การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนโครงการโรงฟ้าพลังงานขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองพังงา

การศึกษาค้นคว้าอิสระ

ของ

อริยะ มาลัย

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ธันวาคม 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนโครงการโรงฟ้าพลังงานขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองพังงา

การศึกษาค้นคว้าอิสระ

ของ

อริยะ มาลัย

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ธันวาคม 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Cost-Benefit Analysis of Investment in Solid-Waste Power Plant Project for Mueang Phang Nga Municipality

Ariya Malai

A Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Engineering (Electrical and Computer Engineering)

December 2022

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ ได้พิจารณาการศึกษาค้นคว้าอิสระของนาย อริยะ มาลัย แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รศ. ดร. อนันต์ เครือทรัพย์ถาวร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รศ. ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ณัฐวุฒิ สุวรรณทา)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....	.....
(รศ. ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป)	(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนโครงการโรงฟ้าพลังงานขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองพังงา
ผู้วิจัย อริยะ มาลัย
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2565

บทคัดย่อ

การศึกษาโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย ในเขตเทศบาลเมืองพังงา มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการตัดสินใจก่อนการลงทุนก่อสร้างโรงผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย งานวิจัยมีการวิเคราะห์ความคุมค่าทางเศรษฐศาสตร์ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ของการก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย ขนาด 1.5 MW ชั่วโมงการผลิต 7,200 ชั่วโมงต่อปี ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า การคิดอัตราการจำหน่ายไฟฟ้าแบบ Feed-in Tariff มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 51,247,647.48 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 13.07 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน (PB) เท่ากับ 8 ปี 9 เดือน และมีระยะเวลาคืนทุนแบบ Dynamic เท่ากับ 17.10 ปี มีความคุ้มค่าและเหมาะสมต่อการลงทุน มากกว่าการคิดอัตราจำหน่ายไฟฟ้าแบบช่วงเวลาการใช้งาน การวิเคราะห์ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พบว่า การนำขยะมูลฝอยมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศคิดเป็น 21,059.84 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี เมื่อเทียบกับวิธีการกำจัดขยะในปัจจุบันของศูนย์กำจัดขยะเทศบาลเมืองพังงา ดังนั้นการนำขยะมูลฝอยมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าจึงเป็นการช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และภาวะโลกร้อน อีกทั้งยังช่วยแก้ไขปัญหาการจัดการขยะที่มีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นในอนาคตของเขตเทศบาลเมืองพังงา

คำสำคัญ : การจัดการขยะมูลฝอย, โรงไฟฟ้าขยะมูลฝอย, เทศบาลเมืองพังงา

TITLE The Cost-Benefit Analysis of Investment in Solid-Waste Power Plant Project for Mueang Phang Nga Municipality

AUTHOR Ariya Malai

ADVISORS Associate Professor Worawat Sa-Ngiamvibool , Ph.D.

DEGREE Master of Engineering **MAJOR** Electrical and Computer Engineering

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2022

ABSTRACT

A study of the construction of a power plant from solid waste in the Mueang Phang Nga Municipality. The objective is to provide information for decision making before investing in the construction of a power plant from solid waste. The research has analyzed the value control in economics and environmental impact of the construction of a 1.5 MW waste power plant, production hours 7,200 hours per year. The results of economic value analysis revealed that the calculated electricity distribution rate using Feed-in Tariff has a net present value (NPV) of 51,247,647.48 Baht (THB), internal rate of return (IRR) is 13.07 percent, and payback period (PB) is 8 years and 9 months and Dynamic payback period is 17.10 years, which is worthwhile and appropriate. to investment More than calculated electricity distribution rate for the period of use. The environmental impact analysis found that using waste to generate electricity reduces the amount of greenhouse gas emissions into the atmosphere by 21,059.84 tons of carbon dioxide equivalent per year. Compared with the current waste disposal methods of the Mueang Phang Nga Municipal Waste Disposal Center. Therefore, using solid waste to generate electricity will help reduce the impact on the environment. and global warming. It will also help solve the problem of waste management that is likely to increase in the future of Mueang Phang Nga Municipality.

Keyword : Waste management, Power Plant from waste, Mueang Phang Nga Municipality

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ เครือทรัพย์ถาวร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐวุฒิ สุวรรณทา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้แนวคิด ให้คำแนะนำ ตลอดจนการ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องทุกขั้นตอนทางการวิจัย จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ ผู้วิจัยขอกราบ ขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัยด้วยความเมตตา อันเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำวิจัยการดำเนินชีวิตส่วนตัวและหน้าที่การงาน

ขอขอบพระคุณ นายนพดล อุสาหะ พลังงานจังหวัดพิษณุโลก ดร.มณฑล หัสดินทร์ นายช่างเทคนิคอาวุโส สำนักงานพลังงานจังหวัดยะลา นายสุวิทย์ สุขเพิ่ม นักวิชาการพลังงานชำนาญการ สำนักงานพลังงานจังหวัดพังงา นายพลวัต วังหอม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ให้คำปรึกษา และแนวทางตลอดจนการค้นคว้าข้อมูลเทคโนโลยีพลังงาน ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คุณอรุณี มาลัย คุณพ่อสมจิตร์ มาลัย นางสาวสุทธิณี สุขคร ที่คอยดูแลช่วยเหลือและสนับสนุนผู้วิจัยจนประสบผลสำเร็จ ตลอดจนผู้ที่เคารพนับถือทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือสนับสนุนให้วิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี

คุณค่าของงานวิจัยครั้งนี้ขอมอบเป็นเครื่องบูชาเพื่อน้อมรำลึกถึงคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ที่อยู่เบื้องหลังในการวางรากฐานการศึกษาให้กับผู้วิจัยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

อริยะ มาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 พลังงาน (Energy) 5

2.2 ขยะ (Waste) 7

2.3 การผลิตไฟฟ้าจากขยะ 11

2.4 การวิเคราะห์ต้นทุน 32

2.5 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ 33

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 38

3.1 เก็บรวบรวมข้อมูล 38

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล 40
3.3 แนวทางการศึกษา 41
บทที่ 4 ผลการวิจัย 43
4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลขยะ 43
4.2 องค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยชุมชน 43
4.3 ค่าความร้อนขั้นสูง (Higher Heating Value : HHV) 44
4.4 ค่าความร้อนขั้นต่ำ (Lower Heating Value : LHV) 44
4.5 เกณฑ์การพิจารณาค่าความร้อน 45
4.6 การคำนวณหาค่าความร้อนขั้นสูง 45
4.7 การคำนวณหาค่าความร้อนขั้นต่ำ (Lower Heating Value : LHV) 50
4.8 เทคโนโลยีในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ 51
4.9 ต้นทุนของการสร้างโรงไฟฟ้าขยะมูลฝอย 53
4.10 รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า 56
4.11 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ 57
4.12 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint) 61
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 65
5.1 สรุปผลการศึกษา 65
5.2 ข้อเสนอแนะ 66
บรรณานุกรม 67
ภาคผนวก 70
ประวัติผู้เขียน 73

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตารางแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย 7

ตารางที่ 2 เชื้อเพลิง RDF 22

ตารางที่ 3 ปริมาณขยะมูลฝอยที่ส่งมากำจัดในศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองพังงาในปี พ.ศ. 2563.... 39

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยชุมชน 44

ตารางที่ 5 องค์ประกอบขยะมูลฝอยในจังหวัดพังงา 45

ตารางที่ 6 ค่าความร้อนขยะมูลฝอยในจังหวัดพังงา 50

ตารางที่ 7 ค่าความร้อนขยะมูล และกำลังการผลิตไฟฟ้า 52

ตารางที่ 8 ต้นทุนงานก่อสร้างภายนอกอาคาร 53

ตารางที่ 9 ต้นทุนงานก่อสร้างอาคาร 54

ตารางที่ 10ต้นทุนงานก่อสร้างบ่อฝังกลบเถ้าและระบบบำบัดน้ำเสีย 54

ตารางที่ 11 ต้นทุนงานระบบเฉพาะ 54

ตารางที่ 12 ต้นทุนค่าจ้างบุคลากรรายเดือน 55

ตารางที่ 13 ชั่วโมงการทำการผลิตไฟฟ้า 24 ชั่วโมงต่อวัน 56

ตารางที่ 14 รายจ่ายของการสร้างโรงไฟฟ้าขยะ ขนาด 1.5 MW 57

ตารางที่ 15 รายได้สุทธิของโรงไฟฟ้าขยะ ขนาด 1.5 MW คิดอัตรารับซื้อไฟฟ้าแบบช่วงเวลาการใช้58

ตารางที่ 16 รายได้สุทธิของโรงไฟฟ้าขยะ ขนาด 1.5 MW คิดอัตรารับซื้อไฟฟ้าแบบ FiT 59

ตารางที่ 17 สรุปความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กรณีคิดอัตรารับซื้อไฟฟ้าแบบช่วงเวลาการใช้ 60

ตารางที่ 18 สรุปความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กรณีคิดอัตรารับซื้อไฟฟ้าแบบ FiT 61

ตารางที่ 19 ค่า Emission factor ในกิจกรรมต่างๆ 62

ตารางที่ 20 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศของกิจกรรมการกำจัดขยะ 63

ตารางที่ 21 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศของการผลิตไฟฟ้า 63

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น 6
ภาพที่ 2 เตาเผาขยะแบบตะกรับ (Stoker-Fired or Grate-Fired Incinerator) 12
ภาพที่ 3 เตาเผาแบบตะกรับที่มีการเติมอากาศที่ห้องเผาไหม้ที่ 2 13
ภาพที่ 4 เตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln Incinerator) 14
ภาพที่ 5 เตาเผาแบบฟลูอิดเบด (Fluidzed Bed Incinerator) 14
ภาพที่ 6 เตาเผาชนิดควบคุมการเผาไหม้ (Controlled-Air Incinerator) 15
ภาพที่ 7 เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF) 22
ภาพที่ 8 เตาเผาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (Controlled-Air Incinerator) 26
ภาพที่ 9 Updraft Gasifier 27
ภาพที่ 10 Downdraft Gasifier 28
ภาพที่ 11 Fluid Bed Gasifier 29
ภาพที่ 12 Comparison of Pressurized and Atmospheric Operation 31
ภาพที่ 13 ปริมาณขยะในศูนย์กำจัดขยะหลักในจังหวัดพังงา 25 ตุลาคม 2564 38
ภาพที่ 14 ขยะมูลฝอยชุมชนในศูนย์กำจัดขยะหลักในจังหวัดพังงา 25 ตุลาคม 2564 43
ภาพที่ 15 โรงไฟฟ้าขยะ ขนาด 6 เมกวัตต์ ของบริษัท อัลไลแอนซ์ คลีน เพาเวอร์จำกัด ในจังหวัดกระบี่ 51
ภาพที่ 16 ส่วนประกอบของโรงไฟฟ้าขยะ ขนาด 6 เมกวัตต์ ของบริษัท อัลไลแอนซ์ คลีน เพาเวอร์จำกัด ในจังหวัดกระบี่ 52

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยขั้นพื้นฐานซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานทั่วโลกมีความต้องการที่สูงขึ้นโดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้า ในประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ปัจจุบันจากข้อมูลสถานการณ์การใช้พลังงานของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง 6 เดือนแรกของปี 2564 เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.2 เมื่อเทียบ กับ ปี 2563 ที่ผ่านมา ซึ่งการจัดหาพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยในปัจจุบันมีกำลังการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ 4978 เมกะวัตต์ โดยมีสัดส่วนของเชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนี้ ก๊าซธรรมชาติ คิดเป็นร้อยละ 59 ถ่านหิน คิดเป็นร้อยละ 17.5 พลังงานทดแทน (ลม น้ำ ชีวมวล ขยะ แสงอาทิตย์ ความร้อนใต้พิภพ) คิดเป็นร้อยละ 11 นำเข้าจากต่างประเทศ คิดเป็นร้อยละ 15 น้ำมัน คิดเป็นร้อยละ 0.3 จากข้อมูลสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าข้างต้น จะเห็นได้ว่าถึงแม้ประเทศไทยจะมีทรัพยากรบางส่วนที่สามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ แต่ก็ไม่มากพอเมื่อเทียบกับความต้องการใช้พลังงานในประเทศ ดังนั้นประเทศไทยต้องมีการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากต่างประเทศ โดยนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจาก สปป.ลาวมากถึง 2111 เมกะวัตต์ และนำเข้าก๊าซธรรมชาติจาก พม่า มากถึง 680 ลูกบาศก์ฟุตต่อวัน ทำให้ในอนาคตอันใกล้นี้อาจเกิดภาวะขาดแคลนพลังงานได้ จากปัญหาวิกฤตการณ์ด้านพลังงานดังกล่าวทำให้พลังงานทดแทนมีบทบาทสำคัญและเป็นทางเลือกในการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงาน

สืบเนื่องจากปัจจุบันมีการใช้พลังงานทดแทนคิดเป็นร้อยละ 11 ของทั้งหมด สามารถจำแนกเป็นประเภทได้คือ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวล พลังงานจากขยะ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ ปัจจุบันจากข้อมูลสถิติการใช้พลังงาน ของสำนักงานพลังงานจังหวัดพังงา กระทรวงพลังงาน จังหวัดพังงามีการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบ 1 ปี คิดเป็น 604.4 กิกะวัตต์ชั่วโมง และในพื้นที่จังหวัดพังงาสามารถผลิตไฟฟ้าได้เพียง 19.6 กิกะวัตต์ชั่วโมง ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในจังหวัด และต้องนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจากจังหวัดข้างเคียงเพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอ ด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำให้จังหวัดพังงาไม่มีความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้า อีกทั้งยังมีปัญหาในการจัดการขยะมูลฝอยในจังหวัดพังงา จากรายงานการประชุมคณะทำงานศึกษาวิเคราะห์การจัดการขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ครั้งที่

1/2564 สำนักงานส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นจังหวัดพังงา มีสถิติการส่งขยะเข้ามากำจัดในศูนย์กำจัดขยะเทศบาลเมืองพังงาในปี 2562 เทียบกับปี 2563 เพิ่มมากขึ้นคิดเป็นร้อยละ 16.2 การเพิ่มขึ้นของจำนวนขยะที่ส่งมากำจัดทำให้ศูนย์กำจัดขยะเทศบาลเมืองพังงาไม่สามารถกำจัดขยะให้ถูกต้องตามหลักวิชาการได้และมีขยะตกค้างสะสมซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปัญหาขยะล้นในศูนย์กำจัดขยะเทศบาลเมืองพังงาที่กล่าวมาข้างต้นอาจส่งผลให้เกิดวิกฤตการณ์การกำจัดขยะได้ในอนาคต การนำเอาขยะมูลฝอยมาเป็นพลังงานเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจึงเป็นอีกหนึ่งทางออกในการแก้ปัญหาขยะและเป็นการสร้างความมั่นคงด้านพลังงานในจังหวัดพังงา อย่างไรก็ตามการผลิตไฟฟ้าจากขยะจำเป็นต้องวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการเพื่อประกอบการตัดสินใจในการลงทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ เป็นการพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ที่จะเกิดจากการดำเนินโครงการโรงไฟฟ้าจากขยะในจังหวัดพังงา ซึ่งผลจากการศึกษานี้สามารถนำข้อมูลมาใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจในการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะในจังหวัดพังงาได้ การตัดสินใจลงทุนสามารถทำได้โดยอาศัยเครื่องมือมาเพื่อวิเคราะห์ดังนี้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value ,NVP) โดยใช้ อัตราคิดลด (Discount Rate) ปรับมูลค่าของต้นทุนและผลประโยชน์ในแต่ละช่วงเวลาให้มีมูลค่าอยู่ในช่วงเวลาเดียวกันก่อนที่จะมีการเปรียบเทียบหรือวิเคราะห์โครงการและระยะคืนทุน (Payback period) คือจำนวนปีที่จะได้รับเงินที่ลงทุนกลับคืนมา กระแสเงินสดสะสม (Cumulative cash flow)

จากปัญหาความมั่นคงด้านพลังงานและปัญหาการกำจัดขยะของจังหวัดพังงา วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เสนอการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนของโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะในเขตเทศบาลเมืองพังงา เพื่อทราบถึงวิธีการคิดต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะและระยะเวลาคืนทุน เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะ จนนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหาความมั่นคงด้านพลังงานและการกำจัดขยะของเทศบาลเมืองพังงา ให้ที่มีความยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการคิดต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะในเขตเทศบาลเมืองพังงา

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการโรงไฟฟ้าขยะ ในเขตเทศบาลเมืองพังงา

1.2.3 เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจลงทุน และศึกษาเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะ ในเขตเทศบาลเมืองพังงา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การวิจัยนี้จะศึกษาต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะแบบตะกรับเลื่อนโดยมีตัวอย่างโรงไฟฟ้าในจังหวัดกระบี่เป็นต้นแบบ เนื่องจากจังหวัดพังงามีสภาพอากาศฝนตกทั้งปี จึงมีความเหมาะสมกับการนำขยะมาเป็นเชื้อเพลิงโดยไม่ต้องคำนึงถึงความชื้นของขยะที่นำมาเป็นเชื้อเพลิง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบวิธีการหาต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะ รวมถึงระยะเวลาคืนทุนของโครงการ

1.4.2 เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาความมั่นคงด้านพลังงาน และปัญหาการกำจัดขยะ ในเขตเทศบาลเมืองพังงา อย่างยั่งยืน

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

1.5.1 พลังงานทดแทน (Renewable energy) หมายถึงพลังงานที่นำมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ประเภท คือพลังงานทดแทนจากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไป ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ นิวเคลียร์ หินน้ำมัน และทรายน้ำมัน เป็นต้น พลังงานทดแทนอีกประเภทสามารถหมุนเวียนกลับมาใช้งานได้อีก ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ เป็นต้น

1.5.2 ขยะ (Waste) หมายถึง บรรดาสิ่งของที่ไม่ต้องการใช้แล้วที่สามารถเน่าเปื่อยหรือไม่เน่าเปื่อย รวมถึงเถ้า ซากพืช ซากสัตว์ ฝุ่นละออง และเศษวัสดุที่ทิ้งจากบ้านเรือน ตลาด โรงงานอุตสาหกรรม และสิ่งปฏิกูล

1.5.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) หมายถึง ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการกับมูลค่าปัจจุบันในรูปตัวเงินที่จ่ายออกไปในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการอัตราคิดลดที่กำหนดโดยการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิโดยจะต้องทราบมูลค่ากระแสเงินสดรับสุทธิรายปีและกระแสเงินสดจ่ายสุทธิรายปีตลอดระยะเวลาโครงการ

1.5.4 อัตราคิดลด (Discount Rate) หมายถึงอัตราที่นำมาใช้เพื่อปรับมูลค่าของเงินทั้งในรูปของต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการในแต่ละช่วงเวลาให้อยู่ในช่วงเวลาเดียวกันก่อนจะมีการเปรียบเทียบหรือวิเคราะห์โครงการ

1.5.5 ระยะคืนทุน (Payback period) หมายถึงจำนวนปีที่กิจการจะได้รับเงินที่ลงทุนเริ่มแรกของโครงการกลับคืนมา หรืออีกนัยหนึ่งคือระยะเวลาที่กระแสเงินสดสะสม (Cumulative cash flows) ของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์

1.5.6 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมต่าง ๆ โดยคำนวณออกมาในรูปของ คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงาน (Energy)

2.1.1 ความหมายของพลังงาน

ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มาตรา 3 ได้ให้ความหมายของพลังงานดังนี้

“พลังงาน” หมายความว่า ความสามารถในการทำงานซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งที่อาจให้งานได้ ได้แก่ พลังงานหมุนเวียนและพลังงานสิ้นเปลือง และให้หมายความรวมถึงสิ่งที่อาจให้งานได้เช่น เชื้อเพลิง ความร้อน และไฟฟ้า เป็นต้น

“พลังงานหมุนเวียน” หมายความรวมถึง พลังงานที่ได้จากไม้ ฟืน แกลบ กากอ้อย ชีวมวล น้ำ แสงอาทิตย์ ความร้อนใต้พิภพ ลม และคลื่น เป็นต้น

“พลังงานสิ้นเปลือง” หมายความรวมถึง พลังงานที่ได้จากถ่านหิน หินน้ำมัน ทรายน้ำมัน น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ และนิวเคลียร์ เป็นต้น

ตามพระราชบัญญัติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. 2535 มาตรา 4 ได้ให้ความหมายของพลังงานดังนี้

“พลังงาน” หมายความว่า ความสามารถในการทำงานซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งที่อาจให้งานได้ ได้แก่ พลังงานหนุนเวียน และพลังงานสิ้นเปลือง และให้หมายความรวมถึงสิ่งที่อาจให้งานได้ เช่น เชื้อเพลิง ความร้อน และไฟฟ้า เป็นต้น

“พลังงานหมุนเวียน” หมายความรวมถึง พลังงานที่ได้จากไม้ ฟืน แกลบ กากอ้อย ชีวมวล น้ำ แสงอาทิตย์ ความร้อนใต้พิภพ ลม และคลื่น เป็นต้น

“พลังงานสิ้นเปลือง” หมายความรวมถึง พลังงานที่ได้จากถ่านหิน หินน้ำมัน ทรายน้ำมัน น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ และนิวเคลียร์ เป็นต้น

ตามพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550 มาตรา 5 ได้ให้ความหมายของพลังงานและกิจการพลังงาน ดังนี้

“พลังงาน” หมายความว่า ไฟฟ้าหรือก๊าซธรรมชาติ

“กิจการพลังงาน” หมายความว่า กิจการไฟฟ้า กิจการก๊าซธรรมชาติ หรือระบบโครงข่ายพลังงาน

“กิจการไฟฟ้า” หมายความว่า การผลิต การจัดให้ได้มา การจัดส่ง การจำหน่ายไฟฟ้า หรือการควบคุมระบบไฟฟ้า

“ระบบโครงข่ายไฟฟ้า” หมายความว่า ระบบส่งไฟฟ้าหรือระบบจำหน่ายไฟฟ้า

“ระบบไฟฟ้า” หมายความว่า ระบบผลิตไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้า และระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่อยู่ภายใต้การปฏิบัติการและควบคุมของผู้ได้รับอนุญาต

“ระบบผลิตไฟฟ้า” หมายความว่า การผลิตของผู้ได้รับใบอนุญาตจากโรงไฟฟ้าไปถึงจุดเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า และหมายความรวมถึงระบบจัดส่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าด้วย

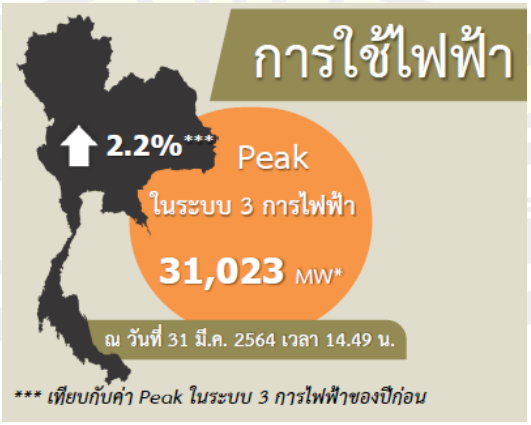
2.1.2 สถานการณ์การใช้พลังงาน

1. ภาพรวมการใช้พลังงานในประเทศไทย

จากข้อมูล สถานการณ์ภาพรวมพลังงานรายเดือน กรกฎาคม 2564 ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน มีภาพรวมพลังงานดังนี้

1.1 พลังงานขั้นต้น ในแง่ของการผลิต มีการลดลงร้อยละ 7.1 จากการผลิตน้ำมันดิบ และคอนเดนเสทที่ลดลง ในขณะที่การผลิตลิกไนต์และฟ้าจากพลังน้ำเพิ่มขึ้น ในแง่ของการนำเข้าลดลงสุทธิ ร้อยละ 3.7 โดยพลังงานขั้นต้นลดลงเกือบทุกประเภท ยกเว้นถ่านหิน และพลังงานไฟฟ้าที่มีการนำเข้ามากขึ้น ในแง่ของการใช้งานพลังงานขั้นต้นโดยรวมลดลง ร้อยละ 4.2 ซึ่งมาการใช้ NG และ LNG ที่ลดลง ในขณะที่การใช้ถ่านหินนำเข้า ลิกไนต์ และพลังงานไฟฟ้านำเข้า มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น

1.2 พลังงานขั้นสุดท้าย มีภาพรวมการใช้งานที่ลดลงร้อยละ 4.3 โดยจากการใช้ผลิตภัณฑ์น้ำมันสำเร็จรูปที่ลดลง ในขณะที่การใช้พลังงานประเภทอื่น ๆ เพิ่มขึ้นจากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าภาพรวมของการใช้พลังงานลดลง แต่การใช้พลังงานไฟฟ้ากลับสูงขึ้นถึง ร้อยละ 2.2 จากการเปรียบเทียบพีคในระบบของทั้ง 3 การไฟฟ้า ณ วันที่ 31 มีนาคม 2564 กับ ข้อมูลพีคของปี 2563



ภาพที่ 1 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น

ที่มา : สถานการณ์ภาพรวมพลังงานรายเดือน กรกฎาคม 2564 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

2. สถานการณ์การใช้ไฟฟ้า

ปัจจุบันในช่วง 6 เดือนแรกของปี 2564 มีสถิติการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 95127 กิกะวัตต์ชั่วโมง ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จากช่วงเวลาเดียวกันของปี 2563 เนื่องจากส่วนหนึ่งได้รับแรงสนับสนุนจากกรใช้ในภาคอุตสาหกรรมที่ปรับตัวสูงขึ้นจากสัญญาณฟื้นตัวทางเศรษฐกิจของการส่งออกสินค้าที่เริ่มขยายตัวขึ้นตั้งแต่ต้นปี 2564 โดยมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าดังนี้ ภาคอุตสาหกรรม มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 46 เพิ่มขึ้นจากช่วงเวลาเดียวกันเมื่อเทียบกับปี 2563 ภาคธุรกิจ มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 22 ซึ่งลดลงร้อยละ 5 จากช่วงเวลาเดียวกันในปี 2563 ภาคครัวเรือน มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 28 ลดลงร้อยละ 1.9 จากช่วงเวลาเดียวกันในปี 2563 เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ในประเทศไทยยังไม่ดีขึ้นและมีการแพร่ระบาดเป็นวงกว้างทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้ชีวิตและการทำงานเป็นแบบ (New Normal) ส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานในภาคครัวเรือนขยายตัวแต่ยังคงต่ำกว่าการใช้ไฟฟ้าในช่วงครึ่งปีแรกของปี 2563 โดยรวมแล้วประเทศไทยมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามากขึ้นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย

ภาค	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (GWh)				
	2560	2561	2562	2563	2564 (ม.ค.-มิ.ย.)
ครัวเรือน	44,374	45,208	49,202	52,860	268,985
ธุรกิจ	45,100	46,764	49,128	43,950	20,943
อุตสาหกรรม	87,772	87,829	86,104	82,158	43,082
อื่น ๆ *	7,878	8,034	8,526	8,078	4,116
รวม	187,684	190,396	195,522	189,609	337,126

*องค์กรไม่แสวงผลกำไร สูบน้ำเพื่อการเกษตร ไฟชั่วคราว ไฟสาธารณะ

ที่มา : สถานการณ์ภาพรวมพลังงานรายเดือน กรกฎาคม 2564 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

2.2 ขยะ (Waste)

2.2.1 ความหมายของขยะ

ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานฉบับบ พ.ศ. 2525 กล่าวว่า มูลฝอย หมายถึงเศษสิ่งของทนี่ทิ้งแล้ว หยากเยื่อ และคำว่า “ขยะ” หยากเยื่อ มูลฝอย

ตามพระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ. 2535 มาตรา 4 วรรค 1 และ วรรค 2 ให้ความหมายดังนี้

“สิ่งปฏิกูล” หมายความว่า อุจจาระหรือปัสสาวะ และหมายความรวมถึงสิ่งอื่นใด ซึ่งเป็นสิ่งโสโครก หรือมีกลิ่น

“มูลฝอย” หมายความว่า เศษกระดาษา เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจาก๔นน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์ หรือที่อื่น

ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมละรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 มาตรา 4 วรรค 8 ให้ความหมายของคำว่าของเสีย ดังนี้

“ของเสีย” หมายความว่า ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล น้ำเสีย อากาศเสีย มลสาร หรือวัตถุอันตรายอื่นใด ซึ่งปล่อยทิ้งหรือมีที่มาจากแหล่งกำเนิดมลพิษ รวมทั้งกาก ตะกอน หรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้นที่อยู่ในสภาพของแข็ง ของเหลวหรือก๊าซ

ในทางวิชาการคำว่า ขยะมูลฝอย หมายถึง บรรดาสิ่งของที่ไม่ต้องการใช้แล้ว ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นของแข็ง จะเน่าเปื่อยหรือไม่ก็ตามรวมตลอดถึง ถ้า ซากสัตว์ มูลสัตว์ ฝุ่นละออง และเศษวัตถุที่ทิ้งแล้วจากบ้านเรือนที่พักอาศัย สถานที่ต่าง ๆ รวมถึงสถานที่สาธารณะ ตลาด โรงงานอุตสาหกรรม ยกเว้น อุจจาระ และปัสสาวะของมนุษย์ ซึ่งเป็นสิ่งปฏิกูลวิธีจัดเก็บและกำจัดแตกต่างไปจากวิธีการกำจัดขยะมูลฝอย ปัจจุบันวิทยาการในด้านต่าง ๆ มีความก้าวหน้า และจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้มีความต้องการอุปโภค บริโภค เพิ่มมมากขึ้นตามไปด้วย จึงเป็นต้นเหตุให้มีเศษสิ่งเหลือใช้มีปริมาณมากขึ้นก่อให้เกิดปัญหาการจัดการขยะ

ขยะ หรือมูลฝอย หรือของเสีย เป็นเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม และมีผลต่อสุขภาพอนามัย มูลฝอย หรือของเสีย มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปีเพราะสาเหตุจากการเพิ่มของประชากร และการขยายตัวทางเศรษฐกิจและทางอุสาหกรรมนับเป็นปัญหาที่สำคัญของชุมชนซึ่งต้องจัดการและแก้ไขปริมาณของเสียและสารอันตรายได้แก่ ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล และสารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำ ดิน อากาศ ตลอดจนบางส่วนที่ตกค้างอยู่ในอาหารทำให้ประชาชนทั่วไปเสี่ยงอันตรายจากการเป็นโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง และโรคผิดปกติทางพันธุกรรม เป็นต้น

สถานที่บางแห่งมีคนทิ้งขยะกันตามสะดวก โดยนำไปเทกองรวมกันไว้ริมทางเดินบ้าง โคนต้นไม้บ้าง หรือแม้กระทั่งข้างถนน ทำให้มีการหมักหมมเน่าเปื่อยส่งกลิ่นเหม็นคละคลุ้งไปทั่วบริเวณ ซึ่งกองขยะที่ถูกทิ้งเหล่านี้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์ที่เป็นพาหะนำโรค เช่น ยุง แมลงวัน แมลงสาบ หนู เป็นต้น ในยามที่ฝนตกทำให้เกิดการชะล้างนำพาสิ่งสกปรกเหล่านี้กระจายไปทั่วบริเวณและอาจไหลลง

สู่ แม่น้ำลำธาร คลอง ท่อระบายน้ำ ทำให้เกิดปัญหามากมายหลายอย่าง เช่น สารพิษปนเปื้อนลงในน้ำ หรือท่อระบายน้ำอุดตันจนทำให้เกิดน้ำเอ่อล้นจนท่วมพื้นที่บริเวณนั้น

2.2.2 การจำแนกประเภทขยะมูลฝอย

1.ประเภทของขยะมูลฝอยจำแนกตามสำนักจัดการกากและสารอันตราย (2555)

สำนักจัดการกากของเสียและอันตราย (2555) ได้จัดแบ่งประเภทของขยะมูลฝอยชุมชนออกตามลักษณะกายภาพได้ 4 ประเภท ได้แก่

1.1 ขยะย่อยสลาย (Compostable waste) หรือ มูลฝอยย่อยสลาย คือ ขยะที่เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็ว สามารถนำมาหมักทำปุ๋ยได้ เช่น เศษผัก เปลือกไม้ เศษอาหาร ใบไม้ เศษเนื้อสัตว์ เป็นต้น แต่ไม่รวมซากพืช ผัก ผลไม้ หรือสัตว์ที่เกิดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ

1.2 ขยะรีไซเคิล (Recyclable waste) หรือมูลฝอยที่ยังใช้ได้ คือ ของเสียบรรจุภัณฑ์ หรือวัสดุเหลือใช้ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่ เช่น แก้ว กระดาษ เศษพลาสติก กล่องเครื่องดื่ม กระป๋องเครื่องดื่ม เศษโลหะ อะลูมิเนียม ยางรถยนต์ เป็นต้น

1.3 ขยะอันตราย (Hazardous waste) หรือ มูลฝอยอันตราย คือขยะที่มีองค์ประกอบหรือปนเปื้อนวัตถุอันตรายชนิดต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุกรรมมันตรังสี วัตถุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุกัดกร่อน วัตถุที่ทำให้เกิดการระคายเคือง วัตถุอย่างอื่นไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์หรือสิ่งอื่นใดที่ก่อให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช หรือสิ่งแวดล้อม เช่น ถ่านไฟฉาย หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ ภาชนะบรรจุสารกำจัดสตรูพืช กระป๋องสเปรย์บรรจุสีหรือสารเคมี เป็นต้น

1.4 ขยะทั่วไป (General waste) หรือ มูลฝอยทั่วไป คือ ขยะประเภทอื่นนอกเหนือจากขยะย่อยสลาย ขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย มีลักษณะที่ย่อยสลายยากและไม่คุ้มค่าสำหรับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น ห่อขนมพลาสติก ถุงพลาสติกบรรจุผงซักฟอก พลาสติกห่อลูกอม ซองบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โฟมเปื้อนอาหาร ฟอล์ยเปื้อนอาหาร เป็นต้น

2.ประเภทขยะจากแหล่งที่มา

การจำแนกขยะจากแหล่งที่มา สามารถจำแนกได้ดังนี้

2.1 ขยะมูลฝอยจากถนน ได้แก่ เศษสิ่งของต่าง ๆที่ปรากฏและกวาดจากถนน ตรอก ซอย เช่น เศษกระดาษ พลาสติก ฝุ่น ใบไม้ อิฐ หิน ดิน ทราย กรวด

2.2 ขยะมูลฝอยที่เกิดจากสิ่งที่เหลือจากการเผาไหม้ เรียกว่าขี้เถ้า เช่น เถ้าที่เกิดจากการเผาถ่าน ฯลฯ

2.3 ขยะมูลฝอยจากการก่อสร้าง ได้แก่ เศษวัสดุก่อสร้าง เช่น เศษไม้ เศษกระเบื้อง เศษปูน อิฐ ตะปู ฯลฯ

2.4 ขยะมูลฝอยจากการรื้อถอนสิ่งก่อสร้าง ได้แก่ เศษสิ่งที่ไม่ต้องการที่เกิดจากการรื้อถอนอาคาร บ้านเรือนเก่า ฯลฯ

2.5 ซากสัตว์จากสัตว์ที่ตาย เกิดการเน่าเปื่อย ส่งกลิ่นเหม็น

2.6 ซากยานพาหนะทุกชนิดที่หมดสภาพการใช้งาน รวมถึงชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น แบตเตอรี่ ยาง ฯลฯ

2.7 ขยะมูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรม คือ เศษวัสดุที่เกิดจากการผลิต

2.8 ขยะมูลฝอยประเภททำลายยาก คือขยะมูลฝอยที่ต้องการใช้กรรมวิธีการทำลายเป็นพิเศษ เช่น พลาสติก ฟิล์มถ่ายรูป กากแร่ธาตุต่าง ๆ

2.9 ขยะสด

2.10 ขยะแห้ง

2.11 ขยะพิเศษ

2.12 ของใช้ชำรุด

2.13 ขยะจากการกสิกรรม

3.14 กากตะกอนน้ำโสโครก

3.ประเภทขยะมูลฝอยจำแนกตามองค์ประกอบ

ขยะมูลฝอยชุมชนที่เป็นสิ่งที่เหลือใช้จากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ จำเป็นต้องมีการกำจัดอย่างเหมาะสมเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรอบด้าน การกำจัดขยะอย่างเหมาะสมนั้น ต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบและคุณสมบัติของขยะเป็นสำคัญ โดยสามารถจำแนกได้ดังนี้

3.1 ผัก ผลไม้ เศษอาหาร ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ย่อยสลายง่าย เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นและส่งกลิ่นรบกวนหากไม่มีการเก็บขนออกจากแหล่งทิ้งทุกวัน

3.2 กระดาษ เช่น ถุงกระดาษ ลัง เศษกระดาษจากสำนักงาน

3.3 พลาสติก มีความทนทานต่อการทำลายได้สูง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติก เช่น ถุง ภาชนะ ของเล่นเด็ก ของใช้ต่าง ๆ

3.4 ผ้า ทำมาจากใยธรรมชาติและใยสังเคราะห์ เช่น ผ้าไนล่อน ขนสัตว์ ลินิน

3.5 ไม้ เช่น เศษเฟอร์นิเจอร์ โต๊ะ เก้าอี้ ฯลฯ

3.6 ยางและหนัง เช่น รองเท้า กระเป๋า ลูกฟุตบอล

3.7 แก้ว เป็นวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแก้ว เช่น ขวด หลอดไฟ เศษกระจก ฯลฯ

3.8 โลหะ เช่น กระป๋อง ลวด สายไฟ ตะปู

3.9 หิน กระเบื้อง เป็นขยะไม่เน่าเปื่อยพบมากในแหล่งก่อสร้าง

3.10 อื่นๆ ที่ไม่อาจจัดกลุ่มได้

2.3 การผลิตไฟฟ้าจากขยะ

ปัจจุบันในประเทศไทย สถานการณ์เรื่องพลังงานกำลังเข้าใกล้ขั้นวิกฤต และยังมีปัญหาเรื่องของการกำจัดขยะมูลฝอยที่มีเพิ่มมากขึ้นทุกวัน ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและชุมชน การนำขยะมูลฝอยมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า จึงเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาทั้งในด้านพลังงาน และด้านการกำจัดขยะ โดยในปัจจุบันมีเทคโนโลยีในการแปลสภาพของขยะให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้าดังนี้

2.3.1 เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (incineration)

การกำจัดขยะมูลฝอยโดยใช้เตาเผา เป็นกระบวนการเผาไหม้ขยะมูลฝอยที่ใช้อากาศในการเผาไหม้ทางทฤษฎี (Stoichiometric Condition) เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือความร้อน (Heat) ซึ่งสามารถใช้งานกับหม้อต้มไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ และสามารถกำจัดปริมาณขยะมูลฝอยได้ ประมาณร้อยละ 80-90 โดยต้องมีการออกแบบเตาเผาให้เหมาะสมกับปริมาณและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยและปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ ค่าความชื้น และค่าความร้อนของขยะมูลฝอย ซึ่งมีการผันแปรตามฤดูกาล และลักษณะองค์ประกอบของขยะมูลฝอย นอกตากนี้ ปัญหามลภาวะเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญ โดยเฉพาะมลภาวะทางอากาศ การปนเปื้อนของขยะอันตรายจากครัวเรือนไม่เพียงพอแต่จะก่อให้เกิดการปลดปล่อยสารพิษดังกล่าวออกสู่บรรยากาศ แต่ยังคงมีสารพิษค้างในขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ ซึ่งต้องนำไปกำจัดด้วยการฝังกลบในขั้นตอนสุดท้าย

1.ระบบการทำงานของเตาขยะมูลฝอย

1.1ระบบรับขยะมูลฝอย ประกอบไปด้วย การลดขนาด การคัดแยก และการตรวจสอบขยะมูลฝอย โดยระบบนี้อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย

1.2หลุมรองรับขยะมูลฝอย (Unloading and Hopper for Waste) เพื่อให้การผสมขยะมูลฝอยให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวและลดความชื้นก่อนจะป้อนเข้าสู่เตาเผา

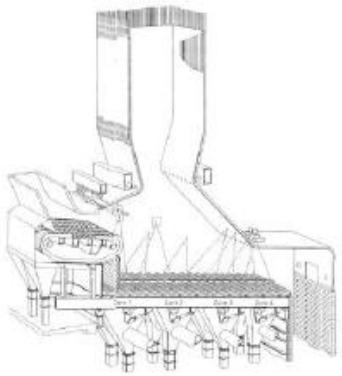
1.3ระบบป้อนขยะมูลฝอย (Feeding System) ขยะมูลฝอยที่ถูกผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันจะถูกป้อนเข้าสู่เตาเผาผ่านทางช่องป้อน

1.4ระบบนำเถ้าออก (Ash and Clinker Removal System) เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้ในเตาเผาจะถูกเก็บและขนส่งด้วยระบบลำเลียงซึ่งสามารถร่อนคัดแยกและใช้ในการทำเป็นวัสดุรองพื้นในการก่อสร้างถนนหรือเพื่อการก่อสร้างเถ้าส่วนที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้จะถูกคัดแยกและนำไปฝังกลบแบบถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

1.5ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ (Air Pollution Control System) จะขึ้นอยู่กับระดับสารมลพิษที่เกิดจากการกำจัดขยะมูลฝอย ซึ่งมีหลากหลายชนิดทั้งมีพิษเล็กน้อยจนถึงมีพิษหรืออันตรายสูงสุด และที่สำคัญได้แก่ กลิ่น ฝุ่นละออง คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ (กรณีเผาไหม้ไม่สมบูรณ์) ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของซัลเฟอร์ ไฮโดรคาร์บอนไดออกซิน โลหะหนัก เถ้าหนัก เถ้าเบา และน้ำเสีย เป็นต้น

2. ประเภทเตาเผาขยะมูลฝอย

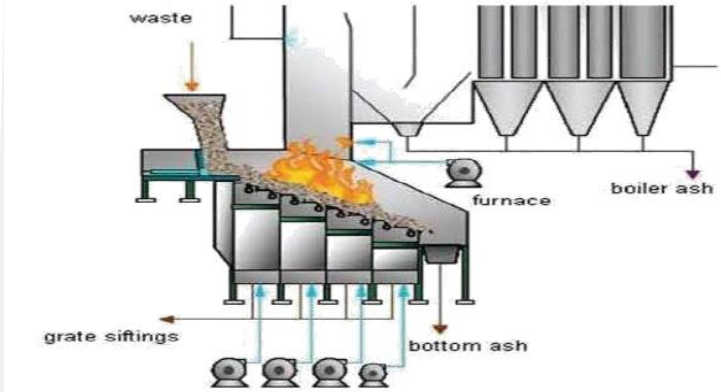
2.1 เตาเผาแบบตะกรับ (Stoker-Fired or Grate-Fired Incinerator) เป็นเตาเผาที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ขยะมูลฝอยจะถูกป้อนเข้าไปในเตาเผาแล้วเคลื่อนตัวไปตามการเลื่อนของแผงตะกรับ โดยมีอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้เป่าเข้าทางด้านล่างของตะกรับ ก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะไหลขึ้นด้านบนแล้วไปแลกเปลี่ยนความร้อนในเครื่องกำเนิดไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้แล้วจะเคลื่อนตัวตามตะกรับแล้วตกออกจากเตาเผาเป็นขี้เถ้าซึ่งสามารถนำไปฝังกลบได้ วิธีการเผาใช้อากาศมากเกินพอ (Excess Air) และอาจใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเสริมในการเผาไหม้ด้วยอุณห๓มิเตาประมาณ 850-1,200 องศาเซลเซียส เตาเผาประเภทนี้เป็นเตาเผาที่เหมาะกับขยะมูลฝอยที่มีปริมาณมากคือ 6ตันต่อชั่วโมงขึ้นไป หรือ 150 ตันนต่อวัน การนำเตาเผาชนิดมีแผงตะกรับมาใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอยควรคำนึงถึงข้อดี และจำกัดข้อเสียของเตาเผาชนิดนี้



ภาพที่ 2 เตาเผาขยะแบบตะกรับ (Stoker-Fired or Grate-Fired Incinerator)
ที่มา การศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะ ด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration)
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

ตะกรับจะทำหน้าที่เสมือนผิวด้านล่างของเตา การเคลื่อนที่ของตะกรับ หากได้รับการออกแบบอย่างถูกต้องจะทำให้ขยะมีการเคลื่อนย้ายและผสมผสานกันอย่างมีประสิทธิภาพและการทำ

ให้อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้สามารถแทรกซึกไปทั่วถึงผิวของขยะ ตะกรับอาจถูกจัดแบ่งให้เป็นพื้นที่ย่อยเฉพาะ ซึ่งทำให้สามารถปรับปริมารอากาศเพื่อใช้ในการเผาไหม้ได้อย่างอิสระและสามารถทำให้เผาไหม้ได้แม้ขยะมีค่าความร้อนที่ต่ำ ก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ขยะจะลอยเข้าสู่ห้องเผาไหม้ที่ 2 ซึ่งทำหน้าที่เผาก๊าซหรือไอที่ประกอบด้วยคาร์บอนมอนอกไซด์ และ ไดออกซิน เพื่อทำลายยมลพิษต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความสามารถในการเผาไหม้จึงมีการเติมอากาศเพิ่มเข้าไปภายในห้องเผาไหม้ที่ 2 จากพัดลมเป่าอากาศ เพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาสันดาปที่สมบูรณ์ โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 1,100 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3 เตาเผาแบบตะกรับที่มีการเติมอากาศที่ห้องเผาไหม้ที่ 2

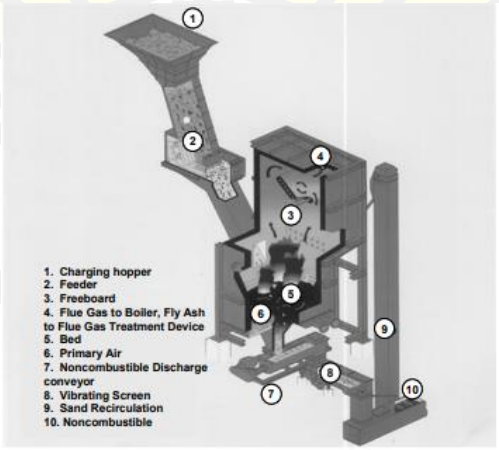
ที่มา คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

2.2 เตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln Incinerator) เป็นการเผาไหม้มวลของขยะมูลฝอยโดยใช้ห้องเผาไหม้ทรงกระบอกซึ่งสามารถหมุนได้รอบแกนคอย ขยะจะเคลื่อนตัวไปตามผนังของเตาเผาทรงกระบอก ตามผนังของเตาเผาทรงกระบอก ตามการหมุนของเตาเผาซึ่งทำมุมเอียงกับแนวระดับ เตาเผาแบบหมุนส่วนใหญ่จะเป็นแบบผนังอิฐทนไฟหรือผนังน้ำ ทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 1 ถึง 5 เมตร และยาว 8 ถึง 20 เมตร ความสามารถในการทำลายขยะมูลฝอยอยู่ที่ 2.4 ตันต่อวัน ถึง 480 ตันต่อวัน อัตราส่วนอากาศส่วนเกินที่ใช้จะมีปริมาณที่มากกว่าแบบที่ใช้กับเตาเผาแบบตะกรับ และอาจจะมากกว่าเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบต โดยสิ่งที่ตามมาคือ เตาเผาแบบหมุนจะมีประสิทธิภาพพลังงานที่ต่ำกว่าเล็กน้อยแต่ยังคงมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (Retention Time) ของก๊าซเสีย ค่อนข้างสั้นเกินไป เตาเผาชนิดนี้จึงมักมีส่วนประกอบของห้องเผาไหม้รวมอยู่กับหม้อน้ำด้วย

ภาพที่ 4 เตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln Incinerator)

ที่มา คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

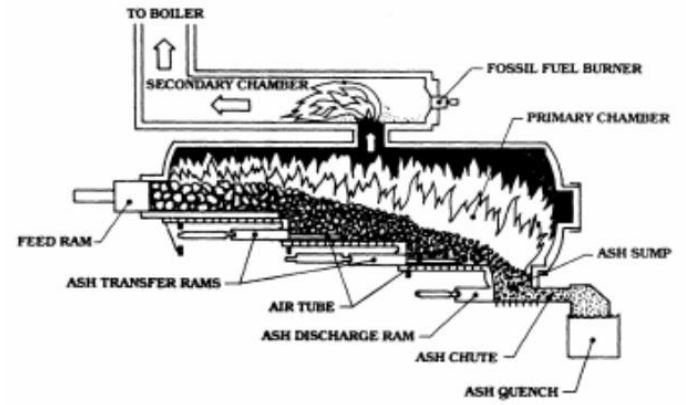
2.3 เตาเผาแบบฟลูอิดเบด(Fluidzed Bed Incinerator) เป็นการเพิ่มความเร็วให้อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ให้สูงพอที่จะทำให้ตัวขยะเกิดการลอยตัวบนวัสดุตัวกลางมีสภาพเหมือนของไหลการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในขณะที่ขยะมีสภาพเป็นของไหลการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในขณะที่ขยะมีสภาพเป็นของไหลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลได้ ในทางปฏิบัติจะมีการใส่ตัวกลางที่ใช้ในเตาเผาเป็นแร่ควอทซ์หรือทรายแม่น้ำขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตรขยะมูลฝอยจะต้องถูกย่อยให้มีขนาดเล็ก ตัวกลางและขยะมูลฝอยจะถูกกวนผสมกันในเตาเผาและเผาไหม้โดยใช้อากาศมากเกินพอ (Excess air) ใช้อุณหภูมิประมาณ 850 ถึง 1,200 องศาเซลเซียส เตาเผาประเภทนี้เหมาะกับปริมาณขยะมูลฝอย 1 ถึง 5 ตันต่อชั่วโมง หรือ 25 ถึง 100 ตันต่อวัน เตาเผาชนิดนี้ใช้ตัวกลางนำความร้อนมีข้อดีและข้อจำกัด



ภาพที่ 5 เตาเผาแบบฟลูอิดเบด (Fluidzed Bed Incinerator)

ที่มา คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

2.4 เตาเผาชนิดควบคุมการเผาไหม้(Controlled-Air Incinerator) เป็นตาเผาที่แบ่งการเผาไหม้เป็น 2 ขั้นตอน ในขั้นแรกซึ่งเกิดขึ้นในห้องเผาไหม้แรก (Primary combustion chamber) จะควบคุมการเผาไหม้ขยะมูลฝอยในสภาวะไร้อากาศหรือใช้อากาศค่อนข้างน้อย (Starved Air) ที่อุณหภูมิปริมาณ 450 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์แต่จะเป็นก๊าซเชื้อเพลิงและไหลขึ้นไปเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ที่สอง (Secondary combustion chamber) ในสภาวะอากาศมากเกินพอ (Excess air) และอาจใช้น้ำมันเชื้อเพลิงด้วยอุณหภูมิในเตาเผาประมาณ 1,000 ถึง 1,200 องศาเซลเซียส เตาเผาประเภทนี้ใช้กับขยะมูลฝอยที่มีปริมาณน้อยคือ ไม่เกิน 1 ตันต่อชั่วโมง หรือ 10 นต่อวัน ทั้งนี้เตาเผาชนิดนี้มีข้อดีและข้อด้อยควรนำมาประกอบการพิจารณาประกอบการเลือกใช้งาน



ภาพที่ 6 เตาเผาชนิดควบคุมการเผาไหม้ (Controlled-Air Incinerator)

ที่มา คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

2.3.2 เทคโนโลยีย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion)

โดยทั่วไปการใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการบำบัดขยะมูลฝอยอินทรีย์ 1 ตัน จะได้ก๊าซชีวภาพประมาณ 100 ถึง 200 ลูกบาศก์เมตร ก๊าซชีวภาพที่ได้จะมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 55 ถึง 70 และมีค่าความร้อนประมาณ 20 ถึง 25 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งพลังงานร้อยละ 20 ถึง 40 ของพลังงานของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ จะถูกนำใช้ในระบบทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนและจะมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลือประมาณ 75 ถึง 150 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันขยะ ที่สามารถส่งออกไปจำหน่ายได้

การใช้กระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1. การบำบัดขั้นต้น (Pre-treatment/Front-end Treatment) ซึ่งประกอบด้วยการคัดแยก (Sorting) ขยะมูลฝอยอินทรีย์จากขยะมูลฝอยรวม หรือการคัดแยกสิ่งปะปนออกจากขยะมูลฝอย

อินทรีย์ และลดขนาด (Size Reduction) ขยะมูลฝอยอินทรีย์ให้เหมาะสมสำหรับการย่อยสลาย และเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอ (Homogeneity) ของสารอินทรีย์ที่จะป้อนเข้าสู่ระบบ (Feed Substrate) รวมทั้งเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับระบบ

2. การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ซึ่งเป็นขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะมูลฝอยอินทรีย์สำหรับนำไปใช้เป็นพลังงาน และเพื่อทำให้ขยะมูลฝอยอินทรีย์ถูกย่อยสลายเปลี่ยนเป็นอินทรียวัตถุที่มี ความคงตัว ไม่มีกลิ่นเหม็น ปราศจากเชื้อโรคและเมล็ดวัชพืช โดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ในสภาพที่ไร้ออกซิเจน

3. การบำบัดขั้นหลัง (Post-treatment) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นขั้นตอนการจัดการกากตะกอนจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ ออกซิเจนให้มีความคงตัวมากขึ้น เช่น การนำไปหมักโดยใช้ระบบหมักปุ๋ยแบบใช้อากาศรวมทั้งการคัดแยกเอาสิ่งปะปนต่าง ๆ เช่น เศษพลาสติกและเศษโลหะออกจากส่วนผสมของขยะอินทรีย์ โดยใช้ตะแกรงร่อน ตลอดจนการปรับปรุงคุณภาพของขยะอินทรีย์ ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกพืช เช่น การอบเพื่อฆ่าเชื้อโรคและลดความชื้น เป็นต้น

การใช้เทคโนโลยีไม่ใช้อากาศในการบำบัดขยะมูลฝอยชุมชนเป็นเรื่องใหม่ แม้ในประเทศที่พัฒนาแล้วก็เป็นเรื่องที่ทำกันมาไม่มากนักสำหรับประเทศไทย การคัดแยกขยะชุมชนเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติโดยแยกวัสดุที่ขายได้เองเช่น พลาสติก แก้ว เป็นต้น ทำให้ขยะที่ส่งออกไปเก็บที่กองขยะต่าง ๆ มีสัดส่วนของอินทรีย์อยู่มาจนสามารถเกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศได้ แม้ว่าการย่อยสลายขยะชุมชนแบบไม่ใช้อากาศจะมีหลักการเดียวกับการบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ แต่ขั้นตอนการทำงานของการย่อยสลายขยะชุมชนมากกว่าเนื่องจากทั้งนี้เพราะน้ำเสียและของใช้ต่างๆ มีลักษณะแตกต่างกันออกไป โดยที่ขยะชุมชนจะเป็นอินทรีย์ที่มีอยู่ในสภาพที่เป็นของแข็งขนาดใหญ่และอยู่ภายใต้สภาวะที่เรียกว่า “แห้งกว่า” น้ำเสียต่าง ๆ มาก การย่อยสลายขยะจึงมีขั้นตอนการบดขยะและขั้นตอนการลดขนาดของแข็งอินทรีย์จากนั้นจึงเป็นกลไกปกติของการย่อยสลายภายใต้สภาวะไม่ใช้อากาศ

2.3.3 เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ (Landfill Gas to Energy)

การพัฒนาและปรับปรุงระบบฝังกลบขยะ เพื่อลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบขยะขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ โดยอาศัยปฏิกิริยาย่อยสลายทางชีวเคมีของขยะมูลฝอยในบริเวณหลุมฝังกลบ ซึ่งช่วงแรกจะเป็นการย่อยสลายแบบใช้อากาศ จากนั้นเป็นการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศทำให้ได้ก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไนโตรเจน แล้วจึงรวบรวมก๊าซชีวภาพที่ได้ผ่านท่อเพื่อลำเลียงไปผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป โดยมีปัจจัยที่ควรคำนึงถึง ได้แก่ ความลึกของชั้นฝังกลบขยะมูลฝอยซึ่งควรมีความลึกมากกว่า 12 เมตร ขึ้นไป , สภาวะไร้ออกซิเจนในพื้นที่ฝังกลบ ,ปริมาณขยะมูล

ฝอยในพื้นที่ฝังกลบตลอดอายุการดำเนินงานฝังกลบ (เฉลี่ยประมาณ 20 ปี) ซึ่งถ้านำมาผลิตไฟฟ้าควรมีปริมาณ 1 ล้านตัน ขึ้นไป

ปัจจุบันก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการฝังกลบขยะมูลฝอยได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น ซึ่งเทคโนโลยีการผลิตพลังงานโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยนั้นสามารถจำแนกตามวิธีการดำเนินงานฝังกลบขยะมูลฝอยได้เป็น 2 วิธีดังนี้

1. เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากการฝังกลบขยะชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาล

เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากการฝังกลบขยะชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาล(Sanitary Landfill หรือ Conventional Landfill) เป็นการพัฒนาและปรับปรุงระบบฝังกลบของขยะมูลฝอยเพื่อลดการปล่อยออก (Emission) ของก๊าซมีเทนที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ภายในหลุมฝังกลบโดยปัจจัยพื้นฐานที่ส่งผลต่อการผลิตและการระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบ ประกอบด้วย องคงค์ประกอบหลักของการฝังกลบขยะมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาล ประกอบด้วย ระบบบำบัดขั้นต้น (Pretreatment System) ,การฝังกลบในพื้นที่ ,ระบบควบคุมทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระบบรวบรวมน้ำชะขยะ (Leachate Collection System) ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น หลักการดำเนินงานทั่วไปสำหรับระบบการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพและการผลิตพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาลมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ระบบบำบัดขั้นต้น (Pretreatment System) ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอยชุมชนทำให้มีความเหมาะสมสำหรับกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ได้ใช้ออกซิเจนมากขึ้น ได้แก่ การคัดแยก (Sorting) การบดย่อยขยะมูลฝอยให้มีขนาดเล็กลง (Shredding) ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการบำบัดขยะมูลฝอยขั้นต้นก่อนการฝังกลบ คือ สามารถลดระยะเวลาในการบำบัดน้ำชะขยะ เพิ่มปริมาณการผลิตก๊าซมีเทน และการกระตุ้นให้เกิดการทรุดตัวของขยะมูลฝอยได้ดีขึ้นจึงส่งผลให้มีปริมาณของขยะลดลงอย่างรวดเร็ว รวมทั้งช่วยลดระยะเวลาที่เกิดการปนเปื้อนต่อสภาพแวดล้อมได้อีกด้วย

1.2 การดำเนินการฝังกลบในพื้นที่ (Sanitay Landfill Operation) การดำเนินงานฝังกลบขยะชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาล มีอยู่ 3ประเภทได้แก่

1.2.1การฝังกลบแบบพื้นที่ (Area Method) เหมาะสมกับบริเวณที่มีสภาพภูมิประเทศไม่เหมาะที่จะขุดเป็นร่องเพื่อกำจัดขยะมูลฝอย โดยการดำเนินงานจะเป็นการเทขยะมูลฝอยและเกลี่ยเป็นแถวยาว กว้างประมาณ 3 ถึง 7 เมตร บนพื้นที่เป็นชั้นๆ แต่ละชั้นหนาประมาณ 0.4 ถึง 0.75 เมตร แล้วอัดแน่นก่อนที่จะเทชั้นถัดไปแล้วอัดทับกันไปเรื่อยๆจนได้ความหนาประมาณ 2 ถึง 3 เมตร

การดำเนินงานบดอัดขยะมูลฝอยจะต้องประมาณการให้ครบวันพอดี จากนั้นกลบดินชั้นขยะมูลฝอยหนาประมาณ 0.15 ถึง 0.3 เมตร ทุกครั้งก่อนเลิกงานประจำวัน

1.2.2 การฝังกลบแบบร่อง (Trench Method) วิธีนี้เหมาะสมกับสถานที่ฝังกลบที่ดินที่มีลักษณะใช้เป็นดินกลบได้และดินมีความหนาพอสมควรโดยเริ่มจากการใช้รถขุดพื้นดินเป็นร่องยาว มีความยาวประมาณ 30 ถึง 100 เมตร ความกว้าง 5 ถึง 8 เมตร ความลึก 2 เมตร ดินที่ขุดขึ้นมาจะกองไว้ด้านข้างของร่องเขื่อนดินขยะมูลฝอยจะถูกเทไปในร่อง โดยเกลี่ยเป็นชั้นบางๆ หนาประมาณ 0.4 เมตร แล้วอัดจนแน่นให้ได้ความหนาแน่นตามที่ออกแบบไว้ ก่อนที่จะเทขยะมูลฝอยชั้นต่อไปแล้วบดอักใหม่เป็นชั้นทับกันไปเรื่อยๆจนได้ความสูงของชั้นขยะมูลฝอยตามต้องการ โดยการกำหนดความยาวของร่อง ที่ฝังกลบขยะมูลฝอยในแต่ละวันควรสามารถฝังกลบได้ตามความสูงที่กำหนดพอดี ทั้งนี้จะต้องมีความยาวเพียงพอที่รถขนขยะสามารถถ่ายมูลฝอยได้พร้อมกันด้วย เพื่อป้องกันการสูญเปล่าในการรอคิวของรถขนขยะมูลฝอย

1.2.3 การฝังกลบแบบท่อหรือพื้นลาดเอียง (Ramp Method) วิธีการฝังกลบแบบนี้เหมาะสำหรับสถานที่ฝังกลบที่มีลักษณะเป็นพื้นลาดเอียงหรือเป็นหลุมบ่อขนาดใหญ่ ซึ่งอาจเกิดจากการขุด เช่น เขาห้วยบ่อดินบ่อเหมือน เป็นต้น เทคนิคในการทิ้งขยะมูลฝอยในแต่ละแห่ง มีความแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิประเทศและสถานที่นั้นๆ รวมทั้งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินกลบ สภาพดินแหล่งน้ำและแหล่งน้ำใต้ดินในบริเวณนั้น และสภาพถนนเข้าออก หากสถานที่ฝังกลบมีมีพื้นที่ห้วยหรือบ่อที่ใช้เป็นพื้นที่ฝังกลบและมีสภาพค่อนข้างราบ การฝังกลบในชั้นแรกอาจใช้วิธีแบบร่องเมื่อฝังกลบในชั้นแรกเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงฝังกลบชั้นถัดไป ในการฝังกลบด้วยวิธีนี้ควรให้ความสูงของชั้นฝังกลบชั้นสุดท้ายอยู่เหนือระดับพื้นดินในบริเวณข้างเคียงเล็กน้อย เนื่องจากหากมีการทรุดตัวของขยะมูลฝอยที่ฝังไว้ก็จะทำให้พื้นดินอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันกับพื้นดินบริเวณข้างเคียง

1.3 ระบบรวมก๊าซชีวภาพ(Landfill Gass Collection System)

1.3.1 รูปแบบของระบบรวมก๊าซแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

- ระบบรวมท่อแนวดิ่ง (Vertical extraction well) ด้วยการฝังท่อในแนวดิ่งเพื่อให้ก๊าซไหลเข้าท่อโดยที่ปลายด้านล่างของบ่อจะถมด้วยท่อที่ใช้เป็นแท่ง PVC หรือ HDPE

- ระบบรวมท่อก๊าซในแนวนอน (Horizotal Collection System) ระบบนี้ประกอบด้วยระบบท่อรวมก๊าซที่เจาะรูโกยรอบทำให้มีประสิทธิภาพในการรวมก๊าซได้มากขึ้น

- ระบบรวมก๊าซแบบผสมผสาน (Hybrid Collection System) ระบบนี้จะประกอบด้วยท่อรวมก๊าซในแนวดิ่งละแนวนอนซึ่งจะช่วยรวมก๊าซที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3.2 ระบบรวมก๊าซชีวภาพ เพื่อใช้ในการควบคุมก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยที่ระบายออกสู่อากาศ แบ่งได้ 3 ประเภทดังนี้

- Passive System เป็นระบบควบคุมก๊าซชีวภาพที่ง่ายที่สุด มักจะใช้งานกับสถานที่ฝังกลบที่มีขนาดเล็กหรือสถานที่ฝังกลบที่ปิดการใช้งานแล้ว หรือใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจวัดปริมาณก๊าซชีวภาพในพื้นที่ฝังกลบขนาดใหญ่ เพื่อให้ก๊าซชีวภาพสามารถระบายออกสู่บรรยากาศได้ดีที่สุด ในสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยขนาดเล็กหรือสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยที่ปิดใช้งานชั่วคราวบางแห่ง ก๊าซชีวภาพอาจถูกระบายออกสู่บรรยากาศโดยตรงโดยไม่ผ่านระบบบำบัดก่อน อย่างไรก็ตามควรพิจารณาการติดตั้งระบบเผาทิ้งหรือการนำก๊าซชีวภาพไปใช้งานอย่างอื่น เพื่อควบคุมการระบายก๊าซมีเทนและลดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นรบกวน

- Active System ระบบควบคุมก๊าซชีวภาพแบบนี้มักจะประยุกต์ใช้งานกับสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ เพื่อรวบรวมก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมาใช้ประโยชน์อื่นๆแทนการระบายทิ้ง

- ระบบควบคุมก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย Physical barrier เป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อป้องกันก๊าซชีวภาพที่แพร่กระจายออกร่วมกับการใช้วัสดุปูพื้นหรือวัสดุธรรมชาติ ระบบรวบรวมและควบคุมก๊าซชีวภาพนี้ เป็นระบบที่ได้ถูกนำมาใช้ในการดำเนินงานสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยแบบถูกสุขาภิบาลมากที่สุดเนื่องจากสามารถควบคุมการสูญเสียกาซชีวภาพและกลิ่นได้ดี และสามารถลดการปล่อยออกของก๊าซจากพื้นผิวหลุมฝังกลบได้ โดยการปูวัสดุรองพื้น ซึ่งจะทำหน้าที่เสมือนกับ Physical barrier ซึ่งจะช่วยป้องกันก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นรั่วไหลผ่านผิวของหลุมฝังกลบได้

1.4 ระบบผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ (Gas utilization system)

การใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพจากสถานที่ฝังกลบในการผลิตไฟฟ้านั้น เริ่มีการใช้งานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 โดยเครื่องยนที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เป็นที่นิยม ได้แก่ กังหันก๊าซ (Gas turbine) ขนาดของเคื่องยนต์ที่ใช้งานมีตั้งแต่ 100 กิโลวัตต์ ขึ้นไปจนถึงหลายเมกวัตต์ การเลือกใช้เครื่องยนต์ในการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพมีปัจจัยที่จะต้องพิจารณาหลายประการ อาทิ อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ และคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพที่ได้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า ความพร้อมในการจ่ายของระบบผลิตไฟฟ้า ข้อกำหนดของเครื่องยนต์ในการบำบัดก๊าซเบื้องต้นต้องการ การดูแลและรักษาระบบ ความชำนาญของผู้ควบคุมระบบ ความยืดหยุ่นของระบบ ตลอดจนอายุการใช้งานและราคาค่าใช้จ่ายในการลงทุนและบำรุงรักษาระบบ

ทางเลือกในการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยมีอยู่ 3 แนวทางคือ การใช้ประโยชน์จากพื้นที่ใกล้เคียง(Local gas use) การผลิตกระแสไฟฟ้า(Electricity generation) และการส่งเข้าสู่ระบบท่อก๊าซ (Pipeline injection) ดังนี้

1.4.1 Local gas use เป็นการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ใกล้เคียงกับสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย โดยมีรัศมีไม่เกิน 3 กิโลเมตร จากพื้นที่โครงการ เนื่องจากจะไม่มีความคุ้มทุนในด้านของระบบส่งก๊าซ (Gas transmission system) จากสถานที่ฝังกลบไปยังจุดที่ต้องการใช้งาน ซึ่งส่วนใหญ่จะขนส่งด้วยระบบท่อโดยก๊าซที่ได้จากการฝังกลบจะต้องผ่านระบบบำบัดเพื่อกำจัดไอน้ำและฝุ่นละอองที่ปนอยู่ออกไปโดยใช้ระบบกรองและระบบแยกน้ ก๊าซที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีมีเทนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 35 ถึง 50 ซึ่งก๊าซสามารถนำไปใช้กับหม้อไอน้ำ (Boiler) และเครื่องยนต์ (Engine) โดยทั้งนี้จะต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการก่อสร้างระบบขนส่งด้วยท่อ รวมถึงปัญหาและอุปสรรค์ในการก่อสร้างด้วย

1.4.2 การผลิตกระแสไฟฟ้า (Electricity generation) เป็นการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนโดยการนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้งานในโครงการเอง หรือส่งเข้าระบบสายส่ง (Local electric power grid) โดยระบบผลิตไฟฟ้าที่ใช้งานได้แก่ Internal combustion engine และกังหันก๊าซ (Gas turbine) โดยกังหันก๊าซจะเหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าโดยการใช้ก๊าซจากสถานที่ฝังกลบขนาดใหญ่ รวมทั้งการเดินกังหันต้องเดินเครื่องด้วยอัตราคงที่เฟมาะสมสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อจ่ายให้ระบบสายส่งอย่างต่อเนื่องด้วยเช่นกัน ส่วนระบบ IC Engine นั้นเป็นระบบที่สามารถ เปิด ปิด เครื่องได้อย่างง่ายดาย จึงเหมาะสำหรับการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้งานเองในพื้นที่

1.4.3 Pipeline injection ในกรณีที่ไม่มีการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพในพื้นที่ใกล้เคียง จะต้องผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซ และการอัดเพื่อเพิ่มความดันก่อนส่งผ่านไปยังท่อความดันต่อไป

2. เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากการฝังกลบขยะชุมชน แบบ Bioreator Landfill

เนื่องจากระยะเวลาในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในพื้นที่ฝังกลบใช้ระยะเวลายาวนาน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาและปรับปรุงแบบของการฝังกลบขึ้นมาใหม่ในช่วง ศตวรรษที่ 21 ซึ่งเรียกว่า Bioreactor Landfill ซึ่งมีลักษณะการก่อสร้างเหมือนกับสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนแบบถูกสุขาภิบาล แต่มีหลักการออกแบบระบบที่ต่างออกไปเพื่อย่นระยะเวลาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยให้มีสภาวะเสถียรและคงที่ภายใน 2 ถึง 10 ปี การเพิ่มอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพและการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้สูงกว่า Convention Landfill โดยการเสถียรและคงที่ของสถานที่ฝังหมายถึงสภาวะแวดล้อมต่างๆของระบบคงที่ ซึ่งได้แก่องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ ความ

เข้มข้นและคุณสมบัติน้ำชะขยะ ต้องมีความไม่แปรปรวนมากนักในช่วงเวลา 5 ถึง 10 ปีของการดำเนินงานหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย องค์ประกอบหลักในการดำเนินงานผลิตพลังงานโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะชุมชนแบบ Bioreactor Landfill ประกอบด้วย ระบบน้ำบำบัด (Pretreatment) ควบคุมน้ำชะขยะ ระบบการรวมก๊าซชีวภาพและระบบการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ

2.3.4 เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF)

เป็นการปรับปรุงและแปลงสภาพขยะมูลฝอย ให้เป็นเชื้อเพลิงแข็งที่มีคุณสมบัติในด้าน ค่าความร้อน (Heating Value) ความชื้น ขนาด และความหนาแน่น เหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงป้อนหม้ออน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าหรือความร้อน และมีองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพสม่ำเสมอ คุณลักษณะทั่วไปของเชื้อเพลิงขยะประกอบด้วย

- ปลอดเชื้อโรคจากการอบด้วยความร้อน ลดความเสี่ยงต่อการสัมผัสเชื้อโรค
- ไม่มีกลิ่น
- มีขนาดเหมาะสมต่อการป้อนเข้าเตาเผา (เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ถึง 30 มิลลิเมตร ความยาว 30 ถึง 150 มิลลิเมตร)
- มีความหนาแน่นมากกว่าขยะมูลฝอยและชีวมวลทั่วไป (450 ถึง 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ทำให้เหมาะสมต่อการจัดเก็บและขนส่ง
- มีค่าความร้อนสูงเมื่อเทียบกับชีวมวลทั่วไป (13 ถึง 18 เมกะจูลต่อกิโลกรัม) และมีความชื้นขั้นต่ำ (ร้อยละ 5 ถึง 10)
- ลดปัญหามลภาวะจากการเผาไหม้เช่น ไดออกซินและฟูราน

หลักการทำงานของเทคโนโลยีนี้ เริ่มจากการคัดแยกขยะที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ เช่น โลหะ แก้ว เศษหิน ขยะอันตราย และขยะรีไซเคิลออกจากขยะรวม ในบางกรณีมีการใช้แม่เหล็กเพื่อแยกมูลฝอยที่มีองค์ประกอบที่เป็นเหล็ก และใช้เครื่อง Eddy Current Separator เพื่อคัดแยกอลูมิเนียมออกจากมูลฝอย จากนั้นจึงป้อนขยะมูลฝอยเข้าเครื่องสับเพื่อลดขนาด และป้อนเข้าเตาอบเพื่อลดความชื้นของมูลฝอย โดยการใช้ความร้อนจากไอน้ำหรือลมร้อนเพื่ออบขยะให้แห้ง ซึ่งจะทำให้น้ำหนักลดลงเกือบร้อยละ 50 และสุดท้ายจะส่งเข้าไปสู่เครื่องอัดเม็ด (Pellet) เพื่อทำให้ได้เชื้อเพลิงขยะอัดเม็ดที่มีขนาดและความหนาแน่นเหมาะสมต่อการขนส่งไปจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งในบางกรณีจะมีการเติมหินปูน (CaO) เข้าไปผสมด้วยระหว่างการอัดเป็นเม็ดเพื่อควบคุมและลดปริมาณก๊าซพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ เชื้อเพลิงขยะสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ชนิด ตามมาตรฐาน ASTM E-75 ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการที่ใช้ประกอบ

ภาพที่ 7 เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF)

ที่มา คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

ตารางที่ 2 เชื้อเพลิง RDF

ชนิด	กระบวนการจัดการ	ระบบเผาไหม้
RDF : MSW	คัดแยกขยะส่วนที่เผาไหม้ได้ออกมาด้วยมือ รวมทั้งขยะที่มีขนาดใหญ่	Stoker
RDF2 : Coarse RDF	บดหรือตัดขยะมูลฝอยแบบหยาบๆ	Fluidized Bed Combustor , Multi fuel Combustor
RDF3 : Fluff RDF	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ได้ออก เช่น โลหะ แก้ว และอื่นๆ มีการบดหรือตัดจนทำให้ขยะมูลฝอยมีขนาด 2 นิ้ว	Stoker
RDF4 : Dust RDF	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการทำให้อยู่ในรูปของผงฝุ่น	Fluidized Bed Combustor , Pulverized Fuel Combustor
RDF5 : Densified RDF	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ผ่านกระบวนการอัดแท่งโดยให้มีความหนาแน่นมากกว่า 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	Fluidized Bed Combustor , Multi fuel Combustor
RDF6 : RDF Slurry	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการให้อยู่ในรูป Slurry	Swirl Burner
RDF7 : RDF Syn-gas	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการ Gasificatiom เพื่อผลิต Syn-gas ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้	Burner , Integreated Gasification-Combined

การออกแบบขั้นตอนต่างๆ ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง ขึ้นอยู่กับสถานการณ์การจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น ถ้าขยะมูลฝอยได้มีการแยกส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้จากแหล่งกำเนิดก่อนอยู่แล้ว เช่น โลหะ แก้ว ดังนั้นในกระบวนการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิงก็อาจจะไม่จำเป็นต้องมีขั้นตอนการคัดแยกโลหะหรือแก้วก่อนก็ได้ โดยทั่วไปขยะจะถูกนำมาคัดแยกส่วนที่นำกลับไปใช้ซ้ำได้ เช่นโลหะ อลูมิเนียม แก้ว และคัดแยกอินทรีย์สาร เช่น เศษอาหาร ที่มีความชื้นสูง สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบป้อนเข้ากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ หรือผลิตสารปรับปรุงคุณภาพดิน (Soil conditioner) สำหรับส่วนประกอบมูลฝอยที่เหลือจะถูกนำไปลดขนาดส่วนใหญ่ประกอบด้วยกระดาษ เศษไม้ พลาสติก ซึ่งสามารถนำไปใช้ในกระบวนการเผาไหม้โดยตรงในรูปของ Coarse RDF (c-RDF) หรือ RDF ชนิดหยาบหรือนำมาผ่านกระบวนการทำให้แห้งและการอัดแท่งเพื่อผลิตเป็น Densified RDF (d-RDF) ในการพิจารณาว่าจะผลิตขยะเชื้อเพลิงชนิดใดขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีของระบบการเผาไหม้ สถานที่ ที่ตั้งระหว่างที่ผลิตเชื้อเพลิงขยะ และสถานที่ใช้งาน สัดส่วนของปริมาณขยะเชื้อเพลิง (RDF) ที่ผลิตได้ต่อปริมาณขยะมูลฝอย 1 ตัน ขึ้นอยู่กับรูปแบบการจัดเก็บขยะ กระบวนการที่ใช้ในการแปรรูปขยะ และคุณภาพของเชื้อเพลิงขยะที่ต้องการจากรายงานของ European Commission Directorrate General Environment พบว่าสัดส่วนการผลิตเชื้อเพลิงขยะอยู่ในช่วงระหว่าง ร้อยละ 23 ถึง 50 โดยน้ำหนักของขยะที่ป้อนเข้า ปริมาณของขยะเชื้อเพลิงในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป (European Union) มีประมาณ 3 ล้านตันต่อปี โดยมีประเทศที่ได้มีการศึกษาและพัฒนาการแปรรูปขยะเป็นขยะเชื้อเพลิงมาอย่างต่อเนื่องได้แก่ ออสเตรีย ฟินแลนด์ เยอรมนี อิตาลี เนเธอร์แลนด์ และสวีเดน นอกจากนี้ประเทศเบลเยี่ยมและสหราชอาณาจักรกำลังอยู่ระหว่าการพัฒนา ประเทศที่มีการศึกษาและพัฒนาการแปรรูปขยะเป็นขยะเชื้อเพลิงมากอีกประเทศได้แก่ ญี่ปุ่น โดยมีโรงงานแปรรูปขยะเป็นขยะเชื้อเพลิง ที่มีกำลังการผลิตตั้งแต่ 2.5 ตันต่อวัน ไปจนถึง 390 ตันต่อวัน ขึ้นอยู่กับการวางแผนการจัดการขยะในแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไปแล้วโรงงานผลิตเชื้อเพลิงขยะจะมีกำลังการผลิตประมาณ 50 ตันต่อวัน องค์ประกอบของเชื้อเพลิงขยะ จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของขยะที่นำมาแปรรูป วิธีการจัดเก็บ และกระบวนการที่ใช้ในการแปรรูป คุณลักษณะที่สำคัญของขยะเชื้อเพลิงหลังจากการแปรรูปแล้ว ได้แก่ ความร้อน ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และริมาณซันเฟอร์และคลอไรด์ นอกจากนี้การแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิงขยะจะช่วยลดความชื้นส่งผลให้ขยะมีค่าความร้อนที่สูงขึ้นอีกด้วย การใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงขยะ สามารถใช้ได้ในรูปผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน โดยอาจจะมีการใช้ประโยชน์ในสถานที่ผลิตเชื้อเพลิงขยะ หรือขนส่งไปใช้ที่อื่น นอกจากนี้ยังสามารถใช้เผาร่วมกับถ่านหิน (Co-firing) เพื่อลดปริมาณการใช้ถ่านหินลงในอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น อุสาหกรรมซีเมนต์ โดยรูปแบบเตาเผาที่ใช้เปลี่ยนเชื้อเพลิงขยะให้เป็น

พลังงานความร้อน ประกอบด้วย เตาเผาแบบตะกรับ (Stoker) เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed Combustor) หรือเตาเผาแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) หรือไพโรไลซิส (Pyrolysis)

2.3.5 เทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification)

เป็นกระบวนการทำให้ขยะเป็นก๊าซโดยการทำปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ (Partial combustion) กล่าวคือ สารอินทรีย์ในขยะจะทำปฏิกิริยากับอากาศหรือออกซิเจนปริมาณจำกัด ทำให้เกิดก๊าซซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจนและมีเทน เรียกว่า producergas ในกรณีที่ใช้อากาศเป็นก๊าซทำปฏิกิริยา ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีความร้อนต่ำประมาณ 3 ถึง 5 เมกะจูลต่อนิวตันลูกบาศก์เมตร กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงแข็งประกอบไปด้วย กระบวนการสลายตัว (decomposition) และกระบวนการกลั่นสลาย (devolatilization) ของโมเลกุลสารอินทรีย์ในขยะ ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,200 ถึง 1,400 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศที่ควบคุมปริมาณออกซิเจน เพื่อผลิตสารระเหยและถ่านชาร์ ในขั้นตอนของกระบวนการกลั่นสลายหรือที่เรียกว่าไพโรไลซิส (Pyrolysis) ขยะจะขยายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็นสารระเหยเช่น มีเทน และส่วนที่เหลือยังคงสภาพของแข็งอยู่เรียกว่า ถ่านชาร์ สารระเหยจะทำปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ต่อที่อุณหภูมิสูงหรือปฏิกิริยาทุติยภูมิ (secondary reaction) ในขณะที่ถ่าชาร์ในขณะที่ถ่านชาร์ถูกก๊าซซิฟายต่อโดยอากาศ ออกซิเจน หรือไอน้ำ ได้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง ปฏิกิริยาที่กล่าวมาทั้งหมดนี้จะเป็นตัวกำหนดของก๊าซเชื้อเพลิง รูปแบบการใช้งานก๊าซเชื้อเพลิง เช่น การให้ความร้อนโดยตรงผลิตไฟฟ้า หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับพาหนะ จะเป็นตัวกำหนดองค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิง การกำจัดปริมาณของน้ำมันทาร์และฝุ่นละอองในก๊าซเชื้อเพลิง ปัจจัยที่กำหนดสัดส่วนขององค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิง คือชนิดเครื่องปฏิกรณ์ สภาวะความดัน และอุณหภูมิ ส่วนคุณลักษณะของขยะจะเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมทางด้านเคมีความร้อนของเครื่องปฏิกรณ์ในแง่ของประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในการเผาในกังหันก๊าซหรือหม้อไอน้ำ

2.3.6 เทคโนโลยีพลาสม่าอาร์ค (Plasma Arc)

การนำเทคโนโลยีพลาสมาอาร์คมาประยุกต์ใช้งานด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับกำจัดขยะติดเชื้อ ขยะอันตราย ตลอดจนขยะมูลฝอย ที่มีความแปรปรวนทั้งด้านคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติด้านเคมีสูง โดยกระบวนการพลาสมาอาร์คจะอาศัยหลักการปล่อยกระแสไฟฟ้าเพื่อให้ความร้อนกับก๊าซ เช่น ไนโตรเจน ออกซิเจน เป็นต้น เพื่อสร้าอุณหภูมิเปลวก๊าซให้มีความร้อนสูงมากในช่วง 2,200 ถึง 11,000 องศาเซลเซียส จึงสามารถกำจัดขยะมูลฝอย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้นแบบของเทคโนโลยีนี้สามารถรองรับขยะติดเชื้อได้มากถึง 200 ถึง 300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีอุปกรณ์หลักคือ

1.หัวพลาสมาอาร์ค ซึ่งประกอบไปด้วย

- หัวพลาสมา (Plasma Arc Torch) ซึ่งผลิตจากวัสดุทนอุณหภูมิสูง

- ชุดขั้วไฟฟ้า (Electrode)

- ชุดหัวฉีดก๊าซ (Gas injectors)

- ชุดจุดประกายไฟ (Spraker)

- ชุดลดอุณหภูมิของหัวพลาสมา (Water cooling system)

- ชุดอุปกรณ์จ่ายกระแส (Power Supply)

- ชุดควบคุมระบบ (Control Panel)

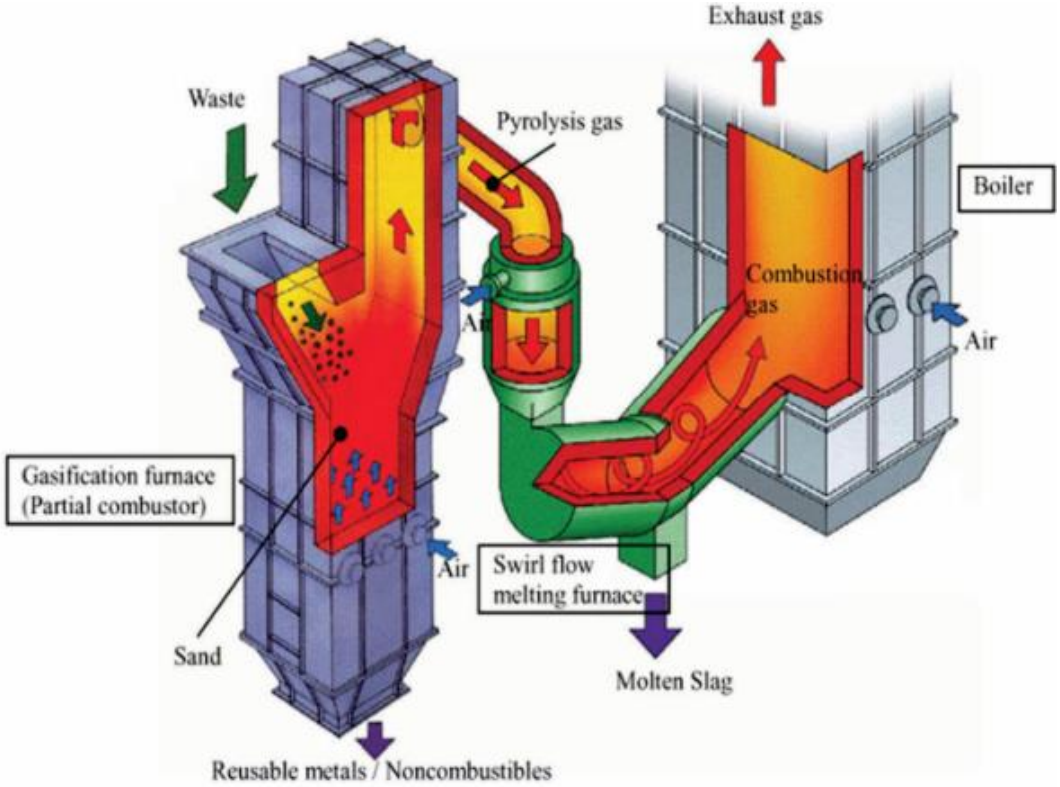
2.เทคโนโลยีเตาเผา ซึ่งพัฒนาขึ้นมา 2 ระบบ คือ

- ระบบเผาไหม้โดยตรง (Plasma Incinerator) เพื่อกำจัดขยะติดเชื้อ ควบคู่กับการผลิตความร้อน

- ระบบเตาก๊าซซิไฟเออร์ (Plasma Gasifier) เพื่อเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในขยะติดเชื้อให้กลายเป็นก๊าซเชื้อเพลิง แล้วนำก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้ไปใช้ผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายใน เทคโนโลยีพลาสมาอาร์คจึงถือเป็นเทคโนโลยีการกำจัดขยะติดเชื้อควบคู่กับการผลิตพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2.3.7 เทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (MSW Gasification)

เป็นกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน หรือเทคโนโลยี ไพโอไลซิส ก๊าซซิฟิเคชัน (Pyorysis/Gasification) เป็นกระบวนการทำให้ขยะมูลฝอยเป็นก๊าซ โดยการทำปฏิกิริยาสันดาปไม่สมบูรณ์ กล่าวคือสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยจะทำปฏิกิริยากับอากาศหรือออกซิเจนปริมาณจำกัด ทำให้เกิดก๊าซซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรเจนและมีเทน เรียกว่า Product Glass



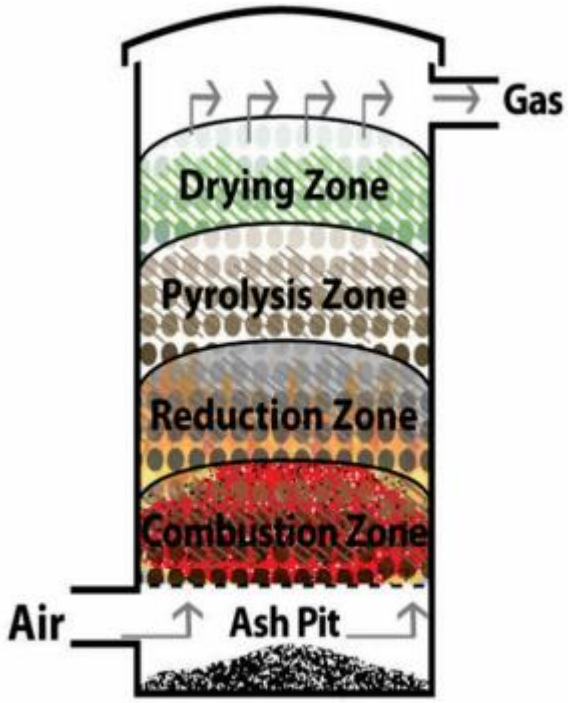
ภาพที่ 8 เตาเผาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน (Controlled-Air Incinerator)

ที่มา คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

ซึ่งในกรณีที่ใช้อากาศเป็นก๊าซทำปฏิกิริยา ก๊าซเชื้อเพลิงที่จะได้มีค่าความร้อนสูงประมาณ 3 ถึง 5 เมกกะจูลต่อนิวตันลูกบาศก์เมตร แต่ถ้าให้ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซทำปฏิกิริยาเชื้อเพลิงที่ได้จะมีค่าความร้อนสูงประมาณ 15 ถึง 20 เมกกะจูลต่อนิวตันลูกบาศก์เมตร เครื่องปฏิกรณ์ Gasifier สามารถแบ่งออกได้เป็น Doendraft , Updraft , Cross-Current และ Fluid Bed Gasifier ดังนี้

1. Updraft Gasifier เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนของเครื่องและอากาศจะถูกส่งผ่านตะแกรงเข้ามาทางด้านล่างบริเวณเหนือตะแกรงขึ้นไปจะมีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงขึ้น ซึ่งเรียกบริเวณนั้นว่า Combustion Zone เมื่ออากาศผ่านเข้าไปในบริเวณ Combustion Zone จะเกิดปฏิกิริยาขึ้นได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำก๊าซร้อนผ่านจาก Combustion Zone จะมีอุณหภูมิสูงและจะถูกส่งผ่านไปยัง Reduction Zone ซึ่งเป็นโซนที่มีปริมาณคาร์บอนมากเพียงพอที่จะก่อให้เกิดปฏิกิริยากับคาร์บอนออกไซด์และน้ำ เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์และไฮโดรเจน หลังจากนั้นก๊าซที่ได้จะไหลเข้าสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในชั้นของเชื้อเพลิง และกลั่นสลายในช่วงอุณหภูมิ 200 ถึง 500 องศสเซลเซียส หลังจากนั้นก๊าซก็จะไหลเข้าสู่ชั้นของเชื้อเพลิงที่ขึ้นเนื่องจากก๊าซยังคงมีอุณหภูมิสูงอยู่ จึงไประเหยน้ำที่อยู่ในเชื้อเพลิงเหล่านั้น ทำให้ก๊าซที่ออกจากเครื่องปฏิกรณ์มีอุณหภูมิต่ำลง สารระเหยและน้ำมันทาร์ที่เกิดขึ้นในช่วงการกลั่นสลายจะติดออกไปกับก๊าซเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้น

ดังนั้นก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft gasifier จะมีปริมาณของน้ำมันทาร์มาก บางครั้งอาจมีมากถึง ร้อยละ 20 ของน้ำมันทาร์ที่ได้จากการไพโอไรซิส ชีวมวลของก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบนี้ มีอุณหภูมิไม่สูงนักและมีปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนและน้ำมันทาร์มากทำให้มีค่าความร้อนมาก จำเป็นต้องมีหน่วยทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงก่อนนำเชื้อเพลิงไปหมุนกังหันก๊าซ ข้อดีหลักของเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft gasifier คือการติดตั้งง่ายและมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง

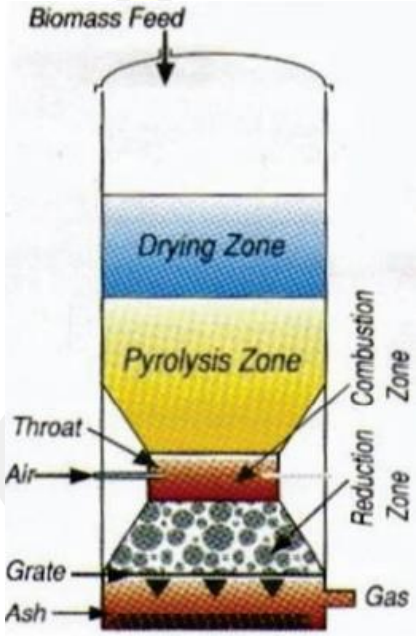


ภาพที่ 9 Updraft Gasifier

ที่มา คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

2. Downdraft Gasifier เครื่องปฏิกรณ์ Gasifier แบบนี้ออกมาเพื่อขจัดน้ำมันทาร์ในก๊าซเชื้อเพลิงโดยเฉพาะ อากาศจะถูกดูดผ่านจากด้านบนลงสู่ด้านล่างผ่านกลุ่มของหัวฉีดเรียกว่า Tuyers บริเวณหัวฉีดจะเป็นบริเวณโซน Combustion ก๊าซที่ได้จากโซน Combustion จะถูก Reduced ในขณะที่ไหลลงสู่ด้านล่างและผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อนซึ่งอยู่เหนือตะแกรงเล็กน้อย ขณะเดียวกันในชั้นของเชื้อเพลิงที่อยู่ทางด้านบนของโซน Combustion จะมีปริมาณออกซิเจนน้อยมากทำให้เกิดการกลั่นสลาย และน้ำมันทาร์ที่เกิดจากการกลั่นสลายจะไหลผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อน ทำให้น้ำมัน

ทาร์เกิดการแตกตัวเป็นก๊าซ ซึ่งการแตกตัวที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิคงที่ในช่วงระหว่าง 800 ถึง 1,000 ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาดูดความร้อนจะทำให้ก๊าซที่ได้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซที่ผ่านโซน Combustion จะมีส่วนประกอบของน้ำมันทาร์ลดลงเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10 ของน้ำมันทาร์ที่ได้จาก Updraft gasifier และก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะสะอาดกว่า การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงโดยเครื่องปฏิกรณ์แบบ Downdraft Gasifier นี้ง่ายและมีความน่าเชื้อถือสำหรับเชื้อเพลิงแห้งที่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 30 เนื่องจากว่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้มีปริมาณน้ำมันทาร์ต่ำ เครื่องปฏิกรณ์แบบ Downdraft Gasifier จึงเหมาะกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กและมีเครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีขนาดกำลังการผลิตไม่เกิน 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพที่ 10 Downdraft Gasifier

ที่มา คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

3. Fluid Bed Gasifier

การทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ที่กล่าวมาข้างต้น จะเกิด Slag มากเกินไป จึงก่อให้เกิดการอุดตันในเครื่องปฏิกรณ์บ่อยครั้ง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid bed gasifier ขึ้นเครื่องปฏิกรณ์รูปแบบนี้อากาศจะไหลผ่านชั้นของเชื้อเพลิงเมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านให้สูงจนกระทั่งทำให้เชื้อเพลิงที่วางอยู่เริ่มลอยตัวขึ้นมีลักษณะเหมือนของไหล ภายในเครื่องปฏิกรณ์จะใส่วัสดุเฉื่อย (Inertmaterial) ซึ่งอาจจะเป็น ทราย อลูมินา หรือออกไซด์ของโลหะที่ทนความร้อนสูงและไม่เกิดการหลอมรวมตัวกันโดยมีแผ่นที่เจาะรูมารองรับตัวกลางเหล่านี้ที่ตอนล่างของเครื่องปฏิกรณ์แผ่นที่เจาะรูนี้จะช่วยทำให้เกิดการกระจายตัวแบบฟลูอิดไดเซชันอย่างทั่วถึงของ

เบดดดยการผ่านของอากาศหรือออกซิเจนที่เข้าสู่ตอนล่างของแผ่นรองรับ ซึ่งความเร็วของอากาศหรือออกซิเจนที่ผ่านเข้าไปต้องมีค่าที่เหมาะสมที่ทำให้ตัวกลางมีสภาพแขวนลอย (Suspension) โดยปกติเชื้อเพลิงจะถูกเปลี่ยนให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงภายในเบด ปฏิกิริยา Gasification อาจเกิดขึ้นที่ส่วนที่เป็นที่ว่างเหนือเบด หรือที่เรียกว่า Freeboard โดยปฏิกิริยาของอนุภาคเชื้อเพลิงเล็กๆ ที่ปลิวหลุดออกมาจากเบดหรือเป็นปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยความร้อนของน้ำมันทาร์ ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier จะมีปริมาณน้ำมันทาร์อยู่ระบบหว่าเครื่องปฏิกรณ์แบบ Updraft gasifier และ Downdraft Gasifier ปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นกับเครื่องปฏกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier คือการสูญเสียสภาพฟลูอิไดเซชันเนื่องจากโลหะอัลคาไลน์จากเถ้าของเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้น เช่น โซเดียมคาร์บอเนต โพแทสเซียมคาร์บอเนต จะรวมตัวกับ ซิลิกาในทรายที่เป็นตัวกลาง ทำให้เกิดเป็นสารประกอบที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ ทำให้ตัวกลางหลอมรวมกันสูญเสียสภาพฟลูอิไดเซชันไป อย่างไรก็ตามการสูญเสียคาร์บอนที่ติดไปกับเถ้าอาจมาก ทำให้เครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier ไม่คุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ สำหรับการใช้งานขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังทำให้ค่าใช้จ่ายดำเนินงานสูงขึ้นด้วย

ภาพที่ 11 Fluid Bed Gasifier

ที่มา คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

เครื่องปฏิกรณ์แบบ Fluid Bed Gasifier มีข้อดี คือ มีการผสมที่ปั่นป่วนมาก ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและการถ่านเทมวลมีค่าสูง ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงและสามารถควบคุมอุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์ได้ค่านข้างง่าย ข้อเสียคือก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีปริมาณเถ้าและถ่านชาร์

ออกมาด้วย เนื่องจากความเร็วของอากาศภายในเครื่องปฏิกรณ์มีค่าสูงจึงต้องนำ Cyclone มาใช้กับระบบด้วย

4.Circulating fluid bed gasifier

เครื่องปฏิกรณ์แบบ Criculating Fluid Bed Gasifier เป็นการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ Carbon conersion โดยอนุภาคเชื้อเพลิงจะถูกรีไซเคิลกลับมายังเบด โดยความเร็วในการฟลูอิไดซ์จะต้องสูงพอที่จะทำให้อนุภาคลอยในปริมาณมาก

5.Entrained Bed Gasifier

ในเครื่องปฏิกรณ์แบบ Entrained Bed Gasifier จะไม่มี Inert แต่เชื้อเพลิงที่ใช้ต้องลดขนาดให้เล็กมาก โดยปกติเครื่องปฏิกรณ์แบบนี้จะเดินเครื่องที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,200 ถึง 1,500 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นกับว่าจะใช้อากาศหรือออกซิเจน ฏ๊าซเชื้อเพลิงที่จะได้รับจะมีปริมาณน้ำมันทาร์และสารไฮโดรคาร์บอนต่ำกว่า อย่างไรก็ตามเนื่องจากต้องเดินเครื่องที่อุณหภูมิสูงจึงมีปัญหาในเรื่องการเลือกวัสดุและปัญหาเรื่องการรวมตัวของเถ้า ในเครื่องปฏิกรณ์แบบ Entrained Bed Gasifier จะให้ค่า Carbon conersion สูงถึงร้อยละ 100 อีกทั้งยังมีการใช้งานสำหรับผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอยชุมชน

6. Comparison of Pressurized and Atmospheric Operation

6.1 เครื่องปฏิกรณ์ Gasifier แบบอัดความดัน มีลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

6.1.1 ระบบป้อนเชื้อเพลิงยุ่งยากและแพง นอกจากนี้ยังต้องการก๊าซเฉื่อยมากในการ Purging

6.1.2 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนครั้งแรก จะสูงกว่าเครื่องปฏิกรณ์ Gasifier ที่ความดันอากาศ โดยระบบ Pressurized Gasifier จะแพงกว่า Atmospheric Gasification ถึง 4 เท่า สำหรับเครื่องที่มีกำลังต่ำกว่า 20 Mwe แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่าและพบว่าสำหรับเครื่องที่มีกำลังสูงกว่า 50 Mwe ระบบ Pressurized Gasifier จะคุ้มค่าทางเศษรฐศาสตร์มากกว่าระบบ Atmospheric Gasification

6.1.3 ก๊าซเชื้อเพลิงจะถูกป้อนไปยังกังหันก๊าซที่ภาวะ อัดความดัน จึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มความดันให้กับก๊าซเชื้อเพลิงเหมือนกรณีของระบบ Atmospheric Gasification

6.1.4 ประสิทธิภาพรวมของระบบจะสูงกว่าระบบ Atmospheric Gasification

6.1.5 ระบบทำความสะอาดก๊าซ เชื้อเพลิงปกติจะให้ระบบ Mechaical Filter ซึ่งสามารถลดการสูญเสียพลังงานทางความร้อนและความดันได้ นอกจากนี้เป็นหลักการที่ง่ายและถูกกว่าระบบ Scrubbing

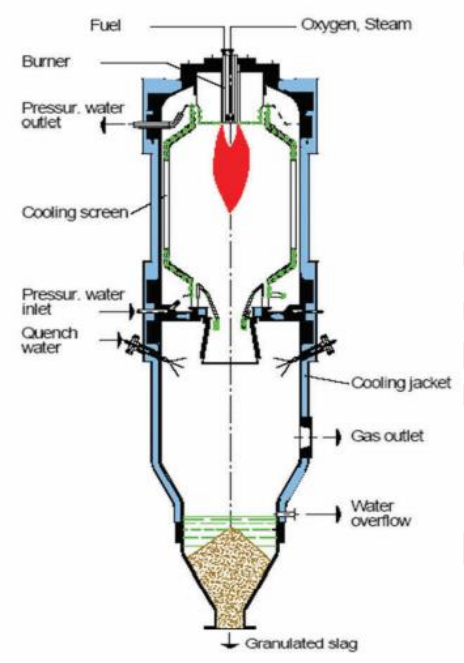
6.2 เครื่องปฏิกรณ์ Gasifier ที่มีความดันบรรยากาศมีลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

6.2.1 สำหรับการใช้งานในกังหันก๊าซจำเป็นต้องทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงและอัดความดันก่อนเข้ากังหัน สำหรับการใช้งานในเครื่องไม่จำเป็นต้องอัดความดัน

6.2.2 ระบบ Atmospheric Gasification มีศักยภาพในกรณีที่ใช้งานที่กำลังต่ำกว่า 30 Mwe เนื่องจาก Capital Cost ต่ำกว่าระบบ Pressurized Gasifier มาก

การเลือกชนิดเครื่องปฏิกรณ์ Gasifier ขึ้นอยู่กับขนาดกำลังไฟฟ้าที่ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องปฏิกรณ์และออกซิเจนที่ใช้ในทฤษฎีจะคิดว่า น้ำมันทาร์ สารไฮโดรคาร์บอนและถ่านชาร์ จะเปลี่ยนเป็นก๊าซเชื้อเพลิงทั้งหมดอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามชนิดและรูแบบของเครื่องปฏิกรณ์ Gasifier สามารถทำปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์ได้ ซึ่งระดับของการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับรูปร่างและรูปร่าลักษณะของเตาปฏิกรณ์ด้วย ขนาดกำลังไฟฟ้าที่ผลิตและชนิดของเครื่องปฏิกรณ์ Gasifier ที่เหมาะสมแสดงดังต่อไปนี้

- Updraft : 20 kW ถึง 1 MW
- Downdraft : 1 ถึง 15 MW
- Bubbling fluidized bed : 2 ถึง 50 MW
- Circumsting fluidized bed : 10 ถึง 120 MW
- Pressurized fluidized bed : 80 ถึง 500 MW



ภาพที่ 12 Comparison of Pressurized and Atmospheric Operation

ที่มา คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

2.4 การวิเคราะห์ต้นทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ เป็นการพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการประกอบการตัดสินใจว่าการลงทุนในโครงการจะคุ้มค่าหรือไม่นั้น จำเป็นจะต้องอาศัยเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุน โดยเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนสามารถทำได้โดยอาศัยเครื่องมือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value , NPV)

2.4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือผลต่างระหว่าง มูลค่าปัจจุบันในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไป ตลอดระยะเวลาโครงการ ณ อัตราคิดลดที่กำหนดที่กำหนด การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิต้องทราบข้อมูลของ กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ ระยะเวลาของโครงการ และอัตราคิดลด โดยคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^n}$$

โดยที่

NPV หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

C_0 หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการลงทุนแรกเริ่ม

B_t หมายถึง กระแสเงินสดรับสุทธิจากโครงการในปีที่ t

t หมายถึง ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง t

n หมายถึง อายุของโครงการ

r หมายถึง อัตราคิดลดที่เหมาะสมหรืออัตราดอกเบี้ย

การเลือกใช้อัตราคิดลดที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการตามแนวทางเศรษฐศาสตร์ คือ การใช้ค่าเสียโอกาสของการใช้ปัจจัยทุน กล่าวคือ มูลค่าของผลตอบแทนของปัจจัยทุนที่เสียไปจากการเลือกทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนั้นค่าเสียโอกาสของต้นทุนที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการที่เหมาะสมคือ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ซึ่งเป็นผลตอบแทนที่ได้รับจากการให้กู้

2.4.2 ระยะคืนทุน (Payback Period) คือ จำนวนปีที่ได้รับเงินลงทุนแรกเริ่มของโครงการกลับคืนมา หรืออีกนัยหนึ่งคือ กระแสเงินสดสะสมของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

โดยทั่วไปแล้วระยะเวลาคืนทุนใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจเพื่อชี้ให้เห็นสภาพคล่องของโครงการเท่านั้น เพราะไม่ได้มีการคำนึงถึงมูลค่าของเงินตามระยะเวลา ระหว่างระยะเวลาคืนทุนกระแสเงินสดที่ได้รับเข้ามาในช่วงต้น และกระแสเงินสดที่ได้รับช่วงหลัง เนื่องจากลดความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ในแง่ของเวลา เช่น นโยบายทางการเมือง สิ่งแวดล้อมเศรษฐกิจ เทคโนโลยีที่มีการปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลา

2.5 คาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมต่าง ๆ โดยคำนวณออกมาในรูปของ คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Co_2 equivalent ; $\mathrm{Co}_2 - eq$)

ประเภทของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ มีดังนี้

1 .คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมนุษย์ เป็นคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกี่ยวกับกิจกรรมในชีวิตประจำวัน การเดินทาง การรับประทานอาหาร การใช้ชีวิตที่บ้านและที่ทำงาน โยประเทศไทยมีกค่าเฉลี่ยารปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 5.3 ถึง 5.5 ตันคาร์บอนต่อคนต่อปี

2. คาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์ เป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิต เริ่มตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน จนถึงการจัดการซากหลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของน้ำหนักคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($\mathrm{Co}_2 - eq$)

3. คาร์บอนฟุตพริ้นขององค์กร เป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่าง ๆ ในองค์กร

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สามารถทำได้ดังสมการต่อไปนี้

$$Co_2\ emission = activity\ data\ \times emisiion\ factor$$

โดยที่ Co_2 emission คือ ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Activity data คือ ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Emission factor คือ ค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน Activity data ให้เป็นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มูลนิธิเพื่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและพลังงาน (2550 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ขยะชุมชนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า Feasibility Studsy of Municipal Solid Wastes for Electeicity Generation จากงานวิจัยกล่าวว่าเนื่องจากขยะชุมชนแตกต่างเชื้อเพลิงชีวมวลอื่นๆ โดยมีองค์ประกอบที่ซับซ้อนทั้งในส่วนนที่มีความชื้นสูง เช่น สารอินทรีย์ประเภทเศษอาหาร และส่วนที่มีค่าความร้อนมาก เช่น พลาสติก โฟม กระดาษ ทำให้การนำขยะชุมชนมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าต้องมีกระบวนการเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมกับวิธีการ เช่นการใช้ระบบผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับส่วนที่เป็นเศษอาหารหรือสารอินทรีย์ที่มีความชื้นสูง หรือการใช้วิธีเผาที่เหมาะสำหรับขยะชุมชนส่วนที่มีความร้อนมาก แต่การที่ทั้งสององค์ประกอบหลักทั้งสองส่วนปะปนกันทำให้ในการนำขยะชุมชนมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าจึงยังคงเป็นเรื่องที่ยุ่งยากมีต้นทุนสูงและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก ดังนั้นแม้ว่าขยะชุมชนจะมีศักยภาพที่จะใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าทดแทนเชื้อเพลิงประเภทอื่น ๆ แต่การนำมาใช้ต้องมีกระบวนการาจัดการวิธีหรือเทคโนโลยีที่เหมาะสม

อรทัย วรรคาวิสันต์ (2552 : บทคัดย่อ) ได้วิเคราะห์ความเป็นไปได้โครงการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ โดยการวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง เพื่อหาผลตอบแทนของโครงการ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนสร้างบ่อ และต้นทุนดำเนินงานต่าง ๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และการวิเคราะห์เชิงพรรณนาโดยการอธิบายตัวเลขที่ได้ว่ามีผลเป็นอย่างไร โดยพิจารณาจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PB) จากผลการศึกษาพบว่าในปีแรกมีการลงทุนของเงินทุนค่อนข้างสูงถึง 5,200,000 บาท เนื่องจากต้องลงทุนในการสร้างระบบบ่อเก็บก๊าซชีวภาพที่ต้องติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก่อน และต้องมีค่าใช้จ่ายในการทดสอบระบบบ่อ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่สูงมากกว่าจะได้ระบบที่สมบูรณ์ ดังนั้น จากการคำนณพบว่า ณ อัตราคิดลด (ต้นทุนของเงินทุน) ที่ 8.45% ได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 2,324,303 บาท อัตราผลตอบแทนในโครงการ (IRR) เท่ากับ 16% และมีระยะคืนทุน (PB) เท่ากับ 5.3 ปี โครงการจึงจะเหมาะกับการลงทุนและมีคววามคุ้มค่าต่อการฟื้นฟูสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมได้

ชญาณี ใช้สงวน (2555 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการจำลองกระบวนการไพโรไลซิสก๊าซซิฟิเคชั่นเพื่อการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชน โครงงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการจำลองกระบวนการไพโรไลซิส/ก๊าซซิฟิเคชั่นเพื่อการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชน โดยใช้โปรแกรมจำลองทางวิศวกรรมเคมี Aspen Plus® ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของโรงไฟฟ้าขยะมูลฝอย ในงานวิจัยนี้ได้

ศึกษากระบวนการในการทำการวิเคราะห์ คือ กระบวนการลดความชื้น การเปลี่ยนสภาพขยะมูลฝอยด้วยความร้อน ระบบผลิตไอน้ำ ระบบน้ำหล่อเย็นแบบปิด ที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ และการทำความสะอาดก๊าซเพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการที่สภาวะการดำเนินงานที่แตกต่างกันโดยผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการจำลองกระบวนการไพโรไลซิส/ก๊าซซิฟิเคชั่นเปรียบเทียบกับกระบวนการเผาไหม้โดยตรงในการศึกษาผลของความชื้นที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบพบว่า ที่อัตราการป้อนขยะ (Wet Waste) 42 ตันต่อชั่วโมง ปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 50 โดยมวล กระบวนการไพโรไลซิส/ก๊าซซิฟิเคชั่นให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงกว่ากระบวนการเผาไหม้โดยตรง และการนำขยะมาลดความชื้นก่อนป้อนเข้าสู่กระบวนการทางความร้อนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า ส่วนที่ 2 เป็นการจำลองกระบวนการไพโรไลซิส/ก๊าซิฟิเคชั่นเมื่อต้องการคงขยะที่ยังมีความชื้น (Waste with Moisture) ก่อนเข้าสู่กระบวนการ ไพโรไลซิสคงที่ที่ 28 ตันต่อชั่วโมง พบว่าเมื่อลดความชื้นของขยะอัตราการป้อนอากาศในห้องเผาไหม้จะเพิ่มขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) (2554 : คำนำ) คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทนที่ได้จัดทำขึ้นนี้จะเป็นคู่มือที่จะช่วยให้ผู้สนใจทราบถึงเป้าหมายของแผนพัฒนาพลังงานทดแทน รวมทั้งมีความเข้าใจในแนวทางการพัฒนาพลังงานทดแทน มาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล อาทิ การพิจารณาถึงศักยภาพ โอกาสและความสามารถในการจัดหาแหล่งพลังงานหรือวัตถุดิบ ลักษณะการทำงานทางเทคนิค และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่โดยทั่วไป ข้อดีและข้อเสียเฉพาะของแต่ละเทคโนโลยี การจัดหาแหล่งเงินทุน กฎระเบียบและมาตรการ ส่งเสริมสนับสนุนต่างๆ ของภาครัฐ ขั้นตอนปฏิบัติในการติดต่อหน่วยงานต่างๆซึ่งจะเป็นเอกสารที่จะช่วยสร้างความเข้าใจในลักษณะเฉพาะของเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนชนิดต่างๆ ทั้งการผลิตไฟฟ้าความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ เพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ไปยังกลุ่มเป้าหมายตามความต้องการของกระทรวง
พลังงานต่อไป

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) (2558 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) บทความนี้จะนำเสนอผลการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนผลิตพลังงานจากขยะโดยการใช้เทคโนโลยีเตาเผาขยะเพื่อผลิตไฟฟ้า ซึ่งเป็นเทคโนโลยีผลิตพลังงานจากขยะที่พิสูจน์แล้วมาเป็นระยะเวลานาน และประสบความสำเร็จในการนำมาใช้งานในประเทศไทย โดยมีเนื้อหาที่จะนำเสนอประกอบด้วย หลักเกณฑ์ในการพิจารณาความเป็นไปได้ของโครงการเตาเผาขยะ

เพื่อผลิตไฟฟ้า เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับพิจารณาโครงการในเบื้องต้นของผู้ทำการตัดสินใจข้อพิจารณาทางด้านเทคนิคในการวางแผนดำเนินโครงการเพื่อประมาณราคาและการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านการเงินของโครงการ ตลอดจนการวิเคราะห์พื้นที่ต่อองค์กรณ์ปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีความเป็นไปได้ในการนำผลการศึกษาไปพิจารณาปรับใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป

พิมพ์พรรณ กาเยนนท์ (2559 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา งานวิจัยนี้จะนำเสนอผลการศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการการรับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และเพื่อศึกษาเครื่องมือในการดำเนินนโยบายของรัฐบาลเพื่อสนับสนุนโครงการการรับซื้อไฟฟ้า และเพื่อศึกษาผลประโยชน์จากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้า ในส่วนการคำนวณต้นทุน และผลประโยชน์ของครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการรับซื้อไฟฟ้า ผู้วิจัยอาศัยเครื่องมือ 2 ประการ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และการวิเคราะห์ค่าความไว ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ต่อยอดผลการศึกษาจากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาข้อมูลในการดำเนินนโยบายของรัฐบาล เพื่อสนับสนุนโครงการรับซื้อไฟฟ้าฯ และการศึกษาผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมที่ได้รับจากการใช้ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยอาศัยเครื่องมือ 2 ประการ ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุนทางพลังงาน และอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

อังสนา พจน์ศิริ (2559 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก การศึกษาวิจัยครั้งนี้พิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาระหว่างสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) และระบบโดดเดี่ยว (Off grid system) โดยศึกษาความคุ้มค่าทางด้านการเงินและทางด้านเศรษฐศาสตร์ในโกดังเก็บสินค้ากรณีศึกษาซึ่งตัวชี้วัดที่ใช้คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback period) การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการในครั้งนี้มีระยะเวลาของโครงการ 25 ปี ตามอายุของเซลล์แสงอาทิตย์ จากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินด้วยอัตราดอกเบี้ย 6.75% พบว่าโครงการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ระบบสายส่งการไฟฟ้า (On grid system) มีค่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็น 1,694,317.16 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เป็น 13% และระยะเวลาคืนทุน (Payback period) อยู่ที่ 7.23 ปี ส่วนระบบแบบโดดเดี่ยว (Off grid system) พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็น 324,704.04 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เป็น –8% และระยะเวลาคืนทุน (Payback

period) อยู่ที่ 8.05 ปี จึงสรุปได้ว่ากรณีระบบสายส่งของการไฟฟ้า (On grid system) มีความเป็นไปได้ที่จะลงทุนถ้าเทียบกับระบบแบบโดเดี่ยว (Off grid system)

พัฒสกรณ์ ศรไชย และ ยศกร บุญสิทธิ์ (2561 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องเครื่องงกำเนิดไฟฟ้าแบบแม็กเนโตไฮโดรไดนามิคด้วยความร้อนจากการเผาขยะ งานวิจัยนี้จะนำเสนอผลการศึกษาการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากการเผาขยะด้วยหลักการแม็กเนโตไฮโดรไดนามิค ตัวเครื่องต้นแบบประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือห้องเผาไหม้ ซึ่งเป็นส่วนที่เกิดความร้อนสูง อย่างน้อย 1,000 องศาเซลเซียส ส่วนที่ 2 คือส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม็กเนโตไฮโดรไดนามิค เครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกออกแบบไว้ 2 แบบ เพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ เครื่องกำเนิดไฟฟแบบ 2 ขั้ว และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 6 ขั้ว หลักการทำงานของเครื่องเมื่อมีการเผาขยะจะได้ความร้อนและนำความร้อนที่ได้ใช้เป็นพลังงานในการสร้างพลาสม่าขึ้นมาเป็นต้นกำลังการผลิตให้ไหลผ่านสนามแม่เหล็กและเกิดเป็นพลังงานไฟฟ้า ผลการทดลองเปรียบเทียบการผลิตแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งสองแบบพบว่า เมื่อเผาขยะที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะได้แรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตามทั้งสองแบบ โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 2 ขั้วผลิตแรงดันไฟฟฟ้าได้ประมาณ 3 โวลต์ ที่ 800 องศาเซลเซียส ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 6 ขั้ว สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ประมาณ 0.8 โวลต์ ที่ 800 องศาเซลเซียส ในสภาวะไม่ต่อโหลดผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 2 ขั้ว สามารถผลิตแรงดันได้มากว่าแบบ 6 ขั้ว

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อศึกษาความคุ้มค่าของต้นทุน ประโยชน์ที่ได้รับ และความเป็นไปได้ ของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานขยะมูลฝอย โดยผู้วิจัยได้ใช้พื้นที่ของจังหวัดพังงา เป็นกรณีศึกษา เพื่อให้เป็นแนวทางให้นักลงทุนได้พิจารณา และนำไปสู่การแก้ไขปัญหาการกำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองพังงา โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูล
2. การวิเคราะห์ข้อมูล
3. แนวทางและวิธีการศึกษา

3.1 เก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลขยะและประเภทของขยะของศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองพังงาเป็นกรณีศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองพังงา เป็นศูนย์กำจัดขยะหลักในจังหวัดพังงา มีพื้นที่ทั้งหมด 71 ไร่ โดยได้เริ่มเปิดทำการในปี 2547 โดยมีการส่งขยะเข้ากำจัด โดยมีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานต่างๆ ส่งขยะเข้ามากำจัดทั้งสิ้น 21 แห่ง โดยมีขยะที่ส่งเข้ามากำจัดเฉลี่ย ของปี พ.ศ. 2563 วันละ 44 ตัน

ภาพที่ 13 ปริมาณขยะในศูนย์กำจัดขยะหลักในจังหวัดพังงา 25 ตุลาคม 2564

ตารางที่ 3 ปริมาณขยะมูลฝอยที่ส่งมากำจัดในศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองพังงาในปี พ.ศ. 2563

ลำดับ	หน่วยงาน	ปริมาณขยะ(ตัน/ปี)
1	เทศบาลเมืองพังงา	5058.38
2	เทศบาลตำบลกระโสม	591.09
3	เทศบาลตำบลทับปุด	681.87
4	อบต.ถ้ำน้ำผุด	2151.70
5	อบต.นบปริง	894.68
6	อบต.เกาะปันหยี	96.30
7	อบต.กระโสม	877.09
8	อบต.บ่อแสน	884.46
9	อบต.มะรุ่ย	582.30
10	อบต.ป่ากอ	268.17
11	อบต.โคกเจริญ	285.31
12	อบต.ถ้ำ	437.84
13	อบต.กะไหล	1008.60
14	อบต.ทับปุด	632.15
15	อบต.บางเหรียง	213.70
16	อบต.ท่าอยู่	636.66
17	อบต.ตากแดด	783.31
18	อุทยานแห่งชาติอ่าวพังงา	81.30
19	โรงพยาบาลพังงา	5.13
20	สาธารณสุขจังหวัดพังงา	2.87
21	โรงเรียนดีบุก	0.13
รวม		16173.04

จากข้อมูลของตารางที่ 3 ปริมาณขยะมูลฝอยและหน่วยงานที่ส่งมากำจัดในศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองพังงา ในปี พ.ศ. 2563 จะมีค่าเฉลี่ย ของขยะที่เกิดขึ้นต่อวัน เท่ากับ 44.30 ตันต่อวัน โดยศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองพังงาสามารถกำจัดขยะแบบฝังกลบได้เพียงวันละ 30 ตัน

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของต้นทุนและความเป็นไปได้ของโครงการมีดังนี้

3.2.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือผลต่างระหว่าง มูลค่าปัจจุบันในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไป ตลอดระยะเวลาโครงการ ณ อัตราคิดลดที่กำหนดที่กำหนด การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิต้องทราบข้อมูลของ กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ ระยะเวลาของโครงการ และอัตราคิดลด โดยคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\mathrm{NPV} = -\mathrm{C_0} + \sum_{t=1}^{n} \frac{(\mathrm{B_t} - \mathrm{C_t})}{(1+\mathrm{r})^{n}}$$

โดยที่ NPV หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

$\mathrm{C_0}$ หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการลงทุนแรกเริ่ม

$\mathrm{B_t}$ หมายถึง กระแสเงินสดรับสุทธิจากโครงการในปีที่ t

t หมายถึง ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง t

n หมายถึง อายุของโครงการ

r หมายถึง อัตราคิดลดที่เหมาะสมหรืออัตราดอกเบี้ย

3.2.2 ระยะคืนทุน (Payback Period) คือ จำนวนปีที่ได้รับเงินลงทุนแรกเริ่มของโครงการกลับคืนมา หรืออีกนัยหนึ่งคือ กระแสเงินสดสะสมของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

โดยการตัดสินใจควรเลือกโครงการที่มีระยะคืนทุนเร็วที่สุด เนื่องจากมีความเสี่ยงน้อย

3.2.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมต่าง ๆ โดยคำนวณออกมาในรูปของ คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($\mathrm{Co_2}$ equivalent ; $\mathrm{Co_2} - eq$) ประเภทของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ มีดังนี้

1 .คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมนุษย์ เป็นคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกี่ยวกับกิจกรรมในชีวิตประจำวัน การเดินทาง การรับประทานอาหาร การใช้ชีวิตที่บ้านและที่ทำงาน โยประเทศไทยมีกค่าเฉลี่ยารปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ 5.3 ถึง 5.5 ตันคาร์บอนต่อคนต่อปี

2. คาร์บอนฟุตพริ้นของผลิตภัณฑ์ เป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิต เริ่มตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน จนถึงการจัดการซากหลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของน้ำหนักคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($\mathrm{Co}_2 - eq$)

3. คาร์บอนฟุตพริ้นขององค์กร เป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่าง ๆ ในองค์กร

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สามารถทำได้ดังสมการต่อไปนี้

$$Co_2\ emission = activity\ data\ \times emisiion\ factor$$

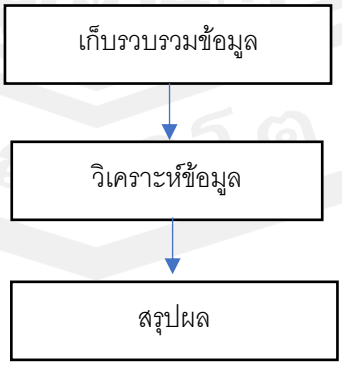
โดยที่ Co_2 emission คือ ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Activity data คือ ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Emission factor คือ ค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน Activity data ให้เป็นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.3 แนวทางการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมดเป็นข้อมูลแบบทุติยภูมิ (Secondary data) โดยเป็นข้อมูลที่ได้มาจาก บทความด้านวิชาการ แบบรายงานทางสถิติ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการกับจัดขยะมูลฝอยในจังหวัดพังงากรอบแนวคิดการทำวิจัย



3.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล รายละเอียดดังนี้

1. ปริมาณของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นของจังหวัดพังงา
2. องค์ประกอบของขยะที่เกิดขึ้นของจังหวัดพังงา
3. เทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย
4. ราคาต้นทุนในการก่อสร้างเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย
5. ข้อมูลการจำหน่ายไฟฟ้า
6. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ

3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล มี 3 ขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์หาค่าความร้อนของขยะมูลฝอยในเขตพื้นที่ ที่ทำการศึกษา เพื่อในไปเลือกหาเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยที่เหมาะสมกับพื้นที่

2. วิเคราะห์ความคุ้มค่า และผลประโยชน์ของโครงการก่อสร้างเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยที่เหมาะสม เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการลงทุน

3. วิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยวัดจากปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ

3.3.3 การสรุปผล ของการวิเคราะห์ข้อมูล และเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียที่เกิดขึ้นของโครงการก่อสร้างเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลขยะ

จากข้อมูลของสำนักงานส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่นจังหวัดพังงา ในปี 2563 ทั้งจังหวัดพังงามีปริมาณขยะเกิดขึ้น 85,724 ตันต่อปี โดยในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองพังงามีขยะที่เกิดเท่ากับ 16,060 ตันต่อปี คิดเป็น 44 ตันต่อวัน ซึ่งมีการจัดการขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น 2 ขั้นตอนคือ

1. การคัดแยกขยะรีไซเคิล โดยส่วนของท้องถิ่นในแต่ละพื้นที่จะมีการคัดแยกขยะและนำกลับมารีไซเคิล ประเภทขยะที่ถูกคัดแยกออกมาเพื่อรีไซเคิล เช่น แก้ว พลาสติก กระดาษ เหล็ก เป็นต้น

2. การฝังกลบในบ่อขยะ ขยะที่ผ่านการคัดแยกขยะรีไซเคิลออกแล้ว จะถูกส่งมาส่งที่บ่อขยะตำบลตากแดด พื้นที่ 71 ไร่ แล้วนำมาเทกอง เพื่อรอการนำไปฝังกลบในพื้นที่ที่จัดไว้

4.2 องค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยชุมชน

จากข้อมูล การศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตพลังงานไฟฟ้าขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้ทำการคำนวณค่าความร้อนของขยะมูลฝอย โดยใช้สูตรของ ดูลอง (Dulong's Formula) และได้แสดงองค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยชุมชน ดังตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยชุมชน

ภาพที่ 14 ขยะมูลฝอยชุมชนในศูนย์กำจัดขยะหลักในจังหวัดพังงา 25 ตุลาคม 2564

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอยชุมชน

องค์ประกอบขยะมูลฝอย	ร้อยละสัดส่วนโดยน้ำหนักแห้ง						
	C	H	O	N	S	Ash	รวม
เศษอาหาร ขยะอินทรีย์	48.0	6.4	32.6	2.6	0.4	10.0	100.0
กระดาษ	43.5	6.0	44.0	0.3	0.2	6.0	100.0
กระดาษลัง กล่องลัง	44.0	5.9	44.6	0.3	0.2	0.5	100.0
พลาสติกประเภทต่างๆ	60.0	7.2	22.8	0.0	0.0	10.0	100.0
ผ้า เศษผ้า	55.0	6.6	31.2	4.6	0.1	2.5	100.0
ยาง	78.0	10.0	0.0	2.0	0.0	10.0	100.0
เศษหญ้า ใบไม้	47.8	6.0	38.0	3.4	0.3	4.5	100.0
เศษไม้	49.5	6.0	42.7	0.2	0.1	1.5	100.0
แก้ว	0.5	0.1	0.4	0.1	0.0	98.9	100.0
อลูมิเนียม	4.8	0.6	4.5	0.1	0.0	90.0	100.0
โลหะ	4.8	0.6	4.5	0.1	0.0	90.5	100.0
ขยะอันตราย	26.3	3.0	2.0	0.5	0.2	68.0	100.0
อื่นๆ	26.3	3.0	2.0	0.5	0.2	68.0	100.0

4.3 ค่าความร้อนขั้นสูง (Higher Heating Value : HHV)

ค่าความร้อนขั้นสูง (Higher Heating Value : HHV) คือค่าความร้อนที่ของชีวมวล 1 กิโลกรัม โดยกำจัดส่วนที่เป็นน้ำและความชื้นออก โดยนำค่าขององค์ประกอบธาตุ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) กำมะถัน (S) ของชีวมวลนั้นมาคำนวณดังสมการ

$$HHV = (80.60C) + 339.10\left(H - \frac{O}{8}\right) + (5.56N) + 22.2S$$

4.4 ค่าความร้อนขั้นต่ำ (Lower Heating Value : LHV)

ค่าความร้อนขั้นต่ำ (Lower Heating Value : LHV) คือค่าความร้อนของชีวมวลที่มีความชื้น 1 กิโลกรัม โดยคำนวณหาค่าความร้อน จากสมการ

$$LHV = HHV - 5.72(9H + M)$$

เมื่อ H คือร้อยละของธาตุไฮโดรเจนในชีวมวล และ M คือร้อยละของความชื้นในชีวมวล

4.5 เกณฑ์การพิจารณาค่าความร้อน

ค่าความร้อนเป็นคุณสมบัติของขยะมูลฝอยที่เปลี่ยนไปตามองค์ประกอบ โดยการเผาไม้ขยะมูลฝอยเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้านั้น ในทุกฤดูกาล ควรมีค่าความร้อนขั้นต่ำเฉลี่ยที่ 1,670 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม และต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 1,440 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

4.6 การคำนวณหาค่าความร้อนขั้นสูง

ข้อมูลจากรายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการสำรวจวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ กรมควบคุมมลพิษ ได้มีการวิเคราะห์องประกอบขยะในจังหวัดพังงา ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 องค์ประกอบขยะมูลฝอยในจังหวัดพังงา

องค์ประกอบขยะมูลฝอย	ร้อยละ
เศษอาหาร	64.81
กระดาษ	6.42
กระดาษลัง	2.91
พลาสติก	14.64
ผ้า	0.27
ยาง	0.15
เศษไม้	0.73
แก้ว	6.44
อลูมิเนียม	0.87
โลหะ	0.58
ขยะอันตราย	0.29
อื่นๆ	1.89

โดยคิดค่าความชื้นขยะที่ร้อยละ 50 โดยมวล และจากข้อมูลดังกล่าวนำมาประกอบกับข้อมูลจากตารางที่ 5 สามารถคำนวณค่าความร้อนขั้นสูง ได้ดังนี้

1. เศษอาหาร

ร้อยละของ ธาตุคาร์บอน C = 64.81×0.5×48.0/100 = 15.554 %

ร้อยละของ ธาตุไฮโดรเจน H = 64.81×0.5×6.4/100 = 2.074 %

ร้อยละของ ธาตุออกซิเจน O = 64.81×0.5×32.6/100 = 10.564 %

ร้อยละของ ธาตุไนโตรเจน N = 64.81×0.5×42.6/100 = 0.843 %

ร้อยละของ ธาตุซัลเฟอร์ S = 64.81×0.5×0.4/100 = 0.130 %

ร้อยละของ เถ้า Ash = 64.81×0.5×10.0/100 = 3.241 %

ค่าความร้อนขั้นสูงของเศษอาหาร

$$HHV = (80.60 \times 15.554) + 339.10\left(2.074 - \frac{10.564}{8}\right) + (5.56 \times 0.843) + 22.2 \times 0.130$$

ดังนั้น ค่าความร้อนขั้นสูงของเศษอาหารมีค่าเท่ากับ 1516.73 kcal/kg

2. กระดาษ

ร้อยละของ ธาตุคาร์บอน C = 6.42×0.5×43.5/100 = 1.396 %

ร้อยละของ ธาตุไฮโดรเจน H = 6.42×0.5×6.0/100 = 0.193 %

ร้อยละของ ธาตุออกซิเจน O = 6.42×0.5×44/100 = 1.412 %

ร้อยละของ ธาตุไนโตรเจน N = 6.42×0.5×0.3/100 = 0.010 %

ร้อยละของ ธาตุซัลเฟอร์ S = 6.42×0.5×0.3/100 = 0.010 %

ร้อยละของ เถ้า Ash = 6.42×0.5×6/100 = 0.193 %

ค่าความร้อนขั้นสูงของกระดาษ

$$HHV = (80.60 \times 1.396) + 339.10\left(0.193 - \frac{1.412}{8}\right) + (5.56 \times 0.010) + 22.2 \times 0.010$$

ดังนั้น ค่าความร้อนขั้นสูงของกระดาษมีค่าเท่ากับ 118.256 kcal/kg

3. กระดาษลัง

ร้อยละของ ธาตุคาร์บอน C = 2.91×0.5×44.0/100 = 0.640 %

ร้อยละของ ธาตุไฮโดรเจน H = 2.91×0.5×5.9/100 = 0.086 %

ร้อยละของ ธาตุออกซิเจน O = 2.91×0.5×44.6/100 = 0.649 %

ร้อยละของ ธาตุไนโตรเจน N = 2.91×0.5×0.3/100 = 0.004 %

ร้อยละของ ธาตุซัลเฟอร์ S = 2.91×0.5×0.3/100 = 0.004 %

ร้อยละของ เถ้า Ash = 2.91×0.5×5.0/100 = 0.073 %

ค่าความร้อนขั้นสูงของกระดาษลัง

$$HHV = (80.60 \times 0.640) + 339.10\left(0.086 - \frac{0.649}{8}\right) + (5.56 \times 0.004) + 22.2 \times 0.004$$

ดังนั้น ค่าความร้อนขั้นสูงของกระดาษลังมีค่าเท่ากับ 53.325 kcal/kg

4. พลาสติก

ร้อยละของ ธาตุคาร์บอน C = 14.64×0.5×60/100 = 4.392 %

ร้อยละของ ธาตุไฮโดรเจน H = 14.64×0.5×7.2/100 = 0.527 %

ร้อยละของ ธาตุออกซิเจน O = 14.64×0.5×22.8/100 = 1.669 %

ร้อยละของ ธาตุไนโตรเจน N = 14.64×0.5×0/100 = 0.000 %

ร้อยละของ ธาตุซัลเฟอร์ S = 14.64×0.5×0/100 = 0.000 %

ร้อยละของ เถ้า Ash = 14.64×0.5×10.0/100 = 0.732 %

ค่าความร้อนขั้นสูงของพลาสติก

$$HHV = (80.60 \times 4.392) + 339.10\left(0.527 - \frac{1.669}{8}\right) + (5.56 \times 0.0) + 22.2 \times 0.0$$

ดังนั้น ค่าความร้อนขั้นสูงของกระดาษลังมีค่าเท่ากับ 461.971 kcal/kg

5. ผ้า

ร้อยละของ ธาตุคาร์บอน C = 0.27×0.5×55/100 = 0.074%

ร้อยละของ ธาตุไฮโดรเจน H = 0.27×0.5×6.6/100 = 0.009 %

ร้อยละของ ธาตุออกซิเจน O = 0.27×0.5×31.2/100 = 0.042 %

ร้อยละของ ธาตุไนโตรเจน N = 0.27×0.5×4.6/100 = 0.006 %

ร้อยละของ ธาตุซัลเฟอร์ S = 0.27×0.5×0.1/100 = 0.000 %

ร้อยละของ เถ้า Ash = 0.27×0.5×2.5/100 = 0.003 %

ค่าความร้อนขั้นสูงของผ้า

$$HHV = (80.60 \times 0.074) + 339.10\left(0.009 - \frac{0.042}{8}\right) + (5.56 \times 0.006) + 22.2 \times 0.0$$

ดังนั้น ค่าความร้อนขั้นสูงของกระดาษลังมีค่าเท่ากับ 7.258 kcal/kg

6. ยาง

ร้อยละของ ธาตุคาร์บอน C = 0.15×0.5×78/100 = 0.059%

ร้อยละของ ธาตุไฮโดรเจน H = 0.15×0.5×10/100 = 0.008 %

ร้อยละของ ธาตุออกซิเจน O = 0.15×0.5×0.0/100 = 0.000 %

ร้อยละของ ธาตุไนโตรเจน N = 0.15×0.5×2.0/100 = 0.002 %

ร้อยละของ ธาตุซัลเฟอร์ S = 0.15×0.5×0.0/100 = 0.000 %

ร้อยละของ เถ้า Ash = 0.15×0.5×10/100 = 0.008 %

ค่าความร้อนขั้นสูงของยาง

$$HHV = (80.60 \times 0.059) + 339.10\left(0.008 - \frac{0.0}{8}\right) + (5.56 \times 0.0) + 22.2 \times 0.008$$

ดังนั้น ค่าความร้อนขั้นสูงของกระดาษลังมีค่าเท่ากับ 7.267 kcal/kg

7. เศษไม้

ร้อยละของ ธาตุคาร์บอน C = 0.73×0.5×49.5/100 = 0.181%

ร้อยละของ ธาตุไฮโดรเจน H = 0.73×0.5×6.0/100 = 0.022 %

ร้อยละของ ธาตุออกซิเจน O = 0.73×0.5×42.7/100 = 0.156 %

ร้อยละของ ธาตุไนโตรเจน N = 0.73×0.5×0.2/100 = 0.001 %

ร้อยละของ ธาตุซัลเฟอร์ S = 0.73×0.5×0.1/100 = 0.000 %

ร้อยละของ เถ้า Ash = 0.73×0.5×1.5/100 = 0.005 %

ค่าความร้อนขั้นสูงของเศษไม้

$$HHV = (80.60 \times 0.181) + 339.10\left(0.022 - \frac{0.156}{8}\right) + (5.56 \times 0.001) + 22.2 \times 0.0$$

ดังนั้น ค่าความร้อนขั้นสูงของกระดาษลังมีค่าเท่ากับ 15.395 kcal/kg

8. แก้ว

ร้อยละของ ธาตุคาร์บอน C = 6.44×0.5×0.5/100 = 0.016%

ร้อยละของ ธาตุไฮโดรเจน H = 6.44×0.5×0.1/100 = 0.003 %

ร้อยละของ ธาตุออกซิเจน O = 6.44×0.5×0.4/100 = 0.013 %

ร้อยละของ ธาตุไนโตรเจน N = 6.44×0.5×0.1/100 = 0.003 %

ร้อยละของ ธาตุซัลเฟอร์ S = 6.44×0.5×0.0/100 = 0.000 %

ร้อยละของ เถ้า Ash = 6.44×0.5×98/100 = 3.156 %

ค่าความร้อนขั้นสูงของแก้ว

$$HHV = (80.60 \times 0.016) + 339.10\left(0.003 - \frac{0.013}{8}\right) + (5.56 \times 0.003) + 22.2 \times 0.0$$

ดังนั้น ค่าความร้อนขั้นสูงของกระดาษลังมีค่าเท่ากับ 15.395 kcal/kg

9. อลูมิเนียม

ร้อยละของ ธาตุคาร์บอน C = 0.87×0.5×4.8/100 = 0.021%

ร้อยละของ ธาตุไฮโดรเจน H = 0.87×0.5×0.6/100 = 0.003 %

ร้อยละของ ธาตุออกซิเจน O = 0.87×0.5×4.5/100 = 0.020 %

ร้อยละของ ธาตุไนโตรเจน N = 0.87×0.5×0.1/100 = 0.0004 %

ร้อยละของ ธาตุซัลเฟอร์ S = 0.87×0.5×0.0/100 = 0.000 %

ร้อยละของ เถ้า Ash = 0.87×0.5×90/100 = 0.392 %

ค่าความร้อนขั้นสูงของอลูมิเนียม

$$HHV = (80.60 \times 0.021) + 339.10\left(0.003 - \frac{0.020}{8}\right) + (5.56 \times 0.0004) + 22.2 \times 0.0$$

ดังนั้น ค่าความร้อนขั้นสูงของกระดาษลังมีค่าเท่ากับ 1.740 kcal/kg

10. โลหะ

ร้อยละของ ธาตุคาร์บอน C = 0.58×0.5×4.8/100 = 0.014%

ร้อยละของ ธาตุไฮโดรเจน H = 0.58×0.5×0.6/100 = 0.002 %

ร้อยละของ ธาตุออกซิเจน O = 0.58×0.5×4.5/100 = 0.013 %

ร้อยละของ ธาตุไนโตรเจน N = 0.58×0.5×0.1/100 = 0.0003 %

ร้อยละของ ธาตุซัลเฟอร์ S = 0.58×0.5×0.0/100 = 0.000 %

ร้อยละของ เถ้า Ash = 0.58×0.5×90.5/100 = 0.262 %

ค่าความร้อนขั้นสูงของโลหะ

$$HHV = (80.60 \times 0.014) + 339.10\left(0.002 - \frac{0.013}{8}\right) + (5.56 \times 0.0003) + 22.2 \times 0.0$$

ดังนั้น ค่าความร้อนขั้นสูงของกระดาษลังมีค่าเท่ากับ 1.160 kcal/kg

11. ขยะอันตราย

ร้อยละของ ธาตุคาร์บอน C = 0.29×0.5×3.0/100 = 0.038%

ร้อยละของ ธาตุไฮโดรเจน H = 0.29×0.5×2.0/100 = 0.004 %

ร้อยละของ ธาตุออกซิเจน O = 0.29×0.5×0.5/100 = 0.003 %

ร้อยละของ ธาตุไนโตรเจน N = 0.29×0.5×0.5/100 = 0.001 %

ร้อยละของ ธาตุซัลเฟอร์ S = 0.29×0.5×0.2/100 = 0.0003 %

ร้อยละของ เถ้า Ash = 0.29×0.5×68/100 = 0.099 %

ค่าความร้อนขั้นสูงของขยะอันตราย

$$HHV = (80.60 \times 0.038) + 339.10\left(0.004 - \frac{0.003}{8}\right) + (5.56 \times 0.001) + 22.2 \times 0.0003$$

ดังนั้น ค่าความร้อนขั้นสูงของกระดาษลังมีค่าเท่ากับ 4.436 kcal/kg

12. อื่นๆ

ร้อยละของ ธาตุคาร์บอน C = 1.98×0.5×3.0/100 = 0.249%

ร้อยละของ ธาตุไฮโดรเจน H = 1.98×0.5×2.0/100 = 0.028 %

ร้อยละของ ธาตุออกซิเจน O = 1.98×0.5×0.5/100 = 0.019 %

ร้อยละของ ธาตุไนโตรเจน N = 1.98×0.5×0.5/100 = 0.005 %

ร้อยละของ ธาตุซัลเฟอร์ S = 1.98×0.5×0.2/100 = 0.002 %

ร้อยละของ เถ้า Ash = 1.98×0.5×68/100 = 0.643 %

ค่าความร้อนขั้นสูงของอื่นๆ

$$HHV = (80.60 \times 0.249) + 339.10\left(0.028 - \frac{0.019}{8}\right) + (5.56 \times 0.005) + 22.2 \times 0.002$$

ดังนั้น ค่าความร้อนขั้นสูงของกระดาษลังมีค่าเท่ากับ 28.913 kcal/kg

ผลการคำนวณค่าความร้อนขั้นสูงทั้งหมด ของขยะในจังหวัดพังงา จะได้ค่าดังนี้

ตารางที่ 6 ค่าความร้อนขยะมูลฝอยในจังหวัดพังงา

องค์ประกอบขยะมูลฝอย	ร้อยละสัดส่วนโดยน้ำหนักแห้ง						HHV
	C	H	O	N	S	Ash	
เศษอาหาร	15.554	2.074	10.564	0.843	0.130	3.241	1516.730
กระดาษ	1.396	0.193	1.412	0.010	0.010	0.193	118.256
กระดาษลัง	0.640	0.086	0.649	0.004	0.004	0.073	53.325
พลาสติก	4.392	0.527	1.669	0.000	0.000	0.732	461.971
ผ้า	0.074	0.009	0.042	0.006	0.000	0.003	7.258
ยาง	0.059	0.008	0.000	0.002	0.000	0.008	7.266
เศษไม้	0.181	0.022	0.156	0.001	0.000	0.005	15.394
แก้ว	0.016	0.003	0.013	0.003	0.000	3.156	1.861
อลูมิเนียม	0.021	0.003	0.020	0.000435	0.000	0.392	1.740
โลหะ	0.014	0.002	0.013	0.0003	0.000	0.262	1.160
ขยะอันตราย	0.038	0.004	0.003	0.001	0.0003	0.099	4.436
อื่นๆ	0.249	0.028	0.019	0.005	0.002	0.643	28.913
รวม	22.634	2.958	14.560	0.874	0.146	8.805	2218.313

4.7 การคำนวณหาค่าความร้อนขั้นต่ำ (Lower Heating Value : LHV)

ค่าความร้อนขั้นต่ำสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$LHV = HHV - 5.72(9H + M)$$

แทนค่าในสมการ LHV = HHV - 5.72(9H + M)

LHV = 2,218.313 - 5.72(9(2.958) + 50)

LHV = 1,780.036 Kcal/kg

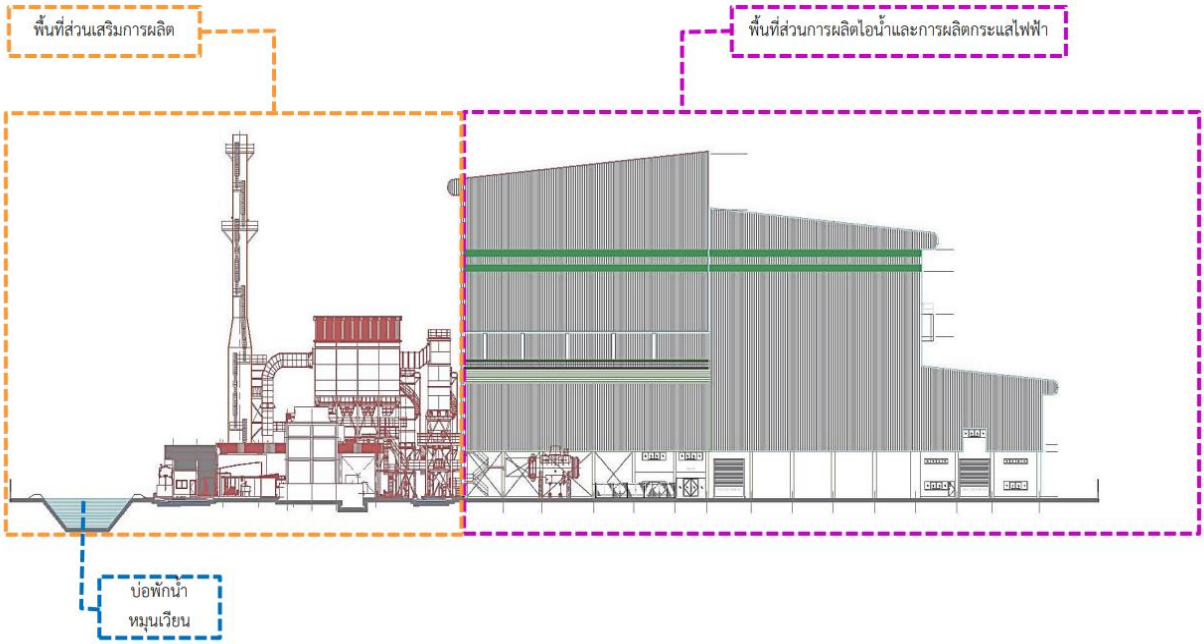
ดังนั้นค่าความร้อนขั้นต่ำมีค่าเท่ากับ 1,780.036 Kcal/kg

จากผลการคำนวณค่าความร้อนของขยะมูลฝอยในเขตจังหวัดพังงา พบว่ามีค่าความร้อนขั้นสูงเท่ากับ 2,218.313 Kcal/kg และค่าความร้อนขั้นต่ำเท่ากับ 1,780.036 Kcal/kg ค่าความร้อนที่ได้

มีความเหมาะสมที่จะใช้วิธีกำจัดขยะมูลฝอยด้วยวิธีการเผา ดังนั้นขยะมูลฝอยในเขตพื้นที่จังหวัดพังงาสามารถนำไปเข้าสู่กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะได้

4.8 เทคโนโลยีในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ

จากข้อมูลค่าความร้อนขยะมูลฝอยที่ได้ศึกษามาจากข้างต้น ผู้วิจัยจึงเลือกโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยแบบ เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอยแบบตะกรับ เนื่องจากค่าความร้อนของขยะในเขตจังหวัดพังงามีความเหมาะสม และปัจจุบันเตาเผาชนิดนี้พัฒนาจนสามารถป้อนขยะเข้าที่มีความชื้นเข้าสู่เตาเผาได้ โดยมีกรณีศึกษาของโรงไฟฟ้าขยะ ขนาด 6 เมกวัตต์ ของบริษัท อัลไลแอนซ์ คลีน เพาเวอร์จำกัด ในจังหวัดกระบี่เป็นตัวอย่าง



ภาพที่ 15 โรงไฟฟ้าขยะ ขนาด 6 เมกวัตต์ ของบริษัท อัลไลแอนซ์ คลีน เพาเวอร์จำกัด ในจังหวัดกระบี่

ที่มา : รายงานประมวลหลักการปฏิบัติ (Code of Practice : COP) โครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชน ขนาด 6 MW ในรูปแบบ Feed-In Tariff (FiT) จังหวัดกระบี่

การผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าของจังหวัดกระบี่ มีขั้นตอนดังนี้

1.เก็บขยะและรวบรวมขยะในบ่อพักที่เตรียมไว้

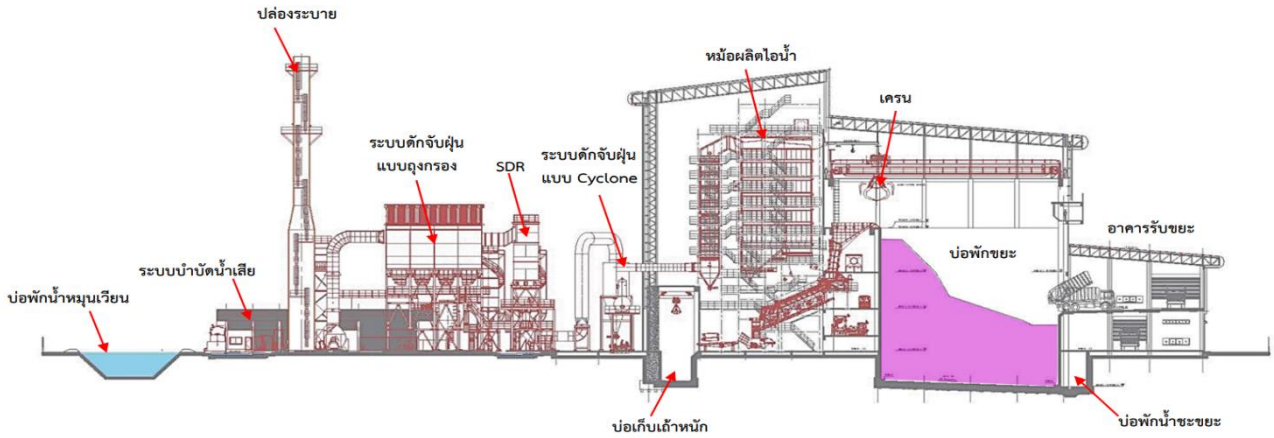
2.ใช้เครนในการเคลื่อนย้ายขยะจากบ่อพักป้อนเข้าเตาเผา

3.เมื่อขยะเข้าสู่เตาเผาแล้วจะเกิดพลังงานความร้อน

4.ความร้อนที่ได้เจะนำไปผลิตไอน้ำ

5.ไอน้ำที่เกิดขึ้นจะเข้าสู่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อทำการส่งจ่ายต่อไป

6.เถ้าและของเสียที่เหลือจะถูกคัดแยกและนำไปกำจัดอย่างถูกวิธีต่อไป



ภาพที่ 16 ส่วนประกอบของโรงไฟฟ้าขยะ ขนาด 6 เมกวัตต์ ของบริษัท อัลไลแอนซ์ คลีน เพาเวอร์จำกัด ในจังหวัดกระบี่

ที่มา : รายงานประมวลหลักการปฏิบัติ (Code of Practice : COP) โครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชน ขนาด 6 MW ในรูปแบบ Feed-In Tariff (FiT) จังหวัดกระบี่

จากข้อมูลขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองพังงา มีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นปริมาณ 44 ตันต่อวัน เมื่อนำข้อมูลค่าความร้อนมาพิจารณาแล้ว สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 0.8 เมกกะวัตต์ โดยค่าความร้อนที่ใช้ออกแบบ คือ 1,700 Kcal/kg และปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้า 1 เมกกะวัตต์ ต่อปริมาณขยะ 53.47 ตันต่อวัน

ตารางที่ 7 ค่าความร้อนขยะมูล และกำลังการผลิตไฟฟ้า

ค่าความร้อนของขยะเข้าเตาเผา (Kcal/kg)	ปริมาณขยะที่เข้าสู่เตาเผา (ตัน/วัน)	ไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด (MW)
1,700	500	9.35
1,800	500	9.75
2,300	392	9.75
1,700	80.21	1.5
1,800	76.92	1.5
2,300	60.30	1.5

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

ในบ่อฝังกลบขยะของเทศบาลเมืองพังงามีขยะเก่าสะสม ณ ปี 2564 มากถึง 70,000 ตัน ซึ่งขยะเหล่านี้เป็นขยะที่ไม่ได้ผ่านการกำจัดอย่างถูกต้อง จากข้อมูลขยะในเขตเทศบาลเมืองพังงามีขยะเกิดใหม่ 44 ตันต่อวัน และหากคิดวันที่ทำการผลิตไฟฟ้า 300 วันต่อปี จะได้จำนวนขยะเฉลี่ยที่นำเข้ามากำจัดอยู่ที่ 53.5 ตันต่อวัน ซึ่งจะสามาถผลิตไฟฟ้าได้ 1 MW แต่ถ้าหากนำเอาขยะเก่าสะสมที่กล่าวข้างต้นรวมกับขยะที่เกิดขึ้นใหม่ในแต่ละวัน มาผลิตไฟฟ้า จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากถึง 1.5 MW เป็นระยะเวลา 8 ปี 8 เดือน

4.9 ต้นทุนของการสร้างโรงไฟฟ้าขยะมูลฝอย

ต้นทุนในการก่อสร้างโรงผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย เป็นสิ่งสำคัญมาก ภายใต้งบประมาณที่คุ้มค่า โดยต้นทุนเฉพาะการก่อสร้างจะถูกแบ่งเป็นหมวดหมู่ มีรายละเอียดดังนี้ ต้นทุนงานก่อสร้างภายนอกอาคาร,ต้นทุนงานก่อสร้างอาคาร,ต้นทุนงานก่อสร้างบ่อฝังกลบเถ้าและระบบบำบัดน้ำเสีย, ต้นทุนงานระบบเฉพาะ

ตารางที่ 8 ต้นทุนงานก่อสร้างภายนอกอาคาร

ลำดับ	รายการ	ปริมาณงาน	หน่วย	อัตราต่อหน่วย	จำนวนเงิน
1	งานถมดินและปรับหน้าดิน	40,000.00	ลบ.ม.	110.00	4,400,000.00
2	รบบประปาโครงการ	1.00	งาน	1,000,000.00	1,000,000.00
3	ระบบสุขาภิบาล	35,000.00	ตร.ม.	60.00	2,100,000.00
4	ระบบไฟฟ้าและแสงสว่างและสื่อสารบริเวณ	10,000.00	ตร.ม.	60.00	600,000.00
5	งานถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก	7,000.00	ตร.ม.	250.00	1,750,000.00
6	งานแท่นเครื่องคอนกรีตเสริมเหล็ก	1.00	งาน	40,000.00	40,000.00
7	บ่อเก็บน้ำดิบ	4,000.00	ตร.ม.	100.00	400,000.00
8	งานรั้ว (ลวดหนาม)	1,000.00	เมตร	120.00	120,000.00
9	งานรั้ว (ตาข่าย)	200.00	เมตร	500.00	100,000.00
10	งานจัดภูมิทัศน์	2,000.00	ตร.ม.	120.00	240,000.00
รวม					10,750,000.00

ตารางที่ 9 ต้นทุนงานก่อสร้างอาคาร

ลำดับ	รายการ	ปริมาณงาน	หน่วย	อัตราต่อหน่วย	จำนวนเงิน
1	อาคารป้อมยาม	10.00	ตร.ม	5,000.00	50,000.00
2	อาคารสำนักงาน	300.00	ตร.ม	10,000.00	3,000,000.00
3	อาคารเครื่องชั่ง	80.00	ตร.ม	10,000.00	800,000.00
4	อาคารซ่อมบำรุง	150.00	ตร.ม	5,000.00	750,000.00
5	อาคารรับขยะและควบคุมเตาเผา	1,500.00	ตร.ม	10,000.00	15,000,000.00
6	อาคารพักขยะ	1,500.00	ตร.ม	10,000.00	15,000,000.00
7	อาคารเตาเผา	1,500.00	ตร.ม	15,000.00	22,500,000.00
8	อาคารเครื่องผลิคไฟฟ้ากังหันไอน้ำ	1,200.00	ตร.ม	5,000.00	6,000,000.00
รวม					63,100,000.00

ตารางที่ 10ต้นทุนงานก่อสร้างบ่อฝังกลบเถ้าและระบบบำบัดน้ำเสีย

ลำดับ	รายการ	ปริมาณงาน	หน่วย	อัตราต่อหน่วย	จำนวนเงิน
1	บ่อฝังกลบเถ้าที่1	15.00	ไร่	400,000.00	6,000,000.00
2	บ่อฝังกลบเถ้าที่2	15.00	ไร่	400,000.00	6,000,000.00
3	งานก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำเสีย	3.00	ไร่	500,000.00	15,000,000.00
4	งานก่อสร้างบ่อตรวจติดตามคุณภาพน้ำ	3.00	บ่อ	30,000.00	90,000.00
รวม					13,590,000.00

ตารางที่ 11 ต้นทุนงานระบบเฉพาะ

ลำดับ	รายการ	ปริมาณงาน	หน่วย	อัตราต่อหน่วย	จำนวนเงิน
1	ระบบเตาเผาเพื่อผลิตพลังงาน	1.00	ชุด	220,325,000.00	220,325,000.00
2	อุปกรณ์ระบบประปาโครงการ	1.00	งาน	300,000.00	300,000.00
3	อุปกรณ์ระบบช่างน้ำหนัก	1.00	ชุด	500,000.00	500,000.00
รวม					221,125,000.00

เมื่อโรงผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยก่อสร้างเสร็จแล้ว ในการผลิตไฟฟ้ายังมีต้นทุนค่าจ้างบุคลากรรายเดือนเพื่อปฏิบัติงานภายในโรงไฟฟ้า คิดเป็นมูลค่าประมาณ 1,171,000 บาท

ตารางที่ 12 ต้นทุนค่าจ้างบุคลากรรายเดือน

ลำดับ	รายการ	ปริมาณงาน	หน่วย	อัตราต่อหน่วย	จำนวนเงิน
1	ผู้จัดการโรงงาน	1.00	คน	90,000.00	90,000.00
2	ผู้จัดการฝ่ายธุรการ	1.00	คน	80,000.00	80,000.00
3	ผู้จัดการปฏิบัติการ	1.00	คน	80,000.00	80,000.00
4	วิศวกรเครื่องกล	1.00	คน	50,000.00	50,000.00
5	วิศวกรไฟฟ้าและเครื่องมือ	1.00	คน	50,000.00	50,000.00
6	เจ้าหน้าที่ชีวอนามัยและความปลอดภัย	1.00	คน	30,000.00	30,000.00
7	ธุรการสำนักงาน	2.00	คน	20,000.00	20,000.00
8	เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย	3.00	คน	20,000.00	60,000.00
9	เจ้าหน้าที่ความสะอาด	1.00	คน	12,000.00	12,000.00
10	platform observer	3.00	คน	30,000.00	90,000.00
11	เจ้าหน้าที่ขับรถตักขี้เถ้า	6.00	คน	15,000.00	90,000.00
12	หัวหน้ากะ	3.00	คน	25,000.00	75,000.00
13	เจ้าหน้าที่ควบคุมเครน	3.00	คน	18,000.00	54,000.00
14	เจ้าหน้าที่ควบคุมเตา/หม้อต้มน้ำ	6.00	คน	18,000.00	108,000.00
15	Mechanical Equipment Management staff	3.00	คน	20,000.00	60,000.00
16	E& I Equipment staff	3.00	คน	20,000.00	60,000.00
17	เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง	2.00	คน	20,000.00	40,000.00
18	พนักงานคัดแยกขยะ	6.00	คน	15,000.00	90,000.00
รวม					1,710,000.00

4.10 รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า

การคำนวณรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 แบบดังนี้

- การคำนวณรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าแบบช่วงเวลาของการใช้
- การคำนวณรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าแบบ Feed-in Tariff (FiT)

แบบที่ 1 การคำนวณรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าจะคิดแบบช่วงเวลาของการใช้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ราคาจำหน่ายไฟฟ้าในช่วง On Peak = 5.2674 บาท/หน่วย

ราคาจำหน่ายไฟฟ้าในช่วง Off Peak = 2.1827 บาท/หน่วย

ช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (On Peak) : เวลา 9:00 – 22:00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

ช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Off Peak) : เวลา 22:00 – 9:00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

ช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Off Peak) : เวลา 00.00 – 24:00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์

วันหยุดราชการตามปกติ(ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

ตารางที่ 13 ชั่วโมงการทำการผลิตไฟฟ้า 24 ชั่วโมงต่อวัน

วันทำการ	จำนวนวัน	ชั่วโมง/วัน		ชั่วโมง/ปี		บาท/หน่วยxชั่วโมง/ปี	
		On Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak
จ-ศ	248	13	11	3,224	2,728	16,982	5,954
ส-อ	52	-	24	-	1,248	0	2,724
รวม	300	-	-	7,200		25,660	

จากตารางที่ 13 อัตรารับซื้อไฟฟ้า = ค่าไฟพื้นฐาน (TOU) + ค่าไฟแปรผัน (FT : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เสนอผลการประมาณค่า FT ขายปลีกสำหรับการเรียกเก็บในเดือน พฤษภาคม - สิงหาคม 2565 เท่ากับ 0.62 บาทต่อหน่วย)

เฉลี่ยการจำหน่ายไฟฟ้า = 25,660 / 7,200

= 3.56 บาทต่อหน่วย

สรุปค่าเฉลี่ยการจำหน่ายไฟฟ้า (รวมค่า FT) = 3.56 + 0.62

= 4.18 บาทต่อหน่วย

แบบที่ 2 การคำนวณรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าแบบ Feed-in Tariff (FiT)

จากตารางที่ 13 กลุ่มพลังงานชีวภาพ (ขยะ) กำลังการผลิตติดตั้งมากว่า 1-3 MW จะได้อัตรารับซื้อไฟฟ้าดังต่อไปนี้

อัตรารับซื้อไฟฟ้าในปีที่ 1-8 = FiTF +FiTV +FiT Premium
= 2.61 + 3.21 + 0.7
= 6.52 บาทต่อหน่วย

อัตรารับซื้อไฟฟ้าในปีที่ 9-20 = FiTF +FiTV
= 2.61 + 3.21
= 5.82 บาทต่อหน่วย

การคำนวณรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าทั้งสองแบบ จะคิดที่การทำงาน 300 วันต่อปี วันละ 24 ชั่วโมง กำลังการผลิต 1.5 MW ใน 8 ปี 8 เดือนแรก และกำลังการผลิต 1 MW ใน 11 ปี 2 เดือนหลัง โดยไฟฟ้าที่จำหน่ายจะคิดเพียงร้อยละ 85 ของกำลังการผลิต เนื่องจากต้องแบ่งไฟฟ้าร้อยละ 15 เพื่อการใช้งานเองภายในของโรงไฟฟ้า

4.11 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เพื่อหาความคุ้มค่าของการลงทุนในโครงการนั้น จะต้องใช้ค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR), และระยะเวลาคืนทุน (Discounted Payback Period) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ความคุ้มค่า การคำนวณหาค่าดังกล่าวจะต้อง ทราบข้อมูลของ เงินที่ใช้ลงทุนครั้งแรก รายได้ รายจ่าย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 14 รายจ่ายของการสร้างโรงไฟฟ้าขยะ ขนาด 1.5 MW

รายจ่าย	มูลค่า	หน่วย
ต้นทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ (หมวดงานอาคาร เครื่องจักร และงานระบบ)	302,565,000	บาท
ต้นทุนในการดำเนินงาน (บุคลากร)	14,052,000	บาท/ปี
ต้นทุนในการบำรุงรักษาทุก 5 ปี (2% ของมูลค่าโครงการ)	6,051,300	บาท/5ปี

จากตารางที่ 14 รายจ่ายของการสร้างโรงไฟฟ้าขยะ ขนาด 1.5 MW มีรายจ่ายในรอบ 1 ปี เท่ากับ 316,617,000 บาท และยังมีต้นทุนในการบำรุงรักษา ทุกๆ 5 ปี เท่ากับ 6,051,300 บาท

ตารางที่ 15 รายได้สุทธิของโรงไฟฟ้าขยะ ขนาด 1.5 MW คิดอัตรารับซื้อไฟฟ้าแบบช่วงเวลาการใช้

ปี	รายได้ขายไฟฟ้า	รายได้ค่ากำจัดขยะ	รายจ่ายบุคลากร	รายจ่ายซ่อมบำรุง	ภาษี 20 %	มูลค่าคงเหลือ
1	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	31,598,000.00
2	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	31,598,000.00
3	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	31,598,000.00
4	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	31,598,000.00
5	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	31,598,000.00
6	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	6,051,300.00	-	25,546,700.00
7	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	31,598,000.00
8	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	31,598,000.00
9	33,607,200.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	8,154,160.00	19,431,040.00
10	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00
11	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	6,051,300.00	4,709,020.00	8,799,280.00
12	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00
13	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00
14	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00
15	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00
16	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	6,051,300.00	4,709,020.00	8,799,280.00
17	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00
18	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00
19	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00
20	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00

ตารางที่ 16 รายได้สุทธิของโรงไฟฟ้าขยะ ขนาด 1.5 MW คิดอัตรารับซื้อไฟฟ้าแบบ *FiT*

ปี	รายได้ขายไฟฟ้า	รายได้ค่ากำจัดขยะ	รายจ่ายบุคลากร	รายจ่ายซ่อมบำรุง	ภาษี 20 %	มูลค่าคงเหลือ
1	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	ได้รับการยกเว้น	52,658,000.00
2	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	ได้รับการยกเว้น	52,658,000.00
3	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	ได้รับการยกเว้น	52,658,000.00
4	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	ได้รับการยกเว้น	52,658,000.00
5	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	ได้รับการยกเว้น	52,658,000.00
6	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	6,051,300.00	ได้รับการยกเว้น	46,606,700.00
7	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	ได้รับการยกเว้น	52,658,000.00
8	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	ได้รับการยกเว้น	52,658,000.00
9	46,792,800.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	8,154,160.00	32,616,640.00
10	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00
11	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	6,051,300.00	4,709,020.00	18,836,080.00
12	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00
13	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00
14	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00
15	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00
16	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	6,051,300.00	4,709,020.00	18,836,080.00
17	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00
18	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00
19	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00
20	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00

จากตารางที่ 15 และตารางที่ 16 จะเห็นว่าโครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะ ขนาด 1.5 MW มีรายได้ 2 ส่วน คือ รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า และรายได้จากค่าธรรมเนียมการกำจัดขยะ ซึ่งในส่วนของรายได้จากค่าธรรมเนียมการกำจัดขยะนี้ ทาง หน่วยงาน อปท. ที่ส่งขยะเข้ามากำจัดจะต้องจ่ายค่าธรรมเนียมให้กับโรงไฟฟ้า โดยคิดอัตราค่าธรรมเนียมเท่ากับ 500 บาทต่อขยะที่นำเข้ามากำจัด 1 ตัน

รายได้สุทธิจะได้จากการรวมรายได้ทั้งสองส่วน และหักรายจ่ายต่างๆก่อนจึงจะนำรายได้ส่วนที่เหลือมาคำนวณภาษี โดยการคำนวณภาษีจะคิดแบบภาษีนิติบุคคลที่ 20 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ระบุว่า โรงไฟฟ้าขยะ จะได้รับการยกเว้นภาษี ใน 8 ปีแรก นับจากวันที่เริ่มเดินระบบ

ตารางที่ 17 สรุปความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กรณีคิดอัตรารับซื้อไฟฟ้าแบบช่วงเวลาการใช้

ข้อมูล	มูลค่า	หน่วย
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า ปีที่ 1-8	300,960,000.00	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า ปีที่ 9-20	315,004,800.00	บาท
รายได้จากค่าธรรมเนียมกำจัดขยะในระยะเวลา 20 ปี (500 บาท/ตัน)	160,600,000.00	บาท
ต้นทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ	302,565,000.00	บาท
ต้นทุนการบำรุงรักษาทุก 5 ปี (2% ของต้นทุนก่อสร้าง)	6,051,300.00	บาท/ครั้ง
ต้นทุนการดำเนินงาน ค่าจ้างบุคลากร	14,052,000.00	บาท/ปี
รายได้สุทธิ ปีที่ 1-8 (หักค่าใช้จ่ายและภาษีแล้ว)	246,732,700.00	บาท
รายได้สุทธิ ปีที่ 9-20 (หักค่าใช้จ่ายและภาษีแล้ว)	159,792,480.00	บาท
อายุโครงการ	20.00	ปี
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-94,344,645.91	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	3.87	เปอร์เซ็นต์
ระยะเวลาคืนทุน	14.89	ปี

จากตารางที่ 17 ผลจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนในโครงการก่อสร้างโรงผลิตไฟฟ้าจากขยะ ขนาด 1.5 MW โดยค่าอัตรารับซื้อไฟฟ้าแบบช่วงเวลาการใช้ แล้ว พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ -94,344,645.91 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 3.87 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 14.89 ปี และระยะเวลาคืนทุนแบบ Dynamic เท่ากับ 29.06 ปี โดยคิดอัตราคิดลด เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ จากอายุโครงการ 20 ปี

ตารางที่ 18 สรุปความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กรณีคิดอัตรารับซื้อไฟฟ้าแบบ FiT

ข้อมูล	มูลค่า	หน่วย
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า ปีที่ 1-8	469,440,000.00	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า ปีที่ 9-20	438,595,200.00	บาท
รายได้จากค่าธรรมเนียมกำจัดขยะในระยะเวลา 20 ปี (500 บาท/ตัน)	160,600,000.00	บาท
ต้นทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ	302,565,000.00	บาท
ต้นทุนการบำรุงรักษาทุก 5 ปี (2% ของต้นทุนก่อสร้าง)	6,051,300.00	บาท/ครั้ง
ต้นทุนการดำเนินงาน ค่าจ้างบุคลากร	14,052,000.00	บาท/ปี
รายได้สุทธิ ปีที่ 1-8 (หักค่าใช้จ่ายและภาษีแล้ว)	415,212,700.00	บาท
รายได้สุทธิ ปีที่ 9-20 (หักค่าใช้จ่ายและภาษีแล้ว)	238,382,880.00	บาท
อายุโครงการ	20.00	ปี
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	51,247,647.48	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	13.07	เปอร์เซ็นต์
ระยะเวลาคืนทุน	8.70	ปี

จากตารางที่ 18 ผลจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนในโครงการก่อสร้างโรงผลิตไฟฟ้าจากขยะขนาด 1.5 MW โดยค่าอัตรารับซื้อไฟฟ้าแบบ FiT แล้ว พบว่า มูล่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 51,247,647.48 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 13.07 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 8.7 ปี และระยะเวลาคืนทุนแบบ Dynamic เท่ากับ 17.10 ปี โดยคิดอัตราคิดลด เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ จากอายุโครงการ 20 ปี

4.12 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint)

ในการจะตัดสินใจลงทุนโครงการก่อสร้างโรงผลิตไฟฟ้าจากขยะ ขนาด 1.5 MW นอกจากจะต้องวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์แล้ว ยังต้องวิเคราะห์ผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อประกอบการตัดสินใจด้วย โดยจะใช้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมต่าง ๆ โดยคำนวณออกมาในรูปของ คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($\mathrm{Co_2}$ equivalent ; $\mathrm{Co_2} - eq$)

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สามารถทำได้ดังสมการต่อไปนี้

$$Co_2\ emission = activity\ data\ \times emisiion\ factor$$

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ระบุค่า Emission factor ที่ใช้ในการคำนวณหาคาร์บอนฟุต พริ้นท์ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 19 ค่า Emission factor ในกิจกรรมต่างๆ

ชื่อกิจกรรม	รายละเอียด	หน่วย	Emission factor (กิโลกรัมคาร์บอน/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วัที่อัพเดท
Electricity (ไฟฟ้า)	ไฟฟ้าแบบ grid mix	kWh	0.5986	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Dec. 2019
การกำจัดขยะมูลฝอยแบบเทกอง	การก าจัดขยะแบบเทกอง ครอบคลุมกิจกรรมการ ด าเนินงาน ณ ลานเทกอง ได้แก่ การบด อัด หรือดัน ขยะในพื้นที่ลานเทกอง และการลดกลิ่นขยะที่เกิดขึ้น	kg	1.0388	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Mar. 2021
การกำจัดขยะมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาล	การฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาล ครอบคลุมกิจกรรมการด าเนินงาน ณ ลานฝังกลบ ขยะมูลฝอย ได้แก่ การบด อัด หรือดันขยะในพื้นที่ ฝังกลบ และการลดกลิ่นขยะที่เกิดขึ้น	kg	0.7933	Thai National LCI Database, TIIS-MTEC-NSTDA (with TGO electricity 2016-2018)	Mar. 2021

จากตารางที่ 19 ค่า Emission factor ในกิจกรรมต่างๆ โดยกิจกรรมต่างๆ หมายถึงกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งค่า Emission factor ของการผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย องค์การบริกหารก๊าซเรือนกระจก จะจัดให้อยู่ในกิจกรรมการผลิตไฟฟ้า grid mix เนื่องจากเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ซึ่งมีค่า Emission factor เท่ากับ 0.5986 กิโลกรัมคาร์บอน/หน่วย

4.12.1 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการกำจัดขยะของเทศบาลเมืองพังงา

จากข้อมูลขององค์กรส่วนท้องจังหวัดพังงา ในปี 2563 เทศบาลเมืองพังงามีขยะเกิดขึ้นใหม่เฉลี่ยประมาณที่ 44 ตันต่อวัน คิดเป็น 16,060 ตันต่อปี โดยขยะที่เกิดขึ้นใหม่ในแต่ละวันจะถูกนำไปเทกองรวมกับขยะเก่าตกค้างสะสมที่ยังไม่ได้รับการฝังกลบประมาณ 70,000 ตัน หลังจากนั้นจึงทยอยนำขยะที่กองสะสมเหล่านี้ไปฝังกลบ ทำให้เกิดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ โดยมีรายละเอียดดังตาราง 20

ตารางที่ 20 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศของกิจกรรมการกำจัดขยะ

กลุ่มขยะ	จำนวน (ตัน/ปี)	Emission factor (กิโลกรัมคาร์บอน/หน่วย)	คาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อย (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)
กลุ่มขยะที่เกิดขึ้นใหม่ (นำมากอง)	16,060	1.0388	16,683.128
กลุ่มขยะที่เกิดขึ้นใหม่ (นำไปฝังกลบ)	10,950	0.7933	8,683.635
กลุ่มขยะเก่าตกค้างสะสม (นำไปฝังกลบ)	70,000	0.7933	72,716.0000

จากการคำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศของแต่ละกิจกรรมการกำจัดแล้ว ในแต่ละวันเทศบาลเมืองพังงามีกิจกรรมการกำจัดขยะ 2 กิจกรรม คือ กิจกรรมการกำจัดขยะแบบเทกอง และกิจกรรมการกำจัดขยะแบบฝังกลบ โดยกิจกรรมการกำจัดขยะแบบเทกอง จะมีปริมาณขยะเท่ากับ 44 ตันต่อวัน คิดเป็น 16,060 ตันต่อปี และกิจกรรมการกำจัดขยะแบบฝังกลบจะมีปริมาณขยะเท่ากับ 30 ตันต่อวัน คิดเป็น 10,950 ตันต่อปี ทั้งสองกิจกรรมนี้ จะก่อให้เกิดการคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ เท่ากับ 25,369.763 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

4.12.2 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมการนำขยะมาผลิตไฟฟ้า

จากข้อมูลขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ระบุว่าในการกำจัดขยะโดยการใช้เตาเผา หากมีการนพลังงานที่มีอยู่ในขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Energy recovery) เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้า หรือใช้สำหรับการผลิตพลังงานความร้อน ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกรณีดังกล่าวจะนำไปคิดรวมในภาคพลังงาน ซึ่งข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจะมีค่า Emission factor ดังตารางที่ 21 และสามารถคำนวณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 21 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศของการผลิตไฟฟ้า

กำลังการผลิต	ชั่วโมงการผลิต/ปี	ผลการผลิต (kWh/ปี)	Emission factor (กิโลกรัมคาร์บอน/หน่วย)	คาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อย (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ปี)
การผลิตไฟฟ้า 1.5 MW	7,200.00	10,800,000.00	0.5986	6,464.88
การผลิตไฟฟ้า 1 MW	7,200.00	7,200,000.00	0.5986	4,309.92

จากการคำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศของการผลิตไฟฟ้าแล้ว ในจำนวนขยะที่เกิดขึ้นต่อวัน ของเทศบาลเมืองพังงาเท่ากับ 44 ตันต่อวัน คิดเป็น 16,060 ตันต่อปี และหากนำขยะจำนวนดังกล่างมาผลิตไฟฟ้า จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1 MW และจะก่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ เท่ากับ 4,309.92 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

เมื่อนำข้อมูลของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศของกิจกรรมการกำจัดขยะของเทศบาลเมืองพังงา และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศของการผลิตไฟฟ้า มาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า การนำขยะมาผลิตกระแสไฟฟ้าจะสามารถลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศได้มากถึง 21,059.84 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการก่อสร้างโรงผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย โดยขอบเขตในการวิจัยนี้เป็นการนำข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกส่งมากำจัด ณ ศูนย์กำจัดขยะเทศบาลเมืองพังงา โดยหน่วยงานที่ส่งขยะเข้ามากำจัด 17 หน่วยงาน ได้แก่ เทศบาลเมืองพังงา เทศบาลตำบลกระโสม เทศบาลตำบลทับปุด องค์การบริหารส่วนตำบลถ้ำน้ำผุด องค์การบริหารส่วนตำบลนบปริง องค์การบริหารส่วนตำบลเกาะปันหยี องค์การบริหารส่วนตำบลกระโสม องค์การบริหารส่วนตำบลบ่อแสน องค์การบริหารส่วนตำบลมะรุ่ย องค์การบริหารส่วนตำบลป่ากอ องค์การบริหารส่วนตำบลโคกเจริญ องค์การบริหารส่วนตำบลถ้ำ องค์การบริหารส่วนตำบลกะไหล องค์การบริหารส่วนตำบลทับปุด องค์การบริหารส่วนตำบลบางเหรียง องค์การบริหารส่วนตำบลท่าอยู่ และองค์การบริหารส่วนตำบลตากแดด โดยศูนย์กำจัดขยะเทศบาลเมืองพังงา มีพื้นที่ 71 ไร่ มีศักยภาพในการกำจัดขยะแบบฝังกลบ 30 ตันต่อวัน จากข้อมูลองค์ปกครองส่วนท้องถิ่นจังหวัดพังงาในปี 2563 มีขยะถูกส่งเข้ามากำจัดเฉลี่ย 44 ตันต่อวัน และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นทุกปี จากจำนวนขยะที่ถูกส่งเข้ามากำจัดในแต่ละวัน มีจำนวนที่มากกว่าศักยภาพในการกำจัดขยะแบบฝังกลบ จึงทำให้เกิดขยะตกค้างสะสมที่รอการกำจัดแบบฝังกลบกองรวมกันประมาณ 70,000 ตัน หากไม่มีการเพิ่มศักยภาพการกำจัดขยะแบบฝังกลบ ในอนาคตอาจเกิดปัญหาไม่มีพื้นที่เพียงพอต่อการกำจัดขยะแบบกองรวมในที่โล่งได้

การศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ ของโครงการก่อสร้างโรงผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย โดยมีการวิเคราะห์อัตราการจำหน่ายไฟฟ้า 2 แบบ ได้แก่ แบบช่วงเวลาการใช้งาน และแบบ FiT ภายใต้เงื่อนไข กำลังการผลิตสูงสุด 1.5 MW อายุโครงการ 20 ปี อัตราคิดลด 10 เปอร์เซ็นต์ ได้รับสิทธิ์ยกเว้นภาษี 8 ปี และนำขยะเก่าสะสม 70,000 ตัน มาร่วมการผลิตด้วย พบว่า การคิดอัตราจำหน่ายไฟฟ้าแบบช่วงเวลาการใช้งาน มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ -94,344,645.91 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 3.87 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 14.89 ปี (ระยะเวลาคืนทุนแบบ Dynamic เท่ากับ 29.06 ปี) แสดงให้เห็นว่า การคิดอัตราจำหน่ายไฟฟ้าแบบช่วงเวลาการใช้งาน ไม่มีความเหมาะสมต่อการลงทุน ส่วนการคิดอัตราจำหน่ายไฟฟ้าแบบ FiT มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 51,247,647.48 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 13.07 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 8.7 ปี (ระยะเวลาคืนทุนแบบ Dynamic เท่ากับ 17.10 ปี) จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า โครงการก่อสร้างโรงผลิตไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย ในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองพังงา โดยการคิดอัตราจำหน่ายไฟฟ้าแบบ FiT มีความคุ้มค่าเหมาะสมต่อการลงทุน

การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พบว่า ปัจจุบัน ศูนย์กำจัดขยะเทศบาลเมืองจังหวัดพังงา มีการดำเนินงานในการกำจัดขยะ 2 รูปแบบ ได้แก่ การกำจัดขยะแบบฝังกลบ และการกำจัดขยะแบบกองรวมในที่โล่ง เนื่องจากไม่มีศักยภาพเพียงพอที่จะดำเนินงานฝังกลบขยะได้ทั้งหมด จะเห็นได้ว่า กิจกรรมการดำเนินงานกำจัดขยะทั้ง 2 รูปแบบนี้มีส่วนก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ จากผลการวิเคราะห์พบว่า กิจกรรมการกำจัดขยะของศูนย์กำจัดขยะเทศบาลเมืองพังงา มีปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ เท่ากับ 25,369.763 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และถ้าหากนำขยะมูลฝอยดังกล่าวมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า จะมีกำลังการผลิต 1 MW และมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ เท่ากับ 4,309.92 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี เมื่อนำข้อมูลของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศของกิจกรรมการกำจัดขยะของศูนย์กำจัดขยะเทศบาลเมืองพังงา และการนำขยะมาผลิตกระแสไฟฟ้า เปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า การนำขยะมาผลิตกระแสไฟฟ้าจะสามารถลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศได้มากถึง 21,059.84 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย ในเขตเทศบาลเมืองพังงานี้ มีความเหมาะสมในการลงทุน เนื่องจากมีผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่คุ้มค่า และการนำขยะมูลฝอยมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ เมื่อเทียบกับการกำจัดขยะแบบอื่น จึงเป็นการช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และภาวะโลกร้อน อีกทั้งยังช่วยแก้ไขปัญหาการจัดการขยะที่มีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย พบปัจจัยต่างๆที่อาจก่อให้เกิดปัญหากระทบกับโครงการ ดังนี้

1. จังหวัดพังงา เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่เป็น พื้นที่อุทยาน พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ป่าชายเลน อยู่เป็นจำนวนมาก การก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอย เป็นการก่อสร้างประเภทโรงงานจึงไม่สามารถก่อสร้างได้ในบางพื้นที่ของจังหวัด ผู้ลงทุนควรศึกษาตำแหน่งที่ตั้ง และสภาพพื้นที่ ให้ดีก่อนการตัดสินใจลงทุน

2. การร้องเรียนของคนในพื้นที่ใกล้เคียงกับโครงการ ผู้ลงทุนต้องสร้างความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องให้กับผู้คนในพื้นที่ใกล้เคียง และเปิดโอกาสรับฟังความคิดเห็นของคนในพื้นที่ก่อนจะดำเนินการก่อสร้าง

3. ค่าความร้อนของขยะ อาจไม่คงที่เนื่องจากจังหวัดพังงามีฝนตกเกือบตลอดทั้งปี จึงอาจจะทำให้เกิดความชื้นของขยะสูงขึ้นในบางวันที่ฝนตก ผู้ลงทุนควรสำรวจค่าความชื้นขยะตลอดทั้งปีอย่างละเอียดอีกครั้งก่อนการลงทุน เพื่อใช้คาดการณ์กำลังการผลิตไฟฟ้าให้ตรงเป้าหมายที่วางแผนไว้

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2558. การศึกษาความเป็นไปได้ของการลงทุนผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration). โครงการศึกษาและจัดทำข้อมูลการลงทุนด้านพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2554. คู่มือการพัฒนาและการลงทุนพลังงานทดแทน ชุดที่ 6 พลังงานขยะ. กระทรวงพลังงาน

สหรัฐ เสงี่ยมวิบูล. 2564. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานขยะมูลฝอยในเขตเมืองยโสธร. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

บริษัท อัลไลแอนซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด. 2561.รายงานประมวลหลักการปฏิบัติ (Code of Practice:CoP) และรายงานการศึกษามาตรการป้องกัน แก้ไขผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย. โครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชน ขนาด 6 เมกะวัตต์ ในรูปแบบ Feed-In Tariff (FiT) จังหวัดกระบี่

กรมควบคุมมลพิษ. 2545. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

นารีรัตน์ ณ ชาติ. 2555. การผลิตและการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ทัศวรรณ ใจเที่ยง. 2555. การประเมินคาร์บอนฟตพริ้นและดัชนีความยั่งยืนจากการผลิตเชื้อเพลิงขยะในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

องค์การบริการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2556. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคการจัดการของเสียในปี พ.ศ. 2556 (Greenhouse Gas Emissions from Waste Sector in 2013)

องค์การบริการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2564. ค่า Emission Factor คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร,สืบค้นเมื่อ 16 เมษายน 2564 (ระบบออนไลน์), แหล่งที่มา : http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/organization_emission/organization_emission.pnc

อรทัย วรรคาวิสันต์. 2552. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้โครงการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์. การศึกษาเฉพาะบุคคลบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาบริการธุรกิจ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

ชญาณี ใช้สงวน. 2555. การจำลองกระบวนการไพโรไลซิสก๊าซซิฟิเคชั่นเพื่อการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชน. วิทยานิพนธ์วศ.ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

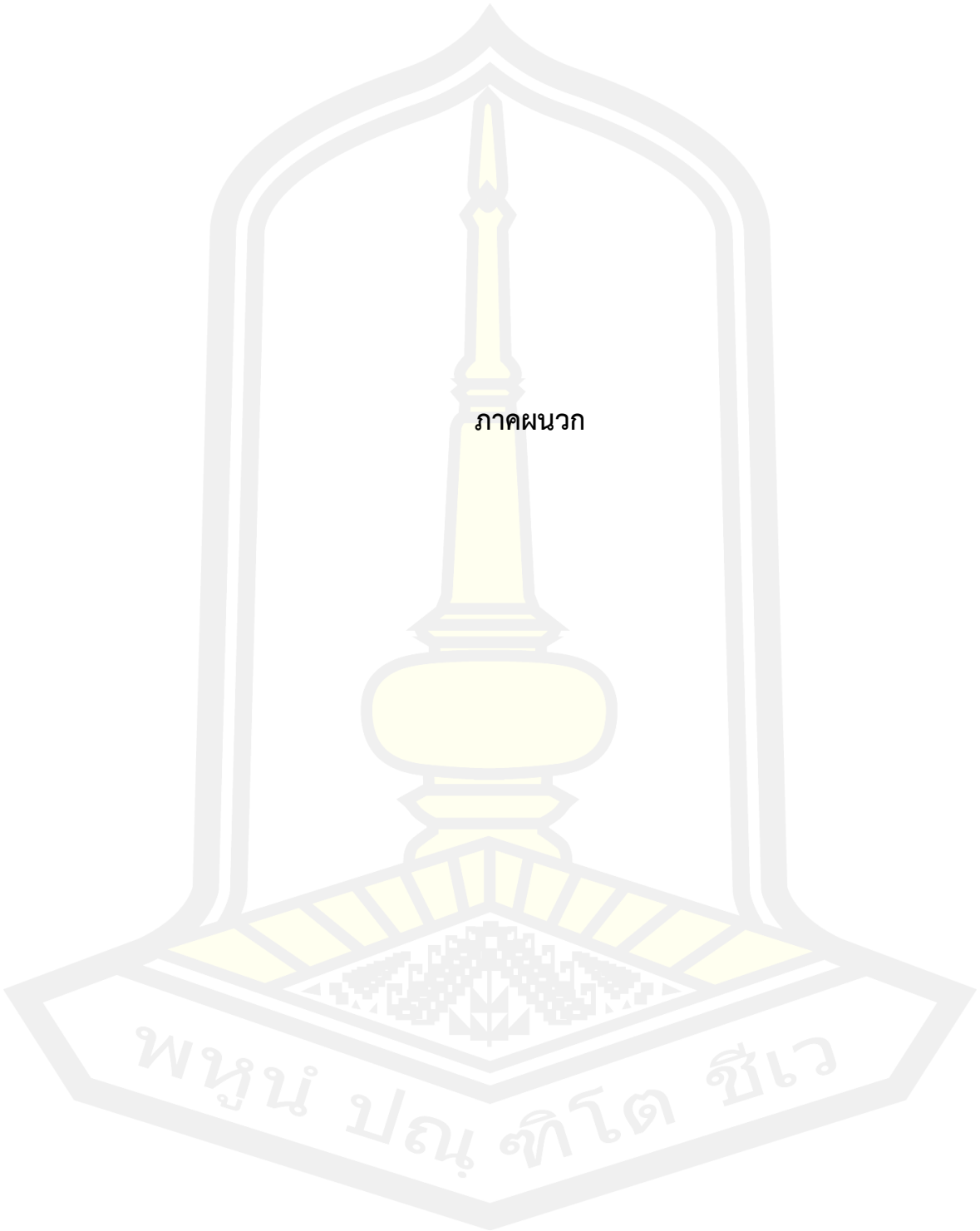
ปวัฒวงศ์ บำรุงขันท์ และ เจริญพร เลิศสถิตธนกร. 2557. ทางเลือกในการระบายความร้อนสำหรับการผลิต ไฟฟ้าจากเธอร์โมอิเล็กทริก Heat rejection alternatives for thermoelectric power generator. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พิมพ์พรรณ กาเยนนท์. 2557. การศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการลงทุนติดตั้งระบบผลิต ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา. เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย

อังสนา พจน์ศิริ. 2558. ทำการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง บนหลังคาในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก.วิทยานิพนธ์วท.ม ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา

พัฒสกรณ์ศรไชย และ ยศกร บุญสิทธิ์. 2561. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม็กเนโตไฮโดรไดนามิคด้วยความร้อนจากการเผา ขยะ.ปริญญานิพนธ์ วศ.บ มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ดวงตา สราญรมย์. 2560. การประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานจากขยะ กรณีศึกษา เทศบาลนครนนทบุรี.วารสารบัณฑิตศึกษา : มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์ จังหวัดนนทบุรี



ภาคผนวก

การคำนวณ NPV และ PB ของการขายไฟฟ้าแบบ TOU

ปี	รายรับขายไฟฟ้า	ค่ากำจัดขยะ	ต้นทุนบุคลากร	ต้นทุนซ่อมบำรุง	ภาษี	รวม	เงินลงทุนที่ต้องการคืน	มูลค่าปัจจุบัน (PV)	Dynamic Payback Period
0	(302,565,000.00)	-	-	-	-	(302,565,000.00)			
1	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	31,598,000.00	- 270,967,000.00	28,725,454.55	- 273,839,545.45
2	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	31,598,000.00	- 239,369,000.00	26,114,049.59	-247,725,495.87
3	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	31,598,000.00	- 207,771,000.00	23,740,045.08	-223,985,450.79
4	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	31,598,000.00	- 176,173,000.00	21,581,859.16	-202,403,591.63
5	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	31,598,000.00	- 144,575,000.00	19,619,871.97	-182,783,719.66
6	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	6,051,300.00	-	25,546,700.00	- 119,028,300.00	14,420,446.15	-168,363,273.51
7	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	31,598,000.00	- 87,430,300.00	16,214,770.22	-152,148,503.29
8	37,620,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	31,598,000.00	- 55,832,300.00	14,740,700.20	-137,407,803.09
9	33,607,200.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	8,154,160.00	19,431,040.00	- 36,401,260.00	8,240,657.79	-129,167,145.31
10	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00	- 22,760,940.00	5,258,933.84	-123,908,211.46
11	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	6,051,300.00	4,709,020.00	8,799,280.00	- 13,961,660.00	3,084,093.96	-120,824,117.50
12	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00	- 321,340.00	4,346,226.32	-116,477,891.19
13	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00	13,318,980.00	3,951,114.83	-112,526,776.36
14	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00		3,591,922.57	-108,934,853.78
15	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00		3,265,384.16	-105,669,469.62
16	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	6,051,300.00	4,709,020.00	8,799,280.00		1,914,979.70	-103,754,489.92
17	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00		2,698,664.59	-101,055,825.33
18	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00		2,453,331.45	- 98,602,493.88
19	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00		2,230,301.32	- 96,372,192.56
20	25,581,600.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	13,640,320.00		2,027,546.65	- 94,344,645.91
PV								208,220,354.09	

ระยะเวลาคืนทุน	12.02	ปี
ระยะเวลาคืนทุน (Dynamic)	29.06	ปี
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-94,344,645.91	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	3.87	%

การคำนวณ NPV และ PB ของการขายไฟฟ้าแบบ FiT

ปี	รายรับขายไฟฟ้า	ค่ากำจัดขยะ	ต้นทุนบุคลากร	ต้นทุนซ่อมบำรุง	ภาษี	รวม	เงินลงทุนที่ต้องการคืน	มูลค่าปัจจุบัน (PV)	Dynamic Payback Period
0	(302,565,000.00)	-	-	-	-	(302,565,000.00)			- 254,694,090.91
1	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	52,658,000.00	- 249,907,000.00	47,870,909.09	- 254,694,090.91
2	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	52,658,000.00	- 197,249,000.00	43,519,008.26	- 211,175,082.64
3	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	52,658,000.00	- 144,591,000.00	39,562,734.79	- 171,612,347.86
4	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	52,658,000.00	- 91,933,000.00	35,966,122.53	- 135,646,225.33
5	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	52,658,000.00	- 39,275,000.00	32,696,475.03	- 102,949,750.30
6	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	6,051,300.00	-	46,606,700.00	7,331,700.00	26,308,267.12	- 76,641,483.18
7	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	52,658,000.00		27,021,880.19	- 49,619,602.99
8	58,680,000.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	-	52,658,000.00		24,565,345.63	- 25,054,257.36
9	46,792,800.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	8,154,160.00	32,616,640.00		13,832,639.34	- 11,221,618.02
10	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00		9,128,554.73	- 2,093,063.29
11	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	6,051,300.00	4,709,020.00	18,836,080.00		6,601,931.13	4,508,867.84
12	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00		7,544,260.11	12,053,127.95
13	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00		6,858,418.28	18,911,546.22
14	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00		6,234,925.71	25,146,471.93
15	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00		5,668,114.28	30,814,586.21
16	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	6,051,300.00	4,709,020.00	18,836,080.00		4,099,279.81	34,913,866.02
17	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00		4,684,391.97	39,598,257.99
18	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00		4,258,538.15	43,856,796.14
19	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00		3,871,398.32	47,728,194.46
20	35,618,400.00	8,030,000.00	14,052,000.00	-	5,919,280.00	23,677,120.00		3,519,453.02	51,247,647.48
PV								353,812,647.48	

ระยะเวลาคืนทุน	5.84	ปี
ระยะเวลาคืนทุน (Dynamic)	17.10	ปี
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	51,247,647.48	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	13.07	%

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายอริยะ มาลัย
วันเกิด	30 กรกฎาคม 2537
สถานที่เกิด	ยโสธร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	181 หมู่ 8 ต.ลุมพุก อ.คำเขื่อนแก้ว จ.ยโสธร 35110
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิศวกรปฏิบัติการ สำนักงานพลังงานจังหวัดพังงา
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2556 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนโคราชพิทยาคม พ.ศ. 2560 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) ภาควิชาไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2564 เข้าศึกษาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) หลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ แผน ข. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม