประมาณร้อยละ 5 ของโลก ดังรูปที่ 2-4



รูปที่ 2-4 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรม (WRI, 2005)

ทั้งนี้ อุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมีเป็นอุตสาหกรรมที่มีความต้องการใช้พลังงานในการผลิตเป็นอันดับ 2 ของโลก ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมทั้งจากทางตรง เช่น การใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต และการเผาไหม้เชื้อเพลิง เป็นต้น และทางอ้อม เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต และการปล่อยก๊าซที่ไม่ใช่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น เมื่อจำแนกตามแหล่งกำเนิด พบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกกว่าร้อยละ 50 เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง รองลงมาคือการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อน ประมาณร้อยละ 30 ดังรูปที่ 2-5



รูปที่ 2-5 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมีของโลก (WRI, 2005)

จากความต้องการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเป็นอันดับ 2 ของโลก และมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 5 ของโลก สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้อุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมีเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ในวาระการประชุมของ IPCC ปี พ.ศ. 2550 เรื่องการลดก๊าซเรือนกระจกโดยยึดภาคการผลิต (SA) ซึ่งเป็นกลไกใหม่ในการควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรายสาขาการผลิตระหว่างประเทศในอุตสาหกรรมเดียวกัน ทั้งประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนา ได้มีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น พบว่า สาขาการผลิตที่ควรมีการตกลงเจรจาเพื่อใช้มาตรการการลดก๊าซเรือนกระจกโดยยึดภาคการผลิตในลำดับต้นๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมี อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า และอุตสาหกรรมอลูมิเนียมและแก้ว

บทที่ 3 การดำเนินการศึกษา

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และศึกษาศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบจำแนกตามสาขาการผลิตในประเทศไทย โดยมีเป้าหมายหลักของการวิจัย เพื่อประเมินระดับความเป็นไปได้ของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาการผลิตปิโตรเคมี กิจกรรมต่างๆ ในงานวิจัยเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัย สรุปเป็นแผนงานดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แผนกิจกรรมหลักที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง
1. ศึกษาสถานภาพปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และหาต้นน้ำชีวิตที่บ่งบอกสถานภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมเพื่อใช้กำหนดเส้นฐานต่อไป	1.1 กำหนดขอบเขตการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรายสาขาการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี	1.1.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ห่วงโซ่ของผลิตภัณฑ์ในสาขาการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีโดยมุ่งเน้นการหาขนาดของความสัมพันธ์ในระดับต่างๆ (ต้นน้ำ - ปลายน้ำ) ○ รวบรวมตัวเลขมูลค่าทางเศรษฐกิจ ปริมาณและมูลค่าการใช้ภายในประเทศและการส่งออกของสาขาการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ○ จำแนกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในรายสาขาต่างๆ โดยแบ่งเป็นกลุ่มปิโตรเคมีต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ○ คัดเลือกโรงงานปิโตรเคมีตัวแทนในแต่ละกลุ่ม (ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ) เพื่อเก็บข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยต้องครอบคลุมภาคการผลิตและมีอย่างน้อย 12 โรงงาน
		1.1.2 กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกลุ่มต่างๆ (ต้นน้ำ - ปลายน้ำ) และจัดทำผังการไหลของวัสดุและพลังงานที่เข้าและออกจากแต่ละอุตสาหกรรมรายสาขา
	1.2 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในปีที่ศึกษา	1.2.1 สืบหาและเก็บข้อมูลกิจกรรมหรือแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากโรงงาน โดยศึกษาจากรายงานต่างๆ หรือข้อมูลการตรวจวัดของโรงงาน
		1.2.2 รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน ไฟฟ้า วัตถุดิบ และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานตัวแทน

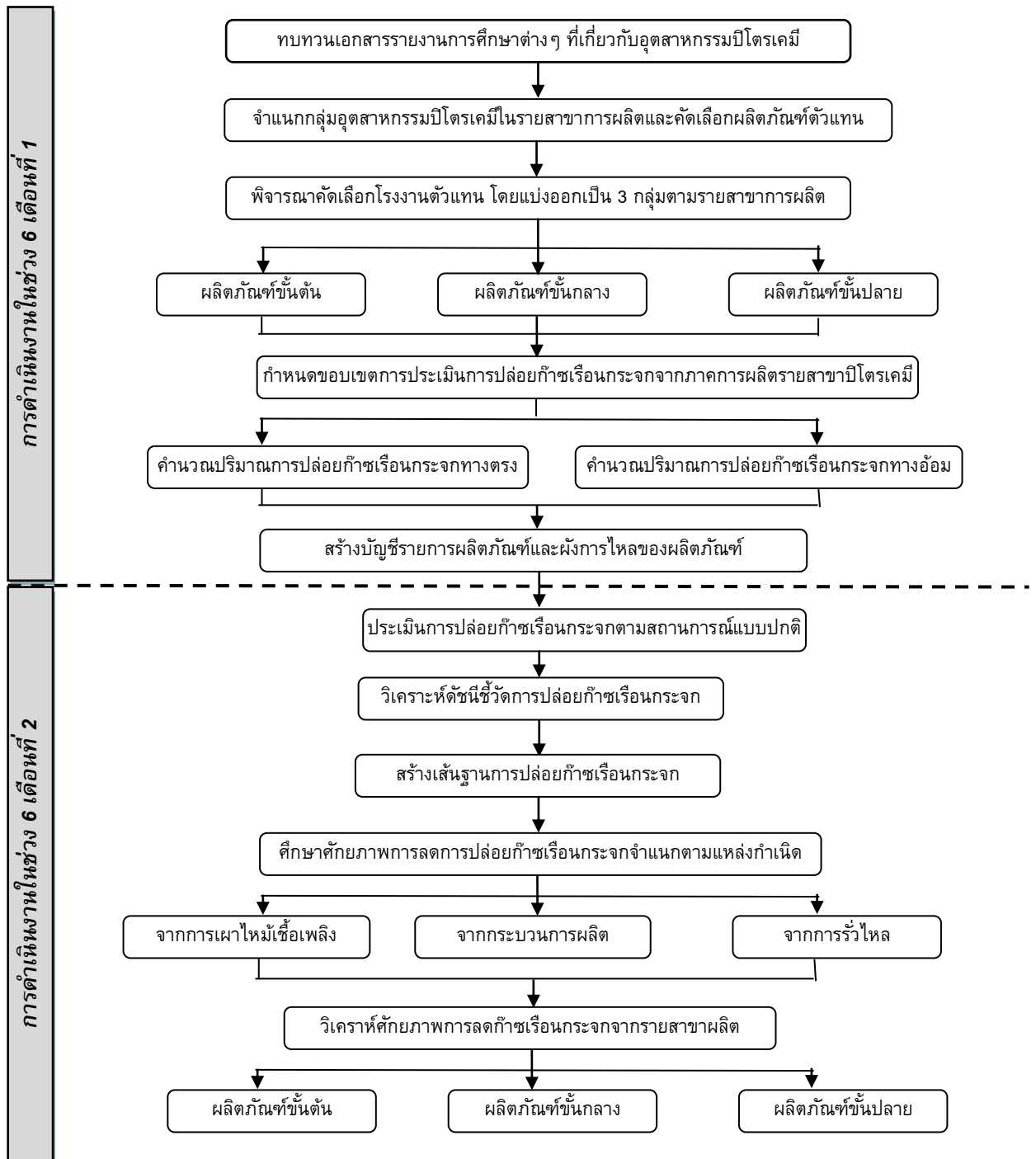
ตารางที่ 3-1 (ต่อ) แผนกิจกรรมหลักที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง
	1.3 หาดัชนีชีวิตที่เหมาะสมในการบ่งชี้สถานภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	1.3.1 คำนวณ ○ ความเข้มข้นคาร์บอน (CI) ○ ความเข้มพลังงาน (EI) 1.3.2 เปรียบเทียบผลในรูปแบบต่างๆ เช่น ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบ ปริมาณผลิตภัณฑ์ หรือมูลค่าผลิตภัณฑ์
2. คาดการณ์แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสถานการณ์การปล่อยแบบปกติ และกำหนดเส้นฐานการปล่อยของสาขาการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี	2.1 รวบรวมข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามสถานการณ์การปล่อยแบบปกติ	2.1.1 รวบรวมข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจริง ซึ่งได้จากการประเมินภาพรวมตามสถานการณ์การปล่อยแบบปกติ 2.1.2 กำหนดเส้นฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
	2.2 คาดการณ์แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	2.2.1 คาดการณ์แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสถานการณ์การปล่อยแบบปกติ
3. ศึกษาศักยภาพและความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมี	3.1 ศึกษาทางเลือกต่างๆ ในการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรม	3.1.1 ศึกษาทางเลือกและมาตรการต่างๆ ในการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่คาดว่าจะสามารถดำเนินการได้
	3.2 ประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะสามารถลดลงได้จากการดำเนินการตามมาตรการต่างๆ	3.2.1 ประเมินผลประโยชน์เบื้องต้นทางเทคนิคของทางเลือกที่เหมาะสมในการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
	3.3 จัดทำข้อเสนอเชิงนโยบายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เพื่อประกอบการเจรจา กำหนดพันธกรณี หลังปี พ.ศ. 2555	3.3.1 สังเคราะห์ข้อมูลศักยภาพ แนวทาง มาตรการและแนวนโยบายในการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจากการคาดการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3.3.2 นำเสนอภาพรวมผลการศึกษาและแนวนโยบายที่ได้ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในการหาแนวทางการนำไปใช้ร่วมกัน โดยจัดการประชุมสัมมนาผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เป็นระยะเพื่อรับฟังความคิดเห็นจากทุกภาคส่วน

แนวทางหรือขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับสมมุติฐานการวิจัย พื้นที่ที่ศึกษา วิธีวางแผนการดำเนินงาน วิธีดำเนินการวิจัย และวิธีการเก็บข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

- (1) วิธีการศึกษาจะใช้หลักเกณฑ์ที่มีการดำเนินงานจากหน่วยงานที่เป็นสากล และมีระบบอ้างอิงให้เป็นมาตรฐานได้ ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินการตามคู่มือต่างๆ ประกอบด้วย
 - The International Organisation for Standardisation (ISO 14040, ISO 14046, ISO 14064, ISO 50001 (EMS))
 - The GHG Protocol produced by the World Resources Institute (WRI)
 - The World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)
 - Technology for sustainable development and Best available technique for Petrochemical industry (IPPC)
 - Environmental, Health, and Safety Guidelines for Large Volume Petroleum-based Organic Chemicals Manufacturing (World Bank)
 - Compendium of greenhouse gas emissions methodologies for the oil and natural gas industry (API)
- (2) ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจะรวบรวมจากรายงานการศึกษาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลจากการตรวจวิเคราะห์ของโรงงานปิโตรเคมี ข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ และร่วมกับการสำรวจและเก็บข้อมูลจากโรงงานตัวแทน
- (3) ทีมนักวิจัยจะดำเนินการจัดประชุมทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ทั้งหน่วยราชการ สถาบันการศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และองค์กรพัฒนาเอกชน เพื่อรับฟังความคิดเห็นในการดำเนินงานเป็นระยะตามความเหมาะสม
- (4) ขั้นตอนการดำเนินงานมีรายละเอียดตามแผนผังลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังรูปที่ 3-1 โดยมีรายละเอียด ดังนี้
 - ทบทวนเอกสารรายงานการศึกษา และงานวิจัยต่างๆ จากหน่วยงานของรัฐ และสถาบันการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศ
 - พิจารณาคัดเลือกโรงงานตัวแทนในแต่ละสายผลิตภัณฑ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญ โดยครอบคลุมโรงงานปิโตรเคมีต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ
 - กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมรายสาขา และจัดทำผังวิเคราะห์การไหลของผลิตภัณฑ์
 - ศึกษา สำรวจ และเก็บรวบรวมข้อมูลโรงงานปิโตรเคมีตัวแทนเกี่ยวกับกิจกรรมหรือแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก โดยแบ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงและทางอ้อม จากการรายงาน แบบสอบถาม หรือข้อมูลการตรวจวัดของโรงงาน

- ประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามวิธี IPCC และประเมินภาพรวมของภาคอุตสาหกรรม เพื่อหาต้นน้ำชีวิตสถานภาพการปล่อยก๊าซเรือนที่เหมาะสม เช่น ความเข้มข้นคาร์บอน (CI) และความเข้มพลังงาน (EI) ต่อไป
- ศึกษาศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมจำแนกตามรายการการผลิต เพื่อคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในอนาคต



รูปที่ 3-1 แผนผังลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์และโรงงานปิโตรเคมีตัวแทน

จากการรวบรวมข้อมูลรายงานการศึกษาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง พบว่า อุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยมีทั้งสิ้น 53 โรงงาน ผลิตทั้งหมด 32 ผลิตภัณฑ์ แบ่งออกเป็นโรงงานปิโตรเคมีต้นน้ำ 8 โรงงาน (7 ผลิตภัณฑ์) โรงงานปิโตรเคมีกลางน้ำ 15 โรงงาน (13 ผลิตภัณฑ์) และโรงงานปิโตรเคมีปลายน้ำ 30 โรงงาน (12 ผลิตภัณฑ์) ดังมีรายละเอียดใน **บทที่ 1 หัวข้อที่ 1.5.1 ภาพรวมโรงงานปิโตรเคมีในประเทศไทย**

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดปี พ.ศ. 2548 เป็นปีเริ่มต้นในการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ดังนั้น การคัดเลือกผลิตภัณฑ์และโรงงานปิโตรเคมีตัวแทนจึงจะใช้ข้อมูลกำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2548 ในการพิจารณา และจะใช้ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2553 ในการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคอุตสาหกรรมปิโตรเคมีทั้งหมดต่อไป

3.2.1 เกณฑ์การพิจารณา

การคัดเลือกผลิตภัณฑ์และโรงงานปิโตรเคมีเพื่อเป็นตัวแทนการศึกษากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญ ครอบคลุมทั้งกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทย มีหลักเกณฑ์ดังนี้

- ⊗ ผลิตภัณฑ์ตัวแทนทั้งหมดต้องมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนที่สูงเมื่อเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
- ⊗ ผลิตภัณฑ์ตัวแทนในแต่ละรายสาขาการผลิตต้องมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในรายสาขาการผลิต
- ⊗ ผลิตภัณฑ์ตัวแทนต้องครอบคลุมทุกสาขาการผลิตในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
- ⊗ โรงงานตัวแทนต้องมีกำลังการผลิตสูง และ/หรือมีแนวโน้มการขยายกำลังการผลิตในอนาคต
- ⊗ โรงงานตัวแทนมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตราสูง
- ⊗ โรงงานตัวแทนมีความครอบคลุมสาขาการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั้งหมด

จำนวนโรงงานตัวแทนที่พิจารณาคัดเลือกทั้งจากโรงงานปิโตรเคมีต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ รวมกันต้องได้น้อยกว่า 12 โรงงาน ซึ่งโรงงานที่เป็นตัวแทนจะพิจารณาจากประเภทของผลิตภัณฑ์ของสาขาการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ และที่สำคัญจะมีการพิจารณากำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีประกอบการคัดเลือกโรงงานด้วย สำหรับกำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2548 ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 กำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยใน พ.ศ. 2548 (PTIT, 2552)

Upstream		Intermediate		Downstream	
ผลิตภัณฑ์	กำลังการผลิต (KTA)	ผลิตภัณฑ์	กำลังการผลิต (KTA)	ผลิตภัณฑ์	กำลังการผลิต (KTA)
Olefins ○ Ethylene ○ Propylene* ○ Mixed C4 (4 โรงงาน)	2,306 1,221 384	Olefins ○ Ethylene Oxide /Ethylene Glycol (EO /EG) (1 โรงงาน)	300	Plastic resins ○ Polypropylene (PP)* (5 โรงงาน)	1,250
				○ High Density Polyethylene* (HDPE) (4 โรงงาน)	1,207
		○ Vinyl Chloride Monomer (VCM) * (2 โรงงาน)	640	○ Low Density Polyethylene (LDPE/EVA) (2 โรงงาน)	258
				○ PC* (1 โรงงาน)	250
		○ Methyl Metacrylate (MMA) (2 โรงงาน)	70	○ Polyvinyl Chloride (PVC)* (4 โรงงาน)	837
		○ Butadiene/ Butene-1/ MTBE (3โรงงาน)	190/35/55	○ Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)* (2 โรงงาน)	420
○ Polystyrene (PS/EPS)* (4/3 โรงงาน)	450/61				
Aromatics ● Benzene* ● Paraxylene/ Mixed xylene ● Toluene (4 โรงงาน)	737 1,385/1,204 655	Aromatics ● Terephthalic acid (PTA)* (3 โรงงาน)	1,880	Synthetic fiber ● Polyester (PET)* (1 โรงงาน)	120
				● Nylon (1 โรงงาน)	61
		● Styrene Monomer (SM)* (2 โรงงาน)	520	Synthetic rubber/ Elastomers ● Butadiene Rubber/ (BR) (1 โรงงาน)	115
				● Cyclohexane / Caprolactam (2 โรงงาน)	150/100
		● SBR/SBL (1 โรงงาน)	107		
		รวม 8 โรงงาน		รวม 15 โรงงาน	

หมายเหตุ * เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการส่งออกสูง

3.2.2 การคัดเลือกตัวแทนผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี

การคัดเลือกตัวแทนผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี คณะผู้วิจัยได้พิจารณาคัดเลือกโดยประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเบื้องต้นจากทุกผลิตภัณฑ์ จากการใช้ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีแต่ละชนิดคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีที่นำมาใช้ในคำนวณจะเป็นกำลังการผลิตของอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2548 ดังตารางที่ 3-2 โดยอ้างอิงข้อมูลจาก PTIT ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับตัวคุณมลพิษจะอ้างอิงจากฐานข้อมูลของ IPCC 2006 เป็นหลัก

ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทุกชนิดเพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ตัวแทน แสดงได้ดังตารางที่ 3-3 ทั้งนี้เกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ คือ ปริมาณกำลังการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ตัวแทนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั้งหมด โดยมีนัยครอบคลุมการคัดเลือกในรายสาขาการผลิตทั้งผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายด้วย ซึ่งอ้างอิงตามแนวทางการพัฒนาฐานข้อมูลจัดทำวัฏจักรของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ (MTEC, 2550)

ตารางที่ 3-3 การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในประเทศไทย

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ ผลิตภัณฑ์ (KTON)	ตัวคูณ (t CO ₂ eq./t)	ปริมาณก๊าซ เรือนกระจก (kt CO ₂ eq.)	การจัด อันดับ
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น				
Ethylene	2,306	1.810 ^a	4,173.86	1
Propylene	1,221	1.430 ^b	1,746.03	3
Mixed C4	384	1.520 ^b	583.68	8
p-Xylene	1,385	0.690 ^a	955.65	6
Toluene	655	1.490 ^b	975.95	5
Benzene	737	0.840 ^a	619.08	7
m-Xylene	1,204	1.630 ^b	1,962.52	2
รวม	7,892	-	11,016.77	-
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง				
Vinyl Chloride Monomer	640	0.490 ^a	313.60	13
Purified Terephthalic Acid	1,880	0.720 ^c	1,353.60	4
Styrene Monomer	520	0.630 ^c	327.60	11
Ethylene Glycol	150	0.470 ^a	70.50	24
Ethylene Oxide	150	0.863 ^a	129.45	17
Methyl Methacrylate Monomer	70	0.664 ^b	46.48	27
Butadiene	190	0.630 ^c	119.70	18
Butene	35	1.520 ^b	53.20	26
Methyl Tertiary Butyl Ether	55	0.110 ^a	6.05	31
Cyclohexane	150	0.023 ^a	3.45	32
Caprolactam	100	0.880 ^c	88.00	22
Cumene	180	0.170 ^c	30.60	29
Phenol	103	1.070 ^c	110.21	20
รวม	4,223	-	2,652.44	-

ตารางที่ 3-3 (ต่อ) การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในประเทศไทย

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ ผลิตภัณฑ์ (KTON)	ตัวคูณ (t CO ₂ eq./t)	ปริมาณก๊าซ เรือนกระจก (kt CO ₂ eq.)	การจัด อันดับ
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย				
Polypropylene	1,250	0.310 ^a	387.50	9
High Density Polyethylene	1,207	0.270 ^d	325.89	12
Low Density Polyethylene	258	0.619 ^d	159.70	15
Linear Low Density Polyethylene	420	0.269 ^a	112.98	19
Polyethylene Terephthalate	120	0.450 ^a	54.00	25
Polyvinylchloride	837	0.290 ^a	242.73	14
Polystyrene/Expanded Polystyrene	511	0.150 ^a	76.65	23
Polycarbonate	250	1.440 ^c	360.00	10
Styrene Acrylonitrile	206	0.457 ^d	94.14	21
Butadiene Rubber	115	1.367 ^d	157.21	16
Styrene Butadiene Rubber	72	0.503 ^d	36.22	28
Styrene Butadiene Latex	35	0.509 ^d	17.82	30
รวม	5,281	-	2,024.83	-
Total	17,396	-	15,694.04	-

^a IPCC, 2006

^b Sima Pro 7.2

^c Neelis, 2008

^d TGPF, 2003

ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเบื้องต้นจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทย โดยอ้างอิงกำลังการผลิตจากปี พ.ศ. 2548 และใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ IPCC 2006 พบว่า อุตสาหกรรมนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นปริมาณรวม 15,694 kt CO₂ eq. โดยมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายคิดเป็นร้อยละ 70, 17 และ 13 ตามลำดับ ซึ่งหากพิจารณาจากสาขาการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี พบว่า ร้อยละ 80 ของผลิตภัณฑ์ ปิโตรเคมีทั้งหมด มาจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีสายพลาสติก และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 70 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากทั้งอุตสาหกรรม

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงพิจารณาคัดเลือกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในสายพลาสติกเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในการศึกษาดัชนีชี้วัดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีครั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีสายพลาสติกมีทั้งหมด 16 ผลิตภัณฑ์ แบ่งเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นจำนวน 6 ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางจำนวน 3 ผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายจำนวน 7 ผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 3-4

ผลิตภัณฑ์ตัวแทนทั้ง 16 ชนิด เมื่อพิจารณาในรายสาขาการผลิต พบว่า ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นมีตัวแทนคิดเป็นร้อยละ 85 ของผลิตภัณฑ์ขั้นต้นทั้งหมด ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางมีตัวแทนคิดเป็นร้อยละ 72 ของผลิตภัณฑ์ขั้นกลางทั้งหมด และผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายมีตัวแทนคิดเป็นร้อยละ 87 ของผลิตภัณฑ์ขั้นปลายทั้งหมด ดังตารางที่ 3-5 ซึ่งถือได้ว่าผลิตภัณฑ์ตัวแทนมีความครอบคลุมผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั้งประเทศในสัดส่วนที่สูง และเป็นไปตามข้อสมมติฐานของเกณฑ์การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ตัวแทนทุกประการ ความครอบคลุมและความสมบูรณ์ของข้อมูลจะส่งผลให้การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3-4 ผลการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีตัวแทน

ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น	ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง	ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย
○ Ethylene (ETH)	○ Vinyl Chloride Monomer (VCM)	○ Polypropylene (PP)
○ Propylene (PPL)	○ Purified Terephthalic Acid (PTA)	○ High Density Polyethylene (HDPE)
○ Mixed C4 (MC4)	○ Styrene Monomer (SM)	○ Low Density Polyethylene (LDPE)
○ p-Xylene (PX)		○ Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)
○ Benzene (BZ)		○ Polyvinyl Chloride (PVC)
○ Toluene (TOL)		○ Polyethylene Terephthalate (PET)
		○ Polystyrene (PS)

ตารางที่ 3-5 สัดส่วนกำลังการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ ผลิตภัณฑ์ (KTON)	สัดส่วน ผลิตภัณฑ์ (%)	สัดส่วน ผลิตภัณฑ์ ตัวแทน (%)	ปริมาณ GHG (kt CO ₂ eq.)	สัดส่วน GHG (%)	สัดส่วน GHG ผลิตภัณฑ์ ตัวแทน (%)
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น						
Ethylene	2,306	29	85	4,173.86	38	82
Propylene	1,221	15		1,746.03	16	
Mixed C4	384	5		583.68	5	
p-Xylene	1,385	18		955.65	9	
Toluene	655	8		975.95	9	
Benzene	737	9		619.08	6	
m-Xylene	1,204	15	15	1,962.52	18	18
รวม	7,892	100		11,016.77	100	
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง						
Vinyl Chloride Monomer	640	15	72	313.60	12	75
PTA	1,880	45		1,353.60	51	
Styrene Monomer	520	12		327.60	12	
Ethylene Glycol	150	4	28	70.50	3	25
Ethylene Oxide	150	4		129.45	5	
Methyl Methacrylate Monomer	70	2		46.48	2	
Butadiene	190	4		119.70	5	
Butene	35	1		53.20	2	
MTBE	55	1		6.05	0	
Cyclohexane	150	4		3.45	0	
Caprolactam	100	2		88.00	3	
Cumene	180	4		30.60	1	
Phenol	103	2		110.21	4	
รวม	4,223	100		2,652.44	100	

ตารางที่ 3-5 (ต่อ) สัดส่วนกำลังการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ ผลิตภัณฑ์ (KTON)	สัดส่วน ผลิตภัณฑ์ (%)	สัดส่วน ผลิตภัณฑ์ ตัวแทน (%)	ปริมาณ GHG (kt CO ₂ eq.)	สัดส่วน GHG (%)	สัดส่วน GHG ผลิตภัณฑ์ ตัวแทน (%)
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย						
Polypropylene	1,250	24	87	387.50	19	67
High Density Polyethylene	1,207	23		325.89	16	
Low Density Polyethylene	258	5		159.70	8	
Linear Low Density Polyethylene	420	8		112.98	6	
Polyethylene Terephthalate	120	2		54.00	3	
Polyvinylchloride	511	10		76.65	4	
Polystyrene/Expanded Polystyrene	837	16		242.73	12	
Polycarbonate	250	5	13	360.00	18	33
Styrene Acrylonitrile	206	4		94.14	5	
Butadiene Rubber	115	2		157.21	8	
Styrene Butadiene Rubber	72	1		36.22	2	
Styrene Butadiene Latex	35	1		17.82	1	
รวม	5,281	100		2,024.83	100	

3.2.3 การคัดเลือกตัวแทนโรงงานปิโตรเคมี

จากข้อมูลโรงงานปิโตรเคมีในประเทศไทย ดังมีรายละเอียดใน **บทที่ 1 หัวข้อที่ 1.5.1 ภาพรวมโรงงาน ปิโตรเคมีในประเทศไทย** พบว่า อุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยมีจำนวนโรงงานทั้งสิ้น 53 โรง โดยแบ่งออกเป็นโรงงานปิโตรเคมีต้นน้ำ 8 โรงงาน โรงงานปิโตรเคมีกลางน้ำ 15 โรงงาน และโรงงานปิโตรเคมีปลายน้ำ 30 โรงงาน ประกอบกับผลการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ตัวแทนในรายสาขาการผลิต ดังตารางที่ 3-4 การคัดเลือกโรงงานตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีเพื่อสำรวจและเก็บข้อมูลเชิงลึกมาใช้ในวิเคราะห์ต่อไปจะพิจารณาเฉพาะโรงงานที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ตัวแทนเท่านั้น ทั้งนี้ เกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกโรงงานตัวแทนจะมีลักษณะเช่นเดียวกับการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ตัวแทน กล่าวคือ กำลังการผลิตรวมและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานตัวแทนต้องมีสัดส่วนไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั้งหมด รวมถึงกำลังการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรายสาขาการผลิตของโรงงานตัวแทนต้องมีสัดส่วนไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในแต่ละรายสาขาการผลิตเช่นกัน ดังตารางที่ 3-6 โดยมีรายชื่อโรงงานตัวแทนของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจำแนกตามรายสาขาการผลิตดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-6 สัดส่วนกำลังการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานตัวแทน

กลุ่มผลิตภัณฑ์	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด	ผลิตภัณฑ์ตัวแทนทั้งหมด	ผลิตภัณฑ์ตัวแทนของโรงงานตัวแทน			
	กำลังการผลิต					
	ปริมาณ (KTON)	ปริมาณ (KTON)	สัดส่วน (%)	ปริมาณ (KTON)	สัดส่วน (%)	
	ผลิตภัณฑ์ขั้นต้น	7,892	6,688	85	6,688	85
	ผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง	4,223	3,040	72	3,040	72
ผลิตภัณฑ์ขั้นปลาย	5,281	4,603	87	4,372	83	
	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก					
	ปริมาณ (kt CO ₂ eq.)	ปริมาณ (kt CO ₂ eq.)	สัดส่วน (%)	ปริมาณ (kt CO ₂ eq.)	สัดส่วน (%)	
	ผลิตภัณฑ์ขั้นต้น	11,017	9,054	82	9,054	82
	ผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง	2,652	1,995	75	1,995	75
ผลิตภัณฑ์ขั้นปลาย	2,024	1,360	67	1,325	65	

ตารางที่ 3-7 รายชื่อโรงงานตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

ลำดับ	โรงงานปิโตรเคมี	ผลิตภัณฑ์
1.	บริษัท ปตท. เคมีคอล จำกัด (มหาชน) สาขาไอ 1	ETH, PPL, MC4, HDPE
2.	บริษัท ปตท. เคมีคอล จำกัด (มหาชน) สาขาไอ 4	ETH, PPL, MC4
3.	บริษัท ระยองโอเลฟินส์ จำกัด	ETH, PPL, MC4, BZ, TOL
4.	บริษัท มาบตาพุดโอเลฟินส์ จำกัด	ETH, PPL
5.	บริษัท ไทยพาราไซลีน จำกัด	PX, BZ, TOL
6.	บริษัท ปตท. อะโรเมติกส์และการกลั่น จำกัด (มหาชน)	PX, BZ, TOL
7.	บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)	ETH, PPL, MC4, BZ, TOL, SM, HDPE, PP, PS
8.	บริษัท วินไทย จำกัด (มหาชน)	VCM, PVC
9.	บริษัท ไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด (มหาชน)	VCM, PVC
10.	บริษัท สยามมิทซูบิ ฟิทีเอ จำกัด	PTA
11.	บริษัท ทีพีที ปิโตรเคมีคอล จำกัด (มหาชน)	PTA
12.	บริษัท อินโดรามา ปิโตรเคมี จำกัด	PTA
13.	บริษัท สยามสไตรีนโมโนเมอร์ จำกัด	SM
14.	บริษัท เอเพ็คปิโตรเคมีคอล จำกัด	PVC
15.	บริษัท ทีพีซี เพสต์ เรซิน จำกัด	PVC
16.	บริษัท ไทยโพลิโพรไพลีน จำกัด	PP
17.	บริษัท เอชเอ็มซี จำกัด	PP
18.	บริษัท บางกอกโพลีเอททีลีน จำกัด (มหาชน)	HDPE
19.	บริษัท ไทยโพลิเอททีลีน จำกัด	HDPE, LDPE, LLDPE
20.	บริษัท สยามโพลิเอททีลีน จำกัด	LLDPE
21.	บริษัท ไทย เพ็ท เรซิน จำกัด	PET
22.	บริษัท อินโดรามา โพลีเอสเตอร์ จำกัด	PET
23.	บริษัท สยามโพลีสไตรีน จำกัด	PS
24.	บริษัท ไทยสไตรีนคัล จำกัด	PS

3.3 การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

ปกติในอุตสาหกรรมมีการบริโภคพลังงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การใช้พลังงานเพื่อการผลิต และการใช้พลังงานเพื่อการบริหารจัดการ ซึ่งพลังงานในส่วนที่สองมักไม่สัมพันธ์กับกิจกรรมการผลิตโดยตรง การวิเคราะห์จะพิจารณาเฉพาะพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตเท่านั้น ซึ่งจะแปรผันตามปริมาณการผลิต โครงสร้างการผลิต และความเข้มพลังงาน

การประเมินประสิทธิภาพพลังงานจำเป็นต้องทราบข้อมูล 2 ส่วน คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้ไป และ ผลผลิตที่เกิดจากการใช้พลังงาน ในการวิเคราะห์จะจำแนกประเภทของการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตออกเป็น 2 ส่วน เช่นเดียวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ การใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตทางตรง และการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทางอ้อม โดยการพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานในรูปของพลังงานไฟฟ้า และพลังงานไอน้ำ ดังสมการที่ 3-1

$$EC = EC_{Direct} + EC_{Indirect}$$

สมการที่ 3-1

โดยที่	EC	คือ	ปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต (MJ)
	EC_{Direct}	คือ	ปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทางตรง (MJ)
	$EC_{Indirect}$	คือ	ปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทางอ้อม (MJ)

จากสมการที่ 3-1 ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดในกระบวนการผลิตเป็นผลรวมของพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตทุกภาคส่วน โดยที่พลังงานในกระบวนการผลิตทางตรงพิจารณาจากปริมาณการเผาไหม้เชื้อเพลิงในระบบเพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานที่เพียงพอกับความต้องการในระบบ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3-2 และพลังงานในกระบวนการผลิตทางอ้อมพิจารณาการปริมาณความต้องการใช้พลังงานในระบบในรูปพลังงานไฟฟ้า และพลังงานไอน้ำ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3-3

$$EC_{Direct} = \sum (FA \times NCV)$$

สมการที่ 3-2

โดยที่	EC_{Direct}	คือ	ปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทางตรง (MJ)
	FA	คือ	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดในกระบวนการผลิต (unit)
	NCV	คือ	ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด (MJ/unit) ดังตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 ตัวอย่างค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิง (DEDE, 2548)

TYPE	UNIT	Net Calorific Value	
		MJ/UNIT	MBTU/UNIT
Natural Gas (Dry)	scf.	1.02	0.97
Natural Gas (Wet)	scf.	1.04	0.98
LPG	l	26.62	25.24
Diesel	l	36.42	34.52
Gasoline	l	31.48	29.84
Fuel Oil	l	39.77	37.70
Coal Import	kg	26.37	25.00
Ethane	kg	46.89	44.45
Propane	kg	47.11	44.67
Biogas	m ³	20.93	19.84

$$EC_{\text{Indirect}} = \sum (EA \times NCV)$$

สมการที่ 3-3

โดยที่ EC_{Direct} คือ ปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทางอ้อม (MJ)
 EA คือ ปริมาณการใช้พลังงานรูปต่างๆ ในกระบวนการผลิต (unit)
 NCV คือ ค่าความร้อนสุทธิของพลังงานรูปต่างๆ ซึ่งเป็นค่าเฉพาะขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของพลังงาน (MJ/unit)

ในการกำหนดเป้าหมายสำหรับการพัฒนาประสิทธิภาพ การใช้ความเข้มของพลังงาน (Energy Intensity, EI) ซึ่งหมายถึง ปริมาณความต้องการใช้พลังงานเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิต 1 หน่วย ถือเป็นที่ยอมรับใช้ทั้งในระดับโรงงาน อุตสาหกรรม และกลุ่มอุตสาหกรรม ทั้งนี้เพราะการใช้ปริมาณผลผลิตเป็นตัวเปรียบเทียบจะให้ภาพที่ชัดเจนในเชิงวิศวกรรมว่า กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มีความต้องการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่

การแปลงผลประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตจะพิจารณาในรูปของความเข้มพลังงาน โดยการนำผลลัพธ์จากการศึกษาปริมาณความต้องการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อสรุป และพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความเข้มพลังงานร่วมด้วย ดังแสดงวิธีการคำนวณสมการที่ 3-4

$$EI = EC / P$$

สมการที่ 3-4

โดยที่ EI	คือ	ความเข้มพลังงาน (MJ/t)
EC	คือ	ปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต (MJ)
P	คือ	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ (t)

การวิเคราะห์ความเข้มพลังงานจะช่วยให้ทราบถึงอิทธิพลและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความต้องการใช้พลังงานในระบบ โดยสามารถแปลผลได้เป็น 2 ลำดับชั้น คือ ความเข้มพลังงานในผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีแต่ละชนิด และความเข้มพลังงานในรายสาขาจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี อันจะทำให้เข้าใจฝั่งการใช้ของพลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมียิ่งขึ้น และยังสามารถนำไปประเมินปริมาณความต้องการใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้ด้วย นอกจากนี้ยังนำไปใช้ในการคาดการณ์ปริมาณความต้องการพลังงานจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในอนาคตได้ด้วย

3.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต

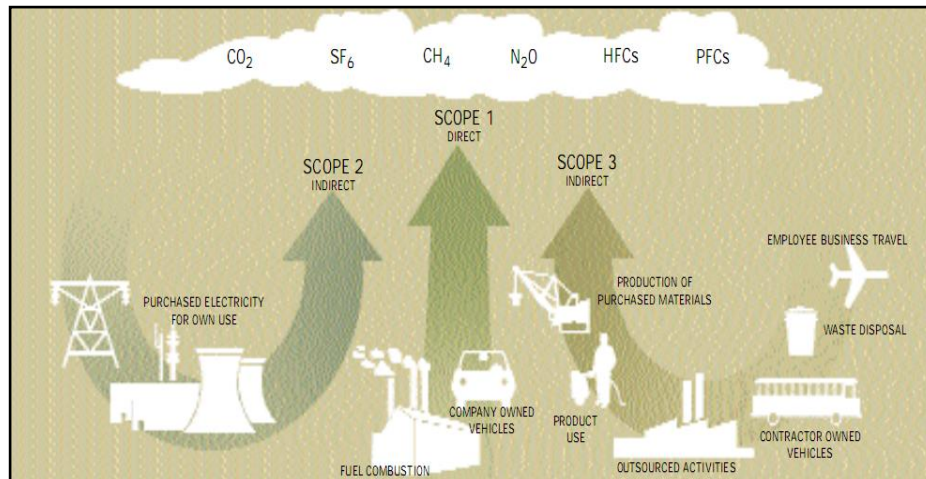
ขั้นตอนการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยอ้างอิงตามหลักการประเมินวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment, LCA) ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา การจัดทำบัญชีรายการ การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการแปลผล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตตามวิธีการที่ระบุในคู่มือการจัดทำบัญชีรายการของ IPCC สามารถจำแนกตามแหล่งกำเนิดได้เป็น 2 ส่วน คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ซึ่งพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตโดยตรง เช่น กระบวนการเผาไหม้ (Combustion) กระบวนการเผาทิ้ง (Flare) และกระบวนการปล่อยทิ้ง (Process vent) เป็นต้น และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม โดยพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานไอน้ำ เป็นต้น ดังรูปที่ 3-2

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เป็นการประเมินแบบ Gate to Gate ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เท่านั้น โดยเป็นการศึกษาปัจจัยที่สามารถ

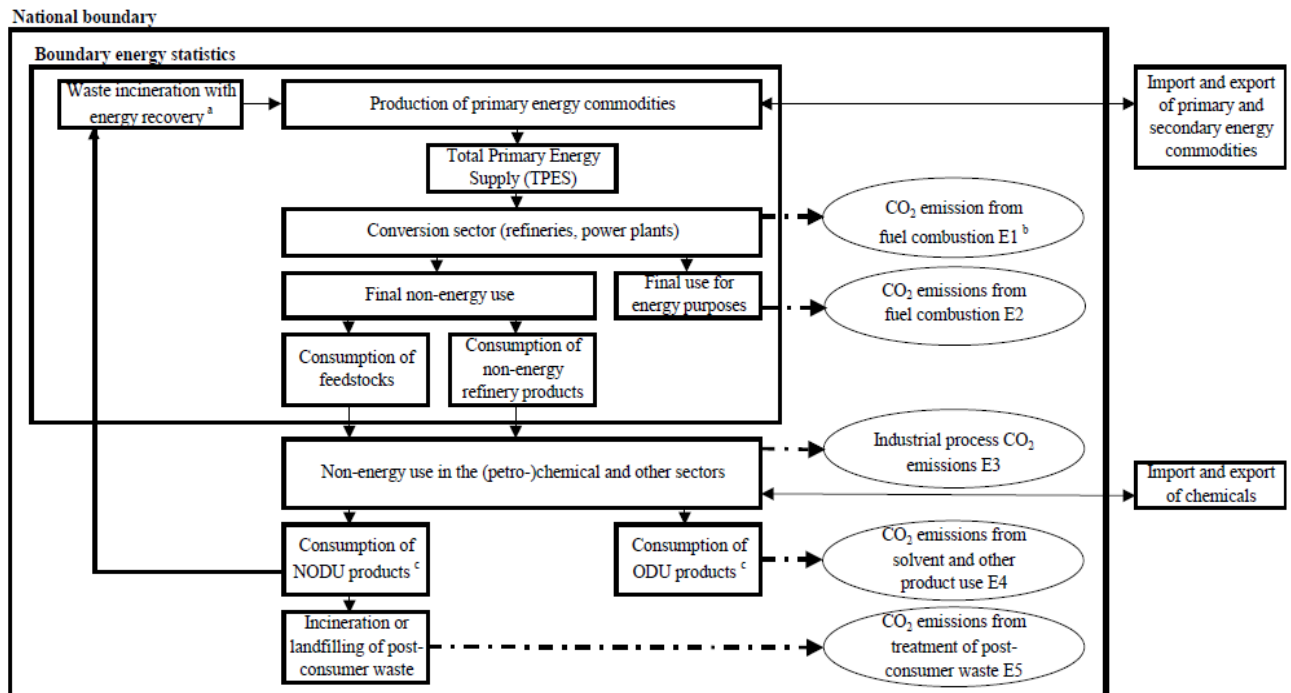
ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกระหว่างกระบวนการผลิตได้ เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ และการรั่วไหลระบายก๊าซเรือนกระจกออกจากระบบ เป็นต้น จะไม่คำนึงถึงการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (ไม่คำนวณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากวัตถุดิบที่ใช้) หรือการใช้พลังงานเพื่อจุดประสงค์อื่นในโรงงาน เช่น ใช้ในสำนักงาน หรือใช้ในกระบวนการอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ตัวแทน เป็นต้น



รูปที่ 3-2 ขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามแหล่งกำเนิด (WRI and WBCSD, 2003)

(2) การจัดทำบัญชีรายการ

การจัดทำบัญชีรายการเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม โดยการเก็บข้อมูลจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สารขาเข้าระบบ (Input) และสารขาออกจากระบบ (Output) ของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการผลิต ซึ่งข้อมูลของสารขาเข้าระบบ ได้แก่ ข้อมูลด้านการใช้วัตถุดิบ ทรัพยากรพลังงาน ส่วนข้อมูลสารขาออกจากระบบ ได้แก่ ของเสียที่ปล่อยออกมา และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากระบบนั้น การเก็บข้อมูลควรอยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและควรประกอบด้วยรายละเอียดของกระบวนการผลิต ผังการไหลของกระบวนการ และลักษณะของข้อมูล ดังรูปที่ 3-3



^a In line with the international energy balance (IEA, 2000), it is assumed that the waste used for energy recovery is in the energy balance reported as a produced energy commodity. The energy recovery (to e.g. electricity) is subsequently covered in the conversion section and the CO₂ emissions are part of the emissions from fuel combustion (E1).

^b Including emissions from waste incineration with energy recovery.

^c ODU = oxidized during use, NODU = not oxidized during use.

รูปที่ 3-3 ผังการไหลของพลังงานและการปล่อยก๊าซ CO₂ (Neelis, M.L., 2005)

การจัดทำสมดุลมวลสารในขั้นตอนการผลิตย่อยจะทำให้ทราบแหล่งกำเนิดของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตอย่างชัดเจน และสามารถนำข้อมูลมวลสารขาเข้าของขั้นตอนที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตมาทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ

(3) การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน ลักษณะของแหล่งกำเนิด ความแม่นยำที่ต้องการ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น การใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Emission Factors, EF) เป็นการประมาณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกวิธีหนึ่งซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยทั่วไปตัวคูณจะอยู่ในรูปของปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยการทำงาน องค์ประกอบ

สำคัญในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ข้อมูลกิจกรรม ซึ่งรวมถึงปริมาณการผลิต ปริมาณการนำเข้าและส่งออกผลิตภัณฑ์ และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ CO₂ CH₄ และ N₂O การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะอ้างอิงตามสมการของ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามแหล่งที่มาของพลังงาน ดังนั้น ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าจึงเป็นผลรวมของก๊าซเรือนกระจกทั้ง 3 ชนิดที่ปล่อยออกจากกระบวนการผลิตทั้งการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกทางตรงและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมดังสมการที่ 3-5 และสมการที่ 3-6 ดังนี้

$$E_{GHG} = \sum (E_{Gas} \times GWP) \quad \text{สมการที่ 3-5}$$

โดยที่ E_{GHG} คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kt CO₂ eq.)

E_{Gas} คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดจากกระบวนการผลิต (kt GHG)

GWP คือ ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด (t CO₂ / t GHG) ดังตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9 ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (IPCC, 2007)

Gas	Formula	Relative GWP (100 years)
Carbon dioxide	CO ₂	1
Methane	CH ₄	25
Nitrous oxide	N ₂ O	298

$$E_{Gas} = E_{Direct} + E_{Indirect} \quad \text{สมการที่ 3-6}$$

โดยที่ E_{Gas} คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต (kt GHG)

E_{Direct} คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตทางตรง (kt GHG)

$E_{Indirect}$ คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตทางอ้อม (kt GHG)

➤ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง

การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตทางตรงประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก คือ กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง (Combustion) กระบวนการปล่อยทิ้ง (Process Vent) และกระบวนการเผาทิ้ง (Flare) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-7 ดังนี้

$$E_{\text{Direct}} = E_{\text{Combustion}} + E_{\text{Process Vent}} + E_{\text{Flare}} \quad \text{สมการที่ 3-7}$$

โดยที่ E_{Direct}	คือ	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตทางตรง (kt GHG)
$E_{\text{Combustion}}$	คือ	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต (kt GHG)
$E_{\text{Process Vent}}$	คือ	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปล่อยทิ้งระหว่างกระบวนการผลิต (kt GHG)
E_{Flare}	คือ	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทิ้งระหว่างกระบวนการผลิต (kt GHG)

จากสมการที่ 3-7 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตทางตรงเป็นผลรวมของปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง กับกระบวนการปล่อยทิ้งและกระบวนการเผาทิ้ง โดยที่ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง และกระบวนการเผาทิ้งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-8 และสมการที่ 3-9 ตามลำดับ ส่วนปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการปล่อยทิ้งจะได้รับการตรวจวัดโดยตรง

$$E_{\text{Combustion}} = \sum (FA \times NCV \times EF) \quad \text{สมการที่ 3-8}$$

โดยที่ $E_{\text{Combustion}}$	คือ	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต (kt GHG)
FA	คือ	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดในกระบวนการผลิต (unit)
NCV	คือ	ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด (MJ/unit) ดังตารางที่ 3-9
EF	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด (kg GHG/TJ) ดังตารางที่ 3-10

$$E_{\text{Flare}} = \sum (FG \times NCV \times EF)$$

สมการที่ 3-9

โดยที่ E_{Flare} คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาทิ้งระหว่างกระบวนการผลิต (kt GHG)

FG คือ ปริมาณก๊าซที่เผาทิ้งระหว่างกระบวนการผลิต (unit)

NCV คือ ค่าความร้อนสุทธิของก๊าซ (MJ/unit) ดังตารางที่ 3-9

EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของก๊าซ (kg GHG/TJ) ดังตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 ตัวอย่างค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิง (IPCC, 2006)

TYPE	Default Emission Factor (kg _{GHG} /TJ)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Natural Gas	56100	1	0.1
Natural Gas Liquids	64200	3	0.6
LPG	63100	1	0.1
Diesel	74100	3	0.6
Gasoline	69300	3	0.6
Fuel Oil	77400	3	0.6
Coking Coal	94600	10	1.5
Ethane	61600	1	0.1
Naphtha	73300	3	0.6
Biogas	54600	1	0.1

➤ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม

การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตทางอ้อมเป็นการพิจารณาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานไอน้ำ เป็นต้น ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-6 ดังนี้

$$E_{\text{Indirect}} = \sum (EC \times EF)$$

สมการที่ 3-6

โดยที่	E_{Indirect}	คือ	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตทางอ้อม (kt GHG)
	EC	คือ	ปริมาณการใช้พลังงานแต่ละชนิด ซึ่งเป็นค่าเฉพาะขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของพลังงาน (MJ)
	EF	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของพลังงานแต่ละชนิด ซึ่งเป็นค่าเฉพาะขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของพลังงาน (t GHG/GJ)

(4) การแปลผล

การแปลผลเป็นขั้นตอนการนำผลลัพธ์จากการศึกษาการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการจัดทำบัญชีรายการมาทำการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อสรุป ข้อเสนอแนะ และรายงานสรุป การแปลผลการศึกษาจึงต้องมีความสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาเพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่าย และสมบูรณ์ครบถ้วน

ในงานวิจัยนี้ นอกจากจะแสดงผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในรูปของตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันผลิตภัณฑ์ (t CO₂ eq.) แล้ว ยังมีการแปลผลในรูปความเข้มข้นคาร์บอน (Carbon Intensity, CI) ซึ่งหมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิต 1 หน่วย เพื่อนำไปใช้เป็นดัชนีชี้วัดการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีต่อไป ดังแสดงวิธีการคำนวณในสมการที่ 3-7

$$CI = E_{\text{GHG}} / P$$

สมการที่ 3-7

โดยที่	CI	คือ	ความเข้มข้นคาร์บอน หรือความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (t CO ₂ eq./t)
	E_{GHG}	คือ	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (t CO ₂ eq.)
	P	คือ	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ (t)

ความเข้มข้นคาร์บอนสามารถแปลผลได้เป็น 2 ลำดับชั้น คือ ความเข้มข้นคาร์บอนในผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีแต่ละชนิด และความเข้มข้นคาร์บอนในรายสาขากลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี อันจะทำให้เข้าใจผังการไหลของก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมปิโตรเคมียิ่งขึ้น และยังสามารถนำไปประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้ด้วย นอกจากนี้ยังนำไปใช้ในการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่อาจปล่อยออกสู่บรรยากาศในอนาคตได้ด้วย

บทที่ 4

การจัดฝึกอบรม การเยี่ยมชมสำรวจโรงงาน และการรับฟังความคิดเห็น

คณะวิจัยได้ดำเนินการจัดประชุมทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ทั้งหน่วยงานราชการ สถาบันการศึกษา รวมทั้งผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เพื่อรับฟังความคิดเห็นในการดำเนินงาน ขอความร่วมมือในการเข้าเยี่ยมชมและสำรวจเอกสาร รายงานข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีผลการดำเนินงานในตารางที่ 4-1 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 4-1 ผลการดำเนินการ

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	หน่วยงาน	กิจกรรม
หน่วยงานราชการและ หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	จัดประชุมเปิดตัวโครงการที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเพื่ออบรมให้ความรู้และขอความร่วมมือจากโรงงานให้เข้าร่วมโครงการ ดังรายละเอียดข้อ 4.1
	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	ข้อมูลการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และรายงานการศึกษา
	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	ข้อมูลรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย	เข้าร่วมประชุมศึกษาข้อมูลของแต่ละโครงการ
	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ	ข้อมูล LCI ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีของประเทศไทย
สถาบันการศึกษา	คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ขอข้อมูลและรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง
	บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ข้อมูลและความร่วมมือด้านการจัดฝึกอบรมการใช้โปรแกรม LEAP MODEL ดังรายละเอียดข้อ 4.2
NGO	กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย	ขอความร่วมมือด้านข้อมูล และการเข้าเยี่ยมชมสำรวจโรงงานปิโตรเคมีที่เป็นสมาชิก ดังรายละเอียดข้อ 4.3
	สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย	ข้อมูล LCI ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีของประเทศไทย

ตารางที่ 4-1 (ต่อ) ผลการดำเนินการ

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	หน่วยงาน	กิจกรรม
โรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	โรงงานอุตสาหกรรมรายสาขาปิโตรเคมี จำนวน 19 โรงงาน	เข้าเยี่ยมชมและสำรวจข้อมูลในโรงงาน ดังรายละเอียดข้อ 4.4 • รายละเอียดกระบวนการผลิต • บพร.1 และ บพร.2 ปี พ.ศ. 2548 – ปัจจุบัน • รายงานการจัดการพลังงาน • รายงานฉลากคาร์บอน • แบบสอบถาม

ทางโครงการวิจัยได้ดำเนินการจัดอบรมสัมมนาอย่างเป็นทางการโดยการเรียนเชิญทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องเข้าร่วมการอบรมสัมมนา ตั้งแต่เริ่มดำเนินโครงการได้มีการจัดอบรมไปแล้วจำนวน 8 ครั้ง คือ

- (1) การอบรมให้ความรู้เรื่อง “แนวทางการปรับตัวต่อนโยบายการลดก๊าซเรือนกระจกที่มีผลต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี” จัดขึ้นในวันอังคารที่ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2553 เวลา 13:00 - 17:30 น. ณ ห้องอัญชลี อาคารสัมมนา สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาตาพุด จังหวัดระยอง
- (2) การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร “การใช้ซอฟต์แวร์ LEAP(The Long-range Energy Alternatives Planning system) สำหรับกำหนดนโยบายด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ” จัดขึ้นในวันอังคารที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 -วันพฤหัสบดีที่ 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 เวลา 8.30 - 17.00 ณ ห้อง M112 ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)
- (3) การประชุมเพื่อแนะนำโครงการและขอความร่วมมือทางด้านข้อมูลและการแนะนำในการเข้าเยี่ยมชมสำรวจโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เมื่อวันที่ 24 กันยายน 2553 เวลา 13.00 – 16.00 น. ห้องประชุมสถาบัน SMI ชั้น 3 โซน D ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร
- (4) การอบรมให้ความรู้ เรื่อง "แนวทางการอนุรักษ์พลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจกต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี" วันอังคาร ที่ 3 พฤษภาคม 2554 ณ ห้อง 2301 ชั้น 3 บริษัท เอ็นพีซี เซฟตี้ แอนด์ เอ็นไวรอนเมนทอล เซอร์วิส จำกัด จังหวัดระยอง

- (5) การประชุมรับฟังความคิดเห็นเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นต้น" วันพุธที่ 15 มิถุนายน 2554 ณ ห้องอัญชลี อาคารสัมมนา สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง
- (6) การประชุมรับฟังความคิดเห็นเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นกลาง" วันศุกร์ที่ 1 กรกฎาคม 2554 ณ ห้องอุทัย อาคารสัมมนา สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง
- (7) การประชุมรับฟังความคิดเห็นเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นปลาย" วันศุกร์ที่ 1 กรกฎาคม 2554 ณ ห้องอุทัย อาคารสัมมนา สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง
- (8) การประชุมรับฟังความคิดเห็นเรื่อง "มาตรการและแนวนโยบายในด้านการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี" วันจันทร์ที่ 25 กรกฎาคม 2554 ณ ห้องอัญชลี อาคารสัมมนา สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

4.1 การอบรมให้ความรู้โครงการการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก

ประเทศไทยถูกจัดอันดับเป็นประเทศที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับ 24 ของโลก จากสถาบันทรัพยากรโลก ในปี พ.ศ. 2548 แม้ว่าประเทศไทยไม่ได้ถูกจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้พิธีสารเกียวโตภายในระยะเวลาที่กำหนด แต่ก็มีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้นเนื่องจากการใช้พลังงานมากขึ้นตามการเติบโตทางเศรษฐกิจดังนั้นประเทศไทยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเตรียมข้อมูล และมีแนวทางที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยไม่กระทบต่อการพัฒนาประเทศและเป็นการเตรียมความพร้อมที่จะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเจรจาต่อรองในวาระที่สองได้อย่างชัดเจนด้วย

ดังนั้น การศึกษารายละเอียดภาพรวมของภาคอุตสาหกรรมปิโตรเคมีถือเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญเนื่องจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีเป็นกลุ่มมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ มีบทบาทในการพัฒนาและยกระดับฐานะทางเศรษฐกิจของประเทศ และจัดอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่เป็นอันดับต้น ๆ ของกลุ่มการผลิตที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากและมีแนวโน้มกำลังขยายตัวสูง เป้าหมายหลักของการศึกษานี้เพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากภาคอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และศึกษาศักยภาพและแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทย เพื่อให้มีข้อมูลสำหรับการวางแผนนโยบายมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ และการสร้างแรงจูงใจให้ภาคอุตสาหกรรมร่วมดำเนินการและสามารถยังคงความสามารถในการแข่งขันในการประกอบกิจการอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในระยะยาว

4.1.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัย คือเพื่อกำหนดระดับความเป็นไปได้ของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาการผลิตปิโตรเคมี โดยมีวัตถุประสงค์ย่อย ดังนี้

- ศึกษาสถานภาพปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และหาตัวชี้วัดที่บ่งบอกสถานภาพการปล่อยก๊าซเรือนที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นดัชนีกำหนดเส้นฐานการปล่อย
- คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสถานการณ์การปล่อยแบบปกติและกำหนดเส้นฐานการปล่อย (Business-as-usual, BAU) ของสาขาการผลิตปิโตรเคมี
- ศึกษาศักยภาพและความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมี และต้นทุนดำเนินการ

4.1.2 กลุ่มเป้าหมาย

การจัดอบรมในแต่ละครั้งมีความประสงค์เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้รับรู้และเข้าใจหลักการและความสำคัญของการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี อันจะนำไปสู่ความร่วมมือในการประสานงานกับโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อขอความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลที่สำคัญต่อการวิเคราะห์หาตัวชี้วัดที่เหมาะสม ในการบ่งชี้ถึงสถานภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี รวมทั้งการขอเข้าเยี่ยมชมเพื่อสำรวจ เก็บรวบรวมข้อมูล และศึกษาการใช้พลังงานในโรงงาน จะทำให้ทราบถึงศักยภาพในการพัฒนาและให้คำปรึกษาแนะนำภาคอุตสาหกรรมในการอนุรักษ์พลังงานและการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้การจัดอบรมยังมีความประสงค์ให้บุคลากรจากภาคอุตสาหกรรมและ/หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้าร่วม เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปทั้งนี้ คณะทำงานได้ตั้งเป้าหมายผู้เข้าร่วมอบรมเป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 30 คน

4.1.3 ระยะเวลา/สถานที่อบรม

วันอังคารที่ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2553 เวลา 13:00 - 17:30 น. ณ ห้องอัญชลี อาคารสัมมนา สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาตาพุด จังหวัดระยอง

4.1.4 กำหนดการอบรม

ที่มาและความสำคัญของโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการ วิธีการดำเนินงาน ความคาดหวังจากโรงงานที่เข้าร่วมโครงการ ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อการดำเนินงานเสร็จสิ้นที่เป็นรูปธรรมก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกลไกแก้ไขปัญหาโลกร้อนแบบรายสาขาการผลิตการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี กำหนดการอบรมให้ความรู้ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 กำหนดการอบรมโครงการการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก

การอบรมเรื่อง "แนวทางการปรับตัวต่อนโยบายการลดก๊าซเรือนกระจกที่มีผลต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี" ณ ห้องอัญชลี อาคารสัมมนา สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จ.ระยอง วันอังคาร ที่ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2553		
เวลา	รายการ	วิทยากร
13.00–13.30	ลงทะเบียน	
13.30 –13.45	พิธีเปิดการอบรม	นายบุญเอื้อม น้อยเอม หัวหน้าคณะทำงานด้านสิ่งแวดล้อม และสุขภาพกลุ่มปิโตรเคมี สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
13.45 – 14.00	รายละเอียดโครงการการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก	รศ.ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
14:00 – 14:30	ก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	อ.ดร.ชนาธิป ผาริโน ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
14.30 – 14.45	พักรับประทานอาหารว่าง	
14.45 –15.15	กลไกแก้ไขปัญหาโลกร้อนแบบรายสาขาการผลิต	ดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
15.15 – 16.30	การอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	ดร.อุริช อัครโชคสิต สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
16.30 – 17.00	การรับฟังความคิดเห็น	

4.1.5 ผลการดำเนินการจัดอบรม

(1) จำนวนกลุ่มเป้าหมายที่เข้าอบรม

ผู้เข้าร่วมการอบรมมีทั้งสิ้น 53 คน จาก 19 หน่วยงาน ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรมเรื่อง "แนวทางการปรับตัวต่อนโยบายการลดก๊าซเรือนกระจกที่มีผลต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี"

ลำดับ	หน่วยงาน	ชื่อ – สกุล	ตำแหน่ง
1	บริษัทมาบตาพุดโอเลฟินส์ จำกัด	นางสุภาวดี ฤกษ์วัฒนา	วิศวกร
		นางสาววรรณพริดา เทียงตรง	วิศวกร
		นายชาติรี สาททรัพย์	วิศวกร
2	บริษัทเอ็ชเอ็มซีโพลีเมอส์ จำกัด	คุณบุษราภรณ์ ทรัพย์ห่วง	วิศวกร
		นางสาวนิศารัตน์ ชนะपालพันธุ์	วิศวกร
3	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)	นายชิษณุชา โทณะวณิก	วิศวกร
		นางทรายทอง สุนทรวาณิชย์	วิศวกร
		นายพรทิว เทพพิชัย	วิศวกร
		นางชุตติมนต์ ภิรมยาภรณ์	วิศวกร
4	บริษัทกลุ่ม ปตท. เคมีคอล จำกัด (มหาชน)	นางสาวพิมพ์ประภา การุณมรรคผล	วิศวกร
		นางสาวอภิญญา สิ้นสัตยกุล	วิศวกร
		นายวิรัช รัตมี	วิศวกร
		คุณวรรณธนา วุฒิรัตน์	วิศวกร
		นางสาวปิยนดา สุภนาม	วิศวกร
		นางสาววรรณส โพธิ์ทอง	วิศวกร
		นายยุทธภูมิศักดิ์ บุญธิมา	วิศวกร
		นางสาวนุชนาฏ ลิ้มบุพศิริพร	วิศวกร
5	บริษัทไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด (มหาชน)	นางพัชวีณ์ กุลตั้งวัฒนา	ผู้จัดการสิ่งแวดล้อม
		นางสาวจุฑารัตน์ วอนดี	วิศวกร
6	บริษัทเอ็นพีซี เซฟตี้ แอนด์ เอ็นไวรอนเม้นทอล เซอร์วิส จำกัด	ดร. จิราวรรณ จำปานิล	วิศวกร
		นางสาวกาญจนา โชติโอภาส	วิศวกร
		นางสาวนันทิยา ลามสาริต	วิศวกร
		นายภัทรพงศ์ หนูแก้ว	วิศวกร
7	บริษัทสยาม มิตรชัย พีทีเอ จำกัด	นายบุญเอื้อม น้อยเอม	ผู้จัดการโรงงาน
		นางสาวจารุวัส กิตยานันท์	วิศวกร
8	บริษัทพีทีที ฟีนอล จำกัด	นายปฏิพัทธ์ สุปัทโสภณ	วิศวกร
		นายกิตติชัย บุญเต็ม	วิศวกร
		นายกฤษดา โฉมเฉลา	วิศวกร

ตารางที่ 4-3 (ต่อ) รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรมเรื่อง "แนวทางการปรับตัวต่อนโยบายการลดก๊าซเรือนกระจกที่มีผลต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี"

ลำดับ	หน่วยงาน	ชื่อ – สกุล	ตำแหน่ง
9	บริษัท กรุงเทพ ซินติติกส์ จำกัด	นายวิโรจน์ เลิศสลัก	วิศวกร
		นางสาวขวัญตา วานิชโช	วิศวกร
		นางจันทร์สุรีย์ ชาติอาษา	วิศวกร
		นางจิราพร พงศ์ศิริสาทร	วิศวกร
		คุณวิวรรณ ขจรเกียรติคุณ	วิศวกร
10	บริษัทสตาร์ ปิโตรเลียม รีไฟน์นิ่ง จำกัด	นางสาวเบญจมาศ ภูผาคูณ	วิศวกร
11	บมจ.ไออาร์พีซี	นายจักรกฤษณ์ สุขทวี	วิศวกร
		นายณัฐกิจ พุทธธานนท์	วิศวกร
		ดร.อรพินท์ เกตุรัตน์กุล	วิศวกร
		นางรัตนา เมฆหมอก	วิศวกร
		นายทวีศักดิ์ เดชะโกศยะ	วิศวกร
		คุณกริณี ลีภากรณ์	วิศวกร
		นายกิตติพงศ์ ศุภกรรัตน์	วิศวกร
12	บริษัทไทยโพลีเอททีลีน จำกัด	นายณัฐพล แสนสวาท	วิศวกร
		คุณสุชาดา อีสริยอำไพ	วิศวกร
		คุณอานุภาพ เครื่ององอาจนุกูล	วิศวกร
13	Mechanical ENG	คุณชัยวัฒน์ พุทธนันท์เดช	วิศวกร
14	บริษัทวินไทย จำกัด	นายบัญญัติ สุขเจริญ	ผู้จัดการโรงงาน
		คุณกานต์ชนก สุขเจริญ	วิศวกร
15	SCG	คุณปานทรา สุธีระวงศา	วิศวกร
		คุณแก้วหทัย ไสดี	วิศวกร
16	บริษัทระยองโอเลฟินส์ จำกัด	นายณัฐพล จิตพุทธิ	วิศวกร
17	SCG-DOW Group	นายณักรบ เทพบรรดาล	วิศวกร
18	บริษัทพีทีที พีอี จำกัด	นายภาคภูมิ อมรัตน์พงศ์	วิศวกร
19	UBE chemicals	คุณพิริย ธรรมชิตติพันธ์	วิศวกร

(2) การประเมินผลการจัดการอบรม

มีผู้ประกอบการตอบรับการเข้าเยี่ยมชมโรงงานและเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 19 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 176 จากเป้าหมายจำนวนผู้เข้าร่วมอบรมที่ตั้งไว้ ดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 ภาพบรรยากาศในการอบรมให้ความรู้โครงการการศึกษาต้นน้ำชีวิตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก

4.2 การอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร การใช้ซอฟต์แวร์ LEAP (The Long-range Energy Alternatives Planning system) สำหรับกำหนดนโยบายด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ

ปัจจุบัน การคำนวณและคาดการณ์แนวโน้มปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจากการจำลองทางเลือกของการดำเนินกิจกรรมแบบต่างๆ ในแต่ละภาคส่วนสามารถทำได้ง่ายขึ้นโดยอาศัยเครื่องมือหรือโปรแกรมช่วยในการคำนวณที่มีหลากหลาย ทำให้สามารถเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นระหว่างทางเลือกแบบต่างๆ ได้รวดเร็วและนำไปสู่ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกำหนดแนวทางของกิจกรรมเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก “ LEAP (The Long-range Energy Alternatives Planning system) ” เป็นซอฟต์แวร์นี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยสถาบัน Stockholm Environment institute ใช้สำหรับการสร้างโมเดลของระบบการใช้พลังงานที่แตกต่างกันตามสมมุติฐานของผู้ใช้งานได้ รวมถึงสามารถใช้วิเคราะห์ทางเลือกของการดำเนินกิจกรรมการลดก๊าซเรือนกระจกแบบต่างๆ เพื่อใช้กำหนดนโยบายด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล ซอฟต์แวร์นี้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในองค์กรต่างๆ มากกว่า 150 ประเทศทั่วโลก มีผู้ใช้งานทั้งหน่วยงานภาครัฐบาล ภาคการศึกษา และภาคเอกชน นอกจากนี้ซอฟต์แวร์นี้ยังได้รวบรวมฐานข้อมูลด้านเทคโนโลยีและด้านสิ่งแวดล้อมของการใช้พลังงานประเภทต่างๆ ซึ่งจะให้ข้อมูลทั้งในเชิงเทคนิค ราคาและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละเทคโนโลยีพลังงาน โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกรวบรวมอย่างเป็นระบบและง่ายต่อการสืบค้น นอกจากนี้ซอฟต์แวร์ได้ถูกพัฒนาให้มีเทคนิคในการสร้างแบบจำลองพลังงานที่ยืดหยุ่นและมีระเบียบวิธีการคำนวณอย่างเป็นระบบสามารถเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกหรือปริมาณด้านสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ของแต่ละกิจกรรมหรือนโยบายได้อย่างสะดวกรวดเร็ว ผลลัพธ์ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกหรือค่าด้านสิ่งแวดล้อมอื่นๆ สามารถแสดงออกมาในรูปกราฟฟิค (Selection chart) ที่เข้าใจได้ง่าย

โครงการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก จึงได้จัดโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร “การใช้ซอฟต์แวร์ LEAP(The Long-range Energy Alternatives Planning system) สำหรับกำหนดนโยบายด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ” เพื่อให้ภาครัฐและภาคเอกชนสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณและการคาดการณ์แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแผนการดำเนินงานด้านพลังงานต่างๆ ขององค์กร อันเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการวางแผนเพื่อเตรียมความพร้อมในการปรับตัวต่อแรงกดดันจากข้อตกลง

ในเรื่องการจำกัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งในระดับประเทศและในระดับอุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้คณะทำงานได้รับผู้เข้าร่วมการอบรมจำนวน 25 คน เท่านั้น

4.2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อให้คณะวิจัยและผู้ประกอบการอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีความรู้ ความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับหลักการประเมินการลดก๊าซเรือนกระจก โดยใช้ซอฟต์แวร์ LEAP (The Long-range Energy Alternatives Planning system)

4.2.2 กลุ่มเป้าหมาย

- คณะวิจัย
- ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
- หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

4.2.3 ระยะเวลา/สถานที่อบรม

ระหว่างวันอังคารที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 - วันพฤหัสบดีที่ 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 เวลา 8.30 - 17.00 ณ ห้อง M112 ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)

วิทยากร ดร.ณัฐพงษ์ ชัยวิทย์ The Joint Graduate School of Energy and Environment (JGSEE)

4.2.4 กำหนดการอบรม

กำหนดการอบรมให้ความรู้ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 กำหนดการอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร การใช้ซอฟต์แวร์ LEAP (The Long-range Energy Alternatives Planning system) สำหรับกำหนดนโยบายด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ

หัวข้อบรรยาย	
วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554	
8.30-9.00	Register
9.00 – 12.00	• Overview of LEAP (Taxonomy of energy models; What LEAP is, how it is constructed, what it does; why LEAP is appropriate for the Energy Policy Research Project) • Role of LEAP in energy policy and planning Discussion of how LEAP can be used as an energy accounting tool to review and compare energy demand and supply options, as well as environmental and employment and social impacts.
12.00-13.00	Lunch
13.00 – 17.00	Training Exercises: Energy Demand in Household & Commercial Sector Hands-on training exercises with data on energy demand scenarios to build understanding and skills for the participant. Costing & environmental effects?
วันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554	
8.30-9.00	Register
9.00 – 12.00	Training Exercises: Energy Demand in Industry Sector. Hands-on training exercises with data on energy demand scenarios to build understanding and skills for the participant. Costing & environmental effects?
12.00-13.00	Lunch
13.00 – 17.00	Training Exercises: Transformation, Costing, and Environmental Effects. Hands-on training exercises to build understanding and skills for the participants in Electricity Generation.
วันที่ 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554	
8.30-9.00	Register
9.00 – 12.00	Training Exercises: Transformation, Costing, and Environmental Effects. Hands-on training exercises to build understanding and skills for the participants in Electricity Generation (Cont')
12.00-13.00	Lunch
13.00 – 17.00	Case study: PDP 2010 Course Wrap-Up (workshop evaluation and discussion; plan of next steps for energy scenario development and application of energy scenarios and modeling)

4.2.5 ผลการดำเนินการจัดอบรม

(1) จำนวนกลุ่มเป้าหมายที่เข้าอบรม

การจัดอบรมครั้งนี้มีความประสงค์ให้บุคลากรจากภาคอุตสาหกรรมและ/หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้าร่วม เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปทั้งนี้ คณะทำงานได้ตั้งเป้าหมายผู้เข้าร่วมอบรมเป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 25 คน

ผู้เข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการมีทั้งสิ้น 31 คน จาก 16 หน่วยงาน ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรม LEAP

ลำดับ	หน่วยงาน	ชื่อ – สกุล
1	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	รศ.ดร. อรทัย ขวาลภาฤทธิ์
		อ.ดร.ชนาธิป ผาริโน
		นางสาวนันท์มล ลิ้มพิทักษ์พงศ์
		นางสาวนราภรณ์ จุฬพรรค์
		นายภาณุวัฒน์ อู่สาร์ทเพียร
		นายชาญณรงค์ ศรีสุวรรณวุฒิ
		นางสาวภัทรวรรณ อวารณ์
		นางสาวขวัญฤดี อิมอาตุร
2	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สวทช.	ดร. เปรมฤดี กาญจนปิยะ
		นางสาวจันทิมา อุทะกะ
		นางสาวกมลลาพร พุ่มประดับ
3	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ	นางสาวราภรณ์ ภิญโญ
4	มหาวิทยาลัยมหิดล	ผศ.ดร.โสภา ชินเวชกิจวานิชย์
		นางสาววิริดา พัฒนอิสานกุล
		นางสาวหทัยชนก ใจก้าวหน้า
		นางสาวอาภาพร รุจิเรษฐ
5	บริษัท ไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด (มหาชน)	นางสาวเวพุกา รัตนวราหะ
6	บริษัท ปตท. เคมีคอล จำกัด (มหาชน)	นายวิโรจน์ สัมฤทธิ์เปี่ยม
		นางสาวมุสตี คุ่มรำไพ

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรม LEAP

ลำดับ	หน่วยงาน	ชื่อ – สกุล
7	บริษัท เอ็นพีซี เซฟตี้ แอนด์ เอ็นไวรอนเมนทอล เซอร์วิส จำกัด	นางสาวหฤทัย ไทยธรรม
8	บริษัท เอ็ชเอ็มซี โปล์โมส จำกัด	นางสาวนิศารัตน์ ชนะปาลพันธุ์
		นางสาวบุษราภรณ์ ทรัพย์ห้วง
9	บริษัทสตาร์ ปิโตรเลียม รีไฟน์นิ่ง จำกัด	นางสาวเบญจมาศ ภูผาคุ่น
10	บริษัท ปตท.อะโรเมติกส์และการกลั่น จำกัด (มหาชน)	นางสาวผกาวัลย์ กมลชัยวานิช
11	บริษัท ยางสังเคราะห์ไทย จำกัด	นายเสกสรร เด่นดำรงกุล
12	บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)	นายกิตติพงศ์ ศุภกรรัตน์
13	บริษัท เบียร์ไทย (1991) จำกัด (มหาชน)	นายธนายศ ภารแผ้ว
		นางสาวสุพรรณษา คำทอง
14	บริษัท แสงโสม จำกัด	นายณพวารินทร์ ดวงดี
15	โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี	นางสาวต๋องใจ แยมผกา
16	บริษัท อุเบะ เคมีคอลส์ (เอเชีย) จำกัด มหาชน	นายพลวัตร อัสโม

(2) การประเมินผลการจัดการอบรม

มีผู้ประกอบการตอบรับการเข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการคิดเป็นร้อยละ 124 จากเป้าหมาย
จำนวนผู้เข้าร่วมอบรมที่ตั้งไว้ ดังรูปที่ 4-2



รูปที่ 4-2 ภาพบรรยากาศในการการอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร การใช้ซอฟต์แวร์ LEAP

(The Long-range Energy Alternatives Planning system)

4.3 ความร่วมมือกับกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี สภาอุตสาหกรรม

คณะวิจัยได้เข้าประชุมกับคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม ของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เมื่อวันที่ 24 กันยายน 2553 เวลา 13.00 – 16.00 น. ห้องประชุมสถาบัน SMI ชั้น 3 โซน D ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร เพื่อแนะนำโครงการ และขอความร่วมมือทางด้านข้อมูลและการแนะนำในการเข้าเยี่ยมชมสำรวจโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งทางคณะวิจัยได้นำเสนอ วัตถุประสงค์ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ตัวอย่างโครงการวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและโลกร้อน วัตถุประสงค์ของโครงการการศึกษาต้นน้ำชีวิตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก การลดก๊าซโดยยึดภาคการผลิต (Sectoral Approach, SA) ผลที่คาดว่าจะได้รับหลังจากดำเนินโครงการเสร็จสิ้นซึ่งทางกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีก็ยินดีให้ความร่วมมือกับทางโครงการและแนะนำสมาชิกภายในกลุ่มให้เข้าร่วมให้ข้อมูลและให้เข้าเยี่ยมชมและสำรวจเพื่อหาข้อมูลในการทำวิจัยภายในโรงงาน

ระหว่างการประชุม ผู้เข้าร่วมประชุมได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นต่างๆ พร้อมทั้งซักถามข้อสงสัยกับคณะวิจัย ซึ่งสามารถสรุปได้เป็นประเด็น ดังนี้

- ประโยชน์ต่อผู้ประกอบการจากการเข้าร่วมโครงการ
- แหล่งที่มาของข้อมูลที่น่ามาใช้เป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์
- ขอบเขตการประเมิน Best Practice Technology
- ทิศทาง/นโยบายของภาครัฐเกี่ยวกับมาตรการลดก๊าซเรือนกระจก
- ความจำเป็นของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในการลดก๊าซเรือนกระจก
- ผลประโยชน์ด้าน CDM จากการลดก๊าซเรือนกระจก

4.4 การอบรมให้ความรู้เรื่อง "แนวทางการอนุรักษ์พลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจกต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี"

คณะทำงานให้ความรู้กับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ทางด้านการลดก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีโดยหลักการอนุรักษ์พลังงาน ข้อมูลทางเลือกด้านประสิทธิภาพการผลิตพลังงาน และการประหยัดการใช้พลังงานเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกทั้งจากแหล่งกำเนิดที่ใช้พลังงานและแหล่งกำเนิดที่ไม่ใช้พลังงานของสาขาการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

4.4.1 วัตถุประสงค์

การจัดอบรมในครั้งนี้มีความประสงค์เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้รับรู้และเข้าใจหลักการและความสำคัญของการประหยัดการใช้พลังงานเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกทั้งจากแหล่งกำเนิดที่ใช้พลังงานและแหล่งกำเนิดที่ไม่ใช้พลังงานของสาขาการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี อันจะนำไปสู่ความร่วมมือในการประสานงานเพื่อสำรวจ เก็บรวบรวมข้อมูล และศึกษาการใช้พลังงานใน

โรงงาน จะทำให้ทราบถึงศักยภาพในการพัฒนาและให้คำปรึกษา แนะนำภาคอุตสาหกรรมในการอนุรักษ์พลังงานและการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้อย่างเหมาะสม

4.4.2 กลุ่มเป้าหมาย

- คณะวิจัย
- ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
- หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

การจัดอบรมครั้งนี้มีความประสงค์ให้บุคลากรจากภาคอุตสาหกรรมและ/หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้าร่วม เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปทั้งนี้ คณะทำงานได้ตั้งเป้าหมายผู้เข้าร่วมอบรมเป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 30 คน

4.4.3 ระยะเวลา/สถานที่อบรม

วันอังคาร ที่ 3 พฤษภาคม 2554 ณ ห้อง 2301 ชั้น 3 บริษัท เอ็นพีซี เซฟตี้ แอนด์ เอ็นไวรอนเมนทอล เซอร์วิส จำกัด จังหวัดระยอง

4.4.4 กำหนดการอบรม

กำหนดการอบรมให้ความรู้ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 กำหนดการอบรมให้ความรู้เรื่อง "แนวทางการอนุรักษ์พลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจกต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี"

การอบรม เรื่อง "แนวทางการอนุรักษ์พลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจกต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี" วันอังคาร ที่ 3 พฤษภาคม 2554 ณ ห้อง 2301 ชั้น 3 บริษัท เอ็นพีซี เซฟตี้ แอนด์ เอ็นไวรอนเม้นทอล เซอร์วิส จำกัด จ.ระยอง		
เวลา	รายการ	วิทยากร
08.30 – 9:00 น.	ลงทะเบียน	
09.00 – 9:10 น.	พิธีเปิดการอบรม	นายบุญเอื้อม น้อยเอม หัวหน้าคณะทำงานด้าน สิ่งแวดล้อมและสุขภาพกลุ่ม ปิโตรเคมี สมาอุตสาหกรรม แห่งประเทศไทย
09:10 – 9.30 น.	ความเป็นมา วัตถุประสงค์ เป้าหมาย และการดำเนินการ โครงการการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือน กระจก	ดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุ แห่งชาติ
09.30 – 10:30 น.	การอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	อาจารย์ไพศาล จิรนนตรัตน์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
10.30 – 10:45 น.	พักรับประทานอาหารว่าง	
10.45 – 12.00 น.	Workshop # 1	คณะทำงาน
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน	
13.00 – 14.00 น.	การลดก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีโดยหลักการ อนุรักษ์พลังงาน	คุณ ไพศาล จิรนนตรัตน์
14.00 - 14.15 น.	พักรับประทานอาหารว่าง	
14.15 – 15.15 น.	Workshop # 2	คณะทำงาน
15.15 – 15.30 น.	ปิดการอบรมให้ความรู้	

4.4.5 ผลการดำเนินการจัดอบรม

(1) จำนวนกลุ่มเป้าหมายที่เข้าอบรม

ผู้เข้าร่วมอบรมมีทั้งสิ้น 34 คน จาก 18 หน่วยงาน ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรม เรื่อง "แนวทางการอนุรักษ์พลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจกต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี"

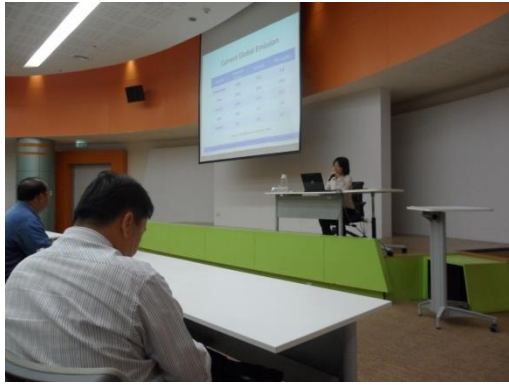
ลำดับ	หน่วยงาน	ชื่อ - สกุล	ตำแหน่ง
1	บริษัท ปตท.อะโร เมติกส์ และการกลั่น จำกัด (มหาชน)	นางสาวผกาวัลย์ กมลชัยวานิช	วิศวกร
2	บริษัทมาบตาพุด โอเลฟินส์ จำกัด (MOC)	คุณสุภาวิณี กฤษณาวินา	วิศวกร
		นายชาติรี ชาวทรัพย์	วิศวกร
		นางสาวนันทิยา อินทรลักษณ์	วิศวกร
		คุณวชิรพันธ์ สมสอน	วิศวกร
3	บริษัท พีทีทีโพลีเมอร์ จำกัด	นายกฤษดา โฉมเฉลา	วิศวกร
		นายคมวิทย์ พิษะกะ	วิศวกร
4	บริษัทไทยโอเลโอเคมี จำกัด	นางสาวชนจิต สุขปาน	วิศวกร
		นางสาวผุสดี เหลื่อมอำ	วิศวกร
5	บริษัททีโอซีไกลคอล จำกัด	นางสาวรัมภา นวล ประภาสวัต	วิศวกร
6	บริษัท ไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด (มหาชน)	นายชาติรี เสนกัลป์	วิศวกร
		คุณโชติกา อารีย์ชน	วิศวกร
7	บริษัทเอชเอ็มซีโพลีเมอร์ จำกัด	คุณบุษราภรณ์ ทรัพย์ห้วง	วิศวกร
		นางสาวนิศารัตน์ ชนะपालพันธ์ุ	วิศวกร
8	บริษัทบีเอสที อีลาสโตเมอร์ส จำกัด	นางสาวสุนิสา สุริยะ	วิศวกร
9	บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)	คุณภริณี ลิ้มภากรณ์	วิศวกร
		นายอลงกรณ์ อายุวัฒน์	วิศวกร
10	บริษัท ปตท.เคมีคอล จำกัด มหาชน	นายกิจชนะ ศรีวิสุทธิ	วิศวกร
		คุณธนานุช รักหฤทัย	วิศวกร
		คุณวรรณธนา วุฒิรัตน์	วิศวกร
		คุณชุตติมนนท์ ภิรมยาภรณ์	วิศวกร
		นายวิโรจน์ สัมฤทธิ์เปี่ยม	วิศวกร

ตารางที่ 4-7 (ต่อ) รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรม เรื่อง "แนวทางการอนุรักษ์พลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจกต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี"

ลำดับ	หน่วยงาน	ชื่อ - สกุล	ตำแหน่ง
11	บริษัท เอเพ็คปิโตรเคมีคอล จำกัด	นายจักรภพ ฤกษ์กิตติ	วิศวกร
		นายรัชพล แวเพ็ชร	วิศวกร
12	บริษัท ไทยโพลีเอททีลีน จำกัด	นายณัฐพล แสนสวาท	วิศวกร
		นายปานัสม์ อังกูรอดินัย	วิศวกร
		นายรุ่งโรจน์ จิระชลรัตน์	วิศวกร
13	บริษัทพีทีที พีอี จำกัด	นายภาคภูมิ อมรรัตนพงศ์	วิศวกร
		นายณัฐพันธ์ อิมโดด	วิศวกร
14	บริษัทอุเบะ เคมีคอลส์ (เอเชีย) จำกัด (มหาชน)	นายพลวัตร อัสโม	วิศวกร
15	บริษัทแกรนด์ สยาม คอมโพลีต จำกัด	สุดารัตน์ อุ่นเจริญ	วิศวกร
16	บริษัทระยองโอเลฟินส์ จำกัด	ศักดิ์ดา อุชนะอำไพวิทย์	วิศวกร
17	บริษัทอินโดรามา โพลีเอสเตอร์	คุณสุพัฒน์ สว่างศรี	วิศวกร
18	สยามมิทซูบิ	นายบุญเอื้อม น้อยเอม	ผู้จัดการโรงงาน

(2) การประเมินผลการจัดการอบรม

มีผู้ประกอบการเข้าร่วมการอบรมคิดเป็นร้อยละ 113 จากเป้าหมายจำนวนผู้เข้าร่วมอบรมที่ตั้งไว้ ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 ภาพบรรยากาศการอบรม เรื่อง "แนวทางการอนุรักษ์พลังงานและการลดก๊าซเรือนกระจกต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี"

4.5 การประชุมรับฟังความคิดเห็นเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นต้น"

4.5.1 วัตถุประสงค์

การจัดประชุมรับฟังความคิดเห็นนี้ มีความประสงค์เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นได้รับรู้และเข้าใจหลักการและความสำคัญของการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี การบ่งชี้ถึงสถานภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีภายในบริษัทของตนเอง ทำให้ทราบถึงศักยภาพในการพัฒนาและความเป็นไปได้ในการลดก๊าซ

เรือนกระจก รวมทั้งรับฟังข้อเสนอแนะจากโรงงานเพื่อใช้ในการจัดทำข้อเสนอแนะเชิงเทคนิคและเชิงนโยบายต่อไป

4.5.2 กลุ่มเป้าหมาย

- คณะวิจัย
- ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
- หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

การจัดอบรมครั้งนี้มีความประสงค์ให้บุคลากรจากภาคอุตสาหกรรมและ/หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้าร่วม เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป ทั้งนี้ คณะทำงานได้ตั้งเป้าหมายผู้เข้าร่วมอบรมเป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 10 คน

4.5.3 ระยะเวลา/สถานที่อบรม

วันพุธที่ 15 มิถุนายน 2554 ณ ห้องอัญชลี อาคารสัมมนา สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

4.5.4 กำหนดการอบรม

กำหนดการอบรมให้ความรู้ดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 กำหนดการการอบรมเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นต้น"

การอบรมเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นต้น"		
วันพุธที่ 15 มิถุนายน 2554		
ณ ห้องอัญชลี อาคารสัมมนา สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง		
เวลา	รายการ	วิทยากร
08.30 – 9:00 น.	ลงทะเบียน	
09.00 – 9:10 น.	พิธีเปิดการอบรม	รศ. ดร.อรรถัย ขวาลภาฤทธิ์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
09:10 – 9.30 น.	ความเป็นมา วัตถุประสงค์ เป้าหมาย และการดำเนินการโครงการการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก	ดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
09.30 – 09:45 น.	พักรับประทานอาหารว่าง	
09.45 – 11.30 น.	สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิต ปิโตรเคมีขั้นต้น	ดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
11.30 – 12.00 น.	ตอบข้อซักถาม	ดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน	

4.5.5 ผลการดำเนินการจัดอบรม

(1) จำนวนกลุ่มเป้าหมายที่เข้าอบรม

ผู้เข้าร่วมอบรมมีทั้งสิ้น 12 คน จาก 5 หน่วยงาน ดังตาราง 4-9

ตารางที่ 4-9 รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรม เรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นต้น"

ลำดับ	หน่วยงาน	ชื่อ – สกุล	ตำแหน่ง
1	บริษัท ปตท.อะโร เมติกส์ และการกลั่น จำกัด (มหาชน)	นางสาวผกาวัลย์ กมลชัยวานิช	วิศวกร
2	บริษัท มาบตาพุด โอลิฟินส์ จำกัด (MOC)	นางสาวนนทียา อินทรลักษณ์	วิศวกร
		คุณวชิรพันธ์ สมสอน	วิศวกร
3	บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)	นายมนตรี พงษ์รัตน์	วิศวกร
		นางสาวบุษวรรณ สุทธธาดา	วิศวกร
		นายวิธาร จินตามัย	วิศวกร
		นายสุรพงษ์ ดั่งประสิทธิ์	วิศวกร
		นายทรงพล พร้อมมูล	วิศวกร
4	บริษัท ปตท.เคมีคอล จำกัด มหาชน	นางสาวกุลทิพย์ สุวรรณทีป	วิศวกร
		คุณชุตติมณฑน์ ภิรมยาภรณ์	วิศวกร
		นายวิโรจน์ สมฤทธิ์เปี่ยม	วิศวกร
5	บริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน)	นางสาวสิตตา มารัตนชัย	วิศวกร

(2) การประเมินผลการจัดการอบรม

มีผู้ประกอบการเข้าร่วมการสัมมนาผลการดำเนินโครงการ และเสนอแนะข้อคิดเห็น คิดเป็นร้อยละ 120 จากเป้าหมายจำนวนผู้เข้าร่วมอบรมที่ตั้งไว้ ดังรูปที่ 4-4



รูปที่ 4-4 ภาพบรรยากาศการอบรมเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นต้น"

4.6 การอบรมเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลาย"

4.6.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลายได้รับรู้และเข้าใจหลักการและความสำคัญของการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี การบ่งชี้ถึงสถานภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีภายในบริษัทของตนเอง ทำให้ทราบถึงศักยภาพในการพัฒนาและความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งรับฟังข้อเสนอแนะจากโรงงานเพื่อใช้ในการจัดทำข้อเสนอแนะเชิงเทคนิคและเชิงนโยบายต่อไป

4.6.2 กลุ่มเป้าหมาย

- คณะวิจัย
- ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
- หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

การจัดอบรมครั้งนี้มีความประสงค์ให้บุคลากรจากภาคอุตสาหกรรมและ/หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้าร่วม เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปทั้งนี้ คณะทำงานได้ตั้งเป้าหมายผู้เข้าร่วมอบรมเป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 20 คน

4.6.3 ระยะเวลา/สถานที่อบรม

วันศุกร์ที่ 1 กรกฎาคม 2554 ณ ห้องอุทัย อาคารสัมมนา สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

4.6.4 กำหนดการอบรม

กำหนดการอบรมให้ความรู้ดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 กำหนดการอบรมเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลาย"

กำหนดการอบรม เรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลาย"		
วันศุกร์ที่ 1 กรกฎาคม 2554		
ณ ห้องอูทัย อาคารสัมมนา สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง		
เวลา	รายการ	วิทยากร
08.30 – 9:00 น.	ลงทะเบียน	
09.00 – 9:10 น.	พิธีเปิดการอบรม	รศ. ดร.อรรถัย ขวาลภาฤทธิ์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
09:10 – 9.30 น.	ความเป็นมา วัตถุประสงค์ เป้าหมาย และการดำเนินการโครงการการศึกษาด้านชีวะจัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก	ดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
09.30 – 09:45 น.	พักรับประทานอาหารว่าง	
09.45 – 11.30 น.	สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นกลาง	ดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
11.30 – 12.00 น.	ตอบข้อซักถาม	ดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน	
13.00 – 15.00 น.	สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นปลาย	ดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
15.00 – 15.15 น.	พักรับประทานอาหารว่าง	
15.15 – 16.00 น.	ตอบข้อซักถาม	ดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
16.00 น.	ปิดการอบรม	

4.6.5 ผลการดำเนินการจัดอบรม

(1) จำนวนกลุ่มเป้าหมายที่เข้าอบรม

ผู้เข้าร่วมอบรมมีทั้งสิ้น 17 คน จาก 10 หน่วยงาน ดังตาราง 4-11

ตารางที่ 4-11 รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรม อบรม เรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลาย"

ลำดับ	หน่วยงาน	ชื่อ – สกุล	ตำแหน่ง
1	บริษัทวีนิไทย จำกัด (มหาชน)	นายชัยวัฒน์ พุทธนันท์เดช	วิศวกร
2	บริษัทไทย เพ็ท เรซิน จำกัด	นายสิทาพัฒน์ เหลืองอร่ามศรี	วิศวกร
		นายสง่างพงษ์ เหล่าวิทยากร	วิศวกร
		นายเรณูฤทธิ์ อรพนิชอารีย์	วิศวกร
3	บริษัทสยามมิตรชัย พีทีเอ จำกัด	นายบุญเอื้อม น้อยเอม	วิศวกร
		นางสาวจารุวิศ กิตติยานันท์	วิศวกร
		นายณัฐพงษ์ เสาะเสภา	วิศวกร
4	บริษัทไทยพลาสติก และเคมีภัณฑ์ จำกัด (มหาชน)	นายภาณุพงศ์ นาคนคร	วิศวกร
5	SCG Chemicals	นายก่อชัย เอกพรรษาศิลป์	วิศวกร
6	บริษัท ไทยสไตรีนิกส์ จำกัด	นายสำฤทธิ์ สีทัด	วิศวกร
4	คณะเศรษฐศาสตร์ ม.ธรรมศาสตร์	ดร. ชโลธร แก่นสันติสุขมงคล	วิศวกร
7	บริษัทเอ็ชเอ็มซีโพลีเมอส์ จำกัด	คุณบุษราภรณ์ ทรัพย์ห้วง	วิศวกร
8	BIG	นายสุรัชย์ สียูยาง	วิศวกร
9	ปตท. เคมีคอล จำกัด (มหาชน)	นายวิโรจน์ สัมฤทธิ์เปี่ยม	วิศวกร
		นายจิรพงษ์ วัฒนารุณ	วิศวกร
		นายพาที บัวแย้ม	วิศวกร
10	บริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน)	นางสาวลิตตา มารัตนชัย	วิศวกร

(2) การประเมินผลการจัดการอบรม

มีผู้ประกอบการเข้าร่วมการสัมมนาผลการดำเนินโครงการ และเสนอแนะข้อคิดเห็น คิดเป็น ร้อยละ 85 จากเป้าหมายจำนวนผู้เข้าร่วมอบรมที่ตั้งไว้ ดังรูปที่ 4-5



รูปที่ 4-5 ภาพบรรยากาศการอบรมเรื่อง "สถานภาพปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลาย"

4.7 การอบรมเรื่อง "มาตรการและแนวนโยบายในด้านการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี"

4.7.1 วัตถุประสงค์

มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาทางเลือกต่างๆ ในการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะสามารถลดลงได้จากการดำเนินการตามมาตรการต่างๆ

4.7.2 กลุ่มเป้าหมาย

- คณะวิจัย
- ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
- หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

การจัดอบรมครั้งนี้มีความประสงค์ให้บุคลากรจากภาคอุตสาหกรรมและ/หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้าร่วม เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปทั้งนี้ คณะทำงานได้ตั้งเป้าหมายผู้เข้าร่วมอบรมเป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 24 คน

4.7.3 ระยะเวลา/สถานที่อบรม

วันจันทร์ที่ 25 กรกฎาคม 2554 ณ ห้องอัญชลี อาคารสัมมนา สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

4.7.4 กำหนดการอบรม

กำหนดการอบรมให้ความรู้ดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 กำหนดการอบรม เรื่อง "มาตรการและแนวนโยบายในด้านการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี"

การอบรม เรื่อง "มาตรการและแนวนโยบายในด้านการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี"		
วันจันทร์ที่ 25 กรกฎาคม 2554		
ณ ห้องอัญชลี อาคารสัมมนา สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง		
เวลา	รายการ	วิทยากร
08.30 – 9:00 น.	ลงทะเบียน	
09.00 – 9:10 น.	พิธีเปิดการอบรม	รศ. ดร.อรรถัย ขวาลภาฤทธิ์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
09:10 – 9.30 น.	ความเป็นมา วัตถุประสงค์ เป้าหมาย และการดำเนินการโครงการการศึกษาต้นน้ำชีวิตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก	ดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
09.30 – 10.30 น.	สถานการณ์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกที่จะสามารถทำได้ตามมาตรการจัดการแบบต่างๆ สำหรับภาคการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	อาจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
10.30 – 10.45 น.	พักรับประทานอาหารว่าง	
10.45 – 12.00 น.	มาตรการและแนวนโยบายในด้านพลังงานการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	คุณไพศาล จิรนนตรัตน์
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน	

