บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์ศักยภาพของขยะชุมชน

การวิเคราะห์ศักยภาพของขยะชุมชน เป็นการประเมินทางด้านปริมาณ องค์ประกอบ และประเภทของขยะชุมชนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ทำการศึกษา วิธีการเก็บรวบรวมขยะและการขนส่งขยะไปยังพื้นที่ที่คาดว่าจะเป็นที่ตั้งของโครงการที่เหมาะสม การกำจัดขยะในปัจจุบัน และการศึกษาแบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณขยะในอนาคต เพื่อประมาณการปริมาณขยะที่จะสามารถนำมาผลิตพลังงานได้ตลอดอายุของโครงการ โดยการวิเคราะห์ศักยภาพของขยะชุมชนในส่วนนี้ประกอบด้วยการศึกษาภาพรวมของสถานการณ์ขยะของประเทศไทย ทฤษฎีและกรอบแนวคิดของการประเมินศักยภาพของขยะชุมชน การทบทวนวรรณกรรม เอกสารทางวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิธีการศึกษา ผลการวิเคราะห์ศักยภาพของขยะชุมชน และสรุปผลการวิเคราะห์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การใช้นำขยะมูลฝอยประเภทต่างๆ กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ทั่วประเทศ ในปี พ.ศ. 2549 พบว่ามีทั้งสิ้น 3.19 ล้านตัน หรือคิดเป็นสัดส่วน 22% ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมด ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณการนำขยะประเภทต่างๆ กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ซึ่งพบว่ามีการนำขยะอินทรีย์มาใช้ประโยชน์ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยน้ำชีวภาพ ประมาณ 200,020 ตัน และมีการนำขยะรีไซเคิล ซึ่งได้แก่ แก้ว กระดาษ พลาสติก เหล็ก และอลูมิเนียม กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ทั้งสิ้น 2,990,000 ตันโดยมีวิธีการส่งเสริมหรือเชิญชวนให้ประชาชนคัดแยกขยะและนำมาขายผ่านกิจกรรมของชุมชน อาทิเช่น การรับซื้อของเก่า โครงการผ้าป่า รีไซเคิล ธนาคารขยะในโรงเรียนตลาดนัดวัสดุรีไซเคิล ศูนย์วัสดุรีไซเคิลชุมชนและการนำขยะมาแลกข้าวสารเป็นต้น

แนวโน้มการนำขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ในปี พ.ศ. 2550 และต่อเนื่องไปในอนาคต ประเมินโดยกรมควบคุมมลพิษ คาดว่าจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากนโยบายทั้งของรัฐบาลและเอกชนที่เล็งเห็นความสำคัญของการคัดแยกขยะ เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ รวมทั้งการรณรงค์ให้ประชาชนนิยมบริโภคสินค้าที่ใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถรีไซเคิลได้หรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

ตารางที่ 2.1 ปริมาณการนำขยะประเภทต่างๆ กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ในปี พ.ศ. 2549

ประเภทของขยะมูลฝอย	ปริมาณการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (ตัน)
1. ขยะอินทรีย์และชีวภาพ	200,020
2. แก้ว	747,500
3. กระดาษ	926,900
4. พลาสติก	358,800
5. เหล็ก	867,100
6. อลูมิเนียม	89,700
รวมขยะรีไซเคิล	**2,990,000**
รวมขยะทั้งหมด	**3,190,020**

ที่มา http://www.pcd.go.th

2.1.1 ปัญหาทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากขยะชุมชน

จากรายงานสถานการณ์ขยะของประเทศไทยในหัวข้อที่ผ่านมา พบว่าปัญหาทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากขยะชุมชน เกิดขึ้นเพราะความไม่สมดุลระหว่างปริมาณขยะที่เกิดขึ้นกับปริมาณขยะที่สามารถกำจัดหรือจัดการได้ ซึ่งพบว่าทุกวันนี้คนไทยกว่า 60 ล้านคนทั่วประเทศ เป็นผู้ทำให้เกิดขยะมากกว่า 14 ล้านตันต่อปี แต่สามารถจัดการขยะเหล่านั้นด้วยวิธีการที่ถูกต้องตามหลักทางวิชาการได้เพียง 36% ของขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมด หรือประมาณ 5 ล้านตันต่อปี ทำให้เกิดขยะมูลฝอยตกค้างตามสถานที่ต่าง ๆ หรือมีการนำไปกำจัดโดยวิธีเทกองบนพื้นหรือเผากลางแจ้งซึ่งไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล ทำให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมตามมา โดยมีปัญหาที่เกิดจากขยะมูลฝอยที่สำคัญ ได้แก่

1. **มลพิษทางอากาศ** ซึ่งเกิดจากการเผาขยะมูลฝอยกลางแจ้งทำให้เกิดควันและสารที่เป็นมลพิษฟุ้งกระจายไปในอากาศ

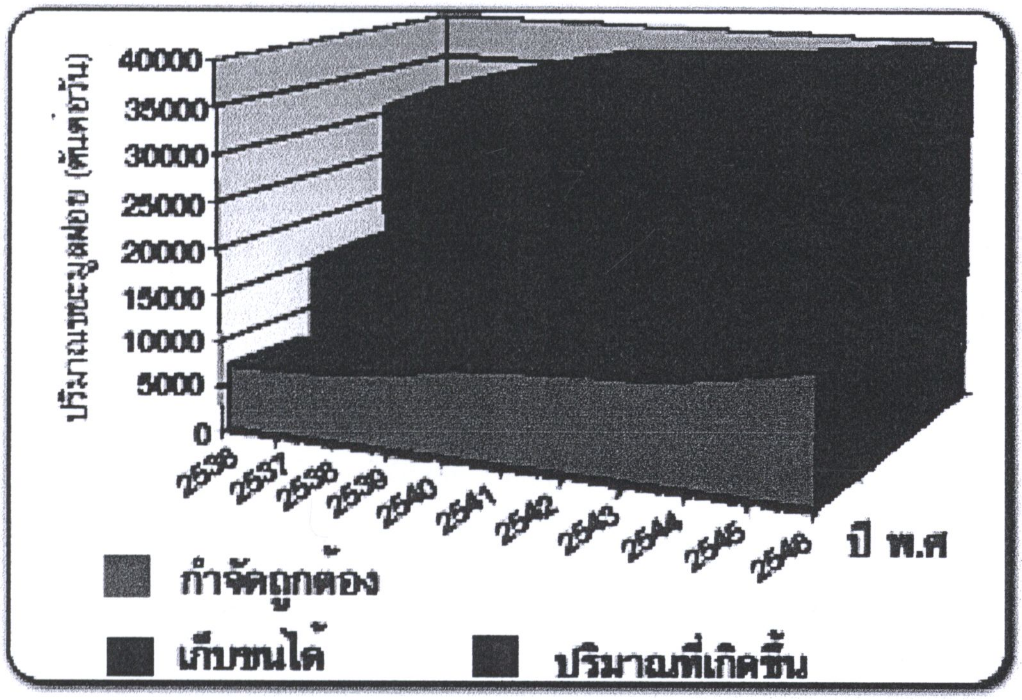
2. **มลพิษทางน้ำ** เกิดจากการกองขยะมูลฝอยบนพื้นดิน เมื่อฝนตกจะเกิดน้ำเสียหรือสารพิษจากขยะไหลลงสู่แม่น้ำหรือแหล่งน้ำใต้ดิน ทำให้เกิดภาวะมลพิษทางน้ำ

3. **แหล่งพาหะนำโรค** จากมูลฝอยตกค้างบนพื้นดินซึ่งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของหนูและแมลงวัน ซึ่งเป็นพาหะนำโรคติดต่อร้ายแรงต่างๆ ทำให้มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง

4. **ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญและทัศนียภาพที่ไม่น่าดู** ซึ่งเกิดจากขยะมูลฝอยที่ตกค้างตามสถานที่ต่างๆ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวน และเป็นภาพที่ไม่น่ามอง โดยเฉพาะตามเมืองสำคัญๆ หรือเมืองท่องเที่ยว ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อภาพลักษณ์ของท้องถิ่นหรือประเทศ

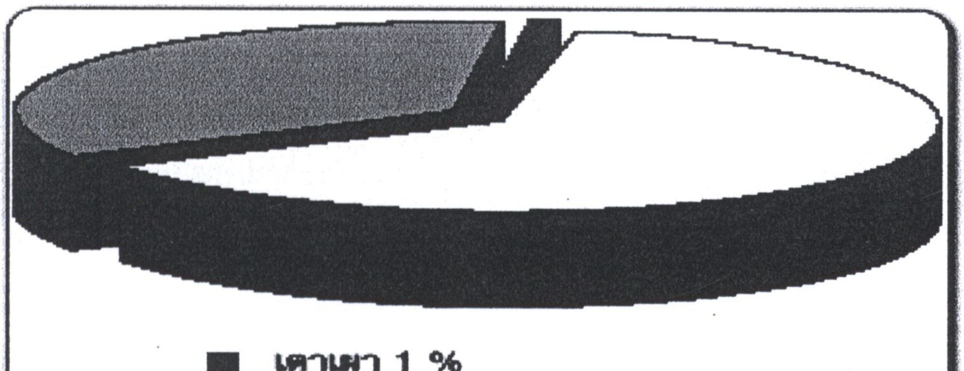
5. **ปัญหาด้านการจัดการ** ซึ่งขยะชุมชนทำให้เกิดภาระค่าใช้จ่ายในการจัดการ ทั้งของภาครัฐและของประชาชนทั่วไป นอกจากนี้หากการจัดการดังกล่าวไม่เป็นที่ยอมรับของประชาชนส่วนใหญ่ก็จะกลายเป็นปัญหาความขัดแย้งทางสังคมที่รุนแรงตามมา

เมื่อพิจารณาการดำเนินการกำจัดขยะมูลฝอยโดยภาพรวมทั่วประเทศตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 ถึงปี พ.ศ. 2546 ดังรูปที่ 2.1 พบว่าปริมาณขยะที่มีการกำจัดอย่างถูกต้องมีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมดหรือปริมาณขยะที่มีการเก็บขนได้ และวิธีการกำจัดส่วนใหญ่ คือ การกองทิ้งและเผากลางแจ้ง รองลงมาเป็นการฝังกลบและเผาตามลำดับ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 สัดส่วนการดำเนินการกำจัดขยะมูลฝอย

ที่มา http://www.pcd.go.th



รูปที่ 2.2 วิธีดำเนินการจัดการขยะมูลฝอย

ที่มา http://www.pcd.go.th

2.1.2 สาเหตุหลักโดยทั่วไปที่ทำให้เกิดปัญหาขยะมูลฝอย

ปัญหาทั้งทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. เกิดจากความมักง่ายและการขาดจิตสำนึก โดยไม่คำนึงถึงผลเสียที่จะเกิดขึ้นตามมา ซึ่งเป็นสาเหตุที่พบได้บ่อยมาก จะเห็นได้จากการทิ้งขยะลงตามพื้นดินหรือแหล่งน้ำ โดยไม่ทิ้งลงในถังรองรับที่จัดไว้ให้ และโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งยังมีการลักลอบนำสิ่งปฏิกูลไปทิ้งตามที่ว่างเปล่า

2. การผลิตหรือการใช้สิ่งของมากเกินความจำเป็น เช่น การผลิตสินค้าที่มีกระดาษหรือพลาสติกห่อหุ้มหลายชั้น และการซื้อสินค้าโดยห่อแยกหรือใส่ถุงพลาสติกหลายถุง ทำให้มีปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้น

3. การเก็บและทำลายหรือการนำขยะกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ไม่มีประสิทธิภาพ จึงมีขยะตกค้าง กองหมักหมม และส่งกลิ่นเหม็นไปทั่วบริเวณจนก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

นอกจากสาเหตุทั่วไปข้างต้น ปัญหาขยะมูลฝอยยังเกิดจากสาเหตุในด้านการดำเนินงานและการบริหารจัดการของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากขาดการบริหารจัดการทั้งในเรื่องงบประมาณในการดำเนินการและบุคลากรที่มีความชำนาญ รวมทั้งการเก็บค่าธรรมเนียมที่ขาดประสิทธิภาพ และในบางพื้นที่ยังพบปัญหามวลชนมีการต่อต้านอีกด้วย ซึ่งทำให้การแก้ปัญหาเป็นไปได้ในระดับหนึ่งยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร นอกจากนี้ยังพบปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยที่ควรจัดให้มีการดำเนินงานอย่างครบวงจร ครอบคลุมพื้นที่ที่รับผิดชอบได้ทั้งหมดและมีการจัดการขยะให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งต้องการการประสานเพื่อการจัดการระบบที่สมบูรณ์ การสนับสนุนจากส่วนกลางทั้งด้านวิชาการและงบประมาณที่เพียงพอ และสามารถหาแนวทางเพื่อแก้ไขปัญหาที่สำคัญทางด้านการบริหารจัดการ ดังต่อไปนี้ได้

ที่มา : อปท. นิวส์, การจัดการพลังงานจากขยะชุมชน, 9 มกราคม 2550

1. การขาดแคลนที่ดินสำหรับใช้เป็นสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย
2. การดำเนินการและดูแลรักษาระบบกำจัดขยะยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร
3. ขาดแคลนบุคลากรระดับปฏิบัติการที่มีความรู้ความชำนาญ
4. ข้อจำกัดด้านงบประมาณ
5. แผนการจัดการขยะมูลฝอยในระดับท้องถิ่นยังไม่มีการพิจารณาดำเนินการในลักษณะศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม และระบบที่ครบวงจร
6. ระเบียบและแนวทางปฏิบัติเรื่องศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมยังไม่มีการกำหนดอย่างชัดเจน
7. การรณรงค์ส่งเสริมให้มีการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ยังมีไม่มากนัก
8. กฎหมายที่เกี่ยวข้องไม่เอื้ออำนวยต่อการจัดการ เช่น ระเบียบให้ท้องถิ่นต้องลงทุนเอง และผู้บริหารของท้องถิ่นยังขาดจิตสำนึก ความเข้าใจ และทัศนคติที่มีต่อการจัดการขยะมูลฝอย
9. ประชาชนในท้องถิ่นขาดจิตสำนึก ความเข้าใจ และทัศนคติที่มีต่อการจัดการขยะมูลฝอย
10. ประชาชนที่อยู่ในเขตพื้นที่ใกล้เคียงต่อต้านการก่อสร้างระบบกำจัดขยะมูลฝอย

2.2 ทฤษฎีและกรอบแนวคิดการประเมินศักยภาพของขยะชุมชน

ทฤษฎีและกรอบแนวคิดในการประเมินศักยภาพของขยะชุมชน ประกอบด้วย 3 หัวข้อหลัก ได้แก่ (1) การจำแนกประเภทของขยะมูลฝอย (2) การประเมินปริมาณของขยะมูลฝอย และ (3) การวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะมูลฝอย ซึ่งข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้และผลการวิเคราะห์สามารถนำไปใช้ในการกำหนดวิธีกำจัดหรือเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะที่เหมาะสมต่อไป

2.2.1 การจำแนกประเภทของขยะมูลฝอย

การจำแนกประเภทของขยะมูลฝอยโดยทั่วไปมีการจำแนกตามพิษภัยที่เกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จำแนกตามลักษณะของขยะ และจำแนกตามแหล่งกำเนิดของขยะ

2.2.2 การจำแนกประเภทตามพิษภัยที่เกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

1) ขยะทั่วไป (General Waste) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่มีอันตรายน้อย ได้แก่ พวกเศษอาหาร เศษกระดาษ เศษผ้า พลาสติก เศษหญ้าและใบไม้ ฯลฯ

2) ขยะอันตราย (Hazardous Waste) เป็นขยะที่มีภัยต่อคนและสิ่งแวดล้อม อาจมีสารพิษ ติดไฟหรือระเบิดง่าย ปนเปื้อนเชื้อโรค เช่น ไฟแช็คแก๊ส กระป๋องสเปรย์ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่หรืออาจเป็นพวกสำลีและผ้าพันแผลจากสถานพยาบาลที่มีเชื้อโรค

2.2.3 การจำแนกประเภทตามลักษณะของขยะ

1) ขยะเปียกหรือขยะสด (Garbage) มีความชื้นปนอยู่มากกว่าร้อยละ 50 จึงติดไฟได้ยาก ส่วนใหญ่ ได้แก่ เศษอาหาร เศษเนื้อ เศษผัก และผักผลไม้จากบ้านเรือน ร้านจำหน่ายอาหาร และตลาดสด รวมทั้งซากพืชและสัตว์ที่ยังไม่เน่าเปื่อย ขยะประเภทนี้จะทำให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็นเนื่องจากแบคทีเรียย่อยสลายอินทรียสาร นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคโดยติดไปกับแมลง หนู และสัตว์อื่นที่มาตอมหรือกินขยะเป็นอาหาร

2) ขยะแห้ง (Rubbish) คือ สิ่งเหลือใช้ที่มีความชื้นอยู่น้อยจึงไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น จำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ

- ขยะที่เป็นเชื้อเพลิง เป็นพวกที่ติดไฟได้เช่น เศษผ้า เศษกระดาษ หญ้า ใบไม้ กิ่งไม้แห้ง
- ขยะที่ไม่เป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ เศษโลหะ เศษแก้ว และเศษก้อนอิฐ

2.2.4 การจำแนกประเภทตามแหล่งกำเนิดของขยะ

1) ขยะมูลฝอยชุมชน คือ ขยะจากสถานที่ต่างๆ ได้แก่ ที่พักอาศัย ย่านธุรกิจการค้า ตลาดสด สถานที่ราชการ สถาบันการศึกษา และโรงพยาบาล ลักษณะของขยะขึ้นอยู่กับกิจกรรมต่างๆ ตามประเภทของแหล่งกำเนิด เช่น ขยะจากสถานที่ราชการหรือโรงเรียนส่วนใหญ่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้จากสำนักงาน เช่น กระดาษ ถุงพลาสติก ขยะจากโรงพยาบาล มักเป็นขยะติดเชื้อปะปนมากับขยะมูลฝอยประเภทอื่นๆ เป็นต้น

2) ขยะมูลฝอยจากการเกษตร คือมูลฝอยที่เกิดจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์และจากการเพาะปลูก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่จะเกิดการเน่าและย่อยสลายส่งกลิ่นเหม็นรบกวน เช่น เศษพืชผัก มูลสัตว์ เป็นต้น ในเขตเกษตรกรรมบางแห่งมีการใช้สารเคมีและวัตถุมีพิษต่างๆ ซึ่งเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

3) ขยะมูลฝอยอุตสาหกรรม คือ ขยะมูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ทั้งจากกระบวนการผลิต หรือที่ปะปนมากับวัตถุดิบ ลักษณะมูลฝอยแบ่งเป็นมูลฝอยทั่วไปจากกิจวัตรประจำวัน หรือจากบ้านพักคนงาน และมูลฝอยอันตรายซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิต เช่น คราบน้ำมัน สารละลายที่ใช้แล้ว รวมทั้งเศษวัตถุดิบการจำแนกประเภทของขยะมูลฝอยที่นิยมในการศึกษาวิจัยทั่วไปในประเทศไทย มีการแยกตามองค์ประกอบของขยะออกเป็น 10 ประเภท (ที่มาของข้อมูล http://www.environnet.in.th) ได้แก่

1. ผัก ผลไม้และเศษอาหาร หมายถึง เศษผัก เศษผลไม้ เศษอาหารที่เหลือจากการเตรียม การปรุงและการบริโภค (ยกเว้น เปลือกหอย กระดูก ก้างปลา ซังข้าวโพด ก้านกระถิน) เช่น ข้าวสุก เปลือกผลไม้ เนื้อสัตว์ ฯลฯ
2. กระดาษ หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเยื่อกระดาษ เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ แมกกาซีน หนังสือต่างๆ ใบปลิว การ์ด ถุงกระดาษ กล่องกระดาษ กระดาษอัด ฯลฯ
3. พลาสติก หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากพลาสติก เช่น ถุงพลาสติก ภาชนะพลาสติก ของเล่นเด็กที่ทำด้วยพลาสติก ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์ ฯลฯ
4. ผ้า หมายถึง สิ่งทอต่างๆ ที่ทำมาจากเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ฝ้าย ลินิน ผ้าไนลอน ตัวอย่างเช่น ด้าย เสื้อผ้า ผ้าเช็ดมือ ถุงเท้า ฯลฯ
5. ไม้ หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้ ไม้ไผ่ ฟาง หญ้า เศษไม้ รวมทั้งดอกไม้
6. ยางและหนัง หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากยางหรือหนัง เช่น เครื่องหนัง รองเท้า ลูกบอลหนัง กระเป๋าหนัง ฯลฯ
7. แก้ว หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากแก้ว เช่น กระจก ขวดแก้ว หลอดไฟ เครื่องแก้ว
8. โลหะ หมายถึง วัสดุและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ทำจากโลหะ เช่น กระป๋องโลหะ สายไฟ foil ภาชนะต่างๆ ตะปู ฯลฯ
9. หิน กระเบื้อง กระดูกสัตว์และเปลือกหอย หมายถึง เศษหิน เศษกระดูกสัตว์ เปลือกหอย เช่น เซรามิก เปลือกหอย กุ้ง ปู กระดูกสัตว์ ก้างปลา
10. อื่นๆ หมายถึง วัสดุอื่นใดที่ไม่สามารถจัดกลุ่มเข้ากลุ่มต่างๆ ข้างต้น รวมถึง ฝุ่น ทราย เถ้า

2.3 การประเมินปริมาณขยะมูลฝอย

การวิเคราะห์ปริมาณขยะมูลฝอยมีความสำคัญต่อการจัดการขยะมูลฝอย เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ต้องใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการกำหนดแผนงาน การเก็บรวบรวมและกำจัดขยะมูลฝอย โดยผู้มีหน้าที่รับผิดชอบจะต้องมีการศึกษาอย่างละเอียด เพื่อประเมินให้ได้วิธีที่เหมาะสมที่สุดในการจัดการ โดยจะต้องพิจารณาการกระจายตัวของประชากรและชนิดของแหล่งผลิตขยะมูลฝอยประกอบด้วย เช่น ย่านธุรกิจการค้าย่อมมีปริมาณขยะมูลฝอยมากกว่าย่านที่พักอาศัยเพียงอย่างเดียว เป็นต้น โดยทั่วไปการศึกษาด้านปริมาณขยะมูลฝอย มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

- เพื่อประกอบการพิจารณาจัดเตรียมภาชนะรองรับขยะมูลฝอยให้เพียงพอ โดยพิจารณาด้านจำนวน รูปร่างลักษณะ และความจุภาชนะ
- เพื่อประกอบการวางแผนการจัดเตรียมพาหนะที่จะใช้เก็บรวบรวมและขนส่งขยะมูลฝอย จากแหล่งกำเนิดไปยังสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย

2.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณขยะมูลฝอย

โดยทั่วไปปริมาณขยะมูลฝอยจะเพิ่มมากขึ้นตามความเจริญของท้องถิ่น และฐานะความเป็นอยู่ของประชาชน และจะเพิ่มขึ้นทั้งอัตราส่วนที่เกิดขึ้นต่อคน และปริมาณทั้งหมดตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ปริมาณขยะมูลฝอยจะมากน้อยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการเกิดขยะมูลฝอย ได้แก่ลักษณะที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ เช่น ชุมชนที่ตั้งอยู่ติดภูเขา จะผลิตขยะมูลฝอยที่เป็นของป่ามาก ส่วนชุมชนที่ตั้งอยู่ติดทะเลมีขยะมูลฝอยที่เกี่ยวกับผลผลิตทางทะเล เป็นต้น

- ฤดูกาล โดยในแต่ละฤดูกาลจะมีผลผลิตที่ทำให้เกิดมูลฝอยแตกต่างกัน เช่นผลไม้ใน แต่ละฤดูหรือฤดูกาลท่องเที่ยวของแต่ละท้องถิ่น เป็นต้น
- ลักษณะการดำรงชีวิตและอุปนิสัยของประชาชนในชุมชน
- ความหนาแน่นของประชากรและลักษณะชุมชน
- สภาวะทางเศรษฐกิจ
- การบริการเก็บขนและการกำจัดขยะมูลฝอย
- สภาพการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่
- กฎหมาย ข้อบังคับ และความร่วมมือของประชาชน

2.3.2 การคำนวณปริมาณขยะมูลฝอย

การคำนวณปริมาณขยะมูลฝอยมี 2 วิธี คือ การชั่งน้ำหนักและการคำนวณปริมาตร ดังนี้

1) การชั่งน้ำหนัก

วิธีนี้ทำโดยการชั่งน้ำหนักมูลฝอยโดยใช้เครื่องชั่งขนาดใหญ่ ที่สามารถชั่งรถเก็บขนมูลฝอยได้ หากต้องการข้อมูลที่แน่นอนให้ชั่ง 7 หรือ 14 วันต่อเนื่องกันขึ้นไป แต่หากไม่มีเวลาพอ จะต้องชั่งอย่างน้อย 4-5 วัน โดยให้ครอบคลุมทั้งมูลฝอยที่ผลิตในวันหยุดและวันปกติ หากวันที่ชั่งตรงกับวันเทศกาลของชุมชน จะต้องคำนึงด้วยว่า หน้าเทศกาลประชาชนจะผลิตขยะมูลฝอย ออกมา

ปกติ ข้อมูลที่ได้จากการชั่ง จะได้ตัวเลขที่แน่นอนกว่าการวัดปริมาตร เมื่อได้ตัวเลขจากการชั่งแล้ว จะต้องประเมินว่ารถเก็บขนแต่ละคันให้บริการได้เต็มพื้นที่หรือไม่ หากไม่เต็มหรือเก็บขนไม่หมด ขยะมูลฝอยที่เหลือเรียกว่าขยะมูลฝอยตกค้าง ต้องประมาณตัวเลขส่วนนี้ออกมาเพื่อรวมกับขยะมูลฝอยที่เก็บขน ตัวเลขที่ได้จะนำไปเทียบกับจำนวนประชากร ว่าประชากร 1 คน จะผลิตมูลฝอยในปริมาณเท่าใด เรียกอัตราส่วนนี้ว่า "อัตราการเกิดมูลฝอย"

2) การคำนวณปริมาตร

วิธีนี้ทำได้ง่ายกว่าการชั่งน้ำหนัก โดยคิดจากปริมาตรของรถที่บรรทุกขยะมูลฝอย การหาปริมาณมูลฝอยชุมชนว่าในการเก็บขนแต่ละเที่ยว ได้มูลฝอยกี่ลูกบาศก์เมตร โดยคำนวณจากปริมาตรรถเก็บขนและเปอร์เซ็นต์การบรรทุก จากนั้นจะนำข้อมูลความหนาแน่นปกติของมูลฝอยมาเปรียบเทียบ จะได้ปริมาณมูลฝอยโดยประมาณของชุมชนต่อวัน และจำเป็นต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมูลฝอยกับเวลาและประชากร ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นในรูปของค่า "อัตราการเกิดขยะมูลฝอย"

2.3.3 การคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอย

ปริมาณขยะมูลฝอยมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนประชากร การคาดการณ์ปริมาณจึงต้องทำการคาดการณ์ปริมาณจำนวนประชากรในอนาคต และคำนวณร่วมกับ "ค่าอัตราการผลิตมูลฝอย" โดยองค์ประกอบที่มีความจำเป็นในการนำมาประกอบการคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยในอนาคต ได้แก่

- การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากร
- การเปลี่ยนแปลงมาตรฐานการครองชีพ
- การขยายตัวของอุตสาหกรรม
- การขยายตัวของที่พักอาศัย

2.3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะมูลฝอย

การวิเคราะห์องค์ประกอบหรือลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอย มีความสำคัญในแง่ของการจัดการเป็นอย่างยิ่ง โดยเป็นข้อมูลที่ใช้ประกอบการตัดสินใจในการวางแผนงาน การเก็บรวบรวม และกำจัดมูลฝอย ซึ่งผู้มีหน้าที่รับผิดชอบจะต้องศึกษาอย่างละเอียด เพื่อประเมินวิธีที่

เหมาะสมที่สุดในการจัดการขยะมูลฝอย การศึกษาด้านลักษณะสมบัติมูลฝอย มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

- เพื่อประเมินความเป็นไปได้และวางแผนเพื่อนำขยะมูลฝอยบางส่วนกลับมาใช้ใหม่
- เพื่อประเมินความจำเป็นในการปรับปรุงคุณภาพขยะมูลฝอยขั้นต้น (Pre-Treatment)
- เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดขยะมูลฝอยในขั้นต่อไป เช่น การหมักทำปุ๋ย เป็นต้น
- เพื่อจำแนกชนิดของขยะมูลฝอย เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการประเมินการเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอยในอนาคต
- เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาออกแบบวิธีกำจัดมูลฝอยที่เหมาะสม

การศึกษาด้านลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอย จะต้องดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่เป็นมาตรฐาน เนื่องจากลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอยบางอย่างจะให้ผลที่คลาดเคลื่อน หากไม่ตรวจวิเคราะห์ตามขั้นตอน เช่น การหาความหนาแน่นปกติ ควรหา ณ แหล่งที่เกิดขยะ หากมีการเคลื่อนย้ายขยะมูลฝอยมาวิเคราะห์ที่อื่น จะทำให้เกิดการอัดตัวของมูลฝอย ทำให้ความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้นได้

การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอยสามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ (1) การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอย ณ แหล่งที่เกิด เช่น อาคารบ้านเรือน ตลาด สถานที่ราชการ เป็นต้น และ (2) การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอย ณ สถานที่กำจัด ซึ่งเป็นที่รวมขยะมูลฝอยที่เก็บขนมาได้ในแต่ละวัน โดยทั่วไปผู้วิเคราะห์จะทำการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีดังกล่าวร่วมกัน

2.3.5 ลักษณะและสมบัติทางกายภาพของมูลฝอย (Physical Composition)

องค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งแบบเปียกและแบบแห้ง โดยนำมูลฝอยมาคัดแยกตามชนิด และชั่งน้ำหนักเพื่อหาร้อยละโดยน้ำหนักของแต่ละองค์ประกอบ โดยปกติแล้วการวิเคราะห์ความหนาแน่นปกติจะต้องกระทำทันที เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดจากการระเหยของน้ำอาจทำให้ความหนาแน่นคลาดเคลื่อนได้ ความหนาแน่นปกติหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$D = \frac{W}{V}$$

เมื่อ D คือ ความหนาแน่นปกติ (กิโลกรมต่อลูกบาศก์เมตร)

V คือ ปริมาตรมูลฝอย (ลูกบาศก์เมตร)

W คือ น้ำหนักมูลฝอย (กิโลกรัม)

2.4 ผลการวิเคราะห์ประเภทของขยะมูลฝอย

2.4.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของขยะมูลฝอย

<u>วัสดุ อุปกรณ์</u>

- ขยะขนาด 1 ตัน จำนวน	1	กอง
- ถุงพลาสติก	90	ใบ
- ปุ้งกี๋ จำนวน	2	ใบ
- คราด จำนวน	2	ใบ
- พลั่ว จำนวน	2	ใบ
- ถุงมือยาง จำนวน	6	คู่
- รองเท้าบู๊ท	4	คู่
- ผ้าใบขนาด 3x3 เมตร	2	ผืน
- ตาชั่งขนาด 60,15,1 Kg อย่างละ	1	เครื่อง(รวม 3 เครื่อง)

(จำนวนคนสำหรับการปฏิบัติการคัดแยกประมาณ 4 คน และผู้บันทึกข้อมูล 1 คน)

2.4.2 วิธีดำเนินงานการเตรียมตัวอย่างขยะ

1) เทขยะจากรถเก็บขนขยะลงบนผ้าใบที่เตรียมไว้

2) แบ่งกองขยะออกเป็น 5 ส่วน

2.4.3 การหาความหนาแน่นปกติของขยะ

1) ชั่งและบันทึกน้ำหนักของขยะขนาด 1 ตัน ลงใน ***แบบฟอร์ม***

2) ใช้ถังขนาด 200 ลิตร ที่ผ่านการชั่งน้ำหนักแล้ว ตักขยะจากส่วนที่ 1 ให้เต็มถัง

3) ยกถังขึ้นสูงประมาณ 1 ฟุต แล้วปล่อยลงสู่พื้นประมาณ 3-4 ครั้ง เพื่อให้ขยะมีการอัดตัว และเติมขยะใหม่ให้เต็มถัง

4) นำถังที่บรรจุขยะมาชั่งและบันทึกน้ำหนัก

(ทำลักษณะเช่นเดียวกันนี้เป็นจำนวนทั้งสิ้น 10 ครั้ง โดยทำการตักขยะจาก 5 ส่วน ที่แบ่งไว้ ส่วนละ 2 ถัง)

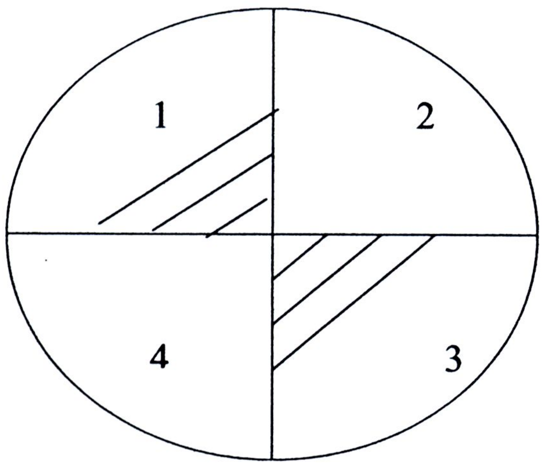
5) นำข้อมูลที่บันทึกไว้มาคำนวณหาความหนาแน่นปกติของขยะ

$$\text{ความหนาแน่นปกติ} = \frac{\text{มวลรวมของขยะ (กิโลกรัม)}}{\text{ปริมาตรรวมของขยะ (ลิตร)}}$$

2.4.4 การแยกองค์ประกอบของขยะ

1) นำขยะที่ตักทั้งหมด 10 ถัง เทรวมบนผ้าใบที่เตรียมไว้ จากนั้นคลุกเคล้าขยะให้เข้ากัน

2) แบ่งขยะเป็น 4 ส่วน เท่าๆ กัน



สุ่มตัวอย่างขยะจากส่วนที่ 1 กับ 3 หรือ ส่วนที่ 2 กับ 4 ดังรูปซึ่งจะได้ปริมาณตัวอย่างขยะประมาณ 500 ลิตร (ทำซ้ำข้อ 2 อีก 2 ครั้ง จนได้ปริมาณตัวอย่างขยะประมาณ 50 ลิตร)

3) นำขยะที่จะใช้เป็นตัวอย่างมาแยกองค์ประกอบของขยะตามประเภทขยะที่กำหนดไว้ในแบบฟอร์ม

4) ชั่งและบันทึกน้ำหนักของขยะแต่ละประเภทที่แยกได้

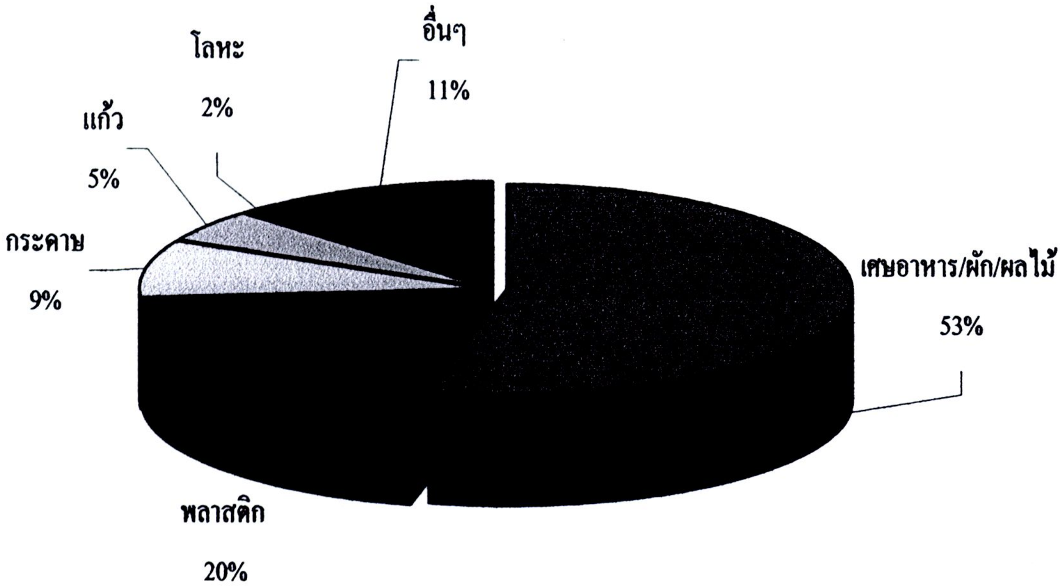
5) นำข้อมูลปริมาณขยะแต่ละประเภทมาคำนวณหาร้อยละของปริมาณขยะทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ประเภทของขยะมูลฝอยในประเทศ จากข้อมูลทุติยภูมิที่มีการรวบรวม สามารถจำแนกประเภทของขยะจากแหล่งที่มาจำนวน 30 เทศบาล โดยมีสัดส่วนของขยะมูลฝอยแต่ละประเภทแสดงดังตารางที่ 2.2 และแสดงด้วยแผนภาพวงกลม (Pie Chart) ดังรูปที่ 2.3และ 2.4

ตารางที่ 2.2 ผลการวิเคราะห์ประเภทของขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลทั่วประเทศ

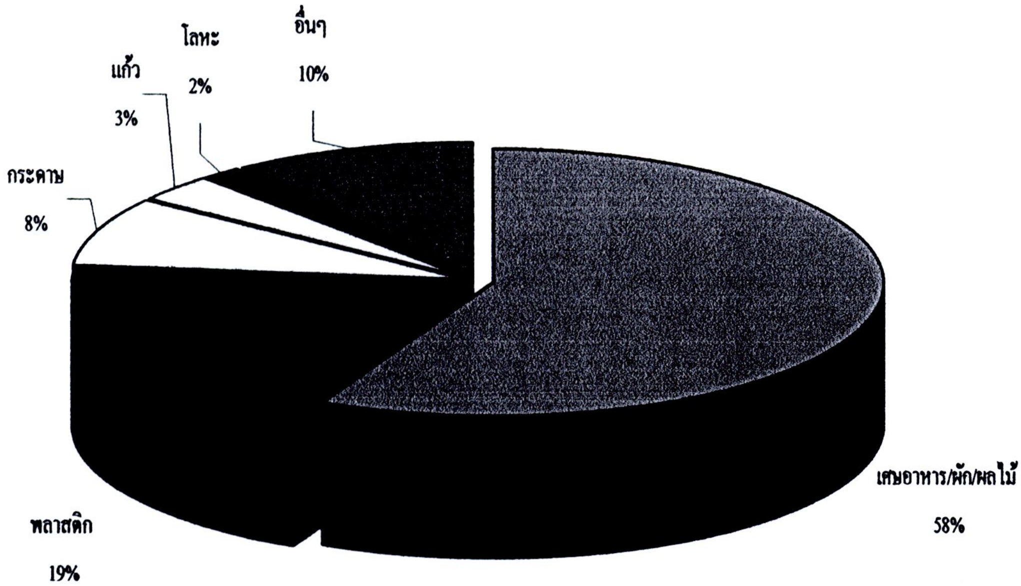
องค์ประกอบ	**ปริมาณขยะ> 100 ตัน/วัน**	**ปริมาณขยะ 50-100 ตัน/วัน**
เศษอาหาร/ผัก/ผลไม้	53.49 %	57.18 %
พลาสติก	20.12 %	19.40 %
กระดาษ	8.95 %	8.38 %
แก้ว	5.02 %	3.47 %
โลหะ	1.80 %	1.52 %
อื่นๆ เช่น กระดูก/เปลือกหอย/สารพิษ ผ้าอ้อม/ผ้าอนามัย/ถ่านไฟฉาย เป็นต้น	10.62 %	10.05 %

ที่มา **http://www.pcd.go.th**



รูปที่ 2.3 ประเภทของขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลที่มีปริมาณมากกว่า 100 ตัน/วัน

ที่มา : http://www.pcd.go.th



รูปที่ 2.4 ประเภทของขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลที่มีปริมาณ 50-100 ตัน/วัน

ที่มา : http://www.pcd.go.th

จากตารางที่ 2.2 และรูปที่ 2.3 พบว่าขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลที่มีปริมาณมากกว่า 100 ตัน/วัน ร้อยละ 53 เป็นขยะอินทรีย์จำพวกเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ง่าย รองลงมาคือ ขยะพลาสติกร้อยละ 20 ขยะอื่นๆ ร้อยละ 11 กระดาษร้อยละ 9 แก้วร้อยละ 5 และโลหะร้อยละ 2 ตามลำดับ ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับประเภทของขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลที่มีปริมาณ 50 – 100 ตัน/วัน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เมื่อพิจารณาศักยภาพในด้านประเภทของขยะมูลฝอย พบว่าขยะที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตพลังงานมากที่สุด คือ ขยะอินทรีย์ จำพวกเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ รองลงมาคือ ขยะจำพวกพลาสติก

2.5 ผลการสำรวจวิธีการกำจัดขยะมูลฝอย

ผลการสำรวจวิธีการกำจัดขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลทั่วประเทศ ดังตารางที่ 2.3 พบว่า ประมาณร้อยละ 75 ของเทศบาลทั้งหมดมีการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยวิธีเทกองบนพื้นดินหรือในหลุม เทศบาลร้อยละ 24 มีการกำจัดขยะโดยการฝังกลบ และมีเพียงร้อยละ 0.73 ที่ดำเนินการกำจัดขยะด้วยวิธีการเผาในเตาเผา

ตารางที่ 2.3 วิธีการกำจัดขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลทั่วประเทศ

ภูมิภาค	**จำนวนเทศบาล**	**วิธีการกำจัดขยะมูลฝอย**					
		เทกองบนพื้น/หลุม		**ฝังกลบ**		**เผาในเตาเผา**	
		จำนวน	**ร้อยละ**	**จำนวน**	**ร้อยละ**	**จำนวน**	**ร้อยละ**
1. กลาง-ตะวันตก	106	92	86.79	14	13.21	-	-
2. เหนือ	124	78	62.90	45	36.29	1	0.81
3. ตะวันออกเฉียงเหนือ	171	144	84.21	27	15.79	-	-
4. ตะวันออก	66	42	63.64	24	36.36	-	-
5. ใต้	81	54	62.28	24	29.62	3	3.70
รวม	**548**	**410**	**74.82**	**134**	**24.45**	**4**	**0.73**

ที่มา http://www.pcd.go.th

2.5.1 ผลการวิเคราะห์ด้านปริมาณขยะมูลฝอยของจังหวัดในเขตภาคเหนือ

จากหลักเกณฑ์การแบ่งภูมิภาคของประเทศไทยโดยกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย กำหนดให้ภาคเหนือของประเทศครอบคลุมพื้นที่ 17 จังหวัด โดยมีจำนวนครัวเรือน จำนวนประชากร ปริมาณขยะต่อวัน และอัตราการเกิดขยะต่อหัวของประชากร แสดงดังตารางที่ 2.4 ส่วนรายละเอียดของข้อมูลปริมาณและองค์ประกอบของขยะชุมชนในเขตภาคเหนือ 17 จังหวัด แสดงในภาคผนวก ข.

จากตารางที่ 2.4 พบว่าจังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีจำนวนประชากรมากที่สุดในเขตภาคเหนือ คือ 404,065 คน และเป็นจังหวัดที่มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นมากที่สุด คือ 430.15 ตันต่อวัน รองลงมา คือ จังหวัดลำปาง ซึ่งมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 222,407 คน และมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้น 210.47 ตันต่อวัน ดังนั้นในการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ที่จะทำการวิเคราะห์ด้านศักยภาพของขยะชุมชนที่จะนำมาผลิตเป็นพลังงาน จึงมุ่งเน้นความสำคัญที่พื้นที่ 2 จังหวัดในเขตภาคเหนือดังกล่าว คือ จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดลำปาง

ตารางที่ 2.4 ปริมาณขยะมูลฝอยในเขตภาคเหนือของประเทศไทย

ลำดับที่	จังหวัด	จำนวนครัวเรือน (ครอบครัว)	ประชากร (คน)	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)	อัตราการเกิดขยะ (กก./คน/วัน)
1	**เชียงใหม่**	**124591**	**404065**	**430.15**	**1.06**
2	เชียงราย	59519	201601	190.76	0.95
3	แม่ฮ่องสอน	5709	21364	25.71	1.2
4	ลำพูน	19231	93758	73.20	0.78

ที่มา http://www.pcd.go.th

2.5.2 การจัดการขยะมูลฝอยของจังหวัดเชียงใหม่ในปัจจุบัน

ปัจจุบันปัญหาขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในจังหวัดเชียงใหม่สามารถจำแนกได้เป็น 2 ส่วน คือ (1) ปัญหาด้านสถานที่กำจัดมูลฝอยที่ต้องรองรับปริมาณขยะมูลฝอยในแต่ละวันเป็นจำนวนมาก และยังไม่สามารถหาสถานที่ที่เหมาะสมแห่งใหม่ได้ เนื่องจากประชาชนและชุมชนซึ่งเกี่ยวข้องในพื้นที่นั้นๆ ยังไม่เข้าใจวิธีการกำจัดมูลฝอยที่ถูกหลักวิชาการเท่าที่ควร ทำให้เกิดการร้องเรียนและต่อต้านการก่อสร้างโครงการกำจัดขยะมูลฝอยในเขตพื้นที่ของตน และ (2) ปัญหาขยะมูลฝอยตกค้างในพื้นที่หรือในชุมชน ขาดการจัดหารถบรรทุกเก็บขนขยะมูลฝอยที่มีขนาดการบรรทุกที่เหมาะสม และการเข้าไปบริการเก็บรวบรวมมูลฝอยยังไม่ทั่วถึงเท่าที่ควร ซึ่งที่ผ่านมาเอกชนที่ได้รับอนุญาตให้เป็นผู้รับผิดชอบจัดเก็บรวบรวมและขนส่งขยะมูลฝอย ไม่สามารถปฏิบัติงานและไม่มีความระมัดระวังในการปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพเพียงพอ นอกจากนี้จำนวนรถบรรทุกขนส่งมูลฝอยยังมีไม่พอเพียง และมีขนาดที่ไม่เหมาะสมกับความกว้างของถนนและระยะทางวิ่งที่ต้องให้บริการ จึงทำให้เกิดปัญหาด้านการจัดเก็บและการขนส่งขยะขึ้น นอกจากนี้การขยายตัวทางเศรษฐกิจและเมืองในด้านต่างๆ ส่งผลให้มีประชากรหลั่งไหลเข้ามาสู่เมืองเชียงใหม่เป็นจำนวนมาก ทั้งเพื่อการประกอบอาชีพ การศึกษา การค้า การทำธุรกิจ และการท่องเที่ยว จึงทำให้ปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 เป็นต้นมา จากสาเหตุของปัญหาดังกล่าว ส่งผลให้เทศบาลต้องใช้จ่ายงบประมาณในการบริหารจัดการด้านต่างๆ เกี่ยวกับปัญหาขยะในเขตเทศบาลเป็นจำนวนที่สูงมากในแต่ละปี ตามปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากข้อมูลการจ้างเหมาบริษัทเอกชนในการจัดการเก็บขยะของเทศบาล พบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – 2553 เทศบาลมีการสูญเสียเงินในการจ้างเหมาเท่ากับ 227,200,000 บาท โดยสามารถแยกเป็นค่าใช้จ่ายรายปีได้ดังนี้

ปีที่ 1 (2548)	จำนวนเงินค่าจ้าง	950,000	บาท
ปีที่ 2 (2549)	จำนวนเงินค่าจ้าง	52,920,000	บาท
ปีที่ 3 (2550)	จำนวนเงินค่าจ้าง	54,360,000	บาท
ปีที่ 4 (2551)	จำนวนเงินค่าจ้าง	55,920,000	บาท
ปีที่ 5 (2552)	จำนวนเงินค่าจ้าง	57,600,000	บาท

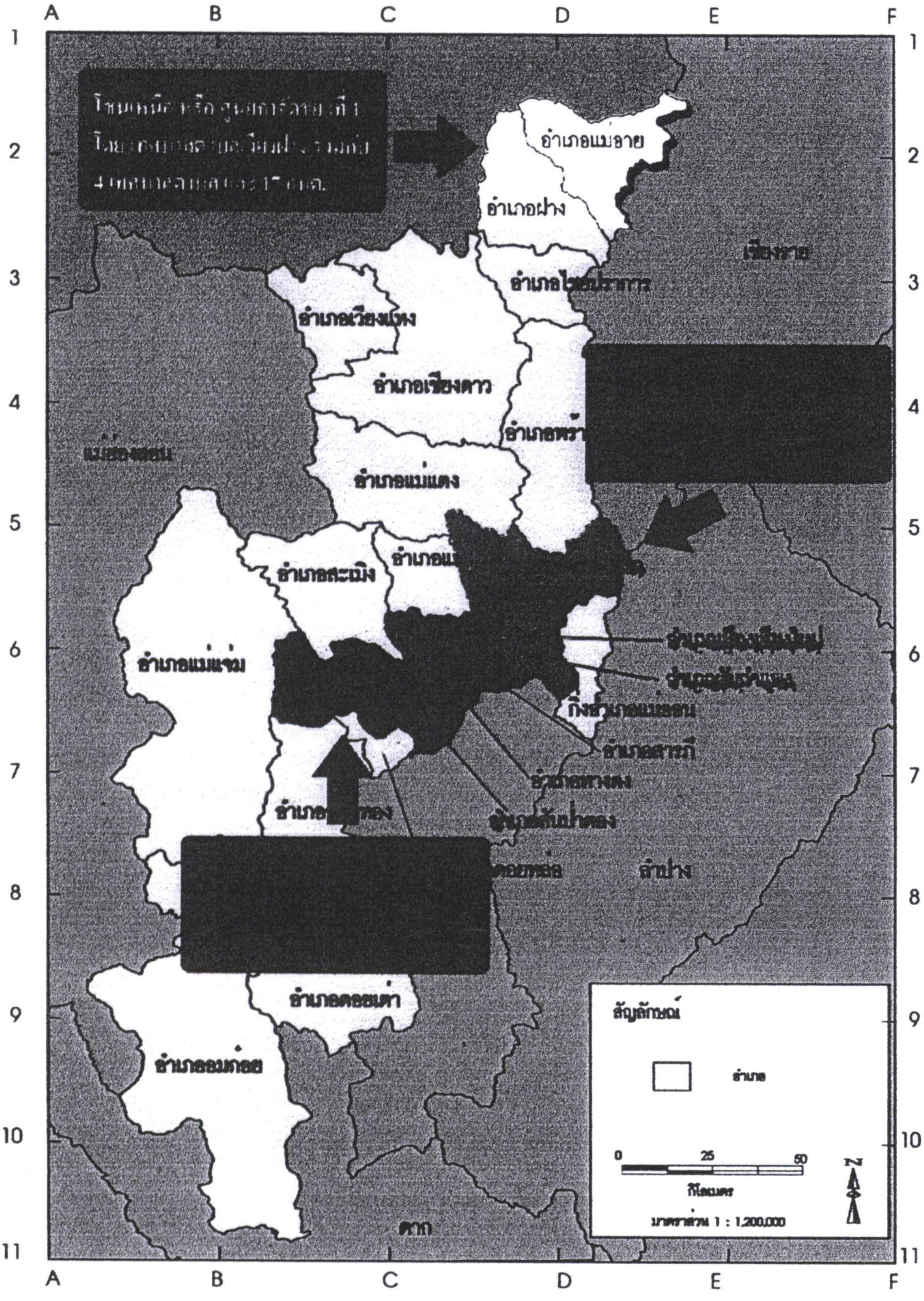
การดำเนินงานได้มีการแบ่งเขตพื้นที่ความรับผิดชอบออกเป็น 3 เขต ดังรูปที่ 2.5 และมีรายละเอียดดังนี้

1. เขตเหนือ (โซนเหนือ) ให้เทศบาลเวียงฝางเป็นแกนกลางในการก่อสร้างระบบกำจัดมูลฝอย ในพื้นที่ของ อำเภอฝาง อำเภอไชยปราการ และอำเภอแม่อาย

2. เขตกลาง (โซนกลาง) ให้องค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงใหม่เป็นแกนกลางในการก่อสร้างระบบกำจัดมูลฝอย สำหรับกลุ่มพื้นที่ของ อำเภอดอยสะเก็ด อำเภอสันกำแพง และอำเภอสันทราย

3. เขตใต้ (โซนใต้) ให้เทศบาลนครเชียงใหม่เป็นแกนกลางสำหรับกลุ่มอำเภอเมือง อำเภอสารภี อำเภอหางดง อำเภอสันป่าตอง อำเภอแม่วาง และกิ่งอำเภอดอยหล่อ

ปัจจุบันพื้นที่ในเขตเหนือ ซึ่งรับผิดชอบโดยเทศบาลเวียงฝางได้ดำเนินการจัดหางบประมาณในการจัดจ้างการก่อสร้างระบบกำจัดมูลฝอย ในพื้นที่เขตเทศบาลเวียงฝาง สามารถรองรับขยะได้ 150 ตันต่อวัน และมีการดำเนินการกำจัดขยะมูลฝอยแล้ว โดยภายในศูนย์ฯ มีระบบการคัดแยกวัสดุรีไซเคิลออก เพื่อนำไปขายให้กับผู้รับซื้อของเก่า จากนั้นจึงนำส่วนที่เหลือซึ่งเป็นจำพวกสารอินทรีย์ไปเข้าระบบหมักทำเป็นปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักที่ได้มีการบรรจุถุงเพื่อจำหน่ายต่อไป ส่วนที่เหลือจากการหมักปุ๋ยจะนำไปฝังกลบในหลุมฝังกลบที่มีการออกแบบอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ สำหรับพื้นที่เขตกลางมีรูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยเหมือนกับในเขตเหนือ แต่มีปริมาณการกำจัดออกแบบไว้ที่ 280 – 304 ตันต่อวัน ซึ่งขณะนี้กำลังดำเนินการก่อสร้างซึ่งตามแผนจะแล้วเสร็จภายในปี 2551 สำหรับศูนย์กำจัดขยะส่วนของเขตใต้ยังไม่มีความก้าวหน้าในการดำเนินงานแต่อย่างใด ทั้งในด้านการหาพื้นที่การก่อสร้างระบบกำจัดขยะมูลฝอย และแนวทางการกำจัดขยะมูลฝอยที่จะเลือกใช้ ทั้งนี้เป็นเพราะมีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ อาทิเช่น การต่อต้านจากประชาชนในพื้นที่ เป็นต้น



รูปที่ 2.5 การแบ่งพื้นที่รับผิดชอบในการจัดตั้งศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยครบวงจร

ที่มา : การศึกษาวิเคราะห์แนวทางการจัดการขยะในการผลิตไฟฟ้าในระดับอำเภอ, 2552

2.6 ขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel; RDF)

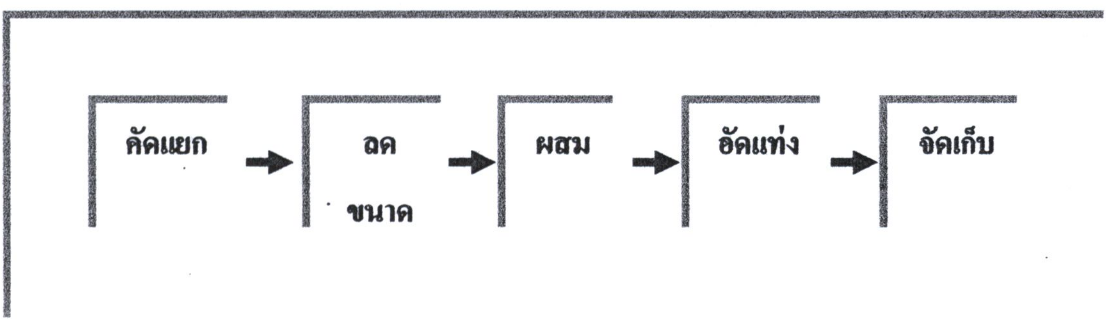
ขยะชุมชน (Municipal solid waste หรือ MSW) หมายถึง ขยะที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในชุมชน เช่น ตลาดสด บ้านพักอาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานประกอบการ สถานบริการ สถาบันต่างๆ รวมทั้งเศษวัสดุ ก่อสร้าง ทั้งนี้ไม่รวมของเสียอันตรายและมูลฝอยติดเชื้อ โดยประเภทของขยะที่เกิดขึ้นในชุมชน สามารถจำแนกตามคุณสมบัติได้ ดังนี้ 1. ขยะที่ย่อยสลายได้ง่าย ได้แก่ เศษอาหาร ผัก ผลไม้ กระดาษและไม้ 2. ขยะที่ย่อยสลายยากหรือไม่ได้เลย ได้แก่ พลาสติก แก้ว โลหะ ผ้า หนัง โฟม และอื่นๆ 3. ขยะอันตรายหรือสารเคมี ซึ่งมาจากแหล่งกำเนิด 4 ประเภท คือ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม บ้านพักอาศัย และสถานพยาบาล สำหรับขยะชุมชน (ยกเว้นขยะอันตราย) ประกอบด้วย สารอินทรีย์ (ย่อยสลายง่าย) และสารอนินทรีย์ (ย่อยสลายยาก) โดยสารอินทรีย์ ประกอบด้วย เศษอาหาร กระดาษ พลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ ยาง หนัง และ ไม้ ส่วนสารอนินทรีย์ ประกอบด้วย แก้ว กระป๋องดีบุก อลูมิเนียม โลหะ และอุปกรณ์เครื่องครัว สำหรับประเทศที่มีการพัฒนาด้านการจัดการขยะค่อนข้างดีขยะชุมชนจะถูกแยกโดยการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งสารอนินทรีย์ส่วนมากจะถูกนำกลับไปใช้ใหม่ ในขณะที่สารอินทรีย์จะถูกส่งไปกำจัด (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) ทั้งนี้ในการใช้ขยะชุมชนที่เก็บรวบรวมได้เพื่อการเผาไหม้ โดยตรงมักก่อให้เกิดความยุ่งยากในการใช้งานเนื่องจากความไม่แน่นอนในองค์ประกอบต่างๆที่ประกอบกันขึ้นเป็นขยะมูลฝอย ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามชุมชนและตามฤดูกาล อีกทั้งขยะมูลฝอยเหล่านี้มีค่าความร้อนต่ำ มีปริมาณเถ้าและความชื้นสูง สิ่งเหล่านี้ก่อความยุ่งยากให้กับผู้ออกแบบโรงเผาและผู้ปฏิบัติและควบคุมการ เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ยาก การแปรรูปขยะมูลฝอยโดยผ่านกระบวนการจัดการต่างๆ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของขยะมูลฝอยเพื่อทำให้กลายเป็นขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel; RDF) จะสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวมาข้างต้นได้ ซึ่งขยะเชื้อเพลิงที่ได้นั้นสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงาน ได้

ขยะเชื้อเพลิง หมายถึง ขยะมูลฝอยที่ผ่านกระบวนการจัดการต่างๆ เช่น การคัดแยกวัสดุที่เผาไหม้ได้ออกมา การฉีกหรือตัดขยะมูลฝอยออกเป็นชิ้นเล็กๆ ขยะเชื้อเพลิงที่ได้นี้จะมีค่าความร้อนสูงกว่าหรือมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ดีกว่าการนำขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมมาใช้โดยตรง เนื่องจากมีองค์ประกอบทั้งทางเคมีและกายภาพสม่ำเสมอกว่า ข้อดีของขยะเชื้อเพลิง คือ ค่าความร้อนสูง (เมื่อเปรียบเทียบกับขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมมา) ง่ายต่อการจัดเก็บ การขนส่ง การจัดการแบบวิธีต่างๆ

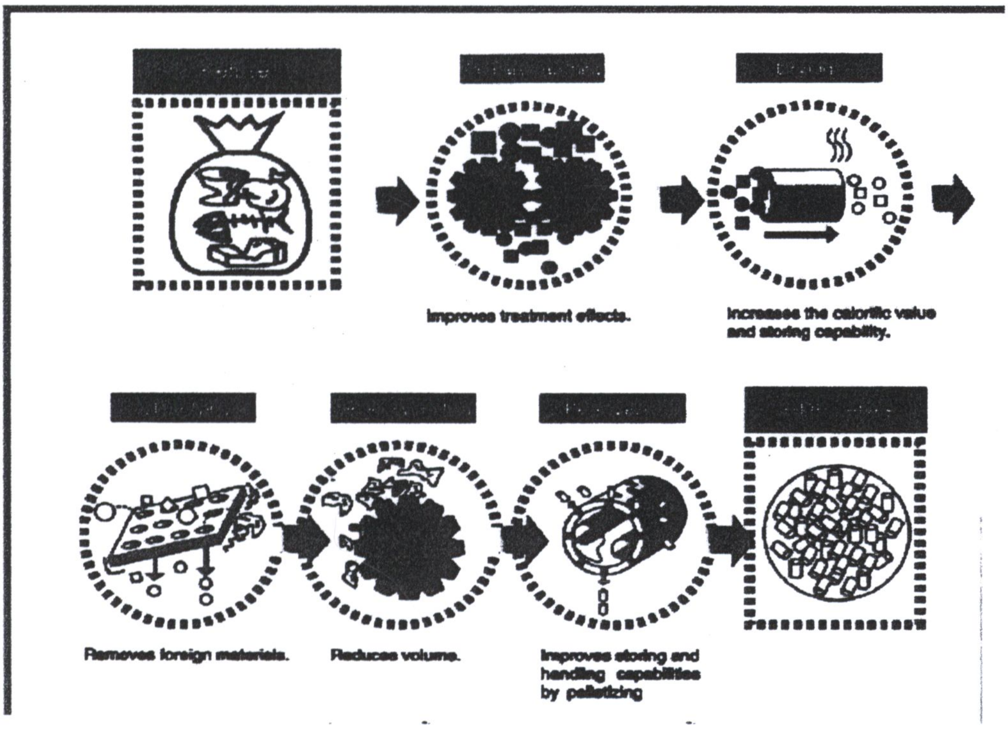
2.6.1 การแปรรูปขยะชุมชนให้เป็นขยะเชื้อเพลิง

ประกอบไปด้วยหลายขั้นตอน โดยชนิดและขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้ รวมถึงลำดับและความซับซ้อนในการดำเนินการขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและคุณสมบัติของขยะชุมชนที่เข้าสู่กระบวนการและขยะเชื้อเพลิงที่ต้องการ ทั้งนี้กระบวนการการจัดการทั่วไปมีขั้นตอนหลัก6 ขั้นตอนด้วยกัน คือ 1) การคัดแยกขยะซึ่งจะรวมทั้งการคัดแยกที่แหล่งกำเนิดและการคัดแยกด้วยมือหรือเครื่องจักรที่โรงคัดแยก 2) การลดขนาด 3) การแยกขนาด 4) การผสม 5) การทำให้แห้งและการอัดแท่ง และ 6) การบรรจุและการจัดเก็บ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 – 2.7

โดยทั่วไปขยะจะถูกนำมาคัดแยกส่วนที่นำไปกลับใช้ซ้ำได้ เช่น โลหะ และแก้ว และ อินทรีย์สาร เช่น เศษอาหาร ซึ่งมีความชื้นสูง ออกเสียก่อน ซึ่งในส่วนของอินทรีย์สารจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) และ/หรือสารปรับปรุงคุณภาพดิน (Soil Conditioner) แล้วจึงนำส่วนประกอบของขยะที่เหลือไปลดขนาด ซึ่งส่วนมากประกอบด้วย กระดาษ เศษไม้ พลาสติกโดยส่วนประกอบของขยะในส่วนนี้ที่สามารถนำไปผลิตเป็นขยะเชื้อเพลิง



รูปที่ 2.6 แนวทางการผลิตขยะเชื้อเพลิงอัดแท่ง RDF



รูปที่ 2.7 ขั้นตอนในการแปรรูปขยะชุมชนเป็นขยะเชื้อเพลิง

ที่มา : การศึกษาวิเคราะห์แนวทางการจัดการขยะในการผลิตไฟฟ้าในระดับอำเภอ, 2552

2.6.2 เชื้อเพลิงขยะสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ชนิด

ตามมาตรฐาน ASTM E-75 ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการจัดการที่ใช้ ประกอบด้วย

RDF-1 คือ การนำขยะมาเป็นเชื้อเพลิงในสภาพเดียวกับที่ถูกจัดเก็บมาโดยตรง โดยไม่มีกระบวนการแปรสภาพขยะ อาจมีการแยกชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ออกมาในกรณีที่ สามารถเห็นได้ด้วยตา

RDF-2 คือ การนำขยะที่เก็บรวบรวมได้มาผ่านกระบวนการคัดแยกนำสิ่งที่เผาไหม้ไม่ได้ออก และนำมาผ่านกระบวนการลดขนาดอย่างหยาบๆ

RDF-3 คือ มีลักษณะเช่นเดียวกับ RDF-2 แต่จะมีการลดขนาดให้เล็กลง ซึ่งทั้ง RDF-2 และ RDF-3 จะมีองค์ประกอบของขยะส่วนใหญ่ (หรือเกือบทั้งหมด) ที่เป็นองค์ประกอบที่เผาไหม้ได้เท่านั้น

RDF-4 คือจากนั้นถ้าต้องการเชื้อเพลิงไปใช้กับเทคโนโลยีที่ต้องการขนาดของเชื้อเพลิงที่เล็กละเอียด เช่น Suspension Firing System ก็จะทำเป็น RDF-4 หรือในทางตรงกันข้าม ถ้าต้องการขยะเชื้อเพลิงที่มีขนาดใหญ่ขึ้น มีความหนาแน่นมากขึ้น เพื่อความสะดวกในการจัดเก็บและขนส่งนั้น ก็จะนำ RDF-3 มาผ่านกระบวนการอัดหรือที่เรียกว่า RDF-5

RDF-5 คือในระหว่างกระบวนการอัด อาจจะมีการเติมส่วนประกอบต่างๆ เพิ่มเข้าไปเพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นตามต้องการ เช่น เติมหินปูนเพื่อช่วยในการดูดซับแก๊สที่มีสภาพเป็นกรดที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการเกิดปฏิกิริยาทางความร้อน เติมแป้งเปียกเพื่อช่วยในการยึดติด เติมส่าเหล้าเพื่อเพิ่มค่าความร้อนเพราะส่าเหล้ามีส่วนประกอบของเอทานอล หรืออาจจะผสมกับเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อการควบคุมปริมาณองค์ประกอบที่พึงประสงค์ต่าง ๆ เช่น ปริมาณคลอไรด์ ปริมาณโลหะหนัก ที่มีอยู่ในขยะให้มีปริมาณที่กำหนดหรือสามารถควบคุมได้ด้วยเทคโนโลยีการแปรรูปขยะเป็นพลังงานที่ใช้งานอยู่ คุณสมบัติ RDF-5 คือ ความหนาแน่นต้องมากกว่า 600 kg/m^3 และ LHV ต้องมากกว่า 4000 kcal/kg

RDF-6 และ RDF-7 คือ ขยะเชื้อเพลิงที่ไม่ได้อยู่ในรูปของเชื้อเพลิงแข็งเหมือนกับ RDF-1 ถึง RDF-5 แต่จะอยู่ในรูปของเชื้อเพลิงเหลวและเชื้อเพลิงแก๊ส ตามลำดับ

ตารางที่ 2.5 คุณลักษณะของขยะเชื้อเพลิงแต่ละประเภทและระบบการเผาไหม้

ชนิด	กระบวนการจัดการ	ระบบเผาไหม้
RDF 1 : MSW	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ได้ออกมาด้วยมือรวมทั้งขยะที่มีขนาดใหญ่	Stoker
RDF2 : Coarse RDF	บดหรือตัดขยะมูลฝอยอย่างหยาบๆ	FBC, MFC
RDF 3 : Fluff RDF	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ออก เช่น โลหะแก้ว และอื่นๆ มีการบดหรือตัดจนทำให้ 95% ของขยะมูลฝอยที่คัดแยกแล้วมีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้ว	Stoker
RDF 4 : Dust RDF	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการทำให้อยู่ในรูปของผงฝุ่น	FBC, PF
RDF 5 : Densified RDF	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการอัดแท่งโดยให้มีความหนาแน่นมากกว่า 600 kg/m^3	FBC, MFC
RDF 6: RDF Slurry	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการให้อยู่ในรูปของ Slurry	Swirl burner
RDF 7 : RDF Syngas	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้มาผ่านกระบวนการ Gasification เพื่อผลิต Syngas ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซได้	Burner, IGCC.

ที่มา : มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2553

2.7 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่/แปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังจากการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงผลเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อจะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด สมาคมพิษวิทยาด้านสิ่งแวดล้อมและสารเคมี (The Society of Environmental Toxicology and Chemistry : SETAC) ได้ให้นิยามของ LCA ว่า "เป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาครอบคลุมถึงกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งการประเมินนี้จะทำตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์อย่างละเอียด เช่น กระบวนการผลิต การบรรจุ การคัดแยก การบำรุงรักษาและการแปรรูปใช้ใหม่ รวมถึงกิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยยึดหลักของระบบนิเวศสุขอนามัย และการนำทรัพยากรมาใช้เป็นหลัก นอกจากนี้องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) ได้นิยามความหมายของ LCA ว่า เป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้าและสารขาออก รวมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต(สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2547)

วัตถุประสงค์ของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ คือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดโดยความแตกต่างของการประเมินวัฏจักรชีวิตจากการวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ คือ การรวมพิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เช่น ผลกระทบจากการผลิตวัตถุดิบมาป้อนให้กับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ผลกระทบที่เกิดจากการขนส่ง ผลกระทบที่เกิดจากการใช้งาน ผลกระทบที่เกิดจากการกำจัดผลิตภัณฑ์ที่หมดสภาพการใช้งานแล้ว ฯลฯ ซึ่งการรวมพิจารณาถึงกิจกรรมอื่นๆ เหล่านี้ให้สามารถวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์อย่างแท้จริง นอกนี้ยังสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์หรือบริการ โดยมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมประกอบการตัดสินใจ

ISO (International Organization for Standard) เป็นองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน ISO เป็นองค์กรเอกชนที่เป็นผู้ให้การรับรองด้านมาตรฐานที่เป็นที่รู้จักและได้รับการยอมรับทั่วโลกโดยที่เรารู้จักกันดี ได้แก่ การพัฒนาและกำหนดอนุกรมมาตรฐาน ISO 90000 ที่ว่า

ด้วยมาตรฐานการจัดการองค์กร หรืออนุกรมมาตรฐาน 14000 ที่ว่าด้วยการจัดการสิ่งแวดล้อม (ชลธิชา, 2550) ส่วนของ LCA นั้นจัดอยู่เป็นหนึ่งในอนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14040 ซึ่งมีด้วยกัน 7 ฉบับดังนี้

- ISO 14040 - Life cycle assessment-Principles and Framework เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงหลักการ นิยามศัพท์ และกรอบการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
- ISO 14041 – Life cycle assessment-Goal and scope definition and Life Cycle Inventory analysis เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการกำหนดวัตถุประสงค์ขอบเขต การวิเคราะห์และการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (LCI)
- ISO 14042 – Life Cycle Assessment-Life Cycle Impact Assessment (LCIA) เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
- ISO 14043 – Life Cycle Assessment-Life Cycle Interpretation เป็นมาตรฐานกล่าวถึงการแปลผลข้อมูลที่ได้จากการทำ LCI และ LCIA
- ISO 14047 – Life Cycle Assessment-Illustrative Examples on How to Apply ISO 14042 – Life Cycle Impact Assessment เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14042 สำหรับวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์
- ISO 14048 – Life Cycle Assessment-LCA Data Documentation Format เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างรูปแบบเอกสารของข้อมูลด้าน LCA
- ISO 14049 – Life Cycle Assessment-Examples of Application of ISO 14041 to Goal and Scope Definition and Inventory Analysis เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14041 สำหรับจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

2.7.1 วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต

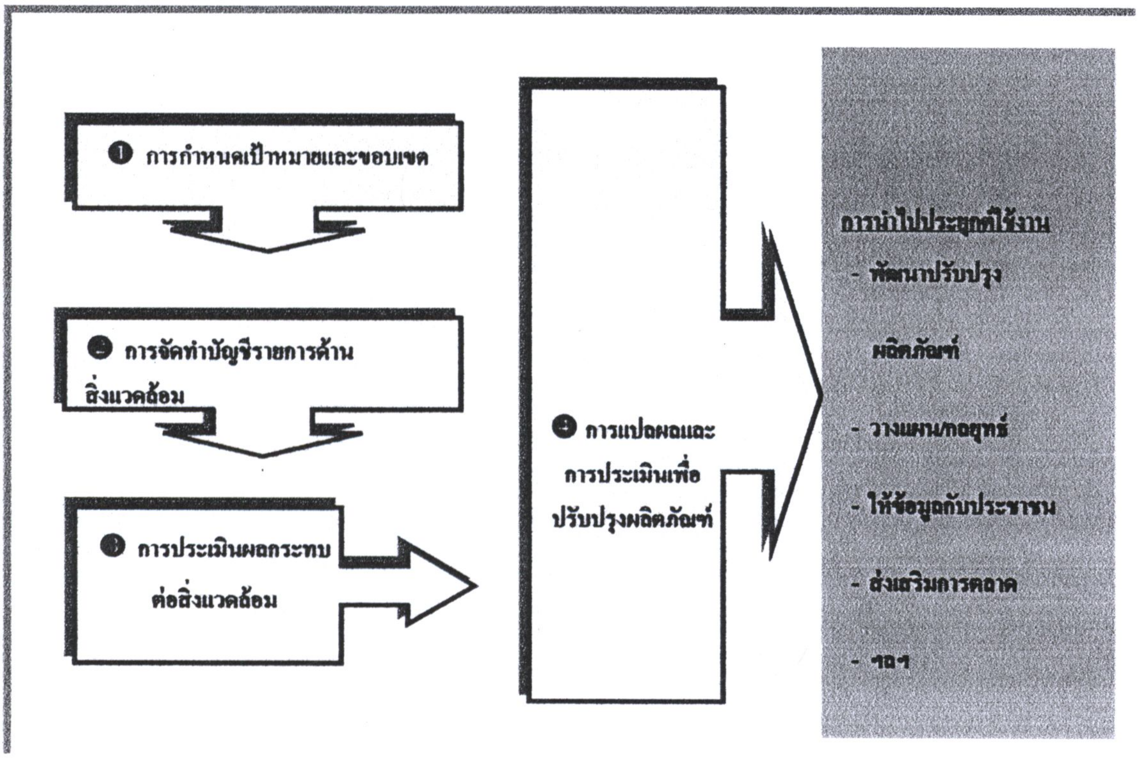
วิธีการดำเนินการ LCA มีหลายวิธี แต่ปัจจุบันวิธีการหลักๆ เริ่มมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยนิยมใช้วิธีการและขั้นตอนการศึกษาตามกรอบมาตรฐาน ISO 14040 มากขึ้น กรอบการดำเนินงานของอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 แบ่งขั้นตอนการดำเนินงาน LCA ออกเป็น 4 ขั้นตอนหลักๆ ได้แก่

1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

2) การวิเคราะห์เพื่อจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

3) การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต

4) การแปลผลและการประเมินเพื่อปรับปรุง



รูปที่ 2.8 กรอบการดำเนินงานของการประเมินวัฏจักรชีวิตตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> : การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

การศึกษา LCA นั้น ขั้นตอนแรกจะต้องทราบว่าอะไรคือสิ่งที่จะทำการศึกษา และจะทำการศึกษาอย่างไร ซึ่งผลจากการศึกษาจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับการกำหนดขอบเขตและเป้าหมายของการศึกษา โดย LCA สามารถนำไปใช้กับเป้าหมายหลักๆ ของการศึกษาวิจัยที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ เพื่อการวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์, เพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ หรือเพื่อการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตประกอบด้วยประเด็นหลักที่มีความสำคัญ ดังต่อไปนี้

1) **เป้าหมาย (Goal)** หรือจุดมุ่งหมาย โดยต้องมีการระบุผลของการใช้ และผู้ที่จะนำไปใช้ การกำหนดเป้าหมายจะต้องเข้าใจรายละเอียดต่างๆ เป็นอย่างดี อาจกล่าวได้ว่าเป้าหมายเป็นหัวใจของการศึกษารายละเอียดและการสรุปผลรายงาน เพราะเป้าหมายจะทำให้สามารถแยกแยะความสำคัญของส่วนต่างๆ ในเนื้อหาได้

2) **ขอบเขต (Scope)** การพิจารณาขอบเขตของระบบ มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

- **หน่วยการทำงาน (Functional Unit)** คือส่วนที่เป็นพื้นฐานของการศึกษา LCA เพราะใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ หรือเป็นตัววัดระหว่างผลิตภัณฑ์ มีการให้นิยามของหน่วยการทำงานที่หลากหลาย เช่น เป็นมาตรฐานของ Inputs และ Outputs ที่เป็นกลาง โดยหน่วยการทำงานของระบบจะให้ความหมายและการวัดที่กระจ่างชัด ซึ่งผลจากการวัดจะใช้เป็นคำตอบต่อไปได้ ลักษณะ 3 ประการของหน่วยการทำงาน ได้แก่ (1) ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ (2) ความคงทนของผลิตภัณฑ์ และ(3) คุณสมบัติพื้นฐาน ในการเปรียบเทียบระหว่างระบบสามารถทำได้ด้วยฟังก์ชันที่มีลักษณะพื้นฐานเหมือนกัน
- **คุณภาพของข้อมูล (Data Quality)** คุณภาพของข้อมูลที่นำมาใช้ในกระบวนการของ LCA จะนำมาซึ่งคุณภาพของข้อสรุปที่ได้จาก LCA โดยคุณภาพของข้อมูลจะทำให้ทราบรายละเอียดต่างๆ ที่สำคัญ และทำให้การประเมินเป็นไปอย่างมีหลักเกณฑ์

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> : การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis)

จุดประสงค์ของการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการต่างๆ ตามที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนของการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต และคำนวณเพื่อหาจำนวนสารขาเข้า (Inputs) และสารขาออก (Outputs) ของระบบผลิตภัณฑ์ (Product System) ซึ่งสารขาเข้าและสารขาออกที่ได้เหล่านี้ ได้แก่ การใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน และการปล่อยสารออกสู่อากาศ น้ำ และดิน การเก็บข้อมูลควรอยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย และควรจะประกอบด้วยรายละเอียดของกระบวนการผลิต ผังการไหลของกระบวนการ และ

ลักษณะของข้อมูล เช่น คุณภาพ แหล่งที่มา และข้อจำกัดของข้อมูล เป็นต้น โดยมีประเด็นที่สำคัญดังต่อไปนี้

- **การคัดเลือกข้อมูล (Data Collection)** คือ การคัดเลือกและจัดการกับข้อมูลของวัตถุดิบ ที่ใช้ ของเสีย และสิ่งที่แพร่กระจายออกจากทุกๆ ขั้นตอนในระบบผลิตภัณฑ์ ข้อมูลจะต้องแสดงรายละเอียดทั้งในเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ
- **การกลั่นกรองขอบเขตของระบบ (Refining System Boundaries)** คือ การกำหนดส่วน Scope Definition Procedure หลังจากการคัดเลือกข้อมูลเสร็จสิ้นแล้ว
- **กระบวนการคำนวณ (Calculation Procedure)** สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ Spreadsheet หรือการใช้โปรแกรมสำหรับ LCA โดยเฉพาะ เป็นต้น
- **ความถูกต้องของข้อมูล (Validation of Data)** ต้องมีการควบคุมกระบวนการตั้งแต่การคัดเลือกข้อมูลจนถึงการปรับปรุงข้อมูล และสรุป
- **การเชื่อมโยงข้อมูล (Relating Data)** ข้อมูลที่ได้ต้องมีความเชื่อมโยงกัน โดย Inputs และ Outputs จะต้องสัมพันธ์กับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ส่วนต่างๆ ในกระบวนการย่อย
- **การปันส่วน และการแปรใช้ใหม่ (Allocation and Recycling)** บางระบบที่มีความซับซ้อนทำให้ไม่สามารถประเมินและได้ผลลัพธ์ตรงตามขอบเขตที่กำหนดไว้ จึงต้องแก้ปัญหาโดย (1) เพิ่มขอบเขตของระบบ โดยรวม Inputs และ Outputs ที่มีทั้งหมด หรือ (2) จัดทำรายการที่มีความสัมพันธ์กับการศึกษาและการประเมินผลกระทบ

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> : การประเมินค่าผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Impact Assessment)

การประเมินผลกระทบตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือ Life Cycle Impact Assessment เป็นกระบวนการที่ต้องใช้เทคนิคในการจัดการข้อมูลด้านคุณภาพและปริมาณ เพื่อนำมาจำแนกและประเมินผลกระทบต่อสภาวะทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกิดจากองค์ประกอบของบัญชีรายการ การประเมินผลกระทบประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- **การกำหนดประเภท (Category Definition)** คือ การเตรียมทางเลือกของผลกระทบแต่ละประเภทที่จะเกิดขึ้น ได้แก่ ผลกระทบจากแหล่งอชีวภาพ (Abiotic Resource), ผลกระทบ

จากแหล่งชีวภาพ (Biotic Resource), ผลกระทบต่อดิน น้ำ และอากาศ, ปัญหาโลกร้อนขึ้น, ปัญหาการลดลงของโอโซน, ของเสียจากมนุษย์ ฯลฯ

- **การจำแนกประเภท (Classification)** คือ การจำแนก Input และ Output ที่ได้จากการกำหนดประเภท เป็นขั้นตอนของการจำแนกวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงคุณภาพของผลกระทบที่มีความสัมพันธ์กัน โดยมีการแสดง Input และ Output ที่ได้จากขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการ ซึ่งนำไปสู่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นโดยตรง
- **การกำหนดบทบาท (Characterization)** คือ การแสดงประเภทผลกระทบในรูปแบบของดัชนีชี้วัด (Indicator) ผลที่ได้จากการกำหนดบทบาท คือ การแสดงการแบ่งประเภทของ Initial Loading และข้อมูลการลดลงของทรัพยากรประเภทต่างๆ
- **การให้น้ำหนักของผลกระทบ (Valuation or Weighting)** คือ การจัดอันดับ การคัดเลือก หรือการจัดกลุ่มของผลกระทบแต่ละประเภทที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาจากปัจจัยพื้นฐาน 3 ประการ ได้แก่ (1) การแสดงความสัมพันธ์เบื้องต้นขององค์กร กลุ่ม หรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง (2) สามารถรับประกันได้ว่ากระบวนการนั้นมีความเป็นไปได้ สามารถจัดทำเป็นเอกสารและรายงานได้ และ(3) สามารถตั้งความสัมพันธ์ของผลลัพธ์ที่เป็นรากฐานของผลกระทบแต่ละประเภทได้
- **การเทียบหน่วย (Normalization)** คือ การศึกษาเพิ่มเติมว่าผลกระทบแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในภาพรวมอย่างไร การเปรียบเทียบอาจทำโดยการเทียบปริมาณทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนด หรือเทียบต่อประชากร 1 คน ว่าเป็นต้นเหตุในการเกิดผลกระทบมากน้อยเพียงใด เป็นต้นอย่างไรก็ดีการให้น้ำหนักของผลกระทบ (Valuation or Weighting) และการเทียบหน่วย (Normalization) เป็นเพียงส่วนที่ควรจัดทำเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินวงจรชีวิตไปใช้ประโยชน์เฉพาะด้านต่อไป

2.7.2 การประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

เนื่องจากการศึกษา LCA จำเป็นต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นจำนวนมาก และต้องนำข้อมูลหรือตัวเลขเหล่านั้นมาทำการคำนวณค่าของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อความสะดวกจึงมีการนำโปรแกรมสำเร็จรูปมาช่วยในการคำนวณ ปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการจัดทำ LCA โดยเฉพาะ ซึ่งใช้งานง่ายและเสียค่าใช้จ่ายไม่มากนัก นอกจากนี้ยังสามารถใช้กับกระบวนการผลิตที่มีขั้นตอนจำนวนมาก และสามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูล LCA ทั่วโลกได้ ตารางที่ 2.6 แสดงโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการศึกษา LCA

ตารางที่ 2.6 โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการศึกษา LCA

โปรแกรมสำเร็จรูป	ผู้ผลิตโปรแกรม	ประเทศผู้ผลิต
SimaPro 5.1	Pre' Consultants	เนเธอร์แลนด์
GaBi 3.2	IKP Stuttgart	เยอรมนี
TEAM 3.0	Ecobilan	ฝรั่งเศส
LCAiT	Chalmers	สวีเดน
KCL - Eco	KCL	ฟินแลนด์
Umberto 4.1	Ifu / ifeu	เยอรมนี
EcoPro	EMPA, Sinum	สวิตเซอร์แลนด์
Boustead	Boustead	อังกฤษ
NIRE - LCA	NIRE / AIST	ญี่ปุ่น*
JEMAI - LCA	JEMAI	ญี่ปุ่น*

ที่มา : **Henrik Wenzel et. al. (1997)**

ปัจจุบันโปรแกรมสำเร็จรูปที่นิยมใช้โปรแกรมหนึ่ง คือ โปรแกรม SimaPro ซึ่งพัฒนาโดยประเทศเนเธอร์แลนด์ โปรแกรมประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ (1) ฐานข้อมูลบัญชีรายการ และ (2) ข้อมูลในการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยทั้ง 2 ส่วนได้มีการบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องไว้มากมาย แต่ผู้ที่นำโปรแกรมไปใช้งานไม่สามารถเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงแก้ไขใดๆ

การคำนวณในโปรแกรม SimaPro อาศัยหลักการของ Environmental Design of Industrial Products หรือ EDIP ซึ่งมีขั้นตอนการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมดังต่อไปนี้

1) **การกำหนดบทบาท (Characterization)** คือ ขั้นตอนการคำนวณหาศักยภาพผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมในแต่ละรูปแบบของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยคำนวณให้อยู่ในรูปของปริมาณสารอ้างอิงในแต่ละชนิดของผลกระทบนั้นๆ เช่น สารที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนขึ้นจะถูกคำนวณให้อยู่ในหน่วยของ CO_2 – equivalent เป็นต้น ค่าศักยภาพผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมในแต่ละชนิดของผลกระทบสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$\mathbf{EP_j = \Sigma (Q_i \times EF_{ij})} \qquad \mathbf{(2.1)}$$

โดย **EP_j (Environmental Impact Potential)** คือ ค่าศักยภาพผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม สำหรับผลกระทบ j ใดๆ

Q_i (Quantity of Substance) คือ ปริมาณสารมลภาวะ i ที่ถูกปล่อยออกมา

EF_{ij} (Equivalency Factor) คือ ค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม j แสดงดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ตัวอย่างค่า Equivalency Factor: EF_{ij} สำหรับกรณีภาวะโลกร้อนขึ้น

Substance	**Formula**	**GWP (100 years)** g CO2 – eq / g substance
Carbon Dioxide	CO2	1
Methane	CH4	25
CFC11	CFCl3	4000
CFC12	CF2Cl2	8500
CFC113	CF2ClCFCl2	5000
CFC114	CF2ClCF2Cl	9300
CFC115	CF2ClCF3	9300
Tetrachloromethane	CCl4	1400
HCFC22	CHF2Cl	1700
HFC123	CF3CHCl2	93
HFC124	CF3CHCFCl	480
HFC134a	CH2FCF3	1300
HFC152a	CHF2CH3	140
Carbon Monoxide	CO	2

ที่มา : **Henrik Wenzel et. al. (1997)**

2) **การเทียบหน่วย (Normalization)** คือ ขั้นตอนการหาความสำคัญของศักยภาพ ของแต่ละผลกระทบที่มีความสัมพันธ์กับผลกระทบที่เกิดจากกิจกรรมของสังคมในภาพรวม โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.2

$$\mathbf{NP_j = EP_j / (T \times ER_j)} \qquad \mathbf{(2.2)}$$

โดย **NP_j (Normalization Environmental Impact Potential)** คือ ค่าศักยภาพผลกระทบที่เป็นสัดส่วนที่เกิดจากการกระทำของคน 1 คน ในแต่ละประเภทของผลกระทบ j

T (Lifetime of Product) คือ อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (ปี)

ER_j (Normalization Reference) คือ ค่าอ้างอิงปริมาณผลกระทบ j ใดๆ ที่เกิดจากการกระทำของคน 1 คนต่อปี (kg substance equivalent/person/year)

3) **การให้น้ำหนักของผลกระทบ (Weighting)** คือ การให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดจะมีค่าที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับผู้ทำการประเมิน เช่น มีการนำนโยบายสิ่งแวดล้อมของโลกในการลดมลภาวะมาเป็นค่า Weighting Factor (WF) หรือการนำเอากฎหมายสิ่งแวดล้อมของแต่ละประเทศ เกี่ยวกับการอนุญาตให้ปล่อยมลภาวะมาเป็นค่า WF เป็นต้น สำหรับโปรแกรมการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม SimaPro ได้ใช้ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมของทวีปยุโรป ซึ่งทำให้เกิดการเสียชีวิตของคน 1 คนในจำนวน 1000 คนต่อปี

โครงการศึกษาวิจัยนี้ ได้ทำการประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม **SimaPro Version 7.1** ซึ่งมีการแบ่งประเภทของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีพิจารณาออกเป็น 15 ประเภท ได้แก่ (1) Global Warming (GW), (2) Ozone Depletion (OD), (3) Acidification (Ac), (4) Eutrophication (Eu), (5) Photochemical Smog (PS), (6) Ecotoxicity to Water Chronic (EWC), (7) Ecotoxicity to Water Acute (EWA), (8) Ecotoxicity to Soil Chronic

(ESC), (9) Human Toxicity to Air (HTA), (10) Human Toxicity to Water (HTW), (11) Human Toxicity to Soil (HTS), (12) Bulk Waste (BW), (13) Hazardous Waste (HW), (14) Radioactive Waste (RW) และ (15) Slag/Ashes (S/A) โดยผลกระทบทุกประเภทถูกพิจารณาทั้งในแง่ของปริมาณและความรุนแรง และแสดงค่าผลกระทบในหน่วยของ Point (Pt)

ขั้นตอนที่ 4 : การแปลผลและการประเมินเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ (Improvement and Interpretation)

ขั้นตอนการแปลผล หรือ Interpretation คือ การนำผลการศึกษาที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (LCI) และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (LCIA) มาเชื่อมโยงกันเพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ สรุปผล และจัดเตรียมข้อเสนอแนะที่มาจากผลลัพธ์ของการทำ LCA รวมถึงการจัดทำรายงานสรุปการแปลผลการศึกษาให้เป็นที่เข้าใจได้ง่าย สมบูรณ์ครบถ้วน และสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตที่กำหนดไว้ การแปลผลจากการศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ ได้แก่

- การจำแนกประเด็นสำคัญที่ได้จากผลลัพธ์ของขั้นตอนการวิเคราะห์ LCI และ LCIA
- การประเมินค่า (Evaluation) เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ ความอ่อนไหวของผลการศึกษา และความสอดคล้องกันของข้อมูล
- การจัดทำบทสรุป ข้อเสนอแนะ และการรายงานผล

2.8 การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ นิยมนำมาใช้ในการพิจารณาเพื่อการตัดสินใจเลือกโครงการหรือวิธีดำเนินการใดๆ โดยมีเป้าหมายของการวิเคราะห์โครงการ คือ การวิเคราะห์นั้นๆ จะต้องนำไปสู่ข้อสรุปขั้นสุดท้ายในการเลือกลงทุนในโครงการต่างๆ ว่าควรลงทุนในโครงการนั้นหรือไม่ การอาศัยเทคนิคในการวิเคราะห์การลงทุนจะช่วยให้มั่นใจได้ว่าการลงทุนในโครงการลงทุนนั้นจะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับองค์กร ซึ่งเกณฑ์การตัดสินใจที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จะใช้กระแสเงินสดในการพิจารณาเป็นสำคัญ เกณฑ์ในการวิเคราะห์ที่เป็นที่นิยมกันในปัจจุบัน ได้แก่

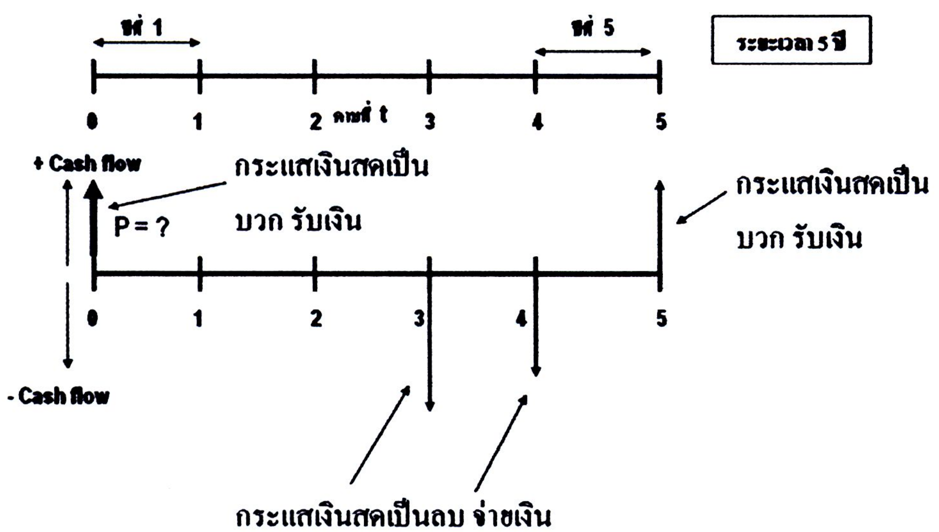
1. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

3. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

2.8.1 การประเมินการลงทุน

ผังกระแสเงินสด (Cash Flow Diagrams) เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเนื่องจากช่วยให้มองภาพการลงทุนที่เกิดขึ้นได้ชัดเจน และวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น ผังกระแสเงินสดจะแสดงปริมาณเงินที่รับหรือจ่าย และเวลาที่การรับจ่ายเงินนั้นๆเกิดขึ้น ดัง รูปที่ 2.10



ที่มา : ENG-301 Engineering Economics

รูปที่ 2.9 ผังกระแสเงินสด

โดย

P ย่อมาจาก Present value หมายถึงเงินที่มีรายรับ/จ่ายในปัจจุบัน

F ย่อมาจาก Future value หมายถึงเงินที่มีรายรับ/จ่ายในอนาคต

A ย่อมาจาก Annual value หมายถึงชุดของการรับ/จ่ายเงินในปริมาณเท่าๆกันอย่างต่อเนื่อง

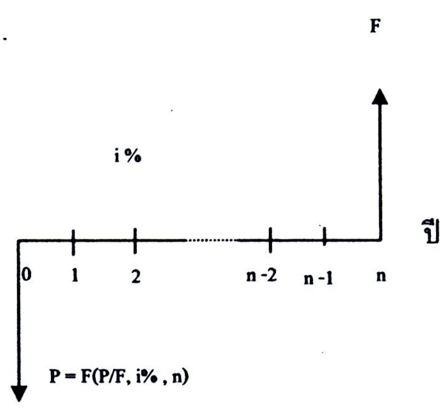
i ย่อมาจาก interest value หมายถึงอัตราดอกเบี้ย

n ย่อมาจาก # of periods หมายถึงช่วงเวลา

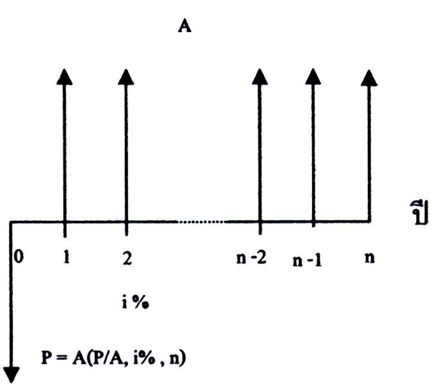
ตัวประกอบ **(P/F, *i*, *n*)** ใช้คำนวณมูลค่าในอนาคตย้อนกลับมาเป็นมูลค่าเทียบเท่าใน ปัจจุบัน

ตัวประกอบ **(P/A , *i*, *n*)** ใช้ในการเปลี่ยนแปลงปริมาณเงินที่รับ/จ่ายในปริมาณเท่าๆกันทุกปลายงวดมาเป็นมูลค่าปัจจุบัน

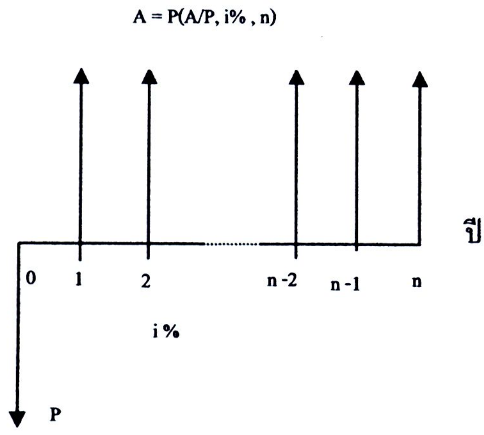
ตัวประกอบ **(A/P , *i*, *n*)** ใช้ในการกระจายมูลค่าเงินในปัจจุบันออกเป็นมูลค่าเทียบเท่าที่มีค่าเท่าๆกันทุกปลายงวดเป็นจำนวน n งวด



การคำนวณตัวประกอบ (P/F, i% , n)



การคำนวณตัวประกอบ (P/A, i% , n)



การคำนวณตัวประกอบ(A/P, i% , n)

ที่มา : ENG-301 Engineering Economics

รูปที่ 2.10 การคำนวณตัวประกอบ

2.8.2 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PB)

ระยะเวลาคืนทุน หมายถึง ระยะเวลาที่การลงทุนนั้นใช้ไปในการลงทุน เพื่อให้กระแสเงินสดรับสุทธิที่ได้จากการลงทุนคุ้มค่ากับต้นทุนที่ต้องลงทุนไป ระยะเวลาคืนทุน เป็นการคำนวณหาจุดคุ้มทุนของโครงการที่ทำ โดยมีหน่วยวัดเป็นระยะเวลา เป็นการพิจารณาว่าเมื่อมีการลงทุนในโครงการนั้นแล้วจะใช้ระยะเวลากี่งวดในการคืนทุน ซึ่งโดยปกติในการลงทุนมักจะมีการประมาณการกระแสเงินสดในแต่ละงวดให้มีหน่วยเป็นปี

วิธีคำนวณระยะเวลาคืนทุนสามารถคำนวณหาได้ โดยการคำนวณกระแสเงินสดสะสมสุทธิในแต่ละงวดเวลา จนกระทั่งกระแสเงินสดสะสมสุทธิมีค่าเป็นบวก หากกระแสเงินสดสะสมสุทธิเปลี่ยนจากเครื่องหมายลบเป็นเครื่องหมายบวกในงวดเวลาใด ก็จะหมายถึงว่าระยะเวลาคืนทุนเกิดขึ้นภายในงวดเวลานั้น จึงสามารถแสดงการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนได้ดังสมการที่ 2.3

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนงวดก่อนคืนทุน} + \text{เงินส่วนที่ยังไม่ได้คืนทุน}}{\text{กระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในปีที่คืนทุน}} \quad (2.3)$$

เกณฑ์การพิจารณาโครงการลงทุนด้วยระยะเวลาคืนทุน หากโครงการลงทุนใดที่มีระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่า ระยะเวลาที่ตั้งเกณฑ์ไว้ (PB < Cutoff Period) ผู้วิเคราะห์สามารถยอมรับโครงการลงทุนนั้นได้ ในทางตรงกันข้ามหากโครงการลงทุนใด มีระยะเวลาคืนทุน มากกว่าระยะเวลาที่ตั้งเกณฑ์ไว้ (PB > Cutoff Period) ผู้วิเคราะห์สามารถปฏิเสธโครงการนั้นได้

กรณีการวิเคราะห์โครงการเพื่อเปรียบเทียบกัน ซึ่งพบว่ามีความน่าลงทุนอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน เช่น มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิหรืออัตราผลตอบแทนภายในใกล้เคียงกัน ผู้วิเคราะห์สามารถนำวิธีระยะเวลาคืนทุนมาใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจว่า โครงการใดมีความน่าลงทุนมากกว่ากันได้ โดยเลือกโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนที่น้อยกว่าหรือคืนทุนเร็วกว่า เนื่องจากโครงการที่คืนทุนเร็วกว่าจะมีความเสี่ยงในอัตราที่ต่ำกว่าโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนที่ยาวนานกว่า

2.8.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เป็นการหามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิของโครงการลงทุนในแต่ละปี ซึ่งเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดเข้า (Cash Inflows) หักออกด้วย มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดออก (Cash Outflows) โดยใช้ต้นทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเงินทุนของโครงการเป็นอัตราคิดลด ผลรวมของกระแสเงินสดที่คิดมูลค่าปัจจุบันแล้ว คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของโครงการ มูลค่าปัจจุบันสุทธิสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 2.4

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} CF_t / (1+r)^t \quad (2.4)$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนงวดก่อนคืนทุน} + \text{เงินส่วนที่ยังไม่ได้คืนทุน}}{\text{กระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในปีที่คืนทุน}} \quad (2.3)$$

เกณฑ์การพิจารณาโครงการลงทุนด้วยระยะเวลาคืนทุน หากโครงการลงทุนใดที่มีระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่า ระยะเวลาที่ตั้งเกณฑ์ไว้ (PB < Cutoff Period) ผู้วิเคราะห์สามารถยอมรับโครงการลงทุนนั้นได้ ในทางตรงกันข้ามหากโครงการลงทุนใด มีระยะเวลาคืนทุน มากกว่าระยะเวลาที่ตั้งเกณฑ์ไว้ (PB > Cutoff Period) ผู้วิเคราะห์สามารถปฏิเสธโครงการนั้นได้

กรณีการวิเคราะห์โครงการเพื่อเปรียบเทียบกัน ซึ่งพบว่ามีความน่าลงทุนอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน เช่น มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิหรืออัตราผลตอบแทนภายในใกล้เคียงกัน ผู้วิเคราะห์สามารถนำวิธีระยะเวลาคืนทุนมาใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจว่า โครงการใดมีความน่าลงทุนมากกว่ากันได้ โดยเลือกโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนที่น้อยกว่าหรือคืนทุนเร็วกว่า เนื่องจากโครงการที่คืนทุนเร็วกว่าจะมีความเสี่ยงในอัตราที่ต่ำกว่าโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนที่ยาวนานกว่า

2.8.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เป็นการหามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิของโครงการลงทุนในแต่ละปี ซึ่งเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดเข้า (Cash Inflows) หักออกด้วย มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดออก (Cash Outflows) โดยใช้ต้นทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเงินทุนของโครงการเป็นอัตราคิดลด ผลรวมของกระแสเงินสดที่คิดมูลค่าปัจจุบันแล้ว คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของโครงการ มูลค่าปัจจุบันสุทธิสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 2.4

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} CF_t / (1+r)^t \quad (2.4)$$

2.8.4 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

เครื่องมือทางการเงินที่สำคัญอีกตัวหนึ่งในการพิจารณาโครงการลงทุน คือ การคำนวณหาค่าอัตราผลตอบแทนภายใน ซึ่งตามวิธี IRR นั้น จะเป็นการคำนวณหาค่าของอัตราผลตอบแทนที่ได้รับอย่างแท้จริงจากโครงการลงทุนหนึ่งๆ และอัตราผลตอบแทนที่แท้จริงนี้ คือ อัตราผลตอบแทนภายในจากโครงการ

อัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุนหนึ่งๆ คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้ค่า NPV ของโครงการลงทุนนั้นมีค่าเท่ากับศูนย์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ IRR ของการลงทุน คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้เงินที่ลงทุนไป มีค่าเท่ากับเงินที่ได้รับกลับคืนมา เมื่อพิจารณาด้วยมูลค่าของเงินตามเวลา (Time Value of Money) ซึ่งอัตราผลตอบแทนภายในนี้จัดว่าเป็น อัตราคิดลด (Discount Rate) ที่ใช้คำนวณมูลค่าของเงินตามเวลา เช่นเดียวกับอัตราดอกเบี้ยและต้นทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเงินทุน (WACC) ดังนั้นในบางครั้งอาจเรียก IRR ว่า ผลตอบแทนจากการคิดลดกระแสเงินสด (Discounted Cash Flow Return)

เนื่องจาก IRR เป็นอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน และเป็นอัตราคิดลดที่ทำให้ NPV ของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเงินสดและอัตราผลตอบแทนภายใน จึงสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.5

$$NPV = 0 = \sum_{t=0}^{n} CF_t \,/\, (1 + IRR)^t \qquad (2.5)$$

โดยที่

$$NPV = 0 = CF_o + \frac{CF_1}{(1 + IRR)^1} + \frac{CF_2}{(1 + IRR)^2} + \ldots\ldots\ldots + \frac{CF_n}{(1+IRR)^n}$$

การคำนวณค่า IRR พบว่าในบางครั้งไม่สามารถแก้สมการเพื่อคำนวณค่าได้โดยตรง วิธีการหาคำตอบ คือ จะใช้วิธีการสุ่มแทนค่า (Trial and Error) ซึ่งหมายถึง การทดลองแทนค่าอัตราคิดลด (Discount Rate) ด้วยค่าต่างๆ ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ หรือ ค่า NPV เท่ากับศูนย์

IRR

$$0 = CF_0 + \frac{CF_1}{(1 + IRR)^1} + \frac{CF_2}{(1 + IRR)^2} + \ldots\ldots + \frac{CF_N}{(1+ IRR)^N}$$

โดย n = อายุของโครงการ(ปี)

ESt = ต้นทุนที่ประหยัดได้(energy cost savings)รายปีตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

Io = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ(total investment)

กิจการจะตอบรับโครงการลงทุน ถ้าอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) มีค่ามากกว่าอัตราผลตอบแทนที่ต้องการ (r) นั่นคือ ตอบรับโครงการลงทุนเมื่อ IRR > r เกณฑ์การพิจารณาเลือกโครงการลงทุน หากโครงการใดที่ให้อัตราผลตอบแทนภายใน มากกว่าต้นทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเงินทุน (IRR > WACC) ผู้วิเคราะห์สามารถยอมรับโครงการลงทุนนั้นได้ ในทางตรงกันข้ามหากโครงการลงทุนใด มีอัตราผลตอบแทนภายในน้อยกว่าต้นทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเงินทุน (IRR< WACC) ผู้วิเคราะห์สามารถ ปฏิเสธโครงการนั้นได้ กล่าวคือ โครงการลงทุนใดๆ จะมีความน่าสนใจลงทุน หากมีอัตราผลตอบแทนภายในมากกว่าต้นทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเงินทุน