การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตและประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก

นายณัฐพงษ์ วิชัยอัชชะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIFE CYCLE SUSTAINABILITY ASSESSMENT AND ECO-EFFICIENCY OF PLASTIC PELLET

Mr. Natthapong Wichai-utcha

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Environmental Science
Inter-Department of Environmental Science
GRADUATE SCHOOL
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตและประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก
โดย	นายณัฐพงษ์ วิชัยอัชชะ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ หนูจักร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเธียร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวนีย์ วิจิตรโกสุม)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาพล ตันติสัตยกุล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลลภ บัวชุม)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ณัฐพงษ์ วิชัยอัชชะ : การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตและประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก. (
LIFE CYCLE SUSTAINABILITY ASSESSMENT AND ECO-
EFFICIENCY OF PLASTIC PELLET) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตและการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก กรณีศึกษาคือการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ โดยศึกษาในด้านความยั่งยืนทั้งสามด้านได้แก่ ด้านสิ่งแวดล้อมใช้เครื่องมือการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต ด้านเศรษฐกิจใช้เครื่องมือการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต และด้านสังคมใช้การประเมินผลกระทบทางสังคม โดยนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง และผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ นอกจากนี้ยังนำไปประยุกต์ใช้เพื่อประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตด้วยวิธีระเบียบวิธีที่ช่วยในการสร้างการตัดสินใจกับการประเมินหลายส่วน (Multi-Criteria Decision Analysis) และการทำการวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสีย(Actor Network Analysis) เพื่อวิเคราะห์การดำเนินการด้านความยั่งยืนของกรณีศึกษา

ผลการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมพบว่า ผลกระทบด้านการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป มีสัดส่วนผลกระทบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญประมาณร้อยละ 50 เพราะเนื่องจากการผลิตเม็ดพลาสติกนั้นใช้วัตถุดิบจากแนฟทาและก๊าซธรรมชาติเป็นวัตถุดิบตั้งต้น โดยกิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือการได้มาของวัตถุดิบโดยสัดส่วนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงถึงรอยละ 93-99 จากกิจกรรมทั้งหมดในการดำเนินการผลิตโดยมีค่าผลกระทบที่ใกล้เคียงกันทั้งการผลิตเม็ดพลาสติกทั้งสองชนิด

ผลการประเมินด้านเศรษฐกิจ การศึกษาต้นทุนพบว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มาจากต้นทุนในการดำเนินระบบร้อยละ 80 และต้นทุนด้านการบำรุงรักษาร้อยละ 20 โดยต้นทุนของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสงจะสงกว่าต้นทนของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำอย่เล็กน้อย

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5787851120 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORD: Life cycle sustainability assessment, Life cycle costing, Social Life cycle assessment, Eco-effiency

Natthapong Wichai-utcha :

LIFE CYCLE SUSTAINABILITY ASSESSMENT AND ECO-EFFICIENCY OF PLASTIC PELLET. Advisor: Prof. ORATHAI CHAVALPARIT, Ph.D.

Life cycle sustainability assessment and Eco-efficiency of plastic pellets, high density polyethylene (HDPE) and low-density polyethylene (LDPE), were chosen as case studies. The sustainability assessment evaluated three aspects using the following methods: Life Cycle Assessment (LCA) was used for the environmental impact; Life Cycle Cost (LCC) was used for economic impact evaluation; and Social Life Cycle Assessment (SLCA) was used for social impact evaluation. These assessment results were applied to eco-efficiency and life cycle sustainability assessment using the Multi-criteria decision analysis, together with Actor network analysis approach, in order to investigate the operation of the factory.

The result from the life cycle assessment showed that non-renewable energy had the highest significance environmental impact. Approximately 50 percent of all impact categories, which included material acquisition activity, had 93-99 percent impact, compared to all proportion of all activities. The results from HDPE and LDPE gave similar results for the proportions and impact significance.

Life cycle cost evaluation illustrated that the operation cost reached

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Environmental Science Student's Signature .....

Academic Year: 2020 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ดุษฎีนิพนธ์นี้ได้ดำเนินการมาจนถึงช่วงสุดท้ายของการศึกษาวิจัย ภายใต้คำแนะนำและให้คำปรึกษาของ ศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ความเห็นที่มีประโยชน์ต่างๆในการดำเนินการวิจัยอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ข้าพเจ้ายังขอขอบคุณบุคคลดังต่อไปนี้

คุณพ่อ คุณแม่ ที่ส่งเสริมและสนับสนุนทุกอย่างที่ดีในชีวิตให้เจริญก้าวหน้ามาจนถึงวันนี้ ขอบพระคุณมากจริง ๆ ครับ หากไม่มีทั้งสองคนลูกคงไม่สามารถมาได้ถึงทุกวันนี้

กั๊ก พี่โอ้ต โน้ต ขอบคุณทุกคนที่ให้ความรู้สึกดี ๆ สนับสนุนกันในช่วงระยะเวลาหนึ่ง แต่ก็ดีใจที่ได้เจอและเป็นส่วนดี ๆ ในชีวิต ขอบคุณครับ

แต๋ว ไม่รู้จะขอบคุณยังไงหมดกับสิ่งดี ๆ ที่เธอได้ให้เราตลอดมา งานวิจัยนี้จะไม่มาถึงวันนี้แน่ ๆ ถ้าไม่มีเธอที่คอยช่วยเหลือเราทุกอย่าง ขอบคุณมากที่สุดเลย ถึงเราจะหาเรื่องปวดหัวหรือไม่สบายใจให้เธออยู่บ่อย ๆ แต่เธอก็ดีกับเราตลอดขอบคุณเธอมาก ๆ

ชาวอินทนินเนี่ยนทุกคน พี่นัส พี่ฟาน พี่ต้อง ส้ม กุ้ง กิ๊ง ขอบคุณมิตรภาพชาวจุฬาที่เป็นที่ปรึกษาที่ดี และสนับสนุน ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

ผู้คนที่มีส่วนเกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ คณะกรรมการสอบทุกท่านที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี และสุดท้าย ขอบคุณตัวเองมาก ที่เจออุปสรรค เรื่องราว ๆ ต่าง ๆ ปัญหา มรสุมใด ๆ ก็ยังยืนท้าทาย ล้มบ้าง แต่ยังไม่ตายและลุกขึ้นมาสู้ต่อได้ทุกครั้ง ขอบคุณตัวเองมาก ๆ ที่ก้าวมาจนถึงการผ่านบททดสอบนี้ได้ ขอบคุณมากจริง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ณัฐพงษ์ วิชัยอัชชะ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 สมมติฐานของการวิจัย 3

1.4 ขอบเขตงานวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 6

2.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment) 6

2.1.1 วัตถุประสงค์ของการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 6

2.1.2 ขั้นตอนการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 7

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับต้นทุน 7

2.2.1 ประวัติความเป็นมาของการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต 9

2.2.2 แนวคิดการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต 9

2.2.3 ขั้นตอนการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 10

2.2.3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา 11

2.2.3.2 การกำหนดองค์ประกอบของต้นทุน 11

2.2.3.3 การกำหนดรูปแบบของระบบ 12

Chulalongkorn University

2.2.3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 12
2.2.3.5 การกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ระบบ 13
2.2.3.6 การวิเคราะห์และประเมินต้นทุนระบบ 15
2.2.4 Life Cycle Costing ในอนุกรมขององค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน 15
2.3 การศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 17
19
2.3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา 19
2.3.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม 19
2.3.3 การประเมินมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์ (Product System Value Assessment) 19
2.3.4 การหาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency Indicator) 20
2.3.5 การแปลผล 20
2.3.6 วิธีการคำนวณประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 20
2.4 การประเมินผลกระทบด้านสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 21
2.4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา 21
2.4.2 การจัดทำบัญชีรายการ 21
2.4.3 การประเมินผลกระทบ 22
2.4.4 การแปลผลการศึกษา 22
2.4.5 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและตัวชี้วัดย่อย 22
2.5 การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 33
2.5.1 แนวคิดและรูปแบบของการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต 34
2.5.2 แนวโน้มในการศึกษาการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตั้งแต่อดีต ถึงปัจจุบัน 36
2.5.2.1 รูปแบบที่ 1 LCSA คือผลการประเมินของ LCA LCC และ SLCA 36
2.5.2.2 รูปแบบที่ 2 LCSA คือผลการประเมินรูปแบบใหม่ 37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.2.3 รูปแบบที่ 3 LCSA คือ Eco-efficiency และ SLCA 37
2.5.2.4 รูปแบบที่ 4 LCSA คือผลของ LCA และการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจสังคม (Socioeconomic Analysis) 38
2.5.3 ขั้นตอนการดำเนินการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต 38
2.5.3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (LCSA Goal and Scope Definition) .. 38
2.5.3.2 การจัดทำบัญชีรายการการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต (LCSA inventory) 40
2.5.3.3 การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต (LCSA impact assessment) ... 41
2.5.3.4 การแปลผลการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต (LCSA Interpretation) 43
2.5.4 รูปแบบการประเมินผลความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Sustainability Assessment Evaluation Schemes) 44
2.5.5 สามเหลี่ยมการประเมินความยั่งยืน (Life Cycle Sustainability Triangle) 45
2.6 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลาสติก 47
2.6.1 พอลีเอทีลีน (Polyethylene) 47
2.6.2 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก 48
2.6.3 โครงสร้างของอุตสาหกรรมพลาสติก 50
2.7 ทบทวนวรรณกรรมการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์และการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 51
2.8 ทบทวนวรรณกรรมการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 56
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 62
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 62
3.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง (HDPE) และเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ (LDPE) 62
3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope definition) 62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.2 การจัดทำบัญชีรายการ (Life Cycle Inventory) 65
3.2.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment) 68
3.2.4 การแปลผล (Interpretation) 71
3.3 การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง 71
3.3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Problem Definition) 71
3.3.2 การกำหนดองค์ประกอบของต้นทุน 72
3.3.3 การกำหนดรูปแบบของระบบ (System Modeling) 72
3.3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection) 73
3.3.5 กำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ระบบ (Cost Profile Development) 73
3.3.6 การวิเคราะห์หรือประเมินต้นทุนของระบบ (Evaluation) 74
3.4 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 75
3.4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของระบบ (Goal and Scope Definition) 75
3.4.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Environmental Assessment) 76
3.4.3 การประเมินมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์ (System Value Assessment) 76
3.4.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุนของผลิตภัณฑ์ต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม 77
3.5 การประเมินผลกระทบทางสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 78
3.5.1 การประเมินผลกระทบทางสังคม (Social Impact Assessment) 82
3.6 การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 83
3.7 การจัดทำแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตเม็ดพลาสติก 85
บทที่ 4 ผลการศึกษา Eco-Efficiency 85
4.1 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและความหนาแน่นต่ำ 85
4.1.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา 86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.2 การจัดทำบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออก 86
4.1.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง 86
4.1.3.1 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง 86
4.1.3.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ขั้นปลาย 89
4.1.4 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ 91
4.1.4.1 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง 91
4.1.4.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ขั้นปลาย 93
4.1.5 การเปรียบเทียบผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ 95
4.1.5.1 การเปรียบเทียบผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง 95
4.1.5.2 การเปรียบเทียบผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นปลาย 97
4.1.6 การเปรียบเทียบผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับงานวิจัยอื่น 98
4.2 การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ 99
4.3 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 101
4.3.1 การแปลผล Eco-Efficiency Portfolio 104
บทที่ 5 การศึกษาการประเมินผลกระทบทางสังคมตลอดวัฏจักรชีวิต 106
5.1 การประเมินผลกระทบทางสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 106
5.2 สรุปผลการสัมภาษณ์ 130
5.3 การร้องเรียนจากการดำเนินการ 131
บทที่ 6 แนวทางการลดผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต 133
6.1 แนวทางการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมด้านเทคโนโลยี 133
6.1.1 การเลือกใช้วัตถุดิบ 133

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.1.2 การลดการใช้วัตถุดิบและพลังงาน 134
6.1.3 แนวทางการลดผลกระทบด้าน Non-Renewable Energy 134
6.1.4 แนวทางการลดผลกระทบด้าน Global Warming 141
6.1.5 แนวทางการลดผลกระทบด้าน Carcinogen 145
6.1.6 แนวทางการลดผลกระทบด้าน Respiration Organics 145
6.1.7 แนวทางการลดผลกระทบด้าน Respiratory Inorganics 147
6.1.8 แนวทางการลดผลกระทบด้าน Non-carcinogen 148
6.1.9 แนวทางการลดผลกระทบด้าน Terrestrial Acidification/Nutrification 149
6.1.10 มาตรการในการลดผลกระทบในภาพรวม 149
6.2 การลดผลกระทบโดยใช้กลยุทธ์/เชิงนโยบาย 150
6.2.1 การวิเคราะห์ผู้มีบทบาทและองค์กรที่เกี่ยวข้องในการผลิตเม็ดพลาสติกเพื่อความยั่งยืน (Actor Network analysis) 150
6.2.1.1 โครงข่ายด้านนโยบาย (Policy Network) 151
6.3.1.2 กฎระเบียบและข้อบังคับ 152
กฎระเบียบและข้อบังคับเฉพาะด้านสิ่งแวดล้อม 157
6.2.2 โครงข่ายทางด้านเศรษฐกิจ (Economic Network) 169
6.2.2.1. ลูกค้าของโรงงาน 169
6.2.2.2 ผู้ผลิตสินค้าและวัตถุดิบหรือคู่ค้า (Supplier/Vendor) 169
6.2.2.3 โรงงานปิโตรเคมีอื่นๆ 171
6.2.2.4 ผู้รับเหมาจัดการขยะ 171
6.2.2.5 องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการกำหนดมาตรฐาน (International Organization for Standardization:ISO) 172
6.2.2.6 ดัชนีชี้วัดความยั่งยืนดาวโจนส์ (Dow jones Sustainability Indices) 172
6.2.2.7 ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET) 173

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2.2.8 สถาบันการศึกษา 173
6.2.3 โครงข่ายทางด้านสังคม (Societal Network) 174
6.2.4 แนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนแบบบูรณาการทั้งสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม 180
6.2.4.1 ปัญหาอุปสรรคในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ 180
บทที่ 7 การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 186
7.1 การวิเคราะห์ Actor Network Analysis เพื่อวิเคราะห์ผู้มีบทบาทในการดำเนินกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม 190
7.2 การเสนอแนะแนวทางการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม และสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ 191
7.2.1 ข้อเสนอแนะเชิงเทคโนโลยี 191
7.2.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย 192
บทที่ 8 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 193
8.1 สรุปผลการวิจัย 193
8.1.1 การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์พลาสติก 193
8.2 ข้อเสนอแนะ 196
บรรณานุกรม 213
ประวัติผู้เขียน 215

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

จำนวนประชากรของโลกเพิ่มขึ้นสูงถึง 7,000 ล้านคน ในทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีและนวัตกรรมจึงเกิดขึ้นต่อเนื่องเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ที่เพิ่มขึ้นทั้งการอุปโภค บริโภคในด้านต่าง ๆ เช่น การใช้ทรัพยากร อาหาร น้ำ และพลังงาน ซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนการพัฒนาที่สำคัญของแต่ละประเทศ การพัฒนาของมนุษย์ที่เพิ่มมากขึ้น นำมาสู่สัญญาณการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ ปัญหาที่พบเพิ่มขึ้นเช่นปัญหาการลดลงของทรัพยากรและความเสื่อมโทรมของคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งตั้งแต่ยุคของการปฏิวัติอุตสาหกรรมช่วงหลังคริสตวรรษที่ 17 ที่มีการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์อย่างต่อเนื่อง จากการนำเชื้อเพลิงฟอสซิลขึ้นมาใช้ เช่น การเผาไหม้ถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียมที่เป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาด้านต่าง ๆ นอกจากนี้ ปัญหามลพิษยังเพิ่มความรุนแรง เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมการผลิตทางด้านอุตสาหกรรม (Rønning & Brekke, 2014)

ปัญหาที่สำคัญที่เป็นที่ถกเถียงกันมากกว่าทศวรรษเกี่ยวกับประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) เช่น ปัญหาการเพิ่มระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น องค์กรความร่วมมือระดับนานาชาติที่พยายามประสานความร่วมมือเพื่อการลดปัญหาผลกระทบจากปัญหาสภาวะโลกร้อนเช่น อนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งสหประชาชาติ (Lagaros & Karlaftis, 2016; Lagaros et al., 2015) และพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocal) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีสาเหตุจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งสาเหตุสำคัญประการหนึ่งคือ จากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมโดยเฉพาะกลุ่มอุตสาหกรรมพลังงาน กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเป็นอันดับสองรองจากกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตปูนซิเมนต์และเป็นการใช้ทรัพยากรประเภทใช้แล้วหมดไปด้วย (Foolmaun & Ramjeeawon, 2012)

กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตอุตสาหกรรมประเภทวัตถุดิบขั้นต้นเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก เช่น เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) และเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene: LDPE) ที่มีอัตราความต้องการของตลาดโลกที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในอัตราร้อยละ 4.5 -5 ภายใน 5 ปี เพราะทั้ง HDPE และ LDPE สามารถนำไปผลิตเป็นพลาสติกชนิดต่างๆที่ใช้ใน

ชีวิตประจำวันได้หลากหลายชนิด เช่น แผ่นฟิลม์พลาสติก ภาชนะพลาสติกและถุงพลาสติก และ LDPE สามารถนำไปผลิตถุงพลาสติกได้ (Foolmaun & Ramjeeawon, 2012)

สถานการณ์ของโลกที่องค์กรและความร่วมมือปัจจุบันพยายามป้องกันและลดปัญหาผลกระทบจากสภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในรูปของการตรวจสอบ และสร้างเครื่องมือในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เช่น การประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) และนำไปสู่การประเมินทางด้านมูลค่าทางการเงินควบคู่กับสิ่งแวดล้อม โดยการใช้มาตรการทางการเงิน คือการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Costing: LCC) เพื่อเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตัดสินใจของการดำเนินกิจกรรมโดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและด้านมูลค่าทางเศรษฐกิจ ในรูปแบบของการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) (Alves et al., 2015; Kulak et al., 2016) เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการปรับปรุงพัฒนาการดำเนินกิจกรรม เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมควบคู่กับการพิจารณามูลค่าด้านการเงิน และพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันในปัจจุบันรูปแบบการพัฒนาจำเป็นต้องตอบสนองแนวความคิดของการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development) โดยพัฒนาให้สอดคล้องทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม โดยเฉพาะความสอดคล้องต่อเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) รูปแบบการประเมินผลกระทบจึงถูกสร้างขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาทั้งสามเสาหลักของการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยการเพิ่มด้านการประเมินผลกระทบด้านสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Social Life cycle assessment: SLCA) เพื่อเป็นเกณฑ์ในการประเมินครบทั้งสามเสาหลักของการพัฒนาที่ยั่งยืนได้แก่ สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม ตามแนวคิดของหลักการ Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) (Luu & Halog, 2016) โดยงานวิจัยนี้จะทำการศึกษา Eco-Efficiency และ LCSA ของการผลิตเม็ดพลาสติก HDPE และ LDPE เพื่อเป็นกรณีศึกษาและยกระดับการประเมินการพัฒนาด้านความยั่งยืนให้สอดคล้องแนวทางการพัฒนาของโลก รวมถึงเสนอแนวทางในการลดผลกระทบทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมของผลิตภัณฑ์พลาสติกในประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง และเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำโดยใช้หลักการ Complete Life Cycle Assessment

2) เพื่อประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์และประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

3) เพื่อประเมินผลกระทบด้านสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก

4) เพื่อเสนอแนะแนวทางการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1) การประเมิน Eco-Efficiency โดยใช้สมการ $\left(\frac{1}{□□□*LCC}\right)$ และสมการ $\frac{LCC\ \ (Bht\ per\ Kg)}{Cost\ of\ carbon\ emission\ (Bht\ per\ Kg)}$ ซึ่งสามารถใช้ประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงได้ และสามารถใช้เปรียบเทียบกับการผลิตในปีต่อ ๆ ไปได้อย่างเหมาะสม

2) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง และการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำจะมีผลกระทบสูงที่สุดในด้านของการใช้ทรัพยากร ประเภท Non-Renewable Resource

3) Global Report Initiative (GRIs) สามารถนำเกณฑ์และตัวชี้วัดมาประยุกต์ใช้เพื่อประเมิน Social life Cycle Assessment ได้อย่างเหมาะสมกับการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1) งานวิจัยนี้ศึกษาอุตสาหกรรมผลิตพลาสติกในประเทศไทยครอบคลุมอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น และอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตโอเลฟินส์ อุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติก 2 ประเภท ได้แก่ เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง (HDPE) และเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ (LDPE)

2) เครื่องมือที่ใช้ประเมิน Life Cycle Assessment, Life Cycle Costing และ Social Life Cycle Assessment อ้างอิงตาม ISO 14000 และรวมถึง guideline ต่าง ๆ ดังนี้

- การประเมิน Life Cycle Assessment อ้างอิงตาม ISO 14040-14044
- การประเมิน Life Cycle Costing อ้างอิงตาม ISO 15663-1 และ ISO 15686-5
- การประเมิน Eco-Efficiency อ้างอิงตาม ISO 14045
- การประเมิน Social Life Cycle Assessment ค.ศ.2013 อ้างอิงตาม Global Report Initiative (GRIs) และ Guideline for Social Life Cycle Assessment of Product (UNEP and SETAC Life Cycle Initiative) ค.ศ.2013

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- การประเมิน Life Cycle Sustainability Assessment อ้างอิงตาม Toward Life Cycle Sustainability Assessment (UNEP and SETAC Life Cycle Initiative)

โดยขอบเขตการศึกษานี้ใช้ขอบเขตการศึกษาคือ การได้มาของวัตถุดิบจนถึงการผลิตเม็ดพลาสติก (Cradle to gate) โดยการข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2557 – พ.ศ. 2559

จำนวนโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาจำนวน 6 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน Olefin จำนวน 3 โรงงาน (โรงงาน Olefin คือโรงงานที่ผลิตเอทีลีนโดยเอทีลีนคือวัตถุดิบที่จะนำไปผลิตเป็นพอลีเอทีลีน) และโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก HDPE จำนวน 2 โรงงาน และโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก LDPE จำนวน 1 โรงงาน

3) การประเมินความยั่งยืน Life Cycle Sustainability Assessment ครอบคลุมการประเมินผลกระทบสามด้านคือประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (LCA) ประเมินผลกระทบทางด้านต้นทุน (LCC) ประเมินผลกระทบทางด้านสังคม (SLCA) โดยการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและด้านต้นทุนจะพัฒนาการศึกษาเป็นการศึกษาเชิงนิเวศเศรษฐกิจ และนำมาตรการประเมินผลกระทบทางด้านสังคมเพื่อมาจัดทำ Life Cycle Sustainability Assessment

4) ข้อมูลที่เก็บรวบรวมในการประเมินใช้ข้อมูลทั้งด้านปฐมภูมิ และทุติยภูมิ เพื่อประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ทางเศรษฐกิจและสังคม

- ข้อมูลปฐมภูมิ รวบรวมจากการจัดทำแบบสอบถาม สัมภาษณ์ โดยแบ่งออกเป็นแบบสอบถามทางด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และแบบสอบถามเพื่อใช้ประเมินผลกระทบทางสังคม รวมทั้งข้อมูลด้านการเงิน
- ข้อมูลทุติยภูมิ รวบรวมจากรายงานความยั่งยืนประจำปีของบริษัท รายงานความยั่งยืนตั้งแต่ปี 2555-2562 ข้อมูลต้นทุนราคาพลาสติกจากสถาบันเม็ดพลาสติก

5) หน่วยการทำงาน (Functional Unit) คือ 1 ตัน ของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำสำหรับการประเมิน LCA และ LCC ในส่วนของการประเมิน SLCA จะไม่ทำการปันส่วน (Allocation)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) มีเครื่องมือในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม เศรษฐศาสตร์และสังคมที่ครบถ้วนและรอบด้านสำหรับผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี และสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้

2) สร้างทางเลือกในการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ต้นทุน และลดผลกระทบทางสังคมตลอดห่วงโซ่อุปทานของผลิตภัณฑ์ HDPE และ LDPE โดยเลือก Hotspot ในวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เม็ด

พลาสติกและปรับปรุงในขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบสูงสุด เพื่อสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment)

องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการกำหนดมาตรฐาน (International Organization for Standard: ISO) ได้ให้นิยามของ Life Cycle Assessment ไว้ใน มาตรฐาน ISO 14040 คือการรวบรวมและการประเมินของสารขาเข้าและสารขาออก รวมถึงผลกระทบของสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Kicherer et al., 2006) ส่วน The Society of Environmental Toxicity and Chemistry (UNEP/SETAC) ได้ให้นิยามไว้ว่า การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณาจากกระบวนการและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ทั้งพลังงานและวัตถุดิบที่เกี่ยวข้อง การประเมินผลทั้งวัฏจักรเช่น การผลิต การบรรจุ การบำรุงรักษาการนำมาใช้ใหม่ และขั้นตอนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการกำหนดมาตรฐาน ได้กำหนดมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในอนุกรม ISO 14000 เกี่ยวกับมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยมีขั้นตอนและวิธีการของการประเมินที่เกี่ยวข้องคือ (Rebitzer et al., 2004; Sala et al., 2012; Zamagni et al., 2013)

- ISO 14040 Principle and Framework
- ISO 14041 Life Cycle Inventory Analysis
- ISO 14042 Life Cycle Impact Assessment
- ISO 14043 Interpretation

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

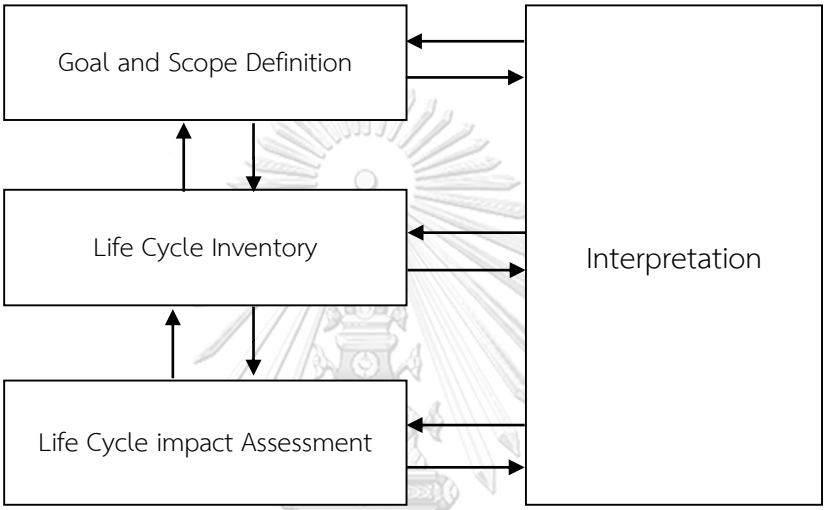
2.1.1 วัตถุประสงค์ของการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

วัตถุประสงค์หลักของการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์คือ การรวบรวมและประเมินผลกระทบตลอดกระบวนการ และกิจกรรมการผลิตรวมถึงกระบวนการที่เกี่ยวข้องโดยมีเป้าหมายคือ (Kicherer et al., 2006)

- ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ โดยสามารถใช้ผลของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เพื่อปรับปรุงหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้
- การประเมินที่ครอบคลุมผลกระทบทุกด้านของสิ่งแวดล้อม
- การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เป็นวิธีการที่มีการศึกษาอย่างระมัดระวัง ดังนั้นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีนี้จึงเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่มีความน่าเชื่อถือ

2.1.2 ขั้นตอนการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

ในการศึกษาหาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์นั้นมีวิธีการศึกษาประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ ขั้นที่ 1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition) ขั้นที่ 2 การจัดทำบัญชีรายการ (Life Cycle Inventory) ขั้นที่ 3 การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment) และขั้นที่ 4 คือ การแปลผล (Interpretation)



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

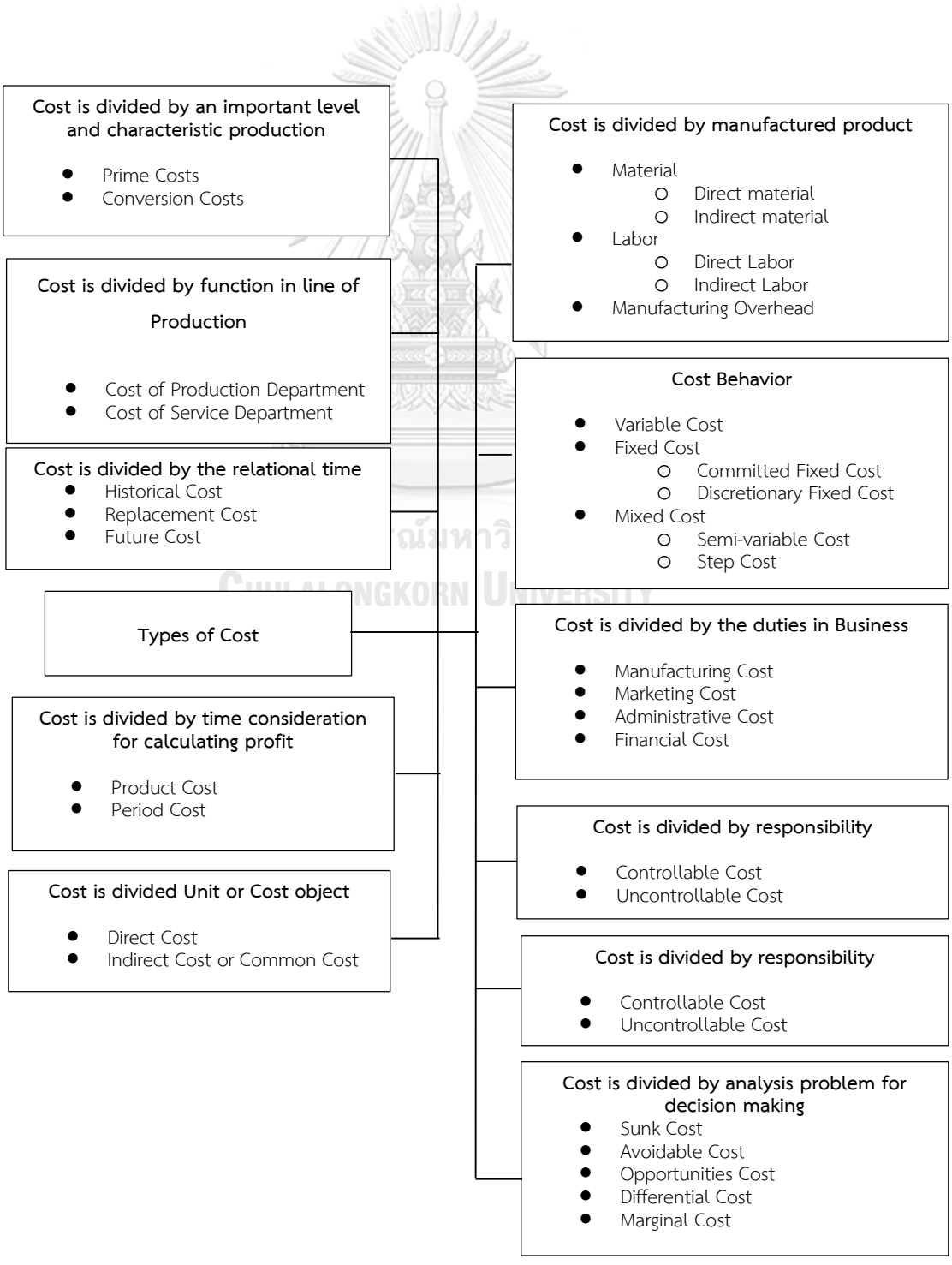
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับต้นทุน

ในทางบัญชีได้ให้นิยามของต้นทุนว่าหมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ถูกประเมินออกมาในรูปของจำนวนเงินที่ต้องจ่ายในรูปเงินตราหรือการโอนทรัพย์สินให้ การออกหุ้นสามัญ หรือรวมถึงการเกิดขึ้นของหนี้สินเพื่อให้ได้รับสินค้า และต้นทุนสามารถแบ่งได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการจัดแบ่งประเภทของต้นทุน เช่น ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้า เป็นต้น แต่โดยทั่วไปสามารถแบ่งได้ดังแผนภูมิ (รูปที่ 2.2)

จากนิยามของต้นทุนและชนิดของต้นทุนข้างต้นจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการพิจารณาต้นทุนในการคำนวณรูปแบบเดิมนั้นการคำนวณต้นทุนมักมองข้ามต้นทุนหลายประเภท เช่น โดยส่วนใหญ่มักจะคำนวณเพียงต้นทุนของหน่วยผลิตภัณฑ์อย่างเดียว ไม่ได้รวมถึงต้นทุนอื่น ๆ เช่น ค่าใช้จ่ายในการอบรม ค่าเสื่อมราคา เป็นต้น ทั้ง ๆ ที่ต้นทุนเหล่านี้สำคัญและอาจเป็นค่าใช้จ่ายที่ผู้ประกอบการมองข้ามทำให้ผู้ประกอบการมองไม่เห็นต้นทุนที่แท้จริงที่ต้องแบกรับเอาไว้ ดังนั้นปรากฏการณ์ภูเขา

น้ำแข็งที่ส่งผลกระทบต่อธุรกิจจึงเกิดขึ้น เช่น เมื่อคำนวณหักลบกลบหนี้แล้วปรากฏว่ายังขาดทุนอยู่หรือไม่สะท้อนต้นทุนที่แท้จริงเนื่องจากค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนที่แท้จริงถูกมองข้ามไป ปรากฏการณ์เหล่านี้เรียกว่า ปรากฏการณ์ภูเขาน้ำแข็ง (Krozer, 2008; Lagaros & Karlaftis, 2016; Woon & Lo, 2016)



รูปที่ 2.2 ประเภทของต้นทุน (Auejiraphun, 2006)

2.2.1 ประวัติความเป็นมาของการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต

เริ่มแรกประวัติของการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เริ่มจากแผนทางการทหารของประเทศสหรัฐอเมริกา US – Department of Defense ได้นำเอาวิธีการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตมาประยุกต์ใช้ในด้านการทหาร เช่น การคำนวณต้นทุนด้านการขนส่งสำหรับทหารและกองทัพ ต้นทุนด้านวัสดุอุปกรณ์ รวมถึงการจัดการทางการทหาร ในเวลานั้นแผนนี้เรียกว่าแผน Intregrated Logistic Support หรือ ILS โดยแผนนี้สำเร็จเป็นการประเมินอุปกรณ์และวัสดุในกองทัพว่า วัสดุใดสามารถใช้ได้และวัสดุใดที่สามารถนำมาใช้แล้วก่อประโยชน์หรือประสิทธิภาพสูงสุด หลังจากนั้นจึงมีแผนถัดมา เรื่องของการประเมินค่าใช้จ่ายตลอดวัฏจักรชีวิต ในภาคอุตสาหกรรมในช่วงปลายปี 1980 ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่หลากหลายมากขึ้นเช่น โรงไฟฟ้า อุตสาหกรรมผลิตเชื้อเพลิงและสารเคมี การรถไฟ เป็นต้น และในปัจจุบันการใช้งาน LCC ได้พัฒนามากกว่าการแต่ก่อนในหลากหลายกลุ่มไม่จำกัดอยู่เพียงแต่อุตสาหกรรมเพียงเท่านั้น (Kawauchi & Rausand, 1999)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.2 แนวคิดการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต

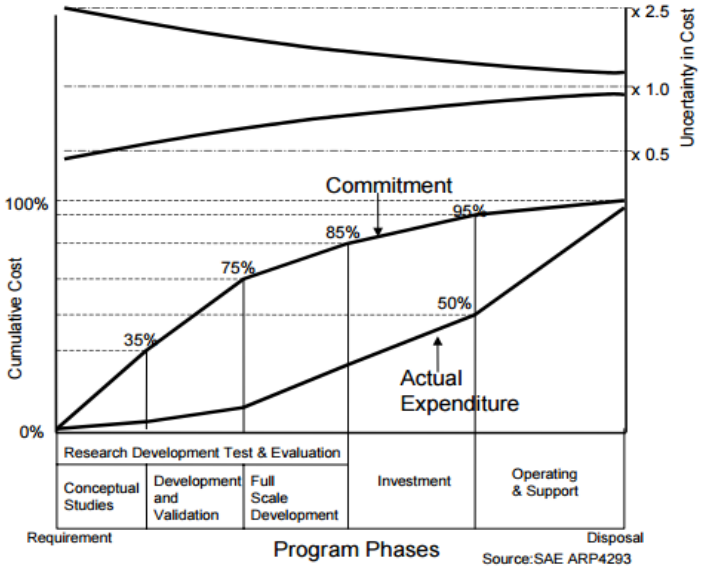
ตามปกติทรัพย์สินประเภทที่สามารถจับต้องได้จะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานอาจเริ่มตั้งแต่การจัดซื้อ จนช่วงการใช้งาน บำรุงรักษา และจนถึงในขั้นตอนของการกำจัดซาก Yoshi และ Marvin ได้จัดประเภทของของระยะผลิตภัณฑ์ออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระยะเริ่มต้น เป็นระยะแรกของการเริ่มคือการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Research and development) เป็นช่วงระยะเวลาที่องค์กรลงทุนกับการวิจัย ใช้เวลา รวมถึงงบประมาณในการตรวจสอบการดำเนินงานในอนาคตว่าสามารถดำเนินงานไปได้หรือไม่และคุ้มค่าเพียงพอที่จะลงทุนหรือไม่

ขั้นที่ 2 ระยะการลงทุน (Investment) เมื่อผู้ที่ตัดสินใจลงทุนได้ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการลงทุนแล้ว ก็จะเริ่มลงทุนเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นใน

ขั้นตอนนี้อาจเป็นต้นทุนค่าที่ดิน การสร้างโรงงานหรือสิ่งปลูกสร้างอาคาร วัสดุและรวมถึงเครื่องจักรต่าง ๆ

ขั้นที่ 3 ระยะของการดำเนินการ (Operating and support) เป็นระยะขั้นตอนของการดำเนินการผลิตจริง โดยขั้นตอนนี้จะมีค่าใช้จ่ายมากมาย เช่น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการการผลิต ต้นทุนด้านวัตถุดิบ ต้นทุนในการดำเนินการ ต้นทุนด้านการบำรุงรักษา ต้นทุนด้านการอบรม และอื่น ๆ อีกมากมายดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 ต้นทุนที่เกิดขึ้นตามระยะเวลาแต่ละช่วงของกิจกรรมการดำเนินการผลิต (Kawauchi & Rausand, 1999)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากระยะแต่ละช่วงของการเกิดต้นทุนในการดำเนินการผลิตบางครั้งอาจเป็นเรื่องยากที่จะดำเนินการคำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้นทั้งหมด วิธีการ LCC จึงถูกนำมาใช้เพื่อสะท้อนต้นทุนที่เกิดขึ้นที่แท้จริงทั้งหมดและลดโอกาสการผิดพลาดปรากฏการณ์ภูเขาน้ำแข็ง

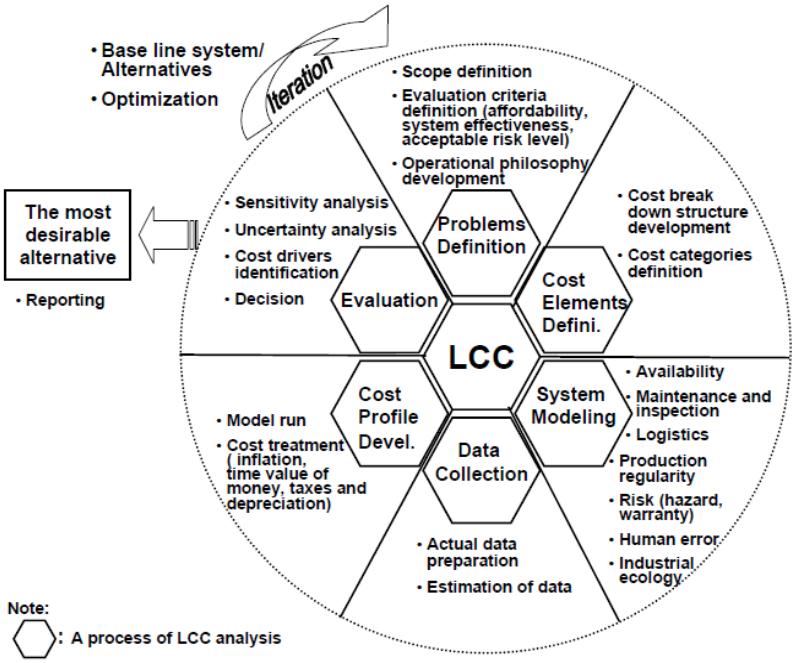
2.2.3 ขั้นตอนการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

การดำเนินการคำนวณ LCC สามารถดำเนินการได้โดยวิธีการดังรูปที่ 2.4

1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Problem Definition)
2) กำหนดองค์ประกอบต้นทุน (Cost Element Definition)
3) กำหนดรูปแบบระบบ (System Modeling)
4) รวบรวมข้อมูล (Data Collection)

5) กำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ระบบ (Cost Profile Development)

6) วิเคราะห์ประเมินต้นทุนของระบบ (Evaluation)



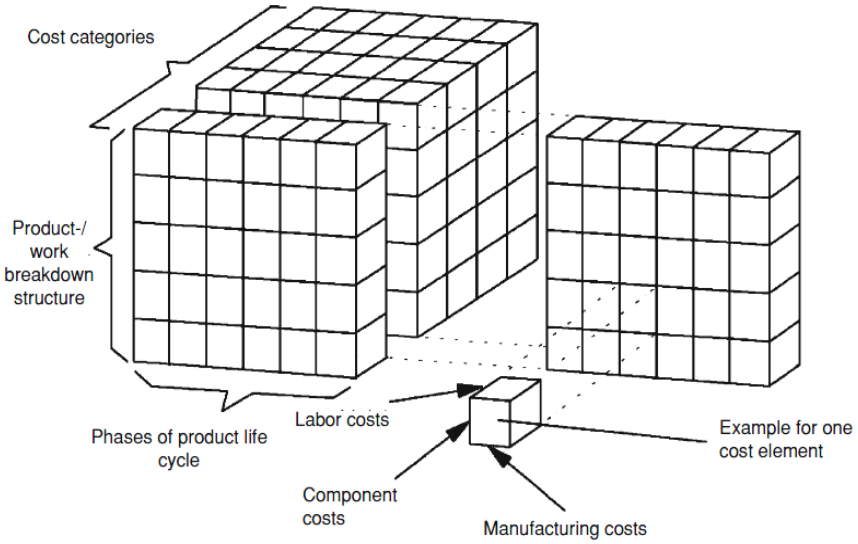
รูปที่ 2.4 รูปแบบการวิเคราะห์ต้นทุน
(Kawauchi & Rausand, 1999)

2.2.3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษาการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์นั้นขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาถือได้ว่ามีความสำคัญมาก เพราะเป็นการระบุเงื่อนไขลักษณะของระบบที่ทำการศึกษา กิจกรรมที่อยู่ในระบบ โดยการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษานั้นควรกำหนดภายใต้เงื่อนไขที่เป็นไปได้และมีความเหมาะสม โดยคำนึงถึงการนำผลไปใช้จากการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นเพื่อปรับปรุงต้นทุน หรือเพื่อประกอบการตัดสินใจลงทุน

2.2.3.2 การกำหนดองค์ประกอบของต้นทุน

การกำหนดองค์ประกอบของต้นทุนเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์จำเป็นต้องมีการกำหนดให้ครอบคลุมเพื่อสะท้อนต้นทุนที่แท้จริงออกมาได้มากที่สุดจากการวิเคราะห์ โดยสามารถแบ่งองค์ประกอบต้นทุนย่อยได้ตามรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การแบ่งต้นทุนตามกลุ่มต้นทุนย่อยและต้นทุนหลักที่เกิดขึ้นในกิจกรรมการผลิต (Cost Element Concept)

จากตัวอย่างภาพจะเห็นได้ว่า แกน X แสดงถึงต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตที่เราต้องการประเมิน ส่วนในแกน Y คือชนิดของต้นทุนย่อยที่เกิดขึ้นในงานหลัก โดยเมื่อพิจารณาจะพบดังตัวอย่างว่า กรณีของต้นทุนค่าจ้างที่เกิดขึ้นยังมีค่าใช้จ่ายอื่น ๆ อยู่ด้วยเช่น ต้นทุนในการผลิต ซึ่งองค์ประกอบของต้นทุนนี้ช่วยให้การวิเคราะห์เป็นไปได้อย่างครอบคลุมมากยิ่งขึ้นโดยผู้วิจัยต้องกำหนดกิจกรรมที่จะมีการประเมินต้นทุนให้ชัดเจน

2.2.3.3 การกำหนดรูปแบบของระบบ

การกำหนดรูปแบบของระบบ คือ รูปแบบของการวางแผนว่าระบบที่จะประเมินต้นทุนนี้มีการดำเนินการอย่างไร โดยตลอดวัฏจักรชีวิตจำเป็นจะต้องมีความสอดคล้องของการดำเนินการเพื่อให้การประเมินต้นทุนสอดคล้องต่อเนื่อง เช่น ในการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นจำเป็นจะต้องพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ต่อเนื่องจากการผลิต เช่น กำลังการผลิต ความต้องการแรงงาน ระยะเวลาในการผลิต การบำรุงรักษาเครื่องมือ การเปลี่ยนเครื่องจักร ซึ่งค่าใช้จ่ายพวกนี้จะถูกกำหนดในรอบระบบ เช่น การเปลี่ยนเครื่องจักร A มอเตอร์จะต้องถูกเปลี่ยนทุกเดือน โดยข้อกำหนดเหล่านี้คือรูปแบบของระบบเพื่อให้การประเมินของต้นทุนสอดคล้องและถูกต้อง

2.2.3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิเคราะห์ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตนั้นข้อมูลด้านราคามีความจำเป็นอย่างมาก เพราะเป็นปัจจัยที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถคำนวณราคาออกมาได้อย่างถูกต้อง โดยข้อมูลที่สามารถรวบรวมได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทของข้อมูลได้แก่

1) ข้อมูลจริง

ข้อมูลต้นทุนที่แท้จริงที่มีการบันทึกทางระบบบัญชีหรือที่ทราบราคาอยู่แล้วว่าราคาเท่าใดซึ่ง การทราบข้อมูลจริงสามารถนำไปคำนวณราคาได้เลย เช่น ข้อมูลราคาเครื่องจักร ข้อมูลราคาอุปกรณ์สำนักงาน เครื่องถ่ายเอกสาร คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

2) ข้อมูลจากการประมาณ

ข้อมูลจากการประมาณนั้นเกิดขึ้นเมื่อผู้วิจัยไม่สามารถทราบราคาที่แท้จริงได้ เช่น ข้อมูลราคาสูญหาย หรืออาจมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องทางเศรษฐกิจเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเชื้อเพลิง เราอาจทำการประเมินได้ 2 รูปแบบคือ

- Cost Estimating Relationship (CERs) การประมาณราคาประเภทนี้จะใช้วิธีการประมาณราคาจากข้อมูลในอดีตที่เกี่ยวข้อง หรือที่มีอยู่เพื่อเชื่อมโยงกับราคาที่เราต้องการจะประเมิน
- Expert estimating คือการประเมินราคาจากการให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน โดยสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงการประเมินก่อนจะนำราคามาใช้ในการคำนวณ LCC เพื่อให้มีความผิดพลาดน้อยคือเรื่องของประเด็นดังต่อไปนี้
  - Data Accuracy
  - Environmental Factor
  - Prediction of Technique
  - Manufacturing Factor
  - Design Relate Factor
  - Short Term Management Factors

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.3.5 การกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ระบบ

ในการคำนวณหาต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตนั้นจำเป็นที่จะต้องคำนวณให้เป็นในรูปแบบของมูลค่าปัจจุบัน ณ ปีเวลาที่เราต้องการศึกษา โดยสามารถใช้สมการในการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

สูตรการคำนวณพื้นฐานของ LCC (Fuller & Petersen, 1995)

$$LCC = \sum_{t=0}^{n} \frac{Ct}{(1+d)^t} \quad \text{สมการที่ 2.4}$$

เมื่อ LCC = Total cost that already reversed to be present value in Baht

Ct = Sum of all cost, including initial and future costs, occurring in year t

N = Amount of year in study period

D = Discount rate used to adjust cash flow to present value

การคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method)

วิธีการคิดคำนวณระยะเวลาคืนทุน คือการคำนวณระยะเวลาจากการลงทุน คือเมื่อกระแสเงินสดสุทธิรับจากโครงการเท่ากับกระแสเงินสดสุทธิจ่ายพอดี ระยะเวลาในการคืนทุนเป็นเครื่องมือในการประเมินแบบไม่ซับซ้อน ทำให้สามารถเห็นภาพออกมาได้ง่ายว่าคุ้มค่าต่อการเลือกลงทุนหรือไม่ เพื่อให้การตัดสินใจลงทุนถูกต้อง (Horngren et al., 2009)

$$\text{Payback period} = \frac{\square\square\square\ \square\square\square\square\square\square\ \square\square\square\square\square\square\square\square\square}{\square\square\square\square\square\square\square\ \square\square\square\square\square\square\square\square\ \square\square\ \square\square\square\square\square\square\ \square\square\square\square\square\square\ \square\square\square\boldsymbol{h}\ \square\square\square\square} \quad \text{สมการที่ 2.5}$$

การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present Value)

การคำนวณต้นทุนนั้นส่วนใหญ่แล้วจะคำนวณในรูปแบบของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยมีวิธีการคำนวณดังตัวอย่างด้านล่าง เช่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} Ct(1+d)^{-t} \quad \text{สมการที่ 2.6}$$

เมื่อ NPV = is the net present value of future cash flow

Cn = is the nominal cash flow

N = is the specific year in LCC

X = Discount rate

T = Number of time period (Year)

NPV= Total revenue in present value – Total cost in present value สมการที่ 2.7

2.2.3.6 การวิเคราะห์และประเมินต้นทุนระบบ

เมื่อได้วิธีการที่จะนำมาวิเคราะห์ข้อมูลแล้วการตรวจสอบข้อมูล วิเคราะห์และตรวจสอบว่าผลที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำเพียงพอหรือไม่ โดยทางเลือกกระบวนการเหล่านี้ที่ผู้วิจัยสามารถเลือกวิเคราะห์ได้แก่

- การวิเคราะห์ความไหว
- การวิเคราะห์ความไม่แน่นอน

2.2.4 Life Cycle Costing ในอนุกรมขององค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน

การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ในอนุกรมขององค์กระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (ISO) นั้นมีอนุกรมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาที่ประยุกต์ใช้ได้ 2 อนุกรมคือ ISO 15663-1 Petroluem and Natural Gas Industries-Life Cycle Costing และ ISO 15686-5 Building and Constructed Assets Service-life Cycle Planning-Life Cycle Costing โดยรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการศึกษาของ ISO 15663-1 มีดังนี้ (ISO15663-1, 2000)

- การวินิจฉัยและการกำหนดขอบเขต (Diagnosis and Scoping)
  ขั้นตอนแรกของการศึกษา Life Cycle Costing คือการกำหนดขอบเขตของระบบที่ต้องการศึกษานอกจากนี้ยังรวมถึงขั้นตอนต่าง ๆ เพิ่มเติม เช่น การระบุวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่ต้องมีความสอดคล้องกันในแต่ละขั้นตอน การระบุข้อบังคับและข้อจำกัดของการศึกษา การระบุขั้นตอนการตัดสินใจ การกำหนดข้อจำกัดของการศึกษา การระบุเกณฑ์ในการประเมินด้านการเงิน เช่น การประเมินด้วยต้นทุนสุทธิปัจจุบัน (Net Present Value) ดัชนีการทำกำไร (Profitability Index) ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการ (Internal Rate of Return) เป็นต้น
- การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุน (Data Collection and Structure Breakdown Cost) การกำหนดองค์ประกอบของต้นทุนที่ต้องการศึกษาโดยจะต้องมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การศึกษา รวมไปถึงการรวบรวมข้อมูลต้นทุนทั้งข้อมูลชนิดปฐมภูมิและข้อมูลชนิดทุติยภูมิที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล
- การวิเคราะห์และแบบจำลอง (Analysis and Modelling) โดยการกำหนดรูปแบบที่ต้องการวิเคราะห์ต้นทุน การวิเคราะห์และการประเมินทางเลือกในการตัดสินใจ การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- การรายงานและการตัดสินใจ (Reporting and Decision Making) เป็นการรายงานผลการศึกษา ทางออก การตัดสินใจต่าง ๆ ในการประยุกต์ในการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์มาใช้

นอกจากนี้ยังมีอนุกรมที่กล่าวถึงการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑที่เกี่ยวข้องอีกหนึ่งอนุกรมได้แก่ ISO 15686-5 Building and Constructed Assets Service-life Cycle Planning-Life Cycle Costing โดยรายละเอียดและขั้นตอนการศึกษามีดังนี้ (ISO15686-5, 2008)

- การกำหนดขอบเขตการศึกษา โดยจะต้องมีการกำหนดของเขตการศึกษาโดยระบุเข้าไปในขั้นตอนการศึกษาว่าต้องการศึกษาในขอบเขตใด และขอบเขตใดที่ไม่รวมหรืออยู่นอกเหนือขอบเขตที่ต้องการศึกษา โดยจำเป็นต้องระบุลงไปในการศึกษาให้ชัดเจน
- ต้นทุนที่รวมในการวิเคราะห์การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต จำเป็นจะต้องมีการระบุชนิดของต้นทุน ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาองค์ประกอบราคา จำแนกประเภทของต้นทุนให้เหมาะสม โดยตัวอย่างชนิดของต้นทุนที่กำหนดได้แก่
  - ต้นทุนด้านการก่อสร้าง (Construction cost)
  - ต้นทุนด้านการดำเนินการ (Operation cost)
  - ต้นทุนด้านการบำรุงรักษา (Maintenance cost)
  - ต้นุทนด้านการกำจัด (End of life cost)

โดยต้นทุนเหล่านี้จะมีองคประกอบของต้นทุนย่อยอีกหลากหลายชนิด โดยผู้วิจัยสามารถเลือกและกำหนดขอบเขตได้ว่าต้องการศึกษาต้นทุนชนิดใดบ้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- การวิเคราะห์แต่ละขั้นของการประเมินต้นทุน โดยปกติแล้วการประเมินต้นทุนจะมีการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตามช่วงเวลาที่มีการก่อสร้างสินทรัพย์ต่าง ๆ เช่น ขั้นการลงทุน การวางแผนโครงการ ขั้นการออกแบบและการก่อสร้าง ขั้นการดำเนินการก่อสร้าง ขั้นการกำจัดในขั้นสุดท้าย
- การวิเคราะห์บนพื้นฐานความต้องการของลูกต้า หากลูกค้ามีข้อกำหนดหรือวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ควรมีการกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์และการนำผลไปใช้ของลูกค้าเพื่อการปรับปรุงต่าง ๆ การซ่อมแซม การซื้ออุปกรณ์หรือสิ่งอื่น ๆ เพื่อแทนที่

- การวิเคราะห์ข้อมูลที่ขั้นต่าง ๆ ของโครงการการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ การวิเคราะห์ต้นทุนผันแปร การคำนวณต้นทุนผันแปรและต้นทุนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต
- การรายงานผลการวิเคราะห์การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต

2.3 การศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ประสิทธิภาพชิงนิเวศเศรษฐกิจ มีรากฐานมาจาก 2 คำ คือคำว่า นิเวศ กับคำว่า เศรษฐกิจ โดยหมายถึงการดำเนินการทางธุรกิจที่มีความรับผิดชอบทางด้านสิ่งแวดล้อมควบคู่กันไป (United Nations, 2004) โดยแนวคิดของการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจนั้นเริ่มมาจาก The World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) กลุ่มธุรกิจผู้นำของกลุ่มธุรกิจนานาชาติและเป็นกลุ่มที่ได้เข้าร่วมประกาศเจตนารมณ์ในการประชุม Earth Summit 1992 โดยระบุว่าการดำเนินธุรกิจให้ประสบผลสำเร็จภายใต้การดำเนินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจทั้ง 7 ประเด็น ได้แก่

1) ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตหรือบริการ
2) ลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต
3) ลดมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม
4) ใช้การ Reuse สำหรับวัตถุดิบอย่างมีประสิทธิภาพ
5) กระตุ้นให้เกิดการใช้ทรัพยากรหมุนเวียน
6) เพิ่มอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์
7) เพิ่มระดับของการบริการกับสินค้าและบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยแนวคิดของการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมีความเหมาะสมกับธุรกิจเพราะช่วยสร้างสมดุลระหว่างการสร้างความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของธุรกิจและยังลดผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วยและยังใช้เป็นตัวชี้วัดในการพัฒนาอย่างยั่งยืนได้อีกด้วย โดยประโยชน์ของการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจนั้นมีดังนี้ (Sturm et al., 2004)

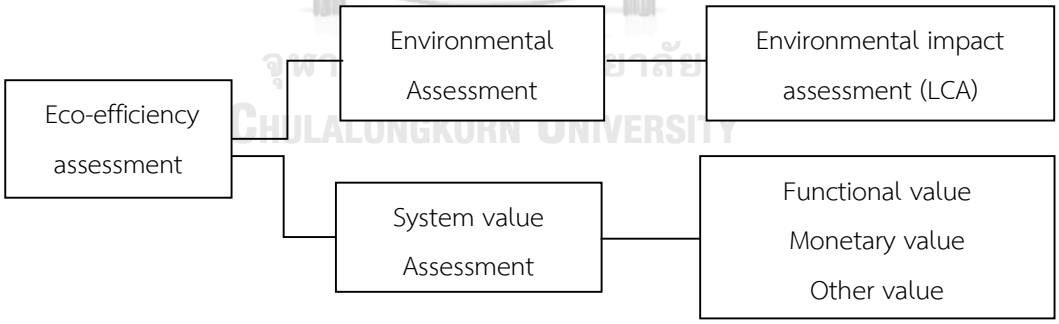
- การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจะช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพราะสามารถนำไปทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาอื่นได้เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ดีทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและธุรกิจ
- ลดต้นทุนในการผลิต
- สามารถช่วยกำหนดนโยบายหรือกลยุทธ์ขององค์กรได้
- พัฒนาประสิทธิภาพการผลิต

- สามารถถูกใช้ในรูปแบบของกลยุทธ์ทางการตลาดในการปรับปรุงภาพลักษณ์ของบริษัท เพื่อเป็นผู้นำของการผลิตและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- ลดมลพิษสิ่งแวดล้อม
- สนับสนุนให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน

ในช่วงเริ่มแรกของการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจนั้น การพิจาณาด้านสิ่งแวดล้อมจะมีการศึกษา 5 ด้านของสิ่งแวดล้อม (Sturm et al., 2004)

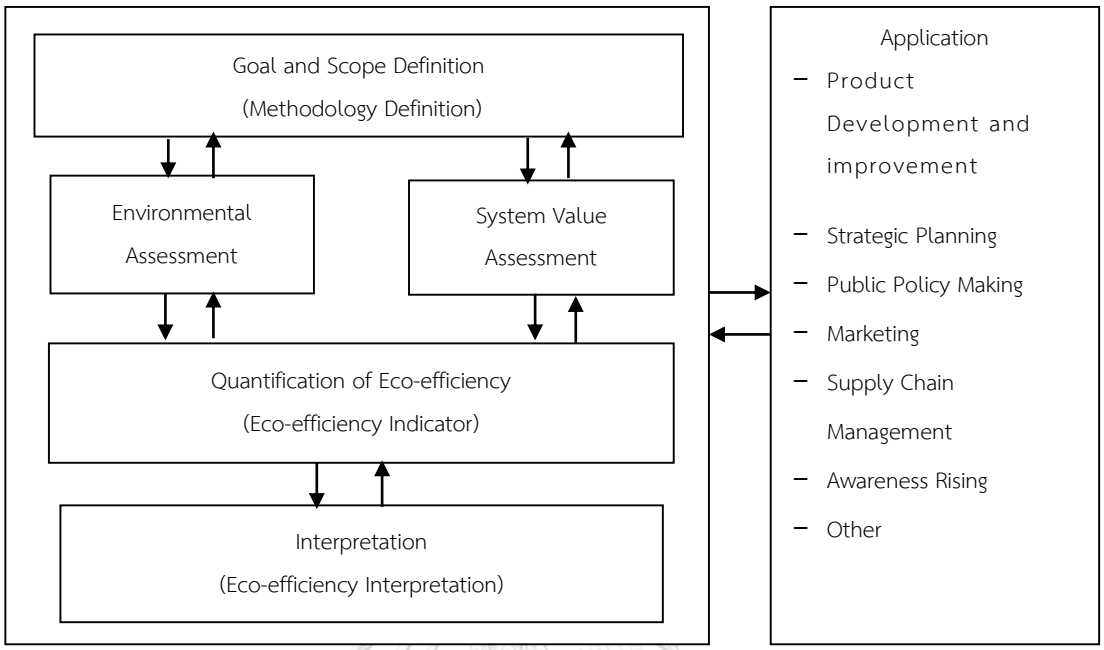
- การใช้น้ำ (Water Use)
- การใช้พลังงาน (Energy Use)
- ผลต่อการเกิดสภาวะโลกร้อน (Global Warming Contribution)
- การเกิดผลกระทบต่อการลดลงของชั้นโอโซน (Ozone Depletion Substance)
- ของเสีย (Waste)

ปัจจุบันองค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยการกำหนดมาตรฐานสากลได้ระบุมาตรฐานของการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ISO 14045 เกี่ยวกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Environmental impact of a product) ที่สัมพันธ์กับมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์ (Product system value) โดยแนวความคิดพื้นฐานคือการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น โดยการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจะดำเนินการควบคู่กันทั้งทางด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์ (ISO 14045, 2012) ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

วิธีการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจนั้นตามขั้นตอนของอนุกรมมาตรฐานมีดังนี้ (ISO 14045, 2012)



รูปที่ 2.7 วิธีการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14045

2.3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

ขั้นตอนของการกำหนดขอบเขตของการศึกษาเป้าหมายว่าต้องการศึกษาเพื่ออะไร รวมถึงการแปลผลและระบุข้อจำกัดของการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14045 ระบุว่าการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมควรจัดทำการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามอนุกรม ISO 14040 และ 14044 หากมีการให้ค่าน้ำหนัก ควรระบุการให้ค่าน้ำหนักด้วย รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องในการให้ค่าน้ำหนักผลกระทบด้วยเช่นกัน

2.3.3 การประเมินมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์ (Product System Value Assessment)

ในการประเมินมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์นั้นตาม ISO 14045 ได้กำหนดรูปแบบของการประเมินมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์ไว้ 3 รูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา ได้แก่

1) มูลค่าด้านหน้าที่ (Functional Value) การประเมินมูลด้านหน้าที่นั้นอาจประเมินรูปแบบของประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ เช่นอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะได้ประโยชน์กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและอาจมีประโยชน์กับผู้บริโภค

2) มูลค่าด้านตัวเงิน (Monetary Value) เป็นการประเมินในรูปแบบของต้นทุนหรือตัวเงินอื่นๆ เช่น ความเต็มใจจ่าย การลงทุนในอนาคต เป็นต้น

3) มูลค่าอื่น ๆ (Other Value) เป็นการประเมินมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นลักษณะที่ไม่สามารถวัดค่าออกมาได้ในรูปตัวเงิน เช่น คุณค่าแบรนด์สินค้า คุณค่าทางวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ การเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทนี้อาจแตกต่างออกไป เช่น อาจใช้แบบสอบถาม ทำวิจัยการตลาดหรือการสำรวจตลาดเป็นต้น

2.3.4 การหาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency Indicator)

การคำนวณค่านั้นสิ่งที่สำคัญจะต้องเป็นค่าที่สัมพันธ์กับการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์ และยิ่งไปกว่านั้นต้องสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

2.3.5 การแปลผล

การแปลผลควรครอบคลุมขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการศึกษา หากมีประเด็นที่สำคัญควรระบุทั้งด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์ ความสมบูรณ์ ความไม่แน่นอน และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวสามารถทำได้ นอกจากนี้สูตรคำนวณสรุป ข้อจำกัดการศึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะควรถูกระบุไว้ในขั้นตอนนี้ด้วยเช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3.6 วิธีการคำนวณประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

โดยปกติการคำนวณประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจะเป็นการคำนวณอัตราส่วนระหว่างมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์กับผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม แต่ไม่มีวิธีการรูปแบบที่เป็นกฎเกณฑ์บังคับสามารถประยุกต์ได้หลากหลายให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา และเมื่อมีการคำนวณต่อเนื่องของผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ต้องการเปรียบเทียบก็ควรจะใช้สูตรเดียวกันเพื่อค้นหาว่า ผลิตภัณฑ์ใดมีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ดีกว่ากัน โดยสูตรมาตรฐานที่มักใช้กันทั่วไปเช่น

$$\text{Eco-efficiency indicator} = \frac{\square\square\square\square\square\ \square\square\ \square\square\square\square\square\square\square\ \square\square\ \square\square\square\square\square\square\square}{\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\ \square\square\square\square\square\square\square\ \square\square\ \square\ \square\square\square\square\square\square\square}$$

สมการที่ 2.8

2.4 การประเมินผลกระทบด้านสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

Social Life Cycle Assessment เป็นหลักการวิจัยรูปแบบใหม่ จึงยังไม่มีนิยามที่เป็นภาษาไทย ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอให้คำนิยามว่า “การประเมินผลกระทบด้านสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์” ซึ่งเป็นวิธีการที่ประเมินผลกระทบทั้งทางด้านบวกและด้านลบในสินค้าและบริการตลอดวัฏจักรชีวิต โดยการทำ SLCA นั้นแนวคิดถูกนำมาประยุกต์จากการทำ LCA และการประเมินผลกระทบทางด้านสังคม (O'Brien et al., 1996) ต่อมา The United Nation Environmental Program (UNEP) และ The Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) ได้ออกแนวทางในการทำ SLCA (Finkbeiner et al., 2010) โดยการทำ SLCA สามารถประยุกต์ได้กับทุกผลิตภัณฑ์และการบริการแม้กระทั่งผลิตภัณฑ์ที่อันตราย เช่น การผลิตอาวุธ (Andrews et al., 2010) การทำ SLCA จะเป็นเครื่องมือช่วยเสริมในการตัดสินใจเมื่อต้องการประเมินผลกระทบที่ครอบคลุมความยั่งยืน มากกว่าการมองแค่ด้านสิ่งแวดล้อมอย่างการทำเพียงแค่ LCA เพียงอย่างเดียว โดยขอบเขตของการดำเนินการทำ SLCA นั้นสามารถประยุกต์ใช้ได้กับ LCA โดยใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ของ LCA มาประยุกต์ในการดำเนินการศึกษา โดยมีขั้นตอนการดำเนินการประเมินผลกระทบทางด้านสังคม ดังนี้ (Andrews et al., 2010)

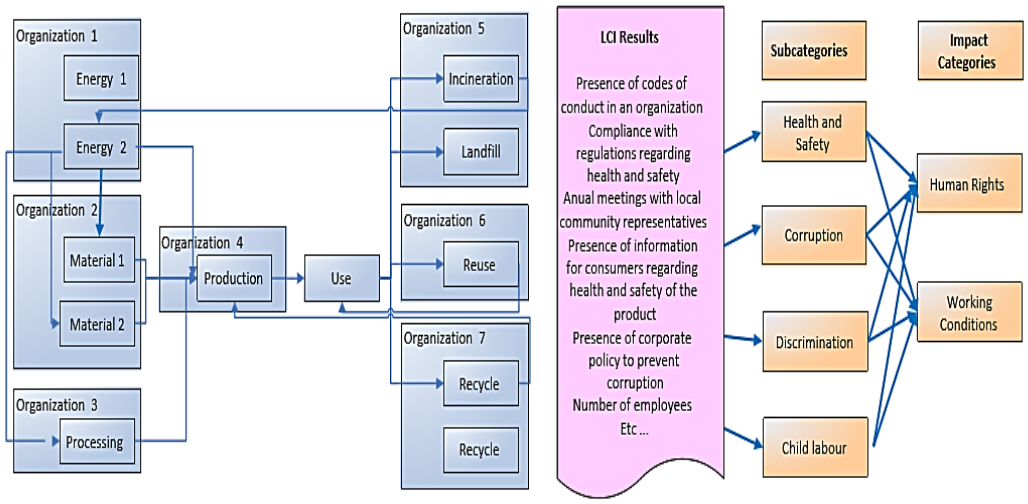
2.4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

SLCA สามารถประยุกต์เป้าหมายและขอบเขตของการศึกษากับ LCA โดยการระบุหน่วยการทำงานหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ และขอบเขตการศึกษา (ถ้าสามารถประยุกต์ได้) การทำ SLCA จำเป็นต้องระบุเป้าหมายการศึกษาให้ชัดเจนและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholder) ควรถูกระบุเช่นกันว่าการดำเนินการวิจัยจะศึกษาในผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกลุ่มใดบ้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4.2 การจัดทำบัญชีรายการ

การจัดทำบัญชีรายการเพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อประเมินผลกระทบทางสังคม โดยวิธีการของการรวบรวมข้อมูล SLCA เช่น การสัมภาษณ์ การทำแบบสอบถาม หรืออาจใช้การสังเกต โดยลักษณะข้อมูลที่รวบรวม 3 รูปแบบ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัยอันได้แก่ ข้อมูลปริมาณ (Quantitative Data) ข้อมูลกึ่งปริมาณ (Semi-Quantitative) และข้อมูลคุณภาพ (Qualitative Data) โดยตัวชี้วัดย่อย (Sub-Categories) ด้านสังคมต้องถูกระบุว่าจะประเมินด้านใดบ้าง ผู้วิจัยสามารถเลือกประเมินได้ตามวัตถุประสงค์ อาจจะปรึกษากับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการกำหนดตัวชี้วัดย่อยที่จะประเมินก่อนการดำเนินการดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการจัดทำบัญชีรายการการประเมินผลกระทบด้านสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (S-LCI) (UNEP/SETAC, 2012)

2.4.3 การประเมินผลกระทบ

ข้อมูลในรายการบัญชีนั้นจะต้องมีพื้นฐานดังนี้

1) ข้อมูลในรายการบัญชีต้องเกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดย่อยที่ได้เลือกไว้รวมถึงผลกระทบ
2) การคำนวณผลตัวชี้วัดย่อยนั้นไม่มีเกณฑ์ตายตัว

ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการในการศึกษาสำหรับ SLCA ที่เป็นเกณฑ์สากล การแปลผลและการรวบรวมข้อมูลจึงสามารถทำได้หลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประเมินผล (Bork et al., 2015; Siebert et al., 2017)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4.4 การแปลผลการศึกษา

การแปลผลการศึกษาของ SLCA จะแสดงผลกระทบด้านลบและด้านบวกจากการประเมินผลโดยการแปลผลจะช่วยให้ผู้ที่มีสิทธิ์ในการตัดสินใจทราบถึงปัญหาทางสังคมจากกระบวนการผลิตและนำไปสู่การลดผลกระทบที่เกิดขึ้น

2.4.5 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและตัวชี้วัดย่อย

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียตามการจัดแบ่งของ UNEP และ SETAC ได้จัดแบ่งผู้มีส่วนได้ส่วนเสียตามการประเมินผลกระทบทางสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตได้ 5 กลุ่ม ดังนี้ (Andrews et al., 2010) ดังตารางที่ 2.1-2.10

- คนงาน

- ผู้บริโภค
- ชุมชนท้องถิ่น
- สังคม
- ผู้ที่บทบาทในห่วงโซ่คุณค่า

ประเภทตัวชี้วัด (category) และตัวชี้วัดย่อย (sub-categories) ของ SLCA ถูกพัฒนาโดย UNEP และ SETAC โดยพัฒนาจากการประชุมนานาชาติ ข้อตกลง และมาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับ (Andrews et al., 2010)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.1 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียประเภทคนงาน การแบ่งกลุ่มและนิยาม (Benoit et al., 2010)

ผู้มีส่วนได้เสีย	การแบ่งกลุ่ม	นิยาม
Worker	Freedom of Association and Collective Bargaining	Workers or employee have the right to join or establish in the parties they need without prior authorization, to join in the respective interests.
	Child Labor	The work that menaces their childhood including their dignity
	Fair Salary	Wage fairly and reasonably, can be divided by 3 levels: 1. minimun wage required by law, 2. The local “prevailing industries wage”. 3. The “living wage”
	Hours of Work	The amounts of working periods for workers have to follow the laws and industry standards.
	Forced Labor	The workers must work involuntarily, menace and any penalty such as lack of consent to work.
	Equal Opportunities / Discrimination	The principle of non-discrimination, not discriminate in any cases such as education, employment, advancement, benefit and even resource distribution.
	Health and Safety	International labor organization (Hu, Kleijin, Bozhilova-Kisheva, & Di Maio) and World health organization (WHO) give the definition “ the promotion and maintenance of the highest degree of physical, mental and social well-being
	Social Benefit /Social Security	Social benefits refer to non-monetary term for example: medical insurance, dental insurance etc. Social security is included and is paid based on the data of working for instance:

		retirement, disability, dependents

ตารางที่ 2.2 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียประเภทคนงาน การแบ่งกลุ่ม เป้าหมายและมาตรฐานรองรับ (Benoit et al., 2010)

ผู้มีส่วนได้เสีย	การแบ่งกลุ่ม	เป้าหมายนานาชาติและมาตรฐานรองรับ
Worker	Freedom of Association and Collective Bargaining	-Social Accountability International, SA 8000 -The UN global Compact's ten principles (the 3rd principle)
	Child Labor	-Social Accountability International, SA 8000 -The UN Global Compact's Ten Principles (the 5rd principle) -GRI G3/G4 Sustainability Reporting Guidelines
	Fair Salary	-Social Accountability International, SA 8000
	Hours of Work	-Social Accountability International, SA 8000
	Forced Labor	-Social Accountability International, SA 8000 -ISO 26000: Guidance on Social Responsibility -OECD Guidelines for Multinational Enterprises
	Equal opportunities / Discrimination	-Social Accountability International, SA 8000 -IFC Performance Standard 2-Labor and Working Condition
	Health and safety	-OHSAS (Occupational Health and Safety Advisory Services 18001) -Social Accountability International, SA 8000

	Social Benefit / Social Security	-ISO 26000: Guidance on Social Responsibility

ตารางที่ 2.3 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียประเภทผู้บริโภค การแบ่งกลุ่มและนิยาม (Benoit et al., 2010)

ผู้มีส่วนได้เสีย	การแบ่งกลุ่ม	นิยาม
Consumer	Health and safety	Consumers have rights to be protected against products and services
	Feedback mechanism	The way of feedback which consumer can communicate to organizations for example return policy, surveys, guarantee and so on.
	Privacy	Limiting personal information, protecting confidential consumer data.
	Transparency	The organization is able to provide choices to consumer without any mislead or conceal
	End- of- life responsibility	It refers to product disposal, recycling or reuse that effect to consumer such as environmental and public health impact.

ตารางที่ 2.4 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียประเภทผู้บริโภค การแบ่งกลุ่ม เป้าหมายและมาตรฐานรองรับ (Benoit et al., 2010)

ผู้มีส่วนได้เสีย	การแบ่งกลุ่ม	เป้าหมายนานาชาติและมาตรฐานรองรับ
Consumer	Health and Safety	-ISO 26000: Guidance on Social Responsibility -OCED Recall procedures for unsafe products sold to the public and the recommendation of the council of 25th October 1982
	Feedback Mechanism	-ISO 26000: Guidance on Social Responsibility

	Privacy	-ISO 26000: Guidance on Social Responsibility -G3 Sustainability Reporting Guideline, Product Responsibility Performance Indicators
	Transparency	-G3 Sustainability Reporting Guideline -ISO 26000: Guidance on Social Responsibility
	End of Life responsibility	-ISO 26000: Guidance on Social responsibility -OECD Guidelines for Multinational Enterprise (Consumer Interests)

ตารางที่ 2.5 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียประเภทชุมชนท้องถิ่น การแบ่งกลุ่มและนิยาม (Benoit et al., 2010)

ผู้มีส่วนได้เสีย	การแบ่งกลุ่ม	นิยาม
Local Community	Delocalization and Migration	Workers resettle and migration because of necessary working including direct and indirect.
	Community Engagement	Organization ought to consider the stakeholders following by the policy, especially if it effects to local environment, health and well-being. Community engagement ought to provide community leaders and members with voice of concerning, moreover, organization should response concerns with the action plan.
	Cultural Heritage	Cultural heritage includes social, language, knowledge, objects as well as cultural space and so on.
	Respect of Indigenous Rights	It refers to a historical continuity with pre-colonial society which is developed on their boundaries or territories including right of land, resources, self-government etc.
	Local Employment	Local employment is to hire and offer opportunity to work for local community member that is provided by organization.
	Access to Immaterial	It refers to community service and include intellectual the property rights access of information and so

	Resources	on.
	Access to Material Resources	Organization and community may utilize the natural and man-made resources, share the use of resource that include the protecting and improving quality of local resource and infrastructure.
	Safe and Healthy Living Conditions	With regard to safety, all the operation can effect and impact community safety by equipment, accidents or process failure.
Local Community	Secure Living Conditions	Organization may employ the security forces to protect staffs and others include the human right in surrounding community

ตารางที่ 2.6 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียประเภทชุมชนท้องถิ่น การแบ่งกลุ่ม เป้าหมายและมาตรฐานรองรับ (Benoit et al., 2010)

ผู้มีส่วนได้เสีย	การแบ่งกลุ่ม	เป้าหมายนานาชาติและมาตรฐานรองรับ
Local Community	Delocalization and Migration	-AA1000 Accountability Principles Standard 2008 -United Nations Global Compact; Principle 1
	Community Engagement	-ISO 2006: Guidance on Social Responsibility, Clause 6.8- Community Involvement and Development -SA 8000 -G3 Sustainability Reporting Guidelines
	Cultural Heritage	-ISO 2006: Guidance on Social Responsibility -G3 Sustainability Reporting Guidelines
	Respect of Indigenous Rights	-ISO 2006: Guidance on Social Responsibility -G3 Sustainability Reporting Guidelines -Amnesty International Human Rights Principles for Companies
	Local Employment	-ISO 2006: Guidance on Social Responsibility, Clause 6.8 – Community Involvement and Development,

		Issue 3: Employment Creation and Skill Development, Issue 5: Wealth and Income Creation and Issue 7: Social Investment
	Access to Immaterial Resources	-AA 1000 Accountability Principles Standard 2008 -AA 1000 Stakeholder Engagement Standard -ISO 26000: Guidance on Social Responsibility
Local Community	Access to Material Resources	-ISO 14000: Environmental Management -ISO 26000: Guidance on Social Responsibility
	Safe and Healthy Living Conditions	-G3 Sustainability Reporting guidelines, Environmental Performance Indicators -ISO 26000: Guidance on Social Responsibility -OECD Guidelines for Multinational Enterprises (Environment)
	Secure Living Conditions	-ISO 26000: Guidance on Social Responsibility -OECD Guideline for Multinational Enterprises (Environment)

ตารางที่ 2.7 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียประเภทสังคม การแบ่งกลุ่มและนิยาม (Benoit et al., 2010)

ผู้มีส่วนได้เสีย	การแบ่งกลุ่ม	นิยาม
Society	Public Commitment to Sustainability Issues	It is a promise, agreement made by an organization or company to local community, general public, customers and so on. The commitment relate to sustainable development as reduction impact or effect to community from organization's activities.
	Prevention and Mitigation of Conflicts	The act of organization response to conflict zone
	Contribution to Economic	Organization create revenue, jobs, provide education, training, forward research or investment.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

	Development	
	Corruption	Misuse of power for personal advantages. There are many kind of corruption such as abuse discretion, bribery, embezzlement and etc.
	Technology Development	The development and transfer technology in many aspects such as technology needs, technology information, enabling environment and others.

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.8 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียประเภทสังคม ตัวชี้วัด เป้าหมายและมาตรฐานรองรับ (Benoit et al., 2010)

ผู้มีส่วนได้เสีย	การแบ่งกลุ่ม	เป้าหมายนานาชาติและมาตรฐานรองรับ
Society	Public Commitment to Sustainability Issues	-ISO 26000: Guidance on Social Responsibility -ISO 9001: standard for Quality management -ISO 14001: Standard for Environmental Management -SA 8000 Standard for Social Accountability -OHAS 18001: Occupational Health and Safety

ผู้มีส่วนได้เสีย	การแบ่งกลุ่ม	เป้าหมายนานาชาติและมาตรฐานรองรับ
	Prevention and Mitigation of Conflicts	-OECD Guidelines for Multinational Enterprises (General Policies) -Rio Declaration on Environment and Development, Principle 10
	Contribution to Economic Development	-Rio Declaration on Environment and Development, Principle 10
	Corruption	-ISO 26000: Guidance on Social responsibility -OECD Guidelines for Multinational Enterprises (General Policies)
	Technology Development	-ISO 26000: Guidance on Social responsibility -OECD Guidelines for Multinational Enterprises (General Policies)

ตารางที่ 2.9 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียประเภทผู้มีบทบาทในห่วงโซ่คุณค่า การแบ่งกลุ่มและนิยาม (Benoit et al., 2010)

ผู้มีส่วนได้เสีย	การแบ่งกลุ่ม	นิยาม
Value Chain	Fair Competition	Anti-Competitive behavior such as collusion or intending to fix prices with potential competitors,

Actors		coordinate bids and others. Anti- trust and monopoly practices such as create barrier to join in the sector, unfair business practice and so on.
	Respect of Intellectual Property Rights	General Term of property right, patent including copyright and trademark
	Supplier Relationships	Affiliation with organization that supply other organization by goods and service.
	Promoting Social Responsibility	The obligation of organization is considered about integrating social responsibility into core business

ตารางที่ 2.10 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียประเภทผู้มีบทบาทในห่วงโซ่คุณค่า การแบ่งกลุ่ม เป้าหมายและมาตรฐานรองรับ (Benoit et al., 2010)

ผู้มีส่วนได้เสีย	การแบ่งกลุ่ม	เป้าหมายนานาชาติและมาตรฐานการรองรับ
Value Chain Actors	Fair Competition	ISO 26000: guidance on social responsibility OECD Guideline for Multinational Enterprises (General Policy)
	Respect of Intellectual Property Rights	-UN Security Council Resolutions -United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples,2007
	Supplier Relationships	-ISO 26000:Guidance on Social Responsibility
	Promoting Social Responsibility	-ISO 26000:Guidance on Social Responsibility -SA 8000

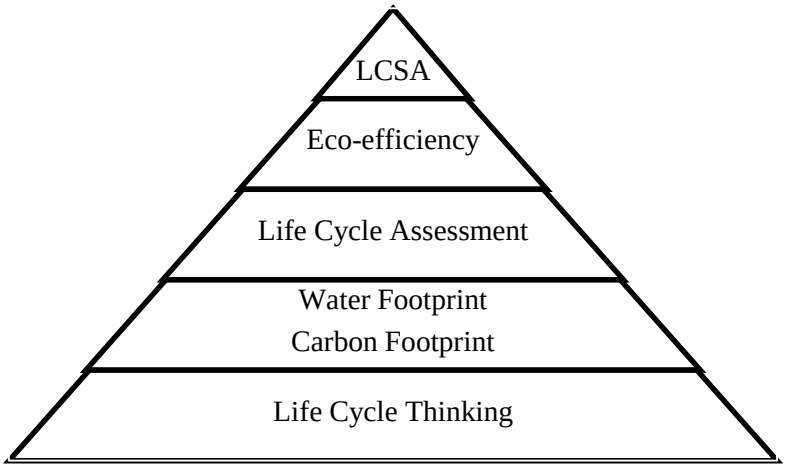
2.5 การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

ในปัจจุบันมีการรูปแบบการตรวจสอบและการประเมินความยั่งยืนผลิตภัณฑ์ ระบบ และเทคโนโลยีเพิ่มขึ้น มีครื่องมือและเทคนิคที่หลากหลายที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ด้านความยั่งยืน (UNEP/SETAC, 2012) เช่น การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันแต่ขอบเขตของการประเมินของ LCA ก็จำกัดเพียงขอบเขตของสิ่งแวดล้อม ซึ่งการพัฒนาในลำดับถัดมาคือการพัฒนาเครื่องมือเพื่อการประเมินทางด้านเศรษฐกิจและการประเมินควบคู่กับผลกระทบทางด้านสังคมควบคู่กันไป (Norris, 2001; O'Brien et al., 1996)

การประเมินวัฏจักรความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต เป็นเทคนิคหนึ่งที่เกิดขึ้นจากแนวคิดดังกล่าวที่ต้องการรวมสามเสาหลักของความยั่งยืนในการประเมินเพื่อให้ครบทุกด้านแนวคิดนี้จึงเกิดขึ้นโดยเป็นการมองภาพในองค์รวมเพื่อความเข้าใจในผลิตภัณฑ์และกระบวนการด้วยความยั่งยืนและเพื่อช่วยสนับสนุนในการดำเนินการกิจกรรมต่าง ๆ (UNEP/SETAC, 2012)

การประเมินวัฏจักรความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต คือวิธีการที่ประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมของผลิตภัณฑ์หรือองค์กรตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดย LCSA เป็นวิธีการใหม่ที่ยังต้องการการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เป็นการใช้การประเมินของ 3 เทคนิคได้แก่ LCA LCC และ SLCA โดยงานวิจัยที่เริ่มมีการพัฒนาเริ่มมีตั้งแต่ระดับชาติ ระดับภาคจนกระทั่งระดับภาคส่วน (Sector) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับภาคส่วนที่มีตัวอย่างขององค์กรที่สนใจในการทำ LCSA ในระดับภาคส่วนเช่น WORLD BANK แต่ในส่วนที่ต้องการพัฒนาคือวิธีการคำนวณค่า LCSA เพราะเนื่องจากยังไม่มีเครื่องมือประเมินคะแนนอย่างเป็นรูปแบบชัดเจน การประเมิน LCSA สามารถดำเนินการได้ตามแนวคิดของตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Thinking) โดยแนวคิดนี้เป็นพื้นฐานของการพัฒนาในในการประเมินสิ่งแวดล้อมที่เป็นเครื่องมือที่ประเมินผลกระทบเดี่ยว เช่น การประเมินรอยเท้าคาร์บอน (Carbon Footprint) รอยเท้าน้ำ (Water Footprint) หลังจากนั้นการพัฒนารูปแบบเครื่องมือจัดการสิ่งแวดล้อมเชิงเดี่ยวจึงนำมาสู่ขั้นการประเมินที่ครอบคลุมมิติด้านผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มากขึ้นเช่นการทำ LCA และเมื่อมาถึงปัจจุบันในสมัยของการพัฒนาที่ยั่งยืนการประเมินจึงถูกพัฒนาในสอดคล้องและครอบคลุมมากขึ้นทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ เช่น การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ การพัฒนาล่าสุดในการประเมินครบทั้งสามมิติของการพัฒนาที่ยั่งยืนคือ LCSA (Kloepffer, 2008; Sala et al., 2012) ดังรูป 2.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2.9 แนวคิดการพัฒนาเครื่องมือประเมินทางสิ่งแวดล้อม
(Finkbeiner et al., 2010)

การพัฒนารูปแบบของการประเมินความยั่งยืนในช่วงที่ผ่านมาได้มีการเกิดขึ้นของรูปแบบวิธีการอยู่หลากหลายแต่ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความไม่ชัดเจนในหลายประเด็น เช่น ความการกำหนดวิธีการในการแปลผลร่วมกันระหว่าง สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม (Costa et al., 2019) แม้ว่า LCSA ถูกพัฒนาขึ้นมาจากกรอบของ LCA โดยยึดกรอบของ ISO 14040-44:2006 แต่วิธีการที่จะดำเนินการในด้าน LCSA ยังไม่มีการระบุเป็นมาตรฐานซึ่งแตกต่างจาก LCA ดังนั้นในการศึกษา LCSA จึงมีการประยุกต์วิธีการประเมินที่หลากหลาย และวิธีการแต่ละวิธีมีข้อจำกัดเฉพาะและความแตกต่าง ซึ่งส่งผลให้การประยุกต์ใช้ LCSA เป็นเรื่องที่ยากและการเปรียบเทียบผล LCSA เช่นกัน

2.5.1 แนวคิดและรูปแบบของการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต

คำว่า การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต ปรากฏแนวคิดในครั้งแรกในปี 1987 และเกิดการบูรณาการระหว่างด้านเศรษฐกิจและสังคมเข้าไปใน LCA โดยการประยุกต์ใช้รวมกับ LCA ได้มีการอภิปรายและโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์กันมาตลอดตั้งแต่ปี 2000 (Costa et al., 2019) โดยแนวคิดที่ใช้สำหรับ LCSA ได้พัฒนามาหลากหลายรูปแบบ แต่สามารถแบ่งเป็นแนวคิดได้ 4 รูปแบบ นิยามของ LCSA

รูปแบบที่ 1 การนำเสนอรูปแบบการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต โดย (Kloepffer, 2008; Finkbeiner et al., 2010; Hoogmartens et al., 2014) ได้เสนอแนวคิดที่ต้องประเมินเพื่อความยั่งยืน ดังนี้

$$LCSA = LCA + LCC + SLCA \qquad \text{สมการที่ 2.9}$$

LCSA = Life Cycle Sustainability Assessment

LCA = Environmental Life Cycle Assessment

LCC= Life Cycle Costing

SLCA = Social Life Cycle Assessment

โดยปกติ LCA มักจะดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 14040-14044 และ LCC นั้นไม่มีมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์โดยตรงในแต่สามารถประยุกต์ใช้จากมาตรฐานอื่นๆ เช่น ISO 15663 Petroleum and Gas Industry-Life Cycle Costing (ISO 15663, 2001) และ ISO 15686-5 Building and Construction Assets: Life Cycle costing (ISO 15686-5, 2008) ในส่วนของ SLCA นั้นยังไม่มีมาตรฐานกำหนดการประเมินหรือรูปแบบบังคับตัวชี้วัดใดๆ แต่มีตัวชี้วัดมากมายที่เกี่ยวกับสังคมที่พิจารณาผลกระทบด้านสังคมตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป เช่น การเมือง สังคม สิทธิสตรี สุขภาพ และอื่น ๆ (Finkbeiner et al., 2010)

รูปแบบที่ 2 คือ LCSA คือวิธีการใหม่สร้างขึ้นจาก Inventory เดียวกันกับ LCA ซึ่งรวมถึง LCC และ SLCA โดยถือเป็นผลกระทบเพิ่มเติมที่อยู่ใน LCIA (Life cycle impact assessment) (Kloepffer, 2008)

รูปแบบที่ 3 คือ LCSA คือผลรวมของ ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจและการประเมินผลกระทบทางด้านสังคม โดยประเมินภายใต้กรอบการประยุกต์ใช้มาตรฐานของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์ ISO 14045:2012 (Costa et al., 2019; ISO14045, 2012)

รูปแบบที่ 4 คือ LCSA คือผลรวมของ LCA และการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจสังคม (socioeconomic analysis) แนวคิดดังกล่าวนี้ เสนอโดยสถาบันเพื่อการวิจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม (Institute for Energy and Environment Research: IFEU) แห่งประเทศเยอรมณี (Costa et al., 2019)

ความท้าทายในการประยุกต์ใช้ในแต่ละรูปแบบของ LCSA นั้นมีความยุ่งยากซับซ้อนอยู่หลายประการ โดยเฉพาะความยากในการประเมินและการประยุกต์ใช้ LCC และ SLCA จากมุมมองการประเมินแนวคิดตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการประเมิน SLCA เป็นแนวคิดใหม่ที่น่าสนใจในปัจจุบันโดยในงานวิจัยต่าง ๆ พยายามที่จะพัฒนาวิธีการที่สามารถใช้ได้อย่างลดช่องว่างให้น้อยลง (Petti et al., 2018) อย่างไรก็ตามความท้าทายที่สำคัญในการดำเนินการประเมิน LCSA ยังคงมีอยู่ เช่น ข้อมูลเชิงปริมาณทางด้านสังคมและความเกี่ยวข้องของหน่วยการทำงาน (Functional Unit) การเข้าถึงข้อมูล ตัวชี้วัด และการเลือกวิธีการในการประเมิน (Kloepffer, 2008; Zamagni et al., 2013) นอกจากนี้การประเมินทางด้านเศรษฐกิจก็เช่นกัน การใช้ LCC ในการประเมินทางด้านเศรษฐกิจในปัจจุบันนี้ก็ยังไม่มีมาตรฐานที่เป็นวิธีการในการประเมิน LCC ซึ่งความท้าทายของการ

ประยุกต์ใช้ LCC ก็มีบางประการที่คล้ายกับ SLCA เช่นเรื่องการเข้าถึงข้อมูล ความแตกต่างของหน่วยเงินตรา ความเกี่ยวข้องของของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการประเมิน LCC เช่น ลูกค้า บริษัท เป็นต้น (Swarr et al., 2011)

2.5.2 แนวโน้มในการศึกษาการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน

เนื่องจาก LCSA เป็นแนวคิดใหม่จึงความพยายามในการดำเนินการวิจัยในรูปแบบวิธีการต่างๆ ทั้งกรณีศึกษา รูปแบบวิธีการในการประเมิน การรวบรวมข้อมูล โดยครั้งแรกที่ปรากฏคือของ (klopffer, 2003) ซึ่งเป็นแนวคิดบนพื้นฐานของการจัดการวัฏจักรชีวิตเพื่อการประเมินความยั่งยืน จากนั้นการทำ LCSA จึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยการเติบโตของงานวิจัยหลายชิ้นได้อ้างถึงวิธีในการดำเนินการทำ LCSA คือการอ้างอิงถึงการใช้แนวทางการดำเนินการ (guildline) SLCA ขององค์กร UNEP/SETAC (Costa et al., 2019) โดยแนวทางการดำเนินการด้าน SLCA ของ UNEP/SETAC เป็นแนวทางภายใต้กรอบเดียวกับ LCA และมีงานวิจัยหลากหลายด้าน SLCA ที่ทำภายใต้กรอบของ UNEP/SETAC (Benoit et al., 2010) และในทำนองเดียวกันที่มีงานวิจัยด้าน LCSA ดำเนินการภายใต้แนวทาง ของ LCSA ขององค์กร UNEP/SETAC เช่นกัน และใช้วิธีการศึกษาตัวชี้วัดจาก SLCA ของ UNEP/SETAC (Finkbeiner et al., 2010)

ในงานวิจัยบทความต่างๆจนถึงปัจจุบันปี 2019 มีงานวิจัยที่เป็นกรณีศึกษาทั้งหมด 49 กรณีศึกษา งานบทความประเภทบทความปริทัศน์ (review article) 33 บทความ และการพัฒนาวิธีการศึกษา 22 บทความ โดยงานวิจัยมากกว่าร้อยละ 51 กล่าวว่า LCSA ยังจำเป็นต้องมีการพัฒนาต่อเนื่องเพราะยังมีข้อจำกัดต่างๆอยู่ โดยการทำกรณีศึกษานั้นเป็นงานวิจัยที่มาจากประเทศเยอรมนี จำนวน 22 เรื่อง จากสหรัฐอเมริกา 16 เรื่อง อิตาลี 14 เรื่อง จากประเทศจีน 13 เรื่อง เนเธอร์แลนด์ 10 เรื่อง จากประเทศสเปน 6 เรื่องและฝรั่งเศส 5 เรื่อง (Costa et al., 2019)

2.5.2.1 รูปแบบที่ 1 LCSA คือผลการประเมินของ LCA LCC และ SLCA

ดังที่กล่าวมาข้างต้นรูปแบบนี้เป็นการประเมินที่เป็นผลของ LCA LCC และ SLCA โดยกรณีศึกษาส่วนใหญ่จากกรณีศึกษาทั้งหมดมี 29 กรณีศึกษาที่มีการศึกษาเกี่ยวกับ LCSA นั้นได้ดำเนินการภายใต้แนวคิดนี้ (Costa et al., 2019) เช่น ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ LCSA ในระดับที่กว้างขึ้น โดย Sabrina et al. (2015) เสนอรูปแบบการประเมินในระดับที่ลดหลั่นกันลงมาของ 3 เสาหลักของความยั่งยืน โดยประเมินในระดับที่ต่างกันเพื่อเพิ่มความสมบูรณ์มากขึ้น อีกกรณีศึกษาหนึ่งของ Neugebauer et al. (2016) ที่ประยุกต์ใช้ขึ้น โดยใช้การประเมินเศรษฐกิจผลกระทบของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต (Economic LCA) แทนการใช้ LCC แบบปกติ เพราะสามารถสะท้อน

ผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ดีกว่า นอกจากนี้ยังมีกรณีศึกษาเฉพาะทั้งผลิตภัณฑ์และกิจกรรมที่ทำภายใต้กรอบของ LCSA ในรูปแบบนี้ เช่น Nguyen et al. (2017) ได้ใช้แนวทาง LCSA ในการศึกษาไบโอดีเซล การรีไซเคิลคอนกรีตของ Hu et al. (2013) การฟื้นฟูทรัพยากรจากขยะโดย Millward-Hopkins et al. (2018) การจัดการขยะโดย Menikpura et al. (2012)

แม้ว่าแนวคิดของ LCSA ที่ถูกเสนอขึ้นมาตั้งแต่แรกเริ่มว่าการประเมินระหว่างทางสิ่งแวดล้อม การประเมินทางเศรษฐกิจ และการประเมินทางสังคม ไม่ควรนำผลมารวมกัน (Without any aggreation) เพราะเนื่องจากความแตกต่างกันของผลกระทบที่เกิดขึ้นของแต่ละการประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม เช่น หน่วยการทำงานที่แตกต่างกัน ขอบเขตที่แตกต่างกัน หรือแม้กระทั่งตัวชี้วัดที่แตกต่างกัน ทำให้การนำผลมารวมกันไม่สะท้อนค่าที่แท้จริงของการประเมินได้ การประเมินแยกในแต่ละวิธีจึงจัดเป็นทางเลือกที่ดีในการดำเนินการ แต่ก็มีงานวิจัยที่พยายามใช้การประเมินด้วยแนวคิดเป็นคะแนนเดี่ยว (Single score concept) โดยการจัดลำดับตัวชี้วัด ให้ค่าน้ำหนักโดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ด้วยวิธีการ Multi-Criterial Decision Analysis (MCDA) และคำนวณด้วย Life cycle sustainability dashboard โดยการประเมินด้วย MCDA ก็มีวิธีการรูปแบบย่อยประเมินที่นักวิจัยพยายามเสนอรูปแบบของแต่ละข้อจำกัด (Costa et al., 2019)

2.5.2.2 รูปแบบที่ 2 LCSA คือผลการประเมินรูปแบบใหม่

รูปแบบของ LCSA ในรูปแบบที่เป็นการประเมินรูปแบบใหม่ โดยคิดค้นวิธีการประเมินแบบใหม่ โดยมีงานวิจัย 13 บทความดำเนินการในเรื่องนี้ โดยมักจะดำเนินการแบบ Single inventory สำหรับทางด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1. รูปแบบการพัฒนา Characterization Model
2. รูปแบบการพัฒนาแบบจำลองเกี่ยวกับคะแนน และขั้นตอนการจัดลำดับและทางเลือกโดยวิธีการหลากหลายรูปแบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมา เช่น วิธีการ Muliti-Actor Decision Making (Ren et al., 2018) การใช้ Fuzzy Inference (Kouloumpis & Azapagic, 2018) และรูปแบบอื่น ๆ (Costa et al., 2019)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.2.3 รูปแบบที่ 3 LCSA คือ Eco-efficiency และ SLCA

รูปแบบนี้มีงานวิจัยอยู่ 5 บทความที่กล่าวว่า LCSA คือ ผลของ Eco-efficiency และ SLCA เช่นงานวิจัยของ Kurczewski & Lewandowska (2010) โดยในรูปแบบการดำเนินการมักจะดำเนินการมักจะใช้วิธีการของการออกแบบเชิงนิเวศ (Eco-design) ควบคู่กันด้วยโดยดำเนินการภายใต้ ISO/TR 14062:2002 เป็นแนวทางในการดำเนินการ โดยการดำเนินการทั้ง LCA LCC และ SLCA จะต้องถูกดำเนินการเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยผลของการศึกษานั้นเพื่อให้แนวทางหรือคำแนะนำที่สนับสนุนกระบวนการการออกแบบ (Costa et al., 2019)

2.5.2.4 รูปแบบที่ 4 LCSA คือผลของ LCA และการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจสังคม (Socioeconomic Analysis)

งานวิจัยที่ใช้แนวคิดนี้ เช่น ของ Reinhardt & Heiko (2014) โดยใช้แนวคิดวิธีการภายใต้กรอบอนุกรมมาตรฐานของ ISO 14040:2006 และ ISO 14044:2006 โดยจะมีการดำเนินการ LCA LCC และ SLCA โดยมีการประเมิน barrier amalysis เพื่อคำนวณเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต ใน LCSA นิยามในกลุ่มนี้ มีการดำเนินการวิจัยน้อยเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ

2.5.3 ขั้นตอนการดำเนินการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต

จากการดำเนินการด้าน LCSA ที่กล่าวมาในขั้นต้นนั้นพบว่า ส่วนใหญ่ของงานวิจัยจะดำเนินการในรูปแบบที่ 1 คือ LCSA คือผลการประเมินของ LCA LCC และ SLCA และดำเนินการแนวทางกรอบคู่มือคำแนะนำของ UNEP/SETAC เป็นส่วนใหญ่ (Costa et al., 2019) ดังนั้นในการดำเนินการศึกษาตามขั้นตอนการประเมิน LCSA จะนำเสนอวิธีการศึกษาตามกรอบแนวทางของ UNEP/SETAC โดยทั่วไปการดำเนินการทำ LCA นั้นจะดำเนินการตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ที่เสนอกรอบของการประเมินด้านสิ่งแวดล้อมที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต การจัดทำบัญชีรายการ การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม และการแปลผลในขั้นตอนสุดท้าย โดยในกรอบการศึกษา LCA จะถูกประยุกต์ใช้กับการศึกษา LCSA ได้เช่นเดียวกันทั้งข้อจำกัด มุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียสามารถนำมานิยามใหม่ได้ในการศึกษา วิธีการและเป้าหมายโดยวิธีการศึกษา มีดังนี้ (Finkbeiner et al., 2010)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

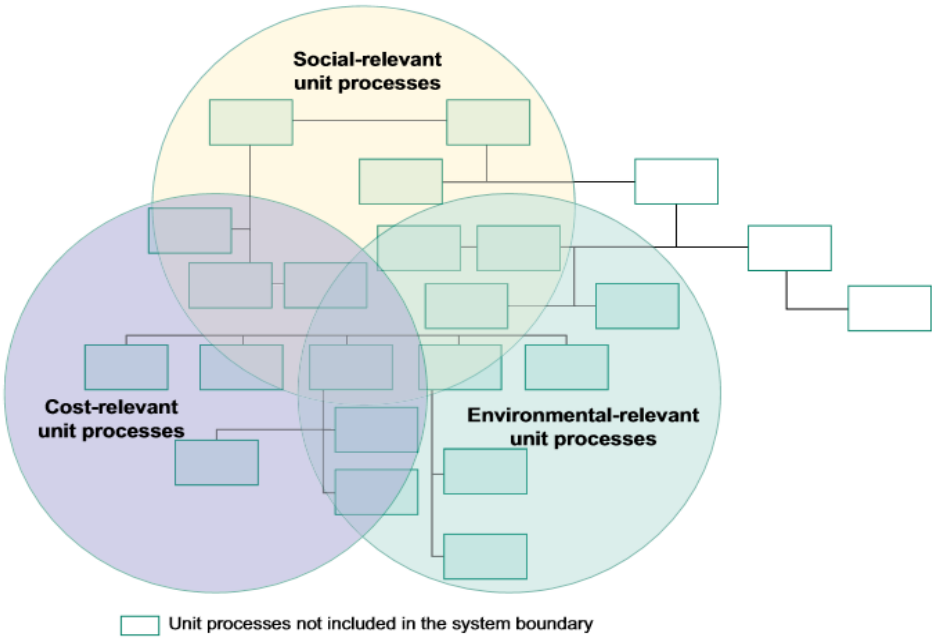
2.5.3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (LCSA Goal and Scope Definition)

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตคือขั้นตอนแรกของการประเมินวัฏจักรความยั่งยืน โดยจำเป็นต้องระบุขอบเขตของการศึกษาและเป้าหมายของการศึกษา หากการประเมิน LCA LCC และ SLCA มีเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาที่แตกต่างกันก็จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องระบุให้ชัดเจนเมื่อดำเนินการประสานวิธีการให้เป็น LCSA โดยเมื่อเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาที่แตกต่างกันให้กำหนดเป้าหมายและขอบเขตอย่างพื้นฐานและมีความซับซ้อนน้อยจะดีที่สุดสำหรับการศึกษา LCSA (UNEP/SETAC, 2012) ดังรูป 2.10

1) หน่วยการทำงาน (Functional Unit) ของ LCSA ต้องสัมพันธ์กับหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ที่เป็นพื้นฐานของทุกเทคนิคในการประเมินผลทั้ง LCA และ LCC ในส่วนของ SLCA อาจจะระบุถึงการใช้ประโยชน์ทางเทคนิคของผลิตภัณฑ์ (Technical Utility of Product) และความพึงพอใจของสังคมเมื่อได้ใช้ผลิตภัณฑ์ก็ได้ (Product Social Utility)

2) ขอบเขตการศึกษา (System Boundary) เมื่อมีการประยุกต์การศึกษาแต่ละเทคนิคย่อยของ LCA LCC และ SLCA ให้ระบุความแตกต่างของขอบเขตการศึกษาโดยอยู่บนพื้นฐานหลักการของความยั่งยืน โดยในทางปฏิบัติเพื่อที่จะระบุกระบวนการที่เกี่ยวข้องของแต่ละเทคนิคจะมีการใช้เทคนิคการตัดเกณฑ์ที่ไม่จำเป็นหรือไม่เกี่ยวข้องโดยพิจาณาจากพื้นฐานของข้อมูล เช่น พลังงาน ชั่วโมงการทำงาน ต้นทุน ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม และสังคมที่เกี่ยวข้อง โดยในแต่ละเทคนิคทั้ง LCA LCC และ SLCA สามารถเกี่ยวข้องกันได้อย่างน้อย 1 เทคนิคหรือมากกว่าก็ได้ ตัวอย่างเช่น การประเมิน LCC โดยปกติแล้วขอบเขตการศึกษาจะรวมถึงเรื่องต้นทุนของการวิจัยและพัฒนาซึ่งในขั้นตอนนี้จะไม่เกี่ยวข้องกับ LCA และ SLCA ดังนั้นขอบเขตการศึกษา LCSA เกี่ยวข้องอย่างน้อยหนึ่งเทคนิคจากทั้งหมด (LCA lCC และ SLCA) ถ้ามีกรณีที่เทคนิคใดของทั้งสามที่ไม่เกี่ยวข้องกันเลยใน LCSA ควรระบุเหตุผลลงไปในการศึกษา

3) ชนิดของผลกระทบ (Impact Category) ชนิดของผลกระทบใน LCSA นั้นควรมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการประเมินโดยควรจะมีการพิจารณาจากทั้ง 3 เทคนิคของการประเมินและความเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการร่วมกันพิจารณาชนิดผลกระทบก็ได้เช่นกัน หากมีการพิจาณาชนิดของผลกระทบแบบหลากหลายมิติ (Multi-dimension) หรือมุมมองอื่น ๆ ควรระบุให้ชัดเจน



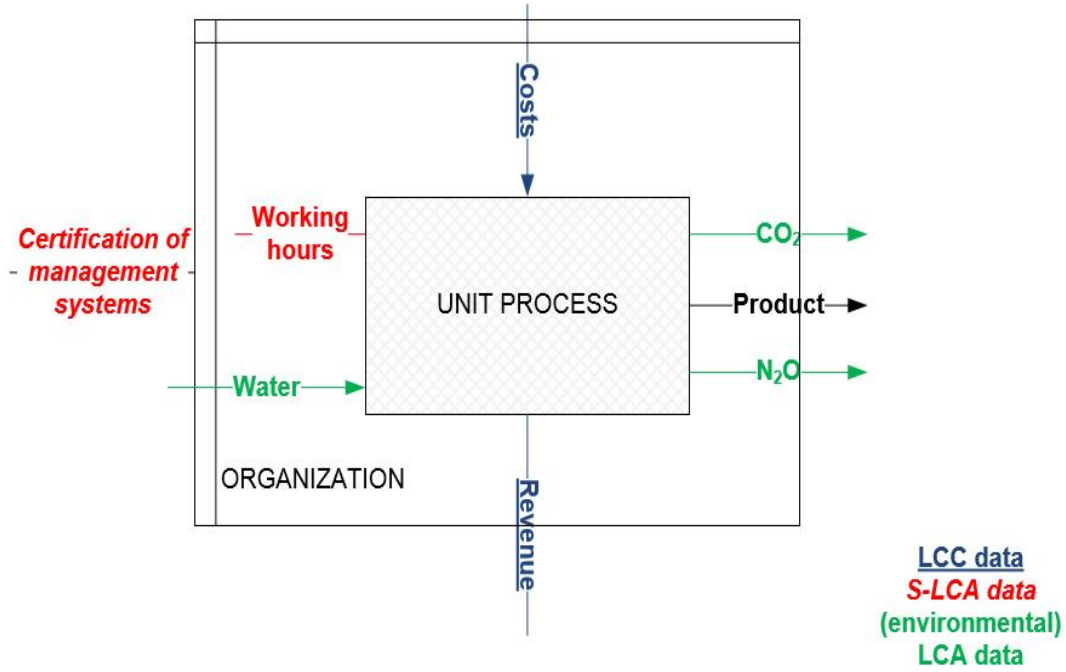
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างขอบเขตของการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (UNEP/SETAC, 2012)

4) การปันส่วน (Allocation) การปันส่วนสำหรับ LCSA นั้นสามารถใช้การปันส่วนได้ โดยเฉพาะเมื่อมีหลายกระบวนการของผลิตผล (Multiple Output Process) กระบวนการปันส่วนจะถูกพิจารณาเมื่อเป็นข้อมูลประเภทเชิงปริมาณ (Quantitative Data) โดยถ้าผลิตผลมีมากกว่าหนึ่งกระบวนการอาจใช้การปัจส่วนทางเศรษฐกิจหรือสัดส่วนทางกายภาพได้ กระบวนการปันส่วนนี้เป็นที่ยอมรับเมื่อปันส่วนแต่ละเทคนิคก่อน ก่อนที่จะมาประมวลผลรวมใน LCSA

2.5.3.2 การจัดทำบัญชีรายการการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต (LCSA inventory)

ในการจัดทำบัญชีรายการประเมินวัฏจักรความยั่งยืนนั้นข้อมูลที่รวบรวมอาจมีการแลกเปลี่ยนกันระหว่างหน่วยกระบวนการและองค์กรของระบบผลิตภัณฑ์ ข้อมูลบางอย่างเช่น สิ่งแวดล้อมภายนอกอาจนำมาสู่ผลกระทบทางด้านต่าง ๆ เช่นผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ และผลกระทบด้านสังคม โดยสิ่งสำคัญคือความสอดคล้องของทั้งสามเทคนิคในด้านข้อมูลที่เข้าถึงได้ (Available Data) ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาเช่นกันทั้งข้อมูลเชิงปริมาณ กึ่งปริมาณและเชิงคุณภาพ เช่นในการประเมิน SLCA ดังนั้นข้อแนะนำคือเมื่อต้องดำเนินการ LCSA ข้อมูลที่เข้าถึงได้ของ LCA และ LCC องค์กรหรือหน่วยงานอาจมีข้อมูลทางสถิติหรือการเก็บข้อมูลโดยตรงย่อมทำได้ แต่ที่เป็นปัญหาอยู่บ่อยครั้งคือข้อมูลทางด้านสังคมสำหรับการประเมิน SLCA ที่ไม่มีข้อมูลเพียงพอในการประเมินผลกระทบทางด้านสังคมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา ตัวอย่างเช่น ข้อมูลทั่วไป(Generic Data) ที่เป็นประเภทข้อมูลค่าเฉลี่ยของประเทศหรือข้อมูลระดับชาติ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลพื้นที่เฉพาะแทนได้ (Site Specific Data) โดยข้อมูลพื้นที่เฉพาะนี้สามารถรวบรวมได้ที่องค์กร พื้นที่ หรือหน่วยกระบวนการก็ได้ โดยข้อมูลทั่วไปและข้อมูลพื้นที่สามารถเก็บรวมได้ในการจัดทำบัญชีรายการ ดังรูป 2.11

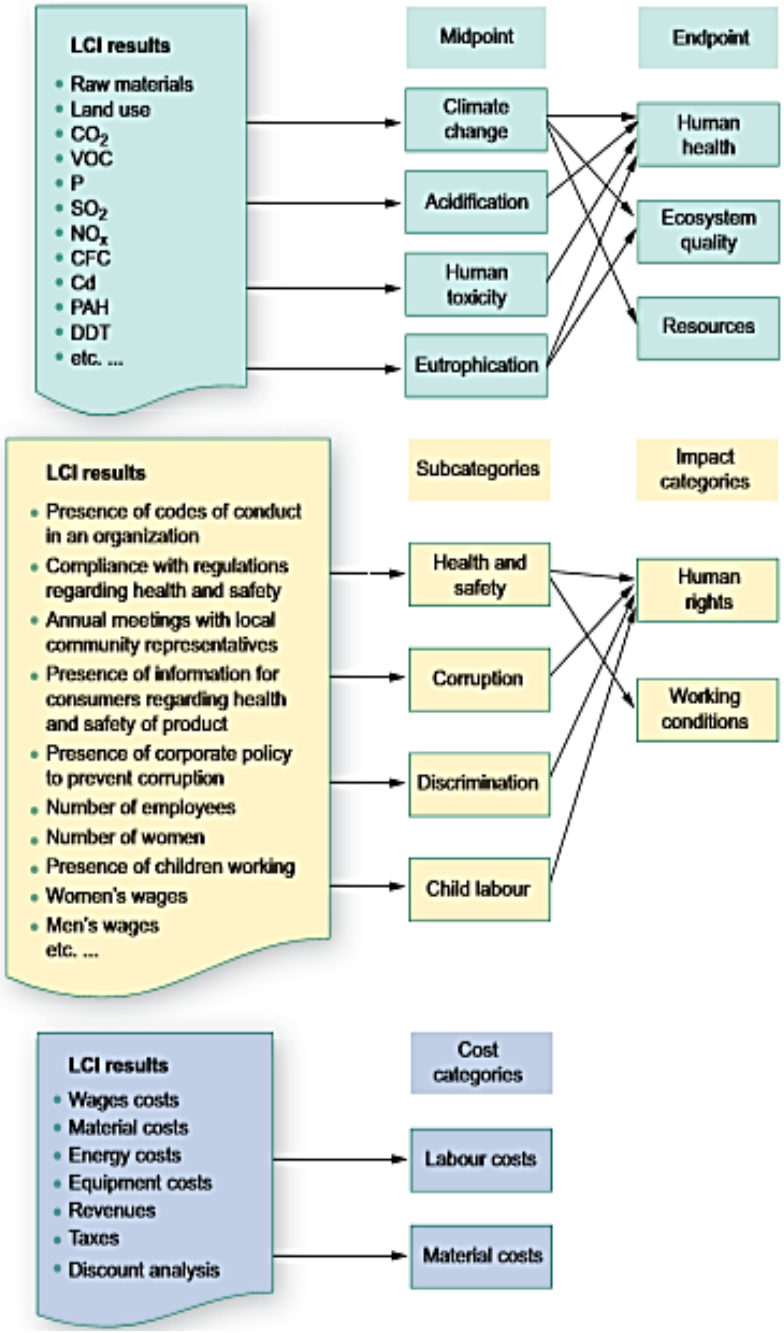
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างผังข้อมูลในการจัดทำบัญชีรายการการประเมินความยั่งยืนวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ระดับหน่วยกระบวนการและองค์กร (UNEP/SETAC, 2012)

2.5.3.3 การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต (LCSA impact assessment)

การจำแนกประเภท (Classification) และการกำหนดบทบาท (Characterization) สองขั้นตอนนี้ควรดำเนินการตามข้อกำหนดใน ISO 14040 และ 14044 สำหรับการประเมินใน LCSA แต่ในด้านความแตกต่างของ LCC ไม่ต้องเปรียบเทียบในขั้นตอนของการประเมินผลกระทบเนื่องจากข้อมูลด้านต้นทุนต้องมีการวัดและประเมินโดยตรง สำหรับขั้นการจำแนกผลกระทบจากการจัดทำบัญชีรายการให้มีการแยกประเภทชนิดผลกระทบตามที่เลือกไว้ โดยสำหรับ LCSA ไม่มีรูปแบบการกำหนดบทบาท (Characterization Model) สำหรับผลกระทบทุกชนิดหรือด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันนี้ยังไม่มีการคำนวณข้อมูลจากในรายการบัญชีทั้งหมดเปลี่ยนให้เป็นรูปข้อมูลพื้นฐานเดียวกันได้ (Single or Common unit) ในขั้นของการกำหนดบทบาท การประเมินผลกระทบนั้นจำเป็นที่จะต้องประเมินผลกระทบแยกในแต่ละเทคนิคของขั้นตอนทั้ง LCA LCC และ SLCA



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างของผลกระทบขั้นกลางและขั้นปลายของ LCA ชนิดตัวชี้วัดผลกระทบด้านสังคมของ SLCA ประเภทต้นทุนของ LCC เมื่อดำเนินการ LCSA (UNEP/SETAC, 2012)

ในขั้นตอนของการเทียบตามหน่วย (Normalization) การรวม (Aggregation) และการให้น้ำหนัก (weighting) เป็นขั้นตอนทางเลือกเสริมตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040-14044 แต่ขั้นตอนเหล่านี้ไม่แนะนำให้ดำเนินการทำใน LCSA เพราะเนื่องจากว่าในขั้นตอน

แรกของการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการวิจัยนั้นแตกต่างกันในแต่ละเทคนิคทั้ง LCA LCC และ SLCA ดังนั้นจึงไม่ควรนำมาเปรียบเทียบกันได้ตามขั้นตอนของทางเลือกเสริม

2.5.3.4 การแปลผลการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต (LCSA Interpretation)

เป้าหมายหลักของ LCSA คือการเสนอรูปแบบการประเมินแบบผสมผสานของระบบผลิตภัณฑ์ โดยผลกระทบของการประเมิน LCSA ควรจะแสดงไม่เพียงแค่ด้านลบ (Negative Impact) แต่ควรจะแสดงข้อดี (Positive Impact) หรือประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากผลการประเมิน (UNEP/SETAC, 2012) ในขั้นตอนการแปลผลการศึกษาของการประเมินความยั่งยืนนี้ควรจะมีรูปแบบตามขอบเขตและเป้าหมายการศึกษาที่ได้กำหนดไว้ ผลการศึกษาของ LCSA จะช่วยในการอธิบายหากมีการแลกเปลี่ยนประโยชน์และลดทอนบางประการ (Trade Off) ในขอบเขตระหว่างด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมที่เกิดขึ้นในช่วงวัฏจักรชีวิต

ในขั้นตอนของการประเมินผลการศึกษา ข้อมูลคุณภาพควรถูกรวมไว้ในการประเมินด้วยเช่นกัน การแปลที่ผสมผสานอาจจะเป็นเรื่องยากในการนำเสนอผลของ LCSA เพื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันถือว่าเป็นประเด็นที่ท้าทาย นอกจากนี้ประเด็นที่เพิ่มเข้ามาทั้งพื้นฐานและประเด็นอื่น ๆ ในการประเมิน เช่นระยะเวลา (Time-Horizon) และประเภทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอาจมีส่วนร่วมในการประเมิน แม้ว่าประเด็นในเรื่องของเวลาที่ทำการประเมินที่แตกต่างกันของ LCA LCC และ SLCA ก็ควรถูกประเมินรวมกันเพื่อพิจารณาได้ใน LCSA

ตัวอย่างวิธีสำหรับการประเมินผล LCSA มีวิธีการที่สามารถใช้ประเมินผลได้ในปัจจุบันเช่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- UNEP LCSA เป็นวิธีการพื้นฐานที่แสดงการให้ค่าน้ำหนักตัวชี้วัดโดยการรวมผล LCA, LCC และ โดยสามารถแสดงผลในรูปของ Life Cycle Sustainability Dashboard ที่แสดงให้เห็นความแตกต่างของคะแนนและสี และสามารถแสดงผลในรูปของ Life Cycle Sustainability triangle ได้อีกด้วย (Finkbeiner et al., 2010)
- CALCAS เป็นวิธีการที่ถูกนำเสนอโดย EU6th Framework Program โดยวิธีการ CALCUS ก็เป็นวิธีการที่ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040-44 ของ LCA และสามารถเพิ่มการรวม LCC และ SLCA เข้าไปได้อีกด้วย โดยแนวคิดนี้ขยายด้านสังคมไปถึงด้านกายภาพ เศรษฐกิจ วัฒนธรรมและการเมือง (Luu & Halog, 2016)
- PROSUITE วิธีการนี้ได้ถูกเสนอโดย EU7th Framework Program บนพื้นฐานของ LCA ที่มี 5 ผลกระทบขั้นปลาย (Endpoint Impact) คือ ผลกระทบด้านสุขภาพของมนุษย์ (Human Health) สังคมมีความสุข (Social Well-Being) ความรุ่งเรือง

(Prosperity) สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรที่คงเหลือ (Environment and Exhaustible Resource) โดยผลกระทบขั้นปลายทั้งจะถูกรวมเป็นคะแนนเดี่ยว (Single Score) ของคะแนนความยั่งยืน (Sustainable Score) โดยวิธีการนี้ดำเนินการ 3 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นการนำเสนอในรูปแบบกราฟฟิค(Graphical Presentation) การให้น้ำหนัก (Weighted) และการจัดลำดับ (Outranking) (Luu & Halog, 2016)

อย่างไรก็ตามวิธีการที่นำเสนอเหล่านี้เป็นวิธีการใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้นไม่นานมานี้ โดยในแต่ละวิธีการมีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไปเช่น วิธีของ CALCUS และ PERSUITE เป็นวิธีที่เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้น ในส่วนของวิธีการพื้นฐานของ UNEP นั้นจะชัดเจนกว่าและสามารถพัฒนาได้มากกว่าโดยการให้น้ำหนักใน LCSA Evaluation Scheme หลังจากนั้นอาจแสดงความสมดุลของผลการศึกษาด้วยสามเหลี่ยมของการประเมินความยั่งยืน (Life Cycle Sustainability Triangle) (Finkbeiner et al., 2010) และในปัจจุบันมีวิธีการศึกษาด้วยวิธีการต่าง ๆ หลากหลายวิธีที่มีวิธีการที่คุณลักษณะเฉพาะ (Costa et al., 2019)

2.5.4 รูปแบบการประเมินผลความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Sustainability Assessment Evaluation Schemes)

การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตจะมีการใช้รูปแบบการประเมินผลที่หลากหลาย แต่แบบที่เป็นที่นิยมมากที่สุดโดยแบบเกณฑ์หลากหลายที่เหมาะสม (Multi-Criteria) ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุดในการประเมิน LCSA แต่ปัญหาของการให้ค่าน้ำหนัก (weighting) ยังปรากฏใน 2 ระดับ (Finkbeiner et al., 2010) ได้แก่

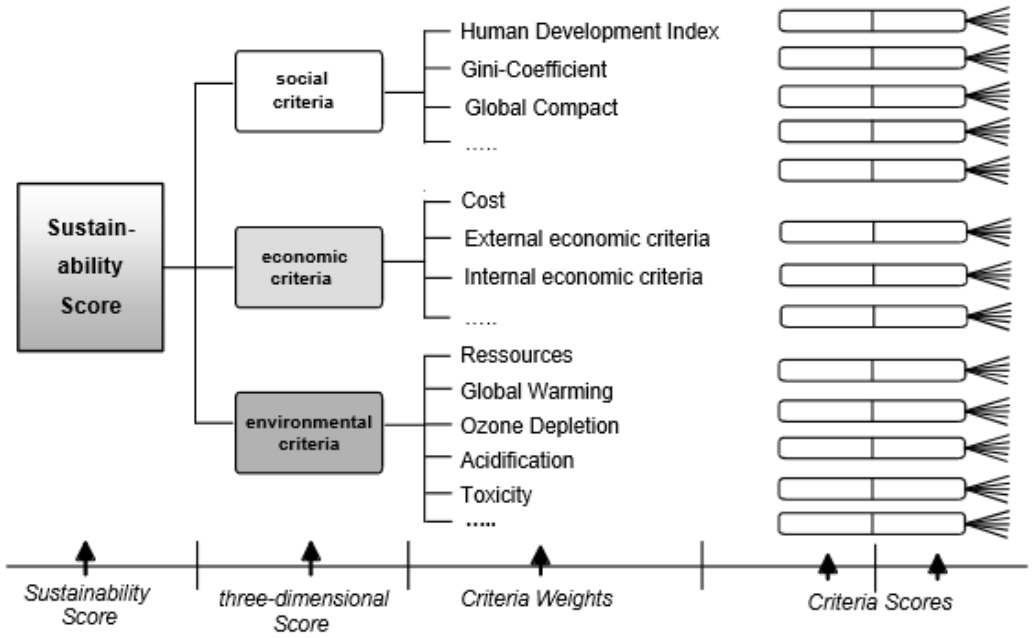
1) การให้ค่าน้ำหนักในแต่ละระดับของตัวชี้วัดผลกระทบที่อยู่ใน ด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม ตัวอย่างเช่น การให้ค่าน้ำหนักในแต่ละตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ศักยภาพการเกิดโลกร้อน การลดลงของโอโซน ที่ต้องให้ค่าน้ำหนักแยกย่อย นอกจากนี้ยังต้องให้ค่าน้ำหนักในเกณฑ์ย่อยของด้านเศรษฐกิจ และสังคมอีกเช่นกัน

2) การให้ค่าน้ำหนักระหว่างเกณฑ์ 3 ด้านของความยั่งยืน คือ สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม

การตัดสินใจที่สนับสนุนการจัดการความยั่งยืนมีหลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับเป้าหมาย วัตถุประสงค์และเกณฑ์ที่ถูกพิจารณา โดยปกติมีการแลกเปลี่ยนระหว่างเป้าหมายและขั้นตอนที่เหมาะสมและเกณฑ์การวิเคราะห์ที่หลากหลาย (Finkbeiner et al., 2010) โดยวัตถุประสงค์คือการรักษาระดับความสมดุลของความยั่งยืน บางครั้งการให้ค่าน้ำหนักก็ไม่จำเป็นหากไม่มีการพัฒนา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปแบบการประเมินวัฏจักรชีวิตใช้การปรับปรุงรูปแบบของ Life Cycle Engineering Framework โดยรูปแบบการประเมินทั้งสามมิติของเทคโนโลยี เศรษฐกิจ และนิเวศวิทยา เป็นแนวคิดพื้นฐานที่ถูกพัฒนาโดยแทนที่แนวคิดเรื่องเทคโนโลยี ด้วยแนวคิดทางด้านสังคม (Finkbeiner et al., 2010)



รูปที่ 2.13 การประเมินความยั่งยืนด้วยวิธี multi-criteria (Finkbeiner et al., 2010)

การประเมินความยั่งยืนเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจโดยบางครั้งอาจต้องเผชิญกับปัญหาที่ท้าทายในด้านความยากในการแปลผลและความเข้าใจให้กับผู้ที่ไม่มีความรู้หรือความเชี่ยวชาญในด้านนี้ โดยการนำเสนอรูปแบบที่ช่วยสร้างความเข้าใจคือการแสดงผลแบบ Life Cycle Sustainability Triangle (LCST)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.5 สามเหลี่ยมการประเมินความยั่งยืน (Life Cycle Sustainability Triangle)

สามเหลี่ยมการประเมินความยั่งยืนคือเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการประเมินความยิ่งยืนที่ถูกนำมาปรับใช้จากการผสมทางเคมี (Chemical Mixture) ในการให้ค่าน้ำหนักที่ถูกปรับสำหรับการให้ค่าน้ำหนักที่แตกต่างกันผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม การนำเสนอรูปแบบนี้สามารถประยุกต์ในการให้ค่าน้ำหนักกับพารามิเตอร์ใดๆก็ได้ ในตัวอย่างที่จะแสดงให้เห็นคือการให้ค่าน้ำหนักด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อม โดยมีขั้นการดำเนินการดังนี้ (Finkbeiner et al., 2010)

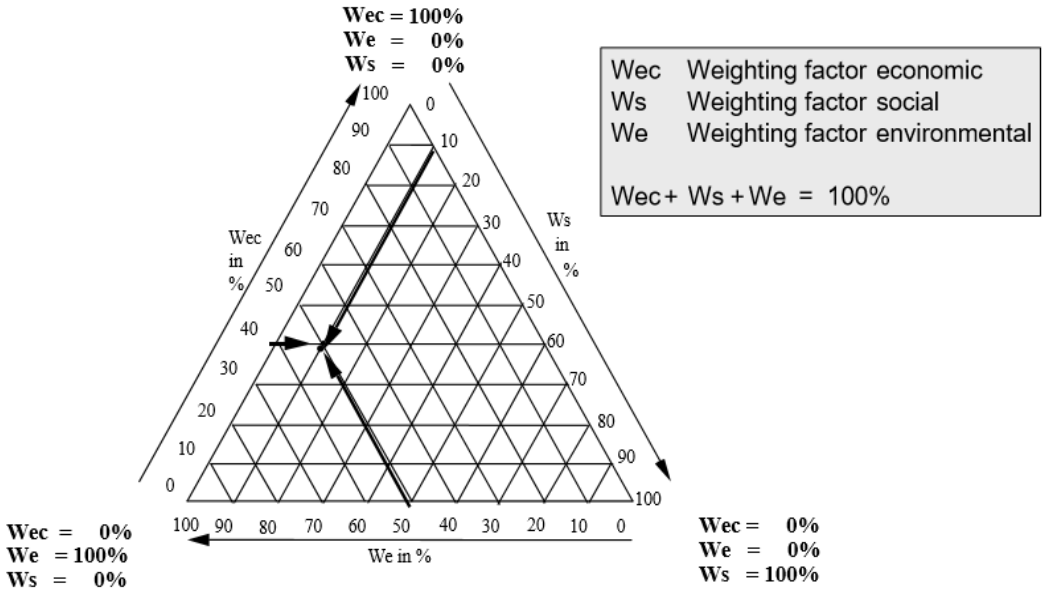
1) Environmental Value (Ei)
2) Social Value (Si)

3) Economic Value (Eci)

การประเมินค่าทั้งหมดของความยั่งยืน (Total Sustainability Value) ของทางเลือกที่ถูกคำนวณของการเทียบหน่วยของสามค่าเหล่านี้ (สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคม) โดยขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณปัจจัยเหล่านี้จากการให้ค่าน้ำหนักหลักจากนั้นก็รวมเข้าด้วยกัน โดยการให้ค่าน้ำหนักเหล่านี้ให้ชื่อคือ WE(Ei), WS(Si) และ WEC(Eci) เป็นชุดของการให้ค่าน้ำหนักนี้ (We, Ws, Wec) โดยการให้น้ำหนักจะมีความสัมพันธ์ ดังนี้

$$We + Ws + Wec = 100\% \text{ and } Wei, Ws, Wec > 0 \qquad \text{สมการที่ 2.10}$$

การแสดงผลของแต่ละชุดการให้ค่าน้ำหนักใน 3 ด้านของไดอะแกรมการประเมินความยั่งยืนวัฏจักรชีวิตถูกให้ค่าน้ำหนักใน We, Ws, และ Wec ในพื้นที่สามเหลี่ยมนั้นแต่ละช่วงจะมีคะแนนที่แตกต่างกันตามคะแนนที่ถูกให้ค่าน้ำหนักโดยเฉพาะ (We, Ws, Wec) โดยพื้นที่ทั้งหมดของการให้ค่าน้ำหนักคะแนนในสามเหลี่ยมนั้นขึ้นอยู่การผสมผสานของการให้ค่าน้ำหนักระหว่างสามด้านของความยั่งยืนที่สามารถแสดงผลคะแนนอ้างอิง (Reference Point) ตัวอย่างเช่น จุดระหว่างเซ็ทการให้ค่าน้ำหนัก We=0.4, Ws= 0.1, Wec=0.5 จะหมายถึงการให้น้ำหนักด้านสิ่งแวดล้อมร้อยละ 40 ด้านสังคมร้อยละ 10 ด้านเศรษฐกิจร้อยละ 50 และด้านสังคมร้อยละ 10 โดยการให้น้ำหนักเหล่านี้สามารถระบุหรือวาดตำแหน่งลงในสามเหลี่ยมความยั่งยืน โดยการระบุจุดตามค่าบนแกนแต่ละด้านโดยเชื่อมต่อกัน 3 จุด ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างของสามเหลี่ยมประเมินความยั่งยืนและตัวอย่างการให้ค่าน้ำหนัก

(Finkbeiner et al., 2010)

2.6 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลาสติก

อุตสาหกรรมปิโตรเคมมีเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญเพราะอุตสาหกรรมปิโตรเคมีเป็นอุตสาหกรรมวัตถุดิบที่สามารถนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องได้ เช่น อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ มอเตอร์พาหนะ ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมการก่อสร้าง โดยอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในปัจจุบันมีขนาดตลาดที่ใหญ่ขึ้นกว่าสมัยอดีต (Energy Policy and Planning Office, 2011) แม้ว่าเศรษฐกิจโลกจะตกลงแต่อัตราส่วนการส่งออกของพลาสติกกับเพิ่มขึ้น (Plastic institue of Thainland, 2017)

สำนักงานกระทรวงอุตสาหกรรมมีกลยุทธ์ของการพัฒนาพลาสติกระยะเวลา 6 ปี (2017 – 2022) ภายใต้มุมมองของการขยายประสิทธิภาพของอุตสาหกรรมไปยังตลาดโลก เป้าหมายของแผนการนี้คือการขยายสัดส่วนของการส่งออกจากร้อยละ 20 เป็นร้อยละ 30 ของมูลค่าการส่งออกทางด้านอุตสาหกรรมโดยมีแผนการ 3 แผนการในการปฏิบัติการ (Office of permanent secretary secretary, ministry of industry, 2014)

1) กลยุทธ์ที่ 1 คือการเพิ่มศักยภาพและความสามารถของการแข่งขันของพื้นฐานอุตสาหกรรมพลาสติกของประเทศไทย

2) กลยุทธ์ที่ 2 คือการปรับปรุงและการพัฒนาผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีมูลค่าสูงในตลาด

3) กลยุทธ์ที่ 3 คือการปรับปรุงอุตสาหกรรมพลาสติกควบคู่กันกับสิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6.1 พอลีเอทีลีน (Polyethylene)

พอลีเอทีลีนเป็นเทอร์โมพลาสติกประเภทหนึ่งที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นจากเอทีลีนมอนอเมอร์ โดยคุณสมบัติของพอลีเอทีลีนคือ ค่อนข้างขาว กึ่งโปร่งแสง มีความทนทานสูง และสามารถทนกับปฏิกิริยาเคมีและสามารถหลอมได้ง่าย พอลีเอทีลีนสามารถจำแนกเป็นประเภทย่อยได้อีกหลายชนิด โดยขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเอทีลีน ตัวอย่างเช่น พอลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูง พอลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

พอลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene)

พอลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene: LDPE) เกิดจากกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั่นโดยใช้แรงดันสูงกับเอทีลีนและเบนซาดีไฮด์ โดยมี 2-8 อะตอมคาร์บอน โดยพอลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมีความหนาแน่นระหว่าง 0.915-0.925 g/cm^3 มีความโปร่ง

แสงและทนทาน สามารถลอยน้ำได้ โดยทั่วไปพอลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำจะใช้หลอมเพื่อทำถุงพลาสติก ฟิล์ม บรรจุภัณฑ์เครื่องสำอาง เป็นต้น

พอลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene)

พอลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High density polyethylene: HDPE) คือพอลีเอทีลีนพลาสติกชนิดหนึ่ง โดยมีความหนาแน่นสูงถึง 0.941-0.965 g/cm^3 โพลีเอทีลีนความหนาแน่นสูงถูกใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความแข็งแรงแต่ไม่โปร่งแสง เช่น ขวดพลาสติก ถังพลาสติก ส่วนในกรณีของฟิล์มจะโปร่งใสและทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ถึง 120 องศาเซลเซียส

กระบวนการสังเคราะห์พอลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูงโดยใช้ Ziegler-Natta-catalyst ที่ใช้ตัว Catalyst 2 ตัว เป็นธาตุประกอบโลหะในหมู่ทรานซิชั่น 4-8 เช่น ไททาเนียม เตตระคลอไรด์ และCo-catalyst ที่เป็น Organic Compound ของโลหะ 1-3 ไตรเอทิลอลูมินั่ม โดยกระบวนการผลิตสารประกอบระหว่างมอนอเมอร์กับตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อสร้างตำแหน่งสายพอลิเมอร์ที่เป็นสายโครงสร้างเฉพาะของโมเลกุล ตัวอย่างเช่น พอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูง (PTT, 2011)

2.6.2 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

มี 5 ขั้นตอนของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง ดังรูป 2.15

1) การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา (Preparing Catalyst)

การเตรียมสารเร่งปฏิกิริยาโดยผสมตัวเร่งด้วย เฮกเซน จะได้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นสารละลายสำหรับกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั่น

2) กระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั่น (Polymerization Process)

ขั้นตอนนี้เกิดจากการทำปฏิริยาร่วมกันในถังปฏิกิริยาโดยใช้สารตั้งต้นอันได้แก่ เอทีลีน ที่เป็นสารมอนอเมอร์สารละลายตัวเร่งปฏิกิริยามอนอเมอร์ร่วม และอีกชนิดหนึ่งคือ ไฮโดรเจน ได้เป็นพอลิเมอร์เอทีลีนซึ่งจะได้ลักษณะเป็นสารข้นๆ (Slurry)

3) การคัดแยกและการเลือกทำให้แห้ง (Classifying and Drying)

หลังจากสารละลายข้นพอลิเอทีลีนจากถังปฏิกิริยาจะถูกนำไปเข้าในเครื่องหมุนโดยใช้ความเร็วสูงจนพอลิเอทีลีนและเฮกเซนแยกตัวออกจากกัน เมื่อได้เอทีลีนก็จะนำไปทำให้แห้งโดยการใช้เครื่องหมุนปั่นให้แห้ง (Rotary Dryer) จากนั้นจะได้เอทีลีนในรูปผง และเฮกเซนที่เหลือจากกระบวนการปั่นแยกนั้นจะถูกแยกออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะถูกนำไปทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่นใหม่ และเฮกเซนอีกส่วนที่ยังมีสารพอลิเมอร์ผสมอยู่จะถูกนำไปแยกเพื่อเอาสารพอลิเมอร์ออกและนำเฮกเซนมาใช้ใหม่อีกครั้ง

4) ขั้นการทำเป็นเม็ดพลาสติก

- ฮ็อปเปอร์ (Hopper)

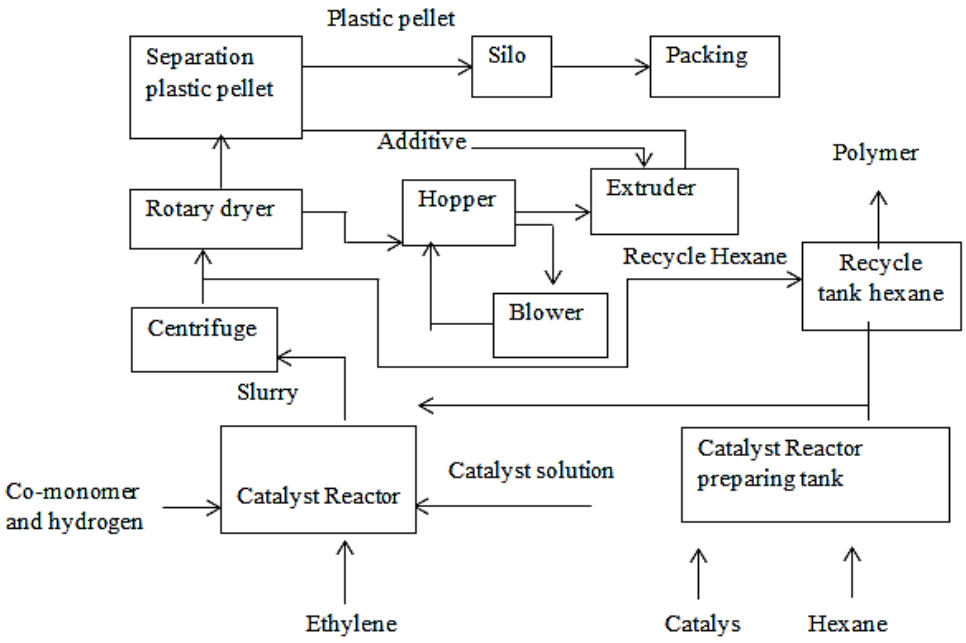
ผงพอลิเอทีลีนที่ได้จะถูกนำเข้าไปในฮ็อปเปอร์ซึ่งมีลักษณะเป็นถังกรวย โดยจะใช้การเป่าลมก๊าซในโตรเจนใช้เป็นก๊าซที่นำพา (Carrier Gas) และก๊าซไนโตรเจนและจะถูกแยกจากผงเอทีลีนโดยใช้ถุงกรอง

- เอ็กซ์ทรูเดอร์ (Extruder)

ผงพอลิเอทีลีนจะถูกนำเข้าเครื่องฮอมอจิไนเซอร์ (Homogenizer) โดยใส่สารปรับเสถียร โดยทำให้เป็นสารผสมเนื้อเดียวกันเพื่อที่จะนำไปหลอมเป็นของเหลวและจะถูกส่งต่อไปยังแม่แบบได (Die) หลังจากนั้นจะได้พลาสติกที่มีลักษณะเป็นพลาสติกบางเพื่อตัดเป็นแท่งพลาสติกเล็กๆ (Pellet)

5) การจัดเก็บเม็ดพลาสติก

หลังจากที่ได้เม็ดพลาสติกที่ตัดเป็นแท่งเล็กๆแล้วก็จะถูกนำเข้าเครื่องคัดแยกเพื่อทำการแยกเม็ดพลาสติกที่ขนาดและรูปร่างไม่เป็นไปตามต้องการออก เม็ดพลาสติกที่มีรูปร่างปกติจะถูกนำไปเก็บไว้ในไซโล (Silo) เพื่อบรรจุหีบห่อ ส่วนเม็ดพลาสติกที่ถูกคัดออกไปเพราะไม่ตรงกับขนาดและรูปร่างก็จะถูกนำไปผลิตใหม่โดยนำไปผสมกับสารผสมในเครื่องฮอมอจอไนเซอร์ โดยรูปแบบนั้นจะแสดงในขั้นตอนตามผังด้านล่าง



รูปที่ 2.15 ผังขั้นตอนการผลิตพอลิเอทีลีน

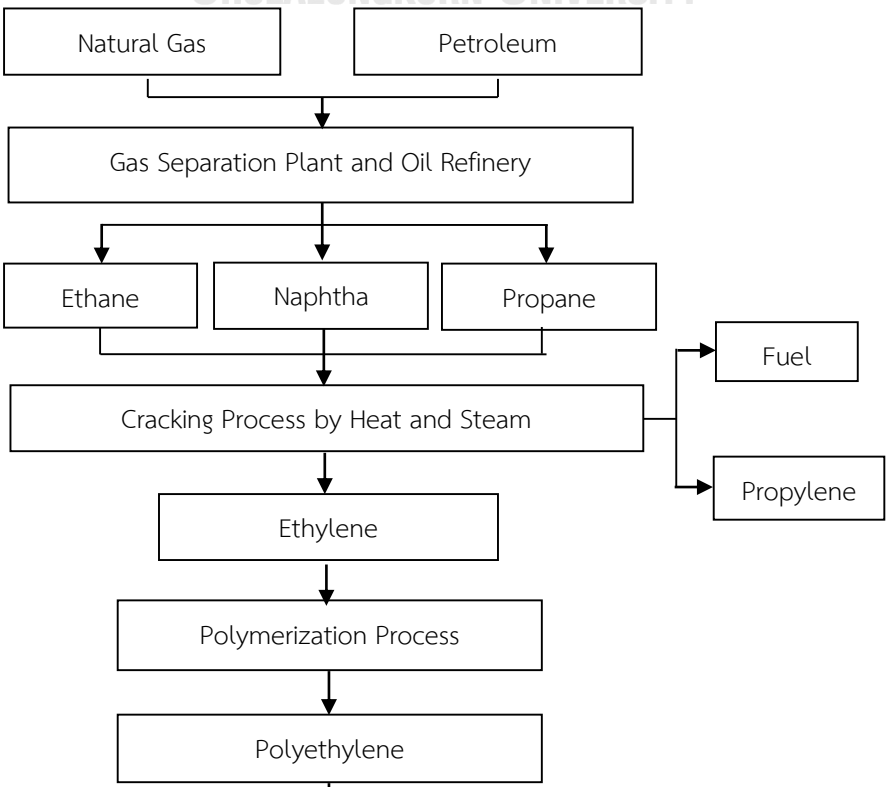
2.6.3 โครงสร้างของอุตสาหกรรมพลาสติก

สำหรับโครงสร้างของอุตสาหกรรมพลาสติกสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท

1) อุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติก สำหรับขั้นตอนนี้จะใช้แนฟทา อีเทน โพรเพรน จะถูกนำเข้าเพื่อผลิตเม็ดพลาสติกในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ตัวอย่างเช่น เม็ดพลาสติกพอลีเอทีลีนถูกนำมาจากอีเทนที่ได้จากกระบวนการแยกก๊าซเพื่อผลิตมอนอเมอร์นั่นคือ เอทีลีนในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำ (Thermal stream cracking) หลังจากนั้นการผลิตพอลิเมอร์โดยกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั่นจะเปลี่ยนมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์

2) อุตสาหกรรมผลิตพลาสติก ในกระบวนการนี้คือการผลิตพลาสติกตัวอย่างเช่น ถุงพลาสติก เครื่องมือเครื่องใช้พลาสติก เป็นต้น พลาสติกที่ผลิตในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติกนั้นอาจเป็นพลาสติกประเภทที่พร้อมใช้เป็นผลิตภัณฑ์ หรืออาจจะเป็นลักษณะวัตถุดิบที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นต่อไป (American chemistry council, 2015)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2.16 โครงสร้างอุตสาหกรรมพลาสติก

2.7 ทบทวนวรรณกรรมการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์และการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

Bellboom & Leonard (2016) ได้ประเมินผลกระทบของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง ที่เป็นพอลิเมอร์จากพืชโดยใช้ หัวบีทและข้าวสาลีเป็นวัตถุดิบ สำหรับการผลิตโดยใช้การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงที่ใช้วัตถุดิบจากพืชนั้นมีผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่ำกว่าวัตถุดิบจากปิโตรเลียมประมาณร้อยละ 60 ความสำคัญของกระบวนการคือเมื่อปลูกหัวบีทและข้าวสาลีนั้นพืชได้กักเก็บคาร์บอนไดอ็อกไซด์ที่สามารถบรรเทาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ อย่างไรก็ตามผลกระทบด้านอื่นๆของวัตถุดิบที่มาจากพืชกลับสูงกว่าจากวัตถุดิบจากปิโตรเลียม เช่น ด้านฝุ่นละออง ด้านความเป็นกรด และด้านการเกิด eutrophication

Gunkaya & Banar (2016) พัฒนาพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ที่ผลิตจากฟิล์มจากพืชที่สามารถย่อยสลายได้ซึ่งประกอบด้วยเพคตินจากเปลือกของส้มและแป้งข้าวโพด นักวิจัยได้ประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของฟิล์มที่สามารถย่อยสลายได้ เปรียบเทียบกับฟิล์ม LDPE จากปิโตรเลียม โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยขอบเขตแรกคือกระบวนการผลิตจนกระทั่งได้ฟิล์มพลาสติก ในอีกขอบเขตหนึ่งคือประสิทธิภาพในการย่อยสลาย โดยหน่วยการทำงาน (Functional Unit) คือ 1 เมตรของฟิล์มพลาสติก ขอบเขตการศึกษาคือ Cradle to gate ผลของการประเมินการศึกษาในครั้งนี้ ฟิล์มพลาสติกจากพืชนั้นไม่มีผลกระทบแบบมีนัยสำคัญที่สูงกว่าในทุกๆชนิดของผลกระทบ ส่วนการย่อยสลายของฟิล์มที่ย่อยสลายได้จากพืชนั้น

แตกต่างจาก LDPE ฟิล์ม โดยฟิล์มที่ย่อยสลายได้มีค่าการย่อยสลายได้ดีกว่าถึงเกือบ 2 เท่าคือ 78.4 และ 40.4 ตามลำดับ

Harding et al. (2007) ดำเนินการวิจัยการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของ Poly-Hydroxybutyric Acid: (PHB) โดยเปรียบเทียบกับ Polypropylene (PP), High Density Polyethylene (HDPE) และ Low Density Polyethylene (LDPE) โดยกำหนดหน่วยการทำงานเป็น 1000 กิโลกรัมของเม็ดพลาสติก โดยขอบเขตของการศึกษาคือ cradle to gate ผลการศึกษาพบว่า PP มีค่าผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมต่ำสุดในทุกชนิดผลกระทบเมื่อเปรียบเทียบผลกระทบอื่น ๆ ยกเว้นการเกิด Eutrophication สำหรับ HDPE และ LDPE, HDPE จะดีกว่าในทุกผลกระทบยกเว้นการเกิด Photo-oxidation.

Muthu et al. (2011) ศึกษาเกี่ยวกับรอยเท้าคาร์บอนของถุงพลาสติกที่ผลิตจาก HDPE ในรูปของผลิตภัณฑ์กระเป๋ากระดาษ และที่ทำจาก Polypropylene โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การผลิตถุงพลาสติกจาก polypropylene นั้นมีค่ารอยเท้าทางนิเวศที่ต่ำกว่า

Mori et al. (2013) ดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของพลาสติกทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ LDPE , PP, และ Bio-Plastic ที่ผลิตจากแป้งข้าวโพด โดยขอบเขตของการศึกษานั้นเลือกใช้ขอบเขตแบบ cradle to grave ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า PP มีค่าผลกระทบเรื่องโลกร้อนสูงสุดเพราะตัวถุงพลาสติกมีน้ำหนักที่มากกว่า แต่พลาสติก PP สามารถใช้ประโยชน์ได้มากถึง 5 ปี การใช้พลังงานที่น้อยกว่าในการผลิต Bio-Plastic แต่ใช้น้ำมากทำให้เกิดผลกระทบเรื่อง eutrophication ได้มากที่สุด

Woon & Lo (2016) ประเมินและเปรียบเทียบเกี่ยวกับ Private Cost และ External Cost ของที่ฝังกลบขยะ และเตาเผาแบบ AIF ในฮ่องกง โดยใช้ LCC เป็นวิธีการศึกษาและคิดอัตราส่วนลด (Discount Rate) ในกระบวนการ โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการทำประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจโดยบูรณาการระหว่างการประเมินผลกระทบสุขภาพตลอดวัฏจักรชีวิตและ LCC โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า LCC ของหลุมฝังกลบกับ เตาเผาแบบ AIF มีต้นทุน 1619.2 HKD/ตัน และ 1782.4 HKD/ตัน โดยผลการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจนั้นโดยเปรียบเทียบผลกระทบด้านสุขภาพและต้นทุนพบว่า AIF จะมีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ดีกว่า

Simoes et al. (2014) ดำเนินการวิจัยเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมและด้านเศรษฐกิจ โดยใช้แนวคิดตลอดวัฏจักรชีวิตของพลาสติกที่สะท้อนแสงสำหรับคนขับรถ โดยใช้วิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์และการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต ขอบเขตการศึกษาคือแบบ cradle to grave โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าขั้นการผลิต AGL นั้นมีผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงกว่าการขั้นของการจัดการซาก โดยกระบวนการรีไซเคิลจะมีผลกระทบน้อยกว่าหากนำไปกำจัดโดยการเผาในเตาเผา สำหรับด้านการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต การกำจัดในหลุมฝังกลบจะมี

ต้นทุนสูงที่สุดแต่ในทางกลับกัน หากใช้กระบวนการรีไซเคิลตะมีต้นทุนถูกที่สุด ยิ่งไปกว่านั้นหาก AGL ผลิตมาจากวัสดุรีไซเคิลจะมีผลกระทบสูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับ AGL ที่ผลิตมาจากเม็ดพลาสติกล้วน

Lyrstedt (2005) ดำเนินการศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของบริษัท ABB โดยใช้ การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ และประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยการประเมินในครั้งนี้เลือกใช้ 6 ตัวชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อมได้แก่ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ก๊าซที่มีความเป็นกรด การลดลงของโอโซน การลดลงของออกซิเจนในน้ำ ก๊าซที่มีผลทำให้เกิดการกระจายในพื้นผิวและการใช้พลังงานประเภทที่ไม่สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยหลังจากประเมิน LCA แล้วจะมีการปรับค่าเสียหายเป็นต้นทุนความเสียหายทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Damage Cost: EDC) เพื่อนำมาคำนวณเป็นประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ หน่วยการทำงานเป็น 1 ยูนิต/KW ผลของการศึกษานั้นแสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจคิดเป็นร้อยละ 81 โดยการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตคือ 40,501 SEK และค่าความเสียหายทางสิ่งแวดล้อม (EDC) คือ 7,800 SEK โดยขั้นที่เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือ ขั้นของการใช้งาน

ผลการรวบรวมข้อมูลด้านงานวิจัยและวิธีการในการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจแสดงดังตารางที่ 2.11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.11 การเปรียบเทียบวิธีการสำหรับกรณีศึกษาอื่นๆของการวิเคราะห์การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

กรณีศึกษา	ผลการศึกษาของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	สมการสำหรับการคำนวณตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	Ecological Finger Print	Eco-Efficiency portfolio	อ้างอิง
Eco-efficiency assessment applied to electronics products according to the guidelines for the Japanese electronics industry	Product A 3.49E+04 ImH/Kg-CO_2e Product B 3.49E+04 ImH/Kg-CO_2e	□□□□□□□ □□□□□□ □□□□□ □□□□□□□□□□□□□ □□□□□□ Product system value (Functional value) Environmental impact GHGs Emission	-	✓	ISO 14045 (2012)
An eco-efficiency assessment based on the integrated assessment approach (Vacuum cleaner)	Product A 0.0158 Unit/Yen Product B 0.0211 Unit/Yen	□□□□□□□ □□□□□□ □□□□□ □□□□□□□□□□□□□ □□□□□□ Product system value (Satisfaction value) Environmental impact (adjust impact as YEN Japanese's current)	-	✓	ISO 14045 (2012)
Application of eco-efficiency assessment based on integrated assessment (Ethylene Production)	Current plant 4.11 Option A 9.36 Option B 9.36	□□□□□□□ □□□□□□ □□□□□ □□□□□□□□□□□□□ □□□□□□ Product system value is Functional value (amount of production) Environmental impact (Following ISO 14040-44)	✓	-	ISO 14045 (2012)
Eco-efficiency analysis-applied in different chelating agents	There is no demonstrating the eco-efficiency indicator but showing the result of improving environmental	The common equation was not applied in this case study but use weighting method to be applied	✓	✓	Boren et al. (2009)

กรณีศึกษา	ผลการศึกษาของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	สมการสำหรับการคำนวณตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	Ecological Finger Print	Eco-Efficiency portfolio	อ้างอิง
	impact assessment				
Measuring Eco-efficiency by a LCC/LCA ratio an evaluation of its applicability A case study at ABB	Eco-efficiency = 82%	$\frac{\square\square\square}{\square\square\square}$ Where: EDC= Environmental damage cost LCC= Life Cycle costing	-	-	Lyrstedt (2005)
Sustainability assessment of sugarcane bio-refinery and molasses ethanol production in Thailand using eco-efficiency indicator	Base case 1.7 Scenario 1 2.0 Scenario 2 2.8 Scenario 3 2.8 Unit =USD/kgCO_2eq	$\frac{\square\square\square\square\square\square\square\ \square\square\square\square\square\square\square\ \square\square\square\square\square}{\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\ \square\square\square\square\square\square\square}$ Product system value is Gross value added Environmental impact calculate only Total GHGs Emissions	-	-	Silalertruksa et al. (2015)
Complexity, assumptions and solutions for eco-efficiency assessment of urban water system	The result of Eco-efficiency indicator 1. Climate Change (0.171) 2. Fossil Fuel Depletion (0.620) 3. Fresh Water Resource Depletion (2.000)	$\frac{\square\square\square\square\square\square\square\ \square\square\square\square\square\square\square\ \square\square\square\square\square\square}{\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\ \square\square\square\square\square\square\square}$ Product system value is Total value added Environmental impact calculate 11 midpoint of impacts	-	-	Stanchev & Ribarova (2016)
Eco-efficiency analysis methodology on the example of chosen polyolefins production	Eco-efficiency of HDPE $3.87*10^{-6}$ Eco-efficiency of LDPE $3.66*10^{-6}$	$\frac{1}{\square\square\square * LCA}$ Where: DGC = Dynamic Generation cost	-	Demonstrating the result of evaluation	K et al. (2010)

2.8 ทบทวนวรรณกรรมการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

Beijia & Volker (2016) ประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตของ ground source heat pump (GSHP) เป็นเทคโนโลยีการนำกลับมาใช้ใหม่หรือใช้ในอาคารของประเทศจีน โดยขอบเขตการศึกษาในครั้งนี้ครอบคลุม 3 ด้านของการพัฒนาที่ยั่งยืน คือ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคมโดยการใช้เทคนิคของการประเมินวัฏจักรชีวิตได้แก่ LCA LCC และ SLCA สำหรับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมใช้โปรแกรมซอฟแวร์ Gabi[4] ที่เน้นผลกระทบด้าน สภาวะโลกร้อน ภาวะความเป็นกรด และการเกิดยูโทรฟิเคชั่น ในส่วนของด้านเศรษฐกิจเลือกวิธีการประเมิน LCC โดยคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method) โดยแบ่งเป็นขั้นการออกแบบ ขั้นการติดตั้ง ขั้นการดำเนินการผลิต และการรื้อถอน สำหรับด้านสังคมประเมินด้านอัตราการจ้างงาน โดยผลแสดงให้เห็นด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมหลักคือด้าน ผลกระทบด้านสภาวะโลกร้อน ภาวะความเป็นกรด และการเกิดยูโทรฟิเคชั่นในขั้นตอนการผลิต ส่วนต้นทุนด้านการป้องกัน (Prevention Cost) 15.84 RMB/m^2 ในขั้นตอนการผลิต 5 RMB/m^2 ในกระบวนการการดำเนินงาน ส่วนระยะเวลาการคืนทุนคือ 4 ปี แต่เมื่อรวมต้นทุนด้านการป้องกันเข้าด้วยจะเพิ่มระยะเวลาการคืนทุนเป็น 4.29 ปี

Luu & Halog (2016) ดำเนินการวิจัยการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (SLCA) ของการผลิตไฟฟ้าโดยใช้แกลบและถ่านหินในประเทศเวียดนามโดยใช้การประเมิน LCA LCC และ SLCA โดยการทำ LCSA นั้นใช้โปรแกรมซอฟแวร์ Prosuite ที่ประเมินตัวชี้วัด 5 ด้านสำหรับความยั่งยืนคือ สุขภาพของมนุษย์ (Human Health) คุณภาพชีวิตทางสังคม (Social Well-being) ความรุ่งเรือง (Prosperity) สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ (Natural Environment) การใช้ทรัพยากร (Exhaustible resource) โดยผลกระทบขั้นปลายเหล่านี้จะถูกรวมให้เป็นคะแนนเดี่ยว (Single Score) โดยขอบเขตการศึกษาเป็นแบบ cradle to gate ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่สูงกว่าสำหรับถ่านหินในด้านของทรัพยากรธรรมชาติ แต่ผลกระทบในด้านสุขภาพวัตถุดิบจากแกลบส่งผลกระทบด้านลบมากกว่าถ่านหิน อย่างไรก็ตาม มีผลกระทบด้านสังคมอย่างเช่นแรงงานเด็ก และแรงงานที่ถูกบังคับในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากถ่านหิน แต่เมื่อเทียบทุกด้านของความยั่งยืนแล้วการใช้วัตถุดิบจากแกลบจะมีความยั่งยืนมากกว่าการใช้ถ่านหิน

Burcin & Adisa (2016) ประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ พลังงานน้ำ พลังงานลม และพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศตุรกี โดยพิจารณาทั้ง 3 ด้านของความยั่งยืน คือ สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม โดยใช้ตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม 11 ด้าน ได้แก่ abiotic resource depletion (element), abiotic resource depletion (fossil fuel) , global warming potential, acidification potential, eutrophication potential, fresh water aquatic eco-toxicity potential, human

toxicity potential, marine aquatic eco-toxicity potential, ozone layer depletion potential, photochemical oxidant creation potential, terrestrial eco-toxicity potential ด้านเศรษกิจ ใช้ 3 ตัวชี้วัด ได้แก่ capital cost, total annualized cost, levelised cost และด้านสังคม ใช้ 6 ตัวชี้วัด ได้แก่ direct employment, total employment, injuries, fatalities due to the large accident, imported fossil fuel potentially avoided, diversity of fuel supply mix หน่วยการทำงานของการศึกษานี้คือ 1 kWh ของไฟฟ้าในตุรกี ขอบเขตการศึกษา cradle to grave ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อนใต้พิภพคือทางเลือกที่ดีที่สุดในด้านผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม แต่มีต้นทุนในการสร้างสูงมากที่สุดเช่นกัน อ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในการสร้างพลังงานไฟฟ้ามีผลกระทบด้านศักยภาพการเกิดโลกร้อนต่ำที่สุด ส่วนอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่จะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในการลดผลกระทบของการลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิล อย่างไรก็ตามจะส่งผลกระทบทางด้านสังคมเรื่องของการจ้างงานทางตรงที่ต่ำที่สุด ในส่วนของการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ยั่งยืนที่สุดคือพลังงานน้ำ ส่วนลำดับที่มีความยั่งยืนอันดับที่ 2 คือ พลังงานความร้อนใต้พิภพ

การประเมิน LCSA นั้นในปัจจุบันมีการพัฒนาที่หลากหลายทั้งรูปแบบการศึกษาและวิธีการแต่ยังเป็นที่ถกเถียงกันในแต่ละนิยามของ LCSA โดยในแต่ละวิธีการยังมีจุดด้อยที่ยังเป็นช่องว่างและเป็นอุปสรรคในการดำเนินการหลายประการ ในการนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยโดยการจำแนกประเภทตามวิธีการประเมินดังตารางที่ 2.13 ที่แสดงรูปแบบของนิยามที่งานวิจัยที่เกิดขึ้นและตารางที่ 2.14 แสดงวิธีการที่ประเมิน LCSA ในแต่ละรูปแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.12 การจำแนกการปรับใช้วิธีการศึกษา LCSA ในแต่ละรูปแบบ

รูปแบบ	**ลักษณะและวิธีการศึกษา**		**จำนวนงานกรณีศึกษาที่ประยุกต์ใช้**
รูปแบบที่ 1 :LCSA=LCA+LCC+SLCA	การประเมินรวมกันทั้งสามด้านของความยั่งยืน	ใช้วิธีการ Multi-Criteria decision analysis	13
		ใช้วิธีการอื่นๆ	13
	การประเมินเฉพาะ วิธีการ (แยกออกจากกัน) ระหว่าง LCA, LCC และ SLCA		28
รูปแบบที่ 2 LCSA= ผลการประเมินรูปแบบใหม่	การประเมินวิกฤตทรัพยากร (Critically Resources)		6
	การเปรียบเทียบทางเลือก (Comparision of options)		7
รูปแบบที่ 3 LCSA= Eco-efficiency และ SLCA	LCSA= Eco-efficiency และ SLCA		1
รูปแบบที่ 4 LCSA= LCA+socioeconomic analysis	LCSA= LCA+socioeconomic analysis		1

ที่มา: (Costa et al., 2019)

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.13 การจำแนกการวิธีการการศึกษา LCSA ในแต่ละกรณีศึกษา

รูปแบบ	วิธีการ	วิธีการเฉพาะ	อ้างอิง
รูปแบบที่ 1 :LCSA=LCA+LCC+SLCA	Multi-criteria decision analysis (MCDA)	Emergy synthesis and weighting base on the analytical hierarchy process (AHP)	Akhtar et al. (2017)
		Weighting based on multi-attribute value theory (MAVT)	Atilgan & Azapagic (2016)
		Weighting based on AHP	De Luca et al. (2018)
		Monetary weighting (Environmental Priority Strategies and Ecovalue) and MAVT	Ekener et al. (2018)
		Weighitng based on MAVT	Foolmaun & Ramjeeawon (2013)
		Weighting based on AHP	Hossaini et al. (2015)
		Weighting based on stochastic compromise programming	Kucukvar et al. (2014)
		Preference Ranking organization Method for enrichment Evaluation (PROMETHEE)	Mahbub et al. (2018)
		Based on AHP	Opher et al. (2018)
		Integrated value moedel for sustainable assessment	Reddy et al. (2018)
		Weighting based on AHP	Sou et al. (2016)
		Single objective optimization	Wang et al. (2017)
		Weighitng aggregated functionbased on Diaz-Baltero and Romeo (2004)	Akber et al. (2017)
		Normalization and weighting	Aziz et al. (2017)
		Based on the development of the inclusive impact index	Nguyen et al. (2017)
		Normalization	Nzila et al. (2012)

รูปแบบที่ 1 :LCSA=LCA+LCC=SLCA	วิธีการอื่น	Pareto optimization	Ostermeyer et al. (2013)
		Social return on investment	Ribeiro et al. (2018)
		Life cycle sustainability dashboard	Schau et al. (2012)
		Summed rank analysis	Stamford & Azapagic (2014)
		Life cycle sustainability dashboard	Traverso et al. (2012)
		A Method based on the calculation of sustainability factors	Vinveys et al. (2013)
		Normalization, weighting, and aggragation	Wulf et al. (2017)
		Weighting sum method	Zhou et al. (2017)
		Life cycle sustainability dashboard	Zhou et al. (2012)
รูปแบบที่ 2 LCSA= ผลการประเมินรูปแบบใหม่ รูปแบบที่ 3 LCSA= Eco-efficiency และ SLCA รูปแบบที่ 4 LCSA= LCA+socioeconomic analysis	Geopolitical supply risk	Development characterization method	Cimprich et al. (2018)
	Comparision of options	Based on the Technique for Order preference by similarlity to ideal Solution (TOPSIS)	Kalbar et al. (2016)
		Fuzzy MDCA method including TOPSIS	Kucukvar et al. (2014)
		Based on grey relational analysis	Manzardo et al. (2012)
		A method based on intuitionistic fuzzy and TOPSIS	Onat et al. (2016)
		Based on compromise programming	Nuri Cihat Onat et al. (2016)
		Based on AHP and the VIKOR method	Ren et al. (2015)
		Based on the decision-making trial and evaluation laboratory (DEMATEl) and interval evaluation based on distance from average solution (EDAS)	Ren & Toniolo (2018)
		Based on the proposition of MCDA tool/Stakeholder’s score of alternatives	Khalili et al. (2013)

จากการทบทวนวรรณกรรมและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีวิธีการที่หลากหลายทั้งที่พัฒนาขึ้นใหม่เฉพาะกับกิจกรรมที่ต้องการประเมิน โดยรูปแบบของนิยาม LCSA ที่เป็นที่นิยมในการประเมินมากที่สุดคือรูปแบบนิยามที่ 1 คือ LCSA = LCA+LCC+SLCA โดยงานวิจัยและกรณีศึกษาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ของการประเมินความยั่งยืนจะเป็น รูปแบบที่ 1 โดยรูปแบบการประเมินที่ใช้จะมีวิธีการที่หลากหลายในการประเมินแต่วิธีที่ได้รับการประเมินและใช้งานหลากหลายมากที่สุดคือ การประเมินด้วยวิธีการ Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) ดังนั้นในการเสนอแนวทางในการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้วิธีการประเมินตามรูปแบบของ UNEP/SETAC ทั้งการประเมินผลกระทบทางด้านสังคมของ UNEP/SETAC โดยใช้ทั้ง Guildline และวิธีการ เช่นเดียวกับการประเมิน LCSA ก็จะดำเนินการประเมินโดยใช้ Guildline ของ UNEP/SETAC ในการดำเนินการประเมินเช่นเดียวกัน ส่วนวิธีการประเมินหลังจากได้ผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม จะทำการประเมินด้วยวิธีการ Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถแบ่งขั้นตอนการทำวิจัยเป็น 5 ขั้นตอน ดังรูปที่ 3.1

1) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง (HDPE) และเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ขอบเขตการประเมินครอบคลุม Cradle to Gate โดย Functional Unit คือ เม็ดพลาสติก 1 กิโลกรัม

2) การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

3) การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

4) การประเมินผลกระทบทางสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของการผลิตเม็ดพลาสติก

5) เสนอรูปแบบการประเมิน Life Cycle Sustainability โดยวิธีการ Multi-criteria decision analysis

3.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง (HDPE) และเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ (LDPE)

ผู้วิจัยจะดำเนินการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยนำหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต มาประยุกต์ใช้ เพื่อพิจารณาถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ ตลอดวัฏจักรชีวิต การดำเนินการจะเป็นไปตามมาตรฐาน ISO 14040-44: 2006

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope definition)

1) การกำหนดเป้าหมาย (Goal)

เป้าหมายคือผลิตภัณฑ์ที่จะประเมินได้แก่

- เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง (HDPE)
- เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ (LDPE)

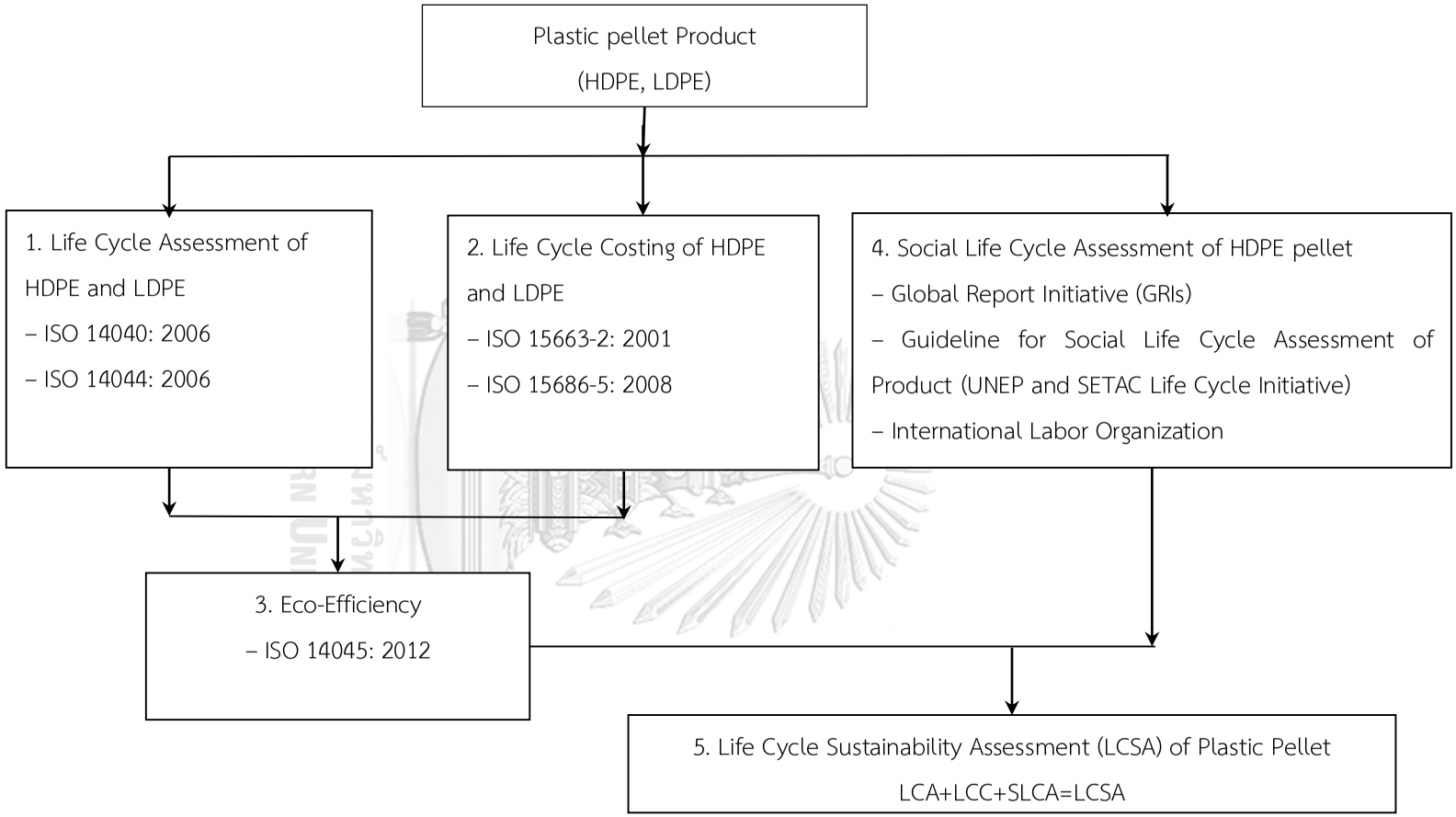
2) การกำหนดหน่วยการทำงาน (Functional Unit)

หน่วยการทำงานในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของแต่ละผลิตภัณฑ์เป็นดังนี้

- เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง 1 ตัน

- เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ 1 ตัน

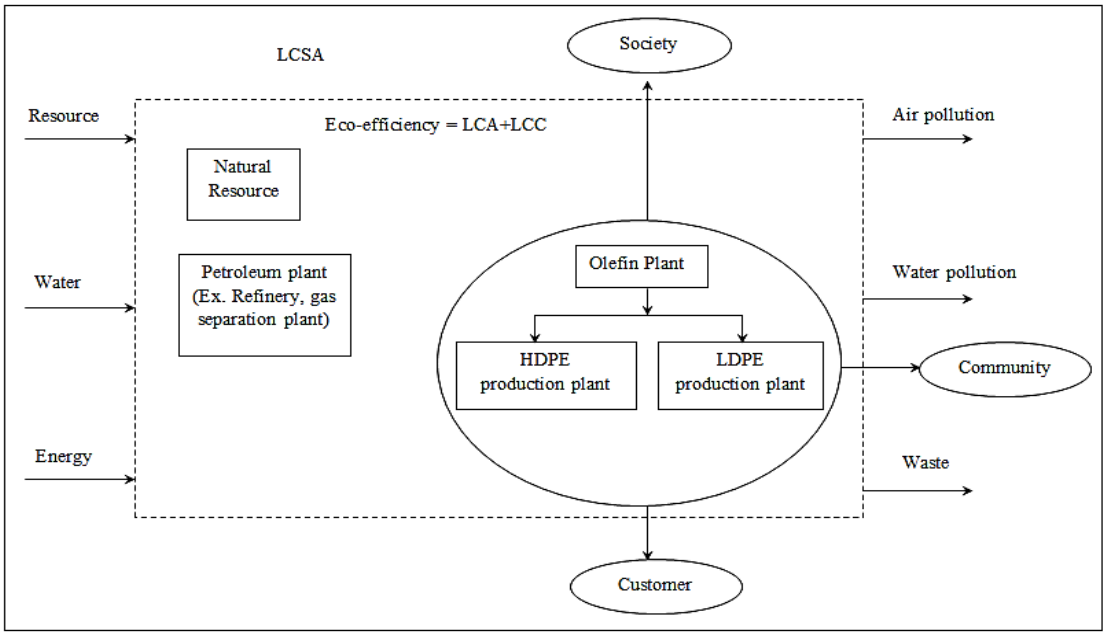
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3.1 ผังการไหลขั้นตอนการศึกษา Life Cycle Sustainability Assessment

3) การกำหนดขอบเขต (System Boundary)

ขอบเขตของการศึกษานี้เป็นการประเมินผลกระทบแบบ Cradle to gate ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การขนส่ง กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ในช่วงเวลา 1 ปีการศึกษาผลกระทบของปี พ.ศ. 2557 – พ.ศ. 2558 ดังรูปที่ 3.1 และรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การขนส่ง และข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกของโรงงานจำนวน 6 โรง ประกอบด้วย โรง Olefin จำนวน 3 โรง และโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก HDPE จำนวน 2 โรงงาน และโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก LDPE จำนวน 1 โรงงาน



รูปที่ 3.2 ขอบเขตการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตในการศึกษาครั้งนี้

Chulalongkorn University

3.2.2 การจัดทำบัญชีรายการ (Life Cycle Inventory)

1) การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาในครั้งนี้มี 2 ผลิตภัณฑ์ คือ เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง และเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ ข้อมูลสำหรับการจัดทำบัญชีรายการทั้งมวลสารขาเข้าและขาออก ผู้วิจัยจะดำเนินการรวบรวมข้อมูลลงพื้นที่สัมภาษณ์โรงงานต่าง ๆ ในห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก LDPE และ LLDPE เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลปฐมภูมิใน ส่วนของข้อมูลที่เกี่ยวข้องจะใช้ข้อมูลอ้างอิงจากฐานข้อมูลที่มีความเชื่อถือระดับสากลคือ Ecoinvent 3.0

2) ออกแบบตารางการเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการออกแบบตารางการเก็บข้อมูลสำหรับการเก็บข้อมูลปฐมภูมิจากโรงงานปิโตรเคมีที่ผลิตเม็ดพลาสติกและโรงงานขึ้นรูปพลาสติกในทุกกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ แสดงตารางการเก็บข้อมูล ดังตารางที่ 3.1

ข้อมูลปฐมภูมิที่นำมาใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

- ข้อมูลทั่วไปของผลิตภัณฑ์
- กระบวนการผลิต
- การขนส่ง
- การจัดการของเสียหลังการใช้งาน
- ข้อมูลสารขาเข้า เช่น วัตถุดิบ พลังงานและสาธารณูปโภค
- ข้อมูลสารขาออก เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และกากของเสีย

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างรูปแบบตารางการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก

ชื่อโรงงาน		**รูปผลิตภัณฑ์**	
ที่อยู่โรงงาน			
ผลิตภัณฑ์			
กำลังการผลิต			
กระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์พลาสติก			
1. กระบวนการที่ 1			
มวลสารขาเข้า	**ปริมาณ**	**หน่วย**	**หมายเหตุ**
วัตถุดิบ			
1.เม็ดพลาสติก		กิโลกรัม	
2.สารเคมี		กิโลกรัม	
3.อื่นๆ (โปรดระบุ)			
พลังงานและสาธารณูปโภค			
1.ไฟฟ้า		กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง	
2.เชื้อเพลิง (น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ)		กิโลกรัม ลิตร หรือ ลูกบาศก์เมตร	
3.ไอน้ำ		กิโลกรัม	
4.น้ำ		ลูกบาศก์เมตร	
5.อื่นๆ (โปรดระบุ)			
มวลสารขาออก	**ปริมาณ**	**หน่วย**	**หมายเหตุ**
น้ำเสีย		ลูกบาศก์เมตร	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.BOD		มิลลิกรัมต่อลิตร	
2.COD		มิลลิกรัมต่อลิตร	
3.SS		มิลลิกรัมต่อลิตร	
4.อื่นๆ (โปรดระบุ)			
มลพิษอากาศ			
1.CO_2		กิโลกรัม	
2.SO_2		กิโลกรัม	
3.อื่นๆ (โปรดระบุ)			
มวลสารขาออก (ต่อ)	**ปริมาณ**	**หน่วย**	**หมายเหตุ**
กากของเสีย			
1.เศษพลาสติก		มิลลิกรัมต่อลิตร	
2.อื่นๆ (โปรดระบุ)			
2. กระบวนการที่ 2			
มวลสารขาเข้า	**ปริมาณ**	**หน่วย**	**หมายเหตุ**
วัตถุดิบ			
1.เม็ดพลาสติก		มิลลิกรัมต่อลิตร	
2.สารเคมี		มิลลิกรัมต่อลิตร	
3.อื่นๆ (โปรดระบุ)			
พลังงานและสาธารณูปโภค			
1.ไฟฟ้า		กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง	
2.เชื้อเพลิง (น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ)		กิโลกรัม ลิตร หรือ ลูกบาศก์เมตร	
3.ไอน้ำ		กิโลกรัม	
4.น้ำ		ลูกบาศก์เมตร	
5.อื่นๆ (โปรดระบุ)			
มวลสารขาออก	**ปริมาณ**	**หน่วย**	**หมายเหตุ**
น้ำเสีย		ลูกบาศก์เมตร	
1.BOD		มิลลิกรัมต่อลิตร	
2.COD		มิลลิกรัมต่อลิตร	
3.SS		มิลลิกรัมต่อลิตร	
4.อื่นๆ (โปรดระบุ)			
มลพิษอากาศ			
1.CO_2		กิโลกรัม	
2.SO_2		กิโลกรัม	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.อื่นๆ (โปรดระบุ)			
กากของเสีย			
1.เศษพลาสติก		กิโลกรัม	
2.อื่นๆ (โปรดระบุ)			

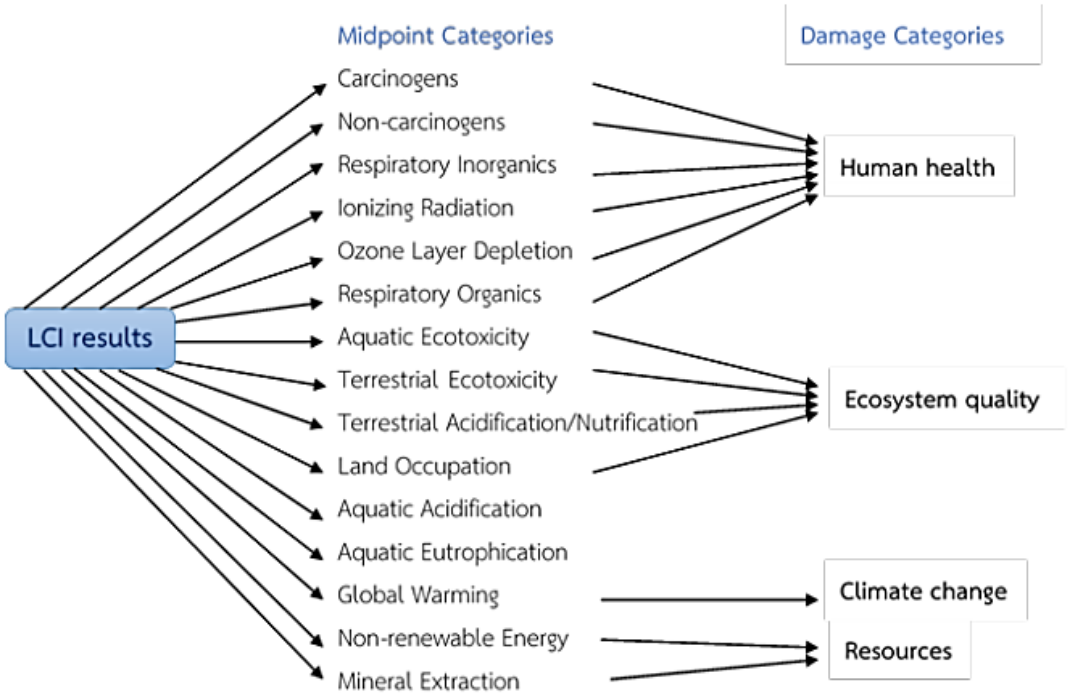
3) การจัดทำบัญชีรายการ

เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกของทุกกระบวนในระบบที่ทำการศึกษา จากนั้นทำการเชื่อมโยงความสัมพันธ์และทำสมดุลมวลสาร เพื่อให้ข้อมูลอยู่ในหน่วยทำงานเดียวกัน โดยข้อมูลที่ใช้ในการทำบัญชีรายการจะมีทั้งข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งข้อมูลปฐมภูมิได้จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตต่าง ๆ และจากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรง และข้อมูลทุติยภูมิได้จากการรวบรวมงานวิจัย รายงาน เอกสารที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลทุติยภูมิที่ใช้ในการประเมินจะเน้นข้อมูลในประเทศเป็นหลัก เพื่อความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

3.2.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ คือการนำข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกทุกกระบวนการที่เกี่ยวข้องมาคำนวณ เพื่ออธิบายผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์โดยใช้โปรแกรม SimaPro version 8.2 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีประเมิน Impact 2002+ Version 2.12 เนื่องจากเป็นวิธีการที่ครอบคลุมการประเมินผลกระทบทั้งทางด้านสุขภาพ ระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการใช้ทรัพยากร โดยลักษณะการประเมินจะเป็นไปตามแผนผังดังแสดงรูปที่ 3.3 ประกอบด้วย การประเมินผลกระทบขั้นกลาง (Midpoint category) และการประเมินผลกระทบขั้นปลาย (Endpoint Category) ในรูปแบบการประเมินความเสียหาย (Damage category)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี IMPACT 2002+ version 2.12 (Sherwani et al., 2010)

1) การประเมินผลกระทบขั้นกลาง (Midpoint) การจำแนกข้อมูลการวิเคราะห์บัญชีรายการเข้าอยู่ในกลุ่มผลกระทบในงานวิจัยนี้ ลักษณะการประเมินจะเป็นไปตามแผนผังดังรูปที่ 3.3 ประกอบด้วย การประเมินผลกระทบขั้นกลาง (Midpoint Categories) และการเทียบหน่วย (Normalization) ซึ่งการประเมินผลกระทบขั้นกลาง ประกอบไปด้วย 15 ผลกระทบ ได้แก่

- ผลกระทบด้านการก่อให้เกิดสารก่อมะเร็ง (Carcinogens)
- ผลกระทบด้านการก่อให้เกิดสารที่ไม่ก่อมะเร็ง (Non-carcinogens)
- ผลกระทบด้านระบบทางเดินหายใจที่มาจากสารอนินทรีย์ (Respiratory Inorganics)
- ผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตภาพรังสี (Ionizing Radiation)
- ผลกระทบด้านการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone Layer Depletion)
- ผลกระทบด้านระบบทางเดินหายใจที่มาจากสารอินทรีย์ (Respiratory Organics)
- ผลกระทบด้านการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อแหล่งน้ำ (Aquatic Ecotoxicity)

- ผลกระทบด้านการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อดิน (Terrestrial Ecotoxicity)
- ผลกระทบด้านการเกิดความเป็นกรดหรือการเพิ่มสารอาหารในดิน (Terrestrial Acidification/Nutrification)
- ผลกระทบด้านการใช้ที่ดิน (Land Occupation)
- ผลกระทบด้านการเกิดความเป็นกรดในแหล่งน้ำ (Aquatic Acidification)
- ผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหาร (Aquatic Eutrophication)
- ผลกระทบด้านการทำให้โลกร้อน (Global Warming)
- ผลกระทบด้านการใช้พลังงานใช้แล้วหมดไป (Non-renewable Energy)
- ผลกระทบด้านการสกัดแร่ธาตุ (Mineral Extraction)

2) การประเมินผลกระทบขั้นปลาย (Endpoint) เป็นการแปลงค่าผลกระทบขั้นกลางด้านต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบของกลุ่มเสียหาย (Damage Assessment) 4 กลุ่มหลัก ได้แก่

- ความเสียหายด้านสุขภาพมนุษย์ (Human Health) ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดปีสุขภาวะที่สูญเสียไปจากโรคและการบาดเจ็บของประชากร (Disability-Adjusted Life Year: DALY)
- ด้านคุณภาพระบบนิเวศ (Ecosystem quality) ซึ่งจะบ่งชี้ศักยภาพของการสูญหายของสายพันธุ์บนพื้นที่ 1 ตารางเมตรในช่วงระยะเวลา 1 ปี (PDF* m^{2}*yr)
- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งจะแสดงผลในรูป $kgCO_2eq$
- ด้านการใช้ทรัพยากร (Resources) ซึ่งจะแสดงผลในหน่วยของพลังงานขั้นต้น (MJ primary)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 15 ด้าน คำนวณค่าผลกระทบทั้งหมดด้วยโปรแกรม SimaPro Version 8.2 โดยการกำหนดบทบาทเป็นการคำนวณให้อยู่ในรูปของปริมาณสารอ้างอิงในแต่ละชนิดของผลกระทบนั้นๆ สามารถคำนวณได้ตามสมการ ดังนี้

$$\square\square\square\square\square\square\square\square = \sum(\text{Activity} \times \text{Emission Factor}) \qquad \text{สมการที่ } 3.1$$

เมื่อ Emission คือ ปริมาณมลพิษที่ถูกปล่อยออก

Activity คือ ปริมาณสารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ

Emission Factor คือ ค่าแฟกเตอร์ของสารต่างๆ

ซึ่งค่าแฟกเตอร์ในการวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลจากโปรแกรม Simapro Version 8.2 เพื่อประเมินหาค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละกระบวนการ ซึ่งในแต่ละกระบวนมีค่าแฟกเตอร์ที่แตกต่างกัน ทำให้หน่วยของปริมาณมลพิษที่ถูกปล่อยออกแตกต่างกันไปด้วย ดังนั้นจึงมีการเทียบหน่วย เพื่อแสดงให้เห็นว่าแต่ละกลุ่มผลกระทบมีความสำคัญกับผลกระทบอยู่ในระดับใดในสิ่งแวดล้อมโดยรวมทั้งหมด

3.2.4 การแปลผล (Interpretation)

ผลลัพธ์จากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยจะนำมาดำเนินการวิเคราะห์ Hotspot ของผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไป

3.3 การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

การดำเนินงานเพื่อประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์สามารถแบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 6 ขั้นตอนหลัก คือ

3.3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Problem Definition)

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญสำหรับการศึกษา LCC โดยเป็นขั้นตอนของการกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ ของระบบ ลักษณะของกิจกรรมที่ต้องการศึกษา วัสดุอุปกรณ์ อาจรวมถึงข้อยกเว้นและข้อจำกัดในการศึกษาด้วย เพื่อให้การศึกษาเป็นที่ยอมรับ และควรมีการระบุว่าจะนำผลการศึกษาไปใช้ในลักษณะใด โดยการศึกษาครั้งนี้มีเป้าหมายและขอบเขตดังนี้

1) เป้าหมาย (Goal)

เป้าหมายของการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์คือ เพื่อประเมินต้นทุนที่เกิดขึ้น ตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก HDPE และ LDPE ให้สะท้อนต้นทุนที่ใกล้เคียงกับต้นทุนที่แท้จริงมากที่สุดเพื่อนำผลการประเมินไปปรับปรุงเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการตัดสินใจควบคู่กับการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

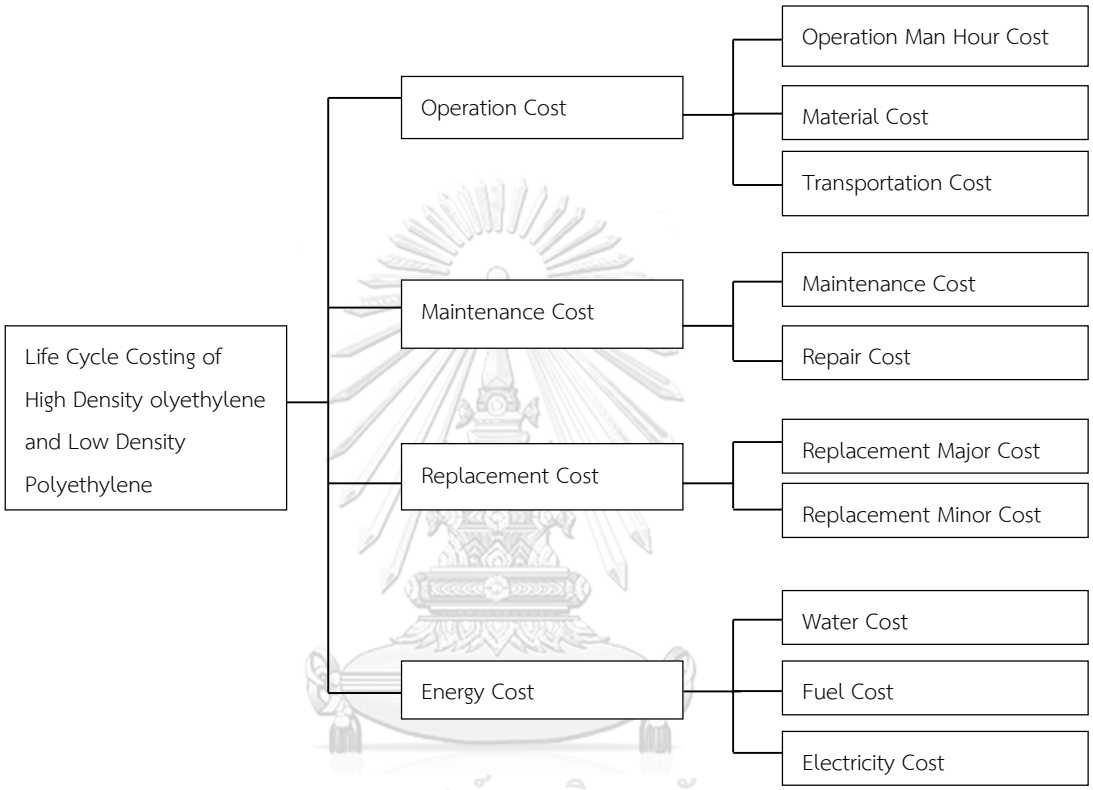
2) ขอบเขตการศึกษา (System boundary)

การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตนั้นจะครอบคลุมในส่วนของการดำเนินการผลิต (Operation) และการบำรุงรักษา ของโรง Olefin และโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกเท่านั้นไม่รวมต้นทุนการด้านการก่อสร้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.2 การกำหนดองค์ประกอบของต้นทุน

องค์ประกอบต้นทุนจะถูกระบุจากกิจกรรมของกระบวนการผลิตหรือกิจกรรมอื่นๆโดยแบ่งจำแนกต้นทุนตามรูปที่ 3.4 เพื่อให้องค์ประกอบของต้นทุนครบถ้วนและมีความผิดพลาดน้อยที่สุดโดยหลักการจำแนกองค์ประกอบต้นทุนจะดำเนินการตามหลักการจำแนกองค์ประกอบต้นทุนย่อยตามกลุ่มต้นทุนหลัก (Cost Breakdown Element)



รูปที่ 3.4 การแบ่งชนิดต้นทุนตามหลักต้นทุนหลักต้นทุนย่อย (Cost Breakdown Element)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.3 การกำหนดรูปแบบของระบบ (System Modeling)

การกำหนดรูปแบบระบบเปรียบเสมือนการวางแผนหรือการกำหนดกลยุทธ์ในการดำเนินการ ซึ่งการดำเนินการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตจำเป็นต้องมีความสอดคล้องกันอย่างต่อเนื่อง เช่น การได้มาของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การบำรุงรักษา การเปลี่ยนเครื่องจักร/อุปกรณ์ เป็นต้น โดยผู้วิจัยกำหนดรูปแบบระบบตามการดำเนินการผลิตของโรงงานตามปกติ ในด้านต้นทุนโดยยึดต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงเป็นหลัก โดยวันที่หยุดการผลิตประจำปีไม่มีนัยสำคัญเกี่ยวกับต้นทุนที่เกิดขึ้น

3.3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

1) การเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ LCC จำเป็นจะต้องทราบข้อมูลด้านราคาของแต่ละกิจกรรมหรือหน่วยของกิจกรรม โดยลักษณะการเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 แนวทาง ราคาที่แท้จริง (Real Cost or Actual Cost) เป็นข้อมูลราคาที่แท้จริงที่เกิดขึ้น ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งหรือตลอดช่วงเวลา โดยเมื่อทราบราคาที่แท้จริงสามารถนำไปคำนวณเพื่อวิเคราะห์ LCC ได้ทันที

2) ราคาประเมิน (Estimating Cost) ข้อมูลบางประเภทหากไม่สามารถทราบราคาที่แท้จริง เช่น ขาดหลักฐานเรื่องราคาหรือเป็นราคาที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยทางเศรษฐกิจมาเกี่ยวข้องทำให้ไม่สามารถได้ข้อมูลที่แท้จริงได้ ดังนั้น จะใช้หลักการประเมินตามแนวทางของ ISO 15686-2:2001 ที่ระบุไว้ว่า หลักการประเมินราคาสามารถประเมินได้โดย

- การประเมินโดยตรงจากราคาที่ทราบ (Direct Cost Estimation)
- การประเมินจากข้อมูลราคาในอดีต (Historical Data Analysis)
- การประเมินจากแบบจำลองหรือค่าเฉลี่ย (Models Base on Expect Performance)
- การประเมินจากแนวโน้มในอนาคต (Future Trend in Technology, Market and Application)

โดยการเก็บข้อมูลจะรวบรวมจากฝ่ายบัญชีขององค์กร ปี พ.ศ. 2557 โดยจำแนกค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตามประเภทของต้นทุน โดยต้นทุนที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากฝ่ายบัญชีขององค์กรจะเป็นต้นทุนราคาที่แท้จริง และหากมีต้นทุนที่ไม่สามารถรวบรวมได้จะทำการใช้วิธีราคาประเมิน

3.3.5 กำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ระบบ (Cost Profile Development)

การวิเคราะห์ระบบจะสะท้อนให้เห็นความคุ้มค่าในด้านการลงทุนหรือประเมินเพื่อประกอบการตัดสินใจในการวางแผนยุทธศาสตร์ เพื่อกำหนดทิศทางการบริหาร ซึ่งรูปแบบการประเมินการลงทุนนั้นมีหลากหลายประเภทเช่น การประเมินดัชนีกำไร (Profitability Index) การประเมินอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return) การประเมินระยะเวลาคืนทุน (Payback period) โดยผู้วิจัยจะใช้การวิเคราะห์ต้นทุนประเมินมูลค่าสุทธิปัจจุบัน (Net Present Cost)

สูตรการคำนวณพื้นฐานของ Life Cycle Costing (Fuller & Petersen, 1995)

$$LCC = \sum_{n=0}^{N} \frac{C_n}{(1+r)^n} \qquad \text{สมการที่ 3.2}$$

เมื่อ: LCC = Total cost that already reversed to be present value in Baht

Ct = Sum of all cost, including initial and future costs, occurring in year t

N = Amount of year in study period

D = Discount rate used to adjust cash flow to present value

3.3.6 การวิเคราะห์หรือประเมินต้นทุนของระบบ (Evaluation)

ภายหลังการตัดสินใจในการเลือกวิธีการเพื่อนำมาวิเคราะห์ผล LCC แล้วข้อมูลที่ได้อาจมีความจำเป็นในการตรวจสอบว่ามีความแม่นยำว่าถูกต้องหรือไม่ ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) เพื่อให้ทราบว่าผลของ LCC ที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนปัจจัยภายนอกหรือปัจจัยทางเศรษฐกิจค่า LCC ของระบบจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด นอกจากนี้ควรมีการวิเคราะห์ความไม่แน่นอน (Uncertainty Analysis) เพื่อให้ได้ผลที่น่าเชื่อถือที่สุดและที่ได้จะสามารถนำไปประกอบการตัดสินใจดำเนินการต่างๆกับระบบต่อไป

แนวทางการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCC) ที่ปรึกษาจะใช้การสัมภาษณ์และเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรเม็ดพลาสติกพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงและพอลิเอทีลีนความหนาแน่นต่ำโดยใช้รูปแบบการคำนวณต้นทุนปัจจุบันสุทธิเพื่อประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ดังสมการที่ 3.3 และสมการที่ 3.4

$$\text{ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของ HDPE} = \frac{\text{ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิต (บาท)}}{\text{ปริมาณเม็ดพลาสติก HDPE ที่ผลิตได้ตลอดอายุโครงการ}} \quad \text{สมการที่ 3.3}$$

$$\text{ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของ LDPE} = \frac{\text{ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิต (บาท)}}{\text{ปริมาณเม็ดพลาสติก LDPE ที่ผลิตได้ตลอดอายุโครงการ}} \quad \text{สมการที่ 3.4}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การประเมินต้นทุนปัจจุบัน (Net Present Cost: NPC)

เพื่อประเมินต้นทุนการผลิต HDPE และ LDPE จะใช้สมการที่แสดงดังต่อไปนี้

$$\textbf{LCC of Manufacturing} = LCC_{cp} + LCC_{op} + LCC_{ma} \quad \text{สมการที่ 3.5}$$

เมื่อ: LCC_{cp}= ต้นทุนปัจจุบันสุทธิด้านการก่อสร้างระบบ

LCC_{op}= ต้นทุนปัจจุบันสุทธิค่าดำเนินระบบในปี T

LCC_{ma} = ต้นทุนปัจจุบันสุทธิค่าบำรุงรักษาในปี T

$$LCC_{op} = LC_w + LC_e + LC_{el} + LC_{ma} + LC_{fe} + LC_t + LC_r + LC_{mh} + LC_{se} + LC_{ot}$$ สมการที่ 3.6

เมื่อ : LC_w= ต้นทุนปัจจุบันสุทธิค่าน้ำในปี T

LC_e= ต้นทุนปัจจุบันสุทธิค่าพลังงานในปี T

LC_{el}= ต้นทุนปัจจุบันสุทธิค่าไฟฟ้าในปี T

LC_{ma} = ต้นทุนปัจจุบันสุทธิค่าวัตถุดิบในปี T

LC_{fe} = ค่าภาษีและค่าธรรมเนียมปัจจุบันสุทธิในปี T

LC_t = ค่าการขนส่งปัจจุบันสุทธิในปี T

LC_r = ค่าเช่าปัจจุบันสุทธิในปี T

LC_{mh}= ต้นทุนค่าจ้างแรงงานปัจจุบันสุทธิในปี T

LC_{se}= ต้นทุนค่าบริการปัจจุบันสุทธิในปี T

LC_{ot}= ต้นทุนอื่นๆในการดำเนินการผลิตในปี T

โดยต้นทุนทุกชนิดจะถูกทำให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน (Present Value)

หมายเหตุ ข้อจำกัดในการศึกษา LCC ในกรณีศึกษานี้คือ

1.การดำเนินการของโรงงานนี้ไม่มีการกำหนดอายุโครงการในการศึกษาจึงไม่ได้คำนวณอัตราส่วนคิดลดในการดำเนินโครงการ

2.การศึกษานี้คิดการดำเนินการด้านการก่อสร้างระบบ (capital cost) โดยการใช้ค่าเสื่อมราคาของปี พ.ศ. 2559 คำนวณแทนต้นทุนด้านการก่อสร้างระบบจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

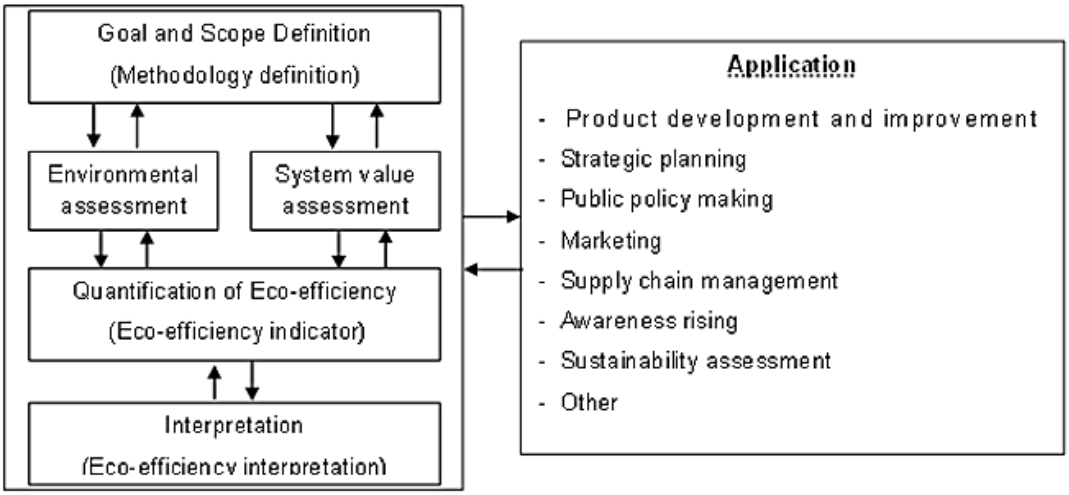
การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก HDPE และ LDPE ได้อ้างอิงตามแนวทางการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์ตามอนุกรมมาตรฐานขององค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศ ISO 14045: 2012 (Environmental Management- Eco-Efficiency Assessment of Product Systems—Principles, Requirement and Guidelines) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

3.4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของระบบ (Goal and Scope Definition)

1) เป้าหมายในการศึกษา (Goal) คือการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงและผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกพอลีเอทีลีนความ

หนาแน่นต่ำ เพื่อหาแนวทางปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นทั้งในด้านการประหยุดต้นทุนการผลิตและด้านการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

2) ขอบเขตการศึกษา (Scope) การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ ในลักษณะ Cradle to Gate ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ กระบวนการเอทีลีน และกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการดำเนินการการระเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (ISO 14045:2012)

3.4.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Environmental Assessment)

อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 14040-44:2006 มีขั้นตอนย่อยในการดำเนินการดังนี้

1) การรวบรวมและคำนวณบัญชีรายการในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก HDPE และ LDPE

2) การวิเคราะห์และจำแนกประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละช่วงวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

3) การคำนวณเพื่อปรับผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทให้อยู่บนฐานเดียวกัน (Normalization)

3.4.3 การประเมินมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์ (System Value Assessment)

อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 14045: 2012 ซึ่งได้กำหนดรูปแบบการศึกษาไว้ 3 ทางเลือก ได้แก่

1) มูลค่าด้านการใช้งาน (Functional Value) เช่นประสิทธิภาพการใช้งาน

2) มูลค่าด้านการเงิน (Monetary Value) เช่น ต้นทุน กำไร และงานประเมินเงินตราในรูปแบบอื่นๆ

3) มูลค่าด้านอื่นๆ (Other Value) เช่น มูลค่าด้านความงาม มูลค่าทางสังคม เป็นต้น

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้มูลค่าด้านการเงินในการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Monetary Value) เพื่อแสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าของจำนวนเงินที่ลงทุนไป ซึ่งจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยประกอบการตัดสินใจในการดำเนินโครงการและการกำหนดยุทธศาสตร์ในอนาคตในอุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกได้ ทั้งนี้รูปแบบการคำนวณมูลค่าการเงินที่เป็นที่นิยมเช่น การคำนวณต้นทุนสุทธิปัจจุบัน (Net Present Cost)

3.4.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุนของผลิตภัณฑ์ต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ผู้วิจัยเลือกการใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ คำนวณเปรียบเทียบ 2 ผลิตภัณฑ์ด้วยสมการคือ สมการที่ 3.8 คือการดำเนินการเปรียบเทียบทั้งระบบ และสมการที่ 2 สำหรับการคำนวณเมื่อเปรียบเทียบเป็นหน่วยเดียวกันคือหน่วยของเงินตรา โดยข้อจำกัดของการคำนวณในสมการที่ 3.9 นั้นคือค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมผู้วิจัยจะนำมาคำนวณเพียงแค่ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพียงเท่านั้น โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากราคาการซื้อขายก๊าซเรือนกระจก โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(อบก.)นำมาคำนวณรวมกับผลกระทบจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการประเมินผลขั้นกลางของ LCA

$$\text{ตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ} = \frac{1}{\square\square\square\ \square\square\square\ \square\square\square\square \times \square\square\square\ \square\square\ \square\square\square\square\square\square\ \square\square\square\square\square} \quad \text{สมการที่ 3.8}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$\text{ตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในการคำนวณด้วยผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม} = \frac{LCC\ per\ unit\ (Bht\ per\ Kg)}{Cost\ of\ carbon\ emission\ (Bht\ per\ Kg)} \quad \text{สมการที่ 3.9}$$

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) การประเมินระบบในรูปแบบมูลค่าทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact) โดยใช้เครื่องมือการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040:2006 (Life Cycle Assessment-Principle and Framework) ร่วมกับ ISO 14044: 2006

(Life Cycle Assessment –Requirement and Guideline) ดังกล่าวในหัวข้อ 3.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

2) การประเมินมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์ในรูปแบบมูลค่าทางด้านการเงิน (Monetary value) โดยใช้เครื่องมือการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Costing – LCC) ประยุกต์ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 15663-2:2001 (Petroleum and Natural Gas Industries – Life Cycle Costing – part 2: Guidance on Application of Methodology and Calculation Methods) และ ISO 15663-5: 2008 (Building and Constructed Assets –Service Life Planning –Part 5: Life Cycle Costing) ดังกล่าวในหัวข้อ 3.3 การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

3.5 การประเมินผลกระทบทางสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

การจัดทำบัญชีรายการของการประเมินผลกระทบทางสังคมนั้นใช้ตัวชี้วัดจาก Global Report Initiative (GRIs), Guideline for Social Life Cycle Assessment of Product (UNEP and SETAC Life Cycle Initiative และ International Labor Organization (ILO) เป็นการประยุกต์ตัวชี้วัด เพื่อพัฒนาการประเมินผลกระทบทางด้านสังคม โดยข้อมูลที่เก็บนั้นจะเป็นลักษณะข้อมูลข้อมูลทุติยภูมิในตัวชี้วัดตารางต่อไปนี้ ซึ่งเป็นข้อมูลในปี พ.ศ. 2558 โดยตัวชี้วัดที่เลือกประเมินคือตัวชี้วัดที่มีอยู่ในทั้ง 3 ประเภทของตัวชี้วัดทางด้านสังคม โดยพิจารณาจากตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกัน ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ความเชื่อมโยงของการเลือกใช้ตัวชี้วัดระหว่าง ILO, GRI และ SLCA

ตัวชี้วัด (Indicator)	ILO	GRI	US
การใช้แรงงานเด็ก (Child Labor)	✓	✓	✓
การบังคับใช้แรงงาน (Force Labor)	✓	✓	✓
นโยบายด้านสุขภาพและความปลอดภัย (Health and Safety)	✓	✓	✓
นโยบายดูแลสตรีในช่วงตั้งครรภ์และคลอดบุตร (Maternity, Day Care and Assistance)		✓	✓
นโยบายสร้างความมั่นคงทางสังคม เช่น การดูแลเมื่อพนักงานเจ็บป่วย สิทธิประกันสังคม การช่วยเหลืองานศพ (Social Security)	✓	✓	✓
นโยบายส่งเสริมโอกาสที่เท่าเทียมและเสมอภาคในด้านการทำงาน เช่น เพศ เชื้อชาติ อายุ ศาสนา เป็นต้น (Diversity and Equal Opportunity)	✓	✓	✓
การล่วงละเมิดสิทธิต่างและการถูกแบ่งแยก (Harassment/Discrimination)	✓		
สิทธิประโยชน์ต่างๆของลูกจ้าง (Benefit)	✓	✓	✓
มีนโยบายในการอบรมและการฝึกฝน (Training)	✓	✓	✓
การเปิดเผยข้อมูลบริษัทอย่างโปร่งใส (Disclosure of Information)		✓	✓
นโยบายหรือมาตรการในการต่อต้านคอรัปชั่นในรูปแบบต่างๆ (Anti-Corruption)		✓	✓
นโยบายหรือมาตรการด้านความปลอดภัยของผู้บริโภค (Consumer Health and Safety)	✓	✓	✓

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นโยบายหรือมาตรการในการรักษาความลับของผู้บริโภค (Privacy Protection and Privacy consumer)		✓	✓
ความเอื้ออาทรต่อชุมชน เช่น การช่วยเหลือ ดูแล สนับสนุน รวมถึงการดำเนินการทำ CSR (Respect Toward Local Community)		✓	✓
นโยบายหรือมาตรการเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable development)		✓	✓

หมายเหตุ: ILO- International Labor Organization ค.ศ. 2006, GRI- Global Reporting Initiative ค.ศ. 2006 and US- Guideline for Social Life Cycle Assessment of Product (UNEP and SETAC Life Cycle Initiative) ค.ศ. 2013

จากตารางที่ 3.2 ผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวชี้วัดที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในการผลิตเม็ดพลาสติกโดยพิจารณาเลือกจากความสอดคล้องของตัวชี้วัดทั้ง 3 หน่วยงานมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับและตัวชี้วัดที่มีความสำคัญในด้านสังคม ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตัวชี้วัดสำหรับการประเมินผลกระทบที่คัดเลือก

ผู้เกี่ยวข้อง/ประเภทกลุ่มของสังคม (Stakeholder or Sub-Categoy)	**ลำดับที่**	**ตัวชี้วัด (Indicator)**
1.คนงาน ลูกจ้าง (Worker/ employee)	1	การใช้แรงงานเด็ก (Child labor)
	2	การบังคับใช้แรงงาน (Force labor)
	3	นโยบายด้านสุขภาพและความปลอดภัย (Health and safety)
	4	นโยบายสร้างความมั่นคงทางสังคม เช่น การดูแลเมื่อพนักงานเจ็บป่วย สิทธิประกันสังคม การช่วยเหลืองานศพ (Social Security)
	5	นโยบายส่งเสริมโอกาสที่เท่าเทียมและเสมอภาคในด้านการทำงาน เช่น เพศ เชื้อชาติ อายุ ศาสนา เป็นต้น (Diversity and Equal Opportunity)
	6	สิทธิประโยชน์ต่างๆของลูกจ้าง (Benefit)
	7	มีนโยบายในการอบรมและการฝึกฝน (Training)
2.ผู้บริโภค (Consumer)	8	การเปิดเผยข้อมูลเพื่อประโยชน์ของผู้บริโภคอย่างโปร่งใส (Disclosure of Information and Transparency)
	9	นโยบายหรือมาตรการในการรักษาความลับของผู้บริโภค (Privacy Protection and Privacy Consumer)
	10	นโยบายด้านความปลอดภัยของผู้บริโภค (Consumer Health and Safety)
3.สังคม (Society)	11	นโยบายการต่อต้านคอรัปชั่นในรูปแบบต่างๆ (Anti-Corruption)
	12	นโยบายหรือมาตรการเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development)
4.ชุมชนท้องถิ่น (Local Community)	13	ความเอื้ออาทรต่อชุมชน เช่น การช่วยเหลือ ดูแล สนับสนุน รวมถึงการดำเนินการทำ CSR (Respect Toward Local Community)

การเก็บข้อมูลตามตัวชี้วัดที่ได้รับการคัดเลือกจะแบ่งเป็น 2 ประเภทในแต่ละตัวชี้วัด คือ ข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลกึ่งปริมาณ (Semi-Quantitative Data) โดยข้อมูลที่จะดำเนินการรวบรวมประเภทแรกคือ ข้อมูลกึ่งปริมาณทั้ง 13 ตัวชี้วัด โดยเป็นลักษณะการพิจารณาการดำเนินการ

ตามตัวชี้วัดว่ามีการจัดทำหรือไม่ ตัวเลือกคำตอบจะเป็น 1. ดำเนินการ หรือ 2. ไม่มีการดำเนินการ โดยการรวบรวมข้อมูลกึ่งปริมาณนี้จะรวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิเป็นลำดับแรก เช่น รายงานความยั่งยืนขององค์กร หรือเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องและข้อมูลกึ่งปริมาณที่ไม่สามารถรวบรวมได้จากข้อมูลทุติยภูมิจะทำการสัมภาษณ์เชิงลึก (Indepth Interview) เพิ่มเติมในการเก็บข้อมูลกึ่งปริมาณว่ามีการดำเนินการทำตามตัวชี้วัดหรือไม่จากผู้ที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลกึ่งปริมาณจากตัวชี้วัดจะถูกนำไปคำนวณคะแนนในการแปลผลสำหรับการประเมินผลกระทบทางด้านสังคม

สำหรับการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ จะเป็นการสัมภาษณ์เชิงลึกเป็นการรวบรวมข้อมูลโดยใช้การสนทนาโดย ใช้แนวคำถามกระตุ้นให้ผู้ถูกสัมภาษณ์มีการตอบคำถามเป็นลักษณะการตอบคำถามในเชิงการบรรยาย เพื่อเป็นการตรวจสอบในสิ่งที่องค์กรแจ้งว่าดำเนินการสำหรับผู้เกี่ยวข้องและเก็บข้อมูลรายละเอียดทั้งลักษณะการดำเนินการจากองค์กรในมุมมองของผู้เกี่ยวข้อง โดยกำหนดการสัมภาษณ์เชิงลึก เป็นลักษณะคำถาม 4 รูปแบบคำถามคือตามกลุ่มผู้เกี่ยวข้องได้แก่

- คนงาน ลูกจ้าง
- ลูกค้าโรงงาน
- ชุมชนท้องถิ่น
- สังคม

โดยกำหนดผู้ถูกสัมภาษณ์ในการสัมภาษณ์เชิงลึกโดยกำหนดวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ทำการสัมภาษณ์คือ แบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Non-Probability Sampling) โดยใช้วิธีการในการเลือกตัวอย่างเพื่อทำการสัมภาษณ์ 3 รูปแบบได้แก่

- แบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือการกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงว่ากลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยเลือกนั้นคือใคร
- แบบโควตา (Quota Sampling) คือการเลือกลุ่มข้อมูลตัวอย่างโดยกำหนดหลักเกณฑ์ที่กำหนดโดยคำนึงถึงสัดส่วนประชากรเมื่อพบกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดก็เลือกเก็บแบบบังเอิญจนครบตามจำนวนที่ต้องการ
- แบบลูกโซ่ (Snowball Sampling) คือการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในลักษณะเป็นลูกโซ่ โดยการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างที่ 1 พาไปเก็บข้อมูลยังกลุ่มตัวอย่างที่ 2 และกลุ่มตัวอย่างที่ 2 ไปยังกลุ่มตัวอย่างที่ 3 ไปเรื่อยๆจนกระทั่งครบตามจำนวนที่กำหนด

ในการกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างประชากรนั้นในการเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เชิงคุณภาพเพื่อทำวิจัยโดยเฉพาะการสัมภาษณ์มีความแตกต่างจากการทำวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเพราะเป็นการแสดงรายละเอียดได้อย่างมีความหมายเกี่ยวกับลักษณะและเป็นแบบองค์รวม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(นัยพัฒน์, 2548) โดยนักวิจัยไม่สามารถนำข้อมูลประเภทนี้ไปใช้กระบวนการวิเคราะห์ทางสถิติได้ การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพโดยทั่วไปจึงมีลักษณะยืดหยุ่น (วงศ์เกียรติขจร, 2559) ไม่กำหนดแบบแผนเชิงโครงสร้างที่แน่นอนใดๆไว้ก่อนหน้า ทั้งการเก็บตัวอย่าง และการกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยการสัมภาษณ์นั้นโดยปกติแล้วมักใช้วิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างชั่วคราว (Tentative Sample) ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก หากผู้สัมภาษณ์มีความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่มากพอสามารถระบุจำนวนกลุ่มตัวอย่างเมื่อลงภาคสนามได้เมื่อสัมภาษณ์ไปแล้วพบว่าข้อมูลอิ่มตัว (Saturated Data) คือลักษณะข้อมูลที่ซ้ำกันแล้วจึงสามารถหยุดการเก็บตัวอย่างได้ โดยการสัมภาษณ์เชิงลึกนั้นเน้นการเก็บข้อมูลเพื่อให้ได้ความจริงที่ลึกซึ้งและกว้างขวางขึ้น (นัยพัฒน์, 2548) โดยหากเป็นงานที่ต้องการวิเคราะห์และสร้างทฤษฎีพื้นฐานเชิงอุปมาน (Ground Theory) อาจใช้กลุ่มตัวอย่างพื้นฐานที่ 30 ตัวอย่างเพื่อให้เพียงพอต่อการวิเคราะห์ (วงศ์เกียรติขจร, 2559) ดังนั้นในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพที่มีในกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีประชากรมากและมีข้อจำกัดบางประการในการเข้าถึงข้อมูลผู้วิจัยจึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างพื้นฐานสำหรับการทำวิจัยเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจำนวน 30 ตัวอย่าง และในกลุ่มประชากรที่มีน้อยผู้วิจัยเลือกกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงเพื่อสัมภาษณ์ตามจำนวนที่เข้าถึงข้อมูลได้

ตารางที่ 3.4 การเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง

ผู้เกี่ยวข้อง	ผู้ถูกสัมภาษณ์	จำนวน	วิธีการเลือกตัวอย่างสัมภาษณ์
คนงาน ลูกจ้าง (60 ตัวอย่าง)	พนักงานประจำ	60	แบบลูกโซ่
ผู้บริโภค (4 ตัวอย่าง)	ลูกค้าของบริษัท	4	แบบเจาะจง
สังคม (42 ตัวอย่าง)	เจ้าหน้าที่ของรัฐ	30	แบบโควตา
	องค์กรนอกภาครัฐหรือองค์กรอิสระ (NGOs)	12	แบบโควตา
ชุมชน (60 ตัวอย่าง)	ชาวบ้านในตำบลมาบตาพุด	60	แบบโควตา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นิยามกลุ่มตัวอย่าง

- คนงานลูกจ้าง

พนักงานของบริษัทที่เป็นลูกจ้างประจำ ในรูปแบบสัญญาจ้างงานเป็นแบบประจำจากบริษัทจะไม่จัดเป็นกลุ่มตัวอย่างหากพนักงานผู้นั้นปฏิบัติงานภายใต้สัญญาจากบริษัทภายนอกรับช่วงมาปฏิบัติงาน (Outsource) นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังต้องปฏิบัติงานกับบริษัทไม่น้อยกว่า 1 ปี นับตั้งแต่การเริ่มสัญญาในการทำงานของบริษัทในสายงานของโรงงานและส่วนสำนักงาน

- ผู้บริโภค

  ลูกค้าของบริษัทที่ขึ้นทะเบียนกับบริษัทในการซื้อเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงหรือเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำที่ทำการค้ากับบริษัท

- สังคม

  เจ้าหน้าที่รัฐส่วน คือเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานในองค์กรปกครองท้องถิ่นสำนักงานเทศบาลเมืองมาบตาพุดที่มีหน้าที่กำกับดูแลโรงงานโดยตรง ส่วนองค์กรนอกภาครัฐหรือองค์กรอิสระคือองค์กรที่ไม่แสวงผลกำไรที่คอยเรียกร้อง หรือเป็นกระบอกเสียงให้ชาวบ้านในกรณีที่เกิดการละเมิดสิทธิ์ของชาวบ้าน เช่น เกิดความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมจากการดำเนินการของโรงงาน เป็นต้น

- ชุมชน

  ชาวบ้านในเขตเทศบาลตำบลมาบตาพุดและชุมชนโดยรอบของเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดที่เป็นผู้ที่บรรลุนิติภาวะและอาศัยอยู่ในชุมชนไม่ต่ำกว่า 2 ปี

3.5.1 การประเมินผลกระทบทางสังคม (Social Impact Assessment)

เนื่องจากในปัจจุบันไม่มีวิธีการในการประเมินผลรองรับสำหรับการประเมินผลกระทบทางสังคมที่เป็นมาตรฐานรองรับและผลกระทบทางสังคมที่เกิดขึ้นในแต่ละด้านมีความเฉพาะเจาะจง ผู้วิจัยประยุกต์วิธีการประเมินผลจากรูปแบบการประเมินของ Foolmaun & Ramjeeawon (2012) Bork et al. (2015) และ Yıldız-Geyhan et al. (2017) และรูปแบบวิธีการของ UNEP and SETAC โดยการประเมินผลทางสังคมจะทำการประเมินโดยวิธีการตรวจสอบการดำเนินการของโรงงานว่าโรงงานได้มีการดำเนินการตามตัวชี้วัดทางสังคมหรือไม่ และหลังจากการตรวจสอบการดำเนินการจะทำการประเมินโดยการให้คะแนนโรงงานโดยการประเมินคะแนนความพึงพอใจ (Satisfying scoring system) โดยมีคะแนนตั้งแต่ 1-5 โดยคะแนน 5 คะแนนคือความพึงพอใจสูงสุดไล่ลงมาที่ต่ำสุดคือ 1 คะแนนคือความพึงพอใจน้อยที่สุดตามตัวชี้วัดที่กำหนดทั้ง 13 ตัวชี้วัด โดยในขั้นตอนแรกทางผู้วิจัยจะตรวจสอบการดำเนินการของโรงงาน ในแหล่งข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งต่างๆ เช่น นโยบายของบริษัท หน่วยงานที่โรงงานได้ขึ้นทะเบียนในด้านความยั่งยืน นโยบายในการดำเนินธุรกิจที่โรงงานได้สัตยาบรรณ ตลอดจนพันธกิจของบริษัท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.6 การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ยังไม่มีวิธีการกำหนดเป็นมาตรฐานในการประยุกต์ใช้เพื่อประเมินความยั่งยืนวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ดังนั้นผู้วิจัยเลือกใช้แนวคิดที่นำมาใช้ประเมินกันมากที่สุดในการประเมินความยั่งยืนคือ Multi-criteria Decision Analysis และเนื่องจากการประเมินความยั่งยืนมีความซับซ้อนมากทั้งชนิดของข้อมูลที่มีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพและยังมีความแตกต่างกันในแต่ละตัวชี้วัดของข้อมูลที่ได้มาในแต่ละชนิด โดยผู้วิจัยใช้วิธีการให้ค่าน้ำหนักความยั่งยืนมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้จำเป็นต้องใช้การเปรียบเทียบผู้วิจัยจึงเลือกข้อมูลของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำมาร่วมประเมินความยั่งยืน โดยขั้นตอนในการประเมินความยั่งยืนมีดังนี้

1) แบ่งคะแนนการประเมินเพื่อให้คะแนนประเมินทั้ง 3 ด้านมีน้ำหนักที่เท่ากันเพื่อให้สัดส่วนคะแนนน้ำหนักทั้งสามด้านมีน้ำหนักเท่ากัน โดยสัดส่วนเต็มรวมกันทั้งสามด้านคือ 1 คะแนน โดยจะแบ่งการปันส่วนคะแนนออกเป็นด้านสิ่งแวดล้อม ด้านต้นทุน และด้านสังคม โดยแต่ละด้านจะได้เป็นสัดส่วนคะแนนคือ ด้านสิ่งแวดล้อม 0.33 ด้านต้นทุน 0.33 และด้านสังคม 0.33
2) แยกชนิดการประเมินของผลกระทบเป็นผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (LCA) มี 7 ตัวชี้วัด ได้แก่ ต้นทุน (LCC) และผลกระทบทางสังคม (SLCA) 1.carcinogens 2.non-carcinogens 3.respiratory inorganics 4.respiratory organics 5.terrestrial ecotoxicity 6.global warming 7.non-renewable energy และผลการประเมิน LCC ให้ค่าน้ำหนักทางด้านต้นทุนการเดินระบบและต้นทุนทางด้านการบำรุงรักษา การให้ค่าน้ำหนักผลกระทบทางด้านสังคม 11 ชนิดของผลกระทบได้แก่ 1.การบังคับใช้แรงงานเด็ก 2.การบังคับใช้แรงงาน 3.นโยบายสุขภาพและความปลอดภัย 4.นโยบายการสร้างความมั่นคงทางสังคม 5.สิทธิประโยชน์เกี่ยวกับลูกจ้าง 6.ส่งเสริมความเท่าเทียมและความเสมอภาคในที่ทำงาน 7.นโยบายในการฝึกฝนและการฝึกอบรม 8.การเปิดเผยข้อมูลเพื่อความโปร่งใส 9.นโยบายการต่อต้านคอรัปชั่น 10.นโยบายเพื่อความยั่งยืน 11.ความเอื้ออาทรต่อชุมชน โดยตัวชี้วัดทั้งหมด จะถูกปันส่วนตามค่าน้ำหนักจากตัวชี้วัดของกลุ่มตัวเองจากกลุ่มละ 0.33 โดยสามารถปันส่วนได้ดังนี้ ด้านสิ่งแวดล้อมมี 7 ตัวชี้วัดมีค่าสัดส่วนน้ำหนัก

ของแต่ละตัวชี้วัดคือ 0.047 และด้านต้นทุนคือมี 2 ตัวชี้วัด ตัวชี้วัดละ 0.166 ตัวชี้วัดทางด้านสังคม 11 ตัวชี้วัด ตัวชี้วัดละ 0.0303

3) ใช้วิธี Multi Criteria Decision Analysis โดยการให้ค่าน้ำหนักของตัวชี้วัดมาร่วมประเมินโดยให้ผู้เชี่ยวชาญโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญให้ค่าน้ำหนักในการประเมินในทุกตัวชี้วัด ปันส่วนจากร้อยละ 100 ในแต่ละด้าน คือด้านสิ่งแวดล้อมร้อยละ 100 ด้านต้นทุนร้อยละ 100 ด้านสังคม ร้อยละ 100 หลังจากได้ค่าน้ำหนักจึงนำไปประเมินร่วมกับขั้นที่ 1 และ2
4) นำผลของ LCA LCC และ SLCA มาใช้ในการประเมิน โดยใช้ผลการประเมินที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณทั้งหมด โดยผลของ LCA ใช้การประเมินในขั้นกลางโดยไม่ทำการเทียบค่ากลาง โดยใช้หน่วยของผลกระทบแต่ละชนิดตามที่กำหนดในโปรแกรม SimaPro ที่ใช้ประเมิน LCA ของผลกระทบที่สำคัญ 7 ด้านดังที่กล่าวมา นอกจากนี้ นำมาหาสัดส่วนระหว่างเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ ส่วนข้อมูลด้าน LCC ใช้หน่วยเป็น USD ในส่วนของข้อมูลของ SLCA นั้นใช้คะแนนประเมินจากคะแนนความพึงพอใจในการดำเนินการของบริษัท โดยนำผลข้อมูลมาคำนวณสัดส่วนความแตกต่างของคะแนนระหว่างเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำโดยเป็นคะแนน 1-5 โดยให้คะแนนเป็นดังนี้ อัตราส่วนคะแนนเทียบกับอัตราส่วนร้อยละของผลกระทบมีดังนี้

- ผลกระทบด้านลบโดยการคำนวณความต่างของสัดส่วนของ LCA และ LCC 100-95= 1,94-90=1.5, 89-85=2, 84-80=2.5, 79-75= 3, 74-70=3.5, 69-65=4, 64-60=4.5, <60 = 5
- ผลกระทบด้านบวกคำนวณจากค่าความพึงพอใจจะไม่มีการเทียบสัดส่วนคะแนนจากความต่างเนื่องจากใช้คะแนนระดับ 1-5 ในการประเมิน
- ผู้เชี่ยวชาญในการให้ค่าน้ำหนัก คือ บุคคลที่สำเร็จการศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สาขาวัสดุพอลิเมอร์และหรือสาขาสิ่งแวดล้อมและหรือสาขาทางสังคมวิทยา และมีประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับทางสิ่งแวดล้อม สังคมหรือกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีตั้งแต่ 2 ปีขึ้นไปจะถูกคัดเลือกมาเพื่อให้ค่าน้ำหนักในการประเมิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.7 การจัดทำแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตเม็ดพลาสติก

หลังจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยการประเมินด้วย LCA ผู้วิจัยจะดำเนินการจัดทำแนวทางในการลดผลกระทบพลาสติกภายใต้เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในปัจจุบันโดยเฉพาะการนำเสนอแนวทางการลดโดยการใช้เทคโนโลยีและวิธีการต่างๆที่สามารถลดผลกระทบที่เป็น Hotspot อย่างได้ผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการศึกษา Eco-Efficiency

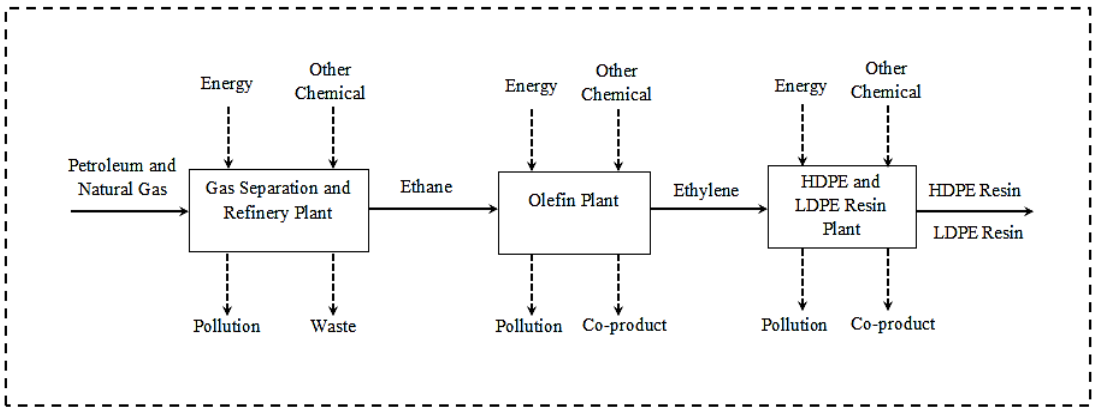
4.1 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและความหนาแน่นต่ำ

การศึกษาการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง และผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

4.1.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง และผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ มีหน่วยการทำงาน คือ 1 กิโลกรัมของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและ 1 กิโลกรัมของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

ขอบเขตการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของการศึกษาครอบคลุมตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การขนส่งกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก แบบ Cradle to gate จนกระทั่งได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ขอบเขตการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

4.1.2 การจัดทำบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออก

การจัดทำบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ โดยข้อมูลที่ใช้คือข้อมูลปฐมภูมิ จากกระบวนการดังต่อไปนี้ คือ การได้มาของวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิตเม็ดพลาสติก และข้อมูลทุติยภูมิ

4.1.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

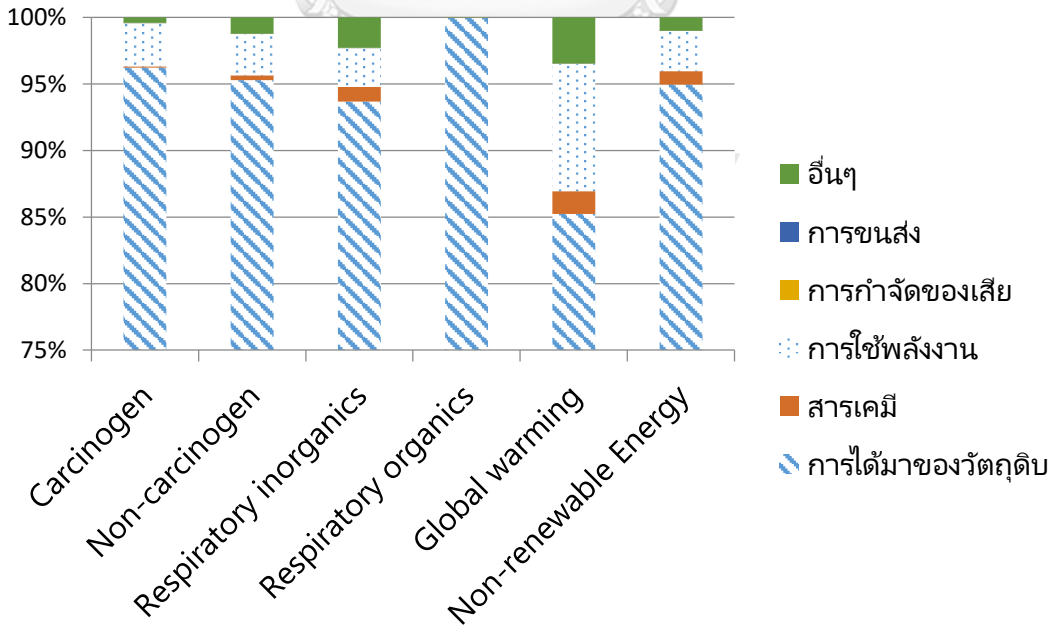
4.1.3.1 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง

การคำนวณผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ขั้นกลางของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง HDPE พบว่า ผลกระทบที่สูงที่สุดคือ การได้มาของวัตถุดิบในทุกช่วงกระบวนการผลิตโดยที่มาของผลกระทบนั้น ตั้งแต่ การขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติเข้าสู่

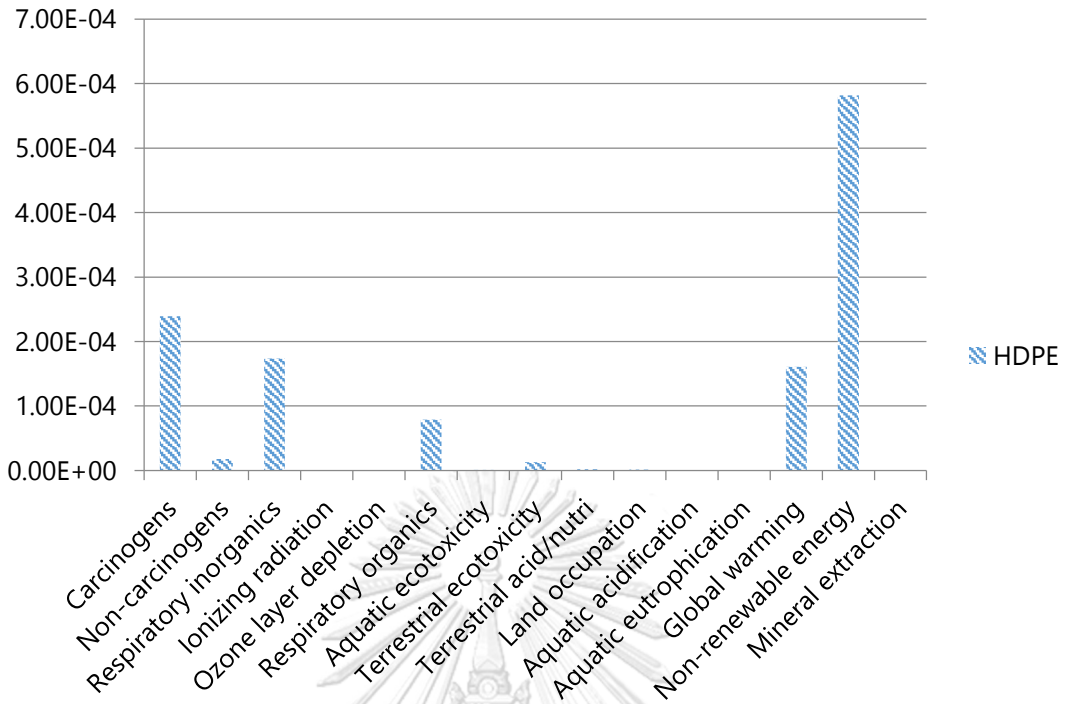
กระบวนการแยกสารประกอบต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้งาน ในโรงแยกก๊าซธรรมชาติและโรงกลั่นน้ำมันดิบ เมื่อได้วัตถุดิบเป็นสารตั้งต้นในการผลิตจึงนำเข้าสู่โรงโอเลฟินส์ เพื่อผลิตเป็นเอทีลีน ซึ่งเป็นวัตถุดิบใช้ในการผลิตเม็ดพลาสติก

การแปลผลในขั้นกลางนี้จะยังไม่สามารถระบุผลกระทบได้ว่าเกิดผลกระทบใดมากกว่ากัน เนื่องจากผลกระทบมีหน่วยไม่เหมือนกัน ผู้วิจัยจะแบ่งผลกระทบจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงตามกิจกรรมที่สำคัญในการผลิตที่สามารถแบ่งได้เป็น 1. การได้มาของวัตถุดิบในการผลิตเม็ดพลาสติก คือ เอทีลีน 2. สารเคมี คือสารเคมีทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง 3. การใช้พลังงานในการผลิต 4. การกำจัดของเสียจากกระบวนการผลิต 5. การขนส่ง 6. อื่น ๆ เช่น การใช้น้ำ ไอน้ำและอื่น ๆ โดยผลการเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตามกิจกรรมดังรูปที่ 4.2 และเทียบหน่วยดังรูปที่ 4.3

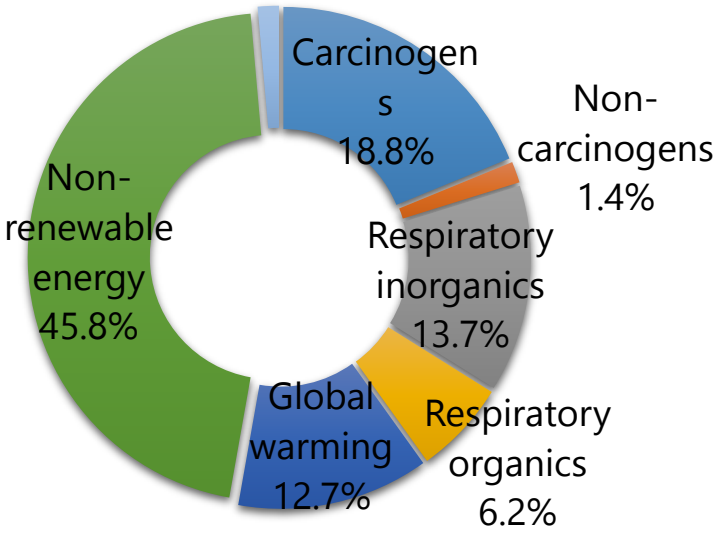
กิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบหลักจากการผลิตเม็ดพลาสติกหากจำแนกรายกิจกรรมจะพบว่า การได้มาของวัตถุดิบเป็นกิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบหลักระหว่างร้อยละ 85.2-99 ขึ้นไปในทุกชนิดผลกระทบมาจากกิจกรรมการได้มาของวัตถุดิบได้แก่ การได้มาของวัตถุดิบตั้งแต่การขุดเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ การกลั่นแยกอีเทนและเอทีลีน เพื่อเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงทั้งหมด ส่วนกิจกรรมลำดับถัดมาที่ทำให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมคือ กิจกรรมการใช้พลังงาน โดยที่มีผลกระทบอยู่ระหว่างร้อยละ 0-9.6



รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบผลการประเมินตามกิจกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง



รูปที่ 4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลางโดยวิธีการเทียบหน่วยของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง



รูปที่ 4.4 สัดส่วนผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

จากรูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบหน่วยผลการประเมินตามกิจกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงนั้นพบว่า ผลกระทบที่มีนัยสำคัญมีทั้งสิ้น 6 ผลกระทบ เมื่อเปรียบเทียบ

สัดส่วนผลกระทบทั้งหมดพบว่าผลกระทบที่มีสัดส่วนสูง 3 ลำดับแรก ได้แก่ 1) การใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ร้อยละ 45.8 2) การเกิดสารพิษที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง ร้อยละ 18.8 3) การเกิดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ สัดส่วนร้อยละ 13.7 รองลงมาได้แก่ การเกิดภาวะโลกร้อน การเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ และการเกิดสารพิษที่ไม่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง โดยคิดเป็น ร้อยละ 12 6.2 และ 1.4 และผลกระทบอื่น ๆ อีกร้อยละ 1

4.1.3.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ขั้นปลาย

จากการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นกลางด้วยโปรแกรม SimaPro อ้างอิงด้วยวิธีการ IMPACT 2.2 + Version 2.12 สามารถนำมาคำนวณเป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นปลาย และการวิเคราะห์ค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นของกรณีศึกษา โดยสามารถแบ่งการวิเคราะห์ความเสียหายเป็น 4 ด้านผลกระทบ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงคือการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ (Resource) รองลงมาได้แก่ ผลกระทบด้านสุขภาพมนุษย์ และผลกระทบด้านคุณภาพระบบนิเวศตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นปลายของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Impact categories	Unit	Value	Damage categories
Carcinogens	DALY	1.70E-06	Human health
Non-carcinogens	DALY	1.26E-07	
Respiratory inorganics	DALY	1.23E-06	
Ionizing radiation	DALY	2.90E-09	
Ozone layer depletion	DALY	4.35E-10	
Respiratory organics	DALY	5.58E-07	
Aquatic ecotoxicity	PDF*m2*yr	1.51E-02	Ecosystem quality
Terrestrial ecotoxicity	PDF*m2*yr	1.74E-01	
Terrestrial acid/nutri	PDF*m2*yr	2.81E-02	
Land occupation	PDF*m2*yr	1.94E-02	
Aquatic acidification		0.00E+00	

Aquatic eutrophication		0.00E+00	
Global warming	kg CO2 eq	1.59E+00	Climate change
Non-renewable energy	MJ primary	8.84E+01	Resource
Mineral extraction	MJ primary	1.50E-02	

ตารางที่ 4.2 การจัดกลุ่มความเสียหาย (Damage Categories) ของการผลิตผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

Damage categories	Unit	HDPE
Human health	DALY	3.61E-06
Ecosystem quality	PDF*m2*yr	2.36E-01
Climate change	kg CO2 eq	1.59E+00
Resources	MJ primary	8.84E+01

1) ผลกระทบด้านสุขภาพมนุษย์

การประเมินผลในขั้นปลายในด้านการเกิดผลกระทบด้านสุขภาพมนุษย์สำหรับเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงพบว่าชนิดของผลกระทบที่เกิดขึ้นด้านสุขภาพมนุษย์ ได้แก่การเกิดสารพิษที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง ร้อยละ 47 รองลงมาคือการเกิดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ ร้อยละ 34 และตามมาด้วยสารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ ร้อยละ 15 และการเกิดสารพิษที่ไม่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง ส่วนที่ส่งผลน้อยมากคือไม่ถึงร้อยละ 1 คือการลดลงของโอโซนในชั้นบรรยากาศ และการปล่อยกัมมันตภาพรังสี กิจกรรมที่ทำให้เกิดผลกระทบด้านสุขภาพมนุษย์สูงที่สุดคือ การได้มาของวัตถุดิบถึงร้อยละ 96 ซึ่งกิจกรรมหลักที่เป็นที่มาของผลกระทบส่วนใหญ่ ส่วนผลกระทบอีกเล็กน้อยคือ การใช้พลังงานร้อยละ 3 และกิจกรรมอื่น ๆ อีกร้อยละ 1 ส่วนการใช้สารเคมี การขนส่งและการกำจัดของเสียอีกไม่ถึงร้อยละ 1

2) ผลกระทบด้านคุณภาพระบบนิเวศ

การประเมินผลกระทบด้านคุณภาพระบบนิเวศของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงพบว่าส่วนใหญ่มาจากผลกระทบด้านการเกิดความเป็นพิษต่อดินถึงร้อยละ 74 การเกิดความเป็นกรด/การเพิ่มสารอาหารในดินร้อยละ 12 การใช้ที่ดินและการเกิดความเป็นพิษต่อแหล่งน้ำร้อยละ 8 และร้อยละ 6 ตามลำดับ กิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพระบบนิเวศสูงสุดได้แก่ การได้มาของวัตถุดิบร้อยละ 78 การใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพระบบนิเวศร้อยละ 14 กิจกรรมอื่น ๆ เช่นการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิต การใช้วัสดุที่นอกเหนือจากสารเคมี ร้อยละ 6 การใช้

พลังงานส่งผลให้เกิดผลกระทบร้อยละ 2 ส่วนที่เหลืออีกไม่ถึงร้อยละ 1 ได้แก่ การกำจัดของเสียและการขนส่ง

3) ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การประเมินผลกระทบขั้นปลายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นการแปลผลจากการแปลผลในขั้นกลางเพียงผลกระทบเดียวคือ มาจากผลกระทบด้าน การเกิดภาวะโลกร้อน โดยสามารถจำแนกกิจกรรมด้านการเปลี่ยนแปลงได้ตามกิจกรรมหลักของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงได้ดังนี้คือ การได้มาของวัตถุดิบร้อยละ 85 ที่เป็นสัดส่วนสูงส่วนในด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตั้งแต่กระบวนการขุดเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติจนถึงกิจกรรมการผลิตอีเทน และเอทีลีน ผลกระทบรองอีกกิจกรรมหนึ่งคือ การใช้พลังงานร้อยละ 10 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 5 คือกิจกรรมอื่น ๆ และการใช้สารเคมี ส่วนที่เหลือไม่ถึงร้อยละ 1

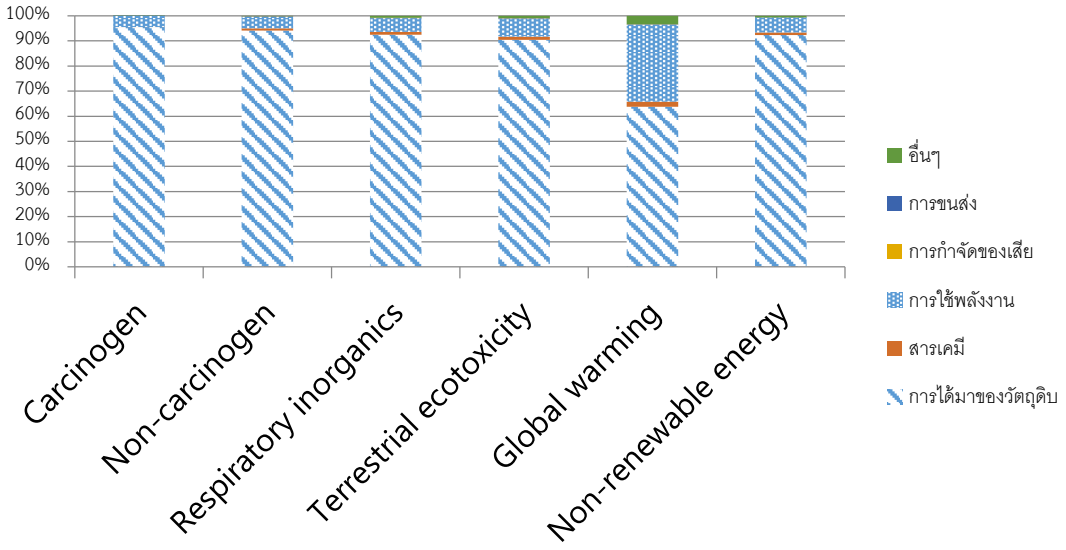
4) ผลกระทบด้านการใช้ทรัพยากร

ผลกระทบด้านการใช้ทรัพยากรพบว่าผลกระทบด้านการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป โดยมีสัดส่วนถึงร้อยละ 99.98 ส่วนที่เหลืออีกเพียงร้อยละ 0.02 มาจากผลกระทบด้านการสกัดแร่ธาตุ โดยกิจกรรมหลักในการผลิตที่ส่งผลกระทบด้านการใช้ทรัพยากรถึงร้อยละ 95 คือการได้มาของวัตถุดิบ ตามมาด้วยการใช้พลังงานร้อยละ 3 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 2 คือ กิจกรรมการใช้สารเคมี และกิจกรรมอื่น ๆ กิจกรรมร้อยละ 1

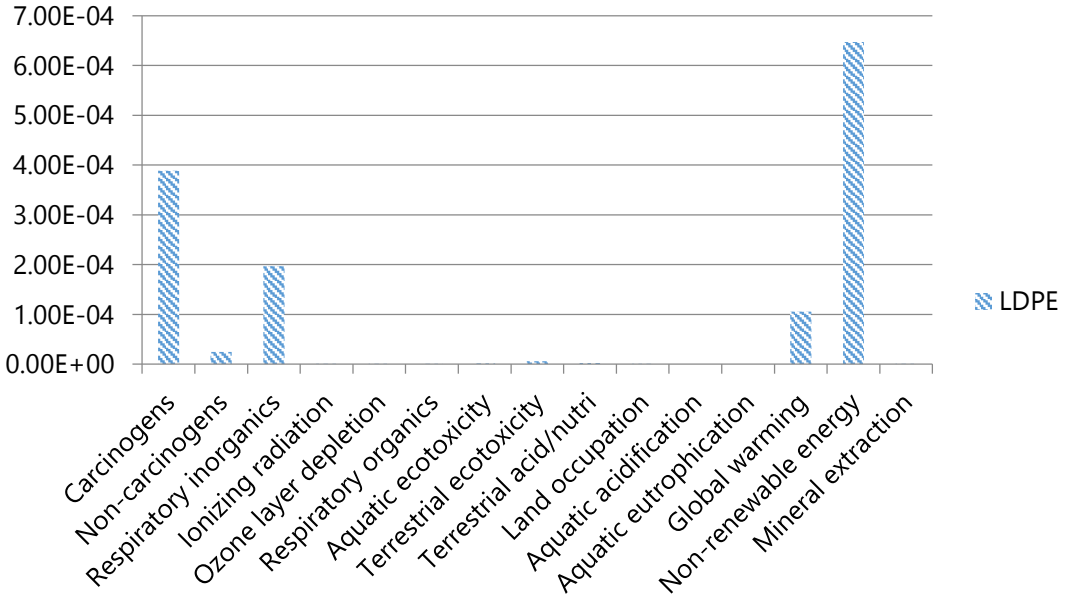
4.1.4 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

4.1.4.1 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง

การประเมินผลในขั้นกลางของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงจะประเมินผลทั้งหมด 15 ชนิดของผลกระทบขั้นกลางดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6 โดยพบว่ากิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบหลักของการผลิตเม็ดพลาสติกหนาแน่นต่ำหากจำแนกรายกิจกรรมจะพบว่า การได้มาของวัตถุดิบเป็นกิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบหลักสูงสุดในทุกผลกระทบอยู่ระหว่าง 63.7-95.5 โดยเกิดจากขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบตั้งแต่การขุดเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ การกลั่นแยกอีเทนและเอทีลีน เพื่อเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำทั้งหมด ส่วนกิจกรรมที่ทำให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมลำดับถัดมาคือ การใช้พลังงาน โดยที่อยู่ระหว่างร้อยละ 4.4-30.8

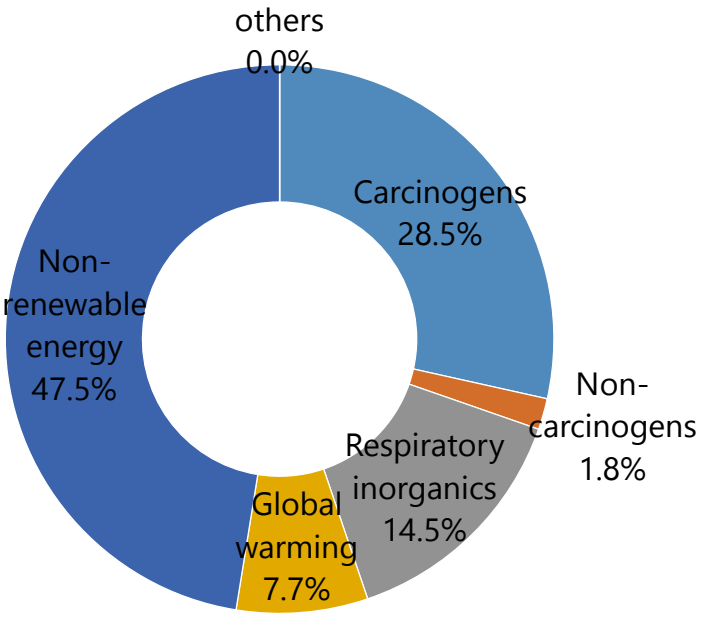


รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบผลการประเมินตามกิจกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ



รูปที่ 4.6 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลางโดยวิธีการเทียบหน่วย ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลางโดยวิธีการเทียบหน่วยจะมีผลหลักทั้งหมด 6 ลำดับแรก ๆ ได้แก่ 1) การใช้พลังงานแล้วหมดไป สัดส่วนร้อยละ 47.5 ของผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งหมด 2) การเกิดสารพิษที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง สัดส่วนผลกระทบคือร้อยละ 28.5 3) การเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ สัดส่วนร้อยละ 14.5 4) การเกิดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน ร้อยละ 7.7 5) การเกิดสารพิษที่ไม่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง ร้อยละ 1.8 และ 6)ผลกระทบด้านอื่นๆ ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 สัดส่วนผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

4.1.4.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ขั้นปลาย

ตารางที่ 4.3 ผลกระทบย่อยของแต่ละชนิดก่อนมาถึงขึ้นการประเมินผลขั้นปลาย ดังตารางที่ 4.4 และชนิดของผลกระทบย่อยที่อยู่ในหน่วยเดียวกันจะถูกแปลเป็นผลกระทบขั้นปลายทั้ง 4 ชนิดในขั้นปลาย ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำคือการใช้ทรัพยากร รองลงมาได้แก่ ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบด้านสุขภาพมนุษย์ และผลกระทบด้านระบบนิเวศ ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นปลายของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

Impact categories	Unit	LDPE	Damage categories
Carcinogens	DALY	2.75E-06	Human Health
Non-carcinogens	DALY	1.77E-07	
Respiratory inorganics	DALY	1.40E-06	
Ionizing radiation	DALY	3.53E-10	
Ozone layer depletion	DALY	1.22E-10	
Respiratory organics	DALY	4.02E-09	
Aquatic ecotoxicity	PDF*m2*yr	1.90E-02	Ecosystem Quality
Terrestrial ecotoxicity	PDF*m2*yr	8.11E-02	

Terrestrial acid/nutria	PDF*m2*yr	2.94E-02	
Land occupation	PDF*m2*yr	1.97E-03	
Aquatic acidification		0.00E+00	
Aquatic eutrophication		0.00E+00	
Global warming	kg CO2 eq	1.05E+00	Climate change
Non-renewable energy	MJ primary	9.83E+01	Resource
Mineral extraction	MJ primary	9.53E-03	

ตารางที่ 4.4 การจัดกลุ่มความเสียหายของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

Damage categories	Unit	LDPE
Human health	DALY	4.34E-06
Ecosystem quality	PDF*m2*yr	1.31E-01
Climate change	kg CO2 eq	1.05E+00
Resources	MJ primary	9.83E+01

การจำแนกผลกระทบตามกลุ่มกิจกรรมและตามผลกระทบย่อยที่นำมาสู่ผลกระทบขั้นปลายของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ ดังนี้

1) ผลกระทบด้านสุขภาพมนุษย์

การแปลผลขั้นปลายของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ โดยผลกระทบขั้นกลางที่ส่งผลกระทบขั้นปลายในด้านสุขภาพมนุษย์มากที่สุดคือ การเกิดสารเคมีที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งมีสัดส่วนร้อยละ 64 ของผลกระทบขั้นปลายในด้านสุขภาพมนุษย์ ส่วนผลกระทบที่มีสัดส่วนเป็นลำดับที่ 2 คือ การเกิดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจร้อยละ 32 และสัดส่วนที่ตามมาเป็นลำดับถัดมาคือการเกิดสารพิษที่ไม่ทำให้เกิดโรคมะเร็งร้อยละ 4 ของผลกระทบทั้งหมดในส่วนของผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตภาพรังสี การลดลงของชั้นโอโซน การเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจจากผลการประเมินผลด้านสุขภาพมนุษย์พบว่า ผลกระทบดังกล่าวในการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำจะส่งผลให้เกิดผลกระทบด้านสุขภาพมนุษย์คือมีสัดส่วนรวมกันต่ำมากกว่าร้อยละ 1

2) ผลกระทบด้านคุณภาพระบบนิเวศ

การแปลผลขั้นปลายในลักษณะเดียวกับการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง โดยผลกระทบเหล่านี้ที่ส่งผลกระทบในขั้นปลายด้านคุณภาพระบบนิเวศสูงที่สุดคือ การเกิดความเป็นพิษต่อดินมีสัดส่วนที่ทำให้เกิดผลกระทบด้านคุณภาพระบบนิเวศถึงร้อยละ 62 โดยสัดส่วนที่ตามมาคือผลกระทบด้านการเกิดความเป็นกรด/การเพิ่มสารอาหารในดินร้อยละ 22 และการเกิดพิษ

ต่อแหล่งน้ำร้อยละ 14 ส่วนผลกระทบที่มีสัดส่วนต่อคุณภาพระบบนิเวศน้อยที่สุดคือ การใช้ที่ดินโดยมีสัดส่วนร้อยละ 2

3) ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การแปลผลกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ พบว่า การได้มาของวัตถุดิบมีสัดส่วนเกิดครึ่งของการเกิดผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยมีสัดส่วนร้อยละ 64 รองลงมาคือการใช้พลังงานมีสัดส่วนร้อยละ 31 ตามมาด้วยกิจกรรมอื่น ๆ ร้อยละ 3 และกิจกรรมการใช้สารเคมีร้อยละ 2 ส่วนกิจกรรมที่ส่งผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศน้อยมากๆคือ กิจกรรมด้านการกำจัดของเสีย และกิจกรรมด้านการขนส่ง โดยมีสัดส่วนไม่ถึงร้อยละ 1 ของสัดส่วนกิจกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำที่ทำให้เกิดผลกระทบในขั้นปลายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

4) ผลกระทบด้านการใช้ทรัพยากร

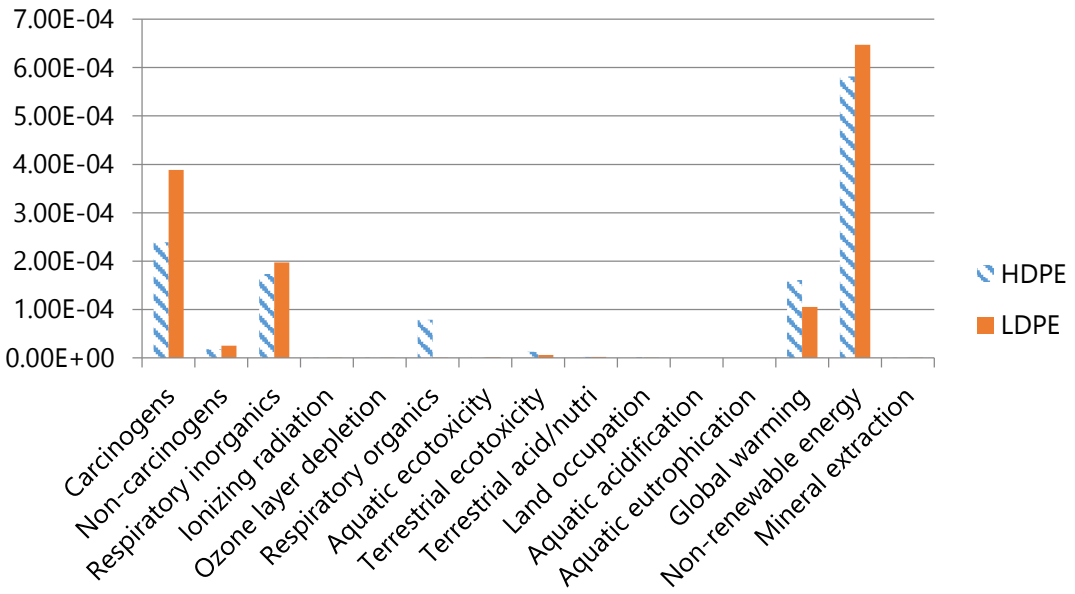
ผลกระทบในขั้นกลางเกือบทั้งหมดด้านการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป คือ พวกน้ำมันและก๊าซธรรมชาติเป็นหลักที่เป็นทรัพยากรหลักในการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ โดยหากจำแนกตามกิจกรรมที่ส่งผลกระทบในขั้นปลายในด้านการใช้ทรัพยากรได้แก่ การได้มาของวัตถุดิบร้อยละ 92 โดยเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด และที่กิจกรรมที่เหลือมีสัดส่วนอีกเพียงเล็กน้อยโดยเรียงลำดับดังนี้คือ การใช้พลังงานร้อยละ 6 การใช้สารเคมีและกิจกรรมอื่น ๆ อีกกิจกรรมที่มีสัดส่วนร้อยละ 1 ส่วนกิจกรรมการกำจัดของเสียและการขนส่งมีสัดส่วนผลกระทบที่ส่งผลด้านการใช้ทรัพยากรน้อยกว่าร้อยละ 1

4.1.5 การเปรียบเทียบผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.5.1 การเปรียบเทียบผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง

การแปลผลเปรียบเทียบกันของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำดังรูป 4.8



รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลางโดยวิธีการเทียบหน่วยของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

ผลกระทบที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ใน 4 ลำดับแรกเหมือนกัน คือ

1) ด้านการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ผลกระทบมากกว่าร้อยละ 90 ของการผลิตเม็ดพลาสติกทั้งสองประเภท การได้มาของวัตถุดิบ โดยผลกระทบด้านการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไปคิดเป็นร้อยละ 46 และ 47 ของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง และการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

2) ด้านการเกิดสารพิษที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มาจากการกระบวนการได้มาของวัตถุดิบคือ ตั้งแต่การขุดเจาะ การนำก๊าซธรรมชาติและน้ำมันไปเข้ากระบวนการกลั่นเพื่อให้ได้มาซึ่งอีเทนแล้วจึงนำไปผลิตเอทีลีน ในการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและความหนาแน่นต่ำมีค่าต่างกันคือ ร้อยละ 19 และ 29 ของผลกระทบทั้งหมด เนื่องจาก เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงใช้ แนฟทาและก๊าซธรรมชาติเป็นวัตถุดิบหลัก แต่เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำใช้เพียงก๊าซธรรมชาติเป็นวัตถุดิบเพียงชนิดเดียวเท่านั้นจึงก่อผลกระทบด้านการเกิดสารพิษที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งมากกว่า

3) การเกิดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ มีอัตราส่วนผลกระทบใกล้เคียงกันคือร้อยละ 13.7 และ14.5 โดยกิจกรรมหลักมาจากการได้มาของวัตถุดิบ โดยผลกระทบส่วนใหญ่อยู่ในขั้นตอนของการเปลี่ยนรูปก๊าซธรรมชาติและน้ำมันปิโตรเลียมให้เป็นออีเทนและแนฟทา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) การเกิดภาวะโลกร้อนมีสัดส่วนผลกระทบจากกิจกรรมการใช้พลังงานถึงร้อยละ 10 สำหรับการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและร้อยละ 7.7 จากการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

5) ส่วนระดับของผลกระทบที่เหลือของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำส่วนที่แตกต่างกันคือผลกระทบเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง ด้านการเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจและการเกิดสารพิษที่ไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง ส่วนของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำคือ การเกิดสารพิษที่ไม่ทำให้เกิดโรคมะเร็งและการเกิดความเป็นพิษต่อดิน

4.1.5.2 การเปรียบเทียบผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นปลาย

จากการเปรียบเทียบสรุปได้ว่าผลกระทบขั้นกลางที่ส่งผลต่อผลกระทบขั้นปลายในกลุ่มความเสียหายต่อสุขภาพมนุษย์ของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำมีผลกระทบมีสัดส่วนที่คล้ายคลึงกันแต่ค่าของผลกระทบจะแตกต่างกันดังสรุปผลรวมในตารางที่ 4.5 โดยพบว่าความเสียหายของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำที่มีต่อสุขภาพมนุษย์และการใช้ทรัพยากรจะสูงกว่าความเสียหายของการผลิตเม็ดพลาสติกความหน่าแน่นสูง แต่ความเสียหายต่อระบบนิเวศน์และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จะต่ำกว่าความเสียหายของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำโดยใช้โปรแกรม SimarPro Version 8.2 ด้วยวิธี impact 2002+ Version 2.1.2 มีค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม คือ 1.25 ต่อกิโลกรัมเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง และ 1.36 ต่อกิโลกรัมเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ โดยพิจารณาเฉพาะประเด็นที่สำคัญ 6 ด้านเท่านั้น โดยใช้หลักการ Cut-off ให้เหลือเฉพาะผลกระทบที่สำคัญตาม ISO 14040-44 ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบการจัดกลุ่มความเสียหายของการผลิตผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

Damage categories	Unit	HDPE	LDPE
Human health	DALY	3.61E-06	4.34E-06
Ecosystem quality	PDF*m2*yr	2.36E-01	1.31E-01
Climate change	kg CO2 eq	1.59E+00	1.05E+00
Resources	MJ primary	8.84E+01	9.83E+01

ตารางที่ 4.6 ผลคะแนน Single Score (mPt) สำหรับทำประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ Eco-effiency

No.	Damage categories	Single score of HDPE	Single Score of LDPE
1	Non-renewable energy	5.82E-01	6.47E-01
2	Carcinogens	2.39E-01	3.88E-01
3	Respiratory inorganics	1.74E-01	1.97E-01
4	Global warming	1.61E-01	1.06E-01
5	Respiratory organics	7.87E-02	5.67E-04
6	Non-carcinogens	1.78E-02	2.50E-02
รวมผลกระทบสิ่งแวดล้อม		1.25E+00	1.36E+00

4.1.6 การเปรียบเทียบผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับงานวิจัยอื่น

การเปรียบกับงานวิจัยอื่นๆ โดยแบ่งตามประเภทการได้มาของวัตถุดิบของเม็ดพลาสติก เป็นเม็ดพลาสติกจากปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ และกลุ่มพลาสติกชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้ ดังตารางที่ 4.7 พบว่าการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำของงานวิจัยนี้เกิดผลกระทบด้านการเกิดภาวะโลกร้อนต่ำกว่าการผลิตเม็ดพลาสติกจากงานวิจัยอื่น ๆ ทั้งที่เป็นเม็ดพลาสติกจากปิโตรเลียมและกลุ่มพลาสติกชีวภาพ แต่ในผลกระทบด้านการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไปของงานวิจัยนี้มีผลกระทบสูงกว่างานวิจัยที่นำมาเปรียบเทียบทั้งหมด ทั้งจากกลุ่มที่ใช้ปิโตรเลียมเป็นวัตถุดิบ และกลุ่มพลาสติกชีวภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบผลการวิจัยในกรณีศึกษากับเม็ดพลาสติกชนิดต่าง ๆ

งานวิจัย	ชนิดเม็ดพลาสติก	ผลกระทบด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (kg CO2 eq/kg-polymer)	ผลกระทบด้านการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป (MJ /kg-polymer)
งานวิจัยนี้	**ความหนาแน่นสูง**	**1.59**	**88.4**
Czaplicka-Kolarz et al. (2010)	ความหนาแน่นสูง	2.53	-
Frischkecht & Suter (1996)	ความหนาแน่นสูง	2.5	73.7
งานวิจัยนี้	**ความหนาแน่นต่ำ**	**1.05**	**98.3**
Czaplicka-Kolarz et al. (2010)	ความหนาแน่นต่ำ	3.06	-

Frischkecht & Suter (1996)	ความหนาแน่นต่ำ	3.0	81.1
Frischkecht & Suter (1996)	พอลิโพรไพลีน (PP)	3.4	85.9
Akiyama et al. (2003)	ชีวภาพชนิดพอลีไฮดรอกซีอัลคาโนเอท (PHA)	0.35	55
Gerngross (1999)	ชีวภาพชนิดพอลีไฮดรอกซีอัลคาโนเอท (PHA)	2.4	50.4
Kurdikar et al. (2001)	ชีวภาพชนิดพอลีไฮดรอกซีอัลคาโนเอท (PHA)	2.0	-
Harding et al. (2007)	ชีวภาพพอลิไฮดรอกซีบิวทีเรท (PHB)	2.6	44.7

4.2 การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

รูปแบบการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเม็ดพลาสติกเม็ดพลาสติกพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่เหมาะสมควรพิจารณาจากต้นทุนด้านการดำเนินงาน (Operation Cost) และต้นทุนด้านการซ่อมบำรุง (Maintenance Cost) ซึ่งต้องใช้ข้อมูลจากโรงงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 4 โรงงงานในการผลิตเม็ดพลาสติก HDPE ได้แก่ โรงงานเอทีลีน 2 โรงงาน และโรงงาน HDPE 2 โรงงาน โดยมีรูปแบบการคำนวณต้นทุนดังแสดงในรูปที่ 4.9 และสมการที่ 4.1 ทั้งนี้ข้อมูลที่นำมาคำนวณเป็นข้อมูลการคำนวณในรอบ 1 ปี ซึ่งการคำนวณถูกคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันของปีที่ทำการรวบรวมข้อมูลโดยหน่วยเงินคือ ดอลล่าร์สหรัฐอเมริกา (USD)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$LCC\ of\ HDPE = Mac+Wac+Enc+Elc+Trc+Rec+Inc+Tax+Sec+Mhc+Otc \quad \text{สมการที่ 4.1}$$

โดยที่ Opc = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ

Mnc = ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง ปรับเปลี่ยนและบำรุงรักษาระบบ

Mac = ค่าวัตถุดิบ

Wac = ค่าใช้จ่ายด้านน้ำ

Enc = ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

Elc = ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า

Trc = ค่าใช้จ่ายด้านการขนส่ง

Rec = ค่าใช้จ่ายด้านการเช่า

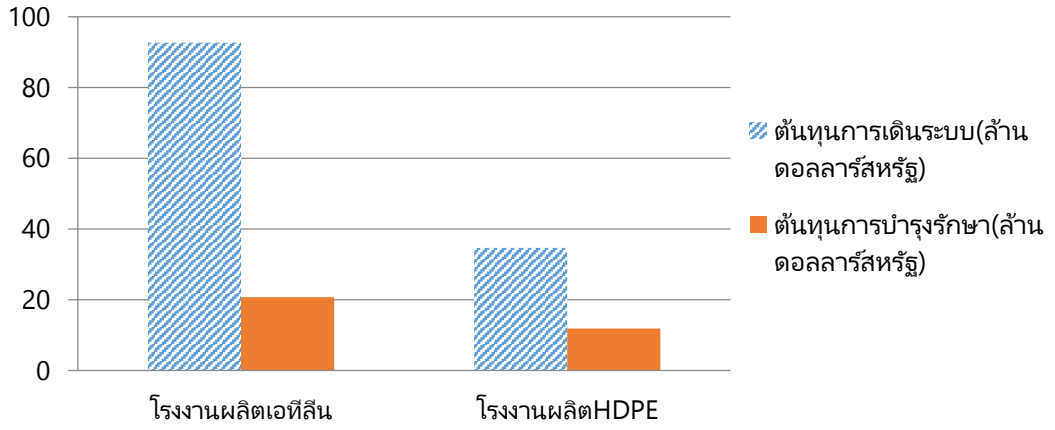
Inc = ค่าใช้จ่ายด้านการประกันภัย

Tax = ค่าใช่จ่ายด้านภาษี

Sec = ค่าใช้จ่ายด้านการบริการต่าง ๆ

Mhx = ค่าจ้างพนักงานในระบบ

Otc = ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ในระบบ เช่น การบำบัดน้ำเสีย การกำจัดขยะ ค่าดำเนินการอบรม และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ



รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบต้นทุนการเดินระบบและการซ่อมบำรุงของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเม็ดพลาสติกพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงพบว่า ในส่วนของต้นทุนในการดำเนินระบบของแต่ละโรงงานจะมีต้นทุนที่แตกต่างกัน บางโรงงานมีการหยุดเดินระบบในบางเดือนก็จะไม่มีรายงานต้นทุนในช่วงเวลานั้น ๆ เช่นเดือนที่ 6 และเดือนที่ 10-12 ของโรงผลิตเอทีลีน โดยโรงงานที่มีต้นทุนการเดินระบบสูงสุด ได้แก่ โรงผลิตเอทีลีน ซึ่งมีต้นทุนการดำเนินระบบเฉลี่ยสูงกว่า 92 ล้านดอลล่าร์สหรัฐ นอกจากนี้โรงเอทีลีน ยังเป็นโรงงานที่มีต้นทุนการซ่อมบำรุงสูงที่สุดถึงเกือบ 20 ล้านดอลล่าร์สหรัฐ ดังแสดงเป็นสัดส่วนต้นทุนแต่ละประเภทในสายการผลิตเม็ดพลาสติกพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูง

สรุปได้ว่าต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกพอลิเอทีลีนความหนาแน่นสูงในกรณีศึกษานี้อยู่ที่ราคา 0.144 ดอลล่าร์สหรัฐต่อ 1 กิโลกรัมเม็ดพลาสติก ในกรณีของเม็ดพลาสติกความหนานแน่นต่ำผู้วิจัยจะนำข้อมูลทุตยภูมิจากสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย (Thai Plastic Industries Association) มาคำนวณความแตกต่างของราคาเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 – พ.ศ. 2561 โดยคำนวณจากอัตราส่วนความแตกต่างระหว่างราคาจำหน่ายเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำพบว่า ราคา

เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงมีราคาเฉลี่ยเป็นร้อยละ 92.6 ของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำดังนั้น ราคาต้นทุนเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำจึงเท่ากับ 0.153 ดอลล่าร์สหรัฐต่อกิโลกรัม

4.3 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ จะนำข้อมูลที่เป็นตัวแทนผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์ (Product System Value) มาคำนวณตามสมการที่ 4.2 ซึ่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกที่คำนวณโดยใช้โปรแกรม SimarPro Version 8.2 ด้วยวิธี Impact 2002+ Version 2.1.2 คือ 1.25 mPt ต่อกิโลกรัมเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง และ 1.36 mPt ต่อกิโลกรัมเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ ส่วนต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงอยู่ที่ระดับ 0.144 ดอลล่าร์สหรัฐต่อกิโลกรัมเม็ดพลาสติก ส่วนเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำนั้นใช้ข้อมูลทุติยภูมิในการนำมาคำนวณค่า Eco-efficiency ดังนั้นประสิทธิภาพเชิงนิเวศของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและความหนาแน่นต่ำคือ

$$\textit{Eco-efficiency of HDPE} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1.25*0.144}} = 5.55 \qquad \text{สมการที่ 4.2}$$

$$\text{Eco-efficiency of } \textit{LDPE} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1.36*0.153}} = 4.80 \qquad \text{สมการที่ 4.3}$$

$$\text{Eco-efficiency } CO_2 \text{ of HDPE} = \frac{\mathbf{0.144}}{\mathbf{0.15105}} = 0.95 \qquad \text{สมการที่ 4.4}$$

$$\text{Eco-efficiency } CO_2 \text{ of LDPE} = \frac{\mathbf{0.153}}{\mathbf{0.09975}} = 1.53 \qquad \text{สมการที่ 4.5}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการคำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่เลือกใช้ในสมการ $\frac{\boldsymbol{LCC}}{\boldsymbol{LCA}}$ ได้ผลการวิเคราะห์จาก เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซค์คือ 1.05 Kg CO_2 eq ต่อการผลิตเม็ดพลาสติก 1 Kg ส่วนเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ 1.59 Kg CO_2 eq ต่อการผลิตเม็ดพลาสติก 1 Kg การคำนวณหน่วยอ้างอิงจากราคาการซื้อขายคาร์บอนของโครงการ T-VER ขององค์การบริหารก๊าซเรือนกระจกมีค่าเฉลี่ยคือราคาตันละ 95 บาทหรือ 0.095 บาทต่อกิโลกรัมคาร์บอนไดอ็อกไซด์ ดังนั้นต้นทุนผลกระทบด้านการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงคือ 0.95 และ 1.53 ตามลำดับ ของการประเมินประสทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจโดยอาศัย

การประเมินความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมในด้านการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์มาคำนวณเทียบกับต้นทุนการผลิตเม็ดพลาสติกดังสมการที่ 4.4 และ 4.5

การศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมักมีการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 กรณีศึกษา ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่มีหน่วยการทำงานเดียวกันมาเปรียบเทียบอีก 1 กรณีคือผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำมาวิเคราะห์ในรูปแบบต่าง ๆ ของการแปล Eco-efficiency ในรูปแบบต่าง ๆ

Eco-efficiency indicator เป็นดัชนีการปรับปรุงผลกระทบสิ่งแวดล้อมและการปรับปรุงมูลค่าระบบผลิตภัณฑ์ โดยสามารถแสดงผลในรูปแบบ Ecological fingerprint และ Eco-efficiency portfolio โดยผลการคำนวณเป็นดังนี้

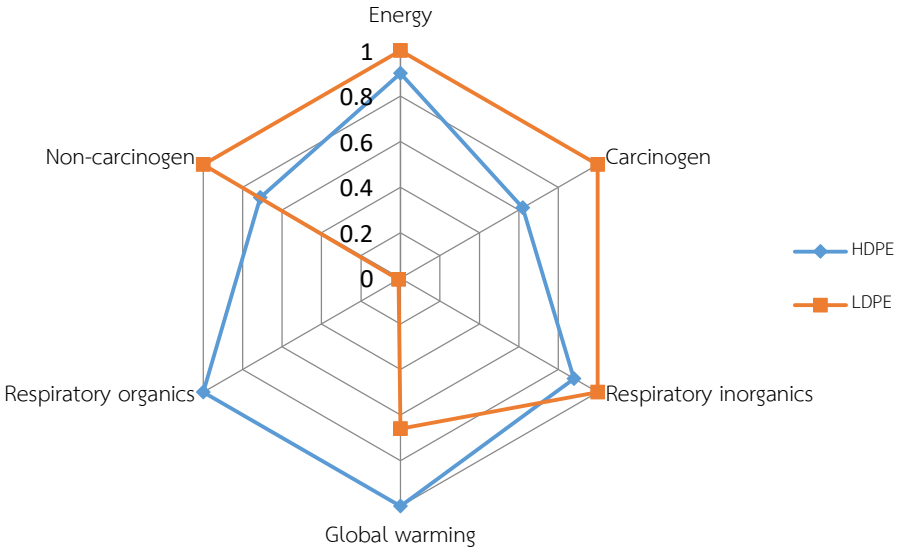
1) Ecological Fingerprint

เป็นการแสดงผลการคำนวณค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปแบบการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ 2 รูปแบบขึ้นไป หรือผลิตภัณฑ์เดียวแต่มีการปรับปรุงใหม่ในอีกรอบการศึกษาหนึ่ง โดยการคำนวณต้องอยู่บนพื้นฐานของหน่วยการทำงานเดียวกัน ในกรณีศึกษานี้คือ 1 กิโลกรัมของเม็ดพลาสติก ซึ่งจะถูกคำนวณทั้งผลกระทบของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

- กำหนดผลกระทบสิ่งแวดล้อมหลักที่จะนำมาประเมิน Ecological fingerprint ซึ่งในที่นี้ ได้คัดเลือกผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำที่สำคัญมี 6 ด้านคือ non-renewable energy, Carcinogen, Respiratory Inorganics, Global warming, Respiratory Organics, Non-carcinogem
- การให้ค่าน้ำหนัก (Normalization) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละด้าน โดยการปรับค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกรณีที่มีค่าสูงสุดให้เป็น 1 และปรับค่าผลกระทบทางเลือกอื่นๆ ลดหลั่นตามอัตราส่วนเดียวกัน ทำเช่นนี้ในทุกด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่จะพิจารณาดังตารางที่ 4.9
- การสร้าง Ecological Fingerprint โดยนำผลการ Normalization ที่ได้ไปสร้างกราฟใยแมงมุม (Radar Chart) เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 กราฟใยแมงมุมของการดำเนินการทำ Ecological Fingerprint ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง (HDPE) และเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ (LDPE)

ตารางที่ 4.9 การ Normalize ผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละด้านเพื่อการประเมิน Ecological fingerprint

ผลกระทบ/ทางเลือก	Single score		Normalized (Max1)	
	HDPE	LDPE	HDPE	LDPE
Non-renewable Energy (mPt)	5.82E-01	6.47E-01	0.90	1.0
Carcinogen (mPt)	2.39E-01	3.88E-01	0.62	1.0
Respiratory Inorganics (mPt)	1.74E-01	1.97E-01	0.88	1.0
Global Warming (mPt)	1.61E-01	1.06E-01	1.0	0.66
Respiratory Organics (mPt)	7.87E-02	5.67E-04	1.00	0.01
Non-Carcinogen (mPt)	1.78E-02	2.50E-02	0.71	1.0

จากกราฟ Ecological Fingerprint เปรียบเทียบผลกระทบของ HDPE และ LDPE ในกรณีศึกษานี้พบว่า ค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจากในการผลิต LDPE มากกว่า HDPE ใน 4 ผลกระทบคือ Non-renewable Energy, Carcinogen, Respiratory Inorganics และ Non-Carcinogen ในขณะ

ที่ HDPE มีค่าผลกระทบที่มากกว่า LDPE ในด้าน Global Warming และ Respiratory organics โดยปรกติการจัดทำ Ecological Fingerprint สามารถใช้เปรียบเทียบในกรณีที่จัดทำประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในปีถัดไปหรือในรอบการศึกษา*ถัดไป*ได้ และรวมถึงเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์อื่นๆแต่จำเป็นต้องมีเงื่อนไขเดียวกันเช่น หน่วยการทำงาน (Functional Unit) เดียวกันโดยปกติของการศึกษาหลักจากการปรับปรุงกระบวนการต่าง ๆ เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมผลที่แสดงใน Ecological Fingerprint หากผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมมีการปรับปรุงที่ทำให้ดีขึ้น เส้นกราฟจะต้องมีขนาดเล็กลง คือเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุดและสามารถเปรียบเทียบได้อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม Ecological Fingerprint เป็นเพียงการแสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมในทางเลือกต่างๆเท่านั้น การตัดสินใจพัฒนาผลิตภัณฑ์อาจจะต้องมีประเด็นอื่นๆเกี่ยวข้องมาพิจารณาร่วมด้วย เช่น ปัจจัยด้านความพร้อมทางด้านเทคโนโลยี ปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น

4.3.1 การแปลผล Eco-Efficiency Portfolio

จากการศึกษามาตรฐาน ISO 14045:2012 ซึ่งระบุว่า Eco-efficiency Portfolio สามารถทำได้หลายรูปแบบ ไม่มีข้อกำหนดเฉพาะในการแสดงผลการศึกศึกษา โดยผู้วิจัยได้เลือกแนวทางที่เหมาะสมอีกหนึ่งแนวทางคือการทำ Eco-efficiency portfolio โดยมีขั้นตอนการแปลผลดังนี้

1) การกำหนดผลกระทบสิ่งแวดล้อมหลักที่จะนำมาใช้ในการจัดทำ Eco-efficiency portfolio ชองเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ ที่มีนัยสำคัญ 6 ด้านประกอบด้วย Non-renewable Energy, Carcinogen, Respiratory inorganics, Global warming, Respiratory organics, Non-carcinogen

2) การให้ค่าน้ำหนัก (Normalization) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละด้านโดยปรับค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกรณีที่มีค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงสุดเป็น 1 และปรับค่าผลกระทบในทางเลือกอื่น ๆ ลดหลั่นตามอัตราส่วนเดียวกัน ทำเช่นนี้ทุกด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่จะพิจารณาเช่นเดียวกับการประเมิน Ecological fingerprint ดังตารางที่ 4.10

3) การให้ค่าน้ำหนัก (Weighting) การกำหนดค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกรณีศึกษานี้ผู้วิจัยได้ให้ค่าน้ำหนักที่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมทุกด้านมีความสำคัญที่เฉลี่ยเท่ากัน จะมีค่าสำคัญเท่ากัน 16.66%

4) การประเมิน Portfolio Metric เพื่อวิเคราะห์ประเด็นสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบสูง โดยการนำค่า Normalization ที่ได้จากข้อ 2 มาคูณกับค่า Weighting ที่ได้จากข้อ 3 ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.10 การประเมิน Portfolio Metric ด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อจัดทำ Eco-efficiency Portfolio ของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

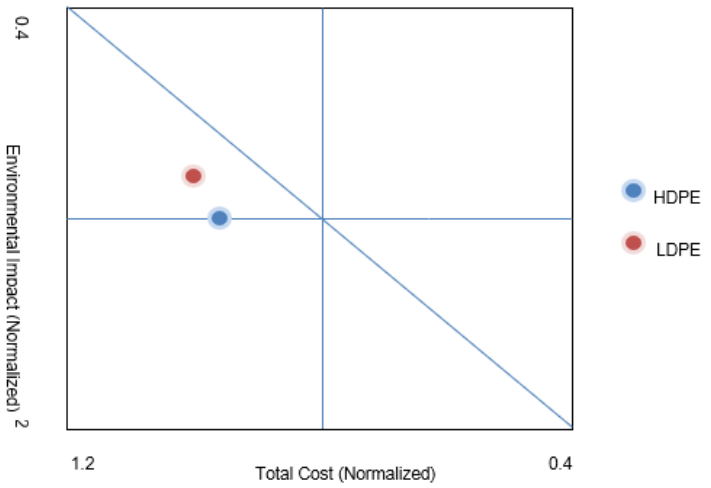
ผลกระทบ/ชนิดเม็ดพลาสติก	Single score		Portfolio Metric	
	HDPE	LDPE	HDPE	LDPE
Non-Renewable Energy (mPt)	5.82E-01	6.47E-01	0.144	0.16
Carcinogen (mPt)	2.39E-01	3.88E-01	0.0992	0.16
Respiratory Inorganics (mPt)	1.74E-01	1.97E-01	0.1408	0.16
Global Warming (mPt)	1.61E-01	1.06E-01	0.16	0.1056
Respiratory Organics (mPt)	7.87E-02	5.67E-04	0.16	0.0016
Non-Carcinogen (mPt)	1.78E-02	2.50E-02	0.1136	0.16
Total	-	-	**0.8176**	**0.7472**

หมายเหตุ: Weighting=1.66

ตารางที่ 4.11 การประเมิน Portfolio Metric ของต้นทุนเพื่อจัดทำ Eco-efficiency Portfolio ของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

ต้นทุน/ชนิดพลาสติก	HDPE	LDPE
ต้นทุนทั้งหมด (Total Cost) (ดอลล่าสหรัฐ/1 กิโลกรัมเม็ดพลาสติก)	0.144	0.153
Normalization	0.941	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.10 ผลการประเมิน Portfolio Metric ของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง และเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

บทที่ 5
การศึกษาการประเมินผลกระทบทางสังคมตลอดวัฏจักรชีวิต

5.1 การประเมินผลกระทบทางสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

การประเมินด้านสังคมตามแนวทางของ Guildlines for social life cycle assessment และ The methodological sheet for subcategories in social life cycle assessment โดยประยุกต์ใช้ตัวชี้วัดในการพัฒนาจาก GRIs โดยผลการประเมินผลกระทบทางสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตจากตัวชี้วัดที่กำหนดทั้ง 13 ตัวชี้วัด พบว่าบริษัทได้มีการดำเนินการตามการรายงานความยั่งยืนแบบบูรณาการและการสัมภาษณ์การดำเนินงานของบริษัทตาม 13 ตัวชี้วัด รวมถึงรายละเอียดในการดำเนินงานต่าง ๆ ดังตารางที่ 5.1

ในการศึกษานั้นผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิเพื่อดูการดำเนินการว่ามีการดำเนินการตามตัวชี้วัดเหล่านี้หรือไม่ โดยการทบทวนเอกสารรายงานความยั่งยืนของบริษัทตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2560 สำหรับตัวชี้วัดที่ปรากฏในตารางที่ 5.2 หลังจากนั้นจึงสัมภาษณ์พนักงานเพื่อทวนสอบว่ามีการดำเนินงานตามที่ได้อ้างไว้ในรายงานความยั่งยืนที่เผยแพร่ในเอกสารหรือไม่ จากผลการสำรวจพบว่าบริษัทดำเนินงานครบถ้วนเพราะตัวชี้วัดหลายข้อเป็นการดำเนินการพื้นฐานตามกฎหมายและอีกทั้งเป็นบริษัทที่มีขนาดใหญ่มีความน่าเชื่อถือสูง

ตารางที่ 5.1 ตัวชี้วัดและลักษณะการดำเนินการของตัวชี้วัดในการประเมินผลกระทบทางด้านสังคม

ผู้เกี่ยวข้อง	ตัวชี้วัด	ลักษณะการดำเนินการ
คนงาน/ลูกจ้าง	การใช้แรงงานเด็ก	-บริษัทต้องปฏิบัติตามกฎหมายแรงงานของประเทศไทย โดยไม่มีการจ้างแรงงานเด็กในการปฏิบัติการไม่ว่ากรณีใด ๆ
	การบังคับใช้แรงงาน	-บริษัทจะต้องไม่มีการบังคับใช้แรงงาน ในการปฏิบัติงานหรือได้รับค่าจ้างที่เป็นธรรมรวมถึงค่าตอบแทนในการทำงานล่วงเวลาตามกฎหมายแรงงานของประเทศไทย
	นโยบายด้านสุขภาพและความปลอดภัย	-บริษัทมีนโยบายหรือมาตรการด้านสุขภาพและความปลอดภัยของพนักงาน และมีการปฏิบัติตามนโยบาย
	นโยบายด้านการสร้างความมั่นคงทางสังคม	-บริษัทมีโยบายและปฏิบัติจริงเกี่ยวกับการส่งเสริมความมั่นคงของพนักงาน เช่น การดูและยามเจ็บป่วย ประกันสุขภาพ การชดเชยการคอลดบุตร การช่วยเหลืองานศพ และอื่น ๆ
	นโยบายส่งเสริมโอกาสที่เท่าเทียบและเสมอภาคในด้านการทำงาน	-มีนโยบายการส่งเสริมการทำงานที่เท่าเทียมโดยไม่แบ่งแยก เพศ ศาสนา อายุ ในการปฏิบัติงาน
	สิทธิประโยชน์ต่างๆของลูกจ้าง	-มีสิทธิประโยชน์สำหรับลูกจ้างที่จะได้รับอย่างน้อยต้องได้รับตามขั้นต่ำของกฎหมายแรงงาน
	นโยบายการอบรมและการฝึกฝน	-มีนโยบายให้พนักงานอบรมและฝึกฝนเพื่อส่งเสริมทักษะ ความรู้และความสามารถในการปฏิบัติงาน
ผู้บริโภค	การเปิดเผยข้อมูลเพื่อประโยชน์ของผู้บริโภคอย่างโปร่งใส	-ลูกค้าของบริษัทได้รับข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มีการแจ้งรายละเอียดอย่างโปร่งใส ไม่มีนัยแอบแฝง หรือพยายามปิดบังซ่อนเร้น เพื่อวัตถุประสงค์บางประการ
	นโยบายหรือมาตรการในการรักษาความลับของผู้บริโภค	-บริษัทมีนโยบายหรือมาตรการในการรักษาความลับของลูกค้าเป็นความลับ ในทุกกรณี เช่นข้อมูลบริษัท การซื้อ การขาย และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือหากมีความจำเป็นต้องเปิดเผย บริษัทต้องได้รับความยินยอมจากลูกค้าก่อนทุกครั้ง
ผู้บริโภค	นโยบายด้านความปลอดภัยของผู้บริโภค	-บริษัทมีโนบายเพื่อความปลอดภัยของลูกค้า เกี่ยวกับสินค้าและบริการ
สังคม	นโยบายการต่อต้านคอรัปชั่นในรูปแบบต่างๆ	-มีนโยบาย มาตรการ สำหรับการป้องการการเกิดคอรัปชั่น
	นโยบายหรือมาตรการเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน	-มีนโยบาย แผนงาน หรือโครงการที่ดำเนินการเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน
ชุมชนท้องถิ่น	ความเอื้ออาทรต่อชุมชน	-มีการช่วยเหลือชุมชนในรูปแบบต่างๆ เช่นการดูแลชุมชน การทำ CSR (Corresponding social respond)

หมายเหตุ: ดัดแปลงมาจาก Benoit et al. (2010)

ตารางที่ 5.2 การดำเนินการของโรงงานในตัวชี้วัดสำหรับการประเมินผลกระทบทางด้านสังคมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 – พ.ศ. 2560

ผู้เกี่ยวข้อง	ลำดับ	ตัวชี้วัด	2555	2556	2557	2558	2559	2560
คนงาน/ลูกจ้าง	1	ไม่มีการใช้แรงงานเด็ก	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2	ไม่มีการบังคับใช้แรงงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3	นโยบายด้านสุขภาพและความปลอดภัย เช่น นโยบายด้าน safety เป็นต้น	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	4	นโยบายการสร้างความมั่นคงทางสังคม เช่น ประกันสุขภาพ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	5	นโยบายส่งเสริมโอกาสที่เท่าเทียมในการทำงาน เช่น เพศ เชื้อชาติ อายุ ศาสนา	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	6	สิทธิประโยชน์ต่างๆของลูกจ้าง เช่น โบนัส	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	7	การอบรมและฝึกฝน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ผู้บริโภค	8	การเปิดเผยข้อมูลเพื่อความโปร่งใส	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	9	นโยบายหรือมาตรการการรักษาความลับของผู้บริโภค	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	10	นโยบายด้านความปลอดภัยของผู้บริโภค	✓	✓	✓	✓	✓	✓
สังคม	11	นโยบายการต่อต้านคอรัปชั่นในรูปแบบต่างๆ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	12	นโยบายหรือมาตรการเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ชุมชนท้องถิ่น	13	ความเอื้ออาทรต่อชุมชน เช่น การช่วยเหลือ ดูแล สนับสนุน รวมถึงการทำ CSR	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ ✓ มีการดำเนินการ

ผลจากการดำเนินการประเมินผลกระทบจากการรวบรวมข้อมูล จากเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น รายงานความยั่งยืน จากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดทางด้านสังคมพบการดำเนินการในตารางที่ 5.2

การประเมินผลกระทบทางด้านสังคม ผู้วิจัยได้รวบรวมและเก็บข้อมูลในการดำเนินการวิเคราะห์ย้อนหลัง ตั้งแต่ปี 2012 เพื่อให้ทราบทิศทางการดำเนินการด้านสังคมในแต่ละตัวชี้วัด โดยการดำเนินการหลักด้านสังคมนั้นทางโรงงานได้ดำเนินการพัฒนาตามกรอบความยั่งยืนที่ถือเป็นพันธกิจหลักขององค์กร โดยยึดปฏิบัติตามเกณฑ์ข้อตกลงสูงสุดของสหประชาชาติในหลักการด้านสิทธิมนุษยชนสหประชาชาติ (United Nation Global Compact: UNCG) เป็นนโยบายเชิงกลยุทธ์ และยังดำเนินตามแนวทางของ Global Reporting Initiative (GRI) Standards รวมถึงดัชนีความยั่งยืน (Dow Jones Sustainability Indices-DJSI) ตลอดจนมาตรฐานที่เกี่ยวข้องขององค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการกำหนดมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) โดยมุ่งการดำเนินในองค์ประกอบต่อไปนี้ คือ การกำกับดูแลองค์กร สิทธิมนุษยชน บุคลากร องค์กรความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม การดำเนินธุรกิจที่เป็นธรรม การเป็นองค์กรที่ดีของสังคม การบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทาน การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นเลิศ การมีส่วนร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย การบริหารจัดการนวัตกรรม กลยุทธ์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการ กระบวนการดำเนินงานด้านความรับผิดชอบต่อสังคม และอื่น ๆ โดยผลสรุปจากการดำเนินการในแต่ละประเภทของผู้เกี่ยวข้อง (Stakeholders) เป็นดังนี้

1) **คนงาน ลูกจ้าง** โดยตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องคือ
    - การใช้แรงงานเด็ก
    - การบังคับใช้แรงงาน
    - นโยบายด้านสุขภาพและความปลอดภัย
    - นโยบายด้านการสร้างความมั่นคงทางสังคม
    - นโยบายส่งเสริมโอกาสที่เท่าเทียมและเสมอภาคในด้านการทำงาน
    - สิทธิประโยชน์ของลูกจ้าง
    - นโยบายด้านการฝึกอบรมและการฝึกฝน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรงงานได้มีการดำเนินการอย่างครบถ้วนทุกตัวชี้วัดครอบคลุมช่วงระยะเวลาในขอบเขตของงานวิจัยและย้อนหลังไปอีกหลายปี โดยสามารถสรุปการดำเนินการได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 สรุปตัวชี้วัดด้านการดำเนินการประเมินผลกระทบด้านสังคมกับคนงาน ลูกจ้าง

ตัวชี้วัดการประเมินผลกระทบทางด้านสังคม	**การดำเนินการ**
การใช้แรงงานเด็ก การบังคับใช้แรงงาน	-ดำเนินการตามกฎหมายแรงงานของประเทศไทยโดยไม่มีข้อเรียกร้องหรือการทำผิดกฎหมายที่เกี่ยวกับกฎหมายแรงงานใน พระราชบัญญัติกฎหมายคุ้มครองแรงงาน -เข้าร่วมเป็นภาคีปฏิญญาสากลว่าด้วยสิทธิมนุษยชน (Universal Declaration of Human Right: UDHR) ของสหประชาชาติ -ดำเนินธุรกิจตามหลักการชี้แนะของสหประชาชาติว่าด้วยการดำเนินธุรกิจและสิทธิมนุษยชน (UN Guiding Principle on Business and Human Rights: UNGP) ซึ่งเป็นการป้องกันและหลีกเลี่ยงการละเมิดสิทธิมนุษยชนของพนักงานในกลุ่มบริษัท คู่ธุรกิจ คู่ค้าทางธุรกิจ (คู่ค้า ผู้รับเหมา และลูกค้า) และชุมชนท้องถิ่น -ดำเนินการอนุสัญญาองค์การแรงงานระหว่างประเทศ (International Labor Organization) -ดำเนินการด้านนโยบายสิทธิมนุษยชนที่สอดคล้องกับ GRI ในระดับ A+ -ดำเนินนโยบายด้านจรรยาบรรณในการดำเนินธุรกิจที่มุ่งมั่นด้านนโยบายแรงงาน -ดำเนินการประเมินประเมินความเสี่ยงด้านสิทธิมนุษยชนอย่างต่อเนื่องผ่านระบบมาตรฐาน ISO 14001 -ดำเนินการกับคู่ค้า โดยกำหนดให้คู่ค้าขึ้นทะเบียนกับบริษัทตั้งแต่ปี พ.ศ.2556 โดยใช้เกณฑ์ด้านสิทธิมนุษยชนในการคัดกรองคุณสมบัติของคู่ค้าให้เป็นไปตามข้อกฎหมายแรงงาน -พนักงานทุกคนต้องได้รับการอบรมให้ทราบเกี่ยวกับสิทธิมนุษยชนและได้รับเอกสารแจกในการอบรมรับทราบทุกคน -เปิดช่องทางการรับร้องเรียนให้กับพนักงาน คู่ค้า และผู้รับเหมาให้มีช่องทางในการร้องเรียนด้วยการสื่อสารทางๆต่างๆ เช่น ทางอีเมล หรือผ่านทางหัวหน้างานโดยตรง -ดำเนินการในสิทธิแรงงานรวมถึงตรวจสอบคู่ค้าให้ดำเนินการเกี่ยวกับสิทธิเช่น ISO 14001, OHSAS 18001 และ ISO 26000 -ประเมินความเสี่ยงด้านสิทธิมนุษยชน ครอบคลุม 6 ด้าน ได้แก่ 1.สิทธิแรงงาน 2.สิทธิชุมชน 3.ห่วงโซ่อุปทาน 4.ความมั่นคงปลอดภัย 5.สิ่งแวดล้อม 6.ผู้บริโภค
นโยบายด้านสุขภาพและความปลอดภัย	-ระบุในนโยบายสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของการปฏิบัติงานในทุกระดับที่มีความเสี่ยง -ประเมินความเสี่ยงตั้งแต่ขั้นการออกแบบ กระบวนการดำเนินงาน การบำรุงรักษา และการทวนสอบมาตรฐานทั้งในภาวะปกติและภาวะฉุกเฉินด้วยแนวทาง (Hazard Operation Excellence Management System: OEMS) -ได้รับการรับรองมาตรฐาน OHSAS 18001

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวชี้วัดการประเมินผลกระทบทางด้านสังคม	การดำเนินการ
	-ได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO 14001 -ดำเนินการตรวจสอบสภาพแวดล้อมในพื้นที่ปฏิบัติงานตามกฎหมาย เช่น แสง เสียง อุณหภูมิ ความชื้น และคุณภาพอากาศ รวมทั้งประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ของพนักงาน -สร้างต้นแบบองค์กรแห่งความสุข (Happy Workplace) เพื่อส่งเสริมสุขภาพร่างกายและจิตใจให้กับพนักงาน -สถานที่ออกกำลังกายภายในโรงงานและสำนักงานจำนวน 13 แห่ง
นโยบายการสร้างความมั่นคงทางสังคม	-ดูแลพนักงานตามหลักกฎหมายคุ้มครองแรงงานตามมาตรฐานแรงงานไทย (มรท.8001-2553)
สิทธิประโยชน์ต่างๆ เกี่ยวกับลูกจ้าง	-โครงการเสริมสร้างความเป็นอยู่ที่ดีของพนักงาน -กำหนดจำนวนชั่วโมงการทำงานที่ยืดหยุ่น -การเลื่อนค่าตอบแทนที่ประเมินพร้อมกันและเป็นธรรม -สวัสดิการเพิ่มเติมจากขอบข่ายที่กฎหมายแรงงานกำหนด เช่น ประกันอุบัติเหตุ ประกันสุขภาพ เงินสมทบเกษียณอายุ โครงการกู้ยืมเงินฉุกเฉิน เงินช่วยเหลือพนักงานกรณีประสบพิบัตภัย สวัสดิการเงินเล่าเรียนบุตร ห้องให้น้ำนมบุตรในพื้นที่ปฏิบัติงาน
นโยบายการส่งเสริมโอกาสที่เท่าเทียมและเสมอภาคในการทำงาน	-ใช้นโยบายด้านสิทธิมนุษยชนสากลขององค์กรข้อตกลงสหประชาชาติ ไร้การกีดกัน ส่งเสริมความหลากหลายในการทำงานภายใต้บรรทัดฐานเดียวกัน โดยไม่จำกัดเพศ อายุ เชื้อชาติ และศาสนา โดยอัตราการปฏิบัติงานของชายและหญิง เป็น 1:3 และกลุ่มอายุตั้งแต่ น้อยกว่า 30 จนกระทั่งอายุมากกว่า 50 ปี
นโยบายในการอบรมและฝึกฝน	-เฉลี่ยชั่วโมงการอบรมในการฝึกฝนทักษะและความสามารถต่างๆเพื่อเพิ่มศักยภาพของพนักงานมากกว่า 200 ชั่วโมง/คน/ปี

หมายเหตุ: การสัมภาษณ์เชิงลึกของพนักงาน, รายงานความยั่งยืนแบบบูรณาการ (2560)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการสัมภาษณ์พนักงานที่เกี่ยวข้องและการตรวจสอบการดำเนินการจากข้อมูลทุติยภูมิ พบว่าโรงงานได้มีการดำเนินการตามตัวชี้วัดการดำเนินการทางด้านสังคมตารางตารางที่ 5.2 การดำเนินการในขั้นต่อมาเพื่อสำรวจความพึงพอใจในการดำเนินการของโรงงานเป็นผลสะท้อนของประสิทธิภาพในการดำเนินการด้านสังคมของโรงงานว่าดำเนินการได้มีประสิทธิภาพน่าพึงพอใจเพียงใดสำหรับตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียกับโรงงาน ทั้งพนักงานขององค์กร ผู้บริโภคในฐานะลูกค้าของโรงงาน เจ้าหน้าที่ของรัฐ ชาวบ้านในชุมชนท้องถิ่นในบริเวณที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรม โดยเริ่มตั้งแต่การสอบถามความพึงพอใจในการดำเนินการทางด้านสังคมที่เกี่ยวกับพนักงานในตารางที่ 5.4

สรุปผลการใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์พนักงานขององค์กร

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างของคนงาน ลูกจ้าง

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนคน	ร้อยละ
เพศ (N=40)		
เพศชาย	17	42.5
เพศหญิง	23	57.5
ระยะเวลาในการทำงาน		
0-5 ปี	9	22.5
5-10 ปี	13	32.5
10-15 ปี	6	15
15-20 ปี	6	15
>20 ปี	6	15

ผลการประเมินความพึงพอใจของพนักงานที่ปฏิบัติงานในโรงงาน โดยผลความพึงพอใจทุกด้านอยู่ในระดับมากที่คะแนนเฉลี่ยของรายการประเมินคือ 4.178 โดยด้านที่มากที่สุดคือ ความพึงพอใจที่บริษัทไม่มีการบังคับใช้แรงงานที่ไม่เป็นธรรมและไม่มีการบังคับใช้แรงงานเด็กในระดับคะแนนมีคะแนนคือ 4.375 นอกจากนี้ยังไม่มีผลการประเมินทางด้านสังคมของพนักงานในข้อใดที่ต่ำกว่า 4.0 โดยเรียงลำดับตามคะแนนเฉลี่ยดังนี้

1. ความพึงพอใจที่บริษัทไม่มีการบังคับใช้แรงงานที่ไม่เป็นธรรม
2. ความพึงพอใจเกี่ยวกับมาตรการสุขภาพและความปลอดภัย
3. ความพอใจกับนโยบายการส่งเสริมความเท่าเทียมกันโดยไม่แบ่งแยกของบริษัท
4. นโยบายสร้างความมั่นคงทางสังคมของบริษัทที่เสนอกับพนักงาน
5. ความพึงพอใจทางด้านรายได้ที่เหมาะสมและเป็นธรรม
6. ความพึงพอใจในเรื่องสิทธิประโยชน์ต่าง ๆ ของบริษัทที่เสนอให้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ
7. จำนวนชั่วโมงในการอบรมเพียงพอ
8. เนื้อหาในการอบรมแต่ละครั้งสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาตนเองได้

ตารางที่ 5.5 ผลการประเมินความพึงพอใจของคนงาน ลูกจ้าง เกี่ยวกับการปฏิบัติงาน

ข้อ	รายการประเมิน	จำนวนราย						แปลความ
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	เฉลี่ย	
1	ความพึงพอใจในการทำงานที่บริษัท ไม่มีการบังคับใช้แรงงานที่ไม่เป็นธรรม (Force Labor) และปฏิบัติตามข้อกำหนดของกฎหมายแรงงาน	18 (45%)	20 (50%)	1 (2.5%)	1 (2.5%)	- (0%)	4.375	มาก-มากที่สุด
2	ความพึงพอใจในรายได้ที่เหมาะสมและเป็นธรรม	13 (32.5%)	22 (55%)	3 (7.5%)	2 (5%)	- (0%)	4.15	มาก
3	ความพึงพอใจในนโยบายการกำกับดูแลด้านสุขภาพ (Health) และมารตรการเกี่ยวกับความปลอดภัย (Safety) ในการปฏิบัติงานขององค์กร	15 (37.5%)	22 (55%)	1 (2.5%)	2 (5%)	- (0%)	4.25	มาก
4	พึงพอใจกับนโยบายด้านการสร้างความมั่นคงทางสังคมของบริษัทที่เสนอให้กับพนักงาน เช่น สิทธิประกันสุขภาพ ประกันสังคม การช่วยเหลืองานศพ การคลอดบุตร และอื่นๆ (Social Security)	13 (32.5%)	22 (55%)	3 (7.5%)	2 (5%)	- (0%)	4.15	มาก
5	พอใจกับนโยบายของบริษัทในการส่งเสริมโอกาสความเท่าเทียมกันในการปฏิบัติงาน เช่น เพศ เชื้อชาติ อายุ ศาสนา เป็นต้น (Diversity and Equal Opportunity)	11 (27.5%)	25 (62.5%)	4 (10%)	- (0%)	- (0%)	4.175	มาก
6	พึงพอใจกับสิทธิประโยชน์ต่างๆที่ท่านได้รับจากบริษัท (Benefit) ว่ามีความเหมาะสมและเพียงพอ	11 (27.5%)	23 (57.5%)	4 (10%)	2 (5%)	- (0%)	4.075	มาก
7	พึงพอใจกับการอบรมและการฝึกฝนให้กับพนักงานในบริษัทกับจำนวนชั่วโมงต่อปีในการฝึกอบรมให้กับพนักงาน	11 (27.5%)	23 (57.5%)	3 (7.5%)	2 (5%)	1 (2.5%)	4.025	มาก
8	พอใจกับเนื้อหาและประเด็นในการฝึกอบรมในแต่ละครั้งว่ามีความเกี่ยวข้องกับสายงานและสามารถนำความรู้จากการฝึกอบรมมาพัฒนาตนเองและองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ	11 (27.5%)	22 (55%)	5 (12.5%)	1 (2.5%)	1 (2.5%)	4.025	มาก
9.	ความพึงพอใจที่บริษัทดำเนินการตามนโยบายกฎหมายแรงงานเรื่องการไม่จ้างแรงงานเด็ก	18 (45%)	20 (50%)	1 (2.5%)	1 (2.5%)	- (0%)	4.375	มาก-มากที่สุด
รวมคะแนนรายการประเมิน							4.178	มาก

2) **ผู้บริโภค** โดยใช้ตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องคือ

- การเปิดเผยข้อมูลเพื่อเพื่อประโยชน์ของผู้บริโภคอย่างโปร่งใส
- นโยบายหรือมาตรการในการรักษาความลับของผู้บริโภค
- นโยบายด้านความปลอดภัยของผู้บริโภค

การสัมภาษณ์ลูกค้าของบริษัท

ลูกค้าของบริษัทที่สัมภาษณ์ได้แก่ ลูกค้าที่เป็นคู่ค้ากับองค์กร โดยซื้อเม็ดพลาสติก HDPE เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น เชือก และขวดพลาสติก โดยผลการดำเนินการเฉพาะเรื่องในด้านการเปิดเผยข้อมูลเรื่องความโปร่งใสและมาตรการรักษาความลับของลูกค้า พบว่า ลูกค้าของบริษัทให้ความไว้วางใจในเรื่องการเปิดเผยข้อมูลความโปร่งใสในระดับดี และมาตรการรักษาความลับของลูกค้าในระดับปานกลางเนื่องจากมีการเปิดเผยข้อมูลความลับบางอย่างของลูกค้า ดังตารางที่ 5.6 นอกจากนี้ในส่วนของการปฏิบัติตามข้อตกลงในการทำธุรกิจอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากบริษัทรู้สึกว่า หากเปรียบเทียบกับการซื้อขายกับบริษัทอื่นๆจะดีกว่า โดยเหตุผลหลักคือ บริษัทลูกค้ารู้สึกว่าการค้าขายกับบริษัทที่เป็นกรณีศึกษานั้นเป็นการค้ากำไรเกินควร เพราะการที่บริษัทกรณีศึกษาส่งขายให้บริษัทลูกค้าซึ่งเป็นบริษัทที่อยู่ในประเทศแต่กลับมีราคาสูงกว่าหน่วยละ 4 บาทต่อหน่วยของการขายให้กับต่างประเทศ และยังเห็นว่าบริษัทควรลดผลกระทบและพัฒนาด้านการลดผลกระทบในการผลิตเม็ดพลาสติกให้มากกว่าปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.6 สรุปการดำเนินการตัวชี้วัดด้านการดำเนินการประเมินผลกระทบด้านสังคมกับผู้บริโภค

ตัวชี้วัดการประเมินผลกระทบทางด้านสังคม	การดำเนินการ
การเปิดเผยข้อมูลเพื่อเพื่อประโยชน์ของผู้บริโภคอย่างโปร่งใส	● มีการเปิดเผยข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายผ่านระบบต่าง ๆ อย่างตรงไปตรงมา ถูกต้อง ครบถ้วน ทั้งข้อมูลการเงิน และข้อมูลที่ไม่ใช่การเงิน ผ่านช่องทางที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย มีความน่าเชื่อถือและสามารถตรวจสอบได้ง่ายซึ่งสอดคล้องกับหลักการกำกับดูแลกิจการที่ดีและกฎเกณฑ์ที่ตลาดหลักทรัพย์กำหนดไว้ ○ ระบบ Set Portal ของตลาดหลักทรัพย์ ○ แบบแสดงรายการข้อมูลประจำปี (แบบ56-1) ○ เว็บไซต์ของบริษัท ○ การประกาศในหนังสือพิมพ์ ○ รายงานประจำปี ● มีการเปิดเผยข้อมูลความโปร่งใสด้านภาษี ทั้งด้านกลยุทธ์ นโยบาย และรายงานการชำระภาษีเงินได้นิติบุคคล บนเว็บไซต์ขององค์กร
นโยบายหรือมาตรการในการรักษาความลับของผู้บริโภค	● มีนโยบายการรักษาความลับของผู้บริโภคตามจรรยาบรรณในการดำเนินธุรกิจ
นโยบายด้านความปลอดภัยของผู้บริโภค	● มีช่องทางการสำหรับการร้องเรียนที่เปิดเผยต่อสาธารณะอย่างโปร่งใส โดยแบ่งประเด็นการร้องเรียนเป็น 3 ประเด็นใหญ่ๆที่เกี่ยวข้อง คือ ○ การร้องเรียนจากชุมชนและสังคม ○ การร้องเรียนด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย และอาชีวอนามัย ○ การร้องเรียนเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ของบริษัท

หมายเหตุ: นโยบายการกำกับดูแลกิจการและจรรยาบรรณกลุ่มตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย(2563), รายงานความยั่งยืนแบบบูรณาการ(2560)

3) **สังคม** โดยตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง

- นโยบายการต่อต้านคอรัปชั่นในรูปแบบต่าง ๆ
- นโยบายหรือมาตรการเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

ผลการดำเนินการตัวชี้วัดด้านการดำเนินการประเมินผลกระทบด้านสังคมกับสังคมดังตารางที่ 5.7

การดำเนินงานของบริษัทด้านตัวชี้วัดผลกระทบทางด้านสังคมครบทุกตัวชี้วัดและผลสัมภาษณ์เชิงลึกทางด้านสังคมนั้นได้แบ่งรูปแบบการเก็บข้อมูลเป็นสองชุดคือ

- เจ้าหน้าที่รัฐส่วนกลาง โดยเก็บข้อมูลเจ้าหน้าที่รัฐที่เกี่ยวข้องกับโรงงาน ได้แก่ เจ้าหน้าที่รัฐของกรมอุตสาหกรรมในส่วนกลาง จำนวน 35 คน
- เจ้าหน้าที่รัฐท้องถิ่น โดยเก็บข้อมูลจากเจ้าหน้าที่รัฐในท้องถิ่น ได้แก่ ฝ่ายสิ่งแวดล้อมและเจ้าหน้าที่ท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนท้องถิ่นของเทศบาลตำบลมาบตาพุด และเทศบาลเมืองมาบตาพุดจำนวน 40 ชุด และคนในองค์กรอิสระ (NGOs) จำนวน 9 คน โดยสรุปดังตารางที่ 5.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.7 สรุปการดำเนินการตัวชี้วัดด้านการดำเนินการประเมินผลกระทบด้านสังคมกับสังคม

ตัวชี้วัดการประเมินผลกระทบทางด้านสังคม	การดำเนินการ
นโยบายการต่อต้านคอรัปชั่นในรูปแบบต่างๆ	• มีจรรยาบรรณทางธุรกิจ กำหนดนโยบายการกำกับดูแลให้เป็นไปตามกฎหมาย • มีโครงการฝึกอบรมเพื่อสร้างความรู้และความเข้าใจในด้านนโยบายและข้อกำหนดในการป้องกันและต่อต้านการทุจริต การให้หรือการรับของขวัญ ใช้ข้อมูลภายในและการรักษาความลับของบริษัทและหลักการสิทธิมนุษยชนของผู้บริหาร พนักงาน คู่ค้า ผู้รับเหมา บริษัทในกลุ่ม รวมถึงการติดตามกำกับดูแลการปฏิบัติงานของกลุ่มองค์กรในเครือข่ายเพื่อให้แน่ใจว่าดำเนินกิจการไปด้วยจรรยาบรรณที่ดีและปฏิบัติตามกฎหมายอย่างเคร่งครัด • การประกาศใช้นโยบายที่เกี่ยวข้องกับการทุจริตทั้งหมดได้แก่ ○ นโยบายต่อต้านการผูกขาดและการแข่งขัน (Antitrust law/Competition law policy) ○ นโยบายต่อต้านการคอรัปชั่น (Anti-Corruption) ○ นโยบายต่อต้านการรับสินบน (Anti-Bribery Policy) ○ นโยบายสิทธิมนุษยชน (Human Right Policy) ○ นโยบายทรัพย์สินทางปัญญา (Intellectual Property Policy) ○ นโบบายการต่อต้านการฟอกเงิน (Anti-Money Laundering) ○ นโยบายการรักษาความลับข้อมูล (Confidential of Information Policy) ○ กฎหมายและนโยบายที่เกี่ยวข้องกับโรงงานและธุรกิจ (Other Laws, Rules and Regulations Which Concern Bussiness) • ได้รับการรับรองเป็นสมาชิก Thailand's Private Sector Collective Action Coalition Against Corruption Participation Project (CAC)
นโยบายหรือมาตรการด้านการพัฒนาที่ยั่งยืน	• ทั้งกลยุทธ์ พันธกิจ และนโยบายการพัฒนาสอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนที่มีรากฐานมาจากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นวัตกรรม โดยสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ตลอดจนคำนึงถึงหลักการพัฒนาสิทธิมนุษยชนและความรับผิดชอบต่อสังคม เพื่อส่งเสริมการใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชนและสังคม ตลอดห่วงโซ่คุณค่า ผ่านระบบบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อม โครงการความรับผิดชอบต่อสังคมที่ยั่งยืน โดยสอดคล้องกับกลยุทธของบริษัท ในการสร้างความสมดุลด้วยหลักการพัฒนาที่ยั่งยืน (Balance Business with Sustainability) ภายใต้ระบบการจัดการ อาทิ ○ ระบบบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ○ ระบบบริหารจัดการพลังงานและกลยุทธ์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ○ ระบบควบคุมคุณภาพอากาศ ○ ระบบการจัดการของเสีย

	○ ระบบการบริหารจัดการน้ำ

หมายเหตุ: นโยบายการกำกับดูแลกิจการและจรรยาบรรณกลุ่มตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย(2563), รายงานความยั่งยืนแบบบูรณาการ(2560)

Chulalongkorn University
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.8 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างเจ้าหน้าที่รัฐส่วนท้องถิ่น

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนคน	ร้อยละ
เพศ (N=40)		
เพศชาย	10	25
เพศหญิง	30	75
อายุ		
20-30 ปี	7	17.5
30-40 ปี	18	45
40-50 ปี	12	20
>50 ปี	3	7.5

1) การสรุปผลการสัมภาษณ์ เจ้าหน้าที่รัฐส่วนกลาง (กรมอุตสาหกรรม)

การดำเนินการในตัวชี้วัดทางการต่อต้านคอรัปชั่นของบริษัทและองค์กร เจ้าหน้าที่รัฐที่เกี่ยวข้องที่รู้จักองค์กร จำนวน 27 คนไม่ทราบข้อมูลเกี่ยวกับนโยบายด้านการต่อต้านทุจริต มีเพียง 2 คนเท่านั้นที่เคยรับทราบและได้ยินข่าวเกี่ยวกับนโยบายกับด้านการต่อต้านการทุจริตของบริษัท และอีก 6 คน ไม่แน่ใจว่าบริษัทมีนโยบายดังกล่าวหรือไม่ในส่วนของการรับรู้เรื่องข้อมูลการทุจริตที่เกี่ยวกับบริษัท เจ้าหน้าที่ของรัฐจำนวน 29 คนไม่เคยได้ยินหรือรับทราบข้อมูลการทุจริตและ อีก 6 คนไม่แน่ใจว่าเคยรับทราบหรือไม่ แต่จากการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่าเจ้าหน้าที่รัฐให้ความเชื่อถือในด้านความโปร่งใส่ในระดับที่ดี และคิดว่าโปร่งใสตรวจสอบได้ ในส่วนของนโยบายความยั่งยืนนั้น เจ้าหน้าที่ของรัฐส่วนกลาง จำนวน 9 คน เคยได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับนโยบายที่สนับสนุนเกี่ยวกับมาตรการด้านความยั่งยืน และมีความคิดเห็นว่าการดำเนินนโยบายของบริษัทมีความเหมาะสมและพยายามมุ่งมั่นในการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังมีมุมมองว่า เป็นองค์กรขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก มีความเชื่อมั่นว่าบริษัทสามารถเป็นต้นแบบของการพัฒนาที่ยั่งยืนให้กับสังคมได้เป็นอย่างดี แต่อยากให้มีการประชาสัมพันธ์การดำเนินการในนโยบายด้านความยั่งยืนและการต่อต้านคอรัปชั่นในสื่อต่างๆเช่น เพิ่มความถี่และช่องทางในการประชาสัมพันธ์ให้มากกว่านี้ เพราะแม้แต่เจ้าหน้าที่รัฐที่เกี่ยวข้องโดยตรงและรู้จักกับบริษัทยังทราบข้อมูลไม่มากนักเกี่ยวกับการดำเนินนโยบายด้านความยั่งยืนและนโยบายเกี่ยวกับการต่อต้านคอรัปชั่น ดังผลการสำรวจในตารางที่ 5.9

2) การสรุปผลการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่รัฐส่วนท้องถิ่น

เจ้าหน้าที่รัฐส่วนท้องถิ่นนั้นที่ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นั้นคือเจ้าหน้าที่รัฐในฝ่ายสิ่งแวดล้อมของเทศบาลเมืองมาบตาพุดและเจ้าหน้าที่รัฐที่เกี่ยวข้องในเทศบาล โดยเจ้าหน้าที่ทั้งหมดรู้จักกับองค์กรเป็นอย่างดีมีหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งที่องค์กรจะต้องมาดำเนินการเรื่องต่างๆกับองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น โดยผลการสัมภาษณ์นั้นมีความแตกต่างกับเจ้าหน้าที่ส่วนกลางของกรมอุตสาหกรรม โดย เจ้าหน้าที่เกือบร้อยละ 50 รับทราบเกี่ยวกับนโยบายการต่อต้านทุจริตของบริษัทว่ามีการดำเนินการอย่างจริงจัง แต่ในขณะเดียวกันก็มีเจ้าหน้าที่ถึงร้อยละ 33 ที่เคยได้ยินหรือรับทราบข่าวที่เกี่ยวข้องกับความไม่โปร่งใสของการดำเนินการขององค์กรเช่นกัน เช่นการดำเนินการทำ CSR และข่าวการจัดซื้อจัดจ้างขององค์กร แต่ในส่วนของนโยบายที่เกี่ยวกับความยั่งยืนนั้นเจ้าหน้าที่รัฐส่วนท้องถิ่นได้รับทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการนโบบายด้านการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับความยั่งยืนเป็นอย่างดี โดยความคิดเห็นเกี่ยวกับการดำเนินนโยบายด้านการต่อต้านคอรัปชั่นและนโยบายด้านความยั่งยืนมีดังตารางที่ 5.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.9 ผลสำรวจความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่รัฐส่วนท้องถิ่นต่อการดำเนินงานของบริษัท

ข้อ	รายการประเมิน	จำนวนราย						แปลความ
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	
1	ความสามารถของบริษัทต่อการจัดการปัญหาในกรณีเกิดอุบัติเหตุที่ทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม	9 (22.5%)	15 (37.5%)	13 (32.5%)	3 (7.5%)	- (0%)	3.75	มาก
2	การเยียวยาผู้ที่ได้รับผลกระทบกรณีเกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม	10 (25%)	16 (40%)	11 (27.5%)	2 (5%)	1 (2.5%)	3.8	มาก
3	ดำเนินการได้เหมาะสมกับการดำเนินธุรกิจที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมควบคู่กับการพัฒนาสังคมตามหลักการพัฒนาที่ยั่งยืน	7 (17.5%)	21 (52.5%)	10 (25%)	2 (5%)	- (0%)	3.825	มาก
4	ความสามารถขององค์กรในการเป็นตัวอย่างขององค์กรด้านการพัฒนาที่ยั่งยืน	8 (20%)	16 (40%)	15 (37.5%)	1 (2.5%)	- (0%)	3.78	มาก
5	ความสามารถในการจัดการปัญหาความขัดแย้งที่เกิดขึ้นในสังคม เช่น ความขัดแย้งกับชาวบ้านในกรณีเกิดข้อร้องเรียนต่างๆที่เกี่ยวกับการดำเนินงานของบริษัท	9 (22.5%)	17 (42.5%)	11 (27.5%)	2 (5%)	1 (2.5%)	3.78	มาก
6	ความสามารถของบริษัทที่มีส่วนสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ	9 (22.5%)	19 (47.5%)	11 (27.5%)	1 (2.5%)	- (0%)	3.9	มาก
7	ความโปร่งใสในการดำเนินงานของบริษัท	8 (20%)	19 (47.5%)	12 (27.5%)	1 (2.5%)	- (0%)	3.85	มาก
8	ความมีประสิทธิภาพของนโยบายการต่อต้านคอรัปชั่นต่อการดำเนินงานของบริษัท	9 (22.5%)	16 (40%)	14 (35%)	1 (2.5%)	- (0%)	3.83	มาก
9	ความพึงพอใจต่อมาตรการที่ยั่งยืนของบริษัท	9 (22.5%)	17 (42.5%)	13 (32.5%)	1 (2.5%)	- (0%)	3.85	มาก
รวมคะแนนรายการประเมิน							3.81	มาก

ผลการประเมินเจ้าหน้าที่รัฐส่วนท้องถิ่น ได้แก่ เทศบาลเมืองมาบตาพุด ฝ่ายสิ่งแวดล้อม และองค์การบริหารส่วนตำบลมาบตาพุด ซึ่งเป็นที่ตั้งของการดำเนินกิจการของบริษัท โดยผลการประเมินเฉลี่ยในทุกข้อที่เกี่ยวข้องกับนโยบายต่อต้านคอรัปชั่นและนโยบายการพัฒนาที่ยั่งยืนอยู่ในเกณฑ์ มาก โดยคะแนนเฉลี่ยคือ 3.81 โดยคะแนนประเมินเรียงลำดับด้านที่มากที่สุดของบริษัทในมุมมองของพนักงานของรัฐคือ 1. ด้านความสามารถของบริษัทที่มีส่วนสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ 2. ความโปร่งใสในการดำเนินงาน 3. ความพึงพอใจด้านมาตรการความยั่งยืน 4. ความมีประสิทธิภาพของนโยบายต่อต้านคอรัปชั่น 5. การดำเนินธุรกิจแบบเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมควบคู่กับการพัฒนาที่ยั่งยืน 6. การเยียวยากรณีได้รับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการดำเนินงานของบริษัท 7. การเป็นตัวอย่างขององค์กรการพัฒนาที่ยั่งยืน 8. ความพึงพอใจด้านการจัดการปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยทัศนคติของเจ้าพนักงานของรัฐส่วนท้องถิ่นที่รู้จักโรงงานมีทัศนคติที่ดีกับการดำเนินการต่าง ๆ ของบริษัท

3) การสรุปผลสัมภาษณ์องค์กรอิสระ

องค์กรอิสระที่เกี่ยวข้องในการสัมภาษณ์คือ องค์กรอิสระที่เคยมีประสบการณ์เกี่ยวกับองค์กรหรือโรงงานจำนวน 9 คนโดยผลการสัมภาษณ์คือ เกือบทั้งหมดรับทราบนโยบายเกี่ยวกับความยั่งยืนขององค์กรและติดตามข่าวสารเกี่ยวกับกับพัฒนาองค์กรเพื่อความยั่งยืน แต่ในทางกลับกันไม่ได้รับทราบว่าบริษัทมีนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันหรือปราบปรามทุจริตในองค์กร โดยผลการสัมภาษณ์นั้นพบว่าประเด็นสำคัญคือเรื่อง การระมัดระวังด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่างๆในการผลิต เพราะในนิคมอุตสาหกรรมบางทีมีการตรวจสอบได้ยากและส่งผลกระทบต่อประชาชนโดยตรง โดยผลการประเมินขององค์กรอิสระแสดงในตารางที่ 5.10 และ 5.11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.10 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างองค์กรอิสระ

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนคน	ร้อยละ
เพศ (N=40)		
เพศชาย	0	0
เพศหญิง	9	100
อายุ		
20-30 ปี	4	44.44
30-40 ปี	2	22.22
40-50 ปี	2	22.22
>50 ปี	1	11.11

ตารางที่ 5.11 ผลสำรวจความพึงพอใจขององค์กรอิสระต่อการดำเนินงานของบริษัท

ข้อ	รายการประเมิน	จำนวนราย						แปลความ
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	
1	ความสามารถของบริษัทต่อการจัดการปัญหาในกรณีเกิดอุบัติเหตุที่ทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม	- (0%)	2 (22.22%)	7 (77.78%)	- (0%)	- (0%)	3.22	ปานกลาง
2	การเยียวยาผู้ที่ได้รับผลกระทบกรณีเกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม	- (0%)	7 (77.78%)	2 (22.22%)	- (0%)	- (0%)	3.78	มาก
3	ดำเนินการได้เหมาะสมกับการดำเนินธุรกิจที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมควบคู่กับการพัฒนาสังคมตามหลักการพัฒนาที่ยั่งยืน	- (0%)	9 (100%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	4.0	มาก
4	ความสามารถขององค์กรในการเป็นตัวอย่างขององค์กรด้านการพัฒนาที่ยั่งยืน	1 (11.11%)	8 (88.89%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	4.11	มาก
5	ความสามารถในการจัดการปัญหาความขัดแย้งที่เกิดขึ้นในสังคม เช่น ความขัดแย้งกับชาวบ้านในกรณีเกิดข้อร้องเรียนต่างๆที่เกี่ยวกับการดำเนินงานของบริษัท	- (0%)	4 (44.44%)	5 (55.56)	- (0%)	- (0%)	3.44	ปานกลาง
6	ความสามารถของบริษัทที่มีส่วนสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ	1 (11.11%)	6 (66.67%)	2 (22.22%)	- (0%)	- (0%)	3.89	มาก
7	ความโปร่งใสในการดำเนินงานของบริษัท	2 (22.22%)	4 (44.44%)	3 (33.33%)	- (0%)	- (0%)	3.89	มาก
8	ความมีประสิทธิภาพของนโยบายการต่อต้านคอรัปชั่นต่อการดำเนินงานของบริษัท	- (0%)	4 (44.44%)	5 (55.56๔)	- (0%)	- (0%)	3.44	ปานกลาง
9	ความพึงพอใจต่อมาตรการที่ยั่งยืนของบริษัท	1 (11.11%)	5 (55.56%)	4 (44.44%)	- (0%	- (0%)	4.11	มาก
รวมคะแนนรายการประเมิน							3.76	มาก

4) ชุมชนท้องถิ่น

ชุมชนท้องถิ่นคือเขตบริเวณที่ตั้งในเขตที่โรงงานและบริษัทได้ดำเนินกิจการอยู่ โดยมีชุมชนและหมู่บ้าน ตลาดบริเวณโดยรอบบริเวณเขตนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดระยอง

(1) ความเอื้ออาทรต่อชุมชน

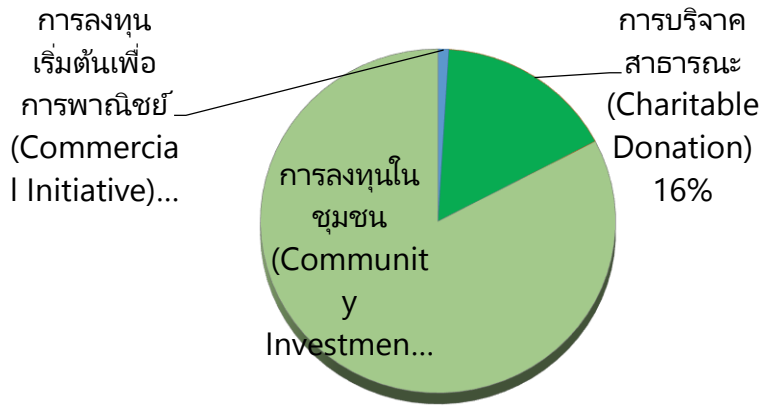
องค์กรได้ดำเนินการในการทำความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมขององค์กร (Corporate Social Responsibility: CSR) ตามเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติ โดยใช้หลักการ G-BEST ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.12 หลักการการดำเนินงานด้านความรับผิดชองต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมขององค์กร (รายงานความยั่งยืนแบบบูรณาการ, 2560)

CSR WAY	Definition
Good Citizenship	-Responsibility/Accountability -Good Governance -Transparency -Equality
Better Living	-Better Economic Status -Better Social Well-Being, Including Health
Ecology	-Sustainable Impacts -Balance -Environment
Sharing	-Align /Support to Business Strategy (Process and Product) -Issue Management/ Risk Prevention and Mitigation - Creating Shared Value (CSV) with Shared Return to Company -Sharing Expertise
Togetherness	-Address Stakeholder expectation -Stakeholder Involvement -Relation/ Networking/ Trust

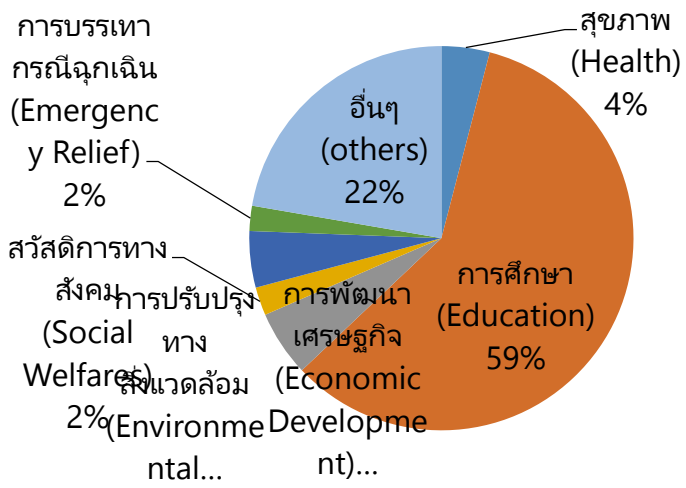
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยหลักการของ G-BEST เป็นแนวคิดแม่แบบในการดำเนินการเพื่อเพิ่มศักยภาพและการเจริญเติบโตขององค์กรในสังคม ที่นำประเทศไทยไปสู่การพัฒนาทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยผ่านโครงการในการช่วยเหลือและสนับสนุนชุมชนโดยรอบจังหวัดในรูปแบบต่างๆ เช่น โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์พลาสติกเพื่อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โครงการกระสอบพลาสติกแบบมีปีกเพื่อบรรเทาธรณีพิบัติภัย โครงการถังน้ำสะอาด Innoplus เพื่อใช้ในการกักเก็บน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค โครงการชุมพล สร้างเชฟชุมชน โครงการสายใยซั้งเชือกเพื่อสร้างแหล่งอาศัยสัตว์น้ำ โครงการประชารัฐด้านการศึกษาเพื่อพัฒนาบุคลากรการศึกษาและรูปแบบการเรียนการสอน โดยรูปแบบโครงการและกิจกรรมเพื่อสังคมในปี พ.ศ. 2560 เป็นดังนี้



รูปที่ 5.1 อัตราส่วนของชนิดการลงทุนและการบริจาคเพื่อกิจกรรมสาธารณประโยชน์ทางสังคม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 5.2 อัตราส่วนของชนิดกิจกรรมเพื่อสังคมที่โรงงานดำเนินการ

โดยจำนวนเงินที่ใช้ในโครงการและกิจกรรมเพื่อสังคมทั้งหมดคือ 243.64 ล้านบาท และจำนวนชั่วโมงในการที่พนักงานดำเนินการในกิจกรรมและโครงการเพื่อสังคมคือ 26,870 ชั่วโมงโดยร้อยละ 86 ดำเนินการในพื้นที่จังหวัดระยองและร้อยละ 14 เป็นเขตบริเวณพื้นที่จังหวัดอื่น ๆ โดยในอนาคตจะขยายการดำเนินการมีเป้าหมายที่เขตจังหวัดระยองร้อยละ 75 และพื้นที่จังหวัดอื่น ๆ เป็นร้อยละ 25 โดยระดับความพึงพอใจโดยรวมของสังคม เป็นดังนี้

ตารางที่ 5.13 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างของประชาชนในชุมชน

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนคน	ร้อยละ
เพศ (N=40)		
เพศชาย	22	37
เพศหญิง	38	63
ระยะเวลาการพักอาศัยอยู่ในเขตชุมชน		
0-5 ปี	11	18.33
5-10 ปี	6	10
10-15 ปี	10	16.67
15-20 ปี	11	18.33
>20 ปี	22	36.67

ผลคะแนนประเมินในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับชุมชนท้องถิ่นคือด้านความเอื้ออาทรต่อชุมชน ผลรวมคะแนนประเมินเฉลี่ยคือ 3.35 ในระดับปานกลาง โดยด้านที่มากที่สุดคือ ความรับผิดชอบต่อ

ชุมชนในการดำเนินธุรกิจของบริษัท โดยในด้านรองลงมาคือ ความพึงพอใจในการดูแลช่วยเหลือชุมชนของบริษัท และความสัมพันธ์อันดีกับบริษัท โดยคะแนนที่น้อยที่สุดคือ ความพึงพอใจในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานของโรงงานที่เกิดผลกระทบต่อชุมชน นอกจากนี้ชาวบ้านในชุมชนได้รับรู้ว่าบริษัทติดต่อให้ความช่วยเหลือกับชุมชนท้องถิ่นมาตลอด โดยบริษัทให้ความช่วยเหลือในหลาย ๆ เรื่อง เช่น อุปกรณ์กีฬา หน่วยช่วยเหลือเคลื่อนที่ หน่วยแพทย์เคลื่อนที่ สิ่งปลูกสร้างเพื่อสาธารณะประโยชน์ ศาลาสาธารณประโยชน์แต่มีประเด็นในการทำ CRS ที่เกี่ยวข้องกับบริษัทโดยตรง และเรื่องการจัดการสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในนิคมอุตสาหกรรรมที่มีบริษัทในเครือตั้งอยู่รวมถึงบริษัทอื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยมีประเด็นดังนี้

(2)การทำ CSR

- การช่วยเหลือในด้านกองทุน ประชาชนต้องการให้กองทุนเข้าถึงประชาชนให้มากกว่านี้ เพราะประชาชนรู้สึกว่าผลประโยชน์ตกอยู่เพียงกับกลุ่มผู้นำและคณะกรรมการที่เกี่ยวข้องเท่านั้น
- การทำ CSR อยากให้ประชาสัมพันธ์มากขึ้นและเข้ามาดำเนินการในวันที่ประชาชนไม่ได้ทำงาน เพราะหลายๆครั้งประชาชนไม่ได้รับทราบ
- การช่วยเหลือทั่วไปประชาชนอยากให้ครอบคลุมมากกว่านี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.14 ผลสำรวจความพึงพอใจของชุมชนท้องถิ่นต่อการดำเนินงานของบริษัท

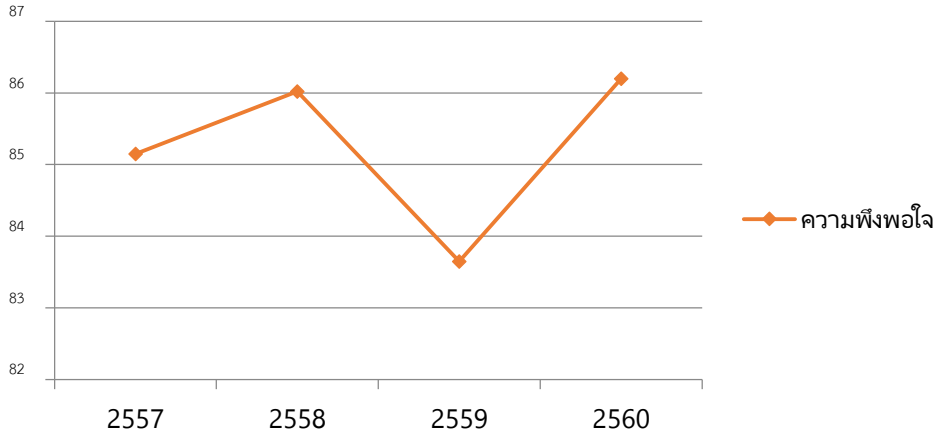
ข้อ	รายการประเมิน	จำนวนราย						แปลความ
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	
1	ความพึงพอใจในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากกรณีการดำเนินงานของโรงงานที่เกิดผลกระทบต่อชุมชน	7 (11.67%)	21 (35%)	19 (31.67%)	10 (16.67%)	3 (5%)	3.32	ปานกลาง
2	ความพึงพอใจกับการดูแลและช่วยเหลือชุมชน ในรูปแบบต่างๆของโรงงาน	11 (18.33%)	19 (31.67%)	17 (28.33%)	7 (11.67%)	6 (10%)	3.37	ปานกลาง
3	ชุมชนของมีความสัมพันธ์อันดีกับโรงงาน	10 (16.67%)	16 (26.67%)	23 (38.33%)	7 (11.67%)	4 (6.67%)	3.35	ปานกลาง
4	ความรับผิดชอบต่อสังคมในการดำเนินธุรกิจ	11 (18.33%)	18 (30%)	19 (31.67%)	7 (11.67%	5 (8.33%)	3.38	ปานกลาง
รวมคะแนนรายการประเมิน							3.35	ปานกลาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3)ด้านสิ่งแวดล้อม

- ควรมีการควบคุมเรื่องกลิ่น เสียง จากกระบวนการผลิตเพราะชาวบ้านยังได้รับผลกระทบโดยรวมจากนิคมอุตสาหกรรม
- ควรมีการตรวจสอบเรื่องการนำของเสียไปทิ้งในที่ต่าง ๆ
- ชาวบ้านทราบเรื่องแก๊สรั่วไหลบ่อย ๆ แต่ทางนิคมอุตสาหกรรมที่บริษัทตั้งอยู่มีการปกปิดเรื่องราว
- ชาวบ้านยังพบมีการลักลอบปล่อยของน้ำเสียลงทะเลอยู่ อยากให้มีการปรับปรุงแก้ไข

โดยระดับความพึงพอใจทางสังคมโดยรวมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 – พ.ศ. 2560 มีผลการสำรวจค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 85.25



รูปที่ 5.3 การสำรวจความพึงพอใจของชุมชนกับโรงงานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 – พ.ศ. 2560 (รายงานความยั่งยืนแบบบูรณาการ, 2560)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2 สรุปผลการสัมภาษณ์

จากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดทางด้านสังคม โดยมีผู้เกี่ยวข้องทั้งหมด 4 กลุ่ม ได้แก่ 1. คนงาน คือ พนักงานประจำผู้ที่ปฏิบัติงานในบริษัท 2. ผู้บริโภค คือ ลูกค้าของบริษัท 3. สังคม คือ เจ้าหน้าที่ของรัฐส่วนกลาง เจ้าหน้าที่ของรัฐส่วนท้องถิ่น และองค์กรอิสระ 4. ชุมชน คือ ชาวบ้านในท้องถิ่นบริเวณเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด โดยผลการสรุปการสัมภาษณ์แสดงดังรูปที่ 5.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 5.4 สรุปผลการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องสำหรับการประเมินผลกระทบทางสังคม

5.3 การร้องเรียนจากการดำเนินการ

การดำเนินการของโรงงานมีการร้องเรียนในหลายกรณีแม้โรงงานจะมีความพยายามในการป้องกันผ่านทางนโยบายและมาตรการต่างๆและเมื่อเกิดข้อร้องเรียนจะมีการตรวจสอบและดำเนินการแก้ไขอย่างเป็นระบบ โดยจากการสำรวจพบกรณีร้องเรียนตลอดปี 2560 ดังนี้

1) ข้อร้องเรียนด้านจรรยาบรรณธุรกิจ จำนวน 8 เรื่อง

2) ข้อร้องเรียนด้านสิ่งแวดล้อมจำนวน 1 เรื่อง ในกรณีของกลิ่นรำคาญที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

3) ข้อร้องเรียนเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ของโรงงาน 68 เรื่อง โดยส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับเรื่องบรรจุภัณฑ์เม็ดพลาสติกของโรงงานที่พบการฉีกขาด ชำรุด

โดยหากเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2558 และ พ.ศ.2559 มีข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.15 การรับเรื่องร้องเรียนกับการดำเนินงานของโรงงาน

ชนิดการร้องเรียน	พ.ศ.2558	พ.ศ.2559	พ.ศ. 2560
การร้องเรียนทางด้านสังคมและชุมชน	3	3	0
การร้องเรียนทางด้านสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย	0	11	1
การร้องเรียนด้านการผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์	33	82	68
รวมจำนวนกรณีเรียกร้อง	36	96	69

จากการสำรวจการร้องเรียนจากการดำเนินงานของโรงงานพบว่าการร้องเรียนที่มากที่สุดคือการร้องเรียนในด้านผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ จากการวิเคราะห์จากสาเหตุการร้องเรียนพบว่าเนื่องจากผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกของบริษัทส่งขายในปริมาณมากและมีลูกค้าจำนวนมากทำให้เกิดความเสียหายระหว่างการดำเนินการขนส่งหรือข้อผิดพลาดระหว่างการผลิตในส่วนของข้อเรียกร้องที่เกี่ยวกับสังคมและชุมชนมีข้อเรียกร้องเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยพบว่าในปี พ.ศ.2559 นั้นมีการเรียกร้องด้านสิ่งแวดล้อมและทางด้านผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ที่มากกว่ากว่าปีอื่นทำให้การดำเนินการในปี พ.ศ.2560 โรงงานพยายามดำเนินการในขั้นตอนต่างๆอย่างรัดกุมมากขึ้น นอกจากนี้มีกรณีในปี พ.ศ.2556-2557 เป็นอุบัติเหตุน้ำมันรั่วไหลจากทุ่นรับน้ำมันซึ่งเป็นต้นทางวัตถุดิบของการผลิตเม็ดพลาสติก ส่งผลให้น้ำมันดิบรั่วไหลกว่า 50 ตันส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเลและชายฝั่งตลอดจนผลกระทบทางสังคมและเศรษฐกิจของธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับทางทะเลในบริเวณนั้น ชาวบ้านกว่า 454 คนได้ยื่นฟ้องกรณีดังกล่าวและโรงงานต้องเยียวยาชดใช้ค่าเสียหายเป็นจำนวนมาก ทำให้ภาพลักษณ์ของบริษัทในการกำกับและดูแลด้านสิ่งแวดล้อมแย่ลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
แนวทางการลดผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต

6.1 แนวทางการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมด้านเทคโนโลยี

6.1.1 การเลือกใช้วัตถุดิบ

จากผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมพบว่า วัตถุดิบที่ใช้เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง และเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ คือ เอทีลีน ซึ่งใช้วัตถุดิบหลัก 2 ชนิดที่ใช้ในการผลิตเอทีลีน คือ อีเทนและแนฟทา

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้อีเทนและแนฟทาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทีลีน พบว่าการใช้อีเทนเป็นวัตถุดิบทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพในด้าน Carcinogen, Non-carcinogen และ Respiratory Inorganics 1.04 C_2H_3Cl eq, 6.37x 10^{-2} kg C_2H_3Cl eq และ 1.87x10^{-3} kg PM2.5 eq ตามลำดับ โดยค่าผลกระทบนั้นจะสูงกว่าการใช้แนฟทาที่มีค่าผลกระทบประมาณ 1.44x10^{-2} kg C_2H_3Cl eq, 1.01x10^{-2} kg C_2H_3Cl และ 1.39x10^{-3} kg PM2.5 eq ตามลำดับ ในทางกลับกันการใช้อีเทนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้าน Global Warming และ Non-renewable Energy ต่ำกว่าการใช้แนฟทาเป็นวัตถุดิบมาก โดยมีค่าเท่ากับ 0.301 kg CO_2 eq และ 94.4 MJ primary ตามลำดับ โดยผลกระทบดังกล่าวจะต่ำกว่าการใช้แนฟทาเป็นวัตถุดิบที่มีค่าผลกระทบ 0.909 kg CO_2 eq และ 129 MJ primary ตามลำดับ ดังนั้นหากโรงงานต้องการลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้วัตถุดิบ โรงงานอาจเลือกใช้วัตถุดิบจากแนฟทาเพิ่มขึ้นได้หรือหากโรงงานต้องการลดผลกระทบด้าน Global warming และ Non-renewable energy ก็อาจเลือกใช้วัตถุดิบอีเทนมากขึ้นได้เช่นกัน

6.1.2 การลดการใช้วัตถุดิบและพลังงาน

การเสนอแนวทางในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตเม็ดพลาสติก HDPE และ LDPE ควรเน้นไปที่การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการใช้ทรัพยากรตามหลักการ 3R เพื่อลดผลกระทบในแต่ละด้านให้ลดลง โดยสิ่งที่ดำเนินการในการผลิตในบางเทคโนโลยีแล้ว เช่นมาตรการการอนุรักษ์พลังงาน การใช้ระบบเยื่อกรองในการแยกสารผลิตภัณฑ์ การใช้เทคโนโลยีการเร่งปฏิกิริยา เทคโนโลยีเหล่านี้ได้เพิ่มกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีการใช้พลังงานและวัตถุดิบในการผลิตที่คุ้มค่ามากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ยังมีเทคโนโลยีที่โรงงานควรดำเนินการในอนาคตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการใช้วัตถุดิบและพลังงานที่ดียิ่งขึ้น เช่น

- การผลิตเม็ดพลาสติกชีวมวล แทนการผลิตจากปิโตรเคมี สามารถลดการใช้วัตถุดิบปิโตรเคมี การใช้พลังงานและลดก๊าซเรือนกระจก (Yu et al, 2008)
- เทคโนโลยีการผลิตเอทีลีนจากเอทานอล (Ethanok-To-Ethylene:ETE) การผลิตเอทานอลจากชีวภาพเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทีลีนจะสามารถลดการใช้วัตถุดิบปิโตรเลียมในการผลิตเอทีลีนและเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์เอทีลีนที่ได้จากกระบวนการผลิต (Zhang & Yu ,2013)
- เทคโนโลยีการผลิตโอเลฟินส์จากเมทานอล (Methanol-To-Olefins, MTO) การผลิตเมทานอลจากชีวมวล เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์ โดยประสิทธิภาพจะสามารถลดการใช้วัตถุดิบปิโตรเลียม คือ แนฟทา และก๊าซธรรมชาติ (IEA-ETSAP & IRENA ,2013)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.1.3 แนวทางการลดผลกระทบด้าน Non-Renewable Energy

การผลิตเม็ดพลาสติกในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีการใช้พลังงานสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนของการผลิตเอทีลีนในส่วนของการแตกตัววัตถุดิบแนฟทาและก๊าซธรรมชาติ สัดส่วนการใช้พลังงานในห่วงโซ่ผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมพบว่า อุตสาหกรรมผลิตเอทีลีนมีสัดส่วนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงเผาไหม้ร้อยละ 76 และพลังงานไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าร้อยละ 24 ส่วน ส่วนอุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกนั้นมีการใช้พลังงานไฟฟ้าและไอน้ำสูงถึงร้อยละ 99 โดยผลกระทบส่วนใหญ่ด้าน Non-renewable energy ส่วนใหญ่จึงเกิดจากการผลิตเอทีลีนที่มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและวัตถุดิบฟอสซิล ทำให้แนวทางในการลดผลกระทบด้าน Non-Renewable Energy จึงเน้นไปที่การลดใช้พลังงานและเชื้อเพลิง รวมทั้งวัตถุดิบในการผลิตเอทีลีน นอกจากนี้การใช้พลังงานทางเลือก

ต่างๆ ก็เป็นการใช้พลังงานที่ลดผลกระทบได้และยังลดต้นทุนได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งจะสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

1) การลดใช้พลังงาน

(1) พลังงานทดแทน

- การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน

ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดิบที่ใช้เป็นวัตถุดิบใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกและในรูปการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลนั้นถูกคาดการณ์ว่าจะหมดลงในอีก 30 ปีข้างหน้า แนวทางประการหนึ่งที่จะสามารถลดปัญหาที่เกิดขึ้นคือการใช้พลังงานทดแทน หรือพลังงานทางเลือก (Alternative energy) โดยพลังงานทางเลือกที่เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบันเช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล เป็นต้น เพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558- 2579 (PDP, 2015) ของกระทรวงพลังงานที่กำหนดให้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนดังกล่าวข้างต้น (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2558) เป็นแนวทางที่เหมาะสมกับโรงงานที่มีการผลิตไฟฟ้าใช้เองในกระบวนการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนของการผลิตเม็ดพลาสติกที่ส่วนใหญ่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานที่ได้จากการผลิตเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยแนวทางการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนจะช่วยลดทั้งการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- พลังงานหมุนเวียนในรูปของมีเทนเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต

พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) พลังงานที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่อย่างต่อเนื่อง โดยพลังงานหมุนเวียนนั้นจัดเป็นพลังงานทางเลือกรูปแบบหนึ่งที่เป็นที่นิยม โดยรูปแบบที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก โดยเฉพาะในกระบวนการผลิตเอทีลีนที่ต้องใช้พลังงานสูงในการแตกตัววัตถุดิบอย่างแนฟทาและอีเทนด้วยความร้อนและไอน้ำ คือพลังงานหมุนเวียนในรูปมีเทน (CH_4) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ (CO_2) เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบหรือเชื้อเพลิงในการผลิตเอทีลีน การผลิตมีเทนจากการใช้เทคโนโลยีดักจับก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ (Carbon dioxide capture and storage, CCS) จากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง เพื่อนำไปทำปฏิกิริยากับก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากกระบวนการผลิตด้วย

กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส (Electrolysis) โดยใช้กระแสไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ (Solar Cell) สำหรับมีเทนที่ได้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหม้อน้ำหรือเตาเผาไหม้ รวมทั้งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทีลีน ดังนั้นแนวทางนี้จึงเป็นแนวทางที่ช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศได้ (Hashimoto et al., 2016)

(2) การลดการใช้พลังงาน

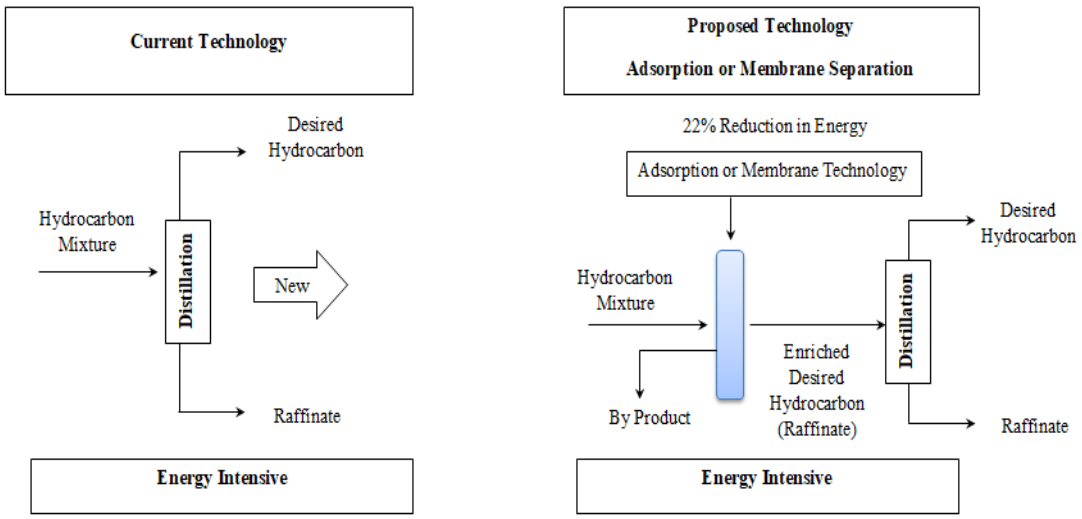
○ การอนุรักษ์พลังงาน

การอนุรักษ์พลังงานเป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตที่โรงงานมีการดำเนินการมาอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นแนวทางที่ใช้เงินลงทุนค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับการดำเนินแนวทางอื่น และประกอบกับมีระยะเวลาการคืนทุนค่อนข้างเร็ว

○ การใช้ระบบเยื่อกรอง

การใช้ระบบเยื่อกรองในกระบวนการผลิตต่าง ๆ เช่น การผลิตพอลิเมอร์ (พอลิโพรพิลีน)หรือสารอนินทรีย์ โดยใช้ในขั้นตอนการแยกสารโอเลฟินส์และพาราฟินส์ (Olefin/Parafin, C2/C3) การแยกไฮโดรเจนเพื่อหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่และการแยกเขม่ากับน้ำ (Coke/Water Purification) เป็นต้น ดังรูปที่ 4.38 แนวทางนี้จะช่วยเพิ่มความสามารถในการซึมผ่านให้สูงขึ้น ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานในขั้นตอนการแยกสาร C2 และ C3 ได้ถึงร้อยละ 22 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.1 การใช้เทคโนโลยีระบบเยื่อกรองในกระบวนการแยกสาร

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)

2) การลดใช้วัตถุดิบ

(1) การนำขยะพลาสติกมาใช้ใหม่

การลดใช้วัตถุดิบปิโตรเลี่ยมสามารถลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้โดยตรง เพราะการรีไซเคิลสามารถลดการใช้วัตถุดิบใหม่ได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ทำการประเมินนั้นเป็นพลาสติกที่สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่ได้ (Thermoplastic) กระบวนการรีไซเคิลที่นำมาประยุกต์ใช้จึงเป็นการนำมาหลอมเหลวและขึ้นรูปใหม่เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยขั้นตอนการรีไซเคิลจะเริ่มต้นจากการคัดแยกพลาสติกที่ใช้แล้ว จากนั้นจะนำมาทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนและเข้าสู่กระบวนการขนส่งไปยังโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกเพื่อทำการหลอมเหลวและผลิตเป็นเม็ดพลาสติกใหม่และนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกต่อไป (EPA, 2015) นอกจากการรีไซเคิลผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังมีการรีไซเคิลผลิตภัณฑ์ HDPE และ LDPE ได้ในรูปแบบเพิ่มเติม คือการโพโรไลซิส HDPE และ LDPE โดยสามารถใช้เทคโนโลยีการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาในสภาพฟลูอิไดซ์ (Fluid Catalytic Cracking, FCC) ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องเช่น โพรเพน อีเทน และสารประกอบจำพวกสารไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนอะตอม 6-15 อะตอม ซึ่งสามารถหมุนเวียนกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบหรือเชื้อเพลิงในการผลิตเอทีลีนได้ใหม่ นอกจากนี้ยังเกิดผลิตภัณฑ์อีกหลายชนิดที่สำคัญ อาทิ เอทีลีน โพรพีลีน และอะโรเมติกส์ เป็นต้น โดยสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรีไซเคิลแต่ละชนิดนั้นจะขึ้นอยู่กับพลาสติกที่นำมารีไซเคิล เช่น รีไซเคิล LDPE จะทำให้เกิดอีเทนและเอทีลีนเพียง 0.004 และ 0.003 wt.% ของพอลิเมอร์ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการรีไซเคิล HDPE ที่ทำให้เกิดอีเทนและเอทีลีนเพียง 0.002 wt.% ของพอลิเมอร์ ดังนั้นแนวทางนี้จะช่วยลดการใช้วัตถุดิบและเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตและลดปริมาณของของเสียที่ต้องกำจัด รวมทั้งช่วยลดผลกระทบทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ เนื่องจากไม่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ (CO_2) และก๊าซคาร์บอนมอนอ๊อกไซด์ (CO) สู่สิ่งแวดล้อม (Achilias et al., 2007)

(2) การผลิตพลาสติกชีวภาพ (Bioplastic)

แนวทางการผลิตพลาสติกชีวภาพหรือไบโอพลาสติก เกิดจากหรือไบโอพลาสติก เกิดจากการรีไซเคิลพลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเคมีที่ต้องใช้พลังงานสูงที่จะทำให้พลาสติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บริสุทธิ์และไม่คุ้มทุน นอกจากนี้การใช้ไบโอพลาสติกมีข้อดีในด้านความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ โดยกลุ่มของพลาสติกชีวภาพสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มได้แก่

- กลุ่มโพลิเอสเตอร์ (Polyester) แบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยตามวัตถุดิบและกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ได้แก่ พอลิเมอร์ (Polymer) ที่สกัดจากชีวมวลโดยตรง พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์จากกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั่น (Polymerization) และพอลิเมอร์ที่ผลิตจากจุลินทรีย์
- กลุ่มแป้ง (Strach-based Polymer) เป็นไบโอพลาสติกที่นิยมใช้กันมากทั้งในรูปแบบของถาดหรือจาน เนื่องจากเป็นพลาสติกที่สามารถละลายน้ำได้ ไม่กอให้เกิดมลพิษ และยังสามารถถูกกำจัดโดยใช้จุลินทรีย์ภายใน 10 วัน แต่อาจเกิดผลกระทบในแง่ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อม
- กลุ่มอื่น ๆ เช่น Casein Formaldehyde ซึ่งได้จากการสังเคราะห์โปรตีนจากธรรมชาติ อาทิ นม ถั่วเหลือง เป็นต้น โดยไบโอพลาสติกในกลุ่มนี้มักอยู่ในรูปของกระดุม หมุด ด้ามคันร่ม โดยไบโอพลาสติกชนิดนี้จะไม่นิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์สำหรับบรรจุอาหาร (Arikan & Ozsoy, 2015)

สำหรับแนวทางการผลิตไบโอพลาสติกส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมหลายด้าน ได้แก่

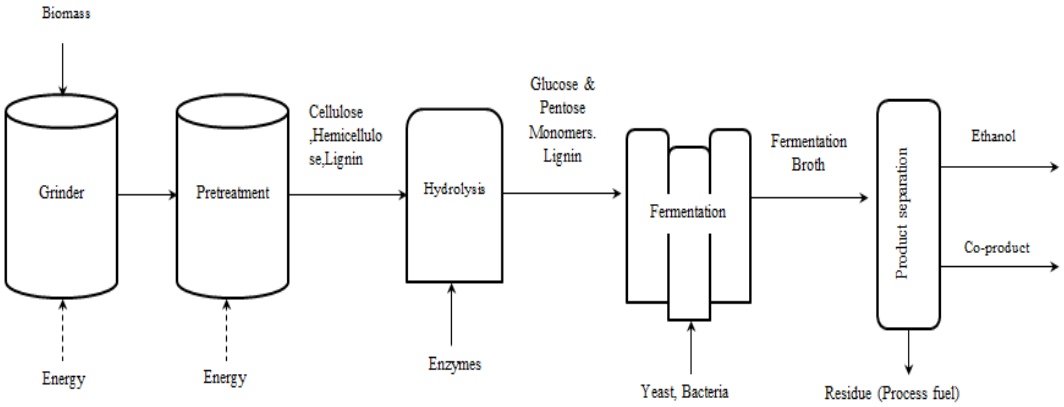
- การใช้ไบโอพลาสติกสามารถลดการปล่อยคาร์บอนที่จะส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนได้
- การใช้ไบโอพลาสติกสามารถลดการใช้ทรัพยากรพวกวัตถุดิบปิโตรเคมีโดยหันมาใช้วัตถุดิบทางการเกษตรที่สามารถหาได้ง่ายกว่าเช่น ข้าวโพดและอ้อย
- การผลิตพลาสติกจากไบโอพลาสติกนั้นใช้พลังงานในการผลิตโดยรวมต่ำกว่าเมื่อเทียบกับพลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเคมี โดยไบโอพลาสติกที่ผลิตจากปริมาณจุลินทรีย์อย่าง Polyhydroxuyalkanoates หรือ PHA มีความต้องการใช้พลังงานประมาณ 44 MJ/kg ในขณะที่พลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเตมีใช้พลังงานสูง 77-88 MJ/kg
- การใช้ไบโอพลาสติกเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไบโอพลาสติก เช่น PHA ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกประมาณ 0.49 kg CO_2/kg ในขณะที่พลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเตมีก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง 2-3 kg CO_2/kg แต่ใช้ไบโอพลาสติกนั้นยังมีข้อเสียในเรื่องต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าพลาสติกที่ผลิตจากวัตถุดิบปิโตรเคมี

Chulalongkorn University

นอกจากนี้ยังอาจเกิดการปนเปื้อนในกระบวนการรีไซเคิลไบโอพลาสติกด้วยหากไม่จัดการการรีไซเคิลให้มีคุณภาพ สิ่งที่เป็นผลกระทบด้านลบคือวัตถุดิบทางด้านอาหารที่นำมาผลิตที่อาจส่งผลต่อปริมาณต่อวัตถุดิบอาหารจำพวกนี้

3) เทคโนโลยีการผลิตเอทีลีนจากเอทานอล(Ethanol-To-ethylene, ETE)

แนวทางนี้ยังเป็นการใช้เอทานอลที่ได้จากการใช้ชีวมวลที่มีแป้งและน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ อ้อย และข้าวโพด มาจากกระบวนการหมัก (Fermentation) เพื่อเปลี่ยนเป็นเอทานอลโดยตรงหรือการใช้ชีวมวลจำพวกลิกโนเซลลูโลสมาผ่านกระบวนการไฮโดรลิซิส (Hydrolysis) หรือกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ก่อนเข้าสู่กระบวนการหมัก (Ren & Patel, 2009) จากนั้นเอทานอลที่ได้จะผ่านเข้าสู่กระบวนการดีไฮเดรชั่น (Dehydration) เพื่อกำจัดออก และส่งเข้าสู่กระบวนการทำให้เอทีลีนบริสุทธิ์ต่อไป ดังรูปที่ 6.2 โดยแนวทางนี้อาจไม่สามารถช่วยลดการใช้พลังงานลงได้เมื่อเทียบกับการผลิตเอทีลีนจากกระบวนการแตกตัวด้วยไอน้ำหรือความร้อนที่ใช้ในปัจจุบัน แต่ช่วยเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์เอทีลีนมากขึ้นถึงร้อยละ 94-99 โดยอัตราการเพิ่มนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆในการเดินระบบ เช่น อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาและความดันในการเดินระบบเป็นต้น (Zhang & Yu, 2013) ถือเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดการใช้วัตถุดิบปิโตรเลียมในการผลิตเอทีลีน เนื่องจากใช้ชีวมวลเป็นวัตถุดิบตั้งต้น และได้ผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น



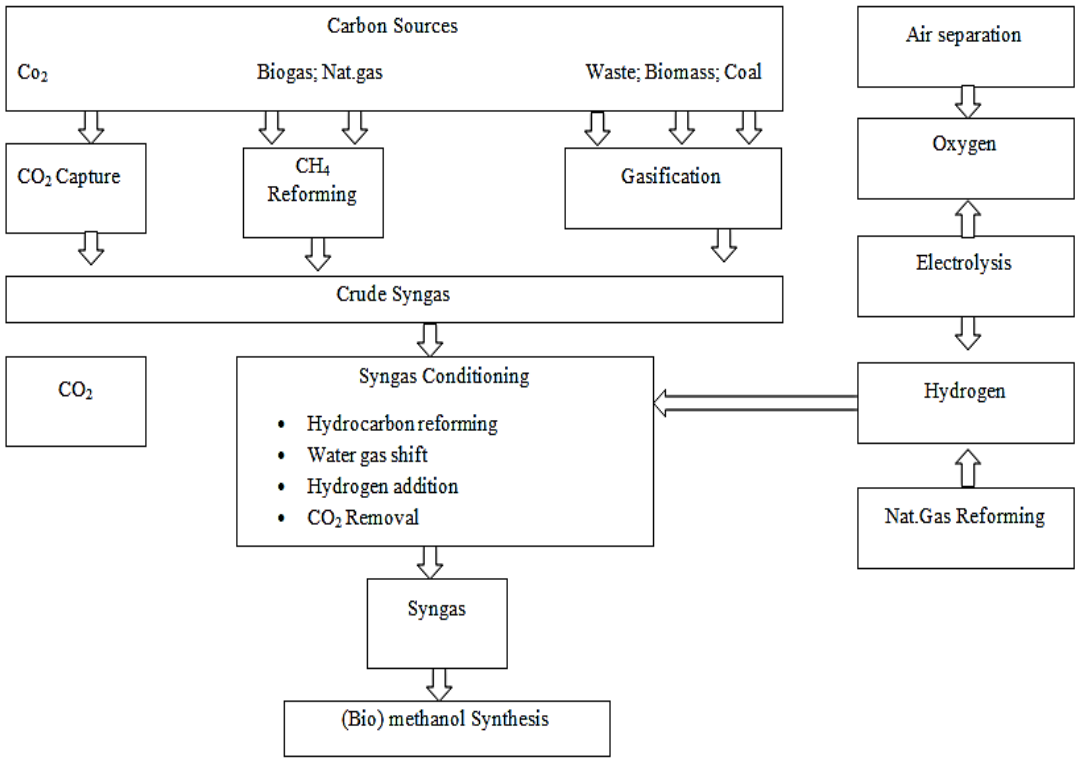
รูปที่ 6.2 กระบวนการผลิตเอทานอลจากการใช้ชีวมวลพวกลิกโนเซลลูโลสเป็นวัตถุดิบ (Ladisch et al., 2013)

4) เทคโนโลยีการผลิตโอเลฟินส์จากเมทานอล (Methanol-To-Olefins, MTO)

เทคโนโลยีการใช้เมทานอลที่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิลหรือก๊าซธรรมชาติ รวมทั้งวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ชีวมวล ไบโอแก๊ส และก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์นำมาผลิต

เป็นสารโอเลฟินส์ โดยลักษณะของเทคโนโลยีนั้นมีความแตกต่างกันตามวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตเมทานอล เช่น กรณีที่ใช้ชีวมวลเป็นวัตถุดิบ ขั้นตอนการผลิตเมทานอลเริ่มจากการผลิตชีวมวลเป็นซินแก๊ส โดยใช้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น จากนั้นซินแก๊สที่ได้จะผ่านเข้าสู่กระบวนการปรับสภาพซินแก๊สให้บริสุทธิ์ และกระบวนการเติมแก๊สไฮโดรเจน (Hydrogen addition) และสังเคราะห์เมทานอลต่อไป ซึ่งจากงานวิจัยได้เสนอว่า การผลิตเมทานอลจากการใช้ก๊าซธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน (สัดส่วนของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิต) ประมาณร้อยละ 60-70 ซึ่งสูงกว่าการใช้ชีวิมวลและถ่านหินที่มีประสิทธิภาพใช้พลังงาน 50-60 (IEA-ETSAP & IRENA, 2013) สำหรับขั้นตอนการผลิตโอเลฟินส์จากเมทานอล เริ่มจากกระบวนการขจัดไอน้ำออกจากเมทานอล (Methanol Dehydration) และกระบวนการสร้างพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอน (C-C bond Coupling) หรือสารโอเลฟินส์ที่มีน้ำหนักเบา (เอทีลีน โพรพิลีน บิวทีน) แสดงกระบวนการผลิตโอเลฟินส์จากเมทานอลดังรูปที่ 6.3 โดยสัดส่วนผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์ที่ผลิตขึ้นได้นั้นขึ้นกับชนิดตัวเร่งปฏิกิริยา และอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา (อินทร์แต้ม, 2554) สำหรับข้อดีแนวทางนี้คือช่วยลดการใช้วัตถุดิบในการตั้งต้นอย่างก๊าซธรรมชาติ และแนฟทา ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทั้งด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม แต่มีข้อเสียคือ อาจไม่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้เมื่อเทียบกับการผลิตเอทีลีนที่ใช้ในปัจจุบัน โดยมีแนวโน้มจะนำมาใช้ในกรณีวัตถุดิหลักอย่างก๊าซธรรมชาติหมดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

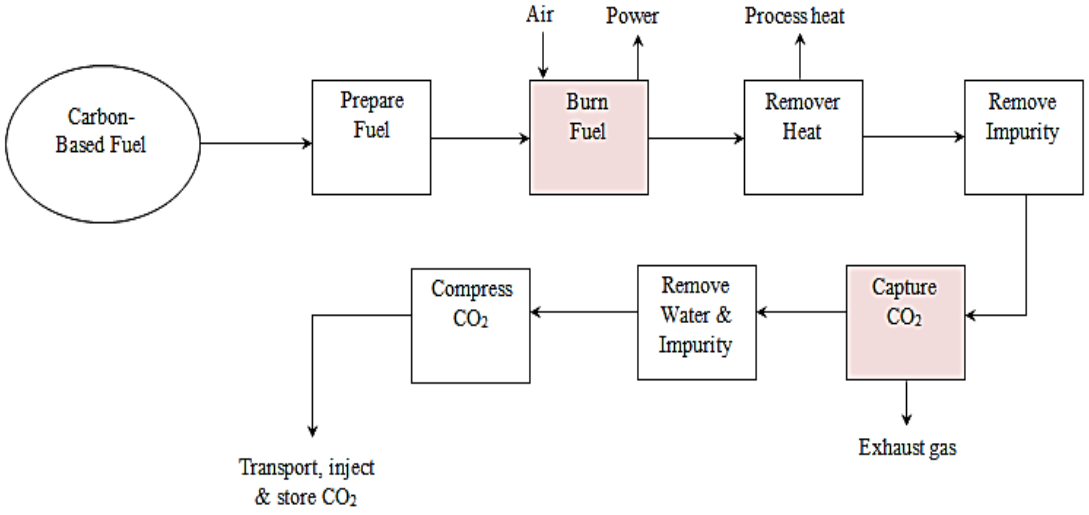


รูปที่ 6.3 กระบวนการผลิตเมทานอล (IEA-ETSAP & IRENA, 2013)

6.1.4 แนวทางการลดผลกระทบด้าน Global Warming

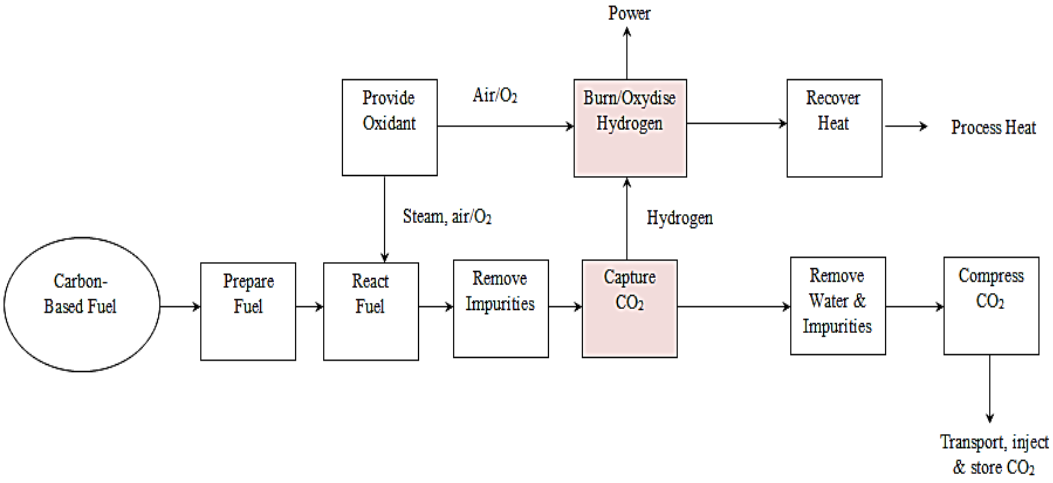
สาเหตุหลักของการเกิดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน จากขั้นตอนการแตกตัวของโมเลกุลของวัตถุดิบในกระบวนการผลิต ซึ่งส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับแนวทางการลดใช้พลังงานดังกล่าวข้างต้น โดยเฉพาะการอนุรักษ์พลังงาน โดยนโยบายด้านการอนุรักษ์พลังงานนั้นโรงงานได้ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่อง เช่น การหมุนเวียนความร้อนกลับมาใช้ใหม่ และการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ fired heater เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีแนวทางการใช้เทคโนโลยีการดักจับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ (Carbon Dioxide Capture and Storage, CCS) ซึ่งสามารถแบ่งวิธีการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกเป็น 3 วิธีได้แก่

(1) การดักจับก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์หลังกระบวนการเผา (Post combustion capture) เป็นการแยก CO_2 ออกจากก๊าซที่ระบายออกจากกระบวนการเผาไหม้ ส่งเข้าสู่กระบวนการดีไฮเดรชั่น และกระบวนการอัดก๊าซ เพื่อกำจัดน้ำและทำให้ก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์บริสุทธิ์ ดังรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.4 กระบวนการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลังกระบวนการเผาไหม้ (C2OCRC,2015)

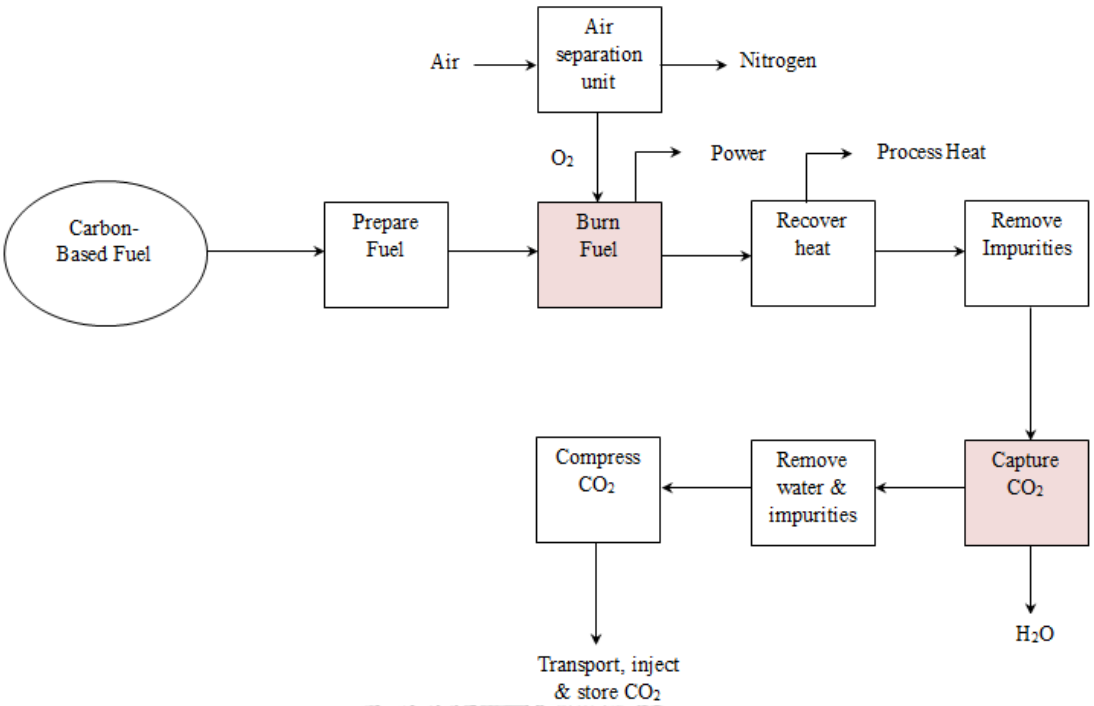
(2) การดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก่อนกระบวนการเผาไหม้ (Pre Combustion Capture) โดยเปลี่ยนเชื้อเพลิงให้เป็นซินแก๊สซึ่งมีคารบอนมอนออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ โดยใช้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น จากนั้นเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นออกจากก๊าซผสม โดยใช้กระบวนการทางกายภาพ หรือทางเคมีทำให้ได้ก๊าซไฮโดรเจนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุปกรณ์เครื่องจักรต่างๆ เช่น หม้อไอน้ำ เตาเผาไหม้ เป็นต้น โดยกระบวนการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก่อนกระบวนการเผาไหม้แสดงดังรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 กระบวนการดักจับก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ก่อนการเผาไหม้ (C2OCRC,2015)

(3) การดักจับก๊าซาร์บอนไดออกไซด์โดยการใช้ออกซิเจนแทนอากาศในกระบวนการเผาไหม้ (Oxy-fuel Capture) ซึ่งเป็นการใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์แทนการใช้อากาศในกระบวนการเผาไหม้ ทำให้ก๊าซที่ระบายออกหลังกระบวนการเผาไหม้มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก จากนั้นจะผ่านเข้าสู่กระบวนการดีไฮเดรชั่น กระบวนการทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริสุทธิ์ และกระบวนการอัดก๊าซต่อไปดังรูปที่ 6.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 6.6 การดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการใช้ออกซิเจนแทนอากาศในกระบวนการเผาไหม้ (Oxy-fuel Capture) (C2OCRC,2015)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผ่านกระบวนการอัดก๊าซดังกล่าวข้างต้นจะอยู่ในรูปของของเหลว และขนส่งไปยังแหล่งกักเก็บภายใต้สภาวะความดันสูงเพื่ออัดฉีดลงสู่แหล่งกักเก็บหรือใต้ดิน วิธีการขนส่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การขนส่งผ่านท่อ และการขนส่งทางเรือ เป็นต้น (Change, 2006) สำหรับแนวทางดังกล่าวข้างต้นทั้งสามแนวทางจะมีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สูงถึงร้อยละ 39-47 แต่ข้อเสียของวิธีการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหล่านี้คือ มีความต้องการใช้พลังงานสูงเพื่อปรับสภาพหรือฟื้นฟูสภาพสารดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงในการเดินระบบปั๊มและเครื่องอัด (Compressor) เพื่ออัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงสู่ใต้ดินหรือภาชนะขนส่ง รวมทั้งมีความต้องการใช้เงินลงทุนสูง (Saygin et al., 2013) ทำให้แนวโน้มการนำแนวทางดังกล่าวมาใช้จริงนั้นยังเป็นไปได้ต่ำหรืออาจนำมาใช้ในอนาคตในระยะยาว 10 ปีข้างหน้า 6.1.3 แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก

โรงงานควรพัฒนาเทคโนโลยีในการดำเนินการกับก๊าซคาร์บอนไดอ็อกไซด์อย่างต่อเนื่อง อาจนำมาใช้รวมกับเทคโนโลยีที่เป็นนวัตกรรมใหม่ของโรงงานที่มีการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และโอเลฟินส์ เข้าสู่กระบวนการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มี

มูลค่าเพิ่ม เช่น แลคโตน กรดคาร์บอกซิลิกไม่อิ่มตัว โพลียูรีเทนที่มีกลไกซ่อมแซมตัวเองได้ และไซคลิกคาร์บอเนต ทำให้ลดก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์มากยิ่งขึ้น

6.1.5 แนวทางการลดผลกระทบด้าน Carcinogen

ผลกระทบด้าน Carcinogen นั้นส่วนใหญ่เกิดจากการปล่อยสารพิษจากกระบวนการผลิตเอทีลีน อาทิ โพลีไซคลิกอโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, PAH) ที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงซึ่งถือเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในการผลิตเอทีลีน เนื่องจากการผลิตเอทีลีนมีความต้องการใช้พลังงานค่อนข้างสูงในการแตกตัววัตถุดิบ โดยสามารถลดผลกระทบจากการปล่อยสารพิษเหล่านี้ ได้โดยการควบคุมสภาวะก่อน-หลัง และขณะการเผาไหม้เชื้อเพลิง รวมทั้งควบคุมระบบเครื่องดักจับฝุ่น (Scrubber) ระบบการกรอง (Filter) ระบบเครื่องดักจับฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต (Electrolastiv Precipitators) และระบบเผาก๊าซเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต (Flaring) ทั้งนี้การเลือกใช้ระบบหรือเครื่องจักรในกระบวนการผลิต เพื่อควบคุมสารมลพิษดังกล่าวนั้น ขึ้นกับลักษณะของกระบวนการผลิตเอทีลีนและความเหมาะสม (Straif et al., 2013) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีของโรงงานคือวัสดุตัวดูดซับประสิทธิภาพสูง เพื่อใช้ในการดูดซับก๊าซคลอไรด์ในกระบวนการของโรงงาน

6.1.6 แนวทางการลดผลกระทบด้าน Respiration Organics

ผลกระทบหลักด้าน Respiratory Organics ส่วนใหญ่เกิดจากการรั่วไหลของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) จากถังเก็บสาร โดยเฉพาะสาร 1-Butene ซึ่งเป็นสารที่ใช้ในการผลิตพลาสติกโดยสามารถลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้โดยเริ่มจากการทำบัญชีการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่าย เพื่อให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดและปริมาณของสาร VOCs ซึ่งใช้ในการกำหนดแนวทางการจัดการและควบคุมการปล่อยสาร VOCs ที่เหมาะสม โดยขอยกตัวอย่างแนวทางในการควบคุมการปล่อยสาร VOCs ดังนี้

(1) การควบคุม VOCs ที่เกิดจากการรั่วระเหยจากอุปกรณ์ (Fugitive Sources Control) โดยใช้เทคนิค Leak Detection and Repair (LDAR) Program ซึ่งเป็นแผนการตรวจวัดและสำรวจ เพื่อให้ทราบถึงจุดที่มีการรั่วไหลของสาร VOCs และทำการซ่อมบำรุงทันที หรือใช้เทคนิคการควบคุมการปล่อย VOCs โดยการติดตั้งอุปกรณ์ประกอบเพิ่มเติม อาทิ การติดตั้ง

อุปกรณ์ควบคุม (Control Device) เพื่อควบคุมให้เกิดการรั่วไหลน้อยลง การติดตั้งจุกหรือฝาปิดที่บริเวณท่อปลายเปิด (Open- ended Lines) หรือวาล์วปลายเปิด (Open-ended Valves)

(2) การควบคุมการรั่วระเหยจากถังเก็บ (Evaporative Loss from Tanks) โดยมีวิธีควบคุมการระเหยที่แตกต่างกันตามประเภทของถังเก็บ อาทิ ถังหลังคาตรึง (Fixed Roof Tanks) การรั่วระเหยจากถังประเภทนี้เกิดจากอุณหภูมิในถังที่เพิ่มขึ้น ทำให้อากาศเหนือของเหลวในถังเกิดการขยายตัว และมีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ หรือเกิดจากการเติมสารเคมีเข้าไปในถังเก็บ ทำให้บรรยากาศภายในถังเก็บถูกแทนที่ด้วยสารเคมี จึงเกิดการรั่วของอากาศที่มีไอของสาร VOCs ปนเปื้อนออกมาสู่อากาศ โดยสามารถป้องกันการรั่วระเหยของ VOCs ได้ดังนี้ การใช้ถังเก็บที่มีสีอ่อน เพื่อลดการดูดความร้อนของถังเก็บหรือใช้ฉนวนห่อหุ้มถังหรือฝังใต้ดิน เพื่อควบคุมอุณหภูมิในถัง การติดตั้งถังลอยและผนึกกันรั่วระเหย ซึ่งมีประสิทธิภาพในการควบคุมประมาณร้อยละ 66-99 การทำสมดุลไอ (Vapor Balancing) ซึ่งเป็นการต่อท่อระบายสารกลับเข้าระบบปิดหรือภาชนะที่ขนส่งสารเข้าถัง โดยมีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 90-98 การติดตั้งอุปกรณ์และวิธีการเก็บกักไอกลับมาใช้ (Vapor Recovery) อาทิ การดูดซับไอด้วยของแข็ง (Vapor/Solid Adsorption) การดูดกลืนไอด้วยของเหลว (Vapor/Liquid Adsorption) การอัดความดันให้ไอกลั่นตัว (Vapor Compression) การลดไออุณหภูมิ (Vapor cooling) และการใช้ระบบหลายร่วมกัน ซึ่งมีประสิทธิภาพรวมประมาณร้อยละ 90-98 และการเผาทำลายที่อุณหภูมิสูง (Thermal Oxidation System) ซึ่งมีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 96-99

(3) การควบคุมการรั่วระเหยในตำแหน่งต่างๆ บนฝาถัง อาทิ ช่องทางเข้า (Access Hatches) หรือฝาเปิดด้านบนเพื่อการเข้าซ่อมบำรุง และลูกลอยวัดระดับที่อยู่ในท่อที่จุ่มลงใต้ผิวของเหลว (Well) ที่บรรจุในถังฝาผิดด้านบนต้องมีการขันน็อตปิดและมีแผนผนึกกันรั่ว (Gasket) เพื่อลดการรั่วระเหย

(4) การติดตั้งระบบกรองชีวภาพ (Biofiltration) เป็นระบบที่ใช้ในการควบคุม VOCs โดยใช้หลักการย่อยสลายด้วยจุลชีพหรือแบคทีเรีย (Microorganism) ที่บรรจุในชั้นกรองชีวภาพ (Biofilter Bed) ภายใต้สภาวะที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เพื่อเปลี่ยนไอสารอินทรีย์หรือ VOCs เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ระบบนี้เหมาะกับสารอินทรีย์ที่มีระดับความ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เข้มข้นไม่เกิน 1,000 ppm และมีประสิทธิภาพการควบคุมสารมลพิษในอากาศโดยทั่วไปสูงกว่าร้อยละ 90 สำหรับระบบการกรองชีวภาพมีข้อดีคือ มีค่าใช้จ่ายในการเดินระบบต่ำเนื่องจากไม่ต้องใช้สารเคมี แต่ต้องใช้ระยะเวลาในการบำบัดนาน และเหมาะกับการกำจัดสาร VOCs ที่มีความเข้มข้นต่ำเท่านั้น (เสือดี, 2555)

6.1.7 แนวทางการลดผลกระทบด้าน Respiratory Inorganics

ผลกระทบด้าน Respiratory inorganics ส่วนใหญ่เกิดจากการปล่อยไนโตรเจนอ๊อกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์รวมทั้งฝุ่นละอองจากการเผาไหม้ โดยสามารถลดผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยการออกแบบ ควบคุมระบบเผาไหม้ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมและติดตั้งระบบการกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้น โดยมีรูปแบบดังนี้

- ระบบการกำจัดไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) โดยใช้หลักการทำปฏิกิริยาระหว่างไนโตรเจนออกไซด์กับก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ภายใต้สภาวะที่ใช้วาเนเดียม (V) และทังสเตน (W) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (เคลือบลงบนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) หรืออลูมิเนียมออกไซด์ (AL_2O_3)) และมีอุณหภูมิเหมาะสม ซึ่งจะทำให้ไนโตรเจนออกไซด์สลายตัวกลายเป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) และน้ำเป็นต้น (มงคลศรี & แก้วบุตรดี, 2555)

- การใช้โลหะออกไซด์ (Metal Oxide) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และ Lighting Char ในการกำจัดไนโตรเจนออกไซด์ โดยการใช้ Lignite Char เป็นตัวดูดซับไนโตรเจนออกไซด์ร่วมกับการใช้โลหะออกไซด์ อาทิ คอปเปอร์ (Cu) และเหล็ก (Fe) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดการถ่ายโอนออกซิเจน (O_2) ไปยึดติดที่ Carbon Active Site เพื่อให้เกิดการรวมตัวกันเป็น C(O) intermediate จากนั้น C(O) intermediate จะทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนออกไซด์เกิดเป็นก๊าซไนโตรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยกลไกดังกล่าวเกิดขึ้นภายใต้สภาวะที่ใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 300 องศาเซลเซียส (อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น) (Yang et al., 2015)

- การใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบ Oxy fuel (Oxy Fuel Combustion Technology) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้กับเชื้อเพลิงได้ทั้งก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา โดยใช้หัวเผาแบบ Oxy-Fuel (Oxy Fuel Fired Burner) ซึ่งเป็นหัวเผาที่ให้เปลวไฟอุณหภูมิสูง ภายใต้สภาวะที่ใช้ก๊าซออกซิเจนที่มี ความบริสุทธิ์มากกว่าร้อยละ 95 ทำให้เกิดการเผาไหม้ได้ดีมากกว่าการใช้อากาศ (Combustion Air) ที่มีปริมาณออกซิเจนเพียงร้อยละ 21 และก๊าซไนโตรเจนสูงถึง ร้อยละ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

78 โดยปริมาตรซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนให้กับก๊าซไนโตรเจนจนเกิดเป็นก๊าซไอเสีย (Exhaust Gas) ปล่อยออกสู่บรรยากาศ โดยการเผาไหม้ด้วยเทคโนโลยีดังกล่าวภายใต้สภาวะที่ใช้ก๊าซออกซิเจนที่มีความบริสุทธิ์ 100% (Oxygen-Enriched= 100%) จะสามารถลดการปล่อยก๊าซไอเสียอาทิ ไนโตรเจนออกไซด์ได้สูงถึงร้อยละ 70-85 (ในกรณีที่ใช้ก๊าซออกซิเจนความบริสุทธิ์ 100%) เนื่องจากการใช้ก๊าซออกซิเจนที่มีความบริสุทธิ์แทนการใช้อากาศให้ไม่เกิดการเผาไหม้ก๊าซไนโตรเจน รวมทั้งช่วยเพิ่มอุณหภูมิสุงของเปลวไฟและประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal Efficiency) ให้สูงขึ้นด้วย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550) นอกจากนี้หากใช้เทคโนโลยีนี้ในการเผาไหม้ โดยใช้หินน้ำมัน (oil shale) เป็นเชื้อเพลิง ยังสามารถลดการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ได้ถึงร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับการเผาไหม้โดยใช้อากาศทั่วไป (Al-Makhadmeh et al., 2014)

6.1.8 แนวทางการลดผลกระทบด้าน Non-carcinogen

ผลกระทบด้าน Non-carcinogen ส่วนใหญ่เกิดจากโลหะหนัก อาทิ แบเรียม (Ba) สารหนู (As) สังกะสี (Zn) ที่เกิดจากการขุดเจาะน้ำมันดิบ ซึ่งอาจไม่สามารถลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ แต่โลหะหนักอีกชนิดหนึ่งที่ปนเปื้อนในก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นวัตถุดิบและเชื้อเพลิงหลักในการผลิตเอทีลีน และต้องกำจัดก่อนเข้าสู่โรงแยกก๊าซธรรมชาติ เพื่อป้องกันผลกระทบที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรคือ ปรอท (Hg) ซึ่งในปัจจุบันมีขั้นตอนการกำจัดปรอทโดยใช้สารจับปรอท ชนิดเกลือซัลไฟด์ที่มี Alumina เป็นตัว Carrier ให้สารปรอทเปลี่ยนมาอยู่ในรูป Mercury Sulfide (HgS) หรือใช้ซิลิกาในการจับสารปรอท นอกจากนี้ยังสามารถใช้วิธีการดูดซับ (Adsorption) ปรอทด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ซึ่งมีราคาถูกกว่าซิลิกา และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจับสารปรอทออกจากก๊าซธรรมชาติได้ดี โดยเฉพาะการใช้ถ่านกัมมันต์ที่เคลือบด้วยสารละลายไอออนิก (Abbas et al., 2016) หรือใช้ Thiol Chelating resin ในการดูดซับหรือแลกเปลี่ยนไอออนกับสารปรอท ซึ่งเรซินชนิดนี้สามารถดูดซับสารปรอทได้มากกว่าร้อยละ 90 และมีประสิทธิภาพหลังการฟื้นฟูสภาพใหม่สูงถึงร้อยละ 90.2 (Fu et al., 2016)

6.1.9 แนวทางการลดผลกระทบด้าน Terrestrial Acidification/Nutrification

ผลกระทบหลักด้าน Terrestrial Acidification/Nutrification มีสาเหตุหนึ่งเกิดจากการขนส่งผลิตภัณฑ์พลาสติกข้ามประเทศ ซึ่งใช้การขนส่งทางเรือในมหาสมุทร ทำให้ต้องใช้เชื้อเพลิงอย่างน้ำมันเตาปริมาณมาก จึงควรปรับเปลี่ยนมาใช้ระบบขนส่งทางเรือที่ใช้พลังงานสะอาด

6.1.10 มาตรการในการลดผลกระทบในภาพรวม

นอกจากแนวทางการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกขึ้นรูปดังกล่าวข้างต้นแล้ว การจัดซื้อจัดจ้างสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอีกกลไกหนึ่งที่กรมควบคุมมลพิษได้จัดทำขึ้นเพื่อป้องกันมลพิษและผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยลง รวมทั้งช่วยให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยส่งเสริมให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการผลิตและการบริโภคสินค้าและบริการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในภาคส่วนต่างๆ ทั้งภาครัฐ ภาคผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้ให้บริการ ภาคการทดสอบรับรอง และภาคการศึกษาและประชาสัมพันธ์ โดยสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต้องมีคุณสมบัติคือ

- มีการใช้วัสดุที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย เช่น วัสดุที่หมุนเวียนหรือรีไซเคิลได้
- ใช้วัสดุน้อย เช่น วัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีขนาดเล็กและมีความแข็งแรง
- ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูง
- ใช้ระบบขนส่งและจัดจำหน่ายที่มีประสิทธิภาพสูง อาทิ ใช้ระบบการขนส่งที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำและประหยัดพลังงาน
- ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดในช่วงการใช้งาน เช่น มีการใช้พลังงานและปล่อยมลพิษต่ำ
- มีความคุ้มค่าตลอดชีวิตการใช้งาน
- มีระบบการจัดการหลังหมดอายุการใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูง อาทิ มีการเก็บรวบรวมด้วยวิธีที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ และสามารถนำสินค้ากลับมาใช้ซ้ำหรือหมุนเวียนใช้ใหม่ได้ง่าย

ทั้งนี้สินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต้องมีการพิจารณาว่าสินค้านั้นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากในช่วงใดของวัฏจักรชีวิต และเมื่อเปรียบเทียบกับสินค้าอื่นที่มีลักษณะเหมือนกันจะต้องมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าถึงจัดเป็นสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นหากโรงงาน

มีการดำเนินแนวทางลดผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนที่กล่าวถึงข้างต้น จะนำไปสู่การรับรองการเป็นสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมปลายน้ำได้ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรการทางสิ่งแวดล้อมในเรื่องของกลไก การจัดซื้อจัดจ้างและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่กำลังได้รับความสนใจจากทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค และสอดรับกับตลาดสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่มีการขยายตัวในภาคเอกชนและประชาชนที่มากขึ้น (สุขสด, 2017)

6.2 การลดผลกระทบโดยใช้กลยุทธ์/เชิงนโยบาย

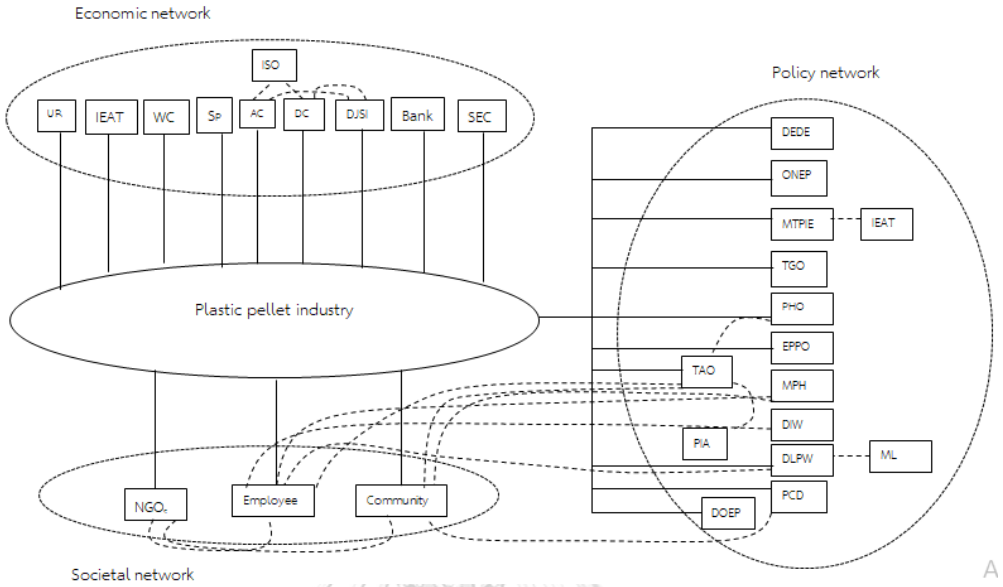
6.2.1 การวิเคราะห์ผู้มีบทบาทและองค์กรที่เกี่ยวข้องในการผลิตเม็ดพลาสติกเพื่อความยั่งยืน (Actor Network analysis)

การผลิตเม็ดพลาสติกเป็นอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขนาดใหญ่ในประเทศไทย โดยกิจกรรมการผลิตในแต่ละขั้นสามารถส่งผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมได้อย่างมีนัยสำคัญ ในด้านต่างๆดังนี้

1. ด้านสิ่งแวดล้อม กิจกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบจากกระบวนการกลั่นน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ การผลิตเอทีลีน จนเข้าสู่กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก การดำเนินกิจกรรมต่างๆเหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่นการบริโภคทรัพยากร มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ ตลอดจนกากของเสีย
2. ด้านเศรษฐกิจ กิจกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศไทยจัดเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจมหาศาลในตลาดหลักทรัพย์ และการผลิตยังเกี่ยวข้องกับวงจรเศรษฐกิจอื่นในห่วงโซ่อุปทานตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ การซื้อขาย การจัดจ้างและกิจกรรมที่ส่งผลต่อธุรกิจอื่นๆ
3. ด้านสังคม ผลกระทบทางสังคมที่เกิดขึ้นอันเป็นผลมาจากกิจกรรมการผลิตเม็ดพลาสติก เช่น ผลกระทบหรือประเด็นเกี่ยวกับแรงงาน ชุมชมโดยรอบโรงงาน หน่วยงานภาครัฐในท้องถิ่น

การดำเนินการทั้งสามด้านของความยั่งยืนนั้นผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ Actor network analysis โดยจะใช้การวิเคราะห์ด้านนโยบายและกฎหมายที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อมาวิเคราะห์การกำกับดูแลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน การวิเคราะห์ด้านเศรษฐกิจเพื่อวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสียทางเศรษฐกิจ ทั้งผู้ค้า คู่ค้า ลูกค้าตลอดจนความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในห่วงโซ่อุปทาน และการวิเคราะห์ด้านสังคมโดยใช้ความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทางด้านสังคม โดยการใช้ Actor network analysis เป็นการวิเคราะห์เพื่อแสดงให้เห็นถึงการดำเนินการของ

โรงงานและการส่งเสริมด้านการดำเนินการเพื่อความยั่งยืนโดยแผนภาพความเชื่อมโยงของทั้งสามด้านดังรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 การวิเคราะห์เครือข่ายผู้มีบทบาทในการผลิตเม็ดพลาสติก

PCD=กรมควบคุมมลพิษ
DIW=กรมโรงงานอุตสาหกรรม
MTPIE=นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด
DLPW =กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน
ML=กระทรวงแรงงาน
IEAT=การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
DEDE=กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
EPPO=สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
DOEP=กรมธุรกิจพลังงาน
TGO=องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก
PIA=สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด
ONEP = สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
TAO= เทศบาลตำบล
PHO=สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด
RLP=กรมคุ้มครองสิทธิและเสรีภาพ
SEC=สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์
AC=ลูกค้าต่างประเทศ
DC=ลูกค้าในประเทศ
WC=ผู้รับเหมาจัดการขยะ
SP=ซัพพลายเออร์
UR= มหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2.1.1 โครงข่ายด้านนโยบาย (Policy Network)

1) หน่วยงานภาครัฐและท้องถิ่นที่เกี่ยวข้อง

โครงข่ายด้านนโยบายเป็นการวิเคราะห์กฎหมายที่เกี่ยวข้องรวมถึงหน่วยงานภาครัฐที่เป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดให้การผลิตเม็ดพลาสติกต้องเป็นไปตามมาตรฐานการดำเนินการตามกฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง โดยมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องหลายฉบับ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้ง กระทรวง กรม หน่วยงานภาครัฐ นิคมอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับการผลิตเม็ดพลาสติกซึ่งเป็นกิจกรรมที่อยู่ในส่วนหนึ่งห่วงโซ่การผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

หน่วยงานภาครัฐที่มีหน้าที่กำกับดูแลสิ่งแวดล้อมของโรงงานโดยใช้กฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องนโยบายด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีองค์กรภาครัฐที่เกี่ยวข้องใน 3 ระดับคือ 1.ระดับชาติ 2.ระดับจังหวัด 3.ระดับท้องถิ่น ดังตารางที่ 6.2

6.3.1.2 กฎระเบียบและข้อบังคับ

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังตารางที 6.2 มีหน้าที่ในการกำกับดูแลโรงงานครอบคลุมตั้งแต่มิติด้านสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัย และความปลอดภัย ส่วนมิติทางด้านสังคม ลูกจ้าง ชุมชน เศรษฐกิจโรงงานยังปฏิบัติตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องโดยกำกับดูแลโรงงานให้ปฏิบัติตามโดยอาศัยกฎหมายแม่บทพระราชบัญญัติเป็นหลักในการดำเนินการควบคุมให้โรงงานดำเนินการภายใต้ขอบเขตกฎหมาย และมีกฎหมายที่สนับสนุนคือกฎหมายลูกได้แก่ ประกาศจากกรมต่างๆที่สังกัดกระทรวงโดยมีหน้าที่ควบคุมดูแลเฉพาะฝ่าย นอกจากนี้กฎหมายที่เกี่ยวข้องโดยส่วนใหญ่โรงงานยึดถือปฏิบัติตามพระราชบัญญัติที่เกี่ยวข้องด้านต่างๆทั้งทางการดำเนินกิจการของโรงงาน การกำกับดูแลด้านธุรกิจ การกำกับดูแลด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดโรงงานได้ยึดถือปฏิบัติตามกฎหมายพระราชบัญญัติที่เกี่ยวข้องที่ออกจากหน่วยงานภาครัฐ รวมถึงหน่วยงานภาครัฐที่กำกับกำดูแลด้านเศรษฐกิจและสังคมอื่นๆ โดยหน่วยงานภาครัฐและท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องในการกำกับดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานในตารางที่ 6.2 โดยมีกฎหมายดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวแปรสำคัญของโรงงานที่บังคับให้โรงงานต้องดำเนินการตามคือ กฎหมายที่เกี่ยวข้องด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในการดำเนินการทั้งหมดได้แก่

- พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535
- พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522
- พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2535
- พ.ร.บ.การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย พ.ศ.2522
- พ.ร.บ วัตถุอันตราย พ.ศ.2535
- พ.ร.บ.สาธารณสุข พ.ศ.2535
- พ.ร.บ.ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ.2554

- พ.ร.บ คุ้มครองแรงงาน พ.ศ.2541
- พระราชบัญญัติการส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535, (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.1 หน่วยงานภาครัฐและท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องในการกำกับดูแลด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน

ระดับ	สถาบัน	ความรับผิดชอบ
ระดับชาติ	กรมโรงงานอุตสาหกรรม (ภายใต้กระทรวงอุตสาหกรรม)	-กำหนดหลักเกณฑ์การให้ความเห็นชอบในโรงงานที่ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสีย -กำหนดประเภทหรือชนิดของโรงงานที่ต้องจัดทำรายงานชนิดและปริมาณสารพิษที่ระบายออกจากโรงงาน -กำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งของโรงงาน ที่มีค่าบางค่าที่แตกต่างจากที่ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด -กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับการจัดการสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว -กำหนดคุณสมบัติของบุคลากรด้านสิ่งแวดล้อมประจำโรงงาน -ตรวจกำกับโรงงานอุตสาหกรรมตาม EIA และ EHIA -รายงานชนิดและปริมาณสารมลพิษจากโรงงาน -พิจารณาด้านการขออนุญาตโรงงาน
	กรมควบคุมมลพิษ (ภายใต้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)	-ดูแลจัดการ, ควบคุม, ดูแล และรักษาสิ่งแวดล้อมไม่ให้เกิดมลพิษ -กำหนดมาตรฐานการปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิด ทั้งอากาศเสีย น้ำทิ้งและขยะมูลฝอย -บังคับใช้มาตรการต่างๆ ตามกฎหมาย เพื่อประโยชน์ในการควบคุม ป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากภาวะมลพิษ
	องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (ภายใต้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)	ดำเนินการเกี่ยวกับการรับรองโครงการหรือการขึ้นทะเบียนโครงการ พัฒนาและส่งเสริมโครงการและตลาดการซื้อขายปริมาณก๊าซเรือนกระจก สนับสนุนการประเมินผลการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบที่เพิ่มขึ้น
	การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ภายใต้กระทรวงอุตสาหกรรม)	-กำกับดูแลการจัดการและมลพิษที่ปลดปล่อยภายในนิคมอุตสาหกรรม -จัดให้มีระบบและการจัดการ ด้านสิ่งแวดล้อม การป้องกันและบรรเทาอุบัติภัยจากอุตสาหกรรม - อนุญาต อนุมัติการประกอบกิจการในนิคมอุตสาหกรรมและจัดให้ได้เพิ่มเติมซึ่งสิทธิประโยชน์ สิ่งจูงใจ และการอำนวยความสะดวกแก่การประกอบอุตสาหกรรม
	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (ภายใต้กระทรวงพลังงาน)	-ส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้พลังงาน กำกับการอนุรักษ์พลังงาน จัดหาแหล่งพลังงาน พัฒนาทางเลือกการใช้พลังงานแบบผสมผสานและการใช้เทคโนโลยีด้านพลังงาน

	สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (ภายใต้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)	-ให้โรงงานมีการดำเนินการจัดทำระบบประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ก่อนเริ่มดำเนินโครงการ -ให้โรงงานมีการดำเนินการทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ(EHIA)
	สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน	-กำหนดมาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน
	กรมธุรกิจพลังงาน (ภายใต้กระทรวงพลังงาน)	-กำกับดูแลโรงกลั่นน้ำมันให้ปฏิบัติตามสัญญาและข้อตกลง -เตรียมความพร้อมและปฏิบัติการด้านพลังงานในภาวะวิกฤติและภัยพิบัติที่มีผลต่อธุรกิจพลังงานตามที่กฎหมายกำหนด
	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (กระทรวงแรงงาน)	-กำหนดมาตรฐานแรงงาน คุ้มครองแรงงาน ให้การรับรองโรงงานที่มีการบริหารจัดการตามมาตรฐานแรงงานที่สอดคล้องกับมาตรฐานแรงงานสากล -ดำเนินกฎหมายว่าด้วยการคุ้มครองแรงงาน
ระดับจังหวัด	สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด (กายใต้กระทรวงอุตสาหกรรม)	-กำกับดูแลการประกอบกิจการอุตสาหกรรม ตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 การกำกับดูแลตามพระราชบัญญัติแร่ พระราชบัญญัติน้ำบาดาล และพระราชบัญญัติอื่น ๆ ที่เกี่ยวก้อง รวมถึงการส่งเสริมและพัฒนาผู้ประกอบการอุตสาหกรรม
	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด (ภายใต้กระทรวงสาธารณสุข)	- กำกับ ดูแล ประเมินผลและสนับสนุนการปฏิบัติงานของหน่วยงานสาธารณสุขในเขตพื้นที่จังหวัด เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปตามกฎหมาย มีการบริการสุขภาพที่มีคุณภาพ และมีการคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ
ระดับท้องถิ่น	องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (สังกัดกระทรวงมหาดไทย)	-พัฒนาเศรษฐกิจท้องถิ่นและระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ ตลอดทั้งโครงสร้างพื้นฐานสารสนเทศในท้องถิ่นให้ทั่วถึงและเท่าเทียมกัน -การพิจราณาต่ออายุของโรงงานอุตสาหกรรมโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยสามารถต่ออายุโรงงานได้ที่หน่วยงานส่วนกลางหรือที่อุตสาหกรรมจังหวัด -เก็บภาษีที่ดิน
	นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุต (สังกัดกระทรวงอุตสาหกรรม)	-จัดให้มีและให้บริการในระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ ซึ่งจำเป็นแก่การประกอบอุตสาหกรรม -จัดให้มีระบบและการจัดการ ด้านสิ่งแวดล้อม การป้องกันและบรรเทาอุบัติภัยจากอุตสาหกรรม -ตรวจสอบการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กฎระเบียบและข้อบังคับเฉพาะด้านสิ่งแวดล้อม

การดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน โรงงานจะเลือกปฏิบัติตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องก่อนเป็นลำดับแรก เพราะมาตรฐานการรับรองต่างๆทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศนั้นมักอ้างอิงจากค่ามาตรฐานการระบายและการจัดการมลพิษของกฎหมายประเทศนั้นๆ ในหน่วยงานระดับประเทศที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมของโรงงานคือ กรมโรงงานอุตสาหกรรมที่มีกฎหมายโดยตรงในการก่อตั้งโรงงาน โดยอาศัยกฎหมายพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 โดยเฉพาะกฎหมายเกี่ยวกับการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น การควบคุมมลภาวะด้านน้ำทิ้งที่ระบายออกนอกโรงงาน ด้านอากาศที่ระบายออกนอกโรงงาน ด้านเสียงรบกวนที่เกิดจากการประกอบกิจการของโรงงาน ด้านกลิ่นอันเกิดจากการประกอบกิจการโรงงาน ด้านกากอุตสาหกรรม การใช้หม้อน้ำ การใช้ก๊าซ ข้อกำหนดบุคลากรที่ปฏิบัติหน้าที่ในด้านสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ยังรวมถึงประเด็นอื่นๆที่เกี่ยวข้องในด้านสังคม ที่เกี่ยวข้องกับผู้ปฏิบัติงานเช่น การคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงาน การติดตั้งเครื่องมือพิเศษ โดยมาตรฐานในการกำหนด ค่ามลพิษการปล่อยให้เป็นไปตามกฎหมาย โดยมีหน่วยงานภาครัฐ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกำกับดูแลให้เป็นไปตามมาตรฐานผ่านการกำกับ ตรวจสอบติดตามจากสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น อีกทั้งหากไม่ปฏิบัติตามกฎหมายโรงงานจะมีความผิด โดยอาจถูกร้องเรียน ตรวจสอบ สั่งพักการดำเนินกิจการโรงงาน จนถึงขั้นการเพิกถอนในอนุญาตได้ โดยหน่วยงานที่กำกับดูแลตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน และโรงงานปิโตรเคมีตั้งอยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมจึงอยู่ภายใต้การดูแลนิคมอุตสารหกรรมด้วย

โรงงานจะปฏิบัติตามข้อกำหนดของกรมควบคุมมลพิษและการนิคมอุตสาหกรรมโดยกรมควบคุมมลพิษจะกำกับดูแลด้านผลกระทบมลพิษต่างๆต่อสิ่งแวดล้อมนอกเขตโรงงานอุตสาหกรรม ในส่วนของนิคมอุตสาหกรรม มีกฎระเบียบที่เกี่ยวกับโรงงาน เช่น โรงงาน อาคาร คุณภาพสิ่งแวดล้อม วัตถุอันตราย สารธารณสุข ความปลอดภัย อาชีวอนามัยตลอดจนสภาพแวดล้อมในการทำงาน นอกจากนี้ เมื่อเกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมขึ้น หน่วยงานที่มีบทบาทเข้ามาเกี่ยวข้องเมื่อเกิดกรณีปัญหาสิ่งแวดล้อมได้แก่

- องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ได้แก่ เทศบาล องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น
- องค์การปกครองส่วนภูมิภาค ได้แก่ สิ่งแวดล้อมจังหวัด อุตสาหกรรมจังหวัด สาธารณสุขจังหวัด

โดยในกรณีของการดำเนินการทางสิ่งแวดล้อมเมื่อเกิดกรณีร้องเรียนขึ้น ผู้ร้องเรียนสามารถร้องเรียนได้หลากหลายช่องทางทั้งองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นและองค์การปกครองส่วนภูมิภาค หากมีการร้องเรียนผ่านการนิคมอุตสาหกรรม การนิคมฯก็จะดำเนินการตรวจสอบและให้โรงงานแก้ไข

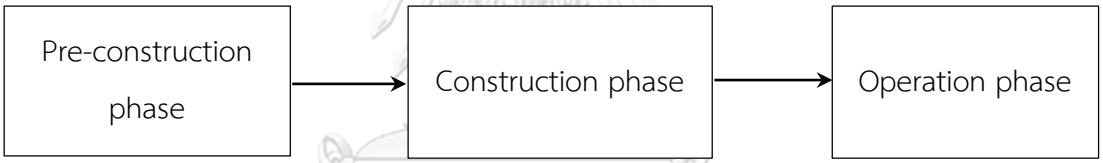
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อร้องเรียนที่เกิดขึ้น ในกรณีที่เกิดการร้องเรียนจากองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นและองค์การปกครองส่วนภูมิภาคนั้น หน่วยงานต้นทางในการร้องเรียนจะเชิญตัวแทนจาก สิ่งแวดล้อมจังหวัด อุตสาหกรรมจังหวัด และสาธารสุขจังหวัดเข้าร่วมตรวจและให้คำแนะนำในการดำเนินการแก้ไขเพื่อให้ค่ามลพิษทางสิ่งแวดล้อมเป็นไปตามมาตรฐาน

นอกจากนี้หากเกิดความเสียหายกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆก็จะมีหน่วยงานของรัฐเข้ามาเกี่ยวข้องเพิ่มเติมเช่น

- กรมทรัพยากรน้ำ เข้ามาติดตามตรวจสอบเมื่อเกิดผลกระทบความเสียหายต่อทรัพยากรน้ำ
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง เข้ามาติดตามและตรวจสอบเมื่อเกิดผลกระทบและความเสียหายต่อทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง เนื่องจากโรงงานตั้งอยู่ใกล้กับทะเล

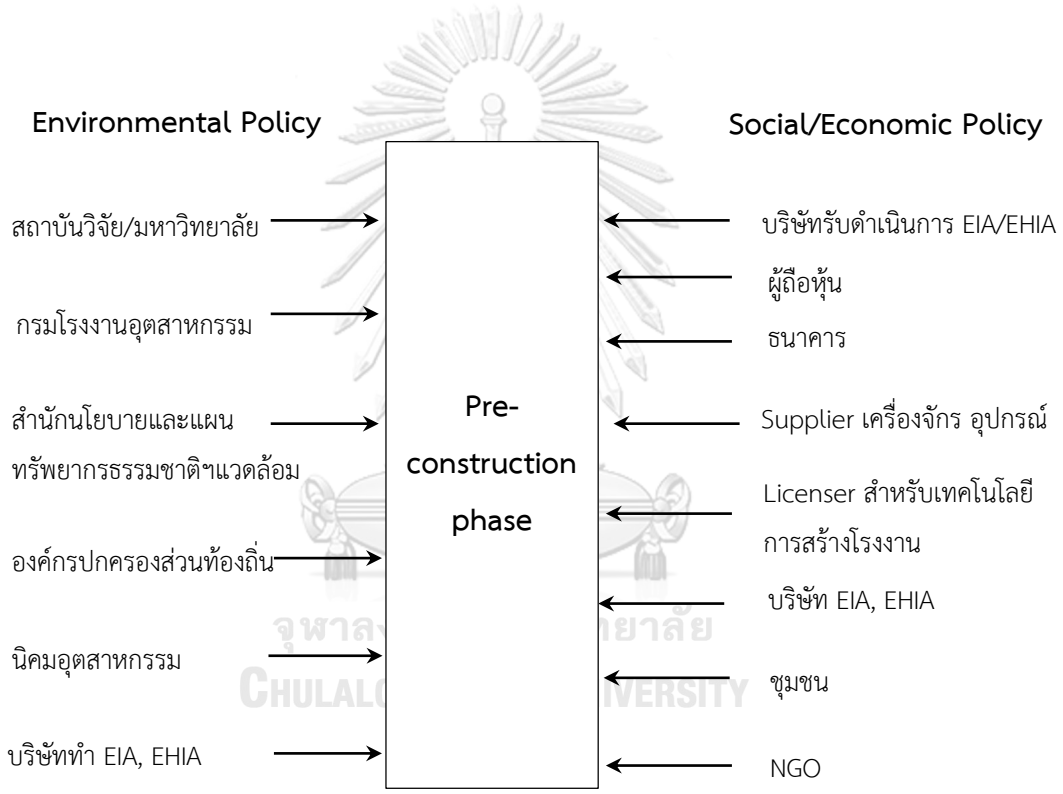
การดำเนินการของโรงงานในแต่ละขั้นตอนตั้งแต่การเริ่มต้นก่อนการก่อสร้างโรงงานจนถึงการดำเนินการผลิตในปัจจุบันนั้นมีขั้นตอนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.8 ขั้นตอนการดำเนินการตามระยะเวลาการผลิตของโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การดำเนินกิจการของโรงงานนั้นแบ่งได้เป็น 3 ช่วงดังภาพ คือ ช่วงก่อนการก่อสร้าง ช่วงการดำเนินการก่อสร้าง และช่วงการดำเนินการผลิต (รูปที่ 6.9 - 6.11) โดยแต่ล่ะขั้นตอนมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

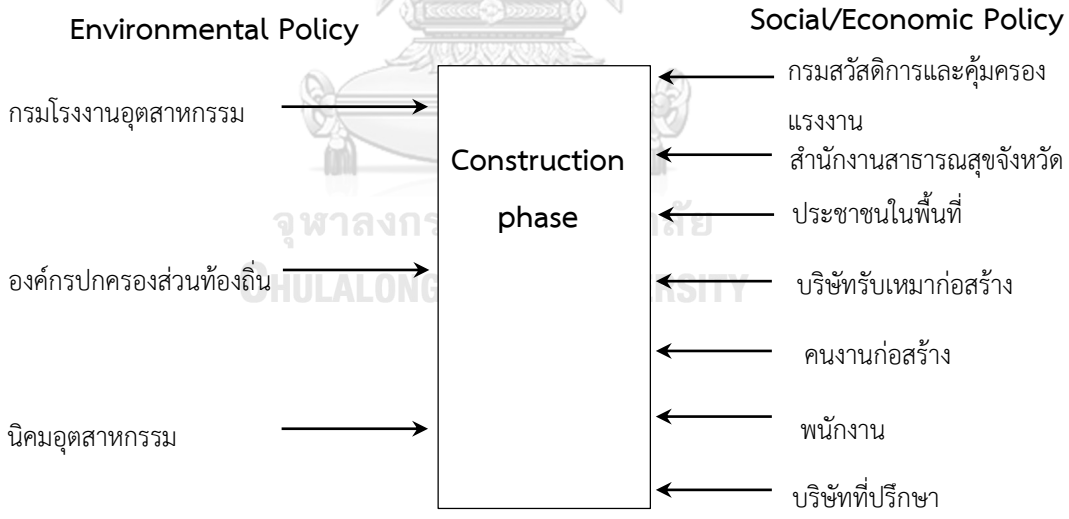


รูปที่ 6.9 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม
ในช่วงก่อนการดำเนินการก่อสร้าง

ในการดำเนินการช่วงก่อนการก่อสร้างโรงงานจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยในการตั้งโครงการ และดำเนินการทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยโรงงงานจัดเป็นโรงงานขนาดใหญ่ประภทที่ 3 ตามกฎหมายต้องดำเนินการทำรายงานวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมหรือ EIA โดยต้องได้ความเห็นชอบจากสำนัก

นโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จากนั้นจึงดำเนินการขอจัดตั้งโรงงานกับนิคมอุตสาหกรรมและกรมโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ชนิดของโรงงานเป็นโรงงานจำพวก 3 จึงจำเป็นต้องมีการดำเนินการเพื่อรับฟังความคิดเห็นของประชาชนและกรมโรงงานอุตสาหกรรมจะพิจารณา ผลการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนร่วมกับผลการดำเนินการ EIA

หลังจากเมื่อได้รับใบอนุญาตในการดำเนินการก่อสร้างโรงงานจึงถูกดำเนินการสร้างภายในนิคมอุตสาหกรรมโดยการกำกับดูและของหน่วยงานของรัฐบังคับให้การก่อสร้างเป็นไปตามรูปแบบที่ยื่นขออนุญาตในการก่อสร้าง ผังโรงงาน การวางเครื่องจักร ส่วนต่อขยาย ไม่ให้เกินหรือละเมิดข้อกฎหมาย โดยหากมีปัญหาในการก่อสร้างประชาชนในพื้นที่จะเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เข้ามามีบทบาทในการร้องเรียนผ่านหน่วยงานของรัฐได้หลากหลายช่องทาง

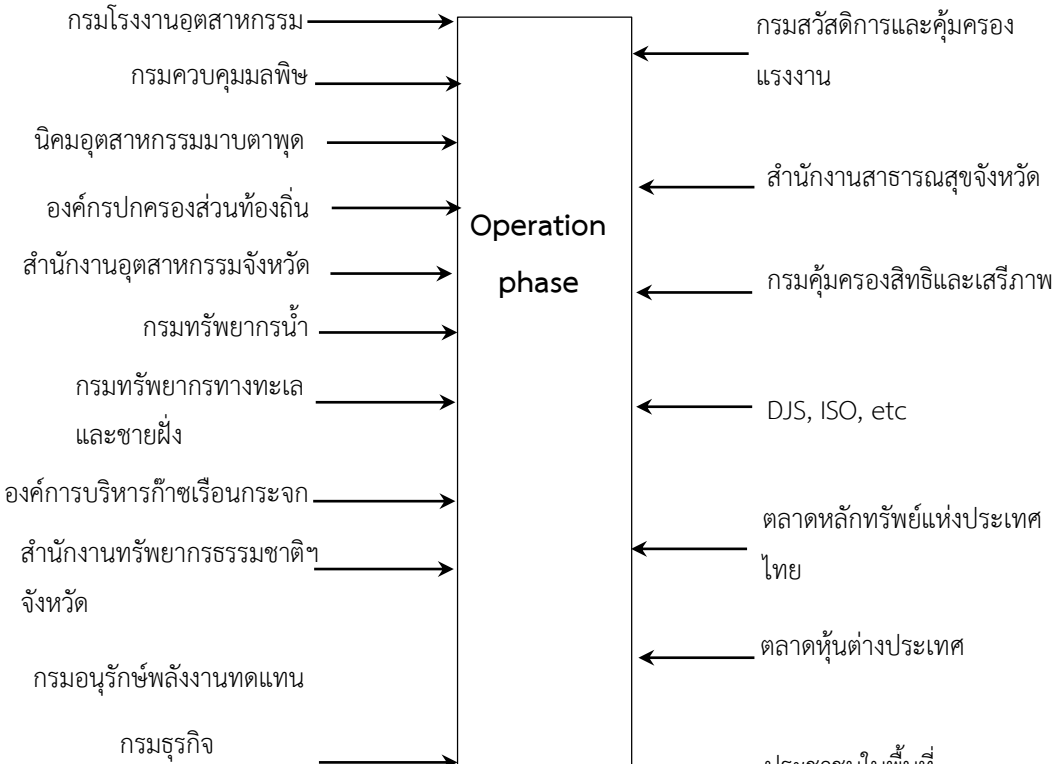


รูปที่ 6.10 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมในช่วงระหว่างการดำเนินการก่อสร้าง

การดำเนินการระหว่างการก่อสร้างโรงงาน หลังจากที่ได้รับอนุญาตโดยผ่านการรับรองทั้ง EIA และ EHIA หน่วยงานที่กำกับดูแลการก่อสร้างให้เป็นไปตามขั้นตอนในการกำกับดูและด้าน

สิ่งแวดล้อมได้แก่ กรมโรงงานอุตสาหกรรม เป็นหน่วยงานภาครัฐจากส่วนกลาง นอกจากนี้ยังอยู่ภายใต้ การดำเนินการก่อสร้างโรงงานภายในนิคมอุตสาหกรรม โดยมีหน่วยงานองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นคอยตรวจสอบและรับข้อร้องเรียนในกรณีที่เกิดปัญหาในขั้นตอนของการดำเนินการก่อสร้าง ในด้านของเศรษฐกิจและสังคมที่เกี่ยวข้องได้แก่ ประชาชนในพื้นที่ คนงานก่อสร้าง พนักงานและบริษัทที่ปรึกษา โดยหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับด้านสังคม เช่น สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน โดยหน่วยงานด้านสังคมนี้เป็นหน่วยงานที่รับข้อร้องเรียนในกรณีเกิดปัญหาที่กระทบต่อสังคมเช่น สุขภาวะอนามัย หรือทางด้านสิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 6.11 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม
ในช่วงระหว่างการดำเนินการผลิต

6.2.1.3 ผลของ Policy network ต่อการจัดการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงาน

การจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานนั้นพบว่า Policy network ที่มีผลในการกำกับการดูแลและจัดการด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานมากที่สุดคือ กฎหมายของประเทศที่ออกโดยหน่วยงานภาครัฐ กระทรวง กรมต่างๆ ได้แก่พระราชบัญญัติหลากหลายฉบับ ประกาศกระทรวง ตลอดจนกฎหมายท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องดังที่กล่าวมาข้างต้น นอกจากนี้ ทางโรงงานยังยกระดับการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมให้สูงกว่าระดับกฎหมายที่บังคับใช้ โดยใช้ข้อตกลง ตลอดจนภาคอนุสัญญาต่างๆระดับนานาชาติเพื่อยกระดับการจัดการสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในระดับสูงสุด ผลการจัดการมีดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

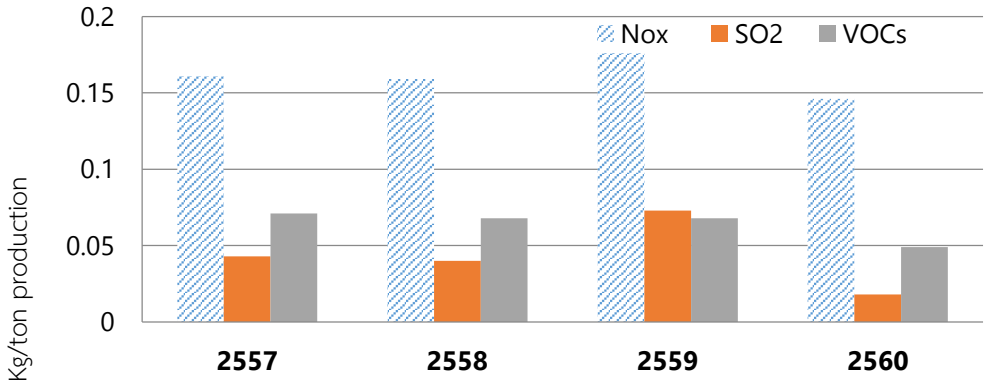
1) กฎระเบียบของหน่วยงานภาครัฐและท้องถิ่น

- **ด้านอากาศ**

  คุณภาพอากาศในบรรยากาศ (Ambient) โรงงานจำเป็นต้องตรวจวัดและรายงานผลปีละ 2 ครั้ง ในการรายงานผลกับนิคมอุตสาหกรรม การดำเนินกิจกรรมของโรงงานในช่วงต่างๆที่ผ่านมาพบว่าคุณภาพอากาศในบรรยากาศอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมาตลอด ตามมาตรฐานความปลอดภัยที่ออกประกาศจากกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

  คุณภาพอากาศจากปล่องระบาย (Stack emission) โรงงานจำเป็นต้องมีการติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศอย่างต่อเนื่อง (CEMS: Continuous Emission Monitoring

systems) ตามประกาศของโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่องระบาย และโรงงานต้องติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างน้อย ปีละ 2 ครั้ง โดยการดำเนินการของโรงงานด้านคุณภาพอากาศที่ระบายจากปล่องระบายเป็นไปตามมาตรฐานได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังมีกลุ่มมลพิษที่สำคัญคือกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs:Volatile organic Compound) จำพวกสารไฮโดรเจน ออกซิเจน และสารประกอบอื่นๆในกลุ่มอะโรเมติก อะลิฟาลิก เป็นต้น โดยโรงงานได้ใช้ กฎหมายจากกรมควบคุมมลพิษที่กำหนดมาตรฐานการควบคุมการรั่วซึมหรือแพร่กระจายของ VOCs ของโรงงาน โรงงานต้องมีแผนการจัดการ ทั้งระยะสั้นในการทำ self audit รวมทั้งแผนการรับรับมือเหตุการณ์รั่วซึม ระยะกลาง คือการจัดทำบัญชีรายการเพื่อทราบข้อมูลชนิด ปริมาณและแหล่งกำเนิดสาร VOCs และระยะยาว โรงงานต้องทำการควบคุมที่แหล่งกำเนิดโดยใช้หลักการ preventive maintenance โดยผลการกำกับดูแลคุณภาพอากาศพบว่า มลพิษอากาศที่สำคัญ เช่น ไนโตรเจนอ็อกไซด์(NOx) ซัลเฟอร์ไดอ็อกไซด์ (SO2) โดยผลการดำเนินการของมลสารที่สำคัญของโรงงานดังรูปที่ 6.12



รูปที่ 6.12 มลพิษอากาศของการดำเนินการผลิตเม็ดพลาสติก
(รายงานความยั่งยืนแบบบูรณาการ, 2560)

นอกจากนี้ทางโรงงานยังปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องและมีเป้าหมายในการลดปริมาณการปล่อยมลพิษอากาศลงร้อยละ 10 ภายในปี พ.ศ.2566 เมื่อเทียบกับปีฐาน พ.ศ.2556 และยังมีแผนการการตรวจสอบและซ่อมบำรุงเครื่องจักรสม่ำเสมอ ใช้เทคโนโลยีและเลือกใช้อุปกรณ์ที่ทันสมัยมีประสิทธิภาพสูงเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้มากที่สุด เช่น การดำเนินโครงการเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดกลับไฮโดรคาร์บอน (Vapour recovery Unit:VRU) การติดตั้งระบบบำบัด VOCs ในระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อควบคุมกลิ่นไม่ให้ส่งผลกระทบต่อชุมชนที่อยู่โดยรอบ มีการดำเนินการตรวจสอบ VOCs ที่อาจรั่วไหลแหล่งกำเนิดภายในโรงงาน โดยการติดตั้งค่าควบคุมที่

โรงงานกำหนดนั้นจะมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานตามกฎหมายกำหนด (≤300 ppm) ซึ่งเมื่อเกิดผลกระทบถึงค่าควบคุมที่โรงงานกำหนด ทางโรงงานจะดำเนินการแก้ไขทันทีตามขั้นตอนเพื่อลดปัญหา และผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อชุมชน ยิ่งไปกว่านั้น การดำเนินการของโรงงานยังมีการดำเนินการด้านการจัดทำบัญชีรายการสารอินทรีย์ระเหยง่ายเพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการในการลดการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่าย นอกจากนี้ยังมีโครงการที่ลดการระบายมลพิษทางอากาศที่สนับสนุนการลดการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายอีกเช่น โครงการติดตั้งหลุมบ่อน้ำเสียเพื่อควบคุมและลดสารอินทรีย์ระเหยง่าย ที่ระบายสู่บรรยากาศโดยสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดจะถูกนำไปผ่านระบบบำบัดเพื่อให้เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด และอีกหนึ่งโครงการคือ โครงการติดตั้งอุปกรณ์เทคโนโลยีบำบัด VOCs ด้วย Bio-filter โดยทางโรงงานได้มีการติดตั้ง Bio-filter เพื่อลดและควบคุมสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อทดแทนการบำบัดแบบใช้ ถ่านกัมมันต์ ที่ใช้ในรูปแบบเดิม โดยการติดตั้งอุปกรณ์เทคโนโลยีบำบัด VOCs ด้วย Bio-filter นี้จะมีประสิทธิภาพสูงกว่า และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น รวมทั้งสามารถลดผลกระทบต่อชุมชนจากการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวทำให้โรงงานได้ประโยชน์ถึงสองทางคือ สามารถลดการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายออกสู่บรรยากาศได้ดียิ่งขึ้นและยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดถ่านกัมมันต์ได้อีกทางหนึ่ง

- **ด้านน้ำเสีย**

การจัดการน้ำเสีย ในการบัดบัดน้ำโรงงานต้องปฏิบัติตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องคือ พระราชบัญญัติโรงงานและข้อกำหนดของนิคมอุตสาหกรรม โดยโรงงานจัดเป็นโรงงานขนาดใหญ่ ต้องมีระบบบำบัดน้ำที่สมบูรณ์ภายในโรงงานเอง โดยน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดและปล่อยออกนอกโรงงานจะต้องเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานมลพิษจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมและกรมควบคุมมลพิษ โดยการดำเนินการที่ผ่านมาของโรงงานนั้น โรงงานได้มีการกำกับดูแล และตรวจสอบตลอดเวลาทั้งพารามิเตอร์ทางด้านกายภาพและทางเคมี โรงงานมีการจัดตั้งค่ากำหนดตรวจสอบ(Checked level) โดยค่าของพารามิเตอร์ของน้ำเสียแต่ละพารามิเตอร์โรงงานจะกำหนดให้ค่าต่ำกว่าแต่ละพารามิเตอร์ตามที่กฎหมายกำหนดเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งให้ดีกว่ากฎหมายกำหนดอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังมีการนำน้ำที่บำบัดแล้วนำกลับมาใช้ในระบบโรงงานเพื่อประโยชน์ในด้านอื่น โดยโรงงานมีการติดตั้งระบบ Reverse Osmosis เพื่อนำน้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วกลับมาใช้ในระบบหล่อเย็น (cooling system)

- **ด้านกากของเสียอันตราย**

กรมโรงงานอุตสาหกรรมเป็นผู้มีอำนาจอนุมัติ อนุญาต สำหรับการนำกากอุตสาหกรรมออกนอกโรงงาน โดยกรมโรงงานจะนำเข้าระบบอิเล็คทรอนิคส์และเจ้าหน้าที่สำนักงานนิคมเป็นผู้ได้รับมอบในการกำกับดูแลโรงงาน โดยโรงงานได้วางรูปแบบระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างเข้มงวด โดยหลักการที่โรงงานใช้คือ 5Rs ได้แก่ Reduce Reuse Recycles Renewable และ Refuse นอกจากนี้โรงงานยังมีการติดตาม กำกับดูแล ตรวจสอบการจัดการกากของเสียตั้งแต่เริ่มกระบวนการตั้งแต่การคัดแยก การจัดเก็บ การขนส่ง การกำจัดตลอดจนมุ่งมั่นที่จะใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและลดของเสียให้เกิดน้อยที่สุดโดยการดำเนินการนี้ยังสอดคล้องกับเป้าหมายของการดำเนินการพัฒนาที่ยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติในด้านที่ 12 ด้านการบริโภคและการผลิตเพื่อความยั่งยืนแม้ว่าในกระบวนการผลิตจะมีกระบวนการผลิตมากขึ้นทำให้เกิดของเสียแต่โรงงานมีการกำจัดของเสียหลายรูปแบบตามหลัก 5Rs ซึ่งมีโครงการต่างๆมารองรับด้านการจัดการของเสีย เช่น โครงการ ลดปริมาณของเสียฝังกลบให้กลายเป็นศูนย์ (Zero waste to landfill) เป็นต้น

○ ด้านพลังงาน

การจัดการด้านพลังงานของโรงงาน โรงงานดำเนินการตามกฎหมายพระราชบัญญัติส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงานในการดำเนินการกิจกรรมการผลิต โดยนอกจากนี้โรงงานยังพยายามลดเป้าหมายการดำเนินการลดการใช้พลังงานงานอย่างต่อเนื่องผ่านโครงการต่างๆ มากกว่า 57 โครงการและสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ถึง 1,395,920 GJ และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากถึง 77,503 ตันคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ในปี 2017 ตัวอย่างโครงการีสำคัญ เช่น

(1) โครงการ Energy recovery from MEG product project โดยการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อนำพลังงานที่เหลือจากกระบวนการผลิตมาใช้ใหม่

(2) โครงการ Qmax catalyst replacement project โครงการพัฒนากระบวนการผลิตโดยเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาให้มีอายุการใช้งานนานขึ้นและลดใช้พลังงาน

(3) โครงการเปลี่ยนตัวดูดซับที่หน่วย PAREX เพื่อดึงพาราไลซีนและลดปริมาณการใช้พลังงานที่หอ raffinate

(4) โครการ New platformer (PLF) feed effluent exchanger เป็นการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ Platformer เพื่อนำพลังงานความร้อนกลับมาใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(5) โครงการ Revamped APC model follow expansion การติดตั้ง Advanced process control เพื่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานไอน้ำสูงขึ้นและลดการใช้พลังงาน

2) กฎระเบียบข้อบังคับนานาชาติและการดำเนินการภาคสมัครใจ

การดำเนินการของโรงงานไม่เพียงแต่ดำเนินการตามกฎหมายข้อบังคับที่เกี่ยวข้องจากทุกหน่วยงานทั้ง กระทรวง และกรมต่างๆ ตลอดจนประกาศและข้อกำหนดของนิคมอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่โรงงานยังยกระดับการบริหารจัดการในด้านสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนอย่างต่อเนื่องสูงสุด โดยโรงงานได้ดำเนินการในข้อกำหนดและมาตรฐานระดับชาติและนานาชาติดังนี้

- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO) องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก โรงงานดำเนินการภาคสมัครใจในการจัดทำบัญชีรายงานก๊าซเรือนกระจกเพื่อดำเนินการตามนโยบายความยั่งยืน การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการผลิตในอนาคต และเมื่อปฏิบัติตามโรงงานมีสิทธิ์ประโยชน์เช่น ด้านภาษีสิ่งแวดล้อม และการสนับสนุนจากภาครัฐด้านเทคโนโลยี และโรงงานได้ตั้งเป้าในการลดก๊าซเรือนกระจกในการดำเนินการเมื่อเทียบกับปีฐานคือ ปี พ.ศ.2012 โดยเป้าหมายจะลดลงร้อยละ 10 ในปี พ.ศ. 2022
- รายงานความยั่งยืนตาม Global reporting Initiative (GRI) standard
- UN global compact, Lead level ข้อตกลงโลกแห่งสหประชาชาติโดยดำเนินการตามเกณฑ์ขั้นสูงสุด 21 ประการของ UN Global impact เพื่อบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน
- Dow Jones Sustainability Indices สมาชิกของดัชนีความยั่งยืนของดาวน์โจนส์
- FTSE4Good index ดัชนีองค์กรที่มีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม
- Carbon Disclosure Project by CDP Disclosure Insight Actionการดำเนินการระดับ A list ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการบริหารจัดการน้ำ
- Environmental Management Accounting (EMA) การบัญชีสิ่งแวดล้อม
- มาตรฐาน ISO ตามรูปแบบอนุกรมต่างๆดังนี้
  - ISO 9001 Quality management system มาตรฐานระบบบริหารงานคุณภาพ
  - ISO 14001 Environmental management มาตรฐานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม
  - ISO 14064 Greenhouse Gases มาตรฐานการจัดการก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- OHSAS/TIS 18001 Occupational, Health and Safety Management System มาตรฐานระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
- ISO 50001 Enegy Management System มาตรฐานระบบการจัดการพลังงาน
- ISO 22301Societal Security-Business Continuity management System ระบบการบริหารความต่อเนื่องทางธุรกิจ
- ISO 27001:2013 มาตรฐานการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของบริษัท
- ISO 31000 Enterprise Risk Management System มาตรฐานการบริหารความเสี่ยงองค์กร

โดยเหตุผลที่โรงงานดำเนินนโยบายและข้อตกลงระดับนานาชาติโดยสมัครใจนี้ เหตุผลหลักคือเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจในระดับประเทศและระดับโลกและรักษาบทบาทในการเป็นโรงงานชั้นนำในการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนเป็นเลิศ โดยกำหนดเป็นยุทธศาสตร์ของโรงงานที่จะดำเนินการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน โดยกำหนดเป็นยุทธศาสตร์ของโรงงานที่จะดำเนินการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

3) สรุปสถานะของกฎระเบียบในประเทศ กฎระเบียบของต่างประเทศที่มีผลต่อการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกอยู่ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยในประเทศไทยการประกอบกิจการอุตสาหกรรมปิโตรเคมีตามประกาศของกรมโรงงานอุตสาหกรรมอุตสาหกรรมปิโตรเคมีถูกจัดเป็นโรงงานประเภทที่ 3 คือเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและสังคมสูง ดังนั้นการดำเนินการของโรงงานจึงต้องดำเนินการเป็นไปด้วยความเคร่งครัดตามกฎหมายที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมทั้งหมดที่บังคับใช้กับโรงงาน โดยกฎหมายในประเทศนั้นมีความสำคัญกับโรงงานมากที่จะต้องดำเนินการตามโดยกฎหมายหลักที่โรงงานได้ดำเนินการปฏิบัติตามคือ พระราชบัญญัติที่ประกาศออกมาของแต่ละกระทรวงเป็นหลัก และข้อกำหนดที่สำคัญของหน่วยงานย่อยที่เกี่ยวข้องกับโรงงานโดยตรง เช่นกรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษ และกฎหมายบังคับใช้ในนิคมอุตสาหกรรม การควบคุมมลพิษทางอากาศจากปากปล่อง การระบายน้ำเสีย การขนส่งและกำจัดกากอุตสาหกรรมและของเสียอันตราย การส่งรายงาน EIA ตามระยะเวลาที่กำหนด การจัดทำรายงานมลพิษ ตลอดจนการดำเนินการด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยรวมถึงผลกระทบและการร่วม

เป็นส่วนหนึ่งของชุมชน โรงงานได้มีการกำกับอย่างเข้มงวด และรายงานกลับไปสู่หน่วยงานภาครัฐตามข้อกำหนดจนได้รับรางวัลอุตสาหกรรมสีเขียวระดับสูงสุด จากกระทรวงอุตสาหกรรม

ในส่วนของกฎระเบียบต่างประเทศนั้นส่วนใหญ่โรงงานดำเนินการเนื่องจากการแข่งขันทางด้านธุรกิจเป็นสำคัญ และการได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยลดอุปสรรคในการการดำเนินธุรกิจระดับนานาชาติ โรงงานได้ดำเนินการมาตรฐาน ISO เพื่อรับรองมาตรฐานของโรงงานทั้งตัวของผลิตภัณฑ์และระบบงานการบริหารงานเพื่อป้องกันการกีดกันทางการค้าและอุปสรรคทางธุรกิจและนอกจากนี้โดยองค์กรสำคัญที่โรงงานได้เข้าร่วมคือ DJSI เพื่อปปรับกระบวนการดำเนินการให้มีประสิทธิภาพทัดเทียมองค์กรชั้นนำของโลก และยังเป็นทางเลือกให้กับนักลงทุนทั่วโลกได้ รวมถึงการได้รับจัดอันดับใน DJSI เป็นหลักประกันถึงศักยภาพในการดำเนินกิจการได้เป็นอย่างดี

การดำเนินการของโรงงานนั้น ไม่เพียงแต่มุ่งมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมเท่านั้นการเข้าร่วมเป็นสมาชิกของ DJSI ที่มุ่งเน้นด้านสิ่งแวดล้อม ด้านสังคม และการดำเนินธุรกิจอย่างมีธรรมาภิบาล มุ่งเป้าการดำเนินการของเป้าหมายความยั่งยืน SDGs ตลอดจนหมวดรายการของ GRIs ข้อกำหนดต่างๆในการดำเนินการทำให้โรงงานพยายามยกระดับด้วยโครงการภาคสมัครใจในการรับรองการดำเนินธุรกิจและยกระดับผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการทางสิ่งแวดล้อมต่างๆของสิ่งแวดล้อมในภาคสมัครใจต่างๆดังนี้

- Carbon Footprint of Products: CFPs, Carbon Footprint Reduction (CFR) ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และฉลากลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ จากองค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก
- Water Footprint of Products วอเตอร์ฟุตพรินท์ของผลิตภัณฑ์
- Circular Economy การดำเนินการเศรษฐกิจหมุนเวียน
- Life Cycle Management: LCM การจัดการวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยมีโครงการย่อย 3 โครงการได้แก่ Eco-design การออกแบบเชิงนิเวศ LIfe cycle assessment: LCA การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ และ Eco-efficiency การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ด้วยมาตรการและวิธีการเหล่านี้ที่โรงงานได้ดำเนินการเพื่อลดอุปสรรคทางการค้ากับนานาประเทศ โดยเฉพาะกับประเทศในยุโรปที่มาตรการและข้อบังคับทางการค้าต่อผลิตภัณฑ์และการดำเนินการที่เข้มงวด การดำเนินการของโรงงานเพื่อยกระดับการจัดการสิ่งแวดล้อมเหนือกว่ากฎหมายที่ปฏิบัติในประเทศ และยังตอบสนองต่อความต้องการต่อธุรกิจในระดับนานาชาติที่ให้

ความสำคัญต่อประเด็นทางสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนมาเป็นหลัก โดยการดำเนินการของโรงงานในปัจจุบันได้รับการรับรองเป็นการดำเนินการในระดับโรงงานตัวอย่างในระดับสากลทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม ตามตัวชี้วัดในหลากหลายมาตรฐานและองค์กรระดับชาติและนานาชาติ

6.2.2 โครงข่ายทางด้านเศรษฐกิจ (Economic Network)

6.2.2.1. ลูกค้าของโรงงาน

ผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกที่โรงงานขายให้กับลูกค้านั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ลูกค้าภายในประเทศ และลูกค้าภายนอกประเทศ

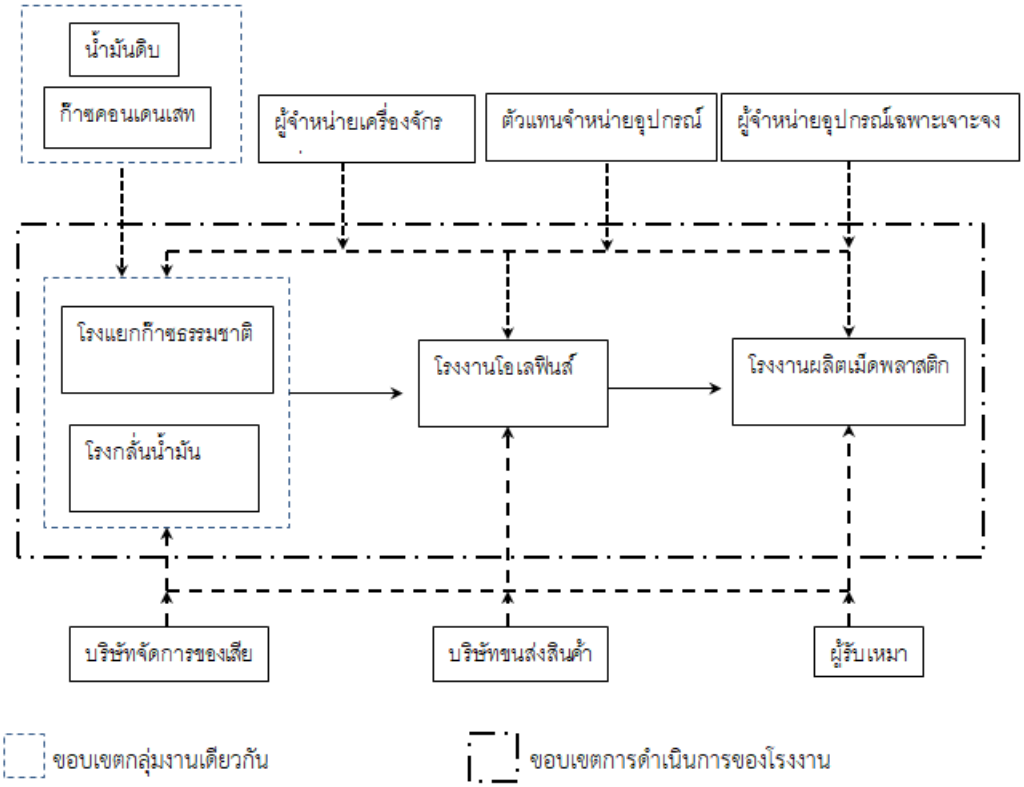
1) ลูกค้าในประเทศ ลูกค้าไม่เข้มงวดทางด้านสิ่งแวดล้อม แต่ทางบริษัทจะตรวจสอบบริษัทคู่ค้าเป็นหลักถึงการดำเนินกิจการของลูกค้า และมาตรฐานต่างๆที่ได้รับการรับรองทางด้านสิ่งแวดล้อม และสิ่งที่ลูกค้าต้องการเป็นหลักคือ ลูกค้าต้องการเม็ดพลาสติกที่มีราคาถูกลง ตลอดจนโรงงานควรพัฒนาคุณภาพของเม็ดพลาสติกให้มีความทนทานมากขึ้น ลูกค้าเล็งเห็นความสำคัญของการผลิตเม็ดพลาสติกประเภท Biodegradable resin จึงต้องการให้โรงงานพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นลูกค้าเล็งเห็นถึงความสำคัญเช่นเดียวกัน
2) ลูกค้าต่างประเทศ การเข้มงวดทางด้านสิ่งแวดล้อมกับบริษัทคู่ค้าต่างประเทศจะต้องมีการตรวจสอบซึ่งกันและกันถึงมาตรฐานที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมต่างๆที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยหากไม่ปฏิบัติตามอาจถูกปฏิเสธไม่ทำการค้าด้วย ทำให้บริษัทเสียผลประโยชน์ทางธุรกิจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2.2.2 ผู้ผลิตสินค้าและวัตถุดิบหรือคู่ค้า (Supplier/Vendor)

โรงงานกำกับดูแล supplier ที่เป็นคู่ค้าของบริษัททุกราย โดยมุ่งเน้นไปที่ความมีจริยธรรมและความโปร่งใส ตั้งแต่กระบวนการขึ้นทะเบียน การคัดเลือก การประเมินความเสี่ยง ตลอดจนการติดตามการดำเนินการ โดยการคัดเกณฑ์คุณสมบัติเบื้องต้นของโรงงานโดยตรวจสอบคุณสมบัติดังต่อไปนี้ 1.ความสามารถด้านเทคนิค 2.ความสามารถในการประกันคุณภาพและควบคุมคุณภาพ 3.ความปลอดภัยและอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมและ 4.การเงิน นอกจากนี้คู่ค้ายังจำเป็นต้องผ่านการประเมินด้านจริยธรรมและการดำเนินตามกฎหมายแรงงานอย่างเคร่งครัด

นอกจากนี้บริษัทยังมีการตรวจสอบและผ่านการประเมินระหว่างการเป็นคู่ค้ากับบริษัท หากไม่สามารถดำเนินงานได้ตามที่บริษัทกำหนด บริษัทจะระงับการจัดซื้อจัดจ้างหรือถอนชื่อออกจากทะเบียนคู่ค้าของบริษัท



รูปที่ 6.13 ขอบเขตการดำเนินการของ supplier ในแต่ละช่วงการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Supplier ของบริษัทหลักๆจะประกอบด้วย บริษัทจัดหาน้ำมันดิบและก๊าซคอนแดนเสทซึ่งในกรณีศึกษานี้ทั้งการจัดหาน้ำมันดิบและก๊าซคอนเดนเสทเป็น supplier จากบริษัทเดียวกัน และในทุกช่วงการดำเนินการบริษัทได้มี supplier ที่เข้ามามีบทบาทได้แก่ ผู้จำหน่ายเครื่องจักร ตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ ผู้จำหน่ายอุปกรณ์เฉพาะเจาะจงและตัวเร่งปฏิกริยา บริษัทจัดการของเสีย บริษัทขนส่งสินค้า ผู้รับเหมา โดยนอกจากจะต้องผ่านการประเมินตามข้อกำหนดด้านคุณภาพตามมาตรฐานสากลแล้วบริษัทยังเน้นนโยบายเรื่องการจัดซื้อจัดจ้างสีเขียว คือการจัดซื้อจัดจ้างและบริการที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าสินค้าและบริการทั่วไปที่ทำหน้าที่แบบเดียวกัน โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ เริ่มตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การเลือกใช้พลังงานและเทคโนโลยีที่เหมาะสม การบรรจุหีบห่อ การขนส่ง การใช้งาน ตลอดจนการจัดการซากผลิตภัณฑ์

หลังอายุการใช้งาน โดยบริษัทมีมาตรการในการวางกรอบการจัดซื้อจัดจ้างสีเขียวโดยให้ทุก supplier ดำเนินการตามรูปแบบเดียวกัน

6.2.2.3 โรงงานปิโตรเคมีอื่นๆ

ในประเทศไทยอุตสาหกรรมปิโตรเคมีแบ่งออกเป็น 4 ประเภท โดยแบ่งออกเป็น 1.อุตสาหกรรมการผลิตวัตถุดิบตั้งต้น (feedstock) ได้แก่ แนฟทา ก๊าซธรรมชาติ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากโรงแยกก๊าซ 2.อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น (upstream) คือการนำวัตถุดิบจากอุตสาหกรรมการผลิตข้างต้นมาผลิตต่อ สามารถแบ่งได้เป็น 2 สายได้แก่ โอเลฟินส์และอะโรแมติก 3. อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลาง (Intermediate) เป็นการนำวัตถุดิบจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นมาผลิตต่อ 4.อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย (Downstream) ป็นการนำวัตถุดิบที่ได้จากการผลิตในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นและขั้นกลางมาผลิตเพื่อในไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่อในอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ เม็ดพลาสติก 2.เส้นใยสังเคราะห์ 3.ยางสังเคราะห์ 4.สารเคลือบผิวและกาว โรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีการลงทุนครบวงจรเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ธุรกิจประสบความสำเร็จ ช่วยลดต้นทุนในการผลิต ในประเทศไทยมีผู้ผลิตอุตสาหกรรมปิโตรเคมีรายใหญ่คือ โรงงานกรณีศึกษากลุ่มพีทีทีเคมีคอลมีร้อยละ 54 ของส่วนแบ่งตลาด และกลุ่มซีเมนต์ไทยร้อยละ 29 โดยความร่วมมือกับโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาคือ ในส่วนของการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การร่วมกันปรับปรุงคุณภาพอากาศ VOCs

โดยผ่านการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยเป็นตัวกลาง โดยบริษัทกลุ่มซีเมนต์ไทยมีความร่วมมือกับ Dow Chemical Thailand ในการพัฒนาวัตถุดิบในการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2.2.4 ผู้รับเหมาจัดการขยะ

บริษัทรับเหมาจัดการขยะที่โรงงานจ้างนั้นมีหน้าที่จัดการขยะ เช่นกากของเสียและกากของเสียอันตรายโดยบริษัทมีการจ้างผู้รับเหมาในการจัดการ ทางบริษัทจะมีการตรวจสอบติดตามการจัดการกากของเสีย โดยวิธีการต่างๆเช่น การติดตั้งระบบติดตามเพื่อให้สามารถตรวจสอบได้ ณ ช่วงเวลาการขนส่ง หรือการสุ่มตรวจผู้รับเหมา เพื่อให้มีการจัดการได้ตามมาตรฐานการจัดการกากของเสีย โดยใช้หลักการในการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดตามหลัก 5Rs และผนวกกับแนวคิกเศรษฐกิจแบบหมุนเวียน(Circular economy concept) เพื่อลดปริมาณการใช้ทรัพยากรและของเสียตลอดห่วงโซ่คุณค่า นอกจากนี้ยังดำเนินโครงการลดปริมาณของเสียไปฝังกลบให้เป็นศูนย์ด้วยมาตรการในการจัดการของเสียตั้งแต่แหล่งกำเนิดเพื่อนำมาใช้ใหม่และนำไปเป็นเชื้อเพลิงโดยเป้าหมายสูงสุดคือการลดของเสียให้ได้มากที่สุด เช่นการนำของเสียที่มีส่วนผสมของปรอทไปเป็น

วัตถุดิบในการผลิตเครื่องมือแพทย์ การนำผงพลาสติกจากระบบบำบัดอากาศมาเป็นวัตถุดิบในการผลิต เป็นต้น

6.2.2.5 องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการกำหนดมาตรฐาน (International Organization for Standardization:ISO)

เป็นองค์กรที่ออกมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจและอุตสาหกรรม โดยโรงงานให้ความสำคัญมากในการรับรองมาตฐานสำหรับโรงงานให้น่าเชื่อถือในระดับสากลและลดกำแพงทางการค้า ด้วยเงื่อนไขของมาตรฐานที่บริษัทร้องขอและได้รับการรับรองเกี่ยวกับด้านสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัย การบริหารองค์กรและการรับรองคุณภาพ (ดูตามมาตรฐานในหัวข้อ 1.3.2) ในประเทศไทยจะมีหน่วยงานสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.) ภายใต้กระทรวงอุตสาหกรรม เป็นสมาชิกองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (ISO) โดยเป็นที่ปรึกษาจัดระบบบริหารงานคุณภาพภายในองค์กร และทำหน้าที่ด้านการรับรอง (certification) มาตรฐานต่าง ๆ

นอกจากนี้บริษัทยังได้รับการตรวจสอบข้อมูลการดำเนินการทางด้านสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยโดยหน่วยงานภายนอกเป็นประจำทุกปี โดยความมุ่งมั่นในการดำเนินธุรกิจให้สอดคล้องกับข้อกำหนดตลอดจนกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้บริษัทไม่มีกรณีละเมิดหรือผิดกฎหมายและข้อบังคับทางด้านสิ่งแวดล้อมและโรงงานของบริษัททั้งหมด 14 โรงงานได้รับการรับรองการเป็นอุตสาหกรรมสีเขียวระดับ 5 จากกระทรวงอุตสาหกรรม

6.2.2.6 ดัชนีชี้วัดความยั่งยืนดาวโจนส์ (Dow jones Sustainability Indices)

บริษัทได้รับคัดเลือกให้เป็นสมาชิก โดยการเข้าร่วมเป็นสมาชิกจะช่วยเพิ่มความน่าสนใจในการลงทุนของสายตาผู้ลงทุนทั้งในและต่างประเทศ ตลอดจนสร้างความเชื่อมันว่าบริษัทมีการดำเนินธุรกิจโดยคำนึงถึงสังคมและสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปกับการสร้างผลประกอบการที่ดี อันจะส่งผลให้ธุรกิจสามารถเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง ยั่งยืน โดยการประเมินของ DJSI นั้นถูกประเมินด้วยเครื่องมือ Corperate Sustainability Asssessment เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำและระเบียบวิธีที่ชัดเจน โดยประเมินข้อมูลมากกว่า 600 ประเด็น ซึ่งจะครอบคุลมทั้ง 3 มิติของความยั่งยืนได้แก่ ทางด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม เป็นดัชนีที่กองทุนต่างๆทั่วโลกใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงในการพิจารณาการลงทุน ซึ่งผลประเมินล่าสุดปี พ.ศ.2562 บริษัทได้รับการจัดอันดับในระดับคะแนนสูงสุดเป็นอันดับที่ 1 ของโลก ด้านการพัฒนาที่ยั่งยืนด้วย percentile 100 และอยู่ในระดับ Top 10 ของ DJSI world .ในกลุ่มเคมีภัณฑ์ต่อเนื่องเป็นปีที่ 7 บริษัทจึงต้องดำเนินธุรกิจให้ไม่เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมในทุกมิติ ทางด้านเศรษฐกิจ ความโปร่งใส และสนับสนุนทางด้านสังคมอย่างยั่งยืน โดยการดำเนินการต้องเป็นไปอย่างเข้มงวดและโดดเด่นมากในมิติทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น กล

ยุทธ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ(Climate strategy) การบริหารจัดการน้ำ (Water Management) ความรับผิดชอบต่อผลิตภัณฑ์ (Product stewardship) รวมถึงการประยุกต์หลักเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy)

6.2.2.7 ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET)

โรงงานในฐานะที่เป็นบริษัทที่จดทะเบียนกับตลาดหลักทรัพท์ โรงงานจะต้องมีการเปิดเผยข้อมูลอย่างตรงไปตรงมา ดำเนินธุรกิจด้วยหลักธรรมาภิบบาลตามข้อกำหนดของ ก.ล.ต. โดย ก.ล.ต. โดยหลักการสำคัญที่โรงงานใช้ในการดำเนินการคือ กฎหมายพระราชบัญญัติหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ เช่นมาตรการต่างๆที่ปฏิบัติ เช่น การรักษาความลับของคู่ค้า (Confidentially of information policy) มาตรการการป้องกันปราบปรามการฟอกเงินและการต่อต้านการสนับสนุนทางการเงินแก่ก่อการร้าย (Anti-money laundering and combating the financing of terrorism policy) นโยบายการต่อต้านการผูกขาดและการแข่งขันที่เป็นธรรม (Antitrust Law/Competition Law policy) นโยบายการต่อต้านการทุจริตและการติดสินบน (Anti-Corruption and Anti-Bribery policy) นโยบายด้านทรัพย์สินทางบัญญา(Intellectual property) นโยบายด้านสิทธิมนุษยชน (Human Right policy) และโรงงานยังได้ให้หน่วยงานภายนอกทำการสอบทานระบบงานการกำกับดูแลการปฏิบัติงาน เพื่อให้มั่นใจว่าระบบงานการกำกับดูแล การปฏิบัติงานของบริษัทสอดคล้องกับแนวทางหรือมาตรฐานสากลสนับสนุนด้านการนำพาองค์กรไปสู่ความยั่งยืน โดยเป้าหมายสูงสุดคือบริษัทมีศักยภาพและความพร้อมเข้าสู่ตัวชี้วัดความยั่งยืนในระดับสากลเช่น DJSI โดยตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยมีบทบาทที่ผลักดันให้บริษัทจำเป็นต้องพัมนาและปรับตัวให้เข้าสู่ความยั่งยืนในระดับสากล โดยตลาดหลักทรัพย์จะมีหน้าที่ในการให้ความรู้หลักการ มาตรฐานและแนวปฏิบัติเพื่อความยั่งยืน สนับสนุนเปิดเผยข้อมูลด้วยการจัดทำรายงานความยั่งยืน และผลักดันให้เกิดการปฏิบัติตามแนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืนในแทนวทางการดำเนินธุรกิจ โดยการดำเนินการของโรงงานนั้นได้ข้ามขั้นไปสู่ระดับสากลและผลการปฏิบัติงานได้ขึ้นสู่ระดับสูงสุดของโลกด้านความยั่งยืน

6.2.2.8 สถาบันการศึกษา

บริษัทได้มีความร่วมมือกับสถาบันการศึกษาและสถาบันวิจัยต่างๆ ทั้งในประเทศไทย และต่างประเทศในการพัฒนาและวิจัยผ่านทางนวัตกรรมแบบเปิด(Open Innovation) เช่น คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร สถาบันวิริยเมธี Nanyang Technologucal University (NTU) ซึ่งเป็นการพัฒนานวัตกรรมเข้าสู่ตลาดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมีความคุ้มค่ามากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2.3 โครงข่ายทางด้านสังคม (Societal Network)

โครงข่ายทางด้านสังคมที่มีผลให้โรงงานต้องปรับปรุงสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปโรงงานจะปฏิบัติตามกฎหมายสิ่งแวดล้อมและพยายามปรับปรุงสิ่งแวดล้อม ยกระดับให้มีมาตรฐานมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องกับโรงงาน ที่มีผลต่อการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมของโรงงานมีดังต่อไปนี้

- ชาวบ้านในชุมชน ชาวบ้านในชุมชนเมื่อได้รับผลกระทบจากนิคมอุตสาหกรรมก็จะติดต่อร้องเรียนเพื่อให้มีการปรับปรุงแก้ไข เช่น ปัญหากลิ่นจากการเผา Flare .โดยทางนิคมอุตสาหกรรมก็จะต้องหาต้นตอในการเกิดและดำเนินการให้โรงงานมีการแก้ไขอย่างเร่งด่วนเพราะเป็นเรื่องที่กระทบกับชาวบ้าน หากไม่ดำเนินการแก้ไขให้แล้วเสร็จชาวบ้านอาจมีการร้องเรียนไปยังหน่วยงานภาครัฐขนาดใหญ่ขึ้นมีผลทำให้ส่งผลต่อความน่าเชื่อถือต่อการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัท และส่งกระทบต่อความเสียหายด้านความเชื่อมั่นและราคาหุ้นของบริษัทได้
- องค์กรอิสระ (NGOs) มักมีบทบาทร่วมกับชาวบ้านในการสนับสนุนและช่วยชาวบ้านในการเรียกร้องความเสียหายที่เกิดขึ้นโดย องค์กรอิสระจะคอยดูแล และสอดส่องจากข้อร้องเรียนของชาวบ้าน โดยองค์กรอิสระคอยช่วยเป็นกระบอกเสียงเพื่อเรียกร้องสิทธิและความเป็นธรรมรวมถึงสิทธิประโยชน์ต่างๆที่ชาวบ้านควรจะได้รับ
- พนักงาน ไม่ได้มีบทบาทมากในการเรียกร้องให้โรงงานต้องปรับปรุงในด้านสิ่งแวดล้อม เพราะสิ่งที่สำคัญคือกฎหมายในด้าน พ.ร.บ.ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ.2554 ที่โรงงานต้องปฏิบัติตามข้อกฎหมายเหล่านี้อยู่แล้ว อีกทั้งโรงงานยังยกระดับไม่เพียงสภาพแวดล้อมในการทำงานตามกฎหมายแต่ยังส่งเสริมสุขภาวะที่ดีในการทำงานตลอดจนสุขภาพจิตของพนักงานในการทำงานอีกด้วยเช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรงงานให้ความสำคัญกับการดำเนินการผลิตให้สอดคล้องกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับพนักงาน ลูกจ้าง ไม่ว่าจะเป็นกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับแรงงานทั้งหมด รวมถึงกฎหมายเกี่ยวกับความปลอดภัยตลอดจนสวัสดิการพื้นฐานที่พนักงานควรได้รับอย่างเป็นธรรมและพยายามยกระดับให้สวัสดิการที่มากกว่าตามที่กฎหมายกำหนดเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีของพนักกงานตลอดมา นอกจากนี้สิ่งที่อยู่นอกเหนือขอบข่ายกฎหมายกำหนดที่ยังไม่ได้ประกาศมาใช้เป็นข้อบังคับ ทางโรงงานก็ยัง

พยายามยกระดับมาตรฐานทางด้านสังคมที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่องเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนอย่างแท้จริง ทั้งทางด้าน สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม นอกจากนี้ทางด้านสังคมมีผู้มีบทบาททางด้านสังคมนั้นมีผู้ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) คนงานและพนักงานประจำ

โรงงานได้ดำเนินการทุกข้อกำหนดของกฎหมายที่เกี่ยวข้องทั้งด้านกฎหมายพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับแรงงาน เช่น การดูแลพนักงานตามหลักกฎหมายคุ้มครองแรงงานตามมาตรฐานแรงงานไทย (มรท.8001-2553) หลักสิทธิมนุษยชน กฎหมายพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พระราชกฤษฎีกา ตลอดจนกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้อง ทางโรงงานได้ยกระดับการปฏิบัติงานของพนักงานด้วยแนวคิด “สถานที่ทำงานที่สร้างสรรค์ความสุขและความปลอดภัย”(Happy and Safe workplace) โรงงานเล็งเห็นว่าพนักงานเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าและเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยผลักดันองค์กรให้ประสบความสำเร็จ โรงงานยังจัดหาสวัสดิการด้านต่างๆให้กับพนักงาน เช่น โบนัส ประกันสังคม ประกันสุขภาพ ค่าล่วงเวลา กองทุนสำรองเลี้ยงชีพ ค่ารักษาพยาบาล ประกันสุขภาพ ประกันชีวิต สวัสดิการด้านทันตกรรม สวัสดิการด้านการเดินทาง การกำหนดชั่วโมงการทำงานที่ยืดหยุ่น สวัสดิการโครงการกู้ยืมเงินฉุกเฉินสวัดิการโครงการเงินช่วยเหลือพนักงานกรณีประสบภัยพิบัติ สวัสดิการเงินช่วยเหลือค่าเล่าเรียนบุตร ตลอดจนสวัสดิการคลอดบุตรและการเลี้ยงดูบุตร โดยโรงงานเสนอสวัสดิการให้กับพนักกงานมากกว่าที่กฎหมายกำหนดโดย ทางโรงงานได้ดำเนินการตามพระรราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน โรงงานมีการจัดตั้งคณะกรรมการสวัสดิการในสถานประกอบการ (คสส.)welfare committee นอกจากนี้ผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลการสัมภาษณ์และแบบสอบถามพบว่าลูกจ้างประจำของโรงงานคือผู้ที่ทำงานในโรงงาน โดยจากการสัมภาษณ์เชิงลึกของลูกจ้างนั้นพบว่าสิ่งที่ลูกจ้างต้องการคือสวัสดิการเพิ่มบางส่วนให้เทียบเท่าระหว่างพนักงานเก่ากับพนักงานใหม่ เนื่องจากพนักงานรุ่นใหม่นั้นมีสวัสดิการบางส่วนที่น้อยกว่าแม้จะมากกว่าสิ่งที่กฎหมายที่คุ้มครองเกี่ยวกับสวัสดิการแรงงานกำหนดก็ตาม เช่น เรื่องสิทธิประโยชน์ด้านการเป็นหุ้นส่วน ส่วนในด้านอื่นๆ พนักงานรู้สึกว่าบริษัทมีธรรมภิบาลในการบริหารงานและองค์กรที่ดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

○ อาชีวอนามัยและความปลอดภัยของพนักงาน

โรงงานมุ่งพัฒนาขีดความสามารถของบุคลากรและยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยภายในองค์กรควบคู่ไปกับการสร้างจิตสำนึกด้านความปลอดภัย ภายใต้กฎหมายพื้นฐานคือ พ.ร.บ. สาธารณสุข พ.ศ.2535พ.ร.บ.ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554 โดยโรงงานได้ดำเนินการตามแผนกลยุทธ์การพัฒนาพนักงาน (People capability stategy)

โดยเริ่มต้นตั้งแต่การสรรหาพนักงานใหม่ การพัฒนาศักยภาพของพนักงานและการรักษาพนักงานให้คงอยู่ทำงานกับบริษัท และหล่อวัฒนธรรมการทำงานตามแนวทาง GC SPRIT ได้แก่ Global Mindset, Customer Focus, Synergy, Performance excellent, Innovation responsibility for society, integrity and ethics และ trust and respect เพื่อสนับสุนการดำเนินการที่สอดคล้องกับวิสัยทัศน์และพันธกิจ โดยนโยบายหลักคือคุณภาพชีวิตที่ดีของพนักงาน โรงงานได้มุ่งพัฒนาคุณภาพชีวิตของพนักงานเพื่อให้เกิดความสมดุลในการปฏิบัติงานและการใช้ชีวิตส่วนตัว

โรงงานได้ทำการดำเนินการตรวจสอบสภาพแวดล้อมในพื้นที่ปฏิบัติงานตามกฎหมาย เช่น แสง เสียง อุณหภูมิ ความชื้อ และคุณภาพอากาศ ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต รวมถึงการดูแลเรื่องสุขภาพจิตของพนักงานผ่านโครงการต่างๆที่ดูแลพนักงานดังต่อไปนี้

- โครงการ Employee assistance program (EAP)
- โครงการความเสี่ยงด้านกายศาสตร์ (Egronomics risk assessment program)
- โครงการ Fat killer 90 day challence
- โครงการ Non Communicable Disease: NCDs
- โครงการ Happy retirement

การจัดการด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย โรงงานได้ตระหนักดีว่าอาชีวอนามัยและความปลอดภัยต่อพนักงาน ผู้รับเหมา รวมไปถึงชุมชน และทรัพย์สินที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆในการดำเนินธุรกิจ ดังนั้น โรงงานจึงมีแนวทางในการบริหารจัดการความปลอดภัย ตั้งแต่กระบวนการผลิต กระบวนการความปลอดภัยส่วนบุคคล พร้อมทั้งจัดทำระบบตรวจสอบ รายงานและติดตามรวมทั้งการตรวจสอบและติดตามถึงคู่ค้าของโรงงานเพื่อป้องกันปัจจัยเสี่ยงและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับพนักงานของโรงงานด้วยแนวทาง Hazard Opeability Study (HAZOP) ซึ่งสอดคล้องกับกลยุทธ์ของโรงงานคือการบริหารจัดการที่เป็นเลิศ (Operation Excellence management system: OMES) เพื่อรักษามาตรฐานความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือของโรงงานโดยโรงงานได้ดำเนินโครงการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในกระบวนการผลิตสูงสุด พร้อมทั้งจัดทำ Roadmap 5 ปีที่ร่วมกับบริษัท Dupont ซึ่งเป็นบริษัทชั้นนำที่มีชื่อเสียงด้านความปลอดภัยในระดับสากล เพื่อพัฒนาระบบมาตรฐานความปลอดภัยของบริษัทให้บรรลุเป้าหมายที่เป็นองค์กรที่ปราศจากอุบัติเหตุ (Zero accident Organization) โดยผ่านโครงการที่ส่งเสริมความปลอดภัยในการทำงานได้แก่

- โครงการผู้นำที่สร้างแรงบันดาลใจให้กับผู้อื่น (Inpiration leadership program)
- โครงการ Safety stand down day

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- โครงการ Contractor SHE management
- โครงการ SSHE culture survey 2017
- โครงการมุ่งสร้างความปลอดภัยเชิงรุก (Safety focus proactive program)
- โครงการประกวดโฆษณาและภาพยนตร์สั้นด้านความปลอดภัย
- โครงการ Health Pre-screening
- โครงการรักษ์มือ (Hand injuries awareness program)

โดยผลการดำเนินโครงการด้านความปลอดภัยด้านกระบวนการผลิตๆต่างส่งผลให้โรงงานมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุลดลงและใกล้จะบรรลุเป้าหมายที่จะเป็นองค์กรที่ปราศจากอุบัติเหตุ Zero Accident Organization ที่โรงงานได้ตั้งไว้ในปี 2564 และบริษัทได้ตั้งเป้าเป็นองค์กรที่มีอุบัติเหตุเป็นศูนย์ในปี 2563

- **การอบรมและพัฒนาพนักงาน**

โรงงานดำเนินการด้านการพัฒนาพนักงานตามรูปแบบตัวชี้วัดทางสังคมของ SLCA และ GRIs .ในด้านการอบรมและพัฒนาพนักงานด้วยเช่นกันเพราะโรงงานเห็นความสำคัญของศักยภาพและการพัฒนาเพื่อความยั่งยืนทางด้านสังคมในตัวชี้วัดของมาตรฐานระดับนานาชาติ เช่นการฝึกอบรมพนักงาน การพัฒนาศักยภาพตามความสามารถโดยมีโครงการรองรับได้แก่

- โครงการ leadership excellence
- โครงการ GC hero
- โครงการสร้างนวัตกรรมและเพิ่มผลผลิต
- โครงการเสริมสร้าง Cabability for BAU
- โครงการ M learning project
- โครงการปรปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานทั่วทั้งองค์กร (Max project)
- โครงการ Top talent development

ผลของการอบรมทั้งหมดจะมีการอบรมแบ่งเป็น การอบรมเพื่อพัฒนาความเป็นผู้นำ (Leadership development) ระเบียบบังคับของมาตรการSHE (Legal/mandatory SHE) การอบรมด้านเทคนิค(Technical Trainning) ความสามารถในการเติบโต (New Capability for Growth) โดยค่าเฉลี่ยของการอบรมต่อปีคือ พนักงานเพศชาย 52 ชั่วโมง/คน/ปี พนักงานเพศหญิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

47 ชั่วโมง/คน/ปี โดยใช้เงินลงทุนไปกว่า 161 ล้านบาทสำหรับการอบรมเพื่อเพิ่มศักยภาพของพนักงาน

- **สิทธิมนุษยชนของพนักงาน**

ปัจจุบันสิทธิมนุษยชนเป็นประเด็นที่สำคัญที่ทั่วโลกให้ความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นสิทธิที่มนุษย์ทุกคนควรได้รับอย่างเท่าเทียมและเป็นธรรม โรงงานได้ยึดมั่นในการดำเนินธุรกิจตามหลักสิทธิมนุษยชนอย่างต่อเนื่องและปฏิบัติตามกบทบัญญัติที่กำหนดไว้ในกฎหมายไทยและกฎหมายระหว่างประเทศว่าด้วยสิทธิมนุษยชนของแรงงาน โดยแนวทางการบริหารสิทธิมนุษยชนนั้นเป็นไปตลอดห่วงโซ่คุณค่า โดยการปฏิบัติตามหลักการชี้แนะของสหประชาชาติว่าด้วยการดำเนินธุรกิจและสิทธิมนุษยชน UN guilding Principles on business and Human rights:UNGP เพื่อป้องกันและหลีกเลี่ยงการละเมิดสิทธิมนุษยชนของพนักงานในกลุ่มบริษัท คู่ธุรกิจ และคู่ค่าทางธุรกิจ (คู่ค้าผู้รับเหมา และลูกค้า)ตลอดจนชุมชนท้องถิ่น โดยมีกรอบการบริหารจัดการด้านสิทธิมนุษยชนดังนี้

- กำหนดนโยบายด้านสิทธิมนุษยชน
- การจัดทำกระบวนการตรวจสอบด้านมนุษยชนอย่างรอบด้านที่รวมถึงการประเมินความเสี่ยงด้านสิทธิมนุษยชน
- การประเมินผลกระทบด้านสิทธิมนุษยชนและกำหนดมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบ
- การติดตามและรายงานผลการดำเนินการด้านสิทธิมนุษยชน
- การสร้างความตระหนักให้กับผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียในการป้องกันการละเมิดด้านสิทธิมนุษยชนที่อาจเกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรงงานได้ประกาศใช้นโยบายสิทธิมนุษยชนและแนวปฏิบัติสำหรับผู้บริหารและพนักงานในกลุ่มบริษัทและบริษัทร่วมทุนซึ่งนโยบายสิทธิมนุษยชนสอดคล้องกับรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย ปฏิญญาสากลว่าด้วยสิทธิมนุษยชนขององค์การสหประชาชาติ หลักการชี้นำของสหประชาชาติว่าด้วยการดำเนินธุรกิจและสิทธิมนุษยชนขององค์การสหประชาชาติ และปฏิญญาว่าด้วยหลักการและสิทธิพื้นฐานในการทำงานขององค์การระหว่างประเทศ

2) ความคิดเห็นด้านความรับผิดชอบต่อสังคมและชุมชมของโรงงาน

ผู้ที่มีบทบาทในมิติของความรับผิดชอบต่อชุมชนและสังคม

ชุมชน ชาวบ้านที่อยู่อาศัยในชุมชนโดยรอบต้องการสะท้อนประเด็นต่างๆให้กับโรงงานให้เห็นดังนี้

- ด้านสิ่งแวดล้อม ชาวบ้านต้องการให้โรงงานตรวจสอบและควบคุมมาตรฐานเกี่ยวกับการปล่อยน้ำเสีย การปล่อยมลพิษทางอากาศ การควบคุมกลิ่นให้ดี เพราะมีหลายเหตุการณ์ที่ชาวบ้านร้องเรียนไปยังนิคมอุตสาหกรรมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นแต่ชาวบ้านไม่ทราบว่าสาเหตุนั้นเกิดจากโรงงานของบริษัทใดที่อยู่ในนิคมอุตสาหกรรมเนื่องจากมีโรงงานจากหลากหลายบริษัทที่อยู่ในนิคมอุตสาหกรรม
- ด้านเศรษฐกิจ ชุมชนโดยรอบอยากให้เพิ่มโควต้าในการรับคนในชุมชนท้องถิ่นเข้าไปทำงานมากขึ้นและตรวจสอบระบบการคัดเลือกให้โปร่งใส และนอกจากนี้อยากให้โรงงานมีส่วนช่วยในการสร้างงานให้กับชุมชนให้มากขึ้น
- ด้านสังคม การช่วยเหลือชุมชนชาวบ้านพอใจแต่อยากให้เพิ่มในการกระจายความช่วยเหลือให้ทั่วถึง เพราะบางครั้งชาวบ้านรู้สึกว่าการช่วยเหลือตกอยู่กับคนบางกลุ่มมากเกินไป และการทำ CSR ชาวบ้านอยากให้มาช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์บ้าง เพราะชาวบ้านส่วนใหญ่ทำงานช่วงวันจันทร์-ศุกร์ ช่วงเดียวกับที่โรงงานมาทำกิจกรรม CSR

องค์กรอิสระ (NGOs)

- NGOs ทำหน้าที่ส่งเสริมและผลักดันให้ชุมชนได้รับความเป็นธรรมและมีคุณภาพชีวิตที่ดี โดยเฉพาะเมื่อเกิดกรณีความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมอันส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสุขภาพของชาวบ้านในท้องถิ่น โรงงานจึงให้ความสำคัญเพราะเป็นหน่วยงานที่เป็นกระบอกเสียงให้กับชาวบ้าน ในการรักษาสิทธิประโยชน์ของชาวบ้าน รวมถึงการติดตามตรวจสอบการทำงานของโรงงานที่จะมีผลต่อคุณภาพชีวิตของคนในชุมชนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- ด้านสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องที่ NGO ให้ความสำคัญเป็นหลักโดยต้องการให้โรงงานกำกับดูแลเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมให้ดี ไม่ว่าจะเป็นด้านน้ำ อากาศ กากของเสีย รวมถึงอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นเช่น การรั่วของแท่นขุดเจาะน้ำมันเป็นต้น แม้จะอยู่นอกเหนือขอบเขตการศึกษาแต่ก็เป็นต้นทางที่ได้มาซึ่งวัตถุดิบ จึงต้องการให้โรงงานกำกับดูแลเรื่องสิ่งแวดล้อมให้ดี
- การดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน อยากให้โรงงานประชาสัมพันธ์ให้มากขึ้น เพราะ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและโรงงานนี้เป็นธุรกิจขนาดใหญ่มีผลต่อเศรษฐกิจของ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประเทศอย่างมากดังนั้นทางองค์กรอิสระจึงอยากให้มีการเผยแพร่ข้อมูลให้แพร่หลายมากยิ่งขึ้น

- ต้องการให้ตอบแทนสังคมให้มากขึ้น

ในส่วนของการดำเนินการของโรงงานนั้นโรงงานสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของสหประชาชาติ เป้าหมายที่ 17 ด้านความร่วมมือเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน พร้อมทั้งตอบสนองความหวังของชุมชนที่ต้องการให้บริษัทแสดงความรับผิดชอบต่อสังคม โรงงานจึงได้จัดทำกลยุทธ์การพัฒนาอย่างยั่งยืนขององค์กรภายใต้กลยุทธิ์การสร้างความสมดุลด้วยหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืนโดยโรงงานพยายามทุกทางที่ไม่เพียงป้องกันผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดกับชุมชนและยังเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยชุมชนให้เกิดการพัฒนาในรูปแบบต่างๆ เช่นความช่วยเหลือด้านเงินทุนให้กับชุมชน ความช่วยเหลือด้านการดูแลสิ่งแวดล้อมให้ชุมชน การปลูกป่า การสร้างอาคารอเนกประสงค์ การสนับสนุนด้านการศึกษาและอุปกรณ์กีฬา การมอบทุนการศึกษา การเสริมสร้างโอกาสคนในพื้นที่ให้ได้ปฏิบัติงานในโรงงงานเพื่อเป็นการสร้างงาน และยังมีโครงการที่ช่วยพัฒนาด้านสังคมมากกว่า 10 โครงการ โรงงานได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาสังคมตามแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืนของสหประชาติในการยกระดับสังคมและชุมชนโดยรอบมาตลอด

6.2.4 แนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนแบบบูรณาการทั้งสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม

6.2.4.1 ปัญหาอุปสรรคในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

จากผลการศึกษา LCA ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก HDPE และ LDPE พบว่าปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ที่สำคัญได้แก่ 1.Non-renewable energy 2.Carcinogen 3.Respiratory inorganics 4.Global warming 5.Respiratory organic 6.Non-carcinogen โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้น โรงงานได้ปรับปรุงยุทธศาสตร์โดยมีนโยบายด้านต่างๆทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม สังคม ด้านเศรษฐกิจ โดยโรงงานมีนโยบายหลักในด้านการบริหารจัดการความยั่งยืนโดยตัวอย่างแนวทางการพัฒนาทั้ง 3 ด้านมีดังนี้

1) ด้านสิ่งแวดล้อม

โรงงานมีการดำเนินการโครงการต่างๆดังนี้ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ การประเมินวัฏจักรชีวิต การลดการใช้พลังงาน การใช้น้ำและกากของเสีย การใช้ซ้ำ นำกลับมาใช้ใหม่ การจัดซื้อจัดจ้างสีเขียว การดำเนินการและผลิตภัณฑ์สีเขียว มีความใส่ใจรับผิดชอบ เศรษฐกิจหมุนเวียน การดำเนินการที่เป็นเลิศด้านพลังงาน กลุยทธ์สีเขียวในด้าน

ชีวเคมี พลาสตกชีวภาพ ไบโอดีเซล กลไกการพัฒนาที่สะอาด การเปิดเผยข้อมูลคาร์บอนและอื่นๆ

2) ด้านเศรษฐกิจ

การจัดการความเสี่ยง การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ ระบบบริหารงานและประเมินผลองค์กรและการประเมินผลความเสี่ยง การลงทุนอย่างยั่งยืนตามแนวทาง DJSI การลงทุนอย่างมีความรับผิดชอบ สร้างความแข็งแกร่งกับธุรกิจปัจจุบัน การขยายธุรกิจและการเติบโตทางธุรกิจตามธรรมชาติ

3) ด้านสังคม

การประเมินความพึงพอใจของชุมชนต่อการดำเนินธุรกิจของโรงงาน ดำเนินการข้อตกลงสหประชาชาติ การพัฒนาชุมชน จิตอาสาจากพนักงาน คำมั่นสัญญากับผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย

จากผลการศึกษา Actor network analysis พบว่าโรงงานมีปัญหาอุปสรรคในการแก้ไขหรือปรับปรุงยุทธศาสตร์ในการดำเนินการตามมาตรการทางสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน แม้ว่าโรงงานจะมีการดำเนินการตามกฎระเบียบและข้อบังคับทางสิ่งแวดล้อมแต่ยังมีปัญหาที่พบดังนี้

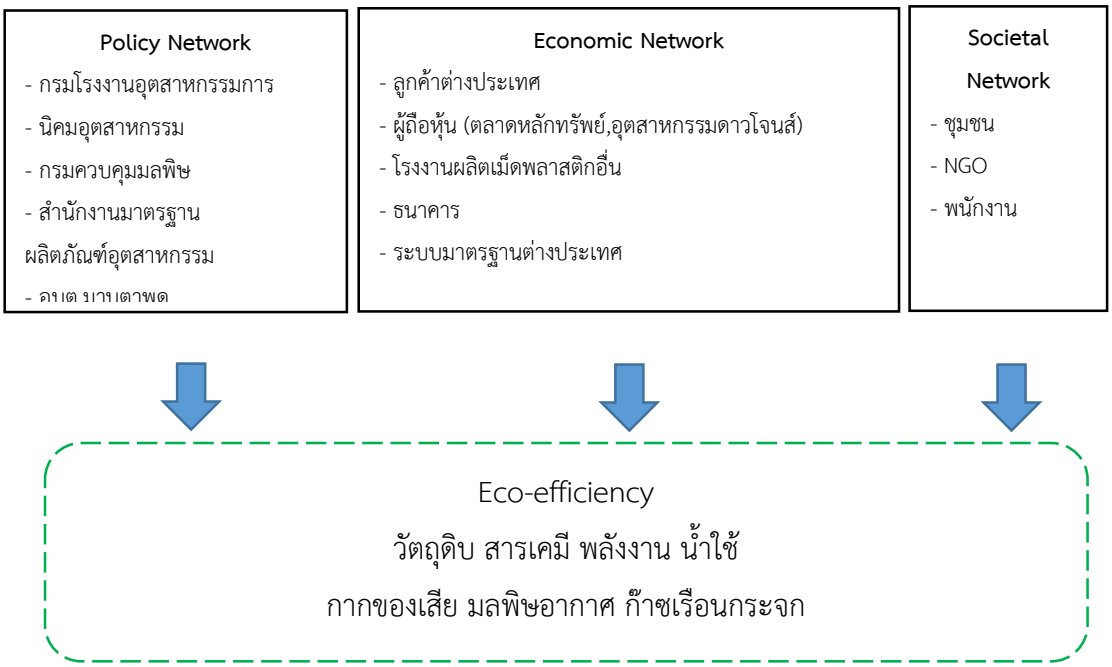
1) อุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกซึ่งใช้วัตถุดิบตั้งต้นคือน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ ควรประกาศแผนลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีเป้าหมายชัดเจน เป็นรูปธรรม นอกจากนี้ยังไม่มีบริษัทใดที่กำหนดเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซรวมถึงเพิ่มการลงทุนสนับสนุนการพลังงานสะอาดในการผลิตในระดับที่ไม่น้อยกว่าพันธะของรัฐบาลที่ประกาศต่อประชาคมโลก
2) บริษัทควรประกาศแผนการจัดการห่วงโซ่อุปทานที่ยั่งยืนมีเป้าหมายชัดเจน วางขั้นตอนการตรวจสอบย้อนกลับ เพื่อให้มั่นใจว่าวัตถุดิบของโรงงานนั้นไม่ได้มาจากกิจกรรมที่ทำลายสิ่งแวดล้อมหรือสังคม เช่น การบังคับใช้แรงงานไม่เป็นธรรม การให้สวัสดิการตามกฎหมายกับพนักงานของบริษัทในห่วงโซ่อุปทาน
3) การดำเนินกิจกรรม CSR บริษัทควรมีการดำเนินการที่รัดกุมมากขึ้น รวมถึงควรมีการดำเนินการในวันหยุดสุดสัปดาห์เพื่อให้ทั่วถึงชาวบ้านในชุมชนให้มากขึ้น เพื่อขจัดข้อครหาในการดำเนินกิจกรรม CSR ของบริษัทให้มีความโปร่งใส และเป็นธรรมกับชาวบ้านในชุมชนมากที่สุด ไม่ให้ผลประโยชน์ตกอยู่กับกลุ่มคนเพียงไม่กี่คน
4) การเกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมในนิคมอุตสาหกรรมที่โรงงานตั้งอยู่ยังมีอยู่อย่างต่อเนื่อง เช่นปัญหาการเผา Flare หรือการรั่วไหลของสารเคมี ตลอดจนการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรมลงทะเลโดยเป็นการร้องเรียนจากชาวบ้านต่อการนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

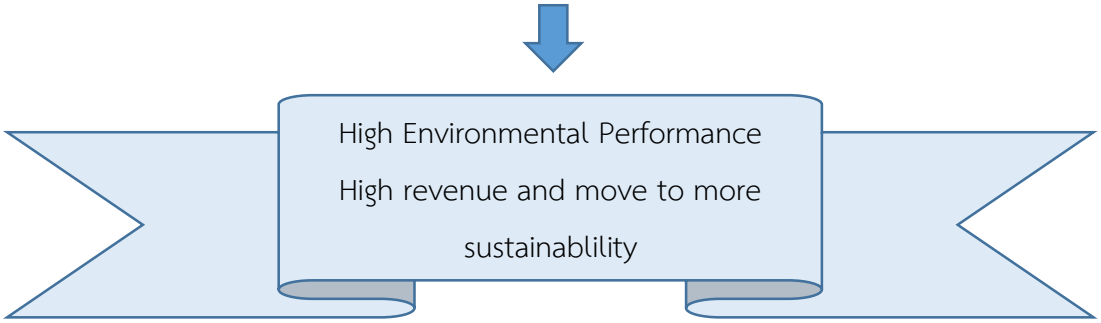
โดยภายในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดประกอบด้วยโรงงานเป็นจำนวนมากและชาวบ้านไม่ทราบถึงแหล่งกำเนิดที่แท้จริงทำให้ภาพลักษณ์ของโรงงานถูกเหมารวมในการก่อมลพิษ ทางโรงงานและทางนิคมควรป้องกันหรือทำการแก้ปัญหาดังกล่าวให้ชาวบ้านเชื่อมั่นในการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน

ดังนั้นโรงงานควรปรับปรุงตามผลสะท้อนจากการสัมภาษณ์จากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ยังคงเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนายั่งยืน เพื่อให้การดำเนินกิจกรรมของโรงงานเป็นไปตามยุทธศาสตร์และพันธกิจด้านความยั่งยืนอย่างแท้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2.4.2 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์





รูปที่ 6.14 การวิเคราะห์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ในการดำเนินกิจกรรมของโรงงานนั้นสิ่งสำคัญที่เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการดำเนินกิจกรรมของโรงงานคือการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้นและการลดต้นทุนที่ต่ำลงคือ การใช้ตัวชี้วัดของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในด้านของ Environmental performance ได้แก่

1) การใช้วัตถุดิบในการผลิต ได้แก่การใช้น้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อตัวชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยผลกระทบในด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในผลกระทบหลักทั้งการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป การเกิดสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ การเกิดภาวะโลกร้อน การเกิดสารพิษที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง ซึ่งการใช้วัตถุดิบในการผลิตมีผลต่อผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมในการผลิตเม็ดพลาสติกมากถึงร้อยละ 90 ต่อสัดส่วนปัจจัยอื่นๆ
2) การใช้พลังงาน การใช้พลังงานในการผลิตได้แก่พลังงานไฟฟ้าในการผลิตก็เป็นปัจจัยสำคัญรองลงมาแม้จะมีสัดส่วนไม่มากแต่เป็นสัดส่วนลำดับที่สองในการผลิตที่ส่งผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในการดำเนินการผลิตเม็ดพลาสติก
3) .การใช้สารเคมี เป็นสัดส่วนลำดับถัดมาโดยสัดส่วนไม่ถึงร้อยละ 5 ของกิจกรรมทั้งหมดที่ส่งผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม การผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีเช่นเม็ดพลาสติก ในกระบวนการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งได้มาเป็นเม็ดพลาสติกต้องใช้สารเคมีหลากชนิดจำนวนมากในกระบวนการผลิตจึงเป็นสิ่งที่ส่งผลกระทบและเป็นปัจจัยหลักลำดับที่ 3 ที่ส่งผลกระทบสำคัญทางด้านสิ่งแวดล้อ

4) กิจกรรมอื่นๆ เช่น utility การจัดการของเสีย การขนส่ง การใช้น้ำในกระบวนการผลิต เป็นสัดส่วนน้อยไม่ถึงร้อยละ 2 ของกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ในส่วนของการดำเนินการของโรงงงานด้านต้นทุน ชนิดของต้นทุนหลักและต้นทุนย่อยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมากที่สุดคือ ต้นทุนด้านการดำเนินการในสัดส่วนร้อยละ 80 ของต้นทุนที่เกิดขึ้นทั้งหมดและชนิดของต้นทุนย่อยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมากที่สุดคือต้นทุนด้านค่าจ้างพนักงานในระบบ ส่วนค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษามีสัดส่วนประมาณร้อยละ 20 ในการดำเนินการของโรงงานปัจจัยภายในที่มีผลในการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้นและด้านต้นทุนที่ต่ำลงนั้นมาจากปัจจัยที่สำคัญดังนี้

ปัจจัยภายในที่ทำให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

1) ความต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต โรงงานมีความต้องการในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตโดยให้ได้ผลผลิตมากขึ้นจึงพยายามพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆเพื่อให้โรงงานได้ผลประโยชน์เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและโรงงานได้ประโยชน์จากการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตคือ การใช้พลังงานลดลง การใช้วัตถุดิบลดลง รวมถึงการปล่อยมลพิษที่ลดลง ตลอดจนลดต้นทุนในการกำจัดของเสีย และค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบ ทำให้ Eco-efficienncy ดีขึ้น
2) ความต้องการยกระดับคุณภาพชีวิตของพนักงานและผู้ปฏิบัติงาน การเพิ่มสมรรถนะทางด้านสิ่งแวดล้อมในโรงงานและสำนักงาน รวมถึงยกระดับคุณภาพชีวิตของพนักงานผ่านมาตรการต่างๆ เช่น ด้านสุขภาพผ่านการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในสถานที่ปฏิบัติงาน การบริการให้คำปรึกษาด้านสุขภาพจิต ตลอดจนโครงการเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับสุขภาพกายและจิตอื่นๆ โดยโรงงานมีความเชื่อว่า หากพนักงานมีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดีจะสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3) ความต้องการลดต้นทุนในการดำเนินการ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจโดยเฉพาะการลงทุนด้านเทคโนโลยีต่างๆเพื่อประโยชน์ด้านการดำเนินการ ทั้งลดต้นทุนในระยะยาวและได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่ากว่า
4) ความต้องการได้เปรียบในการแข่งขัน ในประเทศไทยมีโรงงานอื่นที่ผลิตเม็ดพลาสติกขายเช่นเดียวกัน โรงงานจำเป็นต้องปรับปรุงในทุกด้านเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดไม่ว่าจะเป็นการลดต้นทุนในการผลิต เพิ่มปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์และลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยขึ้นสู่การเป็นองค์กรต้นแบบในการดำเนินธุรกิจ

ปัจจัยภายนอกที่มีบทบาทสำคัญให้โรงงานต้องมีการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมตลอดจนลดต้นทุนได้แก่

1) กฎหมายและข้อบังคับของหน่วยงานภาครัฐ เป็นปัจจัยภายนอกที่สำคัญที่สุดที่ทำให้โรงงานต้องดำเนินการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม โดยกฎหมายข้อบังคับตั้งแต่พระราชบัญญัติต่างๆ ตลอดจนข้อบังคับกฎกระทรวงที่ออกเป็นข้อบังคับที่สำคัญในการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย และกฎหมายคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของสภาพโดยรอบที่เกียวกับการรักษาทรัพยากรธรรมชาติและคุณภาพสิ่งแวดล้อม ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดสำหรับโรงงานในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม ผ่านหน่วยงานต่างๆ เช่น กรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษ สำนักงานนโยบายและแผน นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด เป็นต้น โดยปัจจัยภายนอกนี้เป็นส่วนสำคัญที่มาจาก Policy network ที่ส่งผลในการปกป้องและรักษาสิ่งแวดล้อม และชุมชน
2) การเข้าร่วมในกลุ่มภาคีระดับชาติ และนานาชาติ องค์กรและภาคต่างๆที่โรงงานได้เข้าร่วมเพื่อเป็นสมาชิกในการยกระดับธุรกิจและการดำเนินกิจการอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การเข้าร่วมในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในการจดทะเบียนด้านความยั่งยืน การดำเนินการภาคสมัครกับองค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก เป็นต้น ส่วนองค์กรและภาคีความร่วมมือต่างๆในระดับนานาชาติที่สำคัญที่โรงงานเข้าร่วมได้แก่ ความยั่งยืนของดัชนีดาวโจน์ Dow Jones Sustainability Indice หรือ DJSI ของกลุ่ม Chemical Sector นอกจากนี้ยังมี UNGlobal Compact LEAD โดยได้ดำเนินตามเกณฑ์สูงสุดของข้อตกลงแห่งสหประชาชาติด้านความยั่งยืน นอกจากนี้ยังได้รบการจัดลำดับด้านสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน ทั้งทางด้านสังคมและเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่องจากองค์กรระดับนานาชาติอื่นๆ โดยเป็นแรงกระตุ้นมาจากส่วนของ Economic network ที่มาจากด้านเศรษฐกิจแต่ข้อกำหนดในแต่ละกลุ่มต่างๆที่เข้าร่วมนั้นมีข้อกำหนดที่คอยปกป้อง และยกระดับสิ่งแวดล้อม ความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของบริษัท ตลอดจนการดำเนินการที่รักษาสิทธิชุมชนและปกป้องผลประโยชน์ของสังคม

โดยทั้งปัจจัยภายในและภายนอกเป็นปัจจัยที่ขับเคลื่อนโรงงานให้ดำเนินการที่ก่อให้เกิดการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการมีจรรยาบรรณในการดำเนินการทางธุรกิจในด้านเศรษฐกิจ และการส่งเสริมและปกป้องผลประโยชน์ทางสังคมอย่างต่อเนื่อง

บทที่ 7
การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

ผลการประเมินความยั่งยืนจากการดำเนินการประเมินนั้นมาจากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม ตลอดจนการให้ค่าน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญโดยผลการประเมินความยั่งยืนของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำแสดงได้ดังตารางที่ 7.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7.1 การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี Multi-criteria decision analysis

Indicator	Result			Contribution		Weighting Score	Proportion of indicator	Score		Sustainability score	
	Unit	HDPE	LDPE	HDPE (%)	LDPE (%)	Division each indicator(%)	Proportion of each indicator (1)	HDPE	LDPE	HDPE	LDPE
Environmental indicator (Negative)											
Carcinogens	kg C2H3Cl eq	6.05E-01	9.84E-01	61.48	100.00	0.27	0.04714	4.5	1	0.057278571	0.012728571
Non-carcinogens	kg C2H3Cl eq	4.51E-02	6.34E-02	71.14	100.00	0.058	0.04714	3.5	1	0.00957	0.002734286
Respiratory inorganics	kg PM2.5 eq	1.76E-03	2.00E-03	88.00	100.00	0.053	0.04714	4.5	1	0.011243571	0.002498571
Respiratory organics	kg C2H4 eq	2.62E-01	1.89E-03	100.00	0.72	0.125	0.04714	1	5	0.005892857	0.029464286
Terrestrial ecotoxicity	kg TEG soil	2.19E+01	1.02E+01	100.00	46.58	0.059	0.04714	1	2.5	0.002781429	0.006953571
Global warming	kg CO2 eq	1.59E+00	1.05E+00	100.00	66.04	0.24	0.04714	1	4	0.011314286	0.045257143
Non-renewable energy	MJ primary	8.84E+01	9.83E+01	89.93	100.00	0.195	0.04714	1.5	1	0.013789286	0.009192857
Economic Indicator (Negative)											
Operation cost	USD	1.14624	1.21788	94	100	0.63	0.1667	1.5	1	0.1575315	0.105021
Maintenance cost	USD	0.29376	0.31212	94	100	0.37	0.1667	1.5	1	0.0925185	0.061679
Social Indicator (Positive)											
Child labor	-	4.375	4.375	-	-	0.125	0.03030	4.375	4.375	0.016571953	
Forced labor	-	4.375	4.375	-	-	0.105	0.03030	4.375	4.375	0.013920441	

Indicator	Result			Contribution		Weighting Score	Proportion of indicator	Score		Sustainability score	
	Unit	HDPE	LDPE	HDPE (%)	LDPE (%)	Division each indicator(%)	Proportion of each indicator (1)	HDPE	LDPE	HDPE	LDPE
Health and safety	-	4.25	4.25	-	-	0.135	0.03030	4.25	4.25	0.017386346	
Social security	-	4.175	4.175	-	-	0.09	0.03030	4.175	4.175	0.011386352	
Benefit	-	4.11	4.11	-	-	0.081	0.03030	4.11	4.11	0.010088172	
Not discriminated and equality	-	4.175	4.175	-	-	0.065	0.03030	4.175	4.175	0.008223477	
Training	-	4.025	4.025	-	-	0.034	0.03030	4.025	4.025	0.004146966	
Tranparency	-	3.87	3.87	-	-	0.085	0.03030	3.87	3.87	0.009968172	
Anti-corruption	-	4.11	4.11	-	-	0.075	0.03030	4.11	4.11	0.0093409	
Sustainable policy	-	3.94	3.94	-	-	0.115	0.03030	3.94	3.94	0.013730289	
Community	-	3.34	3.34	-	-	0.09	0.03030	3.34	3.34	0.0091909	
Total Score								62	71	0.485873968	0.399483253

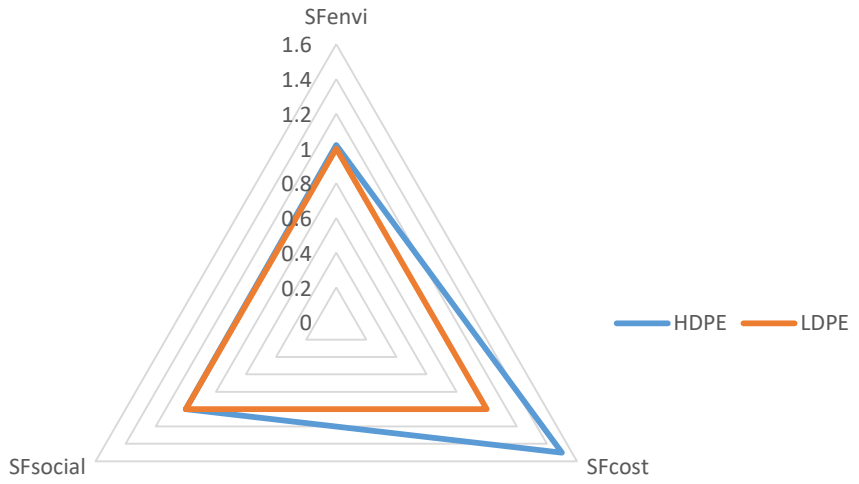
ผลการประเมินดังตารางที่ 7.1 แสดงการเทียบค่าผลกระทบเป็นอัตราส่วนร้อยละ จากผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งผลกระทบในทางบวกใน SLCA และผลกระทบในทางลบ LCA และ LCC เมื่อได้คะแนนรวมแล้วจึงนำมาคำนวณค่า SF ดังตารางที่ 7.2 ดังนี้

ตารางที่ 7.2 การคำนวณค่า Sustainability Factor

Total Scores	HDPE	LDPE	Sustainability Factor (Relative values)	HDPE	LDPE
LCA_{envi}	0.11187	0.108829285	SF_{envi}	1.02	1
LCC_{cost}	0.25005	0.1667	SF_{cost}	1.5	1
$SLCA_{social}$	0.123953968	0.123953968	SF_{social}	1	1

การคำนวณค่า SF ของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำดังตารางที่ 7.2 พบว่าผลการประเมินนั้นผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงมีค่าความยั่งยืนที่ดีกว่าเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำเพียงเล็กน้อยส่วนในกรณีของการประเมินต้นทุนมีความแตกต่างกันโดยต้นทุนของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงดีกว่าเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำและผลกระทบด้านสังคมมีข้อจำกัดคือไม่สามารถปันส่วนแยกผลกระทบระหว่างเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำได้ โดยแผนภาพผลการประเมินความยั่งยืนสามารถแสดงได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 7.1 ผลการประเมิน Sustainability Factor

7.1 การวิเคราะห์ Actor Network Analysis เพื่อวิเคราะห์ผู้มีบทบาทในการดำเนินกิจกรรมทางสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม

การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสียที่สำคัญที่สุดที่มีผลทำให้โรงงานต้องปรับปรุงดูแลด้านสิ่งแวดล้อมคือด้านเครือข่ายนโยบาย (Policy network) ที่สำคัญที่สุดคือหน่วยงานภาครัฐและท้องถิ่นในประเทศที่มีกฎระเบียบข้อบังคับต่างๆที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในการดำเนินกิจกรรมของโรงงาน ทั้งด้านสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย โดยโรงงานให้ความสำคัญมากที่จะไม่ละเมิดกฎหมายที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ส่วนที่มีความสำคัญในลำดับถัดมาคือข้อบังคับในระดับนานาชาติ ของหน่วยงานและองค์กรที่โรงงานต้องการเข้าไปร่วมเพื่อยกระดับโรงงาน ลดข้อจำกัดกับการค้าในเวทีนานาชาติและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันอย่างต่อเนื่อง

เครือข่ายด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic network) ที่สำคัญคือลูกค้าที่มีส่วนสำคัญในการผลักดันให้โรงงานจำเป็นต้องปรับปรุงพัฒนาด้านเทคโนโลยีการผลิตและผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพดีขึ้น ทั้งด้านราคาและคุณภาพตามความต้องการลูกค้า และสามารถขายได้ทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งส่งผลให้โรงงานจำเป็นต้องคำนึงถึงมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆได้แก่ การเข้าร่วมมาตรฐานสิ่งแวดล้อมโรงงานของหน่วยงานภาครัฐและเอกชนทั้งในระดับชาติและนานาชาติ การจัดทำมาตรฐาน/ฉลากสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ต่างๆทั้งในระดับประเทศและต่างประเทศ ดังนั้นผลการวิเคราะห์ Actor Network สามารถใช้ในการสนับสนุนผลการศึกษาการ

ประเมินความยั่งยืนของผลิตภัณฑ์พลาสติกโดยวิเคราะห์ผ่านผู้มีส่วนได้เสีย ทำให้โรงงงานสามารถพัฒนาไปในทางที่ดีขึ้นและมีประสิทธิภาพ

นอกจากนีผลการวิเคราะห์ Actor Network Analysis บ่งชี้ว่าโรงงานมีการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมโรงงาน ลดการใช้ทรัพยากร โดยเฉพาะการใช้พลงงาน การลดการเกิดของเสีย มีการลงทุนใช้เทคโนโลยีเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อชุมชน และท้องถิ่น รวมทั้งการลดผลกระทบในระดับโลก ได้แก่การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

7.2 การเสนอแนะแนวทางการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม และสังคมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

7.2.1 ข้อเสนอแนะเชิงเทคโนโลยี

1) การเสนอแนวทางการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่จะเน้นไปที่การลดใช้พลังงานเชื้อเพลิง ที่ใช้แล้วหมดไป โดยใช้นโยบายอนุรักษ์พลังงาน การใช้เทคโนโลยีในการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้นและผลกระทบลดลง เช่นเทคโนโลยีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา การใช้พลังงานทดแทนในการผลิต เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ตลอดจน พลังงานชีวมวล ในการดำเนินการผลิต การใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิลและเม็ดพลาสติกชีวภาพยังสามารถลดการใช้วัตถุดิบลงได้อีกด้วย

2) การลดผลกระทบด้านการเกิดสารพิษที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งโดยลดการใช้วัตถุดิบจากปิโตรเลียมได้แก่ การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ควรศึกษาแนวทางการใช้วัตถุดิบจากชีวมวล การสังเคราะห์เอทีลีนจากเมทานอล เป็นต้น

3) การเกิดภาวะโลกร้อนนอกจากการลดผลกระทบโดยตรงจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป แต่ปัจจุบันมีเทคโนโลยีใหม่ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตออกมาอย่างต่อเนื่อง โรงงานควรให้ความสำคัญในการปรับใช้เทคโนโลยีในการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจก ได้แก่การใช้เทคโนโลยีดักจับคาร์บอนไดออกไซด์กลับมาใช้ประโยชน์หรือนำมาสังเคราะห์เอทีลีน เพื่อหมุนเวียนกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบต่อไป

4) การลดผลกระทบด้านต้นทุน หากมีการปรับเปลี่ยนการใช้แรงงานเครื่องจักรในการผลิตที่เพิ่มมากขึ้นกับเทคโนโลยี AI ที่สามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงาน ก็จะสามารถลดต้นทุนลงได้ นอกจากนี้หากมีการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่องก็สามารถลดต้นทุนของโรงงานได้เช่นกัน เช่น การลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการการผลิตก็จำเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียเหล่านี้ลดลง หรือการใช้พลังงานและวัตถุดิบให้มีประสิทธิภาพสูงสุดก็จะส่งผลให้การดำเนินการทางด้านเศรษฐกิจของโรงงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย โดยสามารถลดทั้งต้นทุนในการดำเนินการและเพิ่มกำไรได้ในเวลาเดียวกัน

5) การลดผลกระทบด้านสังคม โรงงานควรจัดการระบบ CSR ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเลือกเวลาในการดำเนินการอาจเป็นช่วงเวลาวันหยุดสุดสัปดาห์ในการดำเนินการทั้งกระจายเข้าถึงชุมชนให้ชุมชนมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องให้มากขึ้นควรมีการสอบถามและติดตามการดำเนินโครงการไปยังประชาชนในท้องถิ่น เพื่อลดความเหลื่อมล้ำและข้อครหาในการดำเนินการทำ CSR ที่ไม่โปร่งใสระหว่างคนในชุมชนกับพนักงานของบริษัท

6) ควรจัดให้มีการประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับนโยบายของบริษัท การดำเนินโครงการเพื่อความยั่งยืนในสื่อต่างๆ เช่นทางสื่อโซเชียลมีเดีย โทรทัศน์ อินเตอร์เนท เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้รับทราบถึงการดำเนินการเกี่ยวกับความยั่งยืนของบริษัท เพื่อเพิ่มการรับรู้ให้ประชาชนทั่วไป เจ้าหน้าที่รัฐได้รับทราบการดำเนินนโยบายกับลูกค้าด้วยความซื่อตรงในการดำเนินกิจการกับทางโรงงานหรือบริษัท รวมทั้งการค้าขายด้วยราคาที่เหมาะสมกับกลไกของตลาด

7.2.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1) พัฒนารูปแบบการดำเนินการของโรงงานในกรณีของอุตสาหกรรมเชิงนิเวศอย่างต่อเนื่อง เช่น การปล่อยของเสียเป็นศูนย์หรือน้อยที่สุด (Zero emission) การใช้วัตถุดิบอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น

2) ประยุกต์ใช้หลักกาพ Circular Economy โดยหมุนเวียนขยะพลาสติกกลับมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเม็ดพลาสติก เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง

3) โรงงานควรดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมและสังคมอย่างจริงจังเพื่อปรับปรุงภาพลักษณ์ขององค์กรให้มีความยั่งยืนมากขึ้นทั้งกับ การรับรู้ของคนในชุมชน ข้าราชการ ตลอดจนหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 8
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการวิจัย

8.1.1 การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์พลาสติก

งานวิจัยนี้ทำการประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง และประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ รวมทั้งการประเมินทางด้านสังคม

โดยใช้ข้อมูลในการประเมินผลดังนี้

- การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCA)
- การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCC)
- การประเมินผลกระทบทางด้านสังคม (SLCA)
- การจัดทำประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง
- การวิเคราะห์ Actor Network Analysis เพื่อวิเคราะห์ผู้มีบทบาทในการดำเนินกิจกรรมทางด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม

โดยการรวบรวมข้อมูลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม เก็บข้อมูลตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ โดยรวมถึงการขุดเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ กระบวนการผลิตแนฟทาและอีเทน กระบวนการผลิตเอทีลีน กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ จากการตรวจสอบของวิศวกรและผู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนโดยตรง แปลผลจากฐานข้อมูล Ecoinvent 3.0

การรวบรวมข้อมูลการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ เก็บข้อมูลเฉพาะต้นทุนการดำเนินการผลิตทั้งหมด และต้นทุนการบำรุงรักษา โดยไม่รวมต้นทุนการลงทุน และการก่อสร้างต่างๆตลอดอายุของโรงงาน ขอบเขตการเก็บข้อมูลตั้งแต่การดำเนินการในการผลิตเอทีลีน และกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในทุกด้านของการประเมินผล ทั้งสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCA)

การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและความหนาแน่นต่ำ พบว่าผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติดกความหนาแน่นสูงและผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำมีผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในทางเดียวกัน โดยผลกระทบที่สำคัญคือ (1) ผลกระทบด้านการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป (2) ผลกระทบด้านการเกิดสารพิษที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง (3) การเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลกระทบต่อการหายใจ (4) ผลกระทบด้านกการเกิดภาวะโลกร้อน (5) ผลกระทบด้านการเกิอดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ และ (6) ผลกระทบต่อสารพิษที่ไม่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง โดยผลกระทบจากผลิตภัณฑ์เม็ฌดพลาสติกความหนานแน่นต่ำจะสูงกว่าเล็กน้อยผ โดยผลกระทบสูงสุดคือ ผลกระทบด้านการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ซึ่งกิจกรรมที่ส่งผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือ การได้มาของวัตถุดิบ เนื่องจากในการผลิตเม็ดพลาสติกทั้งสองประเภทต้องใช้ ก๊าซธรรมชาติและแนฟทา เป็นวัตถุดิบหลักตั้งต้นในกระบวนการผลิตส่วนผลกระทบด้านอื่น ๆ จะมีความแตกต่างกันเล็กน้อย

การประเมินผลกระทบขั้นกลางพบว่าเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำมีค่าสูงกว่าในผลรวมทั้งหมด โดยการประเมินผลกระทบขั้นกลางนั้น ผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงมีค่าผลกระทบสูงกว่าในด้าน การเกิดสารพิษที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง การเกิดสารพิษที่ไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง และการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ส่วนผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงมีค่าผลกระทบสูงกว่าในด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเกิดสารอินทรีย์ระเหยง่าย

ส่วนในการประเมินผลกระทบขั้นปลายผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำมีค่าผลกระทบสูงกว่าในด้าน สุขภาพมนุษย์ คุณภาพระบบนิเวศ การใช้ทรัพยากรณ์ โดยผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงมีค่าผลกระทบสูงกว่าเพียงด้านเดียวของการประเมินผลกระทบขั้นปลายคือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ค่าผลกระทบของ Single Score ของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำคือ 1.25 และ 1.36 ตามลำดับ

2) การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCC)

งานวิจัยนี้พิจารณาเฉพาะต้นทุนการดำเนินงานและต้นทุนด้านการซ่อมบำรุงของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงพบว่า ต้นทุนด้านการดำเนินระบบมีสัดส่วนถึงประมาณร้อยละ 80 ของต้นทุนทั้งหมด โดยชนิดของต้นทุนในการดำเนินระบบที่มากที่สุดคือ ต้นทุนด้านค่าจ้างของพนักงานในการดำเนินการ ส่วนต้นทุนในการบำรุงรักษามีสัดส่วนที่ประมาณร้อยละ 20 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด

ราคาต้นทุนของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงคือ 1.44 USD/Kg และเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำอยู่ที่ 1.53 USD/Kg

3) การจัดทำประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ผลการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศ ผลการคำนวณพบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงคือ 5.55 และ เม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำคือ 4.80 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงดีกว่าโดยค่าเปรียบเทียบเป็นผลจากการเปรียบเทียบของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและต้นทุนที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์และในการคำนวณประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงและจากการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำมีค่าจากการคำนวณคือ 0.95 และ 1.53 แสดงให้เห็นว่าการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าในการดำเนินการผลิต

4) การประเมินผลกระทบทางด้านสังคม

ผลการประเมินผลระทบทางด้านสังคม โดยตัวชี้วัดทั้ง 13 ตัวชี้วัดพบว่า การดำเนินการทางสังคมของโรงงานสามารถดำเนินการได้ครบถ้วน โดยได้รับคะแนนความพึงพอใจสูงที่สุดในกลุ่มตัวชี้วัดทางด้านสังคมที่เกี่ยวข้องกับพนักงานในองค์กรที่มาจากการประเมินของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียคือพนักงาน เช่น การใช้แรงงานเด็ก การบังคับใช้แรงงาน เป็นตัวชี้วัดที่ได้คะแนนสูงสุด คือ 4.25 กลุ่มตัวชี้วัดที่ได้คะแนนน้อยที่สุดมาจากชุมชน คือตัวชี้วัดด้านความเอื้ออาทรต่อชุมชนได้คะแนนประเมิน 3.37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) การประเมินความยั่งยืนตลอดวัฏจักรชีวิต

ผลการประเมินความยั่งยืนโดยอาศัยผลการประเมิน LCA ขั้นกลาง การประเมิน LCC ใช้ต้นทุน USD/Kg และการประเมิน SLCA ใช้ผลคะแนนความพึงพอใจของแต่ละกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยแปลงคะแนนการประเมินทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม ต้นทุน และทางสังคม ให้เป็นคะแนนเต็ม 5 ในแต่ละตัวชี้วัดจากนั้นนำมามาคำนวณรวมกับการให้ค่าน้ำหนักโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน โดยจากการประเมินความยั่งยืนพบว่า ผลการประเมินความยั่งยืนของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูงดีกว่าผลการประเมินของเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ 0.486 และ 0.399

8.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรประเมินวัฏจักรชีวิตตลอดทั้งวัฏจักรตั้งแต่ Cradle to Grave เพื่อเพิ่มขีดความสามารถด้านการจัดการที่ยั่งยืนมากขึ้นและทำสามารถพัฒนาได้เป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้

2) การดำเนินการทำประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเป็นตัวชี้วัดที่แสดงถึงการพัฒนาทางด้านสิ่งแวดล้อมและควบคู่กับทางด้านเศรษฐกิจ ดังนั้นโรงงานควรดำเนินการต่อเนื่องทุกปีในการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพื่อให้เกิดการปรับปรุงทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่องตามหลักการที่สำคัญของการทำประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพื่อติดตามการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

3) การประเมินต้นทุนควรครอบคลุมการประเมินด้านอายุของโครงการในด้านการลงทุน (Investment Cost) เพื่อให้สะท้อนต้นทุนที่แท้จริงได้ดีขึ้น

4) การประเมินผลกระทบทางด้านสังคมในกรณีศึกษานี้ การแบ่งปันส่วนผลกระทบเป็นชนิดผลิตภัณฑ์จะไม่สามารถทำได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากโรงงานหรือองค์กรมีหลายผลิตภัณฑ์ในการดำเนินการผลิต ซึ่งผลกระทบไม่ว่าจะเป็นผลกระทบทางด้านบวก หรือผลกระทบทางด้านลบของสังคมจะจัดเป็นผลกระทบรวมทั้งหมดของโรงงานเท่านั้น โดยปัจจุบันยังเป็นข้อจำกัดของการศึกษาการประเมินผลกระทบทางด้านสังคมอยู่ จึงควรพัฒนาวิธีการศึกษาให้มีความซับซ้อนมากขึ้นในอนาคต เพื่อให้วิธีการหลากหลายในการประเมินทางด้านสังคมที่สามารถประยุกต์ใช้ได้หลากลายและแม่นยำมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) ตัวชี้วัดในการประเมินผลกระทบทางด้านสังคมตามแนวทางการดำเนินการประเมินผลกระทบสังคมมีหลากหลายแนวทาง อีกทั้งยังไม่มีมาตรฐานที่แน่นอนในการประเมินผล ดังนั้นสำหรับงานวิจัยในอนาคตควรเลือกตัวชี้วัดเพิ่มเติมเพื่อสะท้อนผลกระทบได้มากขึ้นเป็นการขยายแนวทางในการวิจัยผลกระทบทางด้านสังคมได้เพิ่มเติมในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้อีกด้วย

6) ระยะเวลาในการดำเนินการเก็บข้อมูลควรจัดทำในช่วงระยะเวลาเดียวกันเพื่อการประเมินผลที่ถูกต้องและแม่นยำมากที่สุดทั้งผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม

7) ควรมีการเพิ่มรูปแบบการวิเคราะห์ด้านความยั่งยืนในรูปแบบต่างๆที่เพิ่มขึ้น โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้แบบ Actor network analysis โดยเป็นหนึ่งในรูปแบบที่เลือกนำมาวิเคราะห์เพื่อสนับสนุนสำหรับการประเมินความยั่งยืนการพัฒนาเพื่อความยั่งยืน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

ข้อมูล Inventory ของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

ลำดับ	รายการสารเคมี	ปริมาณ Kg/Kg plastic pellet production
1	Raw material & chemicals	9.89E-01
2	Other chemicals	2.35E-02
3	Nitrogen	1.86E-02
4	Water	1.36E+00

5	Stream	1.41E-01
6	Electricity	7.59E-01

การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

ลำดับที่	รายการมลสาร	ปริมาณ Kg/ Kg plastic pellet production
1	Carbon dioxide	6.61E-03
2	Methane	1.06E-08
3	Dinitrogen monoxide	2.277E-08

การปล่อยน้ำเสียของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

ลำดับที่	รายการมลสาร	ปริมาณ Kg/ Kg plastic pellet production
1	BOD	1.064E-13
2	COD	6.811E-13
3	Oil	1.266E-14
4	Suspended solid	1.215E-13

กากของเสียจากการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

ลำดับที่	รายการ	ปริมาณ Kg/ Kg plastic pellet production
1	กากของเสีย	9.48E-05
2	กากของเสียอันตราย	8.5664E-08

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูล Inventory ของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

ลำดับ	รายการสารเคมี	ปริมาณ Kg/Kg plastic pellet production
1	Raw material & chemicals	1.02E+00
2	Other chemicals	1.86E-02
3	Electricity	3.46E-01
4	Steam	3.15E-01
5	Water	2.25E+00
6	Liquid nitrogen	3.45E-02
7	Fuel gas	6.72E-10

การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

ลำดับที่	รายการมลสาร	ปริมาณ Kg/ Kg plastic pellet production
1	Carbon dioxide	9.17E-05
2	Dinitrogen monoxide	6.72E-10

การปล่อยน้ำเสียของการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นสูง

ลำดับที่	รายการมลสาร	ปริมาณ Kg/ Kg plastic pellet production
1	BOD	4.89E-07
2	COD	6.811E-13
3	Oil	4.51E-09
4	Suspended solid	4.51E-06

กากของเสียจากการผลิตเม็ดพลาสติกความหนาแน่นต่ำ

ลำดับที่	รายการ	ปริมาณ Kg/ Kg plastic pellet production
1	กากของเสีย	4.54E-05
2	กากของเสียอันตราย	2.37E-06

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บรรณานุกรม

Abbas, T., Gonfa, G., Lethesh, K. C., Mautalib, M. I. A., Abai, M., Cheun, K. Y., & Khan, E. (2016). Mercury capture from natural gas by carbon supported iconic liquids Synthesis, evalution and molecular mechanism. *Fuel,* 177, 296-303.

Achilias, D. S., Roupakias, C., Megalokonomos, P., Lappas, A. A., & Antonakou, E. V. (2007). Chemical Recycling of Plastic Wastes made from polyethylene (LDPE and HDPE) and polyethylene (PP). *Hazadous Materials,* 149, 536-542.

Akber, M. Z., et al. (2017). "Life cycle sustainability assessment of electricity generation in Pakistan: Policy regime for a sustainable energy mix." Energy Policy 111: 111-126.

Akhtar, s., et al. (2017). "Life cycle sustainability assessment (LCSA) for selection of sewer pipe material." Clean Technologies and Environmental Policy 17(EN1342).

Al-Makhadmeh, L., Maier, J., & Scheffknecht, G. (2014). Oxyfuel technology: NO reduction during oxy-oil shale combustion *Fuel,* 128, 155-161.

Alves, J. L. S. and D. Dumke de Medeiros (2015). "Eco-efficiency in micro-enterprises and small firms: a case study in the automotive services sector." Journal of Cleaner Production 108: 595-602.

Atilgan, B. and A. Azapagic (2016). "An integrated life cycle sustainability assessment of electricity generation in Turkey." Energy Policy 93: 168-186.

American chemistry council. (2015). *Plastic, how plastic are made*. Retrieved july 22, 2016, from https://plastics.americanchemistry.com/How-Plastics-Are-Made/

Andrews; Stuart, Evan; Sylvatica, Barthel; Patrick, Leif;. (2010). *Guideline for Social Life Cycle Assessment of Products.* UNEP/SETAC.

Arikan, E. B., & Ozsoy, H. D. (2015). A Review: Investigation of Bioplastics. *Civil Engineering and Architecture,* 9, 199-192.

Auejiraphun, S. (2006). *Cost Accounting 1.* Bangkok: Top Publishing Co.,Ltd.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Aziz, R., et al. (2016). "Life cycle sustainability assessment of community composting of agricultural and agro industrial wastes." Journal of Sustainability Science and Management 11(2): 57-69.

Beijia, H., & Volker, M. (2016). Life cycle sustainability assessment of ground source heat pump in Shanghai, China. *Journal of Cleaner production*, 119:207-214.

Benoit, C., et al. (2010). "The guideline for social life cycle assessment of products: Just in time!" International of Life Cycle Assessment 15(2): 156-163

Bellboom, s., & Leonard, A. (2016). Does biobased polymer achieve better environmental impacts than fossil polymer? Comparison of fossil HDPE and biobased HDPE produced from sugar beet and wheat. *Biomass and bio energy*, 85:159-167.

Boren, T., Ludvig, K., Hallden, K. a., & Steez, j. (2009). Eco-efficiency analysis-applied on different chelating agents. *Akzonobel*, 1-9.

Bork, C. A. S., et al. (2015). "Social Life Cycle Assessment of three Companies of the Furniture Sector." Procedia CIRP 29: 150-155.

Burcin, A., & Adisa, A. (2016). An integrate life cycle sustainability assessment of electricity generation in Turkey. *Enegy Policy*, 168-186.

Center of exellect on Energy Economic and Ecological management(3E), Chiangmai University. (2016). *Life cycle assessment.* Chiangmai: LCM consultancy co.,ltd.

Change, I. P. o. C. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Retrieved 28 April 2019 http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp

Cimprich, A., et al. (2018). "Extending the geopolitical supply risk method: material "substitutability" indicators applied to electric vehicles and dental X-ray equipment." international journal of Life Cycle Assessment 23(10): 2024-2042.

Costa, D., et al. (2019). "A systematic review of life cycle sustainability assessment: Current state, methodological challenges, and implementation issues." Sci Total Environ 686: 774-787.

De Luca, A. I., et al. (2018). "Evaluation of sustainable innovations in olive growing systems: A Life Cycle Sustainability Assessment case study in southern Italy." Journal of Cleaner Production 171: 1187-1202.

Ekener, E., et al. (2018). "Developing Life Cycle Sustainability Assessment methodology by applying values-based sustainability weighting - Tested on biomass based and fossil transportation fuels." Journal of Cleaner Production 181: 337-351.

Energy Policy and Planning Office, M. o. (2011). *โครงสร้างอุตสาหกรรมเคมี.* Retrieved June 25, 2559, from http://www.eppo.go.th/petro/PT-petrochemical.pdf

EPA. (2015). Waste Reduction Model (WARM) to estimate streamlined life-cycle greenhouse gas (GHG) emission. Retrieved 12 April 2019 http://www3.epa.gov/climatechange/wycd/waste/downloads/plastics-chapter10-28.pdf.

Finkbeiner, M., et al. (2010). "Towards Life Cycle Sustainability Assessment." Sustainability 2(10): 3309-3322.

Foolmaun, R. K. and T. Ramjeeawon (2012). "Comparative life cycle assessment and life cycle costing of four disposal scenarios for used polyethylene terephthalate bottles in Mauritius." Environ Technol 33(16-18): 2007-2018.

Foolmaun, R. K. and T. Ramjeeawon (2012). "Comparative life cycle assessment and social life cycle assessment of used polyethylene terephthalate (PET) bottles in Mauritius." The International Journal of Life Cycle Assessment 18(EN1342): 155-171.

Foolmaun, R. K. and T. Ramjeeawon (2013). "Life cycle sustainability assessment (LCSA) of four disposal scenario for used polyethylene terephthalate (PET) bottles in Mauritius." Enviroment, Development and sustainability 15(EN1342): 783-806.

Fu, K.-L., Yao, M.-Y., Qin, C.-g., Cheng, G.-w., Li, Y., Cai, M., . . . Nie, J.-P. (2016). Study on the removal of oxidized mercury (Hg2=) from flue gas by thiol chelating resin. *Fuel Processing Technology,* 148, 28-34.

Fuller, S. K., & Petersen, S. R. (1995). *Life-cycle costing manual for the federal energy management progra,.* Washington DC: U. S. Department of Commerce Technology Administration National Institute of Standards and Technology.

Gunkaya, Z., & Banar, M. (2016). An environmental comparison of biocomposite film based on orange peel-dericed pectin jelly corn strach and LDPE film: LCA and

biodegradability. *The international journal of Life Cycle Assessment*, 21(EN1342) 465-475.

Harding, K. G., Dennis, J. S., Blottnitz, H., & Harrison, S. (2007). Environmental analysis of plastic production processes: comparing petroleum-based polypropylene and polyethylene with biologically-based polyhydroxybutyric acid using life cycle analysis. *Journal of biotechnology*, 130(EN1342) 57-66.

Hashimoto, K., Kamagai, N., Izumiya, K., Takano, H., Shinomiya, H., Sasaki, Y., . . . Kato, Z. (2016). The use of renewable energy in the form of methane via electrolytichydrogen generation using carbon dioxide as the feedstock. *Applied Surface Science,* 388, 608-615.

Hoogmartens, R., Passel, S. V., Acker, K. V., & Dubois, M. (2014). Bridging the gap between LCA, LCC and CBA sustainability assessment tools. *Environmental impact assessment review*, 27-33.

Hossaini, N., et al. (2015). "AHP based life cycle sustainability assessment (LCSA) framework: a case study of six storey wood frame and concrete frame buildings in Vancouver." Journal of Environmental Planing and Management 58(7): 1217-1241.

Hu, M., et al. (2013). "An approach to LCSA: The case of concrete recycling." international journal of Life Cycle Assessment 18(9): 1793-1803.

Humbert , S., Schryver, A., Xavier, B., Margni, M., & Joillet, O. (2012). *Impact2002+ Users guide.* Quantis Sustainability count.

IEA-ETSAP, & IRENA. (2013). Production of Bio-methanol Techbology Brief. Retrieved 18 febuary 2018 , from IEA-ETSAP http: / / www. ireana. org/ DocumentDownloads/ Publications/ IRENA-ETSAP%20Tehc%20Brief%20108%20Production_of_Bio-methanol.pdf

ISO 14045. (2012). *Environmental management-Eco-efficiency assessment of product systems-principles, requirement and guidelines.* switzerland: International standardization of organization.

ISO 15663. (2001) . *Petroluem and natural gas industries-Life cycle costing.* Switzerland: International organization fro standardization.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ISO 15686-5. (2008). *Building and constructed assets service-life planning part 5 life-cycle costing.* switzerland: International Organization for standardization.

k., C.-K., D., B.-K., & P., K. (2010). Eco-efficincy analysis methodology on the example of the chosen polylefins production. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*.

Kawauchi, Y., & Rausand, M. (1999, june). *Life cycle cost(LCC) analysis in oil and chemical process industries.* Retrieved june 16, 2016, from www.ntnu.no: www.ntu.no/ross/reports/lcc.pdf

kalbar, P. P., et al. (2016). "Life cycle-based decision support tool for selection of wastewater treatment alternatives." Journal of Cleaner Production 117: 64-72.

khalili, N. R., et al. (2013). "A qualitative multi-criteria, multi stakeholder decision making tool for sustainable waste management." Progress in Industrial Ecology 8(1-2): 114-134.

Kicherer, A., Schaltegger, S., Tschochohei, H., & Poza, B. F. (2007). Eco-Efficiency Combining Life Cyclc Assessment and Life Cycle Cost via Normalization. *Int J LCA*, 537-543.

Kloepffer, W. (2008). "Life cycle sustainability assessment of products." The International Journal of Life Cycle Assessment 13(2): 89-95.

klopffer, W. (2003). "Life-cycle based methods for sustainable product development." International journal of Life Cycle Assessment 8(EN1342): 157-159.

Krozer, Y. (2008). "Life cycle costing for innovations in product chains." Journal of Cleaner Production 16(EN1342): 310-321.

Kulak, M., et al. (2016). "Eco-efficiency improvement by using integrative design and life cycle assessment. The case study of alternative bread supply chains in France." Journal of Cleaner Production 112: 2452-2461

Kouloumpis, V. and A. Azapagic (2018). "Integrated life cycle sustainability assessment using fuzzy inference: A novel FELICITA model." Sustainable Production and Consumption 15: 25-34.

Kucukvar, M., et al. (2014). "Ranking the sustainability performance of pavements: An intuitionistic fuzzy decision making method." Automation in Construction 40: 33-43.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Kucukvar, M., et al. (2014). "Stochastic decision modeling for sustainable pavement designs." international journal of Life Cycle Assessment 19(6): 1185-1199.

Kurczewski, P. and A. Lewandowska (2010). "ISO 14062 in theory and practice-eco-design procedure. Part2: Practical application." international journal of Life Cycle Assessment 15(8): 777-784

Ladisch, M., Ximenes, E., Kim, Y., & Mosier, N. S. (2013). Biomass Chemistry. Retrieved 3 9 December 2 0 1 8 http: / / www. edition-open-sources.org/media/proceeding/2012/2016/Proc2012ch2015.pdf

Lagaros, N. D., et al. (2015). "Stochastic life-cycle cost analysis of wind parks." Reliability Engineering & System Safety 144: 117-127.

Lagaros, N. D. and M. G. Karlaftis (2016). "Life-cycle cost structural design optimization of steel wind towers." Computers & Structures 174: 122-132.

Letzsch, W. S. (2004). Deep Catalytic Cracking, The New Light Olefin Generator. Retrieved 3 februare 2018 http://library.certh.gr/libfiles/pdf/gen-paper-5576-deep-by-letzsch-in-ch-2003-2002-bk-pp-2003-2035-2003-2045-y-2004.pdf

Luu, L., & Halog, A. (2016). Life cycle sustainability assessment: A Holistic Evaluation of Social, Economic, and Environmental Impacts. *Sustainbility in the design, Synthesis and Analysis of Chemical Engineering process*, 327-350.

Luu, q. l., & Halog, A. (2016). Rice husk based bioelectricity vs. coal0fired electricity: life cycle sustaiability assessment case study in vietnam. *13th global conference on sustainable manufacturing-decoupling growth fron resource use* (pp. 73-78). Procedia CIRP 40.

Lyrstedt, F. (2005). *Measuring eco-efficiency by a LCC/LCA ratio.* goteborg: Chalmers university of technology.

Mahbub, N., et al. (2018). "A life cycle sustainability assessment (LCSA) of oxymethylene ether as a diesel additive produces from forest biomass." The International Journal of Life Cycle Assessment.

Manzardo, A., et al. (2012). "A grey-based group decision-making methodology for the selection of hydrogen technologies in life cycle sustainability perspective." International Journal of Hydrogen Energy 37(23): 17663-17670.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Menikpura, S. N. M., et al. (2012). "Framework for life cycl sustainability assessment of municipal solid waste management systems with an application to a case study in Thailand." Waste Management and Research 30(7): 708-719.

Millward-Hopkins, J., et al. (2018). "Fully integrated modelling for sustainability assessment of resource recovery from waste." Science of the Total Environment 612(613-624).

Muthu, S. S., Li, Y., Hu, J. Y., & Mok, P. Y. (2011). Carbon footprint of shopping(gricery) bags in China, Hong Kong and India. *Amostpheric environment*, 45(2) 469-475.

Neugebauer, S., et al. (2016). "From life cycle costing to economic life cycle assessment-introducing an economic impact pathway." Sustainability(Switzerland) 8(5): 1-23.

Neugebauer, S., et al. (2015). "Enhancing the practical implementation of life cycle sustainability assessment – proposal of a Tiered approach." Journal of Cleaner Production 102: 165-176.

Nguyen, T. A., et al. (2017). "Inclusive impact assessment for the sustainability of vegetable oil-based biodiesel – Part I: Linkage between inclusive impact index and life cycle sustainability assessment." Journal of Cleaner Production 166: 1415-1427.

Norris, G. (2001). "Integrating life cycle cost analysis and LCA." The International Journal of Life Cycle Assessment 6(2): 118-120.

Nzila, C., et al. (2012). "Multi criteria sustainability assessment of biogas production in Kenya." Applied Energy 93: 496-506.

O'Brien, M., Doriq, A., & Clift, R. (1996). Social and Environmentla life cycle assessment (UNEP/SETAC). *The international Journal of Life Cycle Assessment* , 231-237.

Office of permanent secretary secretary, ministry of industry. (2014). *แผนยุทธศาสตร์กระทรวงอุตสาหกรรม.* Bangkok: ministry of industry.

Onat, N. C., et al. (2016). "Application of the TOPSIS and intuitionistic fuzzy set approaches for ranking the life cycle sustainability performance of alternative vehicle technologies." Sustainable Production and Consumption 6(12-25).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Onat, N. C., et al. (2016). "Uncertainty-embedded dynamic life cycle sustainability assessment framework: An ex-ante perspective on the impacts of alternative vehicle options." Energy 112: 715-728.

Opher, T., et al. (2018). "Comparative life cycle sustainability assessment of urban water reuse at various centralization scales." The International Journal of Life Cycle Assessment.

Ostermeyer, Y., et al. (2013). "multidimensional pareto optimization as an approach for site-specific building refurbishment solutions applicable for life cycle sustainability assessment." international journal of Life Cycle Assessment 18(9): 1762-1779.

Park, y. k., Lee, C. W., Kang, N. Y., Choi, W. C., Choi, S., Oh, S. H., & Park, D. A. (2010). Catalytic cracking of Lower-Valued Hydrocarbons for Producing Light Olefins. *Catalysis Surveys from Asia,* 14(2), 75-84.

Park, y. k., et al. (2010). "Catalytic cracking of Lower-Valued Hydrocarbons for Producing Light Olefins." Catalysis Surveys from Asia 14(2): 75-84

Pennington, D. W., et al. (2004). "Life cycle assessment part 2: current impact assessment practice." Environ Int 30(5): 721-739.

Petti, L., et al. (2018). "Systematic literature review in social life cycle assessment." international journal of Life Cycle Assessment 23(EN1342): 422-431.

Pennington, D. W., et al. (2004). "Life cycle assessment part 2: current impact assessment practice." Environ Int 30(5): 721-739P, H., Braunschweih, A., Mettier, T., Muller-Wenk, R., & Tietje, O. (1999). The Mixing Trianfle: correlation and graphical Decision support for LCA-based comparisions. *J.Ind Ecol.*, 97-115..

Plastic institue of Thainland. (2017). *บทวิเคราะห์สถานการณ์อุตสาหกรรมพลาสติกรายเดือน.* Retrieved june 2017, 10, from http://thaiplastics.org/document_page.php?id=390

Prnewswire. (2015, september 1). *Global High Density Polyethylene Market 2015-2019*. Retrieved august 28, 2016, from PR newsswire: http://www.prnewswire.com/news-releases/global-high-density-polyethylene-market-2015-2019-300136041.html

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

PTT. (2011). *International organization for standardization.* Retrieved january 6, 2017, from www.iso.org: https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/03_thailand_ptt chemical_full_report.pdf

Rebitzer, G., et al. (2004). "Life cycle assessment part 1: framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications." Environ Int 30(5): 701-720.

Reddy, K. R., et al. (2018). "Quantitative sustainability assessment of various remediation alternatives for contaminated lake sediments: Case study." Sustainability(United States) 11(6): 307-321.

Ren, J., et al. (2015). "Prioritization of bioethanol production pathways in china based on life cycle sustainability assessment and multicriteria decision making." international journal of Life Cycle Assessment 20(6): 842-853.

Ren, J., et al. (2018). "Multiactor multicriteria decision making for life cycle sustainability assessment under uncertainties." AIChE Journal 64(6): 2103-2112.

Ren, J. and A. Toniolo (2018). "Life cycle sustainability assessment decision-support framework for ranking of hydrogen production pathways under uncertainties: An interval multi-criteria decision making approach." Journal of Cleaner Production 175: 222-236.

Ren, T., et al. (2004). Energy efficiency and innovative emerging technologies for olefin production.

Ren, T., et al. (2006). "Olefin from conventional and heavy feedstocks: energy use in stream cracking and alternative process." Energy 31(EN1342): 425-451.

Ren, T. and M. K. Patel (2009). "Basic Petrocheical from Natural gas, coal and biomass: Energy use and CO2 emissions." Resources, Conservation and Recycling 53(9): 513-528.

Reinhardt, G. A. and Heiko. (2014). Report on integrated sustainability assessment Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg (IFEU) Germany, I nstitute for Energy and Environmental Research Heidelberg.

Ribeiro, L., et al. (2018). "A sustainable bussiness model to fight food waste " Journal of Cleaner Production 177: 262-275.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Rønning, A. and A. Brekke (2014). "Life cycle assessment (LCA) of the building sector: strengths and weaknesses." 63-83.

Sala, S., et al. (2012). "Life cycle sustainability assessment in the context of sustainability science progress (part 2)." The International Journal of Life Cycle Assessment 18(9): 1686-1697.

Saygin, D., Van Den Broek, M., Ramirez, A., Patel, M., & E., W. (2013). Modelling the future CO2 abatement potentials of energy efficiency and CCS: The case of Dutch industry. *International Journal of Greenhouse Gas Control,* 18, 23-27.

Schau, E. M., et al. (2012). "Life cycle approach to sustainability assessment: a case study of remanufactured alternators." Journal of Remanufacturing 2(EN1342).

Sherwani, A. F., et al. (2010). "Life cycle assessment of solar PV based electricity generation systems: A review." Renewable and Sustainable Energy Reviews 14(EN1342): 540-544.

Siebert, A., et al. (2017). "Social life cycle assessment indices and indicators to monitor the social implications of wood-based products." Journal of Cleaner Production.

Silalertruksa, T., Gheewala, S. H., & Pongpat, P. (2015). Sustainability assessment of sugarcane biorefinery and molasses ethanol production in Thailand using eco-efficiency indicator. *Applied Energy*.

Simoes, C., Pinto, L., & Bernoado, C. (2014). Environmental and economic analysis of end of life management options for and HDPE production using life cycle thinking approach. *Waste management & research*, 32(5): 414-422.

Sou, W. I., et al. (2016). "Sustainability assessment and prioritisation of bottom ash management in Macao." Waste Management and Research 34(12): 1275-1282.

Stamford, L. and A. Azapagic (2014). "Life cycle sustainability assessment of UK electricity scenarios to 2070." Energy for Sustainable Development 23: 194-211.

standard, I. (2012). Environmental management-Eco-efficiency assessment of product systems-principles, requirements and guidelines. Switzerland, ISO 14045.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

stanchev, p., & Ribarova, I. (2016). Complexity, assumptions and solutions for eco-efficiency assessment of urban water systems. *Journal of cleaner production*, 229-236.

Statista. (2017). *Global plastic production from 1950 to 2015*. Retrieved december 12, 2016, from The statista portal, statistics and studies from more than 18,000 sources: https:/ / www. statista. com/ statistics/ 282732/ global-production-of-plastics-since-1950/

Straif, K., Cohen, A., & Samet, J. (2013). Air pollution and Cancer. Retrieved 7 october 2018http://www.iarc.fr/en/publications/books/sp161/AirPollutionCancer161.pdf

Sturm, A., Muller, K., & Upasena, S. (2004). A Manual for the Prepaters and Users of Eco-efficiency Indicators. *united nations conference on trade and development.* New York and Geneva.

Suttibut, C. (2007). *Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing of Jatrophs Cucas Biodiesel Production.* Chiangmai: Chiangmai University.

Swarr, T. E., et al. (2011). "Environmental life-cycle costing: a code of practice." The International Journal of Life Cycle Assessment 16(5): 389-391.

T.Horngren, C., M.Dater, S., Foster, G., Rejan, M., & Ittner, G. (2009). *Cost Accounting A Managerial Emphasis.* New Jersey: Pearson Education.

Traverso, M., et al. (2012). "Life Cycle Sustainabilty Dashboard." journal of Industrial Ecology 16(5): 680-688.

Treenate, P., Limphitakphong, N., & Chavalparit, O. (2017). A complete life cycle assessment of high density polyethylene plastic bottle. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,* 222, 012010. doi:10.1088/1757-899x/222/1/012010

UNEP/SETAC. (2012). *Towards a Life Cycle Sustainability Assessment.* UNEP/SETAC.

Vinveys, E., et al. (2013). "Application of LCSA to used cooking oil waste management " international journal of Life Cycle Assessment 18(2): 445-455.

Wang, J., et al. (2017). "Life cycle sustainability assessment of fly ash concrete structures." Renewable and Sustainable Energy Reviews 80: 1162-1174.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

United Nations. (2004). *A Manual for the Preparers and Users of Eco-efficiency indicators.* New York and Geneva: United Nations Publication.

Woon, K. S. and I. M. C. Lo (2016). "An integrated life cycle costing and human health impact analysis of municipal solid waste management options in Hong Kong using modified eco-efficiency indicator." Resources, Conservation and Recycling 107: 104-114.

Wulf, C., et al. (2017). "Lessons Learned from a Life Cycle Sustainability Assessment of Rare Earth Permanent Magnets." Journal Industrial Ecology 21(6): 1578-1590.

WORLDBANK. (2010). Retrieved october 16, 2016, from www.worldbank.org

Yang, N., Yu, J.-l., Dou, J.-x., Tahmasebi, A., Song, H., Moghtaderi, B., . . . Wall, T. (2015). The effects of oxygen and metal oxide catalysts on the reduction reaction of NO with lignite char during combustion flue gas cleaning. *Fuel Processing Technology,* 152, 102-107.

Yıldız-Geyhan, E., et al. (2017). "Social life cycle assessment of different packaging waste collection system." Resources, Conservation and Recycling 124: 1-12.

Yu, T., Chen., & Lilian, X. L. (2008). The Greenhouse gas Emissions and Fossil Energy requirement of Bioplastics from Cradle to Gate of a Biomass Refinery. *Environmental Science Technology,* 42.

Zamagni, A., et al. (2013). "From LCA to Life Cycle Sustainability Assessment: concept, practice and future directions." The International Journal of Life Cycle Assessment 18(9): 1637-1641.

Zeus industrial product. (2006). *Chemical Resistance of fluoropolymer.* Retrieved january 16, 2017, from http:www.masterflex.com/TechlibraryArticle/827.

Zhang, M., & Yu, Y. (2013). Dehydration of Ethanol to Ethylene. *Industrial & Engineering Chemistry Research,* 52, 9505-9514.

Zhou, z., et al. (2007). "Life cycle sustainability assessment of fuels." Fuel 86(1-2): 256-263.

Zhou, z., et al. (2012). "A new indicator for life cycle sustainability assessment of fuels." Advanced Materials Research: 360-363.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2550). โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี. Retrieved 30 มีนาคม 2562, from กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน http:www2552.dede.go.th/kmberc/downloads/menu2554.

นัยพัฒน์, อ. (2548). Quantitative and Qualitative Research Methodologies in Behaviroal and Social Sciences. ห้างหุ้นส่วนจำกัด สามลดา.

มงคลศรี, ธ., & แก้วบุตรดี, ช. (2555). การเลือกรีดิวซ์ไนโตรเจนมอนออกไซด์ในแก๊สไอเสียเครื่องยนต์กังหันแก๊สด้วยแอมโมเนีย. Retrieved 3 มกราคม 2562 hawk.diw.go.th/eis/content/dl/20160209100216

วงศ์เกียรติขจร, พ. (2559). แนวทางเพื่อการเรียนรู้การวิจัยเชิงคุณภาพ. บริษท ส.เอเชียเพรส(1989) จำกัด, สำนักพิมพ์ปัญญาชน.

สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. (2558). แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2558-2579. (PDP2015). Retrieved 20 มกราคม 2560, from สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน http://www.eppo.go.th/power/PDP2015/PDP2015.pdf

สุขสด, เ. (2017). การจัดซื้อจัดจ้างสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. Retrieved 30 เมษายน 2562, from กรมควบคุมมลพิษ https://www.deqp.go.th/media/37384/thaigreenprocurementbypcd.pdf

เสือดี, ว. (2555). แนวทางการจัดการสารอินทรีย์ระเหย. Retrieved 6 ธันวาคม 2561 hawk.diw.go.th/eis/content/dl/20160209100216.pdf

ศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม. (2546). *รายงานฉบับสมบูรณ์การศึกษาแนวทางการจัดการผลิตภัณฑ์พลาสติกและโฟม.* กรุงเทพมหานคร: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อินทร์แต้ม, ช. (2554). กระบวนการเปลี่ยนเมทานอลเป็นโอเลฟินส์: ทัศนะคติทางทฤษฎีต่อกลไกและการเร่งปฏิกิริยา. *Sciecne Journal Ubon Ratchathani University*, 67-81.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ณัฐพงษ์ วิชัยอัชชะ
วัน เดือน ปี เกิด	11 กุมภาพันธ์ 2531
สถานที่เกิด	Bangkok
วุฒิการศึกษา	มหาวิทยาลัยศิลปากร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช มหาวิทยาลัยมหิดล
ที่อยู่ปัจจุบัน	752 หมู่บ้านบ้านสวนริมคลองเฟส 2 ถนนมหาจักรพรรดิ์ ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000
ผลงานตีพิมพ์	1.Eco-efficiency Analysis of High Density Polyethylene Resin by Integrated Life Cycle Assessment and Life Cycle Cost. 2.3Rs policy and plastic waste management in Thailand.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University