4.7.5 ผลการดำเนินการจัดอบรม

(1) จำนวนกลุ่มเป้าหมายที่เข้าอบรม

ผู้เข้าร่วมอบรมมีทั้งสิ้น 21 คน จาก 11 หน่วยงาน ดังตาราง 4-13

ตารางที่ 4-13 รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรม เรื่อง "มาตรการและแนวนโยบายในด้านการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี"

ลำดับ	หน่วยงาน	ชื่อ – สกุล	ตำแหน่ง
1	บริษัท ปตท.อะโร เมติกส์ และการกลั่น จำกัด (มหาชน)	นางสาวผกาวัลย์ กมลชัยวานิช	วิศวกร
2	บริษัทไทย เอ็ม เอ็ม เอ จำกัด	นายศราวุธ สาสีเสาร์	วิศวกร
3	บริษัท ไทยเอปิเอส จำกัด	นายจักรพรรดิ หมั่นคิด	วิศวกร
4	บริษัท ไทย เพ็ทเรชั่น จำกัด	นายเริงฤทธิ์ อรพณชัย	วิศวกร
5	บริษัทแกรนด์ สยามคอมโพลิต จำกัด	คุณบุญรอด เกษตรรัตนชัย	วิศวกร
		คุณเรณู เจริญทิพย์เจริญ	วิศวกร
6	บริษัทไทยโอเลโอเคมี จำกัด	นางสาวสุสดี เหลือมล้ำ	วิศวกร
7	บริษัททีโอซีโกลคอลล จำกัด	นางสาวรัมภาณุวล ประภาสวดี	วิศวกร
8	บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)	นายสมชาย จันท์แก้ว	วิศวกร
		นายพงศภัค อมรบุตร	วิศวกร
		นางสาวบุษวรรณ สุทธธาดา	วิศวกร
		นายสมภพ ทับเพ็ชร	วิศวกร
9	บริษัท ปตท.เคมีคอล จำกัด มหาชน	นายจิรพงษ์ วัฒนารุณ	วิศวกร
		นายพาทิ บัวแย้ม	วิศวกร
		นางดวงพร แดงหอม	วิศวกร
		คุณชุตินันท์ ภิรมยาภรณ์	วิศวกร
		นายวิโรจน์ สัมฤทธิ์เปี่ยม	วิศวกร
		นางสาวกุลทิพย์ สุวรรณทีป	วิศวกร
		นายนิธิ เกษศรี	วิศวกร
10	บริษัท ไทยโพลีเอททีลีน จำกัด	นายณัฐพล แสนสวาท	วิศวกร
11	บริษัทพีทีที พีอี จำกัด	นางสาวจรรุวัส กิตติยานนท์	วิศวกร

(2) การประเมินผลการจัดการอบรม

มีผู้ประกอบการเข้าร่วมการสัมมนาผลการดำเนินโครงการ และเสนอแนะข้อคิดเห็น คิดเป็นร้อยละ 87.50 จากเป้าหมายจำนวนผู้เข้าร่วมอบรมที่ตั้งไว้ ดังรูปที่ 4-6



รูปที่ 4-6 ภาพบรรยากาศการอบรม เรื่อง "มาตรการและแนวนโยบายในด้านการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี"

4.8 การเยี่ยมชมและการสำรวจโรงงาน

คณะวิจัยได้ประสานงานกับโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่เป็นตัวแทนในการศึกษาได้เข้าเยี่ยมชมกระบวนการผลิตและขอความร่วมมือในการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของโครงการฯ ซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ทางคณะวิจัยได้รวบรวม ประกอบด้วย

1. กระบวนการผลิตอย่างละเอียดพร้อมแผนผังการผลิต
2. กำลังการผลิตและปริมาณที่ผลิตได้จริงในปี พ.ศ. 2548 – 2553
3. แผนขยายกำลังการผลิต
4. ชนิดและปริมาณการใช้วัตถุดิบ เชื้อเพลิง และพลังงาน (ไฟฟ้าและไอน้ำ) ในปี พ.ศ. 2548 – 2553 พร้อมระบุแหล่งที่มา
5. ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของพลังงานที่ซื้อจากผู้ขาย ในปี พ.ศ. 2548 – 2553

6. ความต้องการใช้พลังงานในแต่ละเครื่องจักร/หน่วยการผลิต
7. ปริมาณและองค์ประกอบของมลสารที่เกิดจากกระบวนการผลิต รวมถึง Flare
8. รายงานการประเมินก๊าซเรือนกระจกของโรงงาน
9. บพร.1, บพร.2 และรายงานการจัดการพลังงานที่โรงงานส่งให้กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
10. รายงานการประเมินก๊าซเรือนกระจกของกรมโรงงาน
11. รายงานการจัดทำฐานข้อมูล LCI ของสถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย
12. แบบสอบถามของโครงการชุดที่ 1 เรื่อง ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน
13. แบบสอบถามของโครงการชุดที่ 2 เรื่อง มาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน

4.8.1 รายชื่อคณะทำงานผู้เข้าร่วมสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลโรงงาน

1. รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ ชวาลภาฤทธิ์
2. อาจารย์ ดร.ชนาธิป ฝาริโน
3. ดร.เปรมฤดี กาญจนปิยะ
4. อาจารย์ไพศาล จิรนนตรัตน์
5. นายสาธิต เกียรติยศวีรกุล
6. นางสาวนันท์มล ลิ้มปัทม์พงษ์
7. นางสาวปรียาภัทร บุญมา
8. นางสาวนราภรณ์ จุฬพรรค์
9. นายชาญณรงค์ ศรีสุวรรณวุฒิ
10. นางสาวกฤษฎดาภรณ์ รักษ์วงศ์
11. นายภาณุวัฒน์ อู่ส่าห์เพียร
12. นางสาวศุภาวารี แก้วหะนาม

4.8.2 กำหนดการการเยี่ยมชมและการสำรวจโรงงาน

รายละเอียดการเข้าเยี่ยมชมโรงงาน สรุปได้ดังตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 โรงงานที่ได้เข้าสำรวจและเก็บข้อมูล

ลำดับ	รายชื่อโรงงาน	ผลิตภัณฑ์	รายชื่อผู้ติดต่อ	วันที่เข้าสำรวจ	รูปภาพ
1	โรงงาน ปตท.เคมีคอล จำกัด (มหาชน) สาขาไอ 1 14 นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง 21150	ETH, Propylene, HDPE	นายกิตติพงษ์ ประยูรกุลนก (วิศวกร)	4 พฤศจิกายน 2553 25 พฤศจิกายน 2553 2 มิถุนายน 2554	
2	โรงงาน ปตท.เคมีคอล จำกัด (มหาชน) สาขาไอ 4 9 อ.ไอ-สี่ นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง 21150	ETH, Propylene	นายวิโรจน์ สมฤทธิ์เปี่ยม (วิศวกร สิ่งแวดล้อม)	5 พฤศจิกายน 2553 21 เมษายน 2554 9 มิถุนายน 2554 13 มิถุนายน 2554	
3	โรงงาน พีทีที โพลีเอทิลีน จำกัด อ.ไอ-สี่ นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง 21150	ETH*, LDPE*, LLDPE*	นายสฤต เนติวรกุล (ผู้จัดการส่วน หน่วยงานเทคนิค)	11 พฤศจิกายน 2553 27 เมษายน 2554	

ตารางที่ 4-14 (ต่อ) โรงงานที่ได้เข้าสำรวจและเก็บข้อมูล

ลำดับ	รายชื่อโรงงาน	ผลิตภัณฑ์	รายชื่อผู้ติดต่อ	วันที่เข้าสำรวจ	รูปภาพ
4	โรงงานไทยพาราไซลีน จำกัด (เครือไทยออยล์) 105/12 หมู่ที่ 2 ถนนสุขุมวิท ตำบลทุ่งสุขลาอำเภอสัตร์ราชา จังหวัดชลบุรี 20210	PX	คุณเอกสิทธิ์ เลิศสกุลทอง (วิศวกร กระบวนการผลิต)	22 ธันวาคม 2553	
5	โรงงานบางกอกโพลีเอทิลีน จำกัด (มหาชน) 4 ถ. เอ-สิบ ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ. ระยอง 21150	HDPE	นายอนุตร คงเทพ (วิศวกร)	12 พฤศจิกายน 2553 3 พฤษภาคม 2554	
6	โรงงาน ปตท.อะโรเมติกส์และการ กลั่น จำกัด (มหาชน) 4 ถ.เอ-2 ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง 21150	PX	นางสาววรรณพร คำย่ำ (วิศวกร กระบวนการผลิต)	25 มกราคม 2554	

ตารางที่ 4-14 (ต่อ) โรงงานที่ได้เข้าสำรวจและเก็บข้อมูล

ลำดับ	รายชื่อโรงงาน	ผลิตภัณฑ์	รายชื่อผู้ติดต่อ	วันที่เข้าสำรวจ	รูปภาพ
7	โรงงานระยองโอเลฟินส์ จำกัด 271 ถ.สุขุมวิท ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง 21150	ETH, Propylene, Mixed C4	นางสาวจิตต์ จุฑาสีจร (วิศวกร สิ่งแวดล้อม)	6 มกราคม 2554 18 พฤษภาคม 2554	
8	โรงงานมาบตาพุดโอเลฟินส์ จำกัด เลขที่ 88/3 ถ.3191 ต.มาบตาพุดอ. เมือง จ.ระยอง 21150	ETH*, Propylene*	นางสาวนันทิยา อินทรลักษณ์ (วิศวกร สิ่งแวดล้อม)	9 กุมภาพันธ์ 2554 23 พฤษภาคม 2554	
9	โรงงานไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด (มหาชน) 8 นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ถ.ไอ-หนึ่ง ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ. ระยอง 21150	VCM, PVC	นางสาวเวฬุภา รัตนวราหะ (เจ้าหน้าที่ สิ่งแวดล้อม)	13 ธันวาคม 2553 11 พฤษภาคม 2554	

ตารางที่ 4-14 (ต่อ) โรงงานที่ได้เข้าสำรวจและเก็บข้อมูล

ลำดับ	รายชื่อโรงงาน	ผลิตภัณฑ์	รายชื่อผู้ติดต่อ	วันที่เข้าสำรวจ	รูปภาพ
10	โรงงานที่พีซี เพสต์ เรซิน จำกัด 16 นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ต. มาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง 21150	PVC	นางสาวพัชรีณี (ผู้จัดการด้าน สิ่งแวดล้อม)	14 ธันวาคม 2553 31 พฤษภาคม 2554	
11	โรงงานไทยโพลีเอททิลีน จำกัด 10 ถ. ไอ-1 ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ. ระยอง 21150	HDPE, LDPE, LLDPE	นายณัฐพล แสนสวาท (วิศวกรสิ่งแวดล้อม)	20 ธันวาคม 2553 30 พฤษภาคม 2554	
12	โรงงานไทย เพ็ท เรซิน จำกัด 18 ซอยจี 2 ประดิษฐ์เคราะห้ราษฎร์ ตำบลหัวไผ่ อ.เมืองระยอง จ. ระยอง 21150	PET	นายสิทาพัฒน์ เหลื่องรัมย์ศรี (ผู้จัดการส่วนปฏิบัติ การ)	13 มกราคม 2554 24 พฤษภาคม 2554	

ตารางที่ 4-14 (ต่อ)โรงงานที่ได้เข้าสำรวจและเก็บข้อมูล

ลำดับ	รายชื่อโรงงาน	ผลิตภัณฑ์	รายชื่อผู้ติดต่อ	วันที่เข้าสำรวจ	รูปภาพ
13	โรงงานไทยโพลีโพรพิลีน จำกัด 10 ถ.ไอ-1 (แปลงที่ ไอ-11/2) ต. มาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง 21150	PP	นายณัฐพล แสนสวาท (วิศวกรสิ่งแวดล้อม)	21 ธันวาคม 2553 20 พฤษภาคม 2554	
14	โรงงานสยามเม็ดซูบ พีทีเอ จำกัด 8 นิคมอุตสาหกรรมตะวันออก ซอย จี-2 ถนนปกรณแสงเคราะห์ราษฎร์ ต. ห้วยโป่ง อ.เมืองระยอง จ.ระยอง 21150	PTA	นางสาวจรัส กิตยานันท์ (วิศวกรสิ่งแวดล้อม)	24 มกราคม 2554 27 พฤษภาคม 2554	
15	โรงงานสตาร์ ปิโตรเลียม รีไฟน์ จำกัด เลขที่ 1 ถ.ไอ-1-3บี ต.มาบตาพุด อ. เมือง จ.ระยอง 21150	Propylene	นายธีรพงศ์ ทัพทิม (ผู้เชี่ยวชาญด้าน สิ่งแวดล้อม)	5 มกราคม 2554	

ตารางที่ 4-14 (ต่อ) โรงงานที่ได้เข้าสำรวจและเก็บข้อมูล

ลำดับ	รายชื่อโรงงาน	ผลิตภัณฑ์	รายชื่อผู้ติดต่อ	วันที่เข้าสำรวจ	รูปภาพ
16	โรงงานรีโพลีไทย จำกัด (มหาชน) 2 ถ. ไอ-3 ต. มาบตาพุด อ. เมือง จ. ระยอง 21150	VCM, PVC	นายชัยวัฒน์ พุทธานันท์เดช (วิศวกรกระบวนการ ผลิต)	19 พฤศจิกายน 2553 14 มกราคม 2554 7 มิถุนายน 2554	
17	โรงงานเอพีเคปิโตรเคมีคอล จำกัด 14 ถ. ทางหลวงระยองสาย 3191 ต. มาบตาพุด อ. เมือง จ. ระยอง 21150	PVC	นายจักรภาพ เทเพภักดี (วิศวกรฝ่ายผลิต)	4 กุมภาพันธ์ 2554 12 พฤษภาคม 2554	
18	บริษัท อินโดรามา โพลีเอสเตอร์ จำกัด (มหาชน) 6 นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด โซน-2 ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมืองระยอง ระยอง 21150	PTT PET	นายสุพัตติ (วิศวกรฝ่ายผลิต)	11 มีนาคม 2554 10 พฤษภาคม 2554	

ตารางที่ 4-14 (ต่อ)โรงงานที่ได้เข้าสำรวจและเก็บข้อมูล

ลำดับ	รายชื่อโรงงาน	ผลิตภัณฑ์	รายชื่อผู้ติดต่อ	วันที่เข้าสำรวจ	รูปภาพ
19	บริษัท อินโดรามา โปริเอสเตอร์ จำกัด 4 หมู่ 2 นิคมอุตสาหกรรมเอเซีย ตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง ระยอง 21130	PTA	นายเลิศ (วิศวกร สิ่งแวดล้อม)	9 พฤษภาคม 2554 16 มิถุนายน 2554 6 มิถุนายน 2554	
20	บริษัท ไทยสโตนีส์ จำกัด เลขที่ 7 ถ.ไผ่หนึ่ง ตำบลมาบตาพุด อ.เมืองฯ จ.ระยอง 21150	PS	นายสุวิทย์ หัตถ์ (วิศวกรฝ่าย ผลิต)	8 มิถุนายน 2554 17 พฤษภาคม 2554	
21	บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) 299 หมู่ที่ 5 เขตประกอบการฯ ที่ พีอี สุขุมวิท เซิงเนิน เมืองระยอง ระยอง 21000	Ethylene propylene HDPE PP PS MC4 BZ TOL SM	นายทวีศักดิ์ เดชะโกสยะ (ฝ่ายคุณภาพ ความปลอดภัย ยาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม)	13 พฤษภาคม 2554 21 กรกฎาคม 2554	

ตารางที่ 4-14 (ต่อ)โรงงานที่ได้เข้าสำรวจและเก็บข้อมูล

ลำดับ	รายชื่อโรงงาน	ผลิตภัณฑ์	รายชื่อผู้ติดต่อ	วันที่เขาสารวจ	รูปภาพ
22	บริษัทสยามโพลีเอททิลีน จำกัด บริษัท สยามสไตรีนโมโนเมอร์ จำกัด บริษัท สยามโพลีสไตรีน จำกัด	SM PS	คุณชาลิสา (วิศวกร สิ่งแวดล้อม)	1 มิถุนายน 2554	
23	บริษัท ทีพีที ปิโตรเคมีคอล จำกัด (มหาชน) 3 ถ.เอ-เจ็ด ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง 21150	PTA	คุณธนวรรณ	21 มิถุนายน 2554	

4.8.3 ระยะเวลาการดำเนินงาน

คณะผู้วิจัยได้เข้าเยี่ยมชมโรงงาน เพื่อสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล ตั้งแต่วันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 ถึงวันพฤหัสบดีที่ 21 กรกฎาคม 2554

4.8.4 ผลการเยี่ยมชมโรงงาน

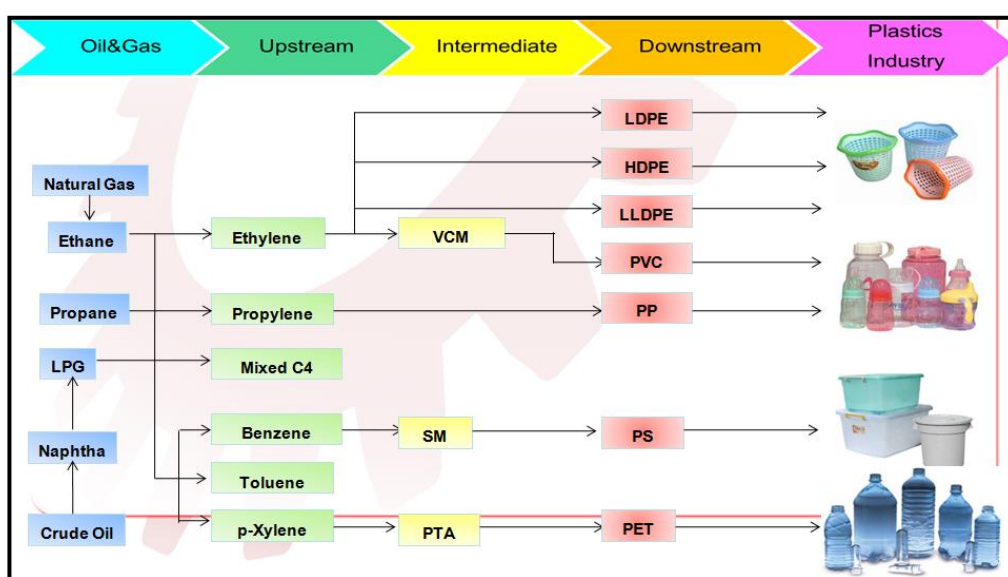
จำนวนโรงงานตัวแทนที่ตั้งไว้ตามแผนการดำเนินงาน คือ อย่างน้อย 12 โรงงาน ผลการติดต่อประสานเพื่อขอความอนุเคราะห์จากโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีต่างๆ พบว่า โรงงานหลายแห่งมีความสนใจเข้าร่วมโครงการจำนวนทั้งสิ้น 26 โรงงาน ดังตารางที่ 4-14 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 216 จากทั้งหมด

บทที่ 5

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

5.1 การประเมินก๊าซเรือนกระจกอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

จากการพิจารณาคัดเลือกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีสายพลาสติกเพื่อเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีที่ใช้ในการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ดังรายละเอียดในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.2 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์และโรงงานปิโตรเคมีตัวแทน พบว่า มีจำนวนทั้งสิ้น 16 ผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น จำนวน 6 ผลิตภัณฑ์ คือ เอทิลีน พรอพิลีน มิกซ์ซีสี่ พาราไซลีน เบนซีน และโทลูอีน ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง จำนวน 3 ผลิตภัณฑ์ คือ สไตรีนมอนอเมอร์ ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ และกรดเทรฟทาลิก และผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย จำนวน 7 ผลิตภัณฑ์ คือ พอลิสไตรีน พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น พอลิพรอพิลีน พอลิไวนิลคลอไรด์ และพอลิเอทิลีนเทรฟทาลेट ทั้งนี้ เมื่อเทียบสัดส่วนกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ตัวแทนในปี พ.ศ. 2548 พบว่า ตัวแทนของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 85 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นทั้งหมด ตัวแทนของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 72 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางทั้งหมด และตัวแทนของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 87 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายทั้งหมด โดยมีผังการไหลของผลิตภัณฑ์ตัวแทนแต่ละชนิดดังรูปที่ 5-1



รูปที่ 5-1 ผังการไหลของผลิตภัณฑ์ตัวแทน

ผลการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามรายสาขาการผลิตผลิตภัณฑ์ ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะเป็นข้อมูลจากการดำเนินงานจริงของโรงงานตัวแทนผลิตภัณฑ์ในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2553 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 6 ปี เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้อง ชัดเจน และครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงของอุตสาหกรรมที่สุด ทั้งนี้ ในการรายงานผลการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามรายกลุ่มอุตสาหกรรม ผู้วิจัยได้มีการกำหนดสัญลักษณ์และคำจำกัดความเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันในประเด็นต่างๆ ที่ศึกษา ตัวอย่างเช่น

Fuel	คือ เชื้อเพลิงที่ใช้เผาไหม้โดยตรงในกระบวนการผลิต
Fuel by product	คือ เชื้อเพลิงที่เวียนใช้จากกระบวนการผลิต
Electricity	คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต
Steam	คือ พลังงานไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต
Process vent	คือ ก๊าซที่ปล่อยทิ้งจากกระบวนการผลิต
Flare	คือ ก๊าซที่เผาทิ้งจากกระบวนการผลิต
<u>ETH</u>	คือ ผลการคำนวณผลิตภัณฑ์ <u>เอทิลีน</u> จากโรงงานตัวแทน
<u>Upstream</u>	คือ ผลการคำนวณผลิตภัณฑ์ <u>ขั้นต้น</u> ที่ศึกษาจากโรงงานตัวแทน
Total <u>upstream</u>	คือ ผลการคำนวณผลิตภัณฑ์ <u>ขั้นต้น</u> ทั้งหมด

การนำเสนอผลการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 10 ประเด็นหลักในแต่ละสาขาการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี ดังนี้

(1) แผนผังแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก

การวิเคราะห์แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกเป็นการศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจากแผนผังกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาสังเคราะห์เพื่อบ่งชี้กระบวนการผลิตที่เป็นกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ และจัดทำผังการไหลของวัตถุดิบและพลังงาน รวมทั้งวิเคราะห์แหล่งกำเนิดก๊าซ CO₂ ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ดังรายละเอียดในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.3 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต

ผลการวิเคราะห์แผนผังแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจะแสดงกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ตัวแทนโดยสังเขป ซึ่งเป็นแผนผังกระบวนการผลิตที่ถือเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์นั้นที่พบได้ทั่วไปในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี พร้อมทั้งระบุขอบเขตการศึกษาและแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ

(2) บัญชีรายการผลิตภัณฑ์

การจัดทำบัญชีรายการผลิตภัณฑ์มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาสมดุลมวลสารของผลิตภัณฑ์ทั้งในเชิงของปริมาณวัตถุดิบ พลังงาน ผลผลิต ผลพลอยได้ และของเสียจากกระบวนการผลิต ซึ่งผลการจัดทำบัญชีรายการผลิตภัณฑ์จะเป็นข้อมูลเฉลี่ยของโรงงานตัวแทนที่ผลิตผลิตภัณฑ์นั้นในช่วงระยะเวลา 6 ปีที่ทำการศึกษา โดยจะนำเสนอผลในหน่วยต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ทางผู้วิจัยยังได้แสดงผลค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของบัญชีรายการผลิตภัณฑ์ด้วยเพื่อให้เห็นถึงช่วงความกว้างของข้อมูล และเข้าใจระบบการผลิตผลิตภัณฑ์ยิ่งขึ้น

(3) ความเข้มพลังงาน

การวิเคราะห์ความเข้มพลังงานมีวิธีการคำนวณดังรายละเอียดใน **สมการที่ 3-4 บทที่ 3**

หัวข้อที่ 3.3 การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การคำนวณจะนำข้อมูลจากบัญชีรายการของผลิตภัณฑ์ที่ถือเป็นแหล่งพลังงานของระบบเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตโดยตรงมาคูณกับค่าความร้อนสุทธิของพลังงานนั้นๆ แหล่งพลังงานที่สำคัญสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ แหล่งพลังงานทางตรง ประกอบด้วย การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เข้าสู่ระบบโดยตรง (Fuel) และการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการเวียนใช้ในระบบ (Fuel by product) และแหล่งพลังงานทางอ้อม ประกอบด้วย พลังงานไฟฟ้า (Electricity) และพลังงานไอน้ำ (Steam) โดยผู้วิจัยจะพิจารณาฐานข้อมูลค่าความร้อนสุทธิจากโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆ เป็นหลัก ซึ่งเป็นข้อมูลที่ค่อนข้างมีความจำเพาะ สำหรับเชื้อเพลิงหรือพลังงานต่างๆ ที่ไม่มีค่าความร้อนสุทธิจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยตรง ผู้วิจัยจะพิจารณาข้อมูลจาก DEDE 2005 ซึ่งถือได้ว่าเป็นฐานข้อมูลตัวแทนของประเทศ การแสดงผลการคำนวณความเข้มพลังงานจะอยู่ในรูป MJ/t โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย คือ ความเข้มพลังงานรายผลิตภัณฑ์ และความเข้มพลังงานรายกลุ่มอุตสาหกรรม ผลการคำนวณค่าความเข้มพลังงานจะนำไปใช้เป็นดัชนีชี้วัดความต้องการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีต่อไป

(4) สัดส่วนความต้องการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรม

จากผลการคำนวณความเข้มพลังงานรายผลิตภัณฑ์ซึ่งแบ่งการประเมินตามแหล่งที่มาและชนิดพลังงานดังรายละเอียดใน **บทที่ 3 หัวข้อที่ 3.3 การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงาน** โดย

แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานในรูปของร้อยละ พร้อมทั้งแสดงค่าความเข้มพลังงานจำแนกตามแหล่งที่มา การวิเคราะห์สัดส่วนความต้องการใช้พลังงานรายสาขากลุ่มอุตสาหกรรมจะพิจารณาข้อมูลความเข้ม พลังงานรายกลุ่มอุตสาหกรรมเปรียบเทียบกันในระหว่างช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2553 เพื่อแสดงให้เห็นถึง ภาพรวมแหล่งที่มาของพลังงานในระดับกลุ่มอุตสาหกรรม และอัตราความต้องการใช้พลังงานแต่ละชนิด ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี อันจะนำไปสู่แนวทางการคาดการณ์ความต้องการพลังงาน ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในอนาคตเพื่อวางแผนการจัดหาพลังงานได้อย่างเหมาะสม

(5) ปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทน

การแสดงผลปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละปีของผลิตภัณฑ์ตัวแทนจะอยู่ในรูป T_J ซึ่งเป็น ผลรวมของผลคูณระหว่างความเข้มพลังงานของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในปีนั้นกับปริมาณผลผลิตที่ผลิต ได้จริงของโรงงานตัวแทนในแต่ละปี ดังสมการที่ 5-1 ผลการวิเคราะห์จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การใช้ พลังงานรายผลิตภัณฑ์ และการใช้พลังงานรายกลุ่มอุตสาหกรรม ผลการคำนวณเป็นปริมาณ การใช้ พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวแทนเท่านั้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการคาดการณ์ ความต้องการใช้พลังงานจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีทั้งประเทศต่อไป

$$En_{Pf} = \sum (EI_{Pf} \times P_f) \quad \text{สมการที่ 5-1}$$

โดยที่ En_{Pf} คือ ปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทน (MJ)
 EI_{Pf} คือ ค่าความเข้มพลังงานของผลิตภัณฑ์จากโรงงานตัวแทน (MJ/t)
 P_f คือ ปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้จริงของโรงงานตัวแทน (t)

(6) ปริมาณความต้องการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรม

การคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์รายกลุ่มอุตสาหกรรมจะประเมินจาก ผลการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทน โดยอาศัยหลักความน่าจะเป็นดังวิธีการ คำนวณในสมการที่ 5-2 ผลการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั้งประเทศจะแสดงให้เห็นภาพรวมการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมทั้งหมดอันจะนำไปสู่การ วางแผนการจัดการแนวนโยบายต่อไป

$$En_p = (\sum En_{pf} \times P) / P_f$$

สมการที่ 5-2

โดยที่ En_p คือ ปริมาณความต้องการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรม (MJ)
 $\sum En_{pf}$ คือ ผลรวมปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทน (MJ)
 P คือ ปริมาณผลผลิตผลิตภัณฑ์ของทั้งประเทศ (t)
 P_f คือ ปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้จริงของโรงงานตัวแทน (t)

(7) ความเข้มข้นคาร์บอน

การวิเคราะห์ความเข้มข้นคาร์บอนมีวิธีการคำนวณดังรายละเอียดใน **สมการที่ 3-11 บทที่ 3 หัวข้อที่ 3.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต** การคำนวณจะเป็นผลคูณของข้อมูลจากบัญชีรายการของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในขอบเขตการพิจารณาการประเมินก๊าซเรือนกระจกกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงหรือพลังงานเหล่านั้น โดยจำแนกตามแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางตรง คือ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เข้าสู่ระบบ (Fuel) จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เวียนใช้ในระบบ (Fuel by product) จากการปล่อยทิ้ง (Process vent) และจากการเผาทิ้ง (Flare) และแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม คือ จากการใช้พลังงานไฟฟ้า (Electricity) และจากการใช้พลังงานไอน้ำ (Steam) ทั้งนี้ ผู้วิจัยจะพิจารณาฐานข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการคำนวณจากองค์ประกอบคาร์บอนในเชื้อเพลิงเป็นหลัก ดัง **สมการที่ 2-2 บทที่ 2 หัวข้อที่ 2.1.5 วิธีการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก** สำหรับเชื้อเพลิงหรือพลังงานที่ไม่สามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้โดยตรง ผู้วิจัยจะพิจารณาข้อมูลจาก IPCC 2006 แทน ในขณะที่ข้อมูลค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการคำนวณจะใช้หลักการเดียวกันกับการประเมินความเข้มพลังงานดังกล่าวข้างต้น การแสดงผลการคำนวณความเข้มข้นคาร์บอนจะอยู่ในรูป $t\ CO_2\ eq./t$ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย คือ ความเข้มข้นคาร์บอนรายผลิตภัณฑ์ และความเข้มข้นคาร์บอนรายกลุ่มอุตสาหกรรม ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นคาร์บอนจะนำไปใช้เป็นดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีต่อไป

(8) สัดส่วนแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก

จากผลการคำนวณความเข้มข้นคาร์บอนซึ่งแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ขอบเขต ตามลักษณะแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกดังรายละเอียดใน **บทที่ 3 หัวข้อที่ 3.4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต** การนำเสนอสัดส่วนแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกในรูปของร้อยละพร้อมทั้งแสดงความเข้มข้นคาร์บอนจำแนกตามแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกด้วย โดยพิจารณาจากค่าความเข้มข้นคาร์บอนรายกลุ่มอุตสาหกรรมเปรียบเทียบกับระหว่างข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2553 เพื่อแสดงให้เห็นถึงภาพรวมแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกในระดับกลุ่มอุตสาหกรรม และพิจารณาการเคลื่อนย้ายฐานการปล่อยคาร์บอนจากอุตสาหกรรมอันจะนำไปสู่แนวทางการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในอนาคต

(9) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ตัวแทน

การแสดงผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์จากโรงงานตัวแทนในแต่ละปีจะอยู่ในรูป t CO₂eq. จะเป็นผลรวมของผลคูณระหว่างค่าความเข้มข้นคาร์บอนของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในปีนั้นกับปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้จริงของโรงงานตัวแทน ดังสมการที่ 5-3 ซึ่งถือเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจริงจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวแทนเท่านั้น ในขณะที่ การแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มอุตสาหกรรมจะเป็นผลรวมของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ตัวแทนทุกชนิด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีทั้งประเทศต่อไป

$$E_{Pr} = \sum (CI_{Pr} \times P_f) \quad \text{สมการที่ 5-3}$$

โดยที่ E_{Pr} คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ตัวแทน (t CO₂ eq.)
 CI_{Pr} คือ ค่าความเข้มข้นคาร์บอนจากการผลิตผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวแทน (t CO₂ eq./t)
 P_f คือ ปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้จริงของโรงงานตัวแทน (t)

(10) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรม

การคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมเป็นการประเมินจากผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ตัวแทน ซึ่งมีความครอบคลุมกำลังการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าร้อยละ 60 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั้งหมด โดยอาศัยหลักความน่าจะเป็นดังวิธีการคำนวณในสมการที่ 5-4 ผลการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั้งประเทศจะแสดงให้เห็นภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมอันจะนำไปสู่การวางแผนการจัดการแนวนโยบายต่อไป

$$E_p = (\sum E_{pf} \times P) / P_f \quad \text{สมการที่ 5-4}$$

โดยที่ E_p คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรม (t CO₂ eq.)
 $\sum E_{pf}$ คือ ผลรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ตัวแทน (t CO₂ eq.)
 P คือ ปริมาณผลผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งประเทศ (t)
 P_f คือ ปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้จริงของโรงงานตัวแทน (t)

5.2 ก๊าซเรือนกระจกกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นอุตสาหกรรมขั้นพื้นฐานที่อยู่ในสายการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีทั้งหมด กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นจะได้ผลิตภัณฑ์หลายชนิด เนื่องจากความหลากหลายของวัตถุดิบและปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ โดยแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มโอเลฟินส์ และกลุ่มอะโรเมติกส์ ผลิตภัณฑ์หลักของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีรวมเรียกว่า High Value Chemicals (HVCs) ประกอบด้วย เอทิลีน และพารอฟีน ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นที่คัดเลือกเพื่อเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีดังรายละเอียดใน **บทที่ 3 หัวข้อที่ 3.2 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์และโรงงานปิโตรเคมีตัวแทน** มี 6 ผลิตภัณฑ์ คือ เอทิลีน พารอฟีน มิกซ์ซีลล์ เบนซีน โทลูอีน และพาราไซลีน ผลการวิจัยเกี่ยวกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นทั้ง 10 ประเด็น มีรายละเอียดดังนี้

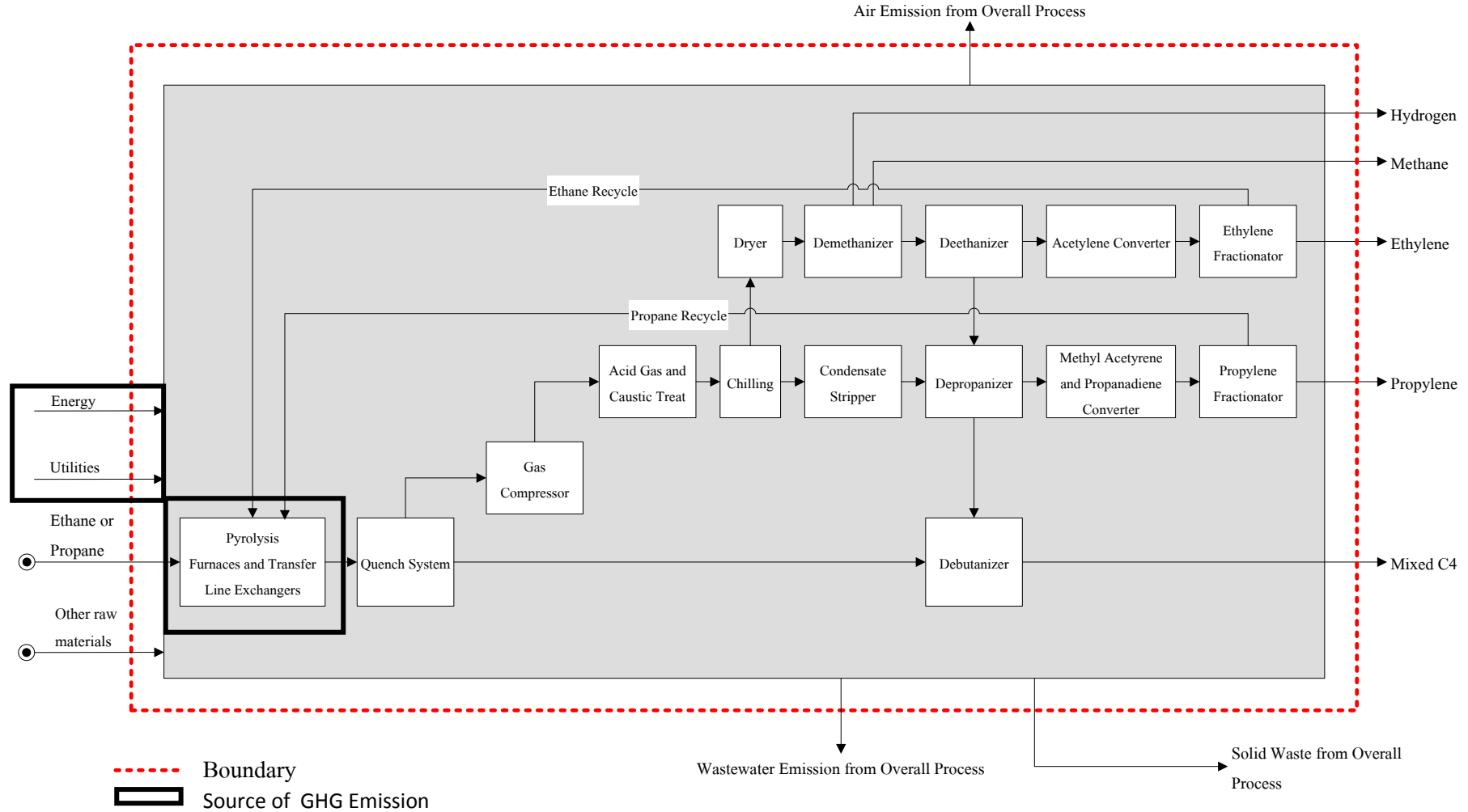
5.2.1 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น

การผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นสายโอเลฟินส์ที่สำคัญ คือ การผลิตเอทิลีน (ETH) พรอพิลีน (PPL) และมิทิลชีล (MC4) มักผลิตควบคู่กัน โดยสามารถใช้วัตถุดิบตั้งต้นจากโรงแยกก๊าซธรรมชาติ ได้แก่ ก๊าซโซลีนธรรมชาติ (NGL) อีเทน และโพรเพน หรือจากโรงกลั่นน้ำมัน ได้แก่ แอลพีจี แนฟธา และดีเซล (Gas Oil) ทั้งนี้ การผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นสายโอเลฟินส์ในประเทศไทยใช้วัตถุดิบจากทั้งส่วนที่เป็นก๊าซ (Gas base, Ethane, Propane, LPG) ดังรูปที่ 5-2 และส่วนที่เป็นของเหลว (Liquid base, Naphtha, NGL, Raffinate) ดังรูปที่ 5-3

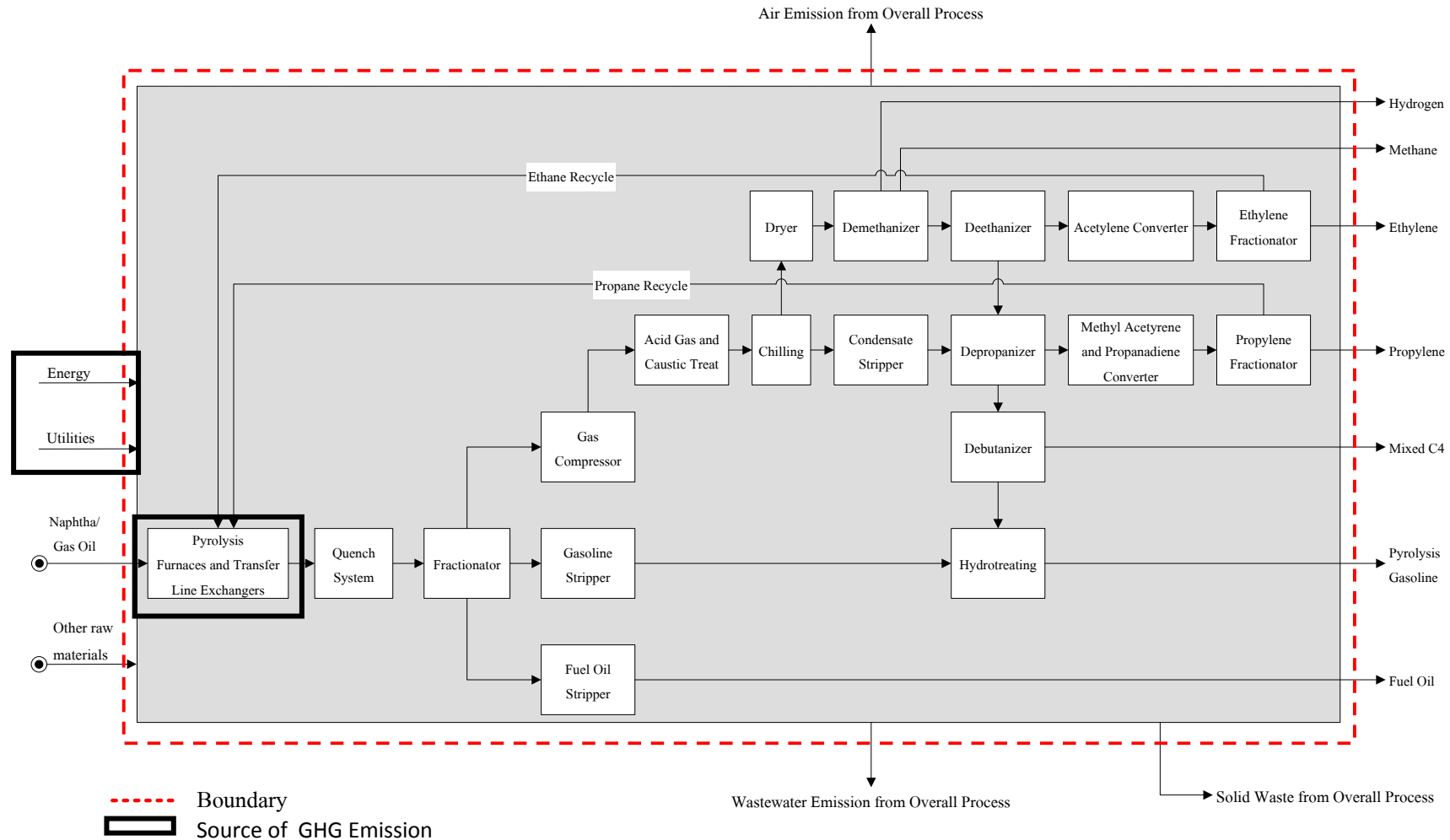
แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่สุดในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นสายโอเลฟินส์ ได้แก่ กระบวนการ Cracking Furnaces ซึ่งเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อน (Heat Process (hydrocarbon) Streams) โดยหมุนเวียนก๊าซมีเทนและไฮโดรเจนที่เกิดจากกระบวนการแตกตัวโมเลกุลมาเผาไหม้ และบางครั้งก็มีการใช้ก๊าซธรรมชาติร่วมด้วย นอกจากนี้ยังมีแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการอื่นๆ ได้แก่ การกำจัด CO₂ จากก๊าซอีเทนที่เป็นวัตถุดิบ โดยทั่วไปจะมีปริมาณต่ำกว่าร้อยละ 0.3 การกำจัดถ่านโค้กที่ปล่อย และการเผาไหม้เชื้อเพลิงส่วนเกินหรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน เป็นต้น ซึ่งแหล่งกำเนิดดังกล่าวมีปริมาณต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการเผาไหม้โดยตรง

สำหรับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นสายอะโรเมติกส์ที่สำคัญ ได้แก่ เบนซีน (BZ) โทลูอิน (TOL) และพาราไซลีน (pX) ซึ่งมักมีการผลิตควบคู่กันไป ดังรูปที่ 5-4 อย่างไรก็ตาม เบนซีนยังสามารถผลิตได้จากกระบวนการ Toluene Hydrodealkylation (HRT Process) ดังรูปที่ 5-5 และพาราไซลีนยังสามารถผลิตได้จากกระบวนการ PAREX/ISOMAR ดังรูปที่ 5-6

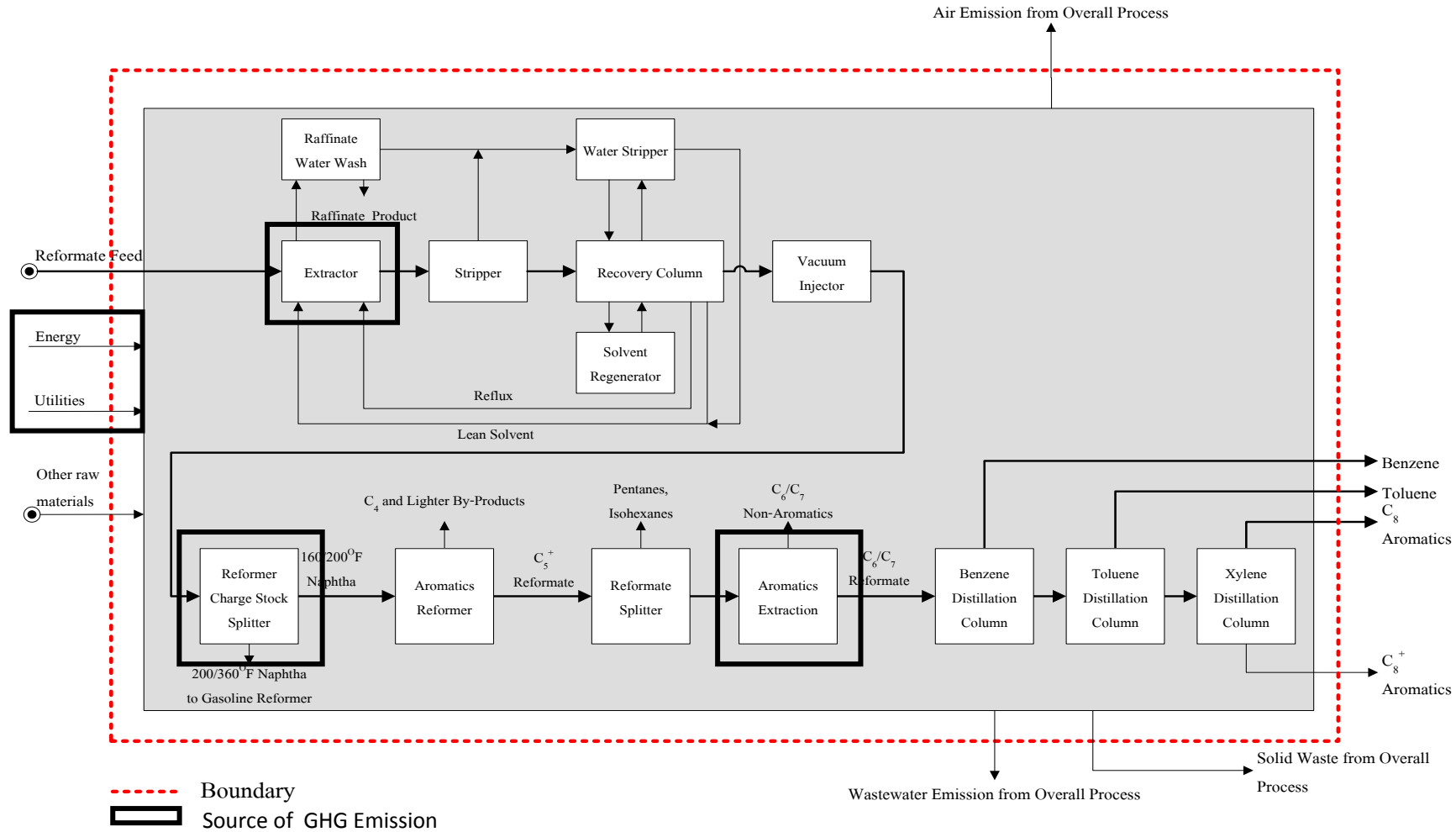
แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในกระบวนการผลิตเบนซีนและโทลูอิน ได้แก่ กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง และกระบวนการเผาไหม้ ในขณะที่แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกในการผลิตพาราไซลีนจากกระบวนการ PAREX/ISOMAR ได้แก่ กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก คือ การกำจัดถ่านโค้กด้วยวิธีการเผาไหม้ กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงส่วนเกินหรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน และการรั่วไหลอุปกรณ์ในระบบ เป็นต้น



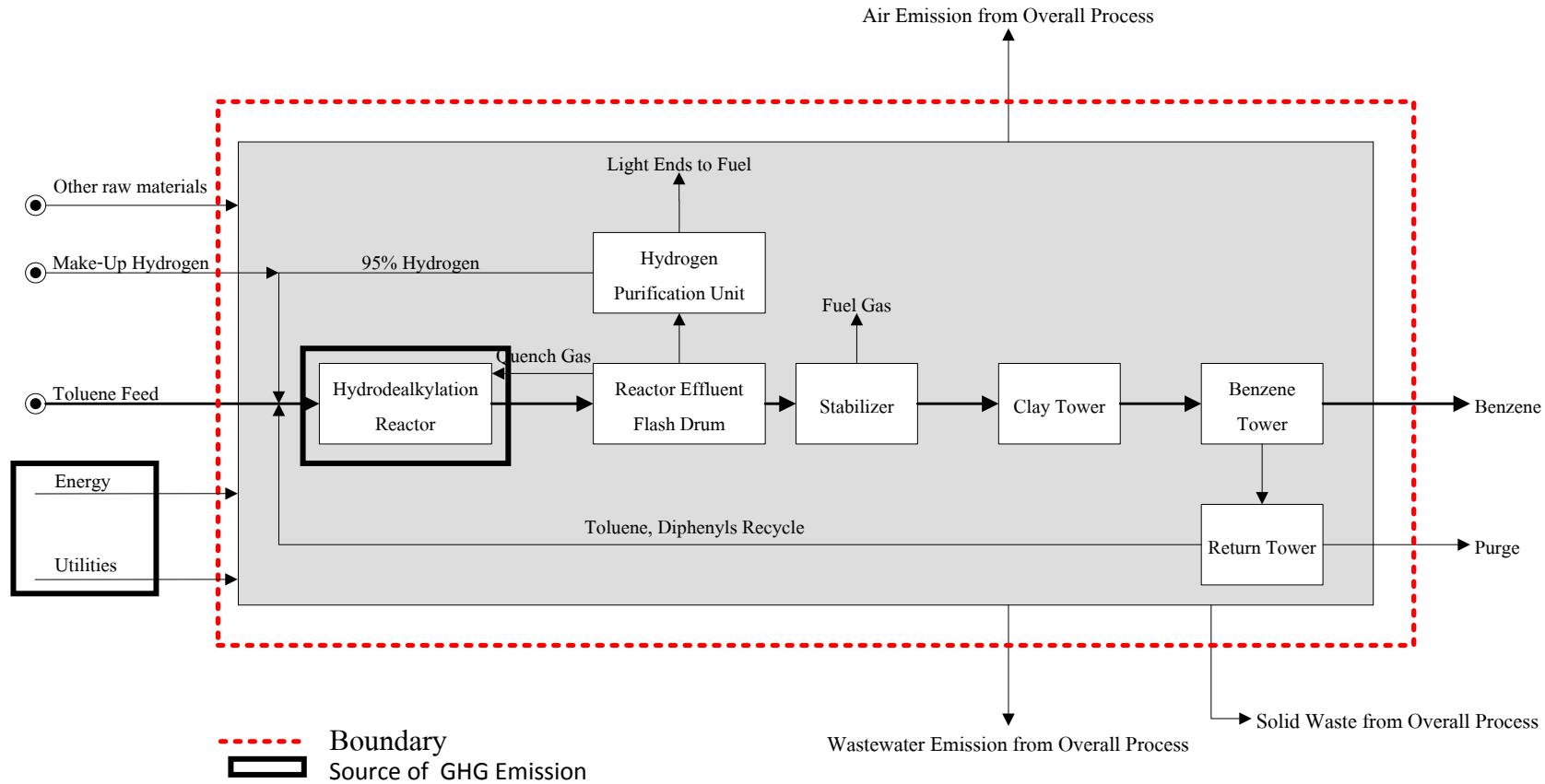
รูปที่ 5-2 กระบวนการผลิต Ethylene, Propylene และ Mixed C4 จาก Natural Gas Cracking



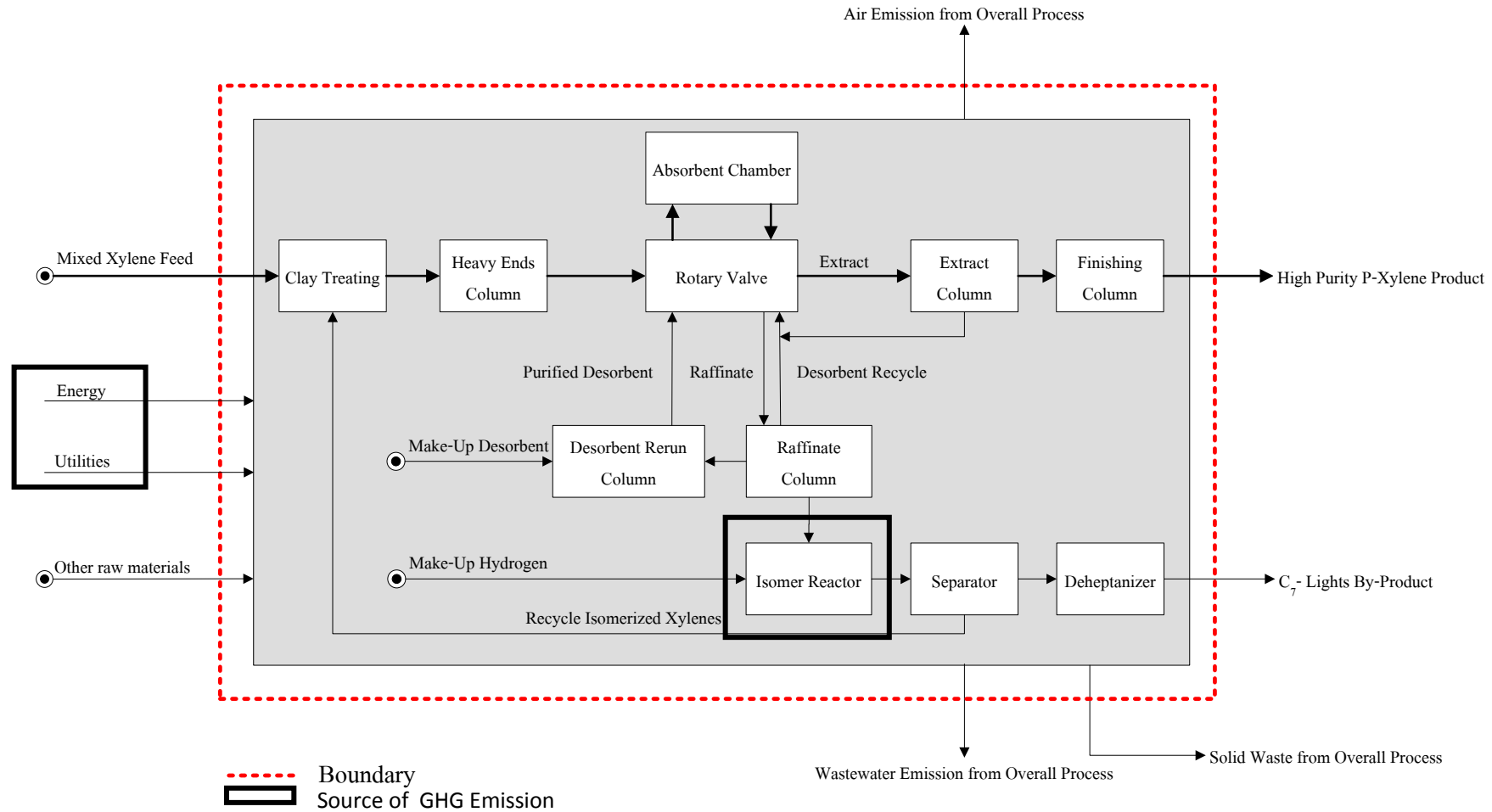
รูปที่ 5-3 กระบวนการผลิต Ethylene, Propylene และ Mixed C4 จาก Naphtha/ Gas Oil Cracking



รูปที่ 5-4 กระบวนการผลิต Benzene, Toluene และ Xylene



รูปที่ 5-5 การผลิต Benzene จากกระบวนการ Toluene Hydrodealkylation (HRT Process)



รูปที่ 5-6 การผลิต p-Xylene จากกระบวนการ PAREX/ISOMAR

5.2.2 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

การจัดทำบัญชีรายการสารขาเข้า - สารขาออกของผลิตภัณฑ์จะใช้หลักการปันส่วนโดยมวล (Mass balance) จากปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ในสายการผลิตเดียวกัน ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลมีลักษณะแบบ gate-to-gate โดยจะแสดงผลในรูปต่อตันของการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นๆ ผลการจัดทำบัญชีรายการผลิตภัณฑ์กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นแต่ละชนิดโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากโรงงานตัวแทน 5 โรงงานในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2553 ดังตารางที่ 5-1 – 5-6

ตารางที่ 5-1 บัญชีรายการการผลิตเอทิลีนจำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
Ethane	ton	5.86E-01	3.73E-01	9.20E-01
Propane	ton	3.33E-01	2.79E-01	4.79E-01
LPG	ton	2.19E-01	2.33E-02	5.30E-01
NGL	ton	1.58E-01	6.78E-02	2.72E-01
Naphtha	ton	6.97E-01	3.24E-01	1.06E+00
Pentane	ton	9.47E-03	7.15E-03	1.45E-02
Raffinate	ton	3.68E-02	1.53E-02	4.65E-02
Treated water	m ³	5.80E+00	4.99E+00	6.96E+00
Demin water	m ³	7.60E-01	6.04E-01	8.68E-01
Water	m ³	3.59E+00	5.28E-03	6.56E+00
พลังงาน				
Fuel gas	MMBTU	4.41E+00	1.53E-02	1.24E+01
Off gas	MMBTU	1.22E+01	1.65E-01	1.28E+01
Fuel oil	L	1.50E+01	1.70E-01	4.75E+01
Electricity	kWh	2.24E+02	5.02E+01	5.25E+02
Steam	ton	7.40E-01	2.45E-01	1.23E+00
HP	ton	7.95E-01	7.49E-01	1.04E+00
MP	ton	1.75E-01	1.03E-01	3.12E-01
LP	ton	1.01E-01	9.08E-02	2.09E-01
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	1.06E+00	9.16E-02	1.49E+00
CH ₄	ton	2.78E-05	5.07E-07	1.43E-04
N ₂ O	ton	3.12E-05	1.21E-06	3.40E-04
SO _x	ton	1.28E-03	1.02E-04	2.59E-03
TSP	ton	4.29E-04	1.33E-05	8.47E-05

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
มลสารทางน้ำ				
Wastewater	m ³	8.79E-01	2.37E-01	2.61E+00
BOD	ton	1.29E-05	1.20E-06	5.57E-05
COD	ton	2.47E-05	2.33E-06	1.61E-04
SS	ton	1.15E-04	1.52E-06	1.42E-03
TDS	ton	2.92E-03	2.50E-04	2.45E-02
Oil&Grease	ton	1.35E-06	1.20E-07	9.08E-06
Phenol	ton	1.61E-07	5.98E-08	3.46E-07
As	ton	2.11E-09	5.98E-10	7.77E-09
Hg	ton	1.18E-09	5.98E-10	2.77E-09
กากของเสีย				
Coke/Activated carbon	ton	3.78E-05	1.66E-07	1.71E-04
Sludge oil	ton	9.69E-04	3.77E-05	1.12E-02
Used oil	ton	6.84E-05	1.16E-06	6.99E-04
Contaminated garbage	ton	6.07E-06	3.58E-09	3.37E-05
Insulation	ton	1.71E-04	5.35E-08	4.59E-04
Molecular sieve	ton	7.07E-05	2.48E-05	3.21E-04
Activated alumina	ton	8.82E-07	3.57E-07	3.73E-06
Inert ball	ton	5.37E-06	2.48E-05	2.48E-05
Contaminated drum	ton	6.17E-07	2.46E-08	1.59E-06
Caustic & Yellow Oil	ton	9.57E-04	2.48E-04	1.70E-03
Chemical waste	ton	4.28E-04	8.80E-06	1.69E-03
Lube oil	ton	7.78E-05	9.88E-06	1.95E-04
อื่นๆ				
Resin	ton	2.38E-06	4.52E-07	1.99E-05
Iron	ton	1.63E-04	4.76E-05	4.68E-04
Aluminium	ton	1.24E-05	1.54E-07	5.64E-05
Bio sludge	ton	2.10E-04	4.42E-05	3.90E-04
Copper	ton	2.56E-06	1.11E-07	1.24E-05
Stainless	ton	2.80E-07	4.02E-07	1.12E-06
Metal	ton	2.71E-05	6.23E-06	1.20E-04

ตารางที่ 5-2 บัญชีรายการการผลิตพรอพิลีนจำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
Ethane	ton	5.72E-01	3.77E-01	9.40E-01
Propane	ton	3.42E-01	2.82E-01	4.84E-01
LPG	ton	1.88E-01	2.34E-02	5.20E-01
NGL	ton	1.45E-01	6.75E-02	2.68E-01
Naphtha	ton	7.64E-01	3.31E-01	1.07E+00
Pentane	ton	9.57E-03	7.12E-03	1.46E-02
Raffinate	ton	3.71E-02	1.54E-02	4.67E-02
Treated water	m ³	5.86E+00	4.93E+00	7.03E+00
Demin water	m ³	7.60E-01	5.98E-01	8.87E-01
Water	m ³	3.77E+00	5.21E-03	6.45E+00
พลังงาน				
Fuel gas	MMBTU	5.87E+00	1.56E-02	1.25E+01
Off gas	MMBTU	1.16E+01	1.63E-01	1.25E+01
Fuel oil	L	1.07E+01	1.72E-01	4.77E+01
Electricity	kWh	2.28E+02	5.00E+01	5.16E+02
Steam	ton	1.04E+00	2.40E-01	1.24E+00
HP	ton	8.12E-01	7.62E-01	1.05E+00
MP	ton	1.71E-01	1.04E-01	3.18E-01
LP	ton	1.05E-01	9.17E-02	2.11E-01
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	1.09E+00	6.54E-01	1.49E+00
CH ₄	ton	2.18E-05	5.14E-07	1.43E-04
N ₂ O	ton	5.24E-05	1.22E-06	3.41E-04
SO _x	ton	1.39E-03	1.66E-04	2.89E-03
TSP	ton	4.33E-04	1.05E-05	8.98E-04
มลสารทางน้ำ				
Wastewater	ton	7.38E-01	2.38E-01	2.58E+00
BOD	ton	1.50E-05	1.18E-06	5.59E-05
COD	ton	1.94E-05	2.34E-06	1.62E-04
SS	ton	1.03E-04	1.53E-06	1.40E-03
TDS	ton	2.69E-03	2.46E-04	2.42E-02
Oil&Grease	ton	1.25E-06	1.18E-07	9.11E-06
Phenol	ton	1.62E-07	5.89E-08	3.47E-07
As	ton	2.09E-09	5.89E-10	7.66E-09
Hg	ton	1.18E-09	5.89E-10	2.77E-09

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
กากของเสีย				
Coke/Activated carbon	ton	3.03E-05	1.69E-07	1.72E-04
Sludge oil	ton	6.95E-04	3.87E-05	1.12E-02
Used oil	ton	5.63E-05	1.17E-06	7.06E-04
Contaminated garbage	ton	4.66E-06	3.63E-09	3.31E-05
Insulation	ton	8.30E-05	5.42E-08	4.54E-04
Molecular sieve	ton	5.78E-05	2.55E-05	3.23E-04
Activated alumina	ton	8.86E-07	3.56E-07	3.83E-06
Inert ball	ton	5.40E-06	2.55E-05	2.55E-05
Contaminated drum	ton	6.13E-07	2.49E-08	1.58E-06
Caustic & Yellow Oil	ton	9.56E-04	2.54E-04	1.72E-03
Chemical waste	ton	4.37E-04	8.70E-06	1.67E-03
Lube oil	ton	8.25E-05	9.75E-06	1.96E-04
อื่น ๆ				
Resin	ton	1.56E-06	4.50E-07	1.96E-05
Iron	ton	8.99E-05	4.69E-05	4.79E-04
Aluminium	ton	8.34E-06	1.58E-07	5.57E-05
Bio sludge	ton	2.11E-04	4.46E-05	3.90E-04
Copper	ton	2.43E-06	1.09E-07	1.27E-05
Stainless	ton	2.70E-07	3.95E-07	1.15E-06
Metal	ton	2.67E-05	6.40E-06	1.20E-04

ตารางที่ 5-3 บัญชีรายการการผลิตมีก๊าสที่จำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
Ethane	ton	4.14E-01	3.77E-01	4.86E-01
LPG	ton	1.41E-01	2.28E-02	5.38E-01
NGL	ton	1.34E-01	7.07E-02	2.76E-01
Naphtha	ton	8.22E-01	2.91E-01	1.11E+00
Pentane	ton	9.84E-03	7.47E-03	1.43E-02
Raffinate	ton	3.75E-02	1.50E-02	4.56E-02
Water	m ³	5.81E+00	4.85E+00	6.66E+00
พลังงาน				
Fuel gas	MMBTU	8.51E+00	1.37E-02	1.22E+01
Off gas	MMBTU	1.05E+01	4.16E+00	1.30E+01
Fuel oil	L	2.02E+00	1.65E-01	8.54E+00
Electricity	kWh	1.79E+02	5.24E+01	5.33E+02
Steam	ton	9.91E-01	2.48E-01	1.24E+00
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	1.04E+00	9.69E-01	1.09E+00
CH ₄	ton	6.01E-06	4.93E-07	2.55E-05
N ₂ O	ton	1.43E-05	1.17E-06	6.07E-05
SO _x	ton	9.77E-04	1.06E-05	1.96E-03
TSP	ton	8.23E-05	1.41E-05	1.69E-04
มลสารทางน้ำ				
Waste water	m ³	3.74E-01	2.36E-01	9.71E-01
BOD	ton	1.77E-05	1.14E-06	3.19E-05
COD	ton	9.18E-06	2.32E-06	6.31E-05
SS	ton	5.52E-06	1.63E-06	1.60E-05
TDS	ton	9.33E-04	2.54E-04	2.67E-03
Oil&Grease	ton	5.99E-07	1.21E-07	2.91E-06
Phenol	ton	1.68E-07	5.71E-08	3.71E-07
As	ton	2.18E-09	5.71E-10	7.89E-09
Hg	ton	1.14E-09	5.71E-10	2.97E-09
กากของเสีย				
Coke/Activated carbon	ton	1.79E-05	1.62E-07	1.73E-04
Sludge oil	ton	2.98E-05	3.89E-05	2.70E-04
Used oil	ton	4.75E-05	1.12E-06	7.07E-04
Contaminated garbage	ton	5.88E-06	3.48E-09	3.42E-05
Insulation	ton	2.33E-05	5.20E-08	2.37E-04
Molecular sieve	ton	2.79E-05	2.56E-05	2.64E-04
Activated alumina	ton	8.18E-07	3.73E-07	3.85E-06
Inert ball	ton	4.99E-06	2.56E-05	2.56E-05

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
Contaminated drum	ton	5.66E-07	2.39E-08	1.66E-06
อื่น ๆ				
Resin	ton	8.77E-08	4.72E-07	4.72E-07
Iron	ton	7.89E-05	4.83E-05	4.21E-04
Aluminium	ton	6.63E-07	1.59E-07	3.40E-06
Bio sludge	ton	1.96E-04	4.46E-05	4.18E-04
Copper	ton	1.66E-06	1.13E-07	1.11E-05
Stainless	ton	1.91E-07	4.08E-07	1.01E-06
Metal	ton	2.46E-05	6.43E-06	1.26E-04

ตารางที่ 5-4 บัญชีรายการการผลิตเบนซินจำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
FRC	ton	7.59E-01	7.41E-01	1.08E+00
Pygas	ton	3.09E-02	2.09E-02	4.76E-02
Heavy naphtha	ton	3.06E-03	8.17E-04	1.64E-02
Naphtha	ton	9.50E-01	7.38E-01	1.03E+00
Reformate	ton	1.20E-01	5.18E-02	1.98E-01
Natural gas	ton	4.98E-03	3.52E-03	1.45E-02
Mixed xylene	ton	2.30E-01	1.41E-02	2.37E+00
B/T	ton	2.43E-03	1.33E-04	1.97E-02
Hydrogen	ton	2.31E-04	1.25E-04	7.61E-04
Cyclohexane	ton	1.16E-04	7.14E-05	4.64E-04
Platformate	ton	2.42E+00	2.20E+00	2.65E+00
Clay	ton	9.38E-05	5.81E-05	1.13E-04
Raffinate	ton	3.57E-02	1.46E-02	4.42E-02
NGL	ton	9.76E-02	6.52E-02	1.86E-01
LPG	ton	4.57E-02	2.21E-02	6.71E-02
Pentane	ton	9.07E-03	6.88E-03	1.38E-02
Clarified water	m ³	1.63E-01	1.49E-01	3.04E-01
Demin water	m ³	3.90E-02	5.69E-05	6.78E-02
Portable water	m ³	1.79E-03	3.86E-03	3.86E-03
พลังงาน				
Fuel oil	L	5.56E+00	1.65E-01	2.51E+01
Fuel gas	MMBTU	8.32E+00	1.49E+00	1.18E+01
Off gas	MMBTU	3.03E+00	3.50E-02	5.08E+00
Natural gas	MMBTU	3.84E-01	2.50E-01	6.56E-01
LPG	ton	4.63E-03	4.32E-03	4.91E-03
Electricity	kWh	7.50E+01	3.96E+01	9.84E+01
Steam				
HP	ton	3.96E-01	1.68E-01	1.04E+00
MP	ton	1.19E-01	6.23E-02	2.57E-01
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	5.07E-01	2.90E-01	1.12E+00
CH ₄	ton	1.83E-06	2.13E-07	2.35E-05
N ₂ O	ton	3.87E-06	2.13E-08	5.59E-05
SO _x	ton	1.46E-05	2.56E-06	2.53E-05
TSP	ton	7.07E-06	1.37E-07	1.49E-06
มลสารทางน้ำ				
Wastewater	m ³	2.10E+01	6.97E-04	8.08E+01

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
BOD	ton	9.22E-05	1.39E-09	1.62E-03
COD	ton	4.44E-04	1.74E-08	3.56E-03
SS	ton	1.11E-04	4.43E-09	8.08E-04
TDS	ton	1.90E-07	7.37E-08	3.18E-07
Oil & Grease	ton	4.94E-05	6.97E-10	1.74E-04
Hg	ton	1.83E-10	6.99E-11	5.74E-07
TOC	ton	1.52E-04	5.31E-07	1.06E-03
กากของเสีย				
Coke	ton	1.36E-06	1.62E-07	4.00E-06
Sludge oil	ton	9.03E-06	3.78E-05	3.78E-05
Used oil	ton	3.71E-06	1.12E-06	1.65E-05
Contaminated garbage	ton	3.58E-07	3.48E-09	1.27E-06
Insulation	ton	6.51E-06	5.20E-08	5.40E-05
Molecular sieve	ton	5.95E-06	2.49E-05	2.49E-05
Activated alumina	ton	1.72E-05	3.44E-07	5.99E-05
Contaminated drum	ton	6.38E-07	2.39E-08	7.70E-06
Oil contaminated material	ton	5.14E-06	1.55E-06	2.60E-05
Condensate oil	ton	1.49E-04	8.46E-05	7.30E-04
Adsorbent catalyst	ton	2.19E-04	8.05E-04	8.05E-04
Adsorbent filter	ton	4.51E-07	3.31E-07	6.60E-07
Sulfolane aqueous	ton	2.90E-05	8.20E-06	6.84E-05
Inert Ball	ton	5.95E-06	2.49E-05	2.49E-05
Spent clay	ton	6.83E-05	5.81E-05	4.11E-04
Waste water sludge	ton	1.04E-05	4.15E-06	3.42E-05
อื่นๆ				
Resin	ton	9.42E-08	4.35E-07	4.35E-07
Aluminium	ton	7.16E-07	1.54E-07	3.13E-06
Metal	ton	2.66E-05	6.25E-06	7.61E-04
Copper	ton	4.74E-07	1.74E-06	1.74E-06
PVC	ton	2.02E-05	7.43E-05	7.43E-05
Rock wool insulation	ton	2.99E-06	5.75E-07	8.35E-06
Bottom ash	ton	1.48E-05	5.44E-05	5.44E-05

ตารางที่ 5-5 บัญชีรายการการผลิตโหลอื่นจำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
FRC	ton	9.00E-01	8.28E-01	1.15E+00
Pygas	ton	4.25E-02	1.96E-02	5.56E-02
Heavy naphtha	ton	1.09E-02	7.65E-04	1.79E-02
Naphtha	ton	1.03E+00	8.04E-01	1.12E+00
Reformate	ton	1.60E-01	4.84E-02	1.93E-01
Natural gas	ton	5.59E-03	8.37E-03	1.35E-02
Mixed xylene	ton	1.56E-01	1.32E-02	2.59E+00
B/T	ton	3.38E-03	2.94E-03	1.63E-02
Hydrogen	ton	8.98E-05	1.36E-04	1.36E-04
Cyclohexane	ton	3.06E-05	9.01E-05	9.01E-05
Platformate	ton	2.44E+00	2.21E+00	2.68E+00
Clay	ton	9.80E-05	5.74E-05	1.14E-04
Raffinate	ton	3.76E-02	1.80E-02	5.46E-02
NGL	ton	1.03E-01	7.16E-02	2.30E-01
LPG	ton	4.83E-02	2.73E-02	7.25E-02
Pentane	ton	9.38E-03	7.55E-03	1.71E-02
Clarified water	m ³	2.07E-01	1.88E-01	2.84E-01
Demin water	m ³	5.88E-02	5.32E-05	6.97E-02
Portable water	m ³	1.67E-03	3.61E-03	3.61E-03
พลังงาน				
Fuel oil	L	7.76E+00	1.77E-01	2.54E+01
Fuel gas	MMBTU	7.27E+00	1.47E+00	1.46E+01
Off gas	MMBTU	1.78E+00	4.04E-02	4.93E+00
Natural gas	MMBTU	3.26E-01	2.99E-01	6.13E-01
LPG	ton	4.63E-03	4.35E-03	4.85E-03
Electricity	kWh	8.88E+01	3.71E+01	1.22E+02
Steam				
HP	ton	9.71E-01	1.57E-01	1.05E+00
MP	ton	2.25E-01	8.37E-02	2.55E-01
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	7.75E-01	2.72E-01	1.13E+00
CH ₄	ton	7.19E-06	5.04E-07	2.45E-05
N ₂ O	ton	9.02E-06	5.11E-07	5.83E-05
SO _x	ton	1.43E-05	1.11E-05	2.31E-04
TSP	ton	7.32E-06	1.24E-06	1.48E-05

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
มลสารทางน้ำ				
Wastewater	m ³	1.46E-01	7.01E-04	7.68E+01
BOD	ton	1.39E-05	2.31E-10	3.22E-05
COD	ton	2.13E-06	1.39E-09	6.55E-06
SS	ton	1.93E-08	4.62E-10	1.81E-06
TDS	ton	1.90E-07	7.46E-08	3.20E-07
Oil & Grease	ton	1.27E-09	4.62E-10	2.68E-07
Hg	ton	6.70E-11	8.09E-13	1.71E-10
TOC	ton	9.78E-07	8.78E-10	1.15E-06
กากของเสีย				
Coke	ton	1.59E-06	1.73E-07	4.33E-06
Sludge oil	ton	1.02E-05	4.09E-05	4.09E-05
Used oil	ton	3.73E-06	1.20E-06	1.81E-05
Contaminated garbage	ton	4.40E-07	3.73E-09	1.39E-06
Insulation	ton	1.68E-05	5.57E-08	5.92E-05
Molecular sieve	ton	6.74E-06	2.69E-05	2.69E-05
Activated alumina	ton	2.43E-06	3.77E-07	6.52E-05
Contaminated drum	ton	7.65E-07	2.56E-08	8.40E-06
Condensate oil	ton	5.25E-04	7.95E-04	7.95E-04
Adsorbent catalyst	ton	1.62E-04	7.96E-04	7.96E-04
Sulfolane aqueous	ton	2.98E-05	8.11E-06	6.89E-05
Inert ball	ton	6.74E-06	2.69E-05	2.69E-05
Spent clay	ton	6.58E-05	5.74E-05	4.16E-04
อื่นๆ				
Resin	ton	1.19E-07	4.77E-07	4.77E-07
Metal	ton	3.33E-05	6.75E-06	7.53E-04
Copper	ton	3.50E-07	1.72E-06	1.72E-06
Rock wool insulation	ton	2.50E-06	5.79E-07	8.25E-06
Bottom ash	ton	1.09E-05	5.38E-05	5.38E-05

ตารางที่ 5-6 บัญชีรายการการผลิตพาราไซลีนจำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
FRC	ton	7.26E-01	7.85E-01	1.04E+00
Pygas	ton	2.97E-02	2.02E-02	4.65E-02
Heavy naphtha	ton	3.40E-03	7.88E-04	1.70E-02
Reformate	ton	1.17E-01	4.99E-02	1.98E-01
Natural gas	ton	3.84E-03	1.40E-02	7.94E-03
Mixed xylene	ton	2.11E-01	1.36E-02	2.45E+00
B/T	ton	2.33E-03	1.33E-04	3.40E-03
Hydrogen	ton	2.41E-04	1.29E-04	7.42E-04
Cyclohexane	ton	1.23E-04	7.27E-05	4.78E-04
Platformate	ton	1.64E+00	2.23E+00	2.61E+00
Clay	ton	6.42E-05	5.90E-05	1.11E-04
Clarified water	m ³	1.64E-01	1.52E-01	2.93E-01
Demin water	m ³	3.84E-02	5.48E-05	6.61E-02
Portable water	m ³	1.74E-03	3.72E-03	3.72E-03
พลังงาน				
Fuel Oil	L	2.17E+01	1.93E+01	3.97E+01
Fuel Gas	MMBTU	2.45E+00	1.51E+00	3.96E+00
Off gas	MMBTU	4.01E+00	2.05E+00	6.55E+00
Natural gas	MMBTU	3.92E-01	2.54E-01	6.41E-01
LPG	ton	6.39E-03	4.39E-03	1.00E-02
Electricity	kWh	8.40E+01	3.87E+01	1.97E+02
Steam				
HP	ton	4.62E-01	1.64E-01	1.02E+00
MP	ton	1.17E-01	6.12E-03	2.62E-01
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	5.75E-01	2.80E-01	1.25E+00
CH ₄	ton	2.63E-06	2.16E-07	5.41E-06
N ₂ O	ton	4.97E-07	2.16E-08	1.03E-06
SO _x	ton	1.48E-04	1.12E-05	2.87E-04
มลสารทางน้ำ				
Wastewater	m ³	2.35E+01	7.07E-04	8.09E+01
BOD	ton	9.99E-05	1.41E-09	1.62E-03
COD	ton	4.99E-04	1.77E-08	3.56E-03
SS	ton	8.96E-05	4.50E-09	8.09E-04
TDS	ton	2.32E-07	7.27E-08	5.23E-07
Oil&Grease	ton	4.03E-05	7.07E-10	1.79E-04
Hg	ton	1.78E-10	6.83E-11	5.74E-07

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
TOC	ton	1.61E-04	5.19E-07	1.06E-03
กากของเสีย				
Used Oil	ton	2.66E-06	3.37E-06	7.35E-06
Insulation	ton	2.05E-06	2.01E-06	9.29E-06
Activated Alumina	ton	1.99E-05	3.44E-07	6.18E-05
Oil Contaminated Material	ton	4.83E-06	1.50E-06	7.54E-04
Condensate Oil	ton	1.55E-04	1.12E-04	7.54E-04
Adsorbent Catalyst	ton	1.38E-04	8.19E-04	8.19E-04
Adsorbent filter	ton	2.23E-07	4.45E-07	6.72E-07
Sulfolane aqueous	ton	1.94E-05	8.34E-06	6.95E-05
Spent Clay	ton	5.90E-05	5.61E-05	4.05E-04
Waste Water Sludge	ton	7.72E-06	4.06E-06	3.42E-05
อื่นๆ				
Metal	ton	1.98E-04	2.59E-04	7.74E-04
Copper	ton	2.99E-07	1.77E-06	1.77E-06
PVC	ton	1.28E-05	7.56E-05	7.56E-05
Rock wool insulation	ton	2.35E-06	5.84E-07	8.49E-06
Bottom Ash	ton	9.35E-06	5.54E-05	5.54E-05

5.2.3 ความเข้มพลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

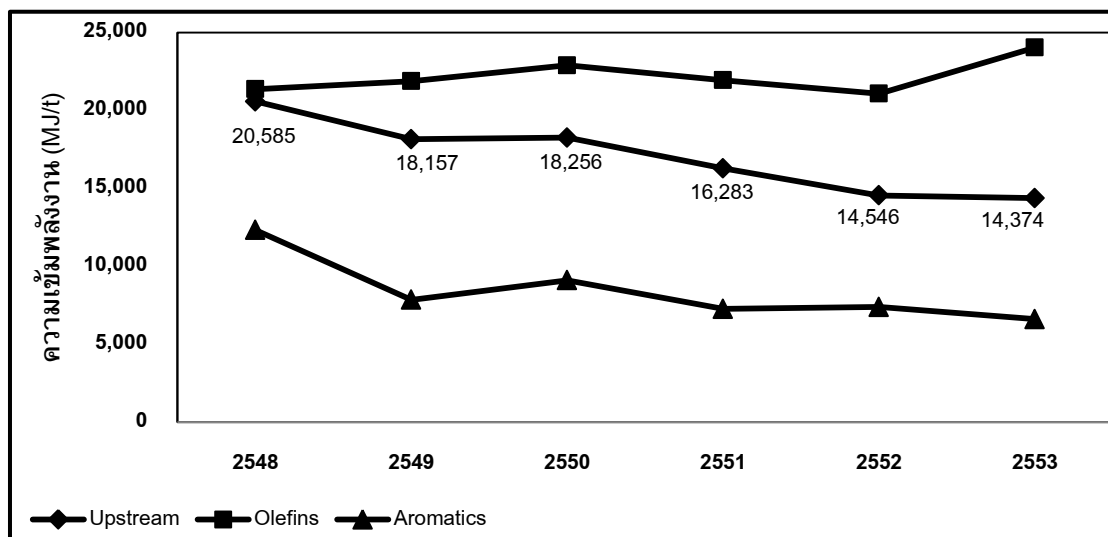
ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นแบ่งตามกลุ่มผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยผลการคำนวณจากโรงงานตัวแทนทุกโรงงานในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2553 ดังตารางที่ 5-7 พบว่า การใช้พลังงานของกลุ่มผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์มีค่าสูงกว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์อะโรเมติกส์ (เฉลี่ย 22,280 และ 7,648 MJ/t ตามลำดับ) เนื่องจากผลิตภัณฑ์กลุ่มโอเลฟินส์ต้องใช้พลังงานความร้อนในการแตกตัวโมเลกุลของวัตถุดิบเพื่อให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์กลุ่มอะโรเมติกส์ใช้ความร้อนเพื่อการกลั่นแยกส่วนผลิตภัณฑ์เท่านั้น โดยผลิตภัณฑ์กลุ่มโอเลฟินส์ทุกชนิดมีแนวโน้มการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตค่อนข้างคงที่และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในแต่ละปี และกลับมีค่าสูงขึ้นในปี 2553 เนื่องจากมีการเริ่มเดินระบบของโรงงานที่เริ่มเปิดกิจการใหม่ ส่วนกลุ่มอะโรเมติกส์มีแนวโน้มการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตลดลงในแต่ละปีอย่างเห็นได้ชัด โดยความเข้มพลังงานของผลิตภัณฑ์กลุ่มอะโรเมติกส์ในปี พ.ศ. 2553 มีค่าลดลงประมาณร้อยละ 27 ของการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2550 ดังรูปที่ 5-7

ตารางที่ 5-7 ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

หน่วย : MJ/t

EI	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	จำนวนโรงงาน
ETH	21,956	20,747	23,855	5
PPL	22,627	21,461	24,075	5
MC4	23,588	20,968	24,814	4
Olefin*	22,280	21,080	24,041	
BZ	7,189	5,577	11,949	4
TOL	8,988	5,074	14,268	4
PX	7,728	5,948	8,703	2
Aromatic*	7,648	6,611	12,334	
Upstream*	16,396	14,374	20,585	

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ยของกลุ่มผลิตภัณฑ์เป็นค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่มีในโรงงานตัวแทนแต่ละแห่ง



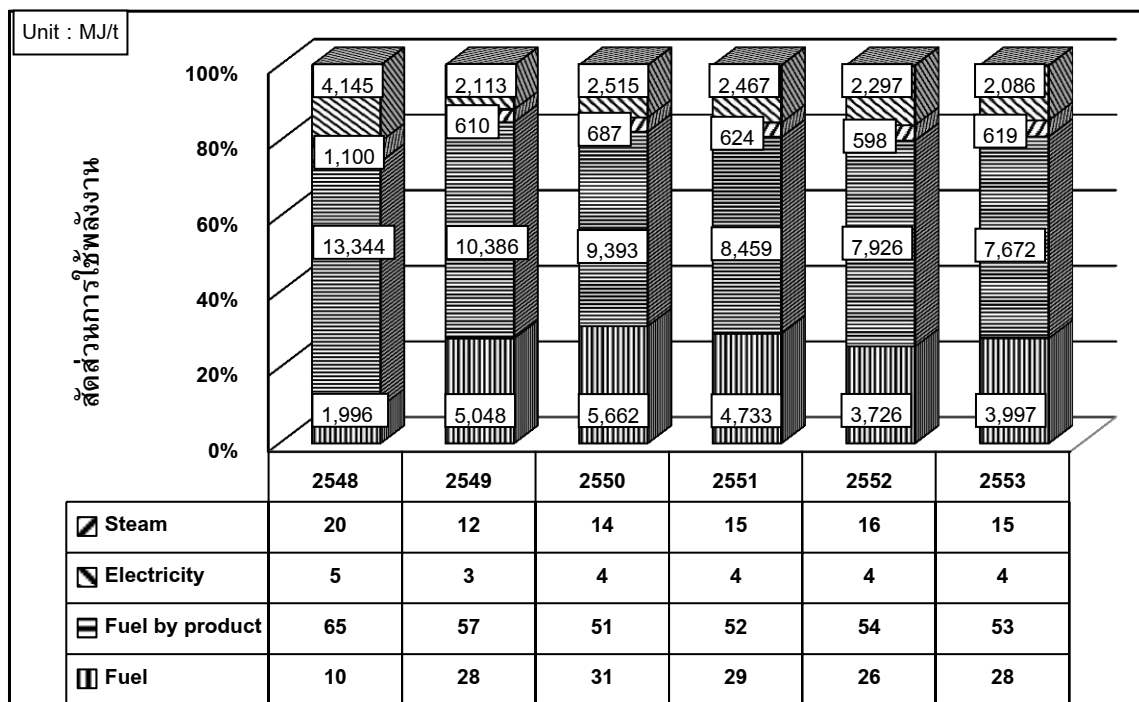
รูปที่ 5-7 ความเข้มพลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

จากการวิเคราะห์ภาพรวมความเข้มพลังงานของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น พบว่า การใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นในช่วงปี พ.ศ. 2548 - 2553 มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากโรงงานได้นำแนวทางการอนุรักษ์พลังงานมาปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเพื่อดำเนินการตามข้อกำหนดของ พรบ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ส่งผลให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพมาก

ขึ้น โดยปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นในปี พ.ศ. 2553 ลดลงประมาณร้อยละ 30 ของปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2548

5.2.4 สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

ผลการพิจารณาสัดส่วนการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น โดยแบ่งขอบเขตการพิจารณาตามแหล่งที่มาและชนิดพลังงาน ดังรูปที่ 5-8 พบว่า อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีการใช้พลังงานทางตรงมากกว่าการใช้พลังงานทางอ้อมประมาณ 4 เท่า โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 75 – 85 และร้อยละ 15 – 25 ตามลำดับ



หมายเหตุ : ผลิตภัณฑ์กลุ่มอะโรมาติกส์ปี พ.ศ. 2548 เป็นข้อมูลจากโรงงานตัวแทนเพียง 1 โรงและไม่มีข้อมูล p-xylene

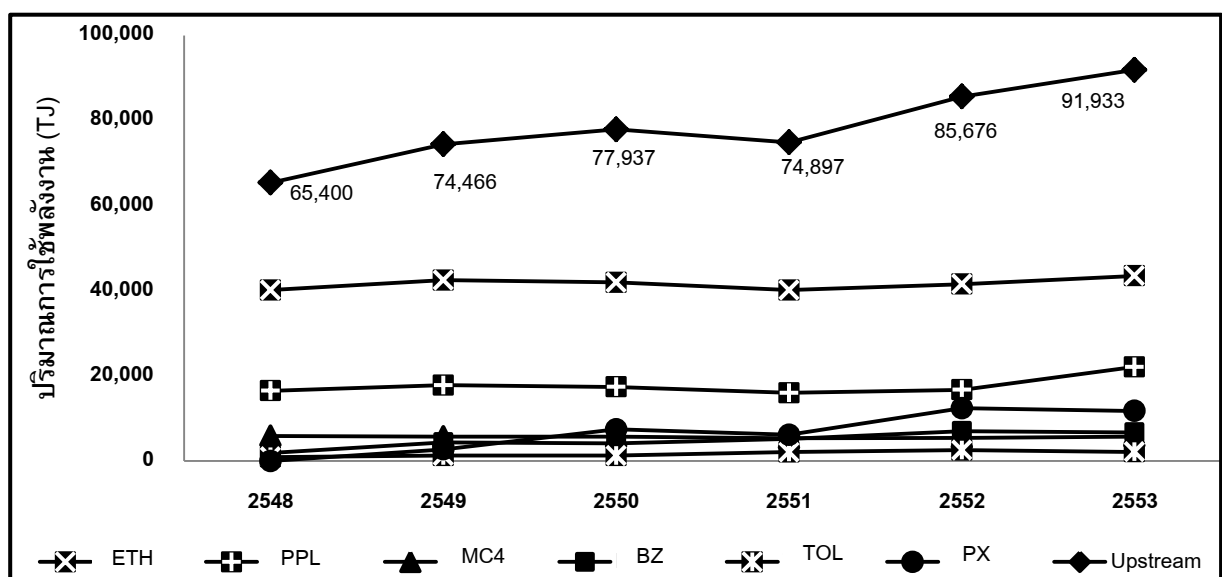
รูปที่ 5-8 สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เวียนใช้จากกระบวนการผลิต (Fuel by product) มากที่สุด ซึ่งในปี พ.ศ. 2548 - 2553 มีสัดส่วนการใช้พลังงานคิดเป็นประมาณร้อยละ 51 - 65 ของการใช้พลังงานทั้งหมด รองลงมาเป็นการใช้

เชื้อเพลิงที่ใช้เผาไหม้โดยตรงในกระบวนการผลิตประมาณร้อยละ 26 - 31 อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงค่อนข้างสูง เนื่องจากกระบวนการผลิตหลักของกลุ่มผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์ คือ กระบวนการแตกตัวโมเลกุล (Cracking) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้วัตถุดิบโมเลกุลขนาดใหญ่แตกตัวเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กจึงจำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงปริมาณมากเพื่อให้มีพลังงานที่เพียงพอในการแตกตัวโมเลกุลของวัตถุดิบ เช่น อีเทน โพรเพน ก๊าซแอลพีจี และแนฟธา ส่วนกระบวนการผลิตหลักของกลุ่มผลิตภัณฑ์อะโรเมติกส์ คือ กระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุล (Reforming) ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลไฮโดรคาร์บอน โดยใช้ความร้อน ความดัน และ/หรือตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าร่วมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ กระบวนการดังกล่าวใช้เปลี่ยนโมเลกุลของแนฟธาชนิดหนักเพื่อไปเป็นผลิตภัณฑ์กลุ่มอะโรเมติกส์ส่งผลให้การใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงมีสัดส่วนสูงสุด

5.2.5 ปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนจากโรงงานตัวแทนสามารถวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ได้แก่ เอทิลีน พรอพิลีน มิทซ์ซีลี เบนซีน โทลูอิน และพาราไซลีน ดังรูปที่ 5-9

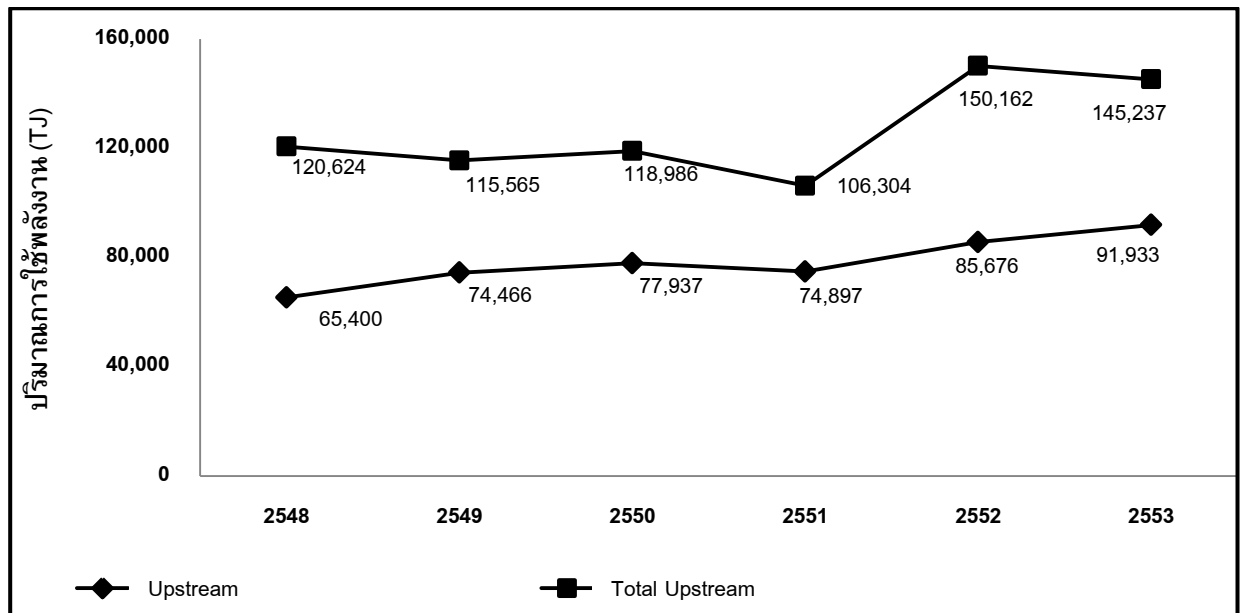


รูปที่ 5-9 ปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

เมื่อพิจารณาภาพรวมปริมาณการใช้พลังงานของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทน พบว่า การใช้พลังงานรายปีของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2553 พบว่า การใช้พลังงานในแต่ละปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 41 ของการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2548 เนื่องจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์กลุ่มโพลีเอทิลีนที่เพิ่มขึ้นถึง 2 เท่าในปีพ.ศ. 2553 จึงส่งผลให้แนวโน้มของการใช้พลังงานสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

5.2.6 ปริมาณการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

ผลการประเมินปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นของประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2553 ดังรูปที่ 5-10 พบว่า ปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ โดยมีปริมาณการใช้พลังงานรายปีสูงสุดในปี พ.ศ. 2552 และต่ำสุดในปี พ.ศ. 2551 ประมาณ 150,162 TJ และ 106,304 TJ ตามลำดับ การใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2552 มีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 42 ของปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2551 เนื่องจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและอุปสงค์ของการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่วนการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2551 มีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2552 เนื่องจากในปี พ.ศ. 2551 ประเทศสหรัฐอเมริกาประสบปัญหาทางด้านเศรษฐกิจส่งผลให้กำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีของประเทศไทยได้รับผลกระทบในแง่การส่งออกที่ลดลงมาก มีผลต่อการลดกำลังการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจึงลดลงไปด้วย



รูปที่ 5-10 ปริมาณการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

5.2.7 ความเข้มข้นคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

ผลการคำนวณความเข้มข้นคาร์บอนของผลิตภัณฑ์กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นในรูปตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันผลิตภัณฑ์ ($t\ CO_2\ eq./t$) ดังตารางที่ 5-8 พบว่า ความเข้มข้นคาร์บอนของผลิตภัณฑ์กลุ่มโอเลฟินส์และอะโรเมติกส์มีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละปียกเว้นผลิตภัณฑ์โทลูอีน โดยมีค่าต่ำสุด - สูงสุดในปี พ.ศ. 2548 - 2553 มีค่าอยู่ในช่วง 1.125 - 1.309 และ 0.518 - 0.667 $t\ CO_2\ eq./t$ ตามลำดับ

ตารางที่ 5-8 ความเข้มข้นคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

หน่วย : t CO₂ eq./t

CI	2548	2549	2550	2551	2552	2553	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	จำนวนโรงงาน
ETH	1.288	1.139	1.217	1.125	1.104	1.257	1.288	1.104	1.188	5
PPL	1.334	1.193	1.260	1.181	1.140	1.269	1.334	1.140	1.234	5
MC4	1.485	1.307	1.384	1.277	1.272	1.335	1.485	1.272	1.372	4
Olefin*	1.309	1.166	1.241	1.149	1.125	1.268	1.309	1.125	1.212	
BZ	0.612 ^a	0.542	0.542	0.546	0.491	0.433	0.612	0.433	0.508	4
TOL	0.638 ^a	0.842	0.645	0.750	0.845	0.646	0.845	0.638	0.776	4
PX	- ^b	0.420	0.681	0.632	0.574	0.519	0.681	0.420	0.575	2
Aromatic*	0.621	0.523	0.667	0.638	0.596	0.518	0.667	0.518	0.594	
Upstream*	1.272	0.993	1.047	0.939	0.862	0.843	1.272	0.843	0.944	

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ยของกลุ่มผลิตภัณฑ์เป็นค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ที่มีในโรงงานตัวแทนแต่ละแห่ง

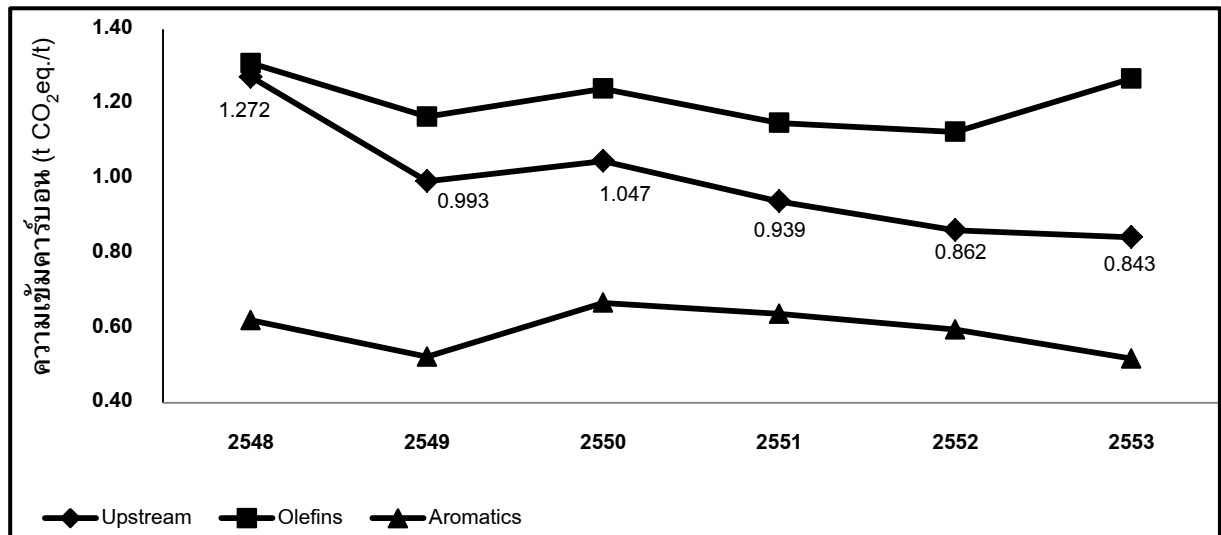
^a ข้อมูลจากโรงงานตัวแทนเพียง 1 โรง

^b ไม่มีข้อมูลจากโรงงานตัวแทน

ความเข้มข้นคาร์บอนของผลิตภัณฑ์กลุ่มปิโตรเคมีขั้นต้นในช่วงระยะเวลา 6 ปีมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.944 t CO₂eq./t ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นที่มีความเข้มข้นคาร์บอนสูงสุด คือ มิกซ์ซีล โดยมีความเฉลี่ยอยู่ที่ 1.372 t CO₂eq./t ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นคาร์บอนต่ำสุด คือ เบนซีน โดยมีความเฉลี่ยอยู่ที่ 0.508 t CO₂eq./t

เมื่อพิจารณาแนวโน้มความเข้มข้นคาร์บอนของผลิตภัณฑ์กลุ่มโอเลฟินส์และอะโรเมติกส์ระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2553 ดังรูปที่ 5-11 พบว่า ความเข้มข้นคาร์บอนของผลิตภัณฑ์กลุ่มโอเลฟินส์มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2552 ความเข้มข้นคาร์บอนของกลุ่มโอเลฟินส์ลดลงประมาณร้อยละ 14 จากปี พ.ศ. 2548 ในขณะที่ปี พ.ศ. 2553 ความเข้มข้นคาร์บอนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเริ่มเดินระบบของโรงงานส่วนที่เปิดใหม่ซึ่งไม่สามารถเดินเครื่องได้เต็มกำลังการผลิตของโรงงานทำให้มีการใช้พลังงานต่อต้านผลิตภัณฑ์สูงและมีผลต่อปริมาณความเข้มข้นคาร์บอนสูงด้วย ส่วนความเข้มข้นคาร์บอนของผลิตภัณฑ์กลุ่มอะโรเมติกส์ โทลูอีนมีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเบนซีนและ พาราไซลีน เนื่องจากการเพิ่มกำลังการผลิตของพาราไซลีนซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงส่งผลให้กำลังการผลิตของโทลูอีนลดลง ความเข้มข้นคาร์บอนของโทลูอีนจึงสูงขึ้น ในปี พ.ศ. 2548 เนื่องจากบางโรงงานไม่มีข้อมูลการผลิตเบนซีน โทลูอีน และพาราไซลีน ความเข้มข้นคาร์บอนในปีนั้นจึงค่อนข้างสูง ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นคาร์บอนผลิตภัณฑ์กลุ่มอะโรเมติกส์ระหว่างปี พ.ศ. 2548

- 2553 มีแนวโน้มลดลง โดยในปี พ.ศ. 2553 ความเข้มข้นคาร์บอนของกลุ่มอะโรมาติกส์ลดลงประมาณร้อยละ 22 จากปี พ.ศ. 2550



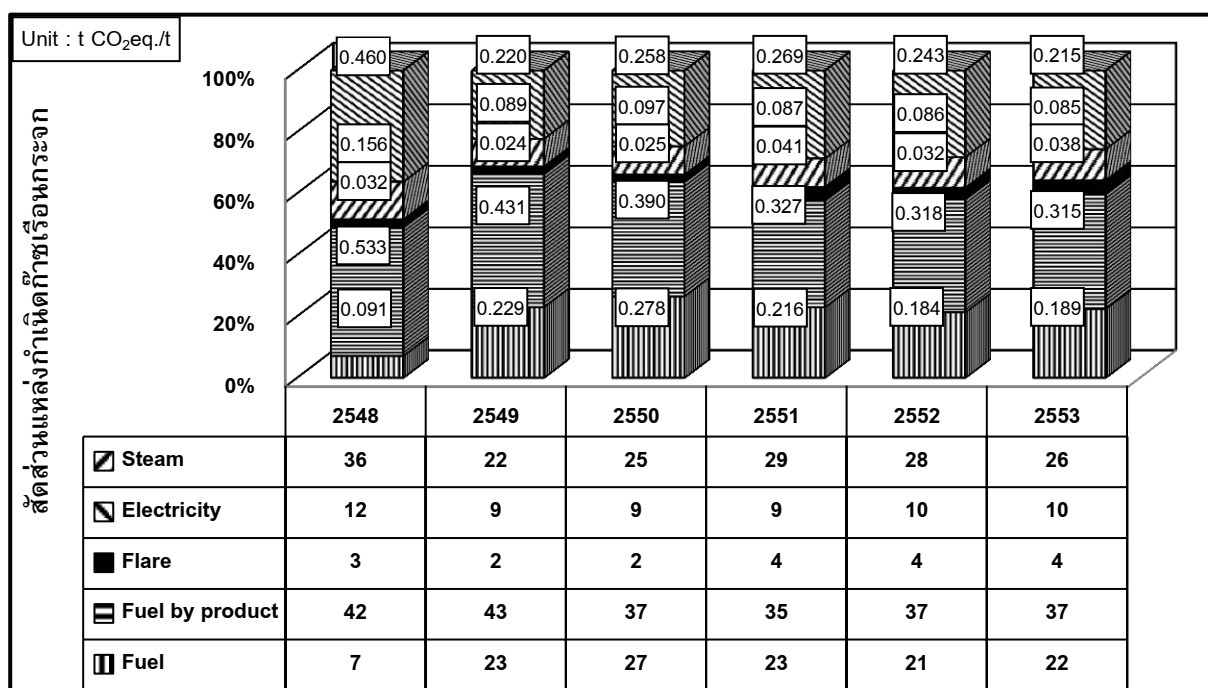
รูปที่ 5-11 ความเข้มข้นคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

จากการวิเคราะห์ภาพรวมความเข้มข้นคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นในช่วงปี พ.ศ. 2548 - 2553 มีแนวโน้มลดลงทั้งผลิตภัณฑ์กลุ่มโอเลฟินส์และอะโรมาติกส์โดยมีแนวโน้มลดลงเหมือนกับแนวโน้มการลดลงของความเข้มข้นพลังงาน เนื่องจากโรงงานได้มีการนำแนวทางการอนุรักษ์พลังงานมาปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นอย่างจริงจังก่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตลดลง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตจึงลดลงด้วย ในปี พ.ศ. 2553 ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นมีความเข้มข้นคาร์บอนลดลงประมาณร้อยละ 34 จากปี พ.ศ. 2548 ใกล้เคียงกับค่าการลดลงของความเข้มข้นพลังงานที่ร้อยละ 30 ในช่วงเวลาดังกล่าว

5.2.8 สัดส่วนแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

การประเมินความเข้มข้นคาร์บอนจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แบ่งออกเป็น 2 ขอบเขตตามลักษณะแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก พบว่า แหล่งพลังงานทางตรง ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรง

การใช้เชื้อเพลิงและการเผาไหม้ มีค่าความเข้มข้นคาร์บอนสูงกว่าแหล่งพลังงานทางอ้อม (พลังงานไฟฟ้าและพลังงานไอน้ำ) คิดเป็นเฉลี่ยร้อยละ 62.5 และ 37.5 ตามลำดับ ดังรูปที่ 5-12 เมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น พบว่า แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกมาจากเชื้อเพลิงที่เวียนใช้ในกระบวนการผลิตมากที่สุด ได้แก่ ก๊าซเชื้อเพลิง (Fuel gas) และน้ำมันเตา (Fuel oil) เป็นต้น (คิดเป็นร้อยละ 35 - 43 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด) รองลงมา คือ ก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไอน้ำ การใช้เชื้อเพลิงที่เผาไหม้โดยตรงในกระบวนการผลิต การใช้พลังงานไฟฟ้า และการเผาไหม้ ตามลำดับ โดยมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 22-28, 21-27, 9-10 และ 2-4 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจะเห็นว่ากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นมีสัดส่วนของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากแหล่งกำเนิดการใช้พลังงานทางตรงสูงถึง 0.65 – 0.70 t CO₂eq./t คิดเป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากเชื้อเพลิงที่เวียนใช้ในกระบวนการผลิตสูงถึง 0.315 - 0.431 t CO₂eq./t และมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าและไอน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.28 และ 0.1 t CO₂eq./t ตามลำดับ ดังนั้นกลุ่มอุตสาหกรรมนี้จึงมีศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าและไอน้ำค่อนข้างต่ำ

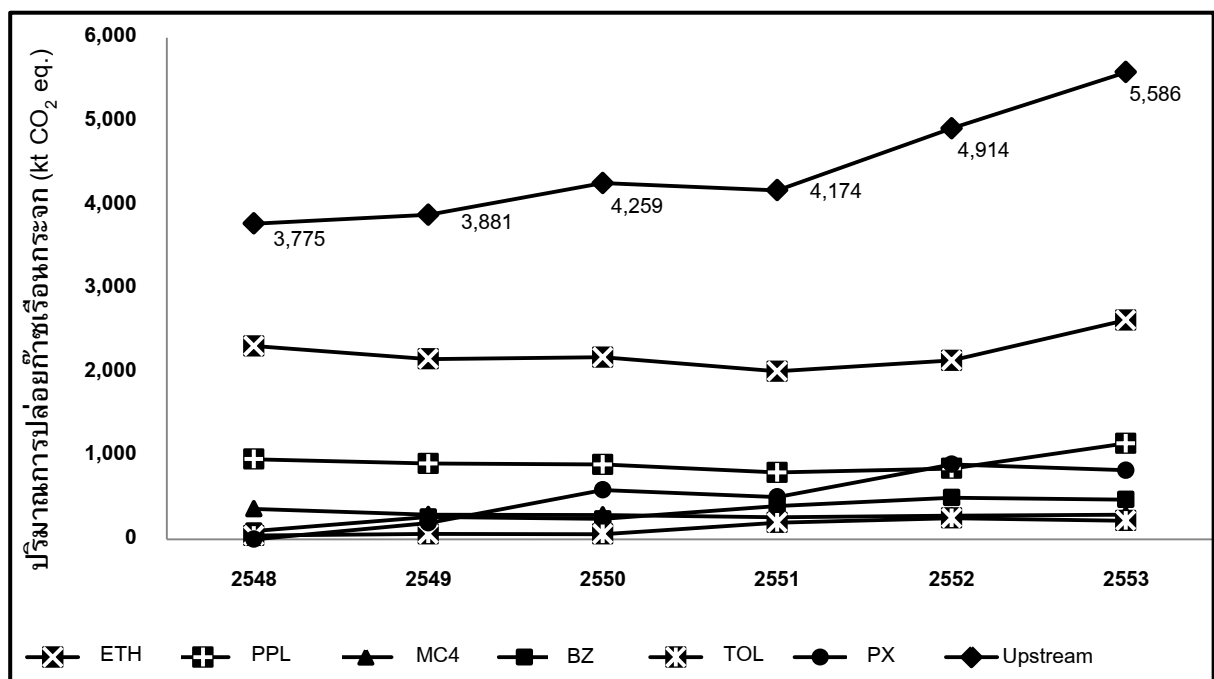


หมายเหตุ : ผลิตภัณฑ์กลุ่มอะโรมาติกส์ปี พ.ศ. 2548 เป็นข้อมูลจากโรงงานตัวแทนเพียง 1 โรงและไม่มีข้อมูล p-xylene

รูปที่ 5-12 สัดส่วนแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

5.2.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนจากโรงงานตัวแทนสามารถวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 5-13 พบว่า กลุ่มผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์อะโรเมติกส์ เนื่องจากกำลังการผลิตและความต้องการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์กลุ่มโอเลฟินส์สูงกว่าผลิตภัณฑ์กลุ่มอะโรเมติกส์ประมาณ 2 เท่า ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกย่อมสูงกว่าด้วย เอทิลีนเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มโอเลฟินส์ที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดโดยมีกำลังการผลิตสูงถึง 4,436 ล้านตันในปี พ.ศ. 2553 รองลงมา คือ พรอพิลีน พาราไซลีน และเบนซีน ที่มีกำลังการผลิตสูงถึง 2,441 2,185 และ 1,277 ล้านตันตามลำดับ



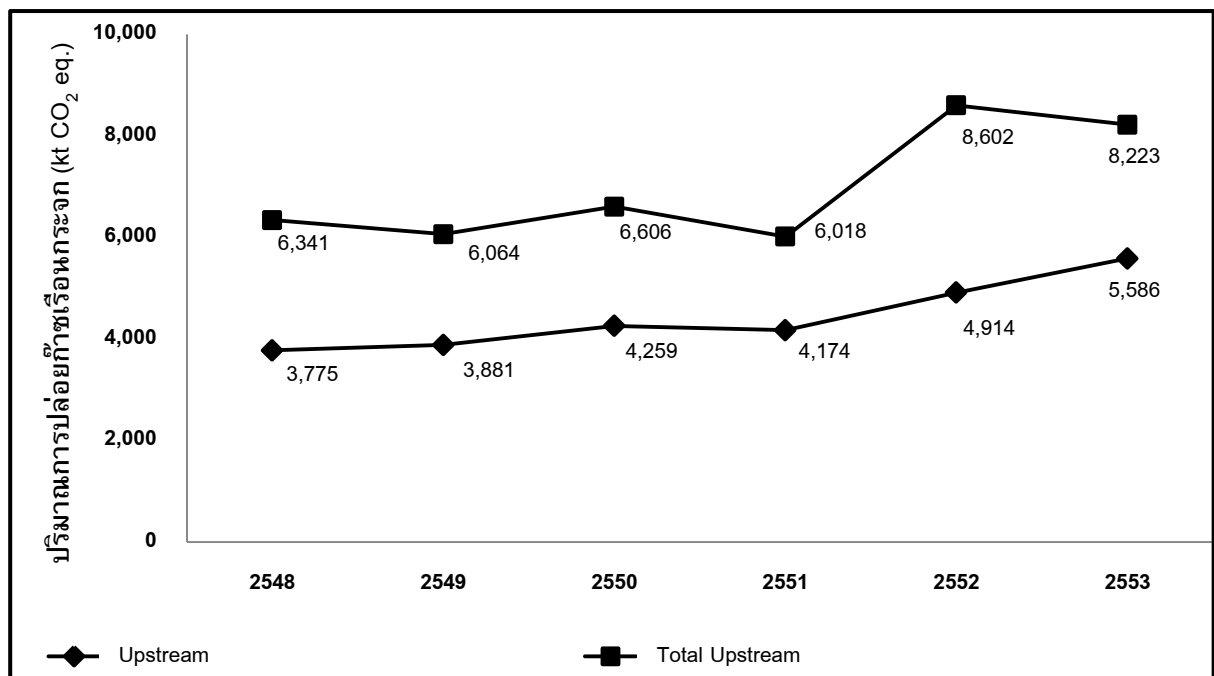
รูปที่ 5-13 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

เมื่อพิจารณาภาพรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทน พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนมีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2548 เท่ากับ 3,775 kt CO₂ eq. และแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับในแต่ละปีเป็น 5,586 kt CO₂ eq. ในปี 2553 ตามกำลังการผลิตสูงขึ้นของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนที่เพิ่มขึ้นตามการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและอุปสงค์ของ

ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในแต่ละปี ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 48 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2548

5.2.10 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2553 ดังรูปที่ 5-14 พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายปีสูงสุดในปี พ.ศ. 2552 และ 2553 ประมาณ 8,602 และ 8,223 kt CO₂ eq. ตามลำดับ. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2548 ถึงปี พ.ศ. 2553 ประมาณร้อยละ 30 การที่อัตราการเพิ่มขึ้นมีค่าแตกต่างกันเนื่องจากโรงงานตัวแทนที่ศึกษามีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปีและมีอัตราการเพิ่มสูงกว่ากำลังการผลิตรวมของทั้งประเทศที่อาจมีกำลังการผลิตรวมค่อนข้างคงที่ในบางปี เช่นปี 2548-2559 และ 2550-2551



รูปที่ 5-14 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

5.3 ก๊าซเรือนกระจกกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง

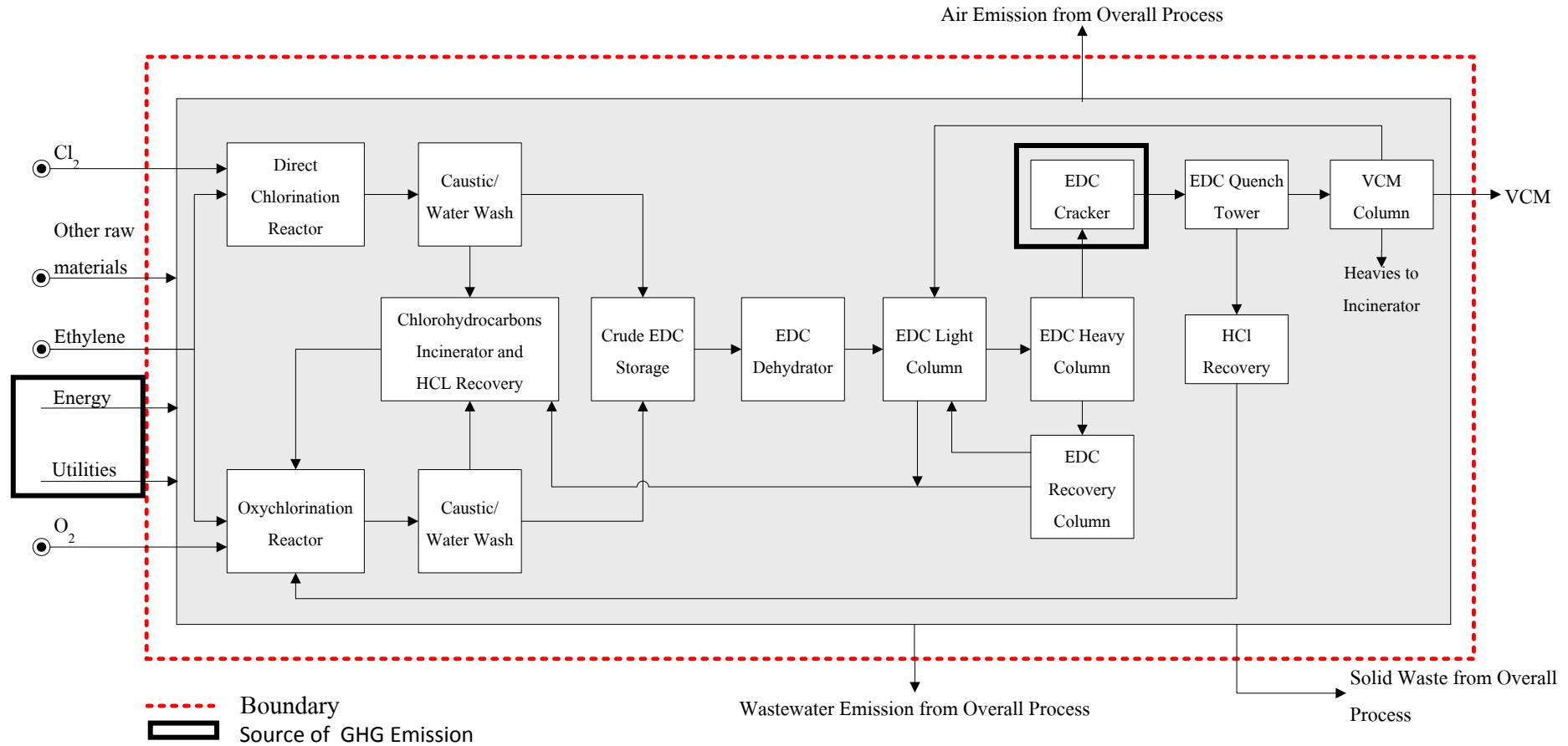
อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมขั้นปลายต่อไป ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางที่คัดเลือกเพื่อเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีดังรายละเอียดในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.2 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์และโรงงานปิโตรเคมีตัวแทน มี 3 ผลิตภัณฑ์ คือ ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ กรดเทเรฟทาลิก และสไตรีนมอนอเมอร์ ผลการวิจัยเกี่ยวกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางทั้ง 10 ประเด็น มีรายละเอียดดังนี้

5.3.1 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง

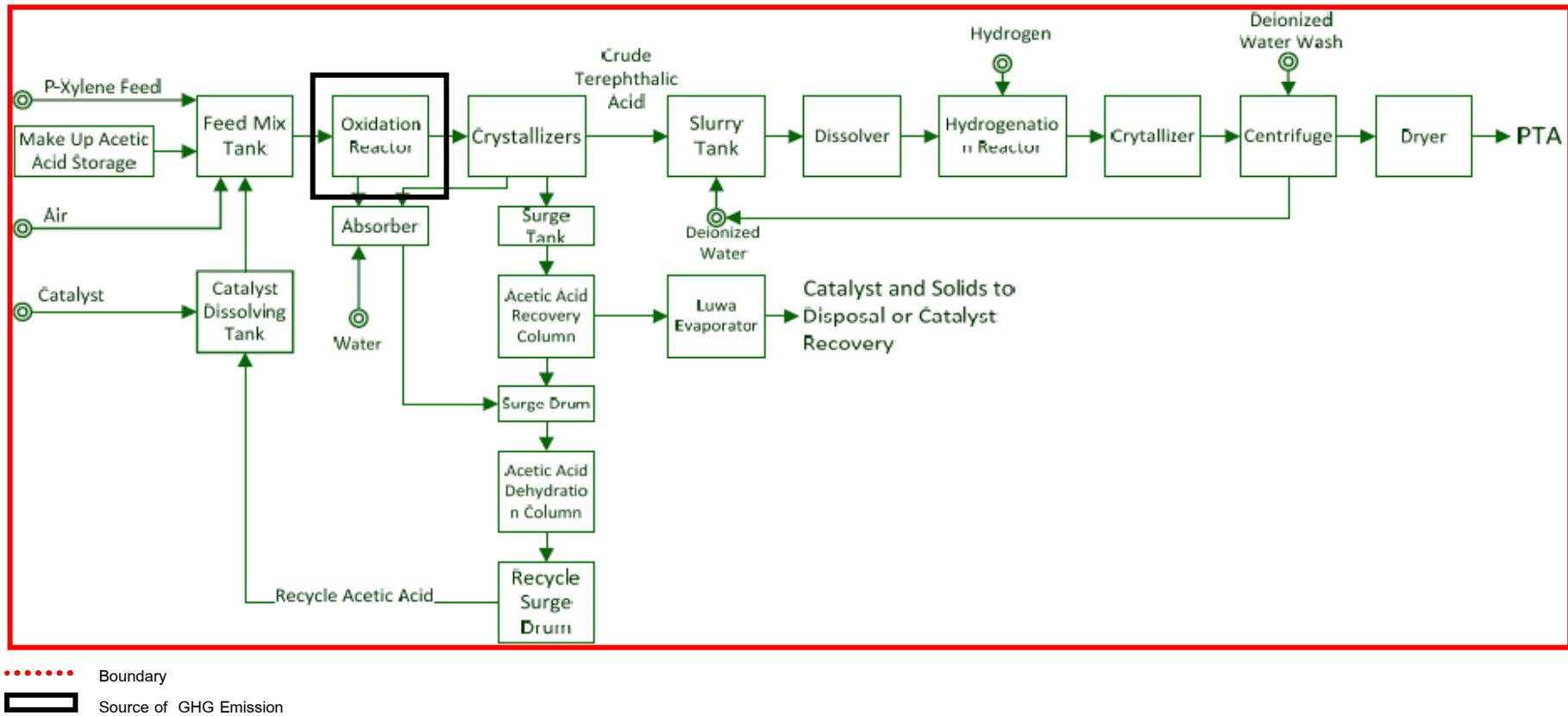
โดยทั่วไปการผลิตไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ (VCM) จะใช้เอทิลีนเป็นวัตถุดิบหลัก และมักไม่มีการแยกผลิตภัณฑ์ออกมา แต่จะนำเข้าสู่กระบวนการเพื่อผลิตพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) ต่อไป แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในกระบวนการผลิตไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ คือ กระบวนการ Cracking Furnaces หรือเรียกว่า EDC Cracker ซึ่งเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงให้เตาเผามีอุณหภูมิสูงเพื่อใช้ในการแตกโมเลกุลของเอทิลีนไดคลอไรด์ (Ethylene dichloride, EDC) ดังรูปที่ 5-15

การผลิตกรดเทเรฟทาลิกบริสุทธิ์ (PTA) ใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น คือ พาราไซลีน เป็นวัตถุดิบตั้งต้น ดังรูปที่ 5-16 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในกระบวนการผลิตกรดเทเรฟทาลิก คือ Oxidation Reactor ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนที่ได้จากเครื่องอัดอากาศ โดยพาราไซลีนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดเทเรฟทาลิก (Terephthalic acid, TA) ภายใต้อุณหภูมิสูง

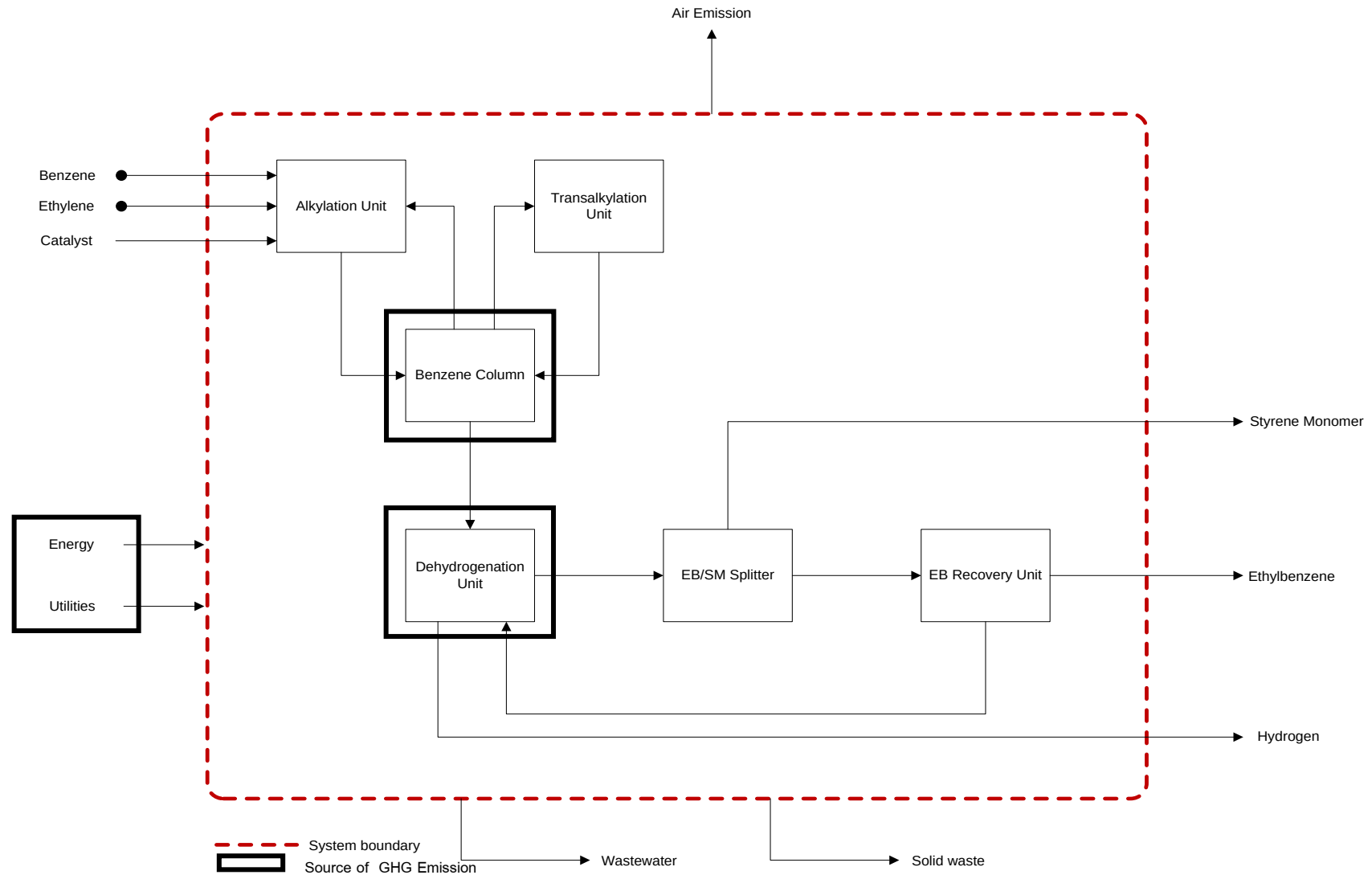
การผลิตสไตรีนมอนอเมอร์ (SM) ใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นเบนซีน (BZ) และเอทิลีน (ETH) เป็นวัตถุดิบ กระบวนการผลิตจะได้ไฮโดรเจนและสารผสมของเบนซีนและโทลูอีนเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ โดยกระบวนการผลิตจะแยกกันเป็น 2 การส่วน คือ การผลิตเอทิลเบนซีน (Ethylbenzene, EB) และการผลิตสไตรีนโมโนเมอร์ (SM) ดังรูปที่ 5-17 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในกระบวนการผลิตสไตรีนโมโนเมอร์ คือ กระบวนการผลิตเอทิลเบนซีนและกระบวนการ Dehydrogenation



รูปที่ 5-15 กระบวนการผลิตไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์



รูปที่ 5-16 กระบวนการผลิตกรดเทเรฟทาลิก



รูปที่ 5-17 กระบวนการผลิตสไตรีนมอนอเมอร์

5.3.2 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง

การจัดทำบัญชีรายการสารขาเข้า - สารขาออกของผลิตภัณฑ์จะใช้หลักการปันส่วนโดยมวล (Mass balance) จากปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ในสายการผลิตเดียวกัน ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลมีลักษณะแบบ gate-to-gate โดยจะแสดงผลในรูปต่อตันของการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นๆ ผลการจัดทำบัญชีรายการผลิตภัณฑ์กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางแต่ละชนิดดังตารางที่ 5-9 – 5-11

ตารางที่ 5-9 บัญชีรายการการผลิตไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์จำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
Ethylene	ton	3.35E-01	2.90E-01	4.51E-01
HCl	ton	5.78E-01	5.51E-01	5.97E-01
O ₂	ton	1.41E-01	1.39E-01	1.45E-01
Cl	ton	2.90E-01	1.66E-01	6.11E-01
NaOH	ton	5.51E-02	5.00E-02	5.72E-02
พลังงาน				
Natural Gas	MMBTU	3.03E+00	1.27E+00	3.63E+00
Electricity	kWh	4.55E+02	1.64E+02	1.01E+03
Steam	ton	3.47E-01	3.62E-01	6.25E-01
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	5.16E-01	5.06E-01	5.60E-01
CH ₄	ton	3.18E-06	2.00E-06	3.82E-06
N ₂ O	ton	3.18E-07	2.00E-07	3.82E-07
มลสารทางน้ำ				
BOD	ton	7.69E-05	6.83E-05	7.87E-05
COD	ton	5.97E-05	5.56E-05	6.10E-05
SS	ton	6.52E-05	6.32E-05	6.66E-05
TDS	ton	1.54E-02	1.45E-02	1.57E-02
กากของเสีย				
Ethylene dichloride	ton	7.05E-04	6.84E-04	7.10E-04
Filter cake	ton	1.05E-03	1.02E-03	1.18E-03

ตารางที่ 5-10 บัญชีรายการการผลิตกรดเทรฟทาลิกจำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
Paraxylene	ton	6.59E-01	6.12E-01	6.94E-01
Acetic acid	ton	4.38E-02	3.56E-02	5.42E-02
Oxygen	ton	1.74E-01	1.63E-01	2.13E-01
พลังงาน				
Natural Gas	MMBTU	1.51E+00	1.22E+00	2.60E+00
Biogas	ton	3.67E+00	3.37E+00	3.91E+00
Methanol	ton	1.22E+01	1.15E+01	1.30E+01
Electricity	kWh	1.97E+02	1.34E+02	4.31E+02
Steam	ton	9.78E-01	7.78E-01	1.94E+00
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	4.23E-01	3.62E-01	4.52E-01
CH ₄	ton	1.61E-06	1.59E-06	1.64E-06
N ₂ O	ton	4.43E-06	4.21E-06	4.98E-06
CO	ton	6.53E-02	6.23E-02	7.52E-02
NO _x	ton	1.61E-06	1.59E-06	1.64E-06
SO ₂	ton	4.43E-06	4.21E-06	4.98E-06
VOC	ton	1.93E-05	1.81E-05	1.99E-05
มลสารทางน้ำ				
TDS	ton	3.42E-03	3.29E-03	4.09E-03
SS	ton	2.61E-05	2.51E-05	3.25E-05
BOD	ton	1.51E-05	1.51E-05	1.51E-05
COD	ton	1.89E-04	1.89E-04	1.89E-04
กากของเสีย				
Sludge	ton	1.79E-02	1.77E-02	1.93E-02
PTA Residue	ton	2.49E-03	2.44E-03	2.51E-03
CTA Residue	ton	1.85E-03	1.81E-03	1.88E-03

ตารางที่ 5-11 บัญชีรายการการผลิตสไตรีนมอนอเมอร์จำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
Ethylene	ton	6.94E-01	6.82E-01	7.03E-01
Benzene	ton	2.47E-01	2.45E-01	2.49E-01
พลังงาน				
NG	MMBtu	3.78E+00	3.65E+00	3.99E+00
Off gas	ton	5.91E-02	5.51E-02	6.33E-02
Diesel Oil	L	8.61E+01	7.97E+01	9.00E+01
LPG	ton	4.44E-02	4.24E-02	4.72E-02
Fuel Oil	L	1.87E+01	1.67E+01	2.08E+01
Electricity	kWh	9.42E+01	8.46E+01	1.01E+02
Steam	ton	1.62E+00	1.18E+00	1.98E+00
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	1.10E+00	9.71E-01	1.21E+00
CH ₄	ton	8.52E-06	1.28E-05	4.19E-06
N ₂ O	ton	1.39E-06	3.83E-07	2.68E-06
Dust	ton	N/A		
So _x	ton	3.72E-04	3.67E-04	4.86E-04
VOCs	ton	4.74E-05	4.69E-05	5.88E-05
มลสารทางน้ำ				
BOD	ton	5.98E-06	4.21E-06	7.12E-06
COD	ton	4.25E-07	3.69E-07	5.86E-07
SS	ton	9.41E-06	8.34E-06	1.12E-05
TDS	ton	8.56E-04	7.42E-04	9.82E-04
กากของเสีย				
Activated carbon	ton	1.49E-04	1.22E-04	1.57E-04

5.3.3 ความเข้มพลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง

ผลการคำนวณความเข้มพลังงานของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลางดังตารางที่ 5-12 พบว่า ค่าเฉลี่ยผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลางที่เป็นตัวแทนมีการใช้พลังงานรายปีต่ำสุดและสูงสุดประมาณ 4,352 MJ/t และ 11,888 MJ/t ตามลำดับ

ตารางที่ 5-12 ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง

หน่วย : MJ/t

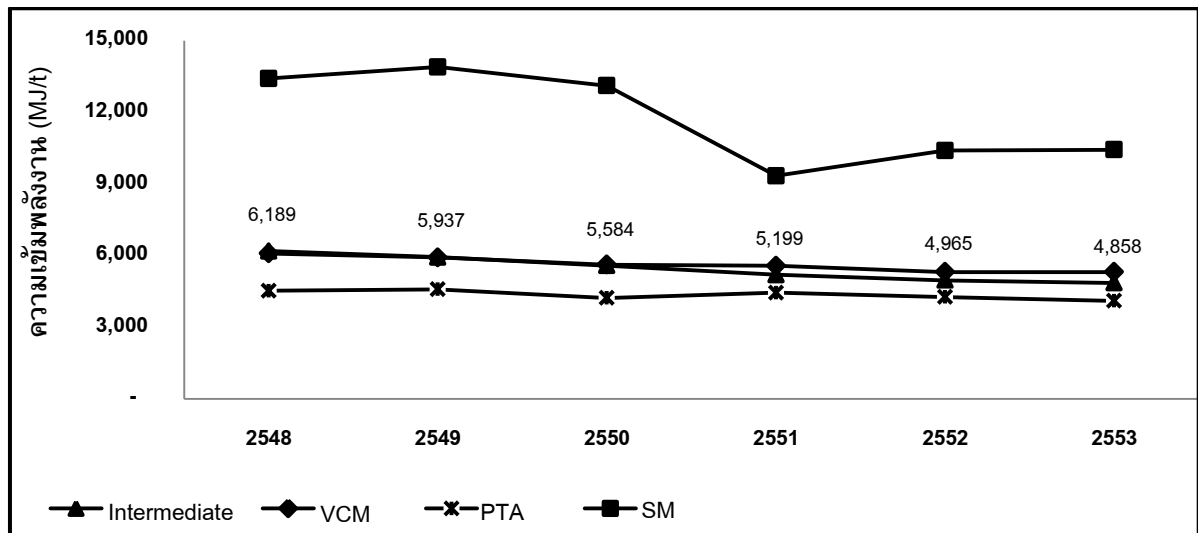
EI	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
VCM	5,612	6,092	5,311
PTA	4,352	4,590	4,108
SM	11,888	13,903	9,341
Intermediate	5,404	6,189	4,858

หมายเหตุ : คำนวณค่าเฉลี่ยจากทุกโรงงานที่เป็นตัวแทนทั้งหมดจำนวนโรงงานของผลิตภัณฑ์ VCM PTA

และ SM เท่ากับ 2,3 และ 2 โรงงาน ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ความเข้มพลังงานผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางมีค่าเฉลี่ยประมาณ 5,404 MJ/t โดยผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มพลังงานสูงสุด คือ สไตรีนมอนอเมอร์ ซึ่งมีความเข้มพลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 11,888 MJ/t และผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มพลังงานต่ำสุด คือ กรดเทเรฟทาลิก ซึ่งมีความเข้มพลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 4,352 MJ/t จะเห็นได้ว่า ความเข้มพลังงานของสไตรีนมอนอเมอร์สูงกว่าความเข้มพลังงานเฉลี่ยของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางมากกว่า 2 เท่า และสูงกว่าความเข้มพลังงานของกรดเทเรฟทาลิกประมาณ 3 เท่า เนื่องจากโรงงานผลิตสไตรีนมอนอเมอร์ในประเทศไทยใช้ไอน้ำแรงดันสูงเป็นจำนวนมากเพื่อให้พลังงานความร้อนแก่กระบวนการผลิต อีกทั้งกระบวนการพอลิเมอไรเซชันในการผลิตสไตรีนมอนอเมอร์เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนที่อุณหภูมิสูงมาก และเพื่อให้ปฏิกิริยาสามารถเกิดขึ้นได้จึงต้องการเชื้อเพลิงที่ใช้เผาไหม้โดยตรงในกระบวนการผลิตเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นทั้ง 2 ชนิด คือ เอทิลีนและเบนซีน สามารถรวมตัวกันได้เป็นจำนวนมากด้วย ในขณะที่กรดเทเรฟทาลิกมีความเข้มพลังงานต่ำสุด เนื่องจากกระบวนการผลิตกรดเทเรฟทาลิกเกิดขึ้นที่อุณหภูมิไม่สูงมากและเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนสามารถนำพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นกลับมาเวียนใช้ในระบบได้อีก

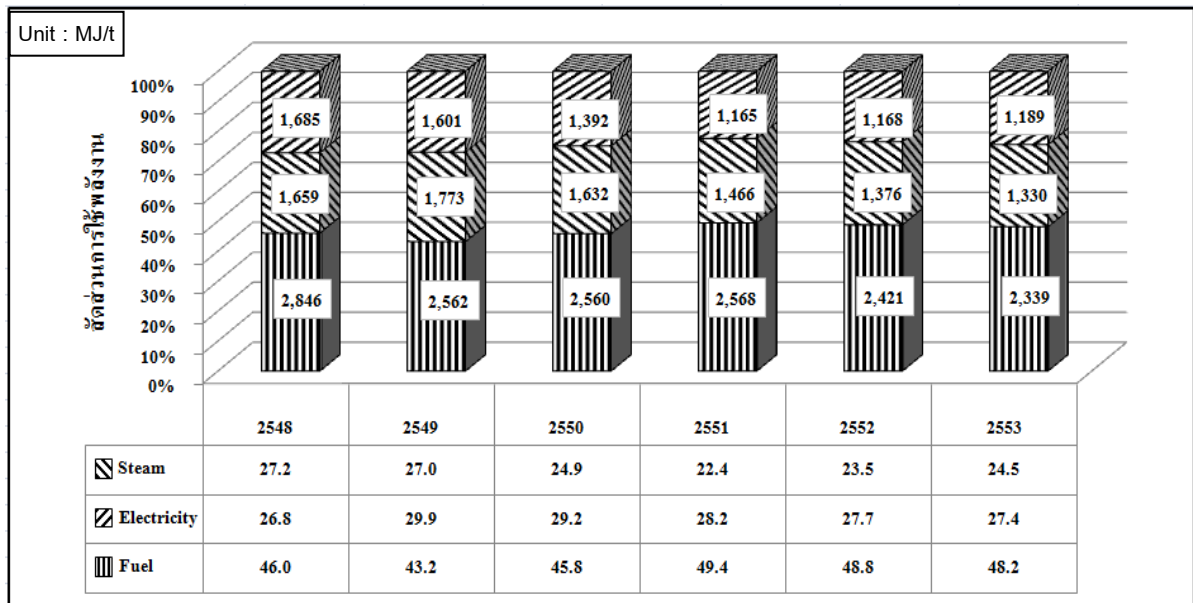
จากการวิเคราะห์ภาพรวมความเข้มพลังงานของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางดังรูปที่ 5-18 พบว่า การใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางในช่วงปี พ.ศ. 2548 - 2553 มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น เนื่องมาจากสาเหตุที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ได้นำแนวทางการอนุรักษ์พลังงานมาปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์จึงลดลง โดยผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางในปี พ.ศ. 2553 มีความเข้มพลังงานเฉลี่ยประมาณ 4,858 MJ/t ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนการลดลงประมาณร้อยละ 30 ของความเข้มพลังงานในปี พ.ศ. 2548 ที่มีค่าเฉลี่ยประมาณ 6,189 MJ/t



รูปที่ 5-18 ความเข้มพลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง

5.3.4 สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง

ผลการพิจารณาสัดส่วนการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง โดยแบ่งขอบเขตการพิจารณาตามแหล่งที่มาและชนิดพลังงาน ดังรูปที่ 5-19 พบว่า การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง หากพิจารณาตามขอบเขตแหล่งที่มาของพลังงาน พบว่า แหล่งพลังงานทางอ้อม ซึ่งประกอบด้วย พลังงานไฟฟ้า และพลังงานไอน้ำ มีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงกว่าแหล่งพลังงานทางตรง คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรงในกระบวนการผลิตเพียงเล็กน้อย โดยในปี พ.ศ. 2548 - 2553 มีการใช้พลังงานทางอ้อมในช่วงร้อยละ 51 - 57 ของการใช้พลังงานทั้งหมด และมีการใช้พลังงานทางตรงในช่วงร้อยละ 43 - 49 ของการใช้พลังงานทั้งหมด โดยพบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานทั้ง 3 ประเภทในแต่ละปีมีค่าค่อนข้างคงที่โดยการใช้พลังงานไอน้ำและไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงทุกปี



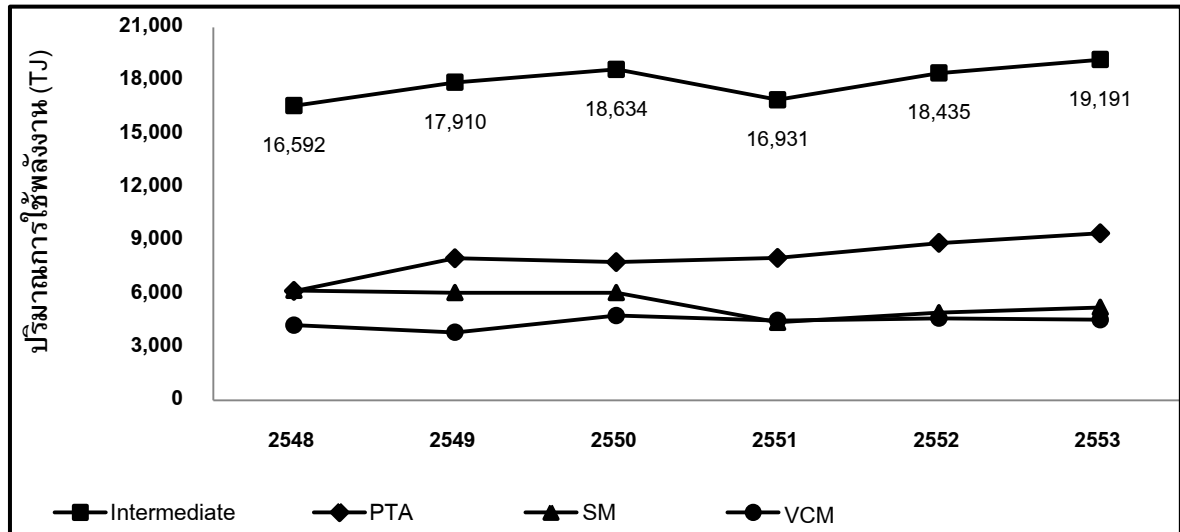
รูปที่ 5-19 สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง

หากพิจารณาตามชนิดของพลังงาน พบว่า การใช้เชื้อเพลิงเผาไหม้โดยตรงในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทางตรงเพียงชนิดเดียวของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางจะมีปริมาณการใช้พลังงานสูงสุดประมาณ 2,339 – 2,846 MJ/t เนื่องจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางบางชนิด เช่น สไตรีนมอนอเมอร์มีความต้องการเชื้อเพลิงที่ใช้เผาไหม้โดยตรงในกระบวนการผลิตเอทิลเบนซีนสูงมากดังกล่าวข้างต้น หรือไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ต้องใช้กระบวนการแตกตัวโมเลกุลซึ่งเป็นกระบวนการเกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นและเป็นกระบวนการที่ต้องใช้เชื้อเพลิงปริมาณมากเพื่อให้มีพลังงานที่เพียงพอในการแตกตัวโมเลกุลของวัตถุดิบ เป็นต้น รองลงมา คือ พลังงานไฟฟ้าและพลังงานไอน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทางอ้อม โดยมีปริมาณความต้องการใช้ประมาณ 1,330 – 1,773 MJ/t และ 1,165 – 1,685 MJ/t ตามลำดับ

5.3.5 ปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง

จากการเก็บข้อมูลกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนจากโรงงานตัวแทนสามารถวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง ได้แก่ ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ กรดเทเรพทาติก และสไตรีนมอนอเมอร์ ดังรูปที่ 5-20 พบว่า การใช้พลังงานของกรดเทเรพทาติกมีปริมาณมากที่สุดในปี พ.ศ. 2553 โดยมีค่าประมาณ 9,408 TJ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกำลังการ

ผลิตสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ มาก (2,660 ล้านตัน/ปี ในปี 2553) รองลงมา คือ สไตรีนมอนอเมอร์ และไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ ซึ่งมีการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2553 อยู่ในช่วง 4,400 – 6,196 TJ และ 3,838 – 4,780 TJ ตามลำดับ (กำลังการผลิต 520 และ 950 ล้านตัน/ปี ตามลำดับ ในปี 2553)



รูปที่ 5-20 ปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง

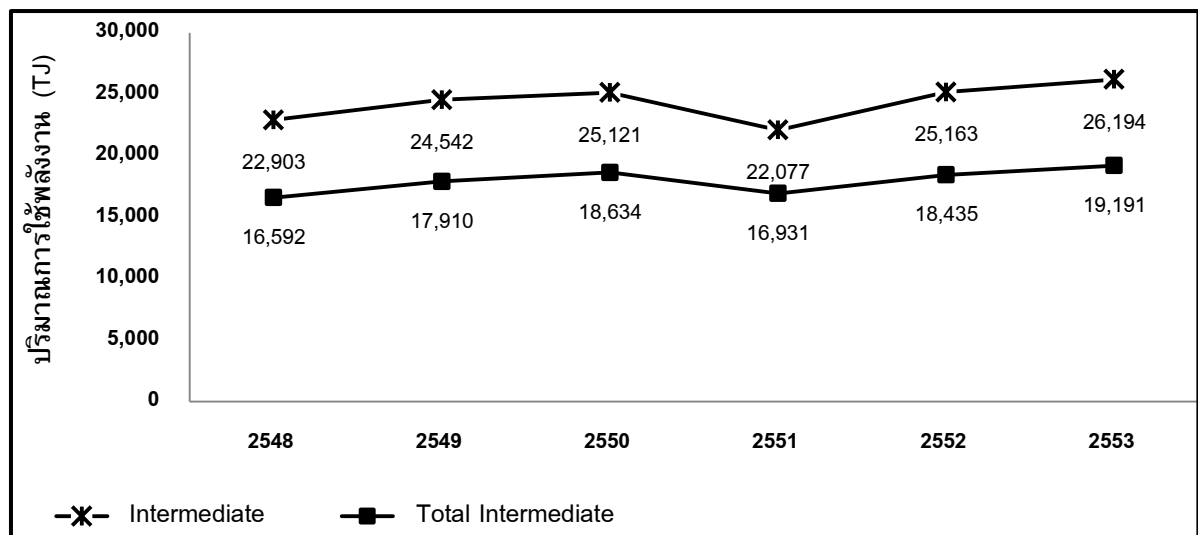
ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทน พบว่า ปริมาณการใช้พลังงานของไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ในปี พ.ศ. 2553 เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 7 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2548 ส่วนกรดเทเรพทาสิกมีปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2553 เพิ่มขึ้นมาก โดยคิดเป็นประมาณร้อยละ 53 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2548 เนื่องจากในปี พ.ศ. 2550 มีการเพิ่มกำลังการผลิตเป็นจำนวนมากทั้งจากโรงงานแห่งเดิมและโรงงานแห่งใหม่ที่ตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2549 ในขณะที่สไตรีนมอนอเมอร์กลับมีปริมาณการใช้พลังงานลดลง เนื่องจากสไตรีนมอนอเมอร์ไม่มีการเพิ่มกำลังการผลิตประกอบกับโรงงานได้มีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ความต้องใช้พลังงานจึงลดลง และลดลงมากอย่างเห็นได้ชัดในปี พ.ศ. 2551 จากการชะลอตัวของเศรษฐกิจโลกส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความต้องการน้อยลง โรงงานอุตสาหกรรมจึงมีการผลิตผลิตภัณฑ์ลดลง เมื่อกำลังการผลิตลดลง ปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตจึงลดลงเช่นเดียวกัน

ภาพรวมของปริมาณการใช้พลังงานรายปีของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2553 พบว่า การใช้พลังงานของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนมีปริมาณต่ำสุดเท่ากับ 16,592 TJ ในปี พ.ศ.

2548 และมีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 19,191 TJ ในปี พ.ศ. 2553 การใช้พลังงานในช่วงระยะเวลา 6 ปีที่ศึกษามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 16 ของการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2548 เนื่องจากกำลังการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนที่เพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้แนวโน้มของการใช้พลังงานสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตามการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในประเทศ โดยในปี พ.ศ. 2553 กำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ตัวแทนเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 37 จากปี พ.ศ. 2548

5.3.6 ปริมาณการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง

ผลการประเมินปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2553 ดังรูปที่ 5-21 พบว่า ปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรม ปิโตรเคมีขั้นกลางมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น โดยมีปริมาณการใช้พลังงานรายปีสูงสุดในปี พ.ศ. 2553 ประมาณ 26,194 TJ โดยเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2548 คิดเป็นร้อยละ 14 ส่วนการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2551 พบว่า มีปริมาณต่ำมากเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2552 อันเนื่องมาจากสาเหตุเช่นเดียวกับปริมาณการใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น



รูปที่ 5-21 ปริมาณการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง

5.3.7 ความเข้มข้นคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง

ผลการคำนวณความเข้มข้นคาร์บอนของผลิตภัณฑ์กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลางในรูปแบบคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันผลิตภัณฑ์ ($t\ CO_2\ eq./t$) ดังตารางที่ 5-13 พบว่า ความเข้มข้นคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางที่เป็นตัวแทนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $0.546\ t\ CO_2eq./t$ ผลิตภัณฑ์ในสไตรีนมอนอเมอร์ โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ $1.104\ t\ CO_2eq./t$ รองลงมา คือ กรดเทรฟทาลิกและกรดเทรฟทาลิก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.517 และ $0.425\ t\ CO_2eq./t$ ตามลำดับ

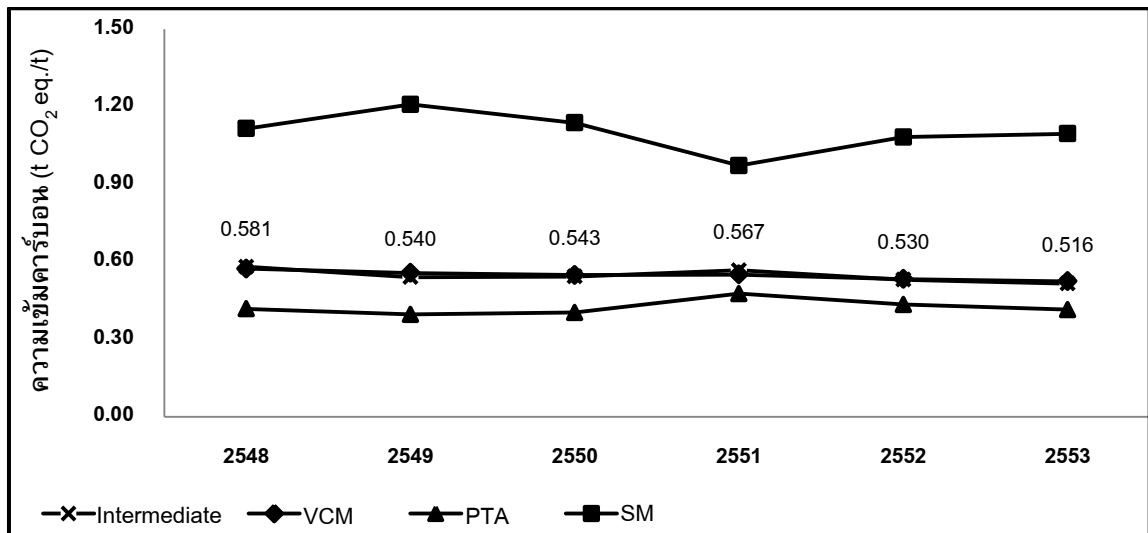
ตารางที่ 5-13 ความเข้มข้นคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง

หน่วย : $t\ CO_2\ eq./t$

CI	2548	2549	2550	2551	2552	2553	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
VCM	0.573	0.556	0.548	0.550	0.533	0.514	0.573	0.514	0.517
PTA	0.417	0.396	0.404	0.476	0.435	0.415	0.476	0.396	0.425
SM	1.115	1.209	1.138	0.972	1.083	1.095	1.209	0.972	1.104
Intermediate*	0.581	0.540	0.543	0.567	0.530	0.516	0.581	0.516	0.546

หมายเหตุ : คำนวณค่าเฉลี่ยจากทุกโรงงานที่เป็นตัวแทนทั้งหมดจำนวนโรงงานของผลิตภัณฑ์ VCM PTA และ SM เท่ากับ 2,3 และ 2 โรงงาน ตามลำดับ

สไตรีนมอนอเมอร์เป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางที่มีความเข้มข้นคาร์บอนสูงสุด เนื่องจากโรงงานผลิตสไตรีนมอนอเมอร์ในประเทศไทยบางแห่งใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบสูง ประกอบกับในกระบวนการผลิตมีความต้องการใช้พลังงานปริมาณมากดังกล่าวนในหัวข้อที่ 3.3.3 ความเข้มพลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์นี้มีความเข้มข้นคาร์บอนสูง



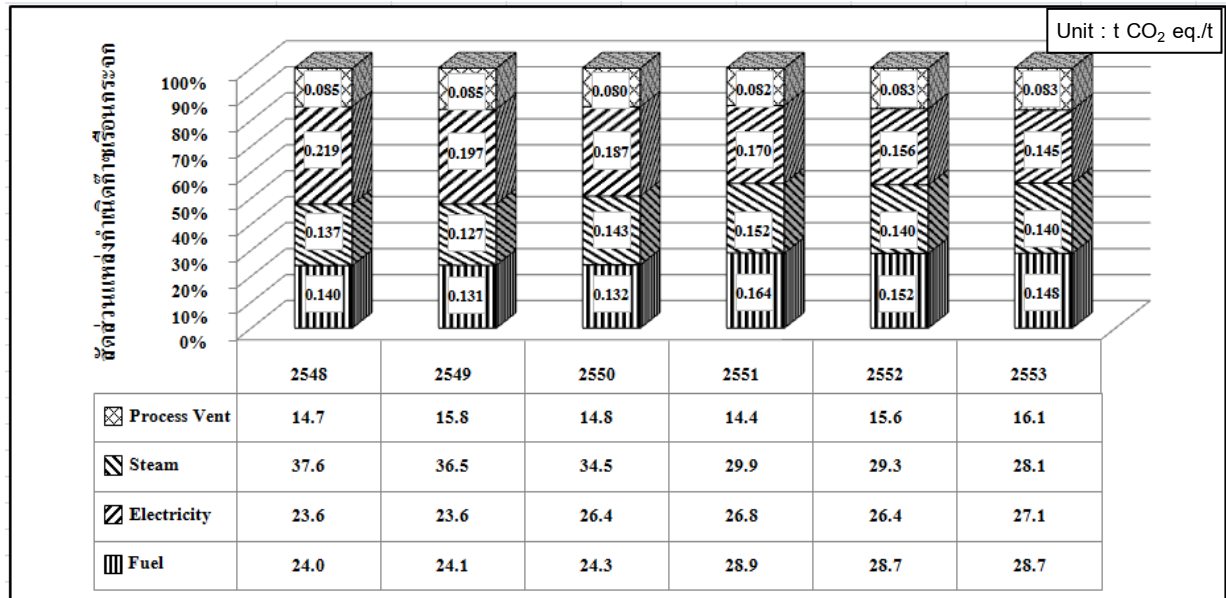
รูปที่ 5-22 ความเข้มข้นคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง

เมื่อพิจารณาแนวโน้มความเข้มข้นคาร์บอนของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2553 ดังรูปที่ 5-22 พบว่า ความเข้มข้นคาร์บอนของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ยกเว้นในปี พ.ศ. 2551 ความเข้มข้นคาร์บอนมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการขยายกำลังการผลิตของกรดเทรฟทาลิก ทำให้ความต้องการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตจึงเพิ่มขึ้นด้วย ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นคาร์บอนกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางในปี พ.ศ. 2553 ลดลงประมาณร้อยละ 13 จากค่าเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2548 สาเหตุหลักเป็นผลจากการที่โรงงานได้นำแนวทางการอนุรักษ์พลังงานมาปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลางอย่างจริงจัง ก่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตลดลง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตจึงลดลงด้วย

5.3.8 สัดส่วนแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง

การประเมินความเข้มข้นคาร์บอนจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แบ่งออกเป็น 2 ขอบเขตตามลักษณะแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก เมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางดังรูปที่ 5-23 พบว่า กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางมีแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากการใช้เชื้อเพลิงที่เผาไหม้โดยตรงในกระบวนการผลิตและก๊าซ

ที่ปล่อยทั้งจากกระบวนการผลิต และแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานไอน้ำในกระบวนการผลิต การเกิดก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดทางอ้อมมีสัดส่วนสูงกว่าแหล่งกำเนิดทางตรงเล็กน้อย โดยคิดเป็นสัดส่วนในช่วงประมาณร้อยละ 55 และร้อยละ 45 ตามลำดับ

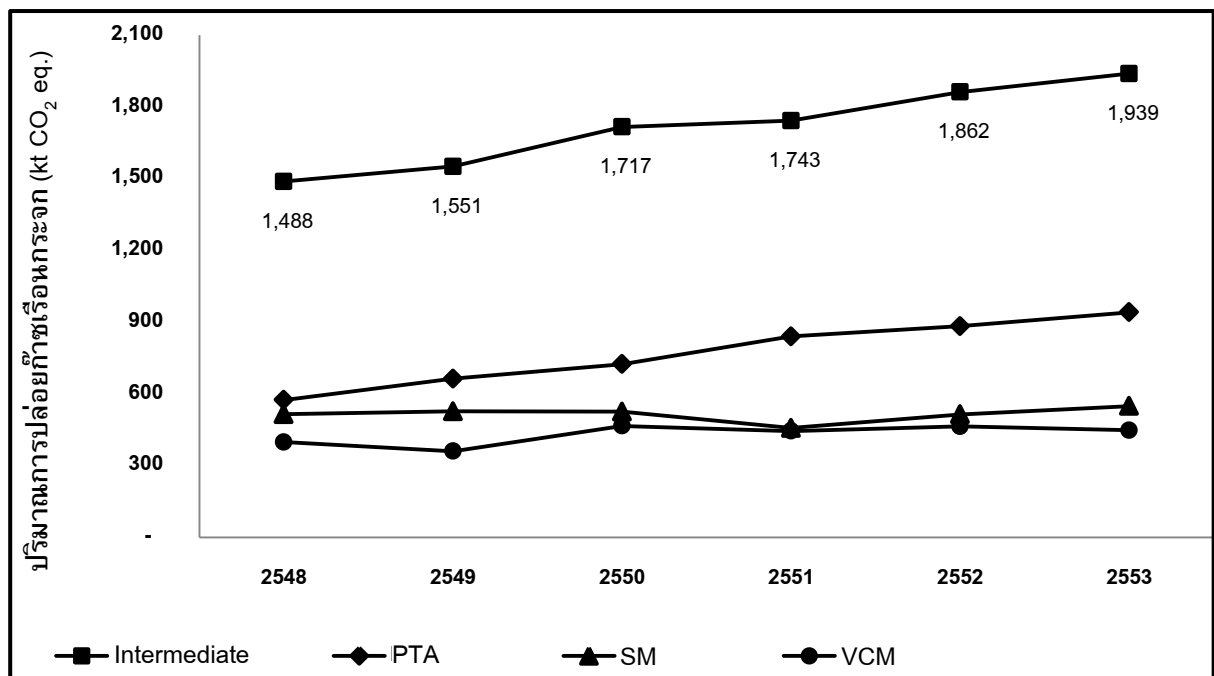


รูปที่ 5-23 สัดส่วนแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง

เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งจากแหล่งกำเนิดทางตรงและทางอ้อมจำแนกตามชนิดของพลังงาน พบว่า แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางมาจากการใช้พลังงานไอน้ำมากที่สุด โดยมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 28 - 38 คิดเป็นค่าความเข้มข้นคาร์บอนระหว่าง 0.145 - 0.219 t CO₂ eq./t รองลงมา คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงที่เผาไหม้โดยตรงในกระบวนการผลิต การใช้พลังงานไฟฟ้า และก๊าซที่ปล่อยทั้งจากกระบวนการผลิต โดยมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 24 - 29, 24 - 27 และ 14 - 16 ตามลำดับ การที่ค่าสัดส่วนความเข้มข้นคาร์บอนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดทางตรงมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจากร้อยละ 61 เหลือร้อยละ 55 เนื่องจากโรงงานมีการดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้จากข้อมูลการศึกษา พบว่า ก๊าซที่ปล่อยทั้ง (Process Vent) เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในกระบวนการผลิตกรดเทรฟทาลิกเท่านั้น ซึ่งทางโรงงานได้มีการปล่อยทั้งโดยตรงหลังจากการบำบัดมลพิษแล้ว

5.3.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ชั้นกลาง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนจากโรงงานตัวแทนสามารถวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 5-24 พบว่า กรดเทรฟทาสิกเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการผลิตมากที่สุด และสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ มาก รองลงมา คือ สไตรีนมอนอเมอร์ และไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ โดยในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 941, 549 และ 448 kt CO₂ eq. ตามลำดับ



รูปที่ 5-24 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง

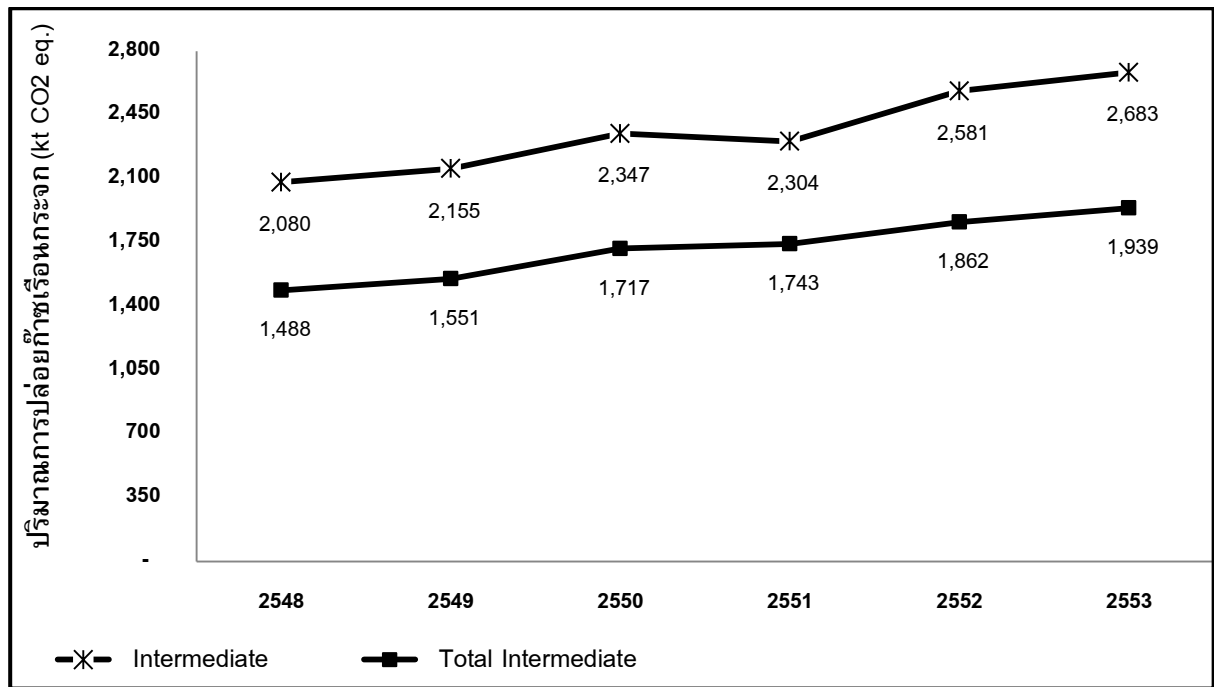
ผลการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ตัวแทน พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสไตรีนมอนอเมอร์ และไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ในปี พ.ศ. 2553 มีอัตราเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 7 และร้อยละ 12 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2548 ในขณะที่กรดเทรฟทาสิกมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงมาก โดยในปี พ.ศ. 2553 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 64 จากปี พ.ศ. 2548 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นไปตามปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ดังนั้น ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นเป็นผล

จากการใช้พลังงานดังกล่าวในหัวข้อที่ 5.3.5 ปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง

เมื่อพิจารณาภาพรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2553 พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนมีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2548 และสูงสุดในปี พ.ศ. 2553 อยู่ที่ 1,488 และ 1,939 kt CO₂ eq. ตามลำดับ ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 30 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2548 เนื่องจากกำลังการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 36 ซึ่งเป็นไปตามการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี

5.3.10 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง

ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลางของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2553 ดังรูปที่ 5-25 พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเหมือนกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ตัวแทน และตามกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายปีสูงสุดในปี พ.ศ. 2553 ประมาณ 2,643 kt CO₂ eq. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 29 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2548 ซึ่งสอดคล้องกับกำลังการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางทั้งประเทศที่ในปี พ.ศ. 2553 มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 33 จากปี พ.ศ. 2548 การขยายตัวของเศรษฐกิจและอุปสงค์ของการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน



รูปที่ 5-25 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง

5.4 ก๊าซเรือนกระจกกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นกลางมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายก่อนนำไปแปรรูปในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่อไป โดยสามารถแบ่งกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ๆ ตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ได้แก่ กลุ่มพลาสติก กลุ่มเส้นใยสังเคราะห์ กลุ่มยางสังเคราะห์ และกลุ่มผลิตภัณฑ์เคลือบผิวและกาว ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายที่คัดเลือกเพื่อเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ในการศึกษาด้านชีวิตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีดังรายละเอียดใน**บทที่ 3 หัวข้อที่ 3.2 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์และโรงงานปิโตรเคมีตัวแทน** มี 7 ผลิตภัณฑ์ คือ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น พอลิเอทิลีนเทรฟทาลेट พอลิพรอพิลีน พอลิสไตรีน และพอลิไวนิลคลอไรด์ ผลการวิจัยเกี่ยวกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายทั้ง 10 ประเด็น มีรายละเอียดดังนี้

5.4.1 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลาย

พอลิสไตรีนเป็นพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก โดยทั่วไปนิยมใช้พอลิสไตรีนชนิด Expanded Polystyrene (EPS) ซึ่งมีส่วนผสมของพอลิสไตรีนประมาณร้อยละ 90 - 95 กระบวนการผลิตพอลิสไตรีนจะใช้สไตรีนเป็นวัตถุดิบหลักร่วมกับเบนซีน เอทิลีน และบิวทาไดอีน ดังรูปที่ 5-26

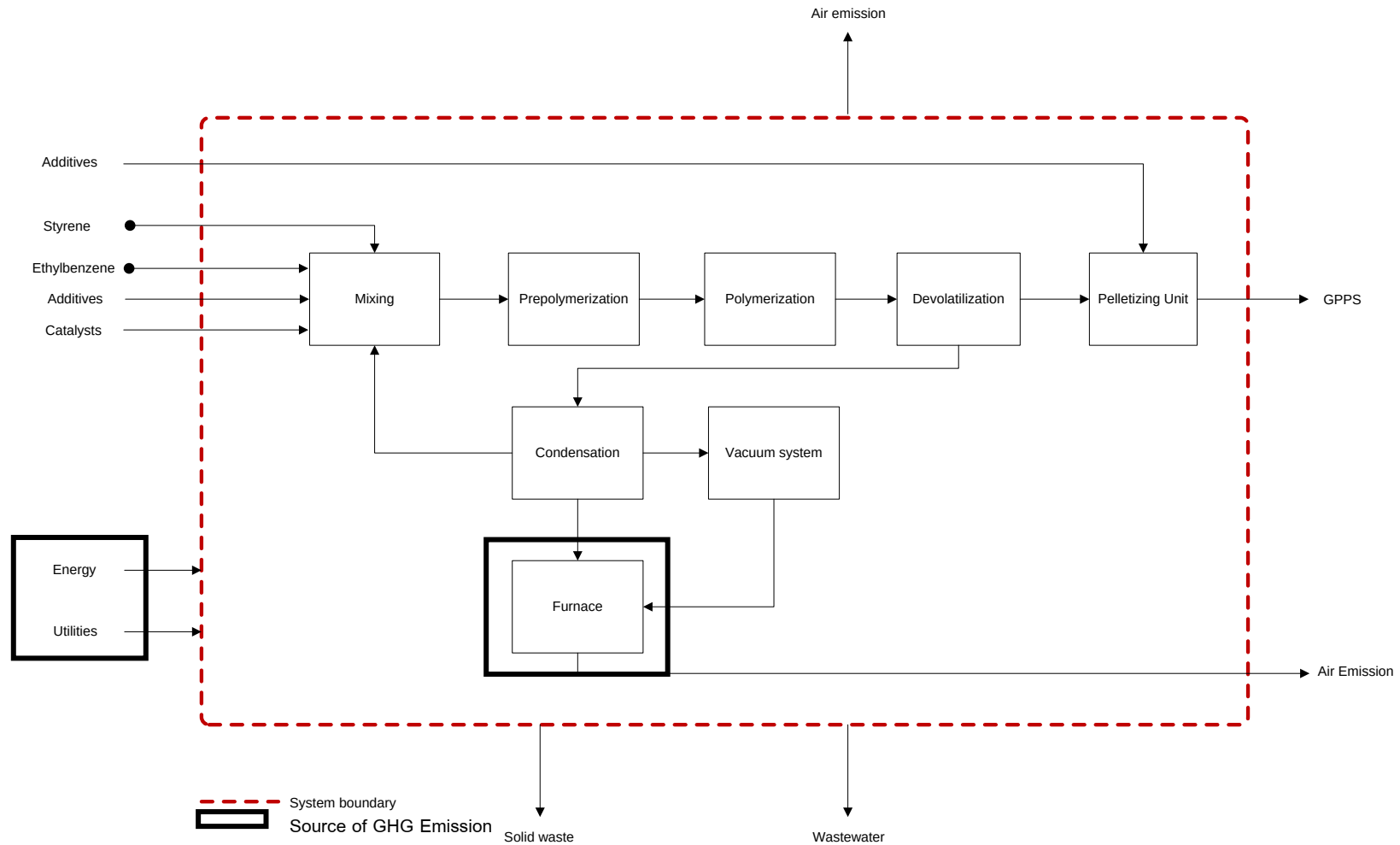
การผลิตพอลิพรอพิลีน (PP) ใช้พรอพิลีนเป็นวัตถุดิบหลักภายใต้ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ซึ่งกระบวนการผลิตสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กระบวนการที่เป็น Liquid Phase และกระบวนการที่เป็น Gas Phase ดังรูปที่ 5-27 – 5-28 ตามลำดับ

กระบวนการผลิตพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) สามารถผลิตได้จากเอทิลีนและอาจมีการใช้ 1-Butene และ Propylene เป็นโคมอนอเมอร์ ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่เกิดขึ้นจะเป็นของเหลวที่มีลักษณะขุ่น (Slurry Polymerization) โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย ดังรูปที่ 5-29

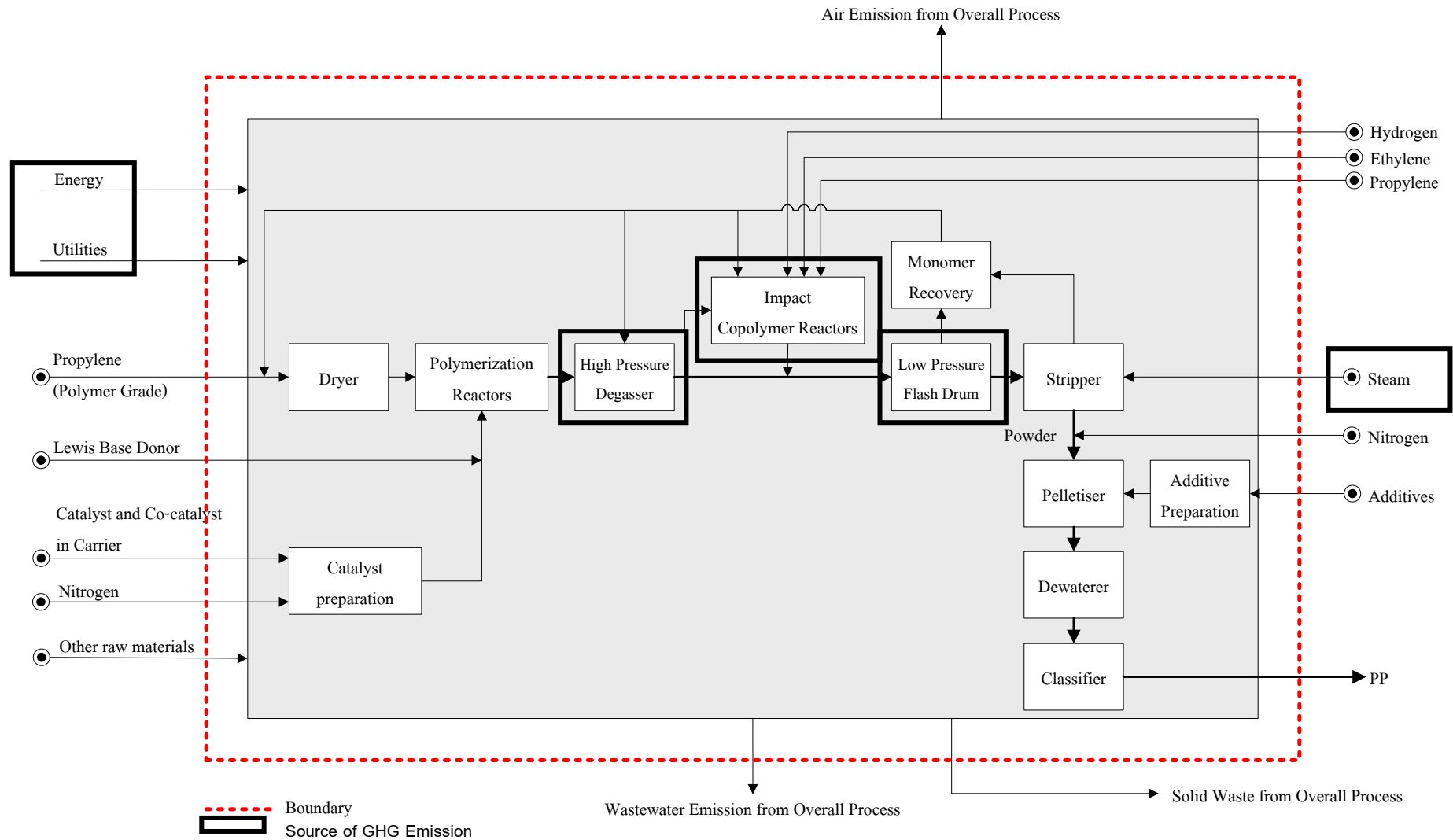
นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลายอีกหลายชนิดที่ใช้เอทิลีนเป็นวัตถุดิบหลัก เช่น พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ดังแสดงกระบวนการผลิตในรูปที่ 5-30 พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) ซึ่งมีกระบวนการผลิต 2 ประเภท คือ กระบวนการผลิตที่เป็น Solution Phase และกระบวนการผลิตที่เป็น Gas Phase ดังรูปที่ 5-31 – 5-32 ตามลำดับ และพอลิเอทิลีนเทรฟทาเลต ดังรูปที่ 5-33

พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) เป็นเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่ง มากกว่าร้อยละ 50 ของพอลิไวนิลคลอไรด์ที่ผลิตได้จะถูกใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง กระบวนการผลิตพอลิไวนิลคลอไรด์มี 2 ประเภท ดังรูปที่ 5-34 คือ Suspension Process ซึ่งจะได้ PVC-S และ Emulsion Process ซึ่งจะได้ PVC-E ดังรูปที่ 5-35

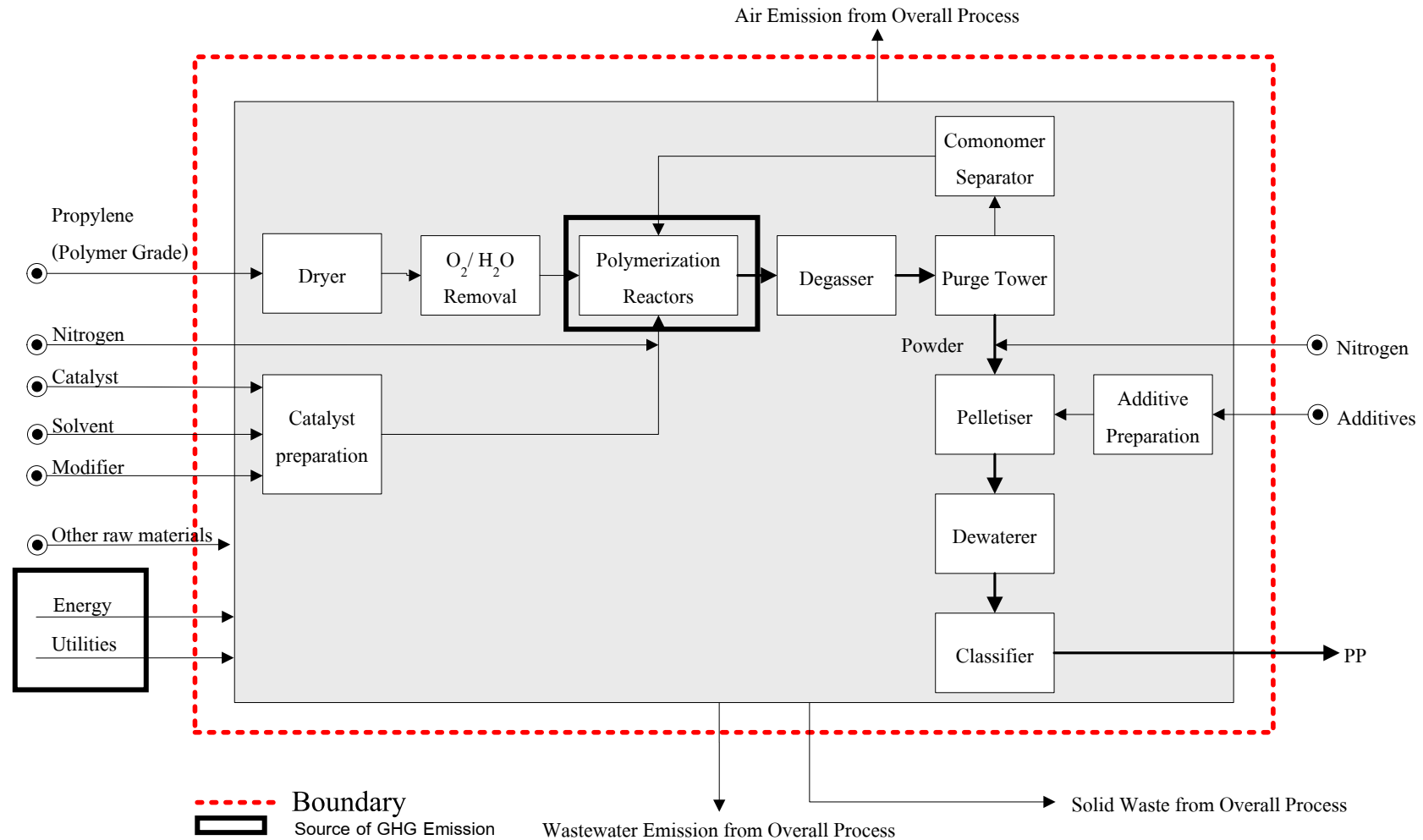
แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลาย เมื่อพิจารณาจากกระบวนการผลิต พบว่า อุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายซึ่งเป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นต้นและขั้นกลางจึงไม่มีกระบวนการแตกตัวโมเลกุล ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ดังนั้น แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญจึงมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานไอน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมเป็นสำคัญ



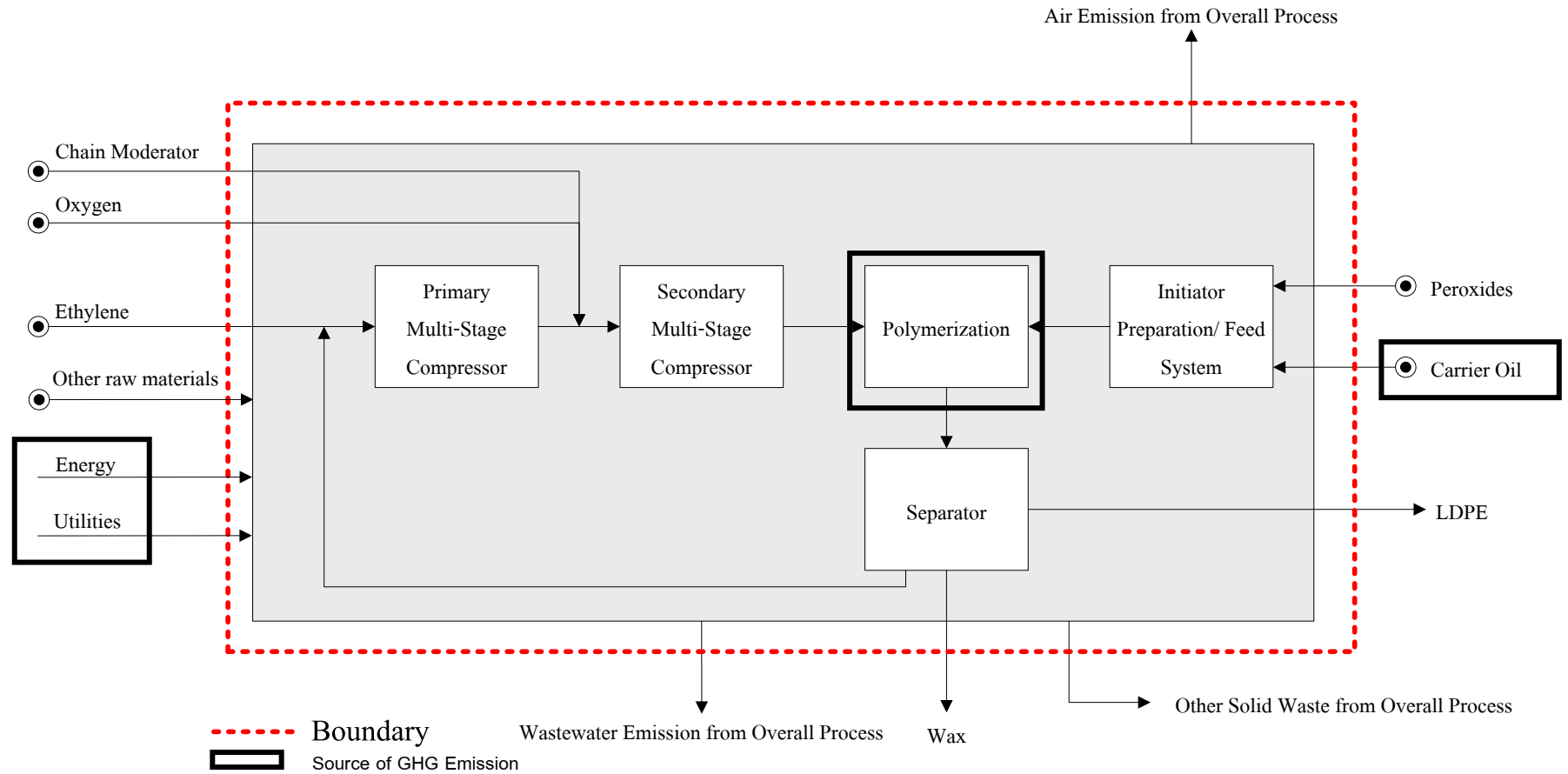
รูปที่ 5-26 กระบวนการผลิตพอลิสไตรีน



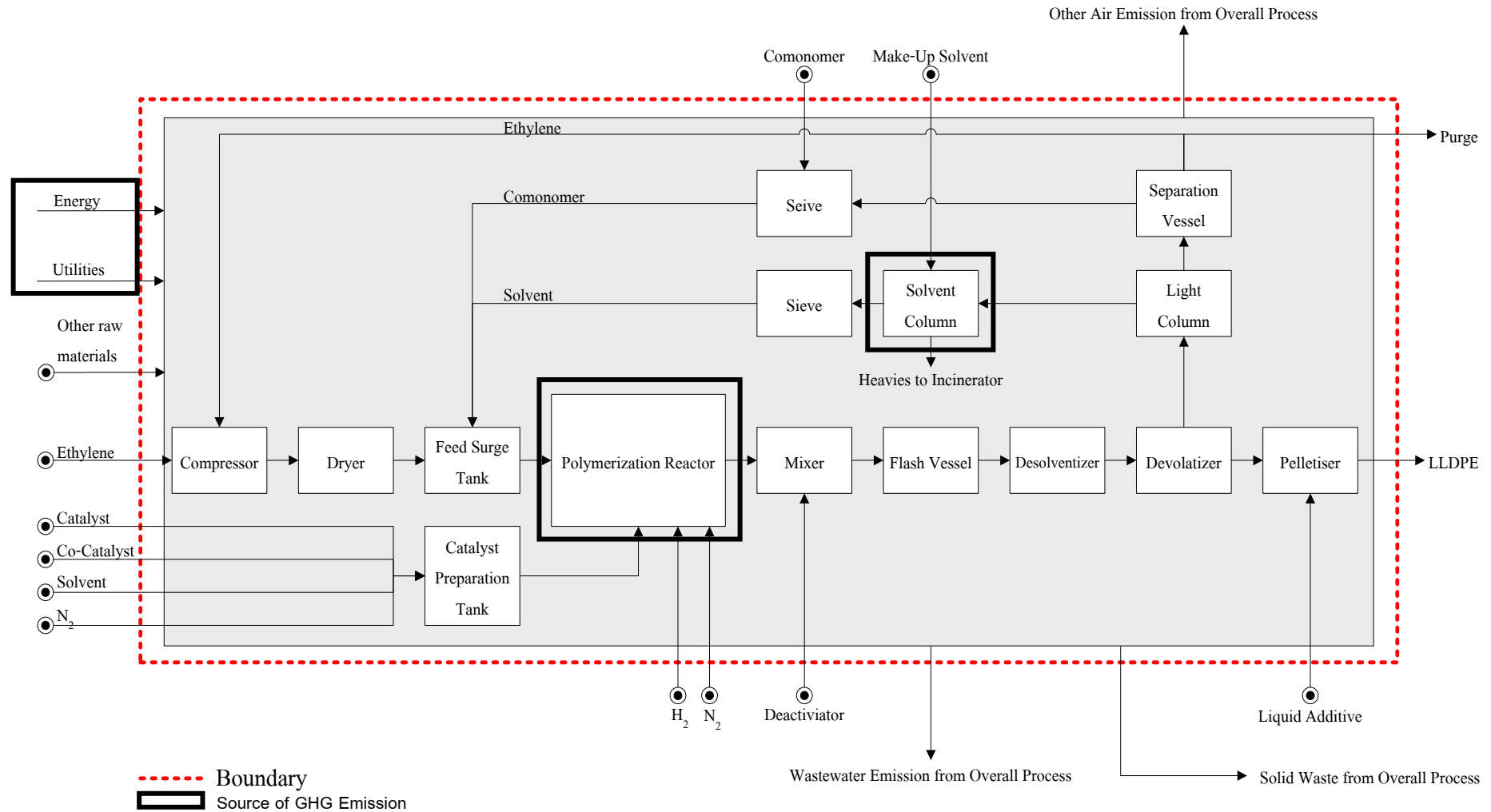
รูปที่ 5-27 กระบวนการผลิตพอลิพรอพิลีนประเภท Liquid Phase (Himont)



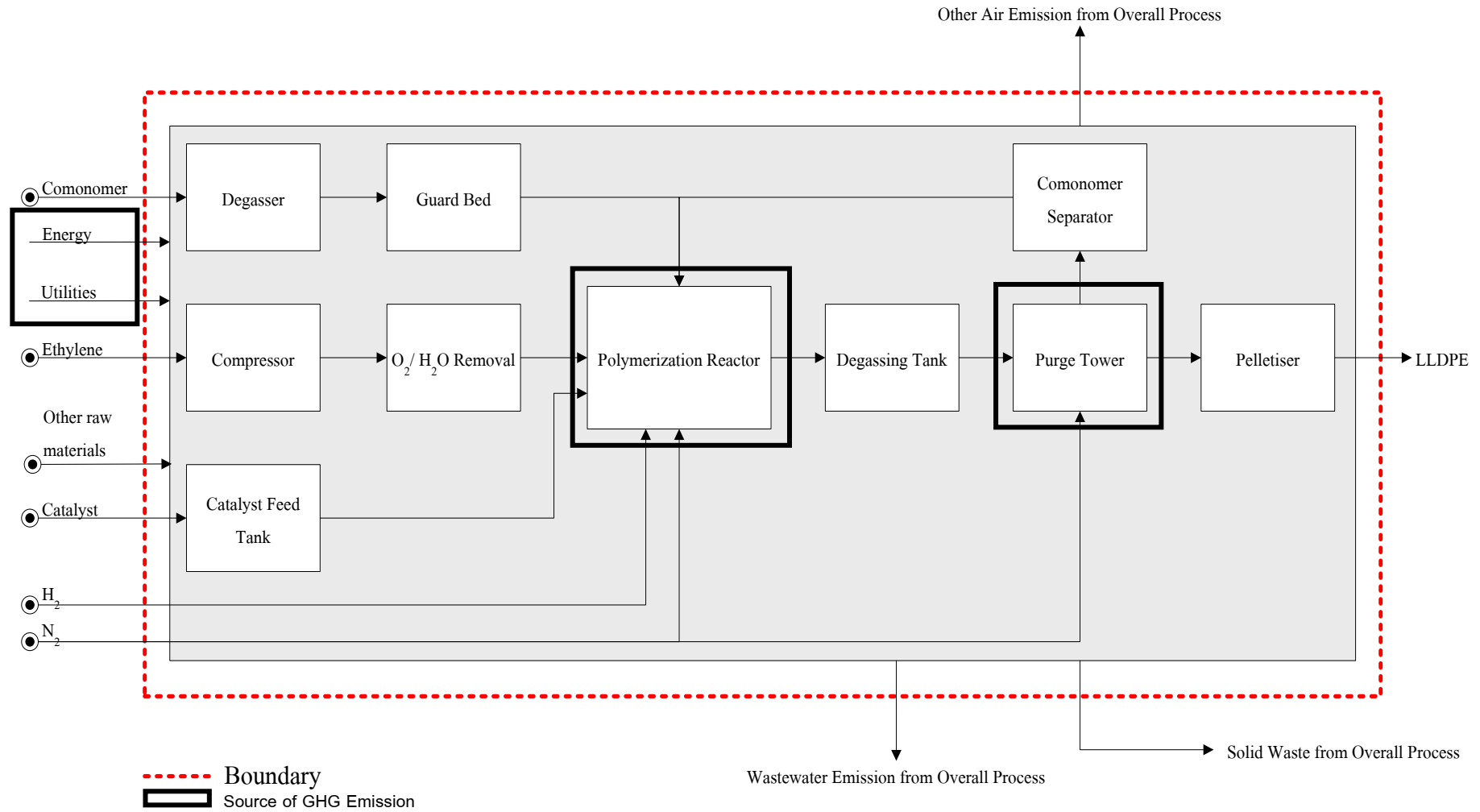
รูปที่ 5-28 กระบวนการผลิตพอลิพรอพิลีนประเภท Gas Phase



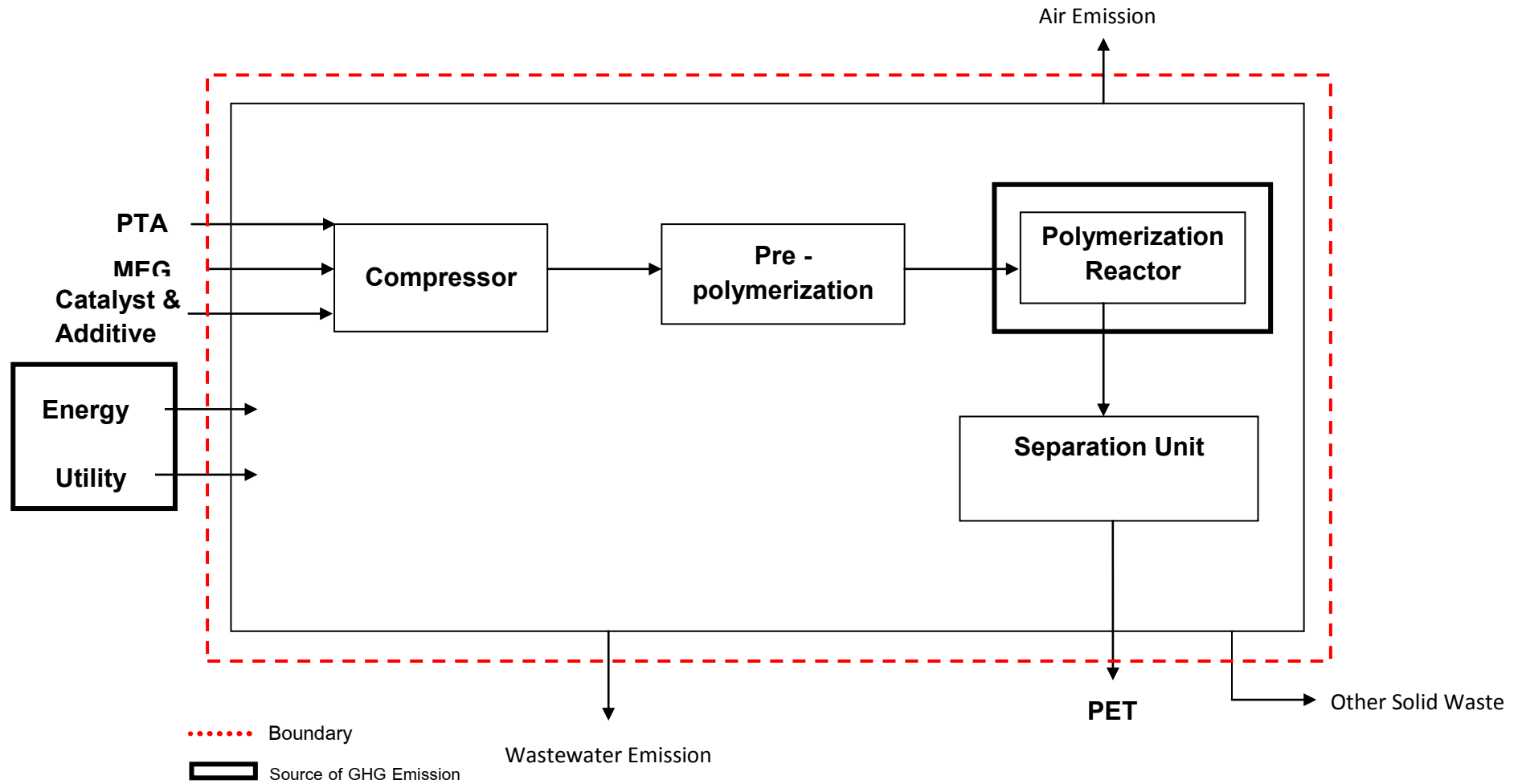
รูปที่ 5-30 กระบวนการผลิตพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ



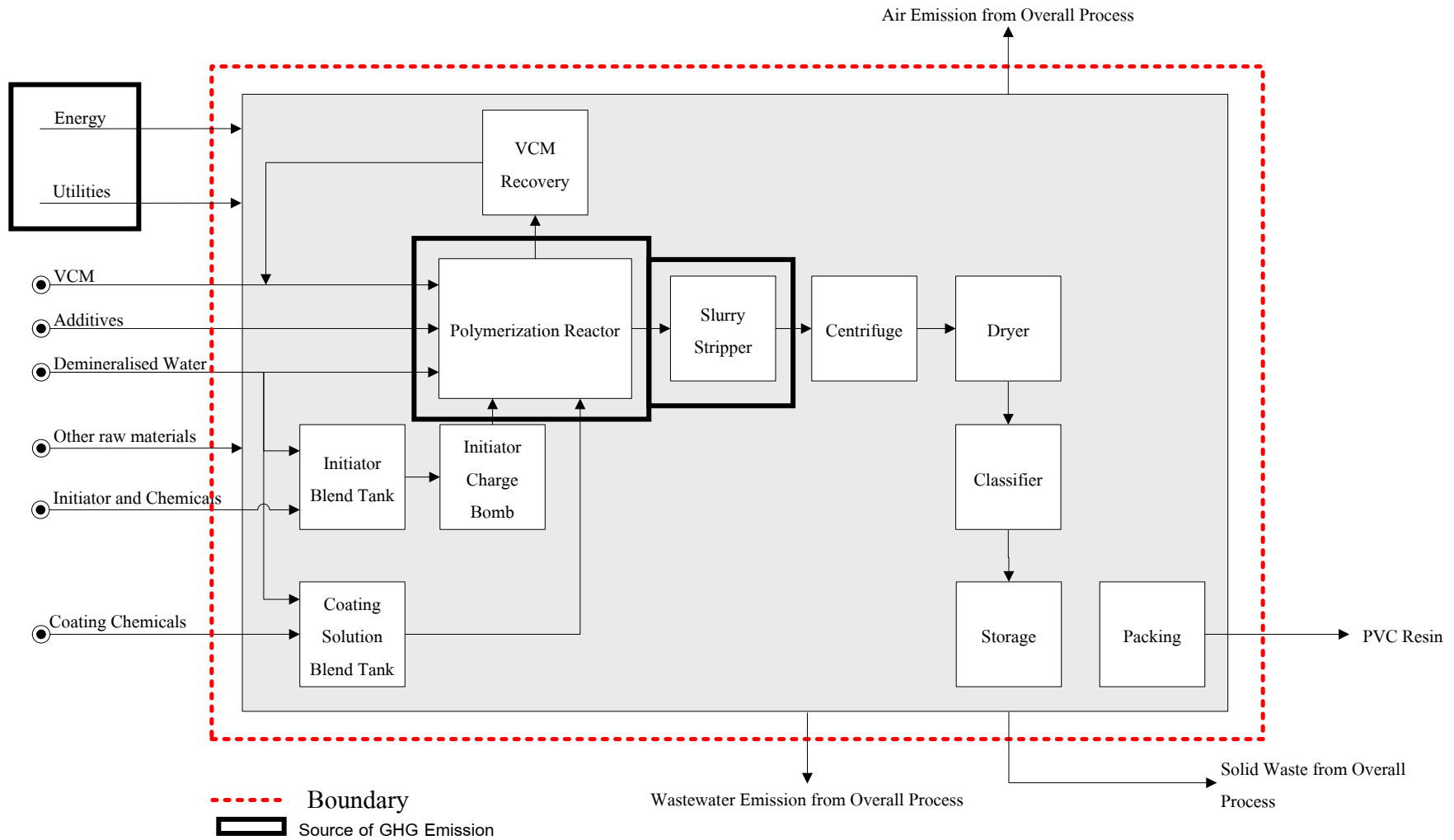
รูปที่ 5-31 กระบวนการผลิตพอลิเอทีลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นประเภท Solution Phase



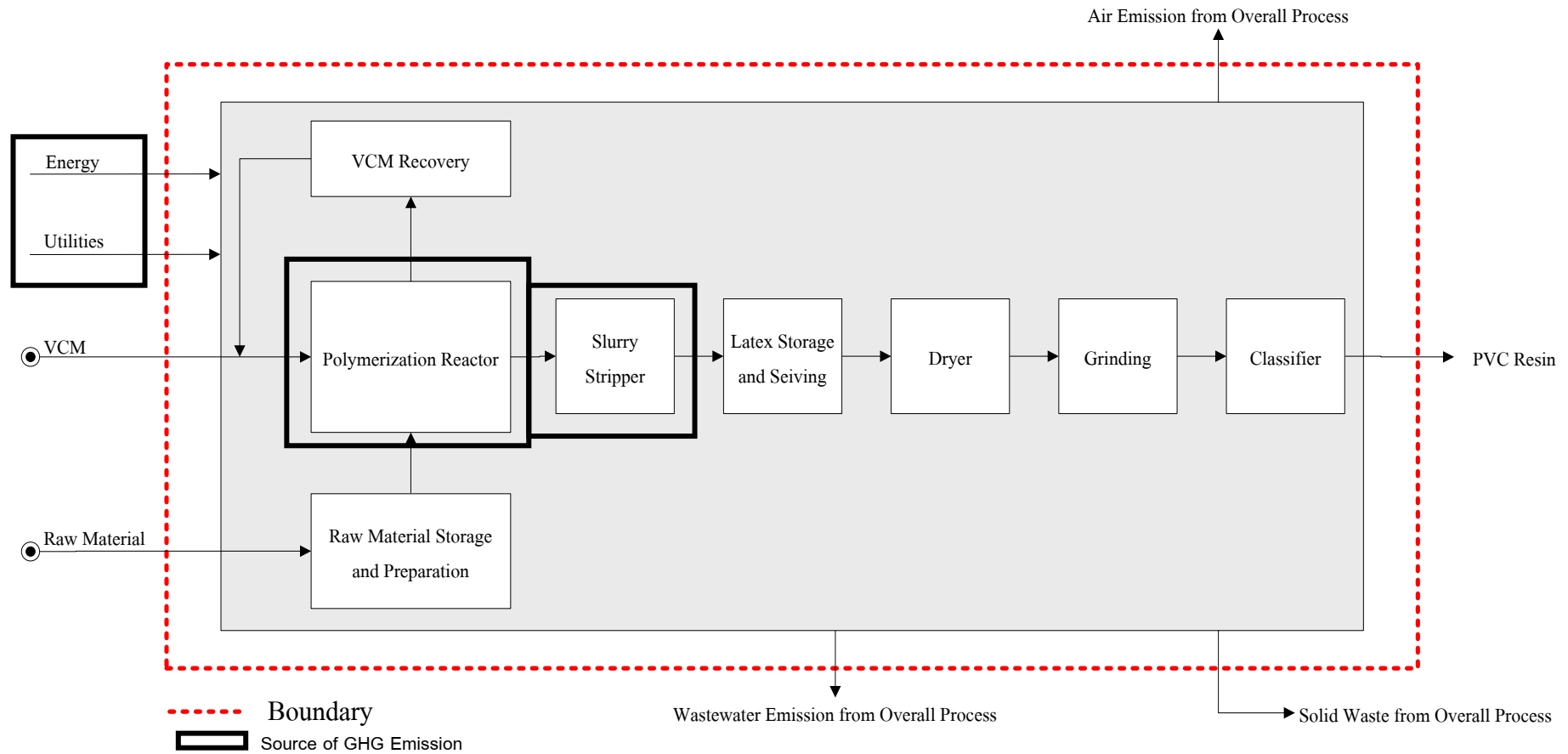
รูปที่ 5-32 กระบวนการผลิตพอลิเอทีลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นประเภท Gas Phase



รูปที่ 5-33 กระบวนการผลิตพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต



รูปที่ 5-34 กระบวนการผลิตพอลิไวนิลคลอไรด์ประเภท Suspension Process



รูปที่ 5-35 กระบวนการผลิตพอลิไวนิลคลอไรด์ประเภท Emulsion Process

5.4.2 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

การจัดทำบัญชีรายการสารขาเข้า - สารขาออกของผลิตภัณฑ์จะใช้หลักการปันส่วนโดยมวล (Mass balance) จากปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ในสายการผลิตเดียวกัน ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลมีลักษณะแบบ gate-to-gate โดยจะแสดงผลในรูปต่อตันของการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นๆ ผลการจัดทำบัญชีรายการผลิตภัณฑ์กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายแต่ละชนิดดังตารางที่ 5-14 – 5-20

ตารางที่ 5-14 บัญชีรายการการผลิตพอลิโพรพิลีนจำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
Styrene Monomer	ton	6.92E-01	1.01E-02	1.37E+00
MO	ton	1.43E-02	1.15E-02	1.37E-01
Catalyst	ton	4.60E-04	3.87E-04	6.32E-04
Znst	ton	1.39E-03	1.24E-03	1.84E-03
Silicone	ton	1.39E-03	0.00E-03	2.75E-03
Potassium Laurate	ton	3.35E-05	2.75E-05	5.15E-05
พลังงาน				
Natural Gas	MMBtu	3.26E-01	3.07E-01	3.56E-01
Fuel oil	L	5.22E+00	3.69E+00	8.44E+00
Off Gas	ton	3.37E-02	8.02E-03	9.44E-02
Electricity	kWh	1.89E+02	1.25E+02	2.60E+02
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	1.00E-01	8.13E-02	1.09E-01
CH ₄	ton	6.22E-07	4.40E-07	1.01E-06
N ₂ O	ton	1.24E-07	8.80E-08	2.01E-07
มลสารทางน้ำ				
BOD	kg	4.51E-03	1.23E-03	8.12E-03
COD	kg	2.45E-02	3.55E-03	5.11E-02
Oil and grease	kg	9.23E-04	7.66E-04	1.56E-03
กากของเสีย				
Sludge oil	kg	2.44E-03	3.11E-03	6.32E-03
Plastic waste	kg	1.34E-07	5.32E-07	8.78E-07

ตารางที่ 5-15 บัญชีรายการการผลิตพอลิพรอพิลีนจำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
Hexane	ton	1.69E-02	1.38E-02	1.88E-02
Additives	ton	1.00E-02	9.79E-03	1.04E-02
Ethylene	ton	4.10E-01	3.10E-05	1.97E+00
Propylene	ton	1.00E+00	7.55E-04	1.01E+00
Catalyst	ton	3.36E-05	1.39E-04	1.59E-04
พลังงาน				
LPG	ton	3.57E-02	5.59E-02	1.53E+02
Electricity	kWh	2.32E+02	3.29E+02	4.36E+02
Steam				
HP	ton	8.32E-02	1.09E-02	1.64E-01
MP	ton	4.30E-02	1.12E-02	8.76E-02
LP	ton	1.28E-01	8.96E-02	1.72E-01
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	2.30E-01	1.99E-01	2.53E-01
CH ₄	ton	1.62E-08	2.78E-09	1.27E-07
N ₂ O	ton	1.06E-08	2.76E-10	1.21E-07
Dust		N/A		
SO _x		N/A		
มลสารทางน้ำ				
BOD	ton	4.65E-05	6.89E-12	2.30E-11
COD	ton	2.53E-04	9.18E-11	2.01E-04
SS	ton	6.51E-05	2.75E-11	8.03E-11
TDS	ton	7.38E-04	1.84E-09	1.46E-03
Oil & Grease	ton	1.86E-05	0.00E+00	2.59E-05
Temperature	°C	6.73E-05	6.35E-05	7.12E-05
กากของเสีย				
Waste Catalyst	kg	2.34E-03	1.62E-03	3.26E-03
Chemical Residue	kg			
Contaminated	kg			
อื่น ๆ				
Lime Waste	ton	1.35E-02	1.15E-02	1.64E-02

ตารางที่ 5-16 บัญชีรายการการผลิตพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงจำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
Hexane	ton	1.19E-02	1.04E-02	1.34E-02
Additives	ton	4.64E-03	3.00E-03	9.55E-03
Ethylene	ton	1.10E+00	1.02E+00	1.92E+00
Propylene	ton	7.84E-02	1.01E-03	9.86E-01
Butene-1	ton	9.87E-03	5.59E-03	3.16E-02
Catalyst	ton	9.00E-04	1.55E-04	1.65E-03
Potable water	m ³	4.67E-02	0.00E+00	8.43E-02
Raw water	m ³	2.22E+00	1.83E+00	2.59E+00
RO water	m ³	1.85E-01	0.00E+00	5.22E-01
Water	m ³	1.21E+00	0.00E+00	2.58E+00
พลังงาน				
LPG	ton	6.98E-02	5.59E-02	7.96E-02
Natural gas	MMBtu	8.07E-03	4.82E-03	1.52E-02
Fuel Gas	MMBtu	9.63E-03	8.78E-03	1.13E-02
Electricity	kWh	2.93E+02	3.66E-01	5.65E+02
Steam				
HP	ton	1.15E-01	9.28E-02	1.51E-01
MP	ton	2.38E-01	1.77E-01	2.83E-01
LP	ton	1.47E-01	6.22E-02	2.53E-01
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	3.70E-01	3.60E-01	3.94E-01
CH ₄	ton	1.97E-08	3.28E-09	5.00E-08
N ₂ O	ton	2.99E-09	2.76E-10	8.67E-09
มลสารทางน้ำ				
BOD	ton	7.47E-12	3.45E-12	1.15E-11
COD	ton	6.32E-11	4.60E-11	8.05E-11
SS	ton	2.70E-11	1.38E-11	4.02E-11
TDS	ton	1.32E-09	9.20E-10	1.72E-09
Oil & Grease	ton	1.15E-12	0.00E+00	2.30E-12
RO Wastewater	m ³	1.78E-06	1.46E-06	2.09E-06
Wastewater	m ³	1.48E-06	1.35E-06	1.62E-06
กากของเสีย				
Waste Catalyst	ton	1.48E-03	1.19E-02	2.00E-03
Chemical Residue	ton	1.48E-03	8.29E-04	2.00E-03
Contaminated Containment	ton	1.48E-03	8.29E-04	2.00E-03
Lime Waste	ton	8.53E-03	7.16E-03	9.31E-03

ตารางที่ 5-17 บัญชีรายการการผลิตพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำจำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
Hexane	ton	7.18E-02	5.86E-02	9.73E-02
Ethylene	ton	9.91E-01	7.56E-01	1.20E+00
Additives	ton	1.95E-02	3.00E-03	6.92E-02
Catalyst	ton	5.02E-03	1.04E-03	1.01E-02
Water	m ³	4.35E+01	5.16E-01	7.96E+01
พลังงาน				
LPG	ton	6.83E-02	5.59E-02	7.33E-02
Electricity	kWh	3.90E+02	3.72E+02	4.12E+02
Steam				
HP	ton	7.84E-02	4.80E-02	1.09E-01
MP	ton	1.69E-01	8.51E-02	2.61E-01
LP	ton	1.20E-01	8.29E-02	1.62E-01
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	2.16E-01	1.81E-01	2.51E-01
CH ₄	ton	3.87E-09	3.12E-09	4.37E-09
N ₂ O	ton	3.91E-10	2.76E-10	6.83E-10
Dust			N/A	
SO _x			N/A	
มลสารทางน้ำ				
BOD	ton	5.61E-10	2.59E-10	8.64E-10
COD	ton	1.69E-04	6.05E-09	3.37E-04
SS	ton	5.06E-05	3.02E-09	1.01E-04
TDS	ton	3.37E-03	1.30E-07	6.75E-03
Oil & Grease	ton	8.64E-11	0.00E+00	1.73E-10
Temperature	°C	3.58E-04	3.38E-04	3.79E-04
กากของเสีย				
Waste Catalyst	ton	8.64E-03	7.16E-03	1.16E-02
Chemical Residue				
Contaminated				
Lime Waste	ton	5.02E-02	4.13E-02	6.14E-02

ตารางที่ 5-18 บัญชีรายการการผลิตพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นจำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
Hexane	ton	5.02E-02	4.44E-02	6.02E-02
Additives	ton	1.30E-02	3.00E-03	4.28E-02
Ethylene	ton	2.90E+00	1.01E+00	8.60E+00
Butene-1	ton	4.59E-02	2.61E-02	1.41E-01
Catalyst	ton	1.21E-04	4.12E-05	7.38E-03
Potable water	m ³	1.86E+01	3.78E-01	3.45E+01
พลังงาน				
LPG	ton	6.76E-02	5.59E-02	7.33E-02
NG	MMBtu	1.11E+00	1.05E+00	1.21E+00
Fuel by product	ton	5.75E-03	4.54E-03	6.55E-03
Electricity	kWh	3.33E+02	2.12E+02	4.01E+02
Steam				
HP	ton	5.53E-02	8.08E-03	1.13E-01
MP	ton	1.13E-01	3.86E-03	2.40E-01
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	2.47E-01	2.06E-01	2.91E-01
CH ₄	ton	4.67E-07	2.93E-09	1.46E-06
N ₂ O	ton	4.67E-08	2.76E-10	1.46E-07
มลสารทางน้ำ				
BOD	ton	2.95E-10	1.36E-10	4.54E-10
COD	ton	2.50E-09	1.82E-09	3.18E-09
SS	ton	1.07E-09	5.45E-10	1.59E-09
TDS	ton	5.22E-08	3.63E-08	6.81E-08
Oil & Grease	ton	4.54E-11	0.00E+00	9.09E-11
Temperature	°C	2.60E-04	2.45E-04	2.75E-04
กากของเสีย				
Waste Catalyst	ton	6.23E-03	5.44E-03	7.72E-03
Chemical Residue				
Contaminated				
Lime Waste	ton	3.68E-02	2.76E-02	4.46E-02

ตารางที่ 5-19 บัญชีรายการการผลิตพอลิเอทิลีนเทรฟทาเลตจำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
TPA	ton	8.44E-01	1.08E+00	1.39E+00
PTA+IPA	ton	5.75E-01	9.12E-02	1.17E+01
REG+MEG	ton	3.24E-01	2.77E-01	3.33E-01
Catalyst	ton	2.04E-01	3.45E-02	6.13E-01
Additive	ton	2.75E-02	3.56E-03	5.23E-02
พลังงาน				
Natural Gas	ton	2.51E+00	1.13E+00	2.17E+02
Electricity	kWh	1.88E+02	4.46E-05	7.08E+01
Steam	ton	2.34E-01	3.78E-02	5.42E-01
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	3.54E-01	2.48E-01	5.08E-01
CH ₄	ton	2.89E-06	2.78E-06	3.18E-06
N ₂ O	ton	2.89E-07	2.78E-07	3.18E-07
มลสารทางน้ำ				
BOD	ton	4.07E-06	1.03E-03	2.69E-03
COD	ton	3.24E-05	1.03E-03	2.69E-03
กากของเสีย				
Hazardard Waste	ton	5.99E-04	1.03E-03	2.69E-03
Non Hazardard	ton	1.91E-03	1.91E-03	2.69E-03

ตารางที่ 5-20 บัญชีรายการการผลิตพอลิไวนิลคลอไรด์จำนวน 1 ตัน

ช่วงเวลาของข้อมูล ปี พ.ศ. 2548 – 2553

รายการ	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รายการขาเข้า				
วัตถุดิบ				
Vinyl Chloride	ton	1.04E+00	1.00E+00	1.69E+00
Organic peroxide	kg	7.64E-01	6.27E-01	1.20E+00
Polyvinyl alcohol	kg	1.31E+00	1.11E+00	2.12E+00
Calcium Hydroxide	kg	1.34E-01	9.07E-02	2.51E-01
Methanol	kg	3.91E-02	3.37E-02	5.09E-02
พลังงาน				
Natural Gas	ton	2.51E+00	1.85E+00	3.19E+00
Electricity	kWh	1.53E-01	3.02E+02	6.90E+02
Steam	ton	5.81E-01	6.20E-01	6.61E-01
รายการขาออก				
มลสารทางอากาศ				
CO ₂	ton	3.95E-01	3.61E-01	4.05E-01
CH ₄	ton	2.64E-06	1.94E-06	3.35E-06
N ₂ O	ton	2.64E-07	1.94E-07	3.35E-07
SO _x	kg	6.11E-05	1.04E-06	1.34E-04
มลสารทางน้ำ				
BOD	ton	8.65E-05	2.33E-06	1.78E-04
COD	ton	9.76E-05	3.26E-06	1.93E-04
กากของเสีย				
Sludge waste	kg	1.11E+00	6.58E-01	1.45E+00
Solvent	kg	3.04E-02	1.98E-02	4.06E-02

5.4.3 ความเข้มพลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

ผลการคำนวณความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายเมื่อแบ่งตามกลุ่มผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 5-21 พบว่า ความเข้มพลังงานเฉลี่ยของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายมีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2551 และสูงสุดในปี พ.ศ. 2549 โดยมีค่าประมาณ 2,717 และ 3,183 MJ/t ตามลำดับ ความเข้มพลังงานเฉลี่ยรายผลิตภัณฑ์ของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายมีช่วงความกว้างของข้อมูลค่อนข้างมาก เนื่องจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายสามารถใช้ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นและชั้นกลางมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายก่อนนำไปแปรรูปในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่อไป ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกลุ่มนี้มีความหลากหลายมากเมื่อมีผลิตภัณฑ์หลายชนิด การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดย่อมแตกต่างกัน

ดังนั้น ความเข้มพลังงานผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้จึงมีช่วงความกว้างของข้อมูลมากเมื่อเทียบกับกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นกลาง

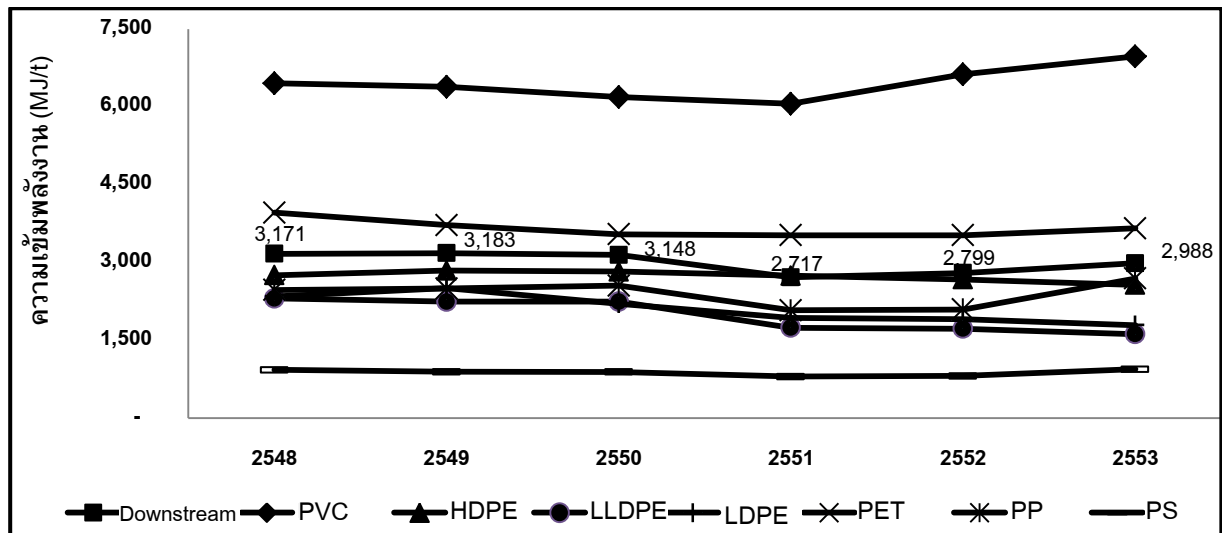
ตารางที่ 5-21 ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

หน่วย : MJ/t

EI	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	จำนวนโรงงาน
PS	879	803	944	2
PP	2,391	2,082	2,695	2
HDPE	2,728	2,570	2,844	2
LDPE	2,114	1,794	2,508	1
LLDPE	2,129	1,620	2,307	2
PET	3,657	3,528	3,961	2
PVC	6,460	6,062	6,974	2
Downstream*	3,001	2,717	3,183	

หมายเหตุ : * คำนวณค่าเฉลี่ยจากทุกโรงงานที่เป็นตัวแทนทั้งหมด

ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายมีความเข้มพลังงานเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2553 ประมาณ 3,001 MJ/t ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความเข้มพลังงานสูงสุด คือ พอลิไวนิลคลอไรด์ ซึ่งมีความเข้มพลังงานเฉลี่ย 6,460 MJ/t และผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มพลังงานต่ำสุด คือ พอลิสไตรีน ซึ่งมีความเข้มพลังงานเฉลี่ย 902 MJ/t พอลิไวนิลคลอไรด์มีความเข้มพลังงานสูงกว่าความเข้มพลังงานเฉลี่ยของกลุ่มอุตสาหกรรมประมาณ 2 เท่า และสูงกว่าพอลิสไตรีนประมาณ 6 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตพอลิไวนิลคลอไรด์ในประเทศไทยมี 2 ประเภท คือ กระบวนการผลิตพอลิไวนิลคลอไรด์ประเภท Suspension Process และกระบวนการผลิตพอลิไวนิลคลอไรด์ประเภท Emulsion Process การประเมินความเข้มพลังงานในงานวิจัยนี้เป็นค่าเฉลี่ยจากกระบวนการผลิตทั้ง 2 ประเภท ซึ่งกระบวนการผลิตแบบ Emulsion Process ก่อนข้างแตกต่างจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายอื่นๆ กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายมีการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานทางอ้อมเป็นหลัก โดยคิดเป็นประมาณร้อยละ 80 ของพลังงานทั้งหมด แต่กระบวนการผลิตพอลิไวนิลคลอไรด์ประเภท Emulsion Process มีการใช้พลังงานจากแหล่งทางตรงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นหลัก โดยมีสัดส่วนคิดเป็นประมาณร้อยละ 65 ของพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมด ส่งผลให้ความเข้มพลังงานของพอลิไวนิลคลอไรด์ค่อนข้างสูงนั่นเอง



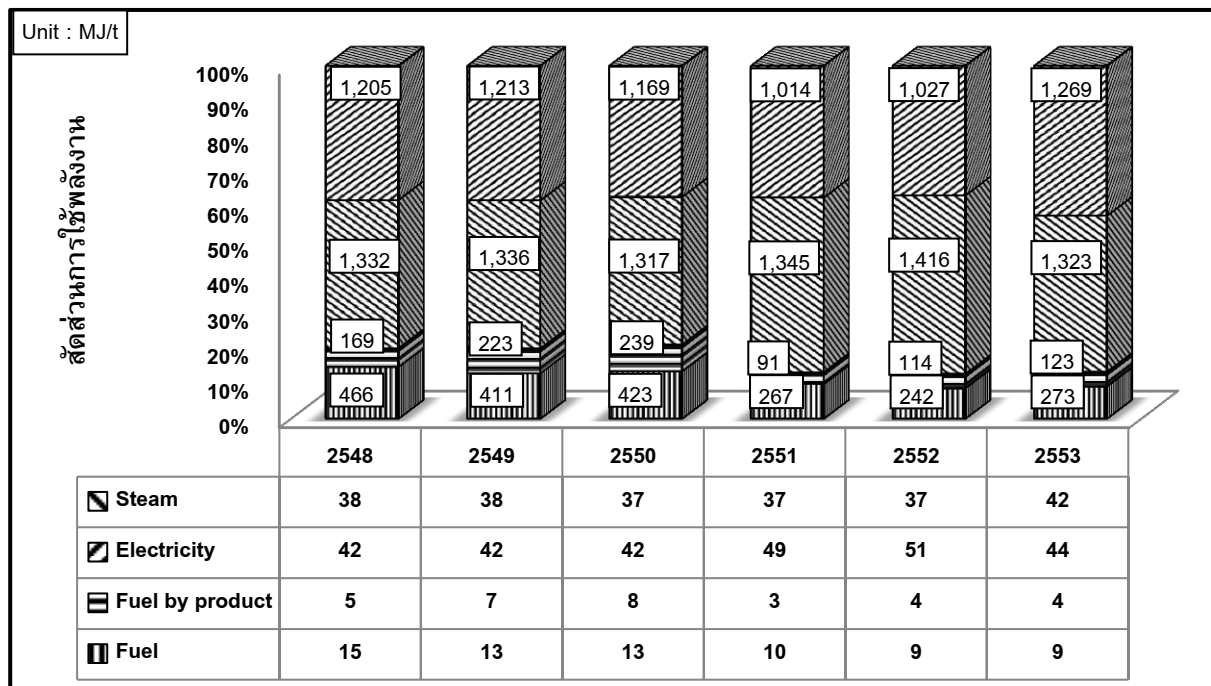
รูปที่ 5-36 ความเข้มพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย

จากการวิเคราะห์ภาพรวมความเข้มพลังงานของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางดังรูปที่ 5-36 พบว่า การใช้พลังงานของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลายในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2551 มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้นำแนวทางการอนุรักษ์พลังงานมาปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ทำให้ปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ลดลงเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นและชั้นกลาง โดยผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลายในปี พ.ศ. 2551 มีความเข้มพลังงานเฉลี่ยประมาณ 2,717 MJ/t ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนการลดลงประมาณร้อยละ 17 ของความเข้มพลังงานในปี พ.ศ. 2548 ที่มีค่าเฉลี่ยประมาณ 3,171 MJ/t ในขณะที่การใช้พลังงานของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลายในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2553 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยในปี พ.ศ. 2553 ความเข้มพลังงานเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 10 จากปี พ.ศ. 2551 เนื่องจากในช่วง 2 ปีนี้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลายมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น โดยมีสัดส่วนการผลิตผลิตภัณฑ์ในปี พ.ศ. 2553 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 28 จากปี พ.ศ. 2551 ซึ่งการขยายกำลังการผลิตส่งผลให้อุตสาหกรรมมีความต้องการใช้พลังงานในระบบในอัตราที่สูงกว่าการดำเนินงานปกติ ดังนั้น ความเข้มพลังงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์จึงเพิ่มขึ้นด้วย

5.4.4 สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย

ผลการพิจารณาสัดส่วนการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย โดยแบ่งขอบเขตการพิจารณาตามแหล่งที่มาและชนิดพลังงาน ดังรูปที่ 5-37 พบว่า

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายมีการใช้พลังงานทางอ้อม ซึ่งประกอบด้วย พลังงานไฟฟ้า และพลังงานไอน้ำมากกว่าการใช้พลังงานทางตรง ซึ่งประกอบด้วย พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรง และพลังงานจากการเวียนใช้เชื้อเพลิงในระบบประมาณ 4 - 7 เท่า โดยมีสัดส่วนการใช้พลังงานประมาณร้อยละ 80 - 87 และร้อยละ 13 - 20 ตามลำดับ



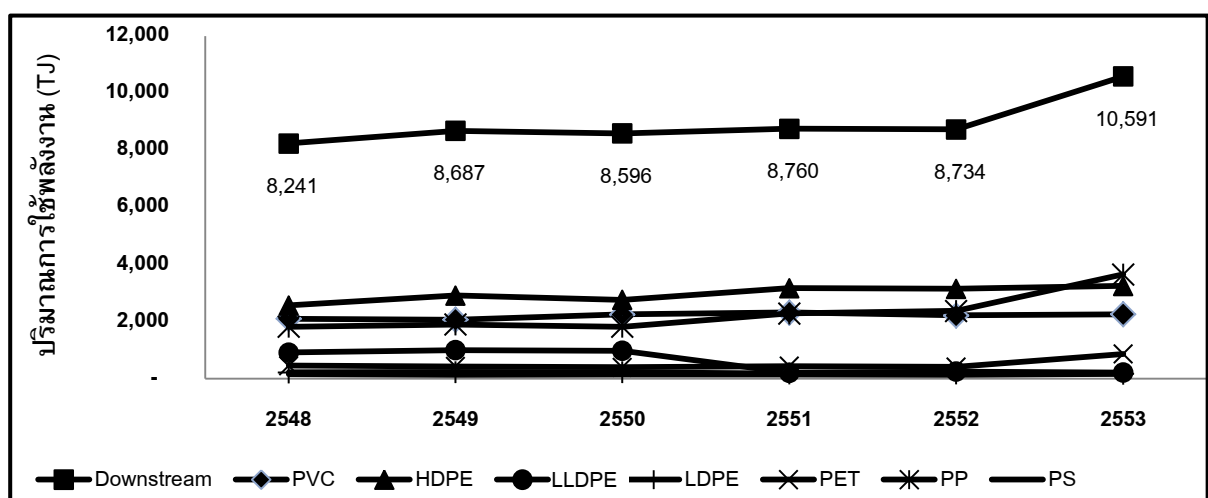
รูปที่ 5-37 สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย

การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายส่วนใหญ่มาจากแหล่งพลังงานทางอ้อม โดยพลังงานไฟฟ้ามีความต้องการสูงกว่าพลังงานไอน้ำเพียงเล็กน้อย คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 45 และร้อยละ 38 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด ตามลำดับ รองลงมา คือ การใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานทางอ้อม ซึ่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรง และพลังงานจากการเวียนใช้เชื้อเพลิงในระบบคิดเป็นร้อยละ 11 และร้อยละ 5 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด ตามลำดับ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานทางอ้อมค่อนข้างสูง เนื่องจากกระบวนการผลิตหลักของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลาย คือ กระบวนการต่ออณู (Polymerization) ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อมต่อโมเลกุลเดี่ยวเข้าไว้ด้วยกัน โดยอาจใช้ความร้อน ความดัน และ/หรือตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าร่วมเพื่อช่วยให้กระบวนการเกิดได้อย่างสมบูรณ์

ความต้องการพลังงานของอุตสาหกรรมกลุ่มนี้จึงน้อยมาก แหล่งพลังงานทางอ้อมซึ่งสามารถสรรหามาใช้งานได้ง่ายในปริมาณที่มากจึงเป็นทางเลือกหลักของการกระบวนการดังกล่าว

5.4.5 ปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนจากโรงงานตัวแทนสามารถวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย ได้แก่ พอลิไทรีน พอลิพรอพิลีน พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น พอลิเอทิลีนเทรฟทาเลต และพอลิไวนิลคลอไรด์ ดังรูปที่ 5-38 พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2552 ผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้พลังงานสูงสุด คือ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง โดยมีการใช้พลังงานประมาณ 2,568 – 3,171 TJ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกำลังการผลิตสูงสุด โดยมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 30 ของปริมาณผลิตภัณฑ์ตัวแทนในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย ในขณะที่ปี พ.ศ. 2553 พอลิพรอพิลีนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้พลังงานสูงสุดประมาณ 3,654 TJ เนื่องจากการเพิ่มกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของตลาด โดยเพิ่มขึ้นในสัดส่วนประมาณร้อยละ 25 จากปี พ.ศ. 2552 ส่งผลให้พอลิพรอพิลีนเป็นผลิตภัณฑ์ตัวแทนที่มีกำลังการผลิตสูงสุดคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 33 เมื่อปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น ความต้องการใช้พลังงานย่อมเพิ่มสูงขึ้นด้วย ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้พลังงานต่ำที่สุด คือ พอลิไทรีน โดยมีการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2548 – 2553 เพียง 136 – 164 TJ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นพลังงานต่ำที่สุด



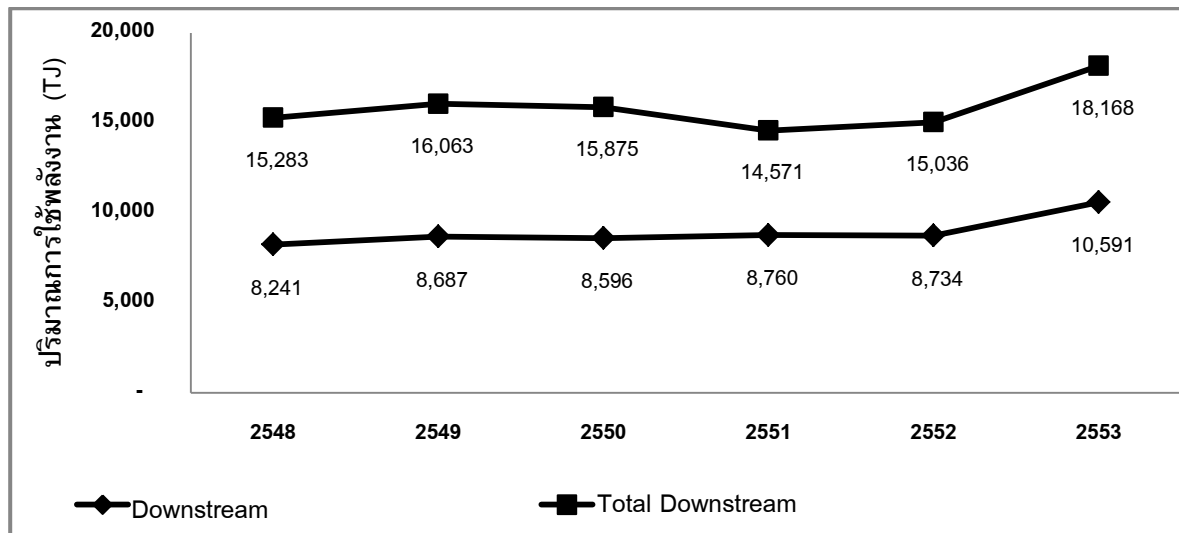
รูปที่ 5-38 ปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย

ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทน พบว่า ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มีความต้องการใช้พลังงานค่อนข้างคงที่ ยกเว้นผลิตภัณฑ์บางชนิด คือ พอลิพรอพิลีนและพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตที่มีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2553 ส่งผลให้ความต้องการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และในช่วงปี พ.ศ. 2551 – 2553 การใช้พลังงานของพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอ้างอิงข้อมูลจากโรงงานตัวแทนเพียงโรงเดียว ความต้องการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์จึงอาจคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

เมื่อพิจารณาภาพรวมปริมาณการใช้พลังงานของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทน พบว่า การใช้พลังงานรายปีของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนในช่วงระหว่าง 6 ปีที่ศึกษา พบว่า ในปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณการใช้พลังงานต่ำสุดเท่ากับ 8,241 TJ และในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณการใช้พลังงานสูงสุดเท่ากับ 10,591 TJ การใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในแต่ละปีมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ ยกเว้นในปี พ.ศ. 2553 ที่มีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจากปี พ.ศ. 2548 คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 29 เนื่องจากในปี พ.ศ. 2553 กำลังการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 31 จากกำลังการผลิตในปี พ.ศ. 2548 ส่งผลให้แนวโน้มของการใช้พลังงานสูงขึ้นด้วย

5.4.6 ปริมาณการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

ผลการประเมินปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายของประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2553 ดังรูปที่ 5-39 พบว่า ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายมีปริมาณการใช้พลังงานรายปีสูงสุดในปี พ.ศ. 2553 ประมาณ 18,168 TJ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นกลาง โดยการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 19 จากปี พ.ศ. 2548 ซึ่งเป็นไปตามปริมาณการเพิ่มกำลังการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2553 คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 25 จากปี พ.ศ. 2548



รูปที่ 5-39 ปริมาณการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย

การใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2551 – 2552 มีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับปีอื่นๆ เนื่องจากความเข้มพลังงานของผลิตภัณฑ์ลดลงมากดังกล่าวในหัวข้อที่ 5.4.3 ความเข้มพลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายลดลงไปด้วย

5.4.7 ความเข้มคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย

ผลการคำนวณความเข้มคาร์บอนของผลิตภัณฑ์กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายในรูปแบบตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันผลิตภัณฑ์ ($t\ CO_2\ eq./t$) ดังตารางที่ 5-22 พบว่า ความเข้มคาร์บอนของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลายมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด - สูงสุดในปี พ.ศ. 2548 - 2553 เท่ากับ 0.096 – 0.366 และ 0.109 - 0.527 $t\ CO_2\ eq./t$ ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.331 $t\ CO_2\ eq./t$ ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายที่มีความเข้มคาร์บอนสูงสุด คือ พอลิไวนิลคลอไรด์ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.395 $t\ CO_2\ eq./t$ รองลงมา ได้แก่ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง พอลิเอทิลีนเทรเพทาเลต มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.375 และ 0.356 $t\ CO_2\ eq./t$ ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มคาร์บอนต่ำสุด คือ พอลิสไตรีน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.100 $t\ CO_2\ eq./t$

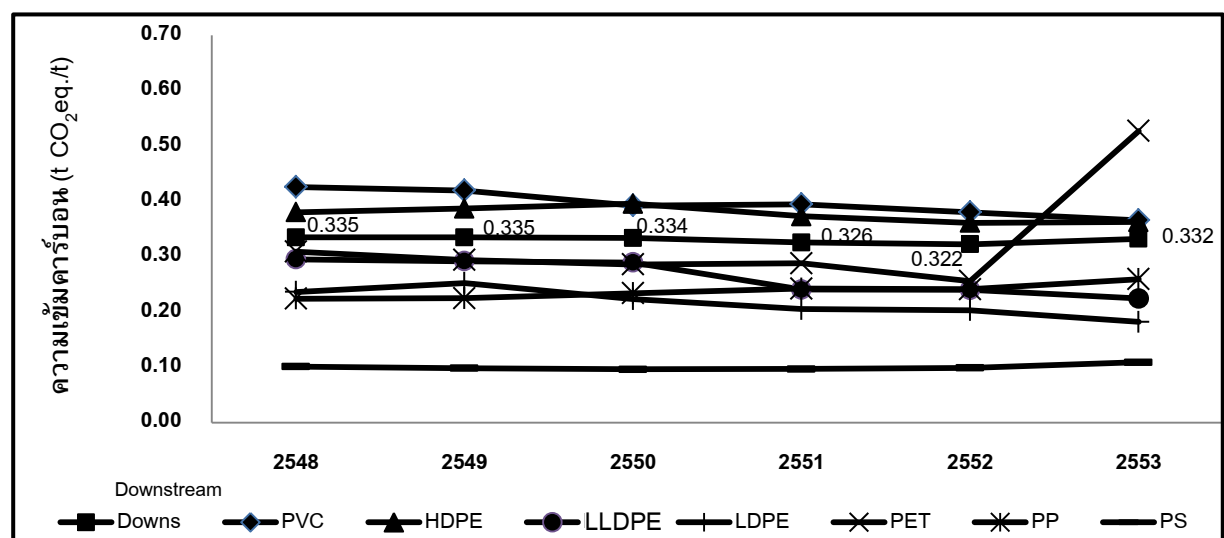
ตารางที่ 5-22 ความเข้มข้นคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

หน่วย : t CO₂ eq./t

CI	2548	2549	2550	2551	2552	2553	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
PS	0.101	0.098	0.096	0.097	0.099	0.109	0.109	0.096	0.100
PP	0.224	0.225	0.234	0.242	0.241	0.259	0.259	0.224	0.240
HDPE	0.380	0.387	0.396	0.373	0.361	0.362	0.396	0.361	0.375
LDPE	0.236	0.252	0.223	0.205	0.203	0.182	0.252	0.182	0.217
LLDPE	0.295	0.292	0.289	0.240	0.240	0.224	0.295	0.224	0.278
PET	0.309	0.294	0.286	0.288	0.256	0.527	0.527	0.256	0.356
PVC	0.426	0.420	0.392	0.395	0.380	0.366	0.426	0.366	0.395
Downstream*	0.335	0.335	0.334	0.326	0.322	0.332	0.335	0.322	0.331

หมายเหตุ : * คำนวณค่าเฉลี่ยจากทุกโรงงานที่เป็นตัวแทนทั้งหมด

ในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2552 ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายที่มีความเข้มข้นคาร์บอนสูงสุด คือ พอลิไวนิลคลอไรด์ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานทางตรงในสัดส่วนที่สูง ดังกล่าวในหัวข้อที่ 5.4.3 ความเข้มพลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย ในขณะที่ปี พ.ศ. 2553 พอลิเอทิลีนเทรฟทาเลตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นพลังงานสูงสุด เนื่องจากการตั้งโรงงานแห่งใหม่ส่งผลให้กำลังการผลิตผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเพิ่มสูงขึ้นเป็นทวีคูณเช่นกัน

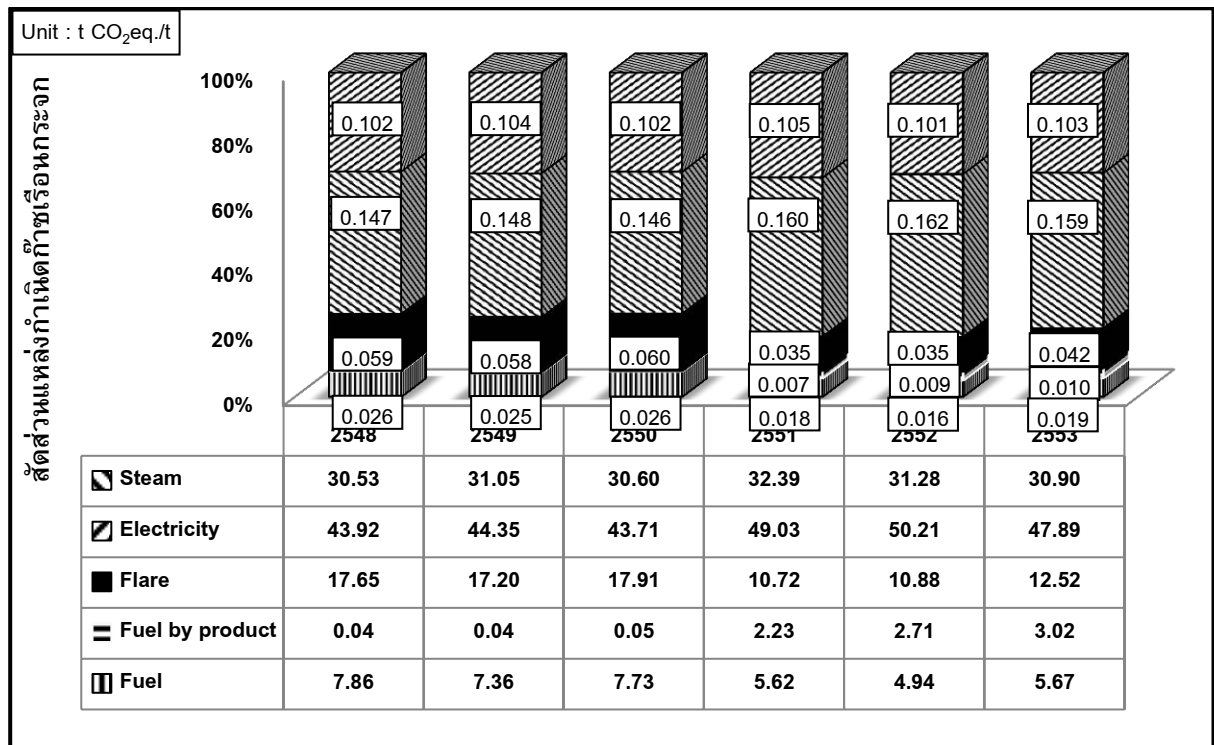


รูปที่ 5-40 ความเข้มข้นคาร์บอนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

เมื่อพิจารณาแนวโน้มความเข้มข้นของคาร์บอนของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2553 ดังรูปที่ 5-40 พบว่า ความเข้มข้นของคาร์บอนของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ โดยในปี พ.ศ. 2552 ความเข้มข้นของคาร์บอนของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายลดลงประมาณร้อยละ 4 จากปี พ.ศ. 2548 เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งได้มีการนำแนวทางการอนุรักษ์พลังงานมาปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตทำให้การใช้พลังงานในระบบมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ประกอบกับการขยายกำลังการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรม เมื่อปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น ปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตลดลง ดังนั้น ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตต่อหน่วยผลิตภัณฑ์จึงลดลงด้วย แต่ในปี พ.ศ. 2553 ความเข้มข้นของคาร์บอนของกลุ่มผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 3 จากปี พ.ศ. 2552 เนื่องจากการขยายกำลังการผลิตแบบทวีคูณของกลุ่มอุตสาหกรรม ดังกล่าวในหัวข้อที่ 5.4.3 ความเข้มพลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย ซึ่งส่งผลให้ความเข้มพลังงานสูงขึ้น เมื่อปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นย่อมส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

5.4.8 สัดส่วนแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

การประเมินความเข้มข้นจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แบ่งออกเป็น 2 ขอบเขตตามลักษณะแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก เมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายดังรูปที่ 5-41 พบว่า แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายมาจากแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมสูงกว่าแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางตรงประมาณ 4 เท่า โดยแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางตรงมาจากการใช้เผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรงในกระบวนการผลิต การเวียนใช้เชื้อเพลิงในระบบ และการเผาทิ้ง คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 18 - 26 และแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานไอน้ำ คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 74 - 82



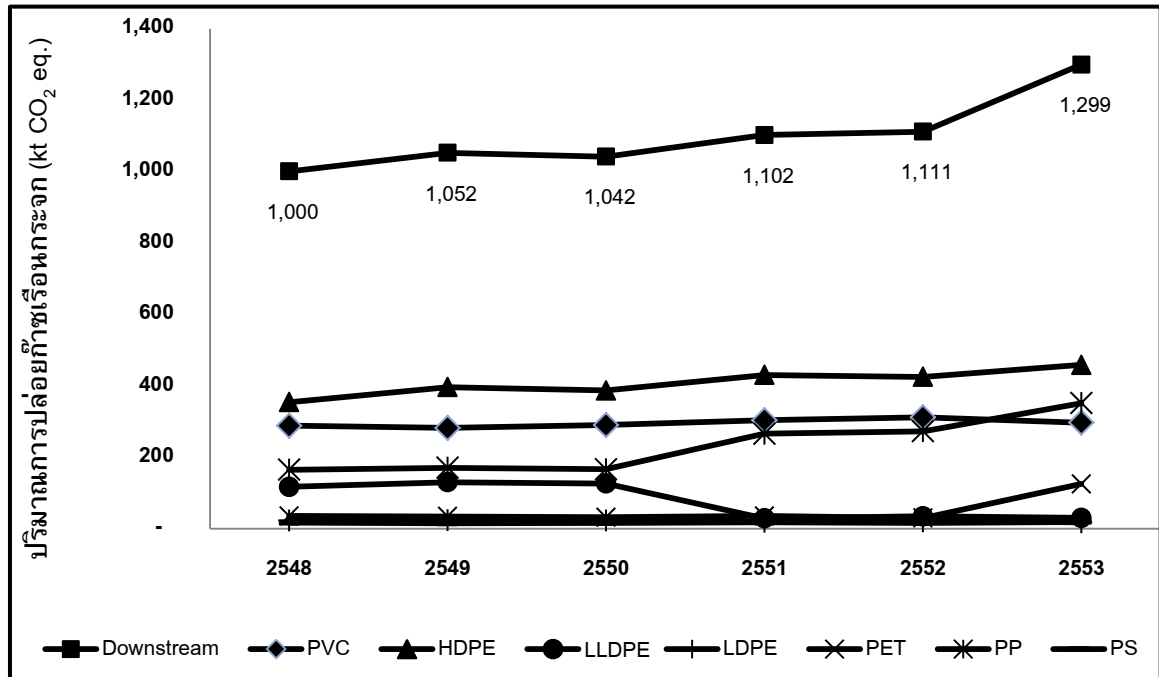
รูปที่ 5-41 สัดส่วนแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย

เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งจากแหล่งกำเนิดทางตรงและทางอ้อมจำแนกตามชนิดของพลังงาน พบว่า แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลายมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด โดยมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 43 - 50 ทำให้มีค่าความเข้มข้นระหว่าง 0.146 - 0.162 t CO₂ eq./t รองลงมา คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไอน้ำ การเผาไหม้ การเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรงในกระบวนการผลิต และการเวียนใช้เชื้อเพลิง โดยมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 30 - 32, 10 -17, 4 - 7 และ 1 - 3 ตามลำดับ

5.4.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนจากโรงงานตัวแทนสามารถวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 5-42 พบว่า พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในปี

พ.ศ. 2553 ประมาณ 459 kt CO₂ eq. ทั้งนี้เนื่องจากพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกำลังการผลิตสูงสุดในกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนและยังมีความเข้มข้นคาร์บอนค่อนข้างสูงด้วย ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของผลิตภัณฑ์จึงสูงที่สุด

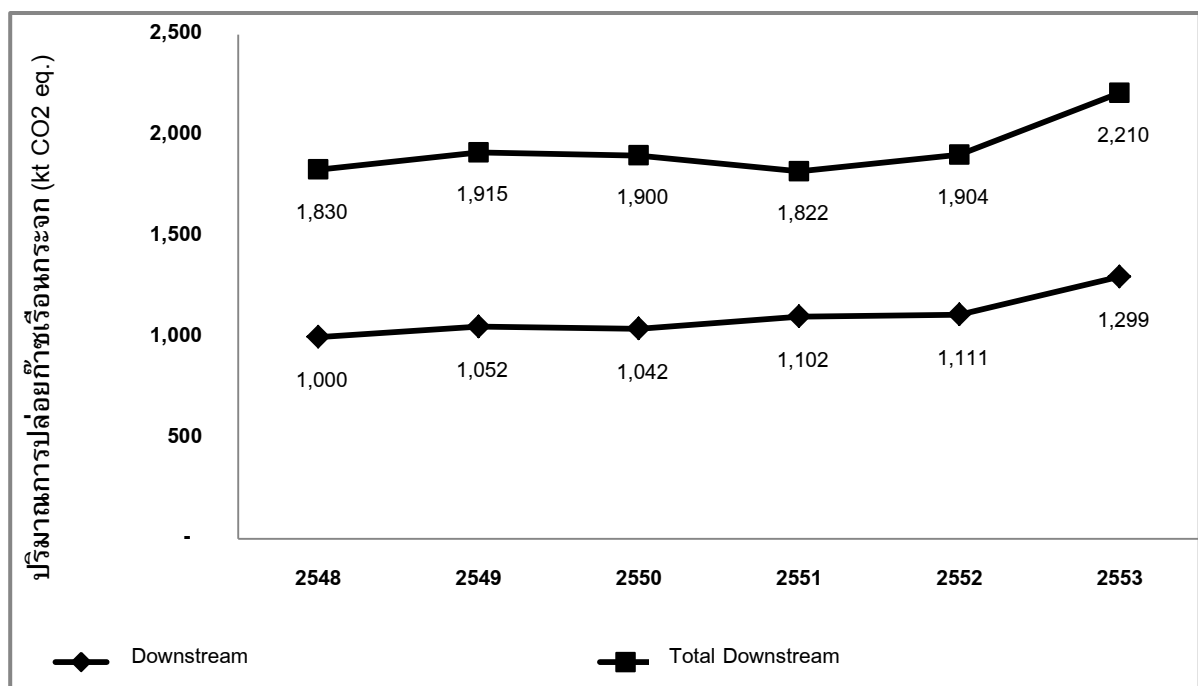


รูปที่ 5-42 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย

ในขณะที่พอลิพรอพิลีนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากพอลิพรอพิลีนมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นสูงถึงร้อยละ 56 ในปี 2553 เมื่อพิจารณาภาพรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทน พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนในช่วง 6 ปีที่ศึกษา มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 1,000 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2548 และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 1,299 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2553 ซึ่งคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 30 เนื่องจากกำลังการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวแทนที่เพิ่มขึ้นตามการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี

5.4.10 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2553 ดังรูปที่ 5-43 พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายปีสูงสุดในปี พ.ศ. 2553 ประมาณ 2,210 kt CO₂ eq. โดยเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 21 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2548 ซึ่งสอดคล้องกับกำลังการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายทั้งประเทศในปี พ.ศ. 2553 ที่มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 20 การขยายตัวของเศรษฐกิจและอุปสงค์ของการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน



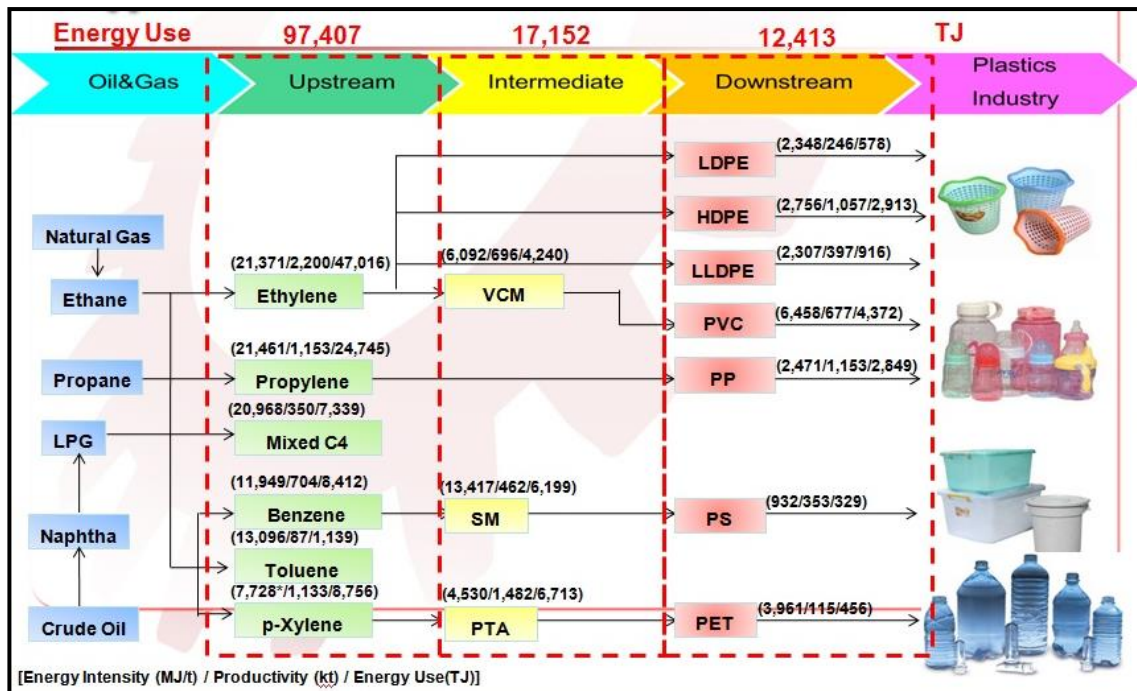
รูปที่ 5-43 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

5.5 ภาพรวมการประเมินก๊าซกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

ผลการวิเคราะห์ภาพรวมกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจากตัวแทนของผลิตภัณฑ์ ทั้งผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายรวม 16 ผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาล้าง 23 โรงงานโดยใช้ข้อมูลปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้จริงของโรงงานตัวแทนร่วมกับข้อมูลทฤษฎีสำหรับโรงงานที่ไม่ใช่โรงงานตัวแทน (PTIT, 2552) พบว่า ผลิตภัณฑ์ตัวแทนที่ผลิตได้จริงของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณ 12.27 ล้านตัน แบ่งเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น 5.63 ล้านตัน ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง 2.64 ล้านตัน และผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย 4.00 ล้านตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 45, 22 และ 33 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั้งหมดตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นมีปริมาณการผลิตสูงที่สุดเนื่องจากจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นได้ทั้งผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลาย รองลงมา คือ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย เนื่องจากผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้มีความต้องการใช้สูงในตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทยด้วย

5.5.1 ผังการไหลของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิต ปริมาณผลผลิต การใช้พลังงาน ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ความเข้มข้นคาร์บอน และความเข้มพลังงาน รายกลุ่มอุตสาหกรรมดังกล่าวข้างต้น สามารถจัดทำผังการไหลของพลังงาน และผังการไหลของก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2548 ดังรูปที่ 5-44 และรูปที่ 5-45 ตามลำดับ โดยใช้ข้อมูลปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์ตัวแทนจากทั้งประเทศในการคำนวณร่วมกับค่าความเข้มพลังงานและค่าความเข้มข้นคาร์บอนจากการวิจัย

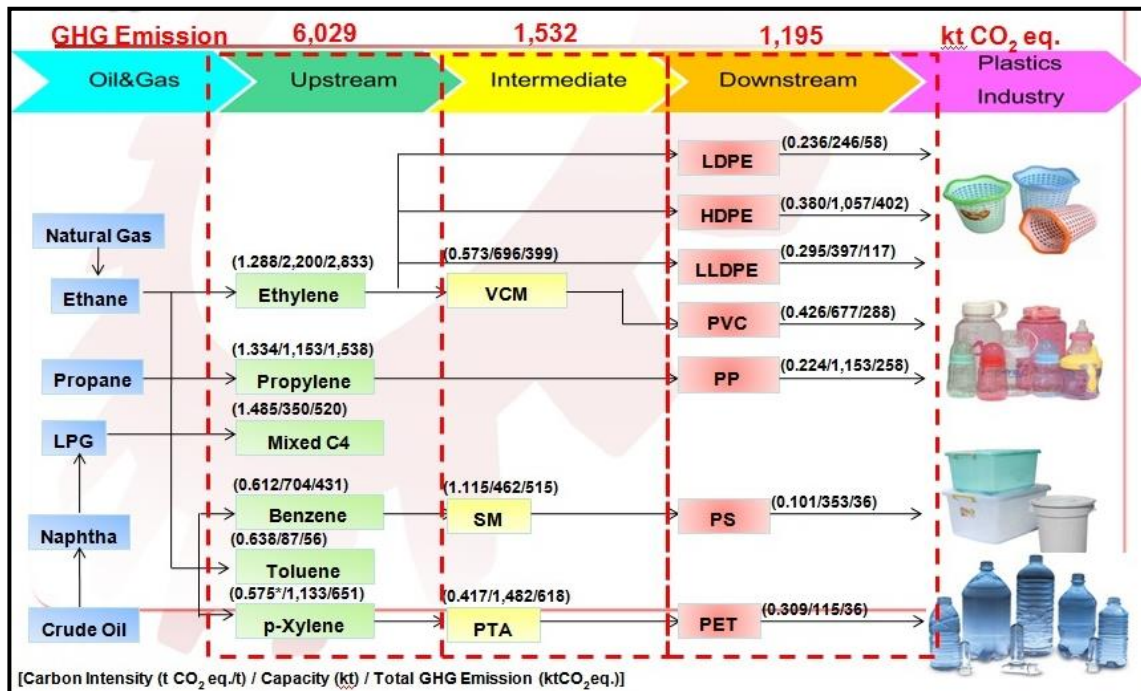


รูปที่ 5-44 ผังการไหลของพลังงานของโรงงานปิโตรเคมีที่เป็นตัวแทนในการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ผังการไหลของพลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์ตัวแทนทั้งประเทศมีความต้องการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตประมาณ 126,972 TJ โดยแบ่งตามกลุ่มอุตสาหกรรม ดังนี้ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายมีสัดส่วนการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตคิดเป็นร้อยละ 77 ร้อยละ 13 และร้อยละ 10 ของปริมาณความต้องการใช้พลังงานทั้งหมด ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นมีความต้องการใช้พลังงานเกือบหนึ่งในสี่ของปริมาณความต้องการใช้พลังงานทั้งหมด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นมีกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์สูงสุด อีกทั้งกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ คือ กระบวนการแตกโมเลกุลของวัตถุดิบ และกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุล เป็นกระบวนการที่มีความต้องการใช้พลังงานสูงเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

ผลการวิเคราะห์ผังการไหลของก๊าซเรือนกระจก ดังรูปที่ 5-45 พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ตัวแทนทั้งประเทศมีค่าประมาณ 8,756 kt CO₂ eq. โดยแบ่งตามกลุ่มอุตสาหกรรมได้ดังนี้ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 69 ร้อยละ 17 และร้อยละ 14 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดตามลำดับ ซึ่งอัตราส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่าใกล้เคียงกับสัดส่วนการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตที่เท่ากับร้อยละ 77 ร้อยละ 13 และร้อยละ 10 ของปริมาณความต้องการใช้พลังงาน

ทั้งหมด ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด ประมาณสองในสามของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด สืบเนื่องจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น เกี่ยวกับการต้องการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ส่งผลให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมากจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในระบบนั่นเอง



รูปที่ 5-45 ผังการไหลของก๊าซเรือนกระจกของโรงงานปิโตรเคมีที่เป็นตัวแทนในการศึกษา

5.5.2 ความเข้มพลังงาน

จากการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานรายผลิตภัณฑ์ และความเข้มพลังงานรายกลุ่มอุตสาหกรรม ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีดังกล่าวข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มพลังงานรายผลิตภัณฑ์ในช่วงปี พ.ศ. 2548 - 2553 กับผลการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังตารางที่ 5-46 พบว่า ผลการศึกษาความต้องการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์เมื่อเทียบกับข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน เช่นเดียวกับการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของสหรัฐอเมริกา ยกเว้นผลิตภัณฑ์บางชนิดที่มีค่าแตกต่างกันถึง 3 เท่า เช่น ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี

โตรเคมีขั้นต้นกลุ่มอะโรเมติกส์ และ สไตรีนมอนอเมอร์ เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างกันของ วัตถุดิบ และ/หรือเทคโนโลยีกระบวนการผลิตที่ใช้

ตารางที่ 5-23 การเปรียบเทียบความเข้มพลังงาน

หน่วย : MJ/t

ผลิตภัณฑ์	งานวิจัย	DEDE, 2550	USA, 2543
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น			
ETH	20,747 – 23,855	16,900 – 24,900	12,561 – 24,900
PPL	21,461 – 24,075		
MC4	20,968 – 24,814		
BZ	5,577 – 11,949	3,200 – 17,000	2,310 – 3,521
TOL	5,074 – 14,268		
PX	5,948 – 8,703		
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง			
VCM	5,311 – 6,092		-
PTA	4,108 – 4,590	1,900 – 10,500	3,121 – 5,145
SM	9,341 – 13,903		33,396 – 45,113
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย			
PS	803 - 944	1,000 – 2,000	-
PP	2,082 – 2,695		1,129 – 1,260
HDPE	2,570 – 2,844	2,700 – 3,600	1,483 – 3,993
LDPE	1,794 – 2,508	-	
LLDPE	1,620 – 2,307	-	
PET	3,528 – 3,961	-	-
PVC	6,062 – 6,974	2,700 – 12,500	2,896

5.5.3 สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า มี สัดส่วนการใช้พลังงานแตกต่างกันในทุกกลุ่ม เนื่องจากเทคโนโลยีกระบวนการผลิตของแต่ละกลุ่ม แตกต่างกัน ดังตารางที่ 5-24 ซึ่งสรุปสัดส่วนการใช้พลังงานตามลำดับได้ดังนี้

- อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น มีการใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ไฟฟ้า และไอน้ำ เท่ากับร้อยละ 84.6 15.3 และ 4.1 ตามลำดับ

- อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง มีการใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ไอน้ำ และไฟฟ้า เท่ากับร้อยละ 46.7, 28.2 และ 25.1 ตามลำดับ
- อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย มีการใช้พลังงานจากไอน้ำ ไฟฟ้า และการเผาไหม้เชื้อเพลิง เท่ากับร้อยละ 41.9, 33.7 และ 25.4 ตามลำดับ

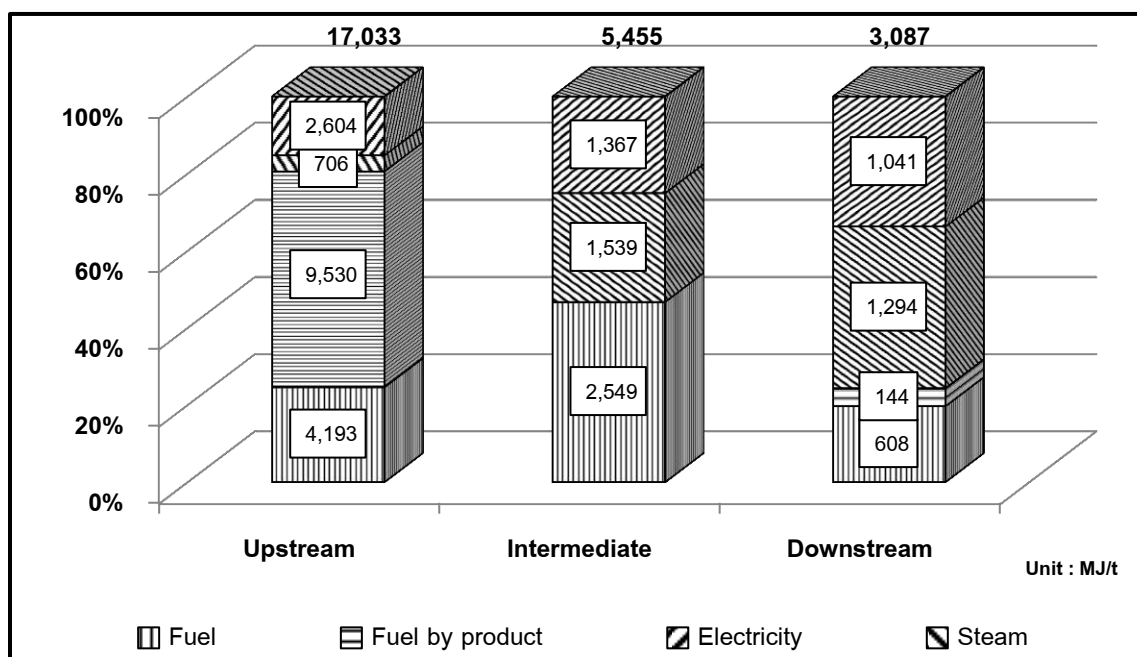
การที่สำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีทั้ง 3 กลุ่มมีการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตแตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนั้นแนวทางการลดการใช้พลังงานสำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจึงแตกต่างกันด้วยขึ้นกับสัดส่วนการใช้พลังงานดังกล่าว จากผลการศึกษาแนวโน้มการลดการใช้พลังงานสำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีพบว่าประสิทธิภาพแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายจะมีแนวโน้มการใช้พลังงานลดลงมากเมื่อโรงงานมีการดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงานไอน้ำและไฟฟ้าในโรงงาน ขณะที่อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีการดำเนินการเช่นกันแต่พบว่าแนวโน้มการลดลงกลับมีค่าเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากสัดส่วนการใช้พลังงานไอน้ำและไฟฟ้าของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้นั่นเอง

ตารางที่ 5-24 สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

	แหล่งพลังงานทางตรง			แหล่งพลังงานทางอ้อม			รวมทั้งหมด
	Fuel by product	Fuel	รวม	Electricity	Steam	รวม	
Unit: (MJ/ t)							
Upstream	9,530	4,193	13,723	2,604	706	3,310	17,033
Intermediate	-	2,549	2,549	1,367	1,539	2,906	5,455
Downstream	144	608	852	1,041	1,294	2,334	3,087
Unit: (%)							
Upstream	60.0	24.6	84.6	60.0	24.6	84.6	100
Intermediate	-	46.7	46.7	-	46.7	46.7	100
Downstream	4.7	19.7	25.4	4.7	19.7	25.4	100

ผลการวิเคราะห์ความเข้มพลังงานของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีจำแนกรายกลุ่มอุตสาหกรรมในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2553 เมื่อนำมาวิเคราะห์โดยการค้นหาเฉลี่ยของข้อมูลจำแนกตามแหล่งที่มาของพลังงานเปรียบเทียบกับในแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรม ดังรูปที่ 5-46 ซึ่งแสดงทั้งสัดส่วนการใช้พลังงานและความเข้มพลังงาน พบว่า พลังงานทางตรงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในระบบและการเวียนใช้เชื้อเพลิงจากกระบวนการผลิตมีสัดส่วนการใช้ในผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นหลัก โดยคิดเป็นร้อยละ 84 ของ

ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น รองลงมา คือ การใช้พลังงานทางตรงในผลิตภัณฑ์ขั้นกลางและขั้นปลาย ตามลำดับ โดยมีปริมาณการใช้พลังงานคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 47 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง และร้อยละ 25 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย ในทางกลับกันพลังงานทางอ้อมจากพลังงานไฟฟ้าและพลังงานไอน้ำมีปริมาณการใช้ในผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นน้อยที่สุด รองลงมา คือ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลาย ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นต้องการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการแตกโมเลกุลของวัตถุดิบและกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลเป็นจำนวนมากเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ในขณะที่กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายมีกระบวนการผลิตที่สำคัญ คือ การเชื่อมต่อโมเลกุลเดี่ยวเข้าด้วยกันโดยใช้ความร้อน แสงสว่าง หรือความดัน จึงมีความต้องการใช้พลังงานทางอ้อมเป็นส่วนใหญ่แน่นอน

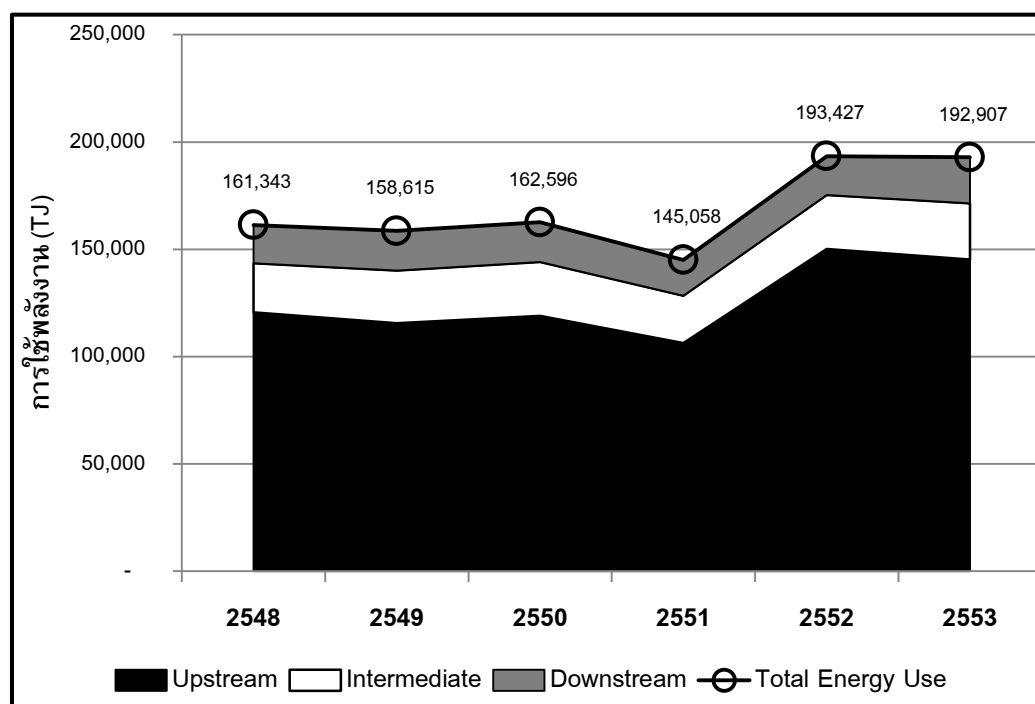


รูปที่ 5-46 สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

5.5.4 ความต้องการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

การคาดการณ์ปริมาณความต้องการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยเป็นการนำผลการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานรายกลุ่มอุตสาหกรรมจากการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ตัวแทนมาวิเคราะห์เพื่อให้เห็นถึงภาพรวมการใช้พลังงานของประเทศไทยสำหรับ

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีดังรูปที่ 5-47 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานต่อปีอยู่ในช่วงประมาณ 150,000 – 200,000 TJ โดยแบ่งเป็นการใช้พลังงานจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายในสัดส่วน ร้อยละ 75, 14 และ 11 ตามลำดับ และจากข้อมูลของ DEDE พบว่า ในปี พ.ศ. 2550 – 2553 ประเทศไทยมีปริมาณการใช้พลังงาน 65,500 – 71,000 KTOE หรือประมาณ 2,700,000 – 3,000,000 TJ ดังนั้นจึงถือได้ว่าการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 6 – 7 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งประเทศ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงที่เวียนใช้จากกระบวนการผลิตมากที่สุด (9,530 MJ/t) ส่วนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางใช้พลังงานจาก เชื้อเพลิงที่ใช้เผาไหม้โดยตรง มากที่สุด (2,549 MJ/t) และกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายใช้พลังงานจากพลังงานไอน้ำมากที่สุด (1,294 MJ/t)



รูปที่ 5-47 ปริมาณการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

5.5.5 ความเข้มข้นคาร์บอน

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นคาร์บอนรายผลิตภัณฑ์ และความเข้มข้นคาร์บอนรายกลุ่มอุตสาหกรรม ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีดังกล่าวข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นคาร์บอนรายผลิตภัณฑ์ในช่วงปี พ.ศ. 2548 - 2553 กับผลการศึกษาของต่างประเทศที่มีวิธีการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบ gate-to-gate เช่นเดียวกัน ดังตารางที่ 5-25

ตารางที่ 5-25 การเปรียบเทียบความเข้มข้นคาร์บอน

หน่วย : t CO₂ eq./t

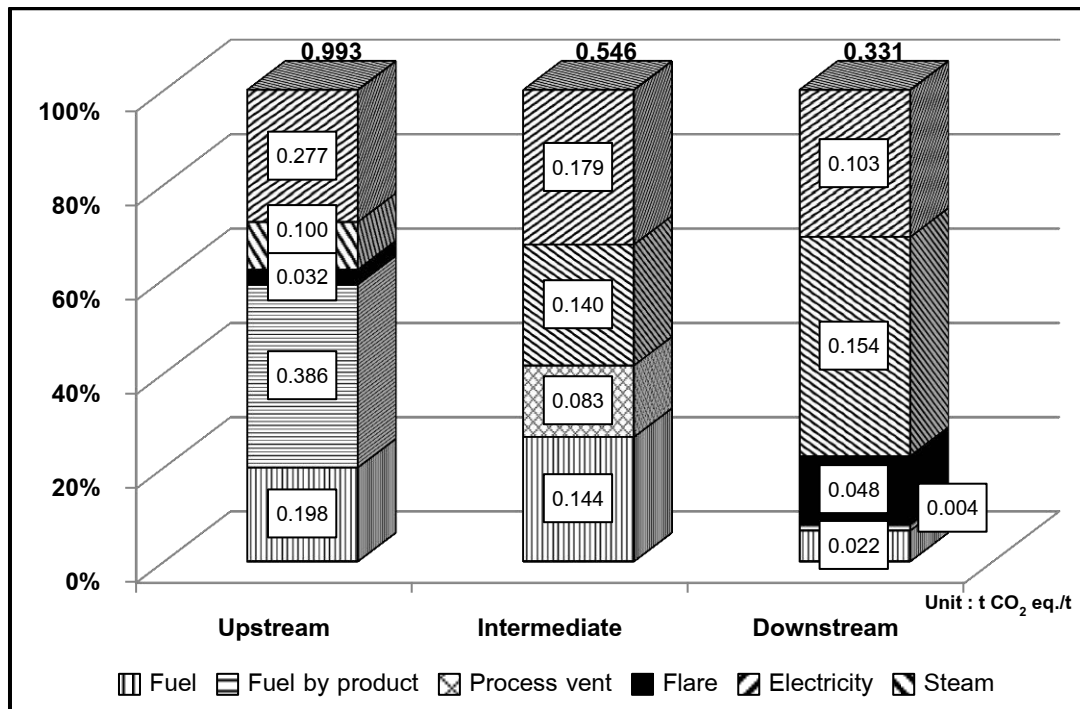
ผลิตภัณฑ์	งานวิจัย	IPCC, 2006	Neelis, 2005	TGPE, 2003
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น				
ETH	1.188	1.810	1.730	2.453
PPL	1.234	-	-	-
MC4	1.372	-	-	-
BZ	0.508	-	0.840	-
TOL	0.776	-	-	-
PX	0.575	-	0.690	-
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง				
VCM	0.546	0.490	0.480	0.614
PTA	0.425	-	0.720	0.439
SM	1.104	-	0.630	0.802
ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย				
PS	0.100	-	0.150	0.103
PP	0.240	0.310	0.310	0.298
HDPE	0.375	-	0.500	0.270
LDPE	0.217	0.787		0.619
LLDPE	0.278	0.270		0.269
PET	0.356	-	0.450	-
PVC	0.395	0.290	0.290	0.366

ผลการศึกษาพบว่า อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยโดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของต่างประเทศ ซึ่งผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกค่อนข้างต่ำกว่าผลการศึกษาของต่างประเทศเล็กน้อย ยกเว้นผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น สไตรีนมอนอเมอร์ และพอลิ ไวนิลคลอไรด์ที่มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าผลการวิจัยอื่นๆ

ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างกันของวัตถุดิบ และ/หรือเทคโนโลยีกระบวนการผลิตที่ใช้ ซึ่งมักมีปัจจัยด้านต้นทุนการดำเนินการมาเกี่ยวข้องเสมอ

5.5.6 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นคาร์บอนจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีจำแนกรายกลุ่มอุตสาหกรรมในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2553 เมื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบจากตัวแทนของกลุ่มอุตสาหกรรม โดยการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลจำแนกตามแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก โดยนำเสนอผลทั้งสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความเข้มข้นคาร์บอนดังรูปที่ 5-48 และตารางที่ 5-26 พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีลักษณะสอดคล้องกับการใช้พลังงานของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรม กล่าวคือ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีการใช้พลังงานทางตรงเป็นหลักคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 81 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด การปล่อยก๊าซเรือนกระจกก็มีที่มาจากแหล่งกำเนิดทางตรงเช่นกัน โดยมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 62 ของปริมาณ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ในขณะที่กลุ่มอุตสาหกรรม ปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลายมีการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานทางอ้อมเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักๆ นั้นมีสัดส่วนมาจากแหล่งกำเนิดทางอ้อมเช่นกัน โดยกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดทางอ้อมร้อยละ 58 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง และกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดทางอ้อมร้อยละ 78 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย



รูปที่ 5-48 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

ตารางที่ 5-26 สัดส่วนการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง				การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม			รวม
	Fuel by product	Fuel	Flare(Vent)	รวม	Electricity	Steam	รวม	ทั้งหมด
Unit: (t CO ₂ eq./t)								
Upstream	0.386	0.198	0.032	0.616	0.277	0.100	0.377	0.993
Intermediate	-	0.144	0.083	0.227	0.179	0.140	0.319	0.546
Downstream	0.004	0.022	0.048	0.074	0.103	0.154	0.257	0.331
Unit: (%)								
Upstream	38.9	19.9	3.2	62.0	27.9	10.1	38.0	100
Intermediate	-	26.4	15.2	41.6	32.8	25.6	58.4	100
Downstream	1.2	6.7	14.5	22.4	31.1	46.5	77.6	100

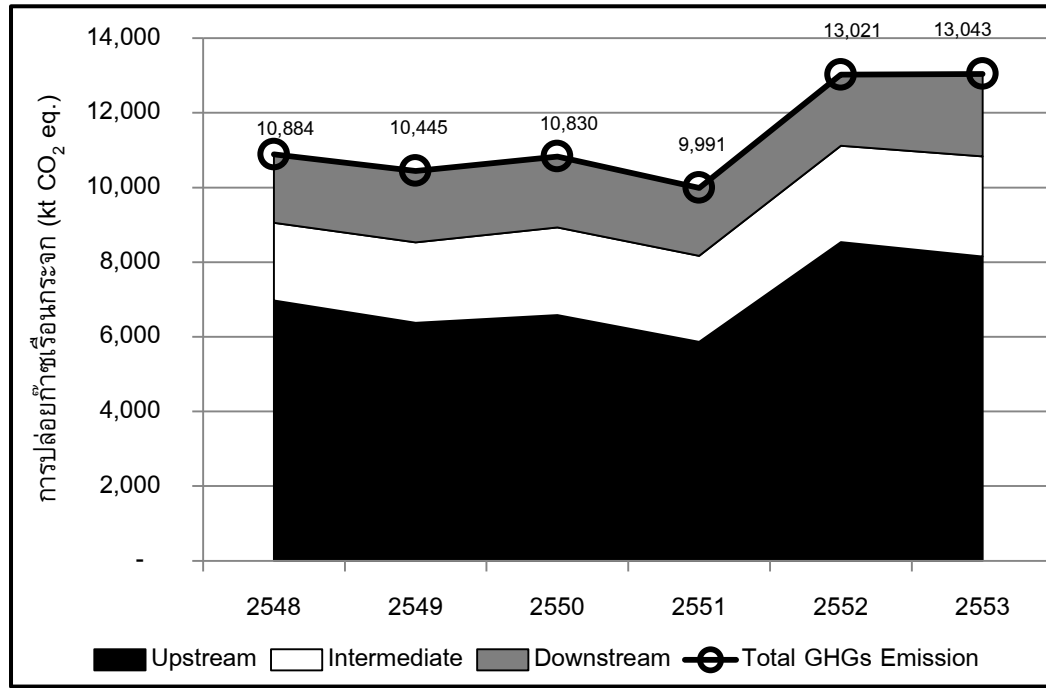
จากที่กล่าวข้างต้นเมื่อพิจารณาจากขอบเขตการศึกษาทั้งทางด้านพลังงานและด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะเห็นได้ว่า ขอบเขตที่ 1 เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ในขณะที่กระบวนการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางได้รับอิทธิพลจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งขอบเขตที่ 1 และขอบเขตที่ 2 ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน ส่วนผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายมีความเกี่ยวเนื่องกับการพิจารณาก๊าซเรือนกระจกจากขอบเขตที่ 2

มากที่สุด เนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าและไอน้ำเป็นหลัก ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มตามความต้องการใช้พลังงานในแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรม โดยความต้องการใช้พลังงานรายกลุ่มอุตสาหกรรมจะแตกต่างกันไปดังกล่าวในหัวข้อที่ 5.5.3 สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

5.5.7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

การคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีทั้งประเทศเป็นการนำผลการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมจากการคำนวณข้างต้นมาวิเคราะห์เพื่อให้เห็นถึงภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีดังรูปที่ 5-49 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กระบวนการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกอยู่ในช่วงประมาณ 10,000 – 13,000 kt CO₂ eq./yr สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษามีลักษณะค่อนข้างคงที่ โดยแบ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายประมาณร้อยละ 62 ร้อยละ 21 และร้อยละ 17 ตามลำดับ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมในช่วง 3 ปีแรกมีลักษณะไปในทิศทางเดียว โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกค่อนข้างคงที่ แต่เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจโลกชะลอตัวในปี พ.ศ. 2551 ส่งผลให้ปริมาณกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกชนิดลดต่ำลงอย่างมากจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงด้วย แต่เมื่อสถานการณ์ต่างๆ กลับเข้าสู่สภาวะปกติในปี พ.ศ. 2552 – 2553 ผู้ผลิตในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้มีการขยายกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นในอัตราสูงเพื่อรองรับความต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นทวีคูณ โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 30 จากปี พ.ศ. 2551 ซึ่งกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีอัตรา การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นนั่นเอง ทั้งนี้ จากข้อมูลของ WRI, 2008 และ CDIAC, 2009 ระบุว่า ประเทศไทยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2549 อยู่ในช่วง 375 – 425 Mt CO₂ eq. โดยอุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมีมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณร้อยละ 5 ของโลก (WRI, 2005) ซึ่งคิดเทียบได้ประมาณ 18 – 20 Mt CO₂ eq. ในขณะที่ผลการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในช่วงปีเดียวกัน พบว่า มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกประมาณ 10 – 11 Mt CO₂ eq. ซึ่งหากพิจารณาผลการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกับรายงานการศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกของทั้งประเทศ พบว่า

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 3 ของทั้งประเทศ ซึ่งมีลักษณะลักษณะคล้ายคลึงกับผลการศึกษาของ WRI ดังกล่าวข้างต้น



รูปที่ 5-49 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

บทที่ 6

การคาดการณ์กำลังการผลิต

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยเริ่มพัฒนามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 กว่า 40 ปีของการพัฒนา อุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยเริ่มจากการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการภายในประเทศและทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศก่อน แล้วจึงค่อยๆ เติบโตขึ้นจนสามารถผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศและสามารถส่งออกได้มากกว่าร้อยละ 40 ของการผลิตเม็ดพลาสติกในปัจจุบัน

การขยายตัวและเติบโตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในช่วงที่ผ่านมา มีปัจจัยสนับสนุนหลัก คือ การขยายตัวของธุรกิจพลังงานและความพร้อมของโรงกลั่นน้ำมันในประเทศ การพัฒนาและใช้ประโยชน์จากแหล่งก๊าซธรรมชาติภายในประเทศ ประกอบกับการมีนโยบายที่ชัดเจนและต่อเนื่อง นอกจากนี้ความพร้อมของโรงกลั่นน้ำมันในประเทศยังเปิดโอกาสให้อุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศสามารถใช้เนฟธาที่ได้จากโรงกลั่นน้ำมันภายในประเทศมาเป็นวัตถุดิบ ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงกลั่นน้ำมันทั้งสิ้น 7 โรง ได้แก่ Thai Oil Refinery, IRPC Refinery, Rayong Refinery, SPRC Refinery, Bangchak Refinery, Sri Racha Refinery และ Rayong Purifier Refinery (PTIT, 2552) การพัฒนาอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบตลอดช่วงหลายปีที่ผ่านมาทำให้ปริมาณการนำเข้าวัตถุดิบของไทยลดลงอย่างต่อเนื่อง

6.1 การคาดการณ์ปริมาณการผลิตอ้างอิงฐานกำลังการผลิต

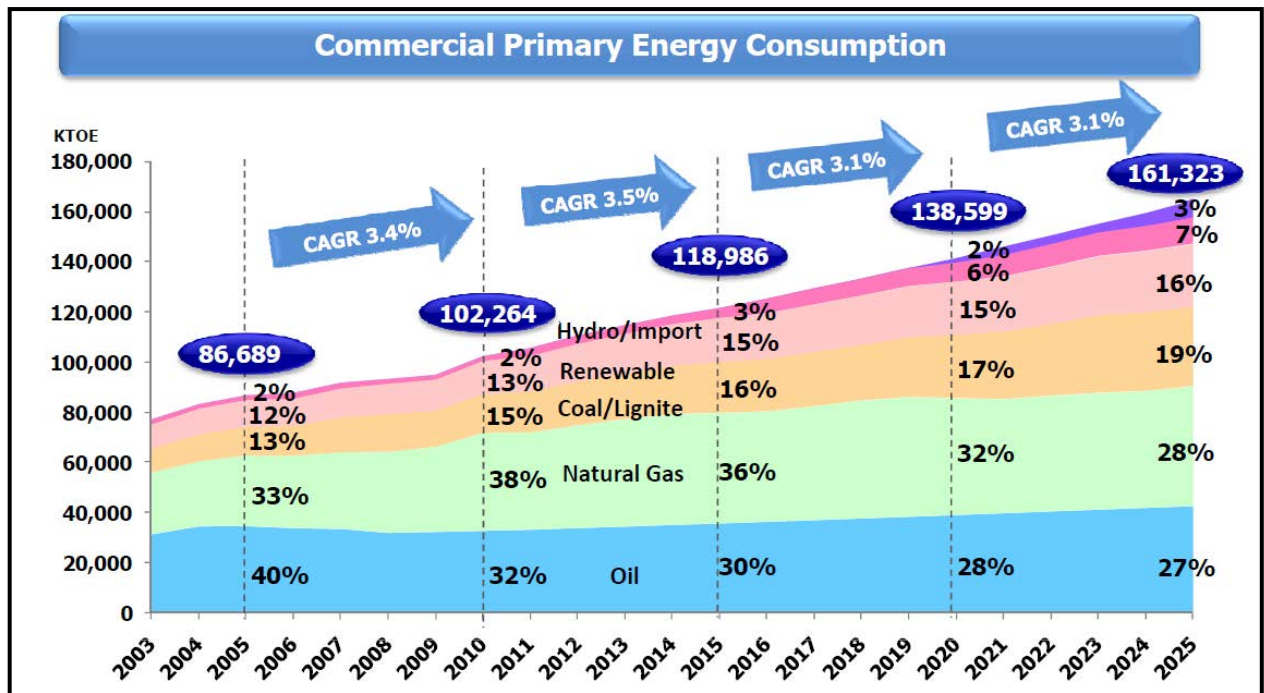
การคาดการณ์ปริมาณการผลิตอ้างอิงฐานกำลังการผลิต (Production-based) เป็นวิธีการคาดการณ์ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีโดยใช้ปัจจัยด้านปริมาณวัตถุดิบที่มีในการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นๆ เป็นตัวกำหนดปริมาณสินค้าที่จะผลิตขึ้น แนวคิดนี้เป็นการใช้หลักการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยเชื่อว่าหากอุตสาหกรรมมีวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ปริมาณเท่าไร ปริมาณผลผลิตสูงสุดที่จะสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบเหล่านั้นย่อมประมาณการณได้ วิธีนี้จะใช้สำหรับการคาดการณ์ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นกลาง ซึ่งมีกำลังการผลิตแปรผันตามปริมาณวัตถุดิบตั้งต้นที่มี

6.1.1 การคาดการณ์วัตถุดิบ

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยใช้แนฟธา (Oil Base) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นต้นที่ได้จากน้ำมันมาเป็นวัตถุดิบในสัดส่วนสูงที่สุด โดยมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 60 ของปริมาณการใช้วัตถุดิบทั้งหมด แนฟธาที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบได้มาจากโรงกลั่นน้ำมันในประเทศและจากการนำเข้าจากต่างประเทศ อย่างไรก็ตามสัดส่วนการใช้แนฟธาเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยมีทิศทางการลดลงสอดคล้องตามแผนการพัฒนาอุตสาหกรรมปิโตรเคมีระยะที่ 3 ของไทยที่มีแนวทางในการพัฒนาอุตสาหกรรมปิโตรเคมีให้แข็งแกร่งด้วยการพัฒนาจากก๊าซธรรมชาติเนื่องจากมีต้นทุนต่ำกว่า เพราะสามารถหาได้จากแหล่งก๊าซธรรมชาติภายในประเทศ ดังนั้นปริมาณแนฟธาที่ลดลงจึงถูกแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น ก๊าซธรรมชาติ (Natural Base) คอนเดนเซสหรือ ก๊าซธรรมชาติเหลว (Condensate Base)

ประเทศไทยจัดว่าเป็นประเทศที่มีความมั่นคงทางด้านอุปทานของวัตถุดิบ แม้วัตถุดิบในบางประเภทยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ แต่ประเทศไทยมีแหล่งก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งอีเทน (Ethane) โพรเพน (Propane) แอลพีจี (LPG) และคอนเดนเซส (Condensate) ซึ่งเป็นวัตถุดิบตั้งต้นสำคัญที่นับวันจะมีบทบาทเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ

จากการศึกษาข้อมูลโครงการความต้องการพลังงานของประเทศไทย ปีพ.ศ. 2546 – 2568 ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน และบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) คาดว่าประเทศจะมีการบริโภคพลังงานขั้นต้นในปี พ.ศ. 2558 ประมาณ 118,986 กิโลตันน้ำมันดิบเทียบเท่า (KTOE) และจะเพิ่มขึ้นเป็น 161,323 KTOE ในปี พ.ศ. 2568 โดยมีสัดส่วนแหล่งที่มาของพลังงานดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6-1 การบริโภคพลังงานพื้นฐานของประเทศไทย (PTT, 2554)

ดังนั้น อ้างอิงตามปริมาณการบริโภคพลังงานขั้นต้นและสัดส่วนแหล่งที่มาของพลังงาน วัตถุดิบตั้งต้นของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ได้แก่ แนฟธา ซึ่งเป็นผลผลิตจากการกลั่นน้ำมัน และอีเทน ซึ่งเป็นผลผลิตจากก๊าซธรรมชาติ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6-1

ตารางที่ 6-1 ปริมาณน้ำมันและก๊าซธรรมชาติของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2548 - 2568

Year	Total Primary Energy Demand (KTOE)	Annual Growth Rate (%)	Oil		Natural Gas	
			Share (%)	KTOE	Share (%)	KTOE
2548	86,689		40	34,676	33	28,607
2553	102,264	3.4	32	32,724	38	38,860
2558	118,986	3.5	30	35,696	36	42,835
2563	138,599	3.1	28	38,808	32	44,352
2568	161,323	3.1	27	43,557	28	45,170

ปริมาณน้ำมันและก๊าซธรรมชาติสามารถนำไปคำนวณปริมาณแอฟธา และอีเทน เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ดังสมการที่ 6-1 และสมการที่ 6-2 ตามลำดับ ผลการคำนวณ ดังตารางที่ 6-2

$$N = (\%W \times O \times CV_{OIL}) / CV_N \quad \text{สมการที่ 6-1}$$

โดยที่	N	คือ	ปริมาณแอฟธา (KTON)
	%W	คือ	ร้อยละโดยน้ำหนักของแอฟธาในน้ำมัน โดยทั่วไปมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 15 – 30 ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าเฉลี่ยที่ร้อยละ 22.5
	O	คือ	ปริมาณน้ำมัน (KTOE)
	CV _{OIL}	คือ	ค่าความร้อนของน้ำมัน เท่ากับ 42.24 GJ/TOE (DEDE, 2548)
	CV _N	คือ	ค่าความร้อนของแอฟธา เท่ากับ 46.6 MJ/kg (DEDE, 2548)

$$E = \%V \times O \times D_{OIL} \times D_E \quad \text{สมการที่ 6-2}$$

โดยที่	E	คือ	ปริมาณอีเทน (KTON)
	%V	คือ	ร้อยละโดยปริมาตรของอีเทนในก๊าซธรรมชาติ โดยทั่วไปมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 1 - 6 ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าเฉลี่ยที่ร้อยละ 3.5
	O	คือ	ปริมาณน้ำมัน (MTOE)
	D _{OIL}	คือ	ความหนาแน่นของน้ำมัน เท่ากับ 3,972 scf/TOE (DEDE, 2548)
	D _E	คือ	ความหนาแน่นของอีเทน เท่ากับ 0.03478 kg/scf (DEDE, 2548)

ตารางที่ 6-2 ปริมาณแนฟธาและอีเทนของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2548 – 2568

Year	Oil (KTOE)	Naphtha (KTON)	Natural Gas (KTOE)	Ethane (KTON)
2548	34,676	4,950.89	28,607	1,383.20
2553	32,724	4,672.32	38,860	1,878.94
2558	35,696	5,096.56	42,835	2,071.12
2563	38,808	5,540.87	44,352	2,144.45
2568	43,557	6,218.99	45,170	2,184.04

ปริมาณแนฟธามีอัตราการเพิ่มค่อนข้างคงที่ประมาณร้อยละ 2 ต่อปี ในขณะที่อีเทนมีปริมาณการเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง กล่าวคือ ในปี พ.ศ. 2553 ปริมาณอีเทนเพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้าคิดเป็นร้อยละ 7 แต่ในปี พ.ศ. 2568 มีปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 0.4 เท่านั้น ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ผลิตได้จากอ่าวไทยที่มีปริมาณลดลง

6.1.2 การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น

จากข้อมูลบัญชีรายการของโรงงานตัวแทนในปี พ.ศ. 2548 – 2553 ดังแสดงในบทที่ 5 เกี่ยวกับปริมาณการใช้วัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวแทน พบว่า แนฟธาสามารถใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นจำนวน 5 ชนิด คือ เอทิลีน พรอพิลีน มิกซ์ซีลี เบนซีน และโทลูอีน ในขณะที่อีเทนสามารถใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นจำนวน 3 ชนิด คือ เอทิลีน พรอพิลีน และมิกซ์ซีลี โดยมีปริมาณการใช้วัตถุดิบต่อผลิตภัณฑ์ และสัดส่วนการเกิดผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 6-3 ซึ่งข้อมูลต่างๆ เหล่านี้สามารถนำไปใช้เพื่อคาดการณ์ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นที่ใช้แนฟธาและอีเทนเป็นวัตถุดิบได้ดังตารางที่ 6-4

ตารางที่ 6-3 บัญชีรายการผลิตภัณฑ์และสัดส่วนการเกิดผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	แนฟธา		อีเทน	
	บัญชีรายการ (ton/ton Product)	สัดส่วนผลิตภัณฑ์ ที่เกิดจากแนฟธา (%)	บัญชีรายการ (ton/ton Product)	สัดส่วนผลิตภัณฑ์ ที่เกิดจากอีเทน (%)
เอทิลีน	9.44E-01	47.50	8.60E-01	75.00
พโรพิลีน	9.52E-01	33.00	8.63E-01	22.00
มิทซ์ซีลี	9.50E-01	6.50	8.60E-01	3.00
เบนซีน	9.30E-01	7.00	-	-
โทลูอิน	9.96E-01	6.00	-	-

ตารางที่ 6-4 ปริมาณการคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น

หน่วย : TON

ผลิตภัณฑ์	พ.ศ. 2558	พ.ศ. 2563	พ.ศ. 2568	พ.ศ. 2593
เอทิลีน	4,368,552	4,656,015	5,031,749	6,941,446
-จากแนฟธา	2,564,783	2,788,378	3,129,634	
-จากอีเทน	1,803,769	1,867,637	1,902,115	
พโรพิลีน	2,303,699	2,476,690	2,721,928	3,957,320
-จากแนฟธา	1,765,877	1,919,824	2,154,782	
-จากอีเทน	537,822	556,866	567,146	
มิทซ์ซีลี	414,570	447,301	494,957	734,893
-จากแนฟธา	348,701	379,100	425,497	
-จากอีเทน	65,869	68,201	69,460	
เบนซีน	1,278,630	1,390,099	1,560,227	2,419,262
โทลูอิน	1,022,896	1,112,071	1,248,172	1,935,395

การคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นที่แนฟธาและอีเทนเป็นวัตถุดิบใช้ข้อสมมติฐานที่ว่า ปริมาณแนฟธาและอีเทนของประเทศไทยดังตารางที่ 6-2 มีเพียงร้อยละ 70 ของปริมาณแนฟธาและร้อยละ 100 ของปริมาณอีเทน ที่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ซึ่งอ้างอิงจากสถิติปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ในอดีตที่ผ่านมา สำหรับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นกลุ่มอะโรเมติกส์ คือ เบน

ซีน และโทลูอิน เนื่องจากสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบสองชนิด คือ แนฟธาและคอนเดนเสท โดยมีสัดส่วนการใช้วัตถุดิบจากแนฟธาเพียงร้อยละ 30 เท่านั้น การคำนวณปริมาณปิโตรเคมีขั้นต้นกลุ่มอะโรมาติกส์จึงเป็นไปภายใต้ข้อสมมติฐานที่ว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแนฟธาไม่ใช่กำลังการผลิต ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดต้องคำนวณปริมาณผลิตภัณฑ์จากคอนเดนเสทรวมด้วย โดยคิดเทียบว่าร้อยละ 70 ของกำลังการผลิตทั้งหมดมาจากคอนเดนเสท

สำหรับการคาดการณ์ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นในอนาคตถึงปี พ.ศ. 2593 เป็นการคาดการณ์ภายใต้ข้อสมมติฐานที่ว่า อัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2569 – 2593 มีแนวโน้มเช่นเดียวกับอัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์ในช่วงปี พ.ศ. 2554 – 2568 ดังนั้น การคำนวณปริมาณการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์จะอ้างอิงจากอัตราการเติบโตเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2554 – 2568 โดยมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 1.9 ต่อปี

6.1.3 การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง

กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งปริมาณวัตถุดิบที่ใช้มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่จะต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ เนื่องจากประเทศไทยมีกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นที่มากเพียงพอกับความต้องการใช้ภายในประเทศ

จากข้อมูลบัญชีรายการของโรงงานตัวแทนในปี พ.ศ. 2548 – 2553 ดังกล่าวในบทที่ 5 ปริมาณการใช้วัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวแทน พบว่า ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางมีสัดส่วนปริมาณการผลิตคิดเป็นร้อยละ 60 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ดังนั้น การคาดการณ์ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางจึงเป็นไปภายใต้ข้อสมมติฐานที่ว่า ปริมาณผลผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นกลางจะขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตขั้นต้นที่ได้จากการคาดการณ์ โดยมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 60 ดังตารางที่ 6-5

ตารางที่ 6-5 ปริมาณการคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง

ปี	ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี ขั้นต้นทั้งหมด (ตัน)	ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี ขั้นกลางทั้งหมด (ตัน)	อัตราการเติบโต (ร้อยละ)
พ.ศ. 2558	12,606,375	7,563,825	6.0
พ.ศ. 2563	13,580,750	8,148,450	1.5
พ.ศ. 2568	14,983,779	8,990,268	2.1
พ.ศ. 2593	22,077,065	13,246,239	1.9

อัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์ในปี พ.ศ. 2558 เทียบกับปีปัจจุบัน (พ.ศ. 2553) คิดเป็นร้อยละ 6 ซึ่งเป็นอัตราการเติบโตที่สูงมาก เนื่องจากในปัจจุบันอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้มีการขยายกำลังการผลิตเป็นจำนวนมาก เพื่อรองรับความต้องการใช้ภายในประเทศที่เพิ่มสูงขึ้นและผู้ประกอบยังเน้นการส่งออกผลิตภัณฑ์ไปยังตลาดโลกด้วย ในขณะที่อัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางจากการคาดการณ์จะขึ้นอยู่กับปริมาณการบริโภคพลังงานขั้นต้นเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น กล่าวคือ ในปี พ.ศ. 2563 และปี พ.ศ. 2568 ปริมาณการบริโภคพลังงานขั้นต้นของประเทศมีอัตราการเติบโตอยู่ที่ร้อยละ 1.5 และร้อยละ 2.1 ต่อปี ตามลำดับ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นกลางมีอัตราการเติบโตในลักษณะเช่นเดียวกัน ส่วนอัตราการเติบโตในปี พ.ศ. 2593 เป็นการคาดการณ์ภายใต้ข้อสมมติฐานที่ว่า อัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2569 – 2593 มีแนวโน้มเช่นเดียวกับอัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์ในช่วงปี พ.ศ. 2554 – 2568 ดังนั้น การคำนวณปริมาณการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์จะอ้างอิงจากอัตราการเติบโตเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2554 – 2568 จึงมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 1.9 ต่อปีเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น

6.2 การคาดการณ์ปริมาณการผลิตอ้างอิงฐานการบริโภค

การคาดการณ์ปริมาณการผลิตอ้างอิงฐานการบริโภค (Consumption-based) เป็นการคาดการณ์ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีโดยอ้างอิงตามปริมาณความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคเป็นหลัก โดยเชื่อว่า หากตลาดมีความต้องการที่จะบริโภคสินค้าหรือบริการ อุตสาหกรรมหรือผู้ผลิตย่อมต้องการที่จะเพิ่มกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นให้เพียงพอต่อความต้องการด้วยเช่นกัน จึงเป็นหน้าที่ของผู้ผลิตที่จะจัดหาวัตถุดิบให้ได้ หากวัตถุดิบเหล่านั้นไม่สามารถจัดหาได้ภายในประเทศก็อาจนำเข้าจากต่างประเทศได้ เพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงสุดที่จะสามารถผลิตตามความต้องการของตลาด วิธีนี้จะใช้สำหรับการคาดการณ์ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย ซึ่งมีกำลังการผลิตแปรผันตามปริมาณความต้องการของบริโภคของตลาด และยังสามารถจัดหาวัตถุดิบได้จากทั้งภายในและภายนอกประเทศ

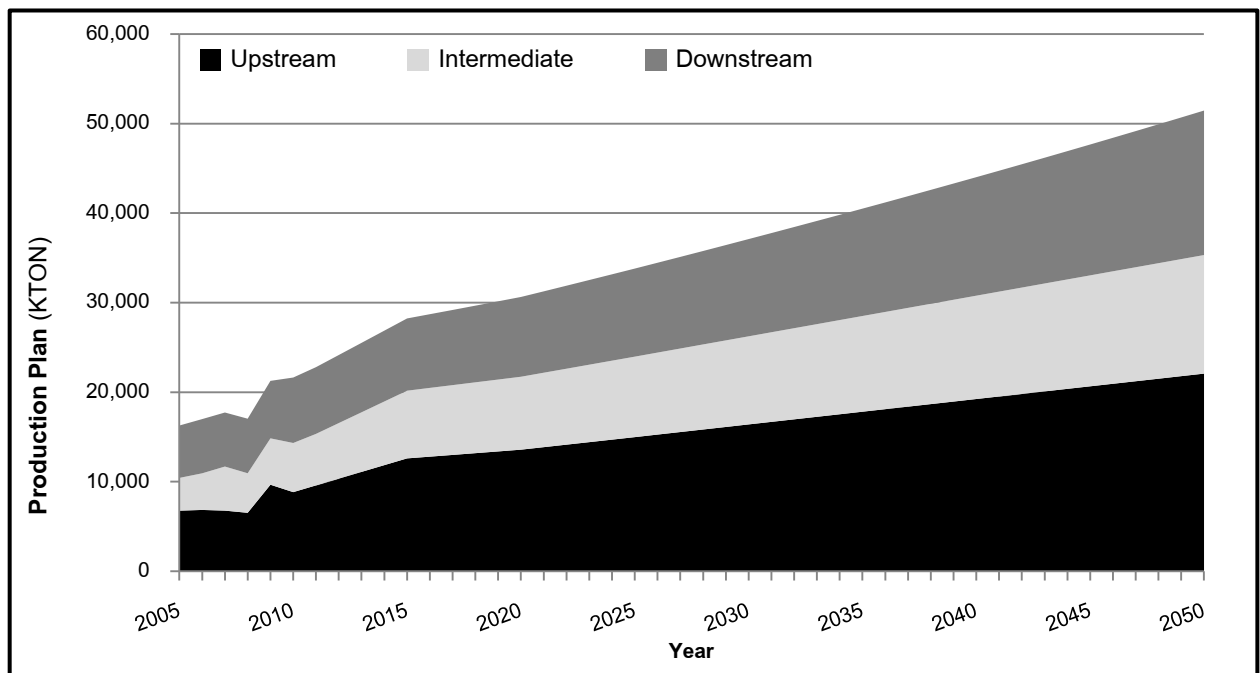
จากข้อมูลความต้องการบริโภคพลาสติกในประเทศของสภาอุตสาหกรรมปิโตรเคมีแห่งประเทศไทย (FTIPC, 2551) พบว่า อัตราการบริโภคพลาสติกของไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยมีค่าอัตราการเพิ่มขึ้นประมาณ 56 กิโลกรัมต่อคนต่อปี หรือคิดเป็นอัตราการเติบโตร้อยละ 2 ต่อปี ดังนั้น การคาดการณ์กำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายจึงเป็นไปภายในข้อสมมติฐานที่ว่า กำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายขึ้นอยู่กับความต้องการบริโภคของตลาด โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 2 ต่อปี ดังตารางที่ 6-6

ตารางที่ 6-6 ปริมาณการคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย

ปี	ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายทั้งหมด (ตัน)
พ.ศ. 2558	8,069,005
พ.ศ. 2563	8,908,833
พ.ศ. 2568	9,836,072
พ.ศ. 2593	16,137,118

6.3 ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในอนาคต

จากการคาดการณ์ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นกลาง โดยอ้างอิงฐานกำลังการผลิต (Production-based) และการคาดการณ์ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย โดยอ้างอิงฐานการบริโภค (Consumption-based) ดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปการคาดการณ์กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้ดังรูปที่ 6-2



รูปที่ 6-2 กำลังการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในอนาคต

อัตราการเติบโตเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2593 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายมีค่าประมาณร้อยละ 3.7 ต่อปี ร้อยละ 3.5 ต่อปี และร้อยละ 3.0 ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลพบว่า ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีสัดส่วนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางและขั้นปลาย และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดด้วย โดยมีสัดส่วนการผลิตผลิตภัณฑ์เฉลี่ยประมาณร้อยละ 44 สำหรับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ร้อยละ 26 สำหรับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง และร้อยละ 30 สำหรับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลาย กำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ได้จากการคาดการณ์ในปี พ.ศ.2558 มีประมาณ 28.2 ล้านตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 33.8 ล้านตัน และ 51.5 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2568 และ พ.ศ. 2593 ตามลำดับ

บทที่ 7

ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก

ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกเป็นการนำเสนอภาพรวมของแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่รวบรวมจากรายงานการศึกษา และบทความวิชาการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงได้มีการนำเสนอแรงผลักดันและอุปสรรคต่อการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี นอกจากนี้ ยังได้แสดงผลการประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทน

7.1 แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่มีความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์สามารถจำแนกออกเป็น 6 แนวทางหลัก ดังนี้

- ⊗ การลดการอนุรักษ์พลังงานหรือการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
- ⊗ การเปลี่ยนประเภทของพลังงาน
- ⊗ การปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการผลิต
- ⊗ วัตถุดิบตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการผลิต
- ⊗ การรีไซเคิลวัสดุปิโตรเคมีภัณฑ์
- ⊗ การจัดการที่ปลายท่อหรือการกำจัดและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ใต้ดิน

7.1.1 การลดการอนุรักษ์พลังงานหรือการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

การปรับปรุงการใช้พลังงานมักมุ่งเน้นการปรับปรุง ซ่อมบำรุง แก้ไข และเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเป็นหลัก แต่ในเชิงการปฏิบัติค่อนข้างทำได้ยากสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เนื่องจากต้องใช้เทคโนโลยีการผลิตจากต่างประเทศ ส่งผลให้ไม่สามารถปรับปรุง แก้ไขกระบวนการผลิตได้มากนัก อีกทั้งต้องใช้เงินลงทุนที่ค่อนข้างสูง ดังนั้น แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน

โรงงานอุตสาหกรรมจากการลดการใช้พลังงานควรเริ่มจากเทคโนโลยีที่ง่ายที่สุดและใช้เงินลงทุนน้อยที่สุดไปจนถึงวิธีที่ต้องใช้เทคโนโลยีสูงและเงินลงทุนมาก สามารถแบ่งออกได้ออกเป็น 3 วิธี ดังต่อไปนี้

7.1.1.1 การบำรุงรักษาและการดูแลเบื้องต้น (House Keeping)

วิธีนี้เป็นการปรับแต่งเครื่องจักรและอุปกรณ์การทำงานต่างๆ ให้มีวิธีการทำงานหรือการดูแลรักษาที่ถูกต้อง ซึ่งวิธีการเหล่านี้มักจะไม่ได้ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น หรือเป็นมาตรการที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีระยะคืนทุนสั้น ไม่เกิน 1 ปี ตัวอย่างมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ การลดลมรั่วของระบบอัดอากาศ การหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ และการปรับตั้งอุณหภูมิเครื่องทำน้ำเย็นให้เหมาะสม เป็นต้น

7.1.1.2 การปรับปรุงกระบวนการเดิมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น (Efficiency Improvement)

การปรับปรุงกระบวนการเดิมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นหรือทำให้การสูญเสียต่างๆ ลดน้อยลง ต้องอาศัยการตรวจวิเคราะห์อย่างละเอียด โดยทั่วไปมาตรการนี้ต้องการเงินลงทุนปานกลางและมีระยะเวลาคืนทุน 1 - 2 ปี ตัวอย่างมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ การแยกวงจรควบคุมระบบไฟฟ้า แสงสว่าง การรวมโหลดสำหรับหม้อแปลงไฟฟ้า และการเปลี่ยนใบพัดของหอน้ำหล่อเย็น เป็นต้น

⚡ **มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motors)** โรงงานปิโตรเคมีการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าตลอดขั้นตอนในกระบวนการผลิต โดยมอเตอร์มีการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 57 ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น อุปกรณ์ที่มีส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถคิดสัดส่วนการใช้ไฟฟ้า ดังนี้ คอมเพรสเซอร์ร้อยละ 28 เครื่องสูบน้ำร้อยละ 26 ใบพัดร้อยละ 12 ระบบทำความเย็นร้อยละ 8 และอุปกรณ์อื่นๆ ร้อยละ 26 ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่มอเตอร์ใช้ การปรับปรุงประสิทธิภาพมอเตอร์ไฟฟ้าทำให้ต้องคำนึงถึงอุปกรณ์พวกนี้ด้วย แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในมอเตอร์ไฟฟ้า ได้แก่

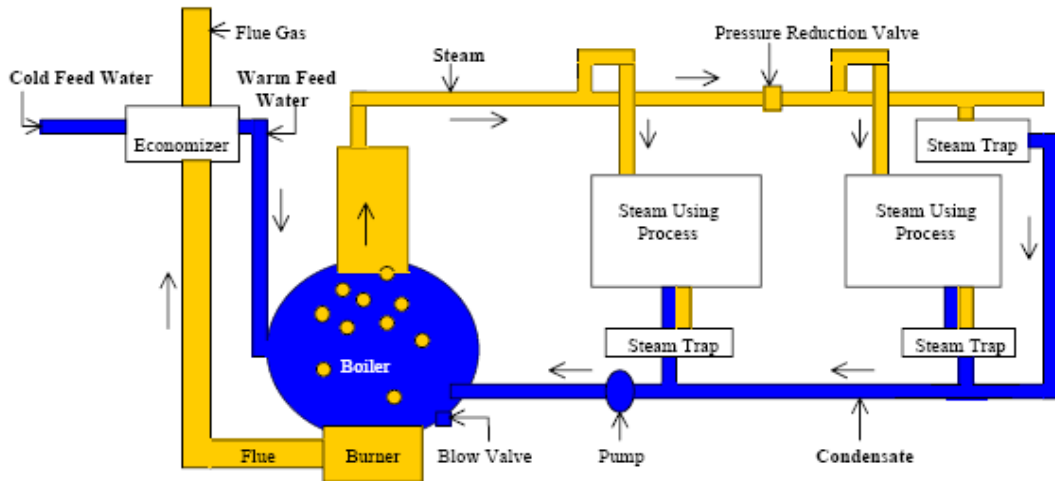
- การปรับขนาดมอเตอร์
- การติดตั้งมอเตอร์ประหยัดพลังงาน
- การใช้ปั๊มประสิทธิภาพสูง
- การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ (Adjustable speed drives (ASDs))
- การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง (Power factor)

⊕ **เครื่องสูบน้ำ (Pumps)** ประมาณร้อยละ 26 ของไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงานปิโตรเคมีขั้นต้นถูกใช้กับมอเตอร์ของเครื่องสูบน้ำ หรือคิดเป็นร้อยละ 16 ของการใช้พลังงานรวมในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ทำให้เครื่องสูบน้ำเป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระบบแอร์คอมเพรสเซอร์และกระบวนการแปรรูปวัสดุ เครื่องสูบน้ำ ถูกใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ตั้งแต่การสร้างแรงดัน (Pressure) จนถึงการเคลื่อนย้ายของเหลว แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ เช่น การใช้เครื่องสูบน้ำที่มีประสิทธิภาพ การติดตั้ง Adjustable Speed Drivers (ASDs) การปรับปรุงขนาดของเครื่องสูบน้ำให้เหมาะสมกับสภาพการทำงาน เป็นต้น

⊕ **เตาเผา (Furnaces)** ในโรงงานปิโตรเคมีขั้นต้นเชื้อเพลิงประมาณร้อยละ 30 ถูกใช้ในเตาเผาเพื่อผลิตความร้อน โดยประสิทธิภาพของเตาเผาประมาณร้อยละ 75-90 แนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในเตาเผา เช่น การปรับปรุงการถ่ายเทความร้อน การจำกัดความร้อนในเตาเผา การเพิ่มความแรงของเปลวไฟ การอุ่นอากาศก่อนเข้าเตาเผา (Pre-heaters) การเปลี่ยนหัวเผาที่มีการออกแบบให้สามารถผสมสัดส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิงได้รวมทั้งสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนดีขึ้น เป็นต้น

⊕ **การกลั่น (Distillation)** ในโรงงานปิโตรเคมีขั้นต้นกระบวนการกลั่นถือว่าเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานมาก เนื่องจากต้องใช้พลังงานความร้อนแยกสารตามจุดเดือดของสาร แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในระบบการกลั่น เช่น การปรับปรุงสภาพภายในหอกลั่น การควบคุมหน่วยแยกส่วน การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

⊕ **การประหยัดพลังงานในหม้อน้ำ** ไอน้ำสามารถผลิตได้จากหม้อไอน้ำ และสามารถผลิตได้จากความร้อนทิ้งของกระบวนการผลิตและกระบวนการผลิตความร้อนรวมกับการผลิตไฟฟ้า (Cogeneration) ไอน้ำเคลื่อนที่ไปตามท่อส่งจ่ายไอน้ำในระบบเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการที่ต้องการใช้ความร้อน บางครั้งไอน้ำผ่านอุปกรณ์วาล์วลดความดันถ้ากระบวนการผลิตต้องการไอน้ำที่ความดันต่ำ ไอน้ำจะเคลื่อนที่ผ่านท่อส่งจ่ายไอน้ำไปยังส่วนต่างๆ ของระบบและจะมีไอน้ำบางส่วนที่เย็นตัวลง และเกิดการควบแน่นเป็นของเหลวที่เรียกว่า คอนเดนเสท ซึ่งจะถูกกำจัดออกจากระบบด้วยสตีมแทรป (Steam trap) คอนเดนเสทสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในหม้อไอน้ำได้ ดังนั้น จึงสามารถนำความร้อนบางส่วนกลับมาใช้ใหม่และลดกระบวนการบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ การนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่จากคอนเดนเสทและจากการโบว์ลวาร์น ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำได้ ผังการผลิตไอน้ำและระบบส่งจ่ายไอน้ำภายในกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 7-1



รูปที่ 7-1 ฟังการผลิตไอน้ำและระบบส่งจ่ายไอน้ำภายในกระบวนการผลิต (Maarten และคณะ, 2008)

การผลิตไอน้ำที่ไม่มีประสิทธิภาพอาจนำไปสู่การลดความดันหรือการปล่อยไอน้ำส่วนเกินออกสู่บรรยากาศ ดังนั้น จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องประเมินระบบไอน้ำเพื่อใช้ระดับความดันที่เหมาะสมในการผลิตไอน้ำ และความเหมาะสมของกำลังการผลิต ถ้าไม่สามารถลดความดันของการผลิตไอน้ำลงได้ ควรใช้กังหันขยายตัว (Turbo expander) หรือกังหันไอน้ำ (Steam turbine) เพื่อนำพลังงานส่วนที่เหลือมาใช้ประโยชน์ การผลิตไอน้ำในหลายระบบมีการผลิตที่ความดันสูงๆ เพื่อสามารถใช้ร่วมกับระบบผลิตความร้อนร่วม (Cogeneration) และใช้ความร้อนที่เหลือผ่านกังหันกลับแรงดัน (Back-pressure turbine) มาตรการการประหยัดพลังงานในหม้อไอน้ำสรุปได้ดังตารางที่ 7-1

ตารางที่ 7-1 สรุปมาตรการการประหยัดพลังงานในหม้อไอน้ำ (Maarten และคณะ , 2008)

มาตรการ	พลังงานที่ประหยัดได้	ระยะเวลาดำเนินการ	ประโยชน์อื่น ๆ
ปรับปรุงกระบวนการควบคุม	3%	0.6	ลดการปล่อยไอน้ำ
ลดปริมาณอากาศส่วนเกิน	1% ปรับปรุง 15% อากาศส่วนเกินน้อย	-	
ปรับปรุงฉนวน	6-26%		เพิ่มอุณหภูมิได้เร็วขึ้น
บำรุงรักษาหม้อไอน้ำ	10%	0	ลดการปล่อยไอน้ำ
การนำก๊าซไอเสียกลับมาใช้ใหม่	1%	2	
การนำความร้อนทิ้งจากโบลว์ดาวน์กลับมาใช้ใหม่	1.3%	1-2.7	ลดความเสียหายของโครงสร้าง (ลดความชื้นของอากาศ ลดการสึกกร่อน)
ใช้เชื้อเพลิงทางเลือก	ขึ้นอยู่กับชนิดเชื้อเพลิง		ลดของเสียจากการผลิตไอน้ำ

๕ การลดคอนเดนเสท การลดไอน้ำสูญเสีย และการลดความดันของไอน้ำ การประหยัดพลังงานที่เกี่ยวข้องกับระบบส่งจ่ายไอน้ำดังตารางที่ 7-2

ตารางที่ 7-2 สรุปมาตรการประหยัดพลังงานในระบบท่อไอน้ำ (Maarten และคณะ, 2008)

มาตรการ	การประหยัดพลังงาน	ระยะเวลาดำเนินการ	อื่น ๆ
ปรับปรุงฉนวน	3-13%	1.1	
ปรับปรุงสตีมแทรป	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	มีศักยภาพการประหยัดพลังงานสูง
การบำรุงรักษาสตีมแทรป	10-15%	0.5	
การติดตั้งอุปกรณ์การตรวจสอบสตีมแทรปอัตโนมัติ	5%	1	
ซ่อมจุดรั่วไหล	3-5%	0.4	ลดการซ่อมบำรุงจุดรั่วขนาดใหญ่
การนำความร้อนไอน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่/การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่	83%	ไม่ระบุ	ลดต้นทุนในการบำบัดน้ำ
การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่เพียงอย่างเดียว	10%	1.1	ลดต้นทุนในการบำบัดน้ำ

๖ การปรับปรุงสตีมแทรป (Steam traps) การใช้สตีมแทรปแบบเทอร์โมสแตติก (Thermostatic) สามารถลดการใช้พลังงาน ข้อดีของสตีมแทรปชนิดนี้ คือ จะเปิดเมื่ออุณหภูมิเย็นตัวลงเข้าใกล้จุดอิ่มตัว (ภายใน 2°C) และสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายความดันไอน้ำ การประหยัดพลังงานจะขึ้นอยู่กับจำนวนสตีมแทรปที่ติดตั้งและการบำรุงรักษา

๗ ใบพัด (Fans) ระบบใบพัดมีการใช้ในอุปกรณ์ต่างในกระบวนการผลิตของปิโตรเคมีขั้นต้น เช่น หม้อไอน้ำ เตาเผา หอหล่อเย็น เป็นต้น ใบพัดเป็นอุปกรณ์ที่มีศักยภาพในการประหยัดการใช้พลังงานได้เหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งประสิทธิภาพของใบพัดจะขึ้นอยู่กับชนิดของใบพัด แนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในระบบการทำงานที่ใช้ใบพัด เช่น การเปลี่ยนขนาดใบพัดที่ใหญ่กว่าปกติ การติดตั้ง Adjustable Speed Drivers (ASDs) การใช้สายพานที่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น

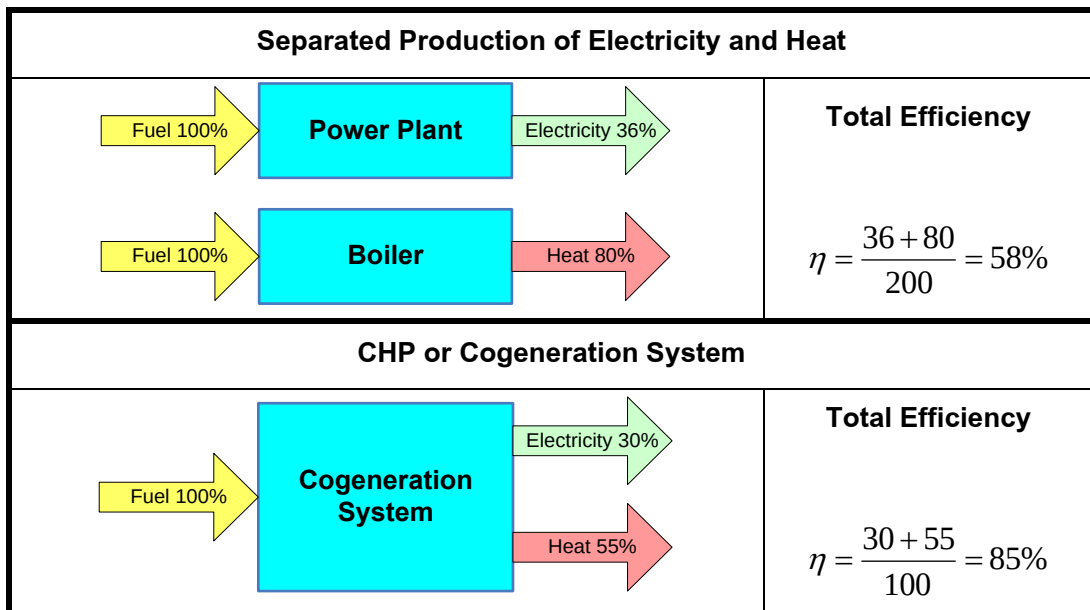
7.1.1.3 การเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์หรือกระบวนการ (Major Change Equipment/Process Improvement)

การวิเคราะห์ขั้นต้นบ่งชี้ให้เห็นว่า วิธีการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์หรือปรับปรุงกระบวนการสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้มาก ทั้งนี้ก่อนดำเนินการมาตรการต่างๆ จะมีการประเมินผลตอบแทนทางการเงินที่ได้จากการดำเนินการมาตรการก่อน ซึ่งต้องมีความสอดคล้องกับเกณฑ์การลงทุนจึงจะเสนอขอความเห็นชอบ มาตรการเหล่านี้มักมีการลงทุนสูง โดยมีระยะเวลาคืนทุน 2 - 5 ปี ตัวอย่างมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่

- Process integration เป็นการบูรณาการกระบวนการผลิต เช่น การใช้ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนร่วม (combined heat power: CHP)
- Fuel switching เป็นการเปลี่ยนรูปแบบการใช้เชื้อเพลิง
- New catalyst เป็นการเปลี่ยนกระบวนการผลิตโดยเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น กระบวนการพอลิเมอไรเซชันในสภาวะก๊าซแทนการใช้กระบวนการพอลิเมอไรเซชันภายใต้ความดันสูง เป็นต้น
- Pinch technology เป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนและแหล่งรับความร้อน
- New technologies for material production เป็นการเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตวัสดุ เช่น กระบวนการแตกโมเลกุลไอน้ำด้วยอุณหภูมิต่ำ เป็นต้น
- New separation technology เป็นเทคโนโลยีการแยกสาร เช่น การใช้เมมเบรน การแช่แข็ง/การละลาย และการตกผลึก เป็นต้น

ซึ่งในที่นี้จะขออธิบายรายละเอียดในส่วนของการใช้ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนี้

⊕ ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนร่วม ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Cogeneration or Combined Heat and Power Plant; CHP) ดังรูปที่ 7-2 เป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานในรูปแบบพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน เนื่องจากโดยปกติพลังงานความร้อนมักเกิดขึ้นควบคู่กันในการบวนการผลิตไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้บางส่วนในรูปแบบพลังงานความร้อนที่สะสมอยู่ในไอน้ำหรือน้ำร้อน หรือบางครั้งสามารถใช้ความร้อนที่เหลือทิ้งไปผลิตน้ำมันร้อน (Hot Oil) ลมร้อน (Hot Air) หรือน้ำเย็น (Chilled Water) เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการบวนการผลิตหรือเพื่อใช้ปรับอากาศได้



รูปที่ 7-2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าความร้อนร่วม

องค์ประกอบของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม โดยทั่วไปประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ได้แก่ อุปกรณ์ต้นกำลัง (Prime Mover) ทำหน้าที่แปลงพลังงานเคมีที่อยู่ในเชื้อเพลิงให้เป็นกำลังกลและกำลังไฟฟ้าเพื่อส่งจ่ายไฟฟ้าไปใช้งาน และระบบนำพลังงานความร้อนที่หลงเหลืออยู่ไปใช้ประโยชน์ เช่น เครื่องผลิตไอน้ำจากความร้อนทิ้ง (Heat Recovery Steam Generator, HRSG) หรือระบบทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Chiller) ในกรณีผลิตน้ำเย็นเพื่อส่งจ่ายไปในพื้นที่ต่างๆ (District Cooling) เป็นต้น

7.1.2 การเปลี่ยนประเภทของพลังงาน

7.1.2.1 ความร้อนร่วมการเปลี่ยนรูปแบบการใช้เชื้อเพลิง (Fuel switching)

โรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตหลายชนิด เช่น ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ถ่านหิน น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล เป็นต้น ซึ่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีราคาแตกต่างกัน รวมทั้งให้พลังงานแตกต่างกันด้วยตามค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เชื้อเพลิงเป็นต้นทุนหลักในการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีซึ่งมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่สูงมากในแต่ละปี ดังนั้น ถ้าโรงงานสามารถเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่มีต้นทุนการผลิตพลังงานต่อหน่วยสูงไปเป็นเชื้อเพลิงที่มีต้นทุนการผลิตพลังงานต่อหน่วยที่ต่ำกว่า ก็จะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของโรงงานได้

ในปัจจุบันแหล่งพลังงานที่มีการใช้ส่วนใหญ่ ได้แก่ ไฟฟ้า น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน โดยราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 3 บาทต่อหน่วยหรือ kWh สำหรับเชื้อเพลิงประเภทอื่นมีราคาแตกต่างกันตามประเภทของเชื้อเพลิงและลักษณะการใช้ ดังแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนค่าความร้อนของเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในตารางที่ 7-2 โดยกำหนดราคาต่อหน่วยในการคำนวณเป็นราคาเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2551 และใช้ค่าความร้อ้างอิงจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ในการคำนวณราคาเชื้อเพลิงที่มีการคำนวณประสิทธิภาพด้วยกำหนดให้เชื้อเพลิงแข็ง เช่น ถ่านหิน ซึ่งมักเผาไหม้ไม่หมด มีประสิทธิภาพอยู่ที่ร้อยละ 50 ส่วนเชื้อเพลิงเหลว เช่น น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา ซึ่งเผาไหม้ได้ดีกว่าเชื้อเพลิงแข็ง มีประสิทธิภาพอยู่ที่ร้อยละ 70 ส่วนเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ เช่น ก๊าซธรรมชาติ เผาไหม้ได้ดีกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น จึงกำหนดให้มีประสิทธิภาพอยู่ที่ร้อยละ 85

ผลการคำนวณได้นำเสนอต้นทุนของเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ เรียงจากน้อยไปหามาก ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่มีต้นทุนถูกที่สุด คือ 0.08 บาท/MJ ในกรณีไม่คิดประสิทธิภาพ และมีต้นทุน 0.16 บาท/MJ ในกรณีที่คำนวณประสิทธิภาพรวมด้วย และกลุ่มเชื้อเพลิงที่มีต้นทุนสูงสุด คือ กลุ่มเชื้อเพลิงเหลว ได้แก่ น้ำมันเตา และน้ำมันดีเซล

ตารางที่ 7-2 การเปรียบเทียบต้นทุนค่าความร้อนของเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ

ชนิด	หน่วย	ราคา (บาท/หน่วย)	ค่าความร้อน (MJ/unit)	ราคาเชื้อเพลิง กรณีไม่คิด ประสิทธิภาพ (บาท/MJ)	ราคาเชื้อเพลิง กรณีคำนวณ ประสิทธิภาพ (บาท/MJ)
Coal	Kg	2.21	27.63	0.08	0.16
NG ปริมาณใช้มาก	MMBTU	364.50	1,055.06	0.35	0.41
LPG (ลอยตัว)	Kg	25.86	49.30	0.52	0.61
Fuel Oil	L	18.18	39.77	0.46	0.66
Diesel Oil	L	31.35	36.42	0.86	1.23
Gasoline	L	35.59	31.48	1.13	1.61

หมายเหตุ: ใช้ประสิทธิภาพร้อยละ 50 สำหรับถ่านหินร้อยละ 70 สำหรับเชื้อเพลิงเหลว และร้อยละ 85 สำหรับเชื้อเพลิงก๊าซ

ข้อควรพิจารณาในการนำก๊าซธรรมชาติไปใช้ประโยชน์

ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงที่อยู่ในสถานะก๊าซ สามารถเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ (Boiler) หรือ เตาเผา (Furnace) เพื่อให้ได้ความร้อน ซึ่งความร้อนนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น นำไปให้ความร้อนในกระบวนการผลิต นำไปผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต นำไปผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า นำความร้อนที่ได้ไปใช้ในการผลิตความเย็น เป็นต้น ในการปรับเปลี่ยนเพื่อนำก๊าซธรรมชาติมาใช้งานควรพิจารณาประเด็นดังต่อไปนี้

- **ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน** ตามหลักการแล้วก๊าซธรรมชาติสามารถนำไปทดแทนเชื้อเพลิงได้ทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นใช้ในกระบวนการผลิตหรือนำไปผลิตไฟฟ้า แต่เนื่องจากสถานะพร้อมใช้งานของก๊าซธรรมชาติ คือ สถานะก๊าซ ดังนั้น หากสถานะพร้อมใช้งานของเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมิใช่ก๊าซ จำเป็นต้องพิจารณาในเรื่องอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น ต้นทุนเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ การลงทุนเพิ่มเติม และเทคโนโลยีที่มีอยู่ เป็นต้น
- **เทคโนโลยี** ปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่รองรับการใช้ก๊าซธรรมชาติมากขึ้นเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นนำก๊าซธรรมชาติไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม การนำก๊าซธรรมชาติไปใช้ในระบบความร้อนร่วมเพื่อผลิตไฟฟ้าร่วมกับความร้อนหรือความเย็น **การขนส่งเชื้อเพลิง** เนื่องจากก๊าซธรรมชาติมีสถานะเป็นก๊าซ ทำให้ปริมาณที่ขนส่งต่อเที่ยวต่ำกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น
- **เงินลงทุนในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์** ในการเปลี่ยนมาใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง อาจต้องมีการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ในกระบวนการเผาไหม้ เช่น หัว Burner และอาจมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการปรับตั้งค่าความดันของก๊าซธรรมชาติให้เหมาะสมกับการเผาไหม้ นอกจากนี้อาจจะต้องมีค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บก๊าซธรรมชาติและลำเลียงก๊าซธรรมชาติเข้าเตาเผาหรือหม้อไอน้ำ
- **ตำแหน่งพื้นที่ใช้งาน** ก๊าซธรรมชาติถือได้ว่าเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาด เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ เช่น น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล และถ่านหิน เป็นต้น ดังนั้น หากต้องการใช้งานในพื้นที่ชุมชน ก๊าซธรรมชาติน่าจะเป็นเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุด
- **ประสิทธิภาพการใช้งาน** ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ และให้ความร้อนสูงสุด รองลงมา คือ เชื้อเพลิงเหลวอื่น และ ถ่านหิน
- **ความปลอดภัย** เชื้อเพลิงมีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากไอระเหยและการเกิดอัคคีภัยที่แตกต่างกัน บางอุตสาหกรรมอาจจะมีสภาพแวดล้อมที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยสูง จึงควรใช้เชื้อเพลิงที่มีความไวไฟต่ำ

ตารางที่ 7-3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ (ปตท., 2550)

คุณสมบัติ	NGV	Fuel Oil	Coal	Diesel Oil
1. ความปลอดภัย	เบากว่าอากาศ เมื่อรั่วไหลจะลอยขึ้นสู่ที่สูง กระจายไปในอากาศ ลดโอกาสการจุดติดไฟ	เมื่อรั่วไหลจะนองอยู่บนพื้น ซึ่งหากมีประกายไฟ และความร้อนสูงพอก็มีความเสี่ยงในการจุดติดไฟ	เป็นที่นิยมใช้ในเชิงอุตสาหกรรม มากกว่า ใช้ความร้อนในการจุดไฟติด จะต้องสูงมากและใช้เวลานานกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ	เช่นเดียวกับน้ำมันเตา น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงชนิดของเหลว เมื่อรั่วไหลจะนองอยู่บนพื้น ซึ่งหากมีประกายไฟ และความร้อนสูงพอก็มีความเสี่ยงในการจุดติดไฟ
2. ความพร้อม ในการ นำมาใช้งาน	สถานะเป็นก๊าซนำไปใช้ได้เลย	สถานะเป็นของเหลว ต้องอยู่ในสภาพที่เหมาะสมในการผสมกับอากาศ ก่อนการเผาไหม้	เหมาะสำหรับการใช้ในเชิงอุตสาหกรรม เท่านั้น	สถานะเป็นของเหลว ต้องอยู่ในสภาพที่เหมาะสมในการผสมกับอากาศ ก่อนการเผาไหม้
3. ประสิทธิภาพของการเผาไหม้	เผาไหม้ได้สมบูรณ์ สถานะเป็นก๊าซสามารถผสมกับอากาศได้ดีกว่า	เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้น้ำมันเป็นฝอยได้ยากผสมกับอากาศได้ไม่ดี	เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดกากของแข็งที่เหลือจากการเผาไหม้ และมีปริมาณสูงมาก	น้ำมันเป็นฝอยได้ยากผสมกับอากาศได้ไม่ดีทำให้เผาไหม้ไม่สมบูรณ์
4. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการเผาไหม้	เผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่า สะอาดปราศจากเขม่าไม่เกิดมลภาวะ	เผาไหม้ได้สมบูรณ์น้อยกว่า มีเขม่าติดและไอเสียมาก	การเกิดปรากฏการณ์ฝนกรด, ฝุ่นละออง, NO _x และ SO _x ล้วนแต่เป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการเผาไหม้ของถ่านหิน	กักมันในน้ำมันดีเซล เมื่อเผาไหม้จะกลายเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂) ที่ถูกปล่อยทิ้งออกสู่อากาศภายนอก ทำให้สภาวะแวดล้อมเป็นพิษ
5. คุณลักษณะทางเคมี	มีกำมะถันน้อยมากและไม่มีวานาเดียมทำให้เกิดการกัดกร่อนอุปกรณ์น้อยกว่า	เกิดการกัดกร่อนของอุปกรณ์ที่เกิดจาก Low-Temperature Corrosion ของ Sulfur และ High Temperature Corrosion	มีการกัดกร่อนจากการดซัลฟูริกซึ่งมีคุณสมบัติการกัดกร่อนค่อนข้างสูง	บางส่วนของ SO ₃ ที่เกิดจากการเผาไหม้จะรวมตัวกับน้ำหรือความชื้นกลายเป็นกรดกำมะถัน กัดกร่อนชิ้นส่วนเครื่องยนต์เกิดการสึกหรอ
6. ความสะดวกในการจัดเก็บ	ในกรณีที่มีท่อขนส่ง - ไม่ต้องมีถังเก็บเชื้อเพลิง - ไม่ต้องมี การสำรองเชื้อเพลิง - ไม่ต้องเสียเนื้อที่ สำหรับถังเก็บเชื้อเพลิง	- ต้องมีถังเก็บ เพื่อสำรองน้ำมัน - ต้องมีการส่งซื้อ เชื้อเพลิงล่วงหน้า - ต้องเสียเนื้อที่สำหรับ สร้างถังเก็บเชื้อเพลิง	มีอยู่พร้อมแล้ว และไม่มีปัญหาเรื่องการขนส่ง โดยเฉพาะในบางประเทศ สำหรับประเทศไทยนั้นปริมาณถ่านหินยังมีอยู่เพียงพอสำหรับโรงไฟฟ้าและในเชิงอุตสาหกรรม	มีคุณสมบัติเหมือนเชื้อเพลิงเหลวทั่วไป คือ - ต้องมีถังเก็บ เพื่อสำรองน้ำมัน - ต้องมีการส่งซื้อ เชื้อเพลิงล่วงหน้า - ต้องเสียเนื้อที่สำหรับ สร้างถังเก็บเชื้อเพลิง ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้เป็นข้อเสียเปรียบของเชื้อเพลิงของเหลว

การนำก๊าซธรรมชาติไปใช้ในประโยชน์ในกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิต

โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มีการนำเชื้อเพลิงมาเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนแก่ระบบการผลิต โดยอุปกรณ์เครื่องจักรที่ใช้ส่วนใหญ่ในการเปลี่ยนเชื้อเพลิงไปเป็นความร้อน คือ หม้อไอน้ำ (Steam Boiler) หม้อน้ำมันร้อน (Hot Oil Boiler) และหัวเผา (Burner) ซึ่งระบบอาจจะมีลักษณะแตกต่างกันหากใช้ประเภทเชื้อเพลิงที่ต่างกัน จากการวิเคราะห์ พบว่า ประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ คือ น้ำมันเตา ก๊าซปิโตรเลียมเหลว และน้ำมันดีเซล ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่มีศักยภาพในการเปลี่ยนมาใช้ก๊าซธรรมชาติทดแทนได้ โดยต้องทำการปรับปรุงระบบหัวเผาไหม้และระบบการส่งจ่ายเชื้อเพลิง ปกติอุปกรณ์หัวเผาสำหรับเชื้อเพลิงเหลวแบบใช้น้ำมันนั้นต้องมีการเปลี่ยนน้ำมันซึ่งอยู่ในรูปของของเหลวให้กลายเป็นละอองไอก่อนแล้วจึงนำไปผสมกับอากาศ ระบบชนิดนี้จึงต้องการปั๊มน้ำมันเพื่อนำน้ำมันออกจากถังน้ำมันและอัดจนกลายเป็นไอและส่งไปยัง Nozzle ซึ่งจะพ่นน้ำมันออกมาเป็นไอให้เล็กที่สุด ไอนี้จะผสมกับอากาศและมีการจุดประกายไฟเพื่อให้ลุกไหม้ นอกจากนี้ยังต้องการฮีตเตอร์ไฟฟ้าเพื่อใช้ลดความหนืดของน้ำมันก่อนเข้าหัว Nozzle ดังนั้น ในเชื้อเพลิงเหลวจะต้องมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปั๊ม และระบบการอุ่นน้ำมัน (Electrical Heater) หากเปลี่ยนมาเป็นเชื้อเพลิงก๊าซก็สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนนี้ได้ด้วย

7.1.2.2 การใช้แหล่งพลังงานทางเลือก (Advanced low- carbon energy alternative sources)

พลังงานทางเลือกเป็นแนวทางการแก้ปัญหาในระยะยาวแต่จะต้องสามารถพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้พร้อมกันมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ พลังงานทางเลือก เช่น ไฮโดรเจน (H_2), แสงอาทิตย์ และพลังงานลม สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มาก ขึ้นอยู่กับการผลิตและการนำไปใช้ พลังงานเหล่านี้มักประสบปัญหาด้านต้นทุนสูง มีข้อจำกัดในการใช้งาน ขาดแหล่งผลิต และต้องการเครื่องจักรที่ออกแบบมาเฉพาะในการใช้งาน

1) พลังงานแสงอาทิตย์

อุตสาหกรรมพลังงานแสงอาทิตย์มีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็วมากกว่าการผลิตพลังงานจากลม การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cells) เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 41 ในปี 2006 และ 51% ในปี 2007 การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เติบโตมากกว่า 5 เท่าตลอด 5 ปีที่ผ่านมา จากการกระตุ้นของภาครัฐในประเทศเยอรมนี ญี่ปุ่น และสเปน การเติบโตของเชื้อเพลิงประเภทนี้มีศักยภาพมากแต่ยังคงรอการปรับปรุงการออกแบบเซลล์เชื้อเพลิงและการลดต้นทุนการผลิต

2) พลังงานความร้อนใต้พิภพ (Geothermal energy)

พลังงานความร้อนใต้พิภพเป็นอีกหนึ่งแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า ปัจจุบันได้มีการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนใต้พิภพเพียงแค่ 10 GW ของไฟฟ้าทั่วโลก ส่วนใหญ่อยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกาและเม็กซิโก อย่างไรก็ตามการพัฒนาเทคโนโลยีในปัจจุบันทำให้สามารถขยายการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานนี้ได้มากขึ้น เทคโนโลยี Advanced geological sensing and drilling technology ถูกพัฒนาขึ้นโดยอุตสาหกรรมน้ำมันซึ่งได้รวมเอาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนกับระบบนำความร้อนจากใต้พิภพมาใช้เข้าด้วยกัน โดยฝังท่อลงไปใต้พื้นดินประมาณ 1 ถึง 10 กิโลเมตร จากนั้นนำน้ำร้อนขึ้นมาบนผิวโลกเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า Massachusetts Institute of Technology (MIT) ได้ประมาณการว่าประเทศสหรัฐอเมริกาประเทศเดียวสามารถผลิตไฟฟ้าได้อย่างน้อย 100 GW ซึ่งคาดว่าศักยภาพความร้อนใต้พิภพในประเทศตะวันตกส่วนใหญ่จะมีศักยภาพที่คล้ายคลึงกันในประเทศต่างๆ

7.1.3 การปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการผลิต

เป็นการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาช่วยพัฒนาการอนุรักษ์พลังงานซึ่งต้องใช้เงินลงทุนค่อนข้างสูง เทคโนโลยีที่ใช้ในการลดการใช้พลังงานได้แก่ เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยา เทคโนโลยีระบบแยก เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า และเทคโนโลยีอื่นๆ

⊕ **เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalysts Technology)** ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นถือว่าเทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยามีความสำคัญในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงสารเคมี (Conversion Process) ปัจจุบันเทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยามีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสามารถเพิ่มอัตราการเปลี่ยนแปลงสารของปฏิกิริยาเคมี และเพิ่มประสิทธิภาพการทำปฏิกิริยาเฉพาะต่อสาร และทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ข้างเคียงน้อยที่สุด (Groenendaal และGielen, 1999)

⊕ **เทคโนโลยีการแยกสาร (Separation Technology)** ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีการแยกสารให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น และลดการใช้พลังงานลง ตัวอย่างเทคโนโลยีการแยกสาร เช่น ระบบเยื่อกรอง (Membrane), Mechanical Vapor Recompression (MVR) เป็นระบบที่ใช้ใน Propane/propylene splitter, Vacuum Swing Adsorption Process (VSA) โดยใช้ $\text{AgNO}_3/\text{clay}$ เป็นตัวดูดซับสำหรับแยกเอทิลีนออกจากอีเทน เป็นต้น (Jong-Ho และคณะ, 2004)

⊕ **เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า (Power Generation Technology)** โรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นถือว่าเป็นโรงงานที่มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมขั้นกลางและปลาย ทำให้ในบางโรงงานมีหน่วยการผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นของตนเอง ซึ่งเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าที่

นิยม คือ กระบวนการผลิตไฟฟ้าชนิดที่เป็นการผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนร่วมกัน (Combined Heat and Power Generation, CHP) หรือกระบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (Co-Generation) ในโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีการใช้พลังงานในหลายรูปแบบ เช่น ความร้อนไอน้ำ ความเย็น และไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม เป็นการผลิตและการนำพลังงานไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตไฟฟ้าอย่างเดียว เนื่องจากสามารถนำพลังงานความร้อนที่ถือว่าเป็นพลังงานสูญเสียจากกระบวนการผลิตนำกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ได้อีก (United Nations Environmental Programme, 2010)

๕ เทคโนโลยีอื่นๆ เช่น เทคโนโลยีกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) และเทคโนโลยีการลดการเกิดเขม่า (Coking) การปรับปรุงทั้ง 2 เทคโนโลยีนี้จะไปควบคู่กันซึ่งเทคโนโลยีกระบวนการไพโรไลซิสส่วนใหญ่จะมีการใช้ในกระบวนการผลิตโอเลฟินส์เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อน และควมมีเสถียรภาพการทำงานของเตาเผา ซึ่งการนำเทคโนโลยีการลดการเกิดเขม่ามาใช้เทคโนโลยีกระบวนการไพโรไลซิส ถือว่าเป็นการปรับปรุงเทคโนโลยีกระบวนการไพโรไลซิสวิธีหนึ่ง เช่น การเลือกวัสดุแบบใหม่ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเตาเผา (Advance furnace material) ได้แก่ การใช้ Glass ceramic ห่อหุ้มท่อหรือขดลวดในเตาเผา เป็นต้น การใช้สารเคมีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในเตาเผา เช่น การใช้สารประกอบซัลเฟอร์เคลือบท่อหรือขดลวดในเตาเผา เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดเขม่าและเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนในเตาเผาให้ดีขึ้น เป็นต้น (Tham, 2004)

7.1.4 การเปลี่ยนวัตถุดิบตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการผลิต

คณะวิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีทางเลือกสำหรับการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์แบบต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกแนวทางของเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมในอนาคตสำหรับประเทศไทย ซึ่งเนื้อหาที่รวบรวมได้มีรายละเอียดดังนี้

Ren, T., 2009 ได้เปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ระหว่างวิถีทางเลือกและวิถีแบบเดิม วิถีแบบเดิมในที่นี้หมายถึงความถึงกระบวนการผลิตที่ใช้กันทั่วไป โดยใช้พลังงานตั้งต้นจากแหล่งพลังงานดั้งเดิม (เช่น น้ำมันดิบ) ซึ่งเป็นแนวทางที่ใช้กันมากที่สุดในงานปิโตรเคมีภัณฑ์และถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันจริงอยู่ในทุกวันนี้ โดยวิธีการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำโดยใช้แรงดันจากน้ำมันดิบและเอนเทนจากก๊าซธรรมชาติ (ซึ่งเป็นวิถีที่ทันสมัยที่สุดที่มีการใช้ในเชิงพาณิชย์อยู่ทุกวันนี้) จะถูกใช้เป็นฐานหลักในการเปรียบเทียบ ส่วนวิถีทางเลือกหมายถึงความถึงกระบวนการผลิตที่เลือกใช้พลังงานตั้งต้นจากแหล่งพลังงานทางเลือก (เช่น มีเทน ถ่านหิน ชีวมวล และขยะพลาสติก) ซึ่งเป็นทางเลือกนอกจากการเลือกใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานแบบดั้งเดิม แต่ยังมี

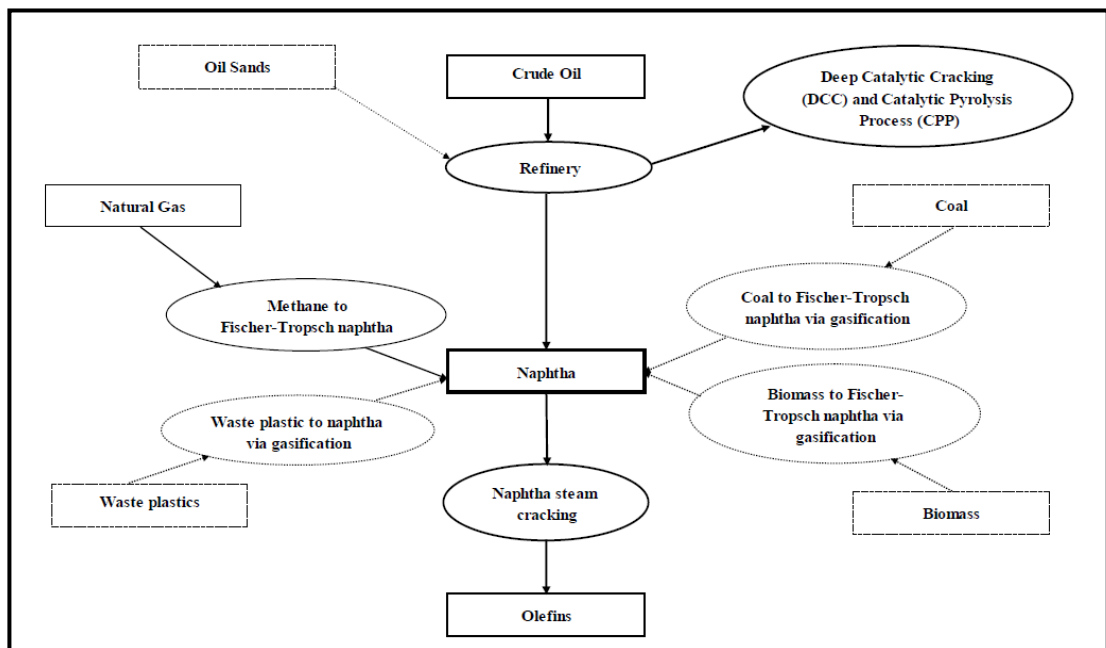
ไม่ได้มีการนำมาใช้จริงในงานปิโตรเคมีภัณฑ์เชิงพาณิชย์ โดยในการศึกษานี้ได้วิเคราะห์การใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งตัวชี้วัดจะแสดงออกมาอยู่ในรูปของปริมาณพลังงานที่ใช้และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาต่อเคมีภัณฑ์มูลค่าสูงหรือ HVCs 1 ตัน

7.1.4.1 เส้นทางของเทคโนโลยีทางเลือกสำหรับการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์

แนวทางการผลิตแบบเดิมและแนวทางการผลิตแบบใหม่จะอธิบายการใช้พลังงานและการปล่อย GHG ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 (การผลิตวัตถุดิบ) การผลิตเนฟธา เมทานอล หรือเอทานอล และในส่วนที่ 2 (การผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์) การผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ โดยกระบวนการแตกตัวโมเลกุลโดยเนฟธา การขจัดน้ำด้วยเอทานอล หรือการเปลี่ยนเมทานอลเป็นโอเลฟินส์

- (1) วิถีแบบเดิมหรือแนวทางในการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ด้วยพลังงานหรือวัตถุดิบแบบเดิม ใช้เป็นฐานในการเปรียบเทียบกับทุกวิถี โดยในการศึกษานี้จะใช้ตัวย่อต่างๆ เพื่อแสดงถึงวิถีต่างๆ ดังต่อไปนี้
 - ✓ วิถีที่ใช้การแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำโดยมีเนฟธาที่ได้จากน้ำมันดิบเป็นวัตถุดิบ ใช้ตัวย่อว่า Oil Naphtha SC
 - ✓ วิถีที่ใช้การแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำโดยมีอีเทนจากก๊าซธรรมชาติ ใช้ตัวย่อว่า Ethane SC
 - ✓ วิถีที่ใช้การแตกตัวโมเลกุลโดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา ใช้ตัวย่อว่า Oil Byproduct CC ในขั้นตอนของการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์โดยวิถี Oil Byproduct CC ใช้กระบวนการไพโรไลซิสของตัวเร่งปฏิกิริยา (CPP) ซึ่งมีใช้อยู่เพียงไม่กี่ที่ในโลกนี้ วิถี Oil Byproduct CC ถือว่าเป็นวิถีแบบดั้งเดิม เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ (เช่น น้ำมันหนัก และอื่นๆ) เป็นผลพลอยได้จากน้ำมันดิบ ซึ่งถือว่าเป็นพลังงานตั้งต้นแบบเดิมที่ใช้ในกระบวนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์
- (2) วิถีที่เป็นทางเลือกหรือแนวทางในการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ด้วยพลังงานหรือวัตถุดิบแบบใหม่ เป็นวิถีที่ใช้วัตถุดิบจากพลังงานตั้งต้นที่เป็นพลังงานทางเลือกสามารถแบ่งออกได้เป็น วิถีผ่านเนฟธา เมทานอล เอทานอล และวิถีผ่านมีเทนโดยออกซิเดทีฟคัป (oxidative coupling)

(2.1) **วิถีผ่านแนฟธา (Naphtha routes)** ใช้วัตถุดิบตั้งต้นจากมีเทน ขยะพลาสติก ถ่านหิน และชีวมวล วิถีผ่านแนฟธา คือ วิธีที่ใช้แนฟธาเป็นวัตถุดิบและใช้กระบวนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ โดยการแตกตัวของโมเลกุลด้วยไอน้ำโดยใช้แนฟธาในขั้นตอนที่ 2 ดังรูปที่ 7-4 อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตแนฟธาในขั้นตอนแรกสามารถทำได้หลายวิธีโดยใช้วัตถุดิบจากพลังงานตั้งต้นประเภท มีเทน ขยะพลาสติก ถ่านหิน หรือชีวมวล



รูปที่ 7-4 แผนผังกระบวนการการทำงานของวิธีการผลิตแบบเดิมและวิธีการผลิตที่เป็นทางเลือกซึ่งเกี่ยวข้องกับเส้นทางของผลิตภัณฑ์แนฟธา (เส้นทึบเป็นเทคโนโลยีที่มีใช้ในเชิงพาณิชย์แล้ว)

มีเทน (เช่น ร้อยละ 80 - 100 ของก๊าซธรรมชาติที่พบทั่วโลก) สามารถเปลี่ยนเป็นแนฟธาโดยกระบวนการเปลี่ยนก๊าซธรรมชาติเป็นของเหลว (Gas To Liquids: GTL) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้:

- เริ่มต้นด้วยการเปลี่ยนมีเทนเป็นก๊าซสังเคราะห์ ซึ่งมีเตาปฏิกรณ์อยู่ 2 ตัว เตาปฏิกรณ์ตัวแรก คือ เตาปฏิกรณ์แบบ exothermic สำหรับการออกซิเดชันบางส่วนของมีเทน และเตาปฏิกรณ์อีกหนึ่งตัวเป็นที่รู้จักกันในชื่อ เตาปฏิกรณ์แบบ endothermic สำหรับการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำของมีเทน

- หลังจากนั้นก๊าซสังเคราะห์จะถูกเปลี่ยนเป็นห่วงโซ่ยาวของ “-CH₂-” โดยการสังเคราะห์แบบ Fischer-Tropsch (FT) เชื้อเพลิงเหลว FT (เช่น ดีเซล คีโรซีน และแก๊สโซลีน) ผลิตโดยการแตกตัวโมเลกุลด้วยน้ำและชุดกระบวนการแยก FT Naphtha จะถูกสร้างขึ้นมากกว่าร้อยละ 30 และตัวเร่งปฏิกิริยาโดยโคบอลต์หลายชนิดถูกใช้ในส่วนนี้

FT naphtha ประกอบด้วยพาราฟินเพียงอย่างเดียว (หมายถึงไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและมีโครงสร้างแบบโซ่ไม่มีสาขา) และไม่มีอะโรมาติกส์ ซึ่งคุณสมบัตินี้ทำให้ FT Naphtha มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการผลิตโอเลฟินส์เบาโดยใช้การแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำ และเอทิลีนที่ได้จาก FT Naphtha คิดเป็นร้อยละ 40 หรือมากกว่าที่ได้จากแนฟธาที่ผลิตจากน้ำมัน (Oil Naphtha SC) อยู่ประมาณร้อยละ 10 แต่เนื่องจากไม่มีสารกลุ่มอะโรมาติกส์ทำให้ผลผลิตโดยรวมในรูปของ HVCs เป็นเพียงแค่อ้อยู่ 5 มากกว่าจาก Oil Naphtha SC ในขั้นตอนนี้เราจึงเลือกกระบวนการเปลี่ยนก๊าซธรรมชาติเป็นของเหลว (GTL) เพื่อให้ได้ผลผลิตแนฟธาและให้เกิดประสิทธิภาพของพลังงานที่มากที่สุดสำหรับกระบวนการขั้นตอนแรกของวิธีการผลิตนี้ ดังนั้นวิธีนี้จะใช้ทอม Methane FT Naphtha SC ซึ่งวิธีนี้ถูกใช้อยู่ใน Shell ที่มาเลเซีย และ Moss gas ในแอฟริกาใต้

ขยะพลาสติกโดยเฉพาะพวกโพลีโอเลฟินส์ (เช่น โพรพิลีนที่ใช้ในถุงพลาสติก) สามารถเปลี่ยนมาเป็นแนฟธาและไฮโดรคาร์บอนรูปแบบอื่นๆ (เช่น โดยส่วนมากจะเป็น น้ำมันจุดเดือดสูง) โดยชุดกระบวนการของ กระบวนการลิควิแฟคชั่น (liquefaction), กระบวนการไพโรไลซิส, และกระบวนการแยก นอกจากนี้ ไฮโดรเจน ไอน้ำ และตัวเร่งปฏิกิริยาจะถูกใช้ในที่นี้ด้วย แนฟธาที่ผลิตได้จะเหมือนกับแนฟธาที่ผลิตได้จากน้ำมันดิบ และเมื่อนำมาใช้ในการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำจะให้ผลผลิตเป็นโอเลฟินส์เบาเช่นเดียวกัน วิธีนี้จะใช้ตัวย่อว่า Waste Naphtha SC เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นโดย BASF เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางในประเทศเยอรมนี แต่ว่าถูกยกเลิกในภายหลัง วิธีนี้ยังไม่มีมีการนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ ทุกวันนี้การกำจัดขยะพลาสติกที่ใช้กันอยู่มากคือถมทิ้ง เผาไหม้ หรือนำมาใช้อีกครั้ง ทั้งนี้การนำขยะพลาสติกมาผลิตแนฟธาและปิโตรเคมีภัณฑ์จึงเป็นหนทางกำจัดขยะพลาสติกอย่างมีศักยภาพ มีรายงานการศึกษาว่า กระบวนการไพโรไลซิส DRP สำหรับขยะพลาสติกเป็นกระบวนการผลิตโอเลฟินส์ที่มีขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง 3.2 t CO₂/t ethylene โดยใช้สัดส่วนความร้อนร้อยละ 25 ของ Low Heating Value ของขยะพลาสติก และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม 0 t CO₂/t ethylene เมื่อเทียบกับกระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง 0.25 - 1.15 t CO₂/t ethylene และการปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม 3.4 - 13.5 t CO₂/t ethylene ดังนั้น การใช้ขยะพลาสติกเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ถ่านหินสามารถนำมาเปลี่ยนเป็นแนฟธาได้โดยกระบวนการลิควิเฟกชันโดยตรงและโดยอ้อม ถ่านหินซับบิทูมินัสสีดำ (มีอายุทางธรณีวิทยาน้อย) และถ่านหินสีน้ำตาล (ลิกไนต์) เหมาะที่จะนำมาใช้ในกระบวนการลิควิเฟกชันมากกว่าถ่านหินบิทูมินัส

มีการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบของกระบวนการลิควิเฟกชันทางตรงของถ่านหิน รูปแบบที่เป็นที่รู้จักคือกระบวนการ Bergius ซึ่งถ่านหินจะถูกบดเป็นผงละเอียดและผสมเข้ากับตัวทำละลายอะโรแมติกส์หนัก (จะถูก recover กลับมาในกระบวนการถัดไป) ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เพื่อให้เป็นของเหลวที่เต็มไปด้วยอะโรแมติกส์ ของเหลวนี้จะถูกเปลี่ยนรูปเป็นเชื้อเพลิงเหลวสำหรับการขนส่งและแนฟธาโดยกระบวนการ low-severity, catalytic hydrogenation process ไฮโดรเจนและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการนี้ได้ถูกผลิตขึ้นจากกระบวนการภายใน แนฟธาชนิดนี้มีความเข้มข้นของอะโรแมติกส์อยู่สูงมากต่างจาก FT Naphtha (ไม่มีอะโรแมติกส์) เมื่อใช้กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำ แนฟธาที่อุดมไปด้วยอะโรแมติกส์จะให้ผลผลิต HVCs ที่ต่ำกว่าแนฟธาจากน้ำมัน (ประมาณร้อยละ 15 ต่ำกว่า Oil Naphtha SC) ในที่นี้วิธีนี้จะถูกเรียกเป็น Coal Direct Naphtha SC ซึ่งยังไม่มีมีการนำมาใช้ในเชิงอุตสาหกรรม

ถ่านหินสามารถเปลี่ยนมาเป็นแนฟธาได้ด้วยกระบวนการ FT หรือที่เรียกกันว่า ลิควิเฟกชันทางอ้อม เช่นเดียวกับ Methane FT Naphtha SC ถ่านหินจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซสังเคราะห์ก่อน (โดยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน) แล้วก๊าซสังเคราะห์จึงถูกเปลี่ยนเป็นของเหลว FT ซึ่งเหมือนกับกระบวนการที่ก๊าซธรรมชาติเปลี่ยนเป็นของเหลว (GTL) และกระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำของ FT Naphtha จากถ่านหินสามารถให้ผลผลิตเป็นโอเลฟินส์เบาเช่นเดียวกับ FT Naphtha จากมีเทน ตรงกันข้ามกับกระบวนการเปลี่ยนก๊าซธรรมชาติเป็นของเหลว (GTL) การผลิต FT Naphtha จากถ่านหินต้องการการจัดก๊าซหลังจากแก๊สซิฟิเคชันถ่านหินที่มากกว่า (การจัดซัลเฟอร์ และสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น โลหะ โดยใช้สารละลายและตัวดูดซึม) วิธีทั้ง 3 รูปแบบ คือ Coal FT Naphtha SC I, Coal FT Naphtha SC II และ Coal-ligno FT Naphtha SC เพื่อนำมาเปรียบเทียบ โดยที่ Coal FT Naphtha SC I ถูกเลือกเพราะ มีเพียงของเหลว FT ที่ถูกผลิตขึ้นมา และพลังงานไฟฟ้าจากการผลิตรวมมีน้อยมาก ส่วน Coal FT Naphtha SC II ถูกเลือกเพราะ มีผลผลิตของ FT Naphtha ที่ค่อนข้างน้อยแต่ให้พลังงานไฟฟ้าจากการผลิตรวมที่มาก และในกรณีของ Coal-ligno FT Naphtha SC ถูกเลือกเพราะ ถ่านหินและชีวมวลแบบลิกโนเซลลูโลซิก (เช่น หญ้า Switchgrass) ถูกใช้เพื่อผลิตของเหลว

FT และได้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าในระดับปานกลาง ในขณะที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกือบทั้งหมดที่ปล่อยออกมาจะถูกจับนำไปใช้ในการเพิ่มคุณภาพของการผลิตน้ำมัน (enhanced oil recovery: EOR) และนอกจากนั้น Coal-ligno FT Naphtha SC ยังมีความยืดหยุ่นในการเลือกใช้ถ่านหินหรือชีวมวลมาถึงทุกวันนี้วิธีที่ใช้ถ่านหินทั้ง 3 วิธี (Coal FT Naphtha SC I, Coal FT Naphtha SC II และ Coal-ligno FT Naphtha) ยังไม่มีการนำมาใช้ในเชิงอุตสาหกรรม

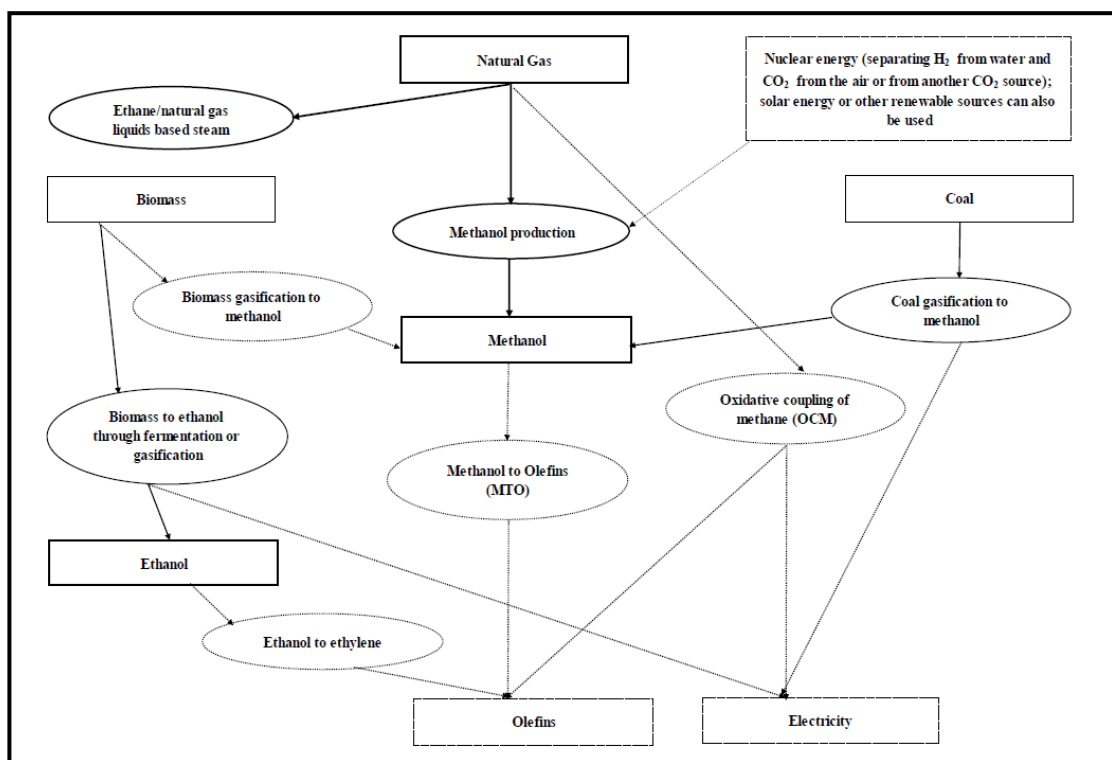
ชีวมวล(เช่นเดียวกับกับมีเทนและถ่านหิน) สามารถนำมาใช้ในการผลิต FT Naphtha โดยผ่านกระบวนการ FT โดยที่ FT Naphtha จากชีวมวลจะให้ปริมาณพาราฟินที่สูงและนำไปถึงการให้ผลผลิตเป็นโอเลฟินส์ที่มากขึ้น ถ้าทำในกระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำ อย่างไรก็ตาม การผลิต FT Naphtha จากชีวมวลจำเป็นต้องจัดการกับปริมาณน้ำที่มีมากในชีวมวล โดยรูปแบบของการผลิตที่เลือกนำมาเปรียบเทียบได้แก่ รูปแบบที่ให้ผลผลิตของเหลว FT ที่มากที่สุดแต่ให้พลังงานไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดจากการผลิตรวม และอีก 1 รูปแบบที่ให้พลังงานไฟฟ้าที่มากที่สุดแต่ให้ของเหลว FT ที่น้อยที่สุด โดยใช้ชื่อย่อว่า Ligno FT Naphtha SC I และ Ligno FT Naphtha SC II ซึ่งทั้ง 2 วิธียังไม่ได้รับการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์

(2.2) วิธีผ่านเมทานอล (Methanol routes) : ใช้วัตถุดิบตั้งต้นจากมีเทน ถ่านหิน และชีวมวล เป็นกระบวนการที่ใช้เมทานอลเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตโอเลฟินส์ เพื่อเปลี่ยนเมทานอลให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์ โดยใช้กระบวนการ Catalytic Dehydration Methanol เพื่อผลิตเป็น เอทิลีนและโพรพิลีน เมทานอลผลิตมาจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและชีวมวล 5 รูปแบบ จาก 6 รูปแบบสำหรับวิธีผ่านเมทานอลที่ได้อภิปรายในการศึกษานี้ใช้กระบวนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์แบบเดียวกัน ซึ่งก็คือ เทคโนโลยีการเปลี่ยนเมทานอลเป็นโอเลฟินส์ (Methanol-To-Olefins: MTO) พัฒนาโดย UOP LLC เทคโนโลยีนี้ถูกเลือกเพราะให้ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานที่สูงและให้ปริมาณโอเลฟินส์เบาที่มากด้วย

เมทานอลสามารถผลิตจากถ่านหินได้ด้วยการผ่านก๊าซสังเคราะห์ เช่นเดียวกันกับการผลิต FT Naphtha จากถ่านหินซึ่งได้อธิบายไปแล้วก่อนหน้านี้ ถ่านหินจะถูกแก๊สซิฟายก่อนเพื่อผลิตก๊าซสังเคราะห์และก๊าซสังเคราะห์จะถูกเปลี่ยนเป็นเมทานอลในลำดับถัดมา รูปแบบสำหรับการผลิตเมทานอลที่เลือกมาเปรียบเทียบได้แก่ การผลิตไฟฟ้าร่วม การนำกลับมาใช้ใหม่ (รีไซเคิล) และการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ วิธีทั้ง 3 นี้เราจะเรียกว่า Coal MTO I (มีการรีไซเคิล แต่ไม่มีการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และให้ไฟฟ้าน้อยที่สุด) Coal MTO II (ไม่มีการรีไซเคิล ไม่มีการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ให้ไฟฟ้ามากที่สุด) และ Coal MTO CCS (มีการรีไซเคิล มีการดักจับก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ และมีการนำเข้าไฟฟ้าสุทธิมากที่สุด) วิธีที่กล่าวมานั้นเป็นวิธีที่ใหม่ แต่มีแผนการที่จะนำมาใช้จริงในเชิงพาณิชย์ในประเทศจีน

ชีวมวลทุกชนิดสามารถเปลี่ยนเป็นเมทานอลโดยกระบวนการที่คล้ายคลึงกับการผลิตเมทานอลโดยถ่านหิน เช่น การผลิตก๊าซสังเคราะห์ด้วยแก๊สซิฟิเคชัน และตามด้วยกระบวนการสังเคราะห์เมทานอล รูปแบบที่ถูกเลือกมาเปรียบเทียบจะเป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพพลังงานที่สูงที่สุดสำหรับการนำมาวิเคราะห์ ซึ่งใช้ตัวย่อว่า Ligno MTO ซึ่งยังไม่มีให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์



รูปที่ 7-5 แผนผังกระบวนการการทำงานของวิธีการผลิตปิโตรเคมีโดยผ่านเส้นทางซึ่งเกี่ยวข้องกับเมทานอลและเอทานอล (เส้นทึบเป็นเทคโนโลยีที่มีใช้ในเชิงพาณิชย์แล้ว)

(2.3) วิธีผ่านเอทานอล (Ethanol routes) : ใช้วัตถุดิบตั้งต้นจากชีวมวล เป็นกระบวนการที่ใช้เอทานอลเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตโอเลฟินส์ การเปลี่ยนเอทานอลให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์ จะใช้กระบวนการ Catalytic Dehydration Ethanol เพื่อผลิตเป็นเอทิลีนและโพรพิลีน วิธีที่ผ่านเอทานอลทั้งหมดใช้กระบวนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ในขั้นตอนที่ 2 แบบเดียวกันหมด คือ เปลี่ยนเอทานอลเป็นเอ

ทีลีน (Ethanol To Ethylene: ETE) โดยใช้กระบวนการที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ กระบวนการเอาไฮโดรเจนออก (Dehydration process) ความแตกต่างของแต่ละรูปแบบจะอยู่ในขั้นตอนแรก คือ การผลิตวัตถุดิบ ในที่นี้คือ การผลิตเอทานอล การเปลี่ยนชีวมวลเป็นเอทานอลมีอยู่ 3 วิธีที่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย คือ

- การหมักชีวมวล (Direct fermentation) ที่มีปริมาณน้ำตาล/แป้งเยอะ (เช่น อ้อย ต้นบีท หรือ แป้งข้าวโพด) เพื่อให้เป็นเอทานอล โดยที่เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นเอทานอลโดยไม่ใช้ออกซิเจน
- การแยกสลายด้วยน้ำของชีวมวลแบบลิกโนเซลลูโลซิก (Hydrolysis of lignocellulosic biomass) (เช่น ขยะเกษตรกรรม ข้าวสาลี และไม้) ตามด้วยการหมักเพื่อให้เป็นเอทานอล ซึ่งจุลินทรีย์จะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นเอทานอลในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน
- แก๊สซิฟิเคชันของชีวมวลแบบลิกโนเซลลูโลซิก (Gasification of lignocellulosic biomass) ตามด้วยการหมักหรือการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้เป็นเอทานอล

ในการศึกษานี้ได้เลือกกระบวนการผลิตเอทานอลจากการหมักชีวมวล (Direct fermentation) ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว 2 รูปแบบ (พลังงานที่ใช้ในรูปแบบที่เลือกคือ 5 - 6 GJต่อตัน ซึ่งน้อยกว่าเทคโนโลยีที่ใช้ในทุกวันนี้) โดยใช้ตัวย่อว่า Maize Starch ETE แทนกระบวนการที่ใช้แป้งข้าวโพด และ Sugar Cane ETE แทนกระบวนการใช้อ้อย ซึ่งกระบวนการ Sugar Cane ETE จะมีการผลิตไฟฟ้าร่วมอยู่ด้วย ซึ่งต่างกับ Maize Starch ETE ที่ไม่มีการผลิตไฟฟ้าร่วม การผลิตเอทานอลโดยใช้ 2 วิธีนี้เป็นที่ใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก แต่อย่างไรก็ตาม ณ ทุกวันนี้ยังไม่มีนำเอทีลีนจากชีวมวลไปใช้ในเชิงพาณิชย์ โรงงานผลิตเอทีลีนด้วยเอทานอลจากอ้อยในบราซิล ซึ่งเปิดดำเนินการในช่วง 1980s แต่ก็ต้องปิดตัวลงช่วงต้นของ 1990s เมื่อราคาน้ำมันลดลง ในทุกวันนี้ อาจจะมีการนำวิธีนี้กลับมาใช้ใหม่ ในปี ค.ศ. 2007 มีการประกาศเกี่ยวกับการก่อสร้างของโรงงานเช่นนี้อยู่ 3 โรงงาน (เพื่อดำเนินการในปี ค.ศ. 2009 - 2011 ด้วยความสามารถในการผลิตที่ 600,000 ตันของเอทีลีน)

ในการศึกษานี้ได้เลือกกระบวนการผลิตเอทานอลจากการแยกสลายด้วยน้ำของชีวมวลแบบลิกโนเซลลูโลซิก (Hydrolysis of lignocellulosic biomass) จำนวนรูปแบบ 3 รูปแบบได้แก่: รูปแบบแรกได้ปริมาณไฟฟ้าจากการผลิตร่วมต่ำสุด รูปแบบที่สองได้สูงสุด และรูปแบบสุดท้ายได้ปริมาณการผลิตไฟฟ้าปานกลาง ทั้ง 3 รูปแบบนี้ถูกเลือกเพราะทั้ง 3 รูปแบบนี้ประกอบไปด้วยเทคนิคจำเพาะที่ค่อนข้างหลากหลาย ซึ่งจะใช้ตัวย่อว่า Ligno ETE I (ผลิตไฟฟ้าร่วมได้น้อยที่สุด) Ligno ETE II (ผลิตไฟฟ้าร่วม

ได้มากที่สุด) Ligno ETE III (ผลิตไฟฟ้าร่วมได้ปานกลาง) เทคโนโลยีการผลิตเอทานอลโดยใช้ชีวมวลแบบลิกโนเซลลูโลสยังคงอยู่ในระหว่างการค้นคว้าศึกษา และยังไม่มีการนำไปใช้ในเชิงธุรกิจ

(2.4) วิธีโดยออกซิเดทีฟคัป (Oxidative coupling routes) : ใช้วัตถุดิบตั้งต้นจากมีเทน เป็นกระบวนการเปลี่ยนมีเทนให้เป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นที่สำคัญ คือ เอทิลีนในสภาวะความดันต่ำ โดยมีกระบวนการผลิต 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเปลี่ยนสัดส่วนร้อยละของมีเทน และขั้นตอนการแยก C2+ เพื่อให้กลายเป็นเอทิลีน ซึ่งในขณะนี้ผลการทดลองในระดับห้องทดลอง พบว่า ปริมาณมีเทนที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการแยก C2+ ได้ โดยที่สัดส่วนการเปลี่ยนมีเทนร้อยละ 80 สามารถลดการแยก C2+ ได้ร้อยละ 30 จากการทดลองที่มีอัตราการเกิดเอทิลีนค่อนข้างต่ำ ดังนั้นในอนาคตจึงมีการนำเทคโนโลยีการแยกสาร (Membrane Technology) มาใช้ในขั้นตอนของการแยก C2+ เพื่อให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น มีเทนสามารถเปลี่ยนไปเป็นเอทิลีนโดยออกซิเดทีฟคัปทางเคมี ซึ่งใช้ตัวย่อว่า Methane OCM I และ II วิธีนี้ยังไม่มีการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์

ตารางที่ 7-4 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตโอเลฟินส์ของวัตถุดิบแต่ละประเภท (Ren และคณะ, 2008)

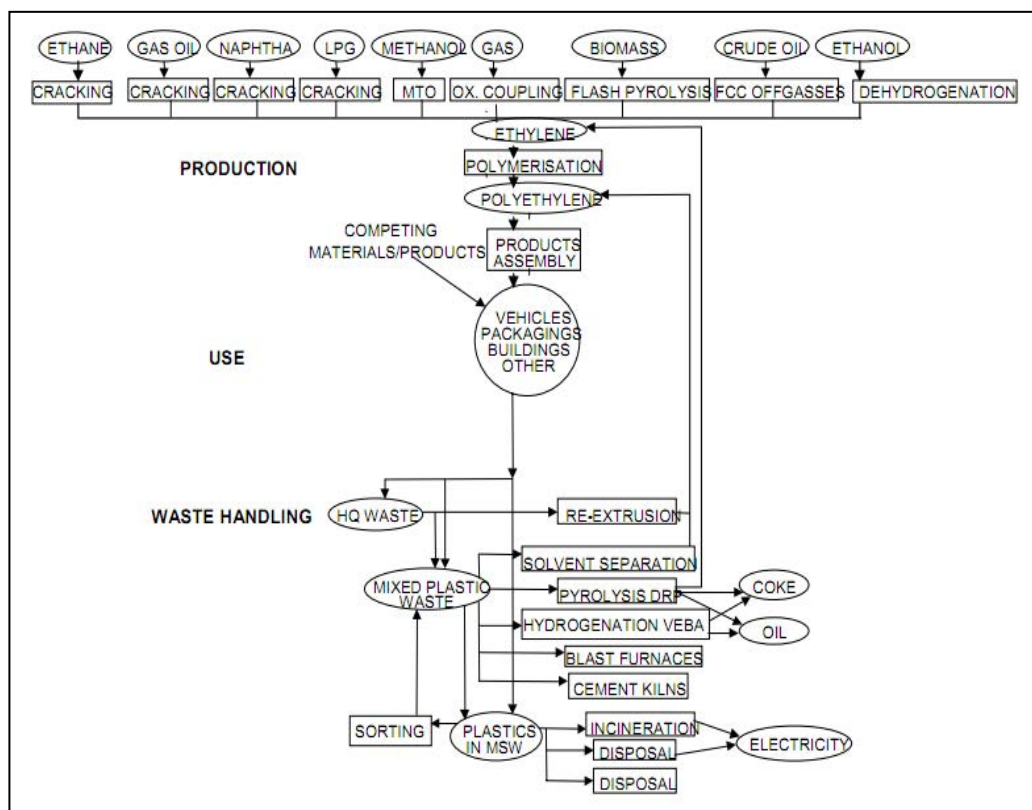
Emission Factors (tCO ₂ per GJ Energy Consumed)			
Naphtha-based steam cracking	Ethane-based steam cracking	Natural gas-to-olefins	
		Methanol to Olefins (MTO)	Oxidative Coupling of Methane (OCM)
Feedstock production 0.069 (Combustion of refinery gas for naphtha production)	0.056 (Combustion of natural gas for ethane production)	0.056 (Combustion of natural gas and partial oxidation of methane for methanol production)	0.056 (Combustion of natural gas for methane production)
Petrochemical production 0.053 (Combustion of fuel-grade by product)	0.047 (Combustion of fuel-grade by product)	0.042 (Combustion natural gas and a small amount of fuel gas by product for product recovery and separation)	0.021 and 0.026 (Combustion of all non-ethylene by products and methane)

อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนวัตถุดิบตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการผลิตโอเลฟินส์ที่นำเสนอนี้ยังไม่มี การนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์แต่ก็อยู่ในระหว่างการศึกษาพัฒนา ซึ่งสามารถอ่านรายละเอียดในภาคผนวก ก

7.1.5 การรีไซเคิลวัสดุปิโตรเคมีภัณฑ์หรือพลาสติกเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นใหม่

ในทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาการรีไซเคิลขยะพลาสติกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศเยอรมนี วิธีการจัดการขยะพลาสติกสามารถแบ่งออกเป็น 8 วิธี คือ การอัดรีด การแยกตัวทำละลาย กระบวนการไพโรไลซิส กระบวนการทำให้เกิดไฮโดรเจน การฉีดพลาสติกของเสียในเตาเผาไหม้ การเผาขยะพลาสติกในเตาเผาปูนซีเมนต์ การยิงเสียดสี และการกำจัด ซึ่งสามารถแบ่งขยะพลาสติกได้ 3 ประเภท คือ ขยะพลาสติกสะอาด (CPW) ขยะพลาสติกผสม (MPW) และพลาสติกในขยะมูลฝอย (MSW) โดยการอัดรีดจะเหมาะสมสำหรับขยะประเภท CPW เท่านั้น การแยกตัวทำละลาย การทำไพโรไลซิส การทำให้เกิดไฮโดรเจน และการใช้เตาเผาและเตาซีเมนต์เหมาะสำหรับการกำจัดขยะพลาสติกประเภท MPW ส่วนการใช้ตะแกรงเผาและการกำจัดเหมาะสำหรับขยะพลาสติกประเภท MSW ดังรูปที่

7-5



รูปที่ 7-5 วิธีการจัดการขยะพลาสติก

จากรูปที่ 7-5 แสดงลำดับการจัดการขยะพลาสติก 3 ประเภท ได้แก่ ขยะพลาสติกสะอาด ซึ่งสามารถนำมอัดขึ้นรูปได้เพื่อผลิตเป็นเม็ดพลาสติก ขยะพลาสติกผสม เช่น ขยะที่เหลือจากเครื่องหั่นกระดาษสามารถนำมารีไซเคิลเป็นเม็ดพลาสติกคุณภาพสูง และพลาสติกในขยะมูลฝอย เช่น บรรจุภัณฑ์อาหารกำจัดโดยการเผาแบบตะแกรง

การเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดขยะพลาสติกที่เรียกว่า “ดัมมี่” เป็นการแปลงขยะพลาสติกที่สะอาดเป็นขยะพลาสติกผสม และเปลี่ยนขยะพลาสติกผสมเป็นพลาสติกในขยะมูลฝอย ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดขยะพลาสติกนี้เป็นกระบวนการการเรียงลำดับที่แปลงขยะพลาสติกมูลฝอยเป็นขยะพลาสติกผสม

(1) Re-extrusion

เทคโนโลยีการอัดรีดใหม่เหมาะสำหรับขยะพลาสติกสะอาด ซึ่งคุณภาพของพลาสติกที่อัดขึ้นรูปใหม่จะขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกที่ใช้เป็นสารตั้งต้น การเติมสารเติมแต่งจะสามารถปรับปรุงคุณภาพผลผลิตได้ และจากงานวิจัยพบว่า การใช้พลาสติกอัดขึ้นรูปเพื่อผลิตพลาสติกใหม่จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เป็นอย่างดี

(2) Solvent separation

กระบวนการนี้จะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของการละลายของพลาสติกในตัวทำละลายอินทรีย์ ขั้นตอนการเลือกพลาสติกจะใช้คุณสมบัติการไม่ละลายที่อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เพื่อแยกพลาสติกผสมไปเป็นโพลิเมอร์ที่มีส่วนประกอบเป็นเม็ดพลาสติก

(3) Hydrogenation VEBA process

ขยะพลาสติกผสมสามารถทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเพื่อใช้ผลิตเป็นวัตถุดิบได้ เช่น ผลิตภัณฑ์แวนธาและกากไฮโดรเจนสามารถใช้แทนการผลิตโค้ก กระบวนการนี้สามารถจำแนกได้เป็น Thermal hydrocracking หรือ hydrogenation ซึ่งจะไปทดแทนในส่วนของการกลั่นและก๊าซ ปัจจุบันปัญหาหลักของกระบวนการนี้ คือ การเติมพลาสติกลงในเครื่องปฏิกรณ์ยังมีความไม่แน่นอนของปริมาณไฮโดรเจนที่ใช้

(4) Blast furnaces

เป็นการนำเอาขยะพลาสติกไปเผาในเตาเผาเพื่อที่จะใช้เป็นตัวแทนในการดูดซับออกซิเจนจาก Ironoxide แทนการใช้น้ำมันเตา ซึ่งจะเป็นการลดการใช้น้ำมันเตาในการเผาไหม้ วิธีนี้มีการดำเนินการในประเทศเยอรมนี

(5) Plastic waste incineration in cement kilns

เทคโนโลยีนี้ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางทั่วทั้งยุโรป และการเผาของเสียพลาสติกในเตาเผาปูนซีเมนต์ซึ่งได้รับการพัฒนาในประเทศอิตาลี การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้จะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ ที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนค่อนข้างสูง

(6) Grate firing

ระบบ Grate firing มีประสิทธิภาพการทำงานของกระบวนการประมาณร้อยละ 20 - 22 ซึ่งประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้น หากโรงงานใช้เทคโนโลยีนี้ควบคู่กับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนจากไอน้ำที่อุณหภูมิต่ำ พลังงานความร้อนนี้จะถูกใช้เป็นพลังงานความร้อนในโรงไฟฟ้า และในกังหันไอน้ำ ซึ่งจะเพิ่มประสิทธิภาพได้ถึงร้อยละ 28 วิธีนี้มีการใช้แล้วในประเทศเนเธอร์แลนด์

7.1.6 การจัดการที่ปลายท่อหรือการกำจัดและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ใต้ดิน

การจัดการที่ปลายท่อ (End-of-pipe technology) หรือการกำจัดและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ใต้ดิน (CO₂ removal and underground storage) เนื่องจากการใช้คาร์บอนในน้ำมันเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตพลาสติกและเคมีภัณฑ์อื่นๆ ดังนั้นศักยภาพในการกำจัด CO₂ จาก off-gases จึงมีจำกัดอยู่ในช่วงประมาณ 25 Mt CO₂ การกักเก็บ CO₂ จากกระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำมีค่าใช้จ่ายประมาณ 50 เหรียญสหรัฐต่อตัน ยังไม่รวมค่าขนส่งและเก็บกักอีก 10 เหรียญสหรัฐต่อตัน (Farla, Hendriks, Blok, 1992) นอกจากนี้ การผลิตเอทิลีนออกไซด์ 1 ตันโดยใช้กระบวนการ de-hydration และ compression สามารถกำจัด CO₂ ได้ 0.88 ตัน

7.2 แรงผลักดันและอุปสรรคต่อการพัฒนากระบวนการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

นวัตกรรมด้านการพัฒนากระบวนการและการพัฒนาประสิทธิภาพพลังงานเป็นหัวใจสำคัญอย่างหนึ่งในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี การลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์จะช่วยให้บรรลุเป้าหมายภายใต้กรอบความร่วมมือของ Kyoto Protocol ในปี ค.ศ. 2012 และช่วยบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาวได้อีกด้วย ดังนั้นการศึกษาปัจจัยหลักที่เป็นทั้งแรงผลักดันและอุปสรรคต่อการพัฒนาประสิทธิภาพพลังงานของกระบวนการผลิตที่มีอยู่และการสร้างนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการใหม่ๆ ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง

7.2.1 กระบวนการสร้างนวัตกรรม

ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีถูกสังเคราะห์มาจากแหล่งพลังงานจากเชื้อเพลิงธรรมชาติ (น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน) โดยอาศัยการใช้พลังงานในกระบวนการต่างๆ เช่น การใช้ความร้อนหรือไอน้ำในการแตกโมเลกุล (steam cracking) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ถูกใช้งานมานานกว่า 40 ปี ผลผลิตที่ได้จะเป็นปิโตรเคมีภัณฑ์ขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วยโอเลฟินส์ (เช่น เอทิลีนและโพรพิลีน) และ อะโรแมติกส์ ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่จำเป็นสำหรับใช้ผลิตพลาสติก ยาง และไฟเบอร์ในขั้นต่อไป

สำหรับกระบวนการใช้ความร้อนในการแตกโมเลกุลหรือการใช้ไอน้ำในการแตกโมเลกุล มีบริษัทผู้ออกใบอนุญาต 5 บริษัทเป็นผู้ครอบครองตลาดทั่วโลกอยู่ (Madden, 2005) ไม่มีผู้ผลิตรายไหนที่เป็นเจ้าของสิทธิบัตรของกระบวนการใช้ไอน้ำในการแตกโมเลกุล เพราะไม่มีผู้ผลิตใดที่จะเป็นจะต้องสร้างเครื่องแตกโมเลกุลด้วยไอน้ำใหม่ทุกๆ ปี บริษัทผู้ผลิตชั้นนำทางด้านปิโตรเคมีภัณฑ์ 10 บริษัท มีกำลังการผลิตเท่ากับครึ่งหนึ่งของกำลังการผลิตทั่วโลก (ที่เหลือเป็นของบริษัทภายในประเทศ) (Nakamura, 2002; Walthie, 2004) ดังตารางที่ 7-5

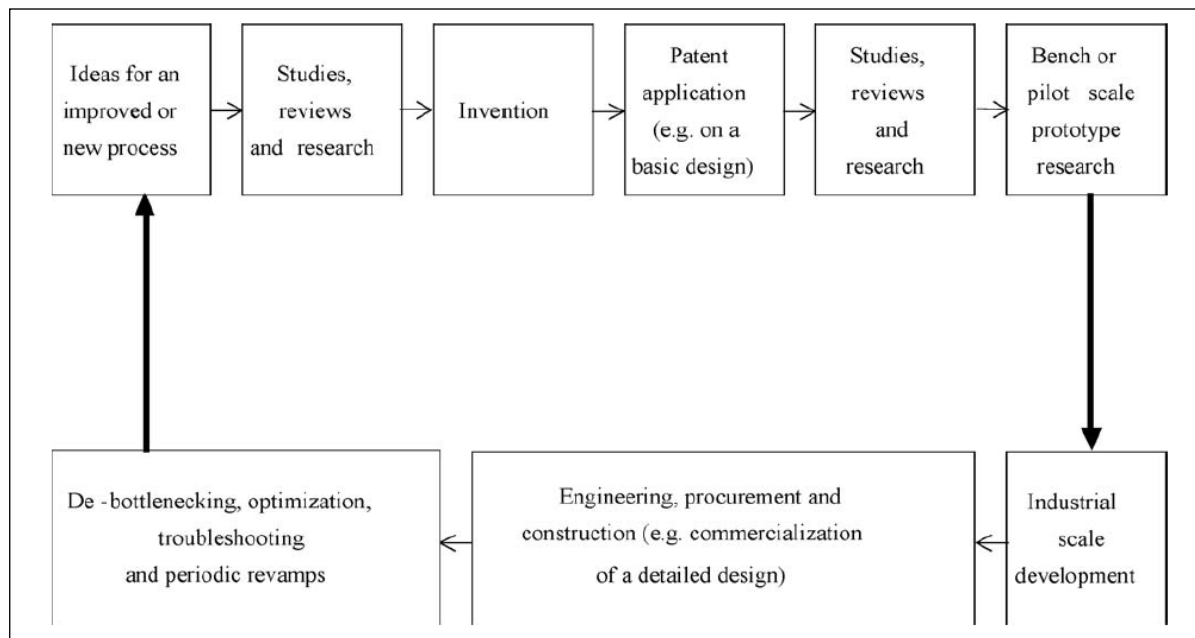
กระบวนการพัฒนาและสร้างนวัตกรรมในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีดังรูปที่ 7-6 โดยผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีและบริษัทที่เป็นเจ้าของสิทธิบัตรจะทำตามขั้นตอนของวิธีการสร้างนวัตกรรมเพื่อที่จะพัฒนากระบวนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ ในบางครั้งผู้ผลิตก็จะถ่ายทอดความรู้กลับไปยังผู้ออกใบอนุญาตเพื่อเป็นการตอบแทนกลับตามที่ได้มีในสัญญา (Deason, 2005) ทางที่เป็นเจ้าของ

สิทธิบัตรจะเข้าไปมีส่วนร่วมในส่วนของ “งานวิศวกรรม การจัดหา และการก่อสร้าง (EPC)” เนื่องจากจะ
ได้เปรียบในเรื่องการแข่งขันราคาและประสิทธิภาพที่มากกว่าเมื่อเทียบกับทางผู้ผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์

ตารางที่ 7-5 บริษัทชั้นนำที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการผลิตและกระบวนการในปิโตรเคมีภัณฑ์ (Arora et al., 1999; Bowonder, 2001; CEN, 2004)

	Firms (2003)	Sales from chemicals or services (in M\$ 2003)	Licensing as a % of total technology use (1998)	Core business activities (2003)	Ethylene capacity (in MT) (2002)	R&D spending (in M\$ 2003)	R&D/sales (%) (2003) ^a
Chemical producers (global top two in 2003)	BASF Dow	38 318 32 632	50 35	Diversified (including petrochemicals)	4.4 13	1250 979	3.3 3.0
Petrochemical producers	ExxonMobil BP Shell Chevron	20 190 77 500 101 00 (2000) 7 018	65 65 55 70	Crude oil, natural gas, chemicals and process licensing	12 4.6 6.7 3.5	630 (2000) 310 505 (2000) 182 (2000)	0.4 (2000) 0.4 0.5 (2000) 0.6 (2000)
Petrochemical process licensors and engineering firms	Halliburton (owner of KBR) Linde Technip Shaw (owner of Stone & Webster) ABB Lummus	14 333 7 103 5 516 3 307 1 164	Data not available; estimated to be close to 100%	Process licensing, engineering, procurement and construction services	No data	258 (2000) 206 171 No data 93	1.8 (2000) 2.9 3.1 No data 8.0

^a For comparison, please note that the average R&D/sales for petrochemicals has been about 2% (based on data on EU firms in 1984–1992 (Albach et al., 1996), large firms in 1985–1997 (Heischer et al., 2000) and US firms in 1994–2000 (NSF, 2001).



รูปที่ 7-6 ขั้นตอนอย่างง่ายสำหรับการพัฒนานวัตกรรมในกระบวนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์

7.2.2 นวัตกรรมที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

โดยทั่วไปกระบวนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์จะแบ่งแยกกิจกรรมด้านนวัตกรรมออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การปรับปรุงกระบวนการที่มีอยู่แล้ว และการพัฒนากระบวนการใหม่ การปรับปรุงกระบวนการที่มีอยู่แล้วเกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องมือและการดำเนินการ ซึ่งยังคงใช้วัตถุดิบเป็นวัตถุดิบและหลักการทางวิศวกรรมที่เหมือนเดิมหรือคล้ายคลึงเดิมแต่ให้ผลด้านประสิทธิภาพพลังงานที่แตกต่างอย่างเด่นชัด (Stobaugh, 1988) ตารางที่ 7-6 แสดงการปรับปรุงกระบวนการที่มีอยู่ โดยเป็นกระบวนการที่มีความสามารถในการปรับปรุงประสิทธิภาพทางพลังงานให้มากขึ้นอย่างต่ำร้อยละ 5

ตารางที่ 7-6 ปัจจัยผลักดัน - ปัจจัยขัดขวางต่อการปรับปรุงกระบวนการที่มีอยู่และการพัฒนากระบวนการใหม่ (Ren et al.; 2006, 2008; Ren, 2009)

	Improving existing processes		Developing new processes	
Commercial status	Widely commercialized; very often implemented	Mostly commercially available; some implementations	Mostly commercially available; rarely implemented	Some commercially available; a few implementations completed or planned
Feedstocks	Conventional feedstocks derive from crude oil and ethane/propane/butane-rich natural gas	Conventional feedstocks and low-value feedstocks derive from crude oil	Alternative feedstocks (e.g. naphtha/methanol from natural gas)	
Potential for energy savings by each technology	5–15% savings on energy use in conventional processes	10–20% savings on energy use in conventional processes	Up to 20% savings on energy use in conventional processes	Methane-based processes use 30–40% more energy and coal/biomass-based ones use 60–150% more energy than oil-based conventional processes do
Innovating firms and technologies	Lockwood Green, BASF and Atofina: cogeneration integrated into a steam cracker site. GE/ExxonMobil: residue gasification for cogeneration. Air Liquide, Dow and Shell: Combined cycle cogeneration ASPEN Tech: real-time plant process control and energy management system. UOP: integration of petrochemical and refinery complex	Hamworthy: burner design FM: coated furnace coils Linde: short coil tubes. ABB Lummus: online decoking; gas turbine integration. Stone & Webster: advanced product recovery gas turbine integration KBR: short residence time. Technip: distillation schemes. Shell/ECN: integrated distillation columns for separation	ExxonMobil, Shell, ABB Lummus, KBR, UOP, DSM, Linde and S&W/Sinopec: low-value hydrocarbons (e.g. C ₄₋₉ refinery or steam cracking byproducts) to petrochemicals in FCC-like reactors at lower temperatures than steam cracking therefore saving energy; KRICI, LG, AIST, VNIIO and ASAH: catalytic cracking of conventional, C ₄ /C ₅ streams and heavy feedstocks Dow and ExxonMobil: catalytic oxidative dehydrogenation of ethane and propane BP/MTR: membrane separation	ExxonMobil, BP, ConocoPhillips, Rentech, Sasol/Chevron, Statoil, Syntroleum, Mossagas and Shell: methane to liquid fuels and petrochemical feedstocks via syngas. UOP and Lurgi: methane to light olefins and fuels via methanol. DSM: partial oxidation of methane to ethylene and electricity cogeneration. Synfuel/A&M University: methane to ethylene or fuels via acetylene. Bechtel: coal to fuels, electricity and petrochemical feedstocks
Drivers	Process energy cost savings. Tight supply of gas feedstocks. Personal commitment of individuals		Conversion of low-cost feedstocks to high-value chemicals. Competition among firms. The wish to broaden the application of existing knowledge	
Barriers	Shortage of staff and time. Competition from other prioritized projects. Existing configurations		Unfavorable economic conditions. Insufficient tools for decision making and process-modeling. Concerns for job security	

ส่วนการพัฒนากระบวนการใหม่ ยังคงใช้วัตถุดิบเดิม เช่น การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการของโอเลฟินส์ซึ่งยังใช้แพลทินัมและไฮโดรคาร์บอนจากน้ำมันดิบเป็นวัตถุดิบและทำให้ประสิทธิภาพของ

การใช้พลังงานดีขึ้น ส่วนตัวอย่างของกระบวนการที่เลือกใช้วัตถุดิบอื่น เช่น การผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์จากก๊าซธรรมชาติโดยผ่านทางเมทานอลซึ่งเป็นแนวทางการสังเคราะห์ใหม่ ซึ่งตรงข้ามกับแนวทางเดิมที่ใช้น้ำมันดิบในการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ อย่างไรก็ตามเราจะสังเกตเห็นว่า แนวทางการสังเคราะห์ใหม่นี้ถือว่าเป็นนวัตกรรมแต่ไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานดีขึ้น

7.2.3 ปัจจัยผลักดันและปัจจัยขัดขวางต่อการพัฒนานวัตกรรมในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

ปัจจัยส่งเสริมคือปัจจัยที่ส่งผลในทางที่ดีกับความสนใจของบริษัทต่อนวัตกรรมจึงเป็นตัวช่วยส่งเสริมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรม ส่วนปัจจัยขัดขวางคือปัจจัยที่ส่งผลในแง่ลบต่อความสนใจของบริษัทต่อนวัตกรรมจึงเป็นการชะลอกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรม

7.2.3.1 การปรับปรุงกระบวนการที่มีอยู่แล้ว

ปัจจัยผลักดัน

(1) **การลดพลังงานเพื่อลดค่าใช้จ่าย** การลดพลังงานที่ใช้ในกระบวนการที่คิดเป็นต้นทุนของผลิตภัณฑ์ซึ่งส่งผลไปยังการลดค่าใช้จ่าย เช่น การติดตั้งกระบวนการผลิตร่วม (cogeneration) จะช่วยให้ลดค่าใช้จ่ายจากพลังงานที่ใช้ในกระบวนการได้ถึง 5 - 25 ล้านดอลลาร์ในแต่ละปีสำหรับบริษัทใหญ่ๆ หรือมากถึงร้อยละ 15 ของค่าใช้จ่ายจากพลังงานทั้งปี (Anonymous-1, 2005; Burchmore et al., 1993; Theising, 2005) การติดตั้งเตาเผาที่ใช้คอยล์ (furnace coils) ซึ่งต้องการเวลาในการเผาไหม้สั้น (ลดพลังงานที่ใช้ต่อตันของผลิตภัณฑ์) และหอกลั่นที่มีประสิทธิภาพ (energy-efficient distillation columns) (สามารถอนุรักษ์พลังงานความร้อนได้ดีกว่า) จะทำให้ประหยัดพลังงานรวมที่ใช้ไปในกระบวนการกว่าร้อยละ 10 - 20 เมื่อเทียบกับวิธีที่ใช้กันอยู่แบบเดิม (Ren et al., 2006) การลดค่าใช้จ่ายเนื่องจากพลังงานที่ใช้สามารถเพิ่มผลกำไรหรือรายได้ก่อนหักภาษี ซึ่งถือเป็นตัวชี้วัดของการปรับปรุงกระบวนการ (Strohrman, 2005) ในความเป็นจริงแล้วค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานในกระบวนการเป็นเพียงส่วนหนึ่งของต้นทุนการผลิตทั้งหมด (มีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับวัตถุดิบ และค่าบำรุงรักษา) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานในกระบวนการ (ค่าใช้จ่ายในกระบวนการเผาไหม้และค่าไฟฟ้า) อยู่ที่ประมาณร้อยละ 20 จากราคาต้นทุนทั้งหมดของกระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำโดยใช้แนพธาเป็นวัตถุดิบในปี พ.ศ. 2543 (ChemSystems, 2002) ในช่วงยุคปี พ.ศ. 2542 - 2546 ค่าใช้จ่าย

ด้านพลังงานในกระบวนการผลิตเอทิลีนมีค่าเพิ่มมากกว่า 2 เท่าต่อตัน และเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 50 ในยุโรปและญี่ปุ่น (Cagnolatti, 2005)

(2) ปริมาณการผลิตวัตถุดิบที่เป็นก๊าซมีจำกัด เช่น อีเทน โพรเพน ที่มาจากก๊าซธรรมชาติ และ LPG เนื่องจากปริมาณการใช้งานที่มากขึ้นสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าหรือการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว (รวมไปถึง LPG) สำหรับใช้ในการเดินทาง ในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา ราคาอีเทนในอเมริกาอยู่ที่ประมาณ 1 - 3 \$US/GJ โดยที่ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพของพลังงานของกระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำในอเมริกามีต่ำกว่าญี่ปุ่นร้อยละ 25 และมีค่าต่ำกว่ายุโรปร้อยละ 16 (Cagnolatti, 2005) แต่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 เป็นต้นมาราคาของวัตถุดิบที่ใช้เพิ่มขึ้นมากในอเมริกา (ในอเมริการ้อยละ 70 ของวัตถุดิบที่ใช้ในการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำจะใช้อีเทนและโพรเพนเป็นวัตถุดิบหลัก) และบางครั้งก็ขึ้นถึง 10 ดอลลาร์ต่อ GJ สิ่งนี้ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการประหยัดและอนุรักษ์พลังงานโดยเฉลี่ย 5 ปี เพิ่มขึ้นถึง 4.5 เท่า ที่ปี พ.ศ. 2542 - 2546 เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2537 - 2530 (Cagnolatti, 2005)

ปัจจัยขัดขวาง

(1) การขาดกำลังคนและเวลา เป็นปัจจัยขัดขวางการพัฒนาของกระบวนการที่มีอยู่แล้วทุกๆด้าน การจ้างงานในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ในอเมริกามีตัวเลขลดลงร้อยละ 4 ในช่วงปี พ.ศ. 2537 - 2547 (CEN, 2005) ถึงแม้ว่าสัดส่วนต้นทุนของค่าแรงจะมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 1 ต้นทุนในการผลิตทั้งหมด (Burchmore et al., 1993; ChemSystems, 2002) วิศวกรในโรงงานปิโตรเคมีภัณฑ์มักจะยุ่งอยู่กับการต้องตามแก้ไขและซ่อมสิ่งที่มียู่ (Tallman, 2005) จนไม่มีเวลาที่จะศึกษาหรือทำความเข้าใจกับการใช้พลังงานหรือรวบรวมข้อมูลจำเพาะพวกเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของพลังงาน (Burchmore et al., 1993) โดยเฉพาะในช่วงความต้องการของตลาดสูงและเวลาการปฏิบัติงานมากกว่าร้อยละ 90 (Burchmore et al., 1993) ในหลายๆบริษัทจะมีบุคลากรไม่เกิน 10 คนที่เชี่ยวชาญในด้านการจัดการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงาน (Theising, 2005) อีกทั้งบริษัทผู้รับจ้างและบริษัททางวิศวกรรมก็ยังขาดแคลนแรงงาน ดังนั้นเพียงแค่จัดการกับการหาวิศวกรที่เชี่ยวชาญเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการแรงงานที่มีอยู่ (Ferland, 2005; Zarker, 2005)

(2) การไม่มีการจัดลำดับความสำคัญ การให้ความสำคัญกับการลงทุนเพิ่มเพื่อที่จะนำไปสู่การเพิ่มเงินปันผลและเพิ่มปริมาณการขายซึ่งจะให้ผลตอบแทนมากกว่าการปรับปรุงกระบวนการที่มีอยู่ ดังตารางที่ 7-6 ตัวอย่างเช่น ในปี 2547 ExxonMobil ได้ประกาศให้มีอัตราการปันผลที่ร้อยละ 23 (ExxonMobil, 2005) ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปในโครงการปรับปรุงกระบวนการอย่างเช่น

Cogeneration ซึ่งให้ผลที่ร้อยละ 15 (Deason, 2005) นอกจากนี้ การให้งบประมาณด้านการพัฒนากระบวนการที่มีอยู่นั้นจะช่วยส่งผลให้ประสิทธิภาพของพลังงานดีขึ้น ซึ่งนำไปสู่ผลตอบแทนที่ดีขึ้น (รวมถึงผลดีด้านอื่นๆ เช่น ความน่าเชื่อถือและความปลอดภัย) แต่ไม่ได้ทำให้ยอดขายของปิโตรเคมีภัณฑ์มากขึ้น (Strohrman, 2005)

(3) **การเข้ากันได้และความเสถียรของเทคโนโลยีและการควบคุมการดำเนินงาน** ถือว่ามีความสำคัญมากกว่าผลประโยชน์ที่จะได้จากการนำเทคโนโลยีเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานมาใช้ ตัวอย่างเช่น การนำเตาเผาแบบคอยล์ตัวใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (High-performance furnace coils) มาใช้ทำให้ลดระยะเวลาการเผาไหม้เหลือเพียง 1/1000 วินาที แต่อาจจะทำให้เกิดปัญหากับส่วนอื่นๆ ของเครื่องในกระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำได้ (Anonymous-2, 2005) อีกตัวอย่างคือ การรวมกระบวนการกลั่นและกระบวนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ หรือการรวมการผลิตความร้อน ไอน้ำ และไฟฟ้าร่วมกันโดยใช้ Gas/steam turbine การรวมกันของเครื่องมือเหล่านี้จะเป็นไปไม่ได้เลย ถ้าเมื่อระยะทางระหว่างโรงงานปิโตรเคมีภัณฑ์และโรงกลั่นนี้อยู่ห่างกัน หรือถ้าเป็นได้ การรวมกันนี้จะเพิ่มความซับซ้อนให้กับระบบ ลดความยืดหยุ่น และบางครั้งก็เกิดปัญหาในระหว่างการเดินระบบ เมื่อต่อระบบหนึ่งเข้ากับอีกระบบหนึ่งอาจจะทำให้ทั้งระบบเกิดชะงักการทำงานหรือไม่สามารถทำงานต่อไปได้ (Herzog, 2005) ดังนั้นโดยทั่วไปผู้ที่คอยควบคุมการทำงานของเครื่องมักจะหาทางในการหยุดการทำงานของบางส่วนในระบบให้ได้ โดยที่ส่วนอื่นๆ ยังสามารถทำงานได้ตามปกติ

ความไม่แน่นอนของผลตอบแทนต่อความเสี่ยงสำหรับการปรับปรุงกระบวนการเดิม

ในกรณีของการปรับปรุงกระบวนการที่มีอยู่ ความไม่แน่นอนของผลตอบแทนต่อความเสี่ยงนั้นจะมีค่าต่ำ เนื่องจากผลตอบแทนจากการนำเทคโนโลยีในการปรับปรุงกระบวนการที่มีอยู่มาใช้เป็นที่รู้จักกันทั่วไป เทคโนโลยีและข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์เหล่านี้ได้รับการทดสอบและยอมรับเรียบร้อยแล้ว โดยหลายวิธีการได้ถูกนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ ดังนั้นสามารถนำมาใช้คำนวณหาผลตอบแทนที่มีความเป็นไปได้ นอกจากนี้ระยะเวลาที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการที่มีอยู่แล้วค่อนข้างสั้น ทำให้สามารถคาดการณ์ค่าเสียโอกาสหรือดอกเบี้ยในการลงทุนในระยะเวลาสั้นได้

7.2.3.2 การพัฒนากระบวนการใหม่

ปัจจัยผลักดัน

(1) **การเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่ได้จากการใช้วัตถุดิบราคาถูก** เป็นการเปลี่ยนวัตถุดิบราคาถูกไปเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีที่มีมูลค่าแพงมากขึ้น ตัวอย่างเช่น การใช้วัตถุดิบที่

เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันและการแตกโมเลกุลด้วยไอน้ำ ซึ่งประกอบด้วย C4 – C9 byproducts และ Heavy hydrocarbons ซึ่งจะทำให้ราคาถูกกว่าร้อยละ 50 (ในรูปของ \$/ton) ของการผลิตโดยใช้แนฟธา (Ren et al., 2006) นอกจากนี้ การสังเคราะห์เมทานอลและแนฟธาโดยถ่านหินเนื่องจากราคาของถ่านหินอยู่ที่ 3/5 ของราคาน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ (ราคาในรูปของ \$/GJ) และต้นทุนการผลิตโอเลฟินส์จากถ่านหินก็เพียงร้อยละ 50 ของโอเลฟินส์จากอีเทนและแนฟธาในช่วงปี พ.ศ. 2540 - 2548 (D'Auria, 2005) กระบวนการใหม่ๆ เหล่านี้ก็ยังคงทำผลกำไรให้เมื่อราคาของวัตถุดิบดั้งเดิมที่ใช้อยู่มีราคาสูงขึ้นเมื่อเทียบกับวัตถุดิบทางเลือกอื่นๆ ดังนั้นการหาวัตถุดิบทางเลือกใหม่ๆ เพื่อการคงกำไรให้เท่าเดิมเป็นแรงผลักดันหลักที่ถูกพิจารณาสำหรับการวางแผนกลยุทธ์ในอนาคตสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีภัณฑ์ (Quintella, 1993)

(2) การแข่งขันระหว่างบริษัทผู้ผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์และบริษัทวิศวกรรม เป็นการแข่งขันระหว่างผู้ผลิต กำลังการผลิตของปิโตรเคมีภัณฑ์ระดับโลกมีการเจริญเติบโตอยู่ที่ร้อยละ 20 (ทางกายภาพ) ระหว่างปี พ.ศ. 2544 - 2550 (ขึ้นอยู่กับโครงการที่เริ่มแล้วและกำลังอยู่ในแผน) แต่ความต้องการของตลาดของปิโตรเคมีภัณฑ์มีแนวโน้มที่จะโตขึ้นที่ร้อยละ 25 - 40 (ร้อยละ 3 - 5 ต่อปี) ส่วนความต้องการของโพรพิลีนคาดว่าจะเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 5 - 6 ต่อปี ในขณะที่เอทิลีนน่าจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 (SRI, 2003) จากเป้าหมายของการใช้โพรพิลีนที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้บริษัททั้งหลายที่มีโครงการที่เกี่ยวข้องกับโพรพิลีนกำลังจะนำเทคโนโลยีของตัวเร่งปฏิกิริยามาใช้เพื่อให้ได้อัตราการผลิตโพรพิลีนที่มากขึ้นสำหรับธุรกิจ **ดังตารางที่ 7-6 ภายใต้คอลัมน์ของการพัฒนากระบวนการใหม่** บริษัทเหล่านี้ต้องการที่จะนำกระบวนการใหม่มาใช้แข่งขันในด้านต่างๆ เช่น การลงทุน ประสิทธิภาพของพลังงาน ความยืดหยุ่นของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ ประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา ผลผลิต ระยะเวลาในการก่อสร้าง และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (Blom, 2005; Laghate, 2005)

(3) ความต้องการที่ขยายการใช้งานของความรู้ที่มีอยู่เกี่ยวกับกระบวนการ กระบวนการเร่งปฏิกิริยา (Catalytic processes) การใช้ความรู้ที่มีอยู่ทำให้เราสามารถใช้ประโยชน์อย่างสูงสุดจากงานของการศึกษาและวิจัย และประสบการณ์ที่ได้จากอดีต พร้อมทั้งเพื่อที่จะเข้าใจให้มากขึ้นเกี่ยวกับการพัฒนากระบวนการใหม่ กระบวนการกลั่นที่เราเข้าใจและศึกษามาดีแล้ว เช่น Fischer-Tropsch (การเปลี่ยนก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และชีวมวล ไปเป็นก๊าซสังเคราะห์ เชื้อเพลิง และปิโตรเคมีภัณฑ์) การออกซิเดชันบางส่วน (Partial oxidation) และความรู้เกี่ยวกับการเร่งปฏิกิริยา สามารถนำมาและขยายไปสู่กระบวนการใหม่ที่สามารถเปลี่ยนวัตถุดิบทางเลือกอื่นไปเป็นปิโตรเคมีภัณฑ์ได้ **ดังตารางที่ 7-6 ในคอลัมน์กระบวนการใหม่** (Calis, 2005; Laghate, 2005; Richman, 2005; Vora, 2005) บริษัทที่มีความตื่นตัวทางด้านกระบวนการใหม่ **ดังตารางที่ 7-6** นั้นล้วนแล้วแต่ได้ขยายความรู้ของกระบวนการกลั่นและการเร่งปฏิกิริยาออกไปแล้ว

ปัจจัยขัดขวาง

(1) **การเกิดขึ้นภาวะเศรษฐกิจที่ไม่พึงประสงค์** เช่น ผลต่างกำไรต่ำ และตลาดที่ไม่แน่นอน ทำให้บริษัทในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีทัศนคติต่อต้านหรือปฏิเสธที่จะลงทุนกับกระบวนการใหม่ หลายบริษัทมีกำไรที่ลดลงเนื่องจากวิวัฒนาการของการตลาด ในช่วงปี พ.ศ. 2513 - 2523 อุปสงค์และอุปทานของปิโตรเคมีภัณฑ์มีเพิ่มขึ้นทั่วทั้งโลก โดยเฉพาะที่เพิ่มขึ้นมาคือที่ตะวันออกกลางและที่เอเชีย และภูมิภาคเหล่านี้ได้แสดงให้เห็นถึงความได้เปรียบทางด้านราคาพลังงานที่ต่ำกว่าหรือตลาดที่โตเร็วกว่า (ร้อยละ 5 - 10 ต่อปี) และส่งผลให้ส่วนต่างรายได้โดยเฉลี่ยของบริษัทใหญ่ๆ ลดลงอยู่ที่ร้อยละ 2 ต่อปี ระหว่างช่วงปี พ.ศ. 2529 และปี พ.ศ. 2539 (EIA, 2004; Pettman, 2002; Rothel et al., 2001) ในประเทศอุตสาหกรรม ความต้องการตลาดของเคมีภัณฑ์โตช้า อยู่ที่ประมาณร้อยละ 2 ต่อปีในปี พ.ศ. 2533 ซึ่งทำให้มีความกังวลต่อการผลิตที่จะมากเกินไป (overcapacity) กำลังการผลิตที่มากเกินไปเกินความต้องการ (ประมาณร้อยละ 10 - 15 ของความต้องการ) และกำลังการผลิต (Productivity) ที่ต่ำ (น้อยกว่าร้อยละ 90) เป็นปัจจัยลบต่อโรงงานที่มีอยู่ในขณะนี้ (Nakamura, 2002)

ความล้มเหลวของนวัตกรรมเป็นการสูญเสียจากการผลิตที่เกินความต้องการและอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (Madden, 2005) ถึงแม้ว่าในบางกรณีการลงทุนใหม่อาจจะเพิ่มผลผลิตให้ได้ตามความต้องการ แต่กระบวนการเดิมก็ยังถูกเลือกใช้อยู่เพราะการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของกระบวนการเดิมใช้การลงทุนที่ต่ำกว่าการลงทุนกับกระบวนการใหม่ ตัวอย่างเช่นการปรับปรุงประสิทธิภาพของการแตกตัวโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบฟลูอิดाइซ์ (Fluidized Catalytic Cracking, FCC) ที่ใช้กับโรงกลั่นในอเมริกา (เพื่อที่จะเพิ่มการผลิตโพรพิลีน) ช่วยให้สามารถเลือกที่จะเลี่ยงกระบวนการผลิตโพรพิลีนแบบ New propylene-on-purpose processes ได้ (Laghate, 2005) นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของการใช้กระบวนการ Ethane steam cracking ในตะวันออกกลางสามารถชดเชยการใช้กระบวนการ Ethane partial oxidation ได้ (Anonymous-3, 2005) สำหรับกระบวนการเปลี่ยนถ่านหินเป็นเคมีภัณฑ์ในจีนนั้นสามารถหลีกเลี่ยงการกระบวนการใช้ชีวมวล (Biomass-based processes) ได้ (Anonymous-3, 2005) นอกจากนั้นความผันผวนของราคาและแนวโน้มที่ไม่ดีของความต้องการของตลาดยังก่อให้เกิดความกังวลในหลายบริษัท (Arbogast, 2005) สภาพเศรษฐกิจที่ไม่ค่อยน่าพึงพอใจส่งผลให้บริษัทหลายบริษัทไม่ยอมที่จะเสี่ยงตัวเองในการลงทุนกับกระบวนการใหม่ (Smedt, 2006) ดังนั้นสถานะทางเศรษฐกิจที่ไม่ดีก็เป็นปัจจัยหนึ่งในที่ขัดขวางการพัฒนากระบวนการใหม่

(2) **ความไม่พร้อมสำหรับการปรับปรุงและพัฒนาใหม่** ผู้ผลิตและวิศวกรเห็นว่าเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีอยู่ยังไม่พร้อมสำหรับการปรับปรุงและพัฒนาใหม่และเป็นที่รู้กันดีว่า การมีเครื่องมือที่ไม่เพียงพอเป็นปัจจัยขัดขวางการสร้างกระบวนการใหม่ๆ การพัฒนาเครื่องมือเป็นสิ่งที่ยาก

และแพงมาก และมากกว่าการที่จะซื้ออันใหม่มา บริษัท Technip ครองตลาดเครื่องมือเกี่ยวกับในการจำลองการศึกษาการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำกว่าร้อยละ 70 ในขณะที่ Aspen TECH มีส่วนแบ่งร้อยละ 80 ของกระบวนการ Continuous process flowsheet แต่อย่างไรก็ตาม เครื่องมือที่วิเคราะห์กระบวนการที่ใช้อยู่นี้ แม้ว่าจะใช้วิเคราะห์งานได้อย่างดีเยี่ยมแต่ก็อาจจะไม่เพียงพอสำหรับเทคโนโลยีที่จะเข้ามาใหม่ (Anonymous-3, 2005; Burchmore et al., 1993) อย่างเช่นในกระบวนการเร่งปฏิกิริยา (van Steen, 2006) ปัญหาที่คล้ายคลึงกันก็สามารถเกิดขึ้นได้ในกรณีของเครื่องมือสำหรับการตัดสินใจในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ โดยที่เครื่องมือเหล่านี้ประกอบด้วยการวิเคราะห์และประเมินผลการดำเนินงานในอนาคต เช่น การคาดการณ์จากข้อมูลในอดีต การคำนวณมูลค่าสุทธิ และทฤษฎีที่ว่าด้วยอรรถประโยชน์ (Schoemaker, 2002)

เครื่องมือเหล่านี้เหมาะสมที่จะใช้ในการวิเคราะห์วงจรธุรกิจโดยทั่วไปและสำหรับทำนายความต้องการของตลาดภายใน 5 ปี โดยส่วนมากเครื่องมือเหล่านี้จะแนะนำในเชิงการปรับปรุงกระบวนการที่มีอยู่แล้ว เครื่องมือเหล่านี้ไม่สามารถที่จะวิเคราะห์ลักษณะของตลาดที่น่าจะเป็นเมื่อเลือกใช้วัตถุดิบอื่นเช่นก๊าซธรรมชาติ หรือถ่านหิน (Calis, 2005) และยังไม่สามารถวิเคราะห์กรณีที่มีปัจจัยอื่นๆ ที่มากระทบได้อย่างเช่น ค่าใช้จ่ายจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และภาษีพลังงานได้ ทำให้เป็นอุปสรรคต่อบริษัทเล็กที่ไม่มีโปรแกรมสำหรับใช้เปรียบเทียบความคุ้มค่าของโครงการนวัตกรรมใหม่ๆ เหล่านี้ได้ (Anonymous-3, 2005)

(3) ความมั่นคงด้านอาชีพ สามารถพบเห็นในสายอาชีพอื่นๆ เช่นกัน (O'Connor and MacDermott, 2004) แต่จะเห็นเด่นชัดมากในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการศึกษาวิจัยต้องการเวลาและการลงทุนที่มาก วิศวกรและผู้จัดการในบริษัทใหญ่ๆ ได้ทำงานร่วมกันในการพัฒนากระบวนการเปลี่ยนก๊าซธรรมชาติเป็นเคมีภัณฑ์และเชื้อเพลิงโดยใช้เทคโนโลยี Fischer-Tropsch (FT) มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 นอกจากนี้บริษัทยักษ์ใหญ่ยังใช้เงินไปมากกว่า 2 พันล้านดอลลาร์ในการวิจัยศึกษากระบวนการ FT ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 (Fiato and Sibal, 2005) เช่น บริษัท ExxonMobil รายงานว่า ได้จ่ายเงินไปมากกว่า 600 ล้านดอลลาร์ เพื่อให้ได้รับการอนุญาตจากสิทธิบัตร 3500 กว่าแห่งทั่วโลกเกี่ยวกับ FT และเทคโนโลยีการเปลี่ยนก๊าซเป็นของเหลว (Fiato and Sibal, 2005) บริษัทอื่นๆ ได้ใช้จ่ายไปกับการศึกษาและวิจัย และได้สิทธิบัตรกว่า 1000 สิทธิบัตรเกี่ยวกับกระบวนการ FT ดังนั้นเมื่อมีนวัตกรรมใหม่เกิดขึ้นซึ่งไม่ได้ใช้เทคโนโลยี FT เช่น ใน ECLAIRS ถูกเสนอกับผู้บริหารและวิศวกรก็จะได้รับการปฏิเสธ เนื่องจากถ้ามองสิ่งที่เสนอโดย ECLAIRS อาจจะทำให้หน้าที่การงานของตนสูญหายไป ดังนั้นจึงปฏิเสธ (Hall, 2005) มีผลการสำรวจในกลุ่มผู้บริหารระดับสูงก็มีความเชื่อเหมือนกันว่า การงานของแต่ละคนจะมั่นคงถ้าพัฒนาอะไรในแนวทางเหมือนกันกับที่คนอื่นทำ

ความไม่แน่นอนของผลตอบแทนต่อความเสี่ยงสำหรับการปรับปรุงกระบวนการใหม่

ตรงข้ามกับการปรับปรุงกระบวนการเดิม ความไม่แน่นอนของผลตอบแทนต่อความเสี่ยงค่อนข้างสูง และที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบ 3 ส่วนของอัตราส่วนผลตอบแทนต่อความเสี่ยงยังอยู่ในการพัฒนาและยังไม่มีจริง

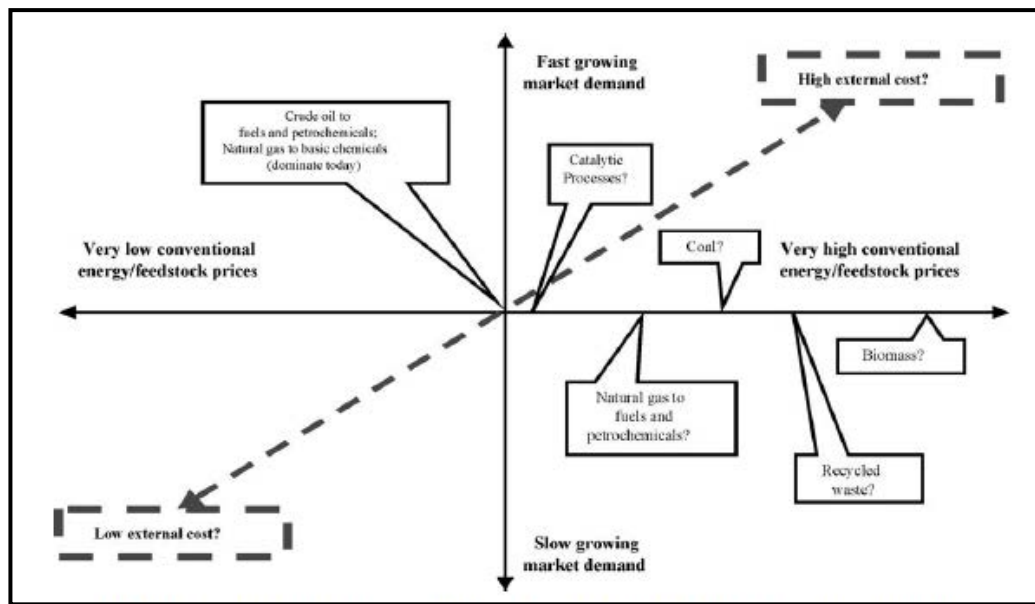
ผลตอบแทนของการสร้างกระบวนการใหม่สามารถคำนวณได้ยากกว่ามาก เมื่อเทียบกับการปรับปรุงกระบวนการเดิม อีกทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนากระบวนการใหม่ค่อนข้างยาว มูลค่าโอกาสหรือ ดอกเบี้ยในระยะยาวผ่านหลายทศวรรษมาจากการประมาณค่า นอกจากนี้ความไม่แน่นอนของคู่แข่งที่ค่อนข้างสูงและสถานการณ์ของตลาดที่ซับซ้อนเนื่องจากยุคโลกาภิวัตน์ และทุกวันนี้ยังไม่เห็นมีการกระตุ้นเชิงนโยบายให้เกิดการพัฒนากระบวนการใหม่ๆ อย่างเช่น ในกรณีที่เราควัดอุบัติเหตุที่ต่ำในตะวันออกกลางซึ่งเป็นอุปสรรคหนึ่งในการชะลอการพัฒนากระบวนการใหม่ๆ

เมื่อความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนผลตอบแทนต่อความเสี่ยงมีน้อย บริษัทจึงมีความไม่แน่นอนเกี่ยวกับผลตอบแทนต่อความเสี่ยง ในความเป็นจริงแล้ว ไม่มีการคำนวณผลตอบแทนต่อความเสี่ยงในเชิงของประสิทธิภาพพลังงานของแต่ละกระบวนการที่สร้างใหม่แต่ละกระบวนการ แต่มีการคำนวณผลตอบแทนต่อความเสี่ยงเป็นส่วนหนึ่งในการวางแผนกลยุทธ์โดยรวม ในการวางแผนที่ว่านี้มักจะนำการพิจารณาเกี่ยวกับอุบัติเหตุ การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และพฤติกรรมการแข่งขันร่วมเข้าไปด้วย ดังนั้นผลตอบแทนและความเสี่ยงสามารถประมาณค่าหรือกำหนดค่าได้ เช่น มูลค่าทางโอกาสและสถานการณ์ของตลาด

รูปที่ 7-7 แสดงตัวอย่างการวางแผนกลยุทธ์ในบริษัทที่เกี่ยวข้องกับปิโตรเคมีภัณฑ์ โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในแง่ต่างๆ แผนกลยุทธ์นี้สามารถช่วยเป็นแนวทางของการพัฒนานวัตกรรม การประมาณผลตอบแทนต่อความเสี่ยง และสร้างความมั่นใจสำหรับการตัดสินใจในการลงทุน มีหลายบริษัทได้ลงทุนไปหลายพันล้านดอลลาร์ตามแผนกลยุทธ์ในการพัฒนากระบวนการเปลี่ยนก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และชีวมวลไปเป็นปิโตรเคมีภัณฑ์และเชื้อเพลิง กิจกรรมทางนวัตกรรมทั้งหลายนี้ถูกเรียกว่า Option values ซึ่งหมายความว่า บริษัทลงทุนในกระบวนการใหม่ที่เลือกใช้วัตถุดิบทางเลือกเพื่อป้องกันไม่ให้ล้าหลังกว่าคู่แข่ง (คู่แข่งอาจจะสามารถหาวัตถุดิบที่มีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับแนฟธาที่มาจากน้ำมัน)

ความได้เปรียบเหนือคู่แข่งของการใช้กระบวนการใหม่แทนกระบวนการเดิมมักไม่เกี่ยวข้อง กับประสิทธิภาพพลังงานเหมือนอย่างในการปรับปรุงกระบวนการเดิม ส่วนใหญ่บริษัทจะมีความต้องการ

ที่จะได้เปรียบเหนือคู่แข่งด้วยการหาวัตถุดิบทางเลือกที่มีราคาต่ำกว่า ทำให้ได้อัตราผลตอบแทนที่ดีกว่าถึง 4 - 5 เท่า เมื่อเทียบกับใช้เทคโนโลยีของกระบวนการเดิมที่มีอยู่แล้ว ประสิทธิภาพของพลังงานจะมีความเกี่ยวพันกับการพัฒนากระบวนการอยู่เสมอ แต่ความสำคัญของประสิทธิภาพจะถูกจำกัดความสำคัญด้วยปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ ดังนั้น กระบวนการใหม่ที่เลือกใช้วัตถุดิบอื่นสามารถเรียกว่าเป็นนวัตกรรมเชิงกลยุทธ์ ถึงแม้ประสิทธิภาพด้านพลังงานจะต่ำกว่าการปรับปรุงกระบวนการเดิม



รูปที่ 7-7 ตัวอย่างการวางแผนกลยุทธ์ในบริษัทที่เกี่ยวข้องกับปิโตรเคมีภัณฑ์

ปัจจัยที่เป็นอุปสรรคขัดขวางต่อการพัฒนากระบวนการใหม่ซึ่งอธิบายไว้ในโดยผู้เชี่ยวชาญ IPTS ได้แก่ การขาดแรงกดดันให้สร้างกระบวนการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การขาดงบประมาณด้านการวิจัย ปัจจัยขัดขวางทางด้านโครงสร้าง/อุตสาหกรรม/พาณิชย์ เนื่องมาจากการแข่งขันที่สูงขึ้นในโลกาภิวัตน์ และไม่มีเครื่องมือในการจำลองที่เพียงพอเพื่อที่จะลดความไม่แน่นอน (Eder and Sotoudeh, 2000) และจากการทบทวนนโยบายในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องพบว่า ไม่มีการบังคับให้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการทั่วไปสำหรับเคมีภัณฑ์

กล่าวโดยสรุปแล้ว จากผลการรวบรวมข้อมูลต่างๆ แสดงให้เห็นว่า หัวใจหลักของแผนกลยุทธ์ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจะให้ความสำคัญกับเศรษฐศาสตร์ของวัตถุดิบรวมถึงกระบวนการผลิตแบบใหม่ๆ มากกว่าประสิทธิภาพด้านพลังงานถึงแม้ว่าประสิทธิภาพของพลังงานที่ได้จะมีน้อยกว่า

กระบวนการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ในส่วนของการปรับปรุงกระบวนการที่มีอยู่เดิม การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานสามารถทำได้และให้ผลตอบแทนที่เป็นไปได้ การพัฒนากระบวนการใหม่จะขึ้นอยู่กับนโยบายและแผนกลยุทธ์ที่เกี่ยวข้อง ในการที่จะพัฒนากระบวนการใหม่ เศรษฐศาสตร์ของวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องจะถูกคำนึงเป็นหลักเนื่องจากมีความสำคัญกับแผนบริษัทในระยะยาว

แนวทางในการวางแผนนโยบายในอนาคตที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพพลังงานและกลยุทธ์ทางนวัตกรรม

- บริษัทควรวางแผนแนวทางในการประหยัดพลังงานโดยการปรับปรุงกระบวนการเดิมที่ใช้อยู่ แต่สำหรับกระบวนการใหม่ที่สามารถเลือกใช้วัตถุดิบทางเลือกที่มีราคาถูกกว่า เช่น ถ่านหินหรือชีวมวล ประสิทธิภาพของพลังงานจะมีความสำคัญรองลงมา ดังนั้น ควรศึกษาหมายหรือนโยบายเพิ่มเติมเพื่อส่งเสริมให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานซึ่งนำไปสู่กระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- ถึงแม้กระบวนการใหม่ๆ บางกระบวนการจะไม่ได้นำไปสู่การประหยัดพลังงาน แต่มีข้อดีทางด้านการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อม หรือลดราคาต้นทุนหรือทั้งสอง ดังนั้น เทคโนโลยีที่ใช้ชีวมวลหรือถ่านหิน โดยมีตัวเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ ยังคงถือว่าเป็นกระบวนการที่คุ้มค่าเพื่อที่จะลดการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศ
- นโยบายทางด้านสิ่งแวดล้อมถือว่าเป็นปัจจัยทางด้านค่าใช้จ่ายจากภายนอก เช่น ค่าใช้ที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสภาวะอากาศที่เปลี่ยนไป ยังไม่เป็นปัจจัยขับเคลื่อนที่สำคัญสำหรับกลยุทธ์ในการสร้างนวัตกรรมในการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเหล่านั้นยังไม่ได้รวมไว้ในแผนกลยุทธ์ของบริษัทเคมีภัณฑ์หลายแห่งที่มุ่งเน้นไปแต่ทางด้านความต้องการของตลาดและราคาพลังงาน ดังนั้น การกำหนดนโยบายบริษัทก็ควรจะเริ่มเพิ่มค่าใช้จ่ายจากปัจจัยภายนอกเข้าไปในแผนด้วยเช่นกัน

7.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทน

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมได้มีการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานตามข้อกำหนดของ พรบ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งรายละเอียดนี้จะต้องรายงานต่อกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน เป็นประจำทุกปี ประกอบด้วย บพร.1 และบพร.2 สำหรับปี พ.ศ. 2548 - 2550 และรายงานการจัดการพลังงาน สำหรับปี พ.ศ. 2552 - 2553

การวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามรายสาขาการผลิตผลิตภัณฑ์ ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จะเป็นข้อมูลจากการดำเนินงานจริงของโรงงานตัวแทนผลิตภัณฑ์ในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2553 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 6 ปี เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานต่างๆ ในการลดการใช้พลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปี พ.ศ. 2548 เทียบกับปีปัจจุบัน ทั้งนี้ ในการรายงานผลการวิเคราะห์ มาตรการอนุรักษ์พลังงานจำแนกตามรายกลุ่มอุตสาหกรรมแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มมาตรการ คือ มาตรการประหยัดไฟฟ้า มาตรการประหยัดไอน้ำ และมาตรการประหยัดเชื้อเพลิง โดยอ้างอิงกิจกรรมการปรับปรุงประสิทธิภาพการลดพลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยจากผลการศึกษาของโครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่างๆ (DEDE, 2548) ดังแสดงในภาคผนวก ข เป็นเกณฑ์การศึกษาเบื้องต้น

การแปลผลมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทนจะแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น คือ ความเข้มพลังงานที่ลดได้ และความเข้มคาร์บอนที่ลดได้ ดังแสดงวิธีการคำนวณในสมการที่ 7-1 และ สมการที่ 7-2 ตามลำดับ โดยที่ความเข้มพลังงานที่ลดได้จะเป็นปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตที่ลดได้จากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานนั้นๆ และความเข้มคาร์บอนที่ลดได้จะเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตที่ลดได้จากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานนั้นๆ

$$EI_{\text{reduction}} = (EA_{\text{reduction}} \times NCV) / P$$

สมการที่ 7-1

โดยที่	$EI_{\text{reduction}}$	คือ	ความเข้มพลังงานที่ลดได้ (MJ/t)
	$EA_{\text{reduction}}$	คือ	ปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตที่ลดลง (unit)
	NCV	คือ	ค่าความร้อนสุทธิของพลังงานรูปต่างๆ (MJ/unit)
	P	คือ	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ (t)

$$CI_{\text{reduction}} = (EA_{\text{reduction}} \times EF) / P$$

สมการที่ 7-2

โดยที่	$CI_{\text{reduction}}$	คือ	ความเข้มข้นคาร์บอนที่ลดได้ (t CO ₂ eq./t)
	$EA_{\text{reduction}}$	คือ	ปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตที่ลดลง (unit)
	EF	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของพลังงาน (t CO ₂ eq./unit)
	P	คือ	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ (t)

7.3.1 มาตรการอนุรักษ์พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นอุตสาหกรรมขั้นพื้นฐานที่อยู่ในสายการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีทั้งหมด และเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงค่อนข้างสูง เนื่องจากกระบวนการผลิตหลักของกลุ่มผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์ คือ กระบวนการแตกตัวโมเลกุล (Cracking) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้วัตถุดิบโมเลกุลขนาดใหญ่แตกตัวเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็ก และกระบวนการผลิตหลักของกลุ่มผลิตภัณฑ์อะโรเมติกส์ คือ กระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุล (Reforming) ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลไฮโดรคาร์บอน โดยใช้ความร้อน ความดัน และ/หรือตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าร่วมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ ทั้ง 2 กระบวนการจึงจำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงปริมาณมากเพื่อให้เพียงพอแก่การผลิตผลิตภัณฑ์ ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ดังกล่าวในหัวข้อที่ 5.2.4 **สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น** พบว่า อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีการใช้พลังงานทางตรงมากกว่าการใช้พลังงานทางอ้อมประมาณ 4 เท่า โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 75 – 85 และร้อยละ 15 – 25 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นจำแนกตามกลุ่มมาตรการ ดังแสดงในตารางที่ 7-7 พบว่า การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานทั้งหมดของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 1,754 MJ/t คิดเป็นสัดส่วนการลดลงประมาณร้อยละ 9 จากความเข้มพลังงานเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2548 และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ 0.199 t CO₂ eq./t คิดเป็นสัดส่วนการลดลงประมาณร้อยละ 16 จากความเข้มข้นคาร์บอนเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2548

ตารางที่ 7-7 ผลการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	ความเข้มพลังงานที่ลดได้ (MJ/t)	ความเข้มคาร์บอนที่ลดได้ (t CO ₂ eq./t)
1. มาตรการประหยัดไฟฟ้า		
1.1 การปรับปรุงกระบวนการ		
ควบคุมอัตราส่วนไฮโดรเจนต่อไฮโดรคาร์บอน	7.07E+00	1.08E-03
ลดการใช้เครื่องสูบน้ำขณะที่กำลังการผลิตต่ำ	1.74E-01	2.66E-05
1.2 การเลือกใช้/ ปรับเปลี่ยน/ ปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์		
การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	5.47E-01	6.38E-05
ลดปริมาณการใช้พลังงานของอุปกรณ์ อาทิ Recycle gas, Air compressor, ไบโวกน, ไบพัต	1.15E+01	1.76E-03
ลดการใช้พลังงานในการเตรียมระบบสำหรับ Ethylene Import & Export	4.04E-01	4.72E-05
ปรับปรุงหลอดไฟฟ้าเพื่อประหยัดพลังงาน	9.04E-02	4.87E-05
ปรับค่าการปิด-เปิดของ Stack damper	5.08E-03	6.35E-04
รวม	4.87E+01	2.06E-02
2. มาตรการประหยัดไอน้ำ		
การลดไอน้ำสูญเสียจาก Steam trap	6.27E+01	9.47E-04
การลดปริมาณการใช้ไอน้ำ	8.09E+01	1.26E-02
การนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ที่หม้อน้ำ (Waste Heat Boiler)	9.15E+01	3.18E-02
รวม	2.35E+02	4.53E-02
3. มาตรการประหยัดเชื้อเพลิง		
3.1 การปรับปรุงกระบวนการ		
ลดจำนวนครั้งการ Decoke ของเตาเผาแตกตัวโมเลกุล (Cracking furnace)	1.39E+01	8.70E-04
การควบคุมอากาศส่วนเกินของเตาเผาแตกตัวโมเลกุลในช่วงการดำเนินการผลิตปกติ	4.41E+02	2.80E-02
การควบคุมความดันใน Deareator ให้เหมาะสม	6.93E+01	1.07E-02
ปรับปรุงประสิทธิภาพเตาเผา อาทิ การปรับปรุงลักษณะการถ่ายเทความร้อน	1.89E+02	1.20E-02
การเพิ่มอุณหภูมิกันหอรอบ Quench oil	1.04E+02	1.62E-02
การปฏิบัติการแบบคู่ขนานของ Cracked gas dryer	6.27E+01	9.89E-03
ลดเวลาการ Intermittent BD ของ Water Drum	1.24E-02	7.72E-07
การควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงในเตาปฏิริยาแตกตัว	1.02E+02	1.52E-02
ปรับปรุงการส่งสาร Isomar stripper bottom เข้าหน่วย BT Fractionation โดยตรง	1.78E-02	1.11E-03

ตารางที่ 7-12 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	ความเข้มพลังงานที่ลดได้ (MJ/t)	ความเข้มคาร์บอนที่ลดได้ (t CO ₂ eq./t)
3.2 การเลือกใช้/ปรับเปลี่ยน/ปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์		
การเพิ่มฉนวนหม้อไอน้ำ	4.70E-02	3.03E-06
การพัฒนาระบบ Sealing ของเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น	2.70E+00	1.74E-04
ซ่อมแซม Refractory ภายใน Fire box ของ Cracking Furnace	1.37E+01	8.70E-04
การเคลือบสีที่ผิวท่อเครื่องกำเนิดไอน้ำเพื่อเพิ่มการถ่ายเท	4.92E+01	1.94E-03
การเปลี่ยนการใช้เครื่องสูบน้ำจาก Turbine เป็น Motor	8.30E+01	1.29E-02
การปรับลดความดันที่ Demethanizer Feed Drum	1.48E+01	2.30E-03
การทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์	3.27E+02	2.09E-02
รวม	1.47E+03	1.33E-01

จากการวิเคราะห์ผลการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทนแต่ละกลุ่มมาตรการ เมื่อพิจารณาตามแหล่งที่มาของพลังงานและแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก พบว่า สัดส่วนของความเข้มพลังงานที่ลดได้และความเข้มคาร์บอนที่ลดได้เป็นไปในลักษณะเดียวกัน กล่าวคือ มาตรการประหยัดเชื้อเพลิงมีอัตราการลดได้สูงสุด รองลงมา คือ มาตรการประหยัดไอน้ำ และมาตรการประหยัดไฟฟ้า ตามลำดับ โดยที่ความเข้มพลังงานที่ลดได้จากมาตรการประหยัดเชื้อเพลิง มาตรการประหยัดไอน้ำ และมาตรการประหยัดไฟฟ้ามีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 84, 13 และ 3 ตามลำดับ ส่วนความเข้มคาร์บอนที่ลดได้จากมาตรการประหยัดเชื้อเพลิง มาตรการประหยัดไอน้ำ และมาตรการประหยัดไฟฟ้ามีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 67, 23 และ 10 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสัดส่วนแหล่งที่มาของพลังงานและแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกดังกล่าวข้างต้น เนื่องจากกระบวนการผลิตหลักของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อนำความร้อนมาใช้ในการกระบวนการผลิต โรงงานอุตสาหกรรมจึงเลือกกลุ่มมาตรการประหยัดเชื้อเพลิงเป็นมาตรการหลักในการดำเนินงาน จึงสามารถลดการใช้พลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ค่อนข้างสูง

กลุ่มมาตรการประหยัดเชื้อเพลิงสามารถลดการใช้พลังงานได้ 1,470 MJ/t และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.133 t CO₂ eq./t โดยมาตรการในกลุ่มการประหยัดเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพการลดได้

มากที่สุด คือ การลดปริมาณอากาศส่วนเกินในเตาเผาแตกตัวโมเลกุล ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานได้ 441 MJ/t คิดเป็นร้อยละ 25 ของปริมาณพลังงานที่ลดได้ทั้งหมด และสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.028 t CO₂ eq./t คิดเป็นร้อยละ 14 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ทั้งหมด ในขณะที่มาตรการประหยัดไอน้ำลดการใช้พลังงานได้ 235 MJ/t และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.045 t CO₂ eq./t โดยมาตรการในกลุ่มการประหยัดไอน้ำที่มีประสิทธิภาพการลดได้มากที่สุด คือ การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ที่หม้อไอน้ำ (Waste Heat Boiler) ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานได้ 91.5 MJ/t คิดเป็นร้อยละ 5 ของปริมาณพลังงานที่ลดได้ทั้งหมด และสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.032 t CO₂ eq./t คิดเป็นร้อยละ 16 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ทั้งหมด ส่วนมาตรการประหยัดไฟฟ้าซึ่งเป็นกลุ่มมาตรการที่มีประสิทธิภาพการลดได้น้อยที่สุดสามารถลดการใช้พลังงานได้ 48.7 MJ/t และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.021 t CO₂ eq./t โดยมาตรการในกลุ่มการประหยัดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพการลดได้มากที่สุด คือ การลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักร/อุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานได้ 11.5 MJ/t คิดเป็นร้อยละ 1 ของปริมาณพลังงานที่ลดได้ทั้งหมด และสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.002 t CO₂ eq./t คิดเป็นร้อยละ 1 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ทั้งหมด

โดยส่วนใหญ่การดำเนินการมาตรการการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทนเป็นการปรับปรุงอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นแนวทางการอนุรักษ์พลังงานที่ทางโรงงานสามารถดำเนินการได้ ในระยะเวลาอันสั้นเนื่องจากใช้เงินในการลงทุนไม่มากนัก นอกจากนี้มาตรการการอนุรักษ์พลังงานที่มีประสิทธิภาพการลดได้ค่อนข้างสูง ได้แก่ การทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์, การเพิ่มอุณหภูมิกันห่อระบบ Quench oil และการควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงในระบบเตาปฏิริยาการแตกตัว โดยสามารถลดการใช้พลังงานลงได้คิดเป็นร้อยละ 19, 6, และ 6 ของพลังงานที่ลดได้ทั้งหมด ตามลำดับ และสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกลงได้คิดเป็นร้อยละ 11, 8, และ 8 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งมาตรการดังกล่าวจัดเป็นมาตรการทางเลือกที่สามารถนำไปใช้ในการลดการใช้พลังงานและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานอื่นๆ ในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นที่ยังไม่ได้ดำเนินการตามมาตรการดังกล่าวในอนาคตได้ต่อไป

7.3.2 มาตรการอนุรักษ์พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมขั้นปลายต่อไป ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานใน

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง ดังกล่าวในหัวข้อที่ 5.3.4 **สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง** พบว่า อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางมีสัดส่วนการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานทางตรงใกล้เคียงกับแหล่งพลังงานทางอ้อม โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 43 - 49 และร้อยละ 51 – 57 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง จำแนกตามกลุ่มมาตรการ ดังแสดงในตารางที่ 7-8 พบว่า การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานทั้งหมดของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 335.75 MJ/t คิดเป็นสัดส่วนการลดลงประมาณร้อยละ 6 จากความเข้มพลังงานเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2548 และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ 0.059 t CO₂ eq./t คิดเป็นสัดส่วนการลดลงประมาณร้อยละ 10 จากความเข้มคาร์บอนเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2548

ตารางที่ 7-8 ผลการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	ความเข้มพลังงานที่ลดได้ (MJ/t)	ความเข้มคาร์บอนที่ลดได้ (t CO ₂ eq./t)
1. มาตรการประหยัดไฟฟ้า		
1.1 การปรับปรุงกระบวนการ		
เพิ่มความดันทางดูดของตัวหล่อเย็น	7.96E-01	1.26E-04
ปรับ IGV (Inlet guide vane) และ bypass ก๊าซร้อนของตัวอัดอากาศ	2.42E+00	3.84E-04
Optimize reflux โดยใช้ Sensible heat	2.98E+00	4.71E-04
ลดความเร็วใบกวน จาก 100 รอบต่อนาทีเป็น 90 รอบต่อนาที	1.73E+00	2.74E-04
ลดอากาศรั่วที่ระบบอัดอากาศ	4.93E-04	7.53E-08
เพิ่ม GET (Gas expander turbine) ระบบอัดอากาศ	4.93E-04	7.53E-08
ลดไหลตของเครื่องอัดอากาศโดยการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการ anti-foaming ที่เข้าสู่ oxidation reaction	5.74E+00	8.61E-04
เพิ่มความดันของก๊าซเสียที่เข้า Gas turbine	3.06E+00	4.59E-04
1.2 การเลือกใช้/ ปรับเปลี่ยน/ ปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์		
ติดตั้ง VSD ที่อุปกรณ์ต่างๆ	2.84E+01	4.18E-04
เปลี่ยนมอเตอร์มาตรฐานเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	1.01E-01	1.52E-05
เปลี่ยนโคมไฟจากหลอดแสงจันทร์เป็นหลอดเมทัลฮาไลด์	5.81E-01	8.72E-05

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	ความเข้มพลังงานที่ลดได้ (MJ/t)	ความเข้มคาร์บอนที่ลดได้ (t CO ₂ eq./t)
ตั้งเวลาเริ่ม/หยุด ตัวหล่อเย็นอัตโนมัติ	1.03E+00	1.63E-04
การติดตั้งฉนวนเคลือบปั๊มเพื่อลดการสูญเสียพลังงาน	2.16E+01	3.42E-03
ใช้เครื่องวัดการไหลคลื่นอัลตราโซนิกเพิ่มประสิทธิภาพอัตราการไหลในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	1.34E+00	2.12E-04
Optimize ตัวหล่อเย็น โดยปรับปรุง PLC	3.13E+00	4.79E-04
ลดอุณหภูมิที่พื้นผิวของมอเตอร์	2.79E+00	4.26E-04
เปลี่ยนอุปกรณ์ในหม้อแปลงไฟฟ้า	2.26E+00	3.33E-04
เปลี่ยน Wide Distributor to Electrolyze Cell	2.06E+00	3.09E-04
เปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่างแบบ T12 และ T8 เป็น T5	5.81E-01	8.88E-05
นำความร้อนจากไอร้อนก๊าซเสียกลับมาใช้ใหม่	1.57E+01	2.40E-03
ติดตั้ง Absorption ตัวหล่อเย็น	8.11E+00	1.24E-03
One Auxiliary Compressor Operation	1.63E-03	2.47E-07
ใช้ก๊าซเสียร่วมกัน	4.93E-04	7.53E-08
ปรับ IGV ที่ Gas expander turbine	1.36E-03	2.05E-07
ติดตั้ง Auto switch ที่ Electrical Substation	3.25E-01	5.15E-05
ลด Friction loss ของปั๊ม	2.43E-01	3.85E-05
เปลี่ยนใบพัดของ cooling fan เพื่อลดพลังงาน	2.52E-01	3.98E-05
รวม	7.97E+01	1.23E-02
2. มาตรการประหยัดไอน้ำ		
ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของ Steam trap	6.79E+01	1.02E-02
ติดตั้ง Steam Mixer ที่ Gas expander turbine ที่เข้าสู่ Heater	1.54E+02	2.32E-02
ประยุกต์ใช้ steam condensate polishing unit	1.97E+01	2.97E-03
ลดการใช้ไอน้ำโดย minimizing feed to CRU unit	6.50E-01	9.78E-05
ลดอุณหภูมิก๊าซของเสียทางออก GET จาก 47 °C ให้เหลือ 40 °C โดยใช้ Rectifying hammering problem	1.37E+01	2.06E-03
ปรับปรุง Advance Process Control (APC)	3.17E-02	4.76E-03
ลดการใช้ไอน้ำที่หอ Stripper	4.76E-03	7.53E-07
รวม	2.56E+02	4.33E-02
3. มาตรการประหยัดเชื้อเพลิง		
ขยายพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนของก๊าซของเสีย	9.84E-04	5.68E-05
เคลือบฉนวนที่เตาเผาไหม้ร้อน	3.40E-03	1.96E-04
ปรับ Condition to Optimum Control	1.90E-02	1.11E-03
เคลือบฉนวนที่ผนังเตาเผา	2.57E-02	1.45E-03
เปลี่ยนแปลงระบบกำจัดกากจากกระบวนการผลิต	2.26E-04	1.35E-05
รวม	4.92E-02	2.83E-03

จากการวิเคราะห์ผลการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทนแต่ละกลุ่ม มาตรการ เมื่อพิจารณาตามแหล่งที่มาของพลังงานและแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก พบว่า สัดส่วนของ ความเข้มพลังงานที่ลดได้และความเข้มคาร์บอนที่ลดได้เป็นไปในลักษณะเดียวกัน กล่าวคือ มาตรการ ประหยัดไอน้ำมีอัตราการลดได้สูงสุด รองลงมา คือ มาตรการประหยัดไฟฟ้า และมาตรการประหยัด เชื้อเพลิง ตามลำดับ โดยที่ความเข้มพลังงานที่ลดได้จากมาตรการประหยัดไอน้ำ มาตรการประหยัด ไฟฟ้า และมาตรการประหยัดเชื้อเพลิงมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 76, 24 และ 0.01 ตามลำดับ ส่วนความ เข้มคาร์บอนที่ลดได้จากมาตรการประหยัดไอน้ำ มาตรการประหยัดไฟฟ้า และมาตรการประหยัด เชื้อเพลิงมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 74, 21 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาสัดส่วนแหล่งที่มาของ พลังงานดังกล่าวข้างต้น พบว่า การลดการใช้พลังงานเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกับการใช้พลังงาน กล่าวคือ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลางใช้พลังงานเชื้อเพลิงสูงสุด และใช้พลังงานไอน้ำต่ำสุด ในขณะที่ ลดการใช้พลังงานไอน้ำได้สูงสุด และลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงได้ต่ำสุด แสดงให้เห็นว่า แหล่งพลังงาน จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงยังคงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง เนื่องจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นกลางบางชนิดต้องใช้กระบวนการแตกตัวโมเลกุลซึ่ง เป็นกระบวนการเกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นและเป็นกระบวนการที่จำเป็นต้องใช้ เชื้อเพลิงปริมาณมากเพื่อให้มีพลังงานที่เพียงพอในการแตกตัวโมเลกุลของวัตถุดิบ การลดการใช้ พลังงานเชื้อเพลิงจึงเป็นไปได้ยาก ส่วนความเข้มคาร์บอนที่ลดได้เป็นไปในลักษณะที่สอดคล้องกับ สัดส่วนแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกดังกล่าวในหัวข้อที่ **5.3.8 สัดส่วนแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลาง**

กลุ่มมาตรการประหยัดไอน้ำลดการใช้พลังงานได้ 256 MJ/t และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้ 0.043 t CO₂ eq./t โดยมาตรการในกลุ่มการประหยัดไอน้ำที่มีประสิทธิภาพการลดได้มากที่สุด คือ การติดตั้งระบบผสมไอน้ำก่อนเข้าสู่ Heater ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานได้ 154 MJ/t คิดเป็นร้อยละ 46 ของปริมาณพลังงานที่ลดได้ทั้งหมด และสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.023 t CO₂ eq./t คิดเป็นร้อยละ 40 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ทั้งหมด ในขณะที่มาตรการประหยัด ไฟฟ้าสามารถลดการใช้พลังงานได้ 79.7 MJ/t และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.012 t CO₂ eq./t โดยมาตรการในกลุ่มการประหยัดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพการลดพลังงานได้มากที่สุด คือ การติดตั้ง VSD ที่อุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานได้ 28.4 MJ/t คิดเป็นร้อยละ 8 ของปริมาณพลังงานที่ลด ได้ทั้งหมด และมาตรการในกลุ่มการประหยัดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพการลดก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด คือ การติดตั้งฉนวนเคลือบปั๊มเพื่อลดการสูญเสียพลังงาน ซึ่งสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน กระจกได้ 0.003 t CO₂ eq./t คิดเป็นร้อยละ 6 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ทั้งหมด ส่วน

มาตรการประหยัดเชื้อเพลิงซึ่งเป็นกลุ่มมาตรการที่มีประสิทธิภาพการลดได้น้อยที่สุดสามารถลดการใช้พลังงานได้ 0.049 MJ/t และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.003 t CO₂ eq./t โดยมาตรการในกลุ่มการประหยัดเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพการลดได้มากที่สุด คือ การเคลือบฉนวนที่ผนังเตาเผา ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานได้ 0.026 MJ/t คิดเป็นร้อยละ 0.01 ของปริมาณพลังงานที่ลดได้ทั้งหมด และสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.001 t CO₂ eq./t คิดเป็นร้อยละ 2 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ทั้งหมด

โดยส่วนใหญ่การดำเนินการมาตรการการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทนเป็นการปรับปรุงอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นแนวทางการอนุรักษ์พลังงานที่ทางโรงงานสามารถดำเนินการได้ในระยะเวลาอันสั้นเนื่องจากใช้เงินในการลงทุนไม่มากนัก นอกจากนี้มาตรการการอนุรักษ์พลังงานที่มีประสิทธิภาพการลดได้ค่อนข้างสูง ได้แก่ การตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของ Steam trap การนำความร้อนจากไอร้อนก๊าซเสียกลับมาใช้ใหม่ และการลดอุณหภูมิก๊าซของเสีย โดยสามารถลดการใช้พลังงานลงได้คิดเป็นร้อยละ 20, 5, และ 4 ของพลังงานที่ลดได้ทั้งหมด ตามลำดับ และสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกลงได้คิดเป็นร้อยละ 17, 4, และ 3 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ทั้งหมดตามลำดับ ซึ่งมาตรการดังกล่าวจัดเป็นมาตรการทางเลือกที่สามารถนำไปใช้ในการลดการใช้พลังงานและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานอื่นๆ ในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นกลางที่ยังไม่ได้ดำเนินการตามมาตรการดังกล่าวในอนาคตได้ต่อไป

7.3.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นและชั้นกลางมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายก่อนนำไปแปรรูปในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่อไป และเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานทางอ้อมค่อนข้างสูง เนื่องจากกระบวนการผลิตหลักของกลุ่มผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีชั้นปลาย คือ กระบวนการพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อมต่อโมเลกุลเดี่ยวเข้าไว้ด้วยกัน โดยอาจใช้ความร้อน ความดัน และ/หรือตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าร่วมเพื่อช่วยให้กระบวนการเกิดได้อย่างสมบูรณ์ ความต้องการพลังงานของอุตสาหกรรมกลุ่มนี้จึงน้อยมาก แหล่งพลังงานทางอ้อมซึ่งสามารถสรรหามาใช้งานได้ง่ายในปริมาณที่มากจึงเป็นทางเลือกหลักของกลุ่มอุตสาหกรรมนี้ ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย ดังกล่าวในหัวข้อที่ 5.4.4 **สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลาย** พบว่า อุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นปลายมีการใช้พลังงานทางอ้อม

มากกว่าการใช้พลังงานทางตรงประมาณ 4 – 7 เท่า โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 80 – 87 และร้อยละ 13 – 20 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขึ้นปลายจำแนกตามกลุ่มมาตรการ ดังแสดงในตารางที่ 7-9 พบว่า การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานทั้งหมดของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขึ้นปลายสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 167.43 MJ/t คิดเป็นสัดส่วนการลดลงประมาณร้อยละ 5 จากความเข้มพลังงานเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2548 และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ 0.005 t CO₂ eq./t คิดเป็นสัดส่วนการลดลงประมาณร้อยละ 1.5 จากความเข้มคาร์บอนเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2548

ตารางที่ 7-9 ผลการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขึ้นปลาย

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	ความเข้มพลังงานที่ลดได้ (MJ/t)	ความเข้มคาร์บอนที่ลดได้ (t CO ₂ eq./t)
1. มาตรการประหยัดไฟฟ้า		
1.1 การปรับปรุงกระบวนการ		
ลดความดันของเครื่องอัดอากาศ	5.49E+00	3.69E-04
ลดการรั่วไหลของระบบอัดอากาศ	4.08E+00	2.37E-04
ลดอากาศส่วนเกินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้	2.76E+00	4.56E-05
ควบคุมการใช้งานหรือระบายความร้อนให้เหมาะสม	7.30E+00	5.78E-04
เปลี่ยนเทคโนโลยีการเวียนใช้สารผลิตภัณฑ์	2.49E+00	1.45E-04
เปลี่ยนเทคโนโลยีที่ใช้ในถังปฏิกรณ์	1.43E+01	1.54E-05
1.2 การเลือกใช้/ ปรับเปลี่ยน/ ปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์		
ลดการใช้แสงสว่างในพื้นที่ที่ไม่จำเป็น	2.53E-01	1.76E-05
ปรับปรุงประสิทธิภาพหลอดไฟฟ้า	5.50E-01	4.23E-05
ลดปริมาณการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ	1.71E+00	9.92E-05
ติดตั้งเครื่องอัดอากาศขนาดเล็กเพื่อใช้งานในช่วงสั้นๆ	2.53E+00	2.00E-04
ติดตั้ง VSD ที่อุปกรณ์ต่างๆ	6.12E+00	3.55E-04
ปรับปรุงและลดเวลาการเตรียมสารเคมี	1.32E+00	7.32E-05
เปลี่ยนใบพัดลมหรือระบายความร้อน	1.68E+01	1.33E-03
ลดการสูญเสียพลังงานจากการควบคุมความชื้นผลิตภัณฑ์	4.56E-01	1.23E-07
เปลี่ยนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	1.15E+01	7.68E-06
ปรับปรุงประสิทธิภาพมอเตอร์และปั๊มน้ำหล่อเย็น	3.81E+00	5.29E-07
การนำความร้อนสูญเสียกลับมาใช้ใหม่	3.13E+01	4.34E-06

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	ความเข้มพลังงานที่ลดได้ (MJ/t)	ความเข้มคาร์บอนที่ลดได้ (t CO ₂ eq./t)
ใช้ Absorbition Chiller แทน Electrical Chiller	9.15E+00	1.27E-06
ปรับเปลี่ยนโหลดหม้อแปลงไฟฟ้าให้เหมาะสม	1.13E+01	1.72E-03
ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมออกซิเจนหม้อน้ำร้อน	1.14E+01	1.59E-06
รวม	1.45E+02	5.25E-03
2. มาตรการประหยัดไอน้ำ		
ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของ Steam trap	1.31E+01	1.94E-05
ลดการใช้ไอน้ำในการเพิ่มอุณหภูมิความร้อน	5.68E+00	6.64E-05
รวม	1.88E+01	8.58E-05
3. มาตรการประหยัดเชื้อเพลิง		
ปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ โดยลดการใช้เชื้อเพลิง	2.59E+00	1.56E-05
เคลื่อนขนวนที่อุปกรณ์ต่างๆ	1.04E+00	1.34E-05
รวม	3.63E+00	2.90E-05

จากการวิเคราะห์ผลการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทนแต่ละกลุ่มมาตรการ เมื่อพิจารณาตามแหล่งที่มาของพลังงานและแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก พบว่า สัดส่วนของความเข้มพลังงานที่ลดได้และความเข้มคาร์บอนที่ลดได้เป็นไปในลักษณะเดียวกัน กล่าวคือ มาตรการประหยัดไฟฟ้ามีอัตราการลดได้สูงสุด รองลงมา คือ มาตรการประหยัดไอน้ำ และมาตรการประหยัดเชื้อเพลิง ตามลำดับ โดยที่ความเข้มพลังงานที่ลดได้จากมาตรการประหยัดไฟฟ้า มาตรการประหยัดไอน้ำ และมาตรการประหยัดเชื้อเพลิงมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 87, 11 และ 2 ตามลำดับ ส่วนความเข้มคาร์บอนที่ลดได้จากมาตรการประหยัดไฟฟ้า มาตรการประหยัดไอน้ำ และมาตรการประหยัดเชื้อเพลิงมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 98, 1.5 และ 0.5 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสัดส่วนแหล่งที่มาของพลังงานและแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกดังกล่าวข้างต้น เนื่องจากกระบวนการผลิตหลักของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย คือ กระบวนการต่ออณู (Polymerization) ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อมต่อโมเลกุลเดี่ยวเข้าไว้ด้วยกัน โดยอาจใช้ความร้อน ความดัน และ/หรือตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าร่วมเพื่อช่วยให้กระบวนการเกิดได้อย่างสมบูรณ์ ความต้องการพลังงานของอุตสาหกรรมกลุ่มนี้จึงน้อยมาก แหล่งพลังงานทางอ้อมซึ่งสามารถจัดหามาใช้งานได้ง่ายในปริมาณที่มากจึงเป็นทางเลือกหลักของการกระบวนการดังกล่าว

กลุ่มมาตรการประหยัดไฟฟ้าซึ่งเป็นกลุ่มมาตรการที่มีประสิทธิภาพการลดได้น้อยที่สุดสามารถลดการใช้พลังงานได้ 145 MJ/t และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 5.25 kg CO₂ eq./t โดยมาตรการ

ในกลุ่มการประหยัดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพการลดพลังงานได้มากที่สุด คือ การนำความร้อนสูญเสียกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานได้ 31.3 MJ/t คิดเป็นร้อยละ 18 ของปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ทั้งหมด และมาตรการในกลุ่มการประหยัดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพการลดก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด คือ การปรับเปลี่ยนโหลดหม้อแปลงไฟฟ้าให้เหมาะสมตามสภาวะการใช้งาน ซึ่งสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 1.72 kg CO₂ eq./t คิดเป็นร้อยละ 32 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ผลิตได้ทั้งหมด ในขณะที่มาตรการประหยัดไอน้ำลดการใช้พลังงานได้ 18.8 MJ/t และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.086 kg CO₂ eq./t โดยมาตรการในกลุ่มการประหยัดไอน้ำที่มีประสิทธิภาพการลดพลังงานได้มากที่สุด คือ การตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของ Steam trap ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานได้ 13.1 MJ/t คิดเป็นร้อยละ 8 ของปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ทั้งหมด และมาตรการในกลุ่มการประหยัดไอน้ำที่มีประสิทธิภาพการลดก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด คือ การลดการใช้ไอน้ำในการเพิ่มอุณหภูมิน้ำร้อน ซึ่งสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.066 kg CO₂ eq./t คิดเป็นร้อยละ 1 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ผลิตได้ทั้งหมด ส่วนมาตรการประหยัดเชื้อเพลิงสามารถลดการใช้พลังงานได้ 3.63 MJ/t และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.029 kg CO₂ eq./t โดยมาตรการในกลุ่มการประหยัดเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพการลดได้มากที่สุด คือ การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ โดยลดการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานได้ 2.59 MJ/t คิดเป็นร้อยละ 1.5 ของปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ทั้งหมด และสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 0.016 kg CO₂ eq./t คิดเป็นร้อยละ 0.2 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ผลิตได้ทั้งหมด

โดยส่วนใหญ่การดำเนินการมาตรการการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทนเป็นการปรับปรุงอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นแนวทางการอนุรักษ์พลังงานที่ทางโรงงานสามารถดำเนินการได้ ในระยะเวลาอันสั้นเนื่องจากใช้เงินในการลงทุนไม่มากนัก นอกจากนี้มาตรการการอนุรักษ์พลังงานที่มีประสิทธิภาพการลดได้ค่อนข้างสูง ได้แก่ การเปลี่ยนใบพัดลมหอบระบายความร้อน และการควบคุมการใช้งานหอบระบายความร้อนให้เหมาะสม โดยสามารถลดการใช้พลังงานลงได้คิดเป็นร้อยละ 10 และ 4 ของพลังงานที่ผลิตได้ทั้งหมด ตามลำดับ และสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกลงได้คิดเป็นร้อยละ 25 และ 11 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ผลิตได้ทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งมาตรการดังกล่าวจัดเป็นมาตรการทางเลือกที่สามารถนำไปใช้ในการลดการใช้พลังงานและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานอื่นๆ ในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขึ้นปลายที่ยังไม่ได้ดำเนินการตามมาตรการดังกล่าวในอนาคตได้ต่อไป

7.4 ศักยภาพการลดพลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

การประเมินศักยภาพการลดพลังงานจากการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทน เป็นการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานไอน้ำ ชนิดและปริมาณการใช้เชื้อเพลิง และปริมาณการเผาไหม้ รวมทั้งปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้ เพื่อนำมาคำนวณและวิเคราะห์หาศักยภาพการประหยัดพลังงานของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรม

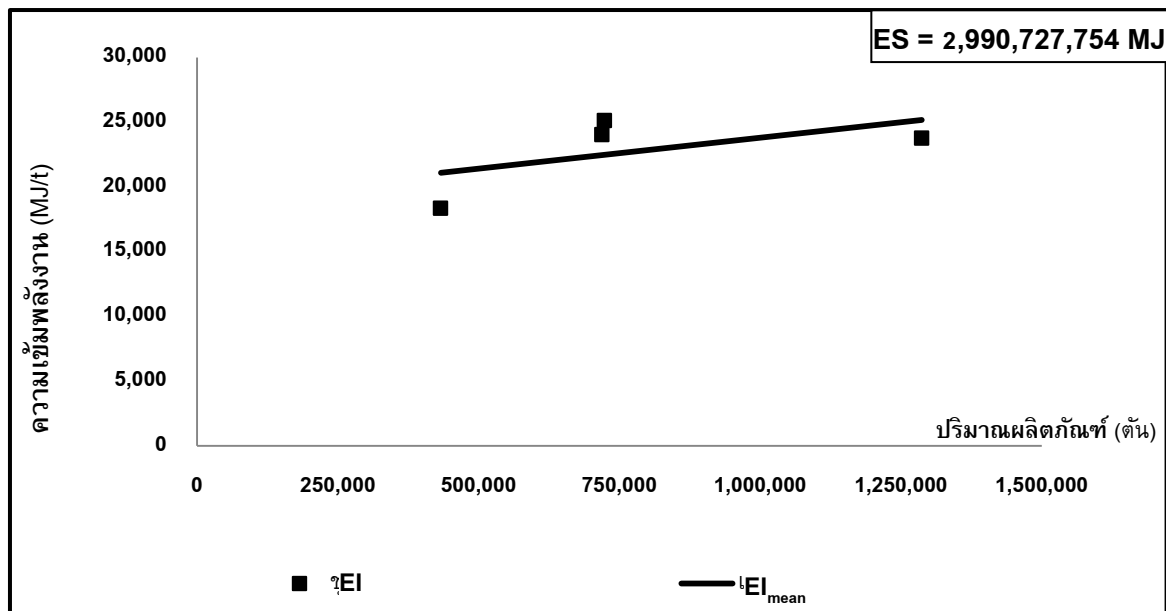
ข้อมูลที่ใช้ประเมินศักยภาพการลดพลังงานจะเป็นข้อมูลผลการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทนในปี พ.ศ. 2553 เพื่อประเมินปริมาณพลังงานที่คาดว่าจะลดได้ในอนาคต โดยเทียบจากการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักตามรายการการผลิตผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย การวิเคราะห์จะใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการสร้างกราฟและหาสมการเชิงเส้นเพื่อนำมาคำนวณศักยภาพการลดพลังงานโดยใช้สมการที่ 7-3 ซึ่งจะเป็นผลรวมของปริมาณพลังงานที่สามารถลดได้จากโรงงานตัวแทนที่มีการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรม ทั้งนี้ ในการรายงานผลการวิเคราะห์จะนำเสนอภาพรวมของทั้งกลุ่มอุตสาหกรรมเพื่อให้เห็นถึงโอกาสหรือความเป็นไปได้ในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานในอนาคตยิ่งขึ้น

$$ES = \sum (EI_{\max} - EI_{\text{mean}}) \times P_{\max}$$

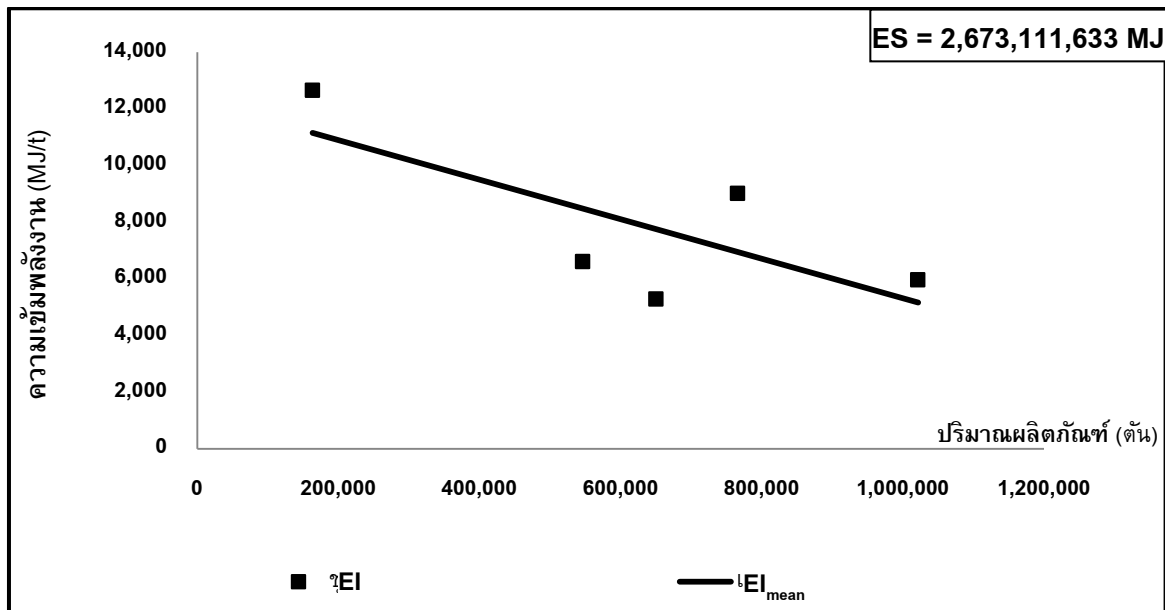
สมการที่ 7-3

โดยที่ ES	คือ	ศักยภาพพลังงานที่ลดได้ (MJ)
$EI_{\max}$	คือ	การใช้พลังงานของโรงงานตัวแทนที่มีปริมาณสูงกว่าค่ากลางของกลุ่มอุตสาหกรรม ณ ปริมาณการผลิตเดียวกัน (MJ/t)
EI_{mean}	คือ	ค่ากลางการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นผลจากสมการเชิงเส้นในโปรแกรม Microsoft Excel ณ ปริมาณการผลิตหนึ่ง ๆ (MJ/t)
$P_{\max}$	คือ	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ของโรงงานตัวแทนที่มีปริมาณการใช้พลังงานสูงกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มอุตสาหกรรม (t)

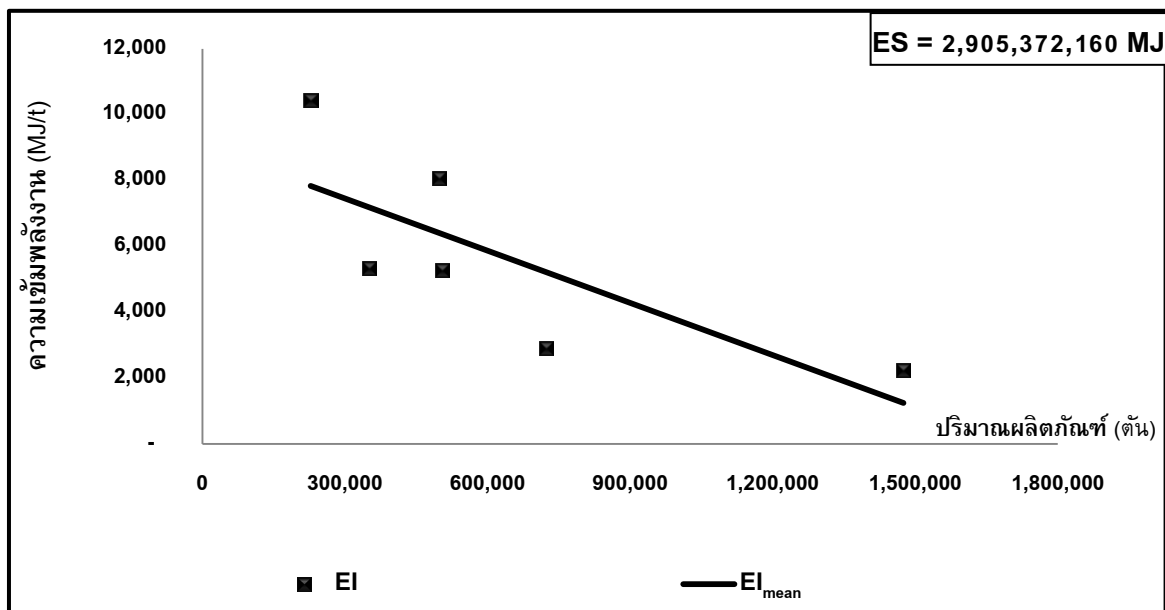
การคำนวณศักยภาพการลดพลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มโอเลฟินส์และกลุ่มอะโรเมติกส์ เนื่องจากการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมทั้งสองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพื่อให้ค่าศักยภาพที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดจึงต้องวิเคราะห์ผลแยกกัน ดังรูปที่ 7-8 สำหรับศักยภาพการลดพลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นกลุ่มโอเลฟินส์ รูปที่ 7-9 สำหรับศักยภาพการลดพลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นกลุ่มอะโรเมติกส์ รูปที่ 7-10 สำหรับศักยภาพการลดพลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง และรูปที่ 7-11 สำหรับศักยภาพการลดพลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย



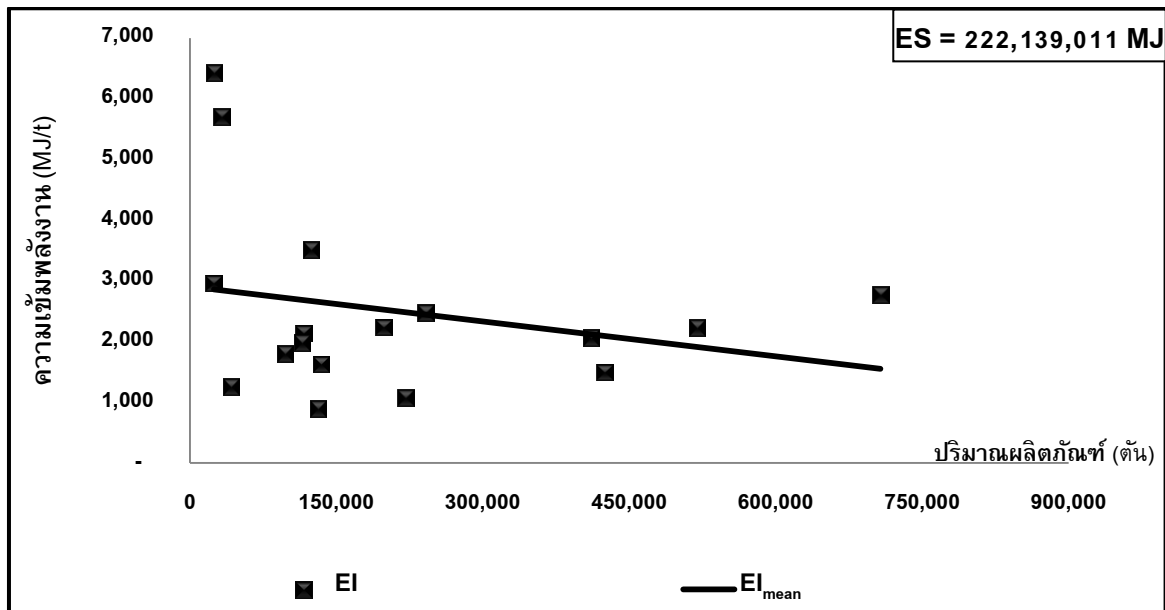
รูปที่ 7-8 ศักยภาพการลดพลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นกลุ่มโอเลฟินส์



รูปที่ 7-9 ศักยภาพการลดพลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นกลุ่มอะโรเมติกส์



รูปที่ 7-10 ศักยภาพการลดพลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง



รูปที่ 7-11 ศักยภาพการลดพลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

ผลการคำนวณศักยภาพการลดพลังงานของโรงงานตัวแทนในปี พ.ศ. 2553 พบว่า กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีศักยภาพในการลดการใช้พลังงานประมาณ 8,792 TJ โดยมีสัดส่วนการลดพลังงานจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย คิดเป็นร้อยละ 64, 33 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาคำนวณการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมดังกล่าวใน **บทที่ 5 หัวข้อที่ 5.5.4 ความต้องการใช้พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย** ซึ่งพบว่า กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีความต้องการใช้พลังงานสูงสุด รองลงมา คือ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง และขั้นปลาย ตามลำดับ โดยมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 75, 14 และ 11 ตามลำดับ ทั้งนี้ ปริมาณพลังงานที่คาดว่าจะมีศักยภาพในการลดได้ทั้งหมดนั้นมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 7 ของปริมาณการใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีตัวแทนปี พ.ศ. 2553 (121,715 TJ)

7.5 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

การประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทนเป็นการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆ รวมทั้งปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้ เพื่อนำมาคำนวณและวิเคราะห์หาศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรม

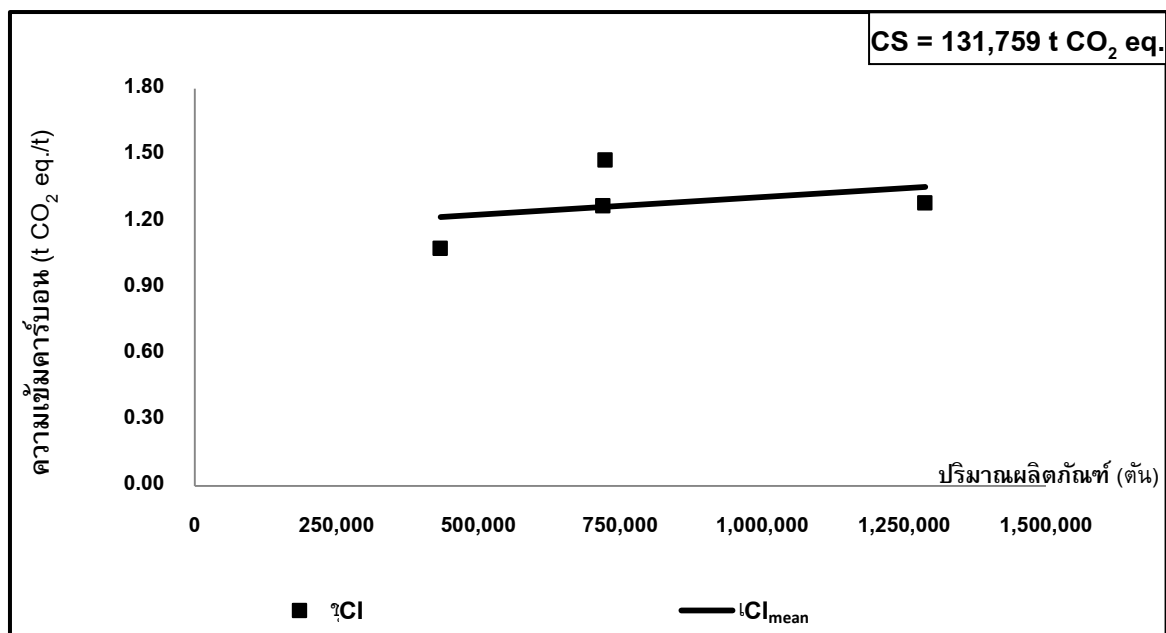
ข้อมูลที่ใช้ประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจะเป็นข้อมูลผลการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทนในปี พ.ศ. 2553 เพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดได้ในอนาคต โดยเทียบจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักตามรายสาขาการผลิตผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย การวิเคราะห์จะใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการสร้างกราฟและหาสมการเชิงเส้นเพื่อนำมาคำนวณศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกโดยใช้สมการที่ 7-4 ซึ่งจะเป็นผลรวมของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้จากโรงงานตัวแทนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรม ทั้งนี้ ในการรายงานผลการวิเคราะห์จะนำเสนอภาพรวมของทั้งกลุ่มอุตสาหกรรมเพื่อให้เห็นถึงโอกาสหรือความเป็นไปได้ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานในอนาคตยิ่งขึ้น

$$CS = \sum (CI_{\max} - CI_{\text{mean}}) \times P_{\max}$$

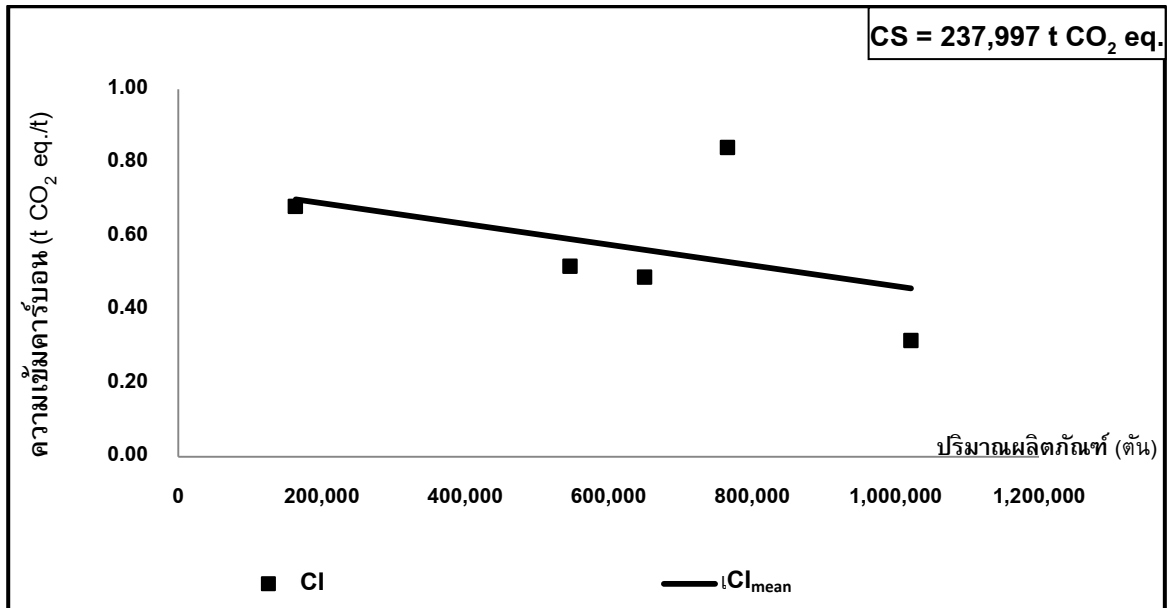
สมการที่ 7-4

โดยที่ CS	คือ	ศักยภาพก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ (t CO ₂ eq.)
CI _{max}	คือ	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานตัวแทนที่มีปริมาณสูงกว่าค่ากลางของกลุ่มอุตสาหกรรม ณ ปริมาณการผลิตเดียวกัน (t CO ₂ eq./t)
CI _{mean}	คือ	ค่ากลางการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นผลจากสมการเชิงเส้นในโปรแกรม Microsoft Excel ณ ปริมาณการผลิตหนึ่งๆ (t CO ₂ eq./t)
P _{max}	คือ	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ของโรงงานตัวแทนที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มอุตสาหกรรม (t)

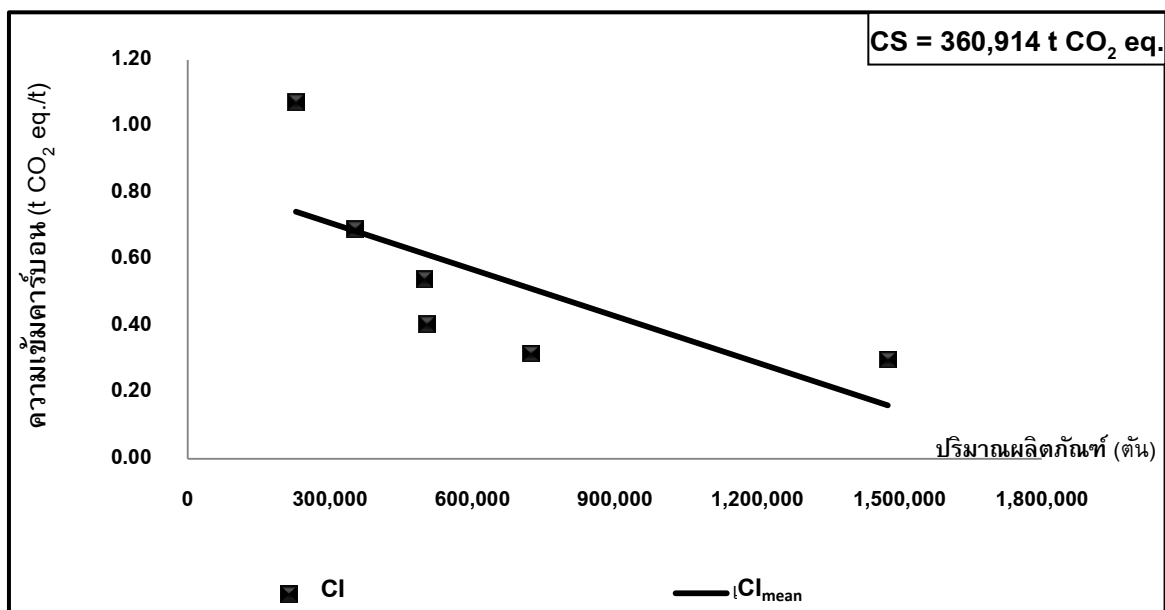
การคำนวณศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มโอเลฟินส์และกลุ่มอะโรเมติกส์ เนื่องจากความเข้มข้นคาร์บอนของกลุ่มอุตสาหกรรมทั้งสองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพื่อให้ค่าศักยภาพที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดจึงต้องวิเคราะห์ผลแยกกัน ดังรูปที่ 7-12 สำหรับศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นกลุ่มโอเลฟินส์ รูปที่ 7-13 สำหรับศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นกลุ่มอะโรเมติกส์ รูปที่ 7-14 สำหรับศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง และรูปที่ 7-15 สำหรับศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย



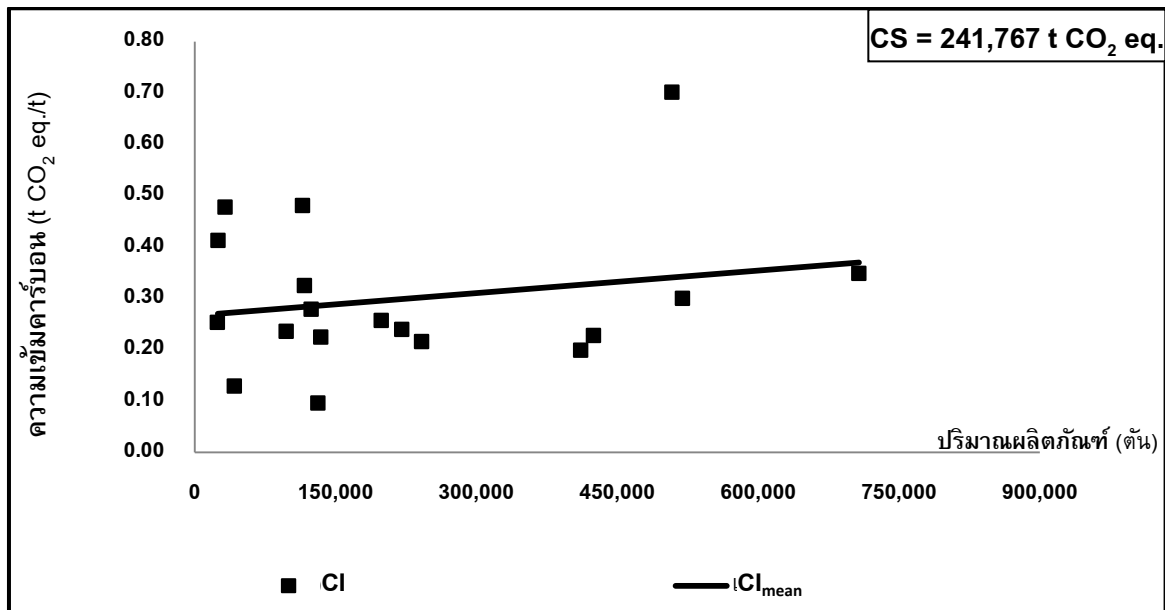
รูปที่ 7-12 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นกลุ่มโอเลฟินส์



รูปที่ 7-13 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นกลุ่มอะโรเมติกส์



รูปที่ 7-14 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง



รูปที่ 7-15 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

ผลการคำนวณศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกของโรงงานตัวแทนในปี พ.ศ. 2553 พบว่า กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 972 kt CO₂ eq. โดยมีสัดส่วนการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย คิดเป็นร้อยละ 38, 37 และ 25 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมดังกล่าวในบทที่ 5 หัวข้อที่ 5.5.7 **ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย** กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด รองลงมา คือ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง และขั้นปลาย ตามลำดับ โดยมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 62, 21 และ 17 ตามลำดับ ทั้งนี้ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะมีศักยภาพในการลดได้ทั้งหมดนั้นมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 11 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีตัวแทนปี พ.ศ. 2553 (8,824 kt CO₂ eq.)

บทที่ 8

การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจก

จากการคาดการณ์กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 - 2593 ดังกล่าวใน**บทที่ 6 การคาดการณ์กำลังการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย** ประกอบกับการศึกษาวิเคราะห์ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานและงานวิจัยต่างๆ ดังกล่าวใน**บทที่ 7 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี** สามารถคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีตามกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่คาดไว้ การวิเคราะห์จะประเมินผลแยกรายกลุ่มอุตสาหกรรมแล้วจึงนำผลที่ได้มารวมกันเพื่อเป็นตัวแทนของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยใช้ความเข้มข้นคาร์บอนรายผลิตภัณฑ์และรายกลุ่มอุตสาหกรรมซึ่งเป็นผลการศึกษาจากปี พ.ศ. 2552 เป็นฐานข้อมูลในการคำนวณ เนื่องจากเป็นข้อมูลล่าสุดที่มีความครบถ้วน ถูกต้อง และแม่นยำที่สุด

8.1 แนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในอนาคต

แนวทางการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมจะแบ่งออกเป็น 5 แนวทาง ดังนี้

(1) BAU Line

BAU Line (Business-As-Usual Line) เป็นการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สมมติฐานที่ว่า หากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมียังคงดำเนินไปภายใต้สภาวะการเดิม โดยไม่มีมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้น ความเข้มข้นคาร์บอนของผลิตภัณฑ์จึงมีค่าคงที่ ดังนั้น ผลการคำนวณจึงเป็นผลคูณระหว่างกำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นในแต่ละปีกับความเข้มข้นคาร์บอนในปี พ.ศ. 2552 ดังสมการที่ 8-1

$$E_{BAU} = \sum (P_{forecast} \times CI_{52})$$

สมการที่ 8-1

โดยที่ E_{BAU} คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สมมติฐานของ BAU Line (t CO₂ eq.)

$P_{forecast}$ คือ กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในแต่ละปีจากการคาดการณ์ (t)

CI_{52} คือ ความเข้มข้นคาร์บอนรายผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในปี พ.ศ. 2552 (t CO₂ eq./t)

(2) PDP Line

PDP Line เป็นการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคการผลิตไฟฟ้า โดยอ้างอิงข้อมูลจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2573 (PDP 2010) ซึ่งเป็นผลการศึกษาของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ดังตารางที่ 8-1

ตารางที่ 8-1 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามแผน PDP 2010 (EPPO, 2554)

ปี	CO ₂ emission (kg CO ₂ /kWh)	ปี	CO ₂ emission (kg CO ₂ /kWh)
2554	0.471	2564	0.374
2555	0.470	2565	0.373
2556	0.462	2566	0.381
2557	0.468	2567	0.361
2558	0.448	2568	0.341
2559	0.423	2569	0.357
2560	0.408	2570	0.354
2561	0.398	2571	0.363
2562	0.401	2572	0.367
2563	0.387	2573	0.368

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคการผลิตไฟฟ้าถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ดังระบุไว้ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.1.4 ขอบเขตการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เมื่อปริมาณค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนไป ผลรวมของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมย่อมเปลี่ยนไปด้วย การคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแผน PDP 2010 เป็นไปภายใต้ข้อ

สมมติฐานที่ว่า การดำเนินงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีเป็นไปภายใต้สภาวะการณ์เดิม มีเพียงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้นที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อโรงงานอุตสาหกรรมที่รับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าแผน PDP 2010 เท่านั้น โรงงานอุตสาหกรรมที่รับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าแผน PDP 2010 จะไม่มีการปรับลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก เพราะถือว่าดำเนินงานในระดับที่ดีกว่าแล้ว ดังนั้น ผลการคำนวณจึงเป็นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก BAU Line โดยใช้สมการที่ 8-2 ในการประเมิน ดังนี้

$$E_{PDP} = E_{BAU} - \sum [(CI_E - CI_{PDP}) \times P_{PDP}] \quad \text{สมการที่ 8-2}$$

โดยที่ E_{PDP}	คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สมมติฐานของ PDP Line (t CO ₂ eq.)
E_{BAU}	คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สมมติฐานของ BAU Line (t CO ₂ eq.)
CI_E	คือ ความเข้มข้นของไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2552 (t CO ₂ eq./t)
CI_{PDP}	คือ ความเข้มข้นของไฟฟ้าที่ปรับลดตามแผน PDP 2010 (t CO ₂ eq./t)
P_{PDP}	คือ กำลังการผลิตจากการคาดการณ์ของโรงงานปิโตรเคมีที่รับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าแผน PDP 2010 (t)

(3) ESP Line

ESP Line (Energy Saving Plan Line) เป็นการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยอ้างอิงศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจากผลการศึกษาดังกล่าวในบทที่ 7 หัวข้อที่ 7.5 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งแนวทางการอนุรักษ์พลังงานเหล่านี้ โรงงานสามารถดำเนินการได้ในระยะเวลานั้น เนื่องจากใช้เงินในการลงทุนไม่มากนัก สามารถดำเนินการได้ทันที ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่า มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่โรงงานตัวแทนได้ดำเนินการแล้ว หากโรงงานอื่นๆ ดำเนินการเช่นกันในอนาคต ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก็จะเป็นไปในลักษณะเดียวกัน และมาตรการอนุรักษ์พลังงานเหล่านี้ จัดเป็นมาตรการระยะสั้น โรงงานอุตสาหกรรมทั่วประเทศสามารถดำเนินการได้ภายในระยะเวลา 5 ปี คือ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 – 2558 โดยกำหนดให้ประสิทธิภาพการดำเนินงานคิดเป็นร้อยละ 20 ต่อปี

ดังนั้น ผลการคำนวณจึงเป็นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก BAU Line โดยใช้สมการที่ 8-3 ในการประเมิน ดังนี้

$$E_{ESP} = E_{BAU} - \sum (CI_{ESP} \times P_{ESP}) \quad \text{สมการที่ 8-3}$$

โดยที่ E_{ESP}	คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สมมติฐานของ ESP Line (t CO ₂ eq.)
E_{BAU}	คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สมมติฐานของ BAU Line (t CO ₂ eq.)
CI_{ESP}	คือ ความเข้มข้นคาร์บอนที่สามารถลดได้จากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน (t CO ₂ eq./t)
P_{ESP}	คือ กำลังการผลิตจากการคาดการณ์ของโรงงานปิโตรเคมีที่ยังไม่ได้ดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน (t)

(4) CC Line

CC Line (Catalytic Cracking Line) เป็นการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้างอิงศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขึ้นต้นจากการเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตมาใช้กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาแทนกระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำที่ใช้ในปัจจุบัน ดังกล่าวในบทที่ 7 หัวข้อที่ 7.1 แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งการปรับปรุงและพัฒนาเพื่อเปลี่ยนเทคโนโลยีในกระบวนการผลิตต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาค่อนข้างนานและใช้เงินลงทุนสูง การนำเทคโนโลยีใหม่มาปรับใช้จึงถือเป็นแผนการดำเนินงานระยะยาว ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานที่ว่า กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาจะเริ่มนำมาใช้ในปี พ.ศ. 2563 เพื่อให้โรงงานอุตสาหกรรมมีความพร้อมที่จะรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น โดยประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรงจะลดลงร้อยละ 5 ในช่วง 6 ปีแรก คือ ตั้งแต่พ.ศ. 2563 - 2568 ลดลงร้อยละ 10 ในช่วง 6 ปีถัดไป คือ ตั้งแต่ พ.ศ. 2569 - 2574 และลดลงร้อยละ 20 ในช่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2575 เป็นต้นไป ซึ่งเป็นศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกสูงสุดที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิต ดังนั้น ผลการคำนวณจึงเป็นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก BAU Line สำหรับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขึ้นต้นเท่านั้น โดยใช้สมการที่ 8-4 ในการประเมิน ดังนี้

$$E_{cc} = E_{BAU} - \sum (Eff. \times CI_{Direct} \times P_{cc})$$

สมการที่ 8-4

โดยที่ E_{cc}	คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สมมติฐานของ CC Line (t CO ₂ eq.)
E_{BAU}	คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สมมติฐานของ BAU Line (t CO ₂ eq.)
Eff.	คือ ประสิทธิภาพการลดการใช้พลังงาน (%)
CI_{Direct}	คือ ความเข้มข้นจากแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางตรง (t CO ₂ eq./t)
P_{cc}	คือ กำลังการผลิตจากการคาดการณ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น (t)

(5) แนวทางการลดการใช้ตัวดักจับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CCS)

นอกจากแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการคาดการณ์ปริมาณทั้ง 4 แบบที่เป็นแนวทางการลดโดยการการใช้มาตรการเชิงป้องกันแล้ว ยังมีแนวทางการลดโดยใช้มาตรการเชิงแก้ไขโดยหลักการกำจัดคาร์บอน หรือการใช้ตัวดักจับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon capture and storage ; CCS) โดยวิธีการดักจับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้ปล่อยออกจากระบบใด ๆ ก็ตามมาเก็บไว้ในที่หนึ่งโดยไม่ปล่อยให้ออกไปสู่บรรยากาศโดยมีเป้าหมายเพื่อลดโลกร้อน ซึ่งมีงานวิจัยของต่างประเทศหลายชิ้นที่ได้สนับสนุนว่าช่วยลดการเกิดรอยเท้าคาร์บอนได้ไม่ต่ำกว่าครึ่งหนึ่งโดยอยู่ในช่วงร้อยละ 50 โดยแบ่งเป็น 2 วิธี ได้แก่

- การดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีหลายวิธีที่นิยม ได้แก่ การใช้สารเคมีดูดซับ เช่น monoethanolamine (MEA) diethanolamine (DEA) เป็นต้น การลดอุณหภูมิเพื่อให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ควบแน่นเป็นของเหลว และการใช้สารที่มีความพรุนสูงดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น แอกติเวตเต็ดคาร์บอน ซีโอไลต์ เป็นต้น
- เทคโนโลยีการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้แก่
 - การเก็บในรูปก๊าซ โดยฉีดไว้ใต้ดินระดับลึกซึ่งอาจเป็นบ่อน้ำมัน บ่อแก๊ส ซึ่งสำหรับบ่อน้ำมันที่ใกล้หมดแล้วก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะช่วยดันน้ำมันขึ้นมาทำให้สูบง่ายขึ้น IPCC ประเมินการว่า หากเก็บในสถานที่ที่เหมาะสมและออกแบบเป็นอย่างดีจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลืออยู่ในนั้นร้อยละ 99 เมื่อเวลาผ่านไป 1000 ปี

- เก็บในรูปของเหลวในมหาสมุทร โดยให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปตามท่อลึกประมาณ 1 กิโลเมตร แล้วให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำ หรือไม่ก็ให้ลึกไปกว่า 3 กิโลเมตรเพื่อให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลายเป็นของเหลวที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ แต่ก็มีผู้คาดว่าวิธีการนี้จะก่อให้เกิดผลลบมาก เพราะสิ่งมีชีวิตในมหาสมุทรจะได้รับผลกระทบจากน้ำที่เป็นกรดมากขึ้น
- เก็บในรูปของแข็ง โดยให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับโลหะออกไซด์ได้เป็นสารประกอบคาร์บอเนต เช่น แมกนีเซียมออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ โซเดียมออกไซด์ เป็นต้น

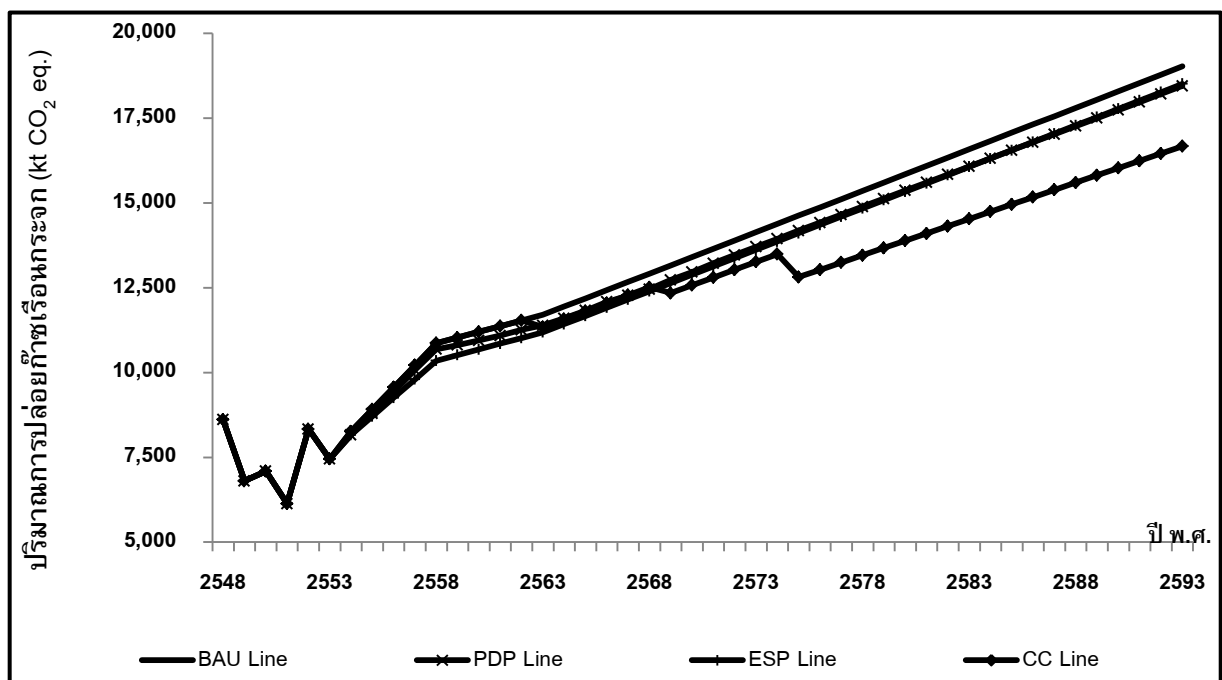
วิธีการลดคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้ตัวดักจับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นวิธีการที่มีค่าใช้จ่ายสูงและยังไม่มี ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงจะไม่นำแนวทางการลดนี้มาใช้คาดการณ์การลดของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นของประเทศไทย

8.2 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

จากการคาดการณ์กำลังการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2554 – 2593 ตามวิธีการวิเคราะห์ดังที่กล่าวในบทที่ 6 หัวข้อที่ 6.1.2 การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น แนวโน้มกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นมีสัดส่วนการเพิ่มขึ้นตามอัตราการผลิตหรือนำเข้าวัตถุดิบตั้งต้นของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ได้แก่ แนฟธา และอีเทน ซึ่งจะมีแนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นตามข้อมูลการใช้พลังงานของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2546 - 2568 ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน และบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นจากการคาดการณ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปริมาณ 8,837 kton ในปี พ.ศ. 2553 เป็น 13,580 kton ในอีก 10 ปีข้างหน้า (ในปี พ.ศ. 2563) ซึ่งคิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ต่อปี จากปี พ.ศ. 2553 และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 22,077 kton ในอีก 40 ปีข้างหน้า (ในปี พ.ศ. 2593) ซึ่งคิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ต่อปี จากปี พ.ศ. 2553 ส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการคาดการณ์ภายใต้สมมติฐานของการดำเนินการผลิตในสภาวะการณ์เดิม โดยไม่มีมาตรการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (BAU) มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน

การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะลดลงจากการดำเนินการตามแนวทางต่างๆ อย่างเหมาะสมเพื่อวางแผนนโยบายการจัดการก๊าซเรือนกระจกต่อไป ดังรูปที่ 8-1 สามารถดำเนินการได้ 4 แนวทาง ประกอบด้วย

- **แนวทางที่ 1** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการดำเนินงานเดิม โดยไม่มีมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (BAU Line)
- **แนวทางที่ 2** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตไฟฟ้า (PDP Line)
- **แนวทางที่ 3** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน (ESP Line) และ
- **แนวทางที่ 4** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยีการผลิตมาใช้กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา (CC Line)



รูปที่ 8-1 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

- **แนวทางที่ 1 BAU Line**; ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณ เดิม โดยไม่มีมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า ในอีก 10 ปีข้างหน้า (ในปี พ.ศ. 2563) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเพิ่มขึ้นเป็น 10,866 kt CO₂ eq. และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 19,030 kt CO₂ eq. ในอีก 40 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2593) ซึ่งคิดเป็น ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2553 ในอัตราร้อยละ 6 และร้อยละ 4 ตามลำดับ
- **แนวทางที่ 2 PDP Line**; ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับลดปริมาณการ ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตไฟฟ้า หากสามารถดำเนินการได้ตามแผน PDP 2010 จะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอีก 10 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2563) มีประมาณ 11,392 kt CO₂ eq. และมีปริมาณเท่ากับ 18,451 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2593 และเมื่อเทียบกับผลการคาดการณ์จากแนวทางที่ 1 (BAU Line) ในปี พ.ศ. 2593 พบว่า การปรับลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตไฟฟ้า สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นได้ ประมาณร้อยละ 3 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณปกติ
- **แนวทางที่ 3 ESP Line**; ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินมาตรการ อนุรักษ์พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ผลการคำนวณ พบว่า ปริมาณการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทาง ESP Line ในอีก 5 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2558) มี ประมาณ 10,348 kt CO₂ eq. และมีปริมาณเท่ากับ 18,512 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2593 และเมื่อเทียบกับผลการคาดการณ์จากแนวทางที่ 1 (BAU Line) ในปี พ.ศ. 2558 พบว่า การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นได้ประมาณร้อยละ 5 จากปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณปกติ
- **แนวทางที่ 4 CC Line**; ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนมาใช้ เทคโนโลยีการผลิตมาใช้กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นมาตรการ ลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกระยะยาวที่จะเริ่มทำในปี พ.ศ. 2563 หากดำเนินการตาม แนวทางนี้จะส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2563 มีปริมาณเท่ากับ 11,344 kt CO₂ eq. และเพิ่มขึ้นเป็น 16,674 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2593 และเมื่อเทียบกับผล การคาดการณ์จากแนวทางที่ 1 (BAU Line) ในปี พ.ศ. 2593 พบว่า การเปลี่ยนมาใช้ เทคโนโลยีการผลิตมาใช้กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถลดการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นได้ประมาณร้อยละ

12 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณปกติ แต่เทคโนโลยีนี้มีข้อควรระวัง เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่มีการทำงานเฉพาะเจาะจง ไม่สามารถนำมาใช้ได้กับทุกโรงงาน ดังนั้น ในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้จึงต้องมีการศึกษาวิจัยให้ได้มาตรฐาน และได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายจากภาคอุตสาหกรรมก่อน ซึ่งเทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นเทคโนโลยีที่มาแทนที่กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยความร้อนของผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์ และเป็นเทคโนโลยีเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลสำหรับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อะโรเมติกส์

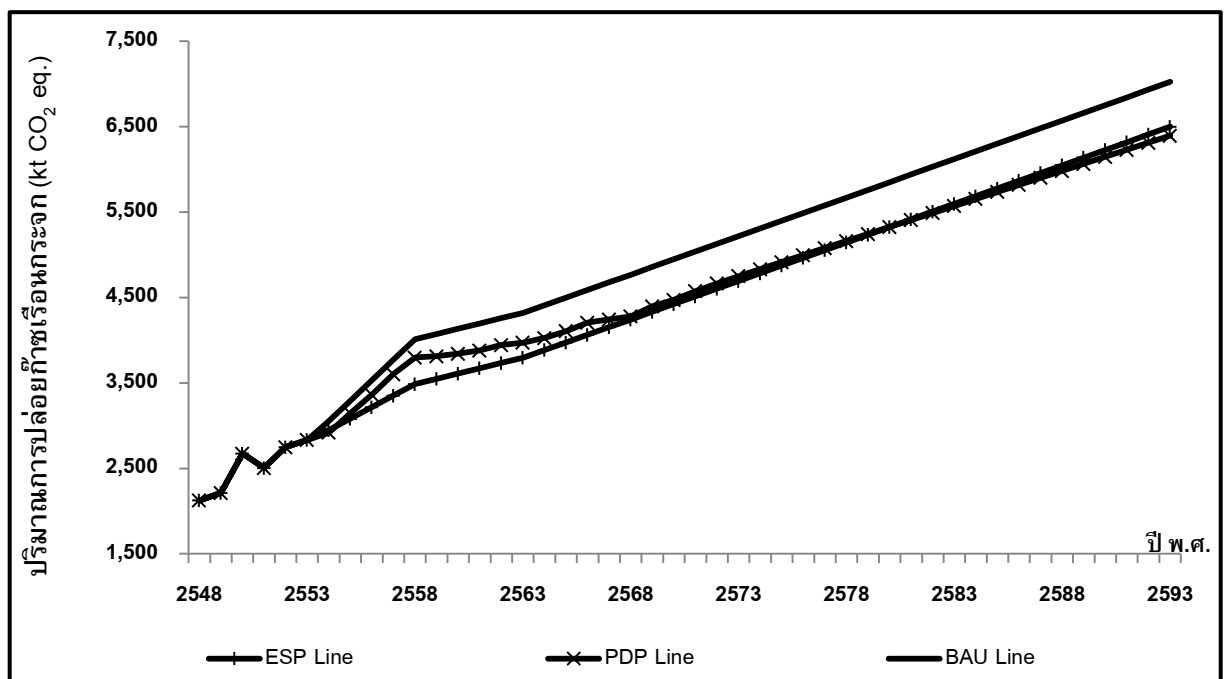
การคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น แนวทางการดำเนินงานที่มีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คือ แนวทางที่ 4 CC Line รองลงมาคือ แนวทางที่ 2 PDP Line และแนวทางที่ 3 ESP Line ตามลำดับ โดยมีศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2593 เทียบกับแนวทางที่ 1 BAU Line คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 12, 3 และ 2.7 ตามลำดับ

8.3 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง

จากการคาดการณ์กำลังการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2554 – 2593 ตามวิธีการวิเคราะห์ดังที่กล่าวในบทที่ 6 หัวข้อที่ 6.1.3 การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลาง แนวโน้มกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางมีสัดส่วนการเพิ่มขึ้นตามอัตราการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางจากการคาดการณ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปริมาณ 5,494 kton ในปี พ.ศ. 2553 เป็น 8,148 kton ในอีก 10 ปีข้างหน้า (ในปี พ.ศ. 2563) ซึ่งคิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ต่อปี จากปี พ.ศ. 2553 และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 13,246 kton ในอีก 40 ปีข้างหน้า (ในปี พ.ศ. 2593) ซึ่งคิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ต่อปี จากปี พ.ศ. 2553 ส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการคาดการณ์ภายใต้สมมติฐานของการดำเนินการผลิตในสภาวะการณเดิม โดยไม่มีมาตรการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (BAU) มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน

การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะลดลงจากการดำเนินการตามแนวทางต่างๆ อย่างเหมาะสมเพื่อวางแผนนโยบายการจัดการก๊าซเรือนกระจกต่อไป ดังรูปที่ 8-2 สามารถดำเนินการได้ 3 แนวทาง ประกอบด้วย

- **แนวทางที่ 1** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้ภายใต้สภาวะการเดิม โดยไม่มีมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (BAU Line)
- **แนวทางที่ 2** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตไฟฟ้า (PDP Line) และ
- **แนวทางที่ 3** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน (ESP Line)



รูปที่ 8-2 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีชั้นนำ

- **แนวทางที่ 1 BAU Line**; ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้ภายใต้สภาวะการเดิม โดยไม่มีมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า ในอีก 10 ปีข้างหน้า (ในปี พ.ศ. 2563) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเพิ่มขึ้นเป็น 4,321 kt CO₂ eq. และเพิ่ม

สูงขึ้นเป็น 7,024 kt CO₂ eq. ในอีก 40 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2593) ซึ่งคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2553 ในอัตราร้อยละ 5 และร้อยละ 4 ตามลำดับ

- **แนวทางที่ 2 PDP Line**; ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตไฟฟ้า หากสามารถดำเนินการได้ตามแผน PDP 2010 จะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอีก 10 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2563) มีประมาณ 3,973 kt CO₂ eq. และมีปริมาณเท่ากับ 6,395 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2593 และเมื่อเทียบกับผลการคาดการณ์จากแนวทางที่ 1 (BAU Line) ในปี พ.ศ. 2593 พบว่า การปรับลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตไฟฟ้าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางได้ประมาณร้อยละ 9 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์ปกติ
- **แนวทางที่ 3 ESP Line**; ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง ผลการคำนวณ พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทาง ESP Line ในอีก 5 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2558) มีประมาณ 3,486 kt CO₂ eq. และมีปริมาณเท่ากับ 6,500 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2593 และเมื่อเทียบกับผลการคาดการณ์จากแนวทางที่ 1 (BAU Line) ในปี พ.ศ. 2558 พบว่า การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นกลางได้ประมาณร้อยละ 13 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์ปกติ

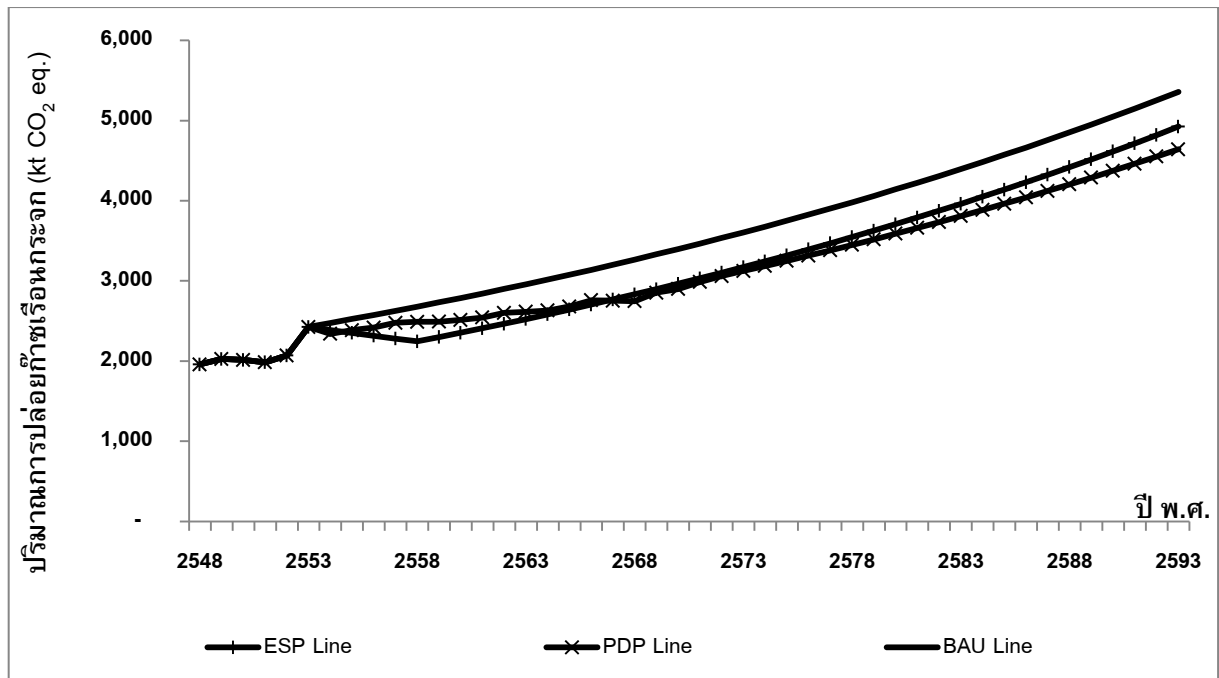
การคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง แนวทางการดำเนินงานที่มีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คือ แนวทางที่ 2 PDP Line รองลงมา คือ แนวทางที่ 3 ESP Line โดยมีศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2593 เทียบกับแนวทางที่ 1 BAU Line คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 9 และ 7 ตามลำดับ

8.4 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย

จากการคาดการณ์กำลังการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2554 – 2593 ตามวิธีการวิเคราะห์ดังที่กล่าวในบทที่ 6 หัวข้อที่ 6.2 การคาดการณ์ปริมาณการผลิตอ้างอิงฐานการบริโภค แนวโน้มกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายมีส่วนการเพิ่มขึ้นตามปริมาณความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ปริมาณผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายจากการคาดการณ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปริมาณ 7,308 kton ในปี พ.ศ. 2553 เป็น 8,909 kton ในอีก 10 ปีข้างหน้า (ในปี พ.ศ. 2563) ซึ่งคิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 ต่อปี จากปี พ.ศ. 2553 และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 16,137 kton ในอีก 40 ปีข้างหน้า (ในปี พ.ศ. 2593) ซึ่งคิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ต่อปี จากปี พ.ศ. 2553 ส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการคาดการณ์ภายใต้สมมุติฐานของการดำเนินการผลิตในสภาวะการณ์เดิม โดยไม่มีมาตรการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (BAU) มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน

การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะลดลงจากการดำเนินการตามแนวทางต่างๆ อย่างเหมาะสมเพื่อวางแผนนโยบายการจัดการก๊าซเรือนกระจกต่อไป ดังรูปที่ 8-3 สามารถดำเนินการได้ 3 แนวทาง ประกอบด้วย

- **แนวทางที่ 1** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้ภายใต้สภาวะการณ์เดิม โดยไม่มีมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (BAU Line)
- **แนวทางที่ 2** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตไฟฟ้า (PDP Line) และ
- **แนวทางที่ 3** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน (ESP Line)



รูปที่ 8-3 การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขึ้นปลาย

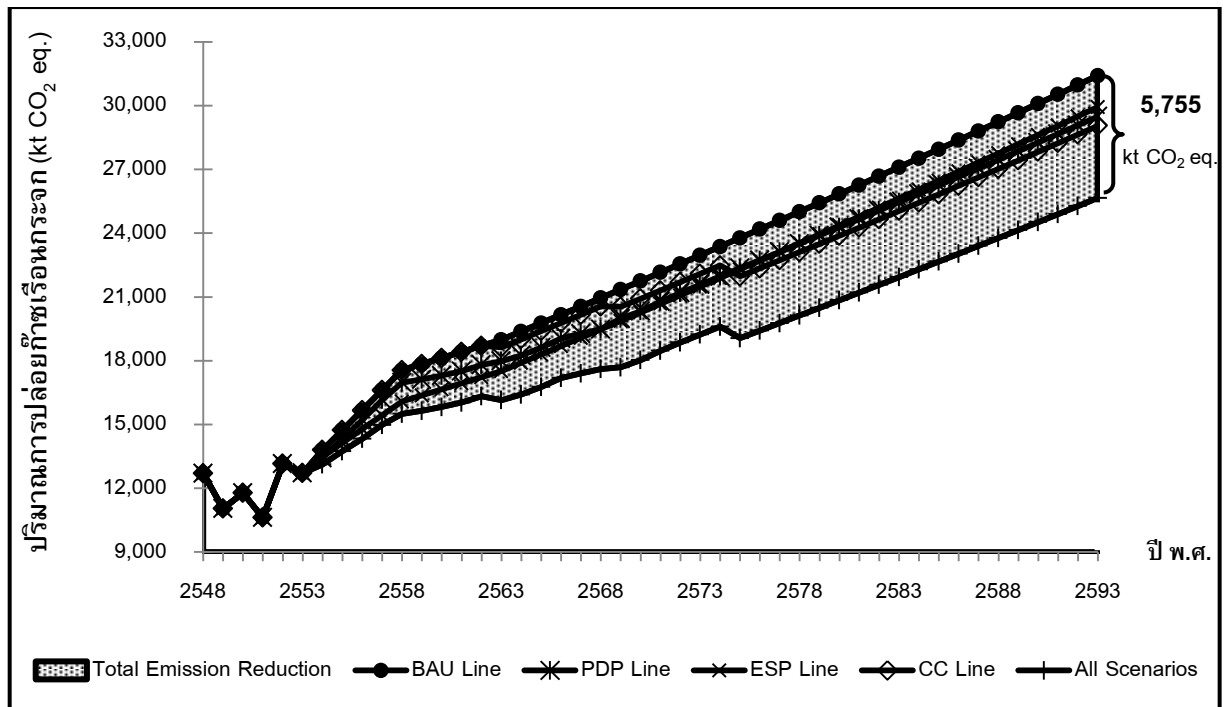
- **แนวทางที่ 1 BAU Line**; ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณ์เดิม โดยไม่มีมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า ในอีก 10 ปีข้างหน้า (ในปี พ.ศ. 2563) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเพิ่มขึ้นเป็น 2,958 kt CO₂ eq. และเพิ่มขึ้นเป็น 5,358 kt CO₂ eq. ในอีก 40 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2593) ซึ่งคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2553 ในอัตราร้อยละ 2 และร้อยละ 3 ตามลำดับ
- **แนวทางที่ 2 PDP Line**; ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตไฟฟ้า หากสามารถดำเนินการได้ตามแผน PDP 2010 จะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอีก 10 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2563) มีประมาณ 2,616 kt CO₂ eq. และมีปริมาณเท่ากับ 4,643 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2593 และเมื่อเทียบกับผลการคาดการณ์จากแนวทางที่ 1 (BAU Line) ในปี พ.ศ. 2593 พบว่า การปรับลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตไฟฟ้าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขึ้นปลายได้ประมาณร้อยละ 13 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณ์ปกติ

- **แนวทางที่ 3 ESP Line**; ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินการตามมาตรการอนุรักษ์พลังงานของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย ผลการคำนวณ พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทาง ESP Line ในอีก 5 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2558) มีประมาณ 2,246 kt CO₂ eq. และมีปริมาณเท่ากับ 4,925 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2593 และเมื่อเทียบกับผลการคาดการณ์จากแนวทางที่ 1 (BAU Line) ในปี พ.ศ. 2558 พบว่าการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นปลายได้ประมาณร้อยละ 16 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์ปกติ

การคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย แนวทางการดำเนินงานที่มีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คือ แนวทางที่ 2 PDP Line รองลงมา คือ แนวทางที่ 3 ESP Line โดยมีศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2593 เทียบกับแนวทางที่ 1 BAU Line คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 13 และ 8 ตามลำดับ

8.5 ภาพรวมการปล่อยก๊าซจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในอนาคต

ผลการวิเคราะห์ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในอนาคต โดยใช้ข้อมูลการคาดการณ์กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทย ดังกล่าวใน**บทที่ 6 การคาดการณ์กำลังการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย** ซึ่งอัตราการเติบโตเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2593 ของผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายมีค่าประมาณร้อยละ 3.7 ต่อปี ร้อยละ 3.5 ต่อปี และร้อยละ 3.0 ต่อปี ตามลำดับ และกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีทั้งหมดที่ได้จากการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2558 มีประมาณ 28.2 ล้านตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 51.5 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2593 ประกอบกับผลการวิเคราะห์ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมตามแนวทางต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น พบว่า หากดำเนินการทุกแนวทางร่วมกันจะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้เฉลี่ยประมาณร้อยละ 16 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์ปกติ ดังรูปที่ 8-4



รูปที่ 8-4 ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในอนาคต

- **แนวทางที่ 1 BAU Line**; ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีภายใต้สภาวะการดำเนินงานเดิม โดยไม่มีมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า ในอีก 10 ปีข้างหน้า (ในปี พ.ศ. 2563) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเพิ่มขึ้นเป็น 18,985 kt CO₂ eq. และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 31,412 kt CO₂ eq. ในอีก 40 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2593) ซึ่งคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2553 ในอัตรา ร้อยละ 5 และร้อยละ 4 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาแยกรายกลุ่มอุตสาหกรรม พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีสัดส่วนจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย คิดเป็นร้อยละ 61, 22 และ 17 ตามลำดับ
- **แนวทางที่ 2 PDP Line**; ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจากการปรับลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตไฟฟ้า หากสามารถดำเนินการได้ตามแผน PDP 2010 จะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอีก 10 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2563) มีประมาณ 17,981 kt CO₂ eq. และมีปริมาณเท่ากับ 29,489 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2593 โดยมีสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย คิดเป็นร้อยละ 63, 22 และ 15 ตามลำดับ และเมื่อเทียบกับผลการคาดการณ์จากแนวทางที่ 1 (BAU Line)

ในปี พ.ศ. 2593 พบว่า การปรับลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตไฟฟ้าสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีได้ประมาณ 1,923 kt CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 6 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์ปกติ ซึ่งมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายคิดเป็นร้อยละ 30, 33 และ 37 จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ทั้งหมด ตามลำดับ

- **แนวทางที่ 3 ESP Line;** ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งจัดเป็นมาตรการที่มีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกได้ในปริมาณสูงในระยะเวลายั่งยืน โรงงานอุตสาหกรรมสามารถดำเนินการมาตรการทั้งหมดได้ภายในปี พ.ศ. 2554 – 2558 ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทาง ESP Line ในอีก 5 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2558) มีประมาณ 16,080 kt CO₂ eq. และมีปริมาณเท่ากับ 29,936 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2593 โดยมีสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย คิดเป็นร้อยละ 62, 22 และ 16 ตามลำดับ และเมื่อเทียบกับผลการคาดการณ์จากแนวทางที่ 1 (BAU Line) ในปี พ.ศ. 2558 พบว่า การดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีได้ประมาณ 1,476 kt CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 5 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์ปกติ ซึ่งมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายคิดเป็นร้อยละ 35, 36 และ 29 จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ทั้งหมด ตามลำดับ
- **แนวทางที่ 4 CC Line;** ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยีการผลิตมาใช้กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นแนวทางลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นโดยเฉพาะ ซึ่งคาดว่าจะสามารถเริ่มดำเนินการได้ในปี พ.ศ. 2563 และจะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2563 ลดลงประมาณ 362 kt CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 2 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์ปกติ ในขณะที่ปี พ.ศ. 2593 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะลดลงประมาณ 2,356 kt CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 7 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์ปกติ

ผลการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีหากสามารถดำเนินงานได้ทุกแนวทางร่วมกัน พบว่า จะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉลี่ยได้ประมาณร้อยละ 16 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์เดิม ซึ่งมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงในแนวทางที่ 1 (PDP Line) แนวทางที่ 2 (ESP Line) และแนวทางที่ 3 (CC Line) คิดเป็นร้อยละ 6, 6 และ 4 ตามลำดับ และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานทั้ง 3 แนวทางร่วมกันในปี พ.ศ. 2593 มีประมาณ 25,657 kt CO₂ eq. ซึ่งลดลงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สถานการณ์เดิม (BAU Line) ในปีเดียวกันประมาณ 5,755 kt CO₂ eq.

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละแนวทางมีรายละเอียดการดำเนินงานและต้นทุนที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการวางแผนการดำเนินงานให้เหมาะสมเพื่อส่งเสริมให้สามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งหากทุกแนวทางสามารถดำเนินการไปพร้อมๆ กัน การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศย่อมก่อให้เกิดศักยภาพสูงสุด

8.6 ข้อเสนอเชิงนโยบายการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีศักยภาพในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งจากทางตรงและทางอ้อมลงได้อย่างมีนัยสำคัญ การกำหนดเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกทั้งแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ รวมถึงการวางแผนลดปริมาณอย่างเป็นระบบและต่อเนื่องโดยสร้างแรงจูงใจผ่านมาตรการส่งเสริมโดยสมัครใจและมาตรการบังคับ ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการผลักดันให้เกิดการลดก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพจากภาคอุตสาหกรรมโดยเฉพาะกลุ่มปิโตรเคมี

กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีถือว่ามีความพร้อมในด้านการเงินการลงทุนและความสามารถในการแข่งขันระหว่างผู้ประกอบการทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทำให้ความร่วมมือกันดำเนินการตามนโยบายของทางภาครัฐและร่วมมือกันภายในกลุ่มอุตสาหกรรมด้วยกันเองเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เพราะมีลักษณะอุตสาหกรรมที่ต่อเนื่องกันและพึ่งพาอาศัยกัน เพื่อให้สามารถขยายธุรกิจได้อย่างเข้มแข็ง อีกทั้งโรงงานปิโตรเคมีในประเทศไทยส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงกัน ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด และมีการบริหารงานลักษณะเครืออุตสาหกรรมภายใต้เจ้าของเดียวกัน โดยที่การบริหาร

จัดการของกลุ่มธุรกิจดำเนินการตามนโยบายของบริษัทแม่ ดังนั้น การดำเนินการระดับนโยบายต่างๆ จากทางภาครัฐผ่านกลุ่มอุตสาหกรรมก็สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอสำหรับทางภาครัฐและภาคเอกชนเพื่อดำเนินการร่วมกันในการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศในอนาคตมีดังต่อไปนี้

สำหรับภาครัฐ

1. ควรกำหนดเป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจกร่วมกับภาคเอกชน

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่ได้มีการกำหนดเป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจกทั้งแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ มาตรการต่างๆ จึงดำเนินไปในลักษณะความสมัครใจ ส่งผลให้ความคืบหน้าในเรื่องการลดก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นได้ช้าเพราะมีระดับของแรงจูงใจต่ำ เนื่องจากไม่มีมาตรการบังคับและผลกระทบหรือประโยชน์ที่ภาคเอกชนจะได้รับนั้นยังไม่ชัดเจน อีกทั้งเพิ่มต้นทุนในการแข่งขันด้านธุรกิจ ดังนั้น การที่ภาครัฐจะกำหนดระดับเป้าหมายเชิงนโยบายที่สามารถดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกได้จึงมีความจำเป็นต่อความก้าวหน้าอย่างเป็นรูปธรรมของการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยอาจจะเริ่มจากการกำหนดเป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมหลักที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนที่สูงก่อน เพื่อสามารถใช้ในการวางแผนนโยบายความรับผิดชอบของแต่ละภาคส่วนและการกำกับให้ชัดเจน และสามารถวัดความก้าวหน้าในระยะสั้นและระยะยาวได้ ในการกำหนดเป้าหมายนี้ทางภาครัฐควรมีหน่วยงานเจ้าภาพที่เป็นตัวแทนในการดำเนินการประสานงานระหว่างกระทรวงต่างๆ รวมถึงภาคเอกชนที่เกี่ยวข้อง เช่น กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หรือ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (มหาชน) เพื่อหาข้อตกลงร่วมกันและเตรียมความพร้อมในการแสดงความรับผิดชอบต่อภาระปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับนานาชาติ ซึ่งอาจจะถือเป็นการสร้างโอกาสในการปรับตัวและวางแผนขอรับการช่วยเหลือจากหน่วยงานต่างประเทศได้ชัดเจนมากขึ้น

2. เพิ่มมาตรการสร้างแรงจูงใจให้กับกลุ่มอุตสาหกรรมในการปรับตัวและดำเนินการให้สามารถบรรลุเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกได้

หากมีการกำหนดเป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจกร่วมกันระหว่างภาครัฐและภาคเอกชนสืบเนื่องจากข้อเสนอแรก เช่น กลุ่มอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยในก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนที่สูง ภาครัฐจำเป็นต้องเสนอมาตรการที่ทำให้เอกชนสามารถปรับตัวและดำเนินการตามเป้าหมายที่ได้รับได้

ดังเช่นมาตรการที่อนุญาตให้ดำเนินการภายใต้พิธีสารเกียวโต **(1) การใช้ระบบซื้อขายใบอนุญาตในการลดก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศ หรือ ระบบ Emission Trading** โดยที่ภาครัฐจะต้องนำเป้าหมายที่ตั้งไว้มากำหนดเป็นระบบใบอนุญาตและให้ใบอนุญาตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับภาคเอกชนตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ หรือตามปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่รัฐอนุญาตให้ปล่อยได้กับแหล่งกำเนิดหลักๆที่ต้องการดำเนินการควบคุมปริมาณก๊าซเรือนกระจก สำหรับแหล่งกำเนิดที่ได้รับใบอนุญาตนั้นจะสามารถปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ตามปริมาณใบอนุญาตที่มีเท่านั้น หากไม่ใช้ใบอนุญาตหรือปล่อยต่ำกว่าปริมาณใบอนุญาตที่ได้รับก็สามารถนำใบอนุญาตไปขายได้ เช่นเดียวกัน สำหรับแหล่งกำเนิดที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกินกว่าใบอนุญาตที่ได้รับก็สามารถซื้อใบอนุญาตได้ ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการลงทุนลดก๊าซเรือนกระจกกับทุกฝ่าย และปริมาณก๊าซเรือนกระจกก็ถูกควบคุมให้อยู่ในปริมาณที่กำหนด ซึ่งในกรณีนี้อาจจะหมายถึงการซื้อขายใบอนุญาตระหว่างโรงงานหรือระหว่างกลุ่มอุตสาหกรรมก็ขึ้นอยู่กับขอบเขตการให้ใบอนุญาตของภาครัฐ มาตรการที่สร้างแรงจูงใจนอกเหนือจากระบบ Emission Trading อาจจะใช้ **(2) ระบบ Offset** สำหรับแหล่งกำเนิดที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกินกว่าปริมาณที่ได้รับอนุญาต สามารถลงทุนในการลดก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ หรือให้แหล่งกำเนิดอื่นๆ ที่ไม่ได้มีภาระในการลดก๊าซเรือนกระจก เป็นผู้ลดก๊าซเรือนกระจกแทน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับระบบกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) ซึ่งยอมให้โครงการที่ดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกสามารถนำคาร์บอนเครดิตมาขายให้กับแหล่งกำเนิดที่ต้องการลดให้ได้ตามเป้าหมายที่ได้รับ โดยมาตรการที่กล่าวมาเหล่านี้มีดำเนินการอยู่แล้วภายใต้พิธีสารเกียวโตในระดับนานาชาติ ซึ่งการที่จะนำมาตรการเหล่านี้มาใช้ในประเทศเพื่อส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถปรับตัวในการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกได้ควรที่จะมีการศึกษาความเป็นไปได้และรายละเอียดร่วมกันต่อไป

3. ส่งเสริมโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดในระดับกลุ่มอุตสาหกรรม (Sectoral CDM)

ในระหว่างที่ยังหาข้อสรุปเกี่ยวกับการกำหนดความรับผิดชอบระดับนานาชาติด้านการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกอยู่ขณะนี้ แนวทางการส่งเสริมให้กลุ่มอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพดำเนินการในลักษณะมาตรการการปรับตัวภายในประเทศก่อนเป็นแนวทางที่รัฐควรส่งเสริมร่วมกับทางภาคเอกชน โดยที่รัฐควรที่จะขยายโอกาสเกี่ยวกับการดำเนินการตามโครงการก๊าซเรือนกระจกตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดระดับกลุ่มอุตสาหกรรม ประโยชน์เพื่อสร้างความเข้าใจและได้รับประโยชน์เพิ่มเติมจากการลงทุนเพื่อให้เกิดการพัฒนาโครงการที่สามารถสร้างคาร์บอนเครดิตจากกลุ่มโรงงานที่มีลักษณะการดำเนินกิจการที่คล้ายคลึงกันซึ่งควรส่งเสริมให้เกิดขึ้นพร้อมๆ กัน เช่น กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดย

อาจจะมีการเสนอให้ใช้เส้นฐานของกลุ่มและดำเนินการลดจากกิจกรรมในลักษณะของทั้งกลุ่ม ทำให้การดำเนินการขออนุญาตและขายคาร์บอนเครดิตมีปริมาณที่มากขึ้นและทำให้เกิดแรงจูงใจจากการที่โรงงานภายในกลุ่มเดียวกันร่วมกันดำเนินงาน หรือ เกิดการแข่งขันโดยเท่าเทียมกัน แต่การดำเนินการลักษณะนี้อาจจะต้องพิจารณาประเด็นการขึ้นทะเบียนโครงการกับทาง UNFCCC ที่รัฐอาจจะต้องประสานงานให้ความช่วยเหลือเพื่อให้สามารถขายคาร์บอนเครดิตที่ได้

4. พัฒนาระบบการรายงานและฐานข้อมูลของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่องให้ครอบคลุมทุกประเภทแหล่งกำเนิด

ฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจริงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องดำเนินการรวบรวมให้เป็นระบบอย่างเร่งด่วน อาจจะทำโดยมาตรการบังคับเช่น ให้มีการส่งรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยในแต่ละปีแก่ภาครัฐที่รับผิดชอบ โดยเฉพาะแหล่งกำเนิดที่มีสัดส่วนการปล่อยที่สูง เพราะจะสามารถใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการกำหนดเป้าหมายการกำกับและควบคุมก๊าซเรือนกระจก รวมถึงการตกลงภาระความรับผิดชอบเกี่ยวกับการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกกับนานาชาติได้อย่างเหมาะสม และใช้สำหรับการวางแผนนโยบายและมาตรการการลดในระยะสั้นและระยะยาวสำหรับทั้งประเทศต่อไป นอกจากนี้ ในการกำหนดการรายงานข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดเป็นระยะจะทำให้ผู้ปล่อยได้ประเมินกระบวนการทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกและเห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเทียบกับระยะเวลาที่ผ่านมาด้วย รวมถึงการจัดทำฐานข้อมูลที่ให้ทุกฝ่ายสามารถเข้าถึงและรับทราบข้อมูลได้จะเกิดประโยชน์อย่างยิ่งทั้งด้านการวิจัยและการนำไปใช้ด้านอื่นๆ การรับทราบข้อมูลเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งต่าง ๆ ทำให้ผู้ประกอบการสามารถที่จะวางแผนการที่จะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกตามศักยภาพความเป็นไปได้ตามเทคโนโลยีที่มีอยู่และตามขนาดของเงินทุนที่ต้องใช้อย่างเหมาะสมได้

5. เสนอแผนเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับภาคเอกชนที่เกินระดับเพดานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในอนาคตเพื่อเป็นการช่วยเหลือให้ภาคเอกชนสามารถมีระยะเวลาในการปรับตัวให้สามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ตามศักยภาพที่มี หากประเทศไทยต้องรับภาระในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกและมีการกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Cap/Permit) ให้กับภาคเอกชนหรือแหล่งกำเนิดที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงต้องมีส่วนในการลดก๊าซเรือนกระจกภายในระยะเวลาที่อนุญาต เมื่อพบว่าแหล่งกำเนิดที่ได้รับใบอนุญาตมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิน

กว่าที่กำหนดไว้ ในระยะเริ่มต้นภาครัฐหรือหน่วยงานที่กำกับอาจจะให้แหล่งกำเนิดเสนอแนวทางหรือแผนการที่จะดำเนินการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก พร้อมกับระยะเวลาและเงินทุนที่ต้องใช้เพื่อประเมินว่าแหล่งกำเนิดจะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกตามที่เสนอไว้ได้หรือไม่ และภาครัฐสามารถให้ความช่วยเหลือในด้านใดได้บ้าง เพื่อที่จะหาแนวทางในการบรรลุเป้าหมายร่วมกันได้จริงโดยที่ทางภาครัฐยังคงให้การสนับสนุนตามความเหมาะสมในช่วงแรก

6. จัดให้มีโครงการต้นแบบหรือโรงงานดีเด่นด้านการจัดการลดก๊าซเรือนกระจก

เพื่อเป็นการส่งเสริมและการสร้างความเข้าใจแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกที่ได้มีการดำเนินงานประสบผลสำเร็จแล้ว นอกเหนือไปจากมาตรการส่งเสริมที่กำลังดำเนินการอยู่เช่น การจัดทำฉลากคาร์บอนผลิตภัณฑ์ ทางภาครัฐและภาคเอกชนควรที่จะร่วมมือกันในการที่จะคัดเลือกหรือประกวดผู้ประกอบการหรือแหล่งกำเนิดที่ดำเนินการเกี่ยวกับการลดก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อถือเป็นการให้เกียรติอย่างเป็นทางการ ภาครัฐที่รับผิดชอบอาจจะมีการให้รางวัลหรือจัดลำดับโรงงานหรือแหล่งกำเนิดที่ดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกได้ดีเยี่ยม อีกทั้งขอความร่วมมือในการถ่ายทอดแนวทางในการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการภายในองค์กรและการให้เข้าเยี่ยมชมเพื่อจะนำไปปรับใช้กับหน่วยงานของตนเองได้

7. มาตรการส่งเสริมการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพอย่างเป็นระบบและมีการตรวจสอบควบคู่ไปกับการลดก๊าซเรือนกระจก

แหล่งกำเนิดที่มีสัดส่วนในการก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดทั้งทางตรงและทางอ้อมนั้น มาจากการใช้พลังงานและไฟฟ้า ดังนั้นมาตรการต่างๆ ที่ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานควรดำเนินการอย่างเร่งด่วน และเพิ่มแรงจูงใจทั้งภาคสมัครใจ เช่น การลดหย่อนภาษี หรือ การให้เงินอุดหนุนเบี้ยต่ำ สำหรับการปรับปรุงกระบวนการเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น และเพิ่มแรงจูงใจทั้งภาคบังคับ เช่น การกำหนดเป้าหมายการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานหรือการลดปริมาณการใช้ ตามมาตรการที่ทางกระทรวงพลังงานกำลังดำเนินการอยู่คือ การส่งรายงาน บพร.1และบพร.2 แต่มาตรการเหล่านี้เป็นเพียงมาตรการส่งเสริมโดยสมัครใจ ยังไม่มีมาตรการบังคับ (หรือบทลงโทษ) หากไม่ดำเนินการรวมถึงไม่ได้ให้มีการกำหนดเป้าหมายในการลดอย่างชัดเจน ดังนั้น ควรมีการตรวจสอบให้มีการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานอย่างจริงจัง เพิ่มเป้าหมายในการลดและมาตรการบังคับ เพื่อให้เกิดการเอาจริงและพัฒนามาตรการเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่อง โดยอาจจะมีการบูรณาการและทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย เช่น กระทรวงพลังงาน กระทรวง

อุตสาหกรรม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงพาณิชย์ และอื่นๆ เป็นต้น เพื่อให้บรรลุผลสัมฤทธิ์โดยเร็วที่สุด

8. เร่งดำเนินการเพิ่มสัดส่วนของพลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้น เพื่อให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมลดลง

การที่ภาคอุตสาหกรรมและครัวเรือนใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งผลิตที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงคือไฟฟ้าที่ผลิตมาจากถ่านหินและก๊าซธรรมชาติเป็นหลัก ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมสูงขึ้นตามปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ การเพิ่มสัดส่วนของพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนมีส่วนสำคัญในการลดสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หากพลังงานไฟฟ้ายังมีสัดส่วนที่มาจากก๊าซธรรมชาติและถ่านหินที่สูง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนนี้ก็จะยังสูงอยู่ ตามแผนพัฒนาพลังงานพลังงานปี 2010 ได้มีการเพิ่มสัดส่วนของพลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้น แต่ควรที่จะเร่งดำเนินการขยายกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้เกิดขึ้นโดยเร็วที่สุดและมีสัดส่วนที่มากขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคต แม้ภาครัฐจะได้ให้ความสำคัญและดำเนินการอยู่ทั้งการให้เงินสนับสนุนในรูปของ Adder เพิ่มเติมจากค่าไฟฟ้าหากผลิตจากพลังงานหมุนเวียน แต่ควรจะทบทวนเป้าหมายสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของพลังงานหมุนเวียนเป็นระยะ ประเมินผลและหามาตรการส่งเสริมอื่นๆ ควบคู่กันไปกับมาตรการที่กำลังดำเนินการอยู่ เพื่อให้สามารถปรับแนวทางการดำเนินการและบรรลุเป้าหมายได้เร็วที่สุด เช่น การส่งเสริมให้โรงงานอุตสาหกรรมหาแนวทางสร้างแหล่งพลังงานสะอาดสำหรับใช้เอง เป็นต้น

9. ส่งเสริมงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

การส่งเสริมพัฒนางานวิจัยด้านเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับการลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและอื่นๆ เช่น เทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน เทคโนโลยีด้านการผลิตโดยกระบวนการใหม่ๆ เช่น การใช้เอนไซม์ในการแตกตัวของโมเลกุลแทนกระบวนการใช้ความร้อน เทคโนโลยีเกี่ยวกับการลดการสูญเสียพลังงานจากกระบวนการผลิต เทคโนโลยีการใช้วัตถุดิบอื่นๆ เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แทนการใช้ก๊าซธรรมชาติ รวมถึงเทคโนโลยีสำหรับดักจับและเก็บกักก๊าซเรือนกระจก เทคโนโลยีในการผลิตพลังงานหมุนเวียนให้มีต้นทุนที่ต่ำลงและสามารถขยายการลงทุนในเชิงพาณิชย์ได้อย่างแพร่หลาย

10. เผยแพร่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจก

ภาครัฐควรมีความร่วมมือกับสถาบันการศึกษาในการเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจด้านแหล่งกำเนิด ผลกระทบ และแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกแก่โรงงานอุตสาหกรรม NGO และประชาชนได้รับรู้ข้อมูลข่าวสารที่ทันสมัย

11. สร้างจิตสำนึกและความรับผิดชอบในการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจก

ภาครัฐและภาคเอกชนควรพิจารณาสร้างความรับผิดชอบในการลดก๊าซเรือนกระจกจากธุรกิจที่ดำเนินการอยู่นอกเหนือไปจากขอบเขตกระบวนการผลิตที่ต้องดำเนินการ หมายถึงการลงทุนช่วยลดก๊าซเรือนกระจกทั้งภายในและภายนอกโรงงานอย่างสม่ำเสมอ เช่น การปลูกจิตสำนึกกับพนักงานเกี่ยวกับความรับผิดชอบในการลดก๊าซเรือนกระจกในส่วนที่รับผิดชอบ การให้การสนับสนุนเกี่ยวกับกิจกรรมการลดก๊าซเรือนกระจก เช่น การปลูกป่าเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียว เป็นต้น

12. ส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจกโดยมาตรการลดภาษี

ส่งเสริมและสนับสนุนโรงงานให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยยกเว้นภาษีอุปกรณ์ที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือให้เงินอุดหนุนเบี้ยต่ำในการจัดซื้อหรือสร้างโรงงานที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ

สำหรับภาคเอกชน

1. ลงทุนหรือจัดซื้อพลังงานจากแหล่งพลังงานสะอาด

โรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีเป็นอุตสาหกรรมการผลิตที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานไอน้ำสูง หากโรงงานมีการลงทุนในการสร้างพลังงานสะอาด ได้แก่ พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานจากไฮโดรเจน หรือพลังงานจากชีวมวลจะทำให้โรงงานสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญ

2. พัฒนาเทคโนโลยีการนำของเสียพลาสติกหมุนเวียนกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบ

พัฒนาเทคโนโลยีการนำของเสียพลาสติกหมุนเวียนกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเม็ดพลาสติกเพื่อลดการใช้พลาสติกจากธรรมชาติ และลดการเกิดของเสียที่จะนำไปฝังกลบ หรือกำจัดโดยการเผา

3. พัฒนาเทคโนโลยีการนำของเสียจากกระบวนการผลิตมาใช้ประโยชน์

พัฒนาเทคโนโลยีการนำของเสียจากกระบวนการผลิตมาใช้ประโยชน์ทั้งในกระบวนการผลิตของโรงงานหรือใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ รวมทั้งนำมาผลิตพลังงานทดแทน เนื่องจากของเสียจากอุตสาหกรรมบางประเภทมีค่าความร้อนค่อนข้างสูง

4. ดำเนินการนโยบายสิ่งแวดล้อมเชิงรุก

ภาคเอกชนหรือกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกันควรที่จะหารือกันเพื่อกำหนดเป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับกลุ่มอุตสาหกรรม เพื่อให้ใช้เป็นโอกาสในการพัฒนาธุรกิจและเพิ่มมูลค่าของสินค้าของกลุ่มอุตสาหกรรม เกิดความร่วมมือและสร้างการแข่งขันแบบเท่าเทียมกันในเชิงสร้างสรรค์ แทนการดำเนินการที่ต่างฝ่ายต่างดำเนินการหรือไม่มีการดำเนินการเลย เพราะนโยบายและมาตรการเกี่ยวกับการลดก๊าซเรือนกระจกต้องอาศัยต้นทุนในการลงทุนที่อาจจะไม่ได้รับผลตอบแทนการลงทุนในทันที แต่หากมีการสร้างระดับมาตรฐานของอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมีกำหนดเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร่วมกัน หรือ มีการกำหนดระดับคาร์บอนฟุตพริ้นต์เฉลี่ยของกลุ่มสินค้า เพื่อให้เกิดการยกระดับมาตรฐานของสินค้าและสามารถแข่งขันหรือต่อรองกับต่างประเทศได้

5. วางแผนการลงทุนและปรับปรุงการใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพและบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรอย่างบูรณาการ

ภาคอุตสาหกรรมหรือโรงงานควรให้ความสำคัญในการวางแผนการปรับปรุงระบบการผลิตให้มีประสิทธิภาพตามหลักนิเวศเศรษฐกิจอยู่เป็นระยะ โดยดำเนินการประเมินดัชนีวัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศและวางแผนเพื่อปรับปรุงนำเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมาใช้แทนเทคโนโลยีที่ล้าสมัย พัฒนาระบบตรวจสอบเพื่อทบทวนและประเมินวิธีการดำเนินการเพื่อหาแนวทางการบริหารจัดการนำไปสู่การปรับปรุงการใช้ทรัพยากรและพลังงานให้มีการสูญเสียน้อยที่สุด โดยมองตลอดทั้งระบบที่เกี่ยวข้องใน

การดำเนินธุรกิจไม่เพียงเฉพาะหน่วยการผลิตเท่านั้น เช่น การคิดหรือออกแบบผลิตภัณฑ์กระบวนการภายใต้แนวคิดในการใช้ทรัพยากรและพลังงาน ซึ่งจะเป็นการช่วยลดก๊าซเรือนกระจกเช่นกัน

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการเปลี่ยนวัตถุดิบตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการผลิต

การเปลี่ยนประเภทของวัตถุดิบตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการผลิต

แหล่งพลังงานตั้งต้น หมายความว่าถึง น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ชีวมวล และขยะพลาสติก วัตถุดิบ หมายความว่าถึง ผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง เช่น แนฟธา อีเทน เมทานอล และเอทานอล ตารางที่ ก-1 แสดงถึงพลังงานความร้อนในสถานะแห้ง (Lower Heating Values: LHVs) ของพลังงานตั้งต้นและวัตถุดิบประเภทต่างๆ ตารางที่ ก-2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ ส่วนถ่านหินที่ใช้ในการศึกษานี้จะหมายถึงถ่านหินบิทูมินัสสีดำซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่ดังตารางที่ ก-3 ส่วนค่า HVCs จะแสดงออกมาเป็นน้ำหนักตามมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งหมายความว่า โอเลฟินส์เบา คิดเป็นน้ำหนักร้อยละ 100 ของหน่วยน้ำหนัก ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่โอเลฟินส์จะมีค่าน้ำหนักตามมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เพียงร้อยละ 50 ของหน่วยน้ำหนัก

ตารางที่ ก-1 แหล่งพลังงานขั้นต้น วัตถุดิบ และค่าพลังงานความร้อนที่สถานะแห้ง (Ren, T., 2009)

Routes	Oil Naphtha SC, Waste Naphtha SC, Oil Byproduct CC	Ethane SC	FT Naphtha SC	Methane MTO, MTP	Methane OCM I and II	Coal MTO I, II and CCS	Coal Direct Naphtha SC	Coal FT Naphtha SC I	Coal FT Naphtha SC II SC and Coal-ligno FT Naphtha SC	Ligno FT Naphtha SC I and II	Ligno MTO, ETE I, II, III, Maize Starch ETE and Sugar Cane ETE
Primary energy source	Crude Oil (not used for combustion)	Natural Gas (CO ₂ emission factor of methane 0.056 t CO ₂ /GJ [210]; ethane not used for combustion)				Coal (CO ₂ emission factor 0.092 t CO ₂ /GJ) [205]	Coal (CO ₂ emission factor 0.087 t CO ₂ /GJ)[196]	Coal (CO ₂ emission factor 0.118 t CO ₂ /GJ) [202]	Coal (CO ₂ emission factor 0.092 t CO ₂ /GJ) [198, 203]	Biomass (no CO ₂ emission assumed)	
Calorific value (LHV; GJ/t primary energy source)	43 (typical) [210, 211]	44 typical for natural gas, which consists of methane, ethane, natural gas liquids, water, etc. (50 GJ/t for pure methane) [210]				26 [205]	32 [196]	20 [202]	29 [198, 203] (Coal FT Naphtha SC II SC: sulfur 9 GJ/t)	Lignocellulosic biomass 18 [211]; maize 16 and sugar cane 18 [212]	
Energy use for producing primary energy source	0.4 GJ/t crude oil; assumed to be refinery gas (i.e. 1% of crude oil on the energy basis; see details in Chapter 3)	2 GJ/t natural gas; assumed to be methane (i.e. 5% of natural gas on the energy basis; see details in Chapter 3);				0.1 GJ coal to produce 1 GJ coal [213] (multiply the calorific values of different types of coal by 0.1 to get GJ/t for each type of coal)				1 GJ/t sugar cane, 2 GJ/t lignocelluloses and 3 GJ/t maize [27, 204, 219]; assumed to be diesel (CO ₂ emission factor 0.074 t/GJ)	
Feedstock	Naphtha (H ₂ needed for Waste Naphtha SC)	Ethane	Methane	Methanol	Methane	Methanol	Naphtha			Methanol	Ethanol
LHVs (GJ/t feedstock) [211]	45 GJ/t naphtha (120 GJ/t H ₂ ; energy use for making H ₂ is 62 GJ/t H ₂ [25])	47 GJ/t ethane	45 GJ/t naphtha	20 GJ/t methanol	50 GJ/t methane	20 GJ/t methanol	45 GJ/t naphtha			20 GJ/t methanol	26 GJ/t ethanol
LHVs (GJ/t HVCs) [211]	47 GJ/t for ethylene, propylene and other basic petrochemicals; On average 50 GJ/t for HVCs produced by naphtha and methanol related routes (only negligible differences) (these routes also produce aromatics and other non-olefins, 50% of whose weight are counted as HVCs)										47 GJ/t ethylene
Carbon content of HVCs [210]	CO ₂ emissions due to combustion of HVCs: 3.1 ton per ton ethylene, 3.2 ton per ton propylene and 3.5 ton per ton HVCs on average										

ตารางที่ ก-2 กระบวนการผลิตวัตถุดิบประเภทน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ (Ren, T., 2009)

Primary energy source	Crude Oil (see details in Chapter 2)				Natural gas (see details in Chapter 3)		
Routes	Oil Naphtha SC	Waste Naphtha SC	Oil Byproduct CC	Ethane SC	FT Naphtha SC	Methane MTO and methane MTP	Methane OCM I and methane OCM II
Feedstock	Naphtha		Byproducts	Ethane	Naphtha	Methanol	Methane
Feedstock Production	Crude oil distillation	Hydrogen pyrolysis (hydrogenation)	Separation from refinery/ petrochemical products	Separation from natural gas	Syngas production and Fischer-Tropsch process	Methanol synthesis	Natural gas process (separation and purification of methane)
Reaction	Separation of paraffinic rich C ₃ -C ₁₁	Breaking up of polymers (C ₂ H ₄) _n or (C ₃ H ₆) _n	Separation of C ₄ -C ₉ or heavier than C ₁₀	Separation of C ₂ H ₆ from others	$CH_4 + O_2 \rightarrow CO + 2H_2O$; $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$; $nCO + 2nH_2 \rightarrow C_nH_{2n} + nH_2O$		Separation and purification of CH ₄ from natural gas
Yield of feedstock (wt.)	Naphtha is 10% of refinery products	45% (35% aromatics and conversion gases; 80% naphtha-value equivalent)	Up to 70% (depending on the chemical composition of byproducts)	1-15% (depending on the chemical composition of natural gas)	15-30% (81% naphtha-value equivalent)	Methanol 145% of natural gas	Methane 80-95% (depending on the chemical composition of natural gas)
Fossil energy use (GJ/t feedstock); calorific value of feedstock excluded; No electricity cogeneration	3 [2, 76]	8 [195]	3 [100]	2 [2, 76]	17 (energy use of current technologies is 10-20% higher than 17 [192])	10 [148]	2 GJ/t methane [116]; 3 GJ/t oxygen [40]

ตารางที่ ก-3 กระบวนการผลิตวัตถุดิบประเภทถ่านหิน (Ren, T., 2009)

Primary energy source	Coal						Coal and Biomass
Content (wt. excluding minerals/metals)	C: 75-85% in bituminous, 70-80% in sub-bituminous and 65-70% in lignite (lignite used for Coal Direct Naphtha SC only); H: 4-5% in bituminous, sub-bituminous and lignite; O: 5-10% in bituminous, 10-20% in sub-bituminous and 20% in lignite; N: 1-2% in bituminous, sub-bituminous and lignite; S: 1-10% in bituminous, sub-bituminous and lignite (C: 80-90% H: 3-4% and O: 2-5% in anthracite; not suitable for Coal Direct Naphtha SC, but suitable for others)						
Routes	Coal MTO I	Coal MTO II	Coal MTO CCS	Coal direct Naphtha SC	Coal FT Naphtha SC I	Coal FT Naphtha SC II	Coal-ligno FT Naphtha SC
Feedstock	Methanol			Naphtha	FT Naphtha		
Feedstock Production	Methanol production (via syngas)			Direct Liquefaction (no syngas involved)	Fischer-Tropsch (via syngas)		
Main Reactions	(CH ₃) ₂ O ₂ S ₂ N ₄ is gasified and cleaned; 12C ₆ H ₁₄ +36O ₂ →72CO+30H ₂ ; there are also CO ₂ , SO _x , NO _x and other less valuable byproducts; CO+2H ₂ →CH ₃ OH			C ₁₆ H ₃₄ O ₈ S ₂ N ₄ is converted into C ₁₆ H ₂₄ and other C ₄ -C ₁₂ liquids (also CO ₂ , SO _x , NO _x and other less valuable byproducts);	(CH ₃) ₂ O ₂ S ₂ N ₄ is gasified and cleaned; 12C ₆ H ₁₄ +36O ₂ →72CO+30H ₂ ; there are also CO ₂ , SO _x , NO _x and other less valuable byproducts; CO+2H ₂ →CH ₃ OH		
Yield of feedstock (wt.)	74%	30%	74%	Naphtha 10% (the total yield of naphtha-value equivalent products is 42%)	Naphtha 9% (the total yield of naphtha-value equivalent products is 31%)		Naphtha 5% (the total yield of naphtha-value equivalent products is 18%)
Energy use (GJ/t feedstock) before deducting fossil energy use for electricity production (calorific value of feedstock excluded); all fossil energy	17	70	18	38	30	124	88
Electricity cogenerated (GJ/t feedstock)	0.2	20	0	0	0	36	19
Energy use (GJ/t feedstock) after deducting energy use for electricity production (calorific value of feedstock excluded); all fossil energy	17	34	18	38	30	59	53 (32 from coal and 21 from biomass)
References	[205]			[196]	[198, 202]		[191, 203]

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่เป็นส่วนเกินจะนำมาคิดโดยแนวทาง credit approach ซึ่งพลังงานไฟฟ้าจะสมมติให้มาจากโรงงานผลิตไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติที่พลังงานมีประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 55 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นมานี้จะถูกนำมาบวกหรือลบเพิ่มเข้ากับค่าพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลขึ้นอยู่กับว่า พลังงานไฟฟ้านั้นได้จากการนำเข้าหรือจากการผลิตไฟฟ้าร่วม บางกรณี เช่น การใช้ชีวมวลเป็นวัตถุดิบ ค่าพลังงานฟอสซิลรวมมีค่าติดลบ หมายความว่า ค่าพลังงานที่ป้อนเข้ามีค่าน้อยกว่าค่าพลังงานฟอสซิลที่ถูกปล่อยออก (พลังงานฟอสซิลบางส่วนไม่ได้ถูกนำไปใช้ เนื่องจาก การผลิตโดยใช้ชีวมวลสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมได้ ดังตารางที่ ก-4)

ตารางที่ ก-4 กระบวนการผลิตวัตถุดิบประเภทชีวมวล (Ren, T., 2009)

Biomass routes	Ligno FT Naphtha SC I	Ligno FT Naphtha SC II	Ligno MTO	Ligno ETE I	Ligno ETE II	Ligno ETE III	Maize Starch ETE	Sugar Cane ETE
Feedstocks	FT naphtha [204]		Methanol [204]	Ethanol [25, 27, 204]				
Feedstock Production	Fischer-Tropsch (via syngas)		Methanol production (via syngas)	Ethanol (C ₂ H ₅ O) production through hydrolysis and fermentation (no syngas involved)				
Main reactions	Lignocelluloses C ₆ H ₁₀ O ₅ is gasified; the products are syngas (a mixture of CO and H ₂) and a small amount of CO ₂ , CH ₄ and H ₂ O.		CO+2H ₂ →CH ₃ OH	Lignocelluloses (C ₆ H ₁₀ O ₅) _n +nH ₂ O→n(C ₆ H ₁₂ O ₆); Glucose/sugar C ₆ H ₁₂ O ₆ →2C ₂ H ₅ OH+2CO ₂ ; Sugar/starch 3C ₃ H ₁₀ O ₅ →5C ₂ H ₅ OH+5CO ₂				
	nCO+2nH ₂ →C ₂ H ₅ OH+nH ₂ O							
Yield of feedstock (wt.)	Naphtha 3% (the total yield of naphtha-value equivalent products is 12-14%)		49%	31%	25%	27%	46%	19%
Energy use GJ/t feedstock before deducting fossil energy use for electricity production (calorific value of feedstock excluded)	17 (fossil)	13 (fossil)	6 (fossil)	9 (fossil)	8 (fossil)	8 (fossil)	20 (fossil)	7 (fossil)
	100 (biomass-derived)	124 (biomass-derived)	21 (biomass-derived)	32 (biomass-derived)	47 (biomass-derived)	33 (biomass-derived)	9 (biomass-derived)	61 (biomass-derived)
Electricity cogenerated (GJ _e /t feedstock)	12	38	0	3	14	3	0	10
Energy use GJ/t feedstock after deducting fossil energy use for electricity production (calorific value of feedstock excluded)	-5 (fossil)	-56 (fossil)	6 (fossil)	4 (fossil)	-18 (fossil)	2 (fossil)	20 (fossil)	-11 (fossil)
	100 (biomass-derived)	124 (biomass-derived)	21 (biomass-derived)	32 (biomass-derived)	47 (biomass-derived)	33 (biomass-derived)	9 (biomass-derived)	61 (biomass-derived)

ปริมาณการใช้พลังงาน การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนประเภทของวัตถุดิบ (Feedstock) ตั้งต้น

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประกอบด้วย ค่า LHVs และค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซรวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตวัตถุดิบในขั้นตอนแรกดังตารางที่ ก-2 (น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ) ตารางที่ ก-3 (ถ่านหิน) และตารางที่ 7-4 (ชีวมวล) และข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์หรือขั้นตอนที่สองของแต่ละวิธีแสดงในตารางที่ ก-5 (น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ) ตารางที่ ก-6 (ถ่านหิน) และตารางที่ ก-7 (ชีวมวล)

ตารางที่ ก-5 กระบวนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์จากน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ

Primary energy sources	Crude Oil (see details and references in Chapter 2)				Natural gas (see details and references in Chapter 3)				
Routes	Oil Naphtha SC	Waste Naphtha SC	Oil Byproduct CC	Ethane SC	FT naphtha SC	Methane MTO	Methane MTP	Methane OCM I	Methane OCM II
Petrochemical Production	Steam cracking		Catalytic cracking	Steam cracking		Methanol dehydration		Oxidative coupling	
Reactions	C_5-C_{11} cracked into C_2H_4 , C_3H_6 , etc.		C_4-C_9 catalytically cracked into C_3H_6 , etc.	C_2H_6 cracked into C_2H_4	C_5-C_{11} cracked into C_2H_4 , C_3H_6 , etc.	$2CH_3OH \rightarrow H_3COCH_3 + H_2O$; H_3COCH_3 is dehydrated and the main products are C_2H_4 and C_3H_6 (in the case of MTP, no C_2H_4 is produced)		$2CH_4 + 1/2O_2 \rightarrow C_2H_6 + H_2O$; $C_2H_6 + 1/2O_2 \rightarrow C_2H_4 + H_2O$	
Yield (wt.) of HVCs as % of feedstocks	70%		50%	84%	75%	43%	40%	50% (19 GJ/t HVCs co-generated)	15% (148 GJ/t HVCs cogenerated)
Energy use (GJ/t HVCs); no electricity cogeneration except for Methane OCM I/II; calorific value of HVCs excluded	6		5	9	6	5	9	17 (energy use for electricity production 35 excluded)	14 (energy use for electricity production 269 excluded)

ตารางที่ ก-6 กระบวนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์จากถ่านหิน

Primary energy sources	Coal		
Routes	Coal MTO I, Coal MTO II and Coal MTO CCS	Coal Direct Naphtha SC	Coal FT Naphtha SC I, Coal FT Naphtha SC II and Coal-ligno FT Naphtha SC
Feedstock	Methanol	Naphtha	FT naphtha
Petrochemical Production	Methanol dehydration	Steam cracking	
Reactions	$2\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{H}_3\text{COCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$; H_3COCH_3 is dehydrated and the main products are C_2H_4 and C_3H_6	Fischer-Tropsch liquids ($\text{C}_5\text{-C}_{11}$) are cracked into C_2H_4 , C_3H_6 , etc.	
Yield (wt.) of HVCs as % of feedstock	43% (see details in Chapter 3 regarding MTO)	55% [201]	75% (see details in Chapter 2 regarding naphtha steam cracking)
Energy use (GJ/t HVCs); no electricity cogeneration; calorific value of HVCs excluded	5 (see details in Chapter 3 regarding MTO)	8 (higher than 6 in the right column because heavy naphtha is used; see details in Chapter 2 regarding naphtha steam cracking)	6 (in the case of Coal-ligno FT Naphtha SC, 3.6 comes from coal and 2.4 comes from biomass; see details in Chapter 2 regarding naphtha steam cracking)

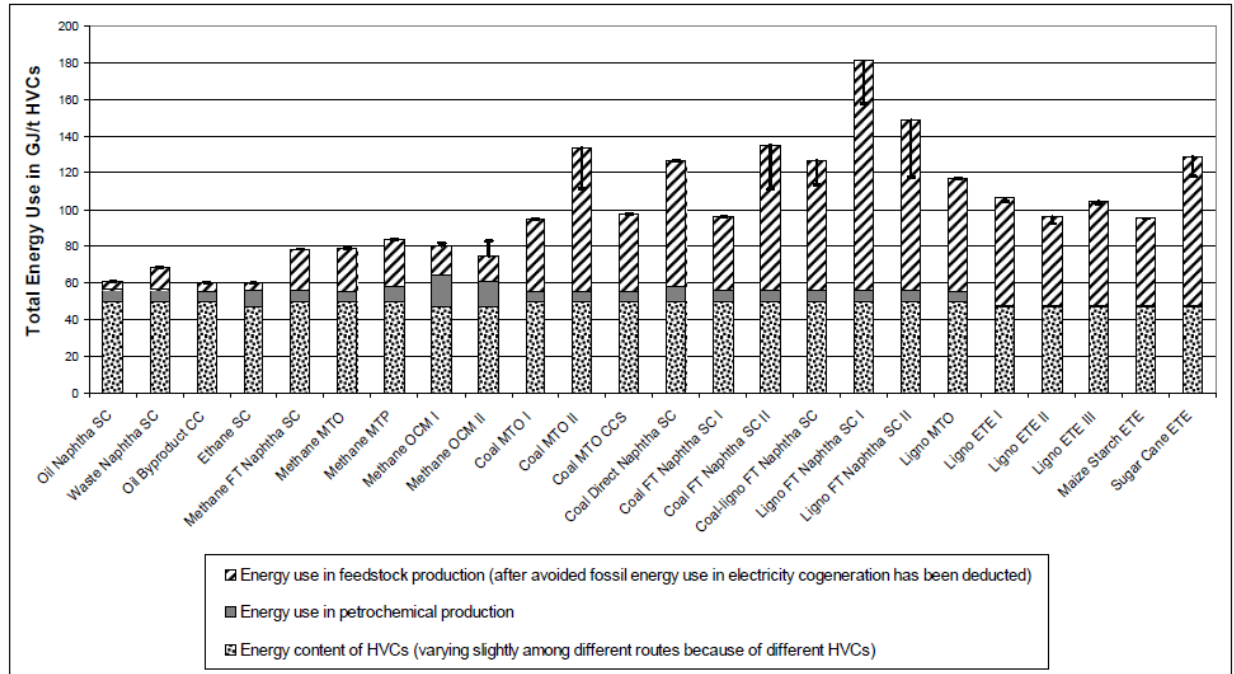
ตารางที่ ก-7 กระบวนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์จากชีวมวล

Primary energy source	Biomass							
Routes	Ligno FT Naphtha SC I	Ligno FT Naphtha SC II	Ligno MTO	Ligno ETE I	Ligno ETE II	Ligno ETE III	Maize Starch ETE	Sugar Cane ETE
Feedstock	FT naphtha		Methanol	Ethanol				
Petrochemical Production	Steam cracking		Methanol dehydration	Ethanol dehydration				
Reactions	$\text{C}_5\text{-C}_{11}$ is cracked into C_2H_4 , C_3H_6 , etc.		$2\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{H}_3\text{COCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$; H_3COCH_3 is dehydrated and the main products are C_2H_4 and C_3H_6	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$				
Yield of HVCs as % of feedstock (wt.)	75% (see details in Chapter 2 regarding naphtha steam cracking)		43% (see details in Chapter 3 regarding MTO)	61% [27]				
Energy use in the 2 nd step (GJ/t HVCs); electricity use negligible; calorific value of HVCs excluded	6 (biomass-derived energy; see details in Chapter 2 regarding naphtha steam cracking)		5 (fossil energy) (see details in Chapter 3 regarding MTO)	2 (fossil energy) [27]				
Total fossil energy use in the 1 st and 2 nd steps (GJ/t HVCs); calorific value of HVCs excluded	-6	-72	14	8	-27	4	37	-17
Total biomass-derived energy use in the 1 st and 2 nd steps (GJ/t HVCs); calorific value of HVCs excluded	137	170	53	51	76	54	12	100

ปริมาณการใช้พลังงานในวิถีแบบดั้งเดิมและวิถีแบบทางเลือก

การใช้พลังงานของแต่ละวิถีที่ได้อธิบายไปข้างต้นนั้นดังรูปที่ ก-1 เมื่อเปรียบเทียบในเชิงของปริมาณพลังงานที่ใช้ไปทั้งหมด (ประกอบด้วยพลังงานที่ได้จากฟอสซิลและชีวมวล) วิถีแบบเดิม (โดยน้ำมันดิบและอีเทน) มีการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด พลังงานรวมที่ใช้ของวิถีแบบเดิมคือ 60 GJ ต่อ HVCs 1 ton (พลังงานสะสมที่ใช้ในกระบวนการ 10 GJ ต่อ HVCs 1 ton บวกกับ ค่าพลังงานความร้อนของ HVCs คือ 50 GJ ต่อ HVCs 1 ton) ส่วนพลังงานรวมที่ใช้สำหรับ Waste Naphtha SC เป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากปริมาณการใช้ไฮโดรเจน

พลังงานรวมที่ใช้สำหรับวิถีผ่านมีเทนจากก๊าซธรรมชาติ คือ 80 GJ ต่อ HVCs 1 ton ซึ่งมีค่าร้อยละ 30 มากกว่าปริมาณที่ใช้ในวิถีแบบเดิม คือ การแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำของแนฟธา (แนฟธาผลิตจากน้ำมันดิบ) ซึ่งตรงกันข้ามกับการผลิตไฟฟ้ากระแสซึ่งมีแหล่งพลังงานจากหลายแหล่ง โดยที่โรงงานผลิตไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ (มีเทนเป็นส่วนมาก) มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด



รูปที่ ก-1 พลังงานรวมที่ใช้สำหรับการผลิต High-Value Chemicals (HVCs)

การใช้ พลังงานรวม จากวิธีโดยถ่านหินและชีวมวลมีค่าโดยคร่าวๆ เป็นร้อยละ 60 - 150 มากกว่าวิธีแบบเดิม พลังงานรวมที่ใช้ (ประกอบด้วย พลังงานที่ได้จากฟอสซิล และชีวมวล) ของเกือบทุกรูปแบบในวิธีโดยถ่านหินและชีวมวลอยู่ในช่วง 90 - 130 GJ ต่อ HVCs 1 ton

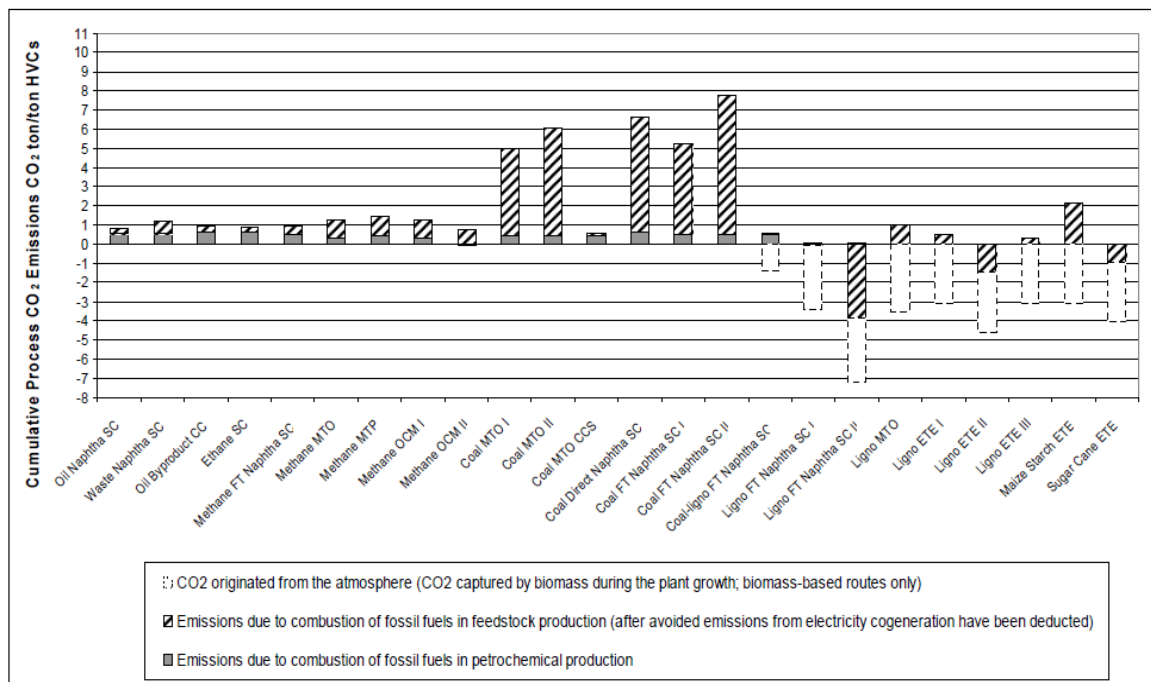
ส่วน พลังงานสะสมที่ใช้ในกระบวนการ ของวิธีโดยถ่านหินและชีวมวลเกือบทุกรูปแบบมีค่า 4 - 8 เท่ามากกว่าที่เกิดในวิธีแบบเดิม วิธีที่มีการใช้พลังงานสะสมในกระบวนการมากที่สุด คือ Ligno FT Naphtha SC I และ II พลังงานรวมที่ใช้ คือ 180 และ 150 GJ ต่อ HVCs 1 ton ทั้งนี้เพราะผลผลิตที่ต่ำ (ร้อยละ 12 - 14) จากการผลิตวัตถุดิบ (การผลิต FT naphtha) ที่เกิดขึ้นในวิธีนี้ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าวิธีอื่นๆ เกือบทุกวิธี ดังตารางที่ ก-2 – ก-4

การแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของ Coal MTO CCS ไม่ได้ทำให้เกิดความแตกต่างทางด้านการใช้พลังงานที่เห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับวิธีผ่านเมทานอลจากถ่านหินอีก 2 รูปแบบ และประมาณร้อยละ 6 ของถ่านหินที่ใช้ไปทั้งหมดในพลังงานตั้งต้นถูกใช้ไปกับการรีไซเคิลและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกดักจับใน Coal MTO CCS พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำให้แห้งและอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับประมาณ 0.4 GJ_e ต่อคาร์บอนไดออกไซด์ 1 ตัน พลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้ในการเผาไหม้สำหรับ Coal MTO CCS อยู่ที่ 3.2 GJ_e ต่อเมทานอล 1 ตัน (2.7 GJ_e จากการผลิตไฟฟ้ารวม และ 0.5 GJ_e จากการนำเข้า) พลังงานที่ใช้ในการแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกจำกัดเนื่องจากความเข้มข้นและการแรงดันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลังจากแก๊สซิฟิเคชันมีค่าสูงมาก

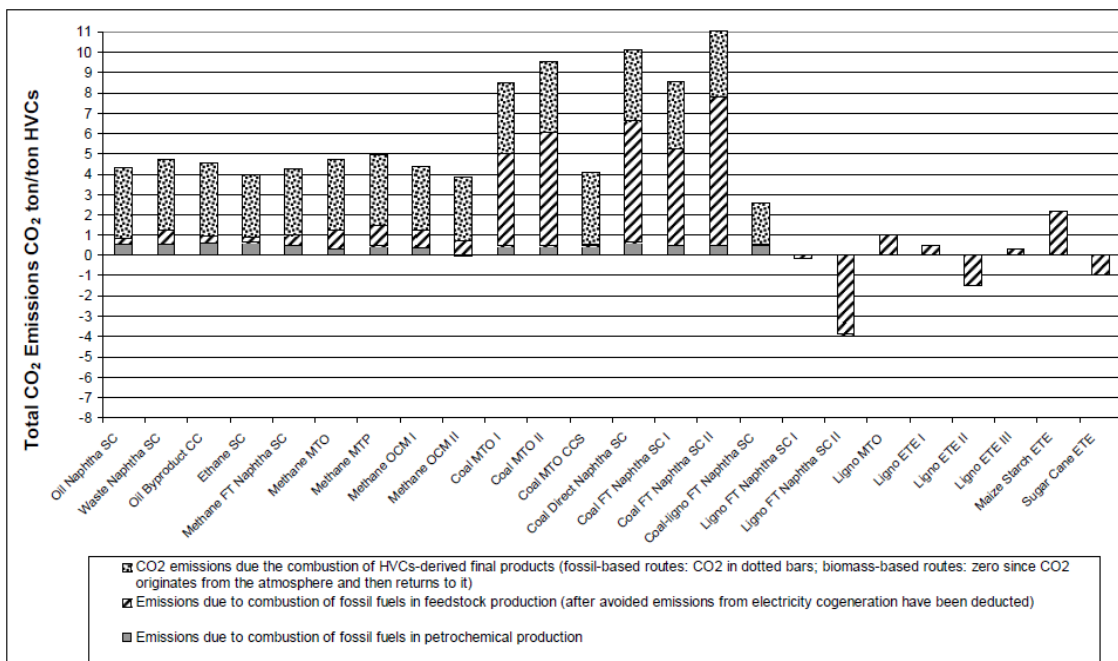
สำหรับการผลิตเอทานอลในวิธีผ่านเมทานอล ตารางที่ ก-2 แสดงให้เห็นว่า พลังงานสะสมที่ใช้ในกระบวนการเท่ากับ 29 ถึง 37 GJ ต่อเอทานอล 1 ตัน (หมายเหตุ: สำหรับ Sugar Cane ETE ใช้ 50 GJ ต่อตัน) หรือเทียบเป็นค่า 10 ถึง 18 GJ มากกว่าที่ใช้ในการผลิตเอทานอลจากมีเทนผ่านก๊าซสังเคราะห์ (18.5 GJ ต่อเอทานอล 1 ตัน) พลังงานที่ใช้ในการผลิตเอทานอลจากชีวมวลมีค่าสูงมากเนื่องจากการใช้พลังงานมากในการแยกเอทานอลจากน้ำที่หมักแล้วและยังให้ผลผลิตของเอทานอลที่ต่ำ ในขณะที่พลังงานสะสมที่ใช้ในกระบวนการเท่ากับ 29 ถึง 37 GJ ต่อเอทานอล 1 ตัน และมีค่ามากกว่าค่าพลังงานความร้อนของเอทานอล (26 GJ ต่อเอทานอล 1 ตัน) พลังงานจากเชื้อเพลิงโดยฟอสซิลใช้พลังงานเพียงแค่ 7 ถึง 20 GJ ต่อเอทานอล 1 ตัน ซึ่งก็ยังน้อยกว่าค่าพลังงานความร้อนของเอทานอล (26 GJ ต่อตัน) อยู่ 6 ถึง 19 GJ ต่อตัน เป็นการยืนยันว่า การผลิตเอทานอลจากชีวมวลไม่ได้นำพลังงานจากฟอสซิลมาใช้

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวิถีแบบดั้งเดิมและวิถีแบบทางเลือก

สำหรับวิถีผ่านชีวมวล แท่งสีขาวในรูปที่ ก-2 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณคาร์บอนใน HVCs จากชีวมวล ได้มาจากชั้นบรรยากาศ (คาร์บอนในอากาศถูกดักจับด้วยชีวมวลช่วงระหว่างที่พืชมีการเจริญเติบโต) และปล่อยคืนใน HVCs เมื่อผลิตภัณฑ์ที่มาจาก HVCs ถูกเผาไหม้ในการกำจัดขยะคาร์บอนที่อยู่ใน HVCs ก็จะถูกปล่อยออกมาในชั้นบรรยากาศและถือว่าหักล้างไปกับคาร์บอนที่ถูกดักจับไปในตอนแรกโดยชีวมวลดังรูปที่ ก-3 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตวัตถุดิบในการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในวิถีโดยชีวมวลหลายรูปแบบมีค่าเป็นติดลบ ทั้งนี้เนื่องจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตไฟฟ้าที่ไม่ได้นำมาคิดมีค่ามากกว่าปริมาณก๊าซที่ปล่อยในการใช้พลังงานจากฟอสซิล และดังกล่าวไว้ข้างต้น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตโดยโรงงานไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติและที่ผลิตรวมมักจะถูกหักลบจากการคำนวณได้ วิถีโดยชีวมวลบางรูปแบบก็ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าร่วมได้ และยิ่งพลังงานไฟฟ้าที่ถูกผลิตร่วมขึ้นมาจากวิถีโดยชีวมวลมากเท่าใด ปริมาณการปล่อยก๊าซก็จะถูกหักออกมากเท่านั้น วิถี Ligno FT Naphtha SC II ซึ่งสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมได้มากที่สุด และสามารถหักปริมาณก๊าซที่ปล่อยออกได้มากที่สุด



รูปที่ ก-2 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิต (Cradle-to-factory gate) ผลิตภัณฑ์ HVCs โดยใช้เทคโนโลยีทางเลือกประเภทต่างๆ



รูปที่ ก-3 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด (Cradle-to-grave) จากการผลิตผลิตภัณฑ์ HVCs โดยใช้เทคโนโลยีทางเลือกประเภทต่างๆ

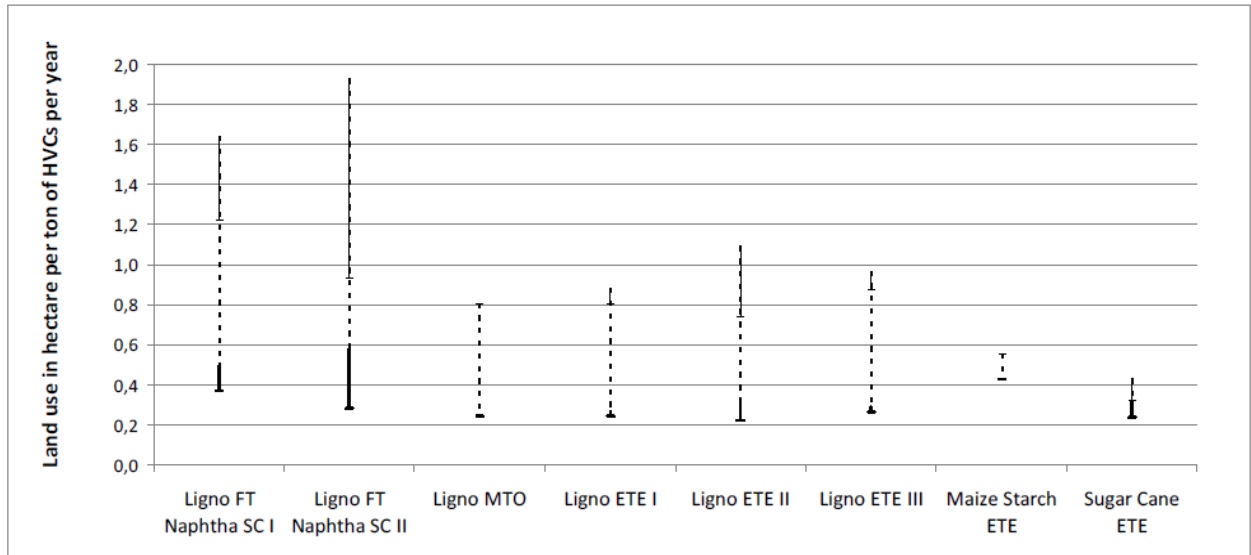
ปริมาณรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยจากวิธีแบบเดิมมีค่าคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 4 ตันต่อ HVCs 1 ตัน และก๊าซที่ปล่อยในวิธีผ่านมีเทนมีค่าร้อยละ 10 มากกว่าในวิธีแบบเดิม ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากวิธีโดยถ่านหินมีค่ามากที่สุด (คาร์บอนไดออกไซด์ 8 ถึง 11 ตันต่อ HVCs 1 ตัน) แต่ไม่รวมถึง Coal MTO CCS (ซึ่งก๊าซถูกดักจับและกักเก็บไว้) ซึ่งค่ารวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมามีค่าเกือบเท่ากับวิธีแบบดั้งเดิม ตัวดักจับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถมีและใช้งานได้กับทุกวิธีรวมถึงวิธีผ่านชีวมวล เพื่อลดปริมาณก๊าซที่ปล่อยออกมา

พลังงานที่ใช้ในการผลิตวัตถุดิบ (เนฟธา) จาก Methane FT Naphtha SC คือ 17 GJ ต่อเนฟธา 1 ตัน ซึ่งมีค่ามากกว่าเกือบ 6 เท่าของ Oil Naphtha SC (3 GJ ต่อเนฟธา 1 ตัน) อย่างไรก็ตามการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตเนฟธาโดยใช้วิธีจาก Methane FT Naphtha SC นั้นมีค่ามากกว่าแบบ Oil Naphtha SC เพียงเล็กน้อย ในกรณีของการผลิตเนฟธาจาก Methane FT Naphtha SC พลังงานเพียง 6 จาก 17 GJ ต่อตัน ได้จากการเผาไหม้มีเทนและที่เหลือ (11 GJ ต่อเนฟธา 1 ตัน) ได้จากออกซิเดชันบางส่วนของมีเทน การออกซิเดชันบางส่วนของมีเทนทำให้เกิดการรวมตัวเป็นน้ำและไฮโดรคาร์บอนเหลว แต่ไม่ก่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ ในกรณีของการผลิตเนฟธา

จากวิธี Oil Naphtha SC ใช้พลังงาน 3 GJ ต่อเนฟธา 1 ตันซึ่งได้จากการเผาไหม้ของก๊าซที่ได้จากการกลั่น และเนื่องจาก emission factor ของก๊าซมีเทนมีน้อยกว่าก๊าซที่ได้จากการกลั่น ดังนั้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาของ 2 วิธีนี้จึงแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

พื้นที่ที่ใช้สำหรับปลูกชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานหรือวัตถุดิบทางเลือกของการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์

เมื่อคำนวณการผลิตของชีวมวลในรูปของปริมาณต่อ 1 เฮกตาร์ต่อปี (tons/hectare/year) ในระยะกลาง (ปัจจุบัน - พ.ศ.2030) และ ระยะยาว (พ.ศ.2030 - 2050) สามารถประมาณการผลิตชีวมวลได้ดังนี้ สำหรับลิกโนเซลลูโลซิก 6 - 20 สำหรับข้าวโพด 7 - 9 และสำหรับอ้อย 20 - 27 tons/hectare/year ด้วยการใช้ข้อมูลเหล่านี้เราสามารถประเมินได้ว่า ต้องใช้พื้นที่มากขนาดไหนในการผลิต HVCs 1 ตัน ด้วยวิธีโดยชีวมวลดังรูปที่ ก-4 โดยรวมแล้ววิธีที่ใช้ชีวมวลเป็นวัตถุดิบจะใช้พื้นที่ประมาณ 0.3 - 0.8 เฮกเตอร์สำหรับการผลิต HVCs 1 ตันยกเว้น Ligno FT Naphtha SC I/II และ Ligno ETE II



รูปที่ ก-4 ปริมาณการใช้ที่ดินสำหรับการปลูกชีวมวลประเภทต่างๆ เพื่อการผลิต HVCs

อย่างไรก็ตาม ค่าซึ่งแสดงในรูปที่ ก-4 ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากผลผลิตของ HVCs จากชีวมวล 1 ตันที่นำเข้าสู่ถูกพิจารณา (การใช้ชีวมวลทั้งหมดถูกป้อนส่วนให้สำหรับ

การผลิต HVCs) ขณะที่วิธีอื่น (เช่น Ligno FT Naphtha SC I/II และ Ligno ETE II) สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมได้ปริมาณมาก ทำให้วิธี Ligno FT naphtha SC I/II และ Ligno ETE II ต้องใช้พื้นที่มากกว่า 1 เฮกเตอร์ในการผลิต HVCs 1 ตัน

พื้นที่ที่ใช้สำหรับวิธีโดยชีวมวลแบบลิกโนเซลลูโลซิก อาจจะต้องใช้ 0.2 - 0.4 เฮกเตอร์ต่อการผลิต HVCs 1 ตัน เนื่องจาก ชีวมวลแบบลิกโนเซลลูโลซิกให้ผลผลิตที่ 20 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี และช่วงระหว่าง 0.2 ถึง 0.4 ถือว่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ต้องใช้สำหรับชีวมวลในการผลิตเคมีภัณฑ์อื่นๆ ชีวมวลแบบลิกโนเซลลูโลซิกที่ให้ผลผลิตที่ 20 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี สามารถทำได้เฉพาะในสภาพพื้นที่ที่ดี เช่นมีการให้ปุ๋ย มีเทคโนโลยีที่พัฒนา สภาพอากาศและดิน ดังนั้นจึงยังเป็นสิ่งที่ท้าทาย เมื่อต้องทำให้ได้ผลผลิตที่ 0.2 - 0.4 เฮกเตอร์ต่อ HVCs 1 ตันต่อปี

ชีวมวลแต่ละชนิดเพาะปลูกได้ในพื้นที่ที่แตกต่างกัน ข้าวโพดและอ้อยเพาะปลูกได้ในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีคุณภาพสูง จึงให้ผลผลิตที่มากด้วย นอกจากนี้ยังยังสามารถเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีภูมิอากาศแบบร้อนและร้อนชื้น ส่วนลิกโนเซลลูโลซิกสามารถเพาะปลูกได้ในพื้นที่ที่มีคุณภาพต่ำ แต่สามารถได้มาจากขยะทางเกษตรกรรมและป่าไม้ (โดยทั่วไปแล้วป่าไม้ไม่เหมาะที่จะใช้ในการเพาะปลูก)

นอกจากเทคโนโลยีทางเลือกที่ได้อธิบายและกล่าวในส่วนต้นแล้ว ยังมีแนวทางของการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้กระบวนการอื่นอีก เช่น การใช้เทคโนโลยีก๊าซสังเคราะห์ (syngas technologies) เพื่อช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านการเปลี่ยนรูปวัตถุดิบเป็นเมทานอลและของเหลว FT โดยเฉพาะกระบวนการผลิตของเหลว FT มีรายงานการศึกษาว่า การเพิ่มประสิทธิภาพการรีไซเคิลคาร์บอนไดออกไซด์ (มีเทนทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อผลิตเป็นก๊าซสังเคราะห์) และการใช้ไฮโดรเจนในกระบวนการผลิตของเหลว FT ที่ใช้มีเทนและถ่านหินเป็นวัตถุดิบ สามารถลดการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เป็นศูนย์ และสำหรับการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ที่ใช้เส้นทางก๊าซสังเคราะห์ สามารถทำการรีไซเคิลคาร์บอนไดออกไซด์ได้ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาต่อ HVCs 1 ตันสามารถลดได้ถึงครึ่งหนึ่ง

วัตถุดิบที่เป็นของเหลวหนัก (Heavy liquid feedstocks) อย่างเช่น บิโธมินัสและแนฟธาหนักที่ได้จากทรายน้ำมันในแคนาดาและเวเนซุเอล่า สามารถนำมาใช้ผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์เปรียบเทียบยังไม่สามารถทำได้เนื่องจากไม่มีข้อมูลที่เพียงพอในขั้นตอนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ มีรายงานว่า พลังงานที่ใช้ในการกระบวนการผลิตบิโธมินัสและน้ำมันดิบจากทรายน้ำมัน (การผลิตวัตถุดิบ) มีค่าเท่ากับ 0.8 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อน้ำมัน 1 ตัน ส่วน และในขั้นตอนการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พลังงานยังไม่สมบูรณ์ พลังงานที่ใช้ในกระบวนการโดยวิธีผ่านทราย

น้ำมัน ประมาณ 32 GJ ต่อ HVCs 1 ตัน และค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาโดยรวมประมาณได้เท่ากับ 1.6 ตันต่อ HVCs 1 ตัน ส่วนค่าพลังงานรวมที่ใช้เท่ากับ 80 GJ ต่อ HVCs 1 ตัน และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์รวมไม่ต่ำกว่า 5.0 ตันต่อ HVCs 1 ตัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่า พลังงานที่ใช้และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาในวิถีโดยใช้ทรายน้ำมันมีค่ามากกว่าวิถีโดยก๊าซธรรมชาติเกือบทั้งหมด

นอกจากวิธีการผลิตเอทานอลโดยใช้ชีวมวลผ่านทางกระบวนการหมักโดยตรงและการสลายตัวด้วยน้ำที่ได้อธิบายในการวิเคราะห์ก่อนหน้านี้แล้วนั้น ยังมีความเป็นไปได้ของการผลิตเอทานอลจากกระบวนการก๊าซซิฟิเคชันของชีวมวลแบบลิกโนเซลลูโลสอีกด้วย โดยกระบวนการนี้เริ่มจากชีวมวลแบบลิกโนเซลลูโลสจะถูกก๊าซซิฟิเคชันเป็นก๊าซสังเคราะห์ซึ่งต่อมาถูกเปลี่ยนเป็นเอทานอลโดยใช้แบคทีเรีย (การหมัก) หรือโดยใช้การแปลงทางเคมี (ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา) อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายละเอียดเกี่ยวกับการก๊าซซิฟิเคชันของชีวมวล ซึ่งทำให้ไม่สามารถทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่าง 2 วิธีได้ ทั้งแบบหมักโดยตรงและการไฮโดรไลซิสของชีวมวล ในบทความต่างๆ มีการกล่าวถึงผลผลิตของเอทานอลที่ได้จากกระบวนการก๊าซซิฟิเคชันของชีวมวลแบบลิกโนเซลลูโลสไว้ ดังนี้

- ค่าผลผลิตของเอทานอลประมาณร้อยละ 30 โดยใช้จุลินทรีย์เป็นตัวเปลี่ยนชีวมวล และค่าผลผลิตของเอทานอลประมาณร้อยละ 22 โดยใช้จุลินทรีย์เป็นตัวเปลี่ยนชีวมวลแบบลิกโนเซลลูโลส และขยะในเมือง
- ค่าผลผลิตของเอทานอลประมาณร้อยละ 27 โดยใช้การเปลี่ยนทางเคมีของฟางของข้าวสาลี และค่าผลผลิตของเอทานอลประมาณร้อยละ 24 - 30 โดยใช้การเปลี่ยนทางเคมีของฟางข้าว

ผลผลิตจากกระบวนการก๊าซซิฟิเคชันของชีวมวลแบบลิกโนเซลลูโลสนี้ให้ผลที่ใกล้เคียงกับกระบวนการเอทานอล อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการก๊าซซิฟิเคชันต้องการพลังงานปริมาณมากกว่าในกระบวนการหมักโดยตรงหรือการสลายตัวด้วยน้ำ ซึ่งพลังงานที่ใช้และก๊าซที่ปล่อยออกมาจากวิถีก๊าซซิฟิเคชันน่าจะมีค่ามากกว่าในวิถีโดยการหมักและการสลายตัวด้วยน้ำซึ่งได้พูดถึงก่อนหน้านี้

จากข้อมูลรูปแบบเทคโนโลยีทางเลือกลงกล่าวข้างต้นจะเห็นว่า เทคโนโลยีในการผลิตโอเลฟินส์แบบใหม่ที่มีการใช้จริงกันในปัจจุบัน ได้แก่ เทคโนโลยีการเปลี่ยนเมทานอลเป็นโอเลฟินส์ (Methanol-To-Olefins: MTO) ซึ่งเมทานอลจะถูกผลิตมาจากมีเทนในก๊าซธรรมชาติ (ใช้ตัวเร่งของกระบวนการว่า Methane MTO) จากข้อมูลงานวิจัยของ Ren, T., 2009 รายงานว่า กระบวนการนี้จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตปิโตรเคมี (gate to gate) **น้อยกว่า** การใช้

เทคโนโลยีแบบการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำประมาณร้อยละ 43 - 55 อย่างไรก็ตาม ถ้าพิจารณาขอบเขตปริมาณการปล่อย CO₂ ที่เกิดจากกระบวนการผลิต feedstock (เมทานอล) และจากกระบวนการผลิตโอเลฟินส์ (cradle to gate) พบว่า ปริมาณ CO₂ รวมของกระบวนการ Methane MTO จะมีค่า **มากกว่า** เทคโนโลยีแบบการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำประมาณร้อยละ 42 - 49

นอกจากนี้เทคโนโลยีสำหรับผลิตโอเลฟินส์ที่ใช้วัตถุดิบตั้งต้นจากชีวมวลก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เริ่มมีการใช้จริงกันในปัจจุบัน กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่ใช้เอทานอลเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตโอเลฟินส์ การเปลี่ยนเอทานอลให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์ จะใช้กระบวนการ Catalytic Dehydration Ethanol เพื่อผลิตเป็นเอทิลีนและโพรพิลีน โดยวัตถุดิบตั้งต้นที่ใช้ผลิตเอทานอลอย่างแพร่หลาย ได้แก่ อ้อยและแป้งข้าวโพด โดยนำมาผ่านกระบวนการหมักชีวมวลโดยตรง (direct fermentation) เพื่อเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นเอทานอลภายใต้สภาวะไม่ใช้ออกซิเจน จากข้อมูลงานวิจัยของ Ren, T., 2009 รายงานว่า กระบวนการนี้จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการ (gate to gate) **น้อยกว่า** เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีเดิมแบบการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำ แต่หากพิจารณาขอบเขตปริมาณการปล่อย CO₂ ที่เกิดจากกระบวนการผลิต feedstock (เอทานอล) และจากกระบวนการผลิตโอเลฟินส์ (cradle to gate) พบว่า ปริมาณ CO₂ รวมของการผลิตโอเลฟินส์ที่ใช้วัตถุดิบตั้งต้นจากชีวมวลจะมีค่า **มากกว่า** เทคโนโลยีเดิมแบบการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำ ประมาณ 5 - 9 เท่า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นแป้งข้าวโพด และประมาณ 1 - 3 เท่า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นอ้อย นอกจากนี้ถ้าพิจารณาถึงขอบเขตการปล่อย CO₂ โดยรวมช่วงการกำจัดซากด้วยการเผาไหม้ด้วย (cradle to grave) พบว่า ปริมาณ CO₂ รวมของการผลิตโอเลฟินส์ที่ใช้วัตถุดิบตั้งต้นจากชีวมวลจะมีค่า **น้อยกว่า** เทคโนโลยีเดิมแบบการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำประมาณ 6 เท่า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นแป้งข้าวโพด และประมาณ 3 เท่า สำหรับวัตถุดิบที่เป็นอ้อย

กล่าวโดยสรุปสำหรับการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีทางเลือกสำหรับการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์แบบต่างๆ แสดงให้เห็นว่า การผลิตเคมีภัณฑ์มูลค่าสูง (HVCs หรือ เคมีภัณฑ์ซึ่งเทียบเท่าโอเลฟินส์) โดยใช้วัตถุดิบประเภทถ่านหินและชีวมวลกลายเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจแทนที่การผลิตแบบดั้งเดิมซึ่งใช้แนฟธาเป็นวัตถุดิบ และในส่วนของเปรียบเทียบในด้านการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการผลิตปิโตรเคมีภัณฑ์แบบใช้วัตถุดิบทางเลือกใหม่และแบบใช้วัตถุดิบแบบเดิม พบว่า การผลิตโดยใช้วัตถุดิบและเทคโนโลยีแบบเดิมใช้พลังงานรวมน้อยที่สุด (ประมาณ 60 GJ ต่อดัน) ในขณะที่พลังงานที่ใช้ในการผลิต HVCs โดยใช้วัตถุดิบทางเลือกมีเทนและถ่านหิน/ชีวมวลมีค่าสูงกว่าร้อยละ 30 และร้อยละ 60 ตามลำดับ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้วัตถุดิบแบบเดิมและใช้มีเทนมีค่าอยู่ที่ประมาณ 4 ถึง 5 ตันต่อ HVCs 1 ตัน ในขณะที่การใช้วัตถุดิบเป็นชีวมวล

โดยเปลี่ยนรูปเป็นเอทานอลจากข้าวโพดจะมีค่าอยู่ที่ 2 ตันต่อ HVCs 1 ตัน และแบบนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในการผลิตไฟฟ้ารวม โดยเปลี่ยนรูปจากชีวมวลประเภท lignocellulosic เป็น Fish-Tropsch จะอยู่ที่ 4 ตันต่อ HVCs 1 ตัน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาโดยใช้วัตถุดิบเป็นถ่านหินมีปริมาณมากที่สุด (8 ถึง 11 ตันต่อ HVCs 1 ตัน) และมีข้อยกเว้นในกรณีของวิธีที่มีการใช้เทคโนโลยีการดักและเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งถือว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมามีค่าเท่ากับที่ปล่อยออกมาโดยใช้วัตถุดิบเป็นเนฟทาแบบเดิม

ภาคผนวก ข

ประเภทมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ตาราง ข มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

มาตรการ	แผนการดำเนินมาตรการของโรงงาน		
	มี	ไม่มี	
		มีความเป็นไปได้	ไม่มีความเป็นไปได้
การประหยัดพลังงานไฟฟ้า			
การปรับปรุงกระบวนการผลิต			
1.ลดอากาศอัดรั่วซึมของระบบอัดอากาศ			
2.ปรับปรุงระยะเวลาการเดินเครื่อง อาทิ			
2.1 ปรับลดระยะเวลาการ Blending			
2.2ปรับลดระยะเวลาการเดินเครื่อง Blower			
3.การปรับปรุงวิธีการกลั่นวัตถุดิบ			
4.ควบคุมอัตราส่วนไฮโดรเจน ต่อ ไฮโดรคาร์บอน			
5.ลดการใช้ Pump ในการส่งการ/ผลิตภัณฑ์ อาทิ			
5.1 การปรับให้มีการเชื่อมต่อของสารถึงกระบวนการผลิตต่อไปโดยตรง			
5.2 ใช้ระบบ Gravity Flow			
6.ลดค่าใช้จ่ายโดยกำหนดให้บางกระบวนการดำเนินการในช่วง Off peak			
7.หยุดการใช้ Cooling fan ในช่วงที่ไม่มี Heat load ในระบบ อาทิ การ Shutdown			
การเลือกใช้/ ปรับเปลี่ยน/ ปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์			
8.กำหนดการใช้เครื่อง Chiller ที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นเครื่องจักรหลัก			
9.การเปลี่ยนบัลลัสต์แกนเหล็กเป็นบัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์			
10.ติดตั้งปั๊ม PGO ขนาดเล็กสำหรับกระบวนการผลิตไอน้ำ			
11.ปรับปรุง/ปรับเปลี่ยนการทำงานของเครื่องปรับอากาศ อาทิ			
11.1 ปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม			
11.2 เปลี่ยนระบบเครื่องปรับอากาศจากระบบส่วนรวม (Central type) เป็นระบบแยกส่วน (Split type)			
11.3 ติดตั้งที่ปรับตั้งอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเป็นดิจิทัลเพื่อลดการขัดข้องของการตัดต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศ			
11.4 ลดเวลาการใช้งานลงในช่วงเวลาที่ไม่จำเป็น			
12. ย้ายโหลดหม้อแปลงเพื่อลดความสูญเสียที่แกนเหล็ก			
13. ลดปริมาณการใช้พลังงานของอุปกรณ์ อาทิ Recycle gas, compressor และใบกวน			
14. ปรับปรุงหลอดไฟฟ้าเพื่อประหยัดพลังงาน อาทิ การใส่ Reflector ร่วมกับหลอดซูปเปอร์และเปลี่ยนไปใช้บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ทดแทนระบบไฟฟ้า แสงสว่างเดิมที่มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเป็นอันมาก			
15.ติดตั้ง Inverter แทนถ่วงลมที่ใช้ควบคุม Air fan cooler			

มาตรการ	แผนการดำเนินการของโรงงาน		
	มี	ไม่มี	
		มีความเป็นไปได้	ไม่มีความเป็นไปได้
การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม			
16.การลดการใช้แสงสว่างบางส่วนในพื้นที่ที่ไม่จำเป็น			
การประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง			
17.การปรับสัดส่วนการใช้ก๊าซเชื้อเพลิงต่อน้ำมันเชื้อเพลิง			
18.ลดจำนวนครั้งของการ Decoke ของ Cracking furnace			
19.ปรับลดการใช้ LPG ให้เหมาะสม			
20.เปลี่ยนเครื่องอุ่นอากาศสำหรับ Boiler จากชนิดท่อ (TAH) เป็นชนิดหมุน (RAH) เพื่อทดแทน TAH ที่ชำรุดและเพิ่มประสิทธิภาพให้กับ Boiler			
การประหยัดพลังงานไอน้ำ			
21.การตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของ Steam trap			
22.การลดไอน้ำสูญเสียจาก Steam trap ที่ชำรุดและติดตั้งไม่เหมาะสม			
การประหยัดพลังงานความร้อน			
การปรับปรุงกระบวนการ			
23.ซ่อมแซมเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ชำรุดเสียหาย อาทิ			
23.1 Refractory ภายใน Fire box ของ Cracking furnace			
23.2 เพิ่มฉนวน Boiler duct casing เพื่อชดเชยส่วนที่ชำรุด			
24.เปลี่ยนท่อไอน้ำและฉนวนที่หุ้มท่อไอน้ำ			
25.ปรับอากาศส่วนที่เกินของหม้อต้มน้ำมันร้อนให้ได้ค่าประมาณ 6%			

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามข้อมูลจากโรงงาน



แบบสอบถามโครงการการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก

ประเทศไทยถูกจัดอันดับเป็นประเทศที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับ 24 ของโลก จากสถาบันทรัพยากรโลกในปี 2548 แม้ว่าประเทศไทยไม่ได้ถูกจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้พิธีสารเกียวโตภายในระยะเวลาที่กำหนด แต่ก็มีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้นเนื่องจากการใช้พลังงานมากขึ้นตามการเติบโตทางเศรษฐกิจ ดังนั้นประเทศไทยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเตรียมข้อมูล และมีแนวทางที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยไม่กระทบต่อการพัฒนาประเทศ และเป็นการเตรียมความพร้อมที่จะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเจรจาต่อรองในวาระที่สองได้อย่างชัดเจนด้วย ดังนั้นการศึกษารายละเอียดภาพรวมของภาคอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ถือเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญเนื่องจาก อุตสาหกรรมปิโตรเคมีเป็นกลุ่มมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ มีบทบาทในการพัฒนาและยกระดับฐานะทางเศรษฐกิจของประเทศ และจัดอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่เป็นอันดับต้นๆ ของกลุ่มการผลิตที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากและมีแนวโน้มกำลังขยายตัวสูง เป้าหมายหลักของการศึกษานี้ เพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากภาคอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และศึกษาศักยภาพรวมถึงแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทย เพื่อให้มีข้อมูลสำหรับการวางแผนนโยบายมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ และการสร้างแรงจูงใจให้ภาคอุตสาหกรรมร่วมดำเนินการและสามารถยังคงความสามารถในการแข่งขันในการประกอบกิจการอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในระยะยาว

แบบสอบถามชุดที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

1. ข้อมูลโรงงาน

ชื่อโรงงาน/บริษัท.....
สถานที่ตั้ง.....

โทรศัพท์.....โทรสาร.....
เว็บไซต์.....

กรรมการผู้จัดการ/ผู้บริหาร.....

ผู้ให้ข้อมูล.....ตำแหน่ง.....

โทรศัพท์.....อีเมล.....

ลักษณะการประกอบกิจการ

- บริษัทมหาชน
- กิจการร่วมทุนในกลุ่มคนไทย
- กิจการร่วมทุนกับต่างชาติ (ระบุดัชนีส่วนไทย _____%)
- อื่นๆ (โปรดระบุ)_____

รายการสินค้า (โปรดระบุ) _____

ระบบบริหารจัดการ

- ISO 9001
- ISO 14001
- อื่นๆ (ระบุ) _____

2. กำลังการผลิต (Capacity)

ผลิตภัณฑ์	หน่วย	2548	2549	2550	2551	2552	2553

3. ผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์พลอยได้ (Products and Co-products)

ผลิตภัณฑ์	หน่วย	2548	2549	2550	2551	2552	2553
ผลิตภัณฑ์พลอยได้	หน่วย	2548	2549	2550	2551	2552	2553

4. บัญชีรายการสารขาเข้า (Input Inventory)

4.1 วัตถุดิบ/สารเคมีอื่น ๆ

วัตถุดิบ	หน่วย	2548	2549	2550	2551	2552	2553
สารเคมีอื่น ๆ	หน่วย	2548	2549	2550	2551	2552	2553

4.2 พลังงานและสาธารณูปโภค

พลังงานและ สาธารณูปโภค	แหล่งที่มา	ประเภท เชื้อเพลิง	หน่วย	2548	2549	2550	2551	2552	2553

4.3 เชื้อเพลิง ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงและองค์ประกอบในเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

เชื้อเพลิง	หน่วย	2548	2549	2550	2551	2552	2553
1. _____							
ปริมาณ							
ค่าความร้อน							
องค์ประกอบเชื้อเพลิง							
2. _____							
ปริมาณ							
ค่าความร้อน							
องค์ประกอบเชื้อเพลิง							
3. _____							
ปริมาณ							
ค่าความร้อน							
องค์ประกอบเชื้อเพลิง							

5. บัญชีรายการสารขาออก (Output Inventory)

5.1 มลสารทางน้ำ

มลสารทางน้ำ	หน่วย	2548	2549	2550	2551	2552	2553

5.2 มลสารทางอากาศ

มลสารทางอากาศ	หน่วย	2548	2549	2550	2551	2552	2553

5.3 กากของเสีย

กากของเสีย	หน่วย	2548	2549	2550	2551	2552	2553

แบบสอบถามชุดที่ 2

ข้อมูลการใช้พลังงานและอนุรักษ์พลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

1. การเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต

1.1 มีระบบการจัดการและควบคุมการใช้พลังงานหรือไม่ (Energy management system)

- ถ้ามีโปรดระบุตัวเลขเป้าหมาย (Energy benchmarking) ของประสิทธิภาพการใช้พลังงานในแต่ละปีที่ได้วางแผนไว้

อัตราการใช้พลังงานทั้งโรงงาน (GJ/Year)					เป้าหมายการลดการใช้พลังงานเทียบกับปี 2005 (%)		
2005	2006	2007	2008	2009	ระยะต้น (1-5 ปี) (2010-2015)	ระยะกลาง (5-10ปี) (2016-2020)	ระยะยาว (10 ปีขึ้นไป) (2020-2050)

- ถ้าไม่มี ท่านมีแผนที่จะนำระบบนี้เข้ามาใช้หรือไม่ เมื่อไหร่และอย่างไร

.....

.....

.....

.....

ชนิดของพลังงานที่ใช้ (โปรดทำเครื่องหมายที่หัวข้อที่ตรงกับโรงงานท่าน)

1. ไฟฟ้า ปริมาณที่ใช้ _____ GJ/Year

- ส่วนที่โรงงานผลิตไฟฟ้าใช้เอง _____ (%)

- ส่วนที่โรงงานผลิตไฟฟ้าขายออกไป _____ (%)

- ส่วนที่โรงงานซื้อไฟฟ้ามาใช้ _____ (%)

2. น้ำมันเตา ปริมาณที่ใช้ _____ GJ/Year

- ส่วนที่นำมาใช้ผลิตไฟฟ้า _____ GJ/Year

- ส่วนที่เหลือนำมาใช้ในระบบอะไร (ระบุ) _____

3. น้ำมันดีเซล ปริมาณที่ใช้ _____ GJ/Year

- ส่วนที่นำมาใช้ผลิตไฟฟ้า _____ GJ/Year

- ส่วนที่เหลือนำมาใช้ในระบบอะไร (ระบุ) _____

4. ก๊าซ LPG ปริมาณที่ใช้ _____ GJ/Year
 - ส่วนที่นำมาใช้ผลิตไฟฟ้า _____ GJ/Year
 - ส่วนที่เหลือนำมาใช้ในระบบอะไร (ระบุ) _____
5. ก๊าซ NG ปริมาณที่ใช้ _____ GJ/Year
 - ส่วนที่นำมาใช้ผลิตไฟฟ้า _____ GJ/Year
 - ส่วนที่เหลือนำมาใช้ในระบบอะไร (ระบุ) _____
6. ถ่านหิน ปริมาณที่ใช้ _____ GJ/Year
 - ส่วนที่นำมาใช้ผลิตไฟฟ้า _____ GJ/Year
 - ส่วนที่เหลือนำมาใช้ในระบบอะไร (ระบุ) _____
7. อื่นๆ (โปรดระบุ) _____ ปริมาณที่ใช้ _____ GJ/Year

1.2 ระบบแสงสว่าง (Lighting System)

มาตรการลดพลังงานในระบบแสงสว่างของโรงงาน	มี/ไม่มี	หมายเหตุ
การหรี่แสงไฟ		
การควบคุมการเปิด-ปิดไฟ		
การเลือกใช้หลอดไฟ/อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน		
การบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ		
อื่นๆ (โปรดระบุ)		

อัตราการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง ทั้งโรงงาน (GJ/Year)					เป้าหมายการลดการใช้พลังงานเทียบกับปี 2005 (%)		
2005	2006	2007	2008	2009	ระยะต้น (1-5 ปี) (2010-2015)	ระยะกลาง (5-10ปี) (2016-2020)	ระยะยาว (10 ปีขึ้นไป) (2020-2050)

1.3 ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning System)

มาตรการ	มี/ไม่มี	หมายเหตุ
การออกแบบโรงงาน		
- ติดตั้งฉนวนเพื่อกันความร้อนที่ผนังและหลังคา		
- มีแผงกันแดด กันสาดที่หน้าต่าง		
- มีการควบคุมการปรับอากาศเป็นส่วนๆ (Zoning)		
การออกแบบอุปกรณ์		
- เลือกชนิด ขนาดของระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับโหลดทำความเย็น		
- ใช้ระบบทำความเย็นส่วนกลาง (Central system)		
การควบคุมการทำงาน		
- เลือกใช้เทอร์โมสตัทที่ประสิทธิภาพสูงและติดตั้งในตำแหน่งเหมาะสม		
- การควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ (Intelligent control)		
- การบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ		
อื่นๆ (โปรดระบุ)		

อัตราการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ทั้งโรงงาน (GJ/Year)					เป้าหมายการลดการใช้พลังงานเทียบกับปี 2005 (%)		
2005	2006	2007	2008	2009	ระยะต้น (1-5 ปี) (2010-2015)	ระยะกลาง (5-10ปี) (2016-2020)	ระยะยาว (10 ปีขึ้นไป) (2020-2050)

1.4 หม้อต้มน้ำ (Boiler)

จำนวนหม้อต้มน้ำที่มีในโรงงานทั้งหมด ____ ตัว

ชนิดของพลังงานที่ใช้สำหรับหม้อต้มน้ำ (โปรดทำเครื่องหมายที่หัวข้อที่ตรงกับโรงงานท่าน)

1. ไฟฟ้า ปริมาณที่ใช้ ____ GJ/Year
2. น้ำมันเตา ปริมาณที่ใช้ ____ GJ/Year
3. น้ำมันดีเซล ปริมาณที่ใช้ ____ GJ/Year
4. ก๊าซ LPG ปริมาณที่ใช้ ____ GJ/Year
5. ก๊าซ NG ปริมาณที่ใช้ ____ GJ/Year
6. ถ่านหิน ปริมาณที่ใช้ ____ GJ/Year
7. อื่นๆ (โปรดระบุ) ปริมาณที่ใช้ ____ GJ/Year

อัตราการใช้พลังงานในหม้อต้มน้ำ (GJ/Year)					เป้าหมายการลดการใช้พลังงานเทียบกับปี 2005 (%)		
2005	2006	2007	2008	2009	ระยะต้น (1-5 ปี) (2010-2015)	ระยะกลาง (5-10ปี) (2016-2020)	ระยะยาว (10 ปีขึ้นไป) (2020-2050)

* ในกรณีที่โรงงานไม่มีข้อมูลการใช้พลังงานของหม้อต้มน้ำแต่ละตัว ให้โปรดระบุข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวมของระบบหม้อต้มน้ำทั้งหมดของโรงงานแทนได้

โปรดทำเครื่องหมายหรือให้ข้อมูลที่หัวข้อของมาตรการลดการใช้พลังงานที่ตรงกับโรงงานของท่าน

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____(GJ)				งบประมาณที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลาปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
1	ปรับปรุงกระบวนการควบคุม (Improved process control)											
2	ตรวจสอบรอยรั่วไหล (Repair leaks)											
3	ลดปริมาณก๊าซไอเสีย (Reduced flue gas quantity)											
4	ลดปริมาณอากาศส่วนเกิน (Reduced excess air)											
5	ปรับปรุงฉนวน (Improved insulation)											

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____(GJ)				งบประมาณที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลาปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
6	การนำก๊าซไอเสียกลับมาใช้ใหม่ (Flue gas heat recovery)											
7	การนำความร้อนทิ้งจากโบลว์ดาวน์กลับมาใช้ใหม่ (Blowdown steam heat recovery)											
8	ใช้เชื้อเพลิงทางเลือก (Alternative fuels)											
9	อื่นๆ (ระบุ)											

* ความเป็นไปได้ในการนำมาตรการนี้มาใช้ในโรงงาน โปรดระบุเหตุผลสำหรับอุปสรรคหรือปัญหาที่ท่านคิดว่าทำให้ไม่สามารถนำมาตรการนี้มาใช้กับโรงงานของท่านได้

1.5 ระบบส่งจ่ายไอน้ำ (Steam Distribution System)

* ความเป็นไปได้ในการนำมาตรการนี้มาใช้ในโรงงาน โปรดระบุเหตุผลสำหรับอุปสรรคหรือปัญหาที่ท่านคิดว่าทำให้ไม่สามารถนำมาตรการนี้มาใช้กับโรงงานของท่านได้

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____ (GJ)				งบประมาณที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลาปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
1	ปรับปรุงฉนวนหุ้ม (Improved insulation)											
2	การปรับปรุงอุปกรณ์ดักไอน้ำควบแน่น (Improved Steam Traps)											
3	การบำรุงรักษาอุปกรณ์ดักไอน้ำควบแน่น (Maintenance Steam Traps)											
4	การควบคุมตัวดักไอน้ำควบแน่นอัตโนมัติ (Automatically monitoring of steam trap)											

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____(GJ)				งบประมาณที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลาปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
5	ซ่อมจุดรั่วไหล (Repair leaks)											
6	การนำความร้อนไอน้ำฉับพลันกลับมาใช้ใหม่ (Recover flash steam)											
7	การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่ (Return condensate)											
8	อื่นๆ (ระบุ)											

1.6 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchangers)

จำนวน Heat exchangers ที่มีในโรงงานทั้งหมด _____ ตัว

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการ ในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____ (GJ)				งบประมาณ ที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลา ปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
1	การบำรุงรักษา หัวเผาในเตาเผา (Burner)											
2	การอุ่นอากาศ (Air preheating)											
3	ติดตั้งหัวเผาใหม่ (New burner)											
4	อื่นๆ (ระบุ)											

* ความเป็นไปได้ในการนำมาตรการนี้มาใช้ในโรงงาน โปรดระบุเหตุผลสำหรับอุปสรรคหรือปัญหาที่ท่านคิดว่าทำให้ไม่สามารถนำมาตรการนี้มาใช้กับโรงงานของท่านได้

1.7 กระบวนการให้ความร้อน (Process Heater)

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____(GJ)				งบประมาณที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลาปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
1	การปรับปรุงระบบส่งถ่ายความร้อนจากปัญหาการอุดตัน (Heat transfer fouling)											
2	การบูรณาการระบบ (Process integration) เช่น การใช้ Pinch technology											

* ความเป็นไปได้ในการนำมาตรการนี้มาใช้ในโรงงาน โปรดระบุเหตุผลสำหรับอุปสรรคหรือปัญหาที่ท่านคิดว่าทำให้ไม่สามารถนำมาตรการนี้มาใช้กับโรงงานของท่านได้

1.8 มอเตอร์ (Motors)

จำนวน Motors ที่มีในโรงงานทั้งหมด _____ ตัว

มอเตอร์ ลำดับที่	อัตราการใช้พลังงานของมอเตอร์ (GJ/Year)					เป้าหมายการลดการใช้พลังงานเทียบกับปี 2005 (%)		
	2005	2006	2007	2008	2009	ระยะต้น (1-5 ปี) (2010-2015)	ระยะกลาง (5-10ปี) (2016-2020)	ระยะยาว (10 ปีขึ้นไป) (2020-2050)
1								
2								
3								
4								
5								
รวม *								

* ในกรณีที่โรงงานไม่มีข้อมูลการใช้พลังงานของมอเตอร์แต่ละตัว ให้โปรตรระบุข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวมของมอเตอร์ทั้งหมดของโรงงานแทนได้

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____ (GJ)				งบประมาณที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลาปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
1	การปรับขนาดของมอเตอร์ (Sizing of motors)											
2	การใช้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง (High efficiency motors)											
3	การควบคุมตัวประกอบกำลัง											
4	การควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอ (Voltage unbalance)											
5	Adjustable speed drive (ASDs)** หรือ Variable speed drives (VSDs)											
6	อื่นๆ (ระบุ)											

* ความเป็นไปได้ในการนำมาตรการนี้มาใช้ในโรงงาน โปรดระบุเหตุผลสำหรับอุปสรรคหรือปัญหาที่ท่านคิดว่าทำให้ไม่สามารถนำมาตรการนี้มาใช้กับโรงงานของท่านได้

** Adjustable speed drive (ASDs) เหมาะสมกับมอเตอร์ที่ใช้กำหนดความเร็วรอบในการทำงาน เช่น อุปกรณ์หมุนเหวี่ยง (Centrifuge), เครื่องสูบน้ำ (Pump), ใบพัด (Fan), เครื่องอัดอากาศ (Compressor)

1.9 อุปกรณ์สูบน้ำ (Pumps)

จำนวน pumps ที่มีในโรงงานทั้งหมด _____ ตัว

Pumps ลำดับที่	อัตราการใช้พลังงานของ pumps (GJ/Year)					เป้าหมายการลดการใช้พลังงานเทียบกับปี 2005 (%)		
	2005	2006	2007	2008	2009	ระยะต้น (1-5 ปี) (2010-2015)	ระยะกลาง (5-10ปี) (2016-2020)	ระยะยาว (10 ปีขึ้นไป) (2020-2050)
1								
2								
3								
4								
5								
รวม *								

* ในกรณีที่โรงงานไม่มีข้อมูลการใช้พลังงานของปั๊มแต่ละตัว ให้ไปรตะระบุข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวมของปั๊มทั้งหมดของโรงงานแทนได้

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____ (GJ)				งบประมาณที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลาปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
1	การควบคุมการทำงานและซ่อมบำรุง (Operation and maintenance)											
2	การติดตามตรวจสอบ (Monitoring)											
3	การลดจำนวนการใช้อุปกรณ์สูบน้ำ (Reduce need)											
4	การใช้เครื่องสูบน้ำที่มีประสิทธิภาพ (More efficient pumps)											
5	การใช้อุปกรณ์สูบน้ำหลายตัวใหม่ (Use multiple pump)											

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____(GJ)				งบประมาณที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลาปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
6	การปรับปรุงแก้ไขและเลือกขนาดอุปกรณ์สูบน้ำให้เหมาะสมกับการทำงาน (Correct sizing of pump and matching pump to intended duty)											
7	การตกแต่งใบพัด (Trimming impeller of shaving shaves)											
8	การควบคุมการทำงาน (Controls)											
9	Adjustable speed drive (ASDs) หรือ Variable speed drives (VSDs)											

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____(GJ)				งบประมาณที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลาปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
10	การหลีกเลี่ยงการใช้วาล์วลดความดัน (Avoid throttling valve)											
11	การใช้ขนาดท่อให้เหมาะสม (Correct size of pipes)											
12	การเปลี่ยนสายพาน (Replace belt drives)											
13	การเคลือบวัสดุ การพ่นสาร เพื่อใช้เกิดความเรียบ (Precision castings, surface coatings)											
14	การปิดรอยเชื่อมต่อ หรือรอยรั่ว (Sealing)											
15	อื่นๆ (ระบุ)											

* ความเป็นไปได้ในการนำมาตรการนี้มาใช้ในโรงงาน โปรดระบุเหตุผลสำหรับอุปสรรคหรือปัญหาที่ท่านคิดว่าทำให้ไม่สามารถนำมาตรการนี้มาใช้กับโรงงานของท่านได้

1.10 เครื่องอัดอากาศ(Compressors)

จำนวนเครื่องอัดอากาศที่มีในโรงงานทั้งหมด _____ ตัว

เครื่องอัด อากาศ ลำดับที่	อัตราการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศ (GJ/Year)					เป้าหมายการลดการใช้พลังงานเทียบกับปี 2005 (%)		
	2005	2006	2007	2008	2009	ระยะต้น (1-5 ปี) (2010-2015)	ระยะกลาง (5-10ปี) (2016-2020)	ระยะยาว (10 ปีขึ้นไป) (2020-2050)
1								
2								
3								
4								
5								
รวม *								

* ในกรณีที่โรงงานไม่มีข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศแต่ละตัว ให้โปรัดระบข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวมของเครื่องอัดอากาศทั้งหมดของโรงงานแทนได้

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____ (GJ)				งบประมาณที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลาปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
1	การซ่อมบำรุงเครื่องอัดอากาศ (Compress air maintenance)											
2	การติดตามควบคุมการทำงาน (Monitoring)											
3	การลดรอยรั่วในท่อส่งและอุปกรณ์ (Sealing)											
4	การลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ (Reduce the inlet air temperature)											
5	การควบคุมการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Controls)											
6	การเลือกใช้ขนาดท่อจ่ายให้เหมาะสม (Select size of pipe)											

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____(GJ)				งบประมาณที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลาปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
7	การใช้ Adjustable speed drive (ASDs)**											
8	อื่นๆ (ระบุ)											

* ความเป็นไปได้ในการนำมาตรการนี้มาใช้ในโรงงาน โปรดระบุเหตุผลสำหรับอุปสรรคหรือปัญหาที่ท่านคิดว่าทำให้ไม่สามารถนำมาตรการนี้มาใช้กับโรงงานของท่านได้

** Adjustable speed drive (ASDs) เหมาะสมกับมอเตอร์ที่ใช้กำหนดความเร็วรอบในการทำงาน เช่น อุปกรณ์หมุนเหวี่ยง (Centrifuge), เครื่องสูบน้ำ (Pump), ใบพัด (Fan), เครื่องอัดอากาศ (Compressor)

1.11 ใบพัด (Fans)

จำนวนใบพัดที่มีในโรงงานทั้งหมด _____ ตัว

ใบพัด ลำดับที่	อัตราการใช้พลังงานของใบพัด (GJ/Year)					เป้าหมายการลดการใช้พลังงานเทียบกับปี 2005 (%)		
	2005	2006	2007	2008	2009	ระยะต้น (1-5 ปี) (2010-2015)	ระยะกลาง (5-10ปี) (2016-2020)	ระยะยาว (10 ปีขึ้นไป) (2020-2050)
1								
2								
3								
4								
5								
รวม *								

* ในกรณีที่โรงงานไม่มีข้อมูลการใช้พลังงานของใบพัดแต่ละตัว ให้โปรตรวมข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวมของใบพัดทั้งหมดของโรงงานแทนได้

รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการการศึกษาต้นชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการ ในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____(GJ)				งบประมาณ ที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลา ปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
1	ขนาดของใบพัด ที่ใหญ่กว่าปกติ (Fan oversizing)											
2	การใช้ Adjustable speed drive(ASDs)**											
3	การใช้สายพาน ที่มีประสิทธิภาพ (Efficiency motors)											
4	อื่นๆ (ระบุ)											

* ความเป็นไปได้ในการนำมาตรการนี้มาใช้ในโรงงาน โปรดระบุเหตุผลสำหรับอุปสรรคหรือปัญหาที่ท่านคิดว่าทำให้ไม่สามารถนำมาตรการนี้มาใช้
กับโรงงานของท่านได้

** Adjustable speed drive (ASDs) เหมาะสมกับมอเตอร์ที่ใช้กำหนดความเร็วรอบในการทำงาน เช่น อุปกรณ์หมุนเหวี่ยง (Centrifuge), เครื่องสูบน้ำ (Pump), ใบพัด (Fan), เครื่องอัดอากาศ (Compressor)

2. การพัฒนาและปรับปรุงเทคโนโลยีในการผลิต (Development and improvement in manufacturing technology)

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____(GJ)				งบประมาณที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลาปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
1	เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยา(Catalyst Technology)											
2	เทคโนโลยีการออกแบบถึงปฏิกรณ์ขั้นสูง**											
3	เทคโนโลยีระบบแยกสารขั้นสูง*** (Column Distillation and Separation)											
4	เทคโนโลยีระบบเยื่อกรอง (Membrane Technology)											
5	เทคโนโลยีการนำความร้อนกลับมาใช้ (Heat recovery technology)											

ที่	มาตรการ	ความเป็นไปได้*	มีการวางแผนสำหรับการใช้มาตรการในโรงงานของท่าน				Fuel saved (ระบุสัดส่วน (%) เทียบกับปี 2005) ปริมาณพลังงานที่ใช้ในปี 2005 = _____(GJ)				งบประมาณที่ใช้ลงทุน (ล้านบาท)	ระยะเวลาปรับปรุง (ปี)
		ได้ / ไม่ได้	2005-2009	ระยะต้น (2010 - 2015)	ระยะกลาง (2016 - 2020)	ระยะยาว (2020 - 2050)	2005-2009	ระยะต้น (2010- 2015)	ระยะกลาง (2016- 2020)	ระยะยาว (2020- 2050)		
6	เทคโนโลยีการนำก๊าซเผาทิ้งมาเป็นเชื้อเพลิงในโรงงาน (Flare gas recovery system)											
7	เทคโนโลยีการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive)											
8	อื่นๆ (ระบุ)											

* ความเป็นไปได้ในการนำมาตรการนี้มาใช้ในโรงงาน โปรดระบุเหตุผลสำหรับอุปสรรคหรือปัญหาที่ท่านคิดว่าทำให้ไม่สามารถนำมาตรการนี้มาใช้กับโรงงานของท่านได้

** เทคโนโลยีการออกแบบถึงปฏิกรณ์ขั้นสูง เช่น Divided-Wall Column ของกระบวนการผลิตบิวทาไดอิน เป็นระบบช่วยลดพลังงานในการกลั่นแยกบิวทาไดอิน, Heat Integrated Distillation Column (HIDiC) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน

*** เทคโนโลยีระบบแยกสารขั้นสูง เช่น การใช้ Vacuum Swing Adsorption Process(VSA): การใช้วัสดุดูดซับชนิดของแข็งสำหรับกระบวนการดูดซับสารโอเลฟินส์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กที่มีโมเลกุลสูงกว่าพาราฟินส์, Mechanical Vapor Recompression(MVR): ระบบนี้อยู่ในหน่วย propane/propylene splitter ,Advance Distillation Column (ADC), การใช้ระบบเยื่อกรอง , ระบบ Combine Refrigeration System

ภาคผนวก ง
ตัวอย่าง Confidential Agreement

(On the Letterhead of PTT Chemical Public Company Limited)

4 December 2010

Project Name: The Study of Greenhouse Gas Emission Indicator and Potential GHG Reduction of Petrochemical Industry

Address: Department of Environmental Engineering, Chulalongkorn University, 254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok, 10330 Thailand

Head of Project: Asso.Prof.Dr.Orathai Chavalparit

Reference to:

1. Production, Energy Use, and Energy Conservation Form (For control factory) and Production, Energy Use, Equipment Installation related to Energy Conservation (For control factory).
2. Questionnaire of The Study of Greenhouse Gas Emission Indicator and Potential GHG Reduction of Petrochemical Industry Project (2 issues).
3. Questionnaire from The project of Greenhouse Gas Emission Database for Chemical and Petrochemical Industry which under a supervision of Industry Ministry.

Dear Sirs,

We, PTT Chemical Public Company Limited (the "Company"), are prepared to furnish you certain confidential and proprietary information for the purpose of Study of Greenhouse Gas Emission Indicator and Potential GHG Reduction of Petrochemical Industry.

As a condition to our furnishing you with the confidential and proprietary information, you (on behalf of yourself, your affiliates and agents) agree as follows:

1. All information furnished by the Company or any of its Representatives (as defined below), whether furnished before or after the date of this letter and whether furnished in whatsoever

form, together with all analyses, compilations, studies, or other documents or records prepared by or for you or any of your Representatives, which contain or otherwise reflect or are generated from such information, is referred to in this letter as “Confidential Information”. As used in this letter, the term “Representative” means, as to any person, such person’s affiliates and its and their partners, directors, officers, employees, advisors, agents, consultant and controlling persons; and the term “person” shall be broadly interpreted to include, without limitation, any corporation, company, partnership, other entity or individual.

2. The Confidential Information shall not be used except for the purpose described above and shall be kept confidential by you and not disclosed to any person without the Company’s prior written consent, except that any of the Confidential Information may be disclosed to your Representatives to the extent they need to know such Confidential Information for the purpose described above, provided that such Representatives shall be instructed by you to maintain the confidentiality of the Confidential Information under the terms of this letter and not to use it other than for the purpose described above and, in any event, you will be responsible for any breach of this letter by any of your Representatives.
3. Save as may be required by law or any regulatory or other authority ,without prior written consent of the Company, you will not disclose to any person (except as provided hereinabove) that the Confidential Information has been made available to you pursuant to this letter, that you have inspected any portion of the Confidential Information provided by the Company, that discussions concerning of Greenhouse Gas Emission Indicator and Potential GHG Reduction of Petrochemical Industry are taking place, or any other facts with respect to these discussions.
4. The following will not constitute Confidential Information for purposes of this letter: (a) information which is or becomes generally available to the public other than as a result of a disclosure by you or your Representatives; (b) information which you can reasonably demonstrate was known to you on a non-confidential basis prior to its receipt from the Company; (c) information which becomes available to you on a non-confidential basis from a source other than the Company, provided that such source is not subject to any prohibition against disclosing such information.

5. The written Confidential Information, except for that portion of the Confidential Information that may be found in analyses, compilations, studies, or other documents prepared by you, will be returned to the Company immediately upon request. That portion of the Confidential Information that may be found in analyses, compilations, studies, or other documents prepared by or for you will be held by you and kept subject to the terms of this letter, or immediately destroyed upon request. At the request of the Company, you will certify the destruction of its Confidential Information.
6. You understand and acknowledge that the Company, or any of the Company's attorneys, partners, directors, officers, employees, agents or advisors, do not make any representation or warranty, express or implied, as to the accuracy or completeness of the Confidential Information. You agree that the Company shall not have any liability to you or to any of your Representatives relating to or resulting from the use of the Confidential Information.
7. You acknowledge that monetary damages would not be an adequate remedy for the Company for breach of the confidentiality obligation hereunder and agree that the Company shall be entitled to specific performance of the confidentiality obligation and to injunctive relief in addition to any other remedy to which the Company may be entitled at law or equity.
8. No waiver of any provision, breach or default under this letter shall be deemed a waiver of any subsequent provision, breach or default, nor shall any such waiver constitute a continuing waiver.
9. The person(s) executing this letter represents and warrants to the Company that such person has full authority to execute this letter on your behalf.
10. It is acknowledged by the parties hereto that nothing contained herein shall be construed as granting or implying any right or license to use the Confidential Information disclosed hereabove, except as set forth herein and this letter does not obligate the Company to enter into any further agreement or to proceed with or participate in any transaction with you.
11. This letter shall be construed and interpreted in accordance with the laws of Thailand, and each of you hereby submits to the non-exclusive jurisdiction of the Thai courts for the purposes of all legal proceeding arising out of or relating to this letter.

รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการการศึกษาต้นน้ำวัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก

If you agree with and accept the foregoing terms and conditions, please sign and return on copy of this letter, which will constitute our agreement with respect to the subject matter of this letter.

Yours sincerely,

PTT Chemical Public Company Limited

.....

Name:

Title:

Witness:

.....

Name:

Title:

Accepted and agreed by Department of Environmental Engineering, Chulalongkorn University

.....

Asso.Prof.Dr.Orathai Chavalparit

Head of Project

Witness:

.....

(Dr.Chanathip Pharino)

Researcher

ภาคผนวก จ

บทความสำหรับการเผยแพร่

1. โครงการการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยถูกจัดอันดับเป็นประเทศที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับ 24 ของโลก จากสถาบันทรัพยากรโลก ในปี พ.ศ. 2548 แม้ว่าประเทศไทยไม่ได้ถูกจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้พิธีสารเกียวโตภายในระยะเวลาที่กำหนด แต่ก็มีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้นเนื่องจากการใช้พลังงานมากขึ้นตามการเติบโตทางเศรษฐกิจ ดังนั้นประเทศไทยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเตรียมความพร้อมด้านฐานข้อมูล และแนวทางที่สามารถจะดำเนินการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยไม่กระทบต่อการพัฒนาประเทศ เพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเจรจาด้วยความรับผิดชอบเกี่ยวกับเป้าหมายปริมาณก๊าซเรือนกระจกในระดับนานาชาติได้อย่างชัดเจนด้วย

ประเทศไทยจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมทั้งในด้านการปรับตัว เพื่อรองรับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากปัญหาโลกร้อน รวมทั้งผลกระทบจากมาตรการต่างๆ เพื่อการแก้ไขปัญหาโลกร้อน ตลอดจนแนวทางการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) บนพื้นฐานของการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยใช้ยุทธศาสตร์และวิธีการที่เหมาะสมเพื่อร่วมแก้ไขปัญหาโลกร้อน แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของประเทศหลักๆ มาจากภาคพลังงานและภาคอุตสาหกรรม โดยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมมีปริมาณสูงถึง 43.98 ล้านตัน หรือร้อยละ 22.7 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในประเทศไทย และอุตสาหกรรมสำคัญที่ปล่อยก๊าซ CO₂ สูงมาก ได้แก่ โลหะและอโลหะร้อยละ 30 อาหารและเครื่องดื่มร้อยละ 29 และปิโตรเคมีร้อยละ 16 (KMUTT, 2552)

สำหรับภาคอุตสาหกรรมนั้นอุตสาหกรรมปิโตรเคมีถูกจัดลำดับว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนที่สูงเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอื่นๆ ซึ่งอุตสาหกรรมปิโตรเคมีเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาและยกระดับฐานะทางเศรษฐกิจของประเทศ ปัจจุบันอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของไทยจัดอยู่ใน 5 อันดับแรกของภูมิภาค และมีอัตราการเติบโตร้อยละ 5 – 12 ต่อปีในปี พ.ศ. 2548 และคาดว่าในปี พ.ศ. 2553 จะมีโครงการผลิตโพลิฟินส์และอนุพันธ์เพิ่มขึ้น 20 โรงงาน และผลิตอะโรมาติกและอนุพันธ์เพิ่มขึ้น 4 โรงงาน ทั้งนี้มากกว่าร้อยละ 40 ของที่การผลิตสินค้าที่เป็นอนุพันธ์และผลิตภัณฑ์ของสารปิโตรเคมีได้ถูกส่งออกไปขายในต่างประเทศ ได้แก่ จีน อินเดีย อเมริกา เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

เป้าหมายหลักของการวิจัย คือ เพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี รวมถึงศักยภาพและแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจก

- (1) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของห่วงโซ่ของผลิตภัณฑ์ในภาคอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยมุ่งเน้นการหาขนาดของความสัมพันธ์ในระดับต่างๆ (ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ) เพื่อกำหนดเป้าหมาย แนวนโยบายของประเทศ และวิธีการที่เหมาะสมและสอดคล้องตามศักยภาพของผลิตภัณฑ์ในระดับต่างๆ ในการลดก๊าซเรือนกระจก
- (2) ศึกษาสถานภาพปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และหาตัวชี้วัดที่บ่งบอกสถานภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นดัชนีกำหนดฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- (3) ศึกษาศักยภาพและความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตปิโตรเคมี
- (4) คำนวณแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสถานการณ์การปล่อยแบบปกติ และกำหนดเส้นฐานการปล่อย (business-as-usual) ของรายสาขาการผลิตปิโตรเคมี

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรายสาขาการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีลักษณะแบบ Gate to Gate ซึ่งพิจารณาเฉพาะก๊าซเรือนกระจกที่เกิดภายในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เท่านั้น ขอบเขตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกพิจารณาตามแนวทาง The Greenhouse Gas Protocol (WRI and WBCSD, 2003) และวิธีการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใช้วิธีมาตรฐานของ IPCC 2006 ควบคู่กับการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นข้อมูลเฉพาะของโรงงานแต่ละประเภทจากรายงานวิธีการประเมินก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ (API, 2009)

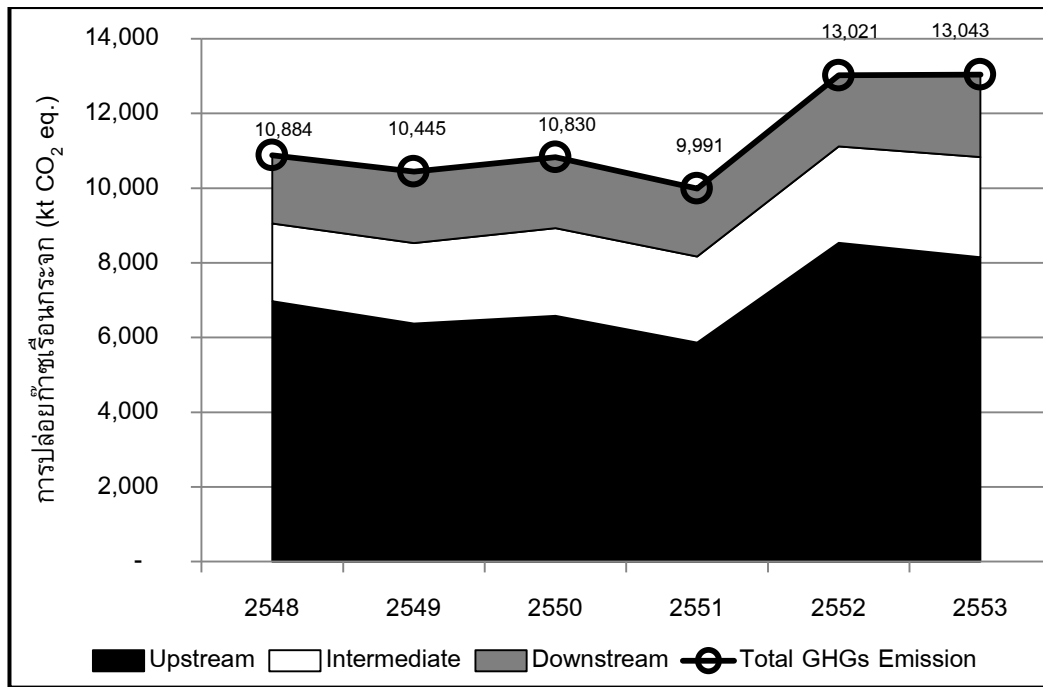
การจำแนกตามแหล่งกำเนิดได้เป็น 2 ส่วน คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ซึ่งพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตโดยตรง เช่น กระบวนการเผาไหม้ (Combustion) กระบวนการเผาทิ้ง (Flare) และกระบวนการปล่อยทิ้ง (Process vent) เป็นต้น และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม ซึ่งพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานไอน้ำ

ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีที่ใช้เป็นตัวแทนในการศึกษามี 16 ชนิด ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์จากกลุ่มปิโตรเคมีขั้นต้น 6 ชนิด (เอทิลีน พรอพิลีน มิทส์ซีซี เบนซีน โทลูอีน และพาราไซลีน) ผลิตภัณฑ์จากกลุ่มปิโตรเคมีขั้นกลาง 3 ชนิด (ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ กรดเทรฟทาลิก และสไตรีนมอนอเมอร์) และผลิตภัณฑ์จากกลุ่มปิโตรเคมีขั้นปลาย 7 ชนิด (พอลิพรอพิลีน พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น พอลิเอทิลีนเทรฟทาเรต พอลิไวนิลคลอไรด์ และพอลิสไตรีน)

1.4 ผลการศึกษา

ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีอยู่ในช่วงประมาณ 10,000 – 13,000 kt CO₂ eq./yr ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 3 ของทั้งประเทศ ดังแสดงในรูปที่ จ-1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษามีลักษณะค่อนข้างคงที่ โดยแบ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายประมาณร้อยละ 62, 21 และ 17 ตามลำดับ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมในช่วง 3 ปีแรกมีลักษณะไปในทิศทางเดียว โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกค่อนข้างคงที่ แต่เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจโลกชะลอตัวในปี พ.ศ. 2551 ส่งผลให้ปริมาณกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกชนิดลดลงอย่างมากจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงด้วย แต่เมื่อสถานการณ์ต่างๆ กลับเข้าสู่สภาวะปกติในปี พ.ศ. 2552 – 2553 ผู้ผลิตในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้มีการขยายกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นในอัตราสูงเพื่อรองรับความต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นทวีคูณ โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 30 จากปี พ.ศ. 2551 ซึ่งกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น นั่นเอง

การประเมินศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานตัวแทนมีประมาณ 972 kt CO₂ eq. โดยมีสัดส่วนการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย คิดเป็นร้อยละ 38, 37 และ 25 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรม ทั้งนี้ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะมีศักยภาพในการลดได้ทั้งหมดนั้นมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 11 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีตัวแทนปี พ.ศ. 2553



รูปที่ จ-1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย

การคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในอนาคต ระหว่างปี พ.ศ. 2554 – 2593 แบ่งออกเป็น 4 แนวทาง คือ (1) การดำเนินกระบวนการผลิตภายใต้สภาวะการดำเนินธุรกิจตามปกติ (BAU) (2) การปรับลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคการผลิตไฟฟ้า (PDP) (3) การดำเนินแผนการอนุรักษ์พลังงาน (ESP) และ (4) การเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตมาใช้กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา (CC)

แนวทาง BAU ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอีก 10 ปีข้างหน้า (ในปี พ.ศ. 2563) จะมีค่าประมาณ 18,985 kt CO₂ eq. และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 31,412 kt CO₂ eq. ในอีก 40 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2593) โดยมีสัดส่วนจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย คิดเป็นร้อยละ 61, 22 และ 17 ตามลำดับ

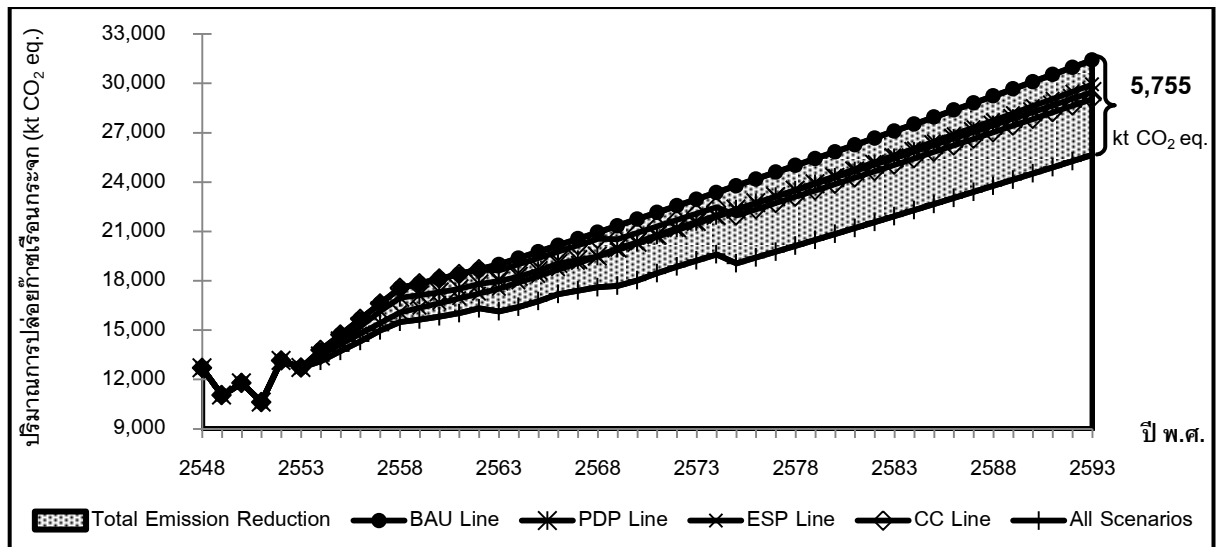
หากสามารถดำเนินการได้ตามแผน PDP 2010 จะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอีก 10 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2563) มีประมาณ 17,981 kt CO₂ eq. และมีปริมาณเท่ากับ 29,489 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2593 โดยปรับลดจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการดำเนินปกติประมาณ 1,923 kt CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 6 ซึ่งมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงในอุตสาหกรรมปิโตร

เคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายคิดเป็นร้อยละ 30, 33 และ 37 จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ทั้งหมด ตามลำดับ

แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน โรงงานสามารถดำเนินการได้ในระยะเวลาอันสั้น เนื่องจากใช้เงินในการลงทุนไม่มากนัก สามารถดำเนินการได้ทันที โรงงานอุตสาหกรรมสามารถดำเนินการมาตรการทั้งหมดได้ภายในปี พ.ศ. 2554 – 2558 ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทาง ESP Line ในอีก 5 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2558) มีประมาณ 16,080 kt CO₂ eq. และมีปริมาณเท่ากับ 29,936 kt CO₂ eq. ในปี พ.ศ. 2593 โดยปรับลดจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณปกติประมาณ 1,476 kt CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 5 ซึ่งมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายคิดเป็นร้อยละ 35, 36 และ 29 จากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ทั้งหมด ตามลำดับ

แนวทาง CC คาดว่าจะสามารถเริ่มดำเนินการได้ในปี พ.ศ. 2563 และจะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2563 ลดลงประมาณ 362 kt CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 2 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณปกติ ในขณะที่ปี พ.ศ. 2593 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะลดลงประมาณ 2,356 kt CO₂ eq. หรือคิดเป็นร้อยละ 7 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณปกติ

ผลการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีหากทุกแนวทางสามารถดำเนินการไปพร้อมๆ กัน การลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศย่อมก่อให้เกิดศักยภาพสูงสุด โดยสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เฉลี่ยประมาณร้อยละ 16 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณเดิม ซึ่งมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงในแนวทางที่ 1 (PDP) แนวทางที่ 2 (ESP) และแนวทางที่ 3 (CC) คิดเป็นร้อยละ 6, 6 และ 4 ตามลำดับ และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานทั้ง 3 แนวทางร่วมกันในปี พ.ศ. 2593 มีประมาณ 25,657 kt CO₂ eq. ซึ่งลดลงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวะการณเดิม (BAU Line) ในปีเดียวกันประมาณ 5,755 kt CO₂ eq. ดังแสดงในรูปที่ จ-



รูปที่ จ-2 ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยในอนาคต

2. ดัชนีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์จากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นในประเทศไทย (Greenhouse Gas Emission Index of Olefins Products from Upstream Petrochemical Industry in Thailand)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจก (GHG) ที่ปลดปล่อยจากกระบวนการผลิตโอเลฟินส์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น และเพื่อวิเคราะห์แหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลักที่สำคัญของกระบวนการผลิตโอเลฟินส์ พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการควบคุมและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดนั้นได้อย่างเหมาะสม ขอบเขตการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตโอเลฟินส์จะมีลักษณะแบบ Gate to Gate โดยใช้ข้อมูลของการผลิตผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์รายปีตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2553 ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์ในช่วงปี พ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2553 มีค่าเท่ากับ 1.13 – 1.31 ดันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์ โดยแหล่งกำเนิดสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิง การใช้น้ำ การใช้

ไฟฟ้า และกระบวนการเผาไหม้ (Flare) โดยมีสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่ มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นหลักคือ ร้อยละ 62 รองลงมาเป็นการใช้ไอน้ำ ร้อยละ 24 การใช้ไฟฟ้า ร้อยละ 10 และกระบวนการเผาไหม้ ร้อยละ 4 ผลการวิจัยนี้ถือเป็นข้อมูลสำคัญที่สามารถนำไปสู่การวางมาตรการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อไป

3. การประเมินความเข้มข้นคาร์บอนของกระบวนการผลิตไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ในประเทศไทย (Evaluation of Carbon Intensity of Vinyl Chloride Monomer Production Process in Thailand)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ในประเทศไทย ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะภาระที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตภายในโรงงานเท่านั้น โดยเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิตไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์จากโรงงานที่มีการผลิตในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2553 วิธีการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะแบ่งตามแหล่งกำเนิดออกเป็น 2 ประเภท คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ซึ่งพิจารณาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิต และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม ซึ่งพิจารณาจากการนำพลังงานต่าง ๆ เช่น พลังงานไฟฟ้า และพลังงานไอน้ำ เข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต ผลการวิจัยพบว่า ความเข้มข้นคาร์บอนเฉลี่ยจากกระบวนการผลิตไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ในประเทศไทยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.57 - 0.52 ton CO₂ eq./ ton VCM และเมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกพบว่า ร้อยละ 55 - 61 เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมโดยแบ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 24 - 27 และก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไอน้ำร้อยละ 28 - 38 ส่วนที่เหลือร้อยละ 24 - 29 เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต จะเห็นได้ว่าแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่อยู่ที่การใช้พลังงานไฟฟ้า รองลงมาคือการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต ดังนั้นแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกนั้นสามารถทำได้โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า และการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง

4. การประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตโพลีไวนิลคลอไรด์ในประเทศไทย (Assessment the amount of greenhouse gas emissions from the production of polyvinyl chloride in Thailand)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตโพลีไวนิลคลอไรด์ของประเทศไทยพร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางและศักยภาพในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลจากผู้ผลิตโพลีไวนิลคลอไรด์ในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2553 โดยมีขอบเขตในการพิจารณาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตแบบ Gate to Gate ซึ่งแบ่งการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิง การใช้ไอน้ำ และการใช้ไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างปีพ.ศ. 2548 ถึง 2553 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.28 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันโพลีไวนิลคลอไรด์ โดยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไอน้ำมากที่สุด คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 71 ของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด รองลงมา คือ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าและการใช้เชื้อเพลิง คิดเป็นร้อยละ 18 และร้อยละ 11 ตามลำดับ ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปสู่การวางมาตรการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อไป

ภาคผนวก จ

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

1. กระบวนการผลักดันผลการวิจัยสู่การใช้ประโยชน์

- 1.1 เสนอภาพรวมผลการศึกษาและแนวนโยบายที่ได้จากการศึกษาต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในการหาแนวทางการนำไปใช้ร่วมกัน โดยจัดการประชุมสัมมนาผู้มีส่วนได้ ส่วนเสีย เป็นระยะ เพื่อรับฟังความคิดเห็นจากทุกภาคส่วน และส่งเสริมการมีส่วนร่วมระหว่างภาครัฐ ผู้ประกอบการ สถาบันการศึกษา และผู้มีส่วนได้ผลประโยชน์ ในโครงการตั้งแต่นั้นจนการรวบรวมข้อมูล
- 1.2 การนำเสนอศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจก และความร่วมมือของเอกชนให้สามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ตามมาตรฐานข้อกำหนด เพื่อเป็นการกระตุ้นให้โรงงานมีจิตสำนึกและเห็นประโยชน์ที่จะได้รับการดำเนินการในปัจจุบัน หรือภายใต้ข้อจำกัดของเวลา
- 1.3 การนำเสนอการประมวลผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ และแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกส่งผลกระทบโดยตรงถึงต้นทุนการผลิตของภาคอุตสาหกรรมเพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจส่งเสริม ช่วยเหลือ หรือบังคับให้เกิดความร่วมมือ

2. กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

- 2.1 การให้ความรู้เกี่ยวกับสถานภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสาขาการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของไทยจากกระบวนการผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อม ให้กับโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและสภาอุตสาหกรรม
- 2.2 การเผยแพร่ดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสาขาการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของไทย ทั้งในรูปความเข้มข้นคาร์บอน (Carbon Intensity) และความเข้มข้นพลังงาน (Energy Intensity) ให้กับโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และสภาอุตสาหกรรม
- 2.3 การจัดอบรมให้ผู้ประกอบการมีความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยยึดภาคการผลิต (Sectoral Approach) รวมทั้งเห็นศักยภาพและโอกาสในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้กับโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและนักวิชาการที่เกี่ยวข้องทั่วไป
- 2.4 การนำผลการกำหนดระดับความเป็นไปได้ของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาการผลิตปิโตรเคมี เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการเจรจาขอบใหม่ในการกำหนดพันธกรณีการลดก๊าซเรือนกระจกหลัง ค.ศ. 2012

3. กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเผยแพร่โครงการที่ผ่านมา

- 3.1 การนำเสนอเรื่อง “ดัชนีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์จากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นในประเทศไทย” ในการประชุมวิชาการระดับชาติ เรื่อง ประเทศไทยกับภูมิอากาศโลก ครั้งที่ 2 : การเปลี่ยนกระบวนทัศน์สู่เศรษฐกิจสีเขียว วันที่ 18 สิงหาคม 2554
- 3.2 การนำเสนอเรื่อง “การประเมินความเข้มข้นของกระบวนการผลิตไวน์ลคโลไรด์ มอนอเมอร์ในประเทศไทย” ในการประชุมวิชาการระดับชาติ เรื่อง ประเทศไทยกับภูมิอากาศโลก ครั้งที่ 2 : การเปลี่ยนกระบวนทัศน์สู่เศรษฐกิจสีเขียว วันที่ 18 สิงหาคม 2554
- 3.3 การนำเสนอเรื่อง “การประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตโพลีไวน์ลคโลไรด์ในประเทศไทย” ในการประชุมวิชาการระดับชาติ เรื่อง ประเทศไทยกับภูมิอากาศโลก ครั้งที่ 2 : การเปลี่ยนกระบวนทัศน์สู่เศรษฐกิจสีเขียว วันที่ 18 สิงหาคม 2554

4. กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเผยแพร่โครงการในอนาคต

- 4.1 การจัดสัมมนาเผยแพร่ผลการดำเนินโครงการต่อกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี สมาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ซึ่งจะมีขึ้นประมาณช่วงไตรมาสที่ 4 ของปี พ.ศ. 2554
- 4.2 การจัดประชุมทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องเพื่อเผยแพร่ผลการศึกษา ทั้งหน่วยราชการ สถาบันการศึกษา โรงงานอุตสาหกรรม และบุคคลทั่วไปที่สนใจ เพื่อรับฟังความคิดเห็นจากการดำเนินโครงการ ซึ่งจะมีขึ้นประมาณช่วงไตรมาสแรกของปี พ.ศ. 2555
- 4.3 การจัดทำบทความสำหรับตีพิมพ์ในวารสารงานวิจัยต่างๆ ทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ ซึ่งจะมีขึ้นประมาณช่วงไตรมาสที่ 2 ของปี พ.ศ. 2555

ภาคผนวก ข
ผลสัมฤทธิ์ของการดำเนินโครงการ

โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และ ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบจำแนกตามสาขาการผลิตในประเทศไทย โดยมี เป้าหมายหลักของการวิจัย เพื่อประเมินระดับความเป็นไปได้ของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขา การผลิตปิโตรเคมี การดำเนินงานในกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังสรุปเป็น แผนงานในบทที่ 3 (ตารางที่ 3-1) ผลสัมฤทธิ์ของการดำเนินงานเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่ วางแผนไว้ และผลที่คาดว่าจะได้รับ ดังแสดงในตารางที่ 1 – 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลสัมฤทธิ์ของการดำเนินงานเปรียบเทียบวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์	ร้อยละ ผลสัมฤทธิ์	หมายเหตุ
1. ศึกษาสถานภาพปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาการผลิต อุตสาหกรรมปิโตรเคมี และหาต้นน้ำชีวิตที่บ่งบอกสถานภาพการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกที่เหมาะสมเพื่อใช้กำหนดเส้นฐานต่อไป	100	รายละเอียดในบทที่ 5
2. คัดการณ์แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสถานการณ์การ ปล่อยแบบปกติ และกำหนดเส้นฐานการปล่อยของสาขาการผลิต ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี	100	รายละเอียดในบทที่ 5, 8
3. ศึกษาศักยภาพและความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขา การผลิตปิโตรเคมี	100	รายละเอียดในบทที่ 7, 8

ตารางที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ของการดำเนินงานเปรียบเทียบกิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการ

กิจกรรมหลักที่วางแผนไว้	กิจกรรมรองที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ร้อยละผลสัมฤทธิ์	หมายเหตุ
1.1 กำหนดขอบเขตการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรายสาขาการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี	1.1.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ห่วงโซ่ของผลิตภัณฑ์ในสาขาการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีโดยมุ่งเน้นการหาขนาดของความสัมพันธ์ในระดับต่างๆ (ต้นน้ำ - ปลายน้ำ)	- ศึกษาความสำคัญทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทย โดยอ้างอิงข้อมูลจาก PTIT - ศึกษาการจำแนกประเภทผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจากเอกสารงานวิจัยต่างๆ - คัดเลือกโรงงานตัวแทนกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจำนวน 24 โรงงาน	100	รายละเอียดในบทที่ 1
	- รวบรวมตัวเลขมูลค่าทางเศรษฐกิจ ปริมาณและมูลค่าการใช้ภายในประเทศและการส่งออกของสาขาการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี - จำแนกกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในรายสาขาต่างๆ โดยแบ่งเป็นกลุ่มปิโตรเคมีต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ - คัดเลือกโรงงานปิโตรเคมีตัวแทนในแต่ละกลุ่ม (ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ) เพื่อเก็บข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยต้องครอบคลุมภาคการผลิต และมีอย่างน้อย 12 โรงงาน		100	รายละเอียดในบทที่ 1,3
	1.1.2 กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกลุ่มต่างๆ (ต้นน้ำ - ปลายน้ำ) และจัดทำผังการไหลของวัสดุและพลังงานที่เข้าและออกจากแต่ละอุตสาหกรรมรายสาขา	- กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี - จัดทำผังการไหลของวัสดุและพลังงานที่เข้าและออกจากแต่ละอุตสาหกรรมรายสาขา	200	รายละเอียดในบทที่ 3
			100	รายละเอียดในบทที่ 3
			100	รายละเอียดในบทที่ 5
1.2 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในปีที่ศึกษา	1.2.1 สืบค้นและเก็บข้อมูลกิจกรรมหรือแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากโรงงาน โดยศึกษาจากรายงานต่างๆ หรือข้อมูลการตรวจวัดของโรงงาน	สำรวจกิจกรรมหรือแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากโรงงาน	100	รายละเอียดในบทที่ 4
	1.2.2 รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน ไฟฟ้า วัตถุดิบ และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานตัวแทน	รวบรวมข้อมูลกิจกรรมหรือแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากโรงงาน	100	รายละเอียดในภาคผนวก ก

ตารางที่ 2 (ต่อ) ผลสัมฤทธิ์ของการดำเนินงานเปรียบเทียบกิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการ

กิจกรรมหลักที่วางแผนไว้	กิจกรรมรองที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ร้อยละ ผลสัมฤทธิ์	หมายเหตุ
1.3 หาดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมในการบ่งชี้สถานภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	1.3.1 คำนวณความเข้มข้นคาร์บอน (CI) และความเข้มพลังงาน (EI) 1.3.2 เปรียบเทียบผลในรูปแบบต่างๆ เช่น ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบ ปริมาณผลิตภัณฑ์ หรือมูลค่าผลิตภัณฑ์	คำนวณความเข้มข้นคาร์บอน (CI) และความเข้มพลังงาน (EI) และเปรียบเทียบผลการศึกษากับงานวิจัยอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน	100	รายละเอียดในบทที่ 5
2.1 รวบรวมข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามสถานการณ์การปล่อยแบบปกติ	2.1.1 รวบรวมข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจริง ซึ่งได้จากการประเมินภาพรวมตามสถานการณ์การปล่อยแบบปกติ 2.1.2 กำหนดเส้นฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทยระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2553	100	รายละเอียดในบทที่ 5
2.2 คาดการณ์แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	2.2.1 คาดการณ์แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสถานการณ์การปล่อยแบบปกติ	● คาดการณ์แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสถานการณ์การปล่อยแบบปกติในปี พ.ศ. 2548 – 2553 ● คาดการณ์แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสถานการณ์การปล่อยแบบปกติในปี พ.ศ. 2554 – 2593	100 100	รายละเอียดในบทที่ 5 รายละเอียดในบทที่ 8
3.1 ศึกษาทางเลือกต่างๆ ในการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	3.1.1 ศึกษาทางเลือกและมาตรการต่างๆ ในการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่คาดว่าจะสามารถดำเนินการได้	ภาพรวมของแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่รวบรวมจากรายงานการศึกษา และบทความวิชาการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	100	รายละเอียดในบทที่ 7
3.2 ประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะสามารถลดลงได้จากการดำเนินการตามมาตรการต่างๆ	3.1.2 ประเมินผลประโยชน์เบื้องต้นทางเทคนิคของทางเลือกที่เหมาะสมในการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	คาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะลดลงจากการดำเนินการตามแนวทางต่างๆ อย่างเหมาะสม ประกอบด้วยแนวทาง PDP แนวทาง ESP และแนวทาง CC	100	รายละเอียดในบทที่ 8

ตารางที่ 2 (ต่อ) ผลสัมฤทธิ์ของการดำเนินงานเปรียบเทียบกิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการ

กิจกรรมหลักที่วางแผนไว้	กิจกรรมรองที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ร้อยละ ผลสัมฤทธิ์	หมายเหตุ
3.3 จัดทำข้อเสนอเชิงนโยบายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาการผลิตอุตสาหกรรม ปิโตรเคมี เพื่อประกอบการเจรจา กำหนดพันธกรณีหลังปี พ.ศ. 2555	3.3.1 สังเคราะห์ข้อมูลศักยภาพ แนวทาง มาตรการและแผนนโยบายในการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจากการคาดการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	นำเสนอข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย	100	รายละเอียดในบทที่ 8
	3.3.2 นำเสนอภาพรวมผลการศึกษาและแผนนโยบายที่ได้ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในการหาแนวทางการนำไปใช้ร่วมกัน โดยจัดการประชุมสัมมนาผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เป็นระยะเพื่อรับฟังความคิดเห็นจากทุกภาคส่วน	จัดอบรม สัมมนา เพื่อรับฟังความคิดเห็น	100	รายละเอียดในบทที่ 4

ตารางที่ 3 ผลสัมฤทธิ์ของการดำเนินงานเปรียบเทียบผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่คาดว่าจะได้รับ	ร้อยละ ผลสัมฤทธิ์	หมายเหตุ
1. ความสัมพันธ์ของห่วงโซ่ของผลิตภัณฑ์ในภาค อุตสาหกรรมปิโตรเคมี ใช้ข้อมูลเพื่อกำหนดทางที่เหมาะสมในการลดก๊าซเรือนกระจก โดยสอดคล้องตามศักยภาพของผลิตภัณฑ์ในระดับต่างๆ	100	รายละเอียดในบทที่ 1
2. ผังการไหลของวัสดุและพลังงานที่เข้าและออกจากแต่ละอุตสาหกรรม รายสาขาที่คัดเลือก	100	รายละเอียดในบทที่ 5
3. ข้อมูลแหล่งกำเนิดและปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละอุตสาหกรรม รายสาขาที่คัดเลือก	100	รายละเอียดในบทที่ 5
4. สถานภาพปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการคาดการณ์ แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสถานการณ์การปล่อยแบบปกติ	100	รายละเอียดในบทที่ 5
5. ตัวชี้วัดที่บ่งบอกถึงสถานภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อใช้เป็น ดัชนีกำหนดเส้นฐาน	100	รายละเอียดในบทที่ 5
6. ทางเลือกในการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจก	100	รายละเอียดในบทที่ 7
7. ศักยภาพและความเป็นไปได้ในการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจก	100	รายละเอียดในบทที่ 7, 8
8. ข้อเสนอเชิงนโยบายในการกำหนดระดับความเป็นไปได้ของการลดการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาการผลิตปิโตรเคมี เพื่อเป็นข้อมูล ประกอบการเจรจารอบใหม่ในการกำหนดพันธกรณีการลดก๊าซเรือน กระจกหลัง ค.ศ. 2012	100	รายละเอียดในบทที่ 8

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2548. รายงานพลังงานของประเทศไทย 2548.
- คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2550. โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมและอาคารต่างๆ (อุตสาหกรรมปิโตรเคมี). กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.
- นิรมล สุธรรมกิจ, รศ.ดร. 2552. Sectoral Approach Concept. คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2553. รายงานฉบับสมบูรณ์ การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2550. การพัฒนาฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ.
- สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. 2552. โครงการจัดทำข้อมูลอุตสาหกรรมเชิงเปรียบเทียบเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน สาขาอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ระยะที่ 2. สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยร่วมกับสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2546. คู่มือการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2554. กำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2573. ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคการผลิตไฟฟ้า.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2552. รายงานสรุปการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ประจำปี 2552.

ภาษาอังกฤษ

- API. 2009. Compendium of greenhouse gas emissions methodologies for the oil and natural gas industry.
- Boonlong, S. 2005. PTIT Focus Special Annual Issue 2005. Rungsiri Publishing : Bangkok.
- EarthTrends. 2003. Climate and Atmosphere – Thailand. Available online at <http://earthtrends.wri.org>.

- Enviros. 2006. EU ETS Phase II new entrant benchmarks. EU ETS Phase II new entrants supporting documentation : PETROCHEMICALS.
- FTIPC. 2011. Thailand Market Review. The Federation of Thai Industries : Petrochemical Industry Club.
- Huang, Y.F., Lin, Y.C., and Yang, J.T. 2010. An innovative indicator of carbon dioxide emissions for developing countries: A study of Taiwan. Energy Policy. 38 : 3257 – 3262.
- IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy. Chapter 2: Stationary Combustion.
- IPCC. 2007. Fourth assessment report (AR4). Working group 1. Chapter 2: Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing.
- Neelis, M.L., Patel, M., Blok, K., and Bach, P.W. 2007 Approximation of theoretical energy saving potentials for the petrochemical industry using energy balance for 68 key processes. Energy. 32 : 1104 – 1123.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2011. Common sources of federal greenhouse gas emissions.
- World Bank. 2010. World Bank data sets of environment. Available online at <http://data.worldbank.org/topic/environment>.
- WRI. 2005. World Greenhouse Gas Emissions in 2005. WRI Working Paper. World Resources Institute. Available online at <http://www.wri.org/publication/navigating-the-numbers>.
- WRI and WBCSD. 2003. The Greenhouse Gas Protocol. A corporate accounting and reporting standard.