



การพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากาอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลัก
เศรษฐกิจหมุนเวียน ของเทศบาลตำบลทับมาในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

ศิวพา สิริจามร

คุณูปนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสาขารณศาสตรคุณูปบัณฑิต

คณะสาขารณศาสตร มหาวิทยาลัยบูรพา

2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากาอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลัก
เศรษฐกิจหมุนเวียน ของเทศบาลตำบลทับมาในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก



ศิวพา สิริจามร

คุชฎินิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสาขารณสุขศาสตรคุฎิบัณฑิต

คณะสาขารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

DEVELOPED INNOVATION IN SOLID WASTE MANAGEMENT OF SINGLE-USE
DISPOSABLE SURGICAL MASK FOLLOWING CIRCULAR ECONOMY, EASTERN
ECONOMIC CORRIDOR, THAPMA SUBDISTRICT, THAILAND



SIWAPA SIRIJAMORN

A DISSERTATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR DOCTOR DEGREE OF PUBLIC HEALTH
FACULTY OF PUBLIC HEALTH
BURAPHA UNIVERSITY

2025

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมคุณิพนธ์และคณะกรรมการสอบคุณิพนธ์ได้พิจารณาคุณิพนธ์ของ ศิวพา สิริจามร จบนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สาขารณสุขศาสตรคุณิพนธ์บัณฑิต ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมคุณิพนธ์

คณะกรรมการสอบคุณิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.โกวิท สุวรรณหงษ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดนัย บวรเกียรติกุล)

ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริอุมา เจาะจิตต์)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.โกวิท สุวรรณหงษ์)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดนัย บวรเกียรติกุล)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รจฤดี โชติกาวิินทร์)

กรรมการภายนอก

มหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ต่อพงศ์ กริธาชาติ)

คณบดีคณะสาขารณสุขศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. โกวิท สุวรรณหงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับคุณิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสาขารณสุขศาสตรคุณิพนธ์บัณฑิต ของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ่มเยี่ยม)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

64810113: สาขาวิชา: -; ศ.ค. (-)

คำสำคัญ: เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก/ หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง/ เศรษฐกิจ
หมุนเวียน/ การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์/ เชื้อไวรัสโคโรนา 2019

ศิวพา สิริจามร : การพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากาก
อนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน ของเทศบาลตำบลทับมาในเขตพัฒนาพิเศษภาค
ตะวันออก. (DEVELOPED INNOVATION IN SOLID WASTE MANAGEMENT OF SINGLE-
USE DISPOSABLE SURGICAL MASK FOLLOWING CIRCULAR ECONOMY, EASTERN
ECONOMIC CORRIDOR, THAPMA SUBDISTRICT, THAILAND) คณะกรรมการควบคุมคชฎี
นิพนธ์: โกวิท สุวรรณหงษ์, ปร.ด., ดนัย บวรเกียรติกุล, ปร.ด. ปี พ.ศ. 2568.

หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งกลายเป็นสิ่งสำคัญในการใช้ป้องกันการแพร่ระบาดของ
ของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ด้วยเหตุนี้ปริมาณการใช้จึงเพิ่มสูงขึ้นเพื่อใช้
ป้องกันการแพร่ระบาด แม้ปัจจุบันสถานการณ์ความรุนแรงของโรคจะลดน้อยลงแต่ยังคงมีการใช้
อย่างต่อเนื่อง และกลายเป็นมูลฝอยติดเชื้อที่ส่งผลกระทบต่อทั้งสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในชุมชน
ซึ่งจำเป็นต้องมีการในการแก้ไขอย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อเปลี่ยนหน้ากาก
อนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ติดเชื้อเป็นมูลฝอยทั่วไป และพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอย
หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งจากขยะติดเชื้อเป็นมูลฝอยทั่วไปอย่างยั่งยืนด้วย Circular Economy
ในพื้นที่ตำบลทับมา อำเภอเมือง จังหวัดระยอง

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาด้วยกระบวนการ ทบทวนวรรณกรรม วิเคราะห์
ปริมาณและคุณสมบัติมูลฝอยที่ปนเปื้อนหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้ว และพัฒนารูปแบบนวัตกรรม
จัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการ Advance
Oxidation Process (AOP) คู่ผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียน โดยใช้กระบวนการมีส่วนร่วม ด้วย
กระบวนการ HIA จากผู้มีส่วนได้ เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลผ่านการตรวจสอบคุณภาพ
ประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อใช้ในการสัมภาษณ์เชิงลึก และการสนทนากลุ่ม
โดยวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อได้รูปแบบที่เหมาะสม และประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCA) ด้วย
การประยุกต์ใช้ OpenLCA Software

จากผลการศึกษาปริมาณหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งถูกพบในพื้นที่ศึกษาจำนวน
23 ชิ้นต่อตารางกิโลเมตร ซึ่งปนเปื้อนกับมูลฝอยชุมชน ร้อยละ 2.75 อัตราการเกิดขยะ 1.21
กิโลกรัมต่อคนต่อวัน คุณสมบัติหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วยืนยันด้วย FTIR พบมีคุณสมบัติหลักคือ
Polypropylene ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด และสามารถฆ่าเชื้อ

ด้วยกระบวนการ AOP ได้ ก่อนนำไปแปรรูปเป็นเม็ดพลาสติก (Post-Consumer Recycled Plastic; PCR) ด้วยกระบวนการ Extrusion ผลการประเมิน LCA ใน 1 หน่วยการผลิตของ PCR พบว่าเกิดผลกระทบภาวะที่เป็นสารพิษที่ไม่ก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ มีผลกระทบสูงที่สุด เท่ากับ 65.04705 ton 1,4-DCB และผลรวมความเสียหายด้านสุขภาพมนุษย์ (Human Health) เท่ากับ 0.3119 DALYs เกิดจากขั้นตอนการผลิตและการขนส่ง ตลอดจนวัฏจักรชีวิตของ PCR สามารถเกิดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 22.3297 ton CO₂ eq การประเมิน Eco-Efficiency การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบกับปริมาณการผลิต PCR เท่ากับ 0.0448 ton product/ ton CO₂ eq จากการประเมินผลตอบแทนทางสังคม ของโครงการพบว่า มีความคุ้มค่าได้ผลตอบแทนจากการลงทุนคืนกลับสู่สังคม 3.35 บาท ดังนั้น การพัฒนานวัตกรรมรูปแบบการจัดการน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตั้งแต่ต้นทางจนถึงการนำไปแปรรูปให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียนด้วยโมเดล KCOST (K = Knowledge, C = Categorize, O = Organize, S = Storage, T = Technology) ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการน้ำกากอนามัยใช้แล้วทิ้งที่เหมาะสม การศึกษานี้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งอย่างยั่งยืนสามารถสร้างนวัตกรรม เกิดเป็นผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียน โดยส่งเสริมการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรม เชิงนิเวศและสังคมคาร์บอนต่ำ ตาม SDGs ข้อที่ 3, 12, และ 13 สามารถประยุกต์ใช้ KCOST เพื่อบูรณาการกับโครงการ ROSSES ชุมชนในพื้นที่ดำเนินการ ซึ่งส่งเสริมให้กลายเป็นนโยบายหนึ่งที่ใช้ในการบริหารจัดการมูลฝอยต้นแบบของชุมชนได้อย่างยั่งยืน

64810113: MAJOR: -; Dr.P.H. (-)

KEYWORDS: EASTERN ECONOMIC CORRIDOR/ SINGLE-USE DISPOSABLE
SURGICAL MASK/ CIRCULAR ECONOMY/ LIFE CYCLE
ASSESSMENT/ CORONAVIRUS 2019

SIWAPA SIRIJAMORN : DEVELOPED INNOVATION IN SOLID WASTE
MANAGEMENT OF SINGLE-USE DISPOSABLE SURGICAL MASK FOLLOWING
CIRCULAR ECONOMY, EASTERN ECONOMIC CORRIDOR, THAPMA SUBDISTRICT,
THAILAND. ADVISORY COMMITTEE: KOWIT SUWANNAHONG, Ph.D. DANAI
BAWORNKIATTIKUL, Ph.D. 2025.

Single-use disposable surgical mask have become essential in preventing the spread of the novel coronavirus (COVID-19). Consequently, the usage of these masks has increased significantly to curb the virus's transmission. Even though the severity of the pandemic has lessened, the continuous use of face masks persists, resulting in infectious waste that adversely impacts community health and the environment. Therefore, effective management solutions are necessary. This study aims to transform infectious disposable masks into general waste and develop an innovative, sustainable management model for handling single-use disposable surgical mask through the Circular Economy approach in Thap Ma Subdistrict, Mueang District, Rayong Province.

The researchers analyzed the problem using a literature review, an assessment of the quantity and properties of contaminated mask waste, and the development of an innovative waste management model for single-use disposable surgical mask treated with the Advanced Oxidation Process (AOP). The study employed participatory processes using Health Impact Assessment (HIA) from stakeholders. Data collection tools included semi-structured interviews for in-depth interviews and focus group discussions. The results were statistically analyzed to identify suitable models and assess the Life Cycle Assessment (LCA) using OpenLCA software.

The study found that the quantity of single-use disposable surgical mask in the study area was 23 pieces per square kilometer, contaminating 2.75% of community waste with a generation rate of 1.21 kilograms per person per day. FTIR analysis confirmed that the main material of single-use disposable surgical mask is polypropylene. Heavy metal levels were within

the standard limits, and the masks could be sterilized through the AOP process before being converted into Post-Consumer Recycled Plastic (PCR) by Extrusion process. The LCA of one PCR production unit indicated that non-carcinogenic toxic effects on human health were the highest, equivalent to 65.04705 ton 1,4-DCB. The total human health damage (Human Health) was 0.3119 DALYs, primarily from production and transportation stages throughout the PCR life cycle. The climate change impact was calculated at 22.3297 tons CO₂ equivalent. The Eco-Efficiency assessment showed that greenhouse gas emissions compared to PCR production were 0.0448 tons of product per ton of CO₂ equivalent. The Social Return on Investment (SROI) evaluation of the project found that it was worthwhile, with a return on investment to society amounting to 3.35 baht.

Therefore, developing an innovative management model for single-use disposable surgical mask, from collection to transformation into Circular Economy products using the KCOST model (K = Knowledge, C = Categorize, O = Organize, S = Storage, T = Technology), is the most suitable management approach. This study provides a sustainable solution for managing single-use disposable surgical mask, creating innovative products within the circular economy, and promoting the development of eco-industrial towns and low-carbon societies in line with SDGs 3, 12, and 13. The KCOST model can be integrated with the ROSSES project in the target community, becoming a policy for sustainable waste management in communities.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ไม่อาจสำเร็จลุล่วงได้หากปราศจากความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลายท่าน ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณอย่างจริงใจต่อบุคคลและองค์กรที่มีส่วนร่วมสนับสนุนในครั้งนี้

ก่อนอื่น ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.โกวิท สุวรรณหงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่ได้ให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางการวิจัยที่มีคุณค่าอย่างยิ่ง ท่านได้เสียสละเวลาในการตรวจสอบเอกสาร ชี้แจงข้อผิดพลาด และสนับสนุนให้ข้าพเจ้าพัฒนางานวิจัยอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย ความเชี่ยวชาญและความรอบรู้ของท่านเป็นแรงบันดาลใจและแรงสนับสนุนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.คณัย บวรเกียรติกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รชฎี โชติกาวินทร์ ศาสตราจารย์ ดร.เอมอัชมา วัฒนบุรณนัท และ ดร.วัลลภ ใจดี ที่ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติม และมุมมองที่รอบด้านในการพัฒนางานวิจัยให้มีความสมบูรณ์ ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งต่อบุคลากร คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านวิชาการ การจัดเตรียมห้องปฏิบัติการ และการเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่สำคัญ ซึ่งมีส่วนช่วยในการดำเนินการวิจัยได้อย่างราบรื่น

นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมที่ได้ให้การสนับสนุนด้านทุนวิจัย รวมถึงการให้ความช่วยเหลือจากเทศบาลตำบลทับมาในการเก็บข้อมูลภาคสนามและทรัพยากรที่สำคัญ ข้าพเจ้าขอขอบคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิ รองศาสตราจารย์ ดร.สัญญา สิริวิทยาปกรณ รองศาสตราจารย์ ดร.ต่อพงศ์ กริธาชาติ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริอุมา เจาะจิตต์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ วงษาริ และ ดร.เรวดี อนุวัฒนา ที่ได้ช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์ข้อมูล การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือ และการให้ข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์ อีกทั้งขอขอบคุณ เพื่อนนิสิตร่วมหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรดุษฎีบัณฑิต ที่ได้ให้การสนับสนุนทางด้านความรู้ ข้อเสนอแนะ และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ทั้งยังเป็นกำลังใจในช่วงเวลาที่ท้าทายตลอดกระบวนการวิจัย

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณอย่างจริงใจต่อครอบครัวที่เป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุด ให้การสนับสนุนและความรักอย่างไม่รู้จบ ท่านเป็นแรงผลักดันที่ทำให้ข้าพเจ้ามีความมุ่งมั่นที่จะผ่านพ้นทุกความท้าทายและอุปสรรคในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณกัลยาณมิตรของข้าพเจ้าทุก ๆ คนที่ไม่สามารถกล่าวชื่อได้หมดที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลของงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่การพัฒนาในด้านวิชาการและการนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต

ศิวา สิริจามร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ฌ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
สมมุติฐานของงานวิจัย	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย	5
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	7
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	7
ขอบเขตของการวิจัย	7
นิยามศัพท์เฉพาะ	9
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs)	13
ปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากมูลฝอยและน้ำกากาอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง	20
ทิศทางการพัฒนาของประเทศไทย	25
หลักการและแนวคิดของเศรษฐกิจหมุนเวียน	31
แนวทางการจัดการมูลฝอย	37
ชนิดและองค์ประกอบของน้ำกากาอนามัย	65

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งในชุมชน.....	68
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจัดการมูลฝอยในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น.....	77
บริบทเทศบาลตำบลทับมา	80
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	84
การคัดกรอง และกำหนดเป้าหมาย (HIA: 1. Public Screening)	86
การกำหนดขอบเขต (HIA: 2. Public Scoping).....	101
การประเมินผล (HIA: 3. Assessing)	104
ข้อมูลพิจารณาด้านจริยธรรม (Ethical consideration)	115
บทที่ 4 ผลการศึกษา	116
ส่วนที่ 1 สถานการณ์ ปัญหา ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและรูปแบบการจัดการน้ำกากอนามัยแบบ ใช้แล้วทิ้งจากข้อมูลปฐมภูมิในพื้นที่ศึกษา และข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (HIA1: Public screening)	117
ส่วนที่ 2 รูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ผ่าน การฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการ AOP ผู้ผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียน (HIA2: Public scoping).....	130
ส่วนที่ 3 การประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ สังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของรูปแบบ นวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง (HIA3: Public assessing)	144
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	184
สรุปผลการวิจัย.....	184
อภิปรายผลการวิจัย	192
ข้อเสนอแนะ	221
บรรณานุกรม	227
ภาคผนวก	255
ภาคผนวก ก	256

ภาคผนวก ข	266
ภาคผนวก ค	268
ภาคผนวก ง.....	275
ภาคผนวก จ	278
ประวัติย่อของผู้วิจัย	281



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลกระทบของไวรัสโคโรนา 2019 ต่อเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน.....	14
ตารางที่ 2 สถานการณ์ความต้องการ การกำจัด และการสร้างของเสียสำหรับอุปกรณ์ป้องกัน ส่วนบุคคลที่เป็นพลาสติก ในภูมิภาคต่าง ๆ ระหว่างการระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์.....	22
ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ SWOT	30
ตารางที่ 4 TOWS Matrix.....	31
ตารางที่ 5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน	35
ตารางที่ 6 รูปแบบการจัดการมูลฝอยแต่ละประเภท	38
ตารางที่ 7 สรุปแนวปฏิบัติที่ดีสำหรับการจัดการมูลฝอย.....	40
ตารางที่ 8 แนวทางการจัดการน้ำกากอเนกประสงค์แบบใช้แล้วทิ้งในชุมชนตามหลักเศรษฐกิจ หมุนเวียน	51
ตารางที่ 9 หน่วยของ Endpoint ในแต่ละปัจจัย.....	60
ตารางที่ 10 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมจัดการมูลฝอย.....	78
ตารางที่ 11 ข้อมูลจำนวนประชากรเทศบาลตำบลทับมาแยกตามหมู่บ้าน	81
ตารางที่ 12 กิจกรรมตามรูปแบบกระบวนการ ROSES	82
ตารางที่ 13 เส้นทางสำรวจชุมชนในตำบลทับมา.....	93
ตารางที่ 14 ระดับความสำคัญและอำนาจการชี้แนะ.....	95
ตารางที่ 15 ระดับความสำคัญและอำนาจการชี้แนะในแต่ละกลุ่ม.....	95
ตารางที่ 16 ปัจจัยผลกระทบชั้นกลางและหน่วยของแต่ละปัจจัย.....	107
ตารางที่ 17 การประเมินความคุ้มค่าและความยั่งยืน	111
ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยน้ำกากอเนกประสงค์แบบใช้แล้วทิ้ง.....	124
ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำกากอเนกประสงค์ที่พบในแต่ละเส้นทางที่สำรวจ.....	126

ตารางที่ 20 รูปแบบนวัตกรรมการจัดการหน้ากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งในชุมชน	133
ตารางที่ 21 ผลการทดสอบค่าดัชนีการหลอมไหลของเม็ดพลาสติก PCR.....	140
ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบโลหะหนักในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ PCR.....	144
ตารางที่ 23 ข้อมูล inventory data ของวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต PCR	149
ตารางที่ 24 Inventory data เกี่ยวกับการใช้พลังงานและปัจจัยในการผลิต PCR	149
ตารางที่ 25 Inventory data ของการขนส่ง	150
ตารางที่ 26 ผลการประเมินผลกระทบขั้นปลาย (Endpoint category) ของ PCR	155
ตารางที่ 27 รายละเอียดในการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล PCR ใน 1 ปีการผลิต	162
ตารางที่ 28 ราคาต้นทุนการผลิต	162
ตารางที่ 29 ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (ปริมาณการผลิตต่อปัจจัยการผลิต).....	163
ตารางที่ 30 ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (ยอดขายต่อปัจจัยการผลิต)	164
ตารางที่ 31 ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการผลิตเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	166
ตารางที่ 32 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของยอดขายเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	166
ตารางที่ 33 การทบทวนรายละเอียดโครงการทางสังคมที่ต้องการประเมิน	168
ตารางที่ 34 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ภาพรวมผลกระทบกรณี “มีโครงการ” และ “ไม่มีโครงการ”	172
ตารางที่ 35 เส้นทางสู่ผลกระทบทางสังคม Social Impact Pathway	172
ตารางที่ 36 งบประมาณที่ใช้ในการดำเนินงานโครงการ	173
ตารางที่ 37 การกำหนดกลยุทธ์ (TOWS Matrix) ในการจัดการมูลฝอยหน้ากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน.....	179

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
ภาพที่ 2 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย.....	9
ภาพที่ 3 การพัฒนาที่ยั่งยืน 17 ประเด็น ประกอบด้วย 5 มิติ	13
ภาพที่ 4 ผลกระทบของน้ำกากาอนามัยในสิ่งแวดล้อมและมนุษย์.....	25
ภาพที่ 5 วิวัฒนาการของเศรษฐกิจหมุนเวียน กฎระเบียบ และเป้าหมายการรีไซเคิลของสหภาพยุโรป	32
ภาพที่ 6 องค์ประกอบของการจัดการมูลฝอยอย่างยั่งยืน	44
ภาพที่ 7 แผนผังกระบวนการ HIA.....	45
ภาพที่ 8 ลำดับขั้นของการจัดการมูลฝอย (Waste Hierarchy) ตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน	50
ภาพที่ 9 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์	56
ภาพที่ 10 แผนภาพการเชื่อมโยงระหว่างประเภทผลกระทบชั้นกลางและผลกระทบชั้นปลาย	59
ภาพที่ 11 ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ตาม ISO 14045	61
ภาพที่ 12 การประเมินผลกระทบต่อการประเมินความคุ้มค่าทางสังคม	63
ภาพที่ 13 องค์ประกอบของน้ำกากาอนามัย.....	66
ภาพที่ 14 แผนที่แบ่งเขตเทศบาลตำบลทับมา.....	80
ภาพที่ 15 รูปแบบการจัดการมูลฝอยของเทศบาลตำบลทับมา.....	83
ภาพที่ 16 กระบวนการวิจัยตามแนวทางของการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ.....	86
ภาพที่ 17 ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบของมูลฝอย.....	87
ภาพที่ 18 ขั้นตอนการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจมูลฝอยประเภทน้ำกากาอนามัยที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ตำบลทับมา.....	92
ภาพที่ 19 จุดสำรวจปริมาณน้ำกากาอนามัยบนถนนสาย 36, 363, 364, 4006 และเกาะพรุด ในพื้นที่ตำบลทับมา	93

ภาพที่ 20 ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์น้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง.....	104
ภาพที่ 21 สาเหตุและผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อมนุษย์และระบบนิเวศ	110
ภาพที่ 22 กรอบความคิดในการวัดประเมินค่าผลตอบแทนจากการลงทุนทางสังคม	112
ภาพที่ 23 เส้นทางการไหลของมูลฝอยน้ำกากอนามัยที่ใช้แล้วทิ้งในเทศบาลตำบลทับมา.....	117
ภาพที่ 24 องค์ประกอบทางกายภาพมูลฝอยชุมชนที่มีน้ำกากอนามัยปนเปื้อนอยู่	118
ภาพที่ 25 องค์ประกอบทางกายภาพมูลฝอยชุมชนของเทศบาลตำบลทับมาในฤดูร้อนและฤดูฝน	119
ภาพที่ 26 ร้อยละองค์ประกอบของมูลฝอยรีไซเคิล	119
ภาพที่ 27 ร้อยละองค์ประกอบของพลาสติกรีไซเคิลแต่ละประเภทรวมทั้งน้ำกากอนามัย	120
ภาพที่ 28 ร้อยละองค์ประกอบของมูลฝอยย่อยสลายได้	121
ภาพที่ 29 ร้อยละองค์ประกอบของมูลฝอยอื่น ๆ	121
ภาพที่ 30 ร้อยละองค์ประกอบของมูลฝอยอันตราย.....	122
ภาพที่ 31 สเปกตรัม FTIR ของน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง.....	125
ภาพที่ 32 เส้นทางการสำรวจและภาพน้ำกากอนามัย.....	126
ภาพที่ 33 แนวโน้มน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่พบในแต่ละจุดสำรวจ.....	127
ภาพที่ 34 รูปแบบการจัดการมูลฝอยชุมชนที่มีน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง	131
ภาพที่ 35 กระบวนการรีไซเคิลพลาสติกเชิงกล	137
ภาพที่ 36 เครื่องฆ่าเชื้อน้ำกากอนามัยด้วยกระบวนการ AOP	138
ภาพที่ 37 การฆ่าเชื้อน้ำกากอนามัยที่ใช้แล้วด้วยกระบวนการ AOP.....	138
ภาพที่ 38 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลที่มีน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งเป็นส่วนผสม	139
ภาพที่ 39 สเปกตรัม FTIR ของน้ำกากอนามัยแต่ละชั้นและเม็ดพลาสติก PP รีไซเคิล	141
ภาพที่ 40 การสลายตัวทางความร้อนของตัวอย่าง PP recycle 100% ด้วย TGA และ DGT	142

ภาพที่ 41 การสลายตัวทางความร้อนของตัวอย่าง PP recycle 90% + Face masks 10% ด้วย TGA และ DGT	142
ภาพที่ 42 การสลายตัวทางความร้อนของตัวอย่าง PP recycle 94% +Face masks 5% + Coffee 1% ด้วย TGA และ DTG.....	143
ภาพที่ 43 ขอบเขตของการศึกษาการประเมิน LCA ของการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง	146
ภาพที่ 44 การจัดทำบัญชีรายการ LCI ตาม S1.....	147
ภาพที่ 45 การจัดทำบัญชีรายการ LCI ตาม S2.....	148
ภาพที่ 46 การจัดทำบัญชีรายการ LCI ตาม S3.....	148
ภาพที่ 47 การจัดทำบัญชีรายการ LCI ของวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ PCR.....	149
ภาพที่ 48 โครงสร้างระบบผลิตภัณฑ์ PCR เพื่อการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต	151
ภาพที่ 49 การแสดงผลกราฟแยกตามการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามขั้นตอนของ LCA ของวัฏจักรชีวิต PCR.....	152
ภาพที่ 50 เปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมชั้นกลางแบ่งตามวัฏจักรชีวิตของ PCR	153
ภาพที่ 51 เปรียบเทียบศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน (GW) แบ่งตามวัฏจักรชีวิตของ PCR	153
ภาพที่ 52 ความเชื่อมโยงระหว่างผลกระทบที่เกิดขึ้นจาก Midpoints กับ Endpoint.....	156
ภาพที่ 53 ผลกระทบจากสารพิษที่ไม่ก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์.....	158
ภาพที่ 54 ผลกระทบจากภาวะความเป็นพิษในทะเล	158
ภาพที่ 55 ผลกระทบจากภาวะโลกร้อน	159
ภาพที่ 56 ผลกระทบด้านการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อดิน.....	160
ภาพที่ 57 ผลกระทบด้านการขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล.....	161
ภาพที่ 58 การยกระดับการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งและมูลฝอยพลาสติก ...	222

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปริมาณมูลฝอยที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการปัจจัยทางเศรษฐกิจ รายได้ การเติบโตของประชากร โครงสร้างประชากร การขยายตัวของเมือง และความต้องการสินค้าบริการที่เพิ่มขึ้น (Minghua et al., 2009) ซึ่งส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพ และคุณภาพชีวิตประชาชน รวมถึงการสูญเสียโอกาสทางเศรษฐกิจและงบประมาณในการจัดการมูลฝอย ดังนั้น รัฐบาลจึงให้ความสำคัญในการแก้ไขปัญหาอย่างจริงจังและต่อเนื่อง โดยสถานการณ์มูลฝอยชุมชนของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2565 พบว่า มูลฝอยมีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 เนื่องจากในปี พ.ศ. 2563 - 2564 ประเทศไทยและทั่วโลกประสบปัญหาการแพร่ระบาดใหญ่ (กรมควบคุมมลพิษ, 2566) ของโรคอุบัติใหม่ที่ชื่อว่า “โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 (COVID-19)” โรคติดต่อชนิดนี้ทำให้เกิดอาการติดเชื้อผ่านระบบทางเดินหายใจ สามารถแพร่กระจายเชื้อผ่านทางอากาศ หรือเรียกว่า Airborne ซึ่งเป็น bioaerosol ผ่านทางสารคัดหลั่ง เช่น น้ำลาย อุจจาระ หรือเสมหะ รวมถึงการติดเชื้อผ่านการสัมผัสระหว่างบุคคล

การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลให้องค์การอนามัยโลก (WHO) ประกาศให้เป็นภาวะฉุกเฉินที่ต้องเฝ้าระวัง โดยประเทศไทยพบผู้ติดเชื้อครั้งแรกในเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 (WHO, 2020) และมีการดำเนินการมาตรการการเว้นระยะห่างทางสังคมเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของโรค มาตรการนี้ทำให้ปริมาณพลาสติกใช้ครั้งเดียวทิ้งเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภค รวมถึงการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น หน้ากากอนามัยและถุงมือ ทำให้เกิดมูลฝอยจากกิจกรรมเหล่านี้เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของมูลฝอยตามกิจกรรมของมนุษย์ จากสถานการณ์ดังกล่าว ทำให้ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย โดยในปี พ.ศ. 2564 มีปริมาณมูลฝอยติดเชื้อ 90,009.23 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2563 ถึงร้อยละ 87 (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) โดยมีแหล่งกำเนิดจากโรงพยาบาล ห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย และมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลสนาม รวมถึงสถานที่กักกันในชุมชน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ชีวิตเข้าสู่ความปกติใหม่ (New Normal) ซึ่งหมายถึงการดำเนินชีวิตที่ต้องสวมหน้ากากอนามัยทุกครั้งก่อนออกจากบ้าน วัคซีนหมวกก่อนเข้าใช้บริการในสถานที่สาธารณะ และการทำความสะอาดเชื้ออยู่เสมอ แม้ว่าปัจจุบัน นี้ (พ.ศ. 2565) กระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศให้โรคไวรัสโคโรนา 2019 เป็นโรคประจำถิ่นเนื่องจากความ

รุนแรงของโรคลดลงและสถานการณ์การระบาดเริ่มคลี่คลาย และมีการฉีดวัคซีนให้ประชาชนมากขึ้น แต่การป้องกันด้วยการสวมใส่หน้ากากอนามัยในที่สาธารณะและพื้นที่เสี่ยง เพื่อป้องกันเชื้อโรคและฝุ่น PM2.5 (Shanay et al., 2020) กลายเป็นมาตรการป้องกันสุขภาพที่สำคัญ (Erh-Jen et al., 2022) และเป็นที่คาดการณ์ว่าสถานการณ์การระบาดใหญ่ในปัจจุบันจะดำเนินต่อไปถึงปี พ.ศ. 2568 (Tripathi et.al., 2022)

หน้ากากอนามัยที่ใช้ป้องกันการติดเชื้อจากการแพร่ระบาดนั้น สามารถแบ่งตามประเภทการใช้งานได้ 6 ประเภท ได้แก่ หน้ากากอนามัยทางการแพทย์ หน้ากากคาร์บอน หน้ากาก N95 หน้ากาก FFP1 หน้ากากกันฝุ่นทั่วไปหรือหน้ากากผ้า และหน้ากากฟองน้ำ (กรมอนามัย, 2563) ซึ่งในสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 หน้ากากอนามัยทางการแพทย์แบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง (Single used disposable surgical masks) มีปริมาณการใช้มากที่สุด (Torres & De-la-Torre, 2021) การศึกษาปริมาณการใช้หน้ากากอนามัยและมูลฝอยติดเชื้อทางการแพทย์ในทวีปเอเชียในปี พ.ศ. 2563 โดยมีข้อมูลจาก 49 ประเทศ ในเดือนกรกฎาคม พบว่ามีการใช้หน้ากากอนามัยมากกว่า 2,000 ล้านชิ้น ซึ่งหน้ากากส่วนใหญ่ (98.3%) เป็นแบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง ในขณะที่ประเทศไทย มีผู้ติดเชื้อสะสมเพียง 3,000 กว่าราย แต่มีการใช้หน้ากากอนามัยสูงถึง 10 ล้านชิ้นต่อวัน และมูลฝอยติดเชื้อทางการแพทย์ประมาณ 13.07 ตันต่อวัน (Sangkham, 2020) นอกจากนี้ ปริมาณมูลฝอยเกิดจากกิจกรรมทางการแพทย์ในมณฑลหูเป่ย์ (ติดเชื้อและไม่ติดเชื้อ) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (+370 %) (Klimes et al., 2020) จากการศึกษาพบว่าเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 สามารถอยู่รอดได้บนพื้นผิววัสดุ (เช่น โลหะ แก้ว และพลาสติก) นานถึง 4 วัน (Nghiem et al., 2020) ดังนั้น หากมีการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งอย่างไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดการแพร่กระจายของไวรัสได้ ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในการจัดการมูลฝอยตั้งแต่ขั้นตอนในการคัดแยกที่ต้นทาง การรวบรวม และรวมถึงการกำจัด ซึ่งเป็นการจัดการแบบแนวทางเศรษฐกิจแบบเส้นตรง (Linear Economy)

จากการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของ Atilgan (2022) พบว่า ในปี พ.ศ. 2563 มีหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง จำนวน 52 พันล้านชิ้นทั่วโลก เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 1.1 Mt CO₂ eq. และเกิดจากกระบวนการจัดหาวัดุดิบมากที่สุด ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากหน้ากากอนามัยผลิตจากพอลิโพรไพลีน (Polypropylene: PP) เป็นโพลิเมอร์หรือพลาสติก ซึ่งใช้เวลาในการย่อยสลายตามธรรมชาติถึง 450 ปี (Nghiem et al., 2020) ประเทศไทยมีปริมาณการใช้หน้ากากอนามัย 16,578 ล้านชิ้นต่อปี และสามารถเกิดไมโครพลาสติก (Microplastics: MPs) 107,000 อนุภาค ภายในระยะเวลา 30 วัน (Shukla et al., 2022) ซึ่งหากได้รับสัมผัสไมโครพลาสติกเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมาก ๆ ก่อให้เกิดความผิดปกติของระบบ

ทางเดินหายใจ ความเป็นพิษต่อภูมิคุ้มกัน การเผาผลาญไขมันผิดปกติรุนแรง และสามารถเข้าสู่ระบบต่าง ๆ ทำให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย สารเติมแต่งที่ปนเปื้อนมากับอนุภาคของไมโครพลาสติก เช่น สีข้อม สารทนไฟ สารเติมแต่งเหล่านี้เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ การรับไมโครพลาสติกเข้าสู่ร่างกายขึ้นอยู่กับ ขนาด รูปร่าง ปริมาณ และประเภท (Kannan & Vimalkumar, 2021; Du et al., 2022) หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ถูกทิ้งลงในแม่น้ำลำคลองหรือมหาสมุทรจะก่อให้เกิดไมโครพลาสติกส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพในที่สุด (Haque et al., 2021; Horton, 2017) และยังทำให้เกิดความกังวลเกี่ยวกับความเสี่ยงของการปนเปื้อนเชื้อก่อโรคที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยที่ไม่ถูกสุขลักษณะ (Penteado, & Castro, 2021) ซึ่งหากสามารถนำมูลฝอยหน้ากากอนามัยที่ติดเชื้อผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อให้กลายเป็นมูลฝอยทั่วไปได้ก่อนนำไปแปรรูปหรือกำจัด จะช่วยสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ปฏิบัติงาน

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าปริมาณมูลฝอยพลาสติกประเภทหน้ากากอนามัยเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 จากผู้ที่ติดเชื้อและไม่ติดเชื้อ มูลฝอยพลาสติกดังกล่าวถูกทิ้งปะปนกับมูลฝอยทั่วไป เป็นเหตุให้มูลฝอยในชุมชนมีปริมาณหน้ากากอนามัยสูงขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนเกิดการแพร่ระบาด เป็นสถานการณ์ที่ยากจะคาดเดาถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดมูลฝอยทั้งในแง่ของปริมาณและองค์ประกอบ (Kahlert & Bening, 2020) สร้างความกดดันให้กับนักนโยบายในการวางแผนรองรับปัญหาได้อย่างทันทั่วทั้ง (Singh et al., 2022) อย่างไรก็ตาม ผลกระทบที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณมูลฝอยและอัตราการรีไซเคิลต่ำสามารถทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในระยะกลางและระยะยาวได้ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุของความกังวลด้านการจัดการมูลฝอยที่เกิดขึ้น (Zambrano-Monserrate et al., 2020) ความท้าทายที่ประเทศไทยต้องเผชิญจากบริบทโลกที่ผันผวนและยากต่อการคาดเดา (VUCA World) ซึ่งเกิดจากการแพร่ระบาดใหญ่ โดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต้องมีนโยบายและแผนการจัดการมูลฝอยชุมชนที่เพิ่มขึ้น โดยกรมอนามัยแนะนำให้ทั้งหน้ากากอนามัยใช้แล้วของบุคคลที่ไม่ติดเชื้อลงในถังมูลฝอยทั่วไปและฆ่าเชื้อก่อนทิ้ง แต่หากไม่มีการจัดการอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและเพิ่มความเสี่ยงในการแพร่เชื้อโรคในชุมชนและสิ่งแวดล้อมได้

การดำเนินงานในการจัดการมูลฝอยและหน้ากากอนามัยแบบใช้ครั้งเดียวทิ้งของชุมชนและประชาชน โดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่มีหน้าที่ในการจัดระบบบริการสาธารณะ การรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง การกำจัดมูลฝอย สิ่งปฏิกูล และน้ำเสีย เพื่อประโยชน์ของประชาชนในท้องถิ่น ดำเนินงานภายใต้กรอบแนวทางที่สำคัญ ได้แก่ 1) แผนยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) ซึ่งได้กำหนดยุทธศาสตร์ด้านการสร้างการเติบโตด้วยคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม 2) แผนพัฒนา

เศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 ที่สนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของสหประชาชาติ รวมถึงการพัฒนาเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน เศรษฐกิจสีเขียว และ 3) แผนปฏิบัติการด้านการจัดการมูลฝอยพลาสติก ระยะที่ 2 (พ.ศ. 2566-2570) โดยเน้นการจัดการมูลฝอยที่ต้นทางแบบบูรณาการ การจัดการมูลฝอยรูปแบบใหม่ด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม และการบริหารจัดการมูลฝอยตามวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ ยังมีนโยบายการรวมกลุ่มขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น นโยบายการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการมูลฝอยและนโยบายส่งเสริมพลังงานทดแทน

จากปัญหาการจัดการมูลฝอยในชุมชนดังที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้กำหนดพื้นที่ตำบลทับมา อำเภอเมือง จังหวัดระยอง เป็นพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในพื้นที่ตามโครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก และอยู่ในพื้นที่เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ตำบลทับมาเป็นพื้นที่ที่เป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรม เขตเกษตรกรรมดั้งเดิม และเขตชุมชนที่พกอาศัย ทำให้ต้องมีการกำหนดนโยบายในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของพื้นที่ ควบคู่กับการให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิตของประชาชนและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ เพื่อให้อุตสาหกรรมสามารถอยู่ร่วมกันกับชุมชนได้อย่างยั่งยืน และลดปัญหาสิ่งแวดล้อม เพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ ความเป็นอยู่ที่ดีในสังคม และมีนโยบายการเป็นเมืองคาร์บอนต่ำ และตำบลทับมายังได้รับรางวัลเมืองยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมระดับอาเซียนปี 2564 และได้รับการสนับสนุนจากภาคเอกชน เช่น กองทุนโรงไฟฟ้า ทำให้พื้นที่มีความพร้อมทั้งทุนมนุษย์และทุนสังคม ในการพัฒนาชุมชนที่เน้นการส่งเสริมสุขภาพ เพื่อให้คนดูแลสุขภาพตนเองและสิ่งแวดล้อม ด้วยการมีส่วนร่วมของสาธารณะ การคำนึงถึงปัจจัยทางสังคมและสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสุขภาพ การลดความไม่เป็นธรรมด้านสุขภาพ และการร่วมมือระหว่างภาคส่วนต่าง ๆ โดยคำนึงถึงปัจจัยกำหนดสุขภาพ ทั้งในระดับบุคคล ระดับชุมชน/สังคม และระดับสิ่งแวดล้อม/นโยบายสาธารณะ โดยตั้งแต่ พ.ศ. 2557 เป็นต้นมา ตำบลทับมาได้ดำเนินโครงการรณรงค์รักษาความสะอาดและคัดแยกมูลฝอย เนื่องจากเป็นพื้นที่อยู่อาศัยที่ใกล้บ่อมูลฝอยซึ่งส่งผลกระทบต่อด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในการจัดการ ทางเทศบาลจึงพัฒนากระบวนการจัดการมูลฝอย “ROSES” (R = Reduce, O =Organic, S =Selling, E =Eject, S = Smiling bin) ขึ้น โดยมีเป้าหมายเพื่อให้เป็นชุมชนปลอดถังมูลฝอย ลดรายจ่ายและเพิ่มรายได้แก่ประชาชน อย่างไรก็ตาม กระบวนการ “ROSES” ยังไม่สามารถจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงการแพร่ระบาดใหญ่ เนื่องจากปริมาณการใช้หน้ากากเพิ่มขึ้นและการเว้นระยะห่างทางสังคมลดการคัดแยกมูลฝอย

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยการวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไขเพื่อให้การ

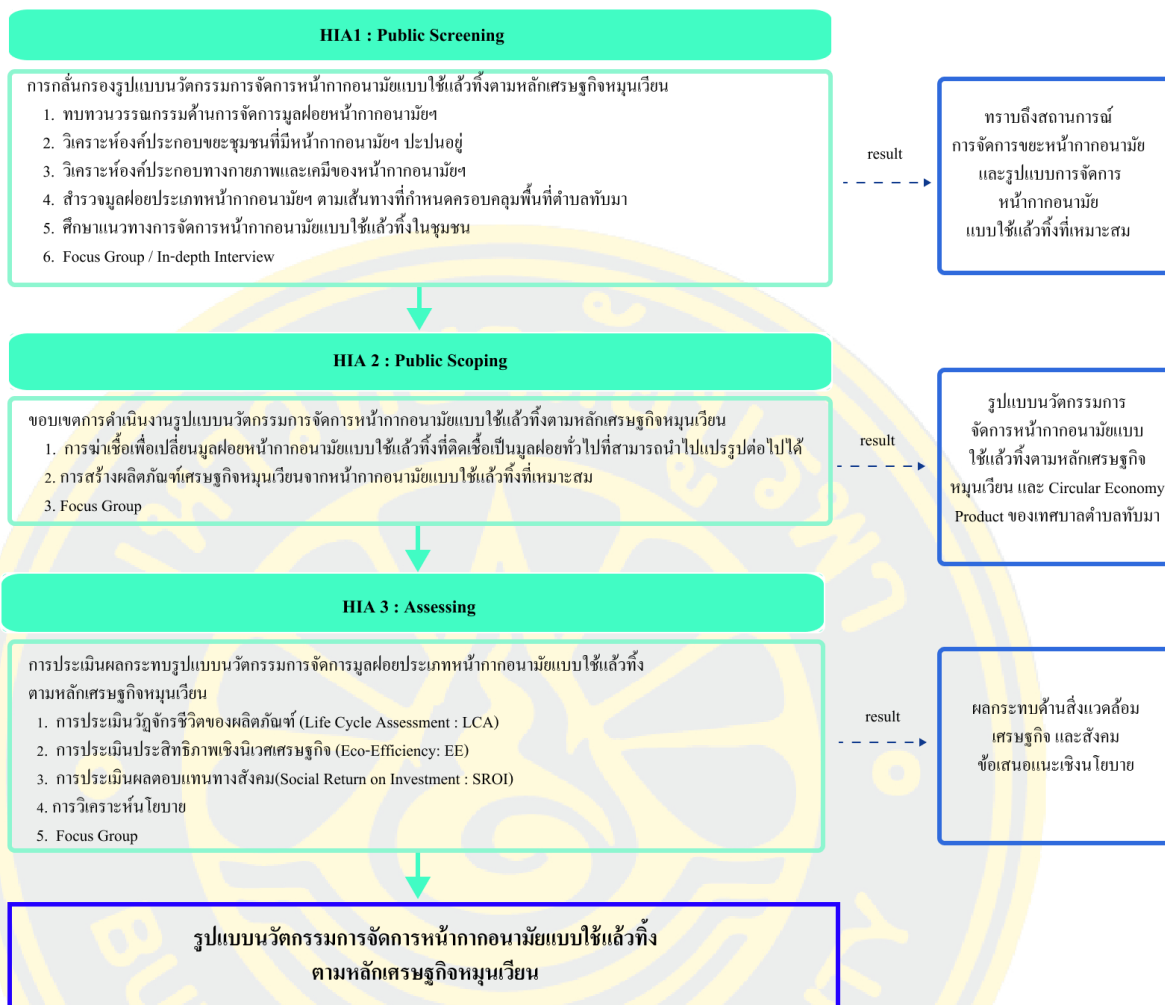
จัดการมีประสิทธิภาพ และการเปลี่ยนมูลฝอยหน้ากากอนามัยติดเชื้อให้เป็นมูลฝอยพลาสติกทั่วไป จากนั้นสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการใช้เทคโนโลยี เช่น นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง วัตถุดิบในอุตสาหกรรม หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยการดำเนินงานได้ประยุกต์ใช้ ขั้นตอนของการประเมิน ผลกระทบต่อสุขภาพ เป็นเครื่องมือที่ช่วยประเมินผลกระทบต่อสุขภาพได้อย่างรอบด้าน โดยเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมกับองค์กรปกครองท้องถิ่นในการตัดสินใจ และติดตามผลการดำเนินงานตามนโยบายภาครัฐ รูปแบบนวัตกรรมที่ได้จะถูกประเมินตาม ประสิทธิภาพในการดำเนินงานทั้ง 3 ด้าน สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ได้แก่ ด้าน สิ่งแวดล้อม ด้วยกระบวนการการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ด้านเศรษฐกิจ ด้วยกระบวนการ ประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ และด้านสังคม ด้วยกระบวนการวิเคราะห์ ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน ตลอดจนต้นแบบผลิตภัณฑ์จากหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ที่ได้จากการคัดเลือกของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย รูปแบบนวัตกรรมการจัดการหน้ากากอนามัยแบบ ใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนจากการศึกษา จะช่วยในการกำหนดนโยบายและกฎระเบียบ ที่สนับสนุนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจัดการมูลฝอยของประชาชน ซึ่งจะลดงบประมาณการ จัดการมูลฝอยของเทศบาล และส่งเสริมวัฏกรรมการจัดการที่มีประสิทธิภาพ เพื่อลดการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก สร้างสภาพแวดล้อมและคุณภาพชีวิตที่ดีตามนโยบายเมืองคาร์บอนต่ำ และ สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน

สมมุติฐานของงานวิจัย

การพัฒนาารูปแบบนวัตกรรมจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง จากมูลฝอยติดเชื้อเปลี่ยนเป็นมูลฝอยทั่วไปตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนโดยใช้การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ สามารถแก้ไขปัญหาด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมได้

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการอย่างมีส่วนร่วม (Participation Action Research) แบบ Bottom up และ Top down โดยเริ่มต้นจากการรวบรวมความคิดและข้อมูลจาก ประชาชน เพื่อการนำเสนอแนวคิดหรือรูปแบบในการแก้ไขปัญหาขึ้นไปยังระดับบริหารสูงสุด เพื่อให้เกิดการตัดสินใจและกำหนดนโยบายและกลยุทธ์การดำเนินงานที่ประชาชนต้องการ โดย ประยุกต์แนวทางการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพเป็นกรอบในการดำเนินงาน ดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ ปัญหา ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งจากข้อมูลปฐมภูมิในพื้นที่ศึกษา และข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. เพื่อพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน
3. เพื่อประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมของรูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

ประโยชน์ที่ได้รับการวิจัย

1. รูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยประเภทใช้แล้วทิ้งที่มีประสิทธิภาพตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน และ Circular Economy Product: PCR
2. ความร่วมมือกันระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) หน่วยงานด้านสาธารณสุข ภาคเอกชน ภาคประชาชน ในการแก้ปัญหามลพิษจากการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งในระยะยาว
3. ยกระดับคุณภาพชีวิตของคนในชุมชนดีขึ้นทั้งด้านสุขภาพ สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม ตอบสนองเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน
4. ลดมลพิษจากหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพและเพิ่มมูลค่าด้วยการนำหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งไปใช้ประโยชน์ เกิดการพึ่งพาอาศัยกันระหว่างชุมชนและอุตสาหกรรม (Industrial symbiosis)
5. ได้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการจัดการมูลฝอยชุมชนด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเทศบาลจากการมีส่วนร่วม และนโยบายจากภาครัฐ

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา
การวิจัยครั้งนี้เป็นการประยุกต์การประเมินผลกระทบทางสุขภาพ (Health Impact Assessment: HIA) ที่ดำเนินงานร่วมกับชุมชนในพื้นที่ศึกษา โดยดำเนินการใน 3 ขั้นตอน ดังนี้
 - 1.1 การคัดกรอง (Public screening)
 - 1.1.1 วิเคราะห์ปัญหาการจัดการหน้ากากอนามัยในชุมชน
 - 1.1.2 วิเคราะห์ห้วงค์ประกอบมูลฝอยชุมชนที่มีหน้ากากอนามัยปะปนอยู่

1.1.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของน้ำกากาอนามัย

1.1.4 วิเคราะห์กรอบการดำเนินงานและนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำกากาอนามัยของ อปท. และแผนพัฒนาประเทศ เป้าหมายและทิศทางการพัฒนาของโลกเกิดจากพลวัต

1.1.5 การสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) และการสัมภาษณ์เชิงลึก (Indept interview)

1.2 กำหนดขอบเขต (Public Scoping)

1.2.1 ขอบเขตการดำเนินงานรูปแบบการนวัตกรรมการจัดการน้ำกากาอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนในพื้นที่ศึกษา และ Circular Economy Product: PCR

1.2.2 การฆ่าเชื้อน้ำกากาอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

1.2.3 การสร้างผลิตภัณฑ์ Circular Economy Product

1.2.4 การสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion)

1.3 การประเมินผลกระทบ (Assessing)

1.3.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA)

1.3.2 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency. EE)

1.3.3 การประเมินผลตอบแทนทางสังคม (Social Return on Investment : SROI)

1.3.4 การประเมินนโยบาย

1.3.5 การสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion)

เพื่อให้ได้รูปแบบนวัตกรรมการจัดการน้ำกากาอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนและข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการจัดการที่เหมาะสมในชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ขอบเขตด้านประชากร

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ตำบลทับมา อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ได้แก่ ประชาชน ชุมชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ภาครัฐ ภาคเอกชน ที่ได้รับผลกระทบทั้งทางบวกและลบ

3. ขอบเขตด้านพื้นที่

พื้นที่ตำบลทับมา อำเภอเมือง จังหวัดระยอง

4. ขอบเขตด้านเวลา



ภาพที่ 2 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง (Single-use disposable surgical mask) หมายถึง หน้ากากที่ใช้เพียงครั้งเดียวทิ้งและไม่สามารถทำความสะอาดหรือใช้ซ้ำได้ ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์หรือพอลิเมอร์ ที่ประชาชนใช้สวมใส่เพื่อป้องกันอันตรายของระบบทางเดินหายใจจากมลภาวะ สารพิษ และเชื้อโรคในอากาศ

นวัตกรรมการจัดการมูลฝอย หมายถึง กระบวนการทำงานหรือวิธีการทำงานใหม่ การเปลี่ยนแปลงในกิจกรรมขององค์กรโดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัยเข้ามาใช้ในระบบการปฏิบัติการตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น

เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy: CE) หมายถึง แนวคิดเชิงระบบในการออกแบบผลิตภัณฑ์หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างหมุนเวียนลดการเกิดของเสีย และลดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการเผาและฝังกลบ

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ (Health Impact Assessment: HIA) หมายถึง กระบวนการ วิธีการ และเครื่องมือที่หลากหลาย ที่ใช้เพื่อการคาดการณ์ถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากรูปแบบนวัตกรรมการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ที่มีต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน และสิ่งแวดล้อมของชุมชน ด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในทุกขั้นตอนของโครงการ ตั้งแต่การรับรู้ปัญหา การหาแนวทางแก้ไขที่เหมาะสม และการติดตาม

ตรวจสอบผลกระทบที่จะเกิดขึ้น เพื่อนำมาปรับปรุงรูปแบบให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดและเกิดความยั่งยืนในพื้นที่

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) เป็นกระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขภาพของชุมชน

การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency: EE) หมายถึง การนำข้อมูลด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง มาวิเคราะห์โดยเทียบกับตัวชี้วัดด้านมูลค่าเศรษฐกิจหรือประสิทธิภาพของการผลิต ผลลัพธ์ของการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เป็นดัชนีชี้วัดความสัมพันธ์ด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมที่มุ่งไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน

เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ในตำบลทับมา จังหวัดระยอง เป็นพื้นที่ที่มีการพัฒนาอุตสาหกรรม และเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมเหนี่ยวนำให้เศรษฐกิจชุมชนเติบโตไปด้วยกันภายใต้สถานะแวดล้อมและคุณภาพชีวิตที่ดี โดยมุ่งเน้นการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และการบริหารจัดการในพื้นที่ให้เกิดความสมดุลในทุกมิติ

การประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Social Return on Investment: SROI) คือ วิธีการวัดมูลค่าของผลกระทบทางสังคมที่เกิดขึ้นจากการลงทุนในโครงการ โดยเปรียบเทียบมูลค่าของผลกระทบทางสังคมที่เกิดขึ้นกับมูลค่าของเงินที่ลงทุนไป

Post-consumer Recycled Plastic: PCR คือ หมายถึงหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ผ่านการใช้งานแล้วจากผู้บริโภค ที่ถูกคัดแยก เก็บรวบรวม และนำไปผ่านกระบวนการ Extrusions เพื่อผลิตเป็นเม็ดพลาสติกกรีซเคิล เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ต่อไป

ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHG) ซึ่งเป็นก๊าซที่มีความสามารถในการกักเก็บความร้อนในบรรยากาศของโลก ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ที่ส่งผลให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเป็นสาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)

Advance Oxidation Process (AOP) คือกระบวนการออกซิเดชันขั้นสูงที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ โดยกระบวนการนี้มุ่งเน้นการสร้างอนุมูลอิสระที่มีปฏิกิริยาสูง เช่น ไฮดรอกซิล (OH) เพื่อทำลายสารอินทรีย์และสารมลพิษที่ย่อยสลายยาก ในการวิจัยนี้ใช้ปฏิกิริยาของแสง UVC และ O_3

Open LCA เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เป็นฟรีแวร์ (Freeware) และเป็นโอเพ่นซอร์ส (Open-source software)

ReCiPe คือ วิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งการประเมินผลออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 1) Midpoint เป็นการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในชั้นกลางของกระบวนการ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเกิดกรดในดิน หรือการใช้ทรัพยากร 2) Endpoint เป็นการแปลงผลกระทบเหล่านั้นไปยังผลลัพธ์ขั้นสุดท้าย เช่น ความเสียหายต่อสุขภาพมนุษย์ คุณภาพของระบบนิเวศ และการขาดแคลนทรัพยากร

คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon Dioxide Equivalent: CO₂ eq) เป็นหน่วยที่ใช้เปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ โดยแปลงให้เทียบเท่ากับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เพื่อให้สามารถวัดผลกระทบต่อ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ง่ายขึ้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง “ การพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนมัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน ของเทศบาลตำบลทับมาในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ” ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในหัวข้อดังต่อไปนี้

1. เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนและผลกระทบของสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019
2. ปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากมูลฝอยและน้ำกากอเนมัยแบบใช้แล้วทิ้ง
3. ทิศทางการพัฒนาของประเทศไทย
4. หลักการและแนวคิดของเศรษฐกิจหมุนเวียน
5. แนวทางการจัดการมูลฝอย
6. ชนิดและองค์ประกอบของน้ำกากอเนมัย
7. กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำกากอเนมัยแบบใช้แล้วทิ้งในชุมชน
8. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจัดการมูลฝอยในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
9. บริบทเทศบาลตำบลทับมา

ประเทศไทยกำลังเผชิญกับวิกฤตการณ์ที่ซับซ้อนหลายด้าน ทั้งปัญหาภายในและภายนอกประเทศ เช่น ปัญหาเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม การแพร่ระบาดของโรค และภัยธรรมชาติ ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนอย่างมาก ซึ่งกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชน การแก้ปัญหาเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นวัตกรรม และความร่วมมือของทุกภาคส่วน รวมถึงการสนับสนุนจากภาครัฐและเอกชนในการออกนโยบายที่เหมาะสม งานวิจัยนี้จึงดำเนินการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ ทำให้เห็นรากเหง้าของปัญหาและแนวทางในการแก้ไข ป้องกันผลกระทบด้านลบที่จะเกิดขึ้น และสนับสนุนให้เกิดการขับเคลื่อนทางสังคมในด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนอย่างเป็นรูปธรรม

เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs)

การขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศด้วยการบูรณาการความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาสังคม ที่มีเป้าหมายเพื่อลดความเหลื่อมล้ำ พัฒนาคุณภาพคน และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติ โดยจะถูกใช้เป็นเครื่องกำหนดทิศทางการพัฒนาของประเทศไทยและของโลกเป็นระยะเวลา 15 ปี คลอบคลุมประเด็นการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุล อันเป็นสามเสาหลักของการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยมีเป้าหมายสูงสุดเพื่อจัดความยากจน ลดความเหลื่อมล้ำ ไม่ทิ้งใครไว้เบื้องหลัง ไม่ทำลายแหล่งทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งให้ความสำคัญมากยิ่งขึ้นต่อการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน ซึ่งจะต้องร่วมกันขับเคลื่อนการพัฒนาที่ยั่งยืนไปด้วยกัน ได้กำหนดเป้าหมายไว้ทั้งหมด 17 เป้าหมาย (Goals) ที่มีความหลากหลายในเชิงประเด็น และต้องคำนึงถึงความสมดุลที่สะท้อน 3 เสาหลักของมิติตามยั่งยืน (Three Pillars of Sustainability) คือ มิติสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม บวกกับอีก 2 มิติ คือ มิติสันติภาพและมิติเรื่องความร่วมมือในการพัฒนา องค์การสหประชาชาติแบ่งเป้าหมาย 17 ประเด็น ออกเป็น 5 กลุ่ม (เรียกว่า 5 Ps) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การพัฒนาที่ยั่งยืน 17 ประเด็น ประกอบด้วย 5 มิติ

(United Nations, 2021)

สถานการณ์ความท้าทายของโลกในปัจจุบันเป็นประเด็นหลักที่ทุกประเทศจำเป็นต้องเตรียมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของโลกที่ต้องให้ความสำคัญ ซึ่งในสถานการณ์ปัจจุบัน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 ได้เกิดการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ไปทั่วโลก การแพร่ระบาดของโรคติดต่อดังกล่าวกลายเป็นสาเหตุการตายที่สูงเป็นอันดับหนึ่งของประชากรโลก การเกิดการกลายพันธุ์ของเชื้อไวรัสและเกิดโรคอุบัติใหม่เป็นระยะ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมความเป็นอยู่และปรับเปลี่ยนรูปแบบวิถีชีวิตของมนุษย์ไปพร้อมกันทั่วโลกหรือเรียกว่าวิถีชีวิตใหม่ (New Normal) ซึ่งมีผลกับสุขภาพและสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจน

ผลกระทบทางเศรษฐกิจ สุขภาพ สิ่งแวดล้อมและสังคมของสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 การเกิดการกลายพันธุ์ของเชื้อไวรัสและเกิดโรคอุบัติใหม่เป็นระยะนั้น มีความเชื่อมโยงทั้งทางตรงและทางอ้อมกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และมีผลกระทบทั้งเชิงบวกและเชิงลบ ซึ่งการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 เป็นภัยคุกคามต่อประเด็นการพัฒนาที่ยั่งยืนในประเทศที่กำลังพัฒนาที่ไม่มีความสามารถหรือทรัพยากรที่จะรับมือกับความท้าทายทางเศรษฐกิจและสังคมที่เกิดขึ้นในภาวะการนี้ ส่งผลให้มีความยากจนเพิ่มสูงขึ้น ก่อให้เกิดความเจ็บป่วยทางสังคมอื่น ๆ รวมถึงสุขภาพ ความขัดแย้ง การสูญเสียการดำรงชีวิตและความไม่เท่าเทียมกัน ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นจากไวรัสโคโรนา 2019 ต่อเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนสามารถประยุกต์ต่อยอดในการดำเนินนโยบายได้สรุปไว้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลกระทบของไวรัสโคโรนา 2019 ต่อเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน

หัวข้อ	ผลกระทบต่อเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน	อ้างอิง
SDG 1 ขจัดความยากจน (No Poverty)	- กิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ลดลงนำไปสู่การชะลอตัวทางเศรษฐกิจ และเพิ่มความเสี่ยงของความยากจน - ทำให้ผู้คนจำนวนมากตกอยู่ในความยากจน เป็นครั้งแรกในรอบสามทศวรรษที่ความยากจนเพิ่มขึ้น - อัตราความยากจนเพิ่มขึ้นเป็นครั้งแรกนับตั้งแต่ปี 2541 เป็นผลมาจากการหยุดบริการและการผลิต	- Leal Filho et al. (2020) - Madurai Elavarasan et al. (2020)
SDG 2 ยุติความหิวโหย (Zero Hunger)	- การผลิตอาหารได้รับผลกระทบทำให้การเข้าถึงอาหารยากขึ้น - รายงานของ State of Food Security and Nutrition in the World 2020 การระบาดใหญ่อาจผลักดันให้ผู้คนอีกเกือบ 130 ล้านคนในโลกเข้าสู่ภาวะหิวโหยเรื้อรังภายในสิ้นปี 2020	- Seto and Ramankutty (2016) - Leal Filho et al. (2020) - FAO, 2020

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หัวข้อ	ผลกระทบต่อเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน	อ้างอิง
	- ความยากจนทำให้ผู้คนมีกำลังซื้ออาหารลดลง และราคาอาหารสูงขึ้นเนื่องจากการผลิตที่ลดลง- - รายได้ที่ลดลงทำให้ขาดปัจจัยในการซื้ออาหาร การว่างงานที่เพิ่มขึ้นทำให้ผู้บริโภคลดการใช้จ่ายด้านอาหารและเพิ่มระดับของความหิวโหยและการขาดสารอาหาร - การขยายตัวอย่างต่อเนื่องของพื้นที่เมือง ทำให้พื้นที่ในการทำเกษตรลดลง จากข้อมูลการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2573 พื้นที่ปลูกสร้างจะเพิ่มขึ้นเกือบสามเท่าของขนาดพื้นที่เมืองทั้งหมดของปี พ.ศ. 2543	- Food Security Portal, 2020 - Goel et al. (2020) - Madurai Elavarasan et al. (2020)
SDG 3 มีสุขภาพและ ความเป็นอยู่ที่ดี (Good Health and Well-being)	- การได้รับผลกระทบจากอาการป่วยและตาย ภาวะความเครียดจากการเจ็บป่วย - ความก้าวหน้าในระบบทางการแพทย์ที่เปลี่ยนเป็นระบบดิจิทัล - ปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน (การใช้ท่าทางในการทำงานที่ผิด/น้ำหนักเกิน/เบาหวาน/สายตาสั้น/การนอนหลับไม่สนิท/การเสพติด/พฤติกรรมเสี่ยง) - การให้บริการด้านสุขภาพทั่วไปและการส่งเสริมความตระหนักด้านสุขภาพอาจถูกหยุดให้บริการ	- Leal Filho et al. (2020) - Khetrapal and Bhatia (2020) - Shulla et al. (2021)
SDG 4 การศึกษาที่เท่า เทียม (Quality Education)	- การปิดโรงเรียนและข้อจำกัดการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตทำให้นักเรียนเข้าถึงการเรียนรู้ลดลง - ในช่วงการล็อกดาวน์ครั้งแรกส่งผลกระทบต่อผู้เรียนกว่า 1.2 พันล้านคนในกว่า 170 ประเทศ (72% ของผู้เรียนทั้งหมด)	- Leal Filho et al. (2020) - UNESCO (2020)
SDG 5 บรรลุความ เท่าเทียมระหว่าง เพศ (Gender Equality)	- ผู้หญิงมีความเสี่ยงต่อผลกระทบของการระบาดมากขึ้น พร้อมโอกาสในการรักษาที่ลดลง	- Leal Filho et al. (2020) - Shulla et al. (2021)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หัวข้อ	ผลกระทบต่อเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน	อ้างอิง
SDG 6 การจัดการน้ำและ สุขาภิบาล (Clean Water and Sanitation)	- ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับการล็อกดาวน์ เช่น การศึกษาออนไลน์ การบังคับทำงานที่บ้าน - การว่างงานหรือชั่วโมงการทำงานที่ลดลง การเคลื่อนไหวที่ลดลง ฯลฯ ได้เพิ่มพูนความยุติธรรมและความไม่เท่าเทียมกันในโครงสร้างทางสังคม - ประเทศที่ขาดแคลนทรัพยากรไม่สามารถซื้ออุปกรณ์และผลิตภัณฑ์ที่จำเป็น และประชากรจำนวนมากที่อาศัยอยู่ในชุมชนแออัดก็ไม่สามารถเข้าถึงน้ำได้ - การไม่สามารถเข้าถึงน้ำของประชากรหลายพันล้านคนเป็นหนึ่งในปัจจัยส่งเสริมการแพร่ระบาดของโรค ในช่วงที่เกิดโรคระบาด ระดับมลพิษทางน้ำต่ำ ในขณะที่การบริโภคสูงขึ้นเนื่องจากข้อกำหนดด้านสุขอนามัย - 27% ของความต้องการน้ำในภาคอุตสาหกรรมลดลงเนื่องจากไวรัสโคโรนา 2019	- World Resources Institute (2020) - Madurai Elavarasan et al. (2020) - Tayal and Singh (2021)
SDG 7 พลังงานสะอาดที่ ทุกคนสามารถ เข้าถึงได้ (Affordable and Clean Energy)	- องค์การพลังงานระหว่างประเทศ หรือ IEA (International Energy Agency) ประเมินว่าในปี พ.ศ. 2563 ความต้องการใช้พลังงานของทั้งโลกจะหดตัวถึง 6% ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) ทั่วโลก ลดลงมากถึง 8 % ในปี พ.ศ. 2563 แต่จะเพิ่มขึ้นอีกตามสภาพเศรษฐกิจที่ฟื้นตัวขึ้น - จากการวิเคราะห์รูปแบบการใช้พลังงานในช่วงที่เกิดโรคระบาด พบว่าการใช้พลังงานลดลงและความต้องการไฟฟ้าลดลง	- กระทรวงพลังงาน (2563) - Madurai Elavarasan et al. (2020)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หัวข้อ	ผลกระทบต่อเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน	อ้างอิง
SDG 8 การจ้างงานที่มี คุณค่าและการ เติบโตทาง เศรษฐกิจ (Decent Work and Economic Growth)	- บริษัทต่าง ๆ ปิดกิจการ ธุรกิจขนาดเล็กได้รับผลกระทบ การว่างงานเพิ่มขึ้น - การระบาดใหญ่ก่อให้เกิดวิกฤตเศรษฐกิจโดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนา - องค์การการค้าโลก (WTO) คาดการณ์ว่าการค้าโลกจะลดลงระหว่าง 13 ถึง 32% เนื่องจากผลกระทบของการระบาดใหญ่ - การจัดการตนเองไม่เพียงพอ/ความสามารถด้านดิจิทัลไม่ดี การบังคับให้ทำงานที่บ้านสามารถเพิ่มความอยู่ดีมีสุขทางสังคมและวัฒนธรรม การตกงาน ชั่วโมงทำงานลดลง	- Leal Filho et al. (2020) - Barbier and Bugess (2020) - World Trade Organization (2020) - Djankov and Panizza (2020)
SDG 9 อุตสาหกรรม นวัตกรรมและ สร้างโครงสร้าง พื้นฐาน (Industry, Innovation and Infrastructure)	- การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการตอบสนองในสถานการณ์ฉุกเฉินของการระบาดจะสร้างการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว หลักการ “Shift-Avoid-Improve” - คาดว่าระหว่างปี 2020 ถึง 2025 การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานเพื่อตอบสนองนโยบายการขนส่งแบบไม่ใช้เครื่องยนต์ และกฎระเบียบของการเดินทางโดยใช้รถยนต์ส่วนบุคคลจะเพิ่มขึ้น - ความก้าวหน้าไปสู่การดูแลสุขภาพถ้วนหน้าและการเข้าถึงโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัล	- GIZ (2020) - Bridges (2020) - SDG MOVE (2021)
SDG 10 ลดความไม่เสมอ ภาค (Reduces Inequalities)	- ไวรัสโคโรนา 2019 อาจเพิ่มความไม่เท่าเทียมและทำให้ความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น - การเปลี่ยนผ่านของโลกไปสู่ระบบดิจิทัล เศรษฐกิจและแนวโน้มขาลงสุดโต่ง และความไม่เท่าเทียมกันทั่วโลกที่เพิ่มมากขึ้น - กลุ่มเปราะบางต้องรับมือกับผลกระทบและความเหลื่อมล้ำระหว่างประเทศที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบัน	- Leal Filho et al. (2020) - Djankov and Panizza (2020) - Berchin II, de Andrade JBSO (2020)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หัวข้อ	ผลกระทบต่อเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน	อ้างอิง
SDG 11 เมืองและการตั้ง ถิ่นฐานของมนุษย์ มีความปลอดภัย และยั่งยืน (Sustainable Cities and Communities)	- เนื่องจากการแพร่ระบาดใหญ่ ทำให้กิจกรรมประจำวันของ เมืองและสังคมหยุดชะงัก แต่พลังของวัฒนธรรมทางสังคม และความคิดสร้างสรรค์ของผู้คนก็ใช้ประโยชน์จากความ ร่วมมือระหว่างเมืองและชุมชน ต่าง ๆ เพื่อแสดงออกถึงความ สามัคคี ทำให้เกิดนโยบายที่มุ่งสู่การพัฒนาเมืองที่ดีต่อสุขภาพ และยั่งยืน	- UNESCO (2020) - Wang and Huang (2021)
SDG 12 การผลิตและการ บริโภคที่ยั่งยืน (Responsible Consumption and Production)	-- การสร้างมูลฝอยชีวภาพทางการแพทย์ในช่วงการระบาด ใหญ่มีแนวโน้มที่สูงขึ้นโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์พลาสติกแบบใช้ ครั้งเดียวทิ้ง (เช่น PPE)	- Shulla et al. (2021) - Mallick et al. (2021)
SDG 13 การเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ (Climate Action)	- การปล่อย CO ₂ คาดว่าจะลดลง 8% ในปีพ.ศ. 2563 อย่างไรก็ตาม ตาม คาดว่าผลกระทบในระยะยาวจะไม่ต่อเนื่อง หากระดับ CO ₂ ในชั้นบรรยากาศยังคงเพิ่มขึ้นต่อไปหลังจากปลดปล่อย มาตรการต่าง ๆ ลงภายหลังการระบาดใหญ่ - ปัญหาของการทิ้งกากกอนามยอย่างไม่เหมาะสม และ การแพร่ระบาดใหญ่ทำให้การรีไซเคิลมูลฝอยลดลง - ข้อมูลจาก International Solid Waste Association แสดงให้ เห็นว่ามูลฝอยทางการแพทย์ที่ปนเปื้อนเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เพิ่มขึ้น 30–50% - การจัดการมูลฝอยขนาดใหญ่จึงเป็นเรื่องยากมากในช่วงที่มี การระบาด ซึ่งเป็นภัยคุกคามต่อประเทศกำลังพัฒนาที่มี กลยุทธ์การจัดการมูลฝอยที่ไม่ดี แม้ว่ารัฐบาลหลายแห่งใน ประเทศกำลังพัฒนากำลังดำเนินการเชิงรุกเพื่อควบคุม	- Bauwens et al. (2020) - Goetschtatiana Peralta (2020) - OECD (2020) - Shulla et al. (2021) - Mejjad et al. (2021) - ประโชติ (2564) - Singh and Mishra (2021) - Nzediegwu and Chang (2020)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หัวข้อ	ผลกระทบต่อนโยบายการพัฒนาที่ยั่งยืน	อ้างอิง
	และลดการแพร่กระจายของไวรัสโคโรนา 2019 แต่ก็ยังขาดกลยุทธ์ในการจัดการ เช่น หน้ากากอนามัย และ PPE ในระหว่างและหลังการระบาดใหญ่	
SDG 14 อนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากมหาสมุทรอย่างยั่งยืน (Life below water)	- น้ำทิ้งที่ระบายออกจากอุตสาหกรรมรวมทั้งกิจกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำได้ลดลงระหว่างการปิดเมืองทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้น แต่เป็นเพียงผลกระทบชั่วคราวเท่านั้น - มลพิษทางน้ำที่ทิ้งอย่างไม่ถูกวิธีทำให้เกิดมลพิษกับแหล่งน้ำ และเป็นอันตรายกับสัตว์ทั้งบนบกและในทะเล	- Singh and Mishra (2021)
SDG 15 การใช้ระบบนิเวศบนบกอย่างยั่งยืน (Life on Land)	- ส่งเสริมความทันสมัยของธรรมาภิบาลสิ่งแวดล้อม - จำนวนมูลฝอยทางการแพทย์เพิ่มขึ้น และมีข้อจำกัดในการกำจัดมูลฝอยทำให้เกิดการลักลอบทิ้งมูลฝอยอย่างไม่ถูกวิธี	- Wang and Huang (2021)
SDG 16 ส่งเสริมสังคมที่สงบสุข ยุติธรรม (Peace and Justice Strong Institutions)	- ปริมาณความรุนแรงในครอบครัวเพิ่มขึ้นในหลายประเทศ เช่น สิงคโปร์ มาเลเซีย อินเดีย ฟิจิ ซามัว และรัสเซีย เห็นได้ชัดจากปริมาณการโทรในสายด่วนช่วยเหลือความรุนแรงในครอบครัวที่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าในช่วงไวรัสโคโรนา 2019 - สถานการณ์การแพร่ระบาดช่วยชะลอการเกิดสงคราม	- Leal Filho et al. (2020) - United Nations ESCAP (2020) - Wang and Huang (2021)
SDG 17 ความร่วมมือ (Partnerships for the goals)	- ระบบพหุภาคีได้รับการปรับปรุงโดยแรงกดดันในการทำงานร่วมกัน เพื่อป้องกันและแก้ปัญหาการระบาดใหญ่ - สร้างการแข่งขันทางวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาวัคซีนและผลิตในระดับโลก ทำให้เกิดความร่วมมือในทุกภาคส่วน และองค์กรด้านสุขภาพระดับโลก ความร่วมมือระหว่างรัฐบาลนี้จะช่วยอำนวยความสะดวกในการพัฒนา การผลิต และการกระจายวัคซีนอย่างเท่าเทียมกันทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง - รัฐบาลมีการสร้างแพลตฟอร์มข้อมูลที่ใช้ร่วมกันระหว่างประเทศ	- Madurai Elavarasan et al. (2020) - Shulla et al. (2021) - Wang and Huang (2021)

การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ได้ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของสหประชาชาติในหลายด้าน โดยเฉพาะด้านเศรษฐกิจ สุขภาพ สิ่งแวดล้อม การศึกษา และความเท่าเทียมกัน เช่น การลดลงของกิจกรรมทางเศรษฐกิจทำให้เกิดความยากจนเพิ่มขึ้นเป็นครั้งแรกในรอบสามทศวรรษ และการปิดโรงเรียนทำให้การศึกษาลดลงอย่างมากในหลายประเทศ นอกจากนี้ ความเครียดจากการทำงานที่บ้านและการเจ็บป่วยจาก COVID-19 ก็เพิ่มขึ้น ในขณะที่การขาดแคลนอาหารและความยากลำบากในการเข้าถึงน้ำสะอาดได้สร้างปัญหาสุขภาพและความไม่เท่าเทียมทางสังคมมากยิ่งขึ้น ถึงแม้ว่าจะเกิดผลกระทบทางลบ แต่การระบาดก็ได้กระตุ้นให้เกิดความร่วมมือระหว่างประเทศในการพัฒนาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว รวมถึงการพัฒนาวัคซีนและการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการช่วยเหลือผู้ได้รับผลกระทบจากการระบาดใหญ่ ความร่วมมือเหล่านี้ช่วยเพิ่มโอกาสในการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อลดผลกระทบจากการระบาดในอนาคตและบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป นอกจากนี้ การแพร่ระบาดใหญ่ได้สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพมนุษย์อย่างมาก อีกปัญหาหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและดูแลสุขภาพในช่วงการระบาดใหญ่คือ การสวมใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งซึ่งกลายเป็นมูลฝอยจำนวนมากถูกทิ้งอย่างไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดความเสี่ยงในการแพร่กระจายเชื้อโรค และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งทางบกและทางทะเล ซึ่งหน้ากากอนามัยฯ มีส่วนประกอบของพลาสติกที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ (Haque, Uddin, Sayem, & Mohib, 2021) การจัดการมูลฝอยพลาสติกเหล่านี้โดยเฉพาะหน้ากากอนามัยอย่างไม่ถูกวิธีจึงกลายเป็นภัยคุกคามสิ่งแวดล้อมในรูปแบบใหม่ (Torres & De-la-Torre, 2021)

ปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากมูลฝอยและหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

ในช่วงการระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ปริมาณมูลฝอยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะมูลฝอยทางการแพทย์และพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียว เช่น หน้ากากอนามัย ถุงมือ ชุด PPE มูลฝอยเหล่านี้ส่วนใหญ่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ส่งผลให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในแหล่งน้ำและบนพื้นดิน การเพิ่มขึ้นของมูลฝอยทางการแพทย์สร้างภาระให้กับระบบจัดการมูลฝอยในหลายประเทศ โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีโครงสร้างพื้นฐานไม่เพียงพอ ตัวอย่างเช่น ในเกาหลีใต้ ปริมาณมูลฝอยทางการแพทย์เพิ่มขึ้นจาก 10,000 ตันในปี 2562 เป็น 35,382 ตันในปี 2564 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นมูลฝอยจากหน้ากากอนามัยและอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Lee et al., 2024) ขณะที่ในประเทศไทย ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษระบุว่า ปริมาณในปี 2564 อยู่ที่ 27.27 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจาก 26.96 ล้านตันในปี 2563 สะท้อนถึงแนวโน้มมูลฝอยที่เพิ่มสูงขึ้นต่อเนื่อง (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) โดยทั่วโลกมีการใช้หน้ากากอนามัยราว 800 พันล้านชิ้นในช่วงการระบาด หากไม่มีการ

จัดการที่เหมาะสม มูลฝอยเหล่านี้อาจกลายเป็นแหล่งปนเปื้อนของไมโครพลาสติก ซึ่งคิดเป็น 3.27% ของการปล่อยไมโครพลาสติกลงสู่ทะเลทั่วโลก (Wang et al., 2024) ปัญหานี้สะท้อนถึงความจำเป็นในการปรับปรุงระบบกำจัดมูลฝอยทางการแพทย์และพัฒนาแนวทางลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ

ผลกระทบของน้ำกากอานามัยแบบใช้แล้วทิ้งต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ โดยเฉพาะในระบบนิเวศทางน้ำ เนื่องจากน้ำกากสามารถปล่อยไมโครพลาสติก ซึ่งเป็นตัวสะสมสารพิษและเชื้อโรค หากเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ (Pei et al., 2024) การทิ้งน้ำกากอย่างไม่เหมาะสม เช่น การปะปนกับมูลฝอยทั่วไปหรือการทิ้งในพื้นที่สาธารณะ เพิ่มความเสี่ยงในการแพร่กระจายเชื้อโรค โดยพบพฤติกรรมนี้ในหลายประเทศ เช่น อิตาลี โมร็อกโก ออสเตรเลีย และอินเดีย (Battezzato et al., 2022; Mejjad et al., 2021; Selvaranjan et al., 2021) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคนเก็บมูลฝอย สมาคมสมาคมเมืองและภูมิภาคเพื่อการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน จึงแนะนำให้จัดเก็บน้ำกากในถุงสองชั้นนาน 72 ชั่วโมงก่อนทิ้งลงมูลฝอยทั่วไป เพื่อลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อของพนักงานเก็บขนมูลฝอย (Nghiem et al., 2020)

ปริมาณมูลฝอยจากน้ำกากอานามัยที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงการระบาดใหญ่ ทำให้เกิดปัญหาการจัดเก็บและกำจัดอย่างเหมาะสม ส่งผลให้มีการลักลอบทิ้งและมูลฝอยตกค้างในสิ่งแวดล้อม (Atilgan, 2022) มูลฝอยพลาสติกเหล่านี้สามารถย่อยสลายได้ผ่านกระบวนการทางกล ทางเคมี ทางชีวภาพ และการสลายตัวด้วยแสง UV ซึ่งนำไปสู่การแตกตัวของโครงสร้างพลาสติก จนกลายเป็นไมโครพลาสติกที่ปะปนอยู่ในแม่น้ำและทะเล นอกจากนี้ PPE เช่น น้ำกากอานามัย ยังถูกระบุว่าเป็นแหล่งสำคัญของนาโนพลาสติกและไมโครพลาสติกที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ (Aragaw, 2020; Fadare & Okoffo, 2020; Hasan et al., 2020; Parashar & Hait, 2021) ผลิตภัณฑ์พลาสติกแบบใช้แล้วทิ้ง เช่น ถุงพลาสติก กล่อง ขวด และน้ำกากอานามัย สามารถเข้าสู่ระบบนิเวศผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น การฝังกลบ ซึ่งอาจทำให้พลาสติกปะปนในดิน และน้ำใต้ดิน หรือการทิ้งในที่สาธารณะซึ่งถูกพัดพาลงแม่น้ำและทะเล การศึกษาพบว่าน้ำกากอานามัยสามารถปล่อยไมโครพลาสติกออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ภายใน 1-2 เดือน และกระบวนการย่อยสลายของน้ำกากสามารถเร่งขึ้นได้เมื่อสัมผัสกับสารละลายผงซักฟอกหรือแอลกอฮอล์ (Ma et al., 2021; Shen et al., 2021) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สถานการณ์ความต้องการ การกำจัด และการสร้างของเสียสำหรับอุปกรณ์ป้องกัน
ส่วนบุคคลที่เป็นพลาสติก ในภูมิภาคประเทศต่าง ๆ ระหว่างการระบาดของไวรัสโคโรนา 2019
และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์

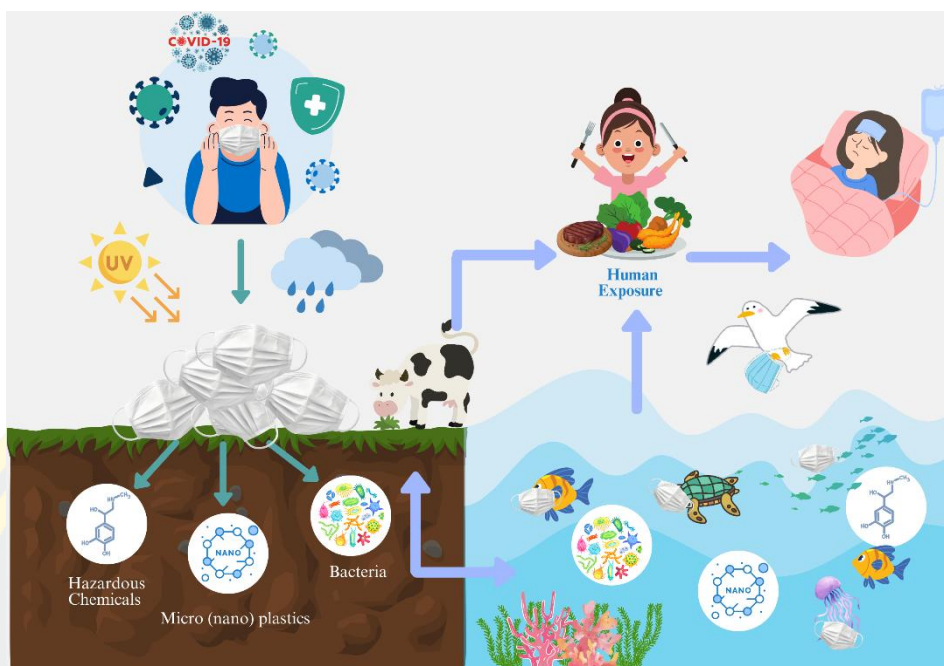
ประเทศ	ความต้องการและ ปริมาณการผลิต	มูลฝอยที่เกิดขึ้น	ความเสี่ยงด้าน สิ่งแวดล้อมและ สุขภาพ	อ้างอิง
จีน	หน้ากากอนามัยแบบ ใช้แล้วทิ้งจำนวน 116 ล้านชิ้นเกิดขึ้น ในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 ซึ่งมีปริมาณ สูงขึ้นถึง 450% เมื่อ เทียบกับเดือน มกราคมในปีเดียวกัน	ในเมืองอู่ฮั่น มี ปริมาณมูลฝอย พลาสติกประเภท PPE เพิ่มขึ้น 6 เท่า หรือ 240 ตันต่อวัน ขณะที่มณฑลหูเป่ย์ มีปริมาณมูลฝอย พลาสติกประเภท PPE เพิ่มขึ้น 370%	มูลฝอยพลาสติก ประเภท PPE ไม่ สามารถถูกย่อย สลายได้และถูกทิ้ง ในสิ่งแวดล้อม	- Patricio Silva et al. (2020) - Klemes et al. (2020) - Parashar and Hait (2021)
สหรัฐอเมริกา	บริษัท 3M ใน ประเทศ สหรัฐอเมริกาผลิต หน้ากากอนามัย ประเภท N95 จำนวน 1 พันล้านชิ้นให้ตรง กับความต้องการ ใน ปี พ.ศ. 2564 ซึ่ง เพิ่มขึ้นจาก 50 ล้าน ชิ้น เป็น 140 ล้านชิ้น ต่อปี	มูลฝอยพลาสติก ประเภท PPE ที่ถูก ทิ้ง ทำให้ปริมาณมูล ฝอยในทะเลเพิ่มขึ้น 70% โดยที่สอง เดือนแรกที่เกิดการ แพร่ระบาด มี ปริมาณมูลฝอย เท่ากับปริมาณมูล ฝอยในปี พ.ศ. 2563 ทั้งปี	มูลฝอยพลาสติก ประเภท PPE ส่งผลกระทบต่อ ระบบนิเวศทาง ทะเลและสิ่งมีชีวิต	- Stankiewicz (2020) - Parashar and Hait (2021) - Shams et al. (2021)

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ประเทศ	ความต้องการและ ปริมาณการผลิต	มูลฝอยที่เกิดขึ้น	ความเสี่ยงด้าน สิ่งแวดล้อมและ สุขภาพ	อ้างอิง
อินเดีย	ในปี พ.ศ. 2563 มี ปริมาณความต้องการ พลาสติกประเภท PPE จำนวน 2.5 ล้าน ชิ้น และมีการผลิต หน้ากากอนามัย N95 จำนวน 4.6 ล้านชิ้น ในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563	มลภาวะด้านมูลฝอย พลาสติกเพิ่มขึ้น	มูลฝอยพลาสติก ประเภท PPE เช่น หน้ากากอนามัย เป็นแหล่งกำเนิด ของ ไมโครพลา ستيك และนาโน พลาสติก	- Shams et al. (2021) - Parashar and Hait (2021)
เกาหลีใต้	การเพิ่มขึ้นของ มูลฝอยพลาสติก เนื่องจากปริมาณ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ใน การส่งอาหารเพิ่มขึ้น 92.5% ในช่วงการ แพร่ระบาด	ปริมาณมูลฝอย พลาสติกจำนวน 295 ตัน เกิดขึ้นในช่วง 2 เดือน (ก.พ.-มี.ค. พ.ศ. 2563)	สารเคมีอันตรายจาก พลาสติกที่ปล่อยเข้า สู่ชั้นบรรยากาศเป็น อันตรายต่อสุขภาพ ของมนุษย์	- Rhee (2020) - Vanapalli et al. (2021)
อังกฤษ	ปริมาณผลิตภัณฑ์ จาก PPE อยู่ระหว่าง 7.5 – 12 ล้านชิ้นต่อ วัน โดยในเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2563 มีจำนวนการใช้งานที่ 10 ล้านชิ้น	มูลฝอยพลาสติก เพิ่มขึ้น 300 %	เกิดความเสี่ยงด้าน สุขภาพและ สิ่งแวดล้อม	- Duer (2020) - Shams, Alam, & Mahbub., (2021)
ไทย	ปริมาณการใช้ พลาสติกเพิ่มขึ้น 62% ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2563 เมื่อเทียบกับ 12 เดือนที่ผ่านมา	มีปริมาณการใช้ หน้ากากอนามัย ประมาณ 1.5–2 ล้าน ชิ้นต่อวัน	ความสามารถในการ กำจัดไม่เพียงพอต่อ ปริมาณความต้องการ ทำให้เกิดการลักลอบ ทิ้งในที่สาธารณะ	- Shukla et al., (2022) - TEI (2020)

การเติบโตอย่างรวดเร็วของการผลิตและการบริโภคพลาสติกเป็นสิ่งที่น่ากังวล และเป็นเรื่องเร่งด่วนที่จะต้องทำความเข้าใจถึงความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น (Shen et al., 2021) โดยที่พลาสติกประกอบด้วยพลาสติกและสารเคมี เช่น สีย้อม พลาสติกไซเซอร์ (Plasticizers) และสารหน่วงการติดไฟ (Flame retardants) สารอินทรีย์เหล่านี้มีแนวโน้มที่จะถูกชะล้างและปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกิดการแตกตัวเป็นเศษเล็กเศษน้อย ทำให้เกิดการสะสมของมลพิษอินทรีย์บนพื้นผิว (Anastopoulos, & Pashalidis, 2021) สารประกอบของสีย้อมเหล่านี้ก่อให้เกิดความเสี่ยงอย่างรุนแรงต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม หลายชนิดเป็นสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ ทำให้ปนเปื้อนในระบบนิเวศทางน้ำ สีย้อมส่วนใหญ่ยังเป็นโครโมฟอร์ (Chromophores) ซึ่งขัดขวางการสังเคราะห์ด้วยแสง และด้วยเหตุนี้จึงทำลายระบบนิเวศ และยากต่อการบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติเป็นสารก่อมะเร็ง ซึ่งจะทำลายกระบวนการของเซลล์ สารประกอบของสีย้อมส่วนใหญ่ถูกพิจารณาว่าเป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants: POPs) และอาจสะสมในสิ่งมีชีวิตหลายชนิด นอกจากนี้ พลาสติกสามารถปล่อยโลหะหนักในสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น Cu, Sb, Cd และ Pb (Du et al., 2022)

การศึกษาการปลดปล่อยนาโนพลาสติกและไมโครพลาสติกของน้ำจากคอนกรีตประเภทต่าง ๆ พบว่า ชั้นกลางของน้ำจากปล่อยอนุภาคออกมามากกว่าชั้นนอกและชั้นใน การที่ตรวจพบไมโครพลาสติกในน้ำมูกของผู้สวมใส่หน้ากากอนามัย แสดงว่าสามารถหายใจเอาไมโครพลาสติกเข้าไปได้ขณะสวมใส่ อนุภาคนาโนพลาสติกและไมโครพลาสติกที่ปล่อยออกมาจากหน้ากากอนามัย สามารถถูกกินโดยสัตว์ทะเลและก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อระบบนิเวศอีกด้วย นอกจากนี้ นาโนพลาสติกและไมโครพลาสติกที่สะสมในสิ่งมีชีวิตในทะเลสามารถส่งผ่านไปสู่มนุษย์ผ่านการบริโภคอาหารทะเล (Ma et al., 2021) และมีการประเมินว่าการบริโภคไมโครพลาสติกของมนุษย์ผ่านทางอาหารและการสูดดมอยู่ในช่วงระหว่าง 200 ถึง 331 อนุภาคต่อวัน (Cox et al., 2020) ไมโครพลาสติกและสารเติมแต่งอาจมีผลกระทบอยู่ในสภาพแวดล้อมและห่วงโซ่อาหารหลายชั่วอายุคน และหน้ากากอนามัยที่ถูกทิ้งปะปนในสิ่งแวดล้อม จะทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการระบาดของโรค เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีว่าอนุภาคพลาสติกสามารถแพร่กระจายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ (Reid et al., 2019) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลกระทบของน้ำกากอนามัยในสิ่งแวดล้อมและมนุษย์
ที่มา: ดัดแปลงจาก Ma et al. (2021)

ทิศทางการพัฒนาของประเทศไทย

1. แผนยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579)

เป้าหมาย 20 ปีของประเทศไทย คือ “ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” ซึ่งได้กำหนดยุทธศาสตร์ด้านการสร้างการเติบโตด้วยคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนข้อที่ 12 ขององค์การสหประชาชาติว่าด้วยเรื่อง แผนการบริโภคและการผลิตที่ยั่งยืน ซึ่งมีการระบุอย่างชัดเจนถึงประเด็นปัญหาสำคัญในการสร้างความตระหนักรู้ของประชาชนเกี่ยวกับภาวะวิกฤตการขาดแคลนทรัพยากร รวมทั้งสถานการณ์ฉุกเฉินด้านสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมของประชาชนในการช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน ภายใต้บริบทดังกล่าวแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) บนหลักการหมุนเวียนใช้ ทรัพยากรธรรมชาติในห่วงโซ่การผลิตและบริโภค เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการวัตถุดิบ พลังงาน ของเสีย ให้กลับไปเป็นทรัพยากรที่หมุนเวียนอยู่ในระบบเศรษฐกิจ ภายใต้นโยบายและแผนขับเคลื่อน BCG (Bio,

Circular, Green Economy) 2030 ถือเป็นแนวทางเชิงนโยบายและปฏิบัติการที่สำคัญในการขับเคลื่อนสู่เป้าหมายการเติบโตด้วยคุณภาพชีวิต ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2. กรอบแผนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 – 2570)

เพื่อนำประเทศไทยไปสู่การเป็นประเทศที่มี “เศรษฐกิจสร้างคุณค่า สังคมเดินหน้าอย่างยั่งยืน” เป้าหมายหลักของแผนฯ ฉบับที่ 13 ได้กำหนดหลัก 5 ประการ คือ 1. การปรับโครงสร้างการผลิตสู่เศรษฐกิจฐานนวัตกรรม 2. การพัฒนาคนสู่โลกยุคใหม่ 3. การมุ่งสู่สังคมแห่งโอกาสและความเป็นธรรม 4. การเปลี่ยนผ่านการผลิตและการบริโภคไปสู่ความยั่งยืน และ 5. การเสริมสร้างความสามารถของไทยในการรับมือกับความเสี่ยงและการเปลี่ยนแปลงภายใต้โรคอุบัติใหม่

นอกจากนี้ ได้ตั้งเป้าให้มีการพัฒนาใน 4 มิติ ได้แก่ 1. การบริการ โอกาสและความสามารถ 2. ความเสมอภาคทางเศรษฐกิจและสังคม 3. ความยั่งยืนของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และ 4. การผลักดันและพลิกโฉมประเทศด้วย 13 หมายเหตุ ได้แก่ 1) เป็นประเทศชั้นนำการผลิตสินค้าเกษตรและเกษตรแปรรูป 2) จุดหมายของการท่องเที่ยว 3) ฐานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า 4) ศูนย์กลางทางการแพทย์ 5) ประตูการค้าการลงทุน 6) ฐานการผลิตอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะและบริการดิจิทัล 7) วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมเข้มแข็ง 8) มีเมืองหลักของภูมิภาค 9) ความยากจนข้ามรุ่นลดลง 10) เศรษฐกิจหมุนเวียน 11) ลดความเสี่ยงและผลกระทบจากภัยธรรมชาติ 12) กำลังคนสมรรถนะสูง และ 13) ภาครัฐที่มีสมรรถนะสูง

3. แผนปฏิบัติการด้านการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไทยด้วยโมเดลเศรษฐกิจ BCG พ.ศ. 2564-2570 (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2564)

โมเดลเศรษฐกิจ BCG เป็นการพัฒนา 3 เศรษฐกิจ คือ เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) ไปพร้อม ๆ กัน เพื่อให้เกิดการขับเคลื่อนประเทศไทยอย่างสมดุล เป็นธรรมและยั่งยืน ทั้งนี้ โมเดลเศรษฐกิจ BCG มีความสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) และสอดคล้องกับหลักการของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งเป็นหลักสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย โดยโมเดลเศรษฐกิจ BCG ทำหน้าที่บูรณาการการพัฒนาตั้งแต่ต้นทางถึงปลายทาง ให้ความสำคัญทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม สร้างคุณค่าเพิ่ม (Value creation) จากฐานความหลากหลายของทรัพยากรชีวภาพและวัฒนธรรมด้วยกลไกตุลาคี (Quadruple helix)

4. มติคณะรัฐมนตรี เรื่อง แผนปฏิบัติการด้านการจัดการมูลฝอยพลาสติก ระยะที่ 2 (พ.ศ. 2566-2570) เมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 (กรมควบคุมมลพิษ, 2566)

สาระสำคัญในการเร่งขับเคลื่อนการดำเนินงานตามข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย เรื่อง การวิจัยและนวัตกรรมเกี่ยวกับการจัดการมูลฝอยพลาสติก ด้วยวิสัยทัศน์ “ก้าวสู่การจัดการพลาสติกที่

ยั่งยืนด้วยหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน (Moving Towards Sustainable Plastic Management by Circular Economy)” โดยการจัดลำดับความสำคัญของการจัดการมูลฝอยรูปแบบใหม่และการบริหารจัดการมูลฝอยตามวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ และมีมาตรการสนับสนุน ได้แก่ 1) การผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม 2) การลดมูลฝอยพลาสติกในขั้นตอนการบริโภค 3) การจัดการมูลฝอยพลาสติกหลังการบริโภค 4) การจัดการมูลฝอยพลาสติกในทะเล

5. แผนยุทธศาสตร์/แผนปฏิบัติงานของสำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (The Eastern Economic Corridor: EEC) ประจำปี 2565 (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก, 2565)

EEC เป็นพื้นที่ต้นแบบที่มีการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ ประกอบไปด้วยจังหวัดชลบุรี ระยอง และฉะเชิงเทรา โดยมีวิสัยทัศน์คือ “เป็นองค์กรต้นแบบในการขับเคลื่อนการพัฒนาเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกอย่างบูรณาการ ยกระดับเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ให้สำเร็จอย่างยั่งยืน เพื่อให้ประเทศไทยเป็นประเทศพัฒนาโดยเร็วที่สุด” โดยมียุทธศาสตร์การพัฒนาการดำเนินงานในปี พ.ศ. 2565 ใน 5 ด้าน ได้แก่ 1) การฟื้นฟูอาชีพและธุรกิจของประชาชนใน EEC ที่ได้รับผลกระทบจากโควิด 2) การลงทุนเพื่อปรับปรุงชีวิตความเป็นอยู่พื้นฐานด้วยโครงการพัฒนาร่วมกับชุมชน 3) ผลักดันการลงทุน 2.2 ล้านล้านบาทใน 5 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2565-2569) 4) การดำเนินภารกิจใหม่เพื่อการพัฒนา EEC ในระยะยาว และ 5) การบริหารจัดการองค์กร

ภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 3 การผลักดันการลงทุน 2.2 ล้านล้านบาทใน 5 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2565-2569) นั้น มีเป้าหมาย เพื่อให้เกิดการลงทุนอุตสาหกรรมเป้าหมายภายใต้แนวคิด BCG เกิดต้นแบบการบริหารจัดการมูลฝอยครบวงจร และเกิดเครือข่ายชุมชนมีส่วนร่วมดูแลพัฒนาพื้นที่อย่างยั่งยืน

6. เขตควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department)

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 32 (พ.ศ. 2552) เรื่อง กำหนดให้ท้องที่เขตตำบลมาตาพุด ตำบลห้วยโป่ง ตำบลเนินพระ และตำบลทับมา อำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยอง ทั้งตำบล ตำบลมาตาพุด อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดระยอง ทั้งตำบล และตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง ทั้งตำบล รวมทั้งพื้นที่ทะเลภายในแนวเขต เป็นเขตควบคุมมลพิษ เพื่อเป็นการกระจายอำนาจให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้ดูแลควบคุมการจัดทำและดำเนินการตามแผนปฏิบัติการเพื่อลดและขจัดมลพิษอาศัยอำนาจตามความในมาตรา 59 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

7. เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Industrial Town)

เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ หมายถึง เมืองที่มีการเจริญเติบโตโดยมีอุตสาหกรรมเป็นตัวขับเคลื่อนเศรษฐกิจหลัก และมีความสมดุลกับการพัฒนาทางสังคมและความเป็นอยู่ของประชาชน และมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ซึ่งเป็นการพัฒนาอย่างยั่งยืนใน 5 มิติ ได้แก่ ด้านกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และการบริหารจัดการ และการร่วมมือกันขับเคลื่อนอย่างจริงจังของคนในพื้นที่ โดยสามารถดำเนินการได้ทุกระดับตั้งแต่ (ศูนย์พัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ, 2561) 1) ระดับปัจเจกชน เช่น ครอบครัวและโรงงาน (Eco Family/ Eco Factory) 2) ระดับกลุ่มอุตสาหกรรมหรือชุมชน เช่น นิคมอุตสาหกรรมหรือหมู่บ้านหรือตำบล (Eco Industrial Zone / Estate) และ 3) ระดับเมือง (Eco Town / Eco City) หรือเครือข่ายของเมืองหรือจังหวัด จังหวัดระยอง เป็นส่วนหนึ่งในพื้นที่เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ซึ่งหัวใจสำคัญในการขับเคลื่อนเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ คือ ความร่วมมือกันของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน ภายใต้กรอบการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ

8. แผนปฏิบัติการด้านการจัดการมูลฝอยของประเทศ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2565 – 2570)

มีวิสัยทัศน์ “การจัดการมูลฝอยวิถีใหม่เพื่อสิ่งแวดล้อมสะอาด และก้าวสู่การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมที่ยั่งยืน” ใช้หลักการจัดการมูลฝอย คือ BCG Model หลักการ 3R หลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย การมีส่วนร่วมของภาครัฐและภาคเอกชนในการจัดการมูลฝอย และหลักการความรับผิดชอบของผู้ผลิต (Extended Producer Responsibility: EPR) และในส่วนของความรับผิดชอบของผู้บริโภค (Extended Consumer Responsibility; ECR) มีมาตรการ 3 มาตรการคือ การจัดการมูลฝอยที่ต้นทาง การเพิ่มประสิทธิภาพระบบกำจัดมูลฝอย และการพัฒนาเครื่องมือบริหารจัดการมูลฝอย สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – 2580) ยุทธศาสตร์ที่ 5 การสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยมีมาตรการส่งเสริมการลงทุนและปรับพฤติกรรมสู่การบริโภคและการผลิตที่ยั่งยืน เน้นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การลดมูลฝอยสู่ศูนย์จัดการมูลฝอยแบบเบ็ดเสร็จยั่งยืน ใช้มาตรการทางเศรษฐศาสตร์ มาตรการทางสังคม และการบังคับใช้กฎหมาย กลไกสนับสนุนและสร้างจิตสำนึกปรับพฤติกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 - 2570) ในมิติความยั่งยืนของทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ส่งเสริมงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียน และสังคมคาร์บอนต่ำ นำภูมิปัญญาท้องถิ่นและนวัตกรรมทันสมัยมาเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร ลดของเสีย พัฒนาแพลตฟอร์มจัดการข้อมูลและเครือข่ายความร่วมมือระหว่างธุรกิจ ใช้หลักการลงทุนร่วมภาครัฐ-เอกชน ส่งเสริมผู้ประกอบการออกแบบสินค้าที่ใช้งานนานและรีไซเคิล

ได้ พร้อมทั้งพัฒนามาตรฐาน กฎหมาย และมาตรการจูงใจที่สนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียนและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควบคู่กับการถ่ายทอดองค์ความรู้และนวัตกรรมที่ปล่อยคาร์บอนต่ำ

9. แผนที่น่าทางสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ของประเทศไทย (Net Zero Emissions 2050 Roadmap, 2024)

เพื่อบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions: NZE2050) ของประเทศไทย เน้นมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงาน อุตสาหกรรม เกษตรกรรม ของเสีย และการใช้ที่ดิน กลยุทธ์สำคัญประกอบด้วย การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน พัฒนาแหล่งพลังงานหมุนเวียน การใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคขนส่ง และเทคโนโลยีดักจับและกักเก็บคาร์บอน อีกทั้งยังวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐกิจโดยใช้แบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ (CGE Model) เพื่อประเมินผลกระทบต่อ GDP และสวัสดิการของประเทศ โดยมีเป้าหมายสำคัญคือ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงเหลือศูนย์ภายในปี 2050 ผ่านการเปลี่ยนผ่านสู่สังคมที่เป็นมิตรต่อสภาพอากาศ ลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล และส่งเสริมความร่วมมือระหว่างภาคส่วนต่าง ๆ ทั้งในระดับประเทศและระหว่างประเทศ

10. การวิเคราะห์นโยบาย

การวิเคราะห์นโยบายเพื่อใช้ในการวางแผนกลยุทธ์ช่วยให้เข้าใจผลกระทบของนโยบายที่มีต่อองค์กรหรือชุมชน โดยพิจารณาข้อมูลทั้งภายในและภายนอก เช่น สภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจ สังคม กฎหมาย และเทคโนโลยี เพื่อกำหนดแนวทางการดำเนินงานที่สอดคล้องกับเป้าหมายระยะยาวและเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจ การวิเคราะห์ SWOT (SWOT Analysis) เป็นเครื่องมือในการประเมินสภาพแวดล้อม ในด้านจุดแข็งและจุดอ่อนจากปัจจัยภายใน โอกาสและอุปสรรคจากปัจจัยภายนอก ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานขององค์กร ผลจากการวิเคราะห์ SWOT จะใช้เป็นแนวทางในการกำหนดวิสัยทัศน์ การกำหนดกลยุทธ์เพื่อให้องค์กรเกิดการพัฒนา การวิเคราะห์ SWOT มีขั้นตอนดังนี้

10.1 การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในองค์กรเป็นการพิจารณาจุดแข็ง (Strengths - S) และจุดอ่อน (weaknesses - W) ซึ่งส่งผลต่อการดำเนินงานขององค์กรในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การบริหารจัดการกลุ่ม การเงิน การผลิต การตลาด การวิจัยพัฒนา

10.2 วิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกองค์กร เป็นการกำหนดโอกาส (Opportunities - O) และอุปสรรค (Threats - T) ซึ่งเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมภายนอกองค์กรในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม ประชากรและสิ่งแวดล้อม การเมือง กฎหมาย และเทคโนโลยี โดยแสดงตัวอย่างตารางการวิเคราะห์ SWOT ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ SWOT

สภาพแวดล้อมภายใน	จุดแข็ง (Strengths)	จุดอ่อน (Weakness)
	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
สภาพแวดล้อมภายนอก	โอกาส (Opportunities) สิ่งเกื้อกูลที่จะดำเนินกิจกรรม	อุปสรรค (Threats) อุปสรรคที่จะทำให้ดำเนินกิจกรรมไม่สำเร็จ

ที่มา: DeMarinis et al. (2022)

การวิเคราะห์ SWOT Analysis จะแสดงให้เห็นถึงสภาพปัจจุบันขององค์กร โดยมีปัจจัยจากภายในและปัจจัยภายนอกประกอบเข้าด้วยกัน จะทราบถึงปัจจัยที่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์หรือปัจจัยที่ต้องปรับปรุงแก้ไข ซึ่งจะทำให้สามารถพัฒนาองค์กรได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตามภายหลังจากการวิเคราะห์ SWOT Analysis แล้วควรดำเนินการวิเคราะห์จัดกลุ่มเป็น TOWS Matrix เพื่อสร้างเป็นแนวทางกลยุทธ์ที่จะช่วยส่งเสริมการพัฒนาองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

การวิเคราะห์ TOWS Matrix โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ SWOT มาทำการกำหนดกลยุทธ์ โดยการใช้ TOWS Matrix แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรค (T) และโอกาส (O) กับจุดแข็ง (S) และ จุดอ่อน (W) เพื่อแสดงกลยุทธ์ทางเลือก 4 แบบ คือ กลยุทธ์ SO กลยุทธ์ WO กลยุทธ์ ST และกลยุทธ์ WT โดยการจับคู่ระหว่างปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในขั้นตอนในการจับคู่สร้างตาราง TOWS ดังนี้

- S/O คือ การจับคู่จุดแข็งภายในกับโอกาสภายนอก เพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมพัฒนาองค์กร
- W/O คือ การจับคู่จุดอ่อนภายในกับโอกาสภายนอก เพื่อนำโอกาสที่เป็นผลดีมาปรับปรุงแก้ไขจุดอ่อน ลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น
- S/T คือ การจับคู่จุดแข็งภายในกับอุปสรรคภายนอก เพื่อลดความเสียหายโดยนำจุดแข็งมาต้านอุปสรรคที่เกิดจากภายนอก
- W/T คือ การจับคู่จุดอ่อนภายในกับอุปสรรคภายนอก เพื่อหาแนวทางแก้ไขจุดอ่อนและหลีกเลี่ยงผลกระทบ เป็นแนวทางเชิงตั้งรับป้องกันผลกระทบจากภายนอก นำจุดอ่อนมาพัฒนาปรับเปลี่ยนบริบทและกำหนดกลยุทธ์ใหม่

เมื่อจับคู่ตาราง TOWS Matrix ตามขั้นตอนการจับคู่แล้ว นำผลการจับคู่มาวิเคราะห์หา กลยุทธ์ที่มีความสัมพันธ์และมีความเหมาะสมที่จะใช้กำหนดกลยุทธ์ต่อไป โดยเสนอตัวอย่างการ วิเคราะห์ TOWS Matrix แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 TOWS Matrix

สภาพแวดล้อมภายในและ ภายนอก	จุดแข็ง (Strengths)	จุดอ่อน (Weakness)
โอกาส (Opportunities)	กลยุทธ์เชิงรุก SO - Strategies	กลยุทธ์เชิงแก้ไข WO - Strategies
อุปสรรค (Threats)	กลยุทธ์เชิงป้องกัน ST - Strategies	กลยุทธ์เชิงรับ WT - Strategies

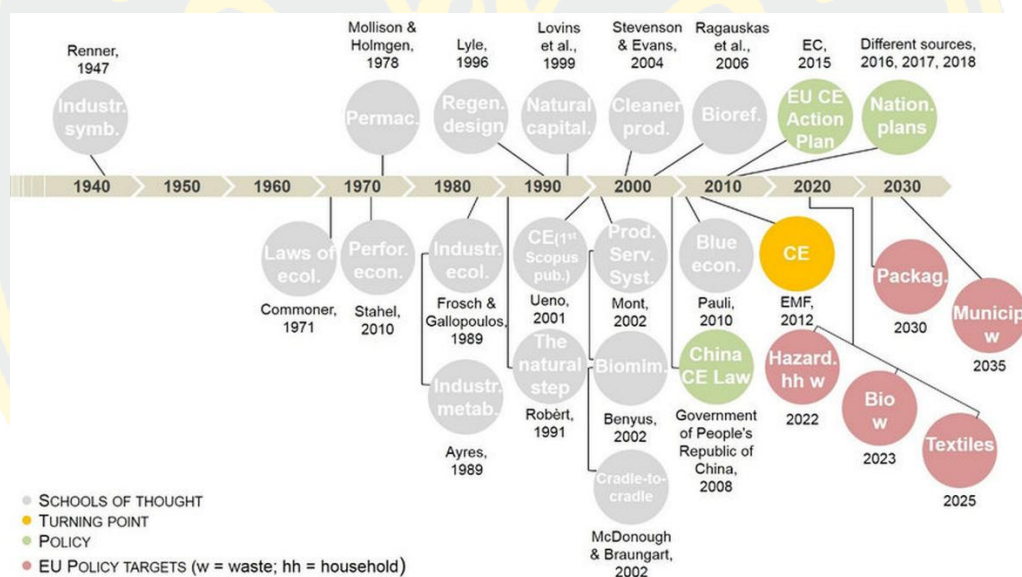
ที่มา : (DeMarinis et al., 2022)

ทั้งนี้การเลือกแนวทางกลยุทธ์ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมขององค์กรนั้น จำเป็นต้อง เกิดจากความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียรอบด้าน เพื่อให้เกิดการถกเถียงแนวทางที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับบริบทของชุมชน และแนวทางการพัฒนา ดังกล่าวได้รับการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอีกด้วย

หลักการและแนวคิดของเศรษฐกิจหมุนเวียน

เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy: CE) เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2513 จากแนวคิดในการ ลดการบริโภคและปัจจัยการผลิตสำหรับการผลิตภาคอุตสาหกรรม นับเป็นทางเลือกใหม่ที่สามารถ พัฒนาเศรษฐกิจประเทศไปสู่ความยั่งยืน เป็นที่ยอมรับและมีการขับเคลื่อนทั้งจากภาครัฐและภาค ธุรกิจทั่วโลก ภาคธุรกิจในประเทศที่พัฒนาแล้ว เริ่มหันมาใช้แนวคิดดังกล่าวในการกำหนด นโยบายเพื่อความยั่งยืนของประเทศ เช่น สหภาพยุโรป (House of Commons, 2014) และถูก นำมาใช้เป็นยุทธศาสตร์การพัฒนาระดับชาติในประเทศจีน เศรษฐกิจหมุนเวียนไม่ได้เป็นแนวคิด ใหม่ แต่เป็นการผสมผสานแนวคิดในการบริหารจัดการธุรกิจตั้งแต่ช่วง ทศวรรษที่ 1960 จนถึง ปัจจุบัน เช่น เศรษฐกิจตามผลงาน (Performance Economy) ที่เน้นผลปฏิบัติงานมากกว่า ผลิตภัณฑ์ แนวคิดการเลียนแบบสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ (Biomimicry) มาสร้างเป็นนวัตกรรม ระบบทุนนิยม จากการพึ่งพิง ทรัพยากรธรรมชาติเป็นหลัก (Natural capitalism) นิเวศอุตสาหกรรมและการอยู่

ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน (Industrial ecology and symbiosis) แนวคิดจากแหล่งกำเนิดถึงแหล่งกำเนิด (Cradle to cradle) การออกแบบเพื่อการปฏิรูปใหม่ (Regenerative design) และเศรษฐกิจสีน้ำเงิน (Blue economy) ซึ่งเป็นแนวคิดในการขับเคลื่อนให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทั้งทางตรงและทางอ้อม วิวัฒนาการของเศรษฐกิจหมุนเวียนเป็นแนวคิดที่มุ่งลดการใช้ทรัพยากรและของเสียผ่านกระบวนการปิด-loop โดยได้รับอิทธิพลจากแนวคิดด้านนิเวศวิทยาและอุตสาหกรรมตั้งแต่อดีต พัฒนาการกำหนดนโยบายสำคัญ เช่น EU Circular Economy Action Plan (2015) และ China Circular Economy Law (2008) รายงานของ Ellen MacArthur Foundation เป็นจุดเปลี่ยนสำคัญที่ผลักดันการใช้ CE ในระดับสากล นำไปสู่การบริหารจัดการขยะ การใช้วัตถุดิบหมุนเวียน และเทคโนโลยีใหม่ เพื่อให้เกิดการผลิตและบริโภคที่ยั่งยืน ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 วิวัฒนาการของเศรษฐกิจหมุนเวียน กฎระเบียบ และเป้าหมายการรีไซเคิลของสหภาพยุโรป (Borrello, Pascucci, & Cembalo, 2020)

แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน คือระบบเศรษฐกิจที่มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าที่สุดในทุกกระบวนการตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยนำวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นกลับมาสร้างคุณค่าใหม่หมุนเวียนใช้ไม่ให้เกิดของเสีย และยังให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสร้างความสมดุลในการดึงทรัพยากรธรรมชาติมาใช้งานใหม่ ควบคู่ไปกับการสร้างระบบและการออกแบบที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดผลกระทบเชิงลบกับสิ่งแวดล้อม

เศรษฐกิจหมุนเวียนจึงนิยมใช้พลังงานทดแทน หรือจัดการใช้เคมีภัณฑ์ที่เป็นพิษซึ่งจะเป็นอุปสรรคในการนำวัสดุต่าง ๆ มาใช้อีกครั้ง ดังนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงในระบบเศรษฐกิจแบบนี้ คือ การออกแบบวัสดุ ผลิตภัณฑ์ ระบบ และโมเดลทางธุรกิจใหม่ที่ใช้นวัตกรรมในการออกแบบ กระบวนการตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ที่สามารถลดการเกิดของเสียและนำของเสียหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ประเทศที่เป็นผู้นำการเปลี่ยนแปลงไปสู่เศรษฐกิจหมุนเวียน ได้แก่ เยอรมัน ญี่ปุ่น จีน เป็นต้น หลักการของเศรษฐกิจหมุนเวียนมี 3 ประการ (อรรถัย พงศ์รักรัทธิธรรม และคณะ, 2562) ประกอบไปด้วย

หลักการที่ 1 การรักษาและเพิ่มประสิทธิภาพทุนด้านทรัพยากรธรรมชาติ โดยคำนึงถึงทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด การจัดระบบการหมุนเวียนใช้ทรัพยากร เริ่มตั้งแต่การเลือกใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสมตรงตามวัตถุประสงค์ ผ่านการใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพหรือเทคโนโลยีสะอาด และการใช้พลังงานทดแทนเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด รวมทั้งมีระบบจัดการการไหลเวียนของทรัพยากรธรรมชาติในระบบและการสร้างเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการฟื้นคืนสภาพขอทรัพยากรธรรมชาติ

หลักการที่ 2 คือการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยเน้นการหมุนเวียนวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ผ่านการออกแบบเพื่อลดของเสียและเข้ากับห่วงโซ่ชีวภาพ รวมถึงการนำสินค้าที่ใช้แล้วกลับมาปรับปรุงให้เหมือนใหม่ (Remanufacturing) การซ่อมแซมและปรับปรุงสินค้าที่ถูกส่งคืน (Refurbishing) การบำรุงรักษา (Maintenance) และซ่อมแซมสิ่งของที่เสีย (Repair) นอกจากนี้ยังส่งเสริมการใช้ซ้ำ (Reuse) การรีไซเคิล (Recycling) และการเพิ่มมูลค่าให้กับของที่ใช้แล้วด้วยการนำกลับมาทำใหม่ในรูปแบบที่สร้างสรรค์ (Upcycling) เพื่อลดของเสียและส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน

หลักการที่ 3 การรักษาประสิทธิภาพของระบบด้วยการออกแบบเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบด้านลบจากผลิตภัณฑ์ให้มากที่สุด โดยการจัดการผลกระทบด้านลบที่มาจากการใช้ทรัพยากร เช่น การใช้ที่ดิน อากาศ น้ำ มลภาวะทางเสียง และการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ

1. การนำเศรษฐกิจหมุนเวียนไปสู่การปฏิบัติ

เป็นการสร้างคุณค่าทางธุรกิจในระยะยาวด้วยการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืนในการผลิตและการให้บริการ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2564) ประกอบด้วยหลักการสำคัญ 5 ประการ

1.1 การคิดเชิงระบบ (Systems thinking) เข้าใจถึงผลกระทบในวงกว้างที่เกิดจากสิ่งที่จะทำและจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน เช่น การระบุชิ้นส่วน ส่วนประกอบทั้งหมด และข้อมูลวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องในการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด การคิดอย่างเป็นระบบ ช่วยให้ออกจัดการกับความ

เปลี่ยนแปลงและความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยระบุผลกระทบในระยะยาวที่อาจเกิดขึ้นจากการตัดสินใจและจากกิจกรรมต่าง ๆ

1.2 นวัตกรรม (Innovation) ควรพัฒนานวัตกรรมอย่างต่อเนื่องโดยคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน ตั้งแต่การออกแบบกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์/บริการ และรูปแบบธุรกิจ

1.3 การดูแลรับผิดชอบ (Stewardship) รับผิดชอบต่อการค้าสินใจและการดำเนินกิจกรรมทุกอย่าง ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด ทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งอาจรวมถึงสิ่งที่เกิดขึ้น ทั้งในห่วงโซ่อุปทานและที่ตัวลูกค้า โดยต้องคำนึงถึงปัญหาทางเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคมทั้งในปัจจุบันและที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัสดุ ไปจนถึงการใช้ผลิตภัณฑ์ และการจัดการหลังการใช้งาน

1.4 ความร่วมมือ (Collaboration) ควรมีความร่วมมือกันทั้งภายในและภายนอกองค์กรเพื่อรักษาผลประโยชน์และสร้างคุณค่าทางธุรกิจร่วมกัน ความสำเร็จของการทำงานร่วมกันนั้นเกิดจากการสร้างความเชื่อมั่นและไว้วางใจซึ่งกันและกัน การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ วิสัยทัศน์ และการกำหนดวัตถุประสงค์ร่วมกัน ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกองค์กร

1.5 คุณค่าที่เหมาะสม (Value optimization) ควรทำให้ผลิตภัณฑ์ ส่วนประกอบ และวัตถุดิบ เกิดคุณค่าและการใช้ประโยชน์สูงสุด ผ่านการพิจารณาปัจจัยหรือความเสี่ยงที่อาจสร้างผลกระทบหรือความสูญเสียต่อระบบในอนาคต รวมถึงการบ่งชี้โอกาสในการพัฒนาศักยภาพ เช่น การประหยัดค่าใช้จ่าย (การเข้าถึงวัสดุราคาถูก และลด ต้นทุนการจัดการมูลฝอย) หรือกระแสรายได้ใหม่ (การจัดหาผลิตภัณฑ์ ส่วนประกอบ และวัสดุเพิ่มเติม)

1.6 ความโปร่งใส (Transparency) ควรเปิดเผยผลการตัดสินใจและการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อความสามารถในการปรับเปลี่ยนไปสู่รูปแบบการดำเนินการตามเศรษฐกิจหมุนเวียนและความยั่งยืน รวมทั้งมีความมุ่งมั่นในการสื่อสารที่ชัดเจน ถูกต้อง ตรงเวลา เชื่อถือได้ และครบถ้วน

2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน

ปัจจัยที่มีผลกระทบทางด้านบวกและด้านลบต่อการนำแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนไปใช้ด้วยการวิเคราะห์ PESTEL ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ P - Political (ปัจจัยทางการเมือง) E - Economic (ปัจจัยทางเศรษฐกิจ) S - Social (ปัจจัยทางสังคม) T - Technological (ปัจจัยทางเทคโนโลยี) E - Environmental (ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม) L - Legal (ปัจจัยทางกฎหมาย) ใช้ประโยชน์ในการทำ ความเข้าใจการเติบโตของตลาด การลดลง ตำแหน่งทางธุรกิจ ศักยภาพของตลาด และทิศทางการดำเนินงาน โดยแสดงตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน

ปัจจัย	ผลกระทบเชิงบวก	ผลกระทบเชิงลบ
ปัจจัยทางการเมือง (Political Factors)	- European circular strategy - กองทุนสนับสนุน (European Fund for Strategic Investments : EFSI) - European Commission 2017 - The European Innovation Partnership (EIP) - European Paper Recycling Council - สำหรับประเทศไทย ในแผนยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) - เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนข้อที่ 12 ขององค์การสหประชาชาติว่าด้วยเรื่องแผนการบริโภคและการผลิตที่ยั่งยืน - เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ - BCG Model	การเกิดความขัดแย้งระหว่างประเทศ หรือภายในประเทศจะทำให้การเติบโตทางเศรษฐกิจหยุดชะงักลง การลงทุนในอุตสาหกรรมลดลง และงบประมาณถูกนำไปใช้ในการลดความขัดแย้งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น
ปัจจัยทางเศรษฐกิจ (Economic Factors)	มาตรการและกฎระเบียบต่าง ๆ ในการสนับสนุนแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน จะเป็นช่องทางให้เกิดธุรกิจใหม่ ๆ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเพิ่มโอกาสในการต่อยอดทางธุรกิจ - เพิ่มช่องทางการตลาดในการขายสินค้า - เพิ่มโอกาสทางธุรกิจ	เมื่อมีการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียนจากเดิมเศรษฐกิจเชิงเส้น จำเป็นต้องมีการลงทุนที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างใหม่ ซึ่งไม่มีสิ่งจูงใจทางการเงินเพื่อสนับสนุนให้บริษัทต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงรูปแบบธุรกิจ
ปัจจัยทางสังคม (Social Factors)	- ประชากรโลกในปัจจุบัน 7.3 พันล้านคน และคาดว่าจะสูงถึง 8.5 พันล้านในปี พ.ศ. 2573 และ 9.7 พันล้านในปี พ.ศ. 2593 เพื่อตอบสนองความต้องการนี้ ประชากรเพิ่มขึ้นทรัพยากรจำกัด ต้องหารูปแบบการบริโภคใหม่ (United Nations 2015) - จิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมที่สัมผัสได้โดยตรง เช่น ภาวะโลกร้อน การเกิดภัยพิบัติต่าง ๆ	- การเปลี่ยนแปลงของความคิดเป็นวิธีการบริโภคแบบใหม่ ด้วยการใช้ซ้ำ หรือการซื้อสินค้าที่ทำจากวัสดุรีไซเคิลอาจเป็นเรื่องยาก - ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล ข้อมูลสำหรับอุตสาหกรรมเกี่ยวกับสินค้าคงคลัง การผลิต และการบริโภค และข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้น จำเป็นจะต้องมีการเปิดเผย

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ปัจจัย	ผลกระทบเชิงบวก	ผลกระทบเชิงลบ
ปัจจัยทางเทคนิค (Technical Factors)	เทคโนโลยีหลักที่สนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน เช่น - Advanced recycling technology - Life and Material Sciences Technology - Sensor Technology and The Internet of All Things (IoT) - Block-chain - Machine Learning	เมื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ บริษัทต่าง ๆ จะไม่คำนึงถึงการหมดอายุการใช้งาน โดยจะขึ้นอยู่กับเกณฑ์ต่าง ๆ เช่น ต้นทุนของวัสดุหรือการใช้งานและความต้องการของลูกค้า ความง่ายในการรีไซเคิลและการย่อยสลายวัสดุ
ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Factors)	การใช้กลยุทธ์เศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อให้บรรลุข้อตกลงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก (COP 28) เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก	บริษัทส่วนใหญ่ยังไม่รับผิดชอบต่อการหมดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ จึงไม่รวม "ต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อม" ไว้ในราคาขาย ทำให้ผู้บริโภคขาดจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม
ปัจจัยทางกฎหมาย (Legal Factors)	- European Commission 2011 - The Circular Economy package, Closing the Loop—An Action Plan for the Circular Economy, (European Commission 2015) - หลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย (Polluter Pays Principle : PPP) - เขตควบคุมมลพิษ	กฎหมายในบางประเทศยังไม่ครอบคลุมทั้งผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการดำเนินงานด้านเศรษฐกิจหมุนเวียน

ที่มา; ดัดแปลงจาก Sopelana., et.al (2017)

เศรษฐกิจหมุนเวียนเป็นเรื่องที่รัฐบาลให้ความสำคัญ และเป็นส่วนหนึ่งของนโยบาย BCG Model การขับเคลื่อนทั้งสามด้านจำเป็นต้องขับเคลื่อนไปพร้อมกับการจัดการมูลฝอยแบบครบวงจร และมีประสิทธิภาพ มุ่งสู่เป้าหมาย Zero Waste แนวทางการขับเคลื่อนจำเป็นต้องทำงาน 2 แนวทางควบคู่กันไป ประการแรก คือ การจัดการปัญหาเดิมที่เป็นอยู่ เช่น ปัญหาปริมาณมูลฝอยที่เพิ่มสูงขึ้นไม่เพียงพอต่อประสิทธิภาพการกำจัด การใช้ทรัพยากรอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ การสร้างจิตสำนึกในการ ลด คัดแยก และการนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น ประการที่สอง คือ การนำของเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นจากการบวนการต่าง ๆ มาสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม

แก้ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรและลดมลพิษที่เกิดขึ้น ทำให้เกิดโอกาสและการสร้างธุรกิจใหม่ ๆ ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

แนวทางการจัดการมูลฝอย

การจัดการมูลฝอยเป็นส่วนหนึ่งที่นำไปสู่แนวทางการจัดการน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาอย่างยั่งยืนและตรงตามแนวทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 ซึ่งเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจบนฐานนวัตกรรมและการสร้างสมดุลกับสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในมิติเศรษฐกิจหมุนเวียน (หมวดหมู่ที่ 10) ซึ่งเป็นการนำของเสียหรือมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น น้ำกากอนามัยที่ใช้แล้วสามารถจัดการแปรรูปและนำกลับมาใช้ใหม่ในวงจรเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (หมวดหมู่ที่ 11) โดยการใช้เทคโนโลยีหรือนวัตกรรมที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการรีไซเคิลน้ำกากอนามัยฯ แทนกระบวนการเผาหรือฝังกลบในการกำจัดมูลฝอย การจัดการมูลฝอยและน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งจึงมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาเศรษฐกิจที่ยั่งยืนและการรักษาสมดุลกับสิ่งแวดล้อมตามแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 13 เพื่อให้ประเทศไทยสังคมก้าวหน้า เศรษฐกิจสร้างมูลค่าอย่างยั่งยืน

1. แนวทางการจัดการมูลฝอยชุมชน

การจัดการมูลฝอยซึ่งเป็นมลพิษที่ก่อให้เกิดผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาที่สำคัญและเร่งด่วน จำเป็นต้องยกระดับการปกครองส่วนท้องถิ่นต้องเร่งดำเนินการจัดการให้มีระบบโดยอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน โดยเริ่มตั้งแต่ การสร้างทัศนคติที่ดีต่อการจัดการมูลฝอย การลดปริมาณมูลฝอยที่ต้นทาง การคัดแยกมูลฝอย การนำกลับมาใช้ประโยชน์ การบริการเก็บขน และการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยที่แนวทางในการจัดการมูลฝอย มีแนวคิดหลักในการเพิ่มประสิทธิภาพ และให้เกิดการบูรณาการของการจัดการมูลฝอย มุ่งเน้นให้มีการนำ มูลฝอยที่มีศักยภาพนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุดและลดปริมาณมูลฝอยที่ต้องนำไปบำบัดและกำจัดให้น้อยที่สุด ซึ่งสามารถสรุปรูปแบบการจัดการมูลฝอยแต่ละประเภทได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รูปแบบการจัดการมูลฝอยแต่ละประเภท

รูปแบบการจัดการ	มูลฝอย อินทรีย์	มูลฝอย รีไซเคิล	มูลฝอย อันตราย	มูลฝอย ทั่วไป	มูลฝอยติด เชื้อ
การจัดการมูลฝอยที่แหล่งกำเนิด					
การคัดแยกที่ต้นทาง (Separation)	✓	✓	✓	✓	✓
การเก็บกัก (Storage)	✓	✓	✓	✓	✓
การรวบรวม และการขนส่ง					
การจัดภาชนะรองรับมูลฝอยหรือ รถบรรทุกแบบแยกประเภทเพื่อนำไป	✓	✓	✓	✓	✓
กำจัด ณ สถานที่กำจัด					
การกำจัด ณ สถานที่กำจัด					
การกองกลางแจ้ง (Open Dumping)	✓	✓	✓	✓	
การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)	✓	✓	✓	✓	
การหมักปุ๋ย (Compost)	✓				
การเผาในเตาเผา (Incineration)	✓	✓	✓	✓	✓
การฝังกลบโดยวิธีพิเศษ (Secure Landfill)			✓		✓
การจัดการมูลฝอยตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy)					
- Redesign	✓	✓	✓	✓	✓
- Remanufacturing	✓	✓	✓	✓	✓
- Refurbishing	✓	✓	✓	✓	✓
- Resource use	✓	✓	✓	✓	✓
- Reduce	✓	✓	✓	✓	✓
- Reuse		✓	✓		
- Recycle	✓	✓	✓	✓	✓
- Material Recovery		✓	✓	✓	
- Waste to Energy / Energy Recovery	✓	✓	✓	✓	✓
- Composting and Land Reclamation	✓		✓		
- Industrial Symbiosis	✓	✓	✓	✓	✓

ที่มา : ดัดแปลงจาก Zakhilwal et al. (2024)

ในปัจจุบันที่การผลิตและการบริโภค มีรูปแบบการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ รวมถึงปัญหาการจัดการมูลฝอยตามมา ในขณะที่ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานที่ใช้ในปัจจุบันส่วนมากเป็นแบบที่ใช้แล้วหมดไปและมีอยู่อย่างจำกัด ความพยายามในการแสวงหาแหล่งทรัพยากรทดแทนในส่วนที่ใช้หมดไปยังคงไม่เพียงพอต่อความต้องการ แม้ว่าของเสียหรือมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากการบริโภคบางส่วนสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ แต่ส่วนที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ยังไม่ได้มีการกำจัดหรือบำบัดอย่างถูกวิธี จึงตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมและทำให้ระบบนิเวศเสื่อมโทรมในระยะยาว

2. แนวทางปฏิบัติที่ดีและการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการจัดการมูลฝอย

การจัดการมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพมีความสำคัญต่อการลดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น กลยุทธ์การจัดการมูลฝอยในปัจจุบันเผชิญกับความท้าทายหลายประการ เช่น การเติบโตของประชากรอย่างรวดเร็ว การขยายตัวของเมือง และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนเกิดการระบาดใหญ่ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มพลวัตและความซับซ้อนของปัญหา การทิ้งมูลฝอยอย่างไม่ถูกสุขลักษณะทำให้เกิดมลพิษและทำให้เกิดโรคต่าง ๆ กระจายไปในสิ่งแวดล้อม (Ihsanullah et al., 2020)

แนวปฏิบัติที่ดีสำหรับการจัดการมูลฝอย ตามที่สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อม

(Environmental Protection Agency -EPA) (EPA, 2020) เป็นหน่วยงานของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ทำการศึกษาการจัดการมูลฝอยที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในเมืองพระตะบอง ประเทศกัมพูชา บทบาทของความร่วมมือในการจัดการมูลฝอยในเมืองเซบู ประเทศฟิลิปปินส์ การวางแผนการจัดการมูลฝอยจากภัยพิบัติในประเทศเนปาล ความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชนในเขตเวสต์แบงก์และฉนวนกาซา โครงการคัดแยกมูลฝอยแบบ door-to-door ของประเทศบราซิล การฟื้นฟูพื้นที่ทิ้งมูลฝอยในเดลีตะวันออก ประเทศอินเดีย เพื่อทำการรวบรวมเป็นแนวทางปฏิบัติที่ดีสำหรับการจัดการมูลฝอย คู่มือสำหรับผู้มีอำนาจตัดสินใจในประเทศกำลังพัฒนา สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สรุปแนวปฏิบัติที่ดีสำหรับการจัดการมูลฝอย

หัวข้อ	แนวทางปฏิบัติที่ดีสำหรับการจัดการมูลฝอย
1. การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholder Engagement)	การจัดทำแผนงานหรือโครงการจัดการมูลฝอยควรมีการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในทุกขั้นตอน ผ่านการแบ่งปันข้อมูลและการหารือร่วมกัน ซึ่งช่วยเพิ่มคุณภาพการตัดสินใจและทำให้ประชาชนเข้าใจกระบวนการของหน่วยงาน และเสริมสร้างศักยภาพในการเข้าร่วมกระบวนการพิจารณาโดยการสร้างความมั่นใจ ทักษะ ความรู้ และประสบการณ์
2. ระบบการวางแผน (Planning Systems)	ขั้นตอนสำคัญในการวางแผนมีดังนี้ 1. การระบุ การจัดทำรายการ และการประเมินทรัพยากร การมีระบบการจัดเก็บข้อมูลและการประเมินผลข้อมูลก่อนการวางแผน โดยดูที่โครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่ สิ่งอำนวยความสะดวกใกล้เคียง และทรัพยากรสาธารณะและข้อมูลส่วนตัวอื่น ๆ เพื่อใช้ในการกระบวนการตัดสินใจ และแก้ไขปัญหา ข้อมูลที่ควรทราบก่อนการวางแผน ได้แก่ - ข้อมูลประเภทและปริมาณของมูลฝอย อัตราการสร้างมูลฝอย - การประเมินต้นทุนของอุปกรณ์และแรงงาน - ข้อมูลประชากรศาสตร์ (เช่น ประชากร จำนวนธุรกิจและครัวเรือน แนวโน้มการบริโภค) 2. การระบุความต้องการ สามารถใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้เพื่อช่วยประเมินความต้องการในการจัดการมูลฝอยที่สะท้อนความเป็นจริงในปัจจุบันและคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงในอนาคตด้วย นำเสนอแนวทางเกี่ยวกับวิธีการประเมินระบบการจัดการมูลฝอยและระบุช่องว่าง การวางแผนสำหรับภัยพิบัติและการหยุดชะงักที่สำคัญอื่น ๆ 3. การกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ การระบุผลลัพธ์ที่ต้องการโดยรวมของระบบ เป้าหมายสามารถรวมคุณค่าและบทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่าง ๆ โดยสามารถวัดผลและติดตามความสำเร็จของเป้าหมายโดยรวมได้ 4. การประเมินทางเลือกในการจัดการมูลฝอย ระบบการจัดการมูลฝอยต้องพิจารณาตัวเลือกเทคโนโลยีและนโยบายที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความต้องการ เป้าหมาย และทรัพยากรที่มีอยู่ ทั้งระยะสั้นและระยะยาว การประเมินต้องดูความเป็นไปได้ทางเทคนิค การเงิน และผลกระทบในระบบการจัดการมูลฝอย รวมถึงข้อกำหนดด้านกฎระเบียบ กฎหมายและผลกระทบทางเศรษฐกิจ 5. การกำหนดทางเลือกในการจัดการมูลฝอย หน่วยงานท้องถิ่นและผู้มีอำนาจตัดสินใจสามารถใช้การประเมินเพื่อเลือกทางเลือกในการจัดการมูลฝอยที่เป็นไปได้เพื่อรวมเข้ากับระบบ การประเมินและจัดลำดับความสำคัญของตัวเลือกโดยใช้วิธี S.M.A.R.T. (Specific, Measurable, Attainable, Relevant, and Timely) จะเป็นประโยชน์ ซึ่งช่วยให้มั่นใจว่าตัวเลือกมีความเฉพาะเจาะจง วัดผลได้ เกี่ยวข้อง และทันเวลา

ตารางที่ 7 (ต่อ)

หัวข้อ	แนวทางปฏิบัติที่ดีสำหรับการจัดการมูลฝอย
	6. การพัฒนากลยุทธ์การดำเนินการรวมถึงการระบุการดำเนินการเฉพาะ ฝ่ายที่รับผิดชอบ และลำดับเวลา กลยุทธ์การดำเนินการโดยทั่วไปประกอบด้วย รายละเอียดการติดตามความคืบหน้าอย่างไรเพื่อวัดความสำเร็จในการบรรลุเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ 7. การจัดหาเงินทุนเพื่อดำเนินการระบบการจัดการมูลฝอย หลายเมืองประสบปัญหาในการเรียกเก็บค่าน้ำสำหรับบริการจัดการมูลฝอย (เช่น ผ่านการเก็บค่าธรรมเนียม) 8. ดำเนินการตามแผน ผ่านหน่วยงานรัฐ เอกชน หรือความร่วมมือระหว่างกัน 9. การติดตามและประเมินผลระบบอย่างต่อเนื่อง พร้อมปรับเปลี่ยนตามความจำเป็น ช่วยระบุจุดที่ต้องปรับปรุงและเน้นความสำเร็จเมื่อเวลาผ่านไป โดยสามารถออกแบบตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่วัดได้จริง และเกิดผลลัพธ์กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและสาธารณะ
3. คุณสมบัติของมูลฝอย (Waste Characterization)	ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งที่มา ปริมาณ และองค์ประกอบของมูลฝอยเป็นพื้นฐานสำหรับทุกขั้นตอนของการจัดการมูลฝอยที่ประสบความสำเร็จ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การทำความเข้าใจปัจจัยต่อไปนี้จะช่วยให้เมืองต่าง ๆ ออกแบบและใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงแ่งมเฉพาะของกลยุทธ์การจัดการมูลฝอย - การป้องกันและลดการเกิดมูลฝอย: หน่วยงานท้องถิ่นและผู้มีอำนาจตัดสินใจในการพัฒนานโยบาย กำหนดกลยุทธ์การป้องกันมูลฝอยหรือมาตรการเชิงนโยบายได้ - การเก็บมูลฝอย: การทราบแหล่งที่มาของมูลฝอยช่วยให้หน่วยงานท้องถิ่นตัดสินใจวางแผนรวบรวมและจัดเก็บ - การรีไซเคิลและบำบัดของเสีย: การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมและการวางแผนงาน เพื่อตัดสินใจเกี่ยวกับขนาดที่เหมาะสมของสถานที่ ซึ่งสามารถรองรับปริมาณที่เพิ่มขึ้นของมูลฝอยในบางช่วงเวลา - การกำจัดของเสีย: การทำความเข้าใจแหล่งที่มาของมูลฝอยช่วยให้หน่วยงานท้องถิ่นสามารถวางแผนการจัดการมูลฝอยได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาคุณสมบัติมูลฝอยในสถานที่กำจัดจะช่วยกำหนดสถานการณ์พื้นฐาน ประเมินอายุการใช้งานของสถานที่กำจัด และวางแผนทางเลือกในการกำจัดหรือใช้ประโยชน์จากมูลฝอยในอนาคต

ตารางที่ 7 (ต่อ)

หัวข้อ	แนวทางปฏิบัติที่ดีสำหรับการจัดการมูลฝอย
4. การป้องกันและการลดการเกิดของเสีย (Prevention and minimization)	แนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับระบบการจัดการมูลฝอย คือการลดของเสียและการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ กลยุทธ์ในการป้องกันและลดของเสียควรคำนึงถึงบรรทัดฐานและแนวปฏิบัติทางสังคมในท้องถิ่น ตลอดจนสถานะเศรษฐกิจและตลาด การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการระบุแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับการทำงานร่วมกัน เพื่อออกแบบกลยุทธ์การจัดการที่มีประสิทธิภาพ
5. การคัดแยก การรวบรวม และการขนส่ง (Separation, Collection and Transportation)	การคัดแยกและรวบรวมมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบการจัดการมูลฝอยแบบบูรณาการ กิจกรรมเหล่านี้เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายกลุ่ม ตั้งแต่ระดับครัวเรือน ไปจนถึงผู้ประกอบการรถเก็บมูลฝอย การแยก การรวบรวม และการขนส่งที่มีประสิทธิภาพยังเกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานหลายประเภท รวมถึงภาชนะสำหรับแยกและจัดเก็บมูลฝอยก่อนที่จะมีการรวบรวม และยานพาหนะต่าง ๆ ปริมาณมูลฝอย พื้นที่ในการกำจัดมูลฝอย เงินทุน ข้อจำกัดด้านความตระหนักและการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
6. การจัดการสถานที่ทิ้งมูลฝอย (Dumpsite Management)	การเทกองมูลฝอยสร้างความเสี่ยงต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนไปใช้การฝังกลบที่ถูกสุขลักษณะควรเป็นเป้าหมายที่สำคัญของเมือง แม้จะซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายสูง จึงควรมีการวางแผนระยะยาว แนวทางที่ดีที่สุดคือการปรับปรุงการจัดการที่จุดทิ้งมูลฝอยด้วยเทคนิคต้นทุนต่ำ มีการคัดแยกมูลฝอยที่ต้นทางเพื่อลดปริมาณมูลฝอยที่ไปยังหลุมฝังกลบ เป็นแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดในการจัดการในปัจจุบัน
7. หลุมฝังกลบที่ถูกสุขลักษณะ (Sanitary landfills)	หลุมฝังกลบที่ถูกสุขลักษณะออกแบบมาเพื่อควบคุม และลดการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นบนผิวดินและน้ำใต้ดิน ลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน ลดการปล่อยมลพิษทางอากาศ และทำให้สามารถนำก๊าซจากหลุมฝังกลบเปลี่ยนเป็นแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพได้ การพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับมูลฝอยเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะ เช่นองค์ประกอบของมูลฝอย ทั้งประเภท ปริมาณ และลักษณะของมลพิษที่ปล่อยสู่อากาศและพื้นดิน ค่าใช้จ่ายในการฝังกลบ และการเลือกพื้นที่ในการสร้างหลุมฝังกลบ ต้องคำนึงถึงระยะทาง ข้อมูลทางธรณีวิทยาและอุทกวิทยา สามารถใช้ในการเลือกพื้นที่ที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาพื้นที่ฝังกลบ และเพื่อช่วยในการออกแบบพื้นที่ฝังกลบเพื่อลดโอกาสการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมให้เหลือน้อยที่สุด และควรพิจารณาปัจจัยด้านประชากรศาสตร์และการเมืองด้วย

ที่มา: EPA (2020)

แนวทางการจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนกแบบใช้แล้วทิ้งอย่างยั่งยืน โดยมีองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการที่เชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ เพื่อให้การจัดการมูลฝอยประเภทนี้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน หัวใจสำคัญของการจัดการมูลฝอยอย่างยั่งยืนคือความร่วมมือจากทุกฝ่าย ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และประชาชน ภาครัฐมีบทบาทในการกำหนดนโยบาย วางแผน และกำกับดูแล ในขณะที่ภาคเอกชนสามารถสนับสนุนเทคโนโลยีและนวัตกรรม ส่วนประชาชนต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและมีส่วนร่วม สร้างความตระหนักเกี่ยวกับการคัดแยกและการทิ้งมูลฝอยอย่างถูกวิธี การปรับปรุงระบบและนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยมีความจำเป็น เพื่อให้การจัดการน้ำกากอเนกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน โดยต้องมีนโยบายที่ชัดเจน โครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสม และการกระจายความรับผิดชอบที่ชัดเจน การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเข้ามามีบทบาทในการเพิ่มศักยภาพในการจัดการมูลฝอยอีกด้วย ความก้าวหน้าล่าสุดในการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ในการจัดการมูลฝอย (Ihsanullah et al, 2022) โดย AI กลายเป็นเครื่องมือยอดนิยมสำหรับการทำนาย ที่ผ่านมามีการใช้แบบจำลอง AI หลายรูปแบบสำหรับการพยากรณ์ และการจำแนกประเภทของมูลฝอย การเพิ่มประสิทธิภาพกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในระหว่างกระบวนการ เช่น การคัดแยก การรวบรวม การจัดวางถังมูลฝอยอย่างเหมาะสม การขนส่งผ่านเส้นทางที่สั้นที่สุดเพื่อประหยัดเวลาและทรัพยากร และการกำจัดมูลฝอยที่เหมาะสม สามารถสรุปองค์ประกอบของการจัดการมูลฝอยอย่างยั่งยืนได้ดังภาพที่ 6



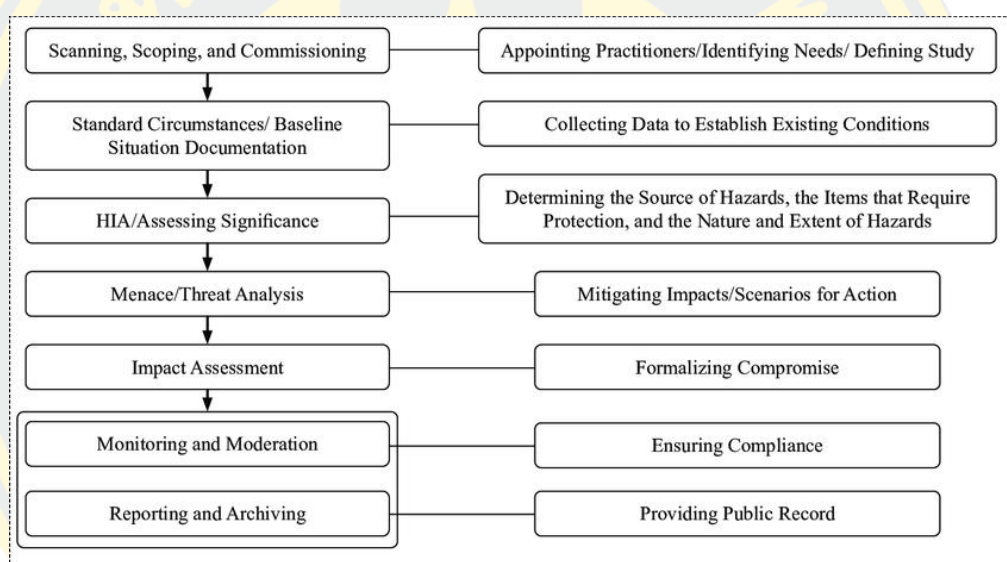
ภาพที่ 6 องค์ประกอบของการจัดการมูลฝอยอย่างยั่งยืน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Ranjbari, Shams Esfandabadi, Gautam, Ferraris, and Scagnelli (2023)

การจัดการมูลฝอยอย่างยั่งยืน จำเป็นต้องมีการประยุกต์ใช้แนวคิดและทฤษฎีด้านสาธารณสุขที่คำนึงถึงสุขภาพแบบองค์รวมใน 4 มิติ คือ การให้ความสำคัญกับความสมดุลของสภาวะทางกาย ทางจิตใจ ทางปัญญา และทางสังคมของบุคคล (เดชรัตน์ สุขกำเนิด, วิชัย เอกพลาการ, และปัทมพงษ์ เกษสมบูรณ์, 2545) ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในวิถีชีวิตประจำวันมากขึ้น ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมายในสังคม เศรษฐกิจ การเมือง สิ่งแวดล้อม วัฒนธรรม การใช้ชีวิต พฤติกรรมประจำวัน ซึ่งมีอิทธิพลต่อปัจจัยกำหนดสุขภาพ เป็นปัจจัยที่ทำให้บุคคลมีสถานะสุขภาพที่แตกต่างกัน โดยมีขอบเขตของปัจจัยทางด้านบุคคล สังคม เศรษฐกิจ ประชากร และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นตัวกำหนดสถานะสุขภาพของบุคคลหรือประชาชนในชุมชน (Dahlgren & Whitehead, 1991) กรอบแนวคิดเรื่องปัจจัยกำหนดสุขภาพมีความสำคัญในขั้นตอนของการกำหนดขอบเขตการประเมินผลกระทบทางสุขภาพ ต้องระบุปัจจัยกำหนดสุขภาพให้ครอบคลุม เหมาะสม จึงจะสามารถประเมินผลกระทบทางสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการกำหนดแนวคิดด้านสุขภาพที่แตกต่างกันจะนำไปสู่การดำเนินการในการส่งเสริมสุขภาพ ป้องกันโรค และการดูแลสุขภาพที่แตกต่างกันด้วย (เดชรัตน์ สุขกำเนิด และคณะ, 2545)

3. การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ (Health Impact Assessment: HIA)

ตามประกาศคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ (คณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ, 2564) ได้ให้ความหมายของ "การประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ" หมายความว่า การคาดการณ์หรือประเมินถึงผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทั้งด้านลบและด้านบวกที่อาจเกิดขึ้นจากนโยบายสาธารณะ รวมถึงความเป็นธรรมจากการได้รับผลกระทบจากนโยบายสาธารณะดังกล่าว โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือที่หลากหลายและมีกระบวนการมีส่วนร่วมอย่างเหมาะสม เพื่อสนับสนุนและเสนอต่อหน่วยงานหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจที่จะเป็นผลดีต่อสุขภาพของประชาชนทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนสำคัญ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แผนผังกระบวนการ HIA

ที่มา: Khaskheli et al. (2023)

3.1 การกลั่นกรองนโยบาย แผนงาน โครงการหรือกิจกรรมโดยสาธารณะ (Public Screening) เป็นขั้นตอนแรกที่จะพิจารณารายละเอียดของนโยบาย แผนงาน โครงการหรือกิจกรรมว่าจะมีผลกระทบต่อสุขภาพเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร โดยมีปัจจัยทางสังคมที่กำหนดสุขภาพ เป็นกรอบในการพิจารณา ซึ่งการดำเนินงานในขั้นตอนนี้ ต้องเปิดโอกาสให้ภาคส่วนต่าง ๆ เข้ามามีส่วนร่วมตั้งแต่ต้นจนถึงการร่วมถกเถียงว่า ควรทำการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพหรือไม่ ด้วยแนวทางและวิธีการใด จึงจะเป็นผลเชื่อมโยงไปสู่กระบวนการตัดสินใจที่จะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างเสริมและคุ้มครองสุขภาพของประชาชน

3.2 การกำหนดขอบเขตการศึกษาและแนวทางการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ โดยสาธารณะ (Public Scoping) เป็นขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้ประชาชน ผู้มีส่วนได้เสีย และภาคส่วนต่าง ๆ ได้มีส่วนร่วมในการนำเสนอประเด็นและแนวทางในการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ รวมทั้งเปิดเผยเอกสารนโยบาย แผนงาน โครงการหรือกิจกรรม โดยระบุถึงความเป็นมา ความจำเป็น แหล่งเงินทุน กระบวนการ และแนวทางในการดำเนินงาน รวมถึงนำเสนอข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปัจจัยทางสังคมที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ และร่างข้อเสนอการกำหนดขอบเขตและแนวทางการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ และที่สำคัญคือ ทางเลือกต่าง ๆ ในการดำเนินนโยบาย แผนงาน โครงการหรือกิจกรรมนั้น ๆ

3.3 การประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ (Assessing) เป็นการดำเนินการตามขอบเขต ประเด็น และแนวทางที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนของการกำหนดขอบเขตการศึกษาโดยสาธารณะ โดยจะต้องมีการใช้เครื่องมือที่หลากหลาย ทั้งทางวิชาการ วิทยาศาสตร์ และเครื่องมือของชุมชน รวมถึงจัดกระบวนการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างนักวิชาการ นักวิทยาศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญ และชุมชน เป็นระยะ ๆ

3.4 การทบทวนร่างรายงานการศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบด้านสุขภาพโดยสาธารณะ (Public Review) เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นขั้นตอนที่ผู้ได้รับผลกระทบและสาธารณชนจะได้ร่วมกันกลั่นกรองความถูกต้อง และความครบถ้วนของข้อมูลและข้อสรุปในรายงานการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ ดังนั้น เจ้าของนโยบาย แผนงาน โครงการหรือกิจกรรม ควรนำเสนอข้อมูลผลการศึกษาย่างเปิดเผย ครบถ้วน และต้องเปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลจากทุกภาคส่วน และรับฟังความเห็นด้วยใจที่เปิดกว้าง

3.5 การผลักดันเข้าสู่กระบวนการตัดสินใจ (Influencing) เป็นการนำเสนอผลการศึกษาระเบียบวิธีประเมินผลกระทบสุขภาพ และทางเลือกในการดำเนินนโยบาย แผนงาน โครงการหรือกิจกรรมนั้น ๆ ต่อภาคส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความเข้าใจร่วมกัน และให้ได้มาซึ่งข้อตัดสินใจในการดำเนินนโยบาย แผนงาน โครงการหรือกิจกรรมที่สามารถยอมรับร่วมกัน รวมถึงแนวทางปฏิบัติในการผลักดันข้อตัดสินใจดังกล่าวที่นำไปสู่การสร้างเสริมสุขภาพของประชาชน อย่างแท้จริงและยั่งยืน

3.6 การติดตามและประเมินผลโดยสาธารณะ (Public Monitoring and Evaluation) เป็นขั้นตอนของการติดตาม ตรวจสอบว่า การดำเนินนโยบาย แผนงาน โครงการหรือกิจกรรมนั้น ได้ก่อให้เกิดผลลัพธ์ ไม่ว่าจะเป็นผลทางบวกหรือผลทางลบต่อสุขภาพตามที่ได้คาดการณ์ไว้หรือไม่ และหรือส่งผลกระทบอย่างไรต่อสุขภาพของประชาชน ทั้งนี้ ควรมีการออกแบบแนวทาง

ในการติดตามและประเมินผล รวมถึงกำหนดคณะทำงาน และขอบเขตหรือประเด็นที่ควรทำการติดตามและประเมินผลร่วมกัน

3.7 การรายงานและการเก็บบันทึก (Reporting and archiving) เป็นการสรุปผลและจัดทำข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงรายละเอียดการดำเนินงานตามโครงการ เพื่อส่งเสริมสุขภาพและลดปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ และนำเสนอต่อผู้มีอำนาจตัดสินใจเพื่อพิจารณาดำเนินงานต่อไป เช่น การออกข้อกำหนดท้องถิ่น การขับเคลื่อนนโยบายสาธารณะ เป็นต้น

เครื่องมือที่เหมาะสมในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพมีทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ได้แก่ เครื่องมือทางสังคม เช่น การใช้แบบสอบถาม สัมภาษณ์ จัดประชุมกลุ่มย่อย เวทีประชาคม การสำรวจความพึงพอใจ เครื่องมือรายงานการอบรมเชิงปฏิบัติการการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพทางเศรษฐศาสตร์ เช่น การศึกษาและวิเคราะห์ถึงต้นทุน - กำไร (Cost – benefit analysis) เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ เช่น การวัดคุณภาพของดิน น้ำ อากาศ ที่สามารถขอข้อมูลได้จากหน่วยงานที่รับผิดชอบ เครื่องมือทางการแพทย์ เช่น การตรวจร่างกาย/จิตใจ เครื่องมือทางระบาดวิทยา เช่น Epidemiology model หรือ DALYs model

กรอบแนวคิดกำหนดสุขภาพของจังหวัดระยอง (HIA Annual Report) กำหนดขึ้นตามบริบทของพื้นที่ที่เป็นเมืองอุตสาหกรรมและมีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น ประกอบกับมีทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ ประชากรดั้งเดิมทำการเกษตรและประมง และมีพื้นที่ติดทะเลเป็นเมืองท่องเที่ยวของภาคตะวันออก จึงได้กำหนดกรอบแนวคิดสุขภาพไว้ 4 ด้านประกอบด้วย

- ด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Factor) ซึ่งประกอบด้วย มลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม อันตรายจากสารเคมี การเจ็บป่วยและความเสี่ยงจากมลพิษ มลพิษทางอากาศและสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) มลพิษทางน้ำ และการปนเปื้อนโลหะหนัก มูลฝอยของเสียอันตราย อุบัติภัยสารเคมี ศักยภาพการรองรับมลพิษ

- ด้านทรัพยากรธรรมชาติ (Resources) เช่น การแย่งชิงการใช้น้ำ การกัดเซาะชายฝั่ง การทิ้งของเสียลงทะเล การขาดหรือร่อยหรอของประมงชายฝั่ง

- ด้านปัญหาสังคม (Social Factor) ซึ่งประกอบด้วย แรงงานอพยพและประชากรแฝง ความสัมพันธ์ในครอบครัวและชุมชน แหล่งเสื่อมโทรมและแหล่งมั่วสุม ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน การลงทุนและการบริการทางสังคม ความเครียดและความกดดันในชีวิต ความขัดแย้งจากการพัฒนาอุตสาหกรรม ภูมิปัญญาและวัฒนธรรมท้องถิ่น ปัญหาจากการขาดความปลอดภัยในชีวิต เป็นต้น

- ด้านเศรษฐกิจ (Economic Factor) การเติบโตทางเศรษฐกิจ การพึ่งพาการนำเข้าและเศรษฐกิจภายนอก การกระจายรายได้ การจัดสรรและการแย่งชิงทรัพยากร มลพิษและการทำลาย

ฐานทรัพยากร ระบบภาษีและการลงทุนทางสังคม เช่น ความเสี่ยงจากอุตสาหกรรมนำเข้า การชะลอตัวทางเศรษฐกิจของภาคเกษตรและประมง

การนำ HIA มาประยุกต์ใช้ในการประเมินผลกระทบโครงการนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง เป็นเครื่องมือหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้เกิดมุมมองผลกระทบต่อสุขภาพได้รอบด้าน และนำไปสู่มาตรการการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบเชิงลบต่อสุขภาพของประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นำไปสู่การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจและดำเนินงานจากทุกภาคส่วน ทั้งจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องส่วนกลาง องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ภาคเอกชน และประชาชน เพื่อกำหนดรูปแบบการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมสำหรับแต่ละพื้นที่ และเพื่อคาดการณ์การป้องกันผลกระทบด้านสุขภาพต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับประชาชน และสามารถพัฒนาบุคลากรในพื้นที่ให้มีความรู้เท่าทันถึงผลกระทบด้านสุขภาพ การพัฒนาทางเลือกเชิงมาตรการ และพัฒนานโยบายที่ดีต่อสุขภาพประชาชนต่อไป องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจึงสามารถใช้แนวทางการประยุกต์กระบวนการ HIA ในกระบวนการตัดสินใจและการพัฒนาชุมชน เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ชุมชนเกิดความตระหนักต่อสุขภาพ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ทำให้ได้โครงการที่เกิดจากความต้องการของชุมชนที่แท้จริงและผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน นอกจากนี้การดำเนินการดังกล่าว ยังเป็นการสนับสนุนให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นบรรลุเป้าหมายของการบริหารจัดการบ้านเมืองที่ดีด้วย

4. การจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนามัยในสถานการณ์การระบาดใหญ่

วิธีการกำจัดมูลฝอยทั่วไปหรือมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนามัย มักจะใช้วิธีเผาแบบปิดด้วยความร้อนสูง (Incinerator) ซึ่งมีต้นทุนสูง หรือฝังกลบ (Landfill) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดในสถานกาณ์ปกติ แต่ปริมาณมูลฝอยที่เพิ่มขึ้นอย่างกะทันหันในสถานการณ์การแพร่ระบาดครั้งนี้ ทำให้โรงงานเผามูลฝอยแบบธรรมดาไม่เพียงพอ มูลฝอยติดเชื้อเหล่านี้ก่อให้เกิดความกังวลด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพในหลาย (Saadat, Rawtani, & Hussain, 2020) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนาซึ่งการจัดการมูลฝอยเป็นความท้าทายอยู่แล้ว (Mol & Caldas, 2020) และหากไม่ได้รับการจัดการที่ดีอาจทำให้เกิดการแพร่กระจายของโรคที่เพิ่มขึ้น (Nzediegwu & Chang, 2020)

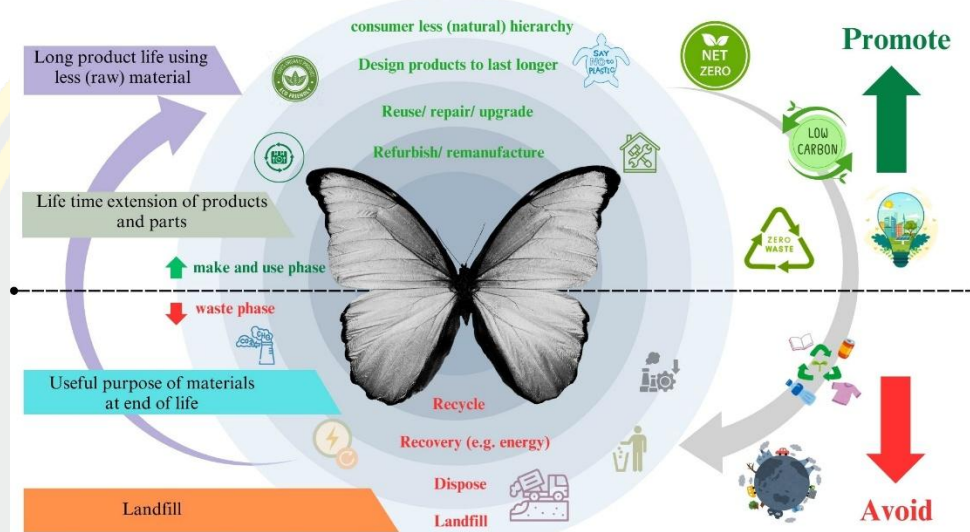
นอกจากนี้ มูลฝอยหรือของเสียที่เกิดจากอุปกรณ์ป้องกันการแพร่ระบาดดังกล่าว หากถูกนำมาทิ้งรวมกันกับมูลฝอยทั่วไปจะก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ ไม่เพียงกับผู้ที่เก็บมูลฝอยระหว่างการขนส่งเท่านั้น ยังรวมถึงผู้คัดแยกมูลฝอยที่จะต้องคัดแยกวัสดุรีไซเคิลในศูนย์คัดแยกมูลฝอยต่าง ๆ ดังนั้น หากการคัดแยกมูลฝอยที่ต้นทางเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัย จะช่วยสร้างความตระหนักและความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมของประชาชนมากขึ้น เช่น ควรทิ้งมูลฝอยใน

ถุงพลาสติกหรือถังมูลฝอยที่มีเครื่องหมายให้ถูกประเภทของมูลฝอย โดยเฉพาะประเทศที่พัฒนาแล้วประชาชนจะคัดแยกมูลฝอยก่อนทิ้งเสมอ ภาครัฐสามารถใช้ประโยชน์จากแนวทางปฏิบัตินี้เพื่อกระตุ้นและเสริมสร้างความตระหนักของประชาชนเกี่ยวกับวิธีการกำจัด PPE ที่ใช้แล้วอย่างมีประสิทธิภาพ (Adusei-Gyamfi, Boateng, Sulemana, & Hogarth, 2022) อย่างไรก็ตาม รัฐบาลสามารถจัดเตรียมถังมูลฝอยแต่ละชนิดในที่สาธารณะ และส่งเสริมให้ประชาชนทิ้งมูลฝอยตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด สำหรับผู้อยู่อาศัยห่างไกลตัวเมือง ภาครัฐควรแจกจ่ายถังมูลฝอยแต่ละชนิดไปยังครัวเรือนเพื่อสะดวกในการคัดแยก เพื่อนำไปรีไซเคิลหรือกำจัด (Chidepatil et al., 2020) เห็นว่าวิธีการดังกล่าวจะช่วยปกป้องคนเก็บขนมูลฝอย และสามารถนำระบบคัดแยกอัตโนมัติด้วย Artificial Intelligence (AI) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการคัดแยกและมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรีไซเคิล ปัจจุบันระบบกำจัดมูลฝอยทางการแพทย์มี 3 ระบบ ขึ้นอยู่กับระดับความอันตราย ได้แก่ การรีไซเคิล การเผา และการฝังกลบ จากการประเมินการจัดการมูลฝอยทั่วโลกโดยมูลนิธิ Ellen McArthur พบว่ามีเพียง 16% ของมูลฝอยพลาสติกถูกนำไปรีไซเคิล 25% ถูกเผา 40% ถูกทิ้งลงในหลุมฝังกลบ ที่เหลืออีก 19% รั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อมอันเป็นผลมาจากการจัดการที่ไม่ถูกต้อง (Vanapalli et al., 2021) ดังนั้น การนำมูลฝอยไปเผาแบบเปิดและการฝังกลบเป็นวิธีที่พบบ่อยที่สุด เพราะเป็นวิธีที่ง่ายและประหยัด โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนา ซึ่งทั้งสองวิธีนี้มีผลกระทบทางลบต่อสิ่งแวดล้อม (Abhilash & Inamdar, 2022)

5. แนวทางการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน

สถานการณ์ปัจจุบันที่เกิดการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ซึ่งเป็นอุปสรรคในการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งการใช้หลักเศรษฐกิจหมุนเวียน เป็นเครื่องมือที่จะทำให้การเติบโตทางเศรษฐกิจเจริญควบคู่ไปกับการใช้ทรัพยากรที่คุ้มค่า และลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เป็นการกำจัดผลกระทบด้านลบ และที่สำคัญคือการเปลี่ยนแปลงเชิงระบบที่สร้างความยืดหยุ่นในระยะยาว สร้างธุรกิจ เศรษฐกิจที่ให้ประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม ซึ่งแนวคิดลำดับขั้นของการจัดการมูลฝอย (Waste Hierarchy) ได้ถูกนำไปใช้เพื่อเป็นกรอบสำคัญการจัดการมูลฝอยของโลก โดยเป้าหมายของการจัดการมูลฝอยอย่างเป็นลำดับขั้น คือ การระบุทางเลือกการจัดการมูลฝอยที่มีแนวโน้มว่าจะส่งผลดีที่สุดต่อสิ่งแวดล้อม (Papargyropoulou et al., 2014) แนวคิดของลำดับขั้นของเสียเน้นการลดการสร้างของเสีย การใช้วัสดุซ้ำ และการรีไซเคิล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงการระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 การใช้หน้ากากอนามัยที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เกิดความกังวลด้านสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้จำเป็นต้องมีกลยุทธ์การจัดการที่มีประสิทธิภาพเพื่อบรรเทาผลกระทบ เช่น การลดการใช้หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งผ่านแคมเปญสาธารณสุข และการส่งเสริมทางเลือกที่นำกลับมาใช้ใหม่สามารถลดการสร้างของเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ

(Xu & Ren, 2021) การส่งเสริมการใช้หน้ากากอนามัยที่ล้างทำความสะอาดได้สามารถยืดอายุการใช้งานของวัสดุและลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น (Asim, Badiei, & Sopian, 2021) การจัดการมูลฝอย (Waste Hierarchy) ตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน เป็นแนวทางที่ไม่เพียงกำหนดลำดับความสำคัญของการจัดการขยะ แต่ยังเชื่อมโยงการใช้ทรัพยากรในทุกขั้นตอนของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยเป้าหมายหลักคือการยืดอายุการใช้งานของทรัพยากร และลดของเสียให้น้อยที่สุด ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ลำดับขั้นของการจัดการมูลฝอย (Waste Hierarchy) ตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน ที่มา: ดัดแปลงจาก Zhang et al. (2022)

ปริมาณการใช้หน้ากากอนามัยเพื่อป้องกันกันการติดเชื้อในช่วงที่มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับช่วงก่อนการแพร่ระบาดที่ ซึ่งหน้ากากอนามัยเหล่านี้เป็นมูลฝอยติดเชื้อที่ต้องการการจัดการอย่างเหมาะสม รวมถึงหน้ากากอนามัยของผู้ที่ไม่ติดเชื้อที่ถูกทิ้งปนกับมูลฝอยทั่วไป และเนื่องจากหน้ากากอนามัยเป็นมูลฝอยที่มีความแตกต่างจากมูลฝอยประเภทอื่น ๆ ซึ่งไม่สามารถใช้แนวทางการส่งเสริมให้มีการลดการใช้ได้ จึงจำเป็นต้องมีการบูรณาการร่วมกันในทุกภาคส่วนให้มีการจัดการที่ดีตั้งแต่ต้นทางเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ตัวเลือกการรีไซเคิลในปัจจุบันสำหรับหน้ากากอนามัยมีจำกัด แต่วิธีการที่เป็นนวัตกรรม เช่น เทคโนโลยีที่ใช้ตัวทำละลายสามารถเปลี่ยนวัสดุหน้ากากให้เป็นทรัพยากรที่ใช้ซ้ำได้ (Cui et al., 2023) เทคโนโลยี Pyrolysis เปลี่ยนหน้ากากอนามัยให้เป็นทรัพยากรพลังงาน เช่น เชื้อเพลิงคล้ายเบนซิน (Mega et al., 2023) นอกจากนี้หน้ากากอนามัยสามารถสะสมเชื้อโรคได้ก่อให้เกิดความเสี่ยงหากไม่ถูกกำจัดอย่างเหมาะสม ทำให้จำเป็นต้องมีรูปแบบการจัดการของเสีย

เฉพาะ (Abdul et al., 2023) ปัญหาดังกล่าวได้มีการศึกษาวิจัยในการที่จะนำหน้ากากอนามัยที่ถูกทิ้งอย่างมากมายทั่วโลกมาใช้ประโยชน์โดยใช้หลักเศรษฐกิจหมุนเวียน ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แนวทางการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งในชุมชนตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน

แนวทางการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง		อ้างอิง
Redesign	- Biodegradable	1. Patricio Silva et al. (2021)
	- Polylactic acid face masks	2. P, Morganti and Morganti (2020)
	- Washable face mask	3. Hou et.al. (2022)
		4. Soo et.al. (2022)
		5. Deng et.al. (2022)
Recycling & Recovery	- Ethanol	1. Battegazzore et al. (2022)
	- Pyrolysis	2. Saberian et al. (2021)
	- Pavements base/subbase	3. Kilmartin-Lynch et al. (2021)
	- Material for hot mix asphalt	4. Ajam, Trabelsi, and Kammoun (2021)
	- Materials in concrete for the construction sector	5. Li et al. (2022)
	- recycled polypropylene fiber	6. Singh et.al. (2022)
	- melted to form a plastic block	7. Castellote et al. (2022)
		8. Idrees et al. (2022)
		9. Mohan et al. (2022)
		10. Zhang et.al., (2023)
		11. El Aal et.al. (2023)
		12. Miah et.al. (2023)
		13. Ramasamy, and Subramanian (2023)

ตารางที่ 8 (ต่อ)

แนวทางการจัดการกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง	อ้างอิง
Upcycling; value-added products	1. Atilgan Turkmen (2022)
	2. Serafin et al. (2022)
	3. Pourebrahimi (2022)
	4. Sejin Park et.al. (2022)
	5. Olga Guselnikova et.al. (2022)
	6. Robertson et.al. (2022)
	7. Cavalcante Hardian, and Szekely (2022)
	8. Gangoli et.al. (2022)
	9. Nam et.al. (2023)
Public awareness/waste management	1. Sangkham (2020)
	2. Nghiem (2020)
	3. Aragaw (2020)
	4. Rhee (2020)
	5. Roy et al. (2021)
	6. Mejjad et al. (2021)
	7. Arkorful et al. (2021)
	8. Torres and De-la-Torre (2021)
	9. Penteado, & Castro (2021)
	10. Benson et al. (2021)
	11. Amuah et al. (2022)
	12. Tesfaldet et al. (2022)
	13. Battezzore et al. (2022)

สามารถประยุกต์ใช้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อแก้ปัญหาได้ โดยคำนึงถึงการนำวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ เนื่องจากองค์ประกอบของหน้ากากอนามัยทำจากพอลิเมอร์ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น การออกแบบหน้ากากอนามัยที่สามารถซักได้ (Washable face mask) การใช้วัตถุดิบในการผลิตหน้ากากอนามัยที่สามารถย่อยสลายเองได้และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Biodegradable) การนำมูลฝอยหน้ากากอนามัยไปผลิตเป็นเชื้อเพลิง (Pyrolysis) การนำมูลฝอยหน้ากากอนามัยไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม (Upcycling) และในหลาย ๆ งานวิจัยได้ให้ความสำคัญกับคนในเรื่องของการปรับเปลี่ยนทัศนคติ การสร้างจิตสำนึกเพื่อให้เกิดพฤติกรรมในการเลิกใช้ การคัดแยกมูลฝอย และการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ การลดการสร้างมูลฝอยที่ต้นทางเพราะเชื่อว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด การประยุกต์ใช้เศรษฐกิจหมุนเวียนร่วมกับการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ช่วยให้เกิดการวิเคราะห์ที่ครอบคลุมทุกขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน

6. กระบวนการเปลี่ยนมูลฝอยติดเชื้อเป็นมูลฝอยทั่วไป

การฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยเพื่อเปลี่ยนจากมูลฝอยติดเชื้อเป็นมูลฝอยทั่วไปนั้น มีความสำคัญสำหรับการนำไปรีไซเคิลกลับมาใช้ใหม่อย่างปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงการแพร่ระบาดใหญ่ ที่มีการพัฒนาวิธีการต่าง ๆ แต่ละวิธีมีกลไกและผลกระทบจากการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน ดังนี้

6.1 การอบด้วยไอน้ำร้อน (Steam) ใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิสูง (ประมาณ 100 °C) ในการฆ่าเชื้อบนหน้ากาก ซึ่งช่วยกำจัดเชื้อโรคที่อยู่บนผิวหน้ากากได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความร้อนด้วยไอน้ำสามารถฆ่าเชื้อไวรัสได้มากกว่า 99% รวมถึง SARS-CoV-2 ภายใน 5 นาทีหลังจากสัมผัส (Ma et al., 2020) ความชื้นที่มากเกินไปอาจทำให้โครงสร้างของหน้ากากเสียหายได้ ซึ่งอาจลดความสามารถในการป้องกัน (Yan et al., 2021)

6.2 การใช้ความร้อน (Oven Heat) การใช้ตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 70 °C นาน 30 นาที วิธีนี้จะช่วยฆ่าเชื้อได้โดยไม่ทำลายโครงสร้างของหน้ากาก (Song et al., 2020) ความคุ้มค่าและประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อในตู้อบทำให้เป็นทางเลือกที่ใช้งานได้จริงสำหรับประชาชนทั่วไป โดยเฉพาะในช่วงระยะสั้น (Fernández et al., 2001)

6.3 การใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) มีสารเคมีที่แนะนำให้ใช้ ได้แก่ สารประกอบโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 0.1% (เช่น น้ำยาฟอกขาวความเข้มข้น 1,000 ppm แอลกอฮอล์ 62%-70% หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 0.5%) สามารถทำลายเชื้อไวรัสได้ภายในระยะเวลา 1 นาที (Xiao et al., 2022) การเลือกสารฆ่าเชื้อต้องปรับสมดุลประสิทธิภาพและความปลอดภัย

เนื่องจากสารเคมีบางชนิดอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ การวิจัยชี้ให้เห็นว่าการผสมผสานของสารฆ่าเชื้อสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในขณะที่ยังคงความเป็นพิษได้ด้วย (Farida et al., 2020)

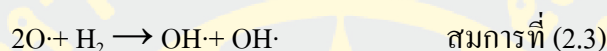
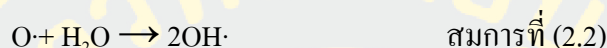
6.4 การฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการ Advance Oxidation Proces (AOP) เป็นวิธีบำบัดสารประกอบโดยการเร่งการเกิดออกซิเดชันและการย่อยสลายของสารอินทรีย์และอนินทรีย์หลากหลายชนิดที่ทนทานต่อวิธีการบำบัดแบบปกติ AOP เป็นกระบวนการรวมกันของ ozone, hydrogen peroxide, sonolysis, ultraviolet (UV) radiation, and photocatalytic ที่สามารถออกซิไดซ์ได้ในวงกว้างทั้งสารปนเปื้อนในน้ำ อากาศ และดินที่ปนเปื้อน ปัจจุบันถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เช่น การบำบัดน้ำเสีย ฆ่าเชื้อ การลดสี และกำจัดกลิ่น (Mukherjee et al., 2023) ซึ่งเกิดได้หลายกระบวนการดังนี้

6.4.1 คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) แม้ว่าจะสามารถออกซิไดซ์อินทรีย์วัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ผลกระทบต่อการสร้างสารประกอบที่เกิดจากการฆ่าเชื้อ (Disinfection Byproducts; DBP) นั้นแปรผันและมักนำไปสู่การสร้างผลพลอยได้ที่เป็นอันตรายต่าง ๆ รวมถึงไตรฮาโลมีเทน (THMs) และ DBPs ในไตรเจน (n-DBPs) (Czarnecki et al., 2024), (Pathak & Gupta, 2024) การสัมผัส DBPs เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงต่อสุขภาพต่าง ๆ รวมถึงมะเร็งกระเพาะปัสสาวะและปัญหาการสืบพันธุ์ (Barhoi et al., 2024), (Pathak & Gupta, 2024)

6.4.2 โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4) มีประสิทธิภาพในการลดกรดฮาโลอะซิติก (HAAs) ได้ถึง 45.2% ในระหว่างการคลอรีนเนต (Bayomi et al., 2022) นอกจากนี้ยังช่วยในกระบวนการแข็งตัวและการตกตะกอน ลดปัญหาสีในการบำบัดน้ำเสีย (Wang et al., 2022) แม้ว่า KMnO_4 จะมีประสิทธิภาพในการใช้งาน แต่ยังส่งผลให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งบ่งชี้ว่าจำเป็นต้องพิจารณาอย่างรอบคอบในการใช้งาน (Akinlabi, Usifoh, & Nnochiri, 2023)

6.4.3 UV-OZONE เป็นวิธีฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถฆ่าเชื้อโรคได้หลากหลายชนิด เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา และ โปรโตซัว นอกจากนี้ยังเป็นวิธีฆ่าเชื้อที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม และไม่ก่อให้เกิดสารตกค้าง (Dai et al., 2019) การใช้ความยาวคลื่นของรังสี UVC ที่ 280 นาโนเมตรมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการกำจัดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 และความเข้มข้นของ OZONE แบบก๊าซที่ 20 ppm เป็นเวลา 40 นาที สามารถฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ปนเปื้อนเชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์เอได้ แต่ก่อให้เกิดความเสียหายกับแถบยางยืด (Epelle et al., 2022) และ เป็นวิธีฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถฆ่าเชื้อโรคได้หลากหลายชนิด เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา และ โปรโตซัว นอกจากนี้ยังเป็นวิธีฆ่าเชื้อที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม และไม่ก่อให้เกิดสารตกค้าง (Dai et al., 2019) หลักการของการรวมโอโซนและแสงอัลตราไวโอเลตในการกำจัดมลพิษอินทรีย์ การรวมกันของโอโซนและแสงอัลตราไวโอเลต เป็นกระบวนการออกซิเดชันเชิงโฟโตเคมี

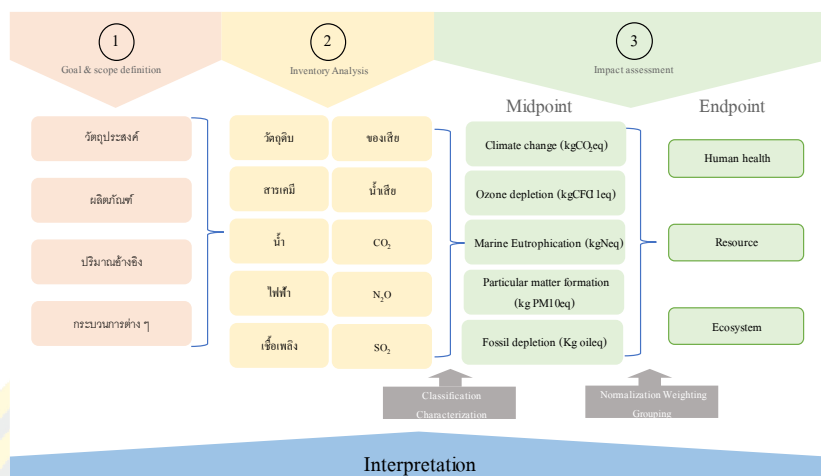
ที่เกิดขึ้นในสภาวะที่มีแสงที่ตามองเห็นหรือแสงอัลตราไวโอเลต กระบวนการเริ่มต้นด้วยการสลายตัวของโอโซน (Photolysis) จากนั้นอะตอมของออกซิเจน (O) จะทำปฏิกิริยากับน้ำเพื่อสร้างอนุมูลไฮดรอกซิล กระบวนการ O_3/UV ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีเงื่อนไขการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่รุนแรง (อุณหภูมิห้องและความดันบรรยากาศ) และมีพลังการออกซิไดซ์สูงมาก กระบวนการสร้างอนุมูลไฮดรอกซิลโดยตรง (Direct hydroxyl radicals' production process (Ma, 2024) ดังสมการต่อไปนี้



การฆ่าเชื้อมีหลากหลายวิธี เช่น การใช้ไมโครเวฟ (microwave) ที่ใช้อุณหภูมิเริ่มต้นตั้งแต่ 177 °C ถึง 540 °C เป็นอุณหภูมิที่สูงต้องใช้กำลังไฟฟ้ามาก (Nabavi-Pelesaraei et al., 2022) หรือการใช้หม้อนึ่งความร้อน (Low heat autoclave) ใช้งานที่อุณหภูมิตั้งแต่ 95 °C ถึง 180 °C มีต้นทุนในการลงทุนระบบค่อนข้างสูง (John, Fitzpatrick, Lalor, & Byrne, 2023) วิธี AOP นี้ผสมผสานคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อของแสง UV เข้ากับความสามารถในการออกซิไดซ์ของโอโซน ทำให้เหมาะสำหรับการฆ่าเชื้อบนพื้นผิวและอุปกรณ์ทางการแพทย์ (Arifin et al., 2022) วิธีการก่อนออกซิเดชัน เช่น โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและโอโซน สามารถลดปริมาณคลอรีนที่จำเป็นในกระบวนการฆ่าเชื้อโรคในภายหลังได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งนำไปสู่การประหยัดต้นทุน (He et al., 2022), (Xiaohong et al., 2017)

7. การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA)

LCA เป็นเครื่องมือวิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์และกระบวนการต่าง ๆ ตลอดวงจรชีวิต (Aviso, 2024) ที่ครอบคลุมและเป็นมาตรฐานถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางและน่าเชื่อถือเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการจัดการสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาที่ยั่งยืน (Meskers, Bartie, & Reuter, 2024) และเป็นส่วนหนึ่งของอนุกรมมาตรฐาน ISO 14000 (14040) (Vieira, Calmon, & Coelho, 2016) เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต หรือกิจกรรมต่าง ๆ ในเชิงปริมาณ (Quantitative) โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้ งาน/การบำรุงรักษา การใช้ซ้ำ (Reuse) รวมถึงการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) และการกำจัดหลังหมดอายุการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

ที่มา: ดัดแปลงจาก Kumar et al (2023)

7.1 Goal and Scope

ขั้นตอนแรกในการประเมิน LCA คือ การกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของการประเมิน การกำหนดขอบเขตการประเมินของระบบ ซึ่งรวมถึงการระบุระบบผลิตภัณฑ์ที่จะวิเคราะห์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจงที่จะประเมิน (Douziche et al., 2023) โดยขอบเขตการประเมินมี ดังนี้

7.1.1 Gate to Gate จะพิจารณาเฉพาะกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งจากทั้งสายโซ่การผลิต

7.1.2 Cradle to Gate: การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบ จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์มาแต่จะไม่รวมขั้นตอนการใช้งานหรือกำจัดซากซึ่งรูปแบบนี้เป็นแบบนิยมใช้ในการทำเอกสาร Environmental Product Declaration (EPD)

7.1.3 Cradle to Grave: เป็น LCA เต็มรูปแบบที่ประเมินผลกระทบตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิตสินค้า การนำไปใช้งาน ตลอดจนการกำจัดซากหลังหมดอายุการใช้งาน

7.1.4 Cradle to Cradle: เป็นรูปแบบพิเศษของ Cradle to Grave ได้แก่ กรณีที่ขั้นตอนการกำจัดซากของผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการรีไซเคิล ซึ่งทำให้ได้สินค้าเดิมออกมา

7.2 Life Cycle Inventory (LCI)

การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมเป็นกระบวนการการวิเคราะห์การไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis, MFA) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ทิศทางและปริมาณของวัสดุเป้าหมายอย่างเป็นระบบภายในขอบเขตพื้นที่และเวลาที่กำหนด โดยอาศัยหลักสมดุลมวล (Mass Balance)

Principle) ข้อมูลในแต่ละกระบวนการประกอบด้วยการไหลของวัสดุและทรัพยากรในระยะต่าง ๆ เช่น การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิตผลิตภัณฑ์ การใช้ การกำจัด การรีไซเคิลและการนำกลับมาใช้ใหม่ โดยใช้หน่วยมาตรฐานสำหรับการวัดวัสดุ (Kua & Kamath, 2014) และการปันส่วนผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Allocation) ที่เกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนนี้มีความสำคัญสำหรับการทำความเข้าใจการใช้ทรัพยากรและการต่อสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับแต่ละ (Bouillass, Blanc, & Perez-Lopez, 2021)

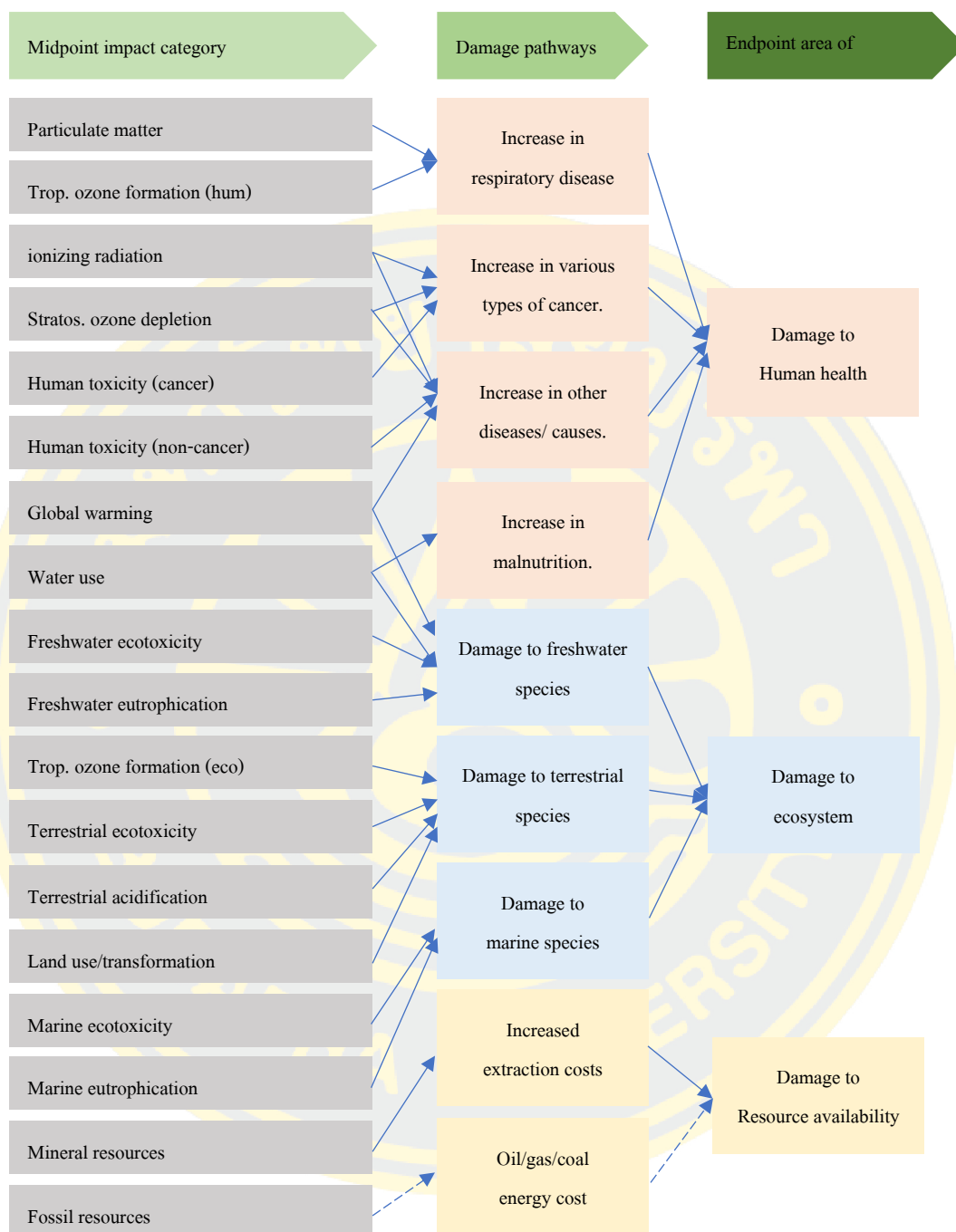
7.3 Life cycle impact assessment (LCIA)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ คือการนำข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกทุกกระบวนการที่เกี่ยวข้องมาคำนวณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การกระจายสินค้า การใช้งาน และการจัดการของเสียทั้งหมดอายุการใช้งาน รวมถึงการขนส่งที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตมาวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบการประเมินความเสียหาย (Damage category) ในรูปแบบของปริมาณผลกระทบต่อตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม (Calvillo-Arriola & Sotelo-Navarro, 2024) ของผลิตภัณฑ์โดยใช้โปรแกรม Open LCA 2.1.0 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีประเมิน ReCiPe 2016 v1.1 เป็นวิธีการประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิต (LCIA) ได้รับการพัฒนาครั้งแรกในปี พ.ศ. 2551 ผ่านความร่วมมือระหว่าง RIVM, Radboud University Nijmegen, Leiden University และ PRé Sustainability วัตถุประสงค์หลักของวิธี ReCiPe การกำหนดบทบาทในการแสดงผลกระทบให้อยู่ในรูปแบบของตัวชี้วัด (Indicator) โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์หรือแฟกเตอร์การเกิดผลกระทบ (Characterization) ด้วยการแปลค่าปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกในกลุ่มผลกระทบเดียวกันให้อยู่ในรูปของความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบของสารนั้น ๆ กับสารอ้างอิงพื้นฐาน (Equivalent หรือ Characterization Factor) ผลกระทบเหล่านี้แสดงถึงความรุนแรงที่เกี่ยวข้องกับหมวดหมู่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ใน v1.1 ได้กำหนดผลกระทบในสองระดับ คือ ผลกระทบระดับกลาง (midpoint indicators) 18 ตัวชี้วัด และผลกระทบระดับปลาย (Endpoint indicators) 3 ตัวชี้วัด (M.A.J. Huijbregts 2016) เนื่องจากเป็นวิธีการที่ครอบคลุมการประเมินผลกระทบทั้งทางด้านสุขภาพ ระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการใช้ทรัพยากร โดยการกำหนดบทบาทเป็นการคำนวณให้อยู่ในรูปของปริมาณสารอ้างอิงในแต่ละชนิดของผลกระทบนั้น ๆ

การคัดเลือกกลุ่มผลกระทบ (Impact categories) ตัวชี้วัดกลุ่มผลกระทบ (Category indicators) และแบบจำลองการทำ Characterization จากกลไกและกระบวนการเกิดผลกระทบต่อ

สิ่งแวดล้อมที่อธิบายเบื้องต้นทำให้สามารถจำแนกสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง (Mid-point impacts) โดยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตั้งแต่จุดกำเนิดของมลสารจนกระทั่งระยะการสัมผัสของสารมลพิษกับสิ่งแวดล้อมและเกิดความเสียหาย เป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตรง เช่น การที่โอโซนถูกทำลาย ทำให้เกิดช่องโหว่ของโอโซน
2. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมปลายทาง (End-point impacts) การเกิดภาวะมลพิษที่สร้างความเสียหายหรือทำลายสิ่งแวดล้อมทั้งในระดับท้องถิ่นหรือระดับโลก เป็นผลกระทบที่ทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิต ทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ ผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อมนุษย์ การใช้ทรัพยากร และต่อระบบนิเวศ ตัวอย่างของผลกระทบสิ่งแวดล้อมปลายทาง เช่น ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ป่าไม้ถูกทำลาย การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งหน่วยของ Endpoint จะแตกต่างกันไปตามกลุ่มของผลกระทบ



ภาพที่ 10 แผนภาพการเชื่อมโยงระหว่างประเภทผลกระทบชั้นกลางและผลกระทบชั้นปลาย
ที่มา: Huijbregts et al. (2017)

ตารางที่ 9 หน่วยของ Endpoint ในแต่ละปัจจัย

Endpoint area of protection	หน่วย	ความหมาย
Damage to human health	DALY (Disability Adjusted Life Year)	เป็นหน่วยบ่งชี้การเสียชีวิตในหน่วย 1 ปี (ทุพพลภาพ สูญเสียอายุขัย)
Damage to ecosystems	PDF*m ² *yr (Potentially of Disappeared Fraction)	เป็นหน่วยที่แสดงถึงสัดส่วนของสิ่งมีชีวิตที่หลากหลาย ลดลงใน 1 ปี ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร
Energy	MJ	เป็นปริมาณของพลังงานส่วนที่ใช้ในการสกัดดินแร่หรือเชื้อเพลิง
Climate Change	kg CO ₂ eq	คือปริมาณของผลกระทบของภาวะที่ภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง ค่าของผลกระทบนี้จะนำผลโดยตรงจาก Midpoint มาใช้

ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมเพื่อหาประเด็นผลกระทบที่สำคัญตามแนวทาง ISO 14045 มีการอ้างอิงให้ดำเนินการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดการประเมินวัฏจักรตามแบบจำลองและวิธีการประเมิน ReCiPe 2016 Midpoint เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถจำแนกผลกระทบได้หลากหลายและมีความยืดหยุ่นสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลในระดับประเทศและระดับทวีปได้ (Huijbregts et al., 2016) และทำการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป OpenLCA Version 1.11.0 ที่พัฒนาโดยหน่วยงาน Green Delta เป็นวิธีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในโปรแกรม LCA และปัจจุบันมีการนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยอย่างแพร่หลาย (Silva et al., 2019)

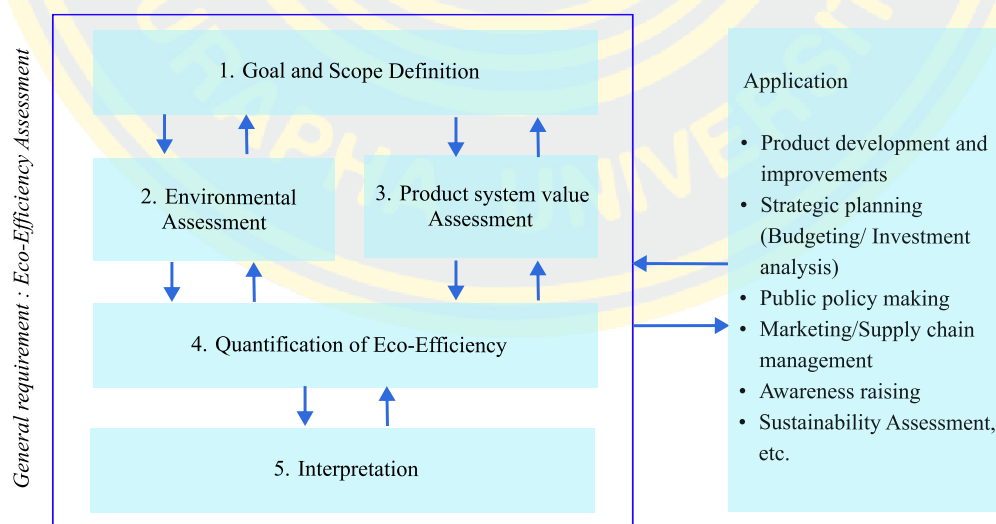
7.4 Interpretation

การแปรผลเป็นขั้นตอนในการนำผลลัพธ์ที่วิเคราะห์ได้จากการทำบัญชีรายการและการประเมินผลกระทบมารวมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุป และข้อเสนอแนะตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ และขอบเขตการศึกษาให้ถูกต้องและครบถ้วน (Abd Rashid, Ahmad Faiz, & Yusoff, 2015) การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบจะนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด การประเมิน LCA จะทำให้เห็นภาพรวมของระบบชัดเจนขึ้นและใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Gao, Gao, Song, & Fang, 2020)

8. ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency)

การสร้างสมดุลระหว่างความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและการปกป้องรักษาระบบนิเวศไปพร้อมกันโดยยึดหลักการสร้างความมั่งคั่งทางเศรษฐกิจด้วยวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากรและลดการปล่อยมลพิษ ซึ่งทำให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม หลักการสร้างสมดุลดังกล่าวได้ถูกประยุกต์เป็นหลักการเชิงทฤษฎีที่เรียกว่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) ซึ่งมาจากการร่วมกันของคำว่า Ecology ที่แปลว่าระบบนิเวศ และ Economy ที่แปลว่าเศรษฐกิจ และคำว่า Efficiency ที่หมายถึงประสิทธิภาพ ดังนั้น คำว่า Eco-Efficiency จึงหมายความว่า การจัดการให้ภาคธุรกิจมีศักยภาพในการแข่งขันที่มากขึ้นควบคู่ไปกับการรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สุธีรา สุนทรารักษ์, 2561)

ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เป็นแนวคิดที่ช่วยส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสร้างความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ (Han et al., 2023) แนวทางการประเมิน Eco-Efficiency ได้มีการจัดทำเป็นมาตรฐานระหว่างประเทศ อยู่ในอนุกรมมาตรฐานด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม การศึกษานี้ได้ใช้กระบวนการประเมินวงจรชีวิต (LCA) แบบอิงกระบวนการตามมาตรฐาน ISO14044 ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Phases of Eco-Efficiency Assessment) ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ 5 ขั้นตอน ดังนี้



ภาพที่ 11 ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ตาม ISO 14045

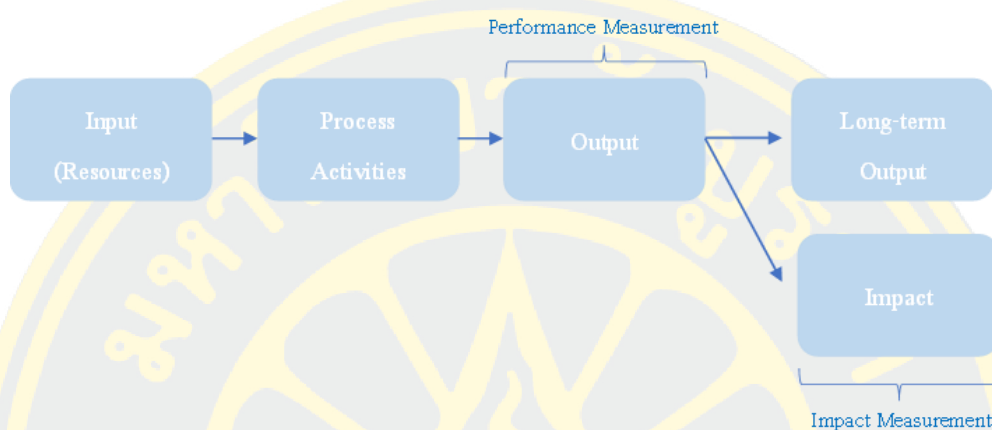
การประเมินคุณค่าเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตภัณฑ์จะทำการพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้การประเมินคุณค่าของระบบผลิตภัณฑ์สามารถทำได้หลายวิธี เนื่องจากระบบผลิตภัณฑ์อาจครอบคลุมคุณค่าที่มีความแตกต่างกันรวมถึงประเด็นด้านหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ด้านการเงินและด้านอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น เศรษฐศาสตร์ในเชิงธุรกิจ คุณค่าทางธุรกิจอาจเป็นกำไร (รายได้หักลบด้วยต้นทุน) สำหรับผู้บริโภค คุณค่าของผลิตภัณฑ์อาจเป็นความพึงพอใจในการจ่ายหักลบด้วยต้นทุน หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่าคุณค่าส่วนเกิน (Surplus value) อย่างไรก็ตาม คุณค่าของผลิตภัณฑ์ที่พิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตเป็นสิ่งที่ยากในการรายงาน เนื่องจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทานบางส่วนไม่สะดวกในการสื่อสารต้นทุนหรือกำไร โดยการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2563) สามารถทำได้จากการพิจารณาสัดส่วนของมูลค่าผลิตภัณฑ์และบริการ เปรียบเทียบกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม

9. ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Social Return on Investment: SROI)

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมเป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อให้สามารถวัดผลประโยชน์ของโครงการต่าง ๆ เป็นวิธีการประเมินที่ช่วยองค์กรในการทำความเข้าใจและหาขนาดของมูลค่าทางสังคม สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจที่องค์กรสร้างขึ้นเพื่อผลลัพธ์ทางสังคม แนวคิด SROI ประยุกต์มาจากแนวคิดเรื่องความรับผิดชอบต่อสังคม (Social Accounting) และการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost-benefit analysis) ซึ่งเป็นแนวคิดทางเศรษฐศาสตร์แบบดั้งเดิมที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินจากการลงทุน SROI เป็นการประเมินที่ครอบคลุมมูลค่าทางสังคมทั้งผลลัพธ์ที่เป็นตัวเงินและไม่ใช่ว่าเงิน เป็นวิธีการวัดมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลประโยชน์ทางสังคมด้วยการนำผลตอบแทนด้านสังคมในเรื่องต่าง ๆ ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่องค์กรได้สร้างขึ้นมาแปลงค่าเป็นตัวเงิน (Monetized value) โดยใช้การวัดตัวเงินแบบคิดลด (Discounted monetized measurement) ของมูลค่าทางสังคมที่องค์กรได้สร้างขึ้น และคำนวณหาเปรียบเทียบกับมูลค่าทางการเงินของต้นทุนที่ใช้ไปในการดำเนินกิจการขององค์กร เพื่อดูว่ากิจการสร้างผลลัพธ์ทางสังคมคิดเป็นมูลค่าเท่าไรต่อเงิน 1 บาทที่ลงทุนไป เพื่อช่วยในการประเมินว่าการลงทุนนั้น ๆ มีความคุ้มค่าหรือไม่ (Rotheroe, & Richards, 2007)

Rauscher, Grünhaus, และ Millner (2012) อธิบายถึงรูปแบบของการประเมินผลลัพธ์ทางสังคม โดยใช้หลักผลลัพธ์เป็นสำคัญ (Result-Oriented) กระบวนการทั้งระบบจะประกอบไปด้วย ปัจจัยนำเข้า (Input) กระบวนการ (Activity) ผลลัพธ์ (Output) และผลกระทบ (Outcome, Impact) โดย SROI จะมุ่งเน้นไปที่การแปรผลผลกระทบให้เป็นมูลค่าที่สามารถวัดผลได้ ผลกระทบทางสังคม เป็นองค์ประกอบในลักษณะผสมผสานระหว่าง ระบบเศรษฐกิจ การเมือง การปกครอง

ทัศนคติ ความรู้ และองค์ประกอบอื่นเข้าด้วยกัน ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งการประเมิน SROI จะใช้หลักการเดียวกันกับการประเมินผลประโยชน์ หรือ Cost Benefit เป็นการประเมินผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ และหน่วยวัดผลจะใช้ในรูปแบบมูลค่าทางการเงิน ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 การประเมินผลกระทบต่อการประเมินความคุ้มค่าทางสังคม
(Rotheroe & Richards, 2007)

กระบวนการประเมิน SROI ที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การกำหนดผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในกิจกรรมหรือโครงการให้ชัดเจน เพราะจะทำให้ผู้ศึกษาสามารถเก็บข้อมูลได้ถูกต้องแม่นยำ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาและการประเมิน รวมทั้งทำให้การประเมิน SROI นำไปขยายผลให้เกิดประโยชน์ต่อไปได้ โดยที่กระบวนการประเมิน SROI มีขั้นตอนหลัก ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดขอบเขตและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่สำคัญ โดยระบุขอบเขตที่ชัดเจนว่าการวิเคราะห์ SROI จะครอบคลุมอะไรบ้าง ใครจะมีส่วนร่วมในกระบวนการอย่างไร

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูล และพัฒนาแผนภูมิผลกระทบตามหลักการทฤษฎีการเปลี่ยนแปลง เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิต ผลผลิต และผลลัพธ์ โดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้รับผลประโยชน์ที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 3 ประเมินผลกระทบเป็นจำนวนเงินจากหลักฐานที่รวบรวมไว้เกี่ยวกับผลลัพธ์ อย่างไรก็ตามต้องไม่รวมลักษณะของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเองไม่ว่าองค์กรจะมีส่วนสร้างหรือการเปลี่ยนแปลงจะเป็นผลมาจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น ผลลัพธ์ส่วนเกิน (Deadweight) และผลลัพธ์ทดแทน (Displacement) รวมทั้งผลกระทบที่คล้ายคลึงกันจากองค์กรอื่น ๆ (Attribution) และ/หรือ ประมาณการ อัตราการลดลง (Dropoff) ในการพิจารณา

ขั้นตอนที่ 4 ของการคำนวณ SROI คือการนำผลลัพธ์ทั้งหมดที่ตั้งใจและไม่ได้ตั้งใจ บวกผลประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นและลบผลเชิงลบต่าง ๆ และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับการลงทุน

การวิเคราะห์นี้อยู่บนหลักการ 7 ข้อ ของ SROI ตามความเชื่อมโยงเครือข่าย SROI Network (2002) ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียถูกระบุและนำเข้ามามีส่วนร่วมในการปรึกษาหารือตลอดขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อให้การสื่อสารเรื่องมูลค่า และวิธีการวัดผลกับผู้ที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมเป็นไปอย่างเที่ยงตรงและรอบด้าน
2. เข้าใจสิ่งที่มีการเปลี่ยนแปลง ทำความเข้าใจว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร และประเมินโดยการเก็บข้อมูลหลักฐานต่าง ๆ พร้อมทั้งตระหนักด้วยว่า การเปลี่ยนแปลงมีทั้งเชิงบวกและเชิงลบ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงที่ตั้งใจและไม่ตั้งใจ
3. ตีค่าผลที่สำคัญ ใช้ค่าแทนทางการเงิน (Financial Proxy) แทนมูลค่าทางการเงิน ของผลลัพธ์ทางสังคม เพื่อให้โอกาสกับบุคคลหรือองค์กรที่ไม่ได้อยู่ในระบบ แต่ได้รับผลกระทบจากการดำเนินกิจการดังกล่าว วิธีนี้จะยังช่วยเพิ่มความสมดุลของอำนาจที่มีอยู่ระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายกลุ่ม
4. รวมเฉพาะสิ่งที่เป็นสาระสำคัญ แยกแยะระหว่างข้อมูลและหลักฐาน ที่สำคัญและไม่สำคัญเพื่อให้ผลการประเมินมีความถูกต้องและเป็นธรรมและสามารถทำให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียสามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้น
5. หลีกเลี่ยงการกล่าวอ้างเกินจริง ควรกล่าวถึงคุณค่าที่องค์กรมีส่วนร่วม ในการสร้างขึ้นเท่านั้น หลักการนี้กำหนดว่าอาจมีการอ้างอิงแนวโน้มในอดีต และตัวชี้วัดเพื่อช่วยประเมินการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากกิจกรรม โดยเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่น ๆ และพิจารณาคำนิ่งถึงสิ่งที่น่าจะเกิดขึ้น
6. เน้นความโปร่งใสทุกขั้นตอน แสดงให้เห็นถึงหลักการพื้นฐานของการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและซื่อสัตย์ ในขณะที่เดียวกันควรสื่อสารผลการประเมินให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ได้รับทราบและแสดงความคิดเห็น
7. ตรวจสอบผลลัพธ์ พร้อมรับการตรวจสอบจากบุคคลภายนอกที่มีความเหมาะสม และอิสระเพื่อช่วยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียประเมินว่าการตัดสินใจของผู้รับผิดชอบในการวิเคราะห์นั้น สมเหตุสมผลหรือไม่

ชนิดและองค์ประกอบของหน้ากากอนามัย

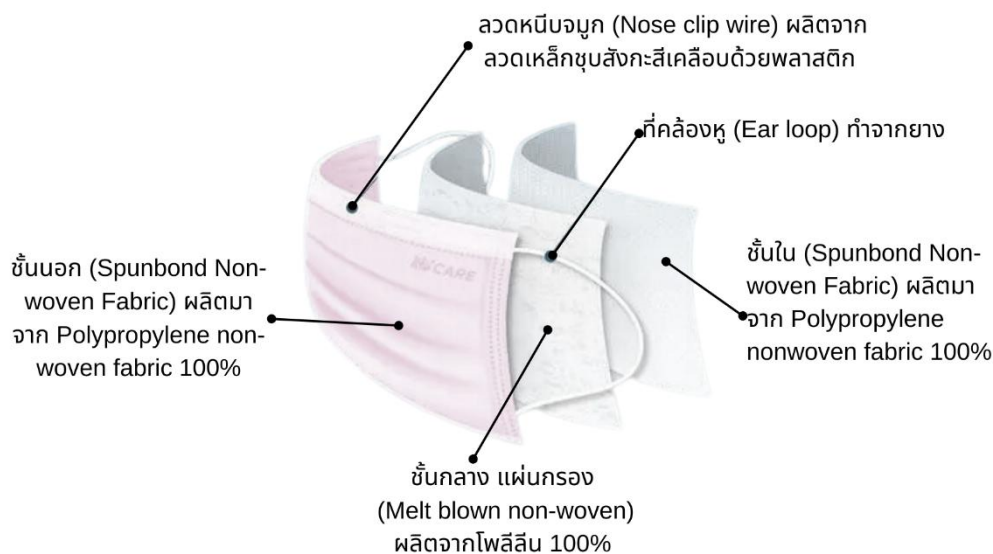
1. ชนิดและองค์ประกอบของหน้ากากอนามัย

หน้ากากอนามัยเป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการป้องกันไวรัสโคโรนา 2019 โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อลดการแพร่กระจายเชื้อจากทางเดินหายใจผ่านสารคัดหลั่ง เช่น ละออง เสมหะ น้ำมูก น้ำลาย และไส้เพื่อป้องกันการรับสารแปลกปลอมเข้าสู่ทางเดินหายใจ โดยประสิทธิภาพในการป้องกันนั้นขึ้นกับคุณสมบัติของวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้และเทคนิคการสวมใส่ สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1.1 หน้ากากกรองอนุภาค (Particle filtration respirator/respirator; PFR) มีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาค โดยต้องสวมใส่ให้แนบสนิทกับใบหน้าไม่มีอากาศรั่วซึม การวัดประสิทธิภาพของหน้ากากใช้ความสามารถในการกรองอนุภาคที่มีขนาด 0.3 – 0.1 ไมครอนเป็นเกณฑ์ หน้ากากในกลุ่มนี้ ได้แก่ N95, KF94, KN95, FFP1, FFP2, FFP3, P2, DS2, โดยขึ้นกับประเทศที่ใช้ตรวจสอบ และกลุ่มที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า เช่น N99, N100, R95, P95 เป็นต้น

1.2 หน้ากากอนามัย (Face mark/face cover) ลักษณะการสวมใส่เป็นแบบหลวม ๆ ขณะหายใจอากาศสามารถผ่านเข้าออกบริเวณด้านข้างของหน้ากากได้ และจำแนกกลุ่มตามประสิทธิภาพในการป้องกันเชื้อแบคทีเรีย หรือกรองอนุภาคที่มีขนาดตั้งแต่ 3 ไมครอน และประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำ โดยแบ่งออกเป็น หน้ากากทางการแพทย์ (Surgical mask) หน้ากากทั่วไป (Public-type face mask) และในปัจจุบันมีหน้ากากที่ผลิตจากเส้นใยนาโนซึ่งสามารถกรองอนุภาคที่มีขนาด 0.3 ไมครอนได้ถึงร้อยละ 95 หรือที่เรียกว่าหน้ากากกันฝุ่น (Dust mask/ PM2.5 mask) นอกจากนี้ยังมีหน้ากากผ้า (Fabric- type face mask) โดยประสิทธิภาพในการกรองขึ้นอยู่กับชนิด ความหนาแน่น และคุณสมบัติของเส้นใย

วัสดุที่นิยมใช้ในการผลิตหน้ากากอนามัยได้แก่ ผ้าชนิดไม่ถักทอ (Non-woven fabric) มีหลายชั้น และในการเชื่อมแต่ละชั้นนิยมเชื่อมแบบอัลตราโซนิค เพื่อประสิทธิภาพที่ดีในการกรอง โดยองค์ประกอบสำคัญในการผลิตหน้ากากอนามัยนั้น มีอยู่ 5 องค์ประกอบ ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 องค์ประกอบของหน้ากากอนามัย
ที่มา : ดัดแปลงจาก Zhao et al. (2020)

1. ก๊อกล้อมหู (Ear loop) ทำจากยาง
2. ลวดหนีบจมูก (Nose clip wire) เป็นชิ้นส่วนที่อยู่ระหว่างจมูกมีลักษณะแข็งแต่สามารถงอได้ น้ำหนักเบา ผลิตจากลวดเหล็กชุบสังกะสี (Galvanized iron wire) เคลือบด้วยพลาสติก ไม่ว่าจะเป็น PVC, PE หรือ PP
3. ชั้นกลาง แผ่นกรอง (Melt blown non-woven) ผลิตจาก Polypropylene 100% มีความแข็งแรงน้อย จึงต้องใช้งานร่วมกับวัสดุชนิดอื่น ๆ เป็นตัวกรองฝุ่น เชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอม
4. ชั้นนอก ผ้าสีฟ้า (Spunbond Non-woven Fabric) ผลิตมาจาก Polypropylene non-woven fabric 100% ช่วยป้องกันของเหลวหรือสารคัดหลั่ง และเศษละอองต่าง ๆ สามารถย่อยสลายได้ในเวลาอันสั้น น้ำหนักเบา แต่สามารถรับน้ำหนักได้ดี คุณสมบัติไม่ดูดซับน้ำ และปลอดเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ไม่สามารถเติบโตได้ในสปีนบอนด์จึงนิยมใช้เป็นวัสดุในวงการแพทย์
5. ชั้นใน ผ้าสีขาว (Spunbond Non-woven Fabric) ผลิตมาจาก Polypropylene nonwoven fabric 100 คุณสมบัติดูดซับอากาศร้อนที่ปล่อยออกมาจากร่างกายหรือของเหลวที่เราไอจามไม่ให้ออกไปข้างนอก ทำให้ผิวแห้งสบาย

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบของหน้ากากอนามัย

2.1 วิเคราะห์โครงสร้างโพลิเมอร์ด้วยวิธี Fourier Transform Infrared Spectroscopy

(FTIR) ชนิด ATR (Attenuated Total Reflectance)

การเพื่อตรวจหาวิเคราะห์หาโครงสร้างและองค์ประกอบของโมเลกุล เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์วัสดุที่เป็นสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ เพื่อตรวจวิเคราะห์หาโครงสร้างและองค์ประกอบของโมเลกุลรวมกับเทคนิคอื่น FTIR เป็นเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปีที่ใช้อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์ (Michelson Interferometer) ในการทำหน้าที่แยกแสงที่ผ่านออกจากเซลล์บรรจุสารตัวอย่างออกเป็นความยาวคลื่นต่าง ๆ วิเคราะห์เพื่อตรวจสอบและศึกษาโครงสร้างของโมเลกุลของสารได้ทั้งในสถานะของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส โดยศึกษาแตรนซิชันของการสั่นหรือการหมุนของหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลของสารนั้น ๆ โดยอาศัยหลักการของการดูดกลืนคลื่นรังสีช่วงกลางอินฟราเรด (Middle infrared region) ประมาณ $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ เมื่อโมเลกุลได้รับพลังงานจากคลื่นรังสีอินฟราเรดที่มีความถี่ตรงกับความถี่ของการสั่น (Stretching) หรือการหมุน (Bending) ของพันธะ โคเวเลนต์ในโมเลกุล จะทำให้โมเลกุลดัดงอเกิดการดูดกลืนแสง และมีการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนต์ขั้วคู่ (Dipole moment) ของโมเลกุล จากนั้นเครื่องมือจะวัดค่าความเข้มแสงต่อความถี่หรือความยาวคลื่น (Wave number) ได้ผลเป็นสเปกตรัม ซึ่งในแต่ละพันธะของหมู่ฟังก์ชันจะแสดงค่าความยาวคลื่นเฉพาะต่างกัน ช่วยจำแนกชนิดของพอลิเมอร์

2.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน

(Thermogravimetric analysis: TGA)

การวิเคราะห์ TGA เป็นเทคนิคที่สำคัญสำหรับการประเมินการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักในวัสดุเมื่อผ่านการเปลี่ยนแปลงทางความร้อน วิธีนี้วัดการสูญเสียมวลหรือการเพิ่มขึ้นเนื่องจากกระบวนการต่าง ๆ เช่น การสลายตัวการระเหยและการเกิดออกซิเดชันภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่ควบคุม (Monceau et al., 2024) มีความจำเป็นสำหรับการกำหนดลักษณะของวัสดุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจความเสถียรทางความร้อนและองค์ประกอบของวัสดุ ข้อมูลที่ได้จะถูกวาดเป็นน้ำหนักเทียบกับอุณหภูมิหรือเวลา เผยให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางความร้อน เช่น การหลอมเหลวหรือการย่อยสลาย (Thermogravimetric Analyzer, 2022) ข้อมูล TGA ที่ถูกต้องมีความสำคัญต่อการประเมินอายุการใช้งานของวัสดุ ขั้นตอนการประเมินความไม่แน่นอนที่กำหนดไว้ช่วยให้มั่นใจในความน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยมุ่งเน้นไปที่ปัจจัยการสอบเทียบและการแก้ไข (Kang et al., 2024)

2.3 การวิเคราะห์ค่าดัชนีการหลอมไหล (Melt Flow Index: MFI)

ค่าดัชนีการหลอมไหล (Melt Flow Index: MFI) คือค่าอัตราการไหลของเม็ดพลาสติก กรัม/ 10 นาที ด้วยเครื่อง Melt flow rate meter การไหลตัวของพลาสติกหลอมเหลวมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุล กล่าวคือ วัสดุที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำยอมไหลได้ง่ายกว่าพลาสติกที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง หรือแสดงดังนี้ น้ำหนักโมเลกุลต่ำ = ไหลง่าย ดังนั้น ไหลง่าย = ค่าดัชนีการไหลสูง จึงกล่าวได้ว่า ค่าดัชนีการไหลสูง = น้ำหนักโมเลกุลต่ำ หรือ ค่าดัชนีการไหลต่ำ = น้ำหนักโมเลกุลสูง ในการฉีดขึ้นรูปของเม็ดพลาสติก ดัชนีที่มีผลในการตั้งค่าของสภาวะการขึ้นรูปโดยเฉพาะอย่างยิ่งแรงดันการฉีดหรือความเร็วในการฉีดและอุณหภูมิของแม่พิมพ์ คือค่าความหลอมไหลของเม็ดพลาสติกที่มีค่าอัตราการหลอมไหลสูงจะถูกประเมินว่าเป็นเม็ดพลาสติกที่มีความลื่นไหลดี ค่าดัชนีการหลอมไหลของ PP อยู่ระหว่าง 5-60 (g/min) การวัดค่า MFI จะเป็นประโยชน์สำหรับการควบคุมคุณภาพ รวมถึงเปรียบเทียบความคงที่ของสมบัติด้านการไหลของวัสดุ มีผู้ผลิตบางรายใช้ค่าดัชนีการไหลบอกปริมาณวัสดุรีไซเคิลที่สามารถใช้ได้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยคงรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ นอกจากนี้ MFI ของ PP รีไซเคิลเพิ่มขึ้นตามความถี่ของการรีไซเคิล ซึ่งสามารถเพิ่มคุณสมบัติการไหลได้ แต่อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพเชิงกล (Aisa et al., 2024)

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งในชุมชน

1. พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535

กฎหมายฉบับนี้มีบทบัญญัติหลายมาตราที่เกี่ยวข้องกับการห้ามทิ้งมูลฝอย โดยเฉพาะหมวด 1 การรักษาความสะอาดในที่สาธารณะและสถานสาธารณะ หมวด 2 การดูแลรักษาสนามหญ้าและต้นไม้ในถนน และสถานสาธารณะ และหมวด 3 การห้ามทิ้งสิ่งปฏิกูลมูลฝอยในที่สาธารณะ

2. พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

มีสาระสำคัญที่เกี่ยวข้อง คือ ให้อำนาจคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ คณะกรรมการควบคุมมลพิษ และเจ้าพนักงานควบคุมมลพิษ ในการบังคับใช้มาตรการต่าง ๆ ตามกฎหมาย เพื่อประโยชน์ในการควบคุม ป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากภาวะมลพิษ ซึ่งได้แก่ การเสนอความเห็นในการกำหนดนโยบายด้านการควบคุมมลพิษของประเทศ การกำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม และมาตรฐานควบคุมมลพิษจากแหล่งกำเนิด การจัดทำแผนการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม และมาตรการควบคุมมลพิษ การติดตามตรวจสอบสถานการณ์มลพิษ

รับเรื่องราวร้องทุกข์ด้านมลพิษ และดำเนินการตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้านการควบคุมมลพิษ

3. พระราชบัญญัติสภาพตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ. 2537

กำหนดให้อำนาจและหน้าที่แก่สภาพตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบลในการดำเนินการรักษาความสะอาดในที่สาธารณะ รวมทั้งการจัดการมูลฝอยภายในพื้นที่ตำบล ตามมาตรา 23

4. พระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2542

กำหนดให้ราชการส่วนท้องถิ่นมีอำนาจหน้าที่ในการจัดระบบบริการสาธารณะ เพื่อประโยชน์ของประชาชนในท้องถิ่นตนเอง ซึ่งมีบทบัญญัติในมาตรา 17 (11) และมาตรา 17 (12) ให้องค์การบริหารส่วนจังหวัดมีหน้าที่ในการจัดระบบกำจัดมูลฝอยรวมและการจัดการสิ่งแวดล้อมและมลพิษต่าง ๆ และบทบัญญัติในมาตรา 16, 17 และ 18 กำหนดให้เทศบาล เมืองพัทยาและองค์การบริหารส่วนตำบล มีหน้าที่ในการจัดระบบการรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง การกำจัดมูลฝอย สิ่งปฏิกูล และน้ำเสีย

5. พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2560

เป็นพระราชบัญญัติที่คุ้มครองประชาชนด้านสุขลักษณะและการอนามัยสิ่งแวดล้อมหรือการสุขาภิบาลซึ่งครอบคลุมกิจกรรม การกระทำทุกอย่าง และกิจการประเภทต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยชุมชน และเป็นพระราชบัญญัติที่กระจายอำนาจไปสู่ราชการส่วนท้องถิ่น โดยให้อำนาจในการออกข้อกำหนดของท้องถิ่นที่สามารถบังคับใช้ในเขตท้องถิ่นนั้นได้ บทบัญญัติที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ ดังนี้ มาตรา 4 ความหมายของมูลฝอย มาตรา 18 การเก็บ ขน หรือกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอย ในเขตราชการส่วนท้องถิ่นใดให้เป็นอำนาจของราชการส่วนท้องถิ่นนั้น และมาตรา 19 ห้ามมิให้ผู้ใดดำเนินการรับทำการเก็บ ขน หรือกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยนอกจากในที่ที่ราชการส่วนท้องถิ่นจัดไว้ให้

6. พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2560

กำหนดการดำเนินการจัดการมูลฝอย และการรักษาความสะอาดของบ้านเมืองไว้ในหลายมาตราในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการห้ามทิ้งมูลฝอย อยู่ในหมวด 1 ว่าด้วยการรักษาความสะอาดในที่สาธารณะและสถานสาธารณะ หมวด 2 การดูแลรักษาสนามหญ้าและต้นไม้ในถนนและสถานสาธารณะ และหมวด 3 การห้ามทิ้งสิ่งปฏิกูลมูลฝอยในที่สาธารณะและสถานสาธารณะ ขณะที่ฉบับ

แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2560 กำหนดหลักเกณฑ์การ จัดการสิ่งปฏิกูลและมูลฝอย และกำหนด อัตราค่าธรรมเนียม

7. พระราชบัญญัติเทศบาล พ.ศ. 2496 (ฉบับที่ 14) พ.ศ. 2562

กำหนดให้เป็นหน้าที่ของเทศบาลในการรักษาความสะอาดของถนนทางเดินและที่ สาธารณะ รวมทั้งการจัดการมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล ตามมาตรา 50 (3) มาตรา 53 (1) และมาตรา 56 (1)

8. พระราชบัญญัติองค์การบริหารส่วนจังหวัดฉบับที่ 5 พ.ศ. 2562

กำหนดให้องค์การบริหาร ส่วนจังหวัดมีหน้าที่ดำเนินการภายในพื้นที่ของจังหวัด เกี่ยวกับการคุ้มครอง ดูแลและบำรุงรักษา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตามมาตรา 45 (7)

9. ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการ นำมูลฝอยติดเชื้อ ไวรัสโคโรนา 2019 มาใช้เป็นเชื้อเพลิง พ.ศ. 2564

ผู้รับใบอนุญาต หรือผู้ประกอบการผลิตไฟฟ้าที่ใช้มูลฝอยชุมชน สามารถนำมูลฝอย ติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 มาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ โดยไม่ผิดเงื่อนไข ตามกฎหมายว่าด้วยการ ประกอบกิจการพลังงาน

10. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง มาตรการควบคุมกำกับการขนมูลฝอยติดเชื้อ เพื่อป้องกันการลักลอบทิ้งมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2565

สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรค COVID 19 ของประเทศส่งผลให้เกิดมูลฝอยติด เชื้อมีปริมาณมากขึ้น ประกอบกับมีปัญหาลักลอบทิ้งมูลฝอยติดเชื้อเกิดขึ้นในหลายพื้นที่ อัน เนื่องมาจากระบบควบคุม กำกับการขนมูลฝอยติดเชื้อ รวมถึงระบบการจัดเก็บข้อมูลการกำจัด มูลฝอยติดเชื้อจากทุกแหล่งกำเนิด ที่ยังไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจก่อให้เกิดแหล่งแพร่กระจายของ เชื้อโรคในชุมชนและกระทบสิ่งแวดล้อม จึงได้กำหนดมาตรการควบคุมกำกับการขนมูลฝอยติดเชื้อ เพื่อป้องกันการลักลอบทิ้งมูลฝอยติดเชื้อ จากแหล่งกำเนิด ไปยังสถานที่กำจัดอย่างถูกต้อง และไม่ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน รวมทั้งเกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม

11. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กำหนดประเภทมูลฝอยหรือแหล่งกำเนิดมูล ฝอยติดเชื้ออื่นที่ถือว่าเป็นมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2565

ในประกาศฉบับนี้ได้ให้นิยามแหล่งกำเนิดมูลฝอยติดเชื้อ ที่เกิดจากสถานที่ดังต่อไปนี้ เป็นแหล่งกำเนิดมูลฝอยติดเชื้อ (1) ศูนย์แยกกักตัวในชุมชน (Community Isolation) เช่น วัด สถานศึกษา โรงยิม โรงงานอุตสาหกรรม หอประชุม หรือแคมป์คนงานก่อสร้าง หรือที่อื่น ๆ ตาม ความเหมาะสมที่จัดไว้ เพื่อการตรวจวินิจฉัยที่รวดเร็ว ลดการแพร่กระจาย และรักษาพยาบาล ผู้ติดเชื้อโรคติดต่ออันตราย ในชุมชน ซึ่งดำเนินการนอกสถานพยาบาลของทางราชการ หรือ

สถานพยาบาล ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล (2) สถานที่กักกันซึ่งทางราชการกำหนด (Quarantine Facilities) เป็นสถานที่กักกันโรค หรือจัดไว้เพื่อการเฝ้าระวัง ป้องกัน และควบคุมโรคติดต่ออันตราย ทั้งนี้ ตามที่คณะกรรมการ โรคติดต่อแห่งชาติกำหนดไว้ตามกฎหมายว่าด้วยโรคติดต่อ และกำหนดให้มูลฝอยที่เกิดขึ้นหรือใช้ในสถานที่ดังกล่าวเป็นมูลฝอยติดเชื้อ

12. ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง การจัดการมูลฝอย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2565

ราชการส่วนท้องถิ่นมีหน้าที่และอำนาจในการเก็บ ขน กำจัดมูลฝอย ซึ่งอาจมีผลให้เกิดการลดหรือกักเก็บก๊าซเรือนกระจกตามอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและพิธีสารโตเกียว ซึ่งราชการส่วนท้องถิ่นสามารถร่วมลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาดและข้อตกลงระหว่างประเทศอื่น ๆ

13. ประกาศองค์การบริหารส่วนจังหวัดระยอง (อบจ. ระยอง) เรื่อง การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019

อบจ.ระยอง ร่วมมือกับบริษัทกลุ่ม ปตท. โดยบริษัท โกลบอล เพาเวอร์ ซินเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) ดำเนินโครงการบริการจัดการมูลฝอยโดยแปลงเป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีเผาที่ทันสมัย ใช้ความร้อนสูง 800 - 1,000 องศาเซลเซียส เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีศักยภาพสามารถรับกำจัดมูลฝอยติดเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

14. แนวทางการจัดการมูลฝอยติดเชื้อในครัวเรือนและชุมชน กรณีพบผู้ติดเชื้อหรือกลุ่มเสี่ยง

กรมอนามัยให้คำแนะนำสำหรับการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ กรณีในพื้นที่ที่ระบบการเก็บขนมูลฝอยติดเชื้อไม่สามารถเข้าถึงได้ เช่น การกักตัวที่บ้าน คอนโดมิเนียม หรือชุมชน ให้มีการทำลายเชื้อก่อนนำมูลฝอยไปกำจัดอย่างถูกต้อง ทั้งนี้ เพื่อเป็นการลดปริมาณมูลฝอยติดเชื้อ และเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค จึงมีแนวทางการจัดการมูลฝอยติดเชื้อในครัวเรือนและชุมชนขึ้น

15. คำแนะนำการจัดการมูลฝอยติดเชื้อสำหรับผู้รับกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019

ในการบริหารจัดการมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จำเป็นต้องให้ความสำคัญในการปฏิบัติงานในทุกขั้นตอนโดยผู้รับกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ต้องควบคุมกำกับการให้บริการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ เพื่อให้มูลฝอยติดเชื้อได้รับการกำจัดอย่างถูกต้อง โดยคำนึงถึงมาตรการป้องกันการแพร่ของเชื้อโรคและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องและประชาชนในด้านการบริหารจัดการ และด้านการดูแลผู้ปฏิบัติงานควบคุมกำกับการกระบวนการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อให้ได้มาตรฐานตามกฎหมายว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2545

16. คำแนะนำการจัดการมูลฝอยติดเชื้อสำหรับผู้รับเก็บขนมูลฝอยติดเชื้อในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019

กรมอนามัยได้ประกาศคำแนะนำฉบับนี้ให้มีความสำคัญกับ ผู้รับกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ที่ต้องควบคุมกำกับการให้บริการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ เพื่อให้มูลฝอยติดเชื้อ ได้รับการกำจัดอย่างถูกต้อง โดยคำนึงถึงมาตรการป้องกันการแพร่ของเชื้อโรคและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องและประชาชน ในด้านการบริหารจัดการ และด้านการดูแลผู้ปฏิบัติงาน โดยคำนึงถึงความปลอดภัย และการป้องกันการแพร่ของเชื้อโรค ทั้งก่อนปฏิบัติงาน ขณะปฏิบัติงาน และหลังการปฏิบัติงาน

17. คำแนะนำการจัดการมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดจากการแยกกักตัวในชุมชน หรือ Community Isolation กรณีการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019

กรมอนามัยได้ให้คำแนะนำในการจัดบริการผู้ป่วยไวรัสโคโรนา 2019 แบบการแยกกักตัวที่บ้าน หรือ Home Isolation ดังนั้น มูลฝอยที่เกิดจากผู้ป่วย COVID -19 ที่ปนเปื้อนน้ำมูก น้ำลาย หรือสารคัดหลั่ง เช่น หน้ากากอนามัย กระดาษทิชชู ภาชนะใส่อาหารพร้อมบริโภค (แบบใช้ครั้งเดียว) และชุดตรวจ Antigen Test Kit เป็นต้น ถือเป็นมูลฝอยที่มีความเสี่ยงสูงจึงต้องแยกจัดการจากมูลฝอยทั่วไป เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค

การวิเคราะห์นโยบายด้านการจัดการมูลฝอยของเทศบาลตำบลทับมา เทศบาลตำบลทับมา ได้มีนโยบายในการจัดการมูลฝอยและการพัฒนาพื้นที่ในด้านสิ่งแวดล้อมที่สอดคล้องและสนับสนุนนโยบายของประเทศ แผนพัฒนาเขตเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก และแผนพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศเพื่อตอบสนองเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาทิ โครงการ ROSES โครงการ Waste Wow Thapma Tourism & Health โครงการ Waste To Wealth และโครงการถนนปลอดถังมูลฝอยโดยดำเนินการภายใต้พระราชบัญญัติการสาธารณสุข (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2560 และพระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2560 อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติพบว่า มีปัญหาการจัดการมูลฝอยทั้งในด้านการคัดแยก ค่าธรรมเนียม บทลงโทษและแรงจูงใจ มีรายละเอียดดังนี้

1. การคัดแยกมูลฝอย

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นบางแห่งมีการออกข้อบัญญัติท้องถิ่น เรื่อง หลักเกณฑ์การคัดแยกมูลฝอย อาศัยอำนาจพระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535 ซึ่งองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นส่วนใหญ่ไม่มีการบังคับใช้ข้อบัญญัติดังกล่าว ลงโทษแก่ผู้ไม่คัดแยกมูลฝอย เนื่องจากโทษที่กำหนดไว้น้อยเกินไปและ ไม่มีเจ้าหน้าที่เพียงพอในการบังคับตามข้อบัญญัติ อีกทั้งการกำหนดประเภทมูลฝอย วันเวลาและสถานที่เก็บขนมูลฝอยใน

ข้อบัญญัติท้องถิ่น ยังไม่มีความชัดเจน เนื่องจากต้องมีเจ้าหน้าที่ อุปกรณ์ และรถเก็บขนที่เพียงพอ เพื่อที่จะสามารถปฏิบัติตามเทศบัญญัติที่ตัวเองออกได้ ทำให้หลายๆ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เลือกที่จะไม่ออกกฎหมายดังกล่าว

2. ค่าธรรมเนียมการจัดการมูลฝอย

ค่าธรรมเนียมการจัดการมูลฝอย เป็นหลักการในการเรียกเก็บจากผู้ทิ้งมูลฝอยหรือผู้ที่ก่อให้เกิดมูลฝอยตามหลักการ “ผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย (Polluter Pays Principle)” ซึ่งสามารถแยกย่อยออกได้ เป็นลักษณะของ “การเก็บอัตราเดียว (Flat Rate)” และการใช้ “หลักการจ่ายค่ามูลฝอยตามปริมาณที่ทิ้ง (Pay As You Throw; PAYT)” สำหรับแหล่งกำเนิดครัวเรือนใช้เป็นอัตราคงที่รายเดือน ในส่วนของอัตราแปดพัน (ต่อหน่วย) จะใช้กับแหล่งกำเนิดที่มีปริมาณมูลฝอยเกิน 20 ลิตรต่อวัน หรือ 600 ลิตรต่อเดือน ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดประเภทสถานประกอบการหรือหน่วยงาน องค์กร และตามพระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2560 ให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นลดค่าธรรมเนียมการเก็บขนและการกำจัดให้แก่ผู้ก่อให้เกิดมูลฝอยที่สามารถคัดแยกมูลฝอยเป็นไปตามข้อกำหนด ทั้งนี้ควรมีการนำหลักการ PAYT มาปรับใช้กับครัวเรือนได้ แต่ร่างกฎกระทรวงฯ ยังมิได้มีการประกาศใช้ ส่วนกฎกระทรวงกำหนดค่าธรรมเนียมการออกใบอนุญาต หนังสือรับรองการแจ้งและการให้บริการในการจัดการสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอย พ.ศ. 2559 ของกระทรวงสาธารณสุข ไม่ได้มีบทบัญญัติในเรื่อง PAYT ระดับครัวเรือน

ในทางปฏิบัติพบว่าองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นยังไม่มีแผนที่จะดำเนินการปรับขึ้นอัตราค่าธรรมเนียมหรือค่าบริการในการให้บริการเก็บขนมูลฝอย และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเกือบทั้งหมด ยังไม่มีการกำหนดข้อบัญญัติในการกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมในการกำจัดมูลฝอย คงมีเพียงองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ได้รับการสนับสนุนเงินงบประมาณจากกองทุนสิ่งแวดล้อมในการก่อสร้างระบบกำจัดมูลฝอยรวม จึงจะมีการกำหนดอัตราค่าบริการกำจัดมูลฝอย โดยเป็นไปตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติเป็นส่วนใหญ่ การกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมการเก็บขน และกำจัดมูลฝอยรวมกัน ที่สะท้อนถึงต้นทุนและการจัดการ อาจทำให้มีค่าธรรมเนียมที่แพงมาก และประชาชนอาจไม่มีความพร้อม หรือไม่ยินยอมที่จะจ่ายค่าธรรมเนียม ซึ่งอาจจะทำให้เกิดเป็นความขัดแย้งกับประชาชน นอกจากนี้ยังไม่มีบทลงโทษกับประชาชนที่ไม่จ่ายค่าธรรมเนียมจัดการมูลฝอยอีกด้วย

3. บทลงโทษ

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีอำนาจตามกฎหมายทั้ง 2 ฉบับ คือ (1) พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม และ (2) พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม ในการลงโทษปรับสำหรับ

ผู้ฝ่าฝืน และอปท. สามารถตราข้อบัญญัติท้องถิ่นเพื่อกำหนดรายละเอียดการส่งเสริมให้ประชาชนคัดแยกมูลฝอยที่ต้นทางได้ แต่ไม่ได้กำหนดโทษสำหรับประชาชนที่ฝ่าฝืนสำหรับผู้ที่ไม่คัดแยก ซึ่งอปท.เองอาจกำหนดมาตรการบังคับอื่น ๆ เช่น การไม่จัดเก็บมูลฝอยที่ไม่คัดแยกตามที่กำหนดไว้ในเทศบัญญัติ

4. แรงจูงใจ

กฎหมายการบริหารจัดการมูลฝอยในปัจจุบันไม่มีการกำหนดมาตรการเพื่อสร้างแรงจูงใจสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและประชาชนให้เกิดการคัดแยกมูลฝอย จึงเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินการบริหารจัดการมูลฝอยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากแรงจูงใจถือเป็นปัจจัยสำคัญในการกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของประชาชน แต่ทั้งนี้ในส่วนของกระทรวงมหาดไทยได้มีการกำหนดแนวทางการดำเนินงานเพื่อยกย่องเชิดชูเกียรติผู้ประกอบการหรือชุมชน หรือผู้บริหารองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีการบริหารจัดการมูลฝอยและของเสียอันตรายที่ดี เช่น การประกวด “จังหวัดสะอาด” ถือเป็นแนวทางหนึ่งในการสร้างแรงจูงใจให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและประชาชน แต่อาจไม่เพียงพอต่อการกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างเป็นรูปธรรม เนื่องจากการจัดประกวดอาจไม่ได้ครอบคลุมทุกพื้นที่และอาจไม่สอดคล้องกับบริบทของแต่ละพื้นที่

จากการวิเคราะห์โครงสร้างทางกฎหมายและสถาบันที่ยังคงเป็นไปตามแนวคิดดั้งเดิมของระบบเศรษฐกิจเส้นตรงที่กำหนดให้ อปท. มีหน้าที่ในการเก็บ ขนและกำจัดมูลฝอย ถึงแม้ว่าในกฎหมายลำดับรองในปี พ.ศ. 2560 อปท. สามารถนำมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ได้ผ่านโครงการแปลงมูลฝอยเป็นพลังงานแต่ยังมีจุดอ่อนที่กฎหมายยังขาดกลไกเชิงสถาบันหรือองค์กรกลางในการกำกับดูแลการจัดการ มูลฝอยของ อปท. ให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัย อีกทั้งยังสนับสนุนการแก้ปัญหาการจัดการมูลฝอยที่ปลายทางโดยเปิดโอกาสให้เอกชนมาร่วมจัดการได้มากขึ้น จากการทบทวนวรรณกรรม หลายประเทศทั่วโลกได้ปรับเปลี่ยนแนวทางการจัดการมูลฝอยจากเดิมที่เน้นการจัดการมูลฝอยที่ปลายทาง มาเป็นการจัดการทรัพยากร โดยหมุนเวียนทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดและให้อยู่ในระบบเศรษฐกิจให้นานที่สุด ภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนในการปฏิบัติ

กล่าวโดยสรุป กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยในปัจจุบันยังไม่เพียงพอที่จะเป็นเครื่องมือในการจัดการมูลฝอยชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องทบทวนกฎหมายที่มีอยู่เพื่อไม่ให้เกิดความซ้ำซ้อน และตรากฎหมายใหม่ที่มีความเป็นเอกภาพและให้คำนึงถึงการสร้างมูลฝอยที่ต้นทางตามวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ การจัดโครงสร้างการบริหารจัดการมูลฝอยชุมชนใหม่ และรัฐบาลต้องให้ความช่วยเหลือแก่องค์กรปกครองส่วน

ท้องถิ่นในการจัดระบบการบริหารจัดการมูลฝอยให้มีประสิทธิภาพ ในข้อบัญญัติของกฎหมายควรให้มีการกำหนดหน้าที่ให้กับประชาชนในการมีส่วนร่วมในการจัดการมูลฝอย ซึ่ง อปท. ต้องออกข้อกำหนดท้องถิ่นในการคัดแยกมูลฝอยเพื่อให้สอดคล้องกันอีกด้วย นอกจากนี้ ในส่วนของค่าธรรมเนียมในการจัดการมูลฝอยที่ อปท. เรียกเก็บกับประชาชน พบว่าส่วนใหญ่ยังคิดค่าธรรมเนียมในอัตราที่ต่ำมาก จัดเก็บเฉพาะค่าธรรมเนียมการเก็บขนมูลฝอยเท่านั้น ไม่สะท้อนต้นทุนที่แท้จริงในการจัดการมูลฝอย ทำให้ประชาชนไม่ตระหนักถึงปริมาณมูลฝอยที่ตนเองสร้างขึ้น อีกทั้งในกรณีที่ประชาชนไม่ชำระค่าธรรมเนียมในการจัดการมูลฝอย อปท. ยังคงมีหน้าที่ตามกฎหมายที่จะต้องเก็บขนและกำจัดมูลฝอยในท้องที่ของตนอยู่เพื่อความเป็นระเบียบเรียบร้อยไม่อาละเว่นไม่เก็บได้ และในกรณีที่ประชาชนมีการคัดแยกมูลฝอยก่อนทำการทิ้ง กฎหมายปัจจุบันยังไม่เปิดช่องให้ อปท. ยกเว้นหรือลดค่าธรรมเนียมให้กับประชาชนได้ ทำให้ขาดมาตรการจูงใจให้เกิดการลดและคัดแยกมูลฝอย ดังนั้น กฎหมายควรกำหนดให้เป็นหน้าที่ของประชาชนในการลดและคัดแยกมูลฝอยให้ชัดเจน โดย อปท. ต้องสร้างความเข้าใจกับประชาชนในเรื่องการคัดแยกมูลฝอยและมีระบบรองรับมูลฝอยที่ผ่านการคัดแยกให้ชัดเจน

การดำเนินงานในด้านต่าง ๆ ตามหลักเกณฑ์ของเศรษฐกิจหมุนเวียน จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนในการดำเนินการ ทั้งในมิติด้านกฎหมาย มิติด้านสังคม ตลอดจนมิติด้านการบริหารจัดการด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม นโยบายของรัฐบาลที่ส่งเสริมแนวทางปฏิบัติที่ยั่งยืนและให้แรงจูงใจทางการเงินมีความสำคัญต่อการส่งเสริมนวัตกรรมในการจัดการมูลฝอย ชุมชน (Afshari et al., 2024) ซึ่งมีแนวทางในการเปลี่ยนกระบวนทัศน์ (Paradigm shift) จากเศรษฐกิจแบบเส้นตรง ให้กลายเป็นเศรษฐกิจหมุนเวียนซึ่งให้ความสำคัญกับการหมุนเวียนใช้ทรัพยากรและพลังงานให้อยู่ในระบบนานที่สุด โดยไม่ให้เกิดของเสียหรือเกิดของเสียน้อยที่สุดการเปลี่ยนไปใช้หลักการเศรษฐกิจหมุนเวียนสามารถนำไปสู่การประหยัดต้นทุน นวัตกรรม และการสร้างงานในขณะเดียวกันก็จัดการกับความท้าทายด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากวิธีการกำจัดมูลฝอยแบบดั้งเดิม (Aiguobarueghian et al., 2024)) ด้วยหลักการ “Multiple Rs” มาใช้นอกเหนือจาก 3R แบบดั้งเดิม (Reduce Reuse Recycle) เช่น การปรับปรุง การผลิตใหม่ และการกู้คืน ซึ่งสามารถปรับปรุงกลยุทธ์การจัดการของเสีย การมีส่วนร่วมของชุมชนในท้องถิ่นในการแยกมูลฝอยและการรีไซเคิลสามารถเพิ่มปรับปรุงผลลัพธ์ด้านสาธารณสุขให้ดีขึ้นได้ (Wilson et al., 2024) การมุ่งเน้นให้ประชาชนปรับเปลี่ยนพฤติกรรมกรบริโภคที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการบริโภคอย่างยั่งยืน

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการจัดทำนโยบายในการจัดการมูลฝอยชุมชน ประกอบไปด้วย

1. สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของโลก ภูมิภาค และภายในประเทศ ตลอดจนสถานการณ์ทางการเมือง เศรษฐกิจ สังคม เทคโนโลยี สภาพแวดล้อม และกฎหมาย เป็นปัจจัยที่

ส่งผลกระทบต่อจัดการมูลฝอยของประเทศในอนาคตที่ต้องคำนึงถึงในการวางแผนงานและการกำหนดนโยบาย ซึ่งแผนระดับชาติทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ แผนการปฏิรูปประเทศ ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้มีการกำหนดเป้าหมายการจัดการมูลฝอยตั้งแต่ต้นทาง ถึงปลายทาง ด้วยเป้าหมาย 3R (Reduce, Reuse, Recycle) ผนวกกับการนำหลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย (PPP: Polluter Pays Principles) โดยการนำเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์มาใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งผู้ก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อสุขภาพของมนุษย์หรือสิ่งแวดล้อม มีกลไกกำกับดูแลการจัดการมูลฝอยและมลพิษอย่างเป็นระบบทั้งประเทศ ประกอบกับการพัฒนาและใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม สร้างการมีจิตสำนึกในการผลิตที่มีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมผู้บริโภคอย่างพอเพียงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ปรับปรุงกลไกเพื่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของประชาชน และภาคเอกชน ซึ่งมีความสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน รวมถึงมาตรการส่งเสริมและสนับสนุนความร่วมมือภาครัฐ ภาคเอกชนและภาคประชาชน ในการจัดการมูลฝอยตั้งแต่ต้นทาง และดำเนินการตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยเริ่มจากการส่งเสริมและให้ความรู้ในการลดปริมาณของเสียในภาคครัวเรือนและภาคธุรกิจ การนำกลับมาใช้ซ้ำ การคัดแยกมูลฝอยตั้งแต่ต้นทางเพื่อลดปริมาณและต้นทุนในการจัดการมูลฝอย

2. การขับเคลื่อนเศรษฐกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามแนวทาง BCG Model ด้วยการพัฒนาเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน-เศรษฐกิจสีเขียว (Bio-Circular-Green Economy) การดำเนินการตามเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development Goals, SDGs) และความร่วมมือระดับสากล เป็นโอกาสที่สนับสนุนให้เกิดการสร้างแรงจูงใจให้ทุกภาคส่วนมีความตระหนักในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะผู้ประกอบการได้นำแนวคิดไปประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมจัดการตามหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน ซึ่งมุ่งเน้นให้มีการใช้ทรัพยากรให้หมุนเวียนในระบบนานที่สุด เกิดของเสียน้อยที่สุด และใช้พลังงานสะอาดในการผลิต

3. การเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตใหม่ (New Normal) ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภค มีการซื้อสินค้าและอาหารแบบออนไลน์สูงเพิ่มขึ้นจนถึงในปัจจุบัน ทำให้ปริมาณของมูลฝอยพลาสติกจากบรรจภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น และการใช้น้ำภาชนะบรรจุภัณฑ์ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของมูลฝอยพลาสติกเช่นกัน ทำให้สัดส่วนปริมาณมูลฝอยในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ ในมิติด้านสังคมและวัฒนธรรม การเปลี่ยนแปลงของชุมชน แนวโน้มย้ายถิ่นฐาน ปริมาณประชากรแฝง และการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็วและมีแนวโน้มสูงขึ้นในอนาคต

4. การพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะนวัตกรรมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดแทนพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียว เทคโนโลยีรีไซเคิลและอัพไซเคิล เทคโนโลยีในการกำจัดมูลฝอย มีส่วนสนับสนุนให้มีทางเลือกในการจัดการมูลฝอยหลากหลายและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การจัดการมูลฝอยในชุมชนด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรมมีความสำคัญในการลดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอย สุขภาพและสิ่งแวดล้อมในระดับท้องถิ่นได้

5. กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยในปัจจุบัน ยังไม่ครอบคลุมการเสริมสร้างกลไกการควบคุมป้องกันการเกิดมูลฝอยตลอดวัฏจักรชีวิต รวมทั้งยังไม่สามารถกำกับ ควบคุม ดูแลให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นดำเนินการกำจัดมูลฝอยอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการตามอำนาจและหน้าที่ จำเป็นต้องมีการปรับปรุงกฎหมายที่บังคับใช้อยู่และ/หรือมีการพัฒนากฎหมายใหม่ให้มีความทันสมัยสอดคล้องกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลง ด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง สิ่งแวดล้อม และสามารถบังคับใช้ได้มีประสิทธิภาพ

6. การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน เพื่อให้การดำเนินงานด้านการจัดการมูลฝอยประสบผลสำเร็จและมีประสิทธิภาพ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐส่วนกลางที่กำหนดนโยบาย ออกกฎหมายและแนวทางการดำเนินงานต้องมีความชัดเจน ตลอดจนสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงาน และส่งเสริมให้ภาคเอกชนเข้ามาลงทุนหรือร่วมลงทุนดำเนินงานระบบจัดการมูลฝอย จังหวัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต้องสนับสนุนและส่งเสริมการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพ ภาครัฐ/ผู้ประกอบการต้องดำเนินงานตามนโยบายและให้การสนับสนุนด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม วางแผนขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิตตามหลักการ Extended Producer Responsibility (EPR) โดยการรับผิดชอบผลิตภัณฑ์ของตนเองภายหลังจากการบริโภคของประชาชน โดยอาจร่วมรับผิดชอบในการจ่ายค่าธรรมเนียมจัดการผลิตภัณฑ์ การเรียกคืนซากผลิตภัณฑ์ เพื่อนำกลับไปใช้ซ้ำ หรือกำจัดอย่างปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม หรือการปรับเปลี่ยนรูปแบบ การออกแบบและผลิตผลิตภัณฑ์ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ในบริบทของภาคประชาชนจะต้องดำเนินงานตามบทบาทหน้าที่ของตนเองในการลดปริมาณมูลฝอยและคัดแยกมูลฝอยตั้งแต่ต้นทาง

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจัดการมูลฝอยในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการจัดการมูลฝอยในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พบว่ามีปัจจัยในหลายระดับที่ส่งผลต่อพฤติกรรม ในที่นี้ผู้วิจัยได้นำปัจจัยกำหนดสุขภาพ (Determinant of Health : DOH) มาใช้ในการวิเคราะห์พบว่าการศึกษปัจจัยกำหนดสุขภาพเพื่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพอย่างแพร่หลายทั้งในและ

ต่างประเทศ เช่น การใช้แนวทางนิเวศวิทยาเชิงสังคมในการวิเคราะห์ปัญหาการใช้ประโยชน์จาก
มูลฝอยในเขตนครหลวง (Stovpets, 2020) การศึกษาชุมชนและการมีส่วนร่วมในการจัดการมูลฝอย
อย่างยั่งยืนในประเทศฟิลิปปินส์ (Sewak et al., 2021) โดยประยุกต์ใช้นิเวศวิทยาเชิงสังคมในการศึกษา
ผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมจัดการมูลฝอยที่ไม่ดีเชื่อมโยงกับปัจจัยทั้งหมดภายในระบบนิเวศน์
และสังคม ในขณะที่ปัจจัยระดับบุคคล เช่น ความประมาทเลินเล่อ ความรับผิดชอบส่วนบุคคล
การขาดความภาคภูมิใจของพลเมือง และการขาดความตระหนักเป็นสาเหตุของพฤติกรรมต่อต้าน
สิ่งแวดล้อม ปัจจัยเชิงโครงสร้าง เช่น ความไม่เพียงพอต่อการบริการ รวบรวมมูลฝอยและ
โครงสร้างพื้นฐานที่ไม่เพียงพอส่งผลให้อัตราการรีไซเคิลต่ำ จะเห็นได้ว่าการประยุกต์ใช้ทฤษฎีที่
หลากหลายมาเป็นแนวทางในการป้องกันปัญหาสุขภาพได้ในทุกระดับ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลง
พฤติกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ
พฤติกรรมจัดการมูลฝอย ซึ่งมีการใช้โมเดลและทฤษฎีที่หลากหลายในการศึกษาปัจจัย เช่น
โมเดลนิเวศวิทยาเชิงสังคม ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน (Theory of Planned Behavior) การวิเคราะห์
สาเหตุของพฤติกรรมเกี่ยวกับ ปัจจัยนำ ปัจจัยเสริม และปัจจัยเอื้อ (PRECEDE) จึงสรุปได้ดัง
ตัวอย่างในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมจัดการมูลฝอย

ผู้แต่ง / พ.ศ.	ปัจจัย ส่วนบุคคล	ความรู้	ทัศนคติ	ความ ตระหนัก	การรับรู้ ข้อมูล ข่าวสาร	แรง สนับสนุน ทางสังคม	การรับรู้ ตนเอง	การมี ส่วนร่วม	แรงจูงใจ	การได้รับ ผลประโยชน์
นันทิยา ทองวัฒนวงศ์ (2554)	✓				✓			✓	✓	
ธิดา ฉันทศิริรัตน์ (2555)	✓									
ปภาวรินทร์ นาจำปา (2557)	✓									
สุพรทิพย์ จันทร์พิงสุข (2558)	✓	✓	✓			✓		✓		
สุกัญญา บุญวรสถิต (2558)	✓					✓	✓			
พริมาดา ถลองชัยสิทธิ์ (2558)	✓							✓		
ประภาพร แก่นจันทร์ และคณะ (2558)	✓				✓			✓		
ทศพร อารณพงษ์ (2559)	✓									
คำหวั่ง ไหมม่วงษ์ และคณะ (2561)	✓	✓			✓			✓		✓

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ผู้แต่ง / พ.ศ.	ปัจจัย ส่วนบุคคล	ความรู้	ทัศนคติ	ความ ตระหนัก	การรับรู้ ข้อมูล ข่าวสาร	แรง สนับสนุน ทางสังคม	การรับรู้ ตนเอง	การมี ส่วนร่วม	แรงจูงใจ	การได้รับ ผลประโยชน์
จักรพันธ์ เพ็ชรภูมิ และคณะ (2561)	✓	✓			✓	✓		✓		
ประสาท รุจิรัตน์ (2561)	✓				✓					
สมศักดิ์ ทะนวนรัมย์ และคณะ (2561)										✓
พิรพล ไทยทอง (2562)	✓							✓		
ตรีรัก กินวงษ์ (2563)	✓		✓							
จิตินันท์ เทียบศรี (2563)	✓					✓	✓			
ภัสรา พ่วงประเสริฐ และคณะ (2563)	✓									
ศราวุฒิ ทับผดุง (2563)	✓	✓	✓			✓			✓	
จิตินันท์ เทียบศรี (2564)	✓	✓	✓		✓			✓		
Tubnonghee et al. (2022)	✓		✓		✓					
Solano-Pinto et al. (2020)	✓	✓								
Arkorful et al. (2021)	✓			✓						
Sewak et al. (2021)	✓	✓					✓	✓	✓	
Robat et al. (2021)	✓	✓							✓	
รวมความถี่	22	8	5	1	7	5	3	9	4	2

หมายเหตุ ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ รายได้ จำนวนสมาชิกในครอบครัว
ลักษณะที่อยู่อาศัย ระยะเวลาที่อาศัยในชุมชน ประสบการณ์ทำงาน

จากตารางที่ 10 การศึกษาทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการจัดการมูลฝอยนั้นขึ้นอยู่กับทฤษฎีและรูปแบบที่ใช้ในการศึกษา เช่น การตัดสินใจ การประเมินผล สภาพแวดล้อมทางสังคม นโยบาย และการมีส่วนร่วม โดยเฉพาะปัจจัยส่วนบุคคลและการมีส่วนร่วมที่ส่งผลต่อความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมเชิงบวก ผู้ที่มีความรู้มากมักมีทัศนคติดีและพฤติกรรมที่เหมาะสมในการจัดการมูลฝอย ปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลรวมถึงแรงจูงใจ การรับรู้ข้อมูล อาชีพ และอายุ นอกจากนี้ ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลยุทธ์ชุมชนและมาตรการควบคุมเพื่อ

ส่งเสริมพฤติกรรมร่วมในการจัดการมูลฝอย การเข้าใจปัจจัยเหล่านี้จะช่วยให้สามารถวางแผนและดำเนินการรณรงค์เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมที่ดีในการจัดการน้ำกากอามัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บริบทเทศบาลตำบลทับมา

ตำบลทับมา อำเภอเมือง จังหวัดระยอง เป็นส่วนหนึ่งของโครงการระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (EEC) ซึ่งครอบคลุมจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง เพื่อพัฒนาเป็นเขตเศรษฐกิจชั้นนำของเอเชีย โดยมีมุ่งยกระดับโครงสร้างพื้นฐาน อำนวยความสะดวกและสิทธิประโยชน์แก่นักลงทุน สนับสนุนอุตสาหกรรมเทคโนโลยีขั้นสูงและการท่องเที่ยว อีกทั้งตำบลทับมายังถูกกำหนดให้เป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ โดยให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้อุตสาหกรรมสามารถอยู่ร่วมกับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

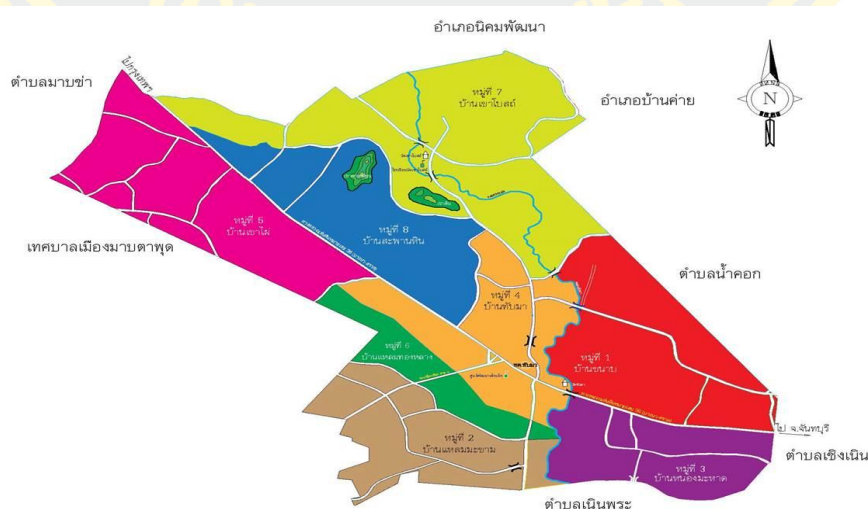
1. ที่ตั้งและอาณาเขต

ตำบลทับมามีการปกครองแบ่งเป็น 8 ชุมชน จัดตั้งเป็นเทศบาลตำบลทับมาตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เมื่อวันที่ 25 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2551 มีเนื้อที่ประมาณ 29.24 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 8,275 ไร่ มีอาณาเขตพื้นที่ติดต่อ

ทิศเหนือ ติดต่อเขต เทศบาลตำบลมาบตาพุด อำเภอนิคมพัฒนา องค์การบริหารส่วนตำบลหนองตะพาน อำเภอบ้านค่าย

ทิศตะวันออก ติดต่อเขต เทศบาลตำบลน้ำคอก, เทศบาลตำบลเชิงเนิน อำเภอเมืองระยอง
ทิศตะวันตก ติดต่อเขต เทศบาลเมืองมาบตาพุด อำเภอเมืองระยอง เทศบาลตำบลมาบตาพุด อำเภอนิคมพัฒนา

ทิศใต้ ติดต่อเขต เทศบาลตำบลเนินพระ อำเภอเมืองระยอง



ภาพที่ 14 แผนที่แบ่งเขตเทศบาลตำบลทับมา

2. ประชากร

จากข้อมูลประชากรเทศบาลตำบลทับมา มีจำนวนทั้งหมด 25,160 คน มีจำนวนครัวเรือน 17,205 ครัวเรือน เป็นเพศชาย 12,498 คน และ เพศหญิง 12,662 คน เมื่อพิจารณาแยกตามช่วงอายุ พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงวัยทำงาน อายุ 41 – 50 ปี รองลงมาคือช่วงอายุ 31 – 40 ปี (ข้อมูลโดยงานทะเบียนราษฎรเทศบาลตำบลทับมา ณ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2564) ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ข้อมูลจำนวนประชากรเทศบาลตำบลทับมาแยกตามหมู่บ้าน

ชุมชน	จำนวนครัวเรือน	ชาย	หญิง	จำนวนประชากรทั้งหมด
1. ชุมชนบ้านขนาน หมู่ที่ 1	1,219	885	887	1,772
2. ชุมชนบ้านแหลมมะขาม หมู่ที่ 2	4,575	3,240	3,294	6,534
3. ชุมชนบ้านหนองมะหาด หมู่ที่ 3	4,136	3,097	3,182	6,279
4. ชุมชนบ้านทับมา หมู่ที่ 4	2,821	1,851	1,934	3,785
5. ชุมชนบ้านเขาไผ่ หมู่ที่ 5	1,208	758	735	1,493
6. ชุมชนบ้านแหลมทองกลาง หมู่ที่ 6	1,895	1,537	1,487	3,024
7. ชุมชนบ้านเขาโบสถ์ หมู่ที่ 7	927	865	854	1,719
8. ชุมชนบ้านสะพานหิน หมู่ที่ 8	424	265	289	554
รวม	17,205	12,498	12,662	25,160

3. นโยบายของเทศบาลตำบลทับมา

วิสัยทัศน์ของเทศบาลคือ "บริหารยึดหลักธรรมาภิบาล บริการประทับใจ ห่วงใย สิ่งแวดล้อม ส่งเสริมการศึกษา พัฒนาเศรษฐกิจพอเพียง พร้อมสู่อาเซียน" โดยมีพันธกิจในการส่งเสริมการปกครองระบอบประชาธิปไตย พัฒนาระบบสาธารณสุข โครงสร้างพื้นฐาน แหล่งน้ำ และคุณภาพชีวิตประชาชน รวมถึงการอนุรักษ์วัฒนธรรมท้องถิ่น ยุทธศาสตร์การพัฒนาพื้นที่ ประกอบด้วย การพัฒนาการเมือง โครงสร้างพื้นฐาน สังคมและคุณภาพชีวิต การศึกษา เศรษฐกิจ และการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตประชาชน

4. โครงการ ROSES

จากสถิติปี พ.ศ. 2557–2559 ปริมาณมูลฝอยในตำบลทับมาเพิ่มขึ้นกว่า 1,000 ตันต่อปี ส่งผลให้มีค่าดำเนินการเก็บและกำจัดมูลฝอยมากกว่า 2 ล้านบาทต่อปีและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ประเภทมูลฝอยส่วนใหญ่คือมูลฝอยทั่วไปและมูลฝอยอินทรีย์ ด้วยเหตุนี้ เทศบาลตำบลทับมาจึงจัดทำแผนแก้ไขปัญหามูลฝอย ตั้งแต่ปี 2557 โดยใช้กระบวนการ "ROSES" ส่งเสริมให้มีการทำงาน

เชิงรุกโดยสร้างจิตสำนึกและการมีส่วนร่วมของประชาชน ในการคัดแยกมูลฝอยจากต้นทาง มีเป้าหมายเพื่อให้เป็นชุมชนปลอดมูลฝอย ทำให้เกิดความสะดวกเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง ลดรายจ่าย เพิ่มรายได้แก่ประชาชน

4.1 กระบวนการในการดำเนินงาน

กระบวนการในการบริหารจัดการมูลฝอยชุมชนโดยใช้กระบวนการ “ROSES” เป็นโครงการนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการมูลฝอยในชุมชน ตั้งแต่ครัวเรือนจนถึงการกำจัดมูลฝอย และการรักษาความสะดวกและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง โดยใช้กระบวนการ “ROSES” ให้เป็นแนวทางปฏิบัติแก่ประชาชน ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 กิจกรรมตามรูปแบบกระบวนการ ROSES

กระบวนการ “ROSES”	วิธีการ	กิจกรรมที่เกิดขึ้น
R = Reduce	ใช้หลัก 3R Reduce = ลดก่อนใช้ Reuse = ใช้ซ้ำ Recycle = นำกลับมาใช้ใหม่	Reduce = ลดก่อนใช้ - การใช้ถุงผ้า, ลดการใช้ถุงพลาสติก Reuse = ใช้ซ้ำ - บริจาคเสื้อผ้า หนังสือลังกระดาษ ไม่ใช่แล้ว - นำเสื้อผ้าไม่ใช่แล้วมาทำผ้าอู้น - นำเครื่องใช้ไฟฟ้ามาซ่อมและบริจาค Recycle = นำกลับมาใช้ใหม่ - คัดแยกมูลฝอยในครัวเรือน ไปขายสร้างรายได้ ครัวเรือนและหมู่บ้าน - นำมูลฝอย Recycle แลกไข่
O = Organic	แยกมูลฝอยอินทรีย์ ลด ปริมาณมูลฝอยอินทรีย์ และ ส่งเสริมการนำมูลฝอย อินทรีย์ไปใช้ประโยชน์	- การจัดการมูลฝอยอินทรีย์ในครัวเรือน ด้วยถังหมักมูล ฝอยถังหมักไทย - นำมูลฝอยอินทรีย์มาหมักทำน้ำหมักชีวภาพ ทำปุ๋ยหมัก ใช้ในครัวเรือน และขายสร้างรายได้
S = Selling	การนำมูลฝอยที่มีการคัด แยกมาขายสร้างรายได้ ครัวเรือน/หมู่บ้าน/ชุมชน	- กิจกรรมธนาคารมูลฝอยยิ้ม เป็นกิจกรรมส่งเสริมให้ สมาชิกคัดแยกมูลฝอยรีไซเคิล เพื่อขายผ่านธนาคาร มูลฝอยยิ้ม ขายให้ร้านรับซื้อ นำมาบริจาคในกิจกรรมผ้าป่า มูลฝอย

ตารางที่ 12 (ต่อ)

กระบวนการ	วิธีการ	กิจกรรมที่เกิดขึ้น
“ROSES”		
E = Eject	การคัดทิ้ง กำจัดออก มูลฝอยอันตราย มูลฝอยติดเชื้อ	- กิจกรรมการคัดแยก มูลฝอยติดเชื้อ และมูลฝอยอันตราย - จุฬารวมมูลฝอยอันตรายชุมชน” ทั้งหมด 22 แห่ง
S = Smiling bin	ถังมูลฝอยยิ้ม ดำเนินการถนนปลอดถัง มูลฝอย	- กิจกรรมชุมชน/หมู่บ้านปลอดถังมูลฝอย

เทศบาลตำบลทับมา มีกระบวนการจัดการขยะมูลฝอย เริ่มตั้งแต่ต้นทาง ที่ใช้กระบวนการ ROSES ที่มุ่งเน้นการคัดแยกขยะ ลดปริมาณ และส่งเสริมพฤติกรรมที่ถูกต้อง กลางทาง ที่พัฒนาระบบเก็บขยะให้มีการแยกประเภทและจัดเก็บขยะอันตรายอย่างเหมาะสม และ ปลายทาง ที่รวบรวมและกำจัดขยะตามหลักสุขาภิบาลที่ศูนย์กำจัดขยะครบวงจรจังหวัดระยอง ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 รูปแบบการจัดการมูลฝอยของเทศบาลตำบลทับมา

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Analysis) ซึ่งมีรูปแบบในการวิจัยที่ซับซ้อน เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถตอบวัตถุประสงค์และปัญหาของงานวิจัยได้ ประกอบด้วย การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative analysis) และการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) ร่วมกัน ในระยะต่าง ๆ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ เพื่อสร้างรูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่มีประสิทธิภาพตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำโดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่อเป็นการป้องกันและควบคุมการแพร่กระจายของโรคที่อาจเกิดจากน้ำกากอเนามัยแบบใช้แล้วทิ้งอย่างไม่ถูกวิธี ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน สิ่งแวดล้อม สังคม และหาวิธีที่นำน้ำกากอเนามัยแบบใช้แล้วทิ้งเหล่านี้มาแปรรูปให้สอดคล้องกับแนวทาง Circular Economy การวิจัยนี้จะใช้แนวทางของการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้คาดการณ์และประเมินความเสี่ยงหรือผลกระทบต่อสุขภาพ โดยการมีส่วนร่วมของประชาชนและผู้มีส่วนได้เสีย เพื่อให้ได้แนวทางการจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ถือเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดการอเนามัยสิ่งแวดล้อม โดยกระบวนการวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกลั่นกรอง และกำหนดเป้าหมาย (HIA: 1. Public Screening) เพื่อให้ทราบเกี่ยวกับสถานการณ์ ปัญหาของการจัดการมูลฝอยน้ำกากอเนามัย แบ่งออกเป็น 4 ข้อย่อย ได้แก่

- 1.1 การศึกษาปริมาณองค์ประกอบของมูลฝอยชุมชนที่มีน้ำกากอเนามัยแบบใช้แล้วทิ้งปนเปื้อนอยู่
- 1.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยน้ำกากอเนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง
- 1.3 การสำรวจมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนามัยตามเส้นทางที่กำหนดครอบคลุมพื้นที่ตำบลทับมา
- 1.4 การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ และการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารเทศบาลตำบลทับมา

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดขอบเขต (HIA: 2. Public Scoping) เพื่อพัฒนารูปแบบนวัตกรรมจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน แบ่งออกเป็น 3 ข้อย่อย ได้แก่

2.1 การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ ในการกำหนดรูปแบบการจัดการน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนในพื้นที่ตำบลทับมา

2.2 การนำข้อมูลฟอยน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งด้วยระบบ AOP

2.3 การสร้างผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียนจากน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งและการทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินผล (HIA: 3. Assessing) เพื่อประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ของผลิตภัณฑ์จากน้ำกากอนามัยและรูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง แบ่งออกเป็น 5 ข้อย่อย ได้แก่

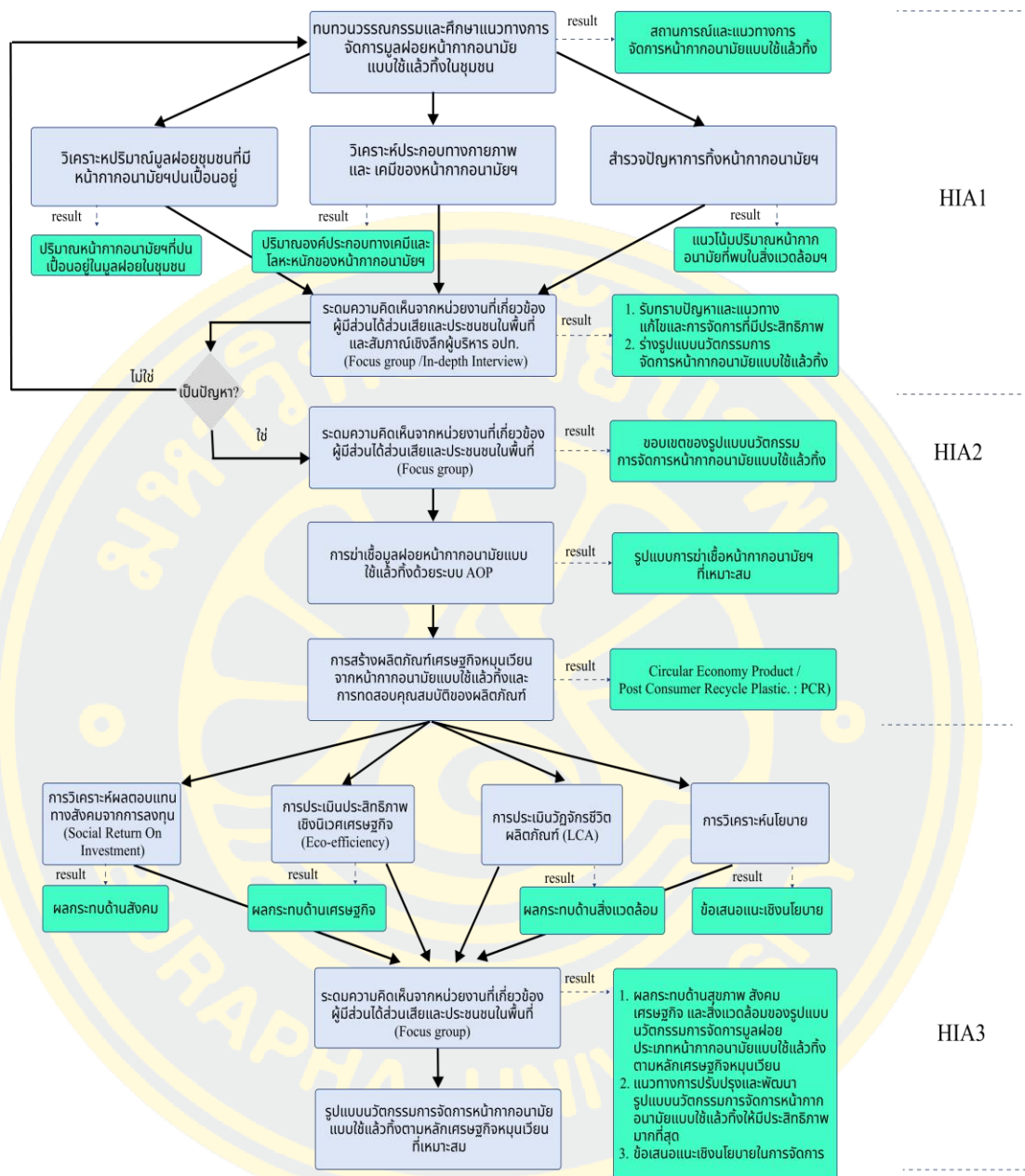
3.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA)

3.2 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency)

3.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Social Return on Investment)

3.4 การวิเคราะห์นโยบาย

3.5 การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ เพื่อประเมินรูปแบบการจัดการน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง และจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย



ภาพที่ 16 กระบวนการวิจัยตามแนวทางของการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

การกลั่นกรอง และกำหนดเป้าหมาย (HIA: 1. Public Screening)

1. การศึกษาปริมาณองค์ประกอบของมูลฝอยชุมชนที่มีหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งปนเปื้อนอยู่

1.1 การคัดแยกองค์ประกอบทางกายภาพมูลฝอยทั่วไปที่มีหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งปนเปื้อนอยู่

1) การเก็บตัวอย่าง

- ใช้หลักเกณฑ์วิธีการคัดแยกองค์ประกอบมูลฝอยชุมชน ณ สถานที่กำจัดมูลฝอย พ.ศ. 2565 ลงวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2564 (กรมควบคุมมลพิษ, 2564) การสุ่มตัวอย่างเพื่อคัดแยกองค์ประกอบมูลฝอยในสถานที่กำจัดมูลฝอย
- สุ่มตัวอย่างในสถานที่กำจัดมูลฝอย โดยจะต้องตรวจสอบ ข้อมูลรถเก็บขนมูลฝอย ที่ให้นำมูลฝอยมากำจัดว่าเป็นรถที่จัดเก็บในเขตเมือง ไม่ใช่เป็นรถที่จัดเก็บเฉพาะแหล่ง เช่น เก็บเฉพาะตลาดสดแห่งเดียว หรือศูนย์การค้า เป็นต้น
- ในการสุ่มตัวอย่างจากรถแต่ละคัน จะต้องดำเนินการให้ถูกต้องเพื่อจะได้เป็นตัวแทนที่เหมาะสม
- การสุ่มตัวอย่างแต่ละชุด จะต้องทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง



ภาพที่ 17 ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบของมูลฝอย

2) การเก็บรวบรวมข้อมูล

- กำหนดช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง ที่เป็นตัวแทนในช่วงวันธรรมดา และวันหยุดเสาร์ - อาทิตย์หรือวันหยุดนักขัตฤกษ์
- จำนวน 2 ครั้งต่อปี ประกอบด้วย ฤดูฝน (พฤษภาคม – ตุลาคม) และฤดูแล้ง (มกราคม - เมษายน หรือ พฤศจิกายน - ธันวาคม) หรือตามช่วงเวลาที่กรมอุตุนิยมวิทยาได้ประกาศกำหนดในปีนั้น
- พิจารณากำหนดประเภทขององค์ประกอบมูลฝอย จำนวน 5 ประเภท ได้แก่ มูลฝอยรีไซเคิล (รวมหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง) มูลฝอยย่อยสลายได้ มูลฝอยอันตราย มูลฝอยติดเชื้อ และมูลฝอยอื่น ๆ ที่แยกประเภทไม่ได้ เช่น ถั่ว เศษอาหารที่ไม่สามารถคัดแยกได้ ก้อนหิน กรวด ทราย ดิน เซรามิก กระเบื้อง ปูนพลาสติก ฝ้ายอ้อม ฝ้ายอนามัย ทิชชู ฝุ่น ฯลฯ

3) เครื่องมือในการวิจัย

แบบฟอร์มและตารางบันทึกเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบมูลฝอย (ภาคผนวก ก)

4) การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ การแจกแจงความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

1.2 การคำนวณหาความหนาแน่นของมูลฝอย

ความหนาแน่นปกติ (Bulk Density) หมายถึง ค่าความหนาแน่นมูลฝอยในภาชนะเก็บรวบรวมมูลฝอยที่ประชาชนนำมาทิ้งในถังรองรับที่เทศบาลจัดเตรียมไว้ ซึ่งตามปกติจะมีการอัดให้แน่นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.1)

$$\text{ความหนาแน่นของมูลฝอย} = \frac{\text{น้ำหนักมูลฝอยที่ชั่งได้ (กิโลกรัม)}}{\text{ปริมาตรของภาชนะบรรจุ (ลบ.ม.)}} \quad (3.1)$$

1.3 การคำนวณหาอัตราการเกิดมูลฝอย

อัตราการเกิดมูลฝอย ซึ่งหมายถึง อัตราการผลิตมูลฝอยต่อหน่วยประชากรต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ภาวะการผลิตมูลฝอยภายในพื้นที่นั้น ๆ ในการคำนวณหาอัตราการเกิดมูลฝอย ณ สถานที่กำจัดมูลฝอยของ เทศบาลตำบลทับมา สามารถหาได้จาก น้ำหนักของมูลฝอย ณ บริเวณที่กำจัดในแต่ละวัน (ปริมาณมูลฝอยที่รถเก็บขนมูลฝอยนำมากำจัด ณ สถานที่กำจัด) หารด้วยจำนวนประชากรของเมืองที่ให้บริการ สมการที่ (3.2)

$$\text{อัตราการเกิดมูลฝอย} = \frac{\text{น้ำหนักมูลฝอยที่ขังได้ (กิโลกรัม/วัน)}}{\text{จำนวนประชากรที่ได้รับบริการเก็บขนมูลฝอย (คน)}} \quad (3.2)$$

1.4 การคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรในอนาคต

การนำข้อมูลสถิติจำนวนประชากรย้อนหลัง 10 ปีมาใช้ในสมการนี้จะช่วยให้เราสามารถคำนวณได้ว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรเป็นเชิงเส้นตรงหรือเป็นไปในทิศทางใด และสามารถนำมาใช้ในการคาดการณ์ประชากรในอนาคตในช่วง 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ปีข้างหน้าได้โดยพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ได้จากสมการที่ (3.3) โดยมีอัตราการเพิ่มของประชากร (r) ในปี พ.ศ. 2565 อยู่ที่ 0.6 % (โดยใช้ข้อมูลประชากรตำบลทับมาปี พ.ศ. 2560 เป็นปีฐาน)

$$P_n = P_0 (1+r)^n \quad (3.3)$$

เมื่อ P_n = จำนวนประชากรปีที่ n
 P_0 = จำนวนประชากรในปีปัจจุบันหรือปีที่เริ่มต้นการคำนวณ (คน)
 r = อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของประชากร
 n = ช่วงเวลาที่ต้องการคำนวณการเปลี่ยนแปลงจากปัจจุบัน (ปี)

1.5 การคำนวณหาปริมาณมูลฝอยในอนาคต

การคาดการณ์ปริมาณมูลฝอยในอนาคตสามารถทำได้โดยใช้ข้อมูลเชิงสถิติเกี่ยวกับประชากรและอัตราการเกิดมูลฝอย เพื่อคำนวณหาปริมาณมูลฝอยที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตโดยประมาณ ดังสมการที่ (3.4)

$$\text{ปริมาณมูลฝอยปีที่ } n \text{ (ตัน)} = (\text{จำนวนประชากรปีที่ } n) \times (\text{อัตราการเกิดมูลฝอยในปีที่ } n) \quad (3.4)$$

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

2.1.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะมูลฝอยทางเคมี (Chemical Characteristic)

1) การเก็บตัวอย่าง

โดยใช้ตัวอย่างจากการสุ่มหน้ากากอนามัยที่ได้เก็บรวบรวมได้จากการคัดแยกองค์ประกอบของมูลฝอยชุมชนในปริมาณ 100 กรัม จำนวน 2 ครั้งในการนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยแต่ละตัวอย่างจะทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

องค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยจะถูกนำไปใช้ในการออกแบบทางวิศวกรรม เช่น การเผาในเตาเผา การคำนวณหาปริมาณก๊าซที่เกิดจากหลุมฝังกลบหรือแม้แต่การทำปุ๋ยหมักจากมูลฝอย องค์ประกอบหลักที่จะต้องทำการวิเคราะห์ คือ คาร์บอน (C) นอกจากนั้นค่าความร้อนของมูลฝอยจำเป็นอย่างมากเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบเตาเผา ในส่วนลักษณะทางด้านเคมีทำการวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ pH ความชื้น (Moisture Content) และปริมาณของแข็งรวม (Total Solids) ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Solids) ค่าความร้อนในการเผาไหม้ (Heat content) เถ้า (Ash) โลหะหนัก Toxic Substance (Heavy Metal) ได้แก่ อะลูมิเนียม (Al) ตะกั่ว (Pb)ปรอท (Hg) แคดเมียม (Cd) นิกเกิล (Ni) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) แมกนีเซียม (Mg) แมงกานีส (Mn) ศึกษาค่าความร้อน (Heat Content: Gross Calorific Value) โดยแคลอริมิเตอร์แบบบอมบ์ (Bomb calorimeter) ด้วยวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D240-19 การหาปริมาณโลหะหนักโดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer ด้วยวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน EPA Method 7010

2.1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids)

1) การเก็บตัวอย่าง

โดยใช้ตัวอย่างจากการสุ่มหน้ากากอนามัยที่ได้เก็บรวบรวมได้จากการคัดแยกองค์ประกอบของมูลฝอยชุมชนในปริมาณ 100 กรัม จำนวน 2 ครั้งในการนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยแต่ละตัวอย่างจะทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

2) การวิเคราะห์

โดยการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่เป็นส่วนประกอบของมูลฝอยที่คงเหลืออยู่เมื่อไอน้ำออกไปจนหมดแล้ว ใช้วิธีอบแห้ง (Gravimetric Method หรือ Drying Method) ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (ชเรศ ศรีสถิต, 2558)

2.1.3 การวิเคราะห์โครงสร้างพอลิเมอร์ของหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

1) การเก็บตัวอย่าง

โดยใช้ตัวอย่างจากการสุ่มหน้ากากอนามัยที่ได้เก็บรวบรวมได้จากการคัดแยกองค์ประกอบของมูลฝอยชุมชนในปริมาณ 100 กรัม จำนวน 2 ครั้งในการนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยแต่ละตัวอย่างจะทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

2) การวิเคราะห์

การวิเคราะห์โครงสร้างพอลิเมอร์ของหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ด้วยวิธี

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ชนิด ATR (Attenuated Total Reflectance)

วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM E1252-98(2021)

2.1.4 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน (Thermogravimetric analysis: TGA)

1) การเก็บตัวอย่าง

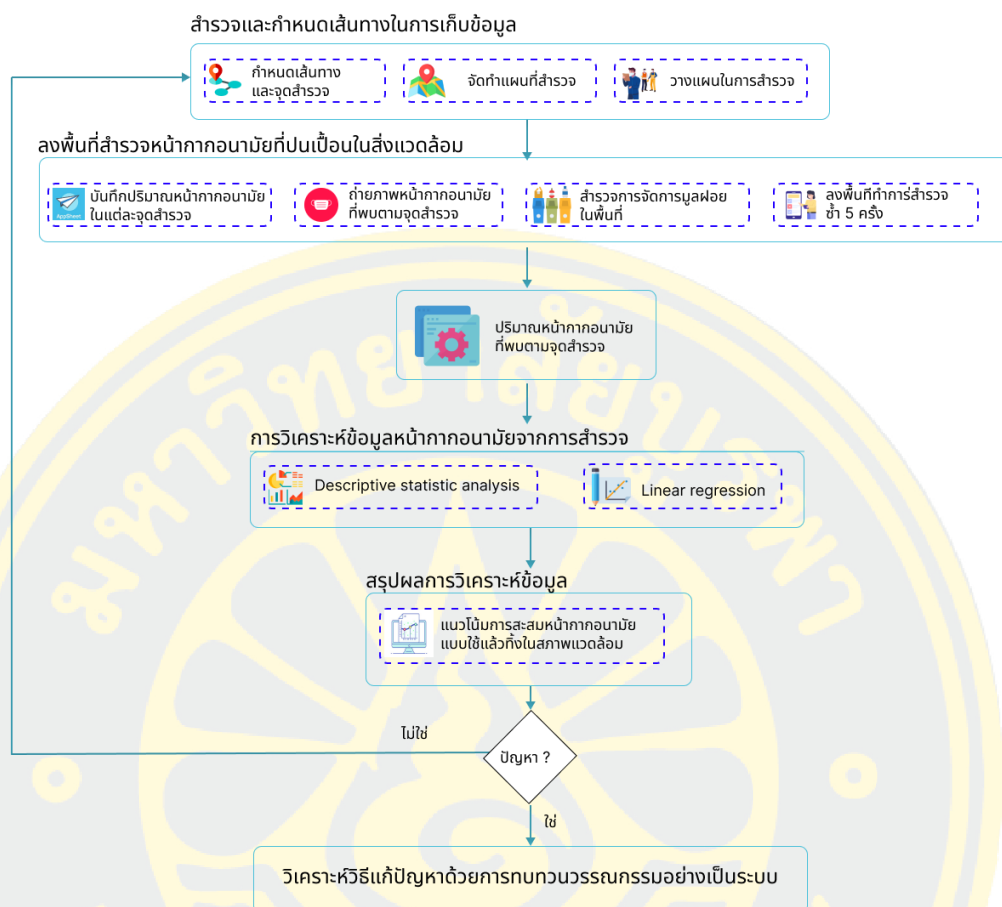
โดยใช้ตัวอย่างจากการสุ่มหน้ากากอนามัยที่ได้เก็บรวบรวมได้จากการคัดแยกองค์ประกอบของมูลฝอยชุมชนในปริมาณ 100 กรัม จำนวน 2 ครั้งในการนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยแต่ละตัวอย่างจะทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

2) การวิเคราะห์

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน ด้วยเครื่องวิเคราะห์สมบัติการเปลี่ยนแปลงเชิงน้ำหนักด้วยความร้อน (TGA PT1000) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ISO 11358-1:2014

3. การสำรวจมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยตามเส้นทางที่กำหนดครอบคลุมพื้นที่ตำบลทับมา

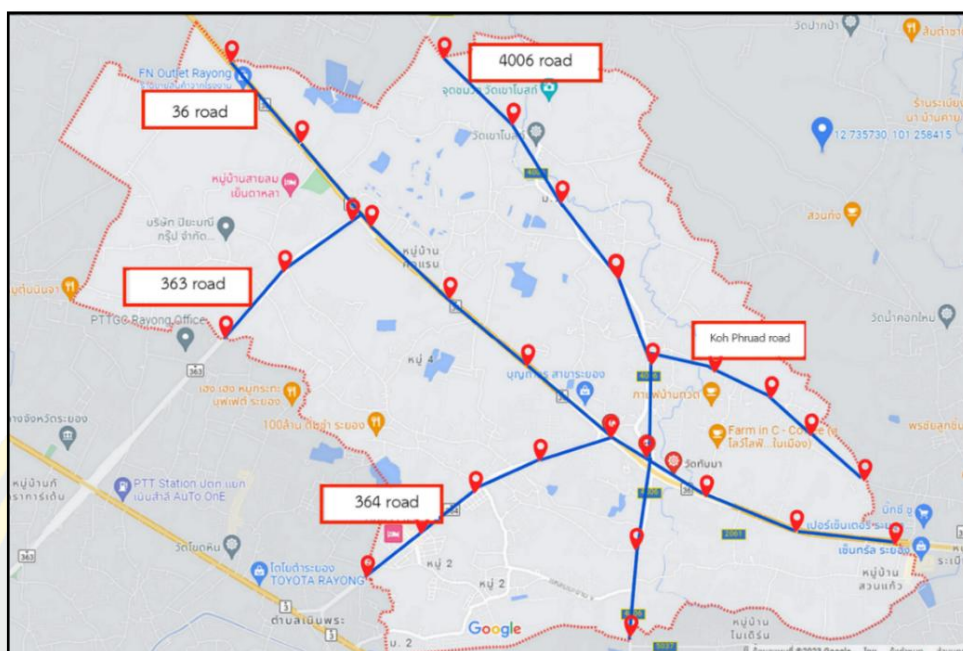
การสำรวจพื้นที่ในเทศบาลตำบลทับมา อำเภอเมือง จังหวัดระยอง เพื่อสำรวจปัญหาการทิ้งหน้ากากอนามัย และสำรวจจุดตั้งวางถังมูลฝอยติดเชื้อของเทศบาล ตามเส้นทางหลักในพื้นที่ตำบลทับมา โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังแสดงในแผนภาพ



ภาพที่ 18 ขั้นตอนการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ตำบลทับมา

3.1 การเลือกเส้นทางการศึกษา

วางแผนการสำรวจเส้นทางทั้งหมด 5 เส้นทาง ได้แก่ ถนนสาย 36 ถนนสาย 363 ถนนสาย 4006 ถนนสาย 364 และถนนเกาะพรวด รวม 29 จุด ระยะทาง 23.48 กิโลเมตร ครอบคลุมทั้ง 8 ชุมชน ดังแสดงในตาราง และภาพดังนี้



ภาพที่ 19 จุดสำรวจปริมาณน้ำจากอนามัยบนถนนสาย 36, 363, 364, 4006 และเกาะพรวด ในพื้นที่ตำบลทับมา

ตารางที่ 13 เส้นทางสำรวจชุมชนในตำบลทับมา

เส้นทางสำรวจ	จำนวนจุดสำรวจ	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ชุมชนที่ผ่าน
ถนนสาย 36	9	8.39	ม.8 ม.5 ม.4 ม.3
ถนนสาย 363	3	2.00	ม.5
ถนนสาย 364	5	3.01	ม.4 ม.6 ม.2
ถนนสาย 4006	8	7.06	ม.7 ม.4 ม.6 ม.2
ถนนเกาะพรวด	4	3.02	ม.1 ม.4
รวม	29	23.48	ม.1 - ม.8

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ลงพื้นที่สำรวจระยะเวลา 5 วัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ (วันจันทร์ วันพฤหัสบดี วันอาทิตย์ วันพุธ และวันเสาร์) กำหนดเส้นทางถนนหลักทั้ง 5 เส้นทางด้วยแผนที่ GPS พร้อมเครื่องมือในการเก็บข้อมูล โดยกำหนดระยะทางสำรวจในระหว่างทางทุก ๆ 1 กิโลเมตร พื้นที่ในการ

สำรวจจุดละ 100 ตารางเมตร โดยมีจุดสำรวจทั้งสิ้น 29 จุด ในแต่ละจุดทำการสำรวจทั้งสองข้างของถนน บริเวณหน้าอาคารบ้านเรือน พื้นที่กร้าง ลำคลองสาธารณะ และสถานที่ราชการต่าง ๆ เช่น วัด โรงเรียน เทศบาล บันทึกข้อมูลและถ่ายภาพการสำรวจในแต่ละจุด

3.3 เครื่องมือในการวิจัย

- กล้องถ่ายรูป
- แผนที่ GPS
- โปรแกรม App Sheet (ภาคผนวก ก)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงสถิติ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมในโปรแกรม App Sheet มาทำการวิเคราะห์แนวโน้ม โดย Linear Regression

4 การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ และการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารเทศบาลตำบลทับมา

การวิจัยในขั้นตอนนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยการสังเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ ในการวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไขให้สอดคล้องกับบริบทในพื้นที่จากข้อมูลขั้นต้น เพื่อนำมาเสนอในเวทีการระดมความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อวิเคราะห์สถานการณ์และแนวโน้มทิศทางการพัฒนาการจัดการปัญหามลพิษประเภทน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งร่วมกัน โดยมีรายละเอียดการวิจัย ดังนี้

4.1 วิธีการศึกษา

4.1.1 ประชากรและกลุ่มศึกษา

การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยคาดการณ์ผลกระทบต่อผู้เกี่ยวข้องในมิติต่าง ๆ ถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นและการมีผลต่อความสำเร็จหรือล้มเหลวจากการพัฒนาหรือโครงการที่จะนำมาใช้ ดังนั้น ข้อมูลจากการวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย จึงเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการมีส่วนร่วมสำหรับการพัฒนาหรือโครงการที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ตั้งแต่ขั้นตอนการริเริ่มการวางแผน การนำแผนไปสู่การปฏิบัติ และการติดตามผลการดำเนินงาน

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการศึกษานี้ หมายถึง บุคคล กลุ่มบุคคล หรือชุมชนที่เกี่ยวข้อง ที่ได้รับผลกระทบทั้งทางบวกและลบจากการนำรูปแบบการบริหารจัดการน้ำกากอนามัยที่ใช้แล้วมาถ่ายทอดและนำไปปฏิบัติ นอกจากนี้ยังมีความหมายครอบคลุมถึงบุคคลภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการตัดสินใจด้วย การจำแนกผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่

กลุ่มที่ 1 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก (Key stakeholders) คือ ผู้ซึ่งสามารถมีความสำคัญต่อความสำเร็จของโครงการโดยตรง และมีอิทธิพลโดยตรงต่อโครงการ เช่น ผู้บริหารองค์กร เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน หน่วยงานที่รับผิดชอบ

กลุ่มที่ 2 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียขั้นพื้นฐาน (Primary stakeholders) คือ บุคคลหรือกลุ่มบุคคล ผู้ซึ่งได้รับผลกระทบทางบวกหรือทางลบ จากกิจกรรมโครงการ หรือผลลัพธ์ของโครงการ เช่น ประชาชนในพื้นที่

กลุ่มที่ 3 ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียขั้นรอง (Secondary stakeholders) คือ ทุกหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องจากการดำเนินงานโครงการซึ่งไม่มีส่วนเกี่ยวข้องต่อโครงการโดยตรง เช่น ภาครัฐและภาคเอกชนที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการในพื้นที่

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การคัดเลือกผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้าร่วมปรึกษาหารืออย่างเป็นระบบ สามารถย้อนกลับตรวจสอบได้ จึงต้องได้นำรายชื่อของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหมดมาแยกประเภท 1, 2 และ 3 และดำเนินการคัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มแบบง่าย (Simple random) ตามจำนวนที่ต้องการในแต่ละประเภท สำหรับการพิจารณาระดับความสำคัญ และระดับการขึ้นนำ ได้ใช้หลักการประเมินแบบให้น้ำหนัก ตามลำดับจากน้อยไปหามาก (Rating scale) ดังตารางที่ 14 และ 15

ตารางที่ 14 ระดับความสำคัญและอำนาจการขึ้นนำ

ระดับ	คะแนน =1	คะแนน =2	คะแนน =3	คะแนน =4	คะแนน =5
ความสำคัญ	ไม่มี ความสำคัญ	สำคัญน้อย	สำคัญปาน กลาง	สำคัญมาก	สำคัญมากที่สุด
การขึ้นนำ	ไม่สามารถ ขึ้นนำ	อำนาจขึ้นนำ น้อย	อำนาจขึ้นนำ ปานกลาง	อำนาจขึ้นนำ มาก	อำนาจขึ้นนำ มากที่สุด

ตารางที่ 15 ระดับความสำคัญและอำนาจการขึ้นนำในแต่ละกลุ่ม

ระดับ	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
ความสำคัญ	5	5	3
การขึ้นนำ	5	4	3
รวม	10	9	6

แนวทางการกำหนดจำนวนโคกคามีส่วนได้ส่วนเสียในการปรึกษาหารือรูปแบบการบริหารจัดการหน้ากากอนามัยฯ หลังจากพิจารณาความสำคัญและระดับการขึ้นนำ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 จำนวน 6 คน ได้แก่ ข้าราชการการเมือง จำนวน 1 คน ข้าราชการส่วนท้องถิ่น จำนวน 1 คน กลุ่มผู้ปฏิบัติงาน ได้แก่ พนักงานจากส่วนงานที่เกี่ยวข้องของเทศบาล จำนวน 2 คน บริษัทเก็บขนมูลฝอย จำนวน 2 คน

กลุ่มที่ 2 จำนวน 10 คน ประกอบด้วย ผู้นำหมู่บ้านทั้ง 8 หมู่บ้าน ตัวแทนอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) 1 คน อาสาสมัครด้านสิ่งแวดล้อม 1 คน

กลุ่มที่ 3 จำนวน 4 คน ประกอบด้วย กลุ่มบริษัทเอกชน ได้แก่ บริษัทที่สนับสนุนเรื่องการจัดการมูลฝอยในชุมชน จำนวน 2 คน นักวิชาการ 1 คน

1) กลุ่มตัวอย่างในการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview)

- กลุ่มผู้บริหาร ได้แก่ ข้าราชการการเมือง จำนวน 1 คน ข้าราชการส่วนท้องถิ่น จำนวน 1 คน

2) กลุ่มตัวอย่างในการสนทนากลุ่มเฉพาะ (Focus group discussion) ประกอบด้วยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในเทศบาลตำบลทับมา จำนวน 18 คน ได้แก่

- กลุ่มผู้ปฏิบัติงาน ได้แก่ จำนวน 4 คน
- กลุ่มประชาชนในพื้นที่ จำนวน 10 คน
- กลุ่มบริษัทเอกชน ได้แก่ จำนวน 4 คน

โดยที่ผู้เข้าร่วมการสนทนากลุ่มเฉพาะ จะเป็นคนเดิมที่เข้าร่วมทั้ง 3 ขั้นตอนของ HIA คือ ขั้นตอนที่ 1 การคัดกรอง และกำหนดเป้าหมาย (HIA: 1. Public Screening) ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดขอบเขต (HIA: 2. Public Scoping) และขั้นตอนที่ 3 การประเมินผล (HIA: 3. Assessing)

การเข้าถึงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยหรือกลุ่มตัวอย่างนั้นเป็นกระบวนการที่สำคัญในการดำเนินงานวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลและผลลัพธ์ที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ ดังนั้นเกณฑ์การคัดเข้า-คัดออกที่ใช้เพื่อเข้าถึงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยหรือกลุ่มตัวอย่าง มีรายละเอียดดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างในการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview)

1.1 กลุ่มผู้บริหาร คือ ข้าราชการการเมือง จำนวน 1 คน

เกณฑ์ในการคัดเข้า ดังนี้

- 1) เป็นผู้ที่ดำรงตำแหน่งระดับบริหารในเทศบาลตำบลทับมา ไม่น้อยกว่า 4 ปี
- 2) เป็นผู้พักอาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ตำบลทับมา ไม่น้อยกว่า 4 ปี
- 3) ยินดีให้ความร่วมมือในการสัมภาษณ์เชิงลึก

เกณฑ์ในการคัดออก ดังนี้

- 1) อาสาสมัครมีคุณสมบัติไม่ตรงตามข้อกำหนด
- 2) อาสาสมัครปฏิเสธการเข้าสัมภาษณ์เนื่องจากไม่พร้อมเกิน 2 ครั้ง เช่น
วัน เวลา สถานที่
- 3) อาสาสมัครให้เวลาในการสัมภาษณ์จำกัด ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่ครบถ้วน
- 4) อาสาสมัครมีเหตุความจำเป็นอย่างสุดวิสัย เช่น สุขภาพ การย้ายงาน

กระทันหัน

1.2 ข้าราชการส่วนท้องถิ่น คือ หัวหน้าส่วนราชการที่มีอำนาจในการตัดสินใจ
และกำกับ ควบคุม ดูแลงานด้านสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม จำนวน 1 คน

เกณฑ์ในการคัดเลือก ดังนี้

- 1) เป็นผู้ที่ดำรงตำแหน่งระดับบริหารในเทศบาลตำบลทับมา ไม่น้อยกว่า 2 ปี
- 2) เป็นผู้พักอาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ตำบลทับมา ไม่น้อยกว่า 2 ปี
- 3) ยินดีให้ความร่วมมือในการสัมภาษณ์เชิงลึก

เกณฑ์ในการคัดออก ดังนี้

- 1) อาสาสมัครมีคุณสมบัติไม่ตรงตามข้อกำหนด
- 2) อาสาสมัครปฏิเสธการเข้าสัมภาษณ์เนื่องจากไม่พร้อมเกิน 2 ครั้ง เช่น
วัน เวลา สถานที่

- 3) อาสาสมัครให้เวลาในการสัมภาษณ์จำกัด ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่ครบถ้วน
- 4) อาสาสมัครมีเหตุความจำเป็นอย่างสุดวิสัย เช่น สุขภาพ การย้ายงาน

กระทันหัน

2. กลุ่มตัวอย่างในการสนทนากลุ่มเฉพาะ (Focus group discussion) ประกอบด้วย
ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในเทศบาลตำบลทับมา จำนวน 18 คน ได้แก่

2.1 กลุ่มผู้ปฏิบัติงาน ประกอบด้วย ข้าราชการกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม
ที่กำกับดูแลงานด้านมูลฝอย จำนวน 2 คน และเจ้าหน้าที่เก็บขนมูลฝอยที่รับผิดชอบพื้นที่ตำบลทับ
มา จำนวน 2 คน

เกณฑ์ในการคัดเลือก ดังนี้

1) เป็นผู้ที่ปฏิบัติงานในเทศบาลตำบลทับมา และเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ใน
งานด้านสาธารณสุข ไม่น้อยกว่า 2 ปี

2) เป็นผู้พักอาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ตำบลทับมา ไม่น้อยกว่า 2 ปี

3) ยินดีให้ความร่วมมือในการสนทนากลุ่มเฉพาะ

เกณฑ์ในการคัดออก ดังนี้

- 1) อาสาสมัครมีคุณสมบัติไม่ตรงตามข้อกำหนด
- 2) อาสาสมัครปฏิเสธการเข้าสัมภาษณ์เนื่องจากไม่พร้อมเกิน 2 ครั้ง เช่น

วัน เวลา สถานที่

- 3) อาสาสมัครใช้เวลาในการสัมภาษณ์จำกัด ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่ครบถ้วน
- 4) อาสาสมัครมีเหตุความจำเป็นอย่างสุดวิสัย เช่น สุขภาพ การย้ายงาน

กระทันหัน

2.2 กลุ่มประชาชนในพื้นที่ ประกอบด้วย ตัวแทนประชาชนในตำบลทับมา หมู่บ้านละ 1 คน จำนวน 8 คน (มีทั้งหมด 8 หมู่บ้าน) และตัวแทนอาสาสมัครในหมู่บ้าน (อถล. หรือ อสม.) จำนวน 2 คน

เกณฑ์ในการคัดเลือก ดังนี้

- 1) เป็นผู้ที่อาศัยอยู่ในเทศบาลตำบลทับมาและมีทะเบียนบ้านอยู่ในตำบลทับมาไม่น้อยกว่า 4 ปี

- 2) เป็นผู้ที่ทำงานด้านจิตอาสาที่เกี่ยวข้องในด้านสาธารณสุข ไม่น้อยกว่า 2 ปี
- 3) ยินดีให้ความร่วมมือในการสนทนากลุ่มเฉพาะ

เกณฑ์ในการคัดออก ดังนี้

- 1) อาสาสมัครมีคุณสมบัติไม่ตรงตามข้อกำหนด
- 2) อาสาสมัครปฏิเสธการเข้าสัมภาษณ์เนื่องจากไม่พร้อมเกิน 2 ครั้ง เช่น

วัน เวลา สถานที่

- 3) อาสาสมัครใช้เวลาในการสัมภาษณ์จำกัด ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่ครบถ้วน
- 4) อาสาสมัครมีเหตุความจำเป็นอย่างสุดวิสัย เช่น สุขภาพ การย้ายงาน

กระทันหัน

2.3 กลุ่มบริษัทเอกชน ประกอบด้วย บริษัทเอกชนที่สนับสนุนงบประมาณ หรือมีโครงการด้านสิ่งแวดล้อมร่วมกับตำบลทับมา จำนวน 3 คน และนักวิชาการผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม จำนวน 1 คน

เกณฑ์ในการคัดเลือก ดังนี้

- 1) บริษัทเอกชนและโรงงานอุตสาหกรรม เป็นหน่วยงานที่เคยทำกิจกรรม หรือให้งบประมาณสนับสนุนร่วมกับเทศบาลตำบลทับมา ไม่น้อยกว่า 2 ปี

- 2) นักวิชาการ เป็นนักวิชาการของกระทรวงสาธารณสุข อาจารย์หรือนักวิจัยในสังกัดของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาหรือหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง ที่มีความรู้

หรือมีประสบการณ์ หรือมีความเกี่ยวข้องที่เคย/ ทำงานด้านการจัดการมูลฝอยชุมชนหรืออนามัยสิ่งแวดล้อม

3) ยินดีให้ความร่วมมือในการสนทนากลุ่มเฉพาะ
เกณฑ์ในการคัดออก ดังนี้

- 1) อาสาสมัครมีคุณสมบัติไม่ตรงตามข้อกำหนด
- 2) อาสาสมัครปฏิเสธการเข้าสัมภาษณ์เนื่องจากไม่พร้อมเกิน 2 ครั้ง เช่น

วัน เวลา สถานที่

- 3) อาสาสมัครให้เวลาในการสัมภาษณ์จำกัด ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่ครบถ้วน
- 4) อาสาสมัครมีเหตุความจำเป็นอย่างสุดวิสัย เช่น สุขภาพ การย้ายงาน

กระทันหัน

4.1.2 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

การตรวจสอบคุณภาพด้านความตรง (Validity) คือพิจารณาข้อคำถามที่สร้างขึ้นว่ามีความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาสาระของเครื่องมือกับเนื้อหาสาระของสิ่งที่ต้องการศึกษา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะเฉพาะกลุ่มพฤติกรรมนั้น โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of Item Objective Congruence) และคัดเลือกเฉพาะข้อคำถามที่มีค่าความตรง ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาคุณภูนิพนธ์ และให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในด้านที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 5 ปี ทำการตรวจสอบความถูกต้อง ความครบถ้วนของเนื้อหา และสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ ตรงตามกรอบแนวคิด การใช้ภาษา และความชัดเจนของภาษา และนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความสอดคล้อง

จากนั้น นำความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อคำถามมาคำนวณเพื่อหาค่าดัชนี

ความ สอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยคำนวณจากสูตร (3.5)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned} \text{กำหนดให้ } IOC &= \text{ดัชนีความสอดคล้องที่มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1} \\ \sum R &= \text{ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ} \\ N &= \text{จำนวนผู้เชี่ยวชาญ} \end{aligned}$$

ผลการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือพบว่า ข้อคำถามแต่ละข้อมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.8-1.00 ซึ่งถือว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

4.1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

มีวิธีดำเนินการวิจัย และกระบวนการเก็บข้อมูล ดังนี้

1. ประสานงานเพื่อแจ้งรายละเอียดโครงการวิจัยให้กับหน่วยงานในเขตพื้นที่ตำบลทับมาทราบถึงที่มา เหตุผล จุดประสงค์ ขั้นตอนการดำเนินงาน ระยะเวลาการศึกษา เพื่อขอความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้องเข้าร่วมเป็นอาสาสมัครในการศึกษา
2. คัดเลือกอาสาสมัครที่ตรงตามข้อกำหนดทั้งการสัมภาษณ์เชิงลึกและการสนทนากลุ่มเฉพาะ
3. จัดทำรายชื่อผู้ได้รับคัดเลือกเป็นอาสาสมัครและส่งหนังสือเชิญเพื่อเข้าร่วมโครงการวิจัยตามวันเวลาที่กำหนด พร้อมรายละเอียด เช่น เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Participant Information Sheet) เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Consent Form) เพื่อใช้ในวันดำเนินการสัมภาษณ์
4. การสัมภาษณ์เชิงลึก จะเป็นการสัมภาษณ์ส่วนตัว ใช้เวลาประมาณ ประมาณ 50-60 นาที โดยขออนุญาตผู้เข้าร่วมบันทึกเทปเพื่อใช้ยืนยันข้อมูลที่ได้ โดยจะไม่เปิดเผยผู้สาธิตและข้อมูลจะถูกเก็บอย่างปลอดภัย การสัมภาษณ์จะเป็นลักษณะ semi-structure interview
5. การสนทนากลุ่มเฉพาะ จะถูกจัดในห้องประชุมที่มีมิดชิด จัดที่นั่งเป็นลักษณะตัว U ซึ่งจะมีผู้วิจัยเป็นผู้นำการสนทนา โดยเริ่มจากการตั้งคำถาม และให้ผู้เข้าร่วมแสดงความคิดเห็นกันทุกคน และใช้รหัสในการเรียกขาน ใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ผู้วิจัยจะขออนุญาตบันทึกเทปการสนทนาเพื่อใช้ยืนยันข้อมูล โดยจะไม่เปิดเผยผู้สาธิตและข้อมูลจะถูกเก็บอย่างปลอดภัย การสนทนากลุ่มจะถูกแบ่งอาสาสมัครออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 6 คน ดำเนินการสนทนากลุ่มโดยผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยที่มีประสบการณ์และถูกฝึกฝนมาอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูล และใช้ข้อคำถามที่ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเรียบร้อยแล้ว
6. ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกและการสนทนากลุ่มเฉพาะ จะถูกนำมาวิเคราะห์และแปลผลตามกระบวนการวิจัยการวิเคราะห์ข้อมูล การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) โดยวิธีเชิงพรรณนา ส่วนการสนทนากลุ่มเฉพาะ (Focus group discussion) โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) และนำเสนอในภาพรวม

7. การเผยแพร่รูปภาพจากงานวิจัย ผู้วิจัยจะทำการเบลอหน้าอาสาสมัคร หรือถ่ายภาพจากด้านหลังอาสาสมัคร

8. ข้อมูลจะถูกทำลายหลังการวิจัยสิ้นสุด

4.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) โดยวิธีเชิงพรรณนา ส่วนการสนทนากลุ่มเฉพาะ (Focus group discussion) โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis)

การกำหนดขอบเขต (HIA: 2. Public Scoping)

มีจุดประสงค์เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาวิเคราะห์เพื่อสร้างรูปแบบการจัดการที่เหมาะสม รวมทั้งศึกษาการแปรรูปจากหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วมาเป็น Circular economy product ในขั้นตอนนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) โดยการรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และนำมาปรับปรุงให้เหมาะสมกับความต้องการและบริบทของพื้นที่

1. การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ ในการกำหนดรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนในพื้นที่ตำบลทับมา

วัตถุประสงค์ในขั้นตอนนี้ คือ เพื่อกำหนดขอบเขตรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ชัดเจน เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ และสอดคล้องกับนโยบายของเทศบาล ใช้เทคนิคการปรับเปลี่ยนแนวคิดตามข้อมูลเชิงประจักษ์ (Successive approximation) ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนแนวความคิดหรือข้อสมมุติต่าง ๆ ที่ผู้ศึกษามีอยู่ก่อนเก็บข้อมูล เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

1.1 ประชากรและกลุ่มศึกษา

กลุ่มตัวอย่างในการสนทนากลุ่มเฉพาะ (Focus group discussion) ประกอบด้วยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในเทศบาลตำบลทับมา จำนวน 18 คน ได้แก่

- กลุ่มผู้ปฏิบัติงาน ได้แก่ จำนวน 4 คน
- กลุ่มประชาชนในพื้นที่ จำนวน 10 คน
- กลุ่มบริษัทเอกชน ได้แก่ จำนวน 4 คน

1.2 เครื่องมือในการวิจัย

แนวทางการสนทนากลุ่มเฉพาะ (ภาคผนวก ก)

1.3 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

การตรวจสอบคุณภาพด้านความตรง (Validity) โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of Item Objective Congruence) และคัดเลือกเฉพาะข้อคำถามที่มีค่าความตรง ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาคุณวุฒิพนธ์ และให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ผลการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือพบว่า ข้อคำถามแต่ละข้อมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.8-1.00 ซึ่งถือว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis)

2. การฆ่าเชื้อมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งด้วยระบบ AOP

2.1 เก็บตัวอย่าง

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมมูลฝอยหน้ากากอนามัยจากชุมชนด้วยวิธีการต่าง ๆ (ภาคผนวก ก) นำมาแยกองค์ประกอบให้เหลือแต่ส่วนที่เป็นโพลีโพรพิลีน แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยระบบ AOP

2.2 เครื่องมือ

ตู้ฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งด้วยกระบวนการ AOP โดยใช้รังสี UV-C ที่ความยาวคลื่น 253.7 nm. และ Ozone 2,000 mg/h เป็นเวลา 40 นาที ในเครื่องฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัย สามารถฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยได้ครั้งละ 5 kg

2.3 การวิเคราะห์

การศึกษาประสิทธิภาพตู้ฆ่าเชื้อบนหน้ากากอนามัยด้วยกระบวนการออกซิเดชันขั้นสูง (Advanced Oxidation Processes sterilizer for bioaerosol removal efficiency on surgical mask) พบว่าสามารถฆ่าเชื้อ Staphylococcus aureus ที่ความเข้มข้น 10^6 CFU/ml. ที่อยู่บนหน้ากากอนามัยได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ระยะเวลา 30 min. (Suwanahong, 2020)

3. การสร้างผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียนจากหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งและการทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

3.1 การสร้างผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียนจากหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

3.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการศึกษาการแปรรูปหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้คัดเลือกผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลที่มีหน้ากากอนามัยเป็นส่วนผสม (Post Consumer Recycle Plastic. : PCR)

3.1.2 เครื่องมือ

การนำน้ำกากอเนามัยที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแล้วจากข้อ 2.2 ไปทดสอบแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ PCR โดยนำไปผสมกับเศษพลาสติก PP รีไซเคิล (PP Flakes) จากนั้นนำไปเข้าเครื่องหลอมเม็ดพลาสติก PP (Waste Plastic Recycling) ด้วยกระบวนการอัดรีด (Extrusion process) อุณหภูมิที่ใช้ในการเดินเครื่องคือ 230 °C โดยบริษัท ฟู้ซัน พลาสติก จำกัด ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบการผลิตเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล อุณหภูมิของการหลอมเหลว สำหรับ PP อยู่ในช่วงระหว่าง 166 ถึง 168 °C (Battezzore et al., 2022) เพื่อให้ได้เม็ดพลาสติกเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

3.2 การทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ PCR

3.2.1 การวิเคราะห์ค่าดัชนีการหลอมไหล (Melt Flow Index: MFI)

3.2.1.1 การเก็บตัวอย่าง

ทำการสุ่มตัวอย่างเม็ดพลาสติกจากกระบวนการแปรรูปทั้ง 3 สูตร โดยสุ่มตัวอย่างในนาที่ที่ 1 3 และ 5 ทำการทดสอบความหนืด (Viscosity)

3.2.1.2 การวิเคราะห์

วิเคราะห์ค่าดัชนีการหลอมไหล ด้วยเครื่อง Melt flow rate meter โดยทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ 230 °C น้ำหนักกด 2.16 กิโลกรัม (ตามมาตรฐาน ISO 1133 และ ASTM D1238)

3.2.2 การวิเคราะห์โครงสร้างพอลิเมอร์และโลหะหนักของผลิตภัณฑ์ PCR

3.2.2.1 การเก็บตัวอย่าง

1) ทำการสุ่มตัวอย่างเม็ดพลาสติกจากกระบวนการแปรรูปทั้ง 3 สูตร โดยสุ่มตัวอย่างในนาที่ที่ 1 3 และ 5

2) การวิเคราะห์

การวิเคราะห์โครงสร้างพอลิเมอร์ของน้ำกากอเนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ด้วยวิธี Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ชนิด ATR (Attenuated Total Reflectance) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM E1252-98(2021)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน (Thermogravimetric analysis: TGA) ด้วยเครื่องวิเคราะห์สมบัติการเปลี่ยนแปลงเชิงน้ำหนักด้วยความร้อน (TGA PT1000) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ISO 11358-1:2014

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักโดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer ด้วยวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน EPA Method 7010

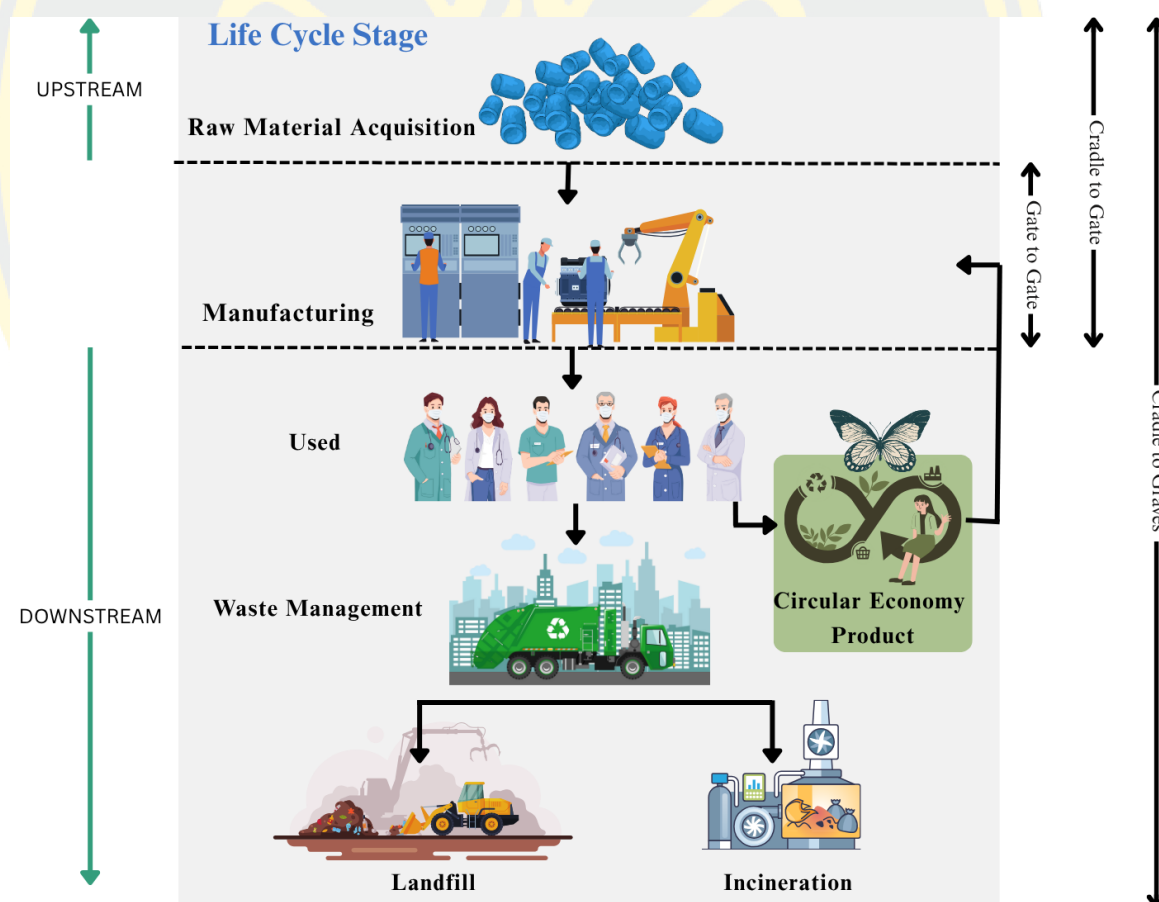
การประเมินผล (HIA: 3. Assessing)

1. การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA)

การประยุกต์การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) ตามที่กำหนดในอนุกรมมาตรฐาน ISO14040 สำหรับหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งในพื้นที่ตำบลทับมา

1.1 วิธีการศึกษา

ทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน จนถึงการกำจัด โดยศึกษาจากเอกสาร การวิจัย บทความ และแหล่งข้อมูลต่าง ๆ โดยสามารถสรุปขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ในการกำหนดขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง สามารถแสดงได้ดังภาพ



ภาพที่ 20 ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

1.1.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

โดยกำหนดขอบเขตในการประเมิน LCA โดยใช้ข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน และการปลดปล่อยของเสียรูปแบบต่าง ๆ ครอบคลุมทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ จาก มูลฝอยประเภทน้ำกากาอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง โดยพิจารณาขอบเขตเริ่มต้นที่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการขนส่ง การใช้งาน และกระบวนการกำจัด (Cradle to Grave) ในการศึกษา เราทำการประเมินวัฏจักรชีวิต เพื่อให้เข้าใจถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากสถานการณ์ต่าง ๆ โดยการกำหนดสถานการณ์สำหรับการใช้น้ำกากาอนามัย

1.1.2 การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมเป็นกระบวนการวิเคราะห์การไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis, MFA) เป็นการวิเคราะห์ทิศทางและปริมาณของวัสดุเป้าหมายอย่างเป็นระบบภายในขอบเขตพื้นที่และเวลาที่กำหนด โดยอาศัยหลักสมดุลมวล (Mass Balance Principle) (Rechberger, 2016)

1.1.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ คือการนำข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกทุกกระบวนการที่เกี่ยวข้องมาคำนวณ เพื่ออธิบายผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์โดยใช้โปรแกรม Open LCA 2.1.0 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีประเมิน ReCiPe 2016 v1.1 เป็นวิธีการประเมินผลกระทบของวัฏจักรชีวิต (LCIA) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3.6) ดังนี้

$$\text{Emission} = \sum (\text{Activity} \times \text{Emission Factor}) \quad (3.6)$$

โดย Emission คือ ปริมาณมลพิษที่ถูกปล่อยออก

Activity คือ ปริมาณสารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ

Emission Factor คือ ค่าแฟกเตอร์ของสารต่าง ๆ

หน่วยของการประเมินผลกระทบจะเลือกใช้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kg CO₂ equivalent) เป็นหน่วยหลักในหมวดผลกระทบของการแปลงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Kumar et al., 2021) การระบุค่าสัมประสิทธิ์หรือค่าความสามารถในการเกิดผลกระทบจึงช่วยชี้ให้เห็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ (Environmental hotspots) ของการจัดการมูลฝอยน้ำกากาอนามัย เพื่อนำไปสู่การค้นหาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป

1) ปัจจัยการชี้วัดผลกระทบระดับกลาง (Midpoint Characterization Factor: CFm)

ปัจจัยการชี้วัดผลกระทบในระดับกลางของการประเมินผลกระทบต่อ

สิ่งแวดล้อม (Life Cycle Assessment) หน่วยของตัวชี้วัดแต่ละประเภทจะแตกต่างกันไปจากหน่วยของปัจจัยการชี้วัดผลกระทบ (CFm) สาเหตุที่หน่วยแตกต่างกัน เนื่องจากการนำสารอ้างอิงมาใช้ ทำให้ปัจจัยการชี้วัดผลกระทบเป็นตัวเลขไร้มิติ (dimensionless number) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณสารกับสารอ้างอิง สำหรับประเภทผลกระทบที่เกิดจากการปล่อยมลพิษและการขาดแคลนทรัพยากร ปัจจัยการชี้วัดผลกระทบจะมีหน่วยเป็น กิโลกรัมของสารอ้างอิงต่อสภาพแวดล้อม (Environmental compartment) สำหรับประเภทผลกระทบด้านการใช้พื้นที่ ปัจจัยการชี้วัดผลกระทบจะมีหน่วยเป็นพื้นที่คูณกับเวลาที่ใช้ไปสำหรับประเภทการใช้พื้นที่นั้น ๆ

ปัจจัยการชี้วัดผลกระทบระดับกลาง (Midpoint Characterization Factor)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Huijbregts et al., 2017) คือ ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) โดยที่ GWP แสดงปริมาณของพลังงานขับเคลื่อนรังสีเพิ่มเติม (Radiative Forcing) ที่เกิดขึ้นจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas: GHG) 1 กิโลกรัม เมื่อเทียบกับการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) 1 กิโลกรัม (คำนวณโดยพิจารณาช่วงเวลา 20, 100 หรือ 1,000 ปี) ปริมาณการแผ่รังสีในช่วงเวลาหนึ่งที่เกิดจากการปล่อย GHG 1 กิโลกรัมเรียกว่า ศักยภาพภาวะโลกร้อนสัมบูรณ์ (Absolute Global Warming Potential: AGWP) และแสดงไว้ในหน่วย W m⁻² yr kg⁻¹ ค่า CFm ของ GHG (x) และขอบเขตเวลาใดๆ (TH) มีหน่วยเป็น kg CO₂ eq สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3.7)

$$GWP_{x,TH} = \frac{AGWP_{x,TH}}{AGWP_{CO_2,TH}} \quad (3.7)$$

สำหรับแต่ละหมวดหมู่และหน่วยของปัจจัยการกำหนดคุณลักษณะจุดกึ่งกลาง (CFm) มีความแตกต่างในหน่วยของตัวชี้วัด เนื่องจากการใช้สารอ้างอิงที่แตกต่างกัน ดังนั้นปัจจัยการกำหนดคุณลักษณะจึงเป็นตัวเลขที่แสดงถึงปริมาณของสารสัมพันธ์กับปริมาณของสารอ้างอิง ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ปัจจัยผลกระทบชั้นกลางและหน่วยของแต่ละปัจจัย

Midpoint Impact Category	Abbreviations	Unit
ผลกระทบด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming)	GW	kg CO ₂ eq
การลดลงของโอโซน ในชั้นบรรยากาศโลก (Stratospheric Ozone Depletion)	SOD	kg CFC11 eq
ผลกระทบด้านการปล่อยกัมมันตภาพรังสี (Ionizing Radiation)	IR	kBq Co-60 eq
การเกิดโอโซนที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์ (Ozone Formation, Human Health)	OFHM	kg NO _x eq
การเกิดฝุ่นละออง (Fine Particulate Matter Formation)	FPMF	kg PM _{2.5} eq
การเกิดโอโซนที่มีผลต่อระบบนิเวศ (Ozone Formation, Terrestrial Ecosystems)	OFTE	kg NO _x eq
การเกิดภาวะความเป็นกรด (Terrestrial Acidification)	TA	kg SO ₂ eq
การสะสมธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (Freshwater Eutrophication)	FE	kg P eq
การสะสมธาตุอาหารในทะเล (Marine Eutrophication)	ME	kg N eq
ผลกระทบด้านการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อดิน (Terrestrial Ecotoxicity)	TE	kg 1,4-DCB
ภาวะความเป็นพิษในแหล่งน้ำจืด (Freshwater Ecotoxicity)	FET	kg 1,4-DCB
ภาวะความเป็นพิษในทะเล (Marine Ecotoxicity)	MET	kg 1,4-DCB
ภาวะที่เป็นสารพิษก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (Human Carcinogenic Toxicity)	HCT	kg 1,4-DCB

ตารางที่ 16 (ต่อ)

Midpoint Impact Category	Abbreviations	Unit
ภาวะที่เป็นสารพิษไม่ก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (Human Non- Carcinogenic Toxicity)	HNCT	kg 1,4-DCB
ผลกระทบด้านการใช้ที่ดิน (Land use)	LU	m ² a crop eq
การขาดแคลนทรัพยากรแร่ธาตุ (Mineral Resource Scarcity)	MRS	kg Cu eq
การขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (Fossil Resource Scarcity)	FRS	kg oil eq
ผลกระทบกับปริมาณการใช้น้ำ (Water Consumption)	WC	m ³

ที่มา: Foteinis et al. (2021)

2) ปัจจัยชี้วัดผลกระทบปลายทาง (Endpoint Characterization Factors: CF_e)

ปัจจัยการชี้วัดผลกระทบปลายทาง (CF_e) คำนวณจากปัจจัยการชี้วัดผลกระทบระดับกลาง (CF_m) โดยใช้ปัจจัยคงที่ (Constant midpoint to endpoint factor) สำหรับแต่ละประเภทผลกระทบ สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3.8) ดังนี้

$$CF_{e,c,a} = CF_{m,x,c} \times F_{m \rightarrow E,c,a} \quad (3.8)$$

เมื่อ c หมายถึง บริบททางวัฒนธรรม (Cultural Perspective)

a หมายถึง พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ (Area of Protection) ตัวอย่างเช่น สุขภาพของมนุษย์ (Human Health) ระบบนิเวศบนดิน (Terrestrial Ecosystems) ระบบนิเวศน้ำจืด (Freshwater Ecosystems) ระบบนิเวศทางทะเล (Marine Ecosystems) และ การขาดแคลนทรัพยากร (Resource Scarcity)

x หมายถึง ปัจจัยกดดันที่น่ากังวล (Stressor of Concern)

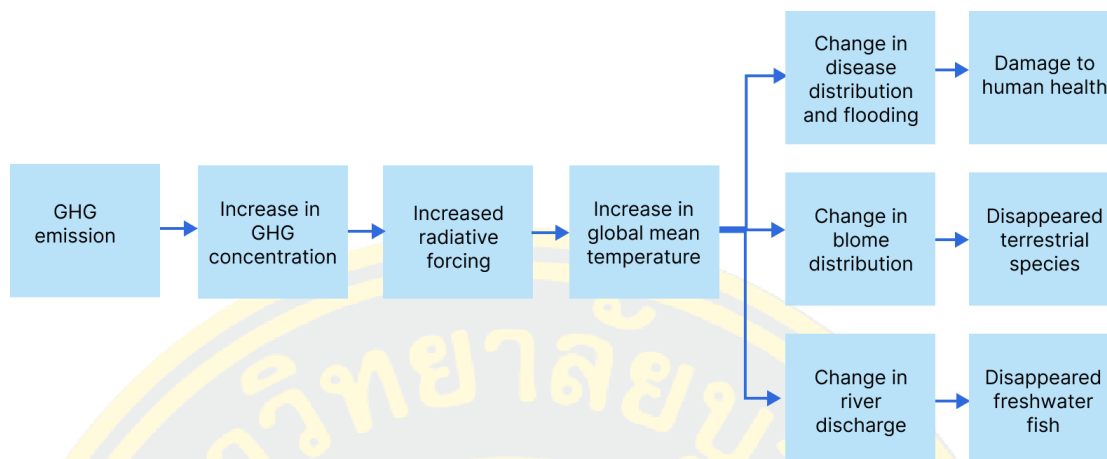
$F_{m \rightarrow E,c,a}$ หมายถึง ปัจจัยการแปลงระหว่างจุดกึ่งกลางถึงจุดสิ้นสุดสำหรับพื้นที่คุ้มครอง (area of protection)

ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของโรค (ภาวะทุพโภชนาการ มาลาเรีย และท้องร่วง) และความเสี่ยงน้ำท่วมที่เพิ่มขึ้นจะนำไปสู่ความเสียหายเพิ่มเติมต่อสุขภาพของมนุษย์ในช่วงปีของชีวิตที่ปรับตามความพิการ (Disability-Adjusted Life Years: DALY) เป็นตัวชี้วัดที่ใช้ประเมินภาระโรค โดยรวมจำนวนปีที่สูญเสียไปจากการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร และจำนวนปีที่ใช้ชีวิตด้วยความพิการ ไม่ใช่ทุกภูมิภาคในโลกที่ได้รับผลกระทบทั้งหมดเหล่านี้อย่างเท่าเทียมกัน ดังนั้น เพื่อคำนวณผลกระทบทั้งหมดที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์จากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ จึงต้องดำเนินการรวมบริเวณที่ได้รับผลกระทบและผลกระทบต่อสุขภาพ (De Schryver et al., 2009) ซึ่งส่งผลให้เกิดปัจจัยระหว่างจุดกึ่งกลางถึงจุดสิ้นสุดต่อสุขภาพของมนุษย์

3) เส้นทางผลกระทบและพื้นที่คุ้มครองที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

พื้นที่คุ้มครอง (Area of protection) เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ สุขภาพของมนุษย์ ระบบนิเวศบนดิน และระบบนิเวศน้ำจืด ลำดับของผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเกิดขึ้นดังนี้ เริ่มต้นจาก ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) (kg) ถูกปล่อยออกมา ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซเหล่านี้ในชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น (parts per billion: ppb) ก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศจะดักจับความร้อนจากแสงอาทิตย์ไว้มากขึ้น พลังงานขับเคลื่อนรังสีที่เพิ่มขึ้นนี้ เรียกว่า Radiative Forcing และวัดเป็นหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) ความร้อนที่ถูกดักจับไว้ด้วยก๊าซเรือนกระจก ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกค่อยๆ เพิ่มขึ้น หน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}C$) อุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ในหลายแง่มุม เช่น ความเครียดจากความร้อน ปัญหาระบบทางเดินหายใจ โรคระบาด ส่งผลต่อความเสียหายต่อระบบนิเวศบนดินและระบบนิเวศในน้ำจืด อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลกระทบต่อพืชและสัตว์ อาจทำให้พืชและสัตว์บางชนิดสูญพันธุ์เพราะปรับตัวไม่ทัน ดังแสดงเส้นทางผลกระทบ

ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 สาเหตุและผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อมนุษย์และระบบนิเวศ

3.1.1.4 การวิเคราะห์และการแปรผล

การแปรผลการศึกษาเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมิน โดยการนำผลจากการทำบัญชีรายการ และการประเมินผลกระทบขั้นกลางและขั้นปลายด้วยโปรแกรม OpenLCA มาจัดทำข้อสรุปและข้อเสนอแนะ ตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของขอบเขตการศึกษา

2. การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency)

เมื่อทำการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งในหัวข้อที่ 3.1 สามารถดำเนินการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้ตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 การกำหนดกรอบหรือรูปแบบการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency Profile) จะต้องสัมพันธ์กับกรอบหรือรูปแบบของผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (LCIA) ตามคุณค่าของระบบผลิตภัณฑ์

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล การกำหนดองค์ประกอบของต้นทุนที่ต้องการศึกษา

โดยจะต้องมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การศึกษา รวมไปถึงการรวบรวมข้อมูลต้นทุนทั้งข้อมูลชนิดปฐมภูมิและข้อมูลชนิดทุติยภูมิที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ทำการเก็บข้อมูลหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ถูกนำไปแปรรูปเป็น PCR โดยนำขั้นตอนการทำ LCI ของ PCR มาคำนวณต้นทุนการผลิตตามจริงใน 1 หน่วยการผลิต (1 ton)

2.3 การคำนวณประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยการพิจารณาการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental impact of a product system) ในรูปของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก หน่วยเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($\text{kg CO}_2\text{-eq}$) ของการได้มาซึ่งวัตถุดิบมาเป็น

ข้อมูลฐานในการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยคิดสัดส่วนกับมูลค่าผลิตภัณฑ์ หรือต้นทุนการผลิตเม็ดพลาสติกจากหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง (PCR) กับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังสมการที่ (3.9)

$$\text{ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ} = \frac{\text{ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ PCR}}{\text{การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO}_2\text{-eq)}} \quad (3.9)$$

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

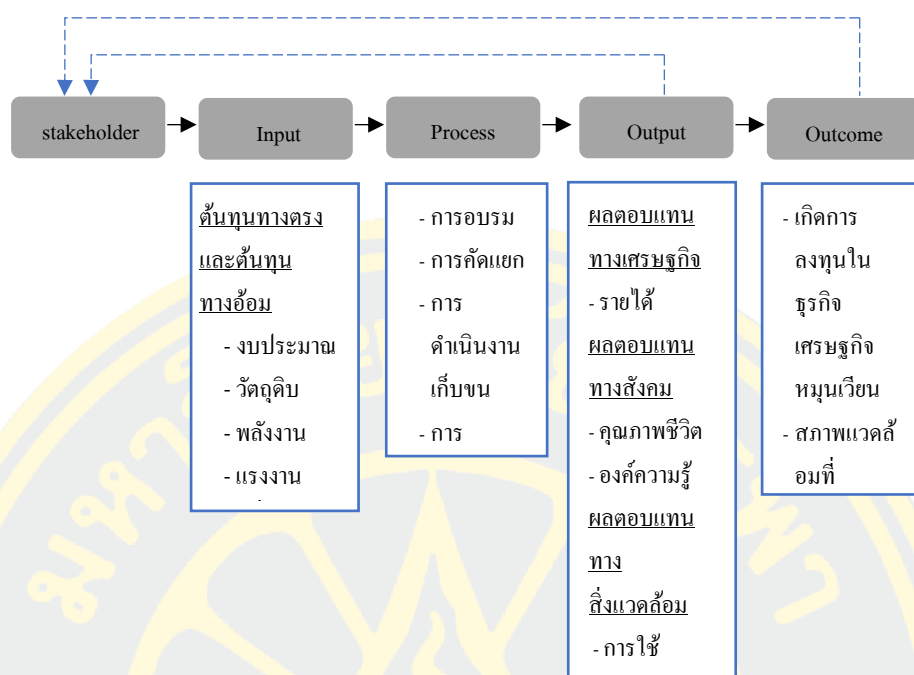
เมื่อได้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจแล้ว สามารถนำมาประเมิน ความคุ้มค่า และความยั่งยืนของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ได้ในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 การประเมินความคุ้มค่าและความยั่งยืน

ค่า EE	ความคุ้มค่า	ความยั่งยืน
Eco – Efficiency > 1	คุ้มค่า	ความยั่งยืน
Eco - efficiency = 0 - 1	คุ้มค่า	ไม่ยั่งยืน
Eco - efficiency < 0	ไม่คุ้มค่า	ไม่ยั่งยืน

3. การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Social Return on Investment)

การประเมินผลกระทบของโครงการนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน (KCOST) โดยใช้ SROI ประเมินจากมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในโครงการฯ และพิจารณาผลลัพธ์ของโครงการฯ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ดังภาพ



ภาพที่ 22 กรอบความคิดในการวัดประเมินค่าผลตอบแทนจากการลงทุนทางสังคม

3.1 การคำนวณ SROI โดยนำมูลค่าปัจจุบันของประโยชน์ทั้งหมด หาค่าด้วยมูลค่าปัจจุบัน

$$SROI = \frac{\text{มูลค่าผลประโยชน์ทั้งหมด} - \text{มูลค่าต้นทุนจากการลงทุน}}{\text{มูลค่าต้นทุนจากการดำเนินโครงการฯ}} \quad (3.10)$$

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ SROI ซึ่งมีเกณฑ์การแปลความหมายค่า SROI ดังนี้

$SROI < 1.00$ หมายถึง ผลลัพธ์ของกิจกรรมก่อให้เกิดผลตอบแทนทางสังคมที่น้อยกว่ามูลค่าลงทุนตั้งต้น ผลประกอบการได้ผลขาดทุน หรือไม่ทำให้เกิดมูลค่าทางสังคมเพิ่มขึ้น ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุงในจุดบกพร่อง

$SROI = 1.00$ หมายถึง ผลลัพธ์ของกิจกรรมไม่ก่อให้เกิดผลตอบแทนทางสังคมจากมูลค่าลงทุนตั้งต้น ผลประกอบการไม่ขาดทุนและไม่กำไร หรือไม่ทำให้เกิดมูลค่าทางสังคม ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุง เพื่อให้ส่งผลกระทบต่อสังคมชุมชนมากขึ้น

SROI > 1.00 หมายถึง ผลลัพธ์ของกิจกรรมก่อให้เกิดผลตอบแทนทางสังคมที่มากกว่ามูลค่าลงทุนตั้งต้น ผลประกอบการได้ผลกำไร หรือมีมูลค่าทางสังคมที่เพิ่มขึ้น ควรรักษาจุดแข็งไว้และหาแนวทางพัฒนาต่อยอดให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

4. การวิเคราะห์นโยบาย

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อรูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน วิเคราะห์ศักยภาพเพื่อประเมินสภาพการพัฒนาในปัจจุบัน และโอกาสในการพัฒนาในอนาคตของเทศบาลตำบลทับมา เป็นการประเมินถึงโอกาสและภาวะคุกคามหรือข้อจำกัดอันเป็นสภาวะแวดล้อมภายนอกที่มีผลต่อการพัฒนาท้องถิ่นในด้านการจัดการมูลฝอย รวมถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของท้องถิ่น อันเป็นสภาวะแวดล้อมภายในของเทศบาลในแต่ละด้าน เพื่อกำหนดกลยุทธ์ในการพัฒนาการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยต่อไป

4.1 วิธีการศึกษา

4.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ ซึ่งประกอบด้วย

- ข้อมูลปฐมภูมิ ได้จากการสัมภาษณ์ผู้บริหาร ได้แก่ ปลัดเทศบาล รองปลัดเทศบาล และเจ้าหน้าที่กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อมจำนวน 2 คน
- ข้อมูลทุติยภูมิ ทำการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานราชการหรือหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ บริบทของเทศบาล บริบทของชุมชน การจัดการมูลฝอยชุมชน การใช้งบประมาณ สภาพปัญหาและอุปสรรค ตลอดจนนโยบาย แผนงาน/โครงการและเทศบัญญัติของเทศบาลที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนภาครัฐและภาคเอกชนที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในพื้นที่

4.1.2 เครื่องมือในการวิจัย

- การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในและภายนอกองค์กร (SWOT Analysis)
- การกำหนดกลยุทธ์ โดยการใช้ TOWS Matrix

4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analysis Method) และการวิเคราะห์ด้านเนื้อหา (Content Analysis)

5. การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ เพื่อประเมินรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง และจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลการประเมินรูปแบบการจัดการฯ ที่ได้ผ่านการยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในขั้นตอน HIA 2 เพื่อนำมาหารือร่วมกันในกระบวนการ Focus group ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอีกครั้ง เพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงให้เหมาะสมตามข้อมูลของการประเมินอีกครั้งก่อนนำไปประยุกต์ในพื้นที่ และระดมความคิดเห็นเพื่อจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับผู้บริหารเทศบาลพิจารณาต่อไป

5.1 วิธีการศึกษา

5.1.1 ประชากรและกลุ่มศึกษา

กลุ่มตัวอย่างในการสนทนากลุ่มเฉพาะ (Focus group discussion) ประกอบด้วยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในเทศบาลตำบลทับมา จำนวน 18 คน ได้แก่

- กลุ่มผู้ประกอบการ ได้แก่ จำนวน 4 คน
- กลุ่มประชาชนในพื้นที่ จำนวน 10 คน
- กลุ่มบริษัทเอกชน ได้แก่ จำนวน 4 คน

5.1.2 เครื่องมือในการวิจัย

แนวทางการสนทนากลุ่มเฉพาะ (ภาคผนวก ก)

5.1.3 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

การตรวจสอบคุณภาพด้านความตรง (Validity) โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of Item Objective Congruence) และคัดเลือกเฉพาะข้อคำถามที่มีค่าความตรง ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาคณะนิพนธ์ และให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

ผลการวิเคราะห์แนวทางการสนทนากลุ่มเฉพาะ พบว่าข้อคำถามแต่ละข้อมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.8 ถึง 1.00 มีค่ามากกว่า 0.5 ซึ่งถือว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

5.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis)

ข้อมูลพิจารณาด้านจริยธรรม (Ethical consideration)

การพิทักษ์สิทธิผู้ให้ข้อมูลวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการจริยธรรมงานวิจัย ในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยบูรพา เลขที่ IRB3-068/2566 เนื่องจากงานวิจัยมีการเก็บรวบรวมข้อมูล หลายวิธี ทั้งจากข้อมูลปฐมภูมิ ทุติยภูมิ การสำรวจ การสนทนากลุ่มเฉพาะ และการสัมภาษณ์เชิงลึก ผู้วิจัยจึงต้องพิทักษ์สิทธิของผู้ให้ข้อมูลวิจัยตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล จนกระทั่ง การนำเสนอข้อมูลในแต่ละขั้นตอน โดยการชี้แจงวัตถุประสงค์ของการทำวิจัย ขั้นตอนวิธีการเก็บ รวบรวมข้อมูล ประโยชน์ที่จะได้รับการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งผู้วิจัยจะทำการนำเสนอข้อมูลใน ภาพรวมเฉพาะการนำเสนอในเชิงวิชาการเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่และรักษาความลับของข้อมูล กลุ่มตัวอย่าง หากกลุ่มตัวอย่างเกิดความไม่สบายใจจะถอนตัวจากการวิจัย ก็สามารถถอนตัวได้ ตลอดเวลา โดยไม่ต้องแจ้งให้ผู้วิจัยทราบล่วงหน้า และไม่ส่งผลกระทบใด ๆ ต่อผู้ให้ข้อมูลทั้งสิ้น และเมื่อผู้ให้ข้อมูลรับทราบรายละเอียดข้างต้นแล้วและยินดีเข้าร่วมงานวิจัย ผู้วิจัยจะให้ผู้เข้าร่วมลง นามในใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งจากปฐมภูมิและทุติยภูมิตามแนวทางการศึกษาในบทที่ 3 โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สถานการณ์ ปัญหา ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและรูปแบบการจัดการน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งจากข้อมูลปฐมภูมิในพื้นที่ศึกษา และข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1.1 การศึกษาปริมาณองค์ประกอบของมูลฝอยชุมชนที่มีน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งปนเปื้อนอยู่

1.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

1.3 การสำรวจมูลฝอยประเภทน้ำกากอนามัยตามเส้นทางที่กำหนดครอบคลุมพื้นที่ตำบลทับมา

1.4 การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ และการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารเทศบาลตำบลทับมา

ส่วนที่ 2 รูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ผ่านการมาเชื้อด้วยกระบวนการ AOP สู่ผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียน ได้แก่

2.1 การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ ในการกำหนดรูปแบบการจัดการน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนในพื้นที่ตำบลทับมา

2.2 การนำเชื้อมูลฝอยน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งด้วยระบบ AOP

2.3 การสร้างผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียนจากน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งและการทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

ส่วนที่ 3 การประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ สังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของรูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ได้แก่

3.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA)

3.2 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency)

3.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Social Return on Investment)

3.4 การวิเคราะห์นโยบาย

3.5 การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ เพื่อประเมินรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง และจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ส่วนที่ 1 สถานการณ์ ปัญหา ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งจากข้อมูลปฐมภูมิในพื้นที่ศึกษา และข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (HIA1: Public screening)

จากการสำรวจพื้นที่และการจัดการมูลฝอยในชุมชนตำบลทับมา พบว่าไม่มีระบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งของชุมชน โดยเฉพาะเจาะจง แต่มีระบบจัดการมูลฝอยทั่วไป และระบบการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ ซึ่งประชาชนทั่วไปที่ใช้หน้ากากอนามัยจะทิ้งหน้ากากอนามัยปะปนกับมูลฝอยทั่วไป และผู้ป่วยที่ติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จะทิ้งหน้ากากอนามัยในถังมูลฝอยติดเชื้อที่ทางเทศบาลจัดเตรียมให้ ดังแสดงเส้นทางการไหลของมูลฝอยหน้ากากอนามัย ดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 เส้นทางการไหลของมูลฝอยหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วทิ้งในเทศบาลตำบลทับมา

1. การศึกษาปริมาณองค์ประกอบของมูลฝอยชุมชนที่มีหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งปนเปื้อนอยู่

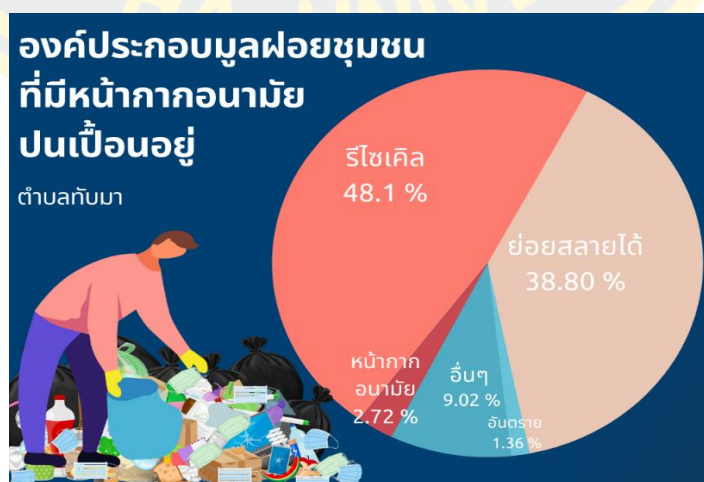
ผลการศึกษากำหนดองค์ประกอบของมูลฝอยชุมชนของเทศบาลตำบลทับมาที่มีหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งปนเปื้อนอยู่ ณ สถานที่กำจัดมูลฝอย จำนวน 2 ครั้งในฤดูร้อนและฤดูฝน รายละเอียดดังนี้

ลำดับที่ 1 ปริมาณของมูลฝอยรีไซเคิลมีอัตราส่วนสูงที่สุด คือร้อยละ 50.82 ซึ่งประกอบไปด้วย พลาสติกร้อยละ 30.54 (รวมหน้ากากอนามัย คิดเป็นร้อยละ 2.72) แก้ว ร้อยละ 12.66 ผ้า ร้อยละ 3.42 กระดาษ ร้อยละ 3.10 โลหะ ร้อยละ 0.65 และยาง ร้อยละ 0.43 ดังภาพ

ลำดับที่ 2 อัตราส่วนที่รองลงมาคือมูลฝอยย่อยสลายได้ร้อยละ 38.80 ซึ่งประกอบไปด้วยเศษอาหารและอินทรีย์สาร (เศษผัก ผลไม้) ร้อยละ 29.89 และมูลฝอยจากสวน (ใบไม้ กิ่งไม้ขนาดเล็กใหญ่) ร้อยละ 8.91

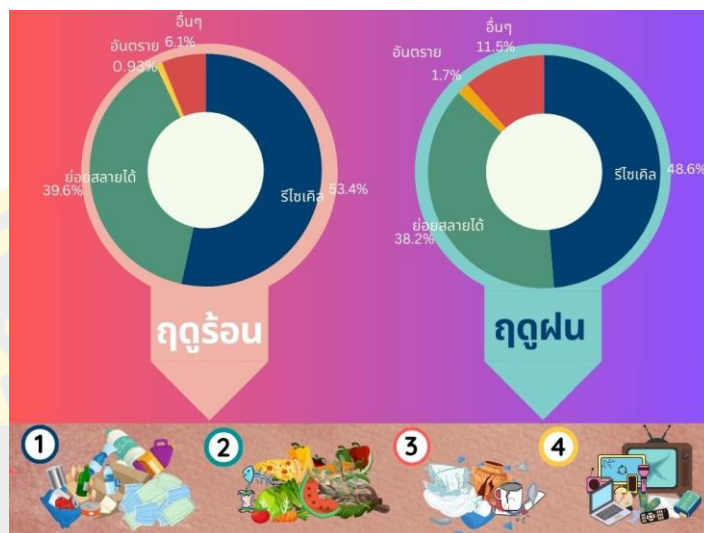
ลำดับที่ 3 อัตราส่วนของมูลฝอยอื่น ๆ ที่พบในอัตราส่วนร้อยละ 9.02 ได้แก่ ผ้าอ้อม ผ้าอนามัย กระดาษชำระ ร้อยละ 4.89 และอื่น ๆ ที่เหลือแยกประเภทไม่ได้ เช่น เศษอาหารที่ไม่สามารถคัดแยกได้ ก้อนหิน กรวด ทราย ดิน เซรามิก กระเบื้อง ปูนพลาสติกอร์ ฟุ่น ฯลฯ ร้อยละ 4.13

ลำดับที่ 4 มูลฝอยอันตรายที่พบในอัตราส่วนที่น้อยที่สุด ร้อยละ 1.36 ได้แก่ ของเสียอันตรายจากบ้านเรือน เช่น ถ่านไฟฉาย/ถ่านโทรศัพท์/แบตเตอรี่ หลอด /กระป๋องสารเคมี (สเปรย์) ร้อยละ 1.14 และซากอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่หมดอายุการใช้งาน หรือใช้งานไม่ได้ เช่น ทีวี ตู้เย็น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ เศษชิ้นส่วนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ร้อยละ 0.22



ภาพที่ 24 องค์ประกอบทางกายภาพมูลฝอยชุมชนที่มีหน้ากากอนามัยปนเปื้อนอยู่

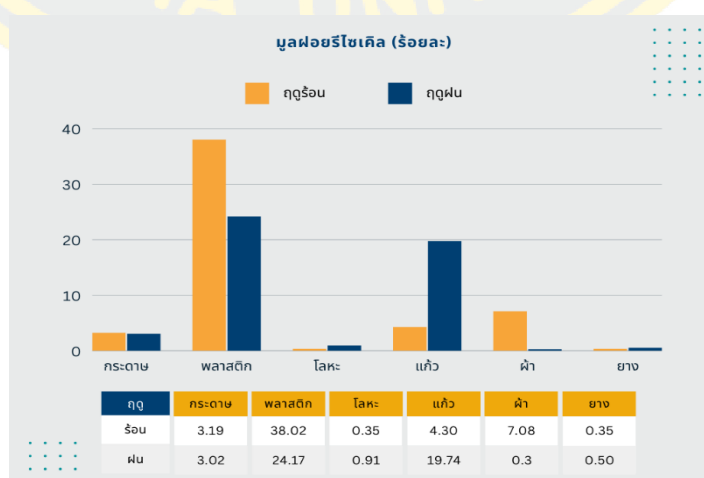
องค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยแต่ละประเภทจำแนกตามฤดูกาล โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 25 องค์ประกอบทางกายภาพมูลฝอยชุมชนของเทศบาลตำบลทับมาในฤดูร้อนและฤดูฝน

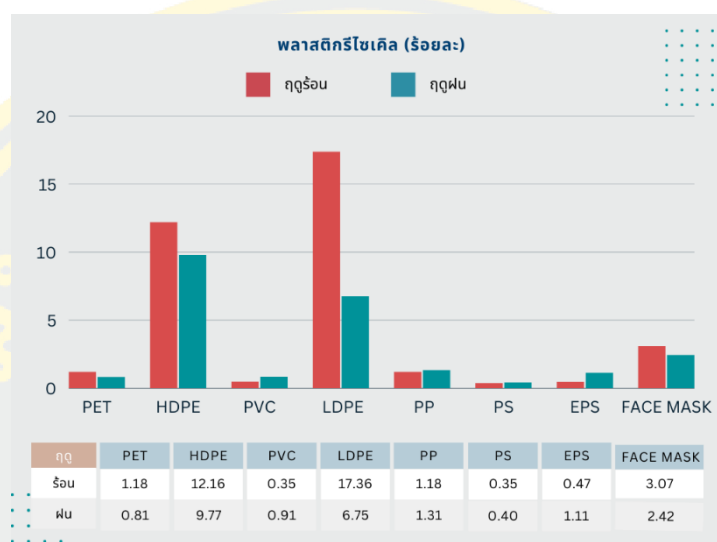
1.1 มูลฝอยรีไซเคิล

จากภาพแสดงการเปรียบเทียบปริมาณมูลฝอยแต่ละชนิดของมูลฝอยรีไซเคิลที่สำรวจได้ในช่วงฤดูร้อน (พ.ศ. 2565) และฤดูฝน (พ.ศ. 2566) พบว่ามูลฝอยรีไซเคิลประเภทพลาสติกมีปริมาณสูงที่สุดในฤดูร้อน คิดเป็นร้อยละ 53.36 และในฤดูฝน ร้อยละ 48.64 ส่วนมูลฝอยประเภทแก้วพบในฤดูฝนมากกว่าฤดูร้อน ในขณะที่มูลฝอยประเภทกระดาษ โลหะ และยางมีปริมาณใกล้เคียงกันทั้ง 2 ฤดู



ภาพที่ 26 ร้อยละองค์ประกอบของมูลฝอยรีไซเคิล

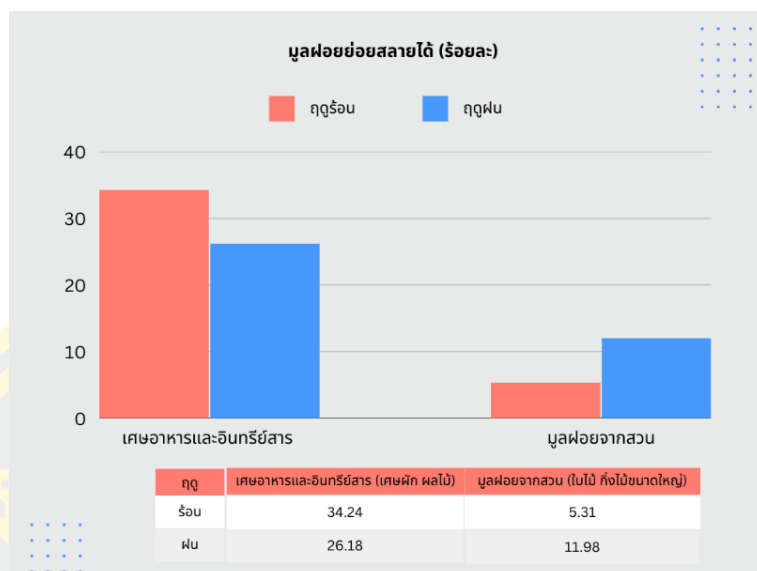
สำหรับมูลฝอยหน้ากากอนามัย พบว่าในฤดูร้อน (พ.ศ. 2565) มีปริมาณมากกว่าในฤดูฝน (พ.ศ. 2566) ร้อยละ 3.07 (ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ 0.87 ± 0.3 กิโลกรัม) และในฤดูฝนพบร้อยละ 2.42 (ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ 0.80 ± 0.1 กิโลกรัม)



ภาพที่ 27 ร้อยละองค์ประกอบของพลาสติกไร้เคิลแต่ละประเภทรวมทั้งหน้ากากอนามัย

1.2 มูลฝอยย่อยสลายได้

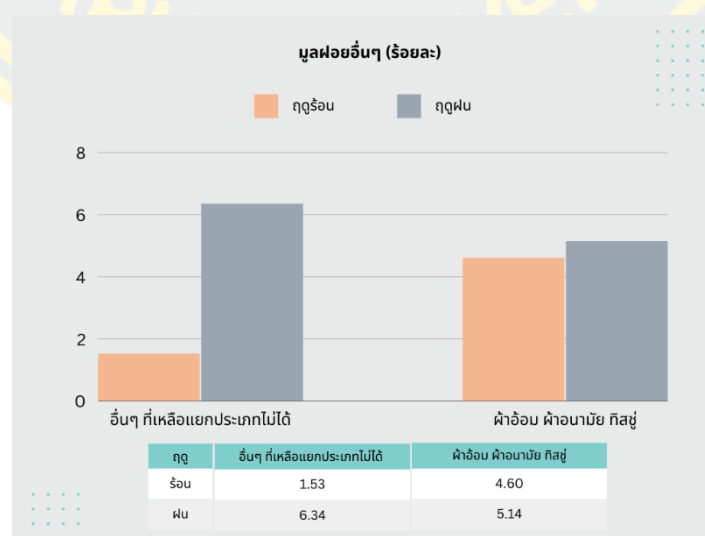
มูลฝอยย่อยสลายได้มีอัตราส่วนที่สูงเป็นอันดับสอง พบมากที่สุดคือเศษอาหารและอินทรีย์สารจากภาคครัวเรือน ร้านอาหาร โดยฤดูร้อน มีมูลฝอยย่อยสลายได้ ร้อยละ 39.55 (ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ 11.17 ± 3.0 กิโลกรัม) และในฤดูฝน มีมูลฝอยย่อยสลายได้ ร้อยละ 38.17 (ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ 12.63 ± 4.8 กิโลกรัม) ซึ่งฤดูร้อนและฤดูฝนมีปริมาณมูลฝอยย่อยสลายได้ใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 28 ร้อยละองค์ประกอบของมูลฝอยย่อยสลายได้

1.3 มูลฝอยอื่น ๆ

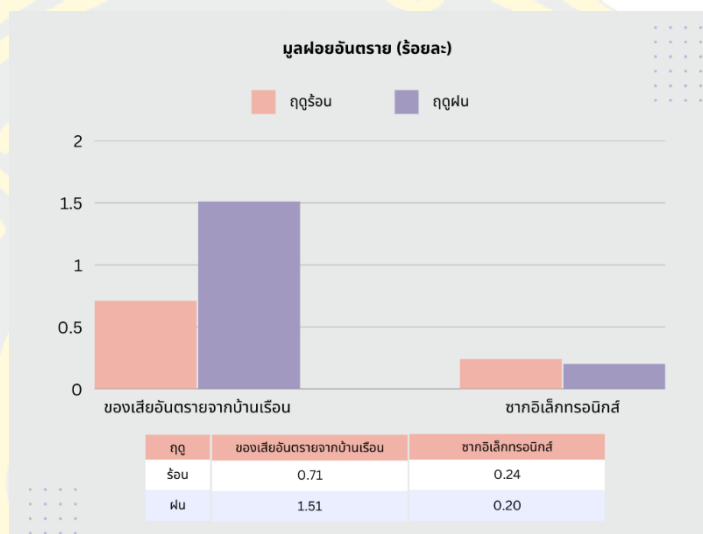
มูลฝอยอื่น ๆ ในการสำรวจนี้ ประกอบด้วย ผ้าอ้อม ผ้าอนามัย กระดาษชำระ และมูลฝอยอื่น ๆ ที่แยกประเภทไม่ได้ โดยฤดูร้อนมีมูลฝอยอื่น ๆ ร้อยละ 6.14 (ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ 1.73 ± 0.7 กิโลกรัม) และในฤดูฝนพบมูลฝอยอื่น ๆ ร้อยละ 38.17 (ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ 11.48 ± 1.2 กิโลกรัม) ซึ่งพบว่าในฤดูฝนมีปริมาณมากกว่าในฤดูร้อน



ภาพที่ 29 ร้อยละองค์ประกอบของมูลฝอยอื่น ๆ

1.4 มูลฝอยอันตราย

มูลฝอยอันตราย เช่น รีโมทโทรทัศน์ ถ่านนาฬิกาหรือวิทยุ หลอดไฟ โดยฤดูร้อนมี มูลฝอยอันตรายร้อยละ 0.94 (ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ 0.27 ± 0.1 kg) และในฤดูฝนมี มูลฝอยอันตราย ร้อยละ 1.71 (ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ 0.57 ± 0.4 kg) ซึ่งในฤดูฝนมีปริมาณมากกว่าในฤดูร้อน



ภาพที่ 30 ร้อยละองค์ประกอบของมูลฝอยอันตราย

1.5 ความหนาแน่นของมูลฝอย

มูลฝอยของเทศบาลตำบลทับมามีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 153.33 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยในฤดูร้อนมีความหนาแน่นของมูลฝอยอยู่ที่ 141.16 ± 26.76 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในฤดูฝนมีความหนาแน่นอยู่ที่ 165.50 ± 21.50 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งความหนาแน่นของมูลฝอยเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่ส่งผลทั้งค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและทางด้านเทคนิค และใช้พื้นที่ในการจัดเก็บมากส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

2.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

รายละเอียดองค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ดังนี้

2.1.1 หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ปนเปื้อนอยู่ในมูลฝอยทั่วไป มีค่า pH เป็นกลาง และมีค่าความชื้น (Moisture Content: M) อยู่ระหว่าง 2.67 - 12.96 %

2.1.2 ค่าความร้อน Heat content (Gross calorific value) ของมูลฝอยหน้ากาก
อนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ได้ มีค่าเท่ากับ 10,753 cal/g หรือ 10.753 kcal/g

2.1.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids: T) อยู่ระหว่าง 87.04 - 92.18 %

2.1.4 ปริมาณเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ (Ash : A) อยู่ระหว่าง 13.25 - 98.83 %
คือสิ่งที่เหลือตกค้างจากกระบวนการเผาไหม้ ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วย

- อะลูมิเนียม (Al) ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างไม่พบ
- เหล็ก (Fe) มีปริมาณ 17.79 mg/kg
- แมกนีเซียม (Mg) มีปริมาณ 36.12 mg/kg

2.1.5 ปริมาณคาร์บอนคงที่ (Fixed Carbon: C) ในหน้ากากอนามัยพบ C ร้อยละ
76.06

2.1.6 ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Solid: V) อยู่ระหว่าง 80.02 - 88.48 % โดย
น้ำหนัก

2.1.7 ปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียม (Cd) อยู่ระหว่าง 0.32 – 0.37 mg/kg ไม่
เกินค่ามาตรฐาน (ไม่เกิน 67 mg/kg)

2.1.8 สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนักอื่น ๆ (Heavy Metals) โดยพิจารณาตาม
ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2563 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้
ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปกป้องประชาชนทั่วไปในพื้นที่แบบการอยู่อาศัย
รวมถึงประชากรเสี่ยง ได้แก่ เด็กอายุไม่เกิน 6 ขวบ พิจารณาการปนเปื้อนโลหะหนักตามมาตรฐาน

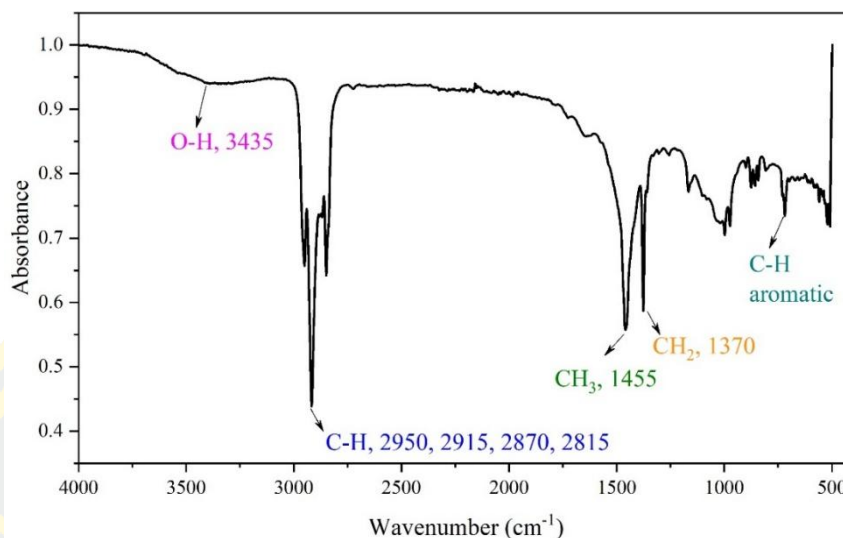
- โครเมียม (Cr) พบในปริมาณ 0.20 – 0.25 mg/kg ไม่เกินมาตรฐาน (< 17.5 mg/kg)
- ตะกั่ว (Pb) พบในปริมาณ 0.52 - 1.48 mg/kg ไม่เกินมาตรฐาน (< 400 mg/kg)
- นิกเกิล (Ni) พบในปริมาณ 0.12- 0.14mg/kg ไม่เกินมาตรฐาน (< 436.5 mg/kg)
- ทองแดง (Cu) พบในปริมาณ 0.49 - 0.59 mg/kg ไม่เกินมาตรฐาน (< 2,920 mg/kg)
- แมงกานีส (Mn) พบในปริมาณ 0.89 - 0.91mg/kg ไม่เกินมาตรฐาน (< 1,710 mg/kg)
- ไม่พบปริมาณของปรอท (Hg) (< 22 mg/kg)

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

องค์ประกอบทางเคมีของหน้ากากอนามัย	ผลการทดสอบ		หน่วย
	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	
pH	6.95	7.03	
Heat content (Gross calorific value)	-	10,753	(Cal/g)
Fixed Carbon: C	-	76.06	(%)
Moisture Content	2.67	12.96	(%)
Ash	98.83	13.25	(%)
Volatile Solid	88.48	80.02	(%)
Al	ND	ND	(mg/kg)
Fe	17.17	18.40	(mg/kg)
Mg	36.91	35.32	(mg/kg)
Pb	0.52	1.48	(mg/kg)
Hg	ND	ND	(mg/kg)
Cd	0.37	0.32	(mg/kg)
Ni	0.12	0.14	(mg/kg)
Cr	0.20	0.25	(mg/kg)
Cu	0.59	0.49	(mg/kg)
Mn	0.89	0.91	(mg/kg)

2.1.9 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

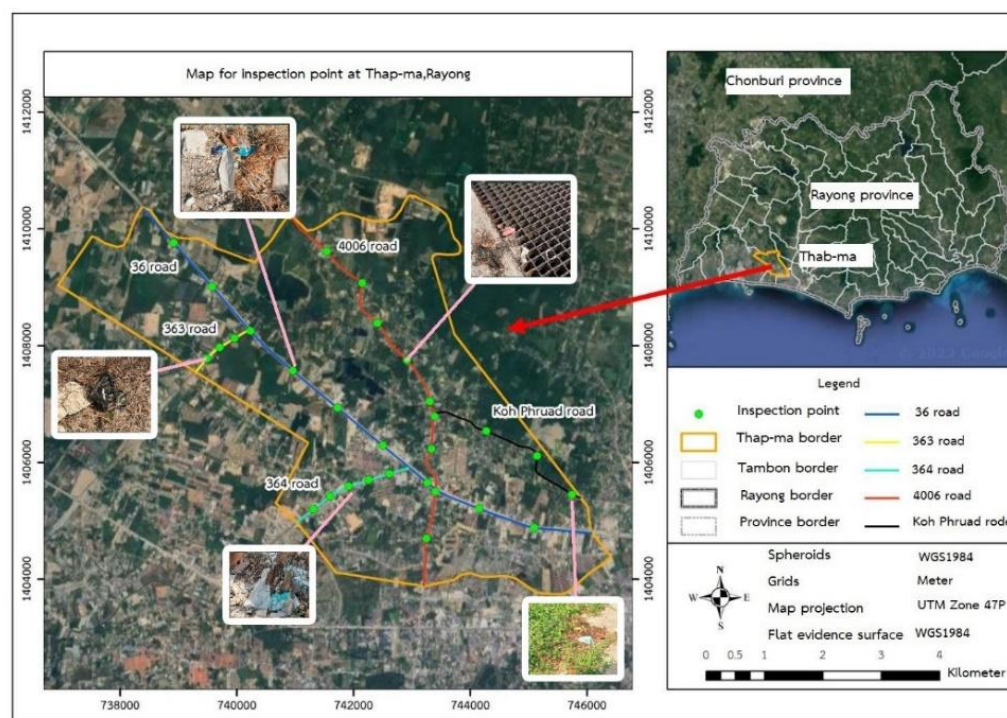
ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ด้วยวิธี FTIR พบว่าเป็นพอลิโพรพิลีน เนื่องจากการวิเคราะห์พบการดูดกลืนรังสีที่ 2950 cm^{-1} ดังแสดงในภาพที่ 31



ภาพที่ 31 สเปกตรัม FTIR ของน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

3. การสำรวจมูลฝอยประเภทน้ำกากอนามัยตามเส้นทางที่กำหนดครอบคลุมพื้นที่ตำบลทับมา

ผลการสำรวจปริมาณน้ำกากอนามัยที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม พบปริมาณน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามถนนสายหลัก จากการสำรวจปริมาณมูลฝอยน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งทั้ง 5 เส้นทางสำรวจ ดังภาพที่ 32 พบมูลฝอยน้ำกากอนามัยฯ กระจายอยู่ภายในรัศมี 50 เมตร ของทุกจุดสำรวจ บางจุดสำรวจพบมากกว่า 5 ชิ้นขึ้นไป โดยเฉพาะจุดสำรวจที่อยู่ในเขตชุมชนหรือมีจุดทิ้งมูลฝอยทั่วไปของเทศบาลตั้งอยู่ และบริเวณพื้นที่รกร้าง (จุดสำรวจในพื้นที่หมู่ที่ 4 หมู่ที่ 5 และหมู่ที่ 6) และพบมากที่สุด ในถนนสายหลักคือ ถนนสาย 363 ตลอดเส้นทาง ทั้งซ้ายและขวาของถนน ดังแสดงในตารางที่ 19



ภาพที่ 32 เส้นทางสำรวจและภาพหน้ากากอนามัย

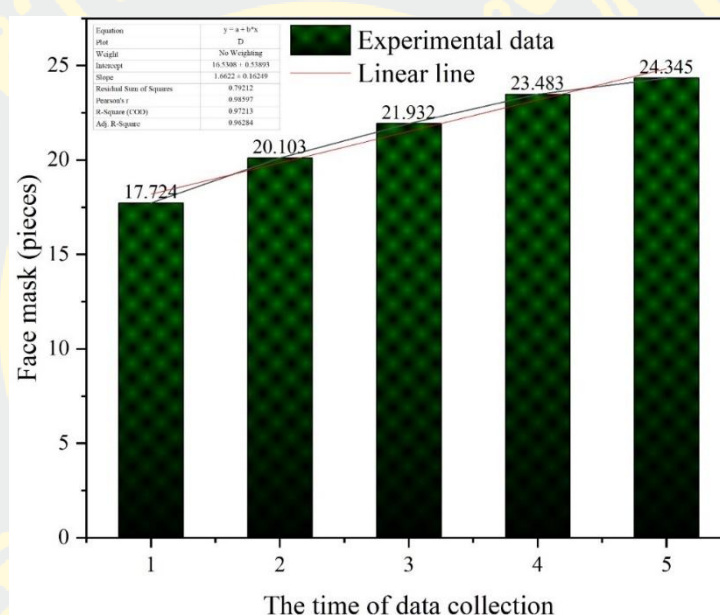
ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยปริมาณหน้ากากอนามัยที่พบในแต่ละเส้นทางที่สำรวจ

เส้นทางสำรวจ	จำนวนหน้ากากอนามัยที่พบในเส้นทางสำรวจ (ชิ้น)	จำนวนจุดสำรวจ	จำนวนหน้ากากอนามัยที่พบเฉลี่ยในแต่ละจุดสำรวจ (ชิ้น)
ทางหลวงหมายเลขที่ 36	223.2	9	24.8
ทางหลวงหมายเลขที่ 363	99.0	3	33.0
ทางหลวงหมายเลขที่ 364	130.8	5	26.2
ทางหลวงหมายเลขที่ 4006	123.2	8	15.4
ถนนเกาะพร้าว	53.60	4	13.4
รวมทั้งสิ้น	629.8	29	22.6

ผลการศึกษาพบว่าทางหลวงหมายเลข 363 มีค่าเฉลี่ยปริมาณหน้ากากอนามัยที่พบในแต่ละจุดสำรวจมากกว่าถนนเส้นอื่น โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 33 ± 2.4 ชิ้น รองลงมาคือ ถนนสาย 364 โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 26 ± 7.7 ชิ้น ถนนสาย 36 มีค่าเฉลี่ยที่ 25 ± 8.4 ชิ้น ถนนสาย 4006 ค่าเฉลี่ยที่ 15 ± 6.1 ชิ้น

และพบน้อยที่สุดที่ถนนเกาะพรวด โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 13 ± 2.6 ชิ้น ในขณะที่ค่าเฉลี่ยปริมาณหน้ากากอนามัยที่พบทุกจุดสำรวจ มีค่าเฉลี่ยที่ 23 ± 9.5 ชิ้น

ค่าเฉลี่ยปริมาณมูลฝอยหน้ากากอนามัยฯ ถูกนำมาคำนวณหาแนวโน้มด้วยการใช้สมการถดถอยเชิงเส้นในการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยผลที่ได้นั้นแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่พบในสภาพแวดล้อมตามถนนสายหลักในตำบลทับมานั้นมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าการสะสมของหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งในสภาพแวดล้อมโดยไม่ได้รับการจัดการที่เหมาะสม ดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 33 แนวโน้มหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่พบในแต่ละจุดสำรวจ

จากภาพที่ 33 แสดงอัตรามูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่เพิ่มขึ้นในเส้นทางสำรวจทั้ง 5 เส้นทาง แนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นความชันในเชิงบวก แสดงว่ามีการสะสมของขยะหน้ากากอนามัยฯ ในสิ่งแวดล้อม โดยไม่ได้รับการจัดการที่ถูกต้อง พบว่าหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วทิ้งในทุกจุดสำรวจ โดยเฉพาะในพื้นที่ชุมชน จุดทิ้งมูลฝอยของเทศบาล และพื้นที่รกร้าง นอกจากนี้ยังพบมูลฝอยที่เกี่ยวข้องกับ Covid-19 เช่น ถุงมือยาง กล่องตรวจ ATK และซองบรรจุหน้ากากอนามัย ปัญหาที่พบในงานวิจัยนี้คือ จุดทิ้งถังมูลฝอยติดเชื้อของเทศบาลมีไม่เพียงพอและอยู่ห่างไกลชุมชน ทำให้ประชาชนขาดความร่วมมือในการจัดการมูลฝอยหน้ากาก เช่น ไม่คัดแยกและไม่นำไปทิ้งในถังมูลฝอยติดเชื้อ หน้ากากที่พบส่วนใหญ่เป็นแบบใช้แล้วทิ้ง

4. การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ และการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารเทศบาลตำบลทับมา

4.1 ผลการระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนารูปแบบการจัดการขยะหน้าากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนในเทศบาลตำบลทับมา โดยทีมวิจัยได้เชิญหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่เข้าร่วมระดมความคิดเห็น ซึ่งเจตนาวัตถุประสงค์และรายละเอียดโครงการ และนำเสนอข้อมูลการจัดการปัญหาขยะหน้าากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง การสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของขยะที่ปนเปื้อนหน้าากอนามัย รวมถึงแนวทางการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพซึ่งได้จากการทบทวนวรรณกรรม นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอร่างรูปแบบการจัดการขยะหน้าากอนามัยฯในเบื้องต้น ในการระดมความคิดเห็นจากการสนทนากลุ่มย่อยพบว่าผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ตำบลทับมามีความตระหนักและเล็งเห็นความสำคัญให้ความร่วมมือในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว แต่มีข้อกังวลในเรื่องของสุขลักษณะและความยุ่งยากในการคัดแยกตลอดจนการสร้างความรู้ความเข้าใจกับประชาชนในพื้นที่ และเห็นด้วยกับร่างรูปแบบการจัดการขยะหน้าากอนามัยฯที่ได้นำเสนอ

สามารถสรุปความคิดเห็นจากการสนทนากลุ่มของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการมูลฝอยประเภทหน้าากอนามัยและวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการ ได้ดังนี้

- 1) ศึกษาแบบการจัดการมูลฝอยหน้าากอนามัยฯ ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ สามารถป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพได้
- 2) การประชาสัมพันธ์และเสริมความรู้ให้กับประชาชนเกี่ยวกับวิธีการจัดการมูลฝอยหน้าากอนามัยฯที่ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญที่จะสร้างความตระหนักและพฤติกรรมจัดการที่ดีได้
- 3) ปัจจัยสำคัญในการจัดการมูลฝอยหน้าากอนามัยฯ ที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่ ความปลอดภัยและสุขอนามัยเทคโนโลยีและอุปกรณ์ การสร้างความตระหนักให้กับประชาชน การบริหารจัดการ ผลกระทบต่อสังคม สุขภาพและสิ่งแวดล้อม นโยบายและกฎหมายท้องถิ่น ความร่วมมือจากภาคีที่เกี่ยวข้อง และความเพียงพอของผู้ปฏิบัติงาน

4.2 การสัมภาษณ์เชิงลึกสำหรับผู้บริหารเทศบาลตำบลทับมาในด้านการจัดการมูลฝอยประเภทหน้าากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้บริหารเทศบาลตำบลทับมา สามารถสรุปองค์ประกอบของการจัดการมูลฝอยประเภทหน้าากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งอย่างยั่งยืนได้ดังนี้

1) การสร้างความตระหนักรู้ โดยส่งเสริมให้ผู้นำชุมชนและอาสาสมัครสาธารณสุข เข้ามามีบทบาทในการสร้างความเข้าใจแก่ประชาชน

2) นโยบาย ต้องมีความชัดเจน สนับสนุนแนวทางการลดขยะและการใช้ทรัพยากร อย่างคุ้มค่า เพื่อให้เกิดระบบการจัดการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของ ภาคประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง กระตุ้นให้ประชาชน เข้ามามีบทบาทในการจัดการขยะ และส่งเสริมความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน และชุมชน

3) การใช้เทคโนโลยี การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพศึกษาความ เป็นไปได้ในการแปรรูปวัสดุจากหน้ากากอนามัยให้เกิดประโยชน์สูงสุดและลดผลกระทบด้าน สิ่งแวดล้อม

4) ผสานการทำงานร่วมกับกระบวนการที่มีอยู่ โดยบูรณาการร่วมกับกระบวนการ ROSSES

5) ผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ ด้วยการประเมินผลกระทบด้าน สิ่งแวดล้อม สังคมและเศรษฐกิจเพื่อลดปัญหามลพิษที่จะเกิดขึ้นและทราบถึงความคุ้มค่าในการ ลงทุน

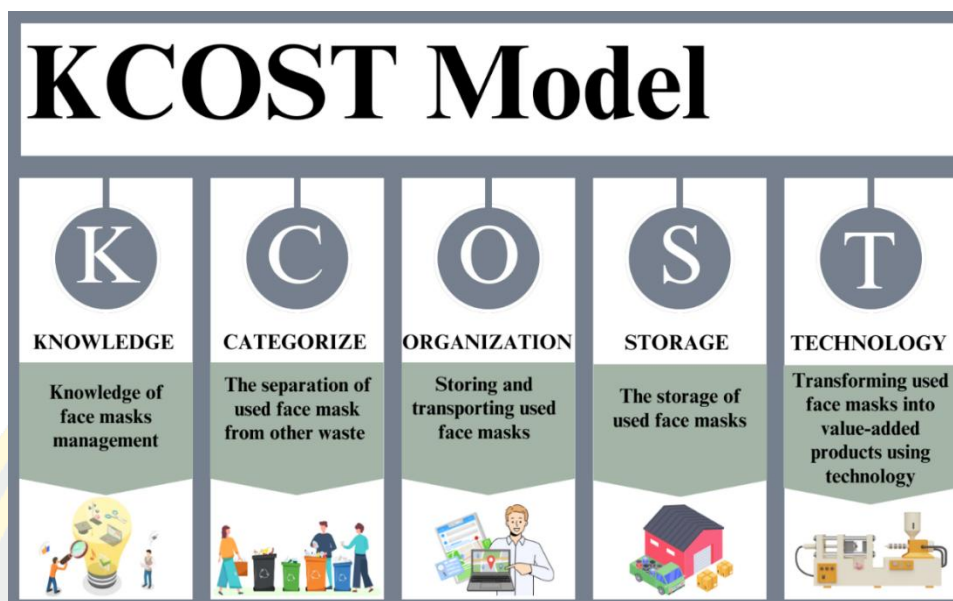
แนวทางการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่เหมาะสมจากการ สัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารเทศบาล พบว่า ควรเริ่มจากการสร้างการรับรู้และความตระหนักโดยเริ่ม จากผู้นำชุมชน สร้างบุคคลต้นแบบโดยเฉพาะกลุ่มอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ในการเผยแพร่ความรู้ไปยังชุมชนร่วมกับกระบวนการจัดการมูลฝอย (ROSSES) ที่มีอยู่เดิม การ ดำเนินการจะประสบความสำเร็จได้ต้องมีนโยบายที่ชัดเจน และทุกภาคส่วนต้องมีส่วนร่วมในการ จัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งอย่างยั่งยืน เน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่อ ลดปริมาณมูลฝอยหน้ากากอนามัยและให้ความสำคัญกับการนำหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งมา แปรรูปหรือนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นวิธีที่ยั่งยืนทั้งทางสิ่งแวดล้อมและทางเศรษฐกิจ การนำหน้ากาก อนามัยแบบใช้แล้วทิ้งมาแปรรูปหรือนำมาผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นอีก แนวทางที่เป็นไปได้โดยช่วยลดปริมาณมูลฝอยหน้ากากอนามัยที่ต้องนำไปเผาหรือฝังกลบ ช่วยลด การใช้ทรัพยากรธรรมชาติและลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

ส่วนที่ 2 รูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้าากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการ AOP ผู้ผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียน (HIA2: Public scoping)

1. การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ ในการกำหนดรูปแบบการจัดการหน้าากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนในพื้นที่ตำบลทับมา

1.1 การวิเคราะห์รูปแบบการจัดการหน้าากอนามัยที่ใช้แล้ว

จากการศึกษาโดยวิเคราะห์คุณสมบัติหน้าากอนามัยและการปนเปื้อนตลอดจน ทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ สามารถสร้างรูปแบบการจัดการหน้าากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งได้ คือ KCOST Model โดยเริ่มต้นจากการสร้างองค์ความรู้ (Knowledge) ของการจัดการหน้าากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งให้เห็นถึงความสำคัญต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม หลังจากนั้นควรเผยแพร่ องค์ความรู้ดังกล่าวพร้อมแนวทางปฏิบัติให้กับชุมชนเพื่อให้เกิดการเสริมสร้างความตระหนัก เช่น การแยกมูลฝอย และหน่วยงานภาครัฐต้องเตรียมความพร้อมด้านอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทิ้ง มูลฝอย (Categorize) ได้แก่ ถังมูลฝอยแต่ละประเภท สถานที่ตั้งถัง มูลฝอยแต่ละประเภท ตารางเวลาการเก็บมูลฝอย เป็นต้น เมื่อชุมชนแยกมูลฝอยและนำไปทิ้งตามประเภทของถังมูลฝอย และสถานที่แล้ว เป็นหน้าที่ของหน่วยงานภาครัฐที่จะออกแบบการบริหารจัดการการขนย้ายมูลฝอยไปยังสถานที่รวบรวมมูลฝอย เช่น รถที่ใช้ขนย้าย ความปลอดภัยของผู้ขนย้าย ตารางเวลาการขนย้าย (Organize) เมื่อขนย้ายไปยังสถานที่รวบรวมมูลฝอยทุกประเภทแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายคือการนำ มูลฝอยหน้าากอนามัยที่คัดแยกแล้วเหล่านั้นไปรีไซเคิลให้เกิดประโยชน์ด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม (Technology) ตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน ดังภาพที่ 34



ภาพที่ 34 รูปแบบการจัดการมูลฝอยชุมชนที่มีหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

1.2 ผลของการระดมความคิดเห็นการสนทนากลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของเทศบาลตำบลทับมา

จากการนำเสนอปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหามูลฝอยหน้ากากอนามัย ให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ในขั้นตอนที่ 1 HIA: 1. Public Screening จากนั้นผู้วิจัยได้จัดทำร่างรูปแบบในการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนในจากการระดมความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระยะที่ 1 ได้มาเป็นรูปแบบ KCOST Model และได้นำเสนอรูปแบบดังกล่าวในการระดมความคิดเห็นเพื่อกำหนดกรอบการดำเนินงานของ KCOST Model ในขั้นตอนที่ 2 HIA: 2. Public Scoping เมื่อวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2566 โดยผลการดำเนินการสามารถสรุปรายละเอียดของรูปแบบการจัดการได้ดังนี้

- 1) การสร้างองค์ความรู้ ให้ความรู้และสร้างจิตสำนึกประชาชนผ่านผู้นำชุมชนและสถานศึกษา
- 2) การคัดแยก ออกแบบถุงขยะสีแดงสำหรับแยกหน้ากากอนามัย
- 3) การจัดการ ลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและจัดเก็บ โดยมีรถขนส่งเฉพาะสำหรับหน้ากากอนามัย
- 4) การเก็บรวบรวม จัดพื้นที่รวบรวมเฉพาะ และลดขนาดของวัสดุเพื่อประหยัดพื้นที่
- 5) การใช้เทคโนโลยี กำหนดเทคโนโลยีในการเปลี่ยนมูลฝอยติดเชื้อเป็นมูลฝอยทั่วไปเพื่อนำไปรีไซเคิลโดยคำนึงถึงผลกระทบและต้นทุนในการจัดการ และใช้เทคโนโลยี

การแปรรูปพลาสติกกรีไซเคิลร่วมกับภาคเอกชน

แนวทางการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนนี้ สามารถช่วยแก้ปัญหาได้อย่างยั่งยืน แต่ความสำเร็จขึ้นอยู่กับความร่วมมือจากทุกภาคส่วน นอกจากนี้ ควรส่งเสริมให้ประชาชนใช้หน้ากากอนามัยที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เพื่อลด ปริมาณขยะในระยะยาว ในการประเมินรูปแบบการจัดการนี้ ควรมีตัวชี้วัดด้านประสิทธิภาพและ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงการมีส่วนร่วมของชุมชน การลดผลกระทบทางสังคม และความ ยั่งยืนของธุรกิจการแปรรูป เพื่อให้สามารถประเมินความสำเร็จของแนวทางได้อย่างครอบคลุม

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพคือ การสร้างความเข้าใจให้ประชาชนเห็น ประโยชน์ของการจัดการขยะที่ดีและมีมาตรการส่งเสริม เช่น ข้อบัญญัติท้องถิ่นเกี่ยวกับการคัดแยก มูลฝอย และสร้างความมั่นใจด้านสุขอนามัยในการจัดเก็บและแปรรูป เพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมจาก ทุกภาคส่วน ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน องค์กรด้านสุขภาพ องค์กรท้องถิ่น และสื่อมวลชนต้อง สนับสนุนและร่วมมือกันในการดำเนินการนี้ เพื่อให้เกิดการจัดการขยะหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้ว ทิ้งที่ยั่งยืนและมีประสิทธิภาพในระยะยาว

1.3 การกำหนดกรอบในการดำเนินงานในรูปแบบ KCOST

จากการระดมความคิดเห็นของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และ ประชาชนในพื้นที่ในการกำหนดรูปแบบและแนวทางการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ตามแนวทางการจัดการมูลฝอยชุมชนอย่างยั่งยืนที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้เป็นกรอบในการดำเนินงาน ในรูปแบบ KCOST ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 รูปแบบนวัตกรรมการจัดการหน้ากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งในชุมชน

MODEL	K Knowledge	C Categorize	O Organize	S Storage	T Technology
ความหมาย	องค์ความรู้	การคัดแยก	การจัดการ	การเก็บรวบรวม	การใช้เทคโนโลยี
แหล่งที่มาที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลด้านสุขภาพ สาธารณสุขและ สิ่งแวดล้อมทั้งใน และต่างประเทศ	อุปกรณ์ที่ เกี่ยวข้อง เช่น ถัง มูลฝอย ถุง มูลฝอยแต่ละ ประเภท	- รถเก็บขน - ตารางเวลาเก็บ มูลฝอย - เส้นทางในการเก็บขน	สถานที่ที่ปลอดภัย ถูกสุขลักษณะและ ห่างไกลชุมชน มี ขนาดใหญ่ แบ่ง ประเภทของ มูลฝอยอย่าง ชัดเจน	ศึกษารูปแบบ และนวัตกรรม การจัดการ มูลฝอยที่ยังไม่มี ระบบการจัดการ ในประเทศไทย จากBest Practices ใน ต่างประเทศ
วิธีการดำเนินการ	- การอบรม - การประชาสัมพันธ์ - การสร้างบุคคล ต้นแบบ	การฆ่าเชื้อ หน้ากอนามัย ก่อนทิ้ง และ แบ่งประเภทการ ทิ้ง มูลฝอยตาม ประเภทของถุง และถังมูลฝอย	ตั้งจุดรวบรวมมูลฝอย แต่ละประเภท พร้อม ทั้งแจ้งตารางเวลาการ เก็บขนมูลฝอย	จุดรวบรวมมูลฝอย ที่คัดแยกแล้วจาก รถขนมูลฝอยจาก ชุมชน	ศึกษา วิจัย การ ใช้เทคโนโลยี เพื่อจัดการขยะ พลาสติกให้เกิด ประโยชน์และ เป็นมิตรกับ สิ่งแวดล้อม
ผู้รับผิดชอบ	หน่วยงานของรัฐ	ประชาชน	หน่วยงานของรัฐ หรือภาคเอกชน	หน่วยงานของรัฐ หรือภาคเอกชน	ภาคเอกชน
อุปสรรค	- ความร่วมมือ - ประชากรแฝง - การเข้าถึงข้อมูล - วิถีชีวิต	พฤติกรรมของ ประชาชนใน การคัดแยกขยะ และไม่ปฏิบัติ ตามระเบียบ	งบประมาณและ ทรัพยากรไม่เพียงพอ ในการบริหารจัดการ	ใช้เวลานานในการ จัดเก็บและพื้นที่ ขนาดใหญ่	ทุนวิจัยและการ พัฒนา เทคโนโลยี

ตารางที่ 20 (ต่อ)

MODEL	K	C	O	S	T
	Knowledge	Categorize	Organize	Storage	Technology
ความ	ประชาชนมีความรู้	ประชาชนคัด	เจ้าหน้าที่เก็บข้อมูล	ใช้พื้นที่ให้เกิด	เทคโนโลยีที่
คาดหวัง	และความตระหนัก	แยกมูลฝอย	ฝอยมีความปลอดภัย	ประสิทธิภาพมาก	เหมาะสมและมี
	ด้านสิ่งแวดล้อมและ	ตั้งแต่ครัวเรือน	ไม่มีมูลฝอยตกค้าง	ที่สุดและถูก	ประสิทธิภาพใน
	การจัดการมูลฝอย	และนำไปทิ้ง	และประหยัด	สุทธลักษณะ	การปรับปรุงขยะ
	หน้ากากอนามัย	ตามจุดที่กำหนด	ทรัพยากร		พลาสติก
	อย่างถูกวิธี	ไว้			

จากตารางที่ 20 สรุปข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่าการจัดการมูลฝอยในประเทศไทยยังมีข้อจำกัด ทั้งในด้านงบประมาณ พื้นที่ เทคโนโลยี และพฤติกรรมของประชาชนโดยมีรายละเอียดการดำเนินงานในแต่ละองค์ประกอบดังนี้

1. K: Knowledge องค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการหน้ากากอนามัย การใช้รูปแบบที่เหมาะสมเพื่อเข้าถึงสื่อประชาสัมพันธ์มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากช่วยให้เนื้อหาที่ต้องการสื่อสารเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในยุคที่สื่อดิจิทัลและโซเชียลมีเดียมีบทบาทสำคัญ การออกแบบเนื้อหาประชาสัมพันธ์จึงต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่
 - 1.1 การใช้ภาษาท้องถิ่นที่เข้าใจและเป็นที่ยอมรับของประชากรในพื้นที่ เพื่อให้ข้อมูลถูกตีความได้ถูกต้อง
 - 1.2 การใช้สื่อตามวัฒนธรรม การปรับรูปแบบการสื่อสารให้เข้ากับวัฒนธรรม และรูปแบบการดำเนินชีวิตของประชากรในพื้นที่นั้น
 - 1.3 การให้ข้อมูลที่เข้าถึงได้ง่าย ให้ความสำคัญในการทำให้ข้อมูลเป็นไปในรูปแบบที่เข้าถึงได้ง่าย ไม่ซับซ้อน และตรงต่อความต้องการของประชากร
 - 1.4 การใช้ช่องทางสื่อสารทางสังคมที่เป็นที่นิยมในพื้นที่นั้น เช่น เว็บไซต์ โซเชียลมีเดีย เสียงตามสายหรือสื่อท้องถิ่นอื่น ๆ
 - 1.5 การให้คำแนะนำแบบปฏิบัติที่เข้าถึงได้ และสามารถนำไปใช้งานในชีวิตประจำวันได้สะดวก
 - 1.6 การใช้กลุ่มผู้นำหรือผู้มีบทบาทสำคัญในพื้นที่ เช่น ผู้นำชุมชน พระสงฆ์ เพื่อช่วยในการสื่อสารและถ่ายทอดข้อมูลที่ถูกต้อง

1.7 การร่วมมือกับหน่วยงานทุกภาคส่วน และผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ในสาขาต่าง ๆ เพื่อสร้างข้อมูลที่มีความรู้ครอบคลุมและเข้าใจง่าย

1.8 การเก็บข้อมูลผลตอบรับ หรือความพึงพอใจจากประชากรเพื่อปรับปรุงและพัฒนาให้เข้ากับความต้องการ

การใช้แนวทางเหล่านี้จะช่วยให้ข้อมูลและองค์ความรู้ที่แพร่หลาย เข้าถึงง่าย และมีผลต่อประชาชนในพื้นที่นั้น ๆ อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

2. C: Category การคัดแยกหน้ากากอนามัย

หน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วถือเป็นมูลฝอยที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ เนื่องจากอาจมีสารคัดหลั่ง เช่น น้ำลาย น้ำมูก หรือเสมหะปนเปื้อนอยู่ ซึ่งอาจมีเชื้อโรคติดอยู่ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคัดแยกหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วออกจากมูลฝอยทั่วไป เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค การคัดแยกหน้ากากอนามัยที่ผ่านการใช้แล้ว จำเป็นต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อเบื้องต้นซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้เชื้อโรคแพร่กระจายนอกจากนี้ ประชาชนควรคัดแยกหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วใส่ถุงมูลฝอยเฉพาะสำหรับหน้ากากอนามัยฯ ซึ่งปัจจุบันหลายหน่วยงานภาครัฐและเอกชนได้จัดตั้งจุดรวบรวมหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้ว เพื่อนำไปกำจัดอย่างถูกวิธีหรือการใช้เทคโนโลยีในการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและลดการเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยที่ประชาชนจำเป็นต้องมีการแยกส่วนประกอบของหน้ากากอนามัยฯ โดยแยกวัสดุคล้องสันจมูก ข้างยึดคล้องหู ออกจากแผ่นหน้ากากอนามัยที่เป็นพอลิโพรพิลีน (Polypropylene) เพื่อเตรียมความพร้อมในการนำไปรีไซเคิลของแต่ละองค์ประกอบ

3. O: Organization การบริหารจัดการในการเก็บขน

การบริหารจัดการในการเก็บขนมูลฝอยมีความสำคัญ โดยวางรูปแบบการดำเนินงานให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดทรัพยากร ขั้นตอนในการเก็บขนควรดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1 วางแผนการเก็บขนมูลฝอย โดยพิจารณาปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น ลักษณะของมูลฝอย และความถี่ของการเก็บขน

3.2 การใช้ถังมูลฝอยที่เหมาะสม โดยเลือกใช้ถังมูลฝอยที่มีขนาดและลักษณะที่เหมาะสมกับปริมาณและลักษณะของมูลฝอย

3.3 การทำแผนการเก็บขนที่ประหยัดทรัพยากร เช่น การเลือกเส้นทางที่มีระยะทางสั้น การรวบรวมมูลฝอยในพื้นที่เดียวกัน หรือการใช้รถขนส่งที่มีประสิทธิภาพหรือใช้พลังงานสะอาด

3.4 การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อติดตามและบริหารจัดการข้อมูลมูลฝอย เช่น การใช้ระบบ GPS ระบบเซ็นเซอร์ หรือแพลตฟอร์มออนไลน์

4. S: Storage การเก็บรวบรวม

การเก็บรวบรวมน้ำากอนามย์แบบใช้แล้วทิ้งจำเป็นต้องมีพื้นที่อาคารที่มีความเหมาะสม โดยพื้นที่อาคารดังกล่าวควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

4.1 มีขนาดเพียงพอ สามารถรองรับปริมาณน้ำากอนามย์ที่เก็บรวบรวมได้ โดยปริมาณน้ำากอนามย์ที่จะนำมาเก็บรวมนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนประชากรในพื้นที่นั้น ๆ และความถี่ในการเปลี่ยนน้ำากอนามย์

4.2 ตั้งอยู่ในทำเลที่เหมาะสม อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดน้ำากอนามย์ เพื่อให้ง่ายต่อการรวบรวมและขนส่ง

4.3 มีความปลอดภัย เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำากอนามย์ปนเปื้อนกับสิ่งสกปรกหรือเชื้อโรค

4.4 มีระบบระบายอากาศที่ดี เพื่อลดความเสี่ยงในการแพร่กระจายของเชื้อโรคบนน้ำากอนามย์แบบใช้แล้วทิ้งอย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากคุณสมบัติข้างต้นแล้ว พื้นที่อาคารสำหรับเก็บรวบรวมน้ำากอนามย์ ควรมีการออกแบบและจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เหมาะสม ตัวอย่างการออกแบบและจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ในพื้นที่อาคารสำหรับเก็บรวบรวมน้ำากอนามย์ เช่น บริเวณทางเข้าอาคาร ควรมีป้ายประชาสัมพันธ์ให้ความรู้แก่ประชาชนเกี่ยวกับวิธีการคัดแยกน้ำากอนามย์ ภายในอาคาร ควรมีภาชนะสำหรับใส่น้ำากอนามย์ อย่างชัดเจน โดยควรแยกประเภทของน้ำากอนามย์ ตามวัสดุและลักษณะการใช้งาน พื้นที่ภายในอาคาร ควรปูด้วยวัสดุที่ทนทานต่อการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ ผนังภายในอาคาร ควรทาสีหรือเคลือบด้วยวัสดุที่ง่ายต่อการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ ระบบระบายอากาศภายในอาคาร ควรมีประสิทธิภาพในการระบายอากาศได้ดี การออกแบบและจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ในพื้นที่อาคารสำหรับเก็บรวบรวมน้ำากอนามย์ อย่างเหมาะสม จะช่วยให้การเก็บรวบรวมน้ำากอนามย์ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของทุกคน

5. T: Technology การใช้เทคโนโลยี

การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ สำหรับน้ำากอนามย์แบบใช้แล้วทิ้งที่ทำจากพลาสติกพอลิโพรพิลีน (PP) มีหลายเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการสำหรับน้ำากอนามย์ ที่ปนเปื้อนเชื้อก่อโรคสามารถใช้เทคโนโลยีการเผาเป็นเทคโนโลยีที่สะดวกและมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ผลิตเป็นพลังงานความร้อนได้ แต่หากนำมารีไซเคิลเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับชุมชน คือ การรีไซเคิลพลาสติกเชิงกล (Mechanical recycling) เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพและสามารถนำน้ำากอนามย์กลับมาแปรรูป

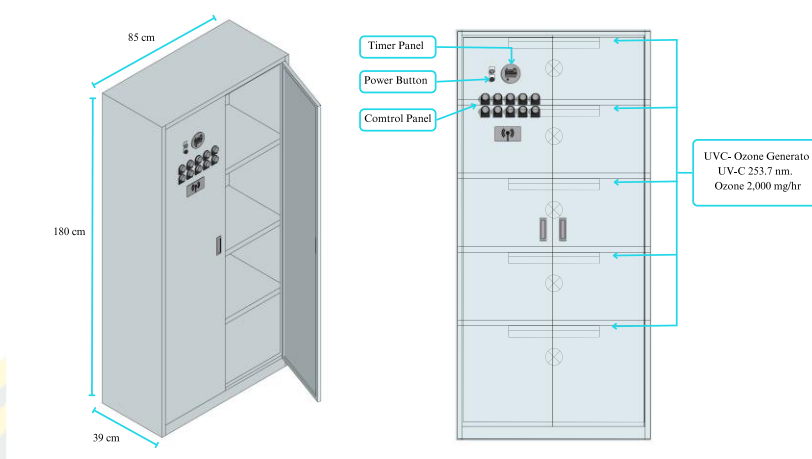
ได้มากที่สุด โดยน้ำกากอนามัยฯ ที่ผ่านการบดย่อยแล้วจะถูกนำไปหลอมในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิลหรือ Post-Consumer Recycled Plastic (PCR) เพื่อนำกลับไปใช้เป็นวัตถุดิบ หรือนำมาผสมใหม่ เพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ต้องการ ก่อนนำไปผ่านกระบวนการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 35



ภาพที่ 35 กระบวนการรีไซเคิลพลาสติกเชิงกล

2. การฆ่าเชื้อมูลฝอยน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งด้วยระบบ Advance Oxidation Process (AOP)

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้คัดเลือกเทคโนโลยีในการฆ่าเชื้อด้วยระบบ UV-OZONE เป็นวิธีฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม และไม่ก่อให้เกิดสารตกค้าง โดยเครื่องฆ่าเชื้อน้ำกากอนามัย ที่ได้รับการจดอนุสิทธิบัตรเลขที่ 2103003631 เมื่อวันที่ 13 ธันวาคม 2021 ดังภาพที่ 36



ภาพที่ 36 เครื่องฆ่าเชื้อน้ำกากอเนมัยด้วยกระบวนการ AOP

ชุมชนในเทศบาลตำบลทับมาให้ความร่วมมือในการคัดแยกชิ้นส่วนน้ำกากอเนมัยฯ และรวบรวมนำมาส่ง ณ จุดรวบรวมที่เทศบาลจัดขึ้น จากนั้นเทศบาลนำน้ำกากฯ ที่รวบรวมได้ ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการ AOP โดยใช้รังสี UV-C ที่ความยาวคลื่น 253.7 nm. และ Ozone 2,000 mg/h เป็นเวลา 40 นาที ในเครื่องฆ่าเชื้อน้ำกากอเนมัย สามารถฆ่าเชื้อน้ำกากอเนมัยฯ ได้ครั้งละ 5 kg



ภาพที่ 37 การฆ่าเชื้อน้ำกากอเนมัยที่ใช้แล้วด้วยกระบวนการ AOP

3. การสร้างผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียนจากน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งและการทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

3.1 การแปรรูปเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลที่มีน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งเป็นส่วนผสม (Post-Consumer Recycled Plastic: PCR)

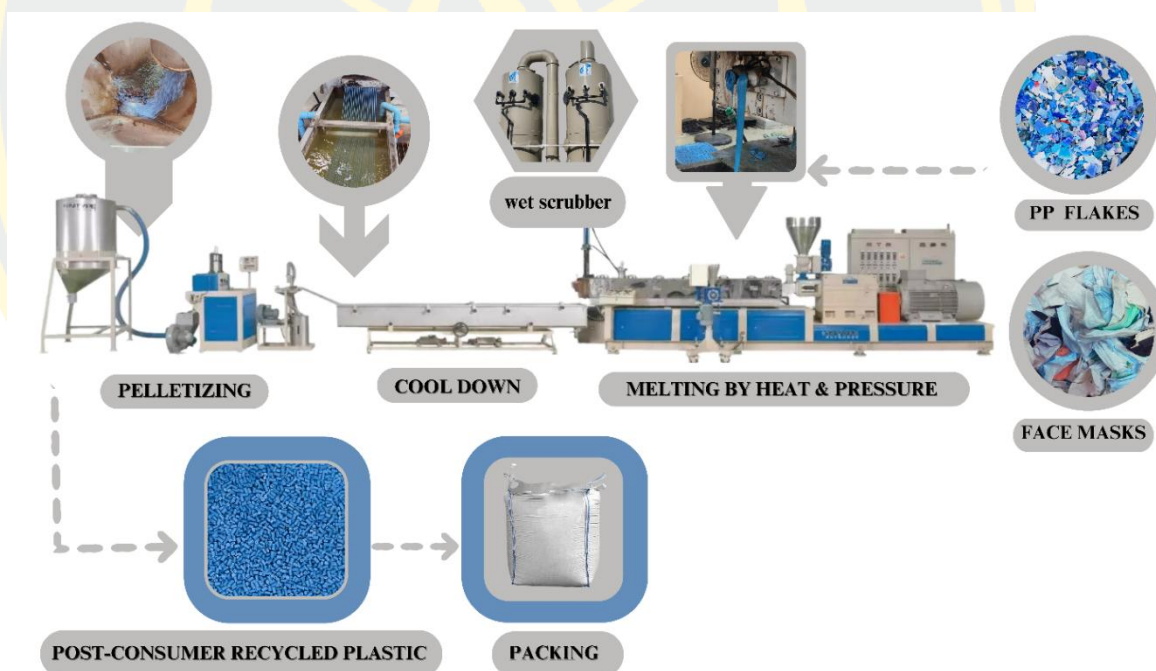
โดยนำน้ำกากอนามัยที่แยกองค์ประกอบแล้ว เศษพลาสติก PP รีไซเคิล (PP Flakes) และกากกาแฟ ชั่งน้ำหนักเตรียมไว้ตามสูตรโดยทดสอบทำ 3 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1 PP Flakes 100%

สูตรที่ 2 น้ำกากอนามัย 10 % : PP Flakes 90 %

สูตรที่ 3 น้ำกากอนามัย 5 % : PP Flakes 94 % : กากกาแฟ 1 %

จากนั้นนำไปเข้าเครื่องหลอมเม็ดพลาสติก ด้วยกระบวนการอัดรีด (Extrusion process) เพื่อให้ได้เม็ดพลาสติกเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 38



ภาพที่ 38 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลที่มีน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งเป็นส่วนผสม

3.2 การทดสอบคุณสมบัติเม็ดพลาสติกจากน้ำกากอนามัย

3.2.1 ค่าดัชนีการหลอมไหล (Melt Flow Index: MFI)

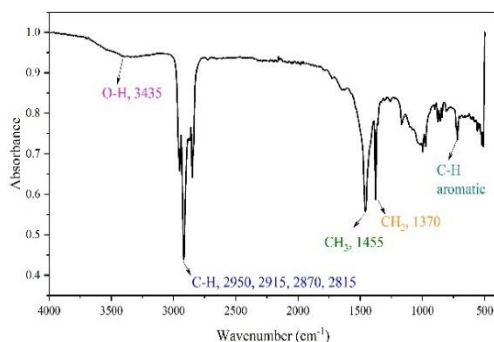
ตารางที่ 21 ผลการทดสอบค่าดัชนีการหลอมไหลของเม็ดพลาสติก PCR

Raw Materials	Melt Flow Rate (G/10 min)
PP Flakes 100 %	20
PP Flakes 90 % + Face Mask 10 %	20
PP Flakes 94 % + Face Mask 5 % + Coffee 1 %	24

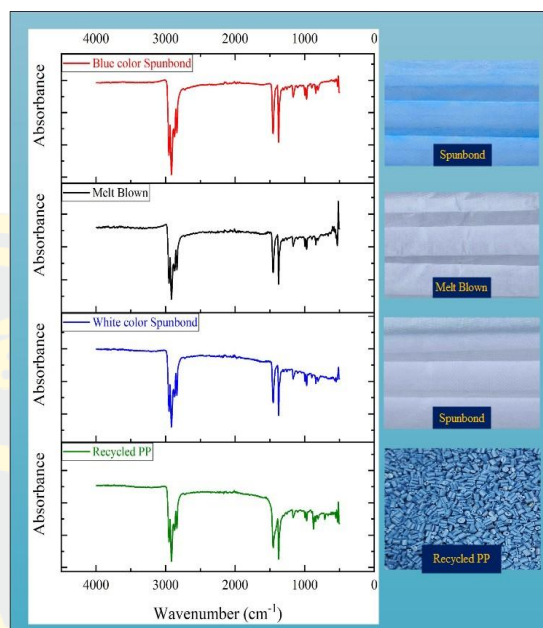
สูตรที่เป็น PP Flakes 100% และ PP Flakes 90% + Face Mask 10% มีค่า MFR ที่เท่ากันที่ 20 g/10 min ซึ่งบ่งชี้ว่าการเติมน้ำกากอนามัย 10% ในสูตรไม่ได้ส่งผลต่ออัตราการไหลของวัสดุในกระบวนการหลอมละลาย ในขณะที่ สูตร PP Flakes 94% + Face Mask 5% + Coffee 1% มีค่า MFR สูงขึ้นเป็น 24 g/10 min การเพิ่มกากกาแฟ 1% เข้าไปอาจส่งผลให้วัสดุไหลได้เร็วขึ้นซึ่งอาจบ่งบอกว่ากากกาแฟช่วยลดความหนืดของการหลอมละลายของ PP ในกระบวนการ การเพิ่มกากกาแฟจึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ MFR ซึ่งอาจช่วยในด้านการขึ้นรูปหรือปรับปรุงกระบวนการผลิตบางประเภทได้ แต่ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของเครื่องจักรซึ่งอาจจะทำให้เกิดการอุดตันได้

3.2.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของน้ำกากอนามัยและเม็ดพลาสติก PP รีไซเคิล

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งเป็นกระบวนการสำคัญที่มีไว้เพื่อช่วยให้เราสามารถจัดการมูลฝอยน้ำกากฯ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยทำการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี Functional group โดยใช้วิธี Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ของส่วนประกอบแต่ละชั้นของน้ำกากอนามัย โดยส่วนด้านในเรียกว่า Meltblown ทำหน้าที่เป็นแผ่นกรองอากาศ ถูกประกบด้วย Spunbond ซึ่งทำหน้าที่เพื่อป้องกันละอองน้ำเข้าสู่แผ่นกรอง ผลการทดสอบด้วยเครื่อง FTIR ของน้ำกากอนามัยในส่วน of Meltblown และ Spunbond แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างน้ำกากอนามัยในแต่ละชั้นมีคุณสมบัติของการดูดกลืนรังสีที่ 2950 cm^{-1} เป็นคุณสมบัติของพอลิโพรพิลีน เช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำกากอนามัย (A) และเม็ดพลาสติก PP รีไซเคิล (b) จึงมีความเหมาะสมที่จะนำกลับมาใช้ใหม่เป็นวัตถุดิบตั้งต้นสำหรับผลิตภัณฑ์ตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียนได้ ดังแสดงในภาพที่ 39



(a)

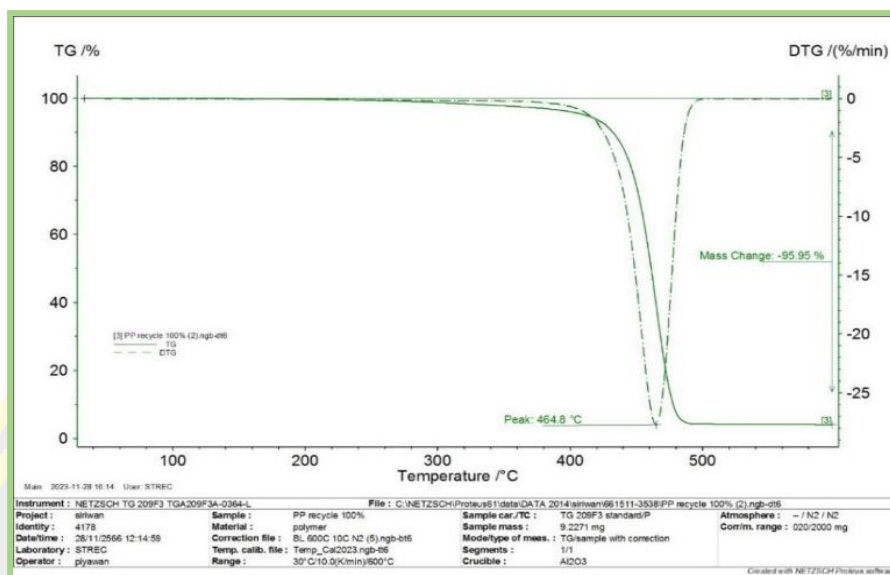


(b)

ภาพที่ 39 สเปกตรัม FTIR ของน้ำกากอนามัยแต่ละชั้นและเม็ดพลาสติก PP รีไซเคิล

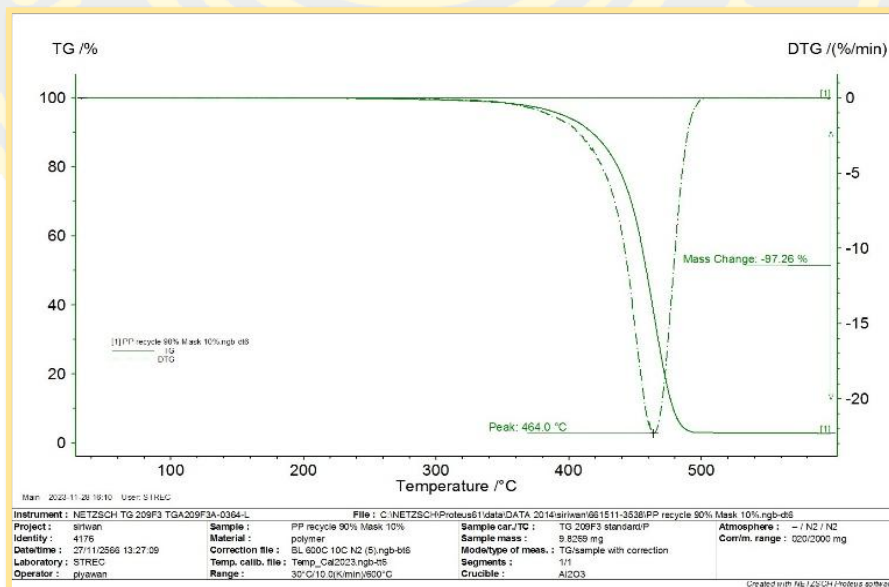
3.2.3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน (Thermogravimetric analysis: TGA)

จากการนำตัวอย่างเม็ดพลาสติก PP recycle จำนวน 3 ตัวอย่าง ได้แก่ 1) PP recycle 100% 2) PP recycle 90% + Face masks 10% และ 3) PP recycle 94% + Face masks 5% + Coffee 1% มาทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA ได้ผลการทดลองเป็นการสูญเสียน้ำหนักเมื่อได้รับความร้อน แสดงในภาพแบบเทอร์โมแกรมแบบ TGA curve และ DTG โดย TGA จะแสดงการเปลี่ยนแปลงมวลพล็อตระหว่างน้ำหนัก (mg) และอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ส่วน DTG เป็นการพล็อตอัตราการสูญเสียมวลเทียบกับเวลา (Dm/dt) และอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) การสลายตัวของตัวอย่างได้แสดงในรูปแบบเทอร์โมแกรม ดังต่อไปนี้



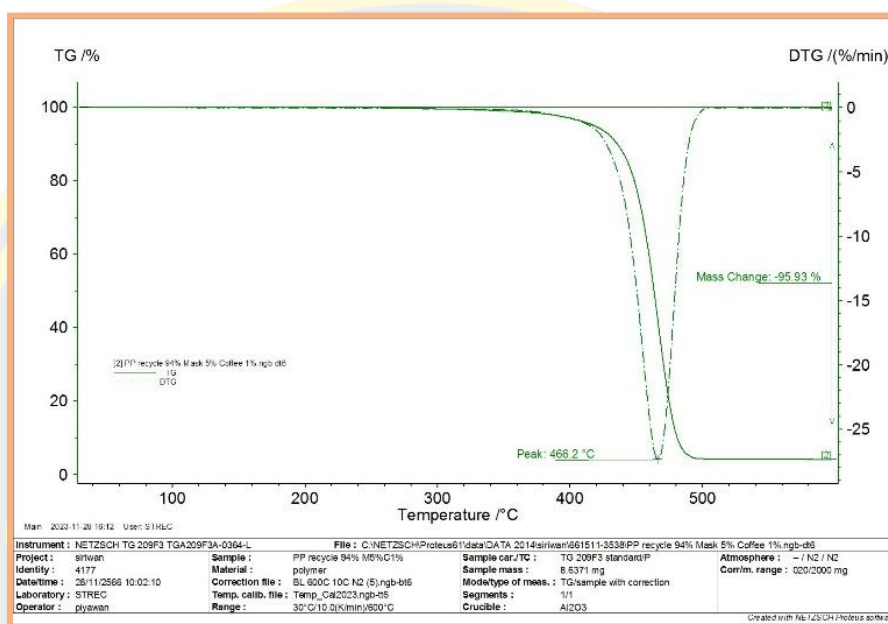
ภาพที่ 40 การสลายตัวทางความร้อนของตัวอย่าง PP recycle 100% ด้วย TGA และ DGT

จากภาพที่ 40 แสดงเทอร์โมแกรมของตัวอย่าง PP recycle 100% พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงของเทอร์โมแกรมมีเพียงขั้นตอนเดียว โดยที่อุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสูงสุดมีค่า 464.8 °C และมีเปอร์เซ็นต์ที่น้ำหนักตัวอย่างหายไปถึง 95.95%



ภาพที่ 41 การสลายตัวทางความร้อนของตัวอย่าง PP recycle 90% + Face masks 10% ด้วย TGA และ DGT

จากภาพที่ 41 แสดงเทอร์โมแกรมของตัวอย่าง PP recycle 90% + Face masks 10% พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงของเทอร์โมแกรมมีเพียงขึ้นตอนเดียว โดยที่อุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสูงสุดมีค่า 464.0°C และมีเปอร์เซ็นต์ที่น้ำหนักตัวอย่างหายไปถึง 97.26%



ภาพที่ 42 การสลายตัวทางความร้อนของตัวอย่าง PP recycle 94% + Face masks 5% + Coffee 1% ด้วย TGA และ DTG

จากภาพที่ 42 แสดงเทอร์โมแกรมของตัวอย่าง PP recycle 94% + Face masks 5% + Coffee 1% พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงของเทอร์โมแกรมมีเพียงขึ้นตอนเดียว โดยที่อุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสูงสุดมีค่า 466.2°C และมีเปอร์เซ็นต์ที่น้ำหนักตัวอย่างหายไปถึง 95.93%

3.2.4 การวิเคราะห์โลหะหนัก

การทดสอบความปลอดภัยของพลาสติกรีไซเคิล ด้วยการนำวัตถุดิบสำหรับการผลิต PCR และผลิตภัณฑ์ PCR มาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณโลหะหนัก ดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบโลหะหนักในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ PCR

ตัวอย่างวิเคราะห์	ปริมาณโลหะหนัก (mg/kg)									
	Al	Pb	Hg	Cd	Ni	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn
PP fleak	ND	0.670	ND	ND	0.107	0.136	13.759	2.173	22.899	ND
PP resin 100%	ND	0.564	ND	ND	0.059	0.119	2.297	1.069	2.723	ND
PP resin 90% + Mask 10%	ND	0.563	ND	ND	0.086	0.076	4.676	1.555	5.429	ND
PP resin 94% + Mask 5% + Coffee 1%	ND	0.589	ND	ND	0.304	0.475	8.999	4.290	9.093	ND
Separated masks	ND	0.427	ND	ND	ND	0.305	2.765	6.772	87.371	ND
Waste Masks (Rainy)	ND	1.486	ND	0.328	0.142	0.256	0.494	18.406	35.329	0.912
Waste Masks (Summer)	ND	0.525	ND	0.375	0.122	0.207	0.591	17.170	36.910	0.891

จากผลการศึกษาพบว่า มวลฟอยหน้ากากอนามัยที่ปนเปื้อนอยู่ในมวลฟอยชุมชนที่ทำการวิเคราะห์ทั้งในฤดูร้อนและฤดูฝนพบว่า มีปริมาณโลหะหนักสูงกว่าหน้ากากอนามัยที่ทำการคัดแยกและไม่ปนเปื้อนกับมวลฟอยอื่น ๆ นอกจากนี้ ยังพบ Cd Ni และ Mn ซึ่งไม่พบในหน้ากากอนามัยที่ผ่านการคัดแยกและนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิต PCR จึงมีความปลอดภัยมากกว่าหน้ากากที่ไม่ผ่านการคัดแยก

ส่วนที่ 3 การประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ สังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของรูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง (HIA3: Public assessing)

1. การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA)

1.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope)

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการวิเคราะห์ผลจากการสนทนากลุ่ม (Focus group) โดยระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ในการรับฟังปัญหาและหาแนวทางร่วมกันในการแก้ไข ในขั้นตอนที่ 1 การคัดกรอง (HIA 1 Screening) การกำหนดรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนในพื้นที่ตำบลทับมา ในขั้นตอนที่ 2 การกำหนดขอบเขต (HIA: 2. Public Scoping) ผลการสนทนากลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้ร่วมกันกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์หน้ากาก

อนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ได้มีการกำหนดแนวทางการประเมินผลกระทบที่เกิดจากน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง โดยมีการกำหนดวัตถุประสงค์และการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต ตามแนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1.1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการจัดการมูลฝอยน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ที่ผ่านกระบวนการนำกลับมาทำผลิตใหม่กลายเป็นเม็ดพลาสติก (Post-Consumer Recycled Plastic :PCR) และน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ที่ถูกจัดการด้วยวิธีการเผาและฝังกลบ

1.1.1.2 เสนอแนะแนวทางการปรับปรุงและการจัดการมูลฝอยน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่เหมาะสม เพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตของการจัดการมูลฝอยน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งในแต่ละรูปแบบที่มีความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของชุมชนและภาพรวมของประเทศ

1.1.2 เป้าหมายของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียนที่จะทำการประเมิน คือ

การผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล (PCR) จากน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งด้วยกระบวนการอัดรีด (Extrusion) ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy Product)

1.1.3 ขอบเขตของการประเมิน

1.1.3.1 ประเภทของน้ำกากอนามัย คือ น้ำกากอนามัยทางการแพทย์แบบใช้แล้วทิ้ง ขอบเขตการประเมินแบบ B2B (Business to Business)

1.1.3.2 กระบวนการที่ทำการประเมิน คือ การจัดการหลังการรวบรวมมูลฝอยน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งในพื้นที่เทศบาลตำบลทับมา อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ด้วยกระบวนการออกซิเดชันขั้นสูง (Advanced Oxidation)

1.1.3.3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลกระทบต่อการใช้ทรัพยากรและผลกระทบต่อสุขภาพ

1.1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์น้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

1.1.4.1 พัฒนาพัฒนาแนวทางการบริหารจัดการมูลฝอยน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง และเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม

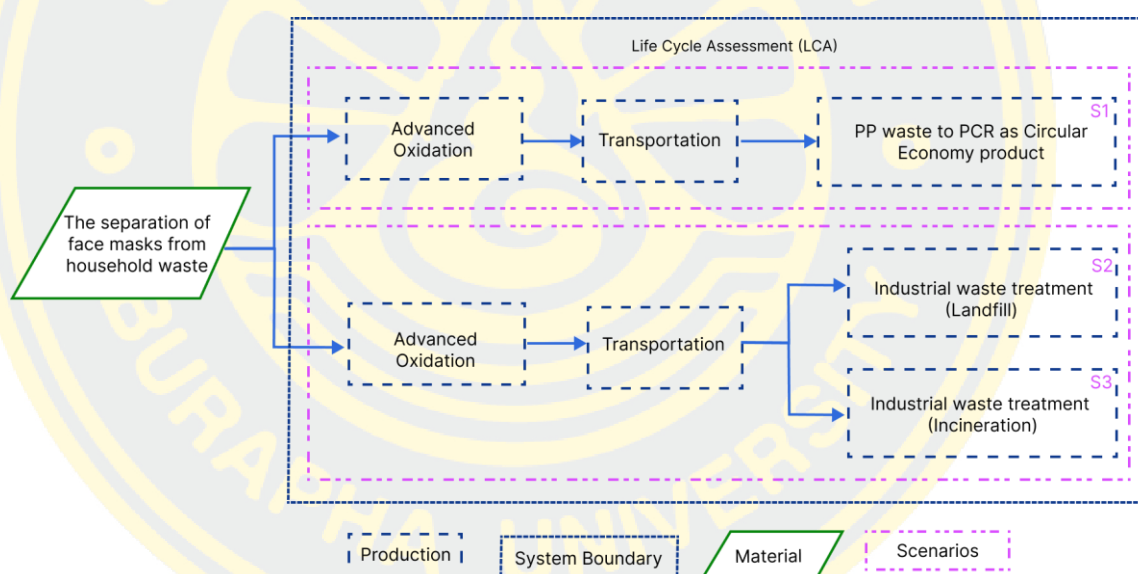
1.1.4.2 สันนิษฐานระบบการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่มีประสิทธิภาพตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน

1.1.4.3 การจัดทำนโยบายและมาตรการที่เหมาะสมเพื่อเกิดการจัดการที่ยั่งยืน

1.1.5 ขอบเขตของการวิเคราะห์การไหลของวัสดุ

งานวิจัยนี้ศึกษาทิศทางการไหลของมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ตำบลทับมา อำเภอเมือง จังหวัดระยอง โดยเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 ปี (1 มกราคม 2566 – 31 ธันวาคม 2566)

การศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งในรูปแบบสมมุติฐานที่กำหนด โดยดำเนินการศึกษาในพื้นที่ตำบลทับมา อำเภอเมือง จังหวัดระยอง โดยมีรูปแบบการจัดการ (scenario) 3 รูปแบบ ดังภาพที่ 43



ภาพที่ 43 ขอบเขตของการศึกษาการประเมิน LCA ของการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

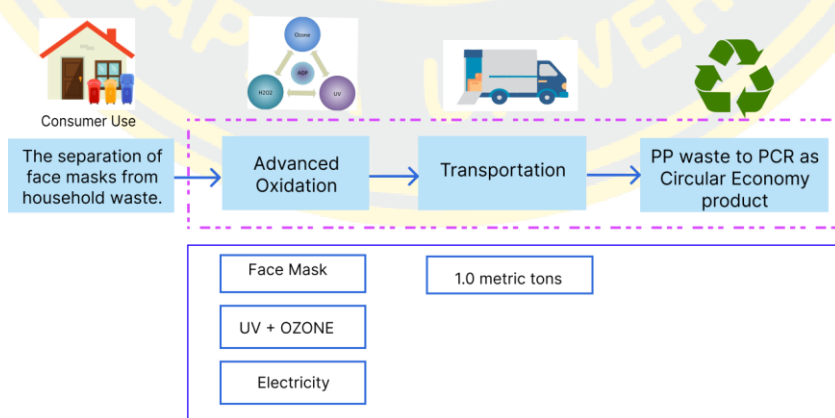
Scenario 1: S1 เทศบาลจัดเก็บหน้ากากอนามัยที่ถูกคัดแยกชิ้นส่วนแล้วให้ได้ปริมาณที่เพียงพอ นำไปฆ่าเชื้อด้วยวิธี Advanced oxidation (UV-OZONE) และขนส่งไปยังบริษัทรีไซเคิล ทำการรีไซเคิลกลายเป็นเม็ดพลาสติกอีกครั้งหนึ่ง

Scenario 2: S2 เทศบาลจัดเก็บหน้ากากอนามัยที่ถูกคัดแยกชิ้นส่วนแล้วให้ได้ปริมาณที่เพียงพอ นำไปฆ่าเชื้อด้วยวิธี Advanced oxidation (UV-OZONE) และขนส่งไปกำจัดรวมกับมูลฝอยชุมชนแบบฝังกลบ ในหลุมฝังกลบของ อบจ.ระยอง

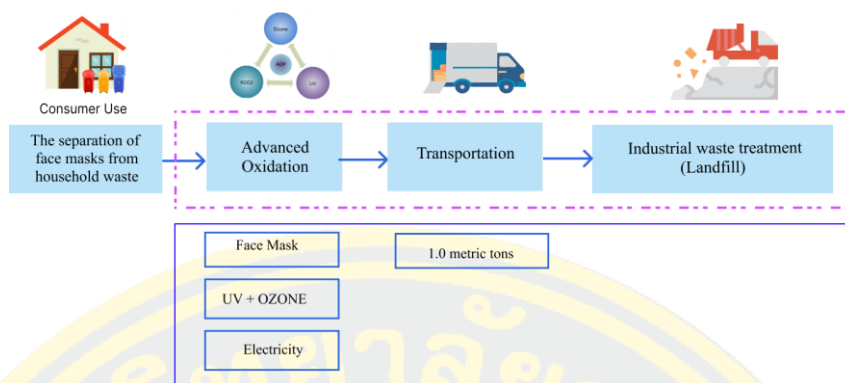
Scenario 3: S3 เทศบาลจัดเก็บหน้ากากอนามัยที่ถูกคัดแยกชิ้นส่วนแล้วให้ได้ปริมาณที่เพียงพอ นำไปฆ่าเชื้อด้วยวิธี Advanced oxidation (UV-OZONE) และขนส่งไปกำจัดรวมกับมูลฝอยชุมชนด้วยกระบวนการเผาที่ศูนย์กำจัดมูลฝอยแบบครบวงจรของ อบจ.ระยอง

1.2 การจัดทำบัญชีรายการ (Life Cycle Inventory: LCI)

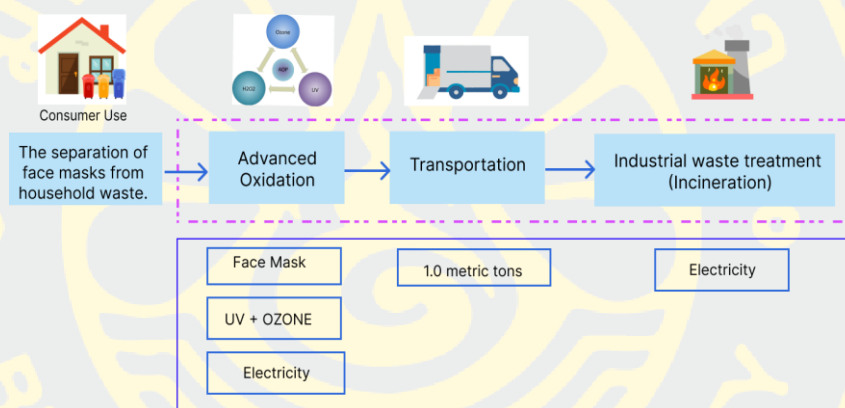
การศึกษารุ่นนี้ได้มีการเก็บตัวอย่างมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบมูลฝอยและคุณสมบัติทางเคมีซึ่งได้กำหนด Scenario ที่ใช้ในการวิเคราะห์ Material Flow (MF) และการประเมิน LCA ของการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตาม S1 (PCR) S2 (Landfill) และ S3 (Incinerator) ข้อมูลสำหรับการจัดทำบัญชีรายการทั้งมวลสารขาเข้า เช่น วัตถุดิบ พลังงาน สาธารณูปโภค บรรจุภัณฑ์ และปัจจัยการผลิตอื่น ๆ มวลสารขาออก เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และกากของเสีย ผู้วิจัยดำเนินการลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตต่าง ๆ และจากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรง ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก กระบวนการขนส่งและจัดเก็บสินค้า เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิได้จากการรวบรวมงานวิจัย รายงาน เอกสารที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลทุติยภูมิที่ใช้ในการประเมินจะเน้นข้อมูลในประเทศเป็นหลักเพื่อความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น ทำการเก็บข้อมูลสำหรับการเก็บข้อมูลปฐมภูมิ ดังนี้



ภาพที่ 44 การจัดทำบัญชีรายการ LCI ตาม S1

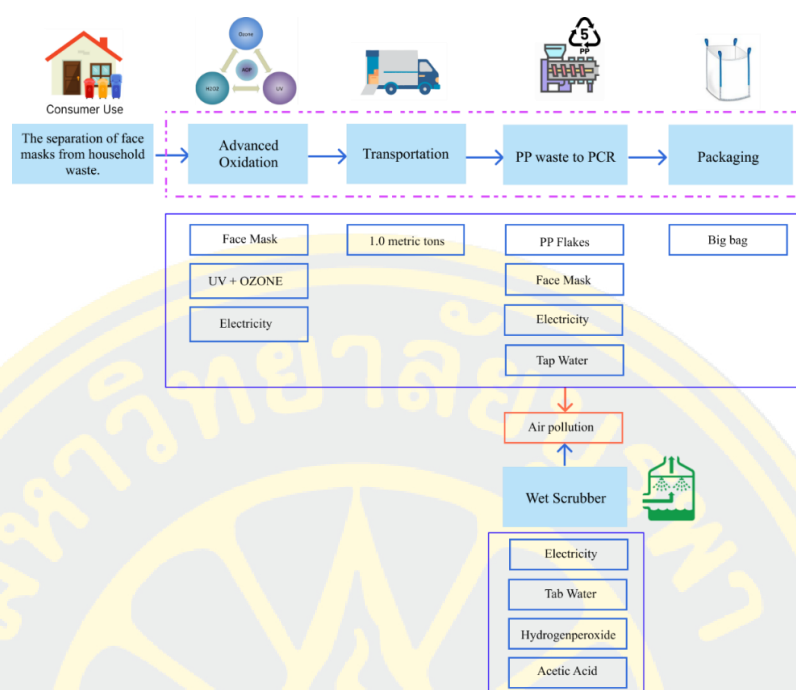


ภาพที่ 45 การจัดทำบัญชีรายการ LCI ตาม S2



ภาพที่ 46 การจัดทำบัญชีรายการ LCI ตาม S3

ในการหาผลกระทบชั้นกลาง (Midpoint) และชั้นปลาย (Endpoint) ในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกจากหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง (Post-Consumer Recycled Plastic :PCR) ตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์นั้น สามารถดำเนินการได้ โดยการจัดทำบัญชีรายการ LCI สารขาเข้าและสารขาออก และระยะทาง ตลอดจนวัตถุดิบและข้อมูลการใช้พลังงานในการผลิต PCR เป็นข้อมูลปฐมภูมิจากการลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูลจริง ณ บริษัทฟูซิน พลาสติก จำกัด อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ทุกกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 47 และตารางที่ 23 - 25



ภาพที่ 47 การจัดทำบัญชีรายการ LCI ของวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ PCR

ตารางที่ 23 ข้อมูล inventory data ของวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต PCR

Raw material	Amount	Scenarios
Filter layer 1: PP non-woven spunbond	77.1043 kg	S1 S2 S3
Filter layer 2: PP Melt-blown	22.8956 kg	S1 S2 S3
PP Flakes	900.0000 kg	PCR
Packaging (Big bag)	3.5000 kg	PCR

ตารางที่ 24 Inventory data เกี่ยวกับการใช้พลังงานและปัจจัยในการผลิต PCR

Production stage	Energy	Source	Scenarios
Advance oxidation (UV+Ozone)		Manufacturer	S1 S2 S3
- Ozone	1000-1,500 mg/h		
- UV	(253.7nm) 12w/m ²		
- Electricity	2.0000 kwh		

ตารางที่ 24 (ต่อ)

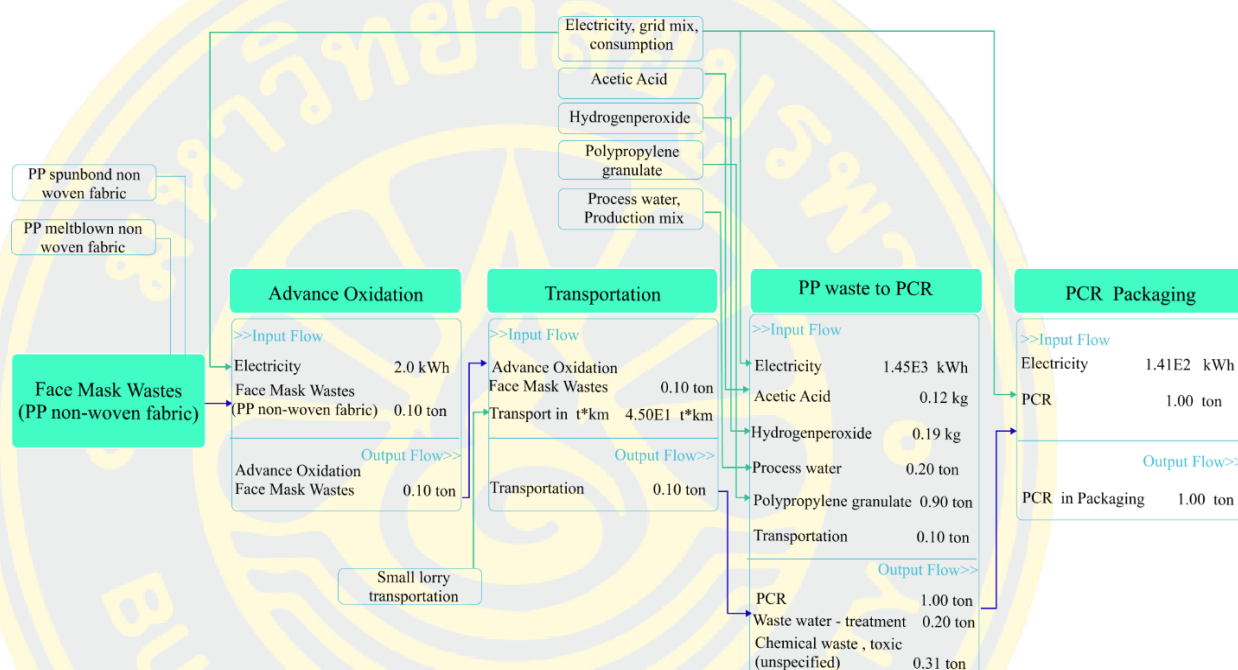
Production stage	Energy	Source	Scenarios
Waste Plastic Recycling		Manufacturer	PCR
- Electricity	1,445.8500 kwh		
Wet Scrubber		Manufacturer	PCR
- Tap water	0.2000 ton		
- Hydrogen peroxide	0.1920 kg		
- Acetic Acid	0.1210 kg		
PCR Packaging		Manufacturer	PCR
- Electricity	140.5700 kwh		

ตารางที่ 25 Inventory data ของการขนส่ง

Raw materials	Distance (km)	Lorry size class	Scenarios
Transport of facemask to upcycling	45	1.0 metric tons	S1 /PCR
Face Masks Waste (Separation)			
Transport to End-of-life disposal	9	1.0 metric tons	S2 S3
Face Masks Waste (Separation)			
A small 4-wheeled lorry is running at 75% capacity, carrying a maximum load of 1.5 tons.			

หลังจากรวบรวมข้อมูลและทำการตรวจสอบความถูกต้องและเชื่อมโยงข้อมูลกับกระบวนการผลิตและหน่วยหน้าที่การทำงาน (Functional Unit) ตามสมมุติฐานที่กำหนด ด้วยหลักการวิเคราะห์หาค่ามวลสารและพลังงาน (Material and Energy balance) เพื่อจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมตามหน่วยหน้าที่การทำงานที่กำหนดขึ้น ในกรณีที่ต้องจำเป็นต้องทำการปันส่วน (Allocation) ข้อมูลบัญชีรายการเพื่อแบ่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งในรูปการใช้วัตถุดิบ ทรัพยากร พลังงานและมลสารที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมให้กับผลิตภัณฑ์ในแต่ละระบบ จะทำการปันส่วนโดยใช้น้ำหนักและค่าพลังงานเช่นเดียวกัน ทำการบันทึกข้อมูลในแบบเก็บรวบรวมข้อมูล (Worksheet) ที่จัดทำขึ้นด้วย Microsoft Excel โดยมีข้อมูล ดังนี้ ข้อมูลรายละเอียดทั่วไป แผนภาพแสดงกระบวนการผลิต ข้อมูลสารขาเข้าและออกในกระบวนการผลิต ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ ทรัพยากร

และวัสดุช่วยการผลิต ข้อมูลระบบบำบัดด้านสิ่งแวดล้อม และข้อมูลต้นทุนราคาของกระบวนการผลิต PCR นำข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกที่รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิจากบริษัทฟู้ชิน พลาสติก จำกัด อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ในแบบบันทึกสารขาเข้าและสารขาออก นำไปสร้าง Model Graph ของ Product Systems ในโปรแกรม Open LCA 2.0 เพื่อใช้ในการคำนวณรูปแบบผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ดังภาพที่ 48



ภาพที่ 48 โครงสร้างระบบผลิตภัณฑ์ PCR เพื่อการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต

1.3 การประเมินผลการจัดทำบัญชีรายการ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA)

1.3.1 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของการผลิต

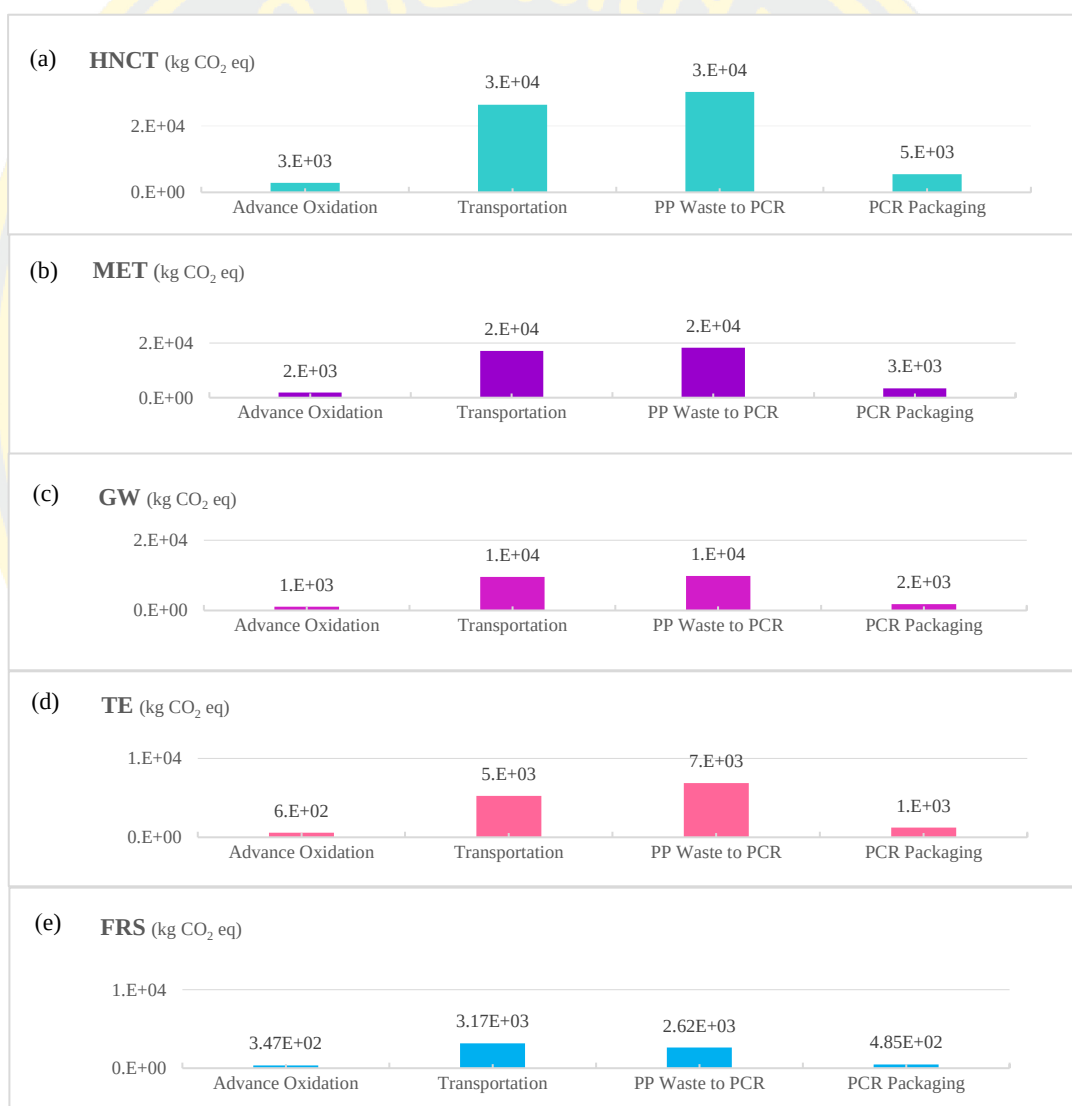
เม็ดพลาสติกกรีซเคลที่มีส่วนผสมของน้ำยากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง (PCR)

การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของการผลิต PCR โดยใช้รูปแบบการประเมินตาม ReCiPe 2016 v1.1 ในการประเมินผลกระทบชั้นกลางและผลกระทบชั้นปลาย ในรูปแบบการประเมินความเสียหาย (Damage category) ด้วยโปรแกรม Open LCA 2.0 ผลการวิเคราะห์มีดังนี้

1) ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมชั้นกลาง (Mid-point category)

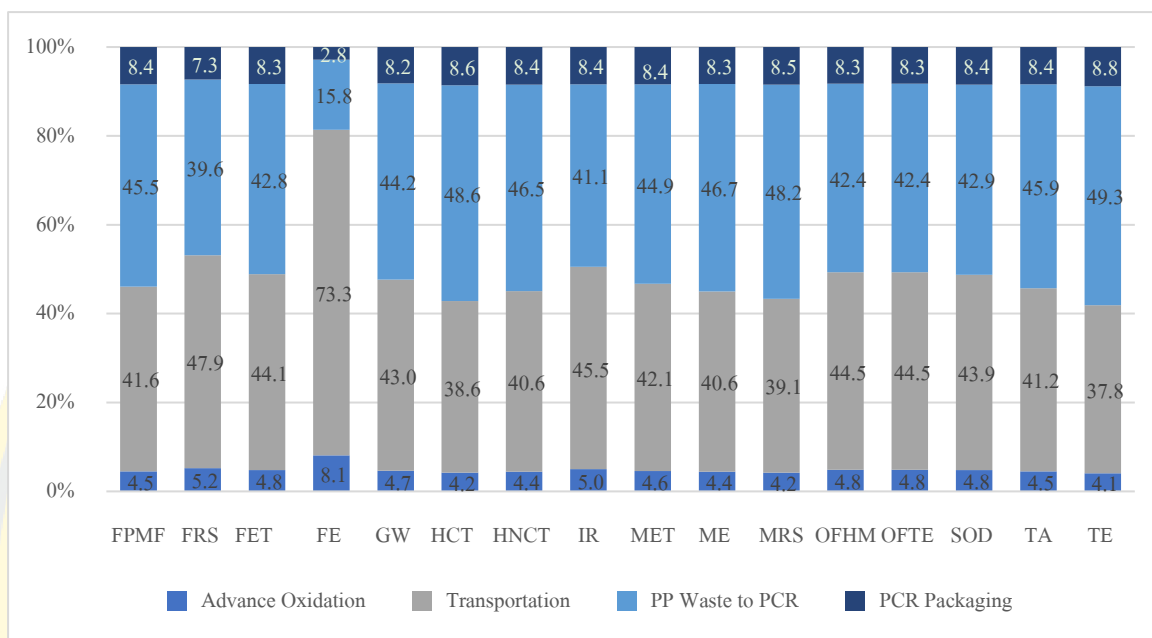
ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากวัฏจักรชีวิตของ PCR ใน 1 FU พบว่าผลกระทบภาวะที่เป็นสารพิษที่ไม่ก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HNCT) มีผลกระทบสูงที่สุด (A)

เท่ากับ 65.047 ton 1,4-DCB ลำดับที่สอง (b) คือภาวะความเป็นพิษในทะเล (MET) มีค่าเท่ากับ 40.6915 ton 1,4-DCB ลำดับที่สาม (c) คือผลกระทบด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GW) เท่ากับ 22.3297 ton CO₂ eq ลำดับที่สี่ (d) คือผลกระทบด้านการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อดิน (TE) เท่ากับ 13.9061 ton 1,4-DCB และลำดับที่ห้า (e) คือการขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (FRS) เท่ากับ 6.6301 ton oil eq โดยสามารถพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมข้างต้นที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของ PCR ได้ดังแสดงในภาพที่ 49

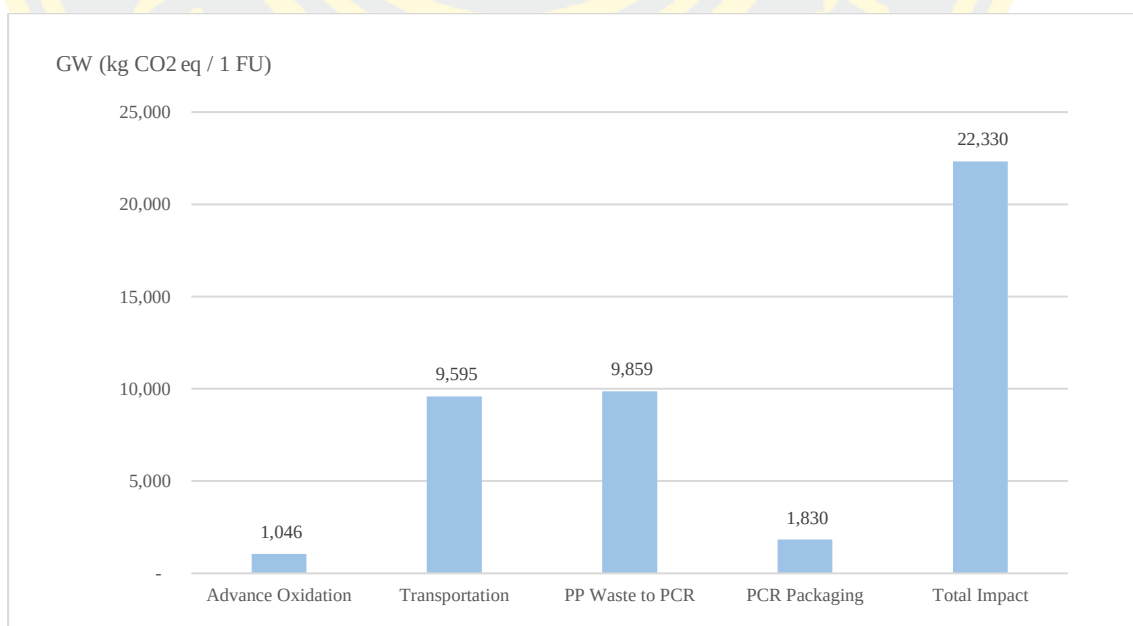


ภาพที่ 49 การแสดงผลกราฟแยกตามการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามขั้นตอนของ LCA ของวัฏจักรชีวิต PCR

โดยสามารถพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมชั้นกลางที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของ PCR ได้ดังภาพที่ 50 และภาพที่ 51



ภาพที่ 50 เปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมชั้นกลางแบ่งตามวัฏจักรชีวิตของ PCR



ภาพที่ 51 เปรียบเทียบศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน (GW) แบ่งตามวัฏจักรชีวิตของ PCR

การเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมชั้นกลางแบ่งตามวัฏจักรชีวิตของ PCR พบว่า ร้อยละของผลกระทบในภาพรวมของกระบวนการ PP Waste to PCR และ Transportation มีค่าสูงที่สุดคือร้อยละ 45.5 และ 41.6 ตามลำดับ ในส่วนของ PCR Packaging มีค่าผลกระทบในภาพรวมร้อยละ 8.4 และกระบวนการ Advance Oxidation มีค่าผลกระทบในภาพรวมน้อยที่สุด (ร้อยละ 4.5) สอดคล้องศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน (GW) ซึ่งมีผลรวมตลอดวัฏจักรชีวิตของ PCR ต่อ 1 FU มีค่าเท่ากับ 22.329 ton CO₂ eq

2) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมชั้นปลาย (Endpoint category)

จากการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในชั้นกลางด้วยโปรแกรม Open LCA 2.0 อ้างอิงด้วยวิธีการ ReCiPe 2016 v1.1 สามารถนำมาคำนวณเป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมในชั้นปลาย โดยสามารถแบ่งการวิเคราะห์ผลกระทบออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

- ความเสียหายด้านสุขภาพมนุษย์ (Human Health) ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดปีสุขภาวะที่สูญเสียไปจากโรคและการบาดเจ็บของประชากร (Disability Adjusted Life Year: DALY)
- ด้านคุณภาพระบบนิเวศ (Ecosystem Quality) ซึ่งจะบ่งชี้ศักยภาพของการสูญหายของสายพันธุ์บนพื้นที่ 1 ตารางเมตรในช่วงระยะเวลา 1 ปี (Species.year)
- ด้านการขาดแคลนทรัพยากร (Resource Availability) ส่งผลต่อเศรษฐกิจและสังคม เช่น ค่าครองชีพสูงขึ้นจากต้นทุนพลังงานสูง และค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลจากผลกระทบจากมลพิษที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็นค่าเงินดอลลาร์ (Dollar) 1 ดอลลาร์สหรัฐ (USD) เท่ากับ 36.63 บาท (ข้อมูล ณ วันที่ 3 เมษายน 2567)
- ผลการประเมินผลกระทบชั้นปลาย (Endpoint category) ของ PCR ดังแสดงในตารางที่ 26

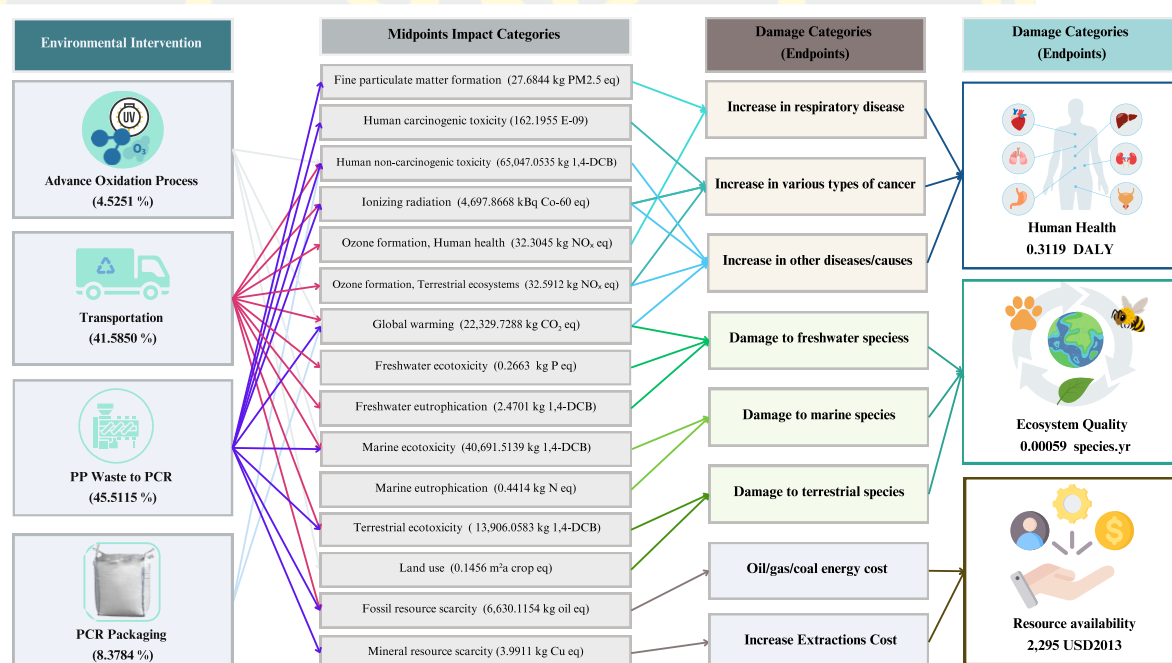
ตารางที่ 26 ผลการประเมินผลกระทบชั้นปลาย (Endpoint category) ของ PCR

Endpoint	Impact Category	Reference	EF	Percentage	Damage categories
		Unit			
Fine particulate matter formation		DALY	0.01738	5.5716%	
Global warming, Human health		DALY	0.27912	89.4623%	
Human carcinogenic toxicity		DALY	0.00054	0.1726%	
Human non-carcinogenic toxicity		DALY	0.01481	4.7457%	Human
Ionizing radiation		DALY	6.6E-05	0.0211%	Health
Ozone formation, Human health		DALY	2.9E-05	0.0094%	
Stratospheric ozone depletion		DALY	6.4E-06	0.0020%	
Water consumption, Human health		DALY	-5E-05	-0.0152%	
Total		DALY	0.3119		
Freshwater ecotoxicity		species.yr	1.7E-09	0.0003%	Ecosystem
Freshwater eutrophication		species.yr	1.8E-07	0.0304%	Quality
Global warming, Freshwater ecosystems		species.yr	1.5E-08	0.0026%	
Global warming, Terrestrial ecosystems		species.yr	0.00056	95.0086%	
Land use		species.yr	1.3E-09	0.0002%	
Marine ecotoxicity		species.yr	4.3E-06	0.7266%	
Marine eutrophication		species.yr	7.5E-10	0.0001%	
Ozone formation, Terrestrial ecosystems		species.yr	4.2E-06	0.7155%	
Terrestrial acidification		species.yr	2E-05	3.4395%	
Terrestrial ecotoxicity		species.yr	1.6E-07	0.0270%	
Water consumption, Aquatic ecosystems		species.yr	-1E-11	0.0000%	
Water consumption, Terrestrial ecosystem		species.yr	-3E-07	-0.0492%	

ตารางที่ 26 (ต่อ)

Endpoint	Impact Category	Reference	EF	Percentage	Damage categories
		Unit			
Total		species.yr	0.00059		
Fossil resource scarcity		USD2013	2294.473	99.9597%	Resource
Mineral resource scarcity		USD2013	0.924553	0.0403%	availability
Total		USD2013	2,295		

ความเชื่อมโยงระหว่างผลกระทบที่เกิดขึ้นจาก Midpoints กับ Endpoint
สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 52



ภาพที่ 52 ความเชื่อมโยงระหว่างผลกระทบที่เกิดขึ้นจาก Midpoints กับ Endpoint

1.4 การแปลผลการศึกษา (Interpretation)

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประกอบด้วยก๊าซ 6 ชนิดตามที่ควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโต ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือศักยภาพในการทำให้โลกร้อน สามารถประเมินได้จากการวัดหรือคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริง และแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนในรอบ 100 ปีของ IPCC (GWP_{100}) ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์ ตัวอย่างเช่น ก๊าซมีเทนมีค่า GWP_{100} เท่ากับ 25 หมายความว่า ก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม มีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 กิโลกรัม ดังนั้นการปล่อยก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม คิดเป็นศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับ 25 กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($\text{kg CO}_2 \text{ eq}$) เป็นต้น

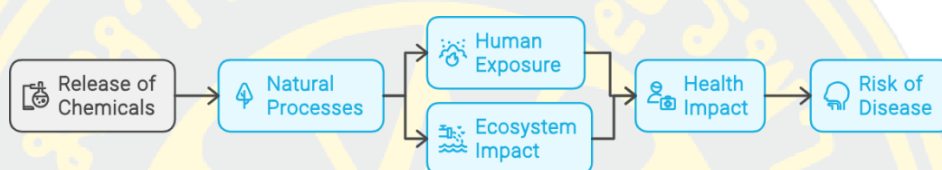
ในการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ให้คำนวณเป็นค่าผลกระทบของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ถูกปล่อยออกในช่วง 100 ปี หลังจากมีการผลิตผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ซึ่งตามทฤษฎี Culture theory แบ่งการวิเคราะห์ perspective ออกเป็น 3 ลักษณะ หรือเรียกว่า characterization factors ใน ReciPe2016 ประกอบด้วย Individualistic Hierarchist และ Egalitarian เป็นการวิเคราะห์มุมมองออกเป็น 3 ระยะ ช่วงต้นประมาณ 10-20 ปี ช่วงกลาง 100 ปี และช่วงปลาย 1,000 ปี ในการวิเคราะห์ครั้งนี้จะเน้นไปที่ระยะกลางคือ Hierarchist ประมาณ 100 ปี เพราะเป็นขอบเขตระยะที่เหมาะสมที่สุดในการคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคตโดยอาศัยข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับ (scientific consensus) ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น และตรงกับหลักการตามมาตรฐาน ISO14067 Carbon footprint of products ที่ใช้การประเมินผลกระทบในรูปแบบ GWP_{100} years และ $\text{CO}_2 \text{ eq GHG values}$

1.4.1 การแปลผลการศึกษาจากการวิเคราะห์ผลการคำนวณผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการผลิต PCR ตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ด้วยโปรแกรม Open LCA 2.0 สามารถแปลผลได้ดังนี้

1) การแปลผลการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมชั้นกลาง

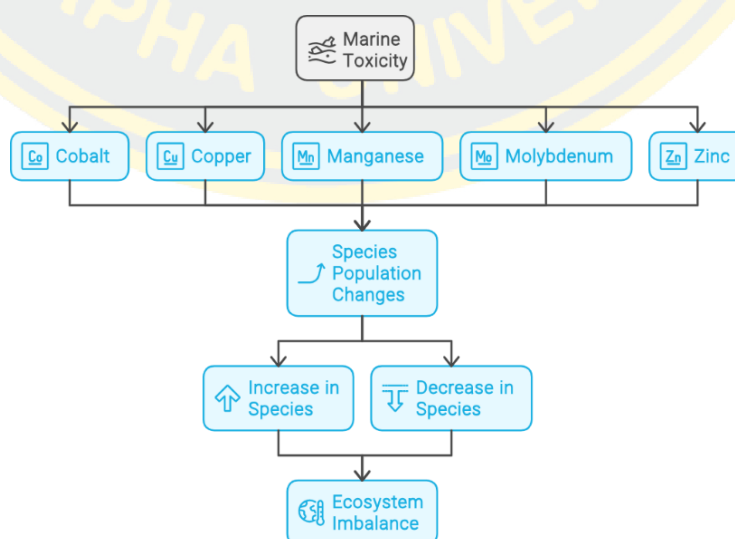
ผลลัพธ์จากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมชั้นกลางนั้น ผลกระทบด้านภาวะที่เป็นสารพิษที่ไม่ก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HNCT) มีผลกระทบสูงที่สุด (65.047 ton 1,4-DCB) ใช้สารไดคลอโรเบนซีน (Dichlorobenzene; DCB) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรทางเคมี $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$ ในการวัด ซึ่งเป็นสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การผลิตพลาสติก การผลิตยา

ฆ่าแมลง สารแต่งกลิ่น เป็นต้น DCB ใช้เป็นปัจจัยที่บ่งชี้ความเป็นพิษของมนุษย์และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ ขึ้นอยู่กับความคงอยู่ของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม สารที่คงอยู่นานย่อมมีโอกาสส่งผลกระทบมากขึ้น การสะสมของสารเคมีในห่วงโซ่อาหารของมนุษย์ (การรับสัมผัส) ยิ่งสะสมมากยิ่งอันตรายต่อมนุษย์ และความเป็นพิษ (ผลกระทบ) ระดับความรุนแรงของผลกระทบที่สารเคมีมีต่อสิ่งมีชีวิต โดยเริ่มตั้งแต่การปล่อยสารเคมีออกสู่สิ่งแวดล้อม ผ่านกระบวนการทางธรรมชาติและการเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ ไปจนถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ และความเสี่ยงต่อการเกิดโรคส่งผลเสียหายต่อระบบนิเวศและสุขภาพของมนุษย์ในที่สุด ดังภาพที่ 53



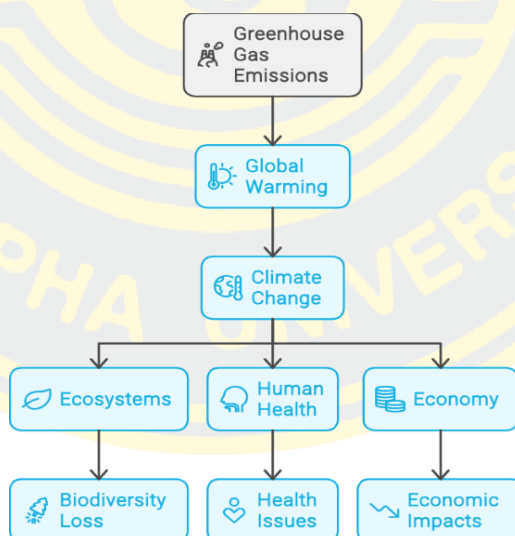
ภาพที่ 53 ผลกระทบจากสารพิษที่ไม่ก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์

ลำดับที่สอง คือภาวะความเป็นพิษในทะเล (MET) (40.691 ton 1,4-DCB) ส่งผลมาจาก DCB และผลกระทบของโลหะหนักต่อระบบนิเวศทางทะเลขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณโลหะหนัก แม้จะมีความจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต แต่ปริมาณมากเกินไปก็ส่งผลให้เกิดความเป็นพิษได้ เช่น โคบอลต์ ทองแดง แมงกานีส โมลิบดีนัม และสังกะสี โลหะเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสายพันธุ์สิ่งมีชีวิตทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุลได้ ดังภาพที่ 54



ภาพที่ 54 ผลกระทบจากภาวะความเป็นพิษในทะเล

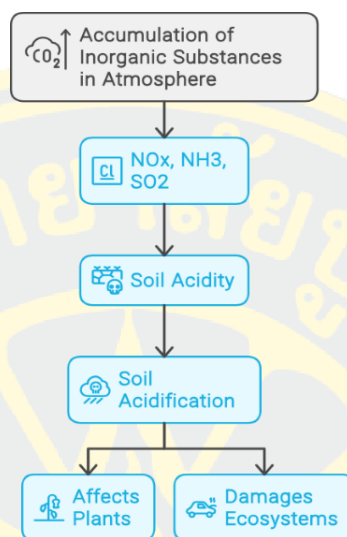
ลำดับที่สาม คือผลกระทบด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GW) (22.329 ton CO₂ eq) เป็นดัชนีที่ใช้ประเมินผลกระทบของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ต่อภาวะโลกร้อน เปรียบเทียบความสามารถในการกักเก็บความร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกหลัก ภาวะโลกร้อนส่งผลให้สภาพภูมิอากาศแปรปรวน อุณหภูมิสูงขึ้น น้ำแข็งขั้วโลกละลายเร็วขึ้น เกิดภัยแล้ง น้ำท่วม พายุรุนแรง ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของการแพร่ระบาดของโรค และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม ส่งผลเสียหายต่อระบบนิเวศ สัตว์และพืชพันธุ์ สูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ ระบบนิเวศเสื่อมโทรม เกิดปัญหาหมอกควันและมลพิษทางอากาศ ส่งผลต่อสุขภาพของประชาชน ผลกระทบต่อเศรษฐกิจ การเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติสร้างความเสียหายต่อโครงสร้างพื้นฐาน บ้านเรือน ธุรกิจ ส่งผลต่อเศรษฐกิจโดยรวม การใช้งบประมาณเพื่อปรับตัวและรับมือกับผลกระทบ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลต่อภาคการเกษตร การประมง การท่องเที่ยว ประชาชนสูญเสียรายได้ เกิดปัญหาความยากจน ในส่วนของผลกระทบทางสังคมที่เกิดขึ้นจากภาวะโลกร้อน คือ ปัญหาสุขภาพ และความขัดแย้งจากการแย่งชิงทรัพยากร การอพยพย้ายถิ่นฐาน กลายเป็นผู้ลี้ภัย สร้างปัญหาสังคม เศรษฐกิจ และความมั่นคง ดังภาพที่ 55



ภาพที่ 55 ผลกระทบจากภาวะโลกร้อน

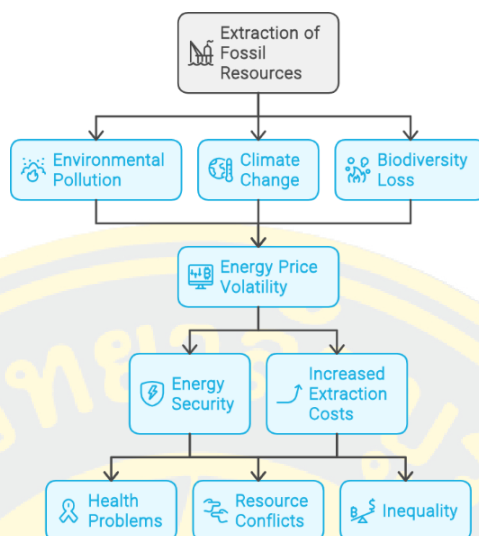
ลำดับที่สี่ คือผลกระทบด้านการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อดิน (TE) (13.906 ton 1,4-DCB) ผลกระทบของการสะสมตัวของสารอนินทรีย์ในบรรยากาศ โดยเฉพาะก๊าซไนตริกออกไซด์ (NO_x) แอมโมเนีย (NH₃) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ส่งผลต่อความเป็นกรดของดิน

ความเป็นกรดของดินที่เปลี่ยนแปลงไปจากระดับที่เหมาะสมเรียกว่าภาวะดินเปรี้ยว ส่งผลเสียต่อพืชและสร้างความเสียหายต่อระบบนิเวศ ดังภาพที่ 56



ภาพที่ 56 ผลกระทบด้านการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อดิน

ลำดับที่ห้า คือการขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (FRS) (6.630 ton oil eq) การขุดเจาะทรัพยากรฟอสซิลมาใช้ในปริมาณที่สูงขึ้น ไม่ว่าจะเป็น น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงาน ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ น้ำ และดิน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ ผลกระทบเศรษฐกิจ จากความผันผวนของราคาพลังงาน ความมั่นคงทางพลังงาน ต้นทุนการขุดเจาะที่สูงขึ้น ส่งผลให้เกิดปัญหาสุขภาพ ความขัดแย้งในการแย่งชิงทรัพยากร และความเหลื่อมล้ำ ดังภาพที่ 57



ภาพที่ 57 ผลกระทบด้านการขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล

2) การแปลผลการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมชั้นปลาย

ผลการวิเคราะห์ผลกระทบชั้นปลายทั้งสามด้านของ PCR มีรายละเอียดดังนี้

2.1) ผลรวมความเสียหายด้านสุขภาพมนุษย์ (Human Health) เท่ากับ

0.3119 DALYs ซึ่งหมายถึงมนุษย์มีการสูญเสียปีสุขภาวะที่ดีไป 0.3119 ปี จากโรคและการบาดเจ็บซึ่งมาจากผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนกับสุขภาพของมนุษย์ (Global warming, Human health) สูงที่สุด ร้อยละ 89.46 รองลงมาคือ การเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Fine particulate matter formation) ร้อยละ 5.57 และผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ที่เกิดจากการสัมผัสกับสารพิษต่าง ๆ โดยไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (Human non-carcinogenic toxicity) (ร้อยละ 4.74)

2.2) ผลรวมด้านคุณภาพระบบนิเวศ (Ecosystem Quality) มีค่าเท่ากับ

0.00059 Species. year ซึ่งหมายถึง การสูญหายของสายพันธุ์ 0.00059 สายพันธุ์บนพื้นที่ 1 ตารางเมตรในช่วงระยะเวลา 1 ปี โดยเกิดจากผลกระทบด้านโลกร้อนกับระบบนิเวศบนบก (Global warming, Terrestrial ecosystems) สูงที่สุด ร้อยละ 95.00 รองลงมาคือ การเกิดสภาวะกรดของพื้นผิวดินหรือระบบนิเวศบนบก (Terrestrial acidification) ร้อยละ 3.43 ในส่วนของผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบนิเวศในน้ำจืดและระบบนิเวศในทะเล หรือการใช้ประโยชน์ที่ดินและการใช้น้ำในระบบนิเวศได้รับผลกระทบที่น้อยมาก (น้อยกว่าร้อยละ 1)

2.3) ผลรวมของผลกระทบด้านการขาดแคลนทรัพยากร (Resource

Availability) ที่ส่งผลต่อเศรษฐกิจและสังคม มีค่าเท่ากับ 2,295 USD (84,019.95 บาท) ซึ่งเป็นผลมาจากตัวชี้วัดความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (Fossil resource scarcity)

2. การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency)

การประเมินต้นทุนการผลิตเม็ดพลาสติกที่มีน้ำหนักอณามัยแบบใช้แล้วทิ้งเป็นส่วนผสม (PCR) สามารถพิจารณาจากปริมาณการผลิตและการใช้ปัจจัยการผลิตในปีที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิจากบริษัทฟูซัน พลาสติก จำกัด อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ซึ่งนำข้อมูลการผลิตในรอบ 1 ปี (1 มกราคม พ.ศ. 2566 – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566) ปริมาณการผลิต PCR (Production Volume) เท่ากับ 1,460.4970 ton Product และมียอดขาย (Net sale value) 30.6704 MB ราคาขาย PCR 21,000 บาท/ตัน โดยมีรายละเอียดปริมาณการใช้วัตถุดิบในการผลิต PCR ดังแสดงในตารางที่ 27 และตารางที่ 28

ตารางที่ 27 รายละเอียดในการผลิตเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล PCR ใน 1 ปีการผลิต

รายละเอียด		หน่วย Unit	พ.ศ. 2566	หมายเหตุ
ปริมาณการผลิต PCR	Production Volume	ton	1,460.4970	
ปริมาณการใช้วัตถุดิบ	Raw material	ton	1,474.3950	
ปริมาณการใช้พลังงาน	Energy usage	MW	1,767.0300	
ปริมาณน้ำใช้	Water consumption	m ³	1,091.1700	
มลภาวะทางอากาศ	Air Pollution	-	-	
ปริมาณก๊าซเรือนกระจก	GHG emission	ton CO ₂ eq	32,612.5019	Open LCA
ปริมาณของเสีย	waste generation	ton	104.6770	นำกลับมาผลิตใหม่ได้
ปริมาณน้ำเสีย	Waste water quantity	m ³	-	

ตารางที่ 28 ราคาต้นทุนการผลิต

Details	Unit	THB / Unit
PP Flakes	ton	15,000.0000
Energy usage	MW	5,000.0000
Water consumption	m ³	21.6923

2.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการผลิต PCR ตามปริมาณการผลิต

การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการปรับปรุงและพัฒนาการดำเนินงาน เพื่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมควบคู่กับการพิจารณามูลค่าด้านการเงิน และพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันในปัจจุบัน รูปแบบการพัฒนาจำเป็นต้องตอบสนองแนวความคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development) โดยพัฒนาให้สอดคล้องทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม สามารถนำปริมาณการผลิตและการใช้ปัจจัยการผลิตมาประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้ ดังแสดงในตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (ปริมาณการผลิตต่อปัจจัยการผลิต)

Production Volume	Unit	Eco Efficiency
Raw material	ton product / ton	0.9906
Energy usage	ton product / MW	0.8265
Water consumption	ton product / m ³	1.3385
waste generation	ton product / ton	13.9524

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ดำเนินการวิเคราะห์จากปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อปริมาณปัจจัยการผลิตหรือทรัพยากรที่ต้องใช้ในแต่ละปี เพื่อแสดงให้เห็นว่าระบบหรือกระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดในการใช้ทรัพยากร โดยในปี พ.ศ. 2566 โรงงานสามารถผลิต PCR ได้ 1,460.4970 ตัน สามารถแสดงรายละเอียดได้ ดังนี้

- การใช้วัตถุดิบ (Raw Material): ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการใช้วัตถุดิบในการผลิต มีค่าเท่ากับ 0.9906 ton product / ton แสดงให้เห็นว่า การใช้วัตถุดิบ 1 ตัน สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ ปริมาณ 0.9906 ตัน การใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพดี เกิดการสูญเสียเพียง 0.0094 ตัน (หรือร้อยละ 0.94) หรือหากต้องการผลิตภัณฑ์ ปริมาณ 1 ตัน จะต้องใช้วัตถุดิบเพื่อการผลิตปริมาณ 1.0095 ตัน

- การใช้พลังงาน (Energy Usage): ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการใช้พลังงาน มีค่าเท่ากับ 0.8265 ton product / MW แสดงให้เห็นว่า การใช้พลังงาน 1 MW สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ปริมาณ 0.8265 ตัน หรือหากต้องการผลิตภัณฑ์ ปริมาณ 1 ตัน จะต้องใช้พลังงานเพื่อการผลิตปริมาณ 1.2099 MW แสดงว่า การใช้พลังงานยังไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ

- การใช้น้ำ (Water Consumption): ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการใช้น้ำเพื่อการผลิต มีค่าเท่ากับ 1.3385 ton product / m³ แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำ 1 m³ สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ปริมาณ 1.3385 ตัน หรือหากต้องการผลิตภัณฑ์ ปริมาณ 1 ตัน จะต้องใช้น้ำเพื่อการผลิตปริมาณ 0.7471 m³ แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำค่อนข้างมีประสิทธิภาพ

- การเกิดของเสีย (Waste Generation): ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการเกิดของเสีย มีค่าเท่ากับ 13.9524 ton product / ton การเกิดของเสียประมาณ 1 ตัน ต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ ประมาณ 13.9524 ตัน หรือหากต้องการดำเนินการผลิต ผลิตภัณฑ์ปริมาณ 1 ตัน จะทำให้เกิดของเสียประมาณ 0.0717 ตัน แสดงให้เห็นว่ามีของเสียเกิดขึ้นน้อย ระบบมีประสิทธิภาพ

2.2 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการผลิต PCR ตามรายได้ (ยอดขาย)

การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจหากพิจารณาจากรายได้ หรือยอดขายต่อปีเมื่อเทียบกับปริมาณการใช้ทรัพยากร หรือปัจจัยการผลิต ผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (ยอดขายต่อปัจจัยการผลิต)

Production Volume	Unit	Eco Efficiency
Raw material	MB / ton	0.0208
Energy usage	MB / Mwh	0.0174
Water consumption	MB / m ³	0.0281
waste generation	MB / ton	0.2930

ผลการการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ วิเคราะห์จากยอดขายของผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อปริมาณปัจจัยการผลิตหรือทรัพยากรที่ต้องใช้ในแต่ละปี เพื่อแสดงให้เห็นรายได้หรือยอดขายที่เกิดขึ้นมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดในการใช้ทรัพยากร โดยในปี พ.ศ. 2566 โรงงานมีมูลค่ายอดขาย 30.6704 ล้านบาท (ราคา PCR 21,000 บาท/ตัน) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า

- การใช้วัตถุดิบ (Raw Material) ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการใช้วัตถุดิบในการผลิต มีค่าเท่ากับ 0.0208 MB/ ton แสดงให้เห็นว่าการใช้วัตถุดิบ 1 ตัน สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ คิดเป็นมูลค่า 0.0208 ล้านบาท (หรือ 20,800 บาท) แสดงว่าการใช้วัตถุดิบเพื่อสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจมีประสิทธิภาพไม่สูง เนื่องจากราคาต่อตันของผลิตภัณฑ์ราคาไม่สูง ทั้งนี้หากต้องการ

ผลิตภัณฑ์มูลค่า 1 ล้านบาท จะต้องใช้วัตถุดิบเพื่อการผลิตปริมาณสูง จำนวน 48.0769 ตัน แต่หากราคาต่อตันของวัตถุดิบมีราคาต่ำ การใช้วัตถุดิบในการผลิตก็จะมีค่าใช้จ่ายน้อยเมื่อเทียบกับยอดขาย

- การใช้พลังงาน (Energy Usage) ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการใช้พลังงาน มีค่าเท่ากับ 0.0174 MB / Mwh แสดงให้เห็นว่า การใช้พลังงาน 1 Mwh สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ คิดเป็นมูลค่า 0.0174 ล้านบาท (หรือ 17,400 บาท) แสดงว่าการใช้พลังงานเพื่อสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจมีประสิทธิภาพไม่สูง เนื่องจากราคาต่อตันของผลิตภัณฑ์ราคาไม่สูง ทั้งนี้ หากต้องการผลิตภัณฑ์มูลค่า 1 ล้านบาท จะต้องใช้พลังงานเพื่อการผลิตปริมาณสูง จำนวน 57.4712 Mwh แต่หากราคาต่อ Mwh ของพลังงานมีราคาสูง การใช้พลังงานในการผลิตก็จะมีค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเทียบกับยอดขาย ซึ่งแสดงถึงค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงต่อยอดขาย

- การใช้น้ำ (Water Consumption) ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการใช้น้ำเพื่อการผลิต มีค่าเท่ากับ 0.0281 MB / m³ แสดงให้เห็นว่า การใช้น้ำ 1 m³ สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ คิดเป็นมูลค่า 0.0281 ล้านบาท (หรือ 28,100 บาท) แสดงว่าการใช้น้ำเพื่อสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจมีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากต้นทุนค่าน้ำต่อ 1 m³ มีราคาต้นทุนต่ำ และมูลค่าของผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงกว่าหลายเท่า ทั้งนี้ หากต้องการผลิตภัณฑ์มูลค่า 1 ล้านบาท จะต้องใช้ปริมาณน้ำเพื่อการผลิต จำนวน 35.5871 m³ การที่ต้นทุนค่าน้ำต่อ 1 m³ มีราคาต้นทุนต่ำ ซึ่งแสดงถึงค่าใช้จ่ายด้านน้ำที่อยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับยอดขาย

- การเกิดของเสีย (Waste Generation) ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการเกิดของเสีย มีค่าเท่ากับ 0.2930 MB / ton แสดงให้เห็นว่า การผลิตผลิตภัณฑ์ คิดเป็นมูลค่า 0.2930 ล้านบาท (หรือ 293,000 บาท) จะเกิดของเสียจากการผลิตจำนวน 1 ตัน แสดงว่า ปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต และสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจมีประสิทธิภาพไม่สูง (เกิดปริมาณของเสียจำนวนมาก) เนื่องจากราคาต่อตันของผลิตภัณฑ์ราคาไม่สูง ทั้งนี้หากต้องการผลิตภัณฑ์มูลค่า 1 ล้านบาท จะเกิดปริมาณของเสีย จำนวน 3.4129 ตัน หากต้นทุนการกำจัดของเสียมีราคาสูง ค่าใช้จ่ายจากการจัดการของเสียมีสัดส่วนสูงเมื่อเทียบกับยอดขาย หรือมูลค่าของผลิตภัณฑ์

2.3 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการผลิต PCR โดยพิจารณาจากปริมาณการผลิตต่อปีเมื่อเทียบกับปริมาณของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ตารางที่ 31 ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการผลิตเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Production Volume	Unit	Eco Efficiency
GHG emission (Open LCA)	ton product/ ton CO ₂ eq	0.0448

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการผลิตเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้ค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เทียบเท่า

การคำนวณโดยใช้โปรแกรม OpenLCA มีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเท่ากับ 0.0448 ton product / ton CO₂ eq คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามมาตรฐาน Open LCA มีค่า 1 ton CO₂ eq เมื่อมีการผลิต ผลิตภัณฑ์ จำนวน 0.0448 ตัน และถ้าดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ ปริมาณ ทั้งหมด 1,460.4970 ตัน จะเกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามโปรแกรม OpenLCA ปริมาณ 32,600.3795 ton CO₂ eq

2.4 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของยอดขาย PCR โดยพิจารณาจากยอดขาย PCR ต่อปีเมื่อเทียบกับปริมาณของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ตารางที่ 32 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของยอดขายเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Production Volume	Unit	Eco Efficiency
Net sale value	MB	30.6704
GHG emission (Open LCA)	MB / ton CO ₂ eq	0.0009

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบกับยอดขาย PCR โดยใช้ค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เทียบเท่า การคำนวณโดยใช้โปรแกรม OpenLCA มีค่าเท่ากับ 0.0009 MB/ ton CO₂ eq ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถ้าผลิต PCR เป็นมูลค่า 900 บาท จะการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 1 ton CO₂ eq และถ้าดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ คิดเป็นมูลค่ารวม 30.6704 ล้านบาท จะเกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปริมาณ 34,078.2222 ton CO₂ eq

3. การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Social Return on Investment)

การดำเนินโครงการ “Upcycling Face Mask ลดมลพิษและสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียน” เป็นการนำหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วมาแปรรูปเป็นเม็ดพลาสติกสำหรับผลิตภัณฑ์อื่น ซึ่งจำเป็นต้องวิเคราะห์ผลตอบแทนที่ได้รับต่อสังคมจากการลงทุน ผลการประเมินที่ได้สามารถวัดผลได้อย่างเป็นรูปธรรม สามารถสื่อสารผลลัพธ์ และใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในเชิงนโยบาย เกิดการยกระดับการดำเนินงานในรูปแบบการพัฒนาผ่านการขับเคลื่อนด้วยข้อมูล (Data - Driven Development) การพิจารณาผลประโยชน์สุทธิของวิธีการวัดระดับผลกระทบทางสังคมแบบ SROI จะพิจารณาผลประโยชน์สุทธิที่เปลี่ยนแปลง 3 ประเด็นด้วยกัน ได้แก่ ผลประโยชน์สุทธิที่เกิดขึ้นแก่สังคมโดยรวม ผลประโยชน์สุทธิที่เกิดขึ้นแก่สิ่งแวดล้อม และผลประโยชน์สุทธิที่เกิดขึ้นแก่กลุ่มบุคคลผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในทางเศรษฐกิจ การวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Outcome) และผลกระทบ (Impact) ซึ่งเกิดจากการดำเนินกิจกรรม (Activities) จะแสดงให้เห็นผลสัมฤทธิ์ Result) ที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ต่อผลลัพธ์ด้านการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs)

ในการประเมิน SROI สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ได้ประเมินในรูปแบบของการประเมินก่อนดำเนินโครงการ (Ex - Ante Evaluation) คือ การประเมินเพื่อตัดสินใจว่าควรดำเนินกิจกรรมหรือไม่ควรอนุมัติโครงการหรือไม่ ซึ่งเป็นการประเมินคาดการณ์ของผลลัพธ์ในอนาคต การประเมินรูปแบบนี้จึงเป็นการประเมินเพื่อให้ผู้บริหารรับทราบถึงความคุ้มค่าก่อนการดำเนินโครงการ ผลการประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนตามกิจกรรม มีรายละเอียดดังนี้

3.1 กิจกรรมที่ 1 การทบทวนรายละเอียดของโครงการ “Upcycling Face Mask ลดมลพิษสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียน” กำหนดหน่วยงานผู้รับผิดชอบในการขับเคลื่อนโครงการ และระยะเวลาการดำเนินงาน วัตถุประสงค์และรายละเอียดจากโครงการ ตลอดจนผู้ใช้ประโยชน์ จากผลผลิตของโครงการฯ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 33

ตารางที่ 33 การทบทวนรายละเอียดโครงการทางสังคมที่ต้องการประเมิน

1. ชื่อโครงการ Upcycling Face Mask ลดมลพิษและสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียน				
2. หลักการและเหตุผล				
ด้าน	ปัญหา	ข้อมูลพื้นที่	ตัวชี้วัด	แหล่งที่มาของข้อมูล
ด้านเศรษฐกิจ	คนในชุมชนไม่มีรายได้เสริม โดยเฉพาะจากสิ่งของที่สามารถนำไป recycle ได้	ชุมชนมีรายได้ไม่เพียงพอหรือไม่เหลือเก็บเพื่อนำไปใช้ทำประโยชน์อื่น ๆ เช่น การเรียนรู้เพิ่มเติม การลงทุน	รายได้ครัวเรือนในชุมชนเพิ่มขึ้นร้อยละ 2	สำรวจรายได้แต่ละครัวเรือนในชุมชน
ด้านสังคม/วัฒนธรรม	หน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วถูกทิ้งกระจายและปะปนกับมูลฝอยอื่น ๆ ไม่มีการคัดแยก และเป็นอันตรายต่อเจ้าหน้าที่เก็บขนมูลฝอย	ปริมาณหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วถูกทิ้งอย่างไม่ถูกวิธีมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น	เกิดกระบวนการคัดแยกหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วและมูลฝอยทั่วไปตั้งแต่ต้นทาง	สำรวจการคัดแยกหน้ากากอนามัยและมูลฝอยทั่วไป และการนำไปรวบรวมไว้ในจุดที่กำหนด
ด้านสิ่งแวดล้อม	หน้ากากอนามัยและมูลฝอยทั่วไปถูกนำไปเผาหรือฝังกลบ ซึ่งกลายเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม	ชุมชนขาดความรู้ความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม	ชุมชนใส่ใจและมีความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม	สามารถนำหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วไปแปรรูปเป็นเม็ดพลาสติกแทนการนำไปเผาหรือฝังกลบ
3. วัตถุประสงค์โครงการ	การนำมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งไป Upcycling เป็นเม็ดพลาสติก (Post Consumer Recycle Plastic. : PCR) เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์อื่น			
4. พื้นที่ดำเนินการ	เทศบาลตำบลทับมา			
5. ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินโครงการ				
ผลกระทบ (Impact)	ผลลัพธ์ (Outcome)	ผลผลิต (Output)		
ด้านเศรษฐกิจและสังคม	เชิงปริมาณ	เชิงปริมาณ		
เกิดกระบวนการเรียนรู้และสร้างความตระหนักด้าน	ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้น เกิดการคัดแยกหน้ากากอนามัยและทิ้งอย่าง	ชุมชนมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น		
สุขภาพและสิ่งแวดล้อม มีระบบบริหารจัดการมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพในชุมชน	ถูกวิธี	เชิงคุณภาพ		
	เชิงคุณภาพ	ชุมชนสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับชุมชนอื่นได้		
	เกิดองค์ความรู้ในชุมชน			

ตารางที่ 33 (ต่อ)

ผลกระทบ (Impact)	ผลลัพธ์ (Outcome)	ผลผลิต (Output)
กิจกรรมย่อยที่ 4 : การขออนุมัติงบประมาณจากผู้บริหาร		
กิจกรรมย่อยที่ 5 : การลงพื้นที่เพื่อดำเนินการจัดอบรมให้ความรู้เรื่อง การคัดแยกมูลฝอยหน้ากากอนามัยฯ และจัดทำสถานที่รวบรวมมูลฝอยหน้ากากอนามัยฯ		
กิจกรรมย่อยที่ 6 : การสำรวจความพึงพอใจและประเมินผลโครงการ		
กิจกรรมย่อยที่ 7 : การประเมิน สรุปผลและนำเสนอผลการดำเนินโครงการต่อผู้บริหารและชุมชน เพื่อวางแผนการพัฒนาในอนาคต		
9. รายละเอียดค่าใช้จ่าย		
กิจกรรม	งบประมาณ	รายละเอียดค่าใช้จ่าย
กิจกรรมย่อยที่ 1 : แต่งตั้งคณะทำงานของชุมชน	167	ค่าแรง
กิจกรรมย่อยที่ 2 : การสานเสวนา ประชุมหารือ เพื่อสำรวจความต้องการของชุมชนและกำหนดแนวทางการดำเนินโครงการ	1125	ค่าอาหารว่างและค่าวิทยากร
กิจกรรมย่อยที่ 3 : การสำรวจและกำหนดพื้นที่ในการจัดทำสถานที่สำหรับรวบรวมมูลฝอยหน้ากากอนามัยฯ	508	ค่าพาหนะ อุปกรณ์สำรวจ
กิจกรรมย่อยที่ 4 : การขออนุมัติงบประมาณจากผู้บริหาร	167	ค่าเอกสาร
กิจกรรมย่อยที่ 5 : การลงพื้นที่เพื่อดำเนินการจัดอบรมให้ความรู้เรื่อง การคัดแยกมูลฝอยหน้ากากอนามัยฯ และจัดทำสถานที่รวบรวมมูลฝอยหน้ากากอนามัยฯ	21,667	ค่าพาหนะ เครื่องค้าเชื้อหน้ากากอนามัยฯ ด้วยกระบวนการ AOP
กิจกรรมย่อยที่ 6 : การสำรวจความพึงพอใจและประเมินผลโครงการ	455	ค่าพาหนะ อุปกรณ์สำรวจ

ตารางที่ 33 (ต่อ)

ผลกระทบ (Impact)	ผลลัพธ์ (Outcome)	ผลผลิต (Output)
กิจกรรมย่อยที่ 7 : การประเมิน สรุปผล และนำเสนอผลการดำเนินโครงการต่อผู้บริหารและชุมชน เพื่อวางแผนการพัฒนาในอนาคต	667	ค่าแรง ค่าเอกสาร การวิเคราะห์
งบประมาณทั้งสิ้น	24,754	
10. หน่วยงานขับเคลื่อนโครงการ	เทศบาลตำบลทับมา	
11. ผลผลิต	เม็ดพลาสติก PCR สำหรับนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์อื่น	
12. ผู้ใช้ประโยชน์	ชุมชนในพื้นที่ตำบลทับมา	

3.2 กิจกรรมที่ 2 การสื่อสารให้เห็นถึงความสำคัญของโครงการ ให้เข้าใจในระยะเวลาอันสั้น ผ่านทฤษฎีเกี่ยวข้องซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ โดยแสดงเป้าหมายในระยะยาวของโครงการ ที่มีความชัดเจนและกระชับ เข้าใจง่าย ได้ดังนี้

“ถ้ามีการนำมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งมาทำการเพิ่มมูลค่าด้วยการแปรรูปเป็น วัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นที่ดำเนินการในพื้นที่แล้ว จะทำให้คนในชุมชนเกิดการเรียนรู้ที่จะคัดแยกมูลฝอย สร้างจิตสำนึกที่ดี ลดปัญหา สิ่งแวดล้อมและสุขภาพของคนในชุมชน นำมาซึ่งการสร้างรายได้และคุณภาพชีวิตที่ดีของคนในชุมชน ตอบสนองการพัฒนาที่ยั่งยืน”

3.3 กิจกรรมที่ 3 การดำเนินการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในโครงการฯ จากการ ทำ Focus Group ในขั้นตอน HIA 2: Scoping และการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-dept interview) ผู้บริหาร และผู้ปฏิบัติงาน ในการกำหนดรูปแบบนวัตกรรมการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง (KCOST) เพื่อให้เห็นภาพรวมของการดำเนินงานโครงการฯ ที่ชัดเจนขึ้น การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ ส่วนเสียในโครงการ (Stakeholders) และวิเคราะห์ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการดำเนินโครงการ กรณี “มีโครงการ” และ “ไม่มีโครงการ” เป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการ เกิดขึ้นของโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 34

ตารางที่ 34 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ภาพรวมผลกระทบกรณี “มีโครงการ” และ “ไม่มีโครงการ”

หัวข้อ	กรณีมีโครงการ	กรณีไม่มีโครงการ
เศรษฐกิจ	ชุมชนมีรายได้เพิ่มจากการคัดแยกหน้ากากอนามัยฯ เพื่อนำไปแปรรูปเป็นเม็ดพลาสติก PCR	ชุมชนไม่มีรายได้เพิ่มจากอาชีพเสริม
สังคม	การสร้างองค์ความรู้และถ่ายทอดต่อกันภายในชุมชนและชุมชนอื่นที่สนใจ รวมทั้งเป็นการสร้างความตระหนักรู้ด้านสุขภาพอนามัย	หน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วกลายเป็นมูลฝอยที่ถูกทิ้งปนเปื้อนในพื้นที่สาธารณะและทิ้งปะปนในมูลฝอยชุมชน ทำให้ทัศนียภาพเสีย ก่อให้เกิดมลพิษ และสามารถแพร่กระจายเชื้อโรคที่เกิดจากหน้ากากอนามัยได้
สิ่งแวดล้อม	ลดมลพิษที่เกิดจากมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง แทนการฝังกลบและการเผา	หน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วถูกนำไปเผาหรือฝังกลบ ซึ่งเป็นการสร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และมีต้นทุนในการดำเนินการ

3.4 กิจกรรมที่ 4 การนำข้อมูลโครงการที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อสร้างเส้นทางสู่ผลกระทบทางสังคมของโครงการเพื่อสังคม (Social Impact Pathway) ดังแสดงในตารางที่ 35

ตารางที่ 35 เส้นทางสู่ผลกระทบทางสังคม Social Impact Pathway

Input	งบประมาณ 24,754 บาท / บุคลากรเจ้าหน้าที่ภาครัฐและชุมชน
Activity	กิจกรรมหลัก การแปรรูปมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งให้เป็นเม็ดพลาสติก PCR เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์อื่น
Output	ผลผลิตจำแนกได้ดังนี้ 1. ชุมชนมีองค์ความรู้และความตระหนักรู้ด้านสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม 2. ชุมชนให้ความสำคัญและเกิดกระบวนการคัดแยกมูลฝอยทั่วไปและหน้ากากอนามัยฯ (Social movement) 3. เกิดอาชีพเสริมและรายได้เข้าสู่ชุมชน 4. ถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับชุมชนอื่นที่สนใจ 5. ลดมลพิษที่เกิดจากการเผาและฝังกลบหน้ากากอนามัยฯ

ตารางที่ 35 (ต่อ)

Input	งบประมาณ 24,754 บาท / บุคลากรเจ้าหน้าที่ภาครัฐและชุมชน
User	ประชาชนในชุมชน เทศบาลตำบลทับมา
Outcome	1.เกิด Green Community และ Green City นำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน 2.เกิดแนวปฏิบัติที่ดีที่ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ 3.เกิดความยั่งยืนด้านสังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม
Impact	ด้านเศรษฐกิจ ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้น ด้านสังคม ความเป็นอยู่และสุขภาพอนามัยที่ดีในชุมชน ด้านสิ่งแวดล้อม ลดการใช้ทรัพยากรและมลพิษที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม

3.5 กิจกรรมที่ 5 แปลงเป็นมูลค่าทางการเงิน (Monetize) เพื่อคำนวณผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Social Return on Investment) การคำนวณอัตราส่วน SROI ของแต่ละกิจกรรม โดยจะนำค่าของผลลัพธ์รวมที่อยู่ในรูปของตัวเงินที่เกิดขึ้นจากการมีกิจกรรมแต่ละกิจกรรม หาค่าด้วยผลรวมของต้นทุนทั้งหมดที่ใส่เข้าไปในแต่ละกิจกรรมซึ่งในที่นี้คืองบประมาณแต่ละโครงการ ดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 งบประมาณที่ใช้ในการดำเนินงานโครงการ

ปี พ.ศ.	ต้นทุนโครงการ	งบประมาณ (บาท)
2567	กิจกรรมที่ 1 : การแปรรูปหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วให้เป็นเม็ดพลาสติกเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์อื่น	
	กิจกรรมย่อยที่ 1 : แต่งตั้งคณะกรรมการของชุมชน	
	Input	
	- เวลาของเจ้าหน้าที่ภาครัฐ (ทำกิจกรรมในเวลายางาน)	167
	1 คน x (2 ชม. x (20,000 บาท/30 วัน) / 8 ชม.)	

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ปี พ.ศ.	ต้นทุนโครงการ	งบประมาณ (บาท)
	กิจกรรมย่อยที่ 2 : การสานเสวนา ประชุมหารือ เพื่อสำรวจความต้องการของชุมชนและกำหนดแนวทางการดำเนินโครงการ	
	Input	
	- เวลาของเจ้าหน้าที่ภาครัฐ (ทำกิจกรรมในเวลาทำงาน) 6 คน x (2 ชม. x (15,000 บาท/30 วัน) / 8 ชม.)	750
	- เวลาของวิทยากร (ทำกิจกรรมในเวลาทำงาน) 1 คน x (3 ชม. x (30,000 บาท/30 วัน) / 8 ชม.)	375
	- เวลาของคนในชุมชน (จิตอาสา)	
	Output (ด้านสังคม)	
	- เวลาของคนในชุมชน (จิตอาสา) 3 คน x (3 ชม. x (500 บาท ÷ 1 วัน) ÷ 8 ชม. (ใช้เวลาในการหารายได้ให้ครอบครัวมาดำเนินกิจกรรม)	563
	กิจกรรมย่อยที่ 3 : การสำรวจและกำหนดพื้นที่ในการจัดทำสถานที่สำหรับรวบรวมหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ผ่านการคัดแยกแล้ว	
	Input	
	- เวลาของเจ้าหน้าที่ภาครัฐ (จิตอาสา) 1 คน x (2 ชม. x (16,000 บาท/30 วัน) / 8 ชม.), 1 คน x (2 ชม. x (45,000 บาท/30 วัน) / 8 ชม.) (ทำกิจกรรมในเวลาทำงาน)	508
	- เวลาของคนในชุมชน (จิตอาสา)	
	Output (ด้านสังคม)	
	- เวลาของคนในชุมชน (จิตอาสา) 3 คน x (3 ชม. x (500 บาท ÷ 1 วัน) ÷ 8 ชม. (ใช้เวลาในการหารายได้ให้ครอบครัวมาดำเนินกิจกรรม)	563
	กิจกรรมย่อยที่ 4 : การขออนุมัติงบประมาณจากผู้บริหาร	
	Input	
	- เวลาของเจ้าหน้าที่ภาครัฐ (ทำกิจกรรมในเวลาทำงาน) 1 คน x (2 ชม. x (20,000 บาท/30 วัน) / 8 ชม.)	167

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ปี พ.ศ.	ต้นทุนโครงการ	งบประมาณ (บาท)
	กิจกรรมย่อยที่ 5 : การลงพื้นที่เพื่อดำเนินการจัดอบรมให้ความรู้เรื่อง การคัดแยกมูลฝอย และจัดทำสถานที่ทิ้งมูลฝอย	
	Input	
	- เวลาของคนในชุมชน (ค่าแรงงานฝีมือและค่าวัสดุอุปกรณ์ในการดำเนินการจัดทำ PCR) 4 คน x (2 ชม. X (10,000 บาท/30 วัน) / 8 ชม.)	
	- เครื่องฆ่าเชื้อน้ำกากอเนาะด้วยระบบ Advanced Oxidation	20,000
	- ค่าใช้จ่ายในการคัดแยกมูลฝอยของเจ้าหน้าที่เทศบาล	
	Output (ด้านเศรษฐกิจ)	
	- ค่าหลักสูตรฝึกอบรม	40,000
	Output (ด้านสังคม)	
	- มีเด็กนักเรียนที่ได้รับการอบรมเรื่องการคัดแยกมูลฝอยประมาณ 100 คน ทำให้ประหยัดค่าหลักสูตรการฝึกอบรมในกรณีที่ต้องเสียเงินไปฝึกอบรมกับองค์กรภายนอก (หลักสูตรละ 10,000 บาท x 3 ครั้งๆ ละ 30 คน)	30,000
	- มูลฝอยที่ได้จากการคัดแยกสามารถนำมาขายเป็นค่าอาหารกลางวันแก่เด็กนักเรียนได้เดือนละ 3,000 บาท x 3 เดือน (ขวดพลาสติก, ขวดแก้ว, กระป๋องอลูมิเนียมฯลฯ)	9,000
	Output (ด้านสิ่งแวดล้อม)	
	- ประหยัดค่าใช้จ่ายในการคัดแยกมูลฝอยของเจ้าหน้าที่เทศบาล 3 คน x (3 ชม. x 1,000 บาท) x 3 เดือน	27,000
	Outcome	
	- ลดภาระค่าใช้จ่ายในการจัดการของเสีย	

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ปี พ.ศ.	ต้นทุนโครงการ	งบประมาณ (บาท)
	กิจกรรมย่อยที่ 6 : การสำรวจความพึงพอใจและประเมินผลโครงการ	
	Input	
	- เวลาการทำงานของเจ้าหน้าที่ภาครัฐ (จิตอาสา) 2 คน x (2 ชม. x (16,000 บาท ÷ 30 วัน) ÷ 8 ชม. (ทำกิจกรรม.ในเวลางาน)	267
	- เวลาของคนในชุมชน (จิตอาสา) 3 คน x (1 ชม. x (500 บาท ÷ 1 วัน) ÷ 8 ชม. (ใช้เวลาในการหารายได้ให้ครอบครัวมาดำเนินกิจกรรม)	188
	Output (ด้านสังคม)	
	- เวลาของคนในชุมชน (จิตอาสา) 3 คน x (1 ชม. x (500 บาท ÷ 1 วัน) ÷ 8 ชม. (ใช้เวลาในการหารายได้ให้ครอบครัวมาดำเนินกิจกรรม)	188
	กิจกรรมย่อยที่ 7 : การประเมิน สรุปผลและนำเสนอผลการดำเนินโครงการต่อผู้บริหารและชุมชน เพื่อวางแผนการพัฒนาในอนาคต	
	Input	
	- เวลาการทำงานของเจ้าหน้าที่ภาครัฐ (ทำกิจกรรมในเวลางาน) 1 คน x (2 ชม. x (20,000 บาท ÷ 30 วัน) ÷ 8 ชม.	417
	- เวลาการทำงานของเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูล (ทำกิจกรรมในเวลางาน) 2 คน x (2 ชม. x (15,000 บาท ÷ 30 วัน) ÷ 8 ชม.	250
	- เวลาของคนในชุมชน (จิตอาสา)	
	Output (ด้านเศรษฐกิจ)	
	- เวลาของคนในชุมชน (จิตอาสา) 3 คน x (2 ชม. x (500 บาท ÷ 1 วัน) ÷ 8 ชม. (ใช้เวลาในการหารายได้ให้ครอบครัวมาดำเนินกิจกรรม)	375
	Total Input (ต้นทุนรวม)	24,754
	Total Output (ด้านเศรษฐกิจ)	40,375
	Total Output (ด้านสังคม)	40,313
	Total Output (ด้านสิ่งแวดล้อม)	27,000

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ปี พ.ศ.	ต้นทุนโครงการ	งบประมาณ (บาท)
	ผลตอบแทนทางสังคม (SROI)	3.35
	(มูลค่าที่สังคมได้รับจากการลงทุน/ต้นทุนการดำเนินกิจกรรม)	

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลที่ได้ของโครงการทางเศรษฐศาสตร์นั้น มีวัตถุประสงค์หลักคือการประเมินมูลค่าทางสังคม (Social Value) หรือผลที่ตกต่อสังคมของโครงการลงทุนนั้น ๆ ดังนั้น การดำเนินโครงการ “Upcycling Face Mask ลดมลพิษสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียน” จำเป็นต้องวิเคราะห์ผลตอบแทนที่ได้รับต่อสังคมจากการลงทุน โดยการวิเคราะห์ต้นทุนที่ใช้ดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในโครงการ เช่น การแต่งตั้งคณะทำงานของชุมชน ได้แก่ ประธานคณะทำงาน การจัดการประชุมเพื่อปรึกษาหารือ วางแผนและแนวทางการดำเนินโครงการให้สำเร็จซึ่งต้องมีค่าใช้จ่ายในการจัดประชุมและค่าวิทยากร นอกจากนี้จะมีค่าใช้จ่ายในการลงพื้นที่สำรวจและกำหนดพื้นที่การจัดทำสถานที่สำหรับรวบรวมหน้ากากอนามัย รวมทั้งการลงพื้นที่เพื่อจัดอบรมให้ความรู้เรื่องการคัดแยกหน้ากากอนามัยฯ ผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมให้กับชุมชน ในขั้นตอนสุดท้ายจะต้องดำเนินการสำรวจความพึงพอใจของโครงการ การประเมินและสรุปผลเพื่อเป็นข้อเสนอแนะต่อผู้บริหารเพื่อจัดทำเป็นนโยบายต่อไป จากการวิเคราะห์ต้นทุนรวมของรายจ่ายของโครงการอย่างละเอียดพบว่ามีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 4,754 บาท ต่อ 1 คน และงบประมาณในการดำเนินงานโครงการรวมทั้งสิ้น 24,754 บาท การวิเคราะห์ SROI ของโครงการพบว่า หากลงทุน 1 บาท จะได้ผลตอบแทนจากการลงทุนคืนกลับสู่สังคม 3.35 บาท

4. การวิเคราะห์นโยบาย

การวิเคราะห์ศักยภาพในการจัดการมูลฝอยของเทศบาลตำบลทับมาเพื่อประเมินสถานภาพการพัฒนาท้องถิ่นในปัจจุบัน ด้วยการวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค โดยใช้เทคนิค SWOT Analysis ผลการวิเคราะห์ SWOT Analysis ของการจัดการมูลฝอยของเทศบาลตำบลทับมาสามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยภายใน

4.1.1 จุดแข็ง (Strength)

S1 นโยบายของผู้บริหารที่ให้ความสำคัญในการจัดการขยะแบบบูรณาการมาอย่างต่อเนื่อง

S2 ความร่วมมือจากชุมชนดั้งเดิมที่มีความเข้มแข็ง

S3 การให้บริการด้านสาธารณสุขและการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ

S4 เป็นเทศบาลต้นแบบในด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม

S5 มีโรงงานรีไซเคิลพลาสติกในพื้นที่

4.1.2 จุดอ่อน (Weakness)

W1 ประชากรแฝงขาดความตระหนักและองค์ความรู้ และมีการย้ายถิ่นฐานสูง

W2 ไม่มีระบบการจัดเก็บข้อมูลในบางเรื่อง เช่น ข้อมูลประชากรแฝงในพื้นที่

W 3 ยังขาดการบูรณาการด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมในการจัดการ

W4 การประชาสัมพันธ์ในการสร้างจิตสำนึกและทัศนคติที่ดียังไม่ทั่วถึง

4.2 การวิเคราะห์ปัจจัยภายนอก

4.2.1 โอกาส (Opportunities)

O1 นโยบายประเทศและการดำเนินการตามพันธกรณีและข้อตกลงระหว่างประเทศ กฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียน เช่น นโยบาย BCG และ EPR ของภาครัฐ เปิดโอกาสให้ ภาคเอกชนสามารถเข้ามาสนับสนุนการบริหารจัดการขยะบางส่วน (Voluntary EPR) ได้ และอยู่ในพื้นที่เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ และ EEC

O2 การสนับสนุนจากหน่วยงานเอกชนทั้งด้านทรัพยากรและงบประมาณ

O3 ความร่วมมือจากหน่วยงานภายนอก เช่น หน่วยงานทางการศึกษาที่มาให้องค์ความรู้และสนับสนุนด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เหมาะสมกับชุมชน

4.2.2 อุปสรรค (Threats)

T1 ประชากรแฝง (นักท่องเที่ยว/แรงงาน) ไม่ให้ความร่วมมือ

T2 ประชาชนทิ้งมูลฝอยหน้ากากอนามัยที่ติดเชื้อปะปนกับมูลฝอยทั่วไป

การบริหารจัดการมูลฝอยโดย อบท. ในประเทศไทยมีจุดแข็งและจุดอ่อนที่แตกต่างกันไปตามบริบทของพื้นที่นั้น ๆ ในส่วนของโอกาสและอุปสรรคเป็นปัจจัยภายนอกที่มีส่วนในการสนับสนุนและขัดขวางการพัฒนาศักยภาพได้ ดังนั้น การจัดทำแผนการบริหารจัดการมูลฝอยของ อบท. จึงควรพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้อย่างรอบคอบ เพื่อให้แผนมีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริงและสามารถบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ กรณีพื้นที่ศึกษาเทศบาลตำบลทับมา อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ที่มีจุดแข็งในเรื่องของนโยบายผู้บริหารที่มีวิสัยทัศน์ในการอนุรักษ์ รักษาและฟื้นฟูสภาพแวดล้อมในพื้นที่จนได้รับรางวัลด้านสิ่งแวดล้อมระดับประเทศ เช่น รางวัลเมืองสิ่งแวดล้อมยั่งยืนระดับดีมาก โล่ประกาศเกียรติคุณ โครงการส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และโครงการส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เป็นต้น ปัจจัยความสำเร็จมาจากความเข้มแข็งของชุมชนและความร่วมมือจากทุกภาค

ส่วน และนโยบายระดับประเทศที่ส่งเสริมให้มีการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมที่ดี อย่างไรก็ตาม อุปสรรคในการจัดการมูลฝอยที่สำคัญได้แก่ ประชาชนขาดความตระหนักและไม่มีความรู้ในการจัดการ และทิ้งขยะติดเชื่อปะปนกันกับขยะทั่วไป ตลอดจนมีประชากรแฝงเป็นจำนวนมาก ซึ่งประชากรเหล่านี้เทศบาลไม่สามารถจัดเก็บค่าธรรมเนียมในการจัดการมูลฝอยได้ ในส่วนของกฎหมายและข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ไม่ครอบคลุม ไม่มีบทลงโทษบุคคลที่ไม่คัดแยกมูลฝอยที่ต้นทางได้ทำให้ประชาชนไม่ให้ความร่วมมือในการจัดการมูลฝอยที่ต้นทางเท่าที่ควร

4.3 ผลการวิเคราะห์ TOWS Matrix

การวิเคราะห์ TOWS Matrix เพื่อให้ได้กลยุทธ์หรือแนวทางในการจัดการมูลฝอย โดยใช้ผลการวิเคราะห์ SWOT Analysis ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 การกำหนดกลยุทธ์ (TOWS Matrix) ในการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน

SO (กลยุทธ์เชิงรุก)	WO (กลยุทธ์เชิงแก้ไข)
1. นโยบายการจัดการขยะแบบบูรณาการด้วยเศรษฐกิจหมุนเวียน เพื่อดึงดูดภาคเอกชนมาสนับสนุนทรัพยากรและงบประมาณในการจัดการขยะ เช่น การส่งเสริมระบบ EPR โดยให้ภาคเอกชนร่วมรับผิดชอบการรีไซเคิลขยะบางประเภทอย่างสมัครใจ (S1, S4 กับ O1, O2) 2. สร้างเครือข่ายความร่วมมือจากชุมชนที่เข้มแข็งในการจัดการมูลฝอยที่ต้นทาง การใช้เทคโนโลยีช่วยพัฒนานวัตกรรมการจัดการขยะในชุมชนให้มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น (S2 กับ O3)	2. สร้างความร่วมมือจากหน่วยงานภายนอกที่มีความเชี่ยวชาญด้านการให้ความรู้และเทคโนโลยี โดยจัดทำโครงการฝึกอบรมหรือรณรงค์สร้างจิตสำนึกเรื่องการจัดการขยะให้กับประชากรในพื้นที่ชุมชนเมืองที่มีประชากรแฝงจำนวนมาก เพื่อสร้างทัศนคติที่ดีต่อการจัดการขยะ (W1, W4 กับ O3) 2. การพัฒนาระบบฐานข้อมูล เช่น การสร้างระบบเก็บข้อมูลประชากรแฝงในพื้นที่ รวมถึงการนำเทคโนโลยีมาช่วยให้การจัดการมูลฝอยมีประสิทธิภาพและสามารถตรวจสอบข้อมูลได้ในเวลาจริง

ตารางที่ 37 (ต่อ)

ST (กลยุทธ์เชิงป้องกัน)	WT (กลยุทธ์เชิงรับ)
1. พัฒนาแคมเปญการสื่อสารหรือจัดกิจกรรมร่วมกับชุมชนที่เน้นความสำคัญของการคัดแยกและทิ้งมูลฝอยอย่างถูกต้อง โดยเฉพาะการจัดการมูลฝอยจากนักท่องเที่ยวหรือแรงงานที่ไม่ปฏิบัติตามแนวทางการทิ้งขยะในพื้นที่อย่างเคร่งครัด (S3, S4 กับ T1) 2. การพัฒนาระบบจัดเก็บและฆ่าเชื้อแยกจากขยะทั่วไป และร่วมมือกับโรงงานรีไซเคิลที่ได้รับอนุญาตในพื้นที่ในการแปรรูปต่อไป (S5 กับ T2)	1. การรณรงค์ให้ความรู้ประชาชนเกี่ยวกับความเสี่ยงในการทิ้งน้ำกากอนามัยฯ ปะปนกับขยะทั่วไป โดยเน้นย้ำให้เข้าใจถึงความสำคัญของการคัดแยกและทิ้งในจุดที่เหมาะสม (W3, W4 กับ T1)

จากการวิเคราะห์สภาพปัญหา จุดอ่อน จุดแข็ง โอกาสและอุปสรรคของการจัดการมูลฝอยในพื้นที่จนนำมาสู่การสร้างกลยุทธ์เพื่อใช้ในการรับมือและพัฒนาแก้ปัญหาดังกล่าว โดยเครื่องมือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการมูลฝอยในภาพรวม ได้แก่ กฎหมาย กฎระเบียบ และข้อบัญญัติของท้องถิ่นในรูปแบบของข้อบังคับและบทลงโทษ นอกจากนี้กฎระเบียบและแรงจูงใจ การลงทุนในกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ระบบฐานข้อมูล ด้านการจัดการมูลฝอยแต่ละประเภทที่เป็นปัจจุบัน และเป็นระบบเดียวกันทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค และเกณฑ์การประเมินตัวชี้วัดด้านการจัดการมูลฝอยในการประเมินประสิทธิภาพของ อปท. ก็เป็นส่วนช่วยในการส่งเสริมให้การจัดการมูลฝอยมีประสิทธิภาพเช่นกัน ในด้านการสร้างจิตสำนึกและทัศนคติที่ดีก็มีส่วนสำคัญและขาดไม่ได้ที่จะต้องมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องและเป็นรูปธรรม ในด้านการสนับสนุนงบประมาณจากภาครัฐและเอกชนก็มีส่วนสำคัญเป็นปัจจัยในความสำเร็จ การวิจัยและพัฒนาในด้านการผลิตและการจัดการมูลฝอยตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนทำให้เกิดกระบวนการลดการใช้ทรัพยากรตลอดชีวิตผลิตภัณฑ์ ให้ความสำคัญกับการใช้วัตถุดิบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและการนำกลับมาใช้ใหม่ทั้งวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์และของเสีย

5. ระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ เพื่อรับทราบผลการประเมินรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งและจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

การระดมความคิดเห็นในการสนทนากลุ่มกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของเทศบาลตำบลทับมาที่ผ่านมา 2 ระยะ โดยระยะที่ 1 อยู่ภายใต้ HIA: 1. Public Screening เมื่อวันที่ 7 กันยายน พ.ศ. 2566 ผลการระดมความคิดเห็น ระยะที่ 1 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหามูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งจากการทบทวนวรรณกรรมและการลงพื้นที่สำรวจปัญหาและวิเคราะห์ผลทางเคมีในห้องปฏิบัติการให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทราบ พบว่าผู้เข้าร่วมสนทนามีความเห็นตรงกันในการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพจะสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพได้ โดยเห็นว่าควรสร้างระบบการจัดการที่ให้ทุกภาคส่วนเข้ามามีส่วนร่วม ในระยะที่ 2 HIA: 2. Public Scoping การระดมความคิดเห็นในการสนทนากลุ่มกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของเทศบาลตำบลทับมา ผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบ KCOST Model ในการระดมความคิดเห็นเพื่อกำหนดแนวทางดำเนินงานของ KCOST Model และร่วมกันกำหนดกรอบในการประเมินผลกระทบทางสังคม เศรษฐกิจ สุขภาพและสิ่งแวดล้อม เมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2566 ในขั้นตอนที่ 3 HIA: 3. Assessing เมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2567 มีจุดประสงค์ในการนำเสนอผลการประเมินรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งในด้านสังคม เศรษฐกิจ สุขภาพและสิ่งแวดล้อมให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียรับฟังและร่วมกันแสดงความคิดเห็น เพื่อผู้วิจัยจะได้นำไปปรับปรุงและจัดทำเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายต่อไป

จากผลการระดมความคิดเห็นในระยะที่ 3 HIA: 3. Assessing พบว่าการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งโดยใช้หลักเศรษฐกิจหมุนเวียนถือเป็นความท้าทายและโอกาสที่สำคัญในการสร้างความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมให้กับชุมชน โดยเน้นย้ำถึงความจำเป็นที่ทุกคนต้องตระหนักถึงปัญหาและผลกระทบที่ตามมาหากไม่ได้รับการแก้ไขร่วมกัน เช่น การคัดแยกมูลฝอยอย่างเหมาะสม การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนโดยให้ภาครัฐเป็นผู้นำในการเสริมสร้างจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมผ่านการเผยแพร่องค์ความรู้ ในทางกลับกันประชาชนสามารถสร้างโอกาสจากการนำหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วทิ้งไปสร้างมูลค่าเพิ่มภายใต้หลักเศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อให้เกิดกระบวนการทางนวัตกรรมและลดต้นทุนการผลิตได้ ด้วยการสนับสนุนจากนโยบายของภาครัฐ รวมทั้งการดึงภาคเอกชนในพื้นที่เข้ามามีส่วนร่วม ซึ่งมีส่วนช่วยในการปรับปรุงและพัฒนาแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม อย่างไรก็ตาม ควรเริ่มตั้งแต่การดำเนินการตามกฎระเบียบและมีบทลงโทษสำหรับผู้ที่ไม่แยกมูลฝอยที่ต้นทาง การสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับภาคเอกชน องค์กรเพื่อสังคม สถาบันการศึกษา และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อ

ร่วมกันวางแผน พัฒนาโครงการ แบ่งปันข้อมูล และสนับสนุนการวิจัยด้านการจัดการมูลฝอย หน้ากากอนามัย การส่งเสริมการรีไซเคิลและการอัพไซเคิล รวมทั้งการนำระบบการจัดเก็บที่สนับสนุนการคัดแยกจากต้นทาง เช่น รถขนส่งแยกมูลฝอยประเภทต่าง ๆ หรือการเก็บมูลฝอยเป็นช่วงเวลา เป็นต้น เพื่อสร้างความตระหนักและอำนวยความสะดวกในการจัดการมูลฝอยตามบ้าน การรณรงค์สร้างความตระหนักแก่สาธารณะชนผ่านสื่อต่าง ๆ เพื่อเน้นย้ำถึงความสำคัญของการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยอย่างเหมาะสม ตลอดจนส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนและการพัฒนาระบบคะแนนสำหรับการแลกของรางวัลหรือประกาศนียบัตรสำหรับบุคคลที่มีส่วนร่วมในการจัดการมูลฝอย หรือความร่วมมือจากภาคเอกชนในการลงทุน

การพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อแก้ไขปัญหามลพิษและส่งเสริมความยั่งยืนด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม สร้างรายได้ให้กับชุมชน เป็นแหล่งเรียนรู้และเป็นแบบอย่างให้กับชุมชนอื่น ๆ นอกจากนี้ ควรคำนึงถึงศักยภาพในการขยายความคิดริเริ่มในการรีไซเคิลหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วจากชุมชนใกล้เคียงหรือทั่วประเทศเพื่อตอบสนองความต้องการในการผลิตในอนาคต อย่างไรก็ตาม มีความจำเป็นในการติดตามและปรับปรุงรูปแบบนวัตกรรมการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดความยั่งยืน กระบวนการติดตามและปรับปรุงต้องสามารถปรับให้เข้ากับสถานการณ์และการเปลี่ยนแปลงในอนาคตโดยเฉพาะในช่วงการระบาดของโรคอุบัติใหม่ อาทิเช่น การจัดทำระบบติดตามที่มีประสิทธิภาพสำหรับการจัดการหน้ากากอนามัย การจัดทำรายงานข้อมูลมูลฝอยเป็นประจำเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินความคืบหน้าของการดำเนินงาน รวมถึงปริมาณหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วเข้าสู่ระบบ (input) และประสิทธิภาพในการรีไซเคิล (Output) ข้อกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วมาผลิตเพื่อสร้างความเชื่อมั่นและการยอมรับ การกำหนดตัวชี้วัดสำหรับการวัดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม สุขภาพ และเศรษฐกิจ การจัดตั้งคณะกรรมการติดตามและประเมินผล โดย มีผู้แทนจากผู้มีส่วนได้เสียทุกฝ่าย เป็นผู้รับผิดชอบในการประเมินผลอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งนำเสนอข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงผ่านการประชุมที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและการยอมรับสูงสุด

ทั้งนี้ รูปแบบนวัตกรรมการจัดการตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน ด้วย KCOST Model และการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Social Return on Investment) มีความเหมาะสมที่ควรนำไปเป็นแนวทางปฏิบัติด้านการบริหารจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งในพื้นที่ตำบลทับมา รวมทั้งนำไปใช้เป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ด้านการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ควรแต่งตั้งคณะกรรมการติดตามและประเมินผล การดำเนินงานที่ประกอบด้วยทุกภาคส่วน เพื่อให้เกิดการพัฒนาและปรับปรุงให้การดำเนินงาน เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน และใช้เป็นโมเดลให้กับพื้นที่อื่น ๆ นำไปปฏิบัติ



บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน ของเทศบาลตำบลทับมาในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ” เป็นการนำแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy: CE) มาเป็นแนวคิดในการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง โดยใช้แนวทางของการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ (Health Impact Assessment หรือ HIA) เพื่อให้ได้รูปแบบการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยอาศัยการมีส่วนร่วมของประชาชนในทุกขั้นตอน ตั้งแต่ร่วมกันคิด วางแผนดำเนินงาน การปฏิบัติ และการประเมินผล โดยสามารถสรุปอภิปรายและข้อเสนอแนะดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์สถานการณ์ ปัญหา ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งจากข้อมูลปฐมภูมิในพื้นที่ศึกษา และข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1 การศึกษาปริมาณองค์ประกอบของมูลฝอยชุมชนที่มีหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งปนเปื้อนอยู่

มูลฝอยรีไซเคิล มีสัดส่วนร้อยละ 50.82 เป็นองค์ประกอบหลักของมูลฝอยชุมชนที่ทำการศึกษา โดยมูลฝอยประเภทพลาสติกมีปริมาณมากที่สุด ร้อยละ 30.54 และมีหน้ากากอนามัยพบปะปนในสัดส่วนเล็กน้อย ร้อยละ 2.72 ซึ่งผลการสำรวจพบปริมาณมูลฝอยหน้ากากอนามัยมีความแตกต่างตามฤดูกาล โดยฤดูร้อน (พ.ศ. 2565) มีปริมาณมากกว่าในฤดูฝน (พ.ศ. 2566) มูลฝอยของเทศบาลตำบลทับมามีความหนาแน่นเฉลี่ย 153.33 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยในฤดูฝนมีความหนาแน่นสูงกว่าในฤดูร้อน

1.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหน้ากากอนามัยที่ปนเปื้อนในมูลฝอยทั่วไป มีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 2.67 - 12.96 % ปริมาณเถ้าอยู่ระหว่าง 13.25 - 98.83 % โดยฤดูร้อนมีปริมาณเถ้าสูงกว่าฤดูฝน แต่ความชื้นต่ำกว่า ในขณะที่ pH มีค่าใกล้เคียงกัน ค่าความร้อน 10.75 kcal/g ปริมาณของแข็งทั้งหมด อยู่ระหว่าง 87.04 - 92.18 % ปริมาณเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ อยู่ระหว่าง 13.25 - 98.83 % ปริมาณคาร์บอนคงที่ 76.06 % ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ อยู่ระหว่าง 80.02 -

88.48 % โดยน้ำหนัก และการพิจารณาการปนเปื้อนของโลหะหนัก ได้แก่ โครเมียม ตะกั่ว นิกเกิล ทองแดง แมงกานีส โปรท อลูมิเนียม เหล็ก แคดเมียม ไม่เกินมาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2563 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัย ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของน้ำกากอเนามัยแบบใช้แล้ว ด้วยวิธี FTIR พบว่าเป็นมีคุณสมบัติเป็นพอลิโพรพิลีน

1.3 การสำรวจมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนามัยตามเส้นทางที่กำหนดครอบคลุมพื้นที่ตำบลทับมา

พบว่ามูลฝอยน้ำกากอเนามัยแบบใช้แล้วทิ้งกระจายอยู่ภายในรัศมี 50 เมตรของทุกจุดสำรวจ ค่าเฉลี่ย 22.6 ± 7.24 ชิ้น โดยพบมากในเขตชุมชน จุดทิ้งมูลฝอยของเทศบาล และพื้นที่ที่รกร้าง โดยเฉพาะถนนสาย 363 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 33 ± 2.4 ชิ้นต่อจุดสำรวจ แนวโน้มของปริมาณน้ำกากอเนามัยแบบใช้แล้วทิ้งเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากเกิดการสะสมในระยะเวลาที่มีการสำรวจ ตามการวิเคราะห์แนวโน้มด้วยการใช้สมการถดถอยเชิงเส้นในการวิเคราะห์ทางสถิติ

1.4 การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ และการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารเทศบาลตำบลทับมา

พบว่าผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่และการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารเทศบาล มีความตระหนักและเห็นความสำคัญของการจัดการปัญหามูลฝอยน้ำกากอเนามัยเกี่ยวกับการสะสมในสิ่งแวดล้อม งบประมาณในการกำจัดและก่อให้เกิดมลพิษจากการเผาและฝังกลบ การศึกษารูปแบบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ แต่ข้อเสนอแนะด้านสัญลักษณ์ ความยุ่งยากในการคัดแยก และการสร้างความเข้าใจให้กับประชาชน การเสริมสร้างความรู้และประชาสัมพันธ์ และให้ความสำคัญกับความปลอดภัย เทคโนโลยี การบริหารจัดการ และความร่วมมือจากทุกฝ่าย จึงใช้แนวคิดและกระบวนการจัดการมูลฝอย KCOST Model มาประยุกต์ใช้โดยการนำน้ำกากอเนามัยที่ใช้แล้วเข้าสู่กระบวนการบริหารจัดการตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำได้ ตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่มูลฝอยน้ำกากอเนามัยและมูลฝอยประเภทอื่น ผลจากการศึกษานำไปสู่การกำหนดรูปแบบการจัดการน้ำกากอเนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง โดยผสมผสานแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน และการสร้างจิตสำนึกให้กับประชาชน เพื่อให้สามารถลดปริมาณมูลฝอยและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะยาว

2. การพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน

2.1 การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและประชาชนในพื้นที่ในการกำหนดรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนในพื้นที่ตำบลทับมา

การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่ตามรูปแบบ KCOST พบว่าการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยต้องอาศัยความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ เริ่มจากการสร้างองค์ความรู้ (Knowledge) เพื่อให้ประชาชนเข้าใจถึงผลกระทบของมูลฝอยหน้ากากอนามัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม รวมถึงแนวทางการจัดการที่เหมาะสม องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) มีบทบาทสำคัญในการถ่ายทอดความรู้และสร้างความตระหนักให้กับประชาชนเกี่ยวกับการคัดแยกมูลฝอยตั้งแต่ต้นทาง ภาครัฐต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็น (Categorize) เช่น ถังมูลฝอยประเภทต่าง ๆ และระบบจัดเก็บที่เหมาะสม เมื่อมูลฝอยถูกคัดแยกและนำไปทิ้งตามประเภทแล้ว หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องวางแผนและบริหารจัดการการขนย้าย (Organize) ให้เป็นระบบและปลอดภัย โดยสถานที่รวบรวมมูลฝอยควรอยู่ห่างจากชุมชนและมีมาตรการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรค (Storage) ซึ่งอาจต้องใช้เทคโนโลยีมาเชื่อมเพื่อควบคุมความเสี่ยง ขั้นตอนสุดท้ายคือการนำมูลฝอยที่คัดแยกแล้วไปใช้ประโยชน์ผ่านเทคโนโลยีที่เหมาะสม (Technology) ตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน การพัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้ต้องได้รับความร่วมมือจากมหาวิทยาลัยหรือหน่วยงานวิจัย โดยภาครัฐสนับสนุนงบประมาณและโครงสร้างพื้นฐานเพื่อให้สามารถนำเทคโนโลยีมาปรับใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 การฆ่าเชื้อมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งด้วยระบบ AOP

การจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยใช้แล้วอย่างปลอดภัยจึงเป็นความท้าทาย เทคโนโลยี AOP ได้ถูกนำมาใช้เป็นนวัตกรรมสำคัญในการแก้ปัญหานี้ โดยเน้นความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและลดการเกิดสารตกค้าง โดยใช้ UV-OZONE ประกอบด้วยการใช้รังสี UV-C ความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร ร่วมกับ โอโซน 2,000 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง และใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำในการฆ่าเชื้อ 0.1 Kwh / 1 รอบ ในการกำจัดเชื้อโรคใช้เวลาเพียง 40 นาทีต่อครั้ง โครงการนี้เกิดจากความร่วมมือของชุมชนเทศบาลตำบลทับมา ซึ่งช่วยกันคัดแยกและรวบรวมหน้ากากอนามัยใช้แล้วส่งมายังจุดรวบรวมของเทศบาล จากนั้นเทศบาลนำหน้ากากเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยระบบ AOP เพื่อกำจัดเชื้อโรคอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดความเสี่ยงจากการแพร่กระจายของเชื้อโรค ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสนับสนุนการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน ด้วยเทคโนโลยีนี้

ชุมชนสามารถจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยได้อย่างปลอดภัย พร้อมสร้างความสมดุลระหว่างสุขภาพของประชาชนและสิ่งแวดล้อม นับเป็นก้าวสำคัญสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนในอนาคต

2.3 การสร้างผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียนจากหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งและการทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

ชุมชนหันมาใช้กระบวนการ Extrusions ซึ่งมีข้อได้เปรียบด้านประสิทธิภาพและความคุ้มค่าในการแปรรูปหน้ากากอนามัย เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่เป็นประโยชน์ทางเศรษฐกิจทำให้สามารถกำหนดราคาที่แข่งขันได้ซึ่งมีประสิทธิภาพและการแปรรูปวัตถุดิบได้หลากหลาย โดยนำหน้ากากอนามัยที่แยกองค์ประกอบแล้ว เศษพลาสติก PP รีไซเคิล (PP Flakes) และกากกาแฟนำไปเข้าเครื่องหลอมเม็ดพลาสติก ด้วยกระบวนการอัดรีด (Extrusion process) เพื่อให้ได้เม็ดพลาสติกเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ตลาดเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล โดยการแปรรูปหน้ากากอนามัยใช้แล้วทิ้งเป็นเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลที่มีหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งเป็นส่วนประกอบ (PCR) เป็นวัตถุดิบรีไซเคิล 100 % ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการหลอมไหล (Melt Flow Index: MFI) การเติมหน้ากากอนามัยในสัดส่วน 10% ไม่มีผลต่อค่า MFR เมื่อเทียบกับ PP Flakes 100% ที่มีค่าเท่ากับ 20 g/10 min ขณะที่การเติมกากกาแฟ 1% เพิ่มค่า MFR เป็น 24 g/10 min ซึ่งบ่งบอกถึงการลดความหนืดของวัสดุ ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของหน้ากากอนามัยและเม็ดพลาสติก PP รีไซเคิล ด้วยวิธี FTIR แสดงคุณสมบัติคล้ายกันด้วยการดูดกลืนรังสีที่ตำแหน่ง 2950 cm^{-1} ซึ่งเป็นคุณสมบัติของ PP ไม่เปลี่ยนแปลง และผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน (TGA) คุณสมบัติเฉพาะของเม็ดพลาสติก PCR ทั้ง 3 สูตรพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของเทอร์โมแกรมมีเพียงขั้นตอนเดียวโดยที่อุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสูงสุดมีค่าอยู่ระหว่าง $464.8 - 466.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ และมีเปอร์เซ็นต์ที่น้ำหนักตัวอย่างหายไปอยู่ในช่วง 95.93 - 97.26 % กราฟ TGA จะลดลงเมื่อวัสดุสูญเสียน้ำหนัก โดยสาเหตุที่ทำให้วัสดุสูญเสียน้ำหนักคือ การระเหยของสารระเหย การเผาไหม้ของวัสดุ และการแตกตัวทางเคมีของวัสดุ

การนำหน้ากากอนามัยใช้แล้วมาแปรรูปเป็นวัสดุตั้งต้นสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy: CE) สร้างความสัมพันธ์แบบ Industrial Symbiosis โดยพลาสติกที่ได้จากกระบวนการรีไซเคิลสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และส่งเสริมความยั่งยืนในการใช้ทรัพยากร นอกจากนี้ การประยุกต์กระบวนการ ROSES (Reduce, Organize, Simplify, Enhance, Sustain) ร่วมกับระบบการบริหารจัดการหน้ากากอนามัยตั้งแต่ต้นทางจนถึงกระบวนการแปรรูป ช่วยให้สามารถรองรับวิถีชีวิตปกติรูปแบบใหม่ (Next Normal) ได้อย่างเหมาะสม

รูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งของเทศบาลตำบลทับมาด้วยแนวทาง KCOST จำเป็นต้องมีการพิจารณาในมิติต่าง ๆ ในการแปรรูปมูลฝอยหน้ากากอนามัยเป็นผลิตภัณฑ์ PCR ควรประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ เช่น การเก็บรวบรวม การนำเข้าเชื้อ การขนส่ง และการแปรรูป เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นและหาแนวทางแก้ไข และควรมีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจของกระบวนการแปรรูปดังกล่าว เช่น ต้นทุนการดำเนินการ ผลตอบแทนจากผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบกับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ กระบวนการ KCOST ที่ดำเนินการในพื้นที่ จำเป็นต้องมีการศึกษาผลตอบแทนทางสังคมที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานก่อนที่จะมีโครงการจริงจะช่วยให้ทราบถึงศักยภาพและความคุ้มค่าของรูปแบบ KCOST ในการจัดการหน้ากากอนามัยฯ อย่างยั่งยืน

3. การประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ของรูปแบบนวัตกรรมจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

3.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรีไซเคิลที่มีหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งเป็นส่วนผสม (Post-Consumer Recycled Plastic :PCR) และเปรียบเทียบกับหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่จัดการด้วยวิธีการเผาและฝังกลบ ตาม Scenario S1 (PCR) S2 (Landfill) และ S3 (Incinerator) โดยใช้รูปแบบการประเมินตาม ReCiPe 2016 v1.1 ซึ่งเป็นวิธีการที่ทันสมัยที่สุดในการคำนวณความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมใน LCA ด้วยโปรแกรม OpenLCA 2.0.3 และการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) โดยใช้วิธีการคำนวณ (Methodology) และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor: EF) จากคู่มือ 2006 IPCC (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) ผลการประเมินผลกระทบมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ PCR ด้วยวิธี OpenLCA

ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากวัฏจักรชีวิตของ PCR ใน 1 FU ในการประเมินผลกระทบชั้นกลาง พบว่า ผลกระทบภาวะที่เป็นสารพิษที่ไม่ก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HNCT) มีผลกระทบสูงที่สุด เท่ากับ 65.047 ton 1,4-DC ลำดับที่สอง คือภาวะความเป็นพิษในทะเล (MET) มีค่าเท่ากับ 40.691 ton 1,4-DCB ลำดับที่สาม คือผลกระทบด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GW) เท่ากับ 22.329 ton CO₂ eq ซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิต PCR ส่งผลกระทบสูงที่สุด (45.5 %) รองลงมาคือกระบวนการขนส่ง (41.6 %) และขั้นตอน PCR Packaging (8.4 %) ในส่วนของขั้นตอนการนำเข้าหน้ากากอนามัยด้วยกระบวนการ Advance Oxidation ซึ่งเป็นกระบวนการที่ส่งผลกระทบต่อ GW น้อยที่สุด (4.5 %) ลำดับที่สี่ คือผลกระทบด้านการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อ

ดิน (TE) เท่ากับ 13.906 ton 1,4-DCB ลำดับที่ห้า คือการขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (FRS) เท่ากับ 6.630 ton oil eq

การประเมินผลกระทบชั้นปลายของการผลิต PCR ทำให้เกิดการสูญเสียสุขภาพที่ดี (DALYs) เท่ากับ 0.3119 ปี ผลกระทบหลักมาจากภาวะโลกร้อนที่ส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์ 89.46% ฝุ่นละอองขนาดเล็ก 5.57% และสารพิษที่ไม่ก่อมะเร็ง 4.74% เกิดผลกระทบด้านคุณภาพระบบนิเวศ (Ecosystem Quality) เกิดการสูญเสียสายพันธุ์ เท่ากับ 0.00059 สายพันธุ์/ตารางเมตร/ปี ปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบ ได้แก่ ภาวะโลกร้อนที่กระทบระบบนิเวศบนบก 95.00% การเกิดสภาวะกรดในดิน 3.43% และผลกระทบต่อระบบนิเวศน้ำจืด ทะเล และการใช้ที่ดิน/น้ำ น้อยกว่า 1% และ การเกิดผลกระทบด้านการขาดแคลนทรัพยากร (Resource Availability) มีมูลค่าความเสียหาย 2,295 USD (84,019.95 บาท) สาเหตุหลักเกิดจากความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล

3.2 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency)

รูปแบบนวัตกรรมในการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจในหลายด้าน การลงทุนในเทคโนโลยีการจัดการมูลฝอย เช่น การรีไซเคิล การผลิตพลังงานจาก มูลฝอยสามารถสร้างงานและเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม การบริหารจัดการมูลฝอยที่ไม่ดีอาจก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงในการจัดการกับผลกระทบทางสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) ด้วยการประเมินต้นทุนการผลิตเม็ดพลาสติกจากหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง พิจารณาจากปริมาณการผลิตและปัจจัยการผลิตในปีที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิจากอุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล (PCR) แห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี ซึ่งนำข้อมูลการผลิตในรอบ 1 ปี ทำการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการผลิตเม็ดพลาสติกจากหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง (PCR) วิเคราะห์จากปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อปริมาณปัจจัยการผลิตหรือทรัพยากรที่ต้องใช้ในแต่ละปี เพื่อแสดงให้เห็นว่าระบบหรือกระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดในการใช้ทรัพยากร โดยในปี พ.ศ. 2566 โรงงานสามารถผลิต PCR ได้ 1,460.4970 ตัน คิดเป็นมูลค่ายอดขาย 30.6704 ล้านบาท (ราคา PCR 21,000 บาท/ตัน) ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังนี้

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (ปริมาณการผลิตต่อปัจจัยการผลิต) ของการใช้วัตถุดิบ มีค่าเท่ากับ 0.9906 ton product / ton การใช้พลังงาน พลังงาน มีค่าเท่ากับ 0.8265 ton product / MW การใช้น้ำ มีค่าเท่ากับ 1.3385 ton product / m³ และการเกิดของเสีย มีค่าเท่ากับ 13.9524 ton product / ton สรุปภาพรวมของปริมาณการผลิตต่อปัจจัยการผลิตโรงงานมีประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบและน้ำ แต่ยังต้องปรับปรุงการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่วนการจัดการของเสียอยู่ในเกณฑ์ดี มีของเสียเกิดขึ้นน้อย

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ วิเคราะห์จากยอดขายของผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อปริมาณปัจจัยการผลิตหรือทรัพยากรที่ต้องใช้ในแต่ละปี การใช้วัตถุดิบ มีค่าเท่ากับ 0.0208 MB / ton การใช้พลังงาน พลังงาน มีค่าเท่ากับ 0.0174 MB / Mwh การใช้น้ำ มีค่าเท่ากับ 0.0281 MB / m³ การเกิดของเสีย มีค่าเท่ากับ 0.2930 MB / ton สรุปภาพรวมของยอดขายต่อปัจจัยการผลิตพบว่า การใช้น้ำมีประสิทธิภาพ แต่ยังคงมีที่ปรับปรุงการใช้การใช้วัตถุดิบและพลังงานและการเกิดของเสีย ยังต้องมีการปรับปรุง

การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการผลิต PCR โดยพิจารณาจากปริมาณการผลิตต่อปีเมื่อเทียบกับปริมาณของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โปรแกรม OpenLCA มีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 0.0448 ton product / ton CO₂ eq

การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของยอดขาย PCR โดยพิจารณาจากยอดขาย PCR ต่อปีเมื่อเทียบกับปริมาณของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โปรแกรม OpenLCA มีค่าเท่ากับ 0.0009 MB/ ton CO₂ eq

3.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Social Return on Investment)

การจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยฯ อย่างมีประสิทธิภาพสามารถส่งผลกระทบต่อสังคม โดยเฉพาะในด้านการสร้างความตระหนักรู้และสร้างความร่วมมือจากประชาชน การให้ความรู้และการฝึกอบรมเกี่ยวกับการทิ้งมูลฝอยหน้ากากอนามัยฯ ที่ถูกต้องเป็นอีกหนึ่งวิธีที่จะช่วยเพิ่มความรู้และรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมของคนในชุมชน การดำเนินโครงการ “Upcycling Face Mask ลดมลพิษและสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียน” เป็นการนำหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วมาแปรรูปเป็นเม็ดพลาสติกสำหรับผลิตภัณฑ์อื่น ซึ่งจำเป็นต้องวิเคราะห์ผลตอบแทนที่ได้รับต่อสังคมจากการลงทุน ในการประเมิน SROI สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ได้ประเมินในรูปแบบการประเมินก่อนดำเนินโครงการ (Ex - Ante Evaluation) โดยการวิเคราะห์ต้นทุนที่ใช้ดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในโครงการ เช่น การแต่งตั้งคณะทำงานของชุมชน การจัดประชุมและคำวิทยากร การลงพื้นที่สำรวจ การจัดอบรมให้ความรู้เรื่องการคัดแยกมูลฝอยหน้ากากอนามัยฯ การสำรวจความพึงพอใจของโครงการ การประเมินและสรุปผลเพื่อเป็นข้อเสนอแนะต่อผู้บริหารเพื่อจัดทำเป็นนโยบายต่อไป จากการวิเคราะห์ต้นทุนรวมของรายจ่ายของโครงการอย่างละเอียดพบว่ามีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 4,754 บาท ต่อ 1 คน และงบประมาณในการดำเนินงานโครงการรวมทั้งสิ้น (Total Input) 24,754 บาท

มูลค่าที่สังคมได้รับจากการลงทุน (Total output) นั้นประกอบด้วย 3 ด้าน คือ ด้านแรกคือด้านเศรษฐกิจ เช่น รายได้จากโครงการ การประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำมูลฝอยเทศบาลรวมทั้งสิ้น 40,375 บาท ด้านที่สองคือด้านสังคม เช่น ลดภาระค่าอบรม ประหยัดค่าอาหารกลางวันจากการมีรายได้ในการขายมูลฝอย มีรายได้เพิ่มจากนักท่องเที่ยวและการศึกษาดูงาน รวมมูลค่า

40,313 บาท ด้านสุดท้ายคือด้านสิ่งแวดล้อม เช่น มูลฝอยที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมลดลง ทัศนียภาพในชุมชนดีขึ้น คนในชุมชนมีความสุขมากขึ้น นำมาซึ่งความเป็นอยู่และคุณภาพชีวิตที่ดี รวมมูลค่า 27,000 บาท ดังนั้นการลงทุนของโครงการฯ มีความคุ้มค่าได้รับผลตอบแทนคืนสู่สังคม 3.35 บาท

3.4 การวิเคราะห์นโยบาย

การวิเคราะห์ศักยภาพการจัดการมูลฝอยของเทศบาลตำบลทับมาด้วยเทคนิค SWOT พบว่าเทศบาลมีจุดแข็งที่โดดเด่นคือ วิสัยทัศน์ของผู้บริหารที่มุ่งเน้นการจัดการขยะแบบบูรณาการความร่วมมือของชุมชน และการเป็นต้นแบบด้านสิ่งแวดล้อม รวมถึงมีโรงงานรีไซเคิลพลาสติกในพื้นที่ แต่ก็ยังมีจุดอ่อนที่ต้องปรับปรุง เช่น การขาดความตระหนักของประชากรแฝง ระบบจัดเก็บข้อมูลที่ยังไม่สมบูรณ์ และการประชาสัมพันธ์ที่ยังไม่ทั่วถึง สำหรับโอกาสในการพัฒนาการจัดการมูลฝอย ได้แก่ นโยบายของภาครัฐที่สนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียนและความร่วมมือจากหน่วยงานเอกชน ในขณะที่อุปสรรคสำคัญคือการขาดความร่วมมือจากประชากรแฝงและการทิ้งขยะผิดเชื่อที่ปะปนกับขยะทั่วไป

จากผลการวิเคราะห์ SWOT เทศบาลได้กำหนดกลยุทธ์เชิงรุก ได้แก่ นโยบายการจัดการขยะแบบบูรณาการด้วยเศรษฐกิจหมุนเวียน และสร้างเครือข่ายความร่วมมือจากชุมชนที่เข้มแข็งในการจัดการมูลฝอยที่ต้นทาง การใช้เทคโนโลยีช่วยพัฒนานวัตกรรมจัดการขยะในชุมชนให้มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น กลยุทธ์เชิงแก้ไข ได้แก่ สร้างความร่วมมือจากหน่วยงานภายนอกที่มีความเชี่ยวชาญด้านการให้ความรู้และเทคโนโลยี และการพัฒนาระบบฐานข้อมูล กลยุทธ์เชิงป้องกัน ได้แก่ พัฒนาแคมเปญการสื่อสารหรือจัดกิจกรรมร่วมกับชุมชนที่เน้นความสำคัญของการคัดแยกและทิ้งมูลฝอยอย่างถูกต้อง การพัฒนาระบบจัดเก็บและนำเชื้อแยกจากขยะทั่วไป และกลยุทธ์เชิงรับ ได้แก่ การรณรงค์ให้ความรู้ประชาชนเกี่ยวกับความเสี่ยงในการทิ้งหน้ากากอนามัยปะปนกับขยะทั่วไป โดยเน้นย้ำให้เข้าใจถึงความสำคัญของการคัดแยกและทิ้งในจุดที่เหมาะสม เพื่อจัดการมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเทศบาลตำบลทับมามีศักยภาพในการจัดการมูลฝอย แต่ต้องเผชิญกับความท้าทายหลายประการ การมีกลยุทธ์ที่เหมาะสมและการสนับสนุนจากทุกภาคส่วนจะช่วยให้เทศบาลบรรลุเป้าหมายการจัดการมูลฝอยอย่างยั่งยืน

3.5 การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ เพื่อประเมินรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง และจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและประชาชนในพื้นที่เทศบาลตำบลทับมา มีการดำเนินการใน 3 ระยะ โดยในระยะที่ 1 ได้มีการนำเสนอปัญหามูลฝอยหน้ากากอนามัย

จากการศึกษาวรรณกรรมและการสำรวจ พบว่า ผู้เข้าร่วมเห็นตรงกันว่า ควรมีระบบการจัดการที่เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ โดยต้องให้ทุกภาคส่วนมีส่วนร่วม ส่วนในระยะที่ 2 ได้มีการเสนอ KCOST Model การกำหนดแนวทางและกรอบการประเมินผลกระทบด้านต่าง ๆ ผลจากการระดมความคิดเห็นในระยะที่ 3 พบว่า การใช้เศรษฐกิจหมุนเวียนในการจัดการน้ำกากอนามัยเป็นแนวทางที่มีทั้งความท้าทายและโอกาสในการสร้างความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม โดยประชาชนสามารถมีส่วนร่วมในการนำน้ำกากอนามัยที่ใช้แล้วไปสร้างมูลค่าเพิ่มได้ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีการพัฒนานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อมร่วมกับภาคเอกชนและภาครัฐ รวมทั้งการสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับองค์กรต่าง ๆ และการสร้างระบบติดตามและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง การกำหนดกฎระเบียบและบทลงโทษสำหรับผู้ที่ไม่แยกขยะเป็นสิ่งจำเป็น รวมถึงการสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับภาคส่วนต่างๆ การส่งเสริมการรีไซเคิลและการอัพไซเคิล การพัฒนาระบบจัดเก็บขยะที่เอื้อต่อการคัดแยกตั้งแต่ต้นทาง และการรณรงค์สร้างความตระหนักรู้แก่ประชาชน

ในส่วนของนวัตกรรมจัดการน้ำกากอนามัยตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน รูปแบบการจัดการที่เหมาะสม ได้แก่ KCOST ซึ่งได้รับการประเมินผลวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) และผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (SROI) โดยมีการร่วมมือจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดผลกระทบทางลบให้น้อยที่สุด นอกจากนี้ การดำเนินการในลักษณะนี้จะสามารถสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนและเป็นแหล่งเรียนรู้ให้กับพื้นที่อื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีการกำหนดตัวชี้วัดผลกระทบเพื่อใช้ในการประเมินและการจัดตั้งคณะกรรมการติดตามและประเมินผล เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในระยะยาว และสามารถนำรูปแบบดังกล่าวไปใช้เป็นโมเดลในการบริหารจัดการมูลฝอยน้ำกากอนามัยในพื้นที่อื่น ๆ ต่อไปได้

อภิปรายผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์สถานการณ์ ปัญหา ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและรูปแบบการจัดการน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งจากข้อมูลปฐมภูมิในพื้นที่ศึกษา และข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1 การศึกษาปริมาณองค์ประกอบของมูลฝอยชุมชนที่มีน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งปนเปื้อนอยู่

การศึกษาในขั้นตอนนี้มุ่งวิเคราะห์สถานการณ์และปัญหาที่เกี่ยวข้องกับน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง โดยมีการศึกษาองค์ประกอบของมูลฝอยในสถานที่กำจัดมูลฝอย

ผลการศึกษาสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงพฤติกรรมและวิถีชีวิตของประชาชนที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของมูลฝอยอย่างชัดเจนจากการศึกษาพบว่า ปริมาณมูลฝอยรีไซเคิล มีสัดส่วนสูงถึง ร้อยละ 50.82 ซึ่งมากกว่า ปริมาณมูลฝอยย่อยสลายได้ ที่มีสัดส่วนเพียง ร้อยละ 38.80 มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบมูลฝอยในช่วงระยะเวลา 18 ปีที่ผ่านมา (ปี พ.ศ. 2547-2564) ได้อย่างชัดเจนว่า สัดส่วนระหว่างองค์ประกอบมูลฝอยที่เป็นอาหารและมูลฝอยพลาสติก เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเกือบ 4 เท่า กล่าวคือ ในปี พ.ศ. 2547 มีสัดส่วนของ มูลฝอยอาหาร : มูลฝอยพลาสติก ประมาณ 3.7 : 1 แต่ในปี พ.ศ. 2564 มีสัดส่วนประมาณ 1.2 : 1 และพบว่า สัดส่วนของ มูลฝอยอาหารลดลงเกือบกึ่งหนึ่ง ในขณะที่มูลฝอยพลาสติกเพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่า แสดงให้เห็นว่า ในช่วง 18 ปีที่ผ่านมาพฤติกรรมการอุปโภคบริโภคสินค้าและบริการในชีวิตประจำวันของ ประชาชนทั่วไปก่อให้เกิดมูลฝอยชนิด “พลาสติก” เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (กรมควบคุมมลพิษ, 2567) ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาในประเทศโมร็อกโก ที่พบว่าองค์ประกอบของมูลฝอยมีการเปลี่ยนแปลง โดยมูลฝอยอินทรีย์มีสัดส่วนลดลง ขณะที่มูลฝอยจากผลิตภัณฑ์ป้องกัน ส่วนบุคคล เช่น หน้ากากอนามัย มีปริมาณเพิ่มขึ้น (Ouhssine et al., 2020)

มูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง พบว่ามีสัดส่วนในองค์ประกอบมูลฝอยอยู่ที่ ร้อยละ 2.75 นอกจากนี้ ยังพบว่าปริมาณมูลฝอยพลาสติกที่เกิดจากหน้ากากอนามัยใช้แล้วในประเทศแถบเอเชียมีปริมาณสูงถึง 1.51 ล้านตัน ซึ่งมากกว่าปริมาณในยุโรปที่อยู่ 0.48 ล้านตัน (Chowdhury et al., 2021) สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากหลายประเทศยังขาดการบริหารจัดการที่ถูกวิธี หรือนำมูลฝอยพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด (Avio et al., 2017) จากการสำรวจในมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ปนเปื้อนในมูลฝอยชุมชน ในปี พ.ศ. 2565 พบว่ามีปริมาณมากกว่าในปี พ.ศ. 2566 สาเหตุอาจเกิดจากปริมาณการใช้หน้ากากอนามัยลดลงเนื่องจาก สถานการณ์โควิด-19 คลี่คลายลง และสถานการณ์การแพร่กระจายของฝุ่น PM 2.5 ในช่วงฤดูร้อน มักมีมากกว่าในช่วงฤดูฝน เนื่องจากในช่วงฤดูร้อน เกษตรกรนิยมเผาซากพืชไร่ และการเผาเพื่อเตรียมทำการเกษตรกรรมซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้มีฝุ่น PM2.5 เพิ่มขึ้น ทำให้ต้องใช้หน้ากากอนามัย และมีมาตรการป้องกันส่วนตัวอื่น ๆ เช่น การปิดหน้าต่างและปรับระบบระบายอากาศในรถยนต์ สามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากฝุ่น PM 2.5 ได้ ดังนั้น ข้อมูลปริมาณมูลฝอยหน้ากากอนามัยที่พบอาจต้องมีการศึกษาความถี่ของการเก็บตัวอย่างเพิ่มขึ้นเพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ให้ชัดเจนเนื่องจากหน้ากากดังกล่าวมีน้ำหนักน้อย ประมาณ 3-5 กรัม/ชิ้น ทำให้สัดส่วนของปริมาณ หน้ากากอนามัยเมื่อเทียบกับมูลฝอยประเภทอื่นมีอัตราการเกิดมูลฝอยที่น้อยกว่ามูลฝอยชนิดอื่น ๆ

การเปรียบเทียบปริมาณมูลฝอยในช่วงก่อนโควิด-19 (2017-2019) ปริมาณมูลฝอยเฉลี่ย 9,202 ตันต่อปี และหลังโควิด-19 (2019-2021) เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 11,428 ตันต่อปี หรือเพิ่มขึ้น

24.78% การเพิ่มขึ้นนี้สอดคล้องกับกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ขยายตัว เช่น การใช้บรรจุภัณฑ์แบบใช้ครั้งเดียว (Single-use packaging) หรือมูลฝอยที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคในบ้านเพิ่มขึ้นในช่วงล็อกดาวน์ (Rangel-Buitrago et al., 2024) การคาดการณ์จากจำนวนประชากรและอัตราการเกิดมูลฝอยในอนาคต 40 ปี พบว่าปริมาณมูลฝอยจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การเติบโตของเศรษฐกิจและการบริโภค การขาดการจัดการมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพ (Faubla-Quiroz et al., 2022)

การศึกษาความหนาแน่นของมูลฝอย โดยใช้ข้อมูลอัตราการเกิดมูลฝอยเฉลี่ยของประชากรตามทะเบียนราษฎร์ในเทศบาลตำบลหับมา ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลจากทะเบียนราษฎร์ไม่รวมประชากรแฝง ประชากรจร และนักท่องเที่ยวในพื้นที่ ซึ่งกลายเป็นอัตราที่ประชากรในพื้นที่ต้องแบกรับภาระการจัดการมูลฝอยของประชากรแฝงและนักท่องเที่ยวในพื้นที่ไว้ด้วย อาจจะทำให้ผลการคำนวณที่ได้น้อยไปจากความเป็นจริง ความหนาแน่นของประชากรต่อปริมาณมูลฝอยมีแนวโน้มลดลง (พ.ศ. 2560-2564) ถึงแม้จำนวนประชากรและปริมาณมูลฝอยจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและรูปแบบการบริโภคของประชากร นอกจากนี้ พบว่าครอบครัวที่มีรายได้ต่ำหรืออาศัยในพื้นที่ที่ขาดไฟฟ้า น้ำประปา และการดูแลสุขภาพอนามัยมักจะทิ้งมูลฝอยในที่สาธารณะ เช่น ถนน หรือฝั่งกลบ ซึ่งส่งผลให้เกิดมูลฝอยจำนวนมากที่ถูกทิ้งอย่างไม่ถูกวิธี ปัญหานี้สะท้อนถึงการขาดระบบสาธารณสุขที่จำเป็น ซึ่งทำให้พื้นที่เหล่านี้มีความหนาแน่นของมูลฝอยสูงกว่าพื้นที่ที่ครอบครัวมีรายได้สูง เมื่อมีการบริหารจัดการด้านสาธารณสุขที่ดีก็เช่นกัน จะมีความแตกต่างจากเมืองชนบทที่ห่างไกลความเจริญซึ่งจะขาดการบริหารจัดการด้านสาธารณสุขที่ดี ซึ่งเมืองเหล่านี้ส่วนใหญ่แล้วเป็นครอบครัวที่มีรายได้ต่ำ (Haywood et al., 2021)

1.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

พบว่ามูลฝอยหน้ากากอนามัยมีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 2.67 - 12.96 % มีค่าความชื้นค่อนข้างแตกต่างกัน เนื่องจากสภาพแวดล้อมและฤดูกาลในการเก็บตัวอย่าง ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้โดยการเพิ่มปริมาณก๊าซไอเสียที่เกิดขึ้น ทำให้ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศรับภาระมากขึ้นและเพิ่มมลพิษที่ระบายสู่สิ่งแวดล้อม มูลฝอยหน้ากากอนามัยมีค่าความร้อนเท่ากับ 10.753 kcal/g ซึ่งเป็นปริมาณความร้อนที่สะสมจากการสลายพันธะของวัสดุระหว่างกระบวนการเผาไหม้ ปริมาณคาร์บอนคงที่พบที่ 76.06 % ซึ่งทำให้หน้ากากอนามัยมีคุณสมบัติที่ดีในการใช้เป็นเชื้อเพลิง ปริมาณคาร์บอนคงที่สูง (76.06%) ช่วยให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพ แต่มีปริมาณปริมาณของแข็งทั้งหมดปริมาณเล็กน้อยสูง (เกิน 80%) ส่งผลต่อการออกแบบระบบการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพ และส่งผลให้มีปริมาณอนุภาคฝุ่นละอองที่ระบายสู่สิ่งแวดล้อม และยัง

ส่งผลต่ออุณหภูมิในการหลอมและการเผาไหม้อีกด้วย ในส่วนของโลหะหนักพบว่าอยู่ในขอบเขตที่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ทำให้สามารถนำมูลฝอยหน้ากากอนามัยไปรีไซเคิลได้ โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง พบว่าเป็นพอลิโพรพิลีน เนื่องจากการวิเคราะห์พบการดูดกลืนรังสีที่ 2950 cm^{-1} (Fang, Zhang, Sutton, Wang, & Lin, 2012) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงการสั่นแบบ Stretching ของหมู่ฟังก์ชันเมทิลค่า C-H ($-\text{CH}_3$) ซึ่งเป็นองค์ประกอบโครงสร้างทางเคมีของโพลิเมอร์ประเภทพอลิโพรพิลีน ซึ่งคุณสมบัติของการดูดกลืนรังสีในช่วงกว้างสองช่วงตั้งแต่ 2835 ถึง 2952 cm^{-1} และตั้งแต่ 1165 ถึง 1452 cm^{-1} ซึ่งเป็นคุณลักษณะสเปกตรัม FTIR ของโพลิโพรพิลีน (Szefer, Majka, & Pielichowski, 2021) ซึ่งเป็นวัสดุพลาสติกทั่วไป ดังนั้น จึงนำมารีไซเคิลและผลิตเป็นเม็ดพลาสติกได้ และถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้พลาสติกเป็นส่วนประกอบ (Sathish et al., 2023), (Aragaw, 2020), (Liu et al., 2023) โดยรวมแล้ว หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ปนเปื้อนในมูลฝอยทั่วไปมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการนำไปรีไซเคิลหรือใช้เป็นเชื้อเพลิง แต่จำเป็นต้องมีการจัดการและควบคุมเพื่อลดผลกระทบจากเชื้อที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การกำจัดมูลฝอยทั่วไปและมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยมักใช้วิธีการเผาแบบปิดด้วยความร้อนสูง (incinerator) ซึ่งมีต้นทุนสูง หรือการฝังกลบ (landfill) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดกว่า อย่างไรก็ตาม ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ปริมาณมูลฝอยที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้โรงงานเผามูลฝอยที่มีอยู่ไม่สามารถรองรับได้เพียงพอ นอกจากนี้ ผลการศึกษา ยังพบว่า ไวรัสโคโรนาสามารถคงอยู่บนพื้นผิวแข็งที่ไม่มีชีวิต เช่น โลหะ แก้ว หรือพลาสติก ได้นานถึง 9 วัน (Kampf, 2020; Munster et al., 2020) ทำให้มูลฝอยติดเชื้อเหล่านี้ก่อให้เกิดความกังวลด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งการจัดการมูลฝอยถือเป็นความท้าทายอย่างมาก (M. P. G. Mol & S. Caldas, 2020) หากไม่มีการจัดการที่ดีอาจส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายของโรคเพิ่มขึ้น (Nzediegwu & Chang, 2020) ความท้าทายด้านการจัดการมูลฝอยพลาสติกและมูลฝอยประเภทใหม่ เช่น หน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง เป็นเรื่องเร่งด่วนที่ต้องการการแก้ไขในระยะยาวผ่านการบูรณาการด้านนโยบาย เทคโนโลยี และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนอย่างยั่งยืน การวิเคราะห์องค์ประกอบของมูลฝอยมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการแปลงมูลฝอยเป็นพลังงานโดยให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับลักษณะและศักยภาพของมูลฝอยประเภทต่าง ๆ ช่วยให้สามารถใช้วิธีการในการจัดการและเทคโนโลยีที่เหมาะสมได้ (Škorjanc, Goričanec, & Urbanc, 2024) การวิเคราะห์องค์ประกอบของมูลฝอยแบบเรียลไทม์ช่วยให้สามารถปรับกระบวนการเผาไหม้ให้เหมาะสมกับชนิดของมูลฝอยที่แตกต่างกัน เพื่อตอบสนองต่อความท้าทายในกระบวนการดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ (David, Bernhardt,

Beckmann, Krein, & Vodegel, 2023) การวิเคราะห์องค์ประกอบของมูลฝอยแบบเป็นระบบและมีมาตรฐานช่วยในการพัฒนากลยุทธ์การรีไซเคิลที่สนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียน (Hemali, Arosha, & Edirisinghe, 2024) อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์นี้ยังคงพบความท้าทาย เช่น ความจำเป็นในการใช้วิธีที่มีมาตรฐานและความซับซ้อนในการแยกประเภทของเสียที่หลากหลาย ซึ่งอาจทำให้การดำเนินการในกระบวนการแปรรูปมูลฝอยเป็นพลังงานเกิดความยากลำบากมากขึ้น

1.3 การสำรวจมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยตามเส้นทางที่กำหนดครอบคลุมพื้นที่ตำบลทับมา

การลงพื้นที่สำรวจปริมาณหน้ากากอนามัยที่พบตามเส้นทางคมนาคมหลักในพื้นที่ตำบลทับมา โดยแบ่งเส้นทางออกเป็น 5 เส้นทาง และกำหนดจุดสำรวจตามเส้นทางดังกล่าวในทุก ๆ 1 กิโลเมตร ซึ่งต้องสำรวจและนับจำนวนหน้ากากอนามัยที่พบในจุดนั้นในระยรัศมี 50 เมตร รวมทั้งสิ้น 29 จุดสำรวจในทุกเส้นทาง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 22.6 ± 7.24 ชิ้นต่อจุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาการทิ้งมูลฝอยไม่ถูกที่และการจัดการมูลฝอยที่ยังไม่ครอบคลุม โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีกิจกรรมของชุมชนหนาแน่น อย่างไรก็ตาม บางจุดที่สำรวจเป็นป่ารกและที่อยู่อาศัย ทำให้ไม่สามารถสำรวจหน้ากากอนามัยได้ทั่วในระยรัศมี 50 เมตร ดังนั้น คาดว่าจำนวนหน้ากากอนามัยที่ถูกทิ้งไว้น่าจะมีมากกว่าจำนวนที่สำรวจพบ นอกจากนี้ เห็นว่าหากลดระยะจุดสำรวจจาก 1 กิโลเมตรเป็น 500 เมตรแทน จะทำให้มีจุดสำรวจเพิ่มมากขึ้น โดยลดพื้นที่รัศมีการสำรวจในแต่ละจุดจาก 50 เมตร เหลือ 30 เมตรแทน เพราะบางจุดนั้นไม่สามารถสำรวจได้ทั่วถึง นอกจากนี้ การเพิ่มจำนวนจุดสำรวจโดยการลดระยะทางจะทำให้จุดสำรวจมากขึ้นเป็น 58 จุด และเพิ่มระยะเวลาในการสำรวจเป็นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ระยะเวลา 3 เดือน จะทำให้ได้ข้อมูลทั้งหมด 12 ครั้ง 58 จุดสำรวจ ซึ่งมีความเหมาะสมมากขึ้นในการคำนวณทางสถิติ (Christian Heumann, 2016) และสามารถทำการวิเคราะห์แนวโน้มสถานการณ์หน้ากากอนามัยฯ ที่สะสมในสิ่งแวดล้อมได้ชัดเจนขึ้น

การกระจายตัวของมูลฝอยหน้ากากอนามัย ในเขตชุมชน พบปริมาณหน้ากากอนามัยใช้แล้วทิ้งจำนวนมาก เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่นและมีการใช้หน้ากากอนามัยในชีวิตประจำวันสูง จุดทิ้งมูลฝอยของเทศบาล แม้จะเป็นจุดรวบรวมมูลฝอย แต่ก็ยังพบหน้ากากอนามัยใช้แล้วทิ้งกระจายอยู่รอบ ๆ ซึ่งอาจสะท้อนถึงการจัดการมูลฝอยที่ยังไม่เพียงพอหรือการขาดความตระหนักของประชาชนในการทิ้งมูลฝอยให้ถูกที่ ในพื้นที่ที่รกร้าง พบหน้ากากอนามัยใช้แล้วทิ้งในปริมาณมากเช่นกัน เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มักถูกใช้เป็นที่ย่อยมูลฝอยผิดกฎหมายและในถนนสาย 363 ซึ่งเป็นเส้นทางหลัก พบค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 33 ± 2.4 ชิ้นต่อจุดสำรวจ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการสัญจรของประชาชนและการขาดจุดทิ้งมูลฝอยที่เพียงพอตามเส้นทาง สอดคล้องกับ

การสำรวจทั้งน้ำากอนามัยในกรุงเทพมหานครที่มีการพบมูลฝอยน้ำากอนามัยกระจายตัวอย่างมาก 47% ของมูลฝอยน้ำากอนามัยอยู่ใกล้สถานีขนส่งมวลชน 5 แห่ง และ 15% อยู่ในบริเวณตลาดริมถนน (Tessfaldet et al., 2022)

จากการวิเคราะห์แนวโน้มด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น พบว่า ปริมาณน้ำากอนามัยใช้แล้วทั้งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาที่สำรวจ ซึ่งชี้ให้เห็นว่า หากไม่มีมาตรการจัดการที่มีประสิทธิภาพ ปัญหามูลฝอยน้ำากอนามัยจะทวีความรุนแรงขึ้น และอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนในระยะยาว สาเหตุของปัญหานี้ อาจมาจากหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็น พฤติกรรมของประชาชน ที่ขาดความตระหนักเกี่ยวกับการทิ้งมูลฝอยติดเชื้ออย่างถูกต้อง ระบบจัดการมูลฝอยของเทศบาล ที่อาจยังไม่สามารถรองรับปริมาณมูลฝอยที่เพิ่มขึ้นได้อย่างเพียงพอ รวมถึง การขาดมาตรการควบคุม เช่น การกำหนดจุดทิ้งมูลฝอยเฉพาะสำหรับน้ำากอนามัย หรือการรณรงค์ให้ประชาชนเปลี่ยนไปใช้น้ำากที่สามารณำกลับมาใช้ซ้ำได้ ดังนั้น การแก้ไขปัญหาี้ควรดำเนินการอย่างเป็นระบบ โดยอาจเริ่มจากการเพิ่มจุดรับทิ้งน้ำากอนามัยในพื้นที่ที่มีการพบมูลฝอยจำนวนมาก สนับสนุนให้ประชาชนมีพฤติกรรมที่รับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมผ่านการรณรงค์ให้ความรู้ และเสริมสร้างมาตรการทางกฎหมายหรือจูงใจเพื่อส่งเสริมการจัดการมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพ หากสามารถดำเนินการได้อย่างครอบคลุมและเป็นรูปธรรม ปัญหามูลฝอยน้ำากอนามัยในตำบลทับมาจะลดลง ช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่สะอาดและปลอดภัยขึ้นสำหรับชุมชน

1.4 การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ และการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารเทศบาลตำบลทับมา

ผลการศึกษาี้สะท้อนให้เห็นถึงความตระหนักและความสำคัญของการจัดการมูลฝอยน้ำากอนามัยในระดับท้องถิ่น ผ่านการระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ รวมถึงการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารเทศบาล พบว่า มีข้อเสนอแนะในหลายประเด็น เกี่ยวกับปัญหาการสะสมของมูลฝอยน้ำากอนามัยในสิ่งแวดล้อม ปัญหาสุขภาพจากการแพร่กระจายเชื้อโรคของมูลฝอยน้ำากอนามัย งบประมาณที่ต้องใช้ในการกำจัด รวมถึงมลพิษที่เกิดจากการเผาหรือฝังกลบ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว อย่างไรก็ตาม การจัดการปัญหานี้ยังมีข้อจำกัดที่ต้องพิจารณา โดยเฉพาะในเรื่องของ ทรัพยากร ความยุ่งยากในการคัดแยก และการสร้างความเข้าใจให้กับประชาชน ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญที่ต้องได้รับการแก้ไข เพื่อให้เกิดการจัดการที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

หน่วยงานท้องถิ่นต้องเผชิญกับภาระทางการเงินที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดมูลฝอยน้ำากาก ซึ่งอาจทำให้งบประมาณเทศบาลขาดสภาพคล่อง (Lesmana et al., 2024)

ขณะเดียวกัน ระบบการจัดการมูลฝอยที่ไม่มีประสิทธิภาพทำให้ปัญหาดังกล่าวยิ่งแย่ลง นำไปสู่การใช้แนวทางปฏิบัติที่ไม่เหมาะสมในการกำจัดมูลฝอย (Sanchez, 2023) ในแง่ของการปรับปรุงแนวทางปฏิบัติการจัดการของเสีย การรับรู้และการมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นสิ่งสำคัญ โดยการศึกษาและเพิ่มอำนาจให้แก่ชุมชนมีความสำคัญในการพัฒนากระบวนการจัดการมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพ (Lesmana et al., 2024) แม้จะมีความท้าทายเหล่านี้ แต่การมีส่วนร่วมของชุมชนที่เพิ่มขึ้นและการนำนวัตกรรมใหม่มาใช้กับวิธีการรีไซเคิลหน้ากากอนามัยฯ สามารถบรรเทาผลกระทบด้านลบจากมูลฝอยหน้ากากอนามัยได้ นอกจากนี้ยังส่งเสริมการใช้แนวทางที่ยั่งยืนมากขึ้นในการจัดการมูลฝอย (Lyu et al., 2023; Petrescu et al., 2023)

การพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการมูลฝอย โดยเฉพาะอย่างยิ่งมูลฝอยหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้ว ตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง ซึ่งจะช่วยให้การจัดการมูลฝอยมีประสิทธิภาพและยั่งยืนมากยิ่งขึ้น การสะสมของหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วในสิ่งแวดล้อมนั้นขัดต่อหลักการของเศรษฐกิจหมุนเวียน ซึ่งมุ่งหวังที่จะลดมูลฝอยและส่งเสริมการนำกลับมาใช้ใหม่ (Adami & Schiavon, 2021; Cobo, Dominguez-Ramos, & Irabien, 2018) อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ปัจจุบันยังสะท้อนถึงการจัดการแบบเส้นตรง (Debrah, Teye, & Dinis, 2022) ซึ่งหน้ากากอนามัยมักถูกทิ้งโดยไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้เกิดมลพิษจากการสะสมของมูลฝอยหน้ากากอนามัยที่ปะปนในสิ่งแวดล้อม นำไปสู่ความกังวลด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม (Anastopoulos & Pashalidis, 2021) เนื่องจากหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วอาจมีเชื้อโรคปนเปื้อน ซึ่งสามารถก่อให้เกิดความเสี่ยงในการติดเชื้อต่อบุคลากรในระหว่างการจัดการมูลฝอย (Kisielinski et al., 2023)

การมีระบบบริหารจัดการมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพไม่เพียงช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังสามารถสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจผ่านการรีไซเคิล ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเศรษฐกิจหมุนเวียน ดังนั้น การจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยจึงจำเป็นต้องได้รับการศึกษาและพัฒนาให้ยั่งยืน (Shirvanimoghaddam et al., 2022) โดยเฉพาะเมื่อปริมาณการใช้หน้ากากอนามัยเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของประชากร (Badillo-Goicoechea et al., 2021; Mniszewski et al., 2014) การมีกรอบนโยบายที่ชัดเจนและการส่งเสริมความรับผิดชอบของผู้ผลิตจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการสนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียน (Régis & Dimitrov, 2024)

2. การพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้ว ทั้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน

2.1 การระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และ ประชาชนในพื้นที่ ในการกำหนดรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทั้งตามหลัก เศรษฐกิจหมุนเวียนในพื้นที่ตำบลทับมา

ในขั้นตอนที่ 2 (HIA: 2. Public Scoping) เป็นการนำเสนอรูปแบบระบบการจัดการ หน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนที่ได้จากการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 (HIA: 1. Public Screening) เช่น การทบทวนวรรณกรรม การศึกษาปริมาณมูลฝอยชุมชนที่มีหน้ากากอนามัย ปนอยู่ทั้งทางกายภาพและเคมี รวมทั้งการระดมความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 คือรูปแบบ KCOST (Knowledge, Categorizing, Organizing, Storage, Technology) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

การสร้างองค์ความรู้ (Knowledge) การสร้างความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องกับ ประชาชนถือเป็นสิ่งสำคัญต่อการแก้ไขปัญหาและการสร้างทัศนคติที่ดีในการจัดการมูลฝอย หน้ากากอนามัย (Solano-Pinto, Garrido, Gértrudix-Barrio, & Fernández-César, 2020), (Sewak, Deshpande, Rundle-Thiele, Zhao, & Anibaldi, 2021), (Robat, Sany, Siuki, Peyman, & Ferns, 2021) ซึ่งรูปแบบในการให้องค์ความรู้กับประชาชนในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันในการเข้าถึง สื่อประชาสัมพันธ์ การสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบของมูลฝอยหน้ากากอนามัยต่อ สุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการให้ความรู้เกี่ยวกับแนวทางการจัดการที่เหมาะสมเพื่อลด การแพร่กระจายของเชื้อโรค โดยในแต่ละพื้นที่ต้องคำนึงถึงทรัพยากรและศักยภาพของหน่วยงาน ประสิทธิภาพตามบริบทและวัฒนธรรมของกลุ่มเป้าหมาย อปท. มีหน้าที่ในการจัดอบรมถ่ายทอด ความรู้ให้กับประชาชนถึงผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมหากทิ้งหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้ว ปะปนกับมูลฝอยทั่วไปเพื่อเป็นการสร้างความตระหนักในการคัดแยกมูลฝอยตั้งแต่ต้นทาง (Salsabila et al., 2021)

การคัดแยกที่ต้นทาง (Categorizing) การจัดการมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพเริ่มต้นด้วย การจัดหมวดหมู่ของเสียเป็นประเภทที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถอำนวยความสะดวกได้โดยถังมูลฝอย พิเศษที่ออกแบบมาสำหรับวัสดุเฉพาะ (Wang et al., 2017) ปัจจุบันเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาระบบจำแนกของเสียให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะการใช้ เครื่องข่ายประสาทเทียมและระบบอัตโนมัติขั้นสูง ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำและลดภาระงานที่ต้องใช้ แรงงานมนุษย์ (Prasanth & Raut, 2024) การจำแนกของเสียอย่างถูกต้องช่วยลดปริมาณมูลฝอยที่ ต้องนำไปฝังกลบและส่งเสริมการรีไซเคิล ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ (Khetarpal et al., 2024) แม้ว่าระบบและเทคโนโลยีที่เสนอจะให้ข้อได้เปรียบที่สำคัญ แต่ความท้าทายยังคงอยู่ในแง่ของการลงทุนเบื้องต้นและการปฏิบัติตามแนวทางปฏิบัติของชุมชนในการ คัดแยกมูลฝอย การแก้ไขปัญหาเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการดำเนินการตามกลยุทธ์การจัดการ มูลฝอยให้ประสบความสำเร็จ หน่วยงานภาครัฐต้องเตรียมความพร้อมด้านอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการ ทิ้งมูลฝอย เช่น ถังมูลฝอยแต่ละประเภท สถานที่ตั้งถังมูลฝอยแต่ละประเภท ตารางเวลาการเก็บ

มูลฝอย เป็นต้นเมื่อชุมชนแยกมูลฝอยและนำไปทิ้งตามประเภทของถังมูลฝอยและสถานที่แล้ว เป็นหน้าที่ของหน่วยงานภาครัฐที่จะออกแบบการบริหารจัดการการขนย้ายมูลฝอยให้มีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานและถูกสุขลักษณะ

การบริหารจัดการการขนย้ายมูลฝอยไปยังสถานที่รวบรวมมูลฝอย (Organizing) เช่น รถที่ใช้ขนย้าย ความปลอดภัยของผู้ขนย้าย ตารางเวลาการขนย้าย การกำหนดขนาดและตำแหน่งของถังมูลฝอยให้เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญในการบริหารจัดการมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยระบุว่าการศึกษาสมมูลระหว่างความถี่ในการเก็บมูลฝอยและการกระจายตัวของถังมูลฝอยสามารถช่วยลดต้นทุนการดำเนินงานได้อย่างมีนัยสำคัญ (Hemmelmayr et al., 2014) การขนส่งของเสียที่ถูกจัดคัดแยกแล้วไปยังสถานที่เก็บรวบรวมต้องอาศัยระบบเส้นทางยานพาหนะที่ได้รับการออกแบบมาอย่างเหมาะสม โดยอัลกอริทึมขั้นสูงสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทางขนส่งให้สอดคล้องกับตำแหน่งของถังมูลฝอยและประเภทของเสีย ซึ่งช่วยลดระยะทางในการเดินทางและเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน นอกจากนี้ ระบบอัตโนมัติสำหรับการรวบรวมและขนส่งของเสียยังช่วยให้กระบวนการทำงานมีความคล่องตัวมากขึ้น ลดความจำเป็นในการใช้แรงงานมนุษย์ และปรับปรุงอัตราการรีไซเคิลให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Qiu, 2014) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความยั่งยืนของระบบการจัดการมูลฝอยในระยะยาว

สถานที่เก็บรวบรวมมูลฝอย (Storage) มีบทบาทสำคัญในการคัดแยกมูลฝอยเพื่อนำไปรีไซเคิล โดยเฉพาะขยะที่มีน้ำหนักเบา เช่น หน้ากากอนามัยฯ ซึ่งสามารถปิวได้ง่าย การใช้เครื่องอัดขยะรีไซเคิล (Recycling Compactor) ช่วยลดขนาดของเสีย ทำให้ประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บและขนส่ง อุปกรณ์นี้มีความจำเป็นต่อกระบวนการจัดการขยะ เนื่องจากช่วยลดปริมาณของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพในการรวบรวม รวมถึงส่งเสริมการรีไซเคิล (Abaza et al., 2021) นอกจากนี้ เครื่องอัดขยะรีไซเคิลยังมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการของเสียอย่างเป็นระบบ การออกแบบและเทคโนโลยีของอุปกรณ์เหล่านี้ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ความยืดหยุ่น และความสะดวกในการใช้งาน งานวิจัยได้นำเทคโนโลยีอัจฉริยะนำมาใช้ในเครื่องอัดขยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบีบอัด โดยมีซอฟต์แวร์ช่วยปรับการทำงานตามประเภทของมูลฝอย ทำให้การจัดการของเสียมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Abaza et al., 2021) การสร้างแรงจูงใจในการคัดแยกมูลฝอย ในเครื่องอัดขยะมีระบบระบุผู้ใช้และให้รางวัลแก่ผู้ที่รีไซเคิลขยะผ่านระบบคะแนนหรืออิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งช่วยกระตุ้นให้ประชาชนมีส่วนร่วมมากขึ้น (Conte & Zivoli, 2018) อย่างไรก็ตาม การนำเครื่องอัดรีไซเคิลมาใช้ยังเผชิญกับความท้าทาย เช่น ต้นทุนเทคโนโลยีอัจฉริยะที่สูง และความจำเป็นในการให้ความรู้แก่ประชาชนเกี่ยวกับการคัดแยกขยะที่ถูกต้อง การแก้ไขปัญหาดังกล่าวนี้จะช่วยให้ระบบรีไซเคิลมีประสิทธิภาพ

และได้รับการยอมรับมากขึ้น การขนย้ายมูลฝอยไปยังสถานที่รวบรวม ซึ่งควรตั้งห่างไกลจากชุมชนและมีการดูแลอย่างสม่ำเสมอ ไม่ให้เกิดการติดเชื้อหรือแพร่กระจายเชื้อโรคและกลิ่น การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานการจัดการมูลฝอย โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนและนโยบายของรัฐบาลเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการควบคุมการติดเชื้อที่มีประสิทธิภาพ ความท้าทายที่เกิดจากข้อจำกัดด้านทรัพยากรและการฝึกอบรมที่ไม่เพียงพออาจส่งผลให้การจัดการมูลฝอยไม่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดการติดเชื้อ ดังนั้น การจัดการกับปัญหาเหล่านี้จึงมีความสำคัญต่อการเสริมสร้างประสิทธิภาพในการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อก่อโรค

การใช้เทคโนโลยี (Technology) ในการรีไซเคิลน้ำกากอเนามัยฯ การรวมเทคโนโลยีในการรีไซเคิลน้ำกากอเนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ถือเป็นแนวทางสำคัญในการจัดการกับปัญหาลิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้งานน้ำกากอเนามัยอย่างแพร่หลายในช่วงการระบาดของ COVID-19 เนื่องจากน้ำกากอเนามัยส่วนใหญ่ผลิตจากวัสดุที่ไม่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ได้แก่ พอลิโพรไพลีน (Polypropylene) ซึ่งก่อให้เกิดขยะพลาสติกจำนวนมากและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว มีการพัฒนาเทคโนโลยีนวัตกรรมและกระบวนการรีไซเคิลที่หลากหลาย เพื่อแปลงมูลฝอยน้ำกากอเนามัยให้กลายเป็นทรัพยากรที่มีค่าและหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ เช่น การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยน้ำกากอเนามัยที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วสามารถนำไปแปรรูปเป็นวัสดุอื่น เช่น เส้นใยสำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ หรือชิ้นส่วนพลาสติกสำหรับอุตสาหกรรม (Xiu et al., 2024) การแปลงเป็นพลังงาน เช่น ไพโรไลซิส (Pyrolysis) สามารถเปลี่ยนขยะน้ำกากอเนามัยให้เป็นพลังงานความร้อนหรือไฟฟ้า (Zabihi et al., 2024) การผลิตวัสดุก่อสร้าง งานวิจัยของ Zhang et al. (2023), El Aal et al. (2023) และ Miah et al. (2023) พบว่าเส้นใยจากน้ำกากอเนามัยสามารถผสมกับวัสดุก่อสร้าง เช่น คอนกรีต เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้ การใช้เทคโนโลยี การใช้เทคโนโลยีเชิงกลในการรีไซเคิลน้ำกากอเนามัยฯ ด้วยกระบวนการ Extrusion เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดระยอง เนื่องจากมีโรงงานรีไซเคิลพลาสติกเชิงกลในพื้นที่จำนวน 14 แห่ง สามารถรับวัตถุดิบน้ำกากอเนามัยฯ ไปเป็นส่วนผสมของกระบวนการทำเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลได้ โดยที่ยังคงรักษาคุณสมบัติเชิงกลได้ใกล้เคียงกับพอลิโพรพิลีนบริสุทธิ์ โดยมีความต้านทานแรงดึงอยู่ที่ประมาณ 23 MPa ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับวัสดุต้นทาง ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น การผลิตชิ้นส่วนพลาสติกหรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ต้องการความแข็งแรง (Dissanayake et al., 2023; Zabihi et al., 2024) การนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ไม่เพียงช่วยลดปริมาณขยะพลาสติก แต่ยังส่งเสริมหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยการเปลี่ยนมูลฝอยให้เป็นทรัพยากรที่มีประโยชน์ นอกจากนี้ ยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการกำจัดมูลฝอยแบบเดิม เช่น การฝัง

กลบหรือการเผาทิ้ง อย่างไรก็ตาม การรีไซเคิลหน้ากากอนามัยยังคงมีข้อท้าทาย เช่น การจัดการกับความเสียด้านสุขอนามัย การออกแบบระบบรวบรวมและคัดแยกขยะที่เหมาะสม รวมถึงการสร้าง ความตระหนักรู้ให้กับประชาชนเกี่ยวกับการทิ้งขยะอย่างถูกวิธี ความสามารถในการจัดการระบบ รวบรวมที่สามารถจัดหาวัตถุดิบได้อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้กระบวนการรีไซเคิลมีประสิทธิภาพ สูงสุด

KCOST Model เป็นกระบวนการจัดการที่ครอบคลุมตั้งแต่ต้นทาง การเก็บรวบรวม จนถึงกระบวนการนำไปแปรรูปเป็นวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มโดยใช้ เทคโนโลยีตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน ในแต่ละขั้นตอนนี้ต้องเป็นหน้าที่และบทบาทของทุก ภาคส่วน โดยประชาชนต้องให้ความร่วมมือในการคัดแยกที่ต้นทาง หรือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี เช่น IoT และ AI ในมูลฝอยชุมชนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรวบรวมและคัดแยกของเสีย ส่งเสริมอัตราการรีไซเคิลที่สูงขึ้น (Afshari et al., 2024) นำไปสู่การสร้างงานในภาคการคัดแยก การแปรรูปและการจัดการของเสีย (Iqbal et al., 2023) อปท. มีหน้าที่ในการจัดอบรมถ่ายทอด ความรู้ให้กับประชาชน ส่งเสริมการสร้างความรู้ในการคัดแยกมูลฝอยตั้งแต่ต้นทาง และ สนับสนุนการจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการจัดการมูลฝอย เช่น ถังมูลฝอยอัจฉริยะ (Smart bin) เป็นนวัตกรรมใหม่ สามารถการคัดแยกมูลฝอยที่เหมาะสมโดยการยอมรับมูลฝอยที่ถูกคัดแยก อย่างถูกต้องเท่านั้นเทคโนโลยีนี้ไม่เพียงแต่สนับสนุนการปฏิบัติตามข้อกำหนด แต่ยังแจ้งให้ เจ้าหน้าที่ทราบเมื่อถังมูลฝอยเต็ม (Chethana et al., 2020) จุดทิ้งมูลฝอยที่เพียงพอและสะดวก ต่อผู้ทิ้ง ตารางการเก็บรวบรวมมูลฝอย พาหนะเก็บขน อุปกรณ์ป้องกันสำหรับผู้เก็บ จัดหาสถานที่ รวบรวมมูลฝอยที่ห่างไกลชุมชน สิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นและต้องทำความเข้าใจกับชุมชนและ เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบเพื่อป้องกันการแพร่กระจายการติดเชื้อหรือการสัมผัสกับสารอันตราย (Adeleke & Olukanni, 2020) แม้ว่ากลยุทธ์เหล่านี้มีความจำเป็นสำหรับการจัดการมูลฝอยอย่างมี ประสิทธิภาพ แต่ความท้าทายยังคงมีอยู่ เช่น การต่อต้านของประชาชนต่อการเปลี่ยนแปลงและ ความจำเป็นในการสนับสนุนและทรัพยากรอย่างต่อเนื่องเพื่อรักษาประสิทธิภาพการทำงานเหล่านี้ (Guo & Wang, 2020) ในส่วนขององค์ความรู้และเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการแปรรูปหน้ากาก อนามัยที่ใช้แล้วรวมทั้งมูลฝอยอื่น ๆ ต้องอาศัยความร่วมมือจากมหาวิทยาลัยหรือหน่วยงานวิจัย โดยภาครัฐสนับสนุนด้านเงินทุนและโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ซึ่งอาจรวมถึง ภาคเอกชนที่สนใจเข้าร่วมลงทุนในการศึกษาวิจัย ซึ่งการมีส่วนร่วมของภาคเอกชนสามารถเพิ่ม การใช้ทรัพยากรและความคิดริเริ่มเชิงพาณิชย์ของเทคโนโลยีใหม่ (Olukanni et al., 2018) และหาก เกิดความสำเร็จสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยออกไปต่อยอดสู่เชิงพาณิชย์ได้ แม้ว่าการ มุ่งเน้นไปที่การรีไซเคิลและการแปรรูปหน้ากากอนามัย ๆ มีความสำคัญ แต่จำเป็นที่จะต้องพิจารณา

ผลกระทบที่เกิดขึ้นของแนวทางปฏิบัติในการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยและศักยภาพในการแก้ปัญหาที่เป็นนวัตกรรมในภาคส่วนอื่น ๆ ด้วย

การรับฟังความคิดเห็นในขั้นตอนที่ 2 ควรจัดกิจกรรมรับฟังความคิดเห็นมากกว่า 2 ครั้ง เพื่อเป็นการยืนยันแนวทางที่ได้จากการศึกษานั้นได้รับความเห็นชอบจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ (Cole & Caputo, 1984) และถือเป็นการทบทวนแนวทางรูปแบบ KCOST ให้เกิดการรับรู้ในวงกว้างต่อชุมชน และถือเป็นการเปิดรับฟังคำแนะนำและข้อเสนอแนะอยู่ตลอดเวลา ไม่ได้ใช้อำนาจจากการเป็นภาครัฐบังคับให้ต้องปฏิบัติตาม แต่เป็นความเข้าใจและการยอมรับในผลแนวทางปฏิบัติที่เห็นพ้องต้องกันว่าจะช่วยลดมลพิษและผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ การเสริมสร้างความสามารถของชุมชนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปรับปรุงสุขภาพและสิ่งแวดล้อมได้ เนื่องจากช่วยให้บุคคลมีความรู้และทักษะในการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติที่ยั่งยืน การมีโปรแกรมที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมและความร่วมมืออย่างกระตือรือร้นสามารถนำไปสู่การมีส่วนร่วมของชุมชนเพิ่มขึ้นในการตัดสินใจด้านสิ่งแวดล้อม (Syaharuddin et al., 2024) การพัฒนากลยุทธ์การสื่อสารที่มีส่วนร่วมกับประชาชนผ่านบรรทัดฐานทางสังคมและความรับผิดชอบร่วมกัน มีอิทธิพลต่อทัศนคติและพฤติกรรมของประชาชนต่อการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมที่คือนัยสำคัญ (Riley et al., 2021) แนวทางการนำรูปแบบ KCOST ไปปฏิบัตินั้น ต้องแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ที่วัดได้ เช่น การลดปริมาณมูลฝอยหน้ากากอนามัยและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผ่านการมีส่วนร่วมทางธุรกิจในพื้นที่ (Meegoda et al., 2021) จึงจะทำให้ประสบความสำเร็จ แม้ว่าโมเดล KCOST จะส่งเสริมแนวทางการขับเคลื่อนโดยชุมชน แต่สิ่งสำคัญคือต้องตระหนักว่าบุคคลบางคนอาจยังคงไม่ตระหนักกับความรับผิดชอบในการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนและทรัพยากรอย่างต่อเนื่องจากหน่วยงานท้องถิ่นเพื่อรักษาความมีส่วนร่วมในชุมชนให้ยั่งยืน ในการใช้เทคโนโลยีของรูปแบบ KCOST นั้น ในส่วนของการฆ่าเชื้อและการแปรรูปผลิตภัณฑ์มีความจำเป็น เพื่อปรับปรุงความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์และคุณภาพของพลาสติกกรีไซเคิล (Allassali et al., 2021)

2.2 การฆ่าเชื้อมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งด้วยระบบ AOP

การจัดการมูลฝอยทางการแพทย์ในช่วงการระบาดของโควิด-19 เป็นความท้าทายที่สำคัญ โดยมีวิธีการฆ่าเชื้อที่หลากหลาย เช่น การใช้ไมโครเวฟ การใช้หม้อนึ่งความร้อน และการเผา เป็นวิธีที่เหมาะสมกับการกำจัดมูลฝอยชุมชน และสามารถนำพลังงานกลับมาใช้ได้เต็มต้นทุนในการลงทุนระบบค่อนข้างสูง ปริมาณของพลาสติกในมูลฝอยชุมชนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย (Yang et al., 2012) อย่างไรก็ตาม การเผาจะทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสู่บรรยากาศซึ่งประกอบด้วยสารโลหะหนักที่มีความเป็นพิษอยู่เป็นจำนวนมาก ได้แก่ แคดเมียม

โครเมียม ตะกั่วปรอท สังกะสี ทองแดง และสารที่มีพิษสูง เช่น ไดออกซิน ซึ่งสามารถกระจายลงสู่ น้ำ ดิน และมลพิษทางอากาศตลอดจนทำให้เกิดฝนกรดได้ (Shim et al., 2003) นอกจากนี้ การฆ่าเชื้อด้วยสารเคมี สามารถแบ่งออกเป็นระบบที่ใช้คลอรีนและระบบที่ไม่ใช้คลอรีน สารเคมีที่นิยมใช้ ได้แก่ คลอรีน ไดออกไซด์ (ClO_2) หรือ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) โดยคุณสมบัติการดึงดูดอิเล็กตรอนของคลอรีนช่วยในการออกซิเดชันทำลายพันธะเปปไทด์และโปรตีนในเชื้อโรคทำให้สูญเสียสภาพ ซึ่งการใช้สารเคมีทำให้เกิดน้ำเสียและสารเคมีตกค้าง (Xiu et al., 2024)

เทคโนโลยี Advanced Oxidation Process (AOP) ได้ถูกพัฒนาเป็นนวัตกรรมสำคัญในการฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้ว โดยเน้นความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและลดการเกิดสารตกค้าง โดยใช้ UV-OZONE ประกอบด้วยการใช้รังสี UV-C ความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร ร่วมกับ โอโซน 2,000 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง และใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำในการฆ่าเชื้อ 0.1 Kwh / 1 รอบ ในการกำจัดเชื้อโรคใช้เวลาเพียง 40 นาทีต่อครั้ง สามารถฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยที่ปนเปื้อนเชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์เอได้ แต่ก่อให้เกิดความเสียหายกับแถบยางยืด (Epelle et al., 2022) กระบวนการ AOP นี้ผสมผสานคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อของแสง UV เข้ากับความสามารถในการออกซิไดซ์ของโอโซน ทำให้เหมาะสำหรับการฆ่าเชื้อบนพื้นผิวและอุปกรณ์ทางการแพทย์ได้ (Arifin et al., 2022) โครงการนี้เกิดจากความร่วมมือของชุมชนเทศบาลตำบลทับมา ซึ่งช่วยกันคัดแยกและรวบรวมหน้ากากอนามัยใช้แล้วส่งมายังจุดรวบรวมของเทศบาล จากนั้นเทศบาลนำหน้ากากเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยระบบ AOP เพื่อกำจัดเชื้อโรคอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดความเสี่ยงจากการแพร่กระจายของเชื้อโรค ซึ่งการฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการ AOP โดยเฉพาะรังสียูวี/โอโซน แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายมลพิษอินทรีย์ถาวร ซึ่งมีประสิทธิภาพเหนือกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม (Xenia et al., 2024) ช่วยลดการก่อตัวของผลพลอยได้ที่เป็นอันตรายอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการบำบัดทางเคมีทั่วไป ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับแนวทางปฏิบัติที่ยั่งยืน (Sun et al., 2023) การใช้ AOP สามารถลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยติดเชื้อได้อย่างมาก (Nishat et al., 2011) ซึ่งการใช้นวัตกรรมใหม่ในการบำบัดของเสีย เช่น หน่วยบำบัดเคลื่อนที่และระบบรวบรวมแบบครบวงจร ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเพื่อนำของเสียไปแปรรูปต่อไป (Landon et al., 2016) อย่างไรก็ตาม ความท้าทายยังมีอยู่ในการปรับขนาดของเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการใช้งานในระดับใหญ่ขึ้น รวมถึงต้นทุนที่สูงและความซับซ้อนในการดำเนินงาน (Collivignarelli et al., 2020), (Mukherjee et al., 2023) ซึ่งต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ AOP

2.3 การสร้างผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจหมุนเวียนจากหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งและการทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

การรีไซเคิลหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งด้วยกระบวนการอัดรีด (Extrusion) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนรีไซเคิล (PCR) เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดวัตถุดิบและพลังงาน เนื่องจากใช้พลังงานน้อยกว่าการผลิตพลาสติกพอลิโพรพิลีนบริสุทธิ์ อีกทั้งยังช่วยลดการสะสมของพลาสติกในหลุมฝังกลบ (Chasioti & Zabaniotou, 2024) นอกจากนี้ การใช้กระบวนการอัดรีดความเร็วสูงที่ใช้พลังงานต่ำยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตและลดต้นทุนได้อย่างมีนัยสำคัญ (Richter, 2023) การรีไซเคิลพลาสติกผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปไม่เพียงแต่ช่วยประหยัดพลังงาน แต่ยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยการศึกษาพบว่าการใช้วัสดุรีไซเคิลแทนวัสดุบริสุทธิ์ช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 67 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ (Elias et al., 2023) การนำเสนอเทคโนโลยีนี้ช่วยสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคและเครือข่ายผู้ผลิต ทำให้สามารถแข่งขันในตลาดได้อย่างยั่งยืนและมีส่วนช่วยในการรักษาสິงแวดล้อมหากไม่มีการนำรีไซเคิลจะทำให้มลพิษไมโครพลาสติกรุนแรงขึ้นซึ่งก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อระบบนิเวศและสุขภาพของมนุษย์ มีข้อโต้แย้งว่าเทคโนโลยีการรีไซเคิลในปัจจุบัน โดยเฉพาะการรีไซเคิลเชิงกล อาจไม่สามารถลดการปล่อยไมโครพลาสติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแนะนำว่าควรมีการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกและผลกระทบที่เกิดขึ้น เช่น การรีไซเคิลทางเคมี อาจก่อให้เกิดสารประกอบอินทรีย์ระเหย (VOCs) (Elias et al., 2023) เพื่อจัดการกับความท้าทายเหล่านี้จำเป็นต้องมีการศึกษาผลกระทบในทุก ๆ ด้านอย่างรอบคอบ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของ PCR จากการทดสอบค่าดัชนีการหลอมไหล (MFI) และการทดสอบ TGA สะท้อนถึงการประเมินประสิทธิภาพและความคงทนของวัสดุในกระบวนการผลิตที่ใช้หน้ากากอนามัยรีไซเคิลเป็นส่วนผสม โดยการเติมน้ำกากอนามัยลงในกระบวนการผลิตในอัตรา 10% ไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการไหลของวัสดุ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ PP Flakes 100% ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเติมน้ำกากอนามัยรีไซเคิลในอัตราดังกล่าวสามารถรักษาคุณสมบัติของวัตถุดิบได้ โดยไม่ทำให้กระบวนการผลิตต้องเผชิญกับปัญหาหรือความยากลำบากในการหลอมละลายวัสดุ ซึ่งเป็นข้อดีในด้านการประหยัดพลังงานและลดความยุ่งยากในการผลิต ในแง่ของการทดสอบ ซึ่งเป็นการประเมินการสูญเสียน้ำหนักของวัสดุขณะสัมผัสกับความร้อน ผลการทดสอบพบว่า การสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่าง PCR เกิดขึ้นในขั้นตอนเดียวและมีการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 95% ในทุกสูตรที่ทดสอบ ซึ่งบ่งชี้ถึงการสลายตัวทางความร้อนที่รวดเร็วของวัสดุ ที่อาจสะท้อนถึงความไม่เสถียรหรือความเปราะบางของวัสดุในกระบวนการผลิตภายใต้

สภาวะอุณหภูมิสูงเกินไป การสูญเสียน้ำหนักสูงเช่นนี้อาจแสดงถึงการไม่สามารถคงสภาพหรือความทนทานในระยะยาวของวัสดุที่ผลิตจากวัตถุดิบ PCR จึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาเพิ่มเติมในส่วนของการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีความเสถียรและมีความทนทานมากยิ่งขึ้น โดยรวมแล้ว ผลการทดสอบทั้งในส่วนของ MFI และ TGA ชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วมารีไซเคิลมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน ช่วยลดปัญหามูลฝอยหน้ากากอนามัยฯ ได้อย่างยั่งยืน (Dissanayake et al., 2023)

การรีไซเคิลหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วมีศักยภาพในด้านเศรษฐกิจหมุนเวียน แต่ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น การคัดแยกวัสดุ และการเติมส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น กากกาแฟ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุ นอกจากนี้ ยังต้องคำนึงถึงความปลอดภัยจากการปนเปื้อนโลหะหนักที่อาจเกิดจากวัสดุที่ไม่ผ่านการคัดแยกอย่างเหมาะสม การตรวจสอบโลหะหนักพบว่า หน้ากากอนามัยที่ไม่ได้ผ่านการคัดแยกและปนเปื้อนกับมูลฝอยอื่น ๆ มีปริมาณโลหะหนักสูงกว่าหน้ากากอนามัยที่ผ่านการคัดแยก โดยเฉพาะในส่วนของ Cd, Ni และ Mn ซึ่งไม่พบในหน้ากากอนามัยที่คัดแยกแล้ว การมีโลหะหนักเหล่านี้อาจเสี่ยงต่อความปลอดภัยในการผลิตผลิตภัณฑ์ PCR ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในมูลฝอยหน้ากากอนามัยที่ปนเปื้อนในมูลฝอยชุมชนทั้งในฤดูร้อนและฤดูฝนพบว่าปริมาณโลหะหนักสูงกว่าหน้ากากอนามัยที่ผ่านการคัดแยก โดยมีสาเหตุมาจากความสกปรกจากน้ำชะมูลฝอยและสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ที่อาจปนเปื้อนโลหะหนักจากมูลฝอยอันตราย ดังนั้น การนำหน้ากากอนามัยรีไซเคิลควรคัดแยกตั้งแต่ต้นทาง เพื่อลดการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์รีไซเคิลและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรีไซเคิลให้มีปริมาณโลหะหนักไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด และสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัย แม้ว่าการรีไซเคิลหน้ากากอนามัยจะเป็นทางออกที่มีประสิทธิภาพ แต่การแก้ไขปัญหาดังกล่าวต้องอาศัยการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มั่นใจว่าวัสดุรีไซเคิลมีคุณภาพสูงเพียงพอสำหรับการใช้งานในระยะยาว และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการจัดการขยะอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างแท้จริง

ความท้าทายทางเทคนิคในการรีไซเคิลพลาสติกประกอบด้วยหลายปัจจัยที่ต้องพิจารณา โดยเริ่มจากความหลากหลายของวัสดุพลาสติกที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น พลาสติกประเภทต่าง ๆ ซึ่งทำให้กระบวนการรีไซเคิลซับซ้อนและต้องการเทคนิคในการแยกประเภทวัสดุที่มีประสิทธิภาพ (Sable et al., 2024; Yuliu et al., 2024) อีกทั้ง การปนเปื้อนจากสารตกค้าง เช่น อาหาร ไขมัน หรือวัสดุอื่น ๆ ก็เป็นปัญหาที่สำคัญ เนื่องจากสามารถลดคุณภาพของพลาสติกรีไซเคิล โดยส่งผลให้สมบัติเชิงกลและเชิงความร้อนลดลง เช่น ความแข็งแรง ความยืดหยุ่น และความทนทานต่อความร้อน นอกจากนี้ ยังอาจทำให้สีของพลาสติกเข้มขึ้นและความใสลดลง หรือ

ทำให้พลาสติกมีสีเหลืองเมื่อได้รับความร้อน (Ninduwezuor-Ehiobu et al., 2024; Lamtai et al., 2023) ปัญหาดังกล่าวเกิดจากการที่สายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ขาดลงหลังจากการรีไซเคิลหลายครั้ง ซึ่งส่งผลให้ได้พลาสติกที่มีคุณภาพต่ำลง จากการศึกษาของ วิระ (2558) ในทดสอบวัสดุพอลิโพรพิลีนรีไซเคิล ด้วยวิธี TGA พบว่ามีการสลายตัวของพอลิโพรพิลีนรีไซเคิล ในช่วงอุณหภูมิ 390 - 510 °C โดยมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักสูงสุดที่ 463 °C ซึ่งมีความใกล้เคียงกับผลการทดลองเม็ดพลาสติก PCR ทั้ง 3 สูตร และการย่อยสลายตัวของวัสดุทั้ง 3 สูตร ถึงแม้จะมีการผสมหน้ากากอนามัยฯ เข้าไป แต่เนื่องจากเป็นวัสดุประเภทเดียวกันทำให้ค่าที่ได้ไม่แตกต่างกัน

แนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ได้แก่ การพัฒนาเทคโนโลยีการรีไซเคิลพลาสติกที่มีความสามารถในการลดการขาดของสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ และเพิ่มคุณภาพของเม็ดพลาสติกรีไซเคิล เช่น การใช้เทคโนโลยีรีไซเคิลทางเคมี (Chemical Recycling) และการปรับปรุงกระบวนการรีไซเคิลเพื่อลดการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกและความชื้น เช่น การใช้กระบวนการคัดแยกและทำความสะอาดที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสามารถส่งเสริมการใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิลโดยการกำหนดนโยบายที่ให้ภาครัฐและเอกชนสนับสนุนการใช้วัสดุรีไซเคิลในผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ (Sable et al., 2024) อย่างไรก็ตาม การลงทุนในการสร้างและบำรุงรักษาโรงงานรีไซเคิลยังคงเป็นอุปสรรค เนื่องจากมูลค่าทางการตลาดของวัสดุรีไซเคิลมักต่ำกว่าพลาสติกบริสุทธิ์ ซึ่งทำให้ไม่คุ้มค่าในการลงทุน (Sable et al., 2024) ดังนั้น จำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรีไซเคิลและลดผลกระทบทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ

การจัดการมูลฝอยชุมชนในประเทศไทยยังคงประสบปัญหาหลายประการที่ส่งผลให้ไม่สามารถใช้เทคโนโลยีในการจัดการอย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพ แม้ว่าจะมีความพยายามจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการพัฒนาวิธีการจัดการมูลฝอยชุมชน แต่การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยยังไม่มากนัก เฉพาะในพื้นที่ที่ยังคงใช้วิธีการฝังกลบมูลฝอยเป็นหลัก วิธีนี้แม้จะง่ายและต้นทุนต่ำ แต่ก็มีข้อเสียในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การเกิดก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของมูลฝอยในหลุมฝังกลบ และการใช้พื้นที่ดินที่มีจำกัด ในทางตรงกันข้าม แม้ว่าจะมี อปท. บางแห่งที่พยายามผสมผสานหลายเทคโนโลยี เช่น การคัดแยกมูลฝอย การทำปุ๋ย การเผาเพื่อนำพลังงานมาใช้ และการฝังกลบ แต่การดำเนินการเหล่านี้ยังคงมีขีดจำกัดในด้านการลงทุน และความยากลำบากในการประสานงานระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ และประชาชน ตัวอย่างที่ดีคือจังหวัดระยอง ซึ่งได้ดำเนินการกำจัดมูลฝอยชุมชนแบบครบวงจร โดยมีการใช้เทคโนโลยีหลายรูปแบบร่วมกัน แต่สิ่งนี้ยังคงไม่สามารถขยายผลไปยังพื้นที่อื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากปัญหาด้านศักยภาพในการจัดการที่ไม่เพียงพอ เช่น การขาดแคลนงบประมาณและบุคลากรที่มีความสามารถ

ในการดำเนินการ อีกปัญหาหนึ่งที่สำคัญคือการขาดการยอมรับจากประชาชน แม้จะมีความพยายามจาก อปท. ในการปรับปรุงกระบวนการจัดการมูลฝอย แต่ประชาชนบางกลุ่มยังคงขาดความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ซึ่งส่งผลให้ไม่ยอมรับการใช้เทคโนโลยีที่นำเสนอ การขาดความรู้และความเข้าใจในเทคโนโลยีบางประเภท เช่น การเผามูลฝอยเพื่อผลิตพลังงาน อาจทำให้ประชาชนกังวลเกี่ยวกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตในพื้นที่ที่มีการตั้งโรงงานหรือสถานที่กำจัดมูลฝอย การปรับปรุงกระบวนการจัดการมูลฝอยชุมชนในประเทศไทยจึงต้องอาศัยการพัฒนาในหลายด้าน ทั้งการเพิ่มการลงทุนในการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย การสร้างการรับรู้และการศึกษาให้แก่ประชาชนเพื่อให้เกิดการยอมรับ รวมถึงการพัฒนาศักยภาพขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการบริหารจัดการทรัพยากรและงบประมาณให้มีประสิทธิภาพ การยกระดับการจัดการมูลฝอยชุมชนจึงไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับก็นำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ แต่ยังต้องการความร่วมมือจากทุกภาคส่วนในสังคมเพื่อให้การจัดการมูลฝอยเป็นไปอย่างยั่งยืนและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

การประเมินการจัดการมูลฝอยสามารถทำได้หลายรูปแบบเพื่อช่วยในการตัดสินใจปรับปรุงระบบการจัดการ ได้แก่ การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการจัดการมูลฝอยในรูปแบบต่าง ๆ และเลือกวิธีการที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การประเมินความยั่งยืนมุ่งเน้นการพิจารณาความสามารถในการจัดการมูลฝอยในระยะยาวโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาทรัพยากรขาดแคลน การประเมินความสามารถในการจัดการเพื่อประเมินศักยภาพในการดำเนินการ การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ช่วยคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนจากการจัดการมูลฝอย การประเมินความพึงพอใจของประชาชนเพื่อตรวจสอบความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่ และการประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน การประเมินเหล่านี้ช่วยให้สามารถตัดสินใจเลือกวิธีการจัดการมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

3. ประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ของรูปแบบนวัตกรรมจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง

3.1 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA)

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินผล (HIA: 3. Assessing) วิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCA) ของ PCR ใน 1 FU โดยใช้วิธี OpenLCA นั้นพบว่า

ผลกระทบภาวะที่เป็นสารพิษที่ไม่ก่อมะเร็งต่อสุขภาพมนุษย์ (HNCT) มีผลกระทบสูงที่สุด เท่ากับ 65.047 ton 1,4-DCB HNCT เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ การสัมผัสกับ HNCT เรื้อรังอาจนำไปสู่ปัญหาสุขภาพที่รุนแรง เช่น การเสื่อมถอยของสติปัญญาและระบบประสาท อีกทั้งอาจส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจและอวัยวะภายใน พฤติกรรมและอารมณ์

(Shaw, 2010), (Carpenter, 2011) ดังนั้น การเฝ้าระวังและใช้มาตรการป้องกันที่เหมาะสมจะช่วยลดผลกระทบและปกป้องสุขภาพของประชาชนในระยะยาวได้ ซึ่งควรมีระบบตรวจสอบคุณภาพอากาศและน้ำอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง พร้อมทั้งกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับการสัมผัสสารพิษในระดับประชากร (Nielsen et al., 2023) รวมถึงการสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแหล่งที่มา ผลกระทบ และแนวทางป้องกันหรือการหลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์ที่มีสารพิษตกค้าง (Niede & Benbi, 2022) ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้มาตรการเฝ้าระวังและป้องกันที่มีประสิทธิภาพควบคู่ไปกับการให้ความรู้และการพัฒนาแนวทางการจัดการมลพิษที่เหมาะสม เพื่อลดความเสี่ยงและป้องกันสุขภาพของประชาชนในระยะยาว

ลำดับที่สอง คือภาวะความเป็นพิษในทะเล (MET) มีค่าเท่ากับ 40.691 ton 1,4-DCB การสะสมของสารพิษเหล่านี้สามารถทำลายสมดุลของระบบนิเวศทางทะเลและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเลในระยะยาว หนึ่งในผลกระทบหลักของมลพิษทางทะเลคือการเกิด ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ซึ่งเกิดจากปริมาณสารอาหาร เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มากเกินไปในน้ำ ส่งผลให้พืชน้ำ เช่น สาหร่ายเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและเกินสมดุลของระบบนิเวศ เมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตายลงและถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย กระบวนการดังกล่าวจะใช้ปริมาณออกซิเจนในน้ำเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจน (Hypoxia) ซึ่งเป็นสาเหตุของการตายของสัตว์น้ำจำนวนมาก โดยเฉพาะปลาและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง นอกจากนี้ ยังส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตและสุขภาพของสัตว์ทะเล ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบของพืชและสัตว์ในทะเล ทำให้บางสายพันธุ์ตกอยู่ในความเสี่ยงสูญพันธุ์มากขึ้น (Curtis, Penn, & Lucey., 2023) นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม การสูญเสียทรัพยากรทางทะเลส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมประมงและการท่องเที่ยว เนื่องจากแหล่งที่อยู่อาศัยทางทะเลเสื่อมโทรมลง ทำให้ผลผลิตทางประมงลดลงและส่งผลกระทบต่อชุมชนชายฝั่งที่พึ่งพาทรัพยากรทางทะเลเพื่อการดำรงชีวิต มลพิษทางทะเลมีสาเหตุหลักจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการปล่อยสารเคมีและของเสียจากภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม (Chen et al., 2023) การจัดการมลพิษทางทะเลต้องอาศัยการกำกับดูแลที่มีประสิทธิภาพควบคู่ไปกับมาตรการบรรเทาผลกระทบเพื่อปกป้องระบบนิเวศทางทะเล ด้วยการประเมินความเสี่ยง การพัฒนาและใช้กรอบการตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำความเข้าใจผลกระทบของมลพิษ รวมถึงการกำหนดแนวทาง มาตรการควบคุมและกฎระเบียบเพื่อลดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม (Blasco et al., 2016) กลยุทธ์ในการบรรเทาผลกระทบ เช่น นโยบายการห้ามใช้สารเคมีบางชนิดและการควบคุมการปล่อยมลพิษช่วยลดระดับของสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม สารปนเปื้อนถาวร เช่น ปรอต ยังคงเป็นความท้าทายในการจัดการ เนื่องจากสามารถสะสมในห่วงโซ่อาหารและส่งผลกระทบระยะยาวต่อระบบ

นิเวศ (Chen et al., 2023) แม้ว่าจะมีความก้าวหน้าอย่างมีนัยสำคัญในการทำความเข้าใจและบรรเทาผลกระทบของมลพิษทางทะเล แต่การนำสารเคมีใหม่มาใช้อย่างต่อเนื่อง รวมถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ยังคงซับซ้อนและเพิ่มความเสี่ยงต่อระบบนิเวศทางทะเล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวิจัยอย่างต่อเนื่องและพัฒนากลยุทธ์การจัดการที่สามารถปรับตัวได้ตามสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป

ลำดับที่สาม คือผลกระทบด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GW) เท่ากับ 22.329 ton CO₂ eq ภาวะโลกร้อนมีผลกระทบที่กว้างขวางในหลากหลายด้าน ซึ่งในกระบวนการผลิต PCR เกิดผลกระทบสูงสุด (45.5 %) รองลงมาคือกระบวนการขนส่ง (41.6 %) และขั้นตอน PCR Packaging (8.4 %) ในส่วนของขั้นตอนการฆ่าเชื้อหน้ากากอนามัยด้วยกระบวนการ Advance Oxidation ซึ่งเป็นกระบวนการที่ส่งผลกระทบต่อ GW น้อยที่สุด (4.5 %) จากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมดพบว่าการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่งและกระบวนการผลิต เป็นจุดสำคัญ (hotspot) ในการก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในกรณีของหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง (Schmutz et al., 2020), (Boix Rodríguez et al., 2021), (Tabatabaei et al., 2021), (Alfarisi et al., 2022), (Barbanera et al., 2022), (Maceno et al., 2022) ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาผลกระทบที่เกิดจากหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง โดยเปรียบเทียบเฉพาะค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก การศึกษาของ (Lee et al., 2021) พบว่าค่า GW 18.7 g CO₂ eq / หน้ากากอนามัย 1 ชิ้น และงานวิจัยของ (Allison et al.) 2020 ประเมินค่า GW ที่ 58.8 kg CO₂ eq / หน้ากากอนามัย 1 ชิ้น ซึ่งมีค่ามากกว่างานวิจัยแรกถึงสองเท่า สาเหตุหลักมาจากการขนส่งวัสดุทางเครื่องบินจากจีนมายังสหราชอาณาจักร และการศึกษาของ (Atilgan Turkmen, 2022) ผลการวิจัยพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งอยู่ที่ 0.02 g CO₂ eq โดยบรรจุภัณฑ์ (30.0%) และการผลิต (15.5%) เมื่อพิจารณาตามสมมติฐานของแต่ละงานวิจัยที่มีความแตกต่างกันจึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้

ในการลดผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) ในกระบวนการผลิต PCR สามารถดำเนินการได้หลายแนวทาง โดยเริ่มจากการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิต เช่น การติดตั้งระบบกู้คืนพลังงานความร้อนเพื่อนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ (Sun et al., 2023) รวมถึงการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่ใช้พลังงานต่ำ ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานโดยรวม (Khatta et al., 2024) นอกจากนี้ โรงงานสามารถหันมาใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานลม เพื่อลดการพึ่งพาพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ในส่วนของระบบโลจิสติกส์และการขนส่ง ควรมีการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้ยานพาหนะที่ใช้พลังงานสะอาด เช่น รถบรรทุกไฟฟ้าหรือรถที่ใช้เชื้อเพลิงทางเลือก นอกจากนี้ การวางแผนเส้นทางขนส่งให้เหมาะสมก็

เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดระยะทางและจำนวนเที่ยวการขนส่ง ซึ่งจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญ (Suresh et al., 2024) แนวทางเหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยลดผลกระทบจากภาวะโลกร้อนเท่านั้น แต่ยังช่วยส่งเสริมความยั่งยืนของอุตสาหกรรม ลดต้นทุนด้านพลังงาน และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของโรงงานผลิต PCR ในอนาคต

ลำดับที่สี่ คือผลกระทบด้านการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อดิน (TE) เท่ากับ 13.906 ton 1,4-DCB โดยเฉพาะโลหะหนัก (HM) เช่น แคดเมียมและตะกั่วที่สะสมอยู่ในเมื่อสะสมในดินจะมีผลต่อพืชโดยตรง ทำให้การเผาผลาญของพืชผิดปกติและเกิดความเครียดจากการออกซิเดชัน ซึ่งอาจส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง หรือเกิดความเสียหายต่อระบบราก ทำให้พืชไม่สามารถดูดซึมสารอาหารได้ดีเท่าที่ควร ส่งผลให้ผลผลิตลดลง และอาจทำให้พืชตายได้หากมลพิษสะสมมากเกินไป (Rashid et al., 2023) นอกจากนี้โลหะหนักและไมโครพลาสติก (MPs) ในดินมีผลในการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน เช่น การทำให้โครงสร้างดินแข็งขึ้น ซึ่งลดความสามารถในการระบายน้ำและอากาศในดิน ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ MPs ยังสามารถย่อยสลายสารเคมีและสารพิษที่อาจสะสมในดิน จึงเป็นอันตรายต่อทั้งพืชและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อยู่ในดิน (Singh, 2024) (Shi et al., 2023) ส่งผลกระทบท่อระบบนิเวศทางน้ำ ดินที่มีมลพิษสามารถชะล้างสารปนเปื้อนเข้าไปในแหล่งน้ำ ส่งผลต่อระบบนิเวศทางน้ำ สิ่งมีชีวิตในน้ำและคุณภาพน้ำดื่ม การสะสมของสารพิษในสัตว์น้ำยังสามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารและส่งผลกระทบต่อมนุษย์เมื่อรับประทานสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ (Akbari & Jaafari, 2024) กลยุทธ์การบรรเทาผลกระทบ ด้วยการดำเนินการตามกฎระเบียบที่เข้มงวดในการใช้พลาสติกและการเพิ่มประสิทธิภาพการรีไซเคิลสามารถลดการปนเปื้อนในดิน (Nath et al., 2024) การฟื้นฟูและปรับปรุงดิน เช่นการใช้ไบโอชาร์และปุ๋ยหมักสามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน ซึ่งสามารถช่วยลดผลกระทบจาก MPs และ HMs แม้ว่าการมุ่งเน้นมักจะอยู่ที่ผลกระทบที่เป็นอันตรายของ MPs และ HM แต่การศึกษาบางประเภทชี้ให้เห็นว่าดินบางชนิดอาจบรรเทาผลกระทบเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งบ่งชี้ว่าจำเป็นต้องมีกลยุทธ์การแก้ไขที่มีรูปแบบเฉพาะตามสภาพของท้องถิ่น (Jiang et al., 2024)

ลำดับที่ห้า คือการขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (FRS) เท่ากับ 6.630 ton oil eq การขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิลส่งผลกระทบอย่างมากต่อความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ความมั่นคงทางเศรษฐกิจ และรูปแบบการใช้พลังงาน เมื่อความต้องการเชื้อเพลิงฟอสซิลเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการเติบโตของประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ การใช้ทรัพยากรที่มากขึ้นทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นและการเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม (Wang & Azam, 2024) การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 80 % เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่ง

ก่อให้เกิดความเป็นกลางของคาร์บอน เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจแก่ชุมชนชนบทช่วยเพิ่มความมั่นคงด้านอาหารและผลผลิตทางการเกษตรอีกด้วย (Waswani et al., 2022) ประเทศต้องปรับกลยุทธ์ด้านพลังงานเพื่อลดความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล (Zhong et al., 2023) ในทางกลับกัน ในขณะที่เชื้อเพลิงชีวภาพจะมีข้อได้เปรียบมากมาย แต่การผลิตยังสามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและความกังวลด้านความมั่นคงด้านอาหาร โดยจะต้องเน้นถึงกลยุทธ์การจัดการทรัพยากรที่สมดุลเพื่อสร้างความยั่งยืน

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมขึ้นปลาย พบว่า ผลรวมความเสียหายด้านสุขภาพมนุษย์ (Human Health) เท่ากับ 0.3119 DALYs ซึ่งมาจากผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนกับสุขภาพของมนุษย์ (Global warming, Human health) สูงที่สุด ร้อยละ 89.46 คาดว่าภาวะโลกร้อนจะทำให้เกิดปัญหาสุขภาพที่รุนแรงโดยเฉพาะในกลุ่มเปราะบาง รวมถึงโรคที่เกี่ยวข้องกับความร้อนและโรคที่เกิดจากแมลงพาหะเพิ่มขึ้นเนื่องจากเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศของพาหะนำโรค (Romanello et al., 2022) รองลงมาคือ การเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Fine particulate matter formation) ร้อยละ 5.57 งานวิจัยชี้ให้เห็นว่าการสัมผัสกับ PM_{2.5} มีความเกี่ยวข้องกับการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรถึง 135 ล้านรายทั่วโลก ตั้งแต่ปี 1980 ถึง 2020 ซึ่งทวีความรุนแรงขึ้นเนื่องจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ (Yim et al., 2024) การสัมผัสกับ PM_{2.5} ในระยะยาวส่งผลให้เกิดโรคเรื้อรังได้และโรคทางเดินหายใจ (Du et al., 2024) และผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ที่เกิดจากการสัมผัสกับสารพิษต่าง ๆ โดยไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (Human non-carcinogenic toxicity) (ร้อยละ 4.74) ความเข้าใจผลกระทบเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนากลยุทธ์การบรรเทาผลกระทบที่เกิดขึ้น ในส่วนของผลกระทบอื่น ๆ ได้แก่ สารพิษที่ก่อมะเร็งต่อมนุษย์ (Human carcinogenic toxicity) รังสีไอออไนเซชัน (Ionizing radiation) การก่อตัวของโอโซนที่ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ (Ozone formation, Human health) การลดลงของโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Stratospheric ozone depletion) และการบริโภคน้ำกับสุขภาพของมนุษย์ (Water consumption, Human health) ประเมินผลด้านสุขภาพมนุษย์พบว่า ผลกระทบดังกล่าวในการผลิตเม็ดพลาสติกจากน้ำกากอนามัยแบบบใช้แล้วทิ้ง (PCR) นั้นจะส่งผลให้เกิดผลกระทบด้านสุขภาพมนุษย์ในสัดส่วนรวมกันน้อยมาก (น้อยกว่าร้อยละ1)

ผลรวมด้านคุณภาพระบบนิเวศ (Ecosystem Quality) มีค่าเท่ากับ 0.00059 Species. year ประเมิน LCA เน้นย้ำถึงความจำเป็นในการใช้ตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ของชนิดพันธุ์ เพื่อเพิ่มความเกี่ยวข้องและความสามารถในการเปรียบเทียบทางนิเวศวิทยา (Woods et al., 2018) โดยเกิดจากผลกระทบด้านโลกร้อนกับระบบนิเวศบนบก (Global warming, Terrestrial ecosystems) สูงที่สุด ร้อยละ 95.00 กระตุ้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากดินอย่างมี

นัยสำคัญ โดยมีการเพิ่มขึ้นที่น่าสังเกตของ CO_2 และ N_2O ในระบบนิเวศต่าง ๆ (Wang et al., 2022) เป็นสาเหตุในการทำให้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรุนแรงขึ้น รองลงมาคือการเกิดสภาวะกรดของพื้นผิวดินหรือระบบนิเวศบนบก (Terrestrial acidification) ร้อยละ 3.43 ในส่วนของผลกระทบที่เกิดกับระบบนิเวศในน้ำจืดและระบบนิเวศในทะเล หรือการใช้ประโยชน์ที่ดินและการใช้น้ำในระบบนิเวศ ได้รับผลกระทบที่น้อยมาก (น้อยกว่าร้อยละ 1) แนวทาง CE ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์และบริการทางนิเวศ มุ่งมั่นที่จะสร้างความสมดุลระหว่างความต้องการของมนุษย์กับความมั่นคงของระบบนิเวศควบคู่ไปด้วยกัน

ผลรวมของผลกระทบด้านการขาดแคลนทรัพยากร (Resource Availability) ที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม มีค่าเท่ากับ 2,295 USD (84,019.95 บาท) ซึ่งเป็นผลมาจากตัวชี้วัดความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (Fossil resource scarcity) ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเม็ดพลาสติกและกระบวนการขนส่ง (Mubarak & 2024) การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลมีส่วนอย่างมากในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งทำให้ภาวะโลกร้อนรุนแรงขึ้น และการขาดแคลนเชื้อเพลิงดังกล่าวอาจส่งผลให้ราคาพลังงานสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อ GDP และการบริโภคของครัวเรือนส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม แม้ว่าทรัพยากรฟอสซิลมีความสำคัญต่อกิจกรรมทางเศรษฐกิจ แต่การสูญเสียทรัพยากรเหล่านี้ก่อให้เกิดความเสี่ยงร้ายแรงต่อทั้งเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ทำให้จำเป็นต้องเปลี่ยนไปสู่ทางเลือกที่ยั่งยืน

มีการศึกษาว่ากระบวนการเผาไหม้มูลฝอย ช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพความเป็นพิษต่อมนุษย์ สุขภาพการทำให้เกิดยูโทรฟิเคชัน สุขภาพการทำให้เป็นกรด สุขภาพความเป็นพิษต่อระบบนิเวศในน้ำจืด และสุขภาพการทำลายโอโซนชั้นบรรยากาศจากปฏิกิริยาเคมีกับแสง ได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการฝังกลบ (Kumar et al., 2021) ส่งผลให้การฝังกลบมีผลกระทบโดยรวมสูงกว่าการเผาไหม้ อย่างไรก็ตาม กระบวนการเผาไหม้ยังคงแสดงศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (GWP) ที่รุนแรง การศึกษาในประเทศจีนการปล่อย CO_2 จากการเผาไหม้มูลฝอยเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (111 ถึง 254 $\text{kg CO}_2 \text{ eq}$ / หนึ่งตันมูลฝอย) ในขณะที่การนำเชื้อเพลิงมูลฝอยไปผลิตไฟฟ้าช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 150 ถึง 247 $\text{kg CO}_2 \text{ eq}$ / หนึ่งตันมูลฝอย (Yang et al., 2012)

การลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการขนส่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องให้ความสำคัญ จังหวัดระยองได้ดำเนินโครงการ “ความร่วมมือของภาครัฐ ภาคธุรกิจ และภาคประชาสังคมในการจัดการพลาสติกและมูลฝอยในจังหวัดระยอง” หรือโครงการ PPP Plastic ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้าง โมเดลเศรษฐกิจหมุนเวียน ที่ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน หนึ่งในแนวทางสำคัญที่ อบท. ในพื้นที่ควรดำเนินการ คือ การสร้างความรู้

ความเข้าใจที่ถูกต้องให้กับประชาชน เกี่ยวกับหลักคิดก่อนใช้ แยกก่อนทิ้ง เพื่อให้สามารถนำมูล
 ฝอยไปใช้ประโยชน์ได้สะดวกและเพิ่มอัตราการรีไซเคิลให้สูงขึ้น ตัวอย่างที่ชัดเจนคือ พื้นที่ตำบล
 ทับมา หากมีการดำเนินการคัดแยกหน้ากากอนามัยตามแนวทาง KCOST Model ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอ
 ไว้และประสานงานกับภาคธุรกิจในพื้นที่เพื่อนำไปรีไซเคิลตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน จะช่วยลด
 ระยะทางในการขนส่งไปยังโรงงานรีไซเคิล ทั้งนี้ ในจังหวัดระยองมีโรงงานรีไซเคิลพลาสติกอยู่ 14
 แห่ง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2567) หากสามารถกระจายวัตถุดิบรีไซเคิลไปยังโรงงานเหล่านี้ได้
 อย่างมีประสิทธิภาพ ควบคู่กับการกำหนดเส้นทางและตารางเวลาสำหรับรถเก็บขยะ รวมถึงการ
 จัดตั้งศูนย์รวบรวมหน้ากากอนามัยให้อยู่ใกล้โรงงานผลิตเม็ดพลาสติก และใช้พลังงานสะอาดเป็น
 เชื้อเพลิง จะสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในขั้นตอนการขนส่ง
 (Tee & Cruz, 2022) ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมาย SDG 13 ในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพ
 ภูมิอากาศ และ SDG 3 ที่ส่งเสริมสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของประชาชนทุกช่วงวัย

การลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิต PCR นั้น อาจมีการพิจารณา
 ถึงเทคนิคการรีไซเคิลที่ปรับปรุงใหม่รวมถึงการผสมผสานระหว่างการใช้พลาสติกทางกลและสารเคมี
 โดยการรีไซเคิลทางกลแม้จะเป็นที่นิยม แต่ก็อาจนำไปสู่การปล่อยไมโครพลาสติกได้ ขณะที่การ
 รีไซเคิลที่ใช้สารเคมี เช่น การใช้ตัวทำละลาย สามารถเสริมกระบวนการทางกลเพื่อลดผลกระทบ
 จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ถึง 40% (Klotz et al., 2023) นอกจากนี้ การนำเทคโนโลยี
 ขึ้นสูงมาใช้ในระบบสายพานลำเลียงยังช่วยปรับปรุงการคัดแยกและการแปรรูปวัสดุ โดยสามารถ
 เพิ่มคุณภาพของวัสดุรีไซเคิลและลดการปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Casoli, 2024)

นอกจากนี้ รัฐบาลควรให้การสนับสนุนมาตรการด้านภาษีและโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อ
 พัฒนาระบบขนส่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อาทิ การส่งเสริมสถานีชาร์จไฟฟ้า การพัฒนาระบบ
 ขนส่งสาธารณะ และระบบโลจิสติกส์ให้ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพสูง สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัย
 สำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน การกำหนดยุทธศาสตร์การ
 ปรับตัวเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน ควรให้ความสำคัญกับการส่งเสริมพลังงานหมุนเวียน การลด
 ปริมาณขยะ และการใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแนวทางเหล่านี้ไม่เพียงช่วยบรรเทาผลกระทบ
 จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่ยังส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจในระยะยาว (Kumar
 et al., 2023) ที่สำคัญ การจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างภาค
 ส่วนต่าง ๆ ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาสังคม เพื่อเสริมสร้างความยืดหยุ่นและ
 ความสามารถในการปรับตัวต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างยั่งยืน

3.2 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency)

การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) ด้านปัจจัยการผลิต PCR ที่ใช้วัตถุดิบและปัจจัยการผลิตต่าง ๆ แสดงให้เห็นถึงการใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพในบางด้าน เช่น การใช้วัตถุดิบและน้ำ ซึ่งมีอัตราการผลิตที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการใช้ปัจจัยการผลิต ดังนั้นโรงงานสามารถเพิ่มการผลิตได้โดยไม่ต้องเพิ่มปริมาณการใช้วัตถุดิบหรือปริมาณน้ำมากนัก ซึ่งเป็นสัญญาณที่ดีในแง่ของการประหยัดทรัพยากรและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านนี้ อย่างไรก็ตาม การใช้พลังงานยังคงเป็นจุดที่ต้องได้รับการปรับปรุง โดยมีอัตราการใช้พลังงานที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับปริมาณการผลิต ซึ่งหมายความว่าโรงงานอาจต้องพิจารณาการนำเทคโนโลยีที่สามารถลดการใช้พลังงาน หรือหาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้ดียิ่งขึ้น เพื่อช่วยลดต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต ในส่วนของการจัดการของเสียอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณการผลิต ซึ่งสะท้อนถึงการมีระบบการจัดการของเสียที่มีประสิทธิภาพและสามารถลดปริมาณของเสียที่ถูกทิ้งออกไปได้ ซึ่งส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียได้ ในภาพรวมของการผลิต PCR มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพในด้านวัตถุดิบ น้ำ และการจัดการของเสีย แต่ยังคงต้องปรับปรุงการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเพื่อให้เกิดความยั่งยืนในระยะยาว ซึ่งหากทางผู้ผลิตต้องการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ควรมีการกำหนดแนวทางการปรับปรุง เพื่อลดการใช้ทรัพยากรทุกชนิดให้ลดลง โดยสามารถรักษาหรือเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้น และลดการเกิดของเสียให้น้อยลง ด้วยมาตรการต่าง ๆ ดังนี้

- การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ลดลง เช่น การลดความสูญเสียด้านพลังงาน ความร้อน หรือการควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการผลิตให้เหมาะสมและคงที่ หรือการใช้แหล่งพลังงานความร้อนเสริมจากพลังงานทดแทนเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ลดลง
- การลดปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิต เช่น การบำบัดและควบคุมการหมุนเวียนใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำ
- การลดความสูญเสียของปริมาณวัตถุดิบ และลดการเกิดของเสีย เช่น การปรับปรุงและดูแลเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การเปลี่ยนไปใช้อุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่ประหยัดพลังงานหรือมีประสิทธิภาพด้านพลังงานสูง (เช่น มอเตอร์ หรือปั๊มน้ำ ระบบให้ความร้อน) การนำของเสียกลับสู่กระบวนการผลิตใหม่

การวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจากยอดขายของผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อปริมาณปัจจัยการผลิตหรือทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละปี จะให้เห็นถึงความสามารถในการใช้ทรัพยากรที่แตกต่างกันในกระบวนการผลิตของโรงงาน โดยการใช้วัตถุดิบ ที่มีค่าเท่ากับ 0.0208 MB/ton ซึ่ง

สะท้อนว่าโรงงานใช้วัตถุดิบคุ้มค่าเมื่อเทียบกับยอดขายของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับ ซึ่งสามารถใช้วัตถุดิบให้มีความคุ้มค่ามากขึ้นด้วยการพัฒนาเทคโนโลยีที่ช่วยให้สามารถผลิตได้มากขึ้นโดยใช้วัตถุดิบที่น้อยลง หรือการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้วัตถุดิบในการผลิต ในส่วนของการใช้พลังงานที่มีค่าเท่ากับ 0.0174 MB/MWh แม้จะมีค่าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าการใช้วัตถุดิบ แต่ยังคงมีการใช้พลังงานในระดับที่อาจไม่คุ้มค่ากับผลลัพธ์ที่ได้ ดังนั้นการใช้พลังงานควรได้รับการปรับปรุงเพิ่มเติม โดยอาจพิจารณานำเทคโนโลยีที่ช่วยประหยัดพลังงานหรือปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานมากยิ่งขึ้น ในส่วนของการใช้น้ำ ที่มีค่าเท่ากับ 0.0281 MB/m³ พบว่าการใช้น้ำมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งเป็นสัญญาณที่ดีในด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ โรงงานอาจจะสามารถรักษาประสิทธิภาพนี้ไว้และใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรอื่น ๆ ในด้านประสิทธิภาพของการเกิดของเสีย ที่มีค่าเท่ากับ 0.2930 MB/ton แสดงให้เห็นว่ามีของเสียเกิดขึ้นในปริมาณค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับยอดขายของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ซึ่งเป็นจุดที่ควรได้รับการปรับปรุง การลดการเกิดของเสียไม่เพียงแต่จะช่วยลดต้นทุนในการจัดการของเสีย แต่ยังช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทำให้กระบวนการผลิตมีความยั่งยืนมากขึ้น โดยรวมแล้ว การปรับปรุงการใช้วัตถุดิบและพลังงาน รวมถึงการลดของเสีย จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของโรงงานให้สูงขึ้น และสร้างความยั่งยืนในระยะยาว

ทั้งนี้ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปัจจัยยอดขายเมื่อเปรียบเทียบกับด้านต้นทุนรวม ยังมีความคุ้มค่าในการดำเนินการผลิตโดยการนำน้ำกากอเนามัมาเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบในสัดส่วนที่เหมาะสม หากทางโรงงานต้องการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจด้านปัจจัยยอดขาย ควรมีการกำหนดแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดการต้นทุนและค่าใช้จ่ายของการใช้ทรัพยากรทุกชนิดให้ลดลง โดยสามารถรักษาปริมาณผลิตภัณฑ์ให้เท่าเดิมหรือเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์มากขึ้น และลดการเกิดของเสียให้น้อยลง ด้วยมาตรการต่าง ๆ ดังนี้

- การลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าให้ลดลง เช่น การวางแผนการผลิตที่เหมาะสม และเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าให้เหมาะสมกับแผนการผลิต การใช้แหล่งพลังงานทดแทนเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ลดลง หรือการปรับปรุงประสิทธิภาพด้านการใช้ไฟฟ้า
- การลดต้นทุนการใช้น้ำในกระบวนการผลิต เช่น การจัดหาแหล่งน้ำของตนเอง การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและลดความสูญเสียน้ำ
- การลดต้นทุนด้านวัตถุดิบ และลดการเกิดของเสีย เช่น การเพิ่มสัดส่วนของวัตถุดิบหน้ากากอเนามั หรือวัสดุ Recycle ที่มีต้นทุนถูกกว่า การลดต้นทุนในการกำจัดของเสีย หรือการหาแหล่งวัตถุดิบที่มีราคาถูกกว่า

- การปรับราคาจำหน่ายของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้นในช่วงที่ตลาดมีความต้องการสูง หรือการหาแนวทางต่อยอดเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการผลิตเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นข้อมูลสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิต โดยหากระบบมีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการผลิตเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีค่าสูงขึ้นแสดงว่ามีประสิทธิภาพในการผลิตสูงขึ้น เกิดผลิตภัณฑ์มากขึ้น หรือปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง ค่า GHG Emission ตามมาตรฐาน Open LCA (มีค่าเท่ากับ 0.0009 MB/ ton CO₂ eq) ปริมาณการผลิตเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยให้เรา ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก PCR ได้อย่างชัดเจน โดยผลการคำนวณที่แตกต่างกันระหว่างสองวิธีนี้สะท้อนถึงความไม่แน่นอนในการเลือกใช้มาตรฐานและวิธีการวัดที่เหมาะสมในการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ซึ่งการเลือกใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสมสามารถส่งผลต่อการตัดสินใจในเรื่องการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

การใช้ทรัพยากรในการผลิต เช่น วัตถุดิบ น้ำ และพลังงาน แสดงถึงความต้องการใช้ทรัพยากรที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว รวมถึงของเสียและมลพิษ เช่น น้ำเสีย ฝุ่น คาร์บอน และก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิต หากสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ใช้ทรัพยากรน้อยลงแต่ยังได้ผลผลิตเท่าเดิม จะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ จึงช่วยให้ธุรกิจเห็นถึงความคุ้มค่าในการใช้ทรัพยากรและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อปรับปรุงการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Social Return on Investment)

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Social Return on Investment) โครงการ “Upcycling Face Mask ลดมลพิษและสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียน” โดยการนำรูปแบบ KCOST ไปดำเนินการในพื้นที่ตำบลทับมา พบว่าได้ผลตอบแทนจากการลงทุนคืนกลับสู่สังคม 3.35 บาท มูลค่าที่สังคมได้รับจากการลงทุนนั้นประกอบด้วย 3 ด้าน คือ ด้านแรกคือด้านเศรษฐกิจ เช่น รายได้จากโครงการ ด้านที่สองคือด้านสังคม เช่น ลดภาระค่าอบรม ประหยัดค่าอาหารกลางวัน จากการมีรายได้ในการแยกมูลฝอย และเวลาของคนในชุมชน ด้านสุดท้ายคือด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การประหยัดค่าใช้จ่ายในการคัดแยกมูลฝอยของเจ้าหน้าที่เทศบาล จากมูลค่าทางสังคมที่โครงการได้รับนั้นสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวหรือ outcome และผลกระทบในวงกว้างต่อสังคมหรือ impact คือ การลดภาระค่าใช้จ่ายในการจัดการมูลฝอย ชุมชนมีองค์ความรู้ในการจัดการ

มูลฝอยซึ่งส่งผลต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม สิ่งเหล่านี้นำมาซึ่งความเป็นอยู่ที่ดีและมีคุณภาพชีวิตที่ดี ช่วยให้เกิดการค่าใช้จ่ายจากการรักษาสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของคนในชุมชน ลดภาระของหมอและพยาบาล และค่าใช้จ่ายทางการแพทย์ เช่น ยา อุปกรณ์ ค่าล่วงเวลาของบุคลากรทางการแพทย์ รวมไปถึงค่าสาธารณูปโภคอื่น ๆ เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าซ่อมบำรุง เป็นต้น ดังนั้น จากการวิเคราะห์ SROI ของโครงการพบว่า หากลงทุน 1 บาท จะได้ผลตอบแทนจากการลงทุนคืนกลับผู้สังคม 3.35 บาท ผลลัพธ์ของกิจกรรมก่อให้เกิดผลตอบแทนทางสังคมที่มากกว่ามูลค่าลงทุนตั้งต้น ผลประกอบการได้ผลกำไรหรือมีมูลค่าทางสังคมที่เพิ่มขึ้น ควรรักษาจุดแข็งไว้ และหาแนวทางพัฒนาต่อขอให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

การนำเครื่องมือการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์มาใช้เพื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจก สารพิษที่ก่อให้เกิดอันตราย การใช้น้ำและระดับสารอาหาร มีความสำคัญต่อการประเมินความยั่งยืน (Wang et al., 2024) การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ที่ผสมรวม KPI ที่ยั่งยืนเข้ากับกลยุทธ์ขององค์กรสามารถเพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขันและความสามารถทางเศรษฐกิจในระยะยาว (Hristov & Chirico, 2019) และการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนมาใช้อาจช่วยให้สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบได้อย่างครอบคลุมและเป็นระบบ ในขณะที่ KCOST Model จะให้กรอบการทำงานที่แข็งแกร่งสำหรับการประเมินความยั่งยืน แต่ความท้าทายยังคงอยู่ในการวัดผลกระทบทางสังคมอย่างสม่ำเสมอ สิ่งนี้เน้นถึงความจำเป็นในการวิจัยอย่างต่อเนื่องและการพัฒนาเครื่องมือเพื่อเพิ่มการประเมินผลกระทบทางสังคม (Walters, Mirkouei, & Makrakis, 2022) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะสามารถนำไปใช้ในการวางแผนและปรับปรุงกระบวนการผลิต นโยบาย และการบริหารจัดการในอนาคต เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในทุกมิติ ข้อมูลผลกระทบต่อสังคม สุขภาพและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนข้อเสนอแนะมาตรการป้องกันแก้ไขปัญหานั้น จะถูกนำไปใช้ในการกำหนดนโยบายสาธารณะ โดยมาตรการฯ ส่วนใหญ่เป็นบทบาทหน้าที่ของเทศบาล โดยการนำผลการทำ HIA ไปเป็นข้อมูลประกอบการยกร่างข้อกำหนดท้องถิ่น (สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นระดับเทศบาล เรียกว่า เทศบัญญัติ) ปัจจุบันภายในหน่วยงานที่สนับสนุนการดำเนินงานประยุกต์ใช้ HIA ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นประกอบด้วยนโยบายของผู้บริหารที่ให้ความสำคัญกับการคุ้มครองสุขภาพและการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ รวมทั้งการมีทีมงานที่แข็งแกร่ง ฝึกอบรม และมุ่งมั่นในการสร้างผลสำเร็จ ส่วนปัจจัยภายนอกที่ช่วยสนับสนุนให้การดำเนินงานประสบความสำเร็จ ได้แก่ การมีหน่วยงานที่มีความเชี่ยวชาญทั้งในและนอกพื้นที่ที่ให้คำปรึกษาอย่างต่อเนื่อง และการมีเครือข่ายการทำงานในระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และภาคการศึกษา ภาคเอกชนที่เข้ามาสนับสนุนองค์ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการพัฒนา

พื้นที่อย่างยั่งยืน ภาคประชาชนเองก็มีบทบาทสำคัญในการร่วมคิด ร่วมลงมือทำและร่วมติดตาม ประเมินผล จึงมีความจำเป็นต้องมีการจัดเวทีสาธารณะหรือเวทีรับฟังความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้เสียอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกัน รับทราบข้อมูลร่วมกัน และเป็นเวทีสำหรับการหาข้อตกลง ร่วมกันอีกด้วย ถือได้ว่าเป็นการพัฒนาท้องถิ่นโดยการมีส่วนร่วมของประชาชน ถือได้ว่า HIA เป็นการขับเคลื่อนกระบวนการพัฒนาท้องถิ่นในระดับนโยบายแบบมีส่วนร่วม

3.4 การวิเคราะห์นโยบาย

การวิเคราะห์ SWOT และ TOWS Matrix ของเทศบาลตำบลทับมา ได้กลยุทธ์ในการจัดการมูลฝอย เช่น การส่งเสริมการรีไซเคิล โดยภาคเอกชนผ่านระบบ EPR การสร้างเครือข่ายความร่วมมือในชุมชน และการพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการขยะ การรณรงค์ให้ความรู้และการสร้างจิตสำนึกจากหน่วยงานภายนอกถือเป็นอีกหนึ่งกลยุทธ์ที่สำคัญ การพัฒนาการจัดการมูลฝอยในพื้นที่จึงควรใช้กฎหมายและกฎระเบียบที่เข้มงวดในการบังคับใช้ การคัดแยกขยะและมีการสนับสนุนงบประมาณจากทั้งภาครัฐและเอกชน นอกจากนี้ยังต้องพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมในการจัดการมูลฝอยตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อให้การบริหารจัดการมีประสิทธิภาพและยั่งยืน ดังนี้

จุดแข็งที่ต้องรักษาและส่งเสริม เทศบาลตำบลทับมามีจุดแข็งในด้านนโยบายของผู้บริหารที่ให้ความสำคัญกับการจัดการมูลฝอยแบบบูรณาการ โดยมีการส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียนและการมีส่วนร่วมจากชุมชนดั้งเดิมที่มีความเข้มแข็ง และการเป็นเทศบาลต้นแบบด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความพร้อมและการตระหนักรู้ในเรื่องสิ่งแวดล้อมของผู้บริหารและชุมชนที่สนับสนุนการจัดการมูลฝอยอย่างยั่งยืน

จุดอ่อนที่ต้องแก้ไข ปัญหาประชากรแฝงเป็นอุปสรรคสำคัญในการจัดการมูลฝอย ควรมีการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลประชากรแฝงอย่างละเอียด เพื่อหาแนวทางในการจัดการขยะจากประชากรกลุ่มนี้อย่างเหมาะสม การขาดระบบจัดเก็บข้อมูลที่ครอบคลุมทำให้การวางแผนและติดตามผลการจัดการมูลฝอยเป็นไปได้ยาก ควรมีการพัฒนาระบบฐานข้อมูลที่ทันสมัยและครอบคลุม เพื่อให้การจัดการมูลฝอยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และการประชาสัมพันธ์ที่ยังไม่ทั่วถึงทำให้ประชาชนขาดความตระหนักและความเข้าใจในการจัดการขยะ ควรมีการปรับปรุงและขยายช่องทางการประชาสัมพันธ์ให้เข้าถึงประชาชนทุกกลุ่ม

โอกาสที่ต้องใช้ประโยชน์ นโยบายส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียนและ EPR เป็นโอกาสให้เทศบาลดึงดูดการสนับสนุนจากภาคเอกชนในการจัดการขยะ ควรมีการศึกษาและใช้ประโยชน์จากนโยบายเหล่านี้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ การสนับสนุนจากหน่วยงานภายนอกทั้งด้านทรัพยากร

งบประมาณ และองค์ความรู้เป็นโอกาสให้เทศบาลพัฒนาการจัดการมูลฝอยให้ทันสมัย ควรมีการแสวงหาความร่วมมือจากหน่วยงานต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง

อุปสรรคที่ต้องรับมือ ความไม่ร่วมมือของประชากรแฝงเป็นอุปสรรคสำคัญในการจัดการมูลฝอย ควรมีมาตรการและแนวทางที่ชัดเจนในการจัดการขยะจากประชากรกลุ่มนี้ และการทิ้งขยะผิดปะปนกับขยะทั่วไปเป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ควรมีการรณรงค์และให้ความรู้แก่ประชาชนเกี่ยวกับการคัดแยกขยะอย่างถูกต้อง

แนวทางการพัฒนาการจัดการมูลฝอย การสร้างจิตสำนึกและทัศนคติที่ดีต่อการจัดการมูลฝอย และการสนับสนุนจากภาครัฐและเอกชนในด้านงบประมาณและเทคโนโลยี เป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยเสริมสร้างความสำเร็จในการจัดการมูลฝอยตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน นอกจากนี้ การสร้างระบบข้อมูลที่สามารถตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว และการพัฒนาระบบการบังคับใช้กฎหมายในระดับท้องถิ่นก็มีส่วนช่วยในการพัฒนาการจัดการมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพ

3.5 ระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และประชาชนในพื้นที่ เพื่อรับทราบผลการประเมินรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งและจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

จากการศึกษาทั้ง 3 ขั้นตอน ได้แก่ การกลั่นกรองและกำหนดเป้าหมาย (HIA:

1. Public Screening) การกำหนดขอบเขต (HIA: 2. Public Scoping) และการประเมินผล (HIA: 3. Assessing) ได้พัฒนาเป็นรูปแบบ KCOST (Knowledge, Categorizing, Organizing, Storage, Technology) ซึ่งเกิดจากการมีส่วนร่วมของประชาชน ความตระหนักและความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วทิ้งมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งช่วยให้ผู้เข้าร่วมการระดมความคิดเห็นตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นและพร้อมร่วมมือในการหาทางแก้ไข โดยการมีส่วนร่วมของภาครัฐและประชาชนเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินการ นอกจากนี้ การนำหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนมาใช้จะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มมูลค่าให้กับมูลฝอยหน้ากากอนามัยฯ อีกทั้งการบังคับใช้กฎหมายและบทลงโทษก็จำเป็นเพื่อสร้างวินัยและกระตุ้นให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการจัดการขยะอย่างถูกต้อง การร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน องค์กรเพื่อสังคม และสถาบันการศึกษาจะช่วยให้การแก้ไขปัญหามีประสิทธิภาพและยั่งยืน การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยก็เป็นอีกหนึ่งแนวทางที่สำคัญในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การติดตามและประเมินผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องจะช่วยให้การจัดการมูลฝอยเป็นไปตามเป้าหมายและมีประสิทธิภาพ การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจปัญหาในพื้นที่ การสนับสนุนการมีส่วนร่วมของประชาชน การสร้างความตระหนักและการให้ความรู้

รวมถึงการสนับสนุนจากภาครัฐในด้านนโยบายและงบประมาณล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยแก้ไขปัญหาน้ำกากอนามัยที่ใช้แล้วทิ้งได้อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

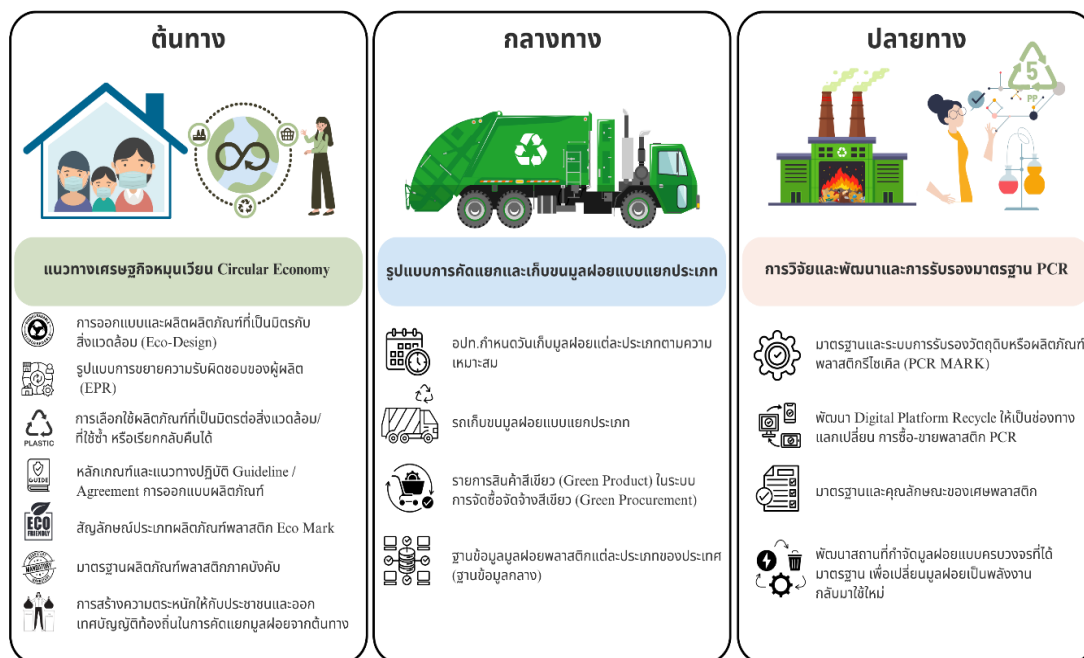
1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการจัดการมูลฝอยด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเทศบาลจากการมีส่วนร่วมและนโยบายจากภาครัฐ

นโยบายการจัดการมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ได้กำหนดนโยบายการจัดการสิ่งแวดล้อมระดับชาติโดยเฉพาะการจัดการมูลฝอยชุมชน พร้อมทั้งส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่องในช่วง 23 ปีที่ผ่านมา ปัจจุบันรัฐบาลได้กำหนดให้การจัดการปัญหามูลฝอยเป็นวาระแห่งชาติซึ่งจำเป็นต้องเร่งดำเนินการแก้ไข โดยสนับสนุนให้มีการผลักดันการบังคับใช้กฎหมายเกี่ยวกับการจัดการมูลฝอยโดยเฉพาะกฎหมาย การกำจัดมูลฝอยอันตรายและการเก็บค่าธรรมเนียมการจัดการมูลฝอย ส่งเสริมการกำจัดมูลฝอยให้เป็นศูนย์ (Zero Waste Management) การใช้เทคโนโลยีเพื่อแปรรูปมูลฝอยให้เป็นพลังงาน และผลักดันการจัดการมูลฝอยชุมชนในพื้นที่เมือง รวมถึงการกำหนดนโยบายการจัดการมูลฝอยชุมชนและมูลฝอยพลาสติกในระยะยาวในอีก 20 ปีข้างหน้า อย่างไรก็ตาม ยังมีความท้าทายในการขับเคลื่อนนโยบายเกี่ยวกับการจัดการมูลฝอยชุมชนเมืองให้เกิดผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเน้นการมีส่วนร่วมของประชาชนเพื่อมุ่งสู่การบรรลุเป้าหมายในการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและการบริหารจัดการเมืองอย่างยั่งยืน

นโยบายการจัดการมูลฝอยในต่างประเทศ ที่ประสบความสำเร็จในภูมิภาคเอเชีย ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น ประเทศสิงคโปร์ และประเทศไต้หวัน โดยเน้นการผสมผสานการใช้ทั้งมาตรการทางกฎหมาย การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและมาตรการการมีส่วนร่วมของประชาชนโดยสมัครใจ ในภูมิภาคยุโรป เน้นการจัดการมูลฝอยชุมชนอย่างยั่งยืนตามหลักการลำดับขั้นในการจัดการมูลฝอย การพัฒนาระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนโดยใช้ประโยชน์จากมูลฝอยชุมชนเพื่อเป็นพลังงานชีวภาพ และการผลิตไฟฟ้า ควบคู่ไปกับการใช้มาตรการทางกฎหมายและมาตรการตามความสมัครใจที่เน้นการมีส่วนร่วมของประชาชนส่งผลให้มีการจัดการมูลฝอยชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

ในส่วนของการยกระดับการจัดการมูลฝอยน้ำกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งและมูลฝอยพลาสติกตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนนั้น จำเป็นต้องดำเนินการตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทางในรูปแบบ

ดั่งภาพที่ 58



ภาพที่ 58 การยกระดับการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งและมูลฝอยพลาสติก

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งอย่างยั่งยืน อาศัยหลักการพื้นฐานของกฎหมาย เศรษฐศาสตร์และการมีส่วนร่วม ภายใต้หลักการสำคัญที่ประกอบไปด้วยหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) หลักลำดับขั้นในการจัดการมูลฝอย (Waste Hierarchy) หลักผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย (Polluter Pay Principle) หลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิต (Extended Producer Responsibility) และหลักการมีส่วนร่วมของประชาชน (Public Participation) ซึ่งจำเป็นต้องมีการป้องกัน สนับสนุน ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพตั้งแต่ต้นทาง กลางทางและปลายทางให้ คลอบคลุมทุกระบวนการตามวัฏจักรชีวิตในการเกิดมูลฝอย ดังนี้

1. สนับสนุนและส่งเสริมการจัดการมูลฝอยที่ต้นทาง

1.1 มาตรการ การลด เลิกใช้ พลาสติกแบบใช้แล้วทิ้ง ด้วยการบังคับใช้กฎหมายและการณรงค์สร้างจิตสำนึกที่ดีในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

1.2 สนับสนุนและส่งเสริมผู้บริโภค-ผู้ผลิต ใช้ผลิตภัณฑ์พลาสติกรีไซเคิล หรือพลาสติกที่ย่อยสลายได้ ตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ (Eco-design) ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และกำหนดมาตรฐานและตราสินค้าเพื่อสร้างแรงจูงใจ

1.3 ส่งเสริมและสนับสนุนภาคเอกชนในการใช้พลาสติก PIR หรือ Post-Industrial Recycled คือ การนำพลาสติกที่เหลือทิ้ง หรือสูญเสียระหว่างกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม นำกลับเข้าสู่กระบวนการอีกครั้ง เพื่อใช้ผลิตเป็นวัตถุดิบได้ในหลากหลายอุตสาหกรรม และ พลาสติก PCR หรือ Post-Consumer Recycled คือ การนำพลาสติกที่ผ่านการใช้งานจากผู้บริโภค มาผ่านกระบวนการคัดแยก ทำความสะอาด ปรับปรุง ตัดแต่งด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรมต่าง ๆ เพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ต้องการ และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้ง ซึ่งทั้งพลาสติกทั้ง 2 ประเภทนี้ สามารถช่วยลดปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกและมีคุณสมบัติเหมือนพลาสติกทั่วไป และ ช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาสู่บรรยากาศภายนอก

1.4 ควบคุมการนำเข้าเม็ดพลาสติกและพลาสติกรีไซเคิลจากต่างประเทศ ด้วย มาตรการทางภาษีเพื่อส่งเสริมการใช้เม็ดพลาสติก PCR ภายในประเทศ การยกเว้นหรือลดหย่อน ภาษีสำหรับกิจการที่ใช้ทรัพยากรแบบหมุนเวียน และส่งเสริมราคาพลาสติกรีไซเคิลให้มีราคาสูงขึ้น เพื่อสร้างแรงจูงใจในการคัดแยกและนำมาขายให้กับร้านรับซื้อของเก่า และ โรงงานรีไซเคิลทุก ประเภท

1.5 พัฒนาและปรับปรุงกฎหมายที่มีอยู่เดิมให้ครอบคลุมการจัดการที่ต้นทางตาม Product Life Cycle หรือการพัฒนากฎหมายใหม่ตามหลักการ EPR หรือเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เพื่อเป็นใช้เครื่องมือในการจัดการมูลฝอยให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และ อปท. ควรเพิ่มเทศบัญญัติหรือข้อกำหนดในการกำหนดหน้าที่ของประชาชนในการคัดแยกมูลฝอยและ ชำระค่าธรรมเนียม รวมทั้งให้อำนาจ อปท. ในการปฏิเสธที่จะไม่เก็บมูลฝอยที่ไม่ได้ชำระ ค่าธรรมเนียมหรือไม่มีการคัดแยก และเพิ่มโทษสำหรับผู้ที่ไม่ปฏิบัติตามที่ลักลอบทิ้งมูลฝอยควบคู่กับการให้ รางวัลผู้แจ้งเบาะแส

1.6 จัดทำสื่อประชาสัมพันธ์และองค์ความรู้เกี่ยวกับจัดการมูลฝอยทุกประเภท และ มาตรการในการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อต่าง ๆ ที่มีคุณภาพ น่าสนใจ เข้าใจง่ายและเข้าถึง กลุ่มเป้าหมายได้อย่างทั่วถึง เช่น สื่อสิ่งพิมพ์ สื่อวิทยุ สื่อออนไลน์ สื่อบุคคล และสื่อกิจกรรม เพื่อ สร้างความรู้ ความตระหนักและทัศนคติที่ดีให้กับประชาชน

2. เพิ่มศักยภาพในการจัดการมูลฝอย

2.1 ส่งเสริมความร่วมมือกับภาครัฐ เอกชนและประชาชนในการคัดแยกและนำ กลับคืน บรรจุก๊าซ ไขมัน จุกขาย หรือจุกรวบรวมมูลฝอยบรรจุก๊าซจากชุมชน (จุก drop off) ใน ชุมชน สถานที่ราชการ และ สถานที่เอกชน เพื่อคัดแยกประเภท และรวบรวมก่อนนำไปรีไซเคิล

2.2 ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพผู้ปฏิบัติงาน ตลอดจนพัฒนาศักยภาพของผู้นำชุมชน และเครือข่ายในชุมชน ในด้านการจัดการมูลฝอยแต่ละประเภทให้มีประสิทธิภาพ

2.3 พัฒนาระบบฐานข้อมูลและเชื่อมโยงฐานข้อมูลในการเก็บมูลฝอยแต่ละประเภท และข้อมูลที่ทำเป็นสำหรับการวางแผน การกำกับดูแลและการติดตามประเมินผลให้เป็นข้อมูลชุดเดียวกัน และสามารถนำข้อมูลมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 พัฒนารูปแบบที่ส่งเสริมให้แหล่งกำเนิดมูลฝอยประเภทต่าง ๆ เช่น บ้านเดี่ยว อาคารพาณิชย์ ดึกแถว ตลาด โรงงาน หอพัก สำนักงาน โรงแรม เป็นต้น มีการคัดแยกมูลฝอยตั้งแต่ต้นทางตามประเภทที่สอดคล้องกับรูปแบบหรือเทคโนโลยีการจัดมูลฝอย โดยใช้กลไกหรือแรงจูงใจที่เกี่ยวข้องกับการคืนผลประโยชน์ให้กับผู้คัดแยก และการวางแผนการจัดเก็บมูลฝอยตามประเภทให้สอดคล้องกันทั้งระบบ เช่น รถเก็บมูลฝอยที่มีช่องแยกประเภท หรือจัดเก็บแต่ละประเภทตามวันที่กำหนด

2.5 ปรับปรุงระบบการจัดเก็บค่าธรรมเนียมการจัดการมูลฝอยที่ครอบคลุมต้นทุนมากยิ่งขึ้น โดยเพิ่มการคิดค่าธรรมเนียมสำหรับกลุ่มประชากรแฝงที่มาอยู่ในพื้นที่ การจ่ายค่าเก็บขนมูลฝอยตามปริมาณที่ทิ้ง เพื่อสะท้อนต้นทุนจริงในการจัดการ

2.6 การประยุกต์ใช้ IoT การเรียนรู้ของเครื่องมือ และบล็อกเชนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการเก็บรวบรวมและคัดแยกของเสีย นำไปสู่การทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.7 การตรวจจากระยะไกลและ GIS เครื่องมือเหล่านี้อำนวยความสะดวกในการทำแผนที่และการตรวจสอบการสร้างและการกำจัดของเสียอย่างแม่นยำ ช่วยให้การตัดสินใจและการจัดสรรทรัพยากรได้ดีขึ้น

3. การพัฒนารูปแบบการกำจัดมูลฝอยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

3.1 พัฒนาสถานที่กำจัดมูลฝอยที่ไม่ถูกต้อง ให้มีระบบการจัดการที่มีมาตรฐานให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ ส่งเสริมภาคเอกชนในการลงทุนร่วมกัน และเพิ่มระบบการจัดการให้มีศักยภาพการนำมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ และใช้เป็นพลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้า โดยเฉพาะในเขตเศรษฐกิจพิเศษ เขตควบคุมมลพิษ และเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก เช่น การนำ RDF จากโรงงานมูลฝอย ไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงของโรงงานปูนซีเมนต์ เพื่อให้เกิดกระบวนการ Symbiotic Industrial เพื่อสร้างประโยชน์ที่สอดคล้องกันหรือที่เรียกว่า "symbiotic relationship" ซึ่งเป็นกลไกที่ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและลดปริมาณ มูลฝอย ซึ่งอาจเป็นการแบ่งปันวัสดุ พลังงาน หรือกระบวนการผลิตร่วมกันในรูปแบบที่ช่วยในการลดการใช้ทรัพยากรทั้งในระดับบริษัทและระดับระบบ

3.2 ส่งเสริมการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน

การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ผลิตและผู้บริโภค ตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความหมายที่เฉพาะเจาะจง ใช้ในการควบคุม กำกับดูแล และมอบอำนาจให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการตรวจสอบ ควบคุมและกำกับดูแล โดยขยายภาระหน้าที่ทางกฎหมายไปยังผู้ผลิตซึ่งเป็นต้นน้ำโดยตรง ให้มีการบริหารจัดการแบบองค์รวม โดยกฎหมายต้องกำหนดให้ผู้ผลิตมีการนำวัตถุดิบ พลังงาน และของเสียมาหมุนเวียนและบำบัดใช้ในระบบให้ได้ นานที่สุดในกระบวนการผลิตสินค้า ซึ่งกฎหมายด้านเศรษฐกิจหมุนเวียน จำเป็นต้องมีบทกำหนดโทษและความรับผิดชอบทางกฎหมายกับผู้ผลิตที่ไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วย และกฎหมายเศรษฐกิจหมุนเวียนนี้จะเป็พื้นฐานในการสร้างนโยบายสาธารณะเพื่อต่อยอดไปยังผู้บริโภค ในฐานะผู้ก่อให้เกิดของเสีย ที่ต้องเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีฉลากผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และมีหน้าที่ในการจัดการของเสียตามแนวทางของเศรษฐกิจหมุนเวียนด้วย นอกจากนี้ รัฐบาลควรจัดตั้งกองทุนด้านการส่งเสริมและพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน เพื่อใช้ในการวิจัย และพัฒนา เทคโนโลยี หรือเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจหมุนเวียน และให้สิทธิประโยชน์และมาตรการทางภาษี สำหรับกิจการอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่สนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน ทั้งในเรื่องของการประหยัดพลังงานหรือวัสดุ และใช้มาตรการทางด้านภาษีเพื่อจำกัดการส่งออกและนำเข้าสินค้าที่ใช้พลังงานมากและปล่อยมลพิษสูง

ปัจจัยที่นำไปสู่ความสำเร็จในการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง 'ไม่ได้' เกิดจากภาครัฐเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากความร่วมมือจากทุกภาคส่วนที่อยู่ภายในวงจรการรีไซเคิล มูลฝอย การพัฒนาร่วมกับการใช้เทคโนโลยี การป้องกันการเกิดของเสียเกี่ยวข้องโดยตรงกับการปรับปรุงภาคการผลิตให้มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงขึ้น มีการพัฒนาเทคโนโลยีโดยใช้เทคโนโลยีสะอาดมากขึ้น มีการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ และการโน้มน้าวให้ผู้บริโภคมีความต้องการใช้สินค้า และวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ นอกจากนี้อุตสาหกรรมในสหภาพยุโรป มีข้อกำหนดว่าบรรจุภัณฑ์พลาสติกทั้งหมดในตลาด สหภาพยุโรปจะต้องสามารถรีไซเคิลได้ ภายใน พ.ศ.2573 พัฒนากฎระเบียบใหม่เกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์เพื่อปรับปรุงการนำกลับมาใช้ใหม่ของพลาสติกที่ใช้ในตลาดและเพิ่มความต้องการใช้พลาสติกรีไซเคิลให้สูงขึ้น การใช้พลาสติกที่ใช้ครั้งเดียวจะลดลงและจะจำกัดการใช้พลาสติกขนาดเล็ก ส่งเสริมการลงทุนและการสร้างนวัตกรรม

2. ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาองค์ประกอบมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิดและสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง และจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลที่สามารถใช้ในการวางแผนและกำหนดระบบการจัดการมูลฝอยในพื้นที่ให้สอดคล้องกับสภาพปัญหา และสะท้อนถึงลักษณะด้านเศรษฐกิจและสังคมของพื้นที่ รวมทั้งเป็นข้อมูลสำหรับเผยแพร่และการทำวิจัย

2.2 ควรมีการศึกษานำรูปแบบการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งไปใช้ในพื้นที่จริงและกำหนดเป้าหมายในการประเมินรูปแบบที่สอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน มีการติดตามประเมินผลที่ชัดเจน ประเมินความคุ้มค่า และพัฒนากระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพอยู่เสมอ โดยนำ AI หรือ Digital platform เข้ามาช่วยสนับสนุนการทำงาน เพื่อถอดบทเรียนที่ได้จากการนำไปใช้จริงเสนอเป็นแนวทางการดำเนินงานเพื่อใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาพื้นที่อื่นต่อไป

2.3 การรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ควรจัดกิจกรรมรับฟังความคิดเห็นและอบรมให้ความรู้และสร้างจิตสำนึกที่ดีในการจัดการมูลฝอยให้มีความครอบคลุมในพื้นที่มากขึ้น เพื่อให้ได้รูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนจากการศึกษาที่เป็นที่ยอมรับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และเป็นการทบทวนแนวทางรูปแบบ KCOST ให้เกิดการรับรู้ในวงกว้างต่อชุมชน เปิดระบบรับฟังคำแนะนำและข้อเสนอแนะแบบออนไลน์เพื่อนำมาปรับปรุงและพัฒนาแบบที่ช่วยลดมลพิษและผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

2.4 การนำเทคโนโลยีมาบริหารจัดการมูลฝอย เช่น แอปพลิเคชัน และจัดทำระบบฐานข้อมูลที่มีความครบถ้วน เพื่อนำมาใช้ประเมินผลการดำเนินงานและวางแผนพัฒนาการจัดการมูลฝอยของพื้นที่ โดยเฉพาะเส้นทางเก็บมูลฝอยควรกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บมูลฝอยตามจุดที่กำหนดให้สอดคล้องกับสถานที่เก็บรวบรวมและโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก เพื่อลดต้นทุนด้านการขนส่งและประหยัดเวลา รวมทั้งลดการปล่อย CO₂ ได้อีกด้วย

2.5 ควรมีการศึกษการผลิตเม็ดพลาสติกจากหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุนและดำเนินการ เช่น เพิ่มอัตราส่วนหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งมากขึ้นเพื่อลดต้นทุนและเป็นการกำจัดหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งได้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น

2.6 ควรมีการศึกษารูปแบบเม็ดพลาสติกจากหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ประโยชน์ในพื้นที่และสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้ เช่น นำไปขึ้นรูปเป็นอุปกรณ์ช่วยเหลือผู้สูงอายุ

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. (2565). คู่มือการคัดแยกองค์ประกอบขยะมูลฝอย ณ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย. กรมควบคุมมลพิษ.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2566). แผนปฏิบัติการด้านการจัดการขยะพลาสติก ระยะที่ 2 (พ.ศ.2566 – 2570). เข้าถึงได้จาก <https://www.pcd.go.th/publication/28484>
- กรมควบคุมมลพิษ. (2566, กุมภาพันธ์ 7). คพ. เผยแพร่ปี 2564 ขยะมูลฝอยลดลง ขยะติดเชื้อและขยะอันตรายเพิ่มขึ้น เน้นจัดการอย่างถูกวิธี. เข้าถึงได้จาก <https://www.pcd.go.th>
- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2563). ประสิทธิภาพหน้ากากอนามัย เพื่อการป้องกันสุขภาพ 6 ประเภท. เข้าถึงได้จาก <https://www.officemate.co.th>
- กระทรวงพลังงาน. (2020, กรกฎาคม 10). ข่าวสารรัฐมนตรี. เข้าถึงได้จาก <https://energy.go.th>
- การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.). (2563). รายงานผลการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco – Efficiency) ปีงบประมาณ 2563.
- คณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ. (2654). ประกาศ เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพที่เกิดจากนโยบายสาธารณะ พ.ศ. 2654. ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 138 ตอนพิเศษ 289, หน้า 57-65.
- คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. (2554). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC), สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA).
- เดชรัตน์ สุขกาเนิด, วิชัย เอกพลาการ, และปัทมพงษ์ เกษสมบูรณ์. (2545). การประเมินผลกระทบทางสุขภาพเพื่อสร้างนโยบายสาธารณะหรือสุขภาพ: แนวคิด แนวทาง และการปฏิบัติ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ดีไซน์ จำกัด.
- ประโชติ กราบกราน. (2564). การจัดการมูลฝอยติดเชื้อ. สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย. เข้าถึงได้จาก <https://env.anamai.moph.go.th/>
- ศูนย์พัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ. (2561). เข้าถึงได้จาก <http://ecocenter.diw.go.th>
- สุธีรา สุนทรารักษ์. (2561). ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, ปีที่ 1 ฉบับที่ 2, หน้า 59-66.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก. (2565). แผนยุทธศาสตร์ แผนปฏิบัติงาน. เข้าถึงได้จาก <https://eeco.or.th/th/strategic-plan/contact-eeec>.

- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2564). แผนปฏิบัติการด้านการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไทยด้วยโมเดลเศรษฐกิจ BCG. กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. เข้าถึงได้จาก <https://www.bcg.in.th/bcg-action-plan/>
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2564). ระบบการจัดการเศรษฐกิจหมุนเวียนสำหรับองค์กร เล่ม 2 ข้อกำหนด CIRCULAR ECONOMY MANAGEMENT SYSTEM FOR ORGANIZATION PART 2 : REQUIREMENTS (มตช. 2 เล่ม 2-2564).
- สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. (2566). ข้อมูลจากเว็บไซต์. สืบค้นจาก <https://www.bora.dopa.go.th/>
- อรทัย พงศ์รักธรรม, ภิญญา เจริญสิน, สุพรรณิภา หวังงาม, และจรรวณ พลเสน. (2562). *TBCSD Sustainable Development. องค์กรธุรกิจเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน*. หน้า 14-15.
- Abaza, B. F., Spanu, P., Jugravu, B. A., & Apostol, D. A. (2021). Study on Compressive Properties of Recycling PETs and CANs for Designing a Smart Waste Management Compactor. *Material Plastics*, 58(3), 64–75.
- Abd Rashid, A., Ahmad Faiz, M., & Yusoff, S. (2015). A review of life cycle assessment method for building industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 244-248.
- Abdul, H. B., Tahir, M., Mapa, A. M. R. A., Abang, M. R. A., Muis, S. A., Marinsah, A., & Ramlie, H. A. (2023). *Face mask waste management as risk waste: Prevention of COVID-19 virus transmission in Kota Kinabalu, Sabah*. International Journal of Academic Research in Business & Social Sciences.
- Abhilash, & Inamdar, I. (2022). *Recycling of plastic wastes generated from COVID-19: A comprehensive illustration of type and properties of plastics with remedial options*. Science of the Total Environment, 838.
- Adami, L., & Schiavon, M. (2021). From Circular Economy to Circular Ecology: A Review on the Solution of Environmental Problems through Circular Waste Management Approaches. *Sustainability*, 13(2). doi:10.3390/su13020925
- Adeleke, O. J., & Olukanni, D. O. (2020). *Facility Location Problems: Models, Techniques, and Applications in Waste Management*. *Recycling*, 5(2). doi:10.3390/recycling5020010
- Adusei-Gyamfi, J., Boateng, K. S., Sulemana, A., & Hogarh, J. N. (2022). Post COVID-19 recovery: Challenges and opportunities for solid waste management in Africa. *Environ Chall (Amst)*, 6, 100442. doi:10.1016/j.envc.2022.100442

- Ahmad, R., Liu, G., Santagata, R., Casazza, M., Xue, J., Khan, K., & Lega, M. (2019). LCA of Hospital Solid Waste Treatment Alternatives in a Developing Country: The Case of District Swat, Pakistan. *Sustainability*, 11(13). doi:10.3390/su11133501
- Aiguoarueghian, I., Adanma, U. M., & Kupa, E. (2024). Impact of biodegradable plastics on U.S. environmental conservation: A comprehensive review, exploring the effectiveness, challenges, and broader implications of bioplastics in waste management and eco-preservation. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(7), 2157–2185.
- Aisa, N. N., Setiawan, R., Wicaksono, D., & Dimas, E. (2024). *The effect of recycling frequency on the melt flow rate of polypropylene materials*. Nucleation and Atmospheric Aerosols.
- Ajam, L., Trabelsi, A., & Kammoun, Z. (2021). Valorisation of face mask waste in mortar. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(1). doi:10.1007/s41062-021-00729-0
- Akbari, A., & Jaafari, J. (2024). Entry pathway and potential impacts of microplastics in air, water, soil and human health: a review. *Caspian Journal of Health Research*, 9(4), 181–198.
- Akinlabi, S. A., Usifoh, O. A., & Nnochiri, E. S. (2023). The effects of potassium permanganate on the geotechnical properties of soils. *Acta Polytechnica*, 63, 260–267.
- Alassali, A., Picuno, C., Chong, Z. K., Guo, J., Maletz, R., & Kuchta, K. (2021). Towards higher quality of recycled plastics: Limitations from the material's perspective. *Sustainability*, 13(23), 13266.
- Alfarisi, S., Sholihah, M. A., Mitake, Y., Tsutsui, Y., Wang, H., & Shimomura, Y. (2022). A Sustainable Approach towards Disposable Face Mask Production Amidst Pandemic Outbreaks. *Sustainability*, 14(7). doi:10.3390/su14073849
- Allison, A. L., Ambrose-Dempster, E., Domenech Aparsi, T., Bawn, M., Casas Arredondo, M., Chau, C., Chandler, K., Dobrijevic, D., Hailes, H., Lettieri, P., Liu, C., Medda, F., Michie, S., Miodownik, M., Purkiss, D., & Ward, J. (2020). *The environmental dangers of employing single-use face masks as part of a COVID-19 exit strategy*. UCL Open: Environment Preprint.
- Amuah, E. E. Y., Agyemang, E. P., Dankwa, P., Fei-Baffoe, B., Kazapoe, R. W., & Douti, N. B. (2022). Are used face masks handled as infectious waste? Novel pollution driven by the COVID-19 pandemic. *Resour Conserv Recycl Adv*, 13, 200062. doi:10.1016/j.rcradv.2021.200062

- Anastopoulos, I., & Pashalidis, I. (2021). *Single-use surgical face masks*, as a potential source of microplastics: Do they act as pollutant carriers? *J Mol Liq*, 326, 115247. doi:10.1016/j.molliq.2020.115247
- Aragaw, T. A. (2020). Surgical face masks as a potential source for microplastic pollution in the COVID-19 scenario. *Sci Total Environ*. doi:/10.1016/j.marpolbul.2020.111517
- Arifin, Z., Tamamy, A. J., Pamungkas, H., Mayasari, D. A., & Heryanto, M. A. (2022). Infaq Sterilization Box with UV and Ozone (BIUZ). *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 11(1), 50-53. doi:10.25077/jnte.v11n1.937.2022
- Arkorful, V. E., Lugu, B. K., & Shuliang, Z. (2021). Unearthing mask waste separation behavior in COVID-19 pandemic period: An empirical evidence from Ghana using an integrated theory of planned behavior and norm activation model. *Curr Psychol*, 1-16. doi:10.1007/s12144-021-02313-2
- Asim, N., Badieli, M., & Sopian, K. (2021). Review of the valorization options for the proper disposal of facemasks during the COVID-19 pandemic. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101797.
- Atilgan, T., B. (2022). Life cycle environmental impacts of disposable medical masks. *Environ Sci Pollut Res Int*, 29(17), 25496-25506. doi:10.1007/s11356-021-17430-5
- Avio, C. G., Gorbi, S., & Regoli, F. (2017). Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. *Mar Environ Res*, 128, 2-11. doi:10.1016/j.marenvres.2016.05.012
- Aviso, K. B. (2024). *Overview of LCA—History, concept, and methodology*. In *Environmental Life Cycle Assessment* (pp. 413-427). Elsevier.
- Badillo-Goicoechea, E., Chang, T. H., Kim, E., LaRocca, S., Morris, K., Deng, X., & Stuart, E. A. (2021). Global trends and predictors of face mask usage during the COVID-19 pandemic. *BMC Public Health*, 21(1), 2099. doi:10.1186/s12889-021-12175-9
- Barbanera, M., Marconi, M., Peruzzi, A., & Dinarelli, S. (2022). Environmental assessment and eco-design of a surgical face mask. *Procedia CIRP*, 105, 61-66. doi:10.1016/j.procir.2022.02.011
- Barbier, E., & Bugess, J. (2020). Sustainability and development after COVID-19. *World Dev*. doi:10.1016/j.worlddev.2020.105082

- Barhoi, D., Barbhuiya, S. N., Rabha, A., & Giri, S. (2024). Disinfection by-products (DBPs) and their toxicological risk on human wellbeing: A public health concern. In [Editor(s) Name(s)] (Ed.), Book Title (pp. pages). Springer.
- Battegazzore, D., Cravero, F., & Frache, A. (2022). Development of disposable filtering mask recycled materials: Impact of blending with recycled mixed polyolefin and their aging stability. *Resources, Conservation and Recycling*, 177. doi:10.1016/j.resconrec.2021.105974
- Bauwens, et al. (2020). Impact of coronavirus outbreak on NO₂ pollution assessed using TROPOMI and OMI observations. *Geophys Res Lett*. doi:10.1029/2020GL087978
- Bayomi, A. G., Souaya, E. R., Ismail, E. H., Mohamed, G. G., Fouad, M. M., & Hussein, M. (2022). Reducing disinfection byproduct precursors through coagulation enhancement as particle weight and size control using potassium permanganate. *Journal of Water and Health*.
- Benson, N. U., Fred-Ahmadu, O. H., Bassey, D. E., & Atayero, A. A. (2021). COVID-19 pandemic and emerging plastic-based personal protective equipment waste pollution and management in Africa. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(3). doi:10.1016/j.jece.2021.105222
- Berchin II, de Andrade JBSO. *GALA 3.0: effects of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak on sustainable development and future perspectives*. Res Glob. 2020; 2:100014
- BIO-PLASTICS EUROPE. (2020). *Social media filters to share knowledge*. <https://bioplasticseurope.eu/facemasks>
- Blasco, J., Chapman, P. M., & Campana, O. (2016). *Marine Ecotoxicology: Current Knowledge and Future Issues*.
- Boix Rodríguez, N., Formentini, G., Favi, C., & Marconi, M. (2021). Engineering Design Process of Face Masks Based on Circularity and Life Cycle Assessment in the Constraint of the COVID-19 Pandemic. *Sustainability*, 13(9). doi:10.3390/su13094948
- Borrello, M., Pascucci, S., & Cembalo, L. (2020). Three propositions to unify circular economy research: A review. *Sustainability*, 12(4069).

- Bouillass, G., Blanc, I., & Perez-Lopez, P. (2021). Step-by-step Social Life Cycle Assessment framework: A participatory approach for the identification and prioritization of impact subcategories applied to mobility scenarios. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(12), 2408–2435.
- Bridges F. ACES. (2020). *Autonomous, connected, electric and shared will continue to matter in mobility in 2020, says McKinsey & Company*. Retrieved from <https://www.globalconveniencestorefocus.co.uk/features/aces-autonomous-connected-electric-and-shared-will-continue-to-matter-in-mobility-in-2020-says-mckinsey-company>
- Calvillo-Arriola, A. E., & Sotelo-Navarro, P. X. (2024). A step towards sustainability: Life cycle assessment of coffee produced in the indigenous community of Ocotepec, Chiapas, Mexico. *Discover Sustainability*, 5, 17.
- Carpenter, D. O. (2011). Health effects of persistent organic pollutants: the challenge for the Pacific Basin and for the world. *Reviews on Environmental Health*, 26(1), 61–69.
- Casoli, G. (2024). A Systemic Circular Model for innovative sustainable recycling of thermoplastics. *Brazilian Journal of Development*, 10(1), 224–242.
- Castellote, M., Jimenez-Relinque, E., Grande, M., Rubiano, F. J., & Castillo, A. (2022). Face Mask Wastes as Cementitious Materials: A Possible Solution to a Big Concern. *Materials (Basel)*, 15(4). doi:10.3390/ma15041371
- Cavalcante, J., Hardian, R., & Szekely, G. (2022). Antipathogenic upcycling of face mask waste into separation materials using green solvents. *Sustainable Materials and Technologies*, 32. doi:10.1016/j.susmat.2022.e00448
- Chasioti, A., & Zabaniotou, A. (2024). An industrial perspective for sustainable polypropylene plastic waste management via catalytic pyrolysis—A technical report. *Sustainability*, 16(14), 5852.
- Chen, C., Lohmann, R., Mason, R. P., & Muir, D. C. G. (2023). *Chemical pollution and the ocean* (pp. 351–426). Elsevier BV.
- Chen, Z., Zhao, Q., Chen, J., Mei, T., Wang, W., Li, M., & Wang, D. (2023). N-Halamine-Based Polypropylene Melt-Blown Nonwoven Fabric with Superhydrophilicity and Antibacterial Properties for Face Masks. *Polymers (Basel)*, 15(21). doi:10.3390/polym15214335

- Chenavaz, R., & Dimitrov, S. (2024). From waste to wealth: Policies to promote the circular economy. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2024.141086
- Chethana, K., Roy, P. K., Singh, S. N., Sharma, S., & B. S., D. (2020). Design and development of smart garbage segregation bin for public awareness. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 7(12), 352-356.
- Chidepatil, A., Bindra, P., Kulkarni, D., QaziORCID, M., Kshirsagar, M., & Sankaran, K. (2020). From Trash to Cash: How Blockchain and Multi-Sensor-Driven Artificial Intelligence Can Transform Circular Economy of Plastic Waste? *Administrative Science*, 20(2).
- Chowdhury, H., Chowdhury, T., & Sait, S. M. (2021). Estimating marine plastic pollution from COVID-19 face masks in coastal regions. *Mar Pollut Bull*, 168, 112419. doi:10.1016/j.marpolbul.2021.112419
- Cobo, S., Dominguez-Ramos, A., & Irabien, A. (2018). From linear to circular integrated waste management systems: A review of methodological approaches. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 279-295. doi:10.1016/j.resconrec.2017.08.003
- Cole, R. L., & Caputo, D. A. (1984). The public hearing as an effective citizen participation mechanism: A case study of the general revenue sharing program. *American Political Science Review*, 78(4), 1070-1083.
- Collivignarelli, M. C., Collivignarelli, C., Carnevale Miino, M., Abbà, A., Pedrazzani, R., & Bertanza, G. (2020). SARS-CoV-2 in sewer systems and connected facilities. *Process Safety and Environmental Protection*, 143, 196–203.
- Conte, V., & Zivoli, V. (2018). *System for the compaction and management of recyclable waste and related incentive system*.
- Cox, K. D., Covernton, G. A., Davies, H. L., Dower, J. F., Juanes, F., & Dudas, S. E. (2019). Human consumption of microplastics. *Environ. Sci. Technol.* 53(12), 7068–7074.
- Cui, J., Qi, M., Zhang, Z., Gao, S., Xu, N., Wang, X., Li, N., & Chen, G. (2023). Disposal and resource utilization of waste masks: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(19683–19704).
- Curtis, D., Penn, J. L., & Lucey, N. (2023). *Climate, oxygen, and the future of marine biodiversity. Annual Review of Marine Science*, 15, 123-145.

- Czarnecki, J., Manoli, B., Fuad, N., Vadas, T. M. (2024). Disinfection byproduct formation from chlorination of agricultural reuse water sources. *Environmental Advances*, Article 100488.
- Dahlgren G., & Whitehead, M. (1991). *Social determinants of health the Canadian facts*. Retrieved from https://thecanadianfacts.org/the_canadian_facts.pdf
- Dai, X., Xie, Z., Dorian, B., Gray, S., & Zhang, J. (2019). Comparative study of PFAS treatment by UV, UV/ozone, and fractionations with air and ozonated air. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 5(11), 1897-1907. doi:10.1039/c9ew00701f
- David, A., Bernhardt, D., Beckmann, M., Krein, A. M., & Vodegel, S. (2023). *Determination of the fuel composition during operation to optimise the combustion behaviour*. *Fuel*. doi:10.1016/j.fuel.2023.127903
- David, O., Olukanni, A. O., & Kalabo, I. H. (2018). *Recycling and Reuse Technology: Waste to Wealth Initiative in a Private Tertiary Institution, Nigeria*. doi:10.20944/PREPRINTS201808.0106.V1
- De Schryver, A. M., Brakkee, K. W., Goedkoop, M. J., & Huijbregts, M. A. J. (2009). Characterization factors for global warming in life cycle assessment based on damages to humans and ecosystems. *Environmental Science and Technology*, 43(6), 1689–1695.
- Debrah, J. K., Teye, G. K., & Dinis, M. A. P. (2022). Barriers and Challenges to Waste Management Hindering the Circular Economy in Sub-Saharan Africa. *Urban Science*, 6(3). doi:10.3390/urbansci6030057
- DeMarinis, D., Lara, M., Lewis, K. W., Tipton, L. C., Sadowski, M., & Gaither, N. (2022). *SWOT analysis*. <https://doi.org/10.5040/9781501365287.2732>
- Deng, W., Sun, Y., Yao, X., Subramanian, K., Ling, C., Wang, H., Chopra, S. S., Xu, B. B., Wang, J. X., & Chen, J. F. (2021). *Masks for COVID-19*. *Advanced Science*.
- Dissanayake, G., Gunawardane, S. D., Weerasinghe, D., Tissera, N. D., & Mohotti, D. (2023). *Mechanical Recycling and Valorisation of Disposable Face Masks: A Potential Solution to the COVID-19 Waste Issue* (pp. 101–113). Springer Nature.
- Djankov, S., & Panizza, U. (2020). *Developing economies after COVID-19: an introduction*, Vox eBook Chapters. In: Djankov S, Panizza U, editors. *COVID-19 in developing economies*, vol. 1. 1st ed. Centre for Economic Policy Research, p. 8–23.

- Du, H., Huang, S., & Wang, J. (2022). Environmental risks of polymer materials from disposable face masks linked to the COVID-19 pandemic. *Sci Total Environ*, 815, 152980. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.152980
- Du, X., Chen, R., & Kan, H. (2024). Challenges of air pollution and health in East Asia. *Current Environmental Health Reports*, 11(89–101).
- Duer, J. (2020). *The plastic pandemic is only getting worse during COVID-19*.
- El Aal, A. A., Alsaiani, M. A., Radwan, A. E., & Fenais, A. (2023). Smart waste management perspective of COVID-19 healthy personal protective materials in concrete for decorative landscape pavements and artificial rocks. *Sci Rep*, 13(1), 2904. doi:10.1038/s41598-023-30104-1
- Elias, W., Gabisa, C., Ratanatamskul, C., & Gheewala, S. H. (2023). Recycling of plastics as a strategy to reduce life cycle GHG emission, microplastics, and resource depletion. *Sustainability*, 15(15), 11529.
- Epelle, E. I., Macfarlane, A., Cusack, M., Burns, A., Mackay, W. G., Rateb, M. E., & Yaseen, M. (2022). Application of Ultraviolet-C Radiation and Gaseous Ozone for Microbial Inactivation on Different Materials. *ACS Omega*, 7(47), 43006-43021. doi:10.1021/acsomega.2c05264
- Erh-Jen H., Yun-Yu H., Ting-Wei H., Chi-Shih, H., Ying-Chou, L., Yu-San, H., & Hsueh-Ting, C. (2022). Using the concept of circular economy to reduce the environmental impact of COVID-19 face mask waste. *Sustainable Materials and Technologies*, 33, e00475.
- Eriksson, O., & Finnveden, G. (2009). Plastic waste as a fuel - CO₂-neutral or not? *Energy & Environmental Science*, 2(9). doi:10.1039/b908135f
- Fadare, O.O., & Okoffo, E.D. (2020). Covid-19 face masks: a potential source of microplastic fibers in the environment. *Sci. Total Environ*, 737, 140279.
- Fang, J., Zhang, L., Sutton, D., Wang, X., & Lin, T. (2012). Needleless Melt-Electrospinning of Polypropylene Nanofibres. *Journal of Nanomaterials*, 2012, 1-9. doi:10.1155/2012/382639
- FAO COVID-19 Response and Recovery Programme. (2020). Retrieved from <http://www.fao.org/partnerships/resource-partners/covid-19/en>.

- Farida, H., Tinwala, X., Li, D. R., Silva, Jr., Y., Nabar, A., & Gengler, M. (2020). *Synergistic disinfectant compositions having enhanced antimicrobial efficacy and stability, and methods of using the same*.
- Fernández, J., Padrón, J. A., Carballoso, L., Luis, L. M., & Limia, G. (2001). Eliminación de endotoxinas presentes en la cristalería utilizada en la preparación de disoluciones parenterales, por calor seco.
- Food Security Portal. (2020). *COVID-19 Food Price Monitor*. Retrieved from <http://tools.foodsecurityportal.org/COVID-19-food-price-monitoring>
- Foteinis, S., Hatzisymeon, M., Borthwick, A. G. L., & Chatzisyneon, E. (2021). Environmental impacts of conventional versus organic eggplant cultivation systems: Influence of electricity mix, yield, over-fertilization, and transportation. *Environments*, 8(3), 23.
- Gangoli, V. S., Mahy, T., Yick, T., Niu, Y., Palmer, R. E., & Orbaek White, A. (2022). Upcycling of face masks to application-rich multi- and single-walled carbon nanotubes. *Carbon Letters*, 32(7), 1681-1688. doi:10.1007/s42823-022-00398-8
- Gao, C., Gao, C., Song, K., & Fang, K. (2020). Pathways towards regional circular economy evaluated using material flow analysis and system dynamics. *Resources, Conservation and Recycling*, 154. doi:10.1016/j.resconrec.2019.104527
- GIZ. (2020). *Sustainable urban transport: avoid-shift-improve—implementing the new urban agenda*. Transformative urban mobility initiative. Retrieved from https://www.transformative-mobility.org/assets/publications/ASI_TUMI_SUTP_iNUA_No-9_April-2019.pdf.
- Goel, R. K., Saunoris, J. W., & Goel, S. S. (2020). “Supply Chain Reliability and International Economic Growth: Impacts of Disruptions like COVID-19,” in CESifo Working Paper No. 8294 (Munich: CESifo). Accessed from <https://www.cesifo.org/en/cesifo/privacy-policy>.
- Goetschtatiana, H., & Peralta, Q. (2020). *COVID-19 creates new momentum for cycling and walking*. World bank blogs. Retrieved from <https://blogs.worldbank.org/transport/COVID-19-creates-new-momentum-cycling-and-walking-we-cant-let-it-go-waste>
- Guo, L., & Wang, J. (2020). *Garbage classification education application design – Taking Shanghai, China as an example*. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1041, pp. 168-175). Springer.

- Han, W., Yang, X., Zhang, B., & Yang, Y. (2023). Research methods and application of ecological efficiency. *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, 11(2), 82–86.
- Haque, M. S., Uddin, S., Sayem, S. M., & Mohib, K. M. (2021). Coronavirus disease 2019 (COVID-19) induced waste scenario: A short overview. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(104660).
- Hasan, N.A., Bashar, A., Heal, R.D., & Haque, M. M. (2020). *Face Masks-Protecting the Wearer but Neglecting the Aquatic Environment?* Retrieved from Available at: SSRN 3722737.
- Haywood, L. K., Kapwata, T., Oelofse, S., Breetzke, G., & Wright, C. Y. (2021). Waste disposal practices in low-income settlements of South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15), Article 8176.
- Hemali, N., Arosha, A. A. P., & Edirisinghe, L. G. L. M. (2024). A method for determining the recycling value of unprocessed municipal solid waste in one cubic meter waste composition analysis technique. *MethodsX*, 10, 102626.
- Hemmelmayr, V. C., Doerner, K. F., Hartl, R. F., & Vigo, D. (2014). Models and Algorithms for the Integrated Planning of Bin Allocation and Vehicle Routing in Solid Waste Management. *Transportation Science*, 48(1), 103–120.
- Heumann, C., S., M., & Shalabh. (2016). *Introduction to statistics and data analysis*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Horton, A.A., Walton, A., Spurgeon, D.J., Lahive, E., Svendsen, C. (2017). *Microplastics in freshwater and terrestrial environments: evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities*.
- Hou, E.-J., Hsieh, Y.-Y., Hsu, T.-W., Huang, C.-S., Lee, Y.-C., Han, Y.-S., & Chu, H.-T. (2022). Using the concept of circular economy to reduce the environmental impact of COVID-19 face mask waste. *Sustainable Materials and Technologies*, 33, e00475.
- Hristov, I., & Chirico, A. (2019). The role of sustainability key performance indicators (KPIs) in implementing sustainable strategies. *Sustainability*, 11(20), 5742.
- Huijbregts, M. A. J., Steinmann, Z. J. N., Elshout, P. M. F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., van Zelm, R. (2016). ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at

- midpoint and endpoint level. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(2), 138-147. doi:10.1007/s11367-016-1246-y
- Idrees, M., Akbar, A., Mohamed, A. M., Fathi, D., & Saeed, F. (2022). *Recycling of Waste Facial Masks as a Construction Material*, a Step towards Sustainability. *Materials (Basel)*, 15(5). doi:10.3390/ma15051810
- Ihsanullah, I., Alam, G., Jamal, A., & Shaik, F. (2022). Recent advances in applications of artificial intelligence in solid waste management: A review. *Chemosphere*, 309. doi:10.1016/j.chemosphere.2022.136631
- Iqbal, A., Yasar, A., Nizami, R. H., Sultan, I. A., Kedwaii, A. A., Chaudhary, M. M., Javed, M. H., Ahmad, A., Sajid, K., Naqvi, M., & Ghori, M. U. (2023). Empirical analysis of cost-effective and equitable solid waste management systems: Environmental and economic perspectives. *Environmental Research*.
- Jiang, S., Cai, Z., Wang, Y., Zeng, C., Zhang, J., Yu, W., Su, C., Zhao, S., Chen, Y., Shen, Y., Ma, Y., Cai, Y., & Dai, J. (2024). High plasticity of ribosomal DNA organization in budding yeast. *Cell Reports*, 37(4), 113742.
- John, J., Fitzpatrick, F., Lalor, E. P., & Byrne, E. (2023). *Investigating the energy, environmental, and economic challenges and opportunities associated with steam sterilisation autoclaves*. Chemical Product and Process Modeling.
- Kahlert, S., & Bening, C. (2020). Plastics recycling after the global pandemic: resurgence or regression? *Resources, Conservation and Recycling*, 160, 104948.
- Kampf, G. (2020). Potential role of inanimate surfaces for the spread of coronaviruses and their inactivation with disinfectant agents. *Infection Prevention in Practice*, 2(2), 100044.
- Kanaparthi, S. K., Reddy, C. K., Sharma, T., Reddy K, A. K., Reddy, N. S., & Vishnu, A. (2024). *Efficient Waste Classification in Recycling Industries*. 258–264.
- Kandpal, V., Jaswal, A., Santibanez Gonzalez, E. D. R., & Agarwal, N. (2024). *Sustainable energy transition, circular economy, and ESG practices*. In *Sustainable Energy Transition, Circular Economy, and ESG Practices* (pp. 1-XX). Springer.
- Kannan, K., & Vimalkumar, K. (2021). A Review of Human Exposure to Microplastics and Insights Into Microplastics as Obesogens. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 12, 724989. doi:10.3389/fendo.2021.724989

- Khaskheli, R., Zhang, W., Marvi, H., & Bhutto, A. (2023). Heritage impact assessment (HIA) as an alternative evaluation tool for historical built heritages in Lahore, Pakistan. *Journal of World Architecture*, 7(6). <https://ojs>
- Khattra, S. K., Singh, D., & Dogra, R. (2024). A Review of Energy Efficient Technology and Carbon Trading for Reducing Carbon Emissions. *Archives of Current Research International*, 24(6), 208–222.
- Khetrapal S, & Bhatia, R (2020). Impact of COVID-19 pandemic on health system & Sustainable Development Goal 3. *Indian J Med Res*, 151, 395.
- Kicherer, A., Schaltegger, S., Tschochohei, H., & Pozo, B. F. (2006). Eco-Efficiency. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(7), 537–543.
- Kilmartin-Lynch, S., Saberian, M., Li, J., Roychand, R., & Zhang, G. (2021). Preliminary evaluation of the feasibility of using polypropylene fibres from COVID-19 single-use face masks to improve the mechanical properties of concrete. *J Clean Prod*, 296, 126460. doi:10.1016/j.jclepro.2021.126460
- Kisielinski, K., Wagner, S., Hirsch, O., Klosterhalfen, B., & Prescher, A. (2023). Possible toxicity of chronic carbon dioxide exposure associated with face mask use, particularly in pregnant women, children and adolescents - A scoping review. *Heliyon*, 9(4), e14117. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e14117
- Klemes, J. J., Fan, Y. V., & Jiang, P. (2020). The energy and environmental footprints of COVID-19 fighting measures - PPE, disinfection, supply chains. *Energy (Oxf)*, 211, 118701. doi:10.1016/j.energy.2020.118701
- Klemes, J. J., Fan, Y. V., Tan, R. R., & Jiang, P. (2020). Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. *Renew Sustain Energy Rev*, 127, 109883. doi:10.1016/j.rser.2020.109883
- Klotz, M., Oberschelp, C., Salah, C., Subal, L., & Hellweg, S. (2023). The role of chemical and solvent-based recycling within a sustainable circular economy for plastics. *Science of The Total Environment*, 167586.
- Kua, H., & Kamath, S. (2014). An attributional and consequential life cycle assessment of substituting concrete with bricks. *Journal of Cleaner Production*, 81, 190–200.

- Kumar, H., Azad, A., Gupta, A., Sharma, J., Bherwani, H., Labhsetwar, N. K., & Kumar, R. (2021). COVID-19 Creating another problem? Sustainable solution for PPE disposal through LCA approach. *Environ Dev Sustain*, 23(6), 9418-9432. doi:10.1007/s10668-020-01033-0
- Kumar, S., Sahoo, A. K., Das, S., Samanta, S., & Goswami, S. (2023). Assessing the role of sustainable development in mitigating the issue of global warming. *Journal of Process Management. New Technologies*, 11(5), 45–58.
- Kumar, V., Gaurav, G., Khan, V., Choudhary, S., & Dangayach, G. S. (2023). Life cycle assessment and its application in medical waste disposal. *Materials Today: Proceedings*.
- Kumari, T., Ghosh, M., & Mukhopadhyay, R. (2024). The warming world and it's impact on phytopathogens and insects. *International Journal of Research in Agronomy*, 7(4S), 101–104. <https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i4Sb.534>
- Lamtai, A., Elkoun, S., Robert, M., Mighri, F., & Diez, C. (2023). Mechanical recycling of thermoplastics: A review of key issues. *Waste*, 10(4), 50.
- Landon, C. G., Miller, S., & Behrens, S. (2016). Integrated collection of infectious waste and disposal thereof.
- Laner, D., & Rechberger, H. (2016). Material flow analysis. In *Environmental and Resource Management*.
- Leal Filho, W., Price, E., Wall, T., Shiel, C., Azeiteiro, U. M., Mifsud, M., Brandli, L., Farinha, C. S., Caeiro, S., Lange Salvia, A., Vasconcelos, C. R., de Sousa, L. O., Pace, P., Doni, F., Veiga Avila, L., Fritzen, B., & LeVasseur, T. J. (2021). COVID-19: The impact of a global crisis on sustainable development teaching. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 11257–11278.
- Lee, A. W. L., Neo, E. R. K., Khoo, Z. Y., Yeo, Z., Tan, Y. S., Chng, S., & Low, J. S. C. (2021). Life cycle assessment of single-use surgical and embedded filtration layer (EFL) reusable face mask. *Resources, Conservation and Recycling*, 170, 105580. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105580>
- Lesmana, O., Guspianto, G., & Kusmawan, D. (2024). Penanganan limbah B3 masker melalui upaya pemberdayaan untuk mencegah penularan COVID-19 di Kelurahan Pematang Sulur Kota Jambi (SMP IT Nurul Ilmi). *Jurnal Salam Sehat Masyarakat (JSSM)*, 5(2).

- Li, C., Yuan, X., Sun, Z., Suvarna, M., Hu, X., Wang, X., & Ok, Y. S. (2022). Pyrolysis of waste surgical masks into liquid fuel and its life-cycle assessment. *Bioresource Technology*, 346, 126582. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126582>
- Liu, Y., Li, T. X., Lv, J., Yan, M., Zhao, J., Sun, J., Yang, X., Liao, C., Fu, J., Shi, J., Qu, G., & Jiang, G. (2023). Disposable polypropylene face masks: A potential source of micro/nanoparticles and organic contaminants in humans. *Environmental Science & Technology*, 57(14).
- Ma, J., Chen, F., Xu, H., Jiang, H., Liu, J., Li, P., & Pan, K. (2021). Face masks as a source of nanoplastics and microplastics in the environment: Quantification, characterization, and potential for bioaccumulation. *Environmental Pollution*, 288, 117748. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117748>
- Ma, Q. (2024). Application of advanced oxidation process based on ozone in water treatment. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 96, 139–143.
- Maceno, M. M. C., Joao, S., Voltolini, D. R., & Zattar, I. C. (2022). Life cycle assessment and circularity evaluation of the non-medical masks in the COVID-19 pandemic: A Brazilian case. *Environment, Development and Sustainability*, 1–28. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02388-2>
- Madurai Elavarasan, R., Shafiullah, G. M., Raju, K., Mudgal, V., Arif, M. T., Jamal, T., Subramanian, S., Balaguru, V. S. S., Reddy, K. S., & Subramaniam, U. (2020). COVID-19: Impact analysis and recommendations for power sector operation. *Applied Energy*, 279, 115739.
- Mallick, S. K., Pramanik, M., Maity, B., et al. (2021). Plastic waste footprint in the context of COVID-19: Reduction challenges and policy recommendations towards sustainable development goals. *Science of the Total Environment*, 796, 148951.
- Mandpe, A., Bhattacharya, A., Paliya, S., Pratap, V., Hussain, A., & Kumar, S. (2022). Life-cycle assessment approach for municipal solid waste management system of Delhi city. *Environmental Research*, 212(Part C), 113424.
- Meegoda, J. N., Watts, D. J., Hsieh, H.-N., & de Souza, B. B. (2021). Community-based pollution prevention for two urban cities—A case study. *Clean Technologies*, 3(1), 4.

- Mega, M. S., Inoue, T., Salsabilla, V. C., Septiariva, I. Y., Mulyana, R., Prayogo, W., Arifianingsih, N. N., & Suhardono, S. (2023). Transforming disposable masks to sustainable gasoline-like fuel via pyrolysis. *Environmental Advances*.
<https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100466>
- Meidiana, C., & Gamse, T. (2010). Development of waste management practices in Indonesia. *European Journal of Scientific Research*, 40(2).
- Mejjad, N., Cherif, E. K., Rodero, A., Krawczyk, D. A., El Kharraz, J., Moumen, A., & Fekri, A. (2021). Disposal behavior of used masks during the COVID-19 pandemic in the Moroccan community: Potential environmental impact. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph18084382>
- Melanie, D., Faubla-Quiroz, M., Mailí, P.-L., & Silvana, M. P.-F. (2022). Situación económica en los periodos pre y post Covid de la exportadora Monmifish. *Aula24*, 3(6), 15–22.
- Meskers, C., Bartie, N., & Reuter, M. A. (2024). Life cycle assessment (LCA). In *Handbook of Recycling* (pp. 157–173). Elsevier.
- Miah, M. J., Pei, J., Kim, H., Sharma, R., Jang, J. G., & Ahn, J. (2023). Property assessment of an eco-friendly mortar reinforced with recycled mask fiber derived from COVID-19 single-use face masks. *Journal of Building Engineering*, 67, 105885.
- Minghua, Z., Xiumin, F., Rovetta, A., Qichang, H., Vicentini, F., Bingkai, L., Giusti, A., & Yi, L. (2009). Municipal solid waste management in Pudong New Area, China. *Waste Management*, 29, 1227–1233.
- Mniszewski, S. M., Del Valle, S. Y., Priedhorsky, R., Hyman, J. M., & Hickman, K. S. (2014). Understanding the impact of face mask usage through epidemic simulation of large social networks. In *Theories and Simulations of Complex Social Systems* (pp. 97–115).
- Mohan, H. T., Jayanarayanan, K., & Mini, K. M. (2022). A sustainable approach for the utilization of PPE biomedical waste in the construction sector. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2021.09.006>
- Mol, M. P. G., & Caldas, S. (2020). Can the human coronavirus epidemic also spread through solid waste? *Waste Management & Research*, 38(5), 485–486.

- Monceau, D., Enjalbert, H., Desgranges, C., Sanviemvongsak, T., Casadebaigt, A., & Perez, T. (2024). Stepwise multi-temperature thermogravimetric analysis (SMT-TGA) for rapid alloy development. *High Temperature Corrosion of Materials*.
- Morganti, P., & Morganti, G. (2020). Surgical & beauty facial masks: The new waste problem of post COVID-19. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 29(4).
- Mubarak, F. A., R. R., & Wood, D. A. (2024). Economic, societal, and environmental impacts of available energy sources: A review. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 5(3). <https://doi.org/10.3390/eng5030067>
- Mukherjee, J., Lodh, B. K., Sharma, R., Mahata, N., Mandal, S., Ghanta, S., & Bhunia, B. (2023). Advanced oxidation process for the treatment of industrial wastewater: A review on strategies, mechanisms, bottlenecks, and prospects. *Chemosphere*, Article 140473.
- Munster, V. J., Feldmann, F., Williamson, B. N., van Doremalen, N., Perez-Perez, L., Schulz, J., ... de Wit, E. (2020). Respiratory disease in rhesus macaques inoculated with SARS-CoV-2. *Nature*, 585(7824), 268–272. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2324-7>
- Nabavi-Pelesaraei, A., Mohammadkashi, N., Naderloo, L., Abbasi, M., & Chau, K. W. (2022). Principal of environmental life cycle assessment for medical waste during COVID-19 outbreak to support sustainable development goals. *Science of the Total Environment*, 827, 154416. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154416>
- Nam, J. Y., Lee, T. R., Tokmurzin, D., Park, S. J., Ra, H. W., Yoon, S. J., & Seo, M. W. (2023). Hydrogen-rich gas production from disposable COVID-19 mask by steam gasification. *Fuel (London)*, 331, 125720. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125720>
- Nghiem, L. D., Morgan, B., Donner, E., & Short, M. D. (2020). The COVID-19 pandemic: Considerations for the waste and wastewater services sector. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 1, 100006. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100006>
- Niede, R., & Benbi, D. K. (2022). Integrated review of the nexus between toxic elements in the environment and human health. *AIMS Public Health*, 9(4), 483–495.
- Nielsen, G. H., Heiger-Bernays, W. J., Levy, J. I., White, R. F., Axelrad, D. A., Lam, J., Chartres, N., Panagopoulos Abrahamsson, D., Rayasam, S. D. G., Shaffer, R. M., Zeise, L., Woodruff, T. J., & Ginsberg, G. L. (2023). Application of probabilistic methods to address

- variability and uncertainty in estimating risks for non-cancer health effects. *Environmental Health*, 21(1), 1–19.
- Ninduwezuor-Ehiobu, N., Adekanmbi, A. O., Ani, E. C., Abatan, A., Izuka, U., & Obaigbena, A. (2024). Assessing the environmental and health impacts of plastic production and recycling. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*.
- Nishat, M. F., Khan, S., & Farooqi, I. H. (2011). An analytic process model for selection of infectious waste management contractors. *International Journal of Mathematics in Operational Research*.
- Nordahl, S. L., Baral, N. R., Helms, B. A., & Scown, C. D. (2023). Complementary roles for mechanical and solvent-based recycling in low-carbon, circular polypropylene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 120(46), e2306902120.
- Nzediegwu, C., & Chang, S. X. (2020). Improper solid waste management increases potential for COVID-19 spread in developing countries. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104947. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104947>
- OECD. (2020). *Making the green recovery work for jobs, income and growth*. Retrieved from [URL not provided]
- Olga Guselnikova, O. S., Kirgina, M., Ivanov, A., Zinoviev, A., & Postnikov, P. (2022). Polymer waste surgical masks decorated by superhydrophobic metal-organic frameworks towards oil spills clean-up. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. [DOI not provided]
- Ouhsine, O., Ouigmane, A., El Layati, B., Aba, R., Rima, J., Isaifan, R., & Berkani, M. (2020). Impact of COVID-19 on the qualitative and quantitative aspect of household solid waste. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 6(4), 41–52.
- Papargyropoulou, E., Lozano, R., Steinberger, J. K., Wright, N., & Bin Ujang, Z. (2014). The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. *Journal of Cleaner Production*, 76, 106–115.
- Parashar, N., & Hait, S. (2021). Plastics in the time of COVID-19 pandemic: Protector or polluter? *Science of the Total Environment*, 759, 144274.

- Pathak, A. J., & Gupta, A. P. (2024). Route of exposure, mechanism of action, and toxicological and human health impacts of disinfection by-products. In [Editor(s) Name(s)] (Ed.), *Book Title* (pp. pages). Springer.
- Patricio Silva, A. L., Prata, J. C., Duarte, A. C., Barcelo, D., & Rocha-Santos, T. (2021). An urgent call to think globally and act locally on landfill disposable plastics under and after COVID-19 pandemic: Pollution prevention and technological (bio)remediation solutions. *Chemical Engineering Journal*, 426, 131201. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131201>
- Patricio Silva, A. L., Prata, J. C., Walker, T. R., Campos, D., Duarte, A. C., Soares, A., ... Rocha-Santos, T. (2020). Rethinking and optimising plastic waste management under COVID-19 pandemic: Policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment. *Science of the Total Environment*, 742, 140565. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140565>
- Pei, L., Sheng, L., Ye, Y., Sun, J., Wang, J., & Ye, Y. (2024). Microplastics from face masks: Unraveling combined toxicity with environmental hazards and their impacts on food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(6).
- Mukherjee, J., Lodh, B. K., Sharma, R., Mahata, N., Mandal, S., Ghanta, S., & Bhunia, B. (2023). Advanced oxidation process for the treatment of industrial wastewater: A review on strategies, mechanisms, bottlenecks, and prospects. *Chemosphere*, Article 140473.
- Munster, V. J., Feldmann, F., Williamson, B. N., van Doremalen, N., Perez-Perez, L., Schulz, J., ... de Wit, E. (2020). Respiratory disease in rhesus macaques inoculated with SARS-CoV-2. *Nature*, 585(7824), 268–272. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2324-7>
- Nabavi-Pelesaraei, A., Mohammadkashi, N., Naderloo, L., Abbasi, M., & Chau, K. W. (2022). Principal of environmental life cycle assessment for medical waste during COVID-19 outbreak to support sustainable development goals. *Science of the Total Environment*, 827, 154416. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154416>
- Nam, J. Y., Lee, T. R., Tokmurzin, D., Park, S. J., Ra, H. W., Yoon, S. J., & Seo, M. W. (2023). Hydrogen-rich gas production from disposable COVID-19 mask by steam gasification. *Fuel (London)*, 331, 125720. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125720>

- Nghiem, L. D., Morgan, B., Donner, E., & Short, M. D. (2020). The COVID-19 pandemic: Considerations for the waste and wastewater services sector. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 1, 100006. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100006>
- Niede, R., & Benbi, D. K. (2022). Integrated review of the nexus between toxic elements in the environment and human health. *AIMS Public Health*, 9(4), 483–495.
- Nielsen, G. H., Heiger-Bernays, W. J., Levy, J. I., White, R. F., Axelrad, D. A., Lam, J., Chartres, N., Panagopoulos Abrahamsson, D., Rayasam, S. D. G., Shaffer, R. M., Zeise, L., Woodruff, T. J., & Ginsberg, G. L. (2023). Application of probabilistic methods to address variability and uncertainty in estimating risks for non-cancer health effects. *Environmental Health*, 21(1), 1–19.
- Ninduwezuor-Ehiobu, N., Adekanmbi, A. O., Ani, E. C., Abatan, A., Izuka, U., & Obaigbena, A. (2024). Assessing the environmental and health impacts of plastic production and recycling. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*.
- Nishat, M. F., Khan, S., & Farooqi, I. H. (2011). An analytic process model for selection of infectious waste management contractors. *International Journal of Mathematics in Operational Research*.
- Nordahl, S. L., Baral, N. R., Helms, B. A., & Scown, C. D. (2023). Complementary roles for mechanical and solvent-based recycling in low-carbon, circular polypropylene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 120(46), e2306902120.
- Nzediegwu, C., & Chang, S. X. (2020). Improper solid waste management increases potential for COVID-19 spread in developing countries. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104947. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104947>
- OECD. (2020). *Making the green recovery work for jobs, income and growth*. Retrieved from [URL not provided]
- Olga Guselnikova, O. S., Kirgina, M., Ivanov, A., Zinoviev, A., & Postnikov, P. (2022). Polymer waste surgical masks decorated by superhydrophobic metal-organic frameworks towards oil spills clean-up. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. [DOI not provided]

- Ouhsine, O., Ouigmane, A., El Layati, B., Aba, R., Rima, J., Isaifan, R., & Berkani, M. (2020). Impact of COVID-19 on the qualitative and quantitative aspect of household solid waste. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 6(4), 41–52.
- Papargyropoulou, E., Lozano, R., Steinberger, J. K., Wright, N., & Bin Ujang, Z. (2014). The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. *Journal of Cleaner Production*, 76, 106–115.
- Parashar, N., & Hait, S. (2021). Plastics in the time of COVID-19 pandemic: Protector or polluter? *Science of the Total Environment*, 759, 144274.
- Pathak, A. J., & Gupta, A. P. (2024). Route of exposure, mechanism of action, and toxicological and human health impacts of disinfection by-products. In [Editor(s) Name(s)] (Ed.), *Book Title* (pp. pages). Springer.
- Patricio Silva, A. L., Prata, J. C., Duarte, A. C., Barcelo, D., & Rocha-Santos, T. (2021). An urgent call to think globally and act locally on landfill disposable plastics under and after COVID-19 pandemic: Pollution prevention and technological (bio)remediation solutions. *Chemical Engineering Journal*, 426, 131201. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131201>
- Patricio Silva, A. L., Prata, J. C., Walker, T. R., Campos, D., Duarte, A. C., Soares, A., ... Rocha-Santos, T. (2020). Rethinking and optimising plastic waste management under COVID-19 pandemic: Policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment. *Science of the Total Environment*, 742, 140565. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140565>
- Pei, L., Sheng, L., Ye, Y., Sun, J., Wang, J., & Ye, Y. (2024). Microplastics from face masks: Unraveling combined toxicity with environmental hazards and their impacts on food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(6).
- Sangkhom, S. (2020). Face mask and medical waste disposal during the novel COVID-19 pandemic in Asia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2, 100052. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100052>
- Sathish, T., Saravanan, R., Sharma, K., Zahmatkesh, S., Muthukumar, K., & Panchal, H. (2023). A novel investigations on medical and non-medical mask performance with influence of marine waste microplastics (polypropylene). *Marine Pollution Bulletin*, 192, 115004. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115004>

- Schmutz, M., Hischier, R., Batt, T., Wick, P., Nowack, B., Wäger, P., & Som, C. (2020). Cotton and surgical masks—What ecological factors are relevant for their sustainability? *Sustainability*, 12(24), 10245. <https://doi.org/10.3390/su122410245>
- SDG MOVE. (2021). รายงานการพัฒนาที่ยั่งยืนฉบับล่าสุดเผย โควิด-19 ทำความก้าวหน้าการบรรลุ SDGs 'ถดถอย' และเรียกร้องให้เพิ่มพื้นที่ทางการคลังในประเทศกำลังพัฒนา.
- Sejin Park, Y. K., & Lee, W., & Nam, C. (2022). Superhydrophobic polypropylene sorbent derived from discarded face masks: A highly efficient adsorbent for oil spill sorbent.
- Selvaranjan, K., Navaratnam, S., Rajeev, P., & Ravintherakumaran, N. (2021). Environmental challenges induced by extensive use of face masks during COVID-19: A review and potential solutions. *Environmental Challenges*, 3, 100039. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100039>
- Serafin, J., Sreńscek-Nazzal, J., Kamińska, A., Paszkiewicz, O., & Michalkiewicz, B. (2022). Management of surgical mask waste to activated carbons for CO₂ capture. *Journal of CO₂ Utilization*, 59, 101970. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.101970>
- Seto, K. C., & Ramankutty, N. (2016, May 19). Hidden linkages between urbanization and food systems. *Science*, 352(6288), 934–945. <https://doi.org/10.1126/science.aaf7439>
- Sewak, A., Deshpande, S., Rundle-Thiele, S., Zhao, F., & Anibaldi, R. (2021). Community perspectives and engagement in sustainable solid waste management (SWM) in Fiji: A socioecological thematic analysis. *Journal of Environmental Management*, 298, 113455. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113455>
- Shams, M., Alam, I., & Mahbub, M. S. (2021). Plastic pollution during COVID-19: Plastic waste directives and its long-term impact on the environment. *Environmental Advances*, 5, 100119. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100119>
- Shan, Y., Chavis, A., Stackhouse, I., Waluyo, A., Hunt, A., Kisslinger, K., Ashley, R., Head, D. C., Bock, D. C., Takeuchi, E. S., Takeuchi, K. J., Wang, L., & Marschilok, A. C. (2021). Reusing face covering masks: Probing the impact of heat treatment. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c04530>
- Shanay, R., Mohd, J., Abid, H., & Raju, V. (2020). Face masks are new normal after COVID-19 pandemic. *Elsevier Public Health Emergency Collection*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7451002>

- Shaw, W. (2010). The unique vulnerability of the human brain to toxic chemical exposure and the importance of toxic chemical evaluation and treatment in orthomolecular psychiatry.
- Shen, M., Zeng, Z., Song, B., Yi, H., Hu, T., Zhang, Y., ... Xiao, R. (2021). Neglected microplastics pollution in global COVID-19: Disposable surgical masks. *Science of the Total Environment*, 790, 148130. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148130>
- Shi, W., Wu, N., Zhang, Z., Liu, Y., Chen, J., & Li, J. (2023). A global review on the abundance and threats of microplastics in soils to terrestrial ecosystem and human health. *Science of the Total Environment*, 888, 169469.
- Shim, Y. S., Kim, Y. K., Kong, S. H., Rhee, S. W., & Lee, W. K. (2003). The adsorption characteristics of heavy metals by various particle sizes of MSWI bottom ash. *Waste Management*, 23(9), 851–857.
- Shirvanimoghaddam, K., Czech, B., Yadav, R., Gokce, C., Fusco, L., Delogu, L. G., ... Naebe, M. (2022). Facemask global challenges: The case of effective synthesis, utilization, and environmental sustainability. *Sustainability*, 14(2), 737. <https://doi.org/10.3390/su14020737>
- Shukla, S., Khan, R., Saxena, A., & Sar, S. (2022). Microplastics from face masks: A potential hazard post COVID-19 pandemic. *Chemosphere*, 302, 134805. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134805>
- Shulla, K., Voigt, B. F., Cibian, S., Scandone, G., Martinez, E., Nelkovski, F., & Salehi, P. (2021). Effects of COVID-19 on the Sustainable Development Goals (SDGs). *Discover Sustainability*, 2(1), 15. <https://doi.org/10.1007/s43621-021-00026-x>
- Silva, D. A. L., Nunes, A. O., Piekarski, C. M., Moris, V. A. S., & Rodrigues, T. (2019). Why using different Life Cycle Assessment software tools can generate different results for the same product system? A cause–effect analysis of the problem. *Sustainable Production and Consumption*, 20, 304–315.
- Singh, V., & Mishra, V. (2021). Environmental impacts of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Bioresource Technology Reports*, 15, 100744.
- Singh, E., Kumar, A., Mishra, R., & Kumar, S. (2022). Solid waste management during COVID-19 pandemic: Recovery techniques and responses. *Chemosphere*, 288(Part 1), 132451. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132451>

- Singh, R. K., Patil, T., Verma, A., Tekade, S. P., & Sawarkar, A. N. (2021). Insights into kinetics, reaction mechanism, and thermodynamic analysis of pyrolysis of rice straw from rice bowl of India. *Bioresource Technology Reports*, 13, 100639.
- Singh, V. B. (2024). Soil pollution. In *Environmental Pollutants and their Impact on Life* (pp. 345-358).
- Song, W., Pan, B., Kan, H., Xu, Y., & Yi, Z. (2020). Heat inactivating and reusing of virus-contaminated disposable medical mask. *medRxiv*. doi:10.1101/2020.07.01.20144527
- Soo, X. Y. D., Wang, S., Yeo, C. C. J., Li, J., Ni, X. P., Jiang, L., Xue, K., Li, Z., Fei, X., & Loh, X. J. (2022). Polylactic acid face masks: Are these the sustainable solutions in times of COVID-19 pandemic? *Science of the Total Environment*, 807(Part 3), 151084.
- Sopelana, A., Auriault, C., Aze, F., Fifer Bizjak, K., Mauko, A., Basal, A., & Cepria Pamplona, J. J. (2017). *Comprehensive analysis of the existing and emerging approaches of circular economy models in pulp and paper industry*. Tecnalia.
- Stankiewicz K. (2020). *3M is making more N95 masks than ever as global Covid cases rise*.
- Stovpets, O. (2020). Social-ecological approach to analysis of the municipal waste utilization problem in metropolis (through the lens of philosophy and law). *Skhid*, 0(1(165)), 52-59. doi:10.21847/1728-9343.2020.1(165).197085
- Sun, M., Liu, T., Wang, X., Liu, T., Li, M., Chen, G., & Jiang, D. (2023). Roles of thermal energy storage technology for carbon neutrality. *Carbon Neutrality*, 2(1).
- Sun, W., Dong, H., Wang, Y., Duan, S., Ji, W., Huang, H., Gu, J., & Qiang, Z. (2023). Ultraviolet (UV)-based advanced oxidation processes for micropollutant abatement in water treatment: Gains and problems. *Journal of Environmental Chemical Engineering*.
- Suresh, P., Paul, A., Kumar, B. A., Ramalakshmi, D., Prakash, D. S., & Boopathi, S. (2024). Strategies for Carbon Footprint Reduction in Advancing Sustainability in Manufacturing. *Advances in Chemical and Materials Engineering Book Series*, 317–350.
- Suwanahong, K., Prasomjit, K., Jeenko, A., Wongcharoen, A., Detsutthikorn, P., & Chotikawin, R. (2020). Efficiency of a sterilizer machine for face masks using the advanced oxidation process. Paper presented at the *Proceedings of the TSHE 3rd National Conference on Environment: Healthy Environment in the Next Decade (2021-2030 A.D.)*, Burapha University, Chonburi, Thailand.

- Syahrudin, S., Salomon, G. A., & Anggeraeni, A. (2024). Community empowerment efforts in improving environmental health. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Edukasi Inovatif*, 1(2).
- Szefer, E. M., Majka, T. M., & Pielichowski, K. (2021). Characterization and Combustion Behavior of Single-Use Masks Used during COVID-19 Pandemic. *Materials (Basel)*, 14(13). doi:10.3390/ma14133501
- Tabatabaei, M., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Yang, Y., Aghbashlo, M., Lam, S. S., Montgomery, H., & Peng, W. (2021). Exergy intensity and environmental consequences of the medical face masks curtailing the COVID-19 pandemic: Malign bodyguard? *J Clean Prod*, 313, 127880. doi:10.1016/j.jclepro.2021.127880
- Tayal, S., & Singh, S. (2021). Covid-19 and opportunity for integrated management of water–energy–food resources for urban consumption. In: *Environmental Resilience and Transformation in Times of COVID-19*. Elsevier, pp 135–142.
- Tee, M. L., & Cruz, D. E. (2022). A Vehicle Routing Problem in Plastic Waste Management Considering the Collection Point Location Decisions. Paper presented at the 2022 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM).
- TEI. Thailand Environment Institute (TEI). (2020). *Solid Waste During COVID-19*.
- Tesfaldet, Y. T., Ndeh, N. T., Budnard, J., & Treeson, P. (2022). Assessing face mask littering in urban environments and policy implications: The case of Bangkok. *Sci Total Environ*, 806(Pt 4), 150952. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.150952
- Tesfaldet, Y. T., Ndeh, N. T., Budnard, J., & Treeson, P. (2022). Assessing face mask littering in urban environments and policy implications: The case of Bangkok. *The Science of the Total Environment*, 806(Pt 4), 150952.
- Torres, F. G., & De-la-Torre, G. E. (2021). Face mask waste generation and management during the COVID-19 pandemic: An overview and the Peruvian case. *Science of The Total Environment*, 786. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.147628
- Tripathi, A., Tyagi, V.K., Vivekanand, V., Bose, P., & Suthar, S. (2020). Challenges, opportunities and progress in solid waste management during COVID-19 pandemic. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2, 100060.

- UNESCO. (2020). *Education: from disruption to recovery*.
- United Nations ESCAP. (2020). *The Covid-19 pandemic and violence against women in Asia and the Pacific*.
- United States Environmental Protection Agency. (2020). *Best practices for solid waste management: A guide for decision-makers in developing countries* (EPA 530-R-20-002). Office of Resource Conservation and Recovery.
- Škorjanc, A., Goričanec, D., & Urbanič, D. (2024). Assessing energy potential and chemical composition of food waste thermodynamic conversion products: A literature review. *Energies*, 17(8), 1897.
- Vanapalli, K. R., Sharma, H. B., Ranjan, V. P., Samal, B., Bhattacharya, J., Dubey, B. K., & Goel, S. (2021). Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic. *Science of the Total Environment*, 750, 141514. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141514
- Vieira, D. R., Calmon, J. L., & Coelho, F. Z. (2016). Life cycle assessment (LCA) applied to the manufacturing of common and ecological concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 124, 656-666.
- Walters, J., Mirkouei, A., & Makrakis, G. M. (2022). A quantitative approach and an open-source tool for social impacts assessment. *Proceedings of the ASME 2022 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*.
- Wang, J., & Azam, W. (2024). Natural resource scarcity, fossil fuel energy consumption, and total greenhouse gas emissions in top emitting countries. *Geoscience Frontiers*, 15(2). doi:10.1016/j.gsf.2023.101757
- Wang, Q., & Huang, R. (2021). The impact of COVID-19 pandemic on sustainable development goals - A survey. *Environmental Research*, 202, 111637. doi:10.1016/j.envres.2021.111637
- Wang, X., Hu, H.-B., Zheng, X., Deng, W.-B., Chen, J.-Y., Zhang, S., & Cheng, C. (2022). Will climate warming of terrestrial ecosystem contribute to increase soil greenhouse gas fluxes in plot experiment? A global meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 827, 154114.

- Wang, Y., Yu, J., & Wang, Y. (2017). Categorised trash collecting and transporting system.
- Wang, Y., Zheng, K.-D., Guo, H., Tian, L., He, Y.-L., Wang, X.-M., Zhu, T., Sun, P., & Liu, Y. (2022). Potassium permanganate-based advanced oxidation processes for wastewater decontamination and sludge treatment: A review. *Chemical Engineering Journal*.
- Waswani, H., Singh, D., & Ranjan, R. (2022). Alternative fuels for agriculture sustainability: Carbon footprint and economic feasibility. *AgriEngineering*, 4(4), 63.
- WHO. *Coronavirus*. Available online: [No specific URL provided in original, so leaving as is.]
- Wilson, D. C., Paul, J., Ramola, A., & Silva Filho, C. (2024). Unlocking the significant worldwide potential of better waste and resource management for climate mitigation: With particular focus on the Global South. *Waste Management & Research*, 42(10), 860–872.
- Woods, J. S., Damiani, M., Fantke, P., Henderson, A. D., Johnston, J. M., Bare, J., Sala, S., Maia de Souza, D., Pfister, S., Posthuma, L., Rosenbaum, R. K., & Verones, F. (2018). Ecosystem quality in LCIA: Status quo, harmonization, and suggestions for the way forward. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(11), 1995–2006.
- World Resources Institute. (2020). *Tackling inequality in cities is essential for fighting COVID-19*.
- World Trade Organization. (2020). *Trade set to plunge as COVID-19 pandemic upends global economy*.
- Xenia, A. M., Mutke, P., Swiderski, F., Drees, O., Akin, H. V., Lutze, T. C., & Schmidt, T. C. (2024). Efficiency of ozonation and sulfate radical-AOP for removal of pharmaceuticals, corrosion inhibitors, x-ray contrast media and perfluorinated compounds from reverse osmosis concentrates. *Water Research*.
- Xiao, S., Yuan, Z., & Huang, Y. (2022). Disinfectants against SARS-CoV-2: A review. *Viruses*, 14(8), Article 1721.
- Xiu, F.-R., Zhan, L., Qi, Y., Wu, T., & Ju, Y. (2024). Upcycling of waste disposable medical masks to high value-added gasoline fuel and surfactants products by sub/supercritical water degradation and partial oxidation. *Journal of Hazardous Materials*, 476, 134950.
- Xu, E. G., & Ren, Z. J. (2021). Preventing masks from becoming the next plastic problem. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 15(6), 125.

- Yang, N., Zhang, H., Chen, M., Shao, L. M., & He, P. J. (2012). Greenhouse gas emissions from MSW incineration in China: impacts of waste characteristics and energy recovery. *Waste Management*, 32(12), 2552-2560. doi:10.1016/j.wasman.2012.06.008
- Yim, S. H. L., Li, Y., Huang, T., Lim, J. T., Lee, H. F., Chotirmall, S. H., Dong, G. H., Abisheganaden, J., Wedzicha, J. A., Schuster, S. C., Horton, B. P., & Sung, J. J. Y. (2024). Global health impacts of ambient fine particulate pollution associated with climate variability. *Environment International*, 186, 108587.
- Yuliu, Z., Luo, Y., & Ierapetritou, M. G. (2024). *Design of plastic waste chemical recycling process considering uncertainty*.
- Zabihi, O., Patrick, R., Ahmadi, M., Forrester, M., Huxley, R., Wei, Y., Hadigheh, S. A., & Naebe, M. (2024). Mechanical upcycling of single-use face mask waste into high-performance composites: An ecofriendly approach with cost-benefit analysis. *Science of The Total Environment*, 170469.
- Zakhilwal, S. A., Shirzad, W., & Behsoodi, M. M. (2024). A Comprehensive Review of Engineering Strategies for Environmental Sustainability in Sustainable Waste Management. *International Journal of Current Science Research and Review*, 07(10).
- Zambrano-Monserrate, M. A., Ruano, M. A., & Sanchez-Alcalde, L. (2020). Indirect effects of COVID-19 on the environment. *Science of the Total Environment*, 728, 138813. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138813
- Zhang, C., Hua, M., Di Maio, F., Sprecher, B., Yang, X., & Tukker, A. (2022). An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. *Science of the Total Environment*, 803, 149892.
- Zhao, C., Chen, L., Li, H., Li, J., Han, W., Yifei, J., & Lin, G. (2020). Disposable mask using nanofiber coated paper-based filter material as middle filter layer.
- Zhong, Q., Zhang, Z., Wang, H., Zhang, X., Wang, Y., Wang, P., Ma, F., Yue, Q., Du, T., Chen, W.-Q., & Liang, S. (2023). Incorporating scarcity into footprints reveals diverse supply chain hotspots for global fossil fuel management. *Applied Energy*.



ภาคผนวก



1. คำถามการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview)



สัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview)

สำหรับผู้บริหารเทศบาลตำบลทับมาในด้านการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน

(ส่วนนำ)

เรื่อง การพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนของเทศบาลตำบลทับมาในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

ผู้วิจัย ศิวภา สิริจามร นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

(ส่วนผู้ถูกสัมภาษณ์)

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์

ตำแหน่ง

ประสบการณ์ในการทำงาน.....ปี สถานที่/หน่วยงาน.....

สัมภาษณ์เมื่อ (วัน/เดือน/ปี) เริ่มสัมภาษณ์เวลา

(ส่วนคำถาม)

ประเด็นคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

- 1) ท่านคิดว่าควรมีวิธีการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งอย่างไร เพื่อให้เป็นไปตามหลักการทางสิ่งแวดล้อมและสุขภาพสาธารณะอย่างเหมาะสม
- 2) ท่านคิดว่ากระบวนการจัดการขยะในปัจจุบันของเทศบาลตำบลทับมา (ROSSES การลด การคัดแยก การนำไปใช้ประโยชน์ และการนำไปขาย) มีประสิทธิภาพในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งได้ดีเพียงพอแล้วหรือไม่อย่างไร
- 3) ท่านคิดว่าองค์กรหรือผู้รับผิดชอบใดที่ควรมีบทบาทในการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง ในพื้นที่เทศบาลตำบลทับมาอย่างยั่งยืน
- 4) ท่านคิดว่า ควรมีการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรม มาใช้อย่างไรในกระบวนการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัย เพื่อให้มีประสิทธิภาพ และการควบคุมการแพร่กระจายของโรคได้สูงสุดอย่างไร

- 5) ท่านคิดว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ อย่างไร หากนำมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนามั้ยแบบใช้แล้วทิ้งมาแปรรูปหรือนำมาผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ หรือควรกำจัด เช่น ฝังกลบ เผา เป็นต้น เศรษฐกิจหมุนเวียน
- 6) ท่านคิดว่ากระบวนการทางกฎหมาย ระเบียบหรือนโยบายใด ที่อาจมีผลกระทบต่อการบริหารจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนามั้ยแบบใช้แล้วทิ้ง
- 7) ท่านคิดว่าโอกาสในพื้นที่ ที่จะทำให้การจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนามั้ยแบบใช้แล้วทิ้งประสบความสำเร็จประกอบด้วยอะไรบ้าง (เช่น การสร้างการตลาดสำหรับการรีไซเคิลน้ำกากอเนามั้ย หรือการร่วมมือกับบริษัทเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีใหม่)
- 8) ท่านคิดว่าองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สามารถสนับสนุนให้โครงการประสบความสำเร็จได้อย่างไรบ้าง (เช่น การประชาสัมพันธ์ การณรงค์สร้างจิตสำนึกและความตระหนัก การให้ความรู้ การจัดระบบบริการสาธารณะที่เพียงพอ และการสร้างความร่วมมือกับเครือข่าย)
- 9) ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรหากนำแนวทางการบริหารจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนามั้ยแบบใช้แล้วทิ้งไปปฏิบัติจริงในพื้นที่ตำบลทับมา
- 10) ท่านคิดว่าปัจจัยอะไรบ้างที่จะทำให้แนวทางการบริหารจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนามั้ยแบบใช้แล้วทิ้งประสบความสำเร็จ และเป็นอุปสรรคสำคัญหากนำไปใช้จริง
- 11) ท่านมีข้อเสนอแนะอย่างไรเพื่อให้แนวทางการบริหารจัดการมูลฝอยประเภทน้ำกากอเนามั้ยแบบใช้แล้วทิ้งมีประสิทธิภาพและยั่งยืน
- 12) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม



2. แบบบันทึกประเด็นสำหรับการสนทนากลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของเทศบาลตำบลทับมาในด้านการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน ในระยะที่ 1 Public Screening



แบบบันทึกประเด็นการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion)

เรื่อง การพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนของเทศบาลตำบลทับมาในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

คำชี้แจง 1. วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยครั้งนี้เพื่อจัดเก็บข้อมูลในการนำไปใช้ในการวิเคราะห์และสังเคราะห์การศึกษารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน

2. ผลการบันทึกการสนทนากลุ่มจะไม่มีผลกระทบใด ๆ แก่กลุ่มผู้ให้ข้อมูล แต่จะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ในการวิจัย และสร้างองค์ความรู้เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาในพื้นที่ต่อไป

คำรับรองการยินยอมเข้าร่วมให้ข้อมูลในการวิจัย

ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย ได้แจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่าง ๆ ที่จะต้องปฏิบัติตามที่ระบุไว้ในคำชี้แจงเบื้องต้นให้แก่ผู้เข้าร่วมให้ข้อมูลทุกท่านทราบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว จึงขออนุญาตให้ทุกท่านที่เข้าร่วมเวทีสนทนากลุ่ม หากเห็นด้วยและยินยอมที่จะให้ข้อมูล โปรดยกมือเพื่อเป็นการแสดงถึงความยินยอมในการให้ข้อมูลในครั้งนี้

กลุ่มเป้าหมายที่เข้าร่วมสนทนากลุ่ม

จำนวน.....18.....คน

☐ ผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่มทุกคน ยินยอมให้ข้อมูลในครั้งนี้

☐ ผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่ม จำนวน.....คน ไม่ยินยอมหรือไม่สะดวกในการให้ข้อมูลในครั้งนี้

เนื่องจาก.....

☐ ไม่สามารถดำเนินการสนทนากลุ่มได้เนื่องจาก.....

หมายเหตุ : ต้องมีผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่มอย่างน้อยไม่ต่ำกว่ากึ่งหนึ่งของจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่กำหนด จึงจะสามารถดำเนินเวทีสนทนากลุ่มได้

รายชื่อผู้เข้าร่วมเวทีสนทนากลุ่ม

- 1) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....
- 2) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....
- 3) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....
- 4) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....
- 5) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....

- 6) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 7) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 8) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 9) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 10) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 11) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 12) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 13) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 14) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 15) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 16) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 17) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 18) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....

รายชื่อเจ้าหน้าที่ผู้ดำเนินเวทีสนทนากลุ่ม

- 1) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 2) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 3) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 4) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....

วันที่สัมภาษณ์..... เวลา..... สถานที่.....

ประเด็นสัมภาษณ์

1. จากสถานการณ์ปริมาณหมอกควันที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มจะสูงขึ้นไปอีก เนื่องจากใช้ป้องกันการแพร่ระบาดของโควิด-19 และ PM2.5 ท่านคิดว่าเราควรมีระบบการจัดการ ฝุ่นฝอยประเภทหมอกควันแบบใช้แล้วทิ้งหรือไม่ อย่างไร
2. ท่านคิดว่าในพื้นที่ของท่านมีรูปแบบการจัดการขยะหมอกควันแบบใช้แล้วทิ้งที่เฉพาะเจาะจงหรือไม่ และท่านคิดว่าควรมีนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีอะไรมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการ
3. ระบบหรือแนวทางการบริหารจัดการฝุ่นฝอยประเภทหมอกควันแบบใช้แล้วทิ้งในความเห็นของท่านควรเป็นอย่างไร
4. ท่านคิดว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ อย่างไร หากนำหมอกควันแบบใช้แล้วทิ้งมาแปรรูปหรือนำมาผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ หรือควรกำจัดด้วยวิธีการแบบเดิม ได้แก่ การเผา และฝังกลบ
5. ท่านคิดว่าอะไรเป็นอุปสรรคสำคัญในการสร้างระบบการจัดการฝุ่นฝอยประเภทหมอกควันแบบใช้แล้วทิ้งอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน
6. ท่านคิดว่าปัจจัยอะไรที่เป็นตัวกำหนดความสำเร็จของการจัดการฝุ่นฝอยประเภทหมอกควันแบบใช้แล้วทิ้ง



3. แบบบันทึกประเด็นสำหรับการสนทนากลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของเทศบาลตำบลทับมาในด้านการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน ในระยะที่ 2 Public Scoping



แบบบันทึกประเด็นการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion)

เรื่อง การพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนของเทศบาลตำบลทับมาในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

คำชี้แจง 1. วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยครั้งนี้เพื่อจัดเก็บข้อมูลในการนำไปใช้ในการวิเคราะห์และสังเคราะห์การศึกษารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน

2. ผลการบันทึกการสนทนากลุ่มจะไม่มีผลกระทบใด ๆ แก่กลุ่มผู้ให้ข้อมูล แต่จะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ในการวิจัย และสร้างองค์ความรู้เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาในพื้นที่ต่อไป

คำรับรองการยินยอมเข้าร่วมให้ข้อมูลในการวิจัย

ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย ได้แจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่าง ๆ ที่จะต้องปฏิบัติตามที่ระบุไว้ในคำชี้แจงเบื้องต้นให้แก่ผู้เข้าร่วมให้ข้อมูลทุกท่านทราบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว จึงขออนุญาตให้ทุกท่านที่เข้าร่วมเวทีสนทนากลุ่ม หากเห็นด้วยและยินยอมที่จะให้ข้อมูลโปรดยกมือเพื่อเป็นการแสดงถึงความยินยอมในการให้ข้อมูลในครั้งนี้

กลุ่มเป้าหมายที่เข้าร่วมสนทนากลุ่ม

จำนวน.....18.....คน

☐ ผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่มทุกคน ยินยอมให้ข้อมูลในครั้งนี้

☐ ผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่ม จำนวน.....คน ไม่ยินยอมหรือไม่สะดวกในการให้ข้อมูลในครั้งนี้

เนื่องจาก.....

☐ ไม่สามารถดำเนินการสนทนากลุ่มได้เนื่องจาก.....

หมายเหตุ : ต้องมีผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่มอย่างน้อยไม่ต่ำกว่ากึ่งหนึ่งของจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่กำหนด จึงจะสามารถดำเนินเวทีสนทนากลุ่มได้

รายชื่อผู้เข้าร่วมเวทีสนทนากลุ่ม

- 1) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....
- 2) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....
- 3) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....
- 4) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....
- 5) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....

- 6) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 7) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 8) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 9) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 10) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 11) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 12) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 13) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 14) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 15) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 16) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 17) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 18) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....

รายชื่อเจ้าหน้าที่ผู้ดำเนินเวทีสนทนากลุ่ม

- 1) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 2) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 3) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 4) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....

วันที่สัมภาษณ์..... เวลา..... สถานที่.....

ประเด็นสัมภาษณ์

1. ท่านคิดว่าร่างรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนที่น่าเสนอ ควรมีรายละเอียดการปฏิบัติอย่างไรให้สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่
2. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรหากนำรูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนที่น่าเสนอไปปฏิบัติจริงในพื้นที่
3. ท่านคิดว่าควรมีตัวชี้วัดด้านไหนบ้าง เพื่อประเมินผลรูปแบบการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน
4. ท่านมีข้อเสนอแนะอย่างไรเพื่อให้แนวทางการบริหารจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น
5. ท่านคิดว่ารูปแบบการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนที่สร้างขึ้น ต้องมีความร่วมมือระหว่างภาคีเครือข่ายใดบ้าง ที่สนับสนุนให้โครงการประสบความสำเร็จ



4. แบบบันทึกประเด็นสำหรับการสนทนากลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของเทศบาลตำบลทับมาในด้านการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน ในระยะที่ 3 Public Assessing



แบบบันทึกประเด็นการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion)

เรื่อง การพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนของเทศบาลตำบลทับมาในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

คำชี้แจง 1. วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยครั้งนี้เพื่อจัดเก็บข้อมูลในการนำไปใช้ในการวิเคราะห์และสังเคราะห์การศึกษารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน

2. ผลการบันทึกการสนทนากลุ่มจะไม่มีผลกระทบใด ๆ แก่กลุ่มผู้ให้ข้อมูล แต่จะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ในการวิจัย และสร้างองค์ความรู้เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาในพื้นที่ต่อไป

คำรับรองการยินยอมเข้าร่วมให้ข้อมูลในการวิจัย

ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย ได้แจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่าง ๆ ที่จะต้องปฏิบัติตามที่ระบุไว้ในคำชี้แจงเบื้องต้นให้แก่ผู้เข้าร่วมให้ข้อมูลทุกท่านทราบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว จึงขออนุญาตให้ทุกท่านที่เข้าร่วมเวทีสนทนากลุ่ม หากเห็นด้วยและยินยอมที่จะให้ข้อมูลโปรดยกมือเพื่อเป็นการแสดงถึงความยินยอมในการให้ข้อมูลในครั้งนี้

กลุ่มเป้าหมายที่เข้าร่วมสนทนากลุ่ม

จำนวน.....18.....คน

☐ ผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่มทุกคน ยินยอมให้ข้อมูลในครั้งนี้

☐ ผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่ม จำนวน.....คน ไม่ยินยอมหรือไม่สะดวกในการให้ข้อมูลในครั้งนี้

เนื่องจาก.....

☐ ไม่สามารถดำเนินการสนทนากลุ่มได้เนื่องจาก.....

หมายเหตุ : ต้องมีผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่มอย่างน้อยไม่ต่ำกว่ากึ่งหนึ่งของจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่กำหนด จึงจะสามารถดำเนินเวทีสนทนากลุ่มได้

รายชื่อผู้เข้าร่วมเวทีสนทนากลุ่ม

- 1) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....
- 2) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....
- 3) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....
- 4) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....
- 5) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง.....เบอร์.....

- 6) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 7) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 8) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 9) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 10) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 11) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 12) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 13) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 14) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 15) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 16) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 17) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 18) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....

รายชื่อเจ้าหน้าที่ผู้ดำเนินเวทีสนทนากลุ่ม

- 1) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 2) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 3) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....
- 4) ชื่อ-นามสกุล..... ตำแหน่ง..... เบอร์.....

วันที่สัมภาษณ์..... เวลา..... สถานที่.....

ประเด็นสัมภาษณ์

1. ท่านคิดผลของการประเมินรูปแบบการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน ด้านสิ่งแวดล้อม สุขภาพและเศรษฐกิจที่น่าเสนอ มีประเด็นไหนที่ควรปรับปรุง และประเด็นไหนที่ควรพัฒนาให้รูปแบบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2. ท่านคิดว่าอะไรที่เป็นปัญหา/อุปสรรค ในการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน และอะไรที่เป็นโอกาสในการดำเนินงาน
3. ท่านคิดว่า เทศบาลควรมีแผนงาน หรือนโยบายอย่างไร ในการส่งเสริมความรับผิดชอบของประชาชนด้านการจัดการขยะหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน
4. ท่านมีความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอย่างไร ในการปรับปรุงและพัฒนา รูปแบบการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน เพื่อให้ถูกนำไปใช้ได้จริงและมีประสิทธิภาพมากที่สุด
5. หากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีการนำรูปแบบการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยไปใช้ ท่านจะมีแนวทางในการติดตามและปรับปรุงอย่างไรเพื่อให้เกิดความยั่งยืน



5. ผู้ทรงคุณวุฒิที่ทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในการวิจัย

ที่	รายชื่อ	ความเชี่ยวชาญ
1	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริอุมา เจาะจิตต์ อาจารย์ประจำสำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	ด้านการประเมินผลกระทบด้าน สุขภาพ
2	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ วงษ์ขารี อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ด้านการประเมินผลกระทบด้าน สิ่งแวดล้อม LCA และ Eco- Efficiency
3	รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์ คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและ ชุมชน
4	ดร.เรวดี อนุวัฒนา ผู้เชี่ยวชาญวิจัย กลุ่มวิจัยและพัฒนาด้านพัฒนาอย่างยั่งยืน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย	ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมใน การจัดการมูลฝอย
5	รองศาสตราจารย์ ดร.สัญญา สิริวิทยาปกรณ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ด้านการพัฒนานโยบายทางด้าน สิ่งแวดล้อมและสาธารณสุข



ภาคผนวก ข

หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์



เลขที่ IRB3-068/2566

**เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยบูรพา**

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย: G-HS 052/2566

โครงการวิจัยเรื่อง: การพัฒนารูปแบบนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยประเภทหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลัก
เศรษฐกิจหมุนเวียน ของเทศบาลตำบลบ้านโนนเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

หัวหน้าโครงการวิจัย: นางสาวศิวา สิริจามร

หน่วยงานที่สังกัด: คณะสาธารณสุขศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก (งานนิพนธ์/วิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์):

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โกวิท สุวรรณหงษ์ หน่วยงานที่สังกัด: คณะสาธารณสุขศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม (งานนิพนธ์/วิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์):

รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐ์ บวรเกียรติกุล หน่วยงานที่สังกัด: คณะสาธารณสุขศาสตร์

วิธีทบทวน: ☒ Exemption ☐ Expedited ☐ Full board

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า โครงการวิจัย
ดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ ไม่มีการ
ก่อกวนละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ตัวผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

- | | |
|--|--|
| 1. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ | ฉบับที่ 2 วันที่ 15 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2566 |
| 2. โครงการวิจัยฉบับภาษาไทย | ฉบับที่ 1 วันที่ 14 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2566 |
| 3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย | ฉบับที่ 2 วันที่ 15 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2566 |
| 4. เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย | ฉบับที่ 2 วันที่ 15 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2566 |
| 5. แบบเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น แบบบันทึกข้อมูล (Data Collection Form) | |
| แบบสอบถาม หรือสัมภาษณ์ หรืออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง | ฉบับที่ 1 วันที่ 14 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2566 |
| 6. เอกสารอื่น ๆ (ถ้ามี) | ฉบับที่ - วันที่ - เดือน - พ.ศ. - |

วันที่รับรอง: วันที่ 11 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันที่หมดอายุ: วันที่ 11 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2567

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพทย์หญิงธรรม แฉ่มประทุม)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สำหรับโครงการวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา และระดับปริญญาตรี
ชุดที่ 3 (กลุ่มคลินิก/วิทยาศาสตร์สุขภาพ/วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

**** หมายเหตุ การรับรองนี้มีรายละเอียดตามที่ระบุไว้ด้านหลังเอกสารรับรอง ****



1. แสดงรายละเอียดในการเก็บข้อมูลการคัดแยกองค์ประกอบของมูลฝอย

รายละเอียด	ผู้เก็บ	วันที่	สภาพ	เส้นทาง	ประเภทของ	ขนาดของ	ทะเบียน	สถานที่กำจัดมูล
	คน	เก็บ	อากาศ	เก็บขน	รถเก็บขนมูล	รถเก็บขน	รถเก็บ	ฝอย
					ฝอย	(ลบ.ม.)	ขน	
การเก็บ	ครั้งที่	เอกชน	วันพุธที่	ร้อน	รอบพื้นที่	รถบรรทุก	1	ศูนย์กำจัดมูล
องค์ประกอบมูล	1		2 มีนาคม		เทศบาล	มูลฝอย 4 ล้อ	718874	ฝอยรวมแบบ
ฝอยของเทศบาล			2565		ตำบลทับมา		เบอร์	ฝอยรวมแบบ
ตำบลทับมา							C030	ครบวงจร
								จังหวัดระยอง
	ครั้งที่	เอกชน	วันหยุด	ฝน	รอบพื้นที่	รถบรรทุก	1	ศูนย์กำจัดมูล
	2		นักษัตรฤกษ์		เทศบาล	มูลฝอย 4 ล้อ	718874	ฝอยรวมแบบ
			วันที่ 13		ตำบลทับมา		เบอร์	ฝอยรวมแบบ
			สิงหาคม				C030	ครบวงจร
			2566					จังหวัดระยอง

2. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพมูลฝอย ณ สถานที่กำจัดมูลฝอย

ประเภทของ	ชนิดของมูลฝอย	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของ
มูลฝอย		ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก	น้ำหนักรวม	น้ำหนัก
		(กก.)	(กก.)	(กก.)	
มูลฝอยรีไซเคิล	1 กระดาษ (ไม่รวมกระดาษชำระ)	0.9000	1.0000	0.9500	3.0978
	1.1 กระดาษขาว A4/สมุด	N/A	N/A	N/A	N/A
	1.2 หนังสือพิมพ์	N/A	N/A	N/A	N/A
	1.3 หนังสือ/นิตยสาร/กระดาษแข็ง				
	เช่น แฟงขนม	0.1000	0.1000	0.1000	0.3261
	1.4 กระดาษกราฟ (ลูกฟูกสีน้ำตาล)	0.4667	0.6333	0.5500	1.7935
	1.5 กระดาษกล่องนม/น้ำผลไม้	0.3333	0.2667	0.3000	0.9783
	2.พลาสติก	10.7333	8.0000	9.3677	30.5435
	2.1 พลาสติกใส (PET) พลาสติกที่กันซึม	0.3333	0.2667	0.3000	0.9783
	รวมเป็นจุดตรงกลาง (ขวดน้ำอัดลม ขวด				
	น้ำมันพืช น้ำปลา น้ำดื่ม ด้ามแปรงสีฟัน				
	คล้าย)				
	2.2 พลาสติก (HDPE) (ขวดน้ำขาวขุ่น ขวด	3.4333	3.2333	3.3333	10.8696
	นม ถุงช้อปปิ้ง ถัง ขวดแชมพู)				
	2.3 พลาสติก (PVC) พลาสติกที่กันซึมเป็น	0.1333	0.2667	0.2000	0.6522
	ซีด (ขวดน้ำดื่มใส ขวดน้ำมันพืช ขวดน้ำ				
	ผลไม้ กล่องใส่ไข่ของหวาน)				

ประเภทของ มูลฝอย	ชนิดของมูลฝอย	ฤดูร้อน ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กก.)	ฤดูฝน ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กก.)	ค่าเฉลี่ย น้ำหนักรวม (กก.)	ร้อยละของ น้ำหนัก
	2.4 พลาสติก (LDPE) (ถุงซิป หลอด เครื่องสำอางค์ ถุงเย็น จุกในขวดน้ำเกลือ)	4.9000	2.2333	3.5667	11.6304
	2.5 พลาสติกขุ่น (PP) (ฝาภาชนะ ถุงร้อน กระบอกเข็มฉีดยา หลอดกาแฟ ด้วย พลาสติกอื่น)	0.3333	0.4333	0.3833	1.2500
	2.6 พลาสติก (PS) (กล่องใส ของเล่น ถาดใส่ อาหาร ด้วยไอศกรีม ไม้บรรทัด)	0.1000	0.1333	0.1167	0.3804
	2.7 พลาสติก (EPS) (กล่องโฟมใส่อาหาร โฟ มกันกระแทก)	0.1333	0.3667	0.2500	0.8152
	2.8 ถุงบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนย่น (multilayer flexible packaging) (ถุงน้ำยาปรับผ้านุ่ม น้ำยา ซักผ้า กล่องนม)	0.5000	0.2667	0.3833	1.2500
	2.9 หน้ากากอนามัย	0.8667	0.8000	0.8333	2.7174
	3 โลหะ	0.1000	0.3000	0.2000	0.6522
	3.1 อลูมิเนียม (กระป๋องโค้ก เป๊ปซี่ เบียร์)	N/A	0.2000	0.1000	0.3261
	3.2 เหล็ก/เหล็กเคลือบ (กระป๋องนม ผลไม้ กระป๋อง อาหารกระป๋อง)	0.0667	0.1000	0.0833	0.2717
	3.3 ทองแดง/ทองเหลือง (สายไฟ ก๊อมน้ำ)	0.0333	N/A	0.0167	0.0543
	3.4 สังกะสีเคลือบ	N/A	N/A	N/A	N/A
	3.5 ตะกั่ว	N/A	N/A	N/A	N/A
	3.6 อื่นๆ	N/A	N/A	N/A	N/A
	4 แก้ว	1.2333	6.5333	3.8833	12.6630
	4.1 แก้วสีขาว	0.3333	2.2667	1.3000	4.2391
	4.2 แก้วสีชา	0.6000	2.2333	1.4167	4.6169
	4.3 แก้วสีเขียว	0.3000	2.0333	1.1667	3.8043
	5 ผ้า	2.0000	0.1000	1.0500	3.4239
	6 ยาง	0.1000	0.1667	0.1333	0.4348
	7 หนังสือ	N/A	N/A	N/A	N/A
	8 ไม้ (เฟอร์นิเจอร์)	N/A	N/A	N/A	N/A
	รวม	15.0667	16.1000	15.5833	50.8152
มูลฝอยย่อยสลาย ได้	1 เศษอาหารและอินทรีย์สาร (เศษผัก ผลไม้)	9.6667	8.6667	9.1667	29.8913
	2 มูลฝอยจากสวน (ใบไม้ กิ่งไม้ขนาดใหญ่)	1.5000	3.9667	2.7333	8.9130
	รวม	11.1667	12.6333	11.9000	38.8043
มูลฝอยอันตราย	1 ของเสียอันตรายจากบ้านเรือน เช่น ถ่านไฟฉาย/ถ่านโทรศัพท์/แบตเตอรี่ หลอด / กระป๋องสารเคมี (สเปรย์)	0.2000	0.5000	0.3500	1.1413

ประเภทของ มูลฝอย	ชนิดของมูลฝอย	ฤดูร้อน ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กก.)	ฤดูฝน ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กก.)	ค่าเฉลี่ย น้ำหนักรวม (กก.)	ร้อยละของ น้ำหนัก
อื่น ๆ	2 ซากอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ผลิตภัณฑ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่หมดอายุ การใช้งาน หรือใช้งานไม่ได้ เช่น ทีวี ตู้เย็น คอมพิวเตอร์ เครื่องซักผ้า โทรศัพท์มือถือ เศษ ชิ้นส่วนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์	0.0667	0.0667	0.0667	0.2174
	รวม	0.2667	0.5667	0.4167	1.3587
	1 อื่นๆ ที่เหลือแยกประเภทไม่ได้ เช่น เศษ อาหารที่ไม่สามารถคัดแยกได้ ก้อนหิน กรวด ทราย ดิน เซรามิก กระเบื้อง ปูนพลาสติก ฝุ่น ฯลฯ	0.4333	2.1000	1.2667	4.1304
	2 ผ้าอ้อม ผ้าอนามัย กระดาษชำระ	1.3000	1.7000	1.5000	4.8913
	รวม	1.7333	3.8000	2.7667	9.2017
	น้ำหนักตัวอย่างรวม (WT)	28.2333	33.1000	30.6667	100.0000
	ปริมาตรภาชนะบรรจุมูลฝอย (ลูกบาศก์เมตร)	0.2	0.2	0.2	
	ความหนาแน่น (Bulk Density) กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m ³)	141.1667	165.5000	153.3333	1.0000

3. แบบบันทึกข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิต

ขั้นตอน	สารขาเข้า	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
1. การรวบรวมน้ำกากอเนามัยใช้แล้ว จากบ้านเรือน มาที่เทศบาลตำบลทับมา	น้ำกากอเนามัยใช้แล้ว		100.0000	kg
		น้ำกากอเนามัย ใช้แล้ว	100.0000	kg
2. การฆ่าเชื้อด้วยตู้อบแสง UV และ โอโซน เป็นเวลา 40 นาที ครั้งละ 5 kg จำนวน 20 รอบ ณ เทศบาลตำบลทับมา	น้ำกากอเนามัยใช้แล้ว		100.0000	kg
		การใช้ไฟฟ้าในการผลิต UV+Ozone	2.0000	kwh
		Ozone	13,333.3333	mg
		Ozone	13,333.3333	mg
		น้ำกากอเนามัยที่ ผ่านการฆ่าเชื้อ	100.0000	kg

ขั้นตอน	สารขาเข้า	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
3. การขนส่งรถตู้บรรทุก 4 ล้อ วิ่งแบบปกติ 75% Loading (น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1.5 ตัน)				
3.1 การขนส่งน้ำกากอนามัยที่ฆ่าเชื้อแล้ว ไปยังสถานที่ผลิตพลาสติก Recycle ระยะทาง 45 km	น้ำกากอนามัยที่ผ่านการฆ่าเชื้อ น้ำมันดีเซล (12 km/liter)		1,000.0000 3.7500	kg liter
		น้ำกากอนามัยที่นำไปทำ PCR	1,000.00000	kg
3.2 การขนส่งน้ำกากอนามัยที่ฆ่าเชื้อแล้ว ไปยังสถานที่กำจัด (การเผาและฝังกลบ) ระยะทาง 9 km	น้ำกากอนามัยที่ผ่านการฆ่าเชื้อ น้ำมันดีเซล (12 km/liter)		1,000.0000 0.7500	kg liter
		น้ำกากอนามัยฯ ถูกนำไปเผา/ฝังกลบ	1,000.0000	kg
4. การนำฝ้าน้ำกากอนามัยไปบดผสมกับพลาสติก PP Flakes ในอัตราส่วน (1 : 9) อัดผ่านเครื่อง Extrusion ที่อุณหภูมิ 230 °C เป็นเวลา 30 นาที ครั้งละ 500 Kg (1 ตัน/ชม.)	เศษพลาสติก PP Flakes น้ำกากอนามัยที่ผ่านการฆ่าเชื้อ การใช้ไฟฟ้า น้ำในระบบ Wet Scrubber Hydrogenperoxide ในระบบ Wet Scrubber กรด Acetic Acid ในระบบ Wet Scrubber		900.0000 100.0000 1,445.8500 0.2000 0.1920 0.1210	kg kg kwh ton kg kg
		สารเคมีในระบบ Wet Scrubber	0.3130	kg
		น้ำที่ผ่านการบำบัด	0.2000	ton
		เส้นพลาสติก Recycle PP	1,000.0000	kg
5. การรีดลดขนาดและลดอุณหภูมิผ่านรางน้ำ เป็นระยะเวลา 20 นาที (ลดอุณหภูมิจาก 230 °C เป็นอุณหภูมิห้อง 30 °C) อัตราการผลิต 1 ตัน/ชม.	น้ำประปา (หมุนเวียนในระบบ)		4,000.0000	kg
		น้ำประปา	4,000.0000	kg

ขั้นตอน	สารขาเข้า	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
6. การตัดเป็นเม็ดพลาสติกตามขนาดที่ต้องการ บรรจุใส่ถุง Bigbag ขนาด 1,000 Kg รอการจำหน่ายและจัดส่ง	การใช้ไฟฟ้า (เครื่องตัดเม็ดพลาสติก)		140.5700	kWh
	กระสอบบรรจุเม็ดพลาสติก		3.5000	kg
		เม็ดพลาสติก PP Recycle บรรจุ BigBag	1,003.500	kg

4. ผลการประเมินผลกระทบชั้นกลาง (Mid-point category) ของ PCR

Midpoint Impact Category	Reference Unit	Hierarchist (H)
Fine particulate matter formation	kg PM _{2.5} eq	27.6844
Fossil resource scarcity	kg oil eq	6,630.1154
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	2.4701
Freshwater eutrophication	kg P eq	0.2663
Global warming	kg CO ₂ eq	22,329.7288
Human carcinogenic toxicity	E-09	162.1955
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	65,047.0535
Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	4,697.8668
Land use	m ² a crop eq	0.1456
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	40,691.5139
Marine eutrophication	kg N eq	0.4414
Mineral resource scarcity	kg Cu eq	3.9911
Ozone formation, Human health	kg NO _x eq	32.3045
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NO _x eq	32.5912
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	0.0048
Terrestrial acidification	kg SO ₂ eq	95.3202
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	13,906.0583
Water consumption	m ³	- 21.4074

5. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมชั้นกลางแบ่งตามวัฏจักรชีวิตของ PCR

Impact category	Reference unit	Advance Oxidation	Transportation	PP Waste to PCR	PCR Packaging	Total Impact
FPMF	kg PM2.5 eq	1.2534	11.5107	12.5896	2.3306	27.6844
FRS	kg oil eq	347.2360	3,173.4260	2,624.5471	484.9062	6,630.1154
FET	kg 1,4-DCB	0.1187	1.0881	1.0582	0.2051	2.4701
FE	kg P eq	0.0216	0.1951	0.0421	0.0075	0.2663
GW	kg CO ₂ eq	1,046.0208	9,594.9124	9,859.0497	1,829.7459	22,329.7288
HCT	kg 1,4-DCB	6.8052	62.6333	78.8348	13.9222	162.1955
HNCT	kg 1,4-DCB	2,873.9472	26,432.6925	30,254.2859	5,486.1278	65,047.0535
IR	kBq Co-60 eq	233.7057	2,139.4062	1,929.5594	395.1955	4,697.8668
LU	m2a crop eq	0.1080	0.9625	0.9283	0.0034	2.0022
MET	kg 1,4-DCB	1,864.2764	17,143.7299	18,256.3852	3,427.1223	40,691.5139
ME	kg N eq	0.0195	0.1790	0.2062	0.0367	0.4414
MRS	kg Cu eq	0.1695	1.5590	1.9243	0.3383	3.9911
OFHM	kg NOx eq	1.5639	14.3724	13.6999	2.6683	32.3045
OFTE	kg NOx eq	1.5782	14.5036	13.8188	2.6906	32.5912
SOD	kg CFC11 eq	0.0002	0.0021	0.0020	0.0004	0.0048
TA	kg SO2 eq	4.2773	39.2875	43.7265	8.0290	95.3202
TE	kg 1,4-DCB	570.9116	5,258.0653	6,854.8076	1,222.2738	13,906.0583
WC	m3	0.2959	2.3521	-21.8689	-2.1864	-21.4074



ภาคผนวก ง
การนำเสนอผลงานวิชาการ

1. เข้าร่วมนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ “การแลกเปลี่ยนเรียนรู้การประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ พ.ศ. 2566” ในหัวข้อ “ปริมาณหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม กรณีศึกษาพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก” ระหว่างวันที่ 9-10 สิงหาคม 2566



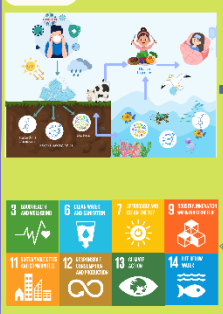
2. เข้าร่วมนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ “การแลกเปลี่ยนเรียนรู้การประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ พ.ศ. 2567” ในหัวข้อ “การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งด้วยผลิตภัณฑ์ตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน” ระหว่างวันที่ 15-16 สิงหาคม 2567



การประชุมวิชาการและแลกเปลี่ยนเรียนรู้การประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ (HIA FORUM) ประจำปี 2567
“เมืองสุขภาพดี ชีวีมีสุข ด้วย HIA”

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมการจัดการหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งด้วยผลิตภัณฑ์ตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน

บทนำ



ในการจัดการหน้ากากอนามัยในรูปแบบเดิมทำให้เกิดปัญหาที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและสุขภาพมนุษย์ (1),(2),(3),(4),(5),(6),(7),(8) การตรวจสอบผลกระทบของการนำกากอนามัยมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ Post-Consumer Recycled Plastic (PCR) ตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน เนื่องจากระบบการหมุนเวียนซ้ำจำเป็นต้องผ่านกระบวนการกำจัด ซึ่งมีความจำเป็นในการพิจารณาแนวทางการจัดการกากอนามัยอย่างยั่งยืนด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment) ในการศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ (Health Impact Assessment) คือนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาเพื่อสร้างนโยบายเลือกใช้ LCA เป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในขั้นตอนการประเมินผลกระทบสุขภาพ

รศ.ดร. โกวิท สุวรรณหงษ์ นางสาวศิวพา สิริอารม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อนุสิทธิบัตร เลขที่ 2403001648
ผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกรีไซเคิลชนิดโพลีโพรไพลีนที่มีหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งเป็นส่วนผสม



วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดระยอง

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ

การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) การจัดการกากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (9) ได้แก่
(I) Goal and Scope
(II) Life Cycle Inventory (LCI)
(III) Life Cycle Impact Assessment (LCIA)
(VI) Interpretation of Result



LCA เป็นเครื่องมือวัดความยั่งยืนที่ใช้การวิเคราะห์ครอบคลุมและเป็นมาตรฐานที่ถูกต้องอ้างอิงกว้างขวางและน่าเชื่อถือในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์และกระบวนการต่างๆ ตลอดวงจรชีวิตทั้งหมด เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาอย่างยั่งยืน (10), (11), (12) และเป็นส่วนหนึ่งของอนุกรมมาตรฐาน ISO 14000 (14040)ประเมินผลกระทบด้วยวิธี ReCiPe 2016 และการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป OpenLCA Version 1.10.3

ผลการศึกษา

(I) Goal and Scope: ศึกษาระบบการผลิต PCR (Plastic to Business)



(II) Life Cycle Inventory (LCI): ข้อมูลการปล่อยมลพิษจากฐานข้อมูล Ecoinvent



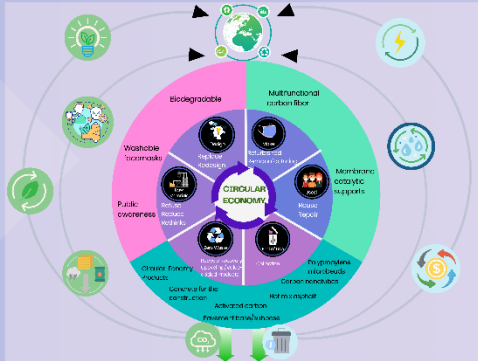
(III) Life cycle impact assessment (LCIA): การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม



(IV) Interpretation:

Indicator	Value	Unit	Interpretation
GHG	65,047	kg 1,4-DCB	1. สถานะที่ไม่สูงเมื่อเทียบกับมนุษย์
MEP	40.69	kg 1,4-DCB	2. การเกิดความเป็นพิษในทะเล
GW	22,329	kg CO ₂ eq	3. ภาวะโลกร้อน
HT	13,906	kg 1,4-DCB	4. การเกิดภาวะที่เป็นพิษต่อดิน
ERS	6,630	kg oil eq	5. การขุดเจาะและทรัพยากรฟอสซิล

อภิปรายผล/ข้อเสนอแนะ



ในการจัดการมูลฝอยหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งอย่างยั่งยืน

- Regulate Impact of Plastics
- Reduce Single-Use Plastics
- Encourage PIR and PCR Plastic
- Update Waste Management Law
- Promote Recycled/ Biodegradable Plastics

PARTICIPATION OF ALL SECTORS

- Public Awareness Campaigns
- Collaborate for Waste Sorting
- Enhance Workers Training
- Develop Data System
- Promote Source Separation

TECHNOLOGY AND INNOVATION

- Revise Waste Collection Fees
- Update Waste Disposal Facility
- Research Recycling Innovation
- Support Waste to energy

เอกสารอ้างอิง

- (1) Vana, R., Lee, H. P., Kuo, Y. H., Wang, Q., & P. C. (2021). The impact of the use of disposable face mask on the environment. *Journal of Environmental Management*, 281, 111708.
- (2) Shih, A., Shih, A., & Shih, A. (2021). The impact of the use of disposable face mask on the environment. *Journal of Environmental Management*, 281, 111708.
- (3) Shih, A., Shih, A., & Shih, A. (2021). The impact of the use of disposable face mask on the environment. *Journal of Environmental Management*, 281, 111708.
- (4) Shih, A., Shih, A., & Shih, A. (2021). The impact of the use of disposable face mask on the environment. *Journal of Environmental Management*, 281, 111708.
- (5) Shih, A., Shih, A., & Shih, A. (2021). The impact of the use of disposable face mask on the environment. *Journal of Environmental Management*, 281, 111708.
- (6) Shih, A., Shih, A., & Shih, A. (2021). The impact of the use of disposable face mask on the environment. *Journal of Environmental Management*, 281, 111708.
- (7) Shih, A., Shih, A., & Shih, A. (2021). The impact of the use of disposable face mask on the environment. *Journal of Environmental Management*, 281, 111708.
- (8) Shih, A., Shih, A., & Shih, A. (2021). The impact of the use of disposable face mask on the environment. *Journal of Environmental Management*, 281, 111708.
- (9) Shih, A., Shih, A., & Shih, A. (2021). The impact of the use of disposable face mask on the environment. *Journal of Environmental Management*, 281, 111708.
- (10) Shih, A., Shih, A., & Shih, A. (2021). The impact of the use of disposable face mask on the environment. *Journal of Environmental Management*, 281, 111708.
- (11) Shih, A., Shih, A., & Shih, A. (2021). The impact of the use of disposable face mask on the environment. *Journal of Environmental Management*, 281, 111708.
- (12) Shih, A., Shih, A., & Shih, A. (2021). The impact of the use of disposable face mask on the environment. *Journal of Environmental Management*, 281, 111708.



ภาคผนวก จ

อนุสิทธิบัตรงานวิจัย และผลงานบทความวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

Research article: Managing Disposable Face Mask Waste as Circular Economy Products through Life Cycle Assessment.

Journal Name: Journal of Human, Earth, and Future

Publisher: ELSEVIER

ISSN: 2785-2997

Published: Volume 6 No.1, March 2025

Reference Database: SCOPUS

DOI: 10.28991/HEF-2025-06-01-011



Research article: Next normal scenario for sustainable disposable face-mask waste management for low-carbon communities.

Journal Name: Results in Engineering

Publisher: ELSEVIER

ISSN: 2590-1230

Published: Volume 27, September 2025

Reference Database: SCOPUS

DOI: 10.1016/j.rineng.2025.105789



ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวศิวพา สิริจามร		
วัน เดือน ปี เกิด	5 กุมภาพันธ์ 2526		
สถานที่เกิด	จังหวัดชลบุรี		
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	38/3 หมู่ 7 ตำบลเสม็ด อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี		
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2555-ปัจจุบัน นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม		
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2548	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก	
	พ.ศ. 2552	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม) สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์	
	พ.ศ. 2568	สาขารณศาสตรดุขบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา	
	รางวัลหรือทุนการศึกษา	ทุนพัฒนาบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม	