การศึกษาความเป็นไปได้ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง : กรณีศึกษา เทศบาลนครนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

นางสาวกรกมล สราญรมย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A RESEARCH IN POSSIBILITY OF REFUSE DERIVED FUEL : A CASE STUDY IN NONTHABURI MUNICIPALITY NONTHABURI PROVINCE

Miss Kornkamol Saranrom

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาความเป็นไปได้ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง : กรณีศึกษา เทศบาลนครนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี
โดย	นางสาวกรกมล สราญรมย์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุเนตร ชุตินธรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. อุริช อัชชโคสิต)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรกมล สราญรมย์ : การศึกษาความเป็นไปได้ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง : กรณีศึกษาเทศบาลนครนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี (A RESEARCH IN POSSIBILITY OF REFUSE DERIVED FUEL : A CASE STUDY IN NONTHABURI MUNICIPALITY NONTHABURI PROVINCE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. วิทยา ยงเจริญ, 59 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง ในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี โดยปัจจุบันปริมาณขยะชุมชนมีแนวโน้มที่สูงขึ้นทุกปีและยังเป็นปัญหาในการกำจัดอยู่ในปัจจุบัน โดยมีเป้าหมายที่จะนำเอาขยะ มาทำการศึกษาเพื่อนำมาแปรรูปเป็นขยะเชื้อเพลิง ในวิธีการศึกษาได้สำรวจปริมาณขยะและองค์ประกอบของขยะ จากนั้นเลือกประเภทขยะที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงแล้วนำมาหาค่าความร้อน จากนั้นจึงกำหนดรูปแบบขั้นตอนในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง พร้อมวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ผลการศึกษา พบว่าพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี มีขยะที่สามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของเชื้อเพลิงขยะทั้งสิ้น 289.41 ตันต่อวัน โดยเลือกเศษอาหาร พลาสติก กระดาษ และไม้ เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ ซึ่งจะใช้ปูนขาวเป็นตัวประสานในการอัดแท่ง ทั้งนี้โดยมีอัตราส่วน 30: 35: 4 :1 :1 ตามลำดับ เมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง 8 ขั้นตอนแล้ว สามารถคำนวณกำลังการผลิต เท่ากับ 172.84 ตันต่อวัน ซึ่งให้ค่าความร้อน เท่ากับ 26.66 MJ/KG จากวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยจะเลือกใช้ทางเลือกที่ดีที่สุด คือ การใช้ฮีทปั๊ม ในขั้นตอนที่ 5 การอบไล่ความชื้น พบว่า ที่อัตราคิดลด 10 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าปัจจุบัน 396.79 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายใน เท่ากับ 55.47 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะเวลาคืนทุน 2.11 ปี อายุโครงการ 15 ปี การวิเคราะห์ความไว ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนของโครงการ ได้แก่ ปริมาณขยะต่อวัน ราคาเชื้อเพลิงขยะ ต้นทุนเครื่องจักร และ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ โดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์และลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และ ค่าความร้อนขยะ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงมากกว่าปัจจัยต้นทุนเครื่องจักร เมื่อปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และ ค่าความร้อนขยะ มีการเปลี่ยนแปลงลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 2.63 ปี และถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 1.60 ปี

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5687502020 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORDS: RDF / NONTHABURI MUNICIPALITY

KORNKAMOL SARANROM: A RESEARCH IN POSSIBILITY OF REFUSE DERIVED FUEL : A CASE STUDY IN NONTHABURI MUNICIPALITY NONTHABURI PROVINCE. ADVISOR: ASSOC. PROF. WITHAYA YONGCHAREON, Ph.D., 59 pp.

This research has focused on possibility of RDF in Nonthaburi municipality. Currently, the amount of waste tends to rise every year, and also the problem of disposal in the present. The goal is to bring out the rubbish conducted a study to be processed into RDF. The study has examined volume and composition of waste. Then, select the type of waste that will be used to produce fuel and to determine the heat. Then, select the type of waste that will be used to produce fuel and to determine the heat. Then, configurable steps in the processing of waste as fuel with analysis of economic value.

The results showed that the area of Nonthaburi Municipality. Waste that can be a component of the fuel waste of 289.41 tons per day by food, plastic, paper and wood waste as raw material to produce fuel. This is used as a binder. However, with the ratio 30: 35: 4: 1: 1 respectively. The processed waste is fired eight steps and then to calculate a capacity of 172.84 tons per day, which is equivalent to the heating value of 26.66 MJ / KG. In the analysis of economic value by choosing the best option is to use a heat pump in step 5, baking moisture found that the discount rate is 10 percent net present value equals 396.78 on baht internal rate of return of 55.47 percent and a payback period of 2.11 years, 15-year project life. The sensitivity analysis showed that waste volume, RDF price, machine cost and heating value of RDF factors. The changes increased by 10 percent and decrease by 10 percent fine that waste volume, RDF price and heating value is factors that influenced the change of machine cost factor. When factors that waste volume, RDF price and heating value. A decrease of 10 percent and a payback period of 2.63 years, with any changes increased 10 percent payback period of 1.60 years.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature	.....
		Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2014		

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความรู้ ความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆ ตลอดจนการตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างดียิ่งจนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณสมนึก ธนเดชากุล นายกเทศมนตรีนครนนทบุรี และคุณมรกต บัวแตง ผู้อำนวยการสำนักการสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลนครนนทบุรีรวมถึงบุคลากร และเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานสำนักการสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลนครนนทบุรี ที่กรุณาให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการทำวิทยานิพนธ์

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใครขอกราบขอบพระคุณ มารดา เพื่อน พี่ น้อง ครอบครัว และญาติผู้ให้ความสนับสนุนช่วยเหลือ ติดตาม และให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
หน้า ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ญ
หน้า ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย 3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ข้อมูลทั่วไปของเทศบาลนครนนทบุรี 4
2.2 ปริมาณและองค์ประกอบขยะ 5
2.3 การสุ่มและวิเคราะห์ขยะมูลฝอย 10
2.4 ประเภทของเชื้อเพลิง 11
2.5 เทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นขยะเชื้อเพลิง 13
2.6 การคำนวณเกี่ยวกับปริมาณความร้อน 17
2.7 การประเมินความเป็นไปได้ของโครงการ 18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 21
3.1 การสำรวจปริมาณขยะในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี 21
3.2 การศึกษาองค์ประกอบขยะและค่าความร้อน 22
3.3 รูปแบบเทคโนโลยีและขั้นตอนที่ใช้ในการผลิตขยะเชื้อเพลิง 23
3.4 วิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ 32
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล 33
4.1 กำลังการผลิตเชื้อเพลิงขยะและปริมาณขยะในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี 33
4.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ 35
4.3 เทคโนโลยีสำหรับการผลิตRDF-5 35
4.4 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ 37
4.5 การวิเคราะห์ความไว 42
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 47
5.1 สรุปผลการวิจัย 47
5.2 ข้อเสนอแนะ 48
รายการอ้างอิง 50
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนประเภทขยะในรูปแบบ FiT สำหรับปี 2558 2

ตารางที่ 2.1 จำนวนพื้นที่ ครัวเรือน และประชากร ในเขตเทศบาลนครนนทบุรี 5

ตารางที่ 2.2 ประเภทของพลาสติก 8

ตารางที่ 2.3 คุณลักษณะของเชื้อเพลิงขยะแต่ละชนิดและระบบการเผาไหม้ 12

ตารางที่ 2.4 ค่าความร้อนแฝงของแต่ละสาร 17

ตารางที่ 3.1 ค่าความร้อนเฉลี่ยของขยะแต่ละประเภท 23

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบ น้ำหนัก และค่าความชื้นของขยะที่ใช้แปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะ 33

ตารางที่ 4.2 อัตราส่วนของขยะที่ใช้ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง โดยผ่านขั้นตอนการบีบอัดขยะเพื่อลดความชื้น 33

ตารางที่ 4.3 อัตราส่วนของขยะที่ใช้ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง โดยผ่านขั้นตอนที่ 5 (อบไล่ความชื้น) 34

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบกำลังการผลิตที่ต้องการกับกำลังการผลิตของเครื่องจักร 34

ตารางที่ 4.5 ค่าความร้อนขยะที่ใช้ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง 35

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบขยะที่ผ่านขั้นตอนการแปรรูป (หน่วย: ตันต่อวัน) 37

ตารางที่ 4.7 ราคาเครื่องจักรตามกำลังการผลิต 38

ตารางที่ 4.8 ตารางค่าใช้จ่ายการดำเนินงานจำแนกพิจารณาตามประเภทของแหล่งพลังงาน 39

ตารางที่ 4.9 ต้นทุนของรูปแบบโครงการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง ทางเลือกไฟฟ้า ฮีทปั๊ม 40

ตารางที่ 4.10 ต้นทุนของรูปแบบโครงการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง ทางเลือก LPG 41

ตารางที่ 4.11 สรุปผลทางเลือกการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆของขั้นตอนที่ 5 อบเพื่อไล่ความชื้น 41

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ความไวของปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุน (ทางเลือก ไฟฟ้า ฮีทปั๊ม) 42

Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 ปริมาณขยะแยกตามองค์ประกอบของเทศบาลนครนนทบุรี 1

รูปที่ 2.1แผนที่เขตเทศบาลนครนนทบุรี 4

รูปที่ 2.2 ลักษณะการกองขยะมูลฝอยให้เป็นรูปกรวยคว่ำ 11

รูปที่ 2.3 การแบ่งขยะมูลฝอยออกเป็น 4 ส่วน (Quartering) 11

รูปที่ 2.4 การแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงจากขยะที่เผาไหม้ได้ (Densified RDF) 14

รูปที่ 2.5 ขั้นตอนกระบวนการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง 15

รูปที่ 2.6 กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) 16

รูปที่ 3.1 บ่อขยะฝังกลบ องค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี 21

รูปที่ 3.2 องค์ประกอบขยะพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี 22

รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการผลิต 24

รูปที่ 3.4 เครื่องลำเลียงขยะ 25

รูปที่ 3.5 เครื่องแยกโลหะ 26

รูปที่ 3.6 เครื่องอัดขยะ 27

รูปที่ 3.7 เครื่องย่อยขยะขนาด 80 มิลลิเมตร 28

รูปที่ 3.8 เครื่องอบไล่ความชื้น 29

รูปที่ 3.9 เครื่องย่อยขยะขนาด 20 มิลลิเมตร 30

รูปที่ 3.10 เครื่องผสมขยะ 31

รูปที่ 3.11 เครื่องอัดแท่ง 32

รูปที่ 4.1 การวิเคราะห์ความไวของปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน เทียบกับการเปลี่ยนแปลงของ NPV 43

รูปที่ 4.2 การวิเคราะห์ความไวของปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน เทียบกับการเปลี่ยนแปลงของ IRR 44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์ความไวของปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน เทียบกับการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาคืนทุน..... 44

รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์ความไวของปัจจัยต้นทุนเครื่องจักร เทียบกับการเปลี่ยนแปลงของ NPV 45

รูปที่ 4.5 การวิเคราะห์ความไวของปัจจัยต้นทุนเครื่องจักร เทียบกับการเปลี่ยนแปลงของ IRR..... 46

รูปที่ 4.6 การวิเคราะห์ความไวของปัจจัยต้นทุนเครื่องจักร เทียบกับการเปลี่ยนแปลงของ ระยะเวลาคืนทุน 46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

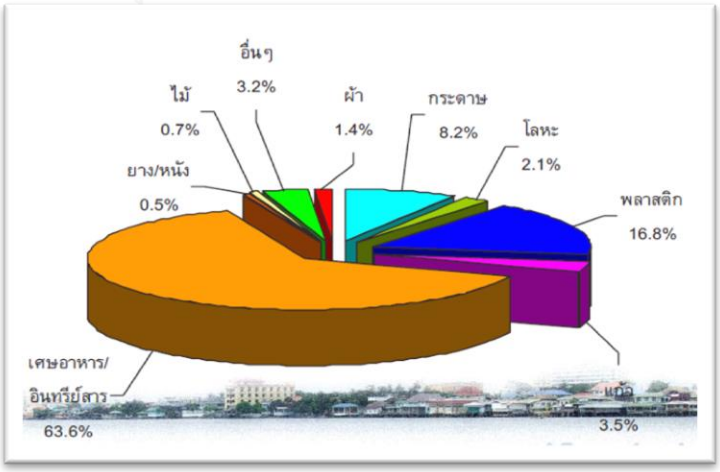
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากการใช้พลังงานในปัจจุบันมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปีและผู้วิจัยเล็งเห็นว่าในหลายพื้นที่ของประเทศไทยมีปริมาณขยะมากขึ้นทุกปี จึงเป็นผลให้มีขยะพลาสติกในปริมาณที่สูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งในการกำจัดและย่อยสลายตามธรรมชาตินั้นใช้เวลานาน จึงเป็นปัญหาต่อชุมชนเมืองต่าง ๆ และส่งผลกระทบต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงเป็นเหตุที่ต้องหาวิธีการแก้ไขเพื่อหาทางออกที่เหมาะสม เพื่อลดปัญหาผลกระทบทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่จะตามมาในอนาคต

จากการศึกษาวิจัยเทศบาลนครนนทบุรี ในแต่ละปีที่ผ่านมามีแนวโน้มปริมาณขยะสูงขึ้น ซึ่งมีปริมาณขยะมากกว่า 400 ตันต่อวัน จึงควรริเริ่มแนวทางการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นขยะเชื้อเพลิงเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดและช่วยลดต้นทุนทางด้านพลังงาน ด้วยสาเหตุนี้ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาศักยภาพและความคุ้มค่าการลงทุน ของการตั้งโรงงานแปรรูปขยะเป็นขยะเชื้อเพลิงเพื่อเป็นวัตถุดิบของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่จะนำไปเผาในกระบวนการผลิตไฟฟ้าต่อไป

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลของเทศบาลนครนนทบุรีและประสานกับทางเทศบาลนครนนทบุรีในการเก็บข้อมูลที่จะมุ่งเน้นการพัฒนาและลดต้นทุนด้านพลังงานอย่างเป็นระบบ เพื่อให้เป็นเทศบาลต้นแบบของการพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่มา: เทศบาลนครนนทบุรี

รูปที่ 1.1 ปริมาณขยะแยกตามองค์ประกอบของเทศบาลนครนนทบุรี

จากที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) ได้มีการประชุมในหลักการเรื่องอัตราเงินสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนตามต้นทุนที่แท้จริง หรือ FiT (Feed in Tariff) ที่กระทรวงพลังงานจะประกาศใช้แทนระบบการให้เงินส่วนเพิ่มรับซื้อไฟฟ้า หรือ Adder สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) ที่มีขนาดน้อยกว่า 10 เมกะวัตต์ (MW) แบ่งตามขนาดและประเภทเชื้อเพลิง ได้แก่ พลังงานลม พลังน้ำ ชีวมวล เช่น เศษไม้ ซังข้าวโพด ก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียหรือของเสีย ก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน รวมถึงขยะ ซึ่งพิจารณาตามนโยบายของรัฐบาลที่ต้องการเร่งแก้ไขปัญหาจากขยะเพื่อความสะอาดของประเทศโดยนำมาเป็นพลังงาน จึงเพิ่มแรงจูงใจให้พัฒนาโรงไฟฟ้าได้เร็วขึ้น โดยกำหนดอัตราเงินสนับสนุนพิเศษกว่าเชื้อเพลิงประเภทอื่นๆ

ข้อเสนออัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ FiT สำหรับปี 2558 มีดังนี้

ตารางที่ 1.1 อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนประเภทขยะในรูปแบบ FiT สำหรับปี 2558 [1]

กำลังการผลิต (MW)	FiT (บาท/หน่วย)			ระยะเวลาสนับสนุน (ปี)	FiT Premium (บาท/หน่วย)	
	FiT_F	$FiT_{v,2560}$	FiT^*		สำหรับโครงการกลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพ (8 ปีแรก)	สำหรับโครงการในจังหวัดชายแดนภาคใต้ (ตลอดอายุโครงการ)
1. ขยะ (การจัดการขยะแบบผสมผสาน)						
กำลังผลิตติดตั้ง ≤ 1 MW	3.13	3.21	6.34	20	0.70	0.50
กำลังผลิตติดตั้ง > 1-3 MW	2.61	3.21	5.82	20	0.70	0.50
กำลังผลิตติดตั้ง > 3 MW	2.39	2.69	5.08	20	0.70	0.50
2. ขยะ (หลุมฝังกลบขยะ)	5.60	-	5.60	10	-	0.50

* อัตรา FiTV จะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องตามอัตราเงินเฟ้อขั้นพื้นฐาน (Core Inflation)

ในการศึกษาได้ทำการสำรวจและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการเลือกประเภทของรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการแปรรูปขยะชุมชน เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการจัดตั้งโรงงานแปรรูป

ขยะเชื้อเพลิง ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าปริมาณขยะในชุมชนเขตเทศบาลนครนนทบุรีมีปริมาณสูงพอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ด้านพลังงานได้ประกอบกับการสนับสนุนของภาครัฐที่สนับสนุนให้กับภาคเอกชนเข้ามาลงทุน เพื่อเพิ่มสัดส่วนการผลิตพลังงานทดแทนและช่วยแก้ไขปัญหาด้านขยะให้กับเทศบาลนครนนทบุรีด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง
2. เพื่อศึกษาศักยภาพในการลงทุนสร้างโรงงานแปรรูปขยะเป็นขยะเชื้อเพลิง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลปริมาณขยะในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี
2. ประเมินศักยภาพและองค์ประกอบและค่าความร้อนของขยะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง
3. วิเคราะห์และประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รูปแบบโรงงานแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง ในชุมชนท้องถิ่น
2. เป็นการนำขยะในชุมชนมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงได้อย่างคุ้มค่า
3. เป็นการสนับสนุนและส่งเสริมด้านพลังงานทดแทนให้กับชุมชนท้องถิ่น

1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเพื่อให้งานวิจัยเป็นไปตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้วางแผนเป็นขั้นตอนดังนี้ คือ

1. ศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย
2. ศึกษาข้อมูลประเภทขยะ ปริมาณขยะ และเครื่องจักร ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต
3. ศึกษาศักยภาพของขยะและความเป็นไปได้ในการลงทุนสร้างโรงงานแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง
4. วิเคราะห์ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์
5. สรุปผลงานวิจัย

Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของเทศบาลนครนนทบุรี

เทศบาลนครนนทบุรี ตั้งอยู่อาคารเลขที่ 139 หมู่ 8 ตำบลบางกระสอ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี บริเวณเดียวกับศูนย์ราชการจังหวัดนนทบุรีมีพื้นที่รับผิดชอบทั้งหมด 38.9 ตารางกิโลเมตร โดยแบ่งการพัฒนาออกเป็นชุมชน ประกอบด้วย 5 ตำบล 93 ชุมชน คือ ตำบลสวนใหญ่ 13 ชุมชน ตำบลตลาดขวัญ 19 ชุมชน ตำบลบางเขน 13 ชุมชน ตำบลท่าทราย 26 ชุมชน และตำบลบางกระสอ 22 ชุมชนและมีพื้นที่บ่อขยะ 1 ตารางกิโลเมตร

ที่มา: เทศบาลนครนนทบุรี

รูปที่ 2.1แผนที่เขตเทศบาลนครนนทบุรี

เทศบาลนครนนทบุรี เป็นเทศบาลชั้น 1 ก. มีพื้นที่ในเขตเทศบาลรวม 38.90 ตารางกิโลเมตร มีประชากร จำนวน 256,256 คน พื้นที่เขตเทศบาล ประกอบด้วย 5 ตำบล คือ ตำบลสวนใหญ่ ตำบลตลาดขวัญ ตำบลบางเขน ตำบลบางกระสอ และตำบลท่าทราย แยกเป็นพื้นที่ประชากร และจำนวนบ้าน ในเขตเทศบาลนครนนทบุรี

ตารางที่ 2.1 จำนวนพื้นที่ ครัวเรือน และประชากร ในเขตเทศบาลนครนนทบุรี

ตำบล	พื้นที่/ ตร.กม.	จำนวนบ้าน (หลัง)	จำนวนประชากร		รวม ประชากร(คน)
			ชาย	หญิง	
สวนใหญ่	2.50	13,610	21,203	15,725	36,928
ตลาดขวัญ	8.20	25,659	22,658	27,392	50,050
บางเขน	9.00	24,540	19,093	22,489	41,582
บางกระสอ	11.20	31,180	25,056	29,457	54,513
ท่าทราย	8.00	30,638	33,814	39,369	73,183
รวม	38.90	125,627	121,824	134,432	256,256

ที่มา : สำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครนนทบุรี (ณ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2557)[2]

2.2 ปริมาณและองค์ประกอบขยะ

ขยะมูลฝอยหรือของเสีย[3] แบ่งเป็นขยะมูลฝอยธรรมดาทั่วไป ได้แก่ ขยะมูลฝอยสด เศษอาหาร กระดาษ โฟม พลาสติก ขวด แก้ว โลหะ ฯลฯ และของเสียอันตราย ได้แก่ ขยะมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาล กากสารเคมี สารเคมีกำจัดแมลง กากน้ำมัน หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบตเตอรี่ใช้แล้ว แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยหรือของเสียที่สำคัญ ได้แก่ ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และพื้นที่เกษตรกรรม

“ขยะมูลฝอยชุมชนหรือขยะมูลฝอยเทศบาล” หมายถึง ขยะมูลฝอยที่ถูกปล่อยทิ้งมาจากบ้านพักอาศัย และสถานที่ประกอบธุรกิจการค้าที่อยู่ในเขตชุมชนหรือเขตเทศบาล ซึ่งการเก็บรวบรวมและการกำจัดขยะมูลฝอยดังกล่าวมักเป็นภาระหน้าที่ของเทศบาล

ขยะมูลฝอยสามารถแยกประเภทตามคุณลักษณะใหญ่ๆได้ 3 ประเภท คือ

1) ขยะมูลฝอยที่ย่อยสลายได้ง่าย ได้แก่ เศษอาหาร ผัก ผลไม้ กระดาษ และไม้
2) ขยะมูลฝอยที่ย่อยสบายได้ยากหรือไม่ได้เลย ได้แก่ พลาสติก แก้ว โลหะ ผ้า หนัง โฟม และอื่นๆ
3) ขยะมูลฝอยอันตรายหรือสารเคมี ซึ่งมาจากแหล่งกำเนิด 4 ประเภท คือ จากอุตสาหกรรม เกษตรกรรม บ้านพักอาศัย และสถานพยาบาล

สำหรับขยะมูลฝอยชุมชน (ยกเว้นขยะมูลฝอยอันตราย) จะประกอบด้วย สารอินทรีย์(ย่อยสลายง่าย) และสารอนินทรีย์(ย่อยสลายยาก) โดยสารอินทรีย์จะประกอบไปด้วย เศษอาหาร กระดาษ พลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ ยาง หนัง และไม้ ส่วนสารอนินทรีย์โดยทั่วไปประกอบไปด้วย แก้ว กระป๋องดีบุก อลูมิเนียม โลหะ และอุปกรณ์เครื่องครัวต่างๆ สำหรับประเทศที่มีการพัฒนาด้านการ

จัดการขยะมูลฝอยค่อนข้างดี ขยะมูลฝอยชุมชนจะถูกแยกจากกัน โดยการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งสารอนินทรีย์ส่วนมากจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ ในขณะที่สารอินทรีย์จะถูกส่งไปกำจัด

2.2.1 ประเภทขององค์ประกอบขยะมูลฝอย

2.2.1.1 ประเภทเศษอาหารและสารอินทรีย์

เป็นองค์ประกอบที่ย่อยสลายได้รวดเร็วและมักเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นเหม็น ต้นเหตุของแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรค ซึ่งส่วนใหญ่เป็นขยะมูลฝอยจากบ้านเรือน เนื่องจากขยะมูลฝอยประเภทนี้เป็นองค์ประกอบหลักและยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณการนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่น้อยมาก ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองพื้นที่ในการกำจัด ตลอดจนการเก็บรวบรวมและขนส่ง ขยะมูลฝอยประเภทนี้ได้แก่ เศษอาหาร ผัก ผลไม้ มูลสัตว์ ซากสัตว์ เป็นต้น

2.2.1.2 ประเภทกระดาษ

หมายถึง เศษกระดาษที่ใช้แล้ว เช่น นิตยสาร หนังสือพิมพ์ รวมถึงกระดาษกล่อง(ลูกฟูกน้ำตาล/ขาว) กระดาษห่อของ กระดาษแข็ง เช่น แผงขนมหรือแผงของเล่น กระดาษกล่องนม น้ำผลไม้ และกระดาษที่ใช้ในสำนักงาน ซึ่งขยะมูลฝอยประเภทนี้มีความจำเป็นที่ต้องหมุนเวียนนำมาใช้อีก เนื่องจากกระดาษผลิตจากต้นไม้ ดังนั้นการหมุนเวียนใช้กระดาษเป็นการช่วยลดการตัดต้นไม้ นอกจากนี้ยังลดการใช้พลังงานในการผลิตและลดของเสียจากกระบวนการผลิตสู่สิ่งแวดล้อมด้วย

2.2.1.3 ประเภทพลาสติก

พลาสติกเป็นวัสดุที่มีบทบาทในชีวิตประจำวันของสังคมมนุษย์เป็นอย่างมาก ในปัจจุบันส่วนใหญ่สังเคราะห์ขึ้นจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม จากความหลากหลายของชนิดพลาสติก ทำให้อุตสาหกรรมต่างๆสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ตามการพัฒนาของอุตสาหกรรมพลาสติก ด้วยคุณภาพที่สูงขึ้นแต่ต้นทุนทุกอย่างกลับต่ำลง และสมบัติพิเศษหลายประการของพลาสติก อาทิ สามารถขึ้นรูปได้ง่าย แม้ว่ารูปทรงของผลิตภัณฑ์จะมีความซับซ้อน สามารถผลิตได้ปริมาณมากๆในเวลาจำกัด น้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับโลหะและเซรามิค แข็งแรงและมีความเหนียว มีทั้งชนิดแข็งและชนิดอ่อนนุ่มยืดหยุ่นได้ มีความสวยงาม ผิวเรียบมัน และมีชนิดที่โปร่งใสแบบกระจก นอกจานี้ยังสามารถเติมสีสันได้ตามต้องการ มีความทนต่อสารเคมี ไม่เป็นสนิม ไม่ผุกร่อน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ทดแทนวัสดุอื่นได้มากมาย ทั้งเหล็กกล้า เหล็กไร้สนิม แก้ว กระจก และเซรามิค หรือแม้แต่ไม้และยางธรรมชาติ ยิ่งไปกว่านั้นอวัยวะเทียมต่างๆของมนุษย์เราไม่ว่าจะเป็น ฟันเทียม เลนส์นัยน์ตาเทียม กระดูกเทียม หลอดเลือดเทียม หัวใจเทียม ไตเทียม รวมทั้งอุปกรณ์ทางการแพทย์หลากหลายชนิด ต่างก็ผลิตจากวัสดุพลาสติกชนิดพิเศษทั้งสิ้น โดยพลาสติกที่พบในขยะมูลฝอยชุมชนจัดได้เป็น 7 ชนิด ดังนี้

1) พลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลด (Polyethylene terephthalate,PET)
2) พลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene,HDPE)
3) พลาสติกชนิดโพลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride,PVC)
4) พลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene,LDPE)
5) พลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน (Polypropylene,PP)
6) พลาสติกชนิดโพลิสไตรีน (Polystyrene,PS)
7) พลาสติกชนิดอื่นๆ

ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้ โดยเฉลี่ยมีอายุการใช้งานสั้นมาก เมื่อเทียบกับความทนทานของเนื้อพลาสติก โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์พลาสติกที่นำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ ซึ่งมีอายุการใช้งานน้อยกว่า 2 ปี ส่งผลให้ขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ต้องมีกระบวนการนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย คุณค่าของพลาสติกก็ไม่ตกลงมากนัก แต่เงื่อนไขสำคัญก็คือ ชนิดของพลาสติกที่ใช้ผสมต้องเป็นชนิดเดียวกัน แต่ในทางปฏิบัติการแยกแยะชนิดพลาสติกทำได้ไม่ง่ายนัก เนื่องจากพลาสติกแต่ละประเภทมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ดังนั้น เพื่อให้สะดวกต่อการแยกแยะชนิดพลาสติกสำหรับการรีไซเคิล จึงได้กำหนดประเภทของพลาสติกโดยใช้รหัสตัวเลข (1 ถึง 7) ที่ภาชนะ

นอกจากการใช้งานบรรจุภัณฑ์ที่มาจากพลาสติกทั้ง 7 ชนิด แล้วยังมีการใช้งานบรรจุภัณฑ์อีกรูปแบบหนึ่ง คือ โฟม ซึ่งบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในลักษณะโฟมส่วนใหญ่มาจากพลาสติกชนิดโพลิสไตรีน (PS) สำหรับโฟมจากโพลิสไตรีน โดยทั่วไปจำแนกเป็น 2 กลุ่มหลัก ดังนี้

1) Expandable Polystyrene,EPS เป็น PS Foam ที่ใช้เป็นวัสดุกันกระแทกในการบรรจุสินค้ามีค่าต่างๆ เช่น โทรทัศน์ ตู้เย็น และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ใช้เป็นวัสดุกันกระแทกในหมวกกันน็อค ใช้เป็นแผ่นฉนวนหรือผนังห้องเย็น ใช้เป็นกล่องรักษาความเย็นสำหรับถนอมอาหาร เป็นต้น

2) Polystyrene Paper,PSP เป็น PS Foam ที่ใช้ทำถาด และ/หรือกล่องใส่อาหาร

เนื่องจากโฟม EPS และ PSP คือ พลาสติกโพลิสไตรีน จึงสามารถนำกลับมารีไซเคิลเป็นพลาสติกโพลิสไตรีนได้อีก ซึ่งพลาสติกโพลิสไตรีนที่ได้จากการรีไซเคิลโฟม สามารถนำไปผลิตเป็นสินค้าอื่นที่ไม่ใช่ภาชนะใส่อาหาร เช่น ตลับเทปเพลง ม้วนวีดีโอเทป ไม้บรรทัด ถาดรอง กระถางต้นไม้ ของเล่น เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 ประเภทของพลาสติก

รหัส	ชนิดพลาสติก	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์
	PET (Polyethylene Terephthalate)	พลาสติกที่ก้นเชื่อมรวมเป็นจุดตรงกลาง เช่น ขวดน้ำอัดลม/ขวดน้ำมันพืชบางยี่ห้อ/ขวดน้ำปลา/ขวดน้ำดื่ม/ด้ามแปรงสีฟัน/ตลับยา
	HDPE (High-density Polyethylene)	ขวดน้ำดื่ม(ขาวขุ่น)/ขวดนม/ถุงช้อปปิ้ง/ลัง/ขวดโลชั่น/ขวดแชมพู/ขวดสบู่เหลว
	PVC (Polyvinyl Chloride)	พลาสติกที่ก้นเชื่อมเป็นขีด เช่น ขวดน้ำดื่มใส/ขวดน้ำมันพืชบางยี่ห้อ/ขวดน้ำผลไม้/กล่องใสใส่ของหวาน
	LDPE (Low-density Polyethylene)	ถุงซิป/หลอดเครื่องสำอาง/ถุงเย็น/จุกใน/ขวดน้ำแกลือ
	PP (Polypropylene)	ฝาภาชนะ/ถุงร้อน/กระบอกเข็มฉีดยา/หลอดกาแฟ/ถ้วยพลาสติกร้อน
	PS (Polystyrene)	กล่องใสใส่ CD/ของเล่น/ถาดใส่อาหาร/ถ้วยไอศกรีม/ไม้บรรทัด/กระถางต้นไม้/ตลับเทป/ม้วนวีดีโอเทป
	Others	

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [3]

2.2.1.4 ประเภทไม้ (ลังไม้/กิ่งไม้)

วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากไม้ ไม้ไผ่ ฟาง หญ้า เศษไม้ เช่น กล่อง/ลังไม้ เก้าอี้ โต๊ะ เฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน ฯลฯ

2.2.1.5 ยาง/หนัง

หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางและหนัง ตัวอย่างเช่น เครื่องหนัง รองเท้า ลูกบอลหนัง กระเป๋าหนัง ยางรัดของ เศษยางล้อรถ ฯลฯ

2.2.1.6 ประเภทแก้ว

แก้วเป็นวัสดุที่มีผิวราบเรียบและแข็งใสแต่เปราะบาง แตกร้าวได้ง่าย แก้วเกิดขึ้นจากการหลอมละลายของวัสดุธรรมชาติ คือ ทราย เถ้า โซดา หินปูน และแร่เฟลสปาร์ โดยสามารถหลอมให้เป็นรูปร่างและสีสันแปลกๆแตกต่างกันได้ นิยมนำแก้วมาทำเป็นภาชนะใส่ของต่างๆ เช่น อาหาร เครื่องดื่ม และเครื่องสำอาง ฯลน เพราะแก้วไม่ทำปฏิกิริยากับสารใดๆที่จะใส่ในภาชนะแก้วนั้นๆ แก้วจึงเป็นภาชนะที่ใช้ประโยชน์ได้มากที่สุดและเป็นขยะที่ไม่ย่อยสลาย

แต่เดิมแก้วไม่เคยสร้างปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม เพราะขวดแก้วที่ใช้บรรจุเครื่องดื่มในท้องตลาดจะใช้ระบบ “ใช้แล้วคืนขวด” เพื่อให้บริษัทผู้ผลิตสินค้านั้นนำกลับไปล้างใช้ใหม่ แต่ปัจจุบันแนวโน้มการใช้ขวด “วันเวย์” คือ ใช้แล้วทิ้งมีเพิ่มมากขึ้น วัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายของคนรุ่นใหม่ แต่กลับสร้างภาระให้กับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ขวดเครื่องดื่มชูกำลัง ซึ่งคาดว่ามีการใช้แล้วทิ้งถึงวันละ 1 ล้านขวด โดยแก้วจะสามารถแยกประเภทออกได้ตามสีเป็น 3 ประเภท คือ แก้วสีขาว แก้วสีชา และแก้วสีเขียว

2.2.1.7 ประเภทโลหะ

สำหรับโลหะที่พบปะปนอยู่ในกองขยะมูลฝอยมีทั้งที่ประกอบจากเหล็กและโลหะอื่นๆ เช่น อลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว เงิน ฯลน ซึ่งในปัจจุบันมีโลหะบางประเภทที่มีการซื้อขายกันได้แก่ อลูมิเนียม ทองแดง ทองเหลือง สแตนเลส เป็นต้น

จากคุณลักษณะเฉพาะตัวของโลหะแต่ละประเภท ทำให้มีการนำโลหะไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆมากมาย เช่น อลูมิเนียม ซึ่งเป็นโลหะที่มีสีขาวคล้ายเงิน น้ำหนักเบา มีคุณสมบัติที่อ่อนตัวสามารถทำเป็นรูปร่างต่างๆในการผลิตได้ และเป็นโลหะที่สามารถซึมซับความเย็นได้อย่างรวดเร็ว ทำให้อลูมิเนียมเป็นที่นิยมในการนำมาผลิตเป็นกระป๋องบรรจุเครื่องดื่มและวัสดุอีกหลายชนิด เช่น น้ำอัดลม เบียร์ โซดา ฟอยล์ ถาดใส่อาหาร ภาชนะในครัวเรือน ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีบรรจุภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่ผลิตจากเหล็กกล้าผสมกับดีบุกเล็กน้อย เพื่อป้องกันการเกิดสนิม ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ใช้สำหรับบรรจุอาหารกระป๋องสำเร็จรูป ผลไม้กระป๋อง น้ำผลไม้ ฯลฯ โดยโลหะสามารถแบ่งออกได้เป็นดังนี้

1) อลูมิเนียม ได้แก่ กระป๋องเครื่องดื่มประเภทอัดลม เบียร์ ถุงขนมฟอยล์ กะละมังซักผ้า ขันน้ำ หม้อ ฯลฯ
2) เหล็ก/เหล็กเคลือบ ได้แก่ อาหารกระป๋อง กระป๋องนม ผลไม้กระป๋อง น้ำผลไม้ และกระป๋องกาแฟ
3) ทองแดง/ทองเหลือง ได้แก่ สายไฟ ก๊อกน้ำ ระฆัง กระทะทองเหลือง เชิงเทียน ตะเกียง ฯลฯ
4) อื่นๆ

2.2.1.8 ผ้า

หมายถึง สิ่งทอต่างๆที่ทำมาจากเส้นใยธรรมชาติ และเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ฝ้าย ลินิน ผ้าไนลอน ตัวอย่างเช่น ด้าย เสื้อผ้า ผ้าเช็ดมือ ถุงเท้า ฯลฯ

2.2.1.9 ของเสียอันตรายจากบ้านเรือน

หมายถึง ของเสียใดๆที่มีองค์ประกอบหรือปนเปื้อนวัตถุอันตรายชนิดต่างๆ เช่น ได้แก่ วัตถุระเบิดได้ วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ หรือวัตถุเปอร์ออกไซด์ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุกัมมันตรังสี วัตถุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วัตถุกัดกร่อนที่ทำให้เกิดระคายเคือง วัตถุอย่างอื่นไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์ หรือสิ่งอื่นใดที่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช ทรัพย์สิน หรือสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างของเสียอันตรายจากบ้านเรือน ได้แก่ ถ่านไฟฉาย ถ่านโทรศัพท์ แบตเตอรี่ หลอดฟลูออเรสเซนต์ กระป๋องบรรจุสารเคมี/ยาฆ่าแมลง(สเปรย์) กระป๋องน้ำมันเครื่อง เป็นต้น

2.2.1.10 อื่นๆที่แยกประเภทไม่ได้

หมายถึง สิ่งของที่ถูกทิ้ง ของที่เหลือจากการใช้ ของเสื่อมสภาพ หรือไม่เป็นที่ต้องการ ซึ่งไม่สามารถแยกประเภทได้ เช่น ผ้าอ้อมสำเร็จรูป ผ้าอนามัย และกระดาษทิชชู

2.3 การสุ่มและวิเคราะห์ขยะมูลฝอย

2.3.1 การสุ่มและวิเคราะห์ขยะมูลฝอย [3]

จากการกำหนดเขตพื้นที่สำรวจ และจำนวนตัวอย่างของแต่ละพื้นที่แล้ว จะดำเนินการเก็บตัวอย่างขยะมูลฝอย ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ดังนั้น ในการสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอย คือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การสุ่มและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอย

โดยทำการวิเคราะห์คุณลักษณะขยะมูลฝอยทั้งทางกายภาพและทางเคมี โดยในส่วนของการวิเคราะห์ทางกายภาพจะทำการวิเคราะห์ทุกตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่างจะทำซ้ำ 3 ครั้ง ส่วนลักษณะทางด้านเคมีจะทำการวิเคราะห์เขตพื้นที่สำรวจละ 1 ตัวอย่าง

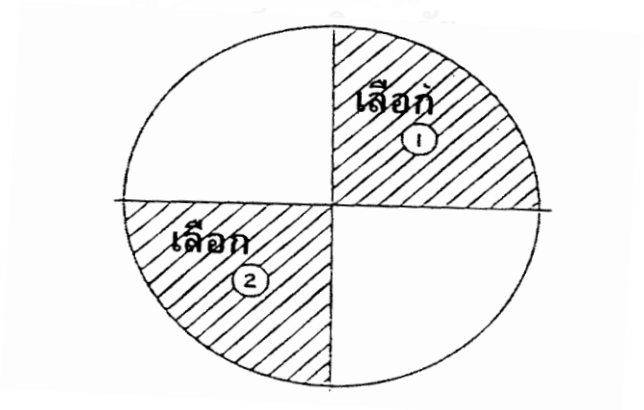
การสุ่มตัวอย่างในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย

1) จะสุ่มตัวอย่างในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย โดยจะต้องตรวจสอบข้อมูลรถเก็บขยะมูลฝอย ที่จะนำขยะมูลฝอยมากำจัดว่าเป็นรถที่จัดเก็บในเขตเมือง ไม่ใช่เป็นรถที่จัดเก็บเฉพาะแหล่ง
2) ในการสุ่มตัวอย่างจากรถแต่ละคัน จะต้องดำเนินให้ถูกต้องเพื่อจะได้เป็นตัวแทนที่เหมาะสม
3) การสุ่มตัวอย่างแต่ละชุด จะต้องทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง

2.3.2 วิธีการสุ่มและวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพขยะมูลฝอย

เนื่องจากขยะมูลฝอยประกอบด้วยสิ่งของต่างๆ หลายชนิด ซึ่งไม่ได้มีการปะปนผสมกันอยู่เป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยจำเป็นต้องทำอย่างมีระบบ เพื่อให้มีลักษณะองค์ประกอบเหมือนกับขยะมูลฝอยทั้งหมด และสามารถใช้เป็นตัวแทนของขยะมูลฝอยที่ต้องการวิเคราะห์ การสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยจากรถยนต์เก็บขนขยะมูลฝอย เมื่อถ่ายเทขยะมูลฝอยภายในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ใช้ถังตวงขนาด 50 ลิตร ตวงขยะมูลฝอยมาจากจุดต่างๆหลายๆจุด แล้วมารวมกันให้ได้ประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร นำตัวอย่างที่ทดสอบ (Quartering) เลือกตัวอย่าง 2 ส่วน ที่กองอยู่ตรงข้ามกันมารวมกัน แล้วคลุกให้เข้ากันอีกครั้ง เพื่อให้องค์ประกอบต่างๆกระจายอยู่อย่างทั่วถึง จากนั้นทำการ quartering เรื่อยไป จนกระทั่งเหลือตัวอย่างขยะมูลฝอยประมาณ 20 ลิตร แล้วทำการชั่งน้ำหนัก จัดเก็บโดยบรรจุในถุงพลาสติกแล้วนำส่งห้องปฏิบัติการ เพื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะทางด้านเคมี ส่วนขยะมูลฝอยที่เหลือทำการวิเคราะห์เพื่อหาลักษณะทางกายภาพ

รูปที่ 2.2 ลักษณะการกองขยะมูลฝอยให้เป็นรูปกรวยคว่ำ



รูปที่ 2.3 การแบ่งขยะมูลฝอยออกเป็น 4 ส่วน (Quartering)

2.4 ประเภทของเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงขยะสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ชนิด ตามมาตรฐาน ASTM E-75 ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการจัดการที่ใช้ ประกอบด้วย

ตารางที่ 2.3 คุณลักษณะของเชื้อเพลิงขยะแต่ละชนิดและระบบการเผาไหม้

ชนิด	กระบวนการการจัดการ	ระบบการเผาไหม้
RDF-1 : MSW	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ได้ออกมาด้วยมือ รวมทั้งขยะที่มีขนาดใหญ่	Stoker
RDF-2 : Coarse RDF	บดหรือตัดขยะมูลฝอยอย่างหยาบๆ	Fluidized Bed Combustor, Multi fuel Combustor
RDF-3 : Fluff RDF	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ออก เช่น โลหะ แก้วและอื่นๆมีการบดหรือตัดจนทำให้ 95% ของขยะมูลฝอยที่คัดแยกแล้วมีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้ว	Stoker
RDF-4 : Dust RDF	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการทำ ให้อยู่ในรูปของผงฝุ่น	Fluidized Bed Combustor, Pulverized Fuel Combustor
RDF-5 : Densified RDF	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการอัดแท่งโดยให้มีความหนาแน่นมากกว่า 600 kg/m3	Fluidized Bed Combustor, Multi fuel Combustor
RDF-6 : RDF Slurry	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการให้อยู่ในรูปของ Slurry	Swirl Burner
RDF-7 : RDF Syn-gas	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการ Gasification เพื่อผลิต Syn-gas ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซได้	Burner, Integreated Gasification-Combined Cycle (IGCC)

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2547 [4]

2.5 เทคโนโลยีการแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นขยะเชื้อเพลิง

คุณสมบัติของขยะเชื้อเพลิง [5]

เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่ผ่านกระบวนการจัดการต่างๆ เช่น การคัดแยกวัสดุที่เผาไหม้ได้ออกมา การฉีกหรือตัดขยะมูลฝอยออกเป็นชิ้นเล็กๆ เชื้อเพลิงขยะที่ได้นี้จะมีค่าความร้อนสูงกว่า หรือมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ดีกว่าการนำขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมมาใช้โดยตรง เนื่องจากมีองค์ประกอบทั้งทางกายภาพและเคมีที่สม่ำเสมอกว่าโดย คุณลักษณะทั่วไปของเชื้อเพลิงขยะ ประกอบด้วย

- ปลอดเชื้อโรคจากการอบด้วยความร้อน ลดความเสี่ยงต่อการสัมผัสเชื้อโรค
- ไม่มีกลิ่น
- มีขนาดเหมาะสมต่อการป้อนเตาเผา-หม้อไอน้ำ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 15-30 มิลลิเมตร ความยาว 30-150 มิลลิเมตร)
- มีความหนาแน่นมากกว่าขยะมูลฝอยและชีวมวลทั่วไป (450-600 kg/m^3) เหมาะสมต่อการจัดเก็บ และขนส่ง
- มีค่าความร้อนสูงเทียบเท่ากับชีวมวล (~ 13-18 MJ/kg) และมีความชื้นต่ำ (~ 5-10%)
- ลดปัญหามลภาวะจากการเผาไหม้ เช่น NOx และไดออกซินและฟูราน

ขยะที่จะนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะ เป็นการนำขยะมูลฝอยในชุมชนที่ผ่านการคัดแยกส่วนที่นำไปกลับใช้ซ้ำได้ เช่น โลหะ อลูมิเนียม แก้ว และคัดแยกอินทรีย์สารที่มีความชื้นสูง เช่น เศษอาหาร เศษผัก-ผลไม้ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบป้อนเข้ากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพหรือผลิตสารปรับปรุงคุณภาพดินออกไปแล้ว ส่วนที่เหลือซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยกระดาษ เศษไม้ พลาสติก จะถูกนำไปลดขนาด และนำไปใช้ในกระบวนการเผาไหม้โดยตรง หรือนำมาผ่านกระบวนการทำให้แห้งและการอัดแท่งเพื่อผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิง

คุณสมบัติของขยะเชื้อเพลิงที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของเชื้อเพลิง โดยจะใช้องค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงเป็นหลักในการประเมิน คือ

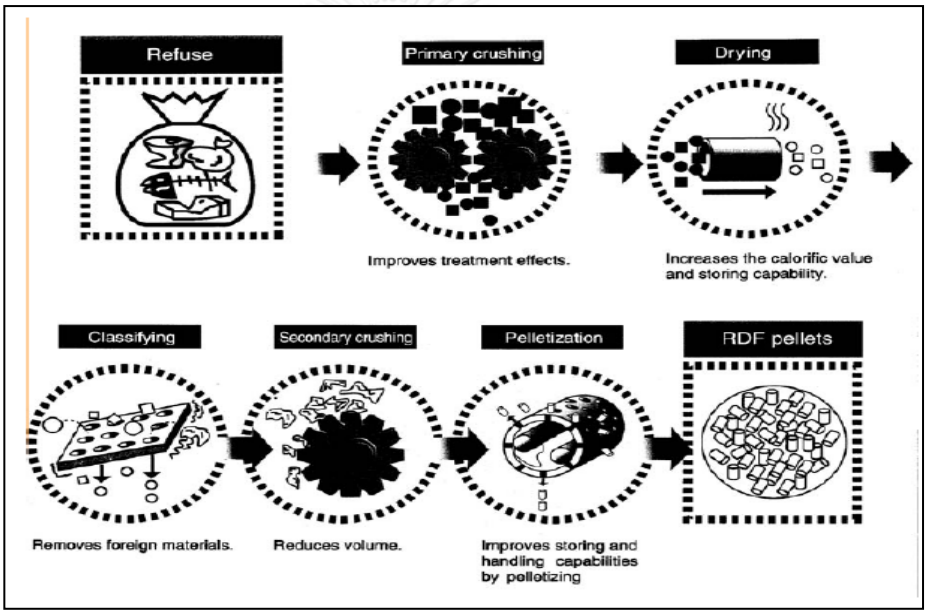
1. ความชื้น (moisture content) ปริมาณความชื้นมีผลต่อปริมาณของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้ง และยังมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งลดลง และทำให้เชื้อเพลิงแตกร่วนได้ง่าย
2. ปริมาณเถ้า (ash content) คือส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปในเตาเผา ซึ่งประกอบด้วยซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ เป็นต้น

3. สารระเหยได้ (volatile matters) หรือปริมาณสารระเหย คือ ส่วนของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้งที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบ

4. คาร์บอนเสถียร (fixed carbon) คือ มวลของคาร์บอนที่เหลือในเชื้อเพลิงอัดแท่ง หลังจากที่มีการเอาสารที่ระเหยได้ออกไปแล้ว

5. ค่าความร้อน (calorific value or heating value) เป็นค่าความร้อนของการสันดาปขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูงจะมีปริมาณคาร์บอนเสถียรเป็นองค์ประกอบอยู่สูงแต่มีสารที่ระเหยได้ และปริมาณเถ้าอยู่ต่ำ ส่วนเชื้อเพลิงที่มีความชื้นอยู่สูงก็จะทำให้ค่าความร้อนที่ได้ต่ำ ซึ่งเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูง ถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพทางการให้พลังงานดี



ที่มา : สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) [5]

รูปที่ 2.4 การแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงจากขยะที่เผาไหม้ได้ (Densified RDF)

วัตถุดิบที่ใช้ในการอัดแท่งนั้น สามารถนำมาใช้แทนไม้ฟืนและถ่านได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร ขยะมูลฝอย หรือกากอุตสาหกรรมบางประเภท เป็นต้น ตัวอย่างแหล่งวัตถุดิบที่สามารถนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เช่น

1. เศษพืช หรือ วัสดุเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยว (crop residues) เช่น ฟางข้าว เศษไม้ เศษใบไม้ ขี้เลื่อย

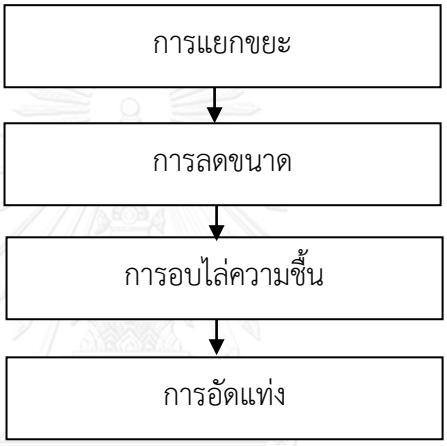
2. วัชพืช (weeds) คือ พืชที่เราไม่ต้องการที่ขึ้นอยู่ตามไร่นา สวน พื้นที่เพาะปลูกต่างๆ หรือแม้แต่ที่ในหนองน้ำ แม่น้ำ ลำคลองต่างๆ

3. สิ่งที่เหลือทิ้งหรือกากจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท (industrial waste) เช่น กากส่าเหล้า กากส่าเบียร์ เยื้อกระดาษ แกลบ เป็นต้น

4. ขยะมูลฝอย (municipal waste) เช่น พวกกระดาษสำนักงานใช้แล้ว ถุงพลาสติก บรรจุภัณฑ์ที่เป็นพวกกระดาษ หรือพลาสติก ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ เป็นการเพิ่มประโยชน์จากของเหลือทิ้ง และยังเป็นการลดปริมาณขยะมูลฝอยที่ต้องนำไปกำจัด

กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ

หลักการทำงานทั่วไปของการแปรรูปเชื้อเพลิงขยะ (RDF) จะเริ่มจากการคัดแยกขยะก่อนที่จะไปยังขั้นตอนของการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนกระบวนการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

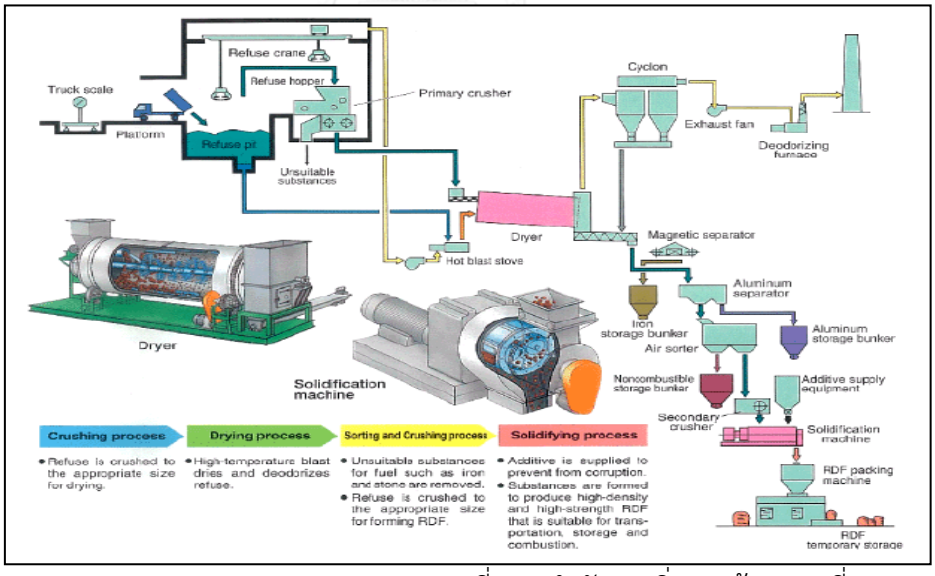
หลักการทำงานของเทคโนโลยีนี้ เริ่มจากการคัดแยกขยะที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ (โลหะแก้ว เศษหิน) ขยะอันตราย และขยะรีไซเคิลออกจากขยะรวมในบางกรณีจะมีการใช้เครื่องคัดแยกแม่เหล็กเพื่อคัดแยกมูลฝอยที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบและใช้เครื่อง Eddy Current Separator เพื่อคัดแยกอลูมิเนียมออกจากมูลฝอยจากนั้นจึงป้อนขยะมูลฝอยไปเข้าเครื่องสับ-ย่อยเพื่อลดขนาดและป้อนเข้าเตาอบเพื่อลดความชื้นของมูลฝอยโดยการใช้ความร้อนจากไอน้ำ หรือลมร้อนเพื่ออบขยะให้แห้งซึ่งจะทำให้น้ำหนักลดลงเกือบ 50% และสุดท้ายจะส่งไปเข้าเครื่องอัดแท่ง เพื่อทำให้ได้เชื้อเพลิงขยะRDF-5 ที่มีขนาดและความหนาแน่นเหมาะสมต่อการขนส่งไปจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงซึ่งในบางกรณีจะมีการเติมหินปูน (CaO) เข้าไปเพื่อควบคุมและลดปริมาณก๊าซพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้

การออกแบบขั้นตอนต่างๆ ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิงขยะ ขึ้นอยู่กับสถานการณ์การจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น ถ้าขยะมูลฝอยได้มีการคัดแยกส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (เช่นโลหะและแก้ว)ได้จากแหล่งกำเนิดก่อนอยู่แล้วดังนั้นในกระบวนการแปรรูปขยะ

เป็นเชื้อเพลิงก็อาจจะไม่จำเป็นต้องมีขั้นตอนการคัดแยกโลหะหรือแก้วก็ได้ โดยทั่วไปขยะจะถูกนำมาคัดแยกส่วนที่นำไปกลับใช้ซ้ำได้ (เช่นโลหะอลูมิเนียม และแก้ว) และคัดแยกอินทรีย์สาร (เช่น เศษอาหาร) ที่มีความชื้นสูงซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบป้อนเข้ากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับส่วนประกอบมูลฝอยที่เหลือจะถูกนำไปลดขนาด ส่วนใหญ่ประกอบด้วยพลาสติกกระดาษ และไม้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในกระบวนการเผาไหม้โดยตรงในรูปนำมาผ่านกระบวนการทำให้แห้งและการอัดแท่งเพื่อผลิตเป็น Densified RDF (RDF-5)

การใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงขยะสามารถใช้ได้ทั้งในรูปผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนโดยที่อาจจะมีการใช้ประโยชน์ในสถานที่ผลิตเชื้อเพลิงขยะ หรือขนส่งไปใช้ที่อื่นนอกจากนี้ยังสามารถใช้เผาร่วมกับถ่านหิน (Co-firing) เพื่อลดปริมาณการใช้ถ่านหินลงในอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น อุตสาหกรรมซีเมนต์โดยมีรูปแบบเตาเผาที่ใช้เปลี่ยนเชื้อเพลิงขยะให้เป็นพลังงานความร้อนประกอบด้วยเตาเผาแบบตะกรับ (Stoker) เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed Combustor) หรือเตาเผาแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) หรือไพโรไลซิส (Pyrolysis)

ขั้นตอนการผลิต RDF ประกอบด้วย 1.การย่อยหยาบ 2.การอบไล่ความชื้น 3.การแยกโลหะ 4.คัดแยกขยะที่ไม่ต้องการทิ้ง 5.การย่อยละเอียด 6.ผสมตัวประสาน และ7.อัดแท่ง ดังรูปที่ 2.6



ที่มา : สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) [5]

รูปที่ 2.6 กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF)

2.6 การคำนวณเกี่ยวกับปริมาณความร้อน

ความร้อนแฝง (latent heat) คือปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะ โดยที่อุณหภูมิคงที่แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1.ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (latent heat of fusion) คือ ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารที่มีมวล 1 หน่วย จากของแข็งเป็นของเหลวหมดพอดีโดยมีอุณหภูมิคงที่

2.ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ คือ ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารที่มีมวล 1 หน่วย จากของเหลวกลายเป็นไอหมดพอดี โดยมีอุณหภูมิคงที่

ตารางที่ 2.4 ค่าความร้อนแฝงของแต่ละสาร

สาร	**ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว**	**ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ**
	kj/kg	**kj/kg**
เอทานอล	108.9	857
แนพทาลีน	149	154.79
แอมโมเนีย	329.41	1376.47
น้ำ	334.8	2256
โซเดียมคลอไรด์	478.63	3538.46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคำนวณความร้อนแฝงที่ทำให้สารเปลี่ยนสถานะ ดังสมการ

$$H = mL$$

m = มวลของสาร

L = ความร้อนแฝงของสาร

2.7 การประเมินความเป็นไปได้ของโครงการ

2.7.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (The net present value method)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิจะคำนวณหาผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับในอนาคตตามอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการ หรือต้นทุนเงินทุนกับต้นทุนเงินทุนเริ่มแรก สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$NPV = \left(\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} \right) - I$$

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

I = เงินจ่ายลงทุนครั้งแรก

Ct = กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละงวด

t = ปีที่ 1 ถึงปีที่ n

n = จำนวนงวดดอกเบี้ย

r = อัตราดอกเบี้ย

2.7.2 ผลตอบแทนจากการลงทุน (The internal rate of return method)

เป็นการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุนในโครงการ อัตราผลตอบแทนนี้จะเป็นอัตราที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 0 หรือผลตอบแทนที่ได้รับเท่ากับเงินลงทุนครั้ง แรก สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$I - \left(\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} \right) = 0$$

I = เงินจ่ายลงทุนครั้งแรก

Ct = กระแสเงินสดได้รับสุทธิในแต่ละงวด

t = ปีที่ 1 ถึงปีที่ n

n = จำนวนงวดดอกเบี้ย/จำนวนปี

r = อัตราดอกเบี้ย/อัตราผลตอบแทน

Chulalongkorn University

2.7.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period method)

ระยะเวลาคืนทุนเป็นการพิจารณาโครงการลงทุนจากมูลค่าเงินลงทุนที่เสียไปกับระยะเวลาที่จะได้รับประโยชน์จากการลงทุนคืน ในการคำนวณสามารถแยกพิจารณาได้เป็น 2 กรณี ได้แก่

2.7.3.1 ผลตอบแทนหรือกระแสเงินสดรับสุทธิหลังภาษีเท่ากันทุกปีตลอดอายุโครงการ

2.7.3.2 ผลตอบแทนหรือกระแสเงินสดรับสุทธิหลังภาษีไม่เท่ากันทุกปีตลอดอายุโครงการ จะคำนวณได้โดยการพิจารณากระแสเงินสดเข้าสุทธิสะสม

ในบางกรณีการใช้ระยะเวลาคืนทุนในการพิจารณาคัดเลือกโครงการอาจทำให้เกิดการตัดสินใจผิดพลาดได้ เนื่องจากวิธีนี้ไม่ได้คำนึงถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับหลังระยะเวลาคุ้มทุน และไม่ได้คำนึงถึงมูลค่าเงินตามเวลาด้วย เพื่อขจัดปัญหาเกี่ยวกับมูลค่าเงินสามารถนำมูลค่าเงินมาปรับให้ถูกต้องโดยคำนวณเป็นระยะเวลาคืนทุนที่คำนึงถึงค่าเงิน (Discounted payback period method) มาใช้ในการวิเคราะห์และประเมินโครงการ

2.7.4 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของกำไร เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ เช่น ราคาขายต่อหน่วย ต้นทุนต่อหน่วย และปริมาณการขาย เป็นต้น ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ในภายหลัง ดังนั้นการวิเคราะห์ความไวจึงเป็นขั้นตอนที่ช่วยในการตัดสินใจได้ดีขึ้น ตัวอย่างเช่น กรณีที่ที่คาดว่าวัตถุดิบที่ใช้อาจมีราคาสูงขึ้นกว่าที่คาดการณ์ไว้ เราสามารถวิเคราะห์ได้โดยการหาค่า IRR ของการลงทุนตามราคาปกติ และตามราคาที่คาดว่าจะสูงขึ้น แล้วพิจารณาว่าค่าที่ได้ในกรณีหลังนั้นเป็นอย่างไร หากยังคงมีค่าสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยอยู่ แสดงว่าการลงทุนนี้ยังสามารถทำกำไรได้ เป็นต้น

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัณฑริดา ไชยจิตร(2556)[6] รูปแบบการจัดการขยะชุมชนแบบบูรณาการสำหรับเทศบาลนครเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้ทำการศึกษาเพื่อหาแนวทางการจัดการขยะชุมชนที่เหมาะสมทั้งในระยะสั้นและระยะยาว พบว่าได้นำเสนอรูปแบบการเผากำจัดขยะแบบเดิม แต่เพิ่มระบบคัดแยกขยะสดไปเข้าระบบผลิตก๊าซชีวภาพและปุ๋ยหมักสำหรับการจัดการในระยะสั้น (1-5 ปี) และนำเสนอรูปแบบการจัดการขยะชุมชนของเทศบาลนครราชสีมาทั้งระบบ แต่ไม่มีระบบผลิตเชื้อเพลิงอัดแข็งสำหรับการจัดการระยะยาว (6-15 ปี)

กรรณิการ์ ชูขันธ์(2554)[7] การศึกษาระบบการจัดการขยะมูลฝอย เทศบาลนครปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ได้ทำการศึกษาระบบการจัดการขยะมูลฝอยในเขตพื้นที่ เทศบาลนครปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี โดยการสำรวจความพึงพอใจของประชาชนต่อระบบการจัดการขยะมูลฝอย ผลการสำรวจพบว่า ความพึงพอใจด้านการเก็บขยะมูลฝอยและด้านการแปรรูปนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อแยกเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการเก็บขยะมูลฝอย อยู่ในระดับปานกลาง และด้านการแปรรูปนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ อยู่ในระดับมาก

ภมร แสนสิ่ง(2554)[8] การวิเคราะห์พลังงานและต้นทุนของการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ ของเสียในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อจะนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิง โดยเลือกประเภทขยะที่ใช้เป็นส่วนผสม คือ พลาสติก กระดาษ และกิ่งไม้แห้ง ในสัดส่วน 4: 3: 1 พบว่ามีค่าความร้อน เท่ากับ 29.25 MJ/kg โดยมีกำลังการผลิตที่ 4.28 ตันต่อวัน

อรรถกร ฤกษ์วิรี(2549)[9] เชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยชุมชนอัดแท่ง ได้ทำการศึกษาโดยการนำเอาขยะมูลฝอยชุมชน 2 ประเภท ได้แก่ เศษกระดาษ และเศษไม้ มาผสมอัตราส่วนต่างกัน 5 อัตราส่วน คือ เศษกระดาษ : เศษไม้ 95%: 5%, 75%: 25%, 50%: 50%, 25%:75% และ 5%:95% โดยน้ำหนัก เพื่อวิเคราะห์ค่าความร้อน ว่าอัตราส่วนใดให้ค่าความร้อนสูงสุด พบว่าอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุด คือ 95%: 5% โดยน้ำหนัก ซึ่งให้ค่าความร้อน 14.73 MJ/kg

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะชุมชน นำมาเปรียบเทียบกับวิธีแบบฝังกลบที่ทางเทศบาลนครนนทบุรีใช้ในปัจจุบัน ซึ่งแนวทางการดำเนินงานวิจัยที่เหมาะสมได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 5 ส่วนหลักประกอบไปด้วย1.การสำรวจปริมาณขยะในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี 2.การศึกษาสัดส่วนองค์ประกอบขยะและค่าความร้อน 3.เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 4.รูปแบบเทคโนโลยีและขั้นตอนที่ใช้ในการผลิตขยะเชื้อเพลิง และ 5.วิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งผลที่ได้จากทั้ง 5 ส่วนจะทำให้ทราบถึงต้นทุนของการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะชุมชน เพื่อนำไปสู่การหาแนวทางการแก้ปัญหาขยะจากชุมชนที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

3.1 การสำรวจปริมาณขยะในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี

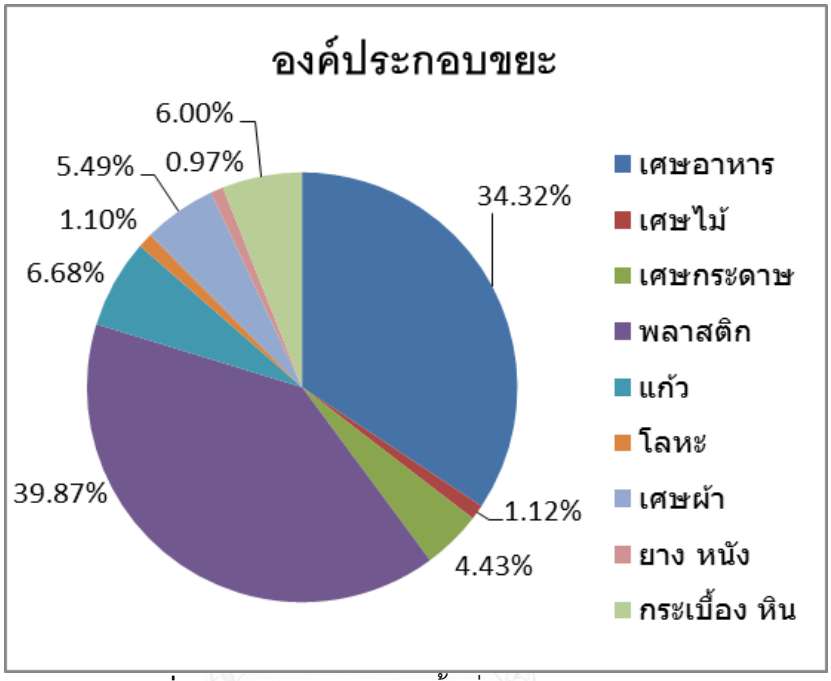
ปริมาณขยะในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี ประกอบด้วย 5 ตำบล 93 ชุมชน คือ ตำบลสวนใหญ่ 13 ชุมชน ตำบลตลาดขวัญ 19 ชุมชน ตำบลบางเขน 13 ชุมชน ตำบลท่าทราย 26 ชุมชน และตำบลบางกระสอ 22 ชุมชน ซึ่งทำให้เกิดปริมาณขยะ แยกตามประเภทของขยะที่เกิดขึ้น ขยะที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ และการนำไปกำจัด เป็นปริมาณ 488.66 121.66 และ 377.00 ตัน/วัน ตามลำดับ โดยขยะที่ทำไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ ขยะอินทรีย์ 111.66 ตันต่อวัน สำหรับทำปุ๋ยและการนำขวดพลาสติกไปรีไซเคิล 10 ตันต่อวัน

รูปที่ 3.1 บ่อขยะฝังกลบ องค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี

3.2 การศึกษาองค์ประกอบขยะและค่าความร้อน

3.2.1 องค์ประกอบขยะ

ขยะในแต่ละพื้นที่จะมีองค์ประกอบและสัดส่วนของขยะที่แตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม ซึ่งในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี มีองค์ประกอบขยะ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 องค์ประกอบขยะพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี

โดยงานวิจัยนี้จะเลือกเศษอาหาร เศษไม้ เศษกระดาษ และพลาสติก เท่านั้น ที่จะนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะ

จากนั้นนำขยะที่เลือกใช้มาเปรียบเทียบค่าความร้อนของวัสดุ เพื่อหาค่าความร้อนเฉลี่ยของเชื้อเพลิงขยะ สำหรับตัวประสานที่ใช้ในการผสมคือ ปูนขาว เนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำและช่วยในการจับตัวของขยะที่จะนำมาแปรรูปได้ดี

Chulalongkorn University

3.2.2 ค่าความร้อน

ค่าความร้อนเฉลี่ยแยกค่าความร้อนของขยะแต่ละประเภท ดังนี้ คือ เศษอาหาร พลาสติก กระดาษ ไม้ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าความร้อนเฉลี่ยของขยะแต่ละประเภท [10]

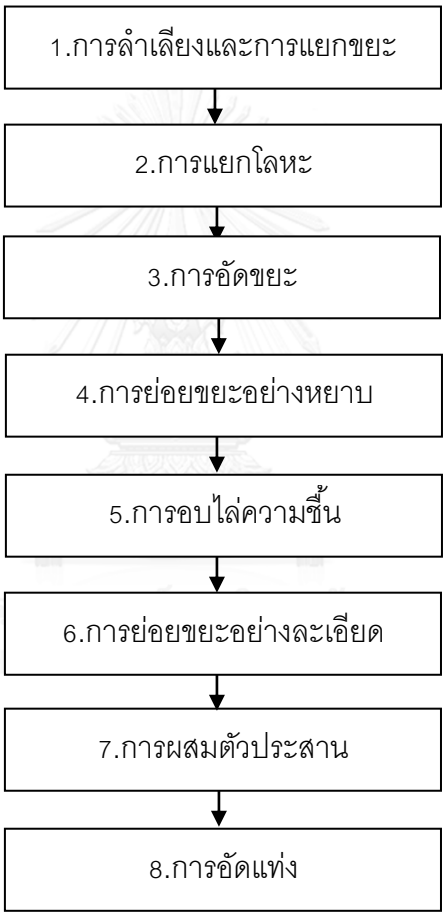
ประเภทขยะ	**ค่าความร้อน (MJ/kg)**
เศษอาหาร	16.747
พลาสติก	32.564
กระดาษ	16.282
ไม้	18.608

3.3 รูปแบบเทคโนโลยีและขั้นตอนที่ใช้ในการผลิตขยะเชื้อเพลิง

การศึกษานี้จะใช้รูปแบบเทคโนโลยีการผลิตขยะเป็นเชื้อเพลิงในการพิจารณา แบ่งเป็นขั้นตอน 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1.การลำเลียงและการแยกขยะ 2.การแยกโลหะ 3.การอัดขยะ 4.การย่อยขยะอย่างหยาบ 5.การอบความชื้น 6.การย่อยขยะอย่างหยาบ 7.การผสมตัวประสานเพื่ออัดแท่ง 8. การอัดแท่ง โดยรายมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการผลิตขยะเชื้อเพลิง เริ่มจากการลำเลียงขยะเข้าไปสู่กระบวนการผลิต แล้วจึงนำขยะเข้าสู่ขั้นตอนการแยกขยะด้วยมือบนสายพานลำเลียง จากนั้นส่งไปยังขั้นตอนการแยกโลหะเพื่อทำการแยกโลหะออกจากขยะที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต แล้วส่งต่อไปยังขั้นตอนการบีบอัดขยะเพื่อทำการบีบน้ำในส่วนของขยะสดออก จากนั้นส่งต่อไปยังขั้นตอนการย่อยขยะอย่างหยาบ ก่อนที่จะนำเข้าสู่ขั้นตอนการอบไล่ความชื้น หลังจากที่อบไล่ความชื้นแล้วจึงส่งต่อไปยังขั้นตอนการย่อยอย่างละเอียด แล้วจึงนำไปผสมกับตัวประสาน ก่อนที่จะนำไปยังขั้นตอนการอัดแท่งเพื่อผลิตขยะเชื้อเพลิงต่อไป โดยมีกระบวนการขั้นตอนดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการผลิต

เทคโนโลยีที่เลือกใช้สำหรับการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง

ขั้นตอนที่ 1 การลำเลียงและการแยกขยะ

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ

รูปที่ 3.4 เครื่องลำเลียงขยะ

การลำเลียงและการแยกขยะ หลักการทำงาน คือ สายพานลำเลียงจะเริ่มลำเอียงจากจุดเท ขยะของรถขยะ ผ่านเข้าสู่สายพานลำเลียง โดยจะทำการแยกขยะที่ไม่ใช้ในการแปรรูปขยะเชื้อเพลิง ออกจากสายพานลำเลียง โดยใช้คนในการคัดแยกขยะ (Hand Sourcing) โดยขนาดความกว้างและ ความยาว จากบริษัท Atritor turbo separate [11] มีดังนี้ กำลังการผลิต 0.6 ตันต่อชั่วโมง ใช้ กำลังไฟฟ้า 3 kw กำลังการผลิต 5 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 22 kw กำลังการผลิต 10 ตันต่อ ชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 45 kw และกำลังการผลิต 25 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 75 kw

ขั้นตอนที่ 2 การแยกโลหะ

ที่มา : บริษัท ราชาอีควิปเม้นท์ จำกัด

รูปที่ 3.5 เครื่องแยกโลหะ

การแยกแม่เหล็กและโลหะ หลักการทำงาน คือ ใช้เครื่องจักรในการคัดแยกแม่เหล็กและโลหะที่มองไม่เห็นออกจากขยะที่ผ่านการคัดแยกด้วยคนมาแล้ว หลังเสร็จสิ้นขั้นตอนที่ 2 ประเภทขยะก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนที่ 3 การย่อยอย่างหยาบ จะเหลือเพียง พลาสติก กระดาษ และไม้ เท่านั้น

โดยขนาดรุ่นของเครื่องแยกโลหะ ของ A.C. Caputo, P.M. Pelagagge [12] แยกตามขนาดกำลังผลิตดังนี้ กำลังการผลิต 5 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 3.75 kw กำลังการผลิต 10 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 6.25 kw และ กำลังการผลิต 15 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 6.6 kw

ขั้นตอนที่ 3 การอัดขยะ

ที่มา : Shanghai Jiajing Machinery Co., Ltd.
[Shanghai, China (Mainland)]

รูปที่ 3.6 เครื่องอัดขยะ

การอัดขยะ หลักการทำงาน คือ จะทำการอัดขยะเพื่อให้น้ำที่อยู่ในขยะออกมา เพื่อลดค่าความชื้นเบื้องต้นก่อนที่จะนำไปเข้าเตาอบ โดยขนาดรุ่นของเครื่องอัดขยะ ของบริษัท S.M. corporation [13] มีดังนี้ กำลังการผลิต 12.4 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 4 kw กำลังการผลิต 13.5 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 5.5 kw กำลังการผลิต 18 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 7.5 kw และกำลังการผลิต 33 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 11 kw

ขั้นตอนที่ 4 การย่อยขยะอย่างหยาบ

ที่มา : บริษัท ราชาอีควิปเม้นท์ จำกัด

รูปที่ 3.7 เครื่องย่อยขยะขนาด 80 มิลลิเมตร

การย่อยขยะอย่างหยาบ หลักการทำงาน คือ หลังจากคัดกรองขยะเสร็จเรียบร้อยแล้ว เครื่องย่อยขยะจะย่อยขยะเพื่อลดขนาดของขยะให้เหลือเพียง 80 มิลลิเมตร เพื่อให้การลดความชื้นของขยะในขั้นตอนที่ 5 ง่ายขึ้นและรวดเร็วขึ้น โดยขนาดรุ่นของเครื่องย่อยขยะอย่างหยาบ ของ A.C. Caputo, P.M. Pelagagge [12] มีดังนี้ กำลังการผลิต 6 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 25 kw ใช้กำลังการผลิต 10 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 50 kw กำลังการผลิต 15 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 50 kw และกำลังการผลิต 25 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 55 kw

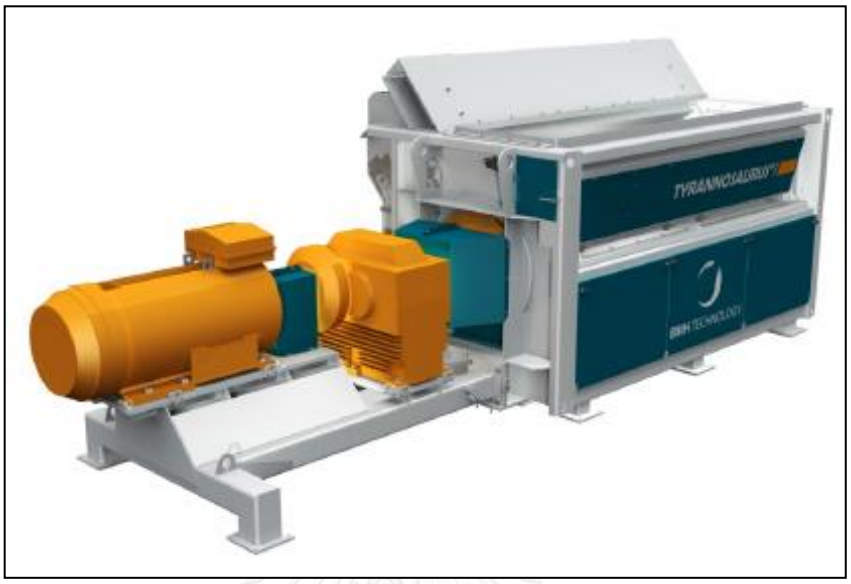
ขั้นตอนที่ 5 การอบไล่ความชื้น

ที่มา : Zhengzhou Taicheng Mining Machinery Co., Ltd.

รูปที่ 3.8 เครื่องอบไล่ความชื้น

การอบไล่ความชื้น หลักการทำงาน คือ เครื่องอบไล่ความชื้นจะทำให้ขยะที่มีความชื้นเปลี่ยนเป็นขยะแห้ง ขั้นตอนนี้จะทำให้ขยะมีน้ำหนักลดลงจากน้ำหนักเดิมตามประเภทของขยะ โดยขนาดรุ่นของเครื่องอบไล่ความชื้น ของ Zhengzhou Taicheng Mining Machinery [14] มีดังนี้ กำลังการผลิต 1.2 ตันต่อชั่วโมงใช้กำลังไฟฟ้า 16.32 kw ของ A.C. Caputo, P.M. Pelagagge [12] กำลังการผลิต 6 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 140 kw ของ DGEngineering [15] กำลังการผลิต 30 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 300 kw

ขั้นตอนที่ 6 การย่อยขยะอย่างละเอียด



\

ที่มา : บริษัท ราชาอีควิปเม้นท์ จำกัด

รูปที่ 3.9 เครื่องย่อยขยะขนาด 20 มิลลิเมตร

การย่อยขยะอย่างละเอียด หลักการทำงาน คือ เครื่องย่อยขยะจะย่อยขยะเพื่อลดขนาดให้เหลือเพียง 20 มิลลิเมตร เพื่อเตรียมพร้อมก่อนที่จะนำไปผสมตัวประสานในขั้นตอนต่อไป โดยขนาดรุ่นของเครื่องย่อยขยะอย่างละเอียด ของ A.C. Caputo, P.M. Pelagagge [12] มีดังนี้ กำลังการผลิต 2 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 200 kw กำลังการผลิต 4 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 250 kw และกำลังการผลิต 6 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 300 kw

ขั้นตอนที่ 7 การผสมตัวประสานเพื่ออัดแท่ง

ที่มา : lindner-resource Co.,Ltd.

รูปที่ 3.10 เครื่องผสมขยะ

การผสมตัวประสานเพื่ออัดแท่ง หลักการทำงาน คือ นำขยะที่ผ่านขั้นตอนที่ 5 เสร็จเรียบร้อยแล้วนำมาผสมกับปูนขาวซึ่งเป็นตัวประสานกับขยะ โดยใช้เครื่องจักรในการผสม เพื่อให้ขยะจับตัวเป็นก้อนก่อนนำไปอัดแท่งในขั้นตอนต่อไป โดยขนาดรุ่นของเครื่องผสมขยะ ของ A.C.Caputo, P.M. Pelagagge [12] มีดังนี้ กำลังการผลิต 6 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 5 kw

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 8 การอัดแท่ง

ที่มา : Shanghai Shenjia Sanwa Co.,Ltd.

รูปที่ 3.11 เครื่องอัดแท่ง

การอัดแท่ง หลักการทำงาน คือ นำขยะที่ผ่านการผสมตัวประสานแล้ว นำเข้าเครื่องอัดแท่งเพื่อให้ได้ ขนาดเชื้อเพลิงขยะตามที่ต้องการ โดยขนาดรุ่นของเครื่องผสมขยะ A.C. Caputo, P.M. Pelagagge [12] มีดังนี้ กำลังการผลิต 4 ตันต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้า 50 kw

3.4 วิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์

งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ แสดงการคำนวณระยะเวลาคุ้มทุน (Discounted Payback Period) อัตราคิดลดที่ใช้จะอ้างอิงจากกลุ่มธุรกิจอุตสาหกรรมด้านพลังงาน ผลตอบแทนการลงทุน (Rate of return) ตลอดช่วงอายุการใช้งาน 15 ปี และการวิเคราะห์ความไวต่อปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงการ

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 กำลังการผลิตเชื้อเพลิงขยะและปริมาณขยะในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี

จากการสำรวจองค์ประกอบของขยะที่จะใช้ในการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะพบว่า พลาสติกมีอัตราส่วนมากที่สุดของขยะที่จะนำไปใช้แปรรูปเชื้อเพลิงขยะ คือ พลาสติก รองลงมาเป็น เศษอาหาร กระดาษ และไม้ ตามลำดับ เมื่อนำมาคำนวณหาค่าความชื้นรวม พบว่า มีค่า เท่ากับ 46.01 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบ น้ำหนัก และค่าความชื้นของขยะที่ใช้แปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะ

องค์ประกอบ	เศษอาหาร	พลาสติก	กระดาษ	ไม้	รวม
ปริมาณ (ตันต่อวัน)	124.56	144.71	16.08	4.06	289.41
น้ำหนักขยะ (%)	43.04	50.00	5.56	1.40	100.00
ความชื้น* (%)	66	29	47	35	46.01

*ที่มา: Municipal Solid Waste Incineration/World bank [16]

อัตราส่วนของขยะที่ใช้ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง จากขยะที่ดึงมาใช้ทั้งสิ้น 289.41 ตันต่อวัน โดยผ่านขั้นตอนที่ 3 การอัดขยะเพื่อรีดน้ำออกในเศษอาหาร สามารถลดความชื้นได้ 50 % ของความชื้นเดิม ดังตารางที่ 4.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.2 อัตราส่วนของขยะที่ใช้ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง โดยผ่านขั้นตอนการบีบอัดขยะเพื่อลดความชื้น

ประเภทขยะ	เศษอาหาร	พลาสติก	กระดาษ	ไม้
น้ำหนักขยะหลังจากผ่านขั้นตอนการอัดขยะ (ตันต่อวัน)	63.21	144.71	16.08	4.06
น้ำหนัก(%)	27.72%	63.45%	7.05	1.78
ความชื้น(%)	33	29	37	35
ความชื้นรวม(%)	31.48			

อัตราส่วนของขยะที่ใช้ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง โดยผ่านขั้นตอนที่ 5 การอบไล่ความชื้น ซึ่งจะต้องลดความชื้น เท่ากับ 75 % ของความชื้นเดิม ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อัตราส่วนของขยะที่ใช้ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง โดยผ่านขั้นตอนที่ 5 (อบไล่ความชื้น)

ประเภทขยะ	เศษอาหาร	พลาสติก	กระดาษ	ไม้
น้ำหนักขยะหลังจากผ่านขั้นตอนการอบไล่ความชื้น (ตันต่อวัน)	46.16	110.78	9.66	2.89
น้ำหนัก(%)	27.23	65.36	5.7	1.71
ความชื้น(%)	8.25	7.25	11.75	8.75
ความชื้นรวม(%)	7.80			

เมื่อกำหนดให้ใน 1 วัน ทำงาน 8 ชั่วโมง พบว่ากำลังการผลิตที่ต้องใช้เพื่อกำหนดขนาดรุ่นของเครื่องจักรสำหรับแปรรูปขยะ โดยวิธีการเลือกขนาดจะเลือกโดยจะเผื่อกำลังการผลิตไว้ 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อรองรับกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นในอนาคต ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบกำลังการผลิตที่ต้องการกับกำลังการผลิตของเครื่องจักร

ขั้นตอน	เครื่องจักร	กำลังการผลิตที่ใช้ (ตันต่อชั่วโมง)	กำลังการผลิตเครื่องจักร (ตันต่อชั่วโมง)
1	สายพานลำเลียง	36.68	50.00
2	เครื่องแยกโลหะ	36.18	5.00
3	เครื่องอัดขยะรีดน้ำ	28.51	45.00
4	เครื่องย่อยขยะอย่างหยาบ	28.51	31.00
5	เครื่องอบไล่ความชื้น	21.19	30.00
6	เครื่องย่อยอย่างละเอียด	21.19	24.00
7	เครื่องผสมตัวประสาน	21.55	30.00
8	เครื่องอัดแท่ง	21.55	24.00

4.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ

เมื่อนำค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะมาคิดตามสัดส่วน พบว่าค่าความร้อนของขยะเชื้อเพลิงเท่ากับ 26.66 MJ/KG ดังสมการคำนวณ ค่าความร้อนที่แยกตามองค์ประกอบ ดังตารางที่ 4.5

Heating Value = (16.75 X0.27)+(32.56X0.64)+(16.28X0.05)+(18.61X0.02)+(1.66X0.02)
Heating Value = 26.66 MJ/KG

ตารางที่ 4.5 ค่าความร้อนขยะที่ใช้ในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง

องค์ประกอบ	เศษอาหาร	พลาสติก	กระดาษ	ไม้	ตัวประสาน
องค์ประกอบ (%)	26.78%	64.26%	5.60%	1.68%	1.71%
ค่าความร้อน(MJ/kg)	16.75	32.56	16.28	18.61	1.66
ค่าความร้อนรวม (MJ/kg)	**26.66**				

4.3 เทคโนโลยีสำหรับการผลิตRDF-5

เมื่อคำนวณหากำลังการผลิต พบว่า แต่ละขั้นตอนมีกำลังการผลิตที่ต่างกันของแต่ละเครื่อง ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขนาดของเครื่องจักรแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สายพานลำเลียง จากกำลังการผลิตของเครื่องจักรสามารถป้อนขยะได้ 400 ตันต่อวัน กำลังไฟฟ้า 150 กิโลวัตต์ ซึ่งเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

ขั้นตอนที่ 2 เครื่องแยกโลหะ จากกำลังการผลิตที่ใช้สำหรับการแปรรูป เท่ากับ 4.01 ตันต่อวัน ผู้วิจัยจึงเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต 5 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง กำลังไฟฟ้า 3.75 กิโลวัตต์ ซึ่งเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

ขั้นตอนที่ 3 เครื่องอัดขยะ จากกำลังการผลิตที่ใช้สำหรับการแปรรูป เท่ากับ 289.41 ตันต่อวัน ผู้วิจัยจึงเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต 33 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง และกำลังการผลิต 12 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง รวมกำลังการผลิตทั้งสิ้น 360 ตันต่อวัน กำลังไฟฟ้า 15 กิโลวัตต์ ซึ่งเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

ขั้นตอนที่ 4 เครื่องย่อยขยะอย่างหยาบ จากกำลังการผลิตที่ใช้สำหรับการแปรรูป เท่ากับ 230 ตันต่อวัน ผู้วิจัยจึงเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต 25 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง และกำลังการผลิตขนาด 10 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง รวมกำลังการผลิตทั้งสิ้น 280 ตันต่อวัน กำลังไฟฟ้า 105 กิโลวัตต์ซึ่งเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

ขั้นตอนที่ 5 เครื่องอบความชื้น จากกำลังการผลิตที่ใช้สำหรับการแปรรูป เท่ากับ 230 ตันต่อวัน ผู้วิจัยจึงเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต 30 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง รวมกำลังการผลิตทั้งสิ้น 240 ตันต่อวัน กำลังไฟฟ้า 300 กิโลวัตต์ ซึ่งเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

ขั้นตอนที่ 6 เครื่องย่อยอย่างละเอียด จากกำลังการผลิตที่ใช้สำหรับการแปรรูป เท่ากับ 169.48 ตันต่อวัน ผู้วิจัยจึงเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต 6 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 4 เครื่อง รวมกำลังการผลิตทั้งสิ้น 192 ตันต่อวัน กำลังไฟฟ้า 300 กิโลวัตต์ ซึ่งเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

ขั้นตอนที่ 7 เครื่องผสม จากกำลังการผลิตที่ใช้สำหรับการแปรรูป เท่ากับ 172.38 ตันต่อวัน ผู้วิจัยจึงเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต 6 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 4 เครื่อง รวมกำลังการผลิตทั้งสิ้น 240 ตันต่อวัน กำลังไฟฟ้า 20 กิโลวัตต์ ซึ่งเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

ขั้นตอนที่ 8 เครื่องอัดแท่ง จากกำลังการผลิตที่ใช้สำหรับการแปรรูป เท่ากับ 172.84 ตันต่อวัน ผู้วิจัยจึงเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต 6 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 4 เครื่อง รวมกำลังการผลิตทั้งสิ้น 192 ตันต่อวัน กำลังไฟฟ้า 50 กิโลวัตต์ ซึ่งเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

หลังจากที่ผ่านการคัดแยกด้วยมือ องค์ประกอบที่ถูกคัดออกไป คือ แก้ว เศษผ้า ยาง และกระเบื้อง จากนั้นเมื่อผ่านขั้นตอนการแยกโลหะ องค์ประกอบที่เป็นโลหะ จะถูกคัดออก จะเหลือเพียงเศษอาหาร พลาสติก กระดาษ และไม้ เท่านั้น ดังตารางที่ 4.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบขยะที่ผ่านขั้นตอนการแปรรูป (หน่วย: ตันต่อวัน)

องค์ประกอบ	เศษอาหาร	พลาสติก	กระดาษ	ไม้	**รวม**
น้ำหนักขยะก่อนคัดแยกด้วยมือ	124.56	144.71	16.08	4.06	**362.91**
น้ำหนักขยะหลังผ่านสายพานลำเลียง	124.56	144.71	16.08	4.06	**293.42**
น้ำหนักขยะหลังผ่านเครื่องแยกโลหะ	124.56	144.71	16.08	4.06	**289.41**
น้ำหนักขยะหลังผ่านเครื่องอัดขยะรีดน้ำ	63.21	144.71	16.08	4.06	**228.06**
น้ำหนักขยะหลังผ่านเครื่องย่อยขยะอย่างหยาบ	63.21	144.71	16.08	4.06	**228.06**
น้ำหนักขยะหลังผ่านเครื่องอบไล่ความชื้น	46.16	110.78	9.66	2.89	**169.48**
น้ำหนักขยะหลังผ่านเครื่องย่อยอย่างละเอียด	46.16	110.78	9.66	2.89	**169.48**
น้ำหนักขยะหลังผ่านเครื่องผสมตัวประสาน	46.16	110.78	9.66	2.89	**172.38**
น้ำหนักขยะหลังผ่านเครื่องอัดแท่ง	46.16	110.78	9.66	2.89	**172.38**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์

การกำหนดราคาขายเชื้อเพลิงขยะ อ้างอิงจากค่าความร้อนของถ่านหิน ซึ่งถ่านหิน มีค่าความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 27.21 MJ/kg ราคา 2,130 บาทต่อตัน(กลุ่มบริษัทขายถ่านหินให้กับลูกค้าต่างประเทศอ้างอิงดัชนีราคาถ่านหินอินโดนีเซีย Indonesian Coal Index : ICI [17] ดังนั้น ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ เท่ากับ 26.66 MJ/kg ราคาเท่ากับ 2,087 บาทต่อตัน และมีการกำหนดค่าดังนี้

1.) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์

2.) ค่าไฟฟ้ายูนิตละ 3.7125 บาท

3.) ค่าเชื้อเพลิง ตามราคาตลาด ณ ปัจจุบัน โดยให้ชั่วโมงการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน และวันทำงาน 365 วันต่อปี

4.) อัตราคิดลดที่ 10% อัตราเงินเฟ้อ 2 %

5.) อายุโครงการ 15 ปี

6) ไม่รวมราคาที่ดิน และราคาค่าก่อสร้างโรงงาน

รายละเอียดของต้นทุนประเภทเครื่องจักรตามกำลังการผลิต ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกกำลังการผลิตที่เหมาะสมกับปริมาณขยะตามที่มีอยู่ในแต่ละขั้นตอน ดังนั้นต้นทุนแรกเริ่ม เท่ากับ 128,358,264 บาท (ราคาเครื่องจักรที่อ้างอิงนำมาจากราคาที่อยู่ในท้องตลาด ณ ปัจจุบันที่ทำการวิจัย ซึ่งสามารถเปลี่ยนไปตามเวลา และความเหมาะสม ณ เวลานั้นๆ) ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ราคาเครื่องจักรตามกำลังการผลิต [12]

ขั้นตอน	เครื่องจักร	กำลังการผลิต (ตันต่อชั่วโมง)	จำนวน (หน่วย)	ราคาเครื่องจักร (บาท/หน่วย)	ราคาเครื่องจักร (บาท)
1	สายพานลำเลียง	150	1	576,228	576,228
2	เครื่องแยกโลหะ	5	1	1,344,780	1,344,780
3	เครื่องอัดขยะ	33	1	316,200	316,200
		12	1	204,600	204,600
4	เครื่องย่อยอย่างหยาบ	10	1	4,034,340	4,034,340
		25	1	5,763,396	5,763,396
5	เครื่องอบไล่ความชื้น	6	6	11,527,164	69,162,984
6	เครื่องย่อยอย่างละเอียด	6	4	5,763,396	23,053,584
7	เครื่องผสม	6	4	7,684,776	30,739,104
8	เครื่องอัดแท่ง	6	4	7,684,776	30,739,104
รวม		**-**	-	-	**165,934,320**

กำหนดให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ค่าไฟฟ้า ค่าเชื้อเพลิง และค่าใช้จ่ายการดำเนินงาน ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอทางเลือกในการเลือกใช้พลังงานที่เหมาะสมกับ ขั้นตอนที่ 5 คือเครื่องอบความชื้น โดยจะพิจารณา แหล่งพลังงานที่เป็นที่นิยมใช้กับเครื่องจักรในขั้นตอนการอบความชื้น ซึ่งมีทั้งหมด 4 ชนิด คือ ไฟฟ้า (Electric) ฮีทปั๊ม (Heat Pump) แก๊ส (LPG) และดีเซล (Diesel) เมื่อคำนวณค่าความร้อนของพลังงานที่ต้องใช้ในขั้นตอนการอบเพื่อลดความชื้นจากประสิทธิภาพการแปรรูปของพลังงาน พบว่า ในส่วนของแหล่งพลังงานประเภทไฟฟ้า ทางเลือกฮีทปั๊มใช้ค่าความร้อนและค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่า และในส่วนของแหล่งพลังงานประเภทเชื้อเพลิง ทางเลือก LPG ใช้ค่าความร้อนและค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่า ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตารางค่าใช้จ่ายการดำเนินงานจำแนกพิจารณาตามประเภทของแหล่งพลังงาน

ทางเลือก	ไฟฟ้า		เชื้อเพลิง	
	ไฟฟ้า	ฮีทปั๊ม	LPG	ดีเซล
ค่าความร้อนพลังงานที่ต้องใช้ (MJ)	132,156	33,039	155,478	165,195
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน (บาทต่อวัน)	68,310	17,077	59,766	145,898
ประสิทธิภาพการแปรรูปพลังงาน (%)	100	400	85	80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากผลการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานตามประเภทของแหล่งพลังงาน จึงนำทางเลือกของฮีทปั๊ม และ LPG มาคำนวณความคุ้มค่าในการลงทุนของโครงการ ดังนี้

ผลการคำนวณความคุ้มค่าการลงทุนในโครงการ ทางเลือก ใช้ฮีทปั๊มเป็นเชื้อเพลิง พบว่า มูลค่าปัจจุบัน (NPV) เท่ากับ 396.79 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 55.47 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาคืนทุน (Discounted Payback Period) เท่ากับ 2.11 ปี โดยคิดอัตราคิดลด (Discounted rate) ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ อายุโครงการ 15 ปี ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ต้นทุนของรูปแบบโครงการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง ทางเลือกไฟฟ้า ฮีทปั๊ม

รูปแบบโครงการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง	**จำนวน**	**หน่วย**
รายได้จากการขายเชื้อเพลิงขยะ (2,087 บาท/ตัน)	133,937,553	บาท/ปี
ต้นทุนแรกเริ่ม	112,127,888	บาท
ต้นทุนการดำเนินงาน		
1.พลังงานไฟฟ้า	68,263,604	บาท/ปี
2. ค่าเชื้อเพลิง	-	บาท/ปี
3. ค่าดำเนินงาน (15 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนแรกเริ่ม)	16,819,183	บาท/ปี
อายุโครงการ	15	ปี
มูลค่าปัจจุบัน (NPV)	396.79	ล้านบาท
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	55.47	เปอร์เซ็นต์
ระยะเวลาคืนทุน (PB)	2.11	ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการคำนวณความคุ้มค่าการลงทุนในโครงการ ทางเลือก ใช้LPG เป็นเชื้อเพลิง พบว่า มูลค่าปัจจุบัน (NPV) เท่ากับ 264.78 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 41.38 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาคืนทุน (Discounted Payback Period) เท่ากับ 2.74 ปี โดยคิดอัตราคิดลด (Discounted rate) ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ อายุโครงการ 15 ปี ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ต้นทุนของรูปแบบโครงการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง ทางเลือก LPG

รูปแบบโครงการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง	**จำนวน**	**หน่วย**
รายได้จากการขายเชื้อเพลิงขยะ (2,087 บาท/ตัน)	133,937,553	บาท/ปี
ต้นทุนแรกเริ่ม	112,127,888	บาท
ต้นทุนการดำเนินงาน		
1.พลังงานไฟฟ้า	50,818,204	บาท/ปี
2. ค่าเชื้อเพลิง	21,814,585	บาท/ปี
3. ค่าดำเนินงาน (15 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนแรกเริ่ม)	16,819,183	บาท/ปี
อายุโครงการ	15	ปี
มูลค่าปัจจุบัน (NPV)	264.78	ล้านบาท
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	41.38	เปอร์เซ็นต์
ระยะเวลาคืนทุน (PB)	2.74	ปี

Chulalongkorn University

สรุปผลทางเลือก การใช้พลังงานในกระบวนการผลิต RDF จะเห็นได้ว่าทางเลือกไฟฟ้า Heat pump มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่าทางเลือกอื่น ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 สรุปผลทางเลือกการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆของขั้นตอนที่ 5 อบเพื่อไล่ความชื้น

ทางเลือก	**ฮีทปั๊ม**	**LPG**
NPV (ล้านบาท)	396.79	264.78
IRR (%)	55.47	41.38
Payback Period (ปี)	2.11	2.74

4.5 การวิเคราะห์ความไว

ในการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อดูความคุ้มค่าในการลงทุน ปัจจัยต่างๆที่ใช้ในการคำนวณอาจมีการเปลี่ยนแปลง จึงมีการนำเอาค่าของปัจจัยต่างๆมาทำการวิเคราะห์ความไว โดยมีการคาดการณ์ว่าการเปลี่ยนแปลงอาจมีค่าไม่เกิน 10% โดยใช้ปัจจัย 4 ตัว ที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง คือ ปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิง ต้นทุนเครื่องจักร และปริมาณค่าความร้อน โดยได้ค่าดังตารางที่ 4.12

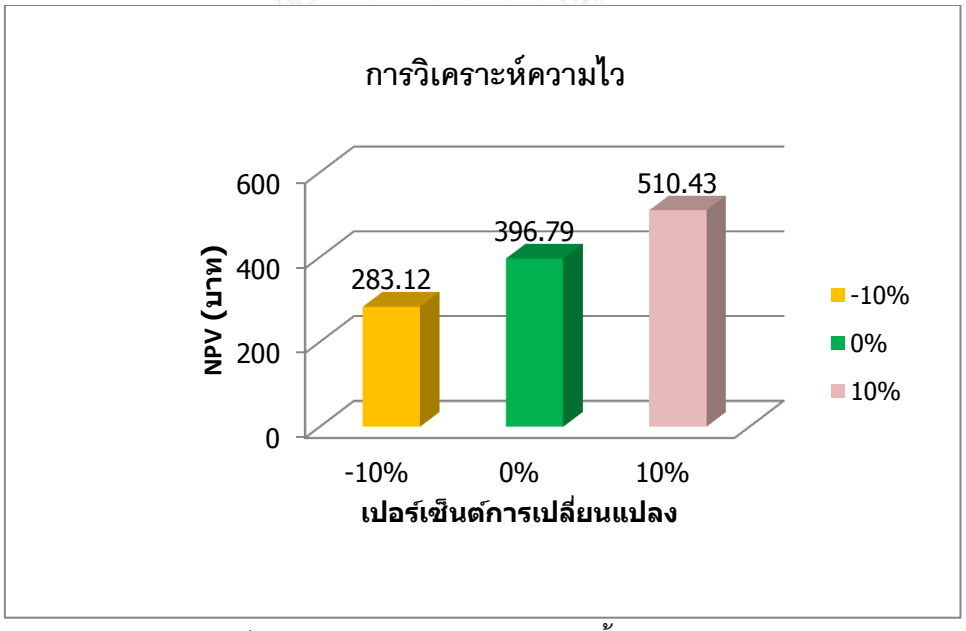
ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ความไวของปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุน (ทางเลือก ไฟฟ้า ฮีทปั๊ม)

การเปลี่ยนแปลง (%)	**ปริมาณขยะ (ตันต่อวัน)**	**NPV (บาท)**	**IRR (%)**	**Payback Period (ปี)**
-10%	155.14	283.12	43.36	2.63
0%	172.38	396.79	55.47	2.11
10%	189.62	510.43	67.49	1.60
การเปลี่ยนแปลง (%)	**ราคาเชื้อเพลิงขยะ (บาท)**	**NPV (บาท)**	**IRR (%)**	**Payback Period (ปี)**
-10%	1,878	283.12	43.36	2.63
0%	2,087	396.79	55.47	2.11
10%	2,296	510.43	67.49	1.60
การเปลี่ยนแปลง (%)	**ต้นทุนเครื่องจักร (บาท)**	**NPV (บาท)**	**IRR (%)**	**Payback Period (ปี)**
-10%	100,915,100	422.25	63.14	1.71
0%	112,127,889	396.79	55.47	2.11
10%	123,340,677	371.33	49.18	2.35
การเปลี่ยนแปลง (%)	**ค่าความร้อน (MJ/kg)**	**NPV (บาท)**	**IRR (%)**	**Payback Period (ปี)**
-10%	23.99	283.12	43.36	2.63
0%	26.66	396.79	55.47	2.11
10%	29.33	510.43	67.49	1.60

จากตารางที่ 4.12 จากทั้ง 4 ปัจจัยพบว่า ในการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆที่ใช้ในการดำเนินงาน มีผลต่ออัตราผลตอบแทนและความคุ้มค่าในการลงทุน โดยปัจจัยที่ให้ค่าที่เหมือนกัน ประกอบไปด้วย ปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลง เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 1.60 ปี และถ้า ลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 2.63 ปี ส่วนปัจจัยต้นทุนเครื่องจักรนั้นมีค่าต่างออกไป โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 2.35 ปี และถ้าค่าความร้อน ลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 1.71 ปี และเมื่อทำการวิเคราะห์แยกตามปัจจัย สามารถเปรียบเทียบจากกราฟ ดังรูปที่ 4.1-4.6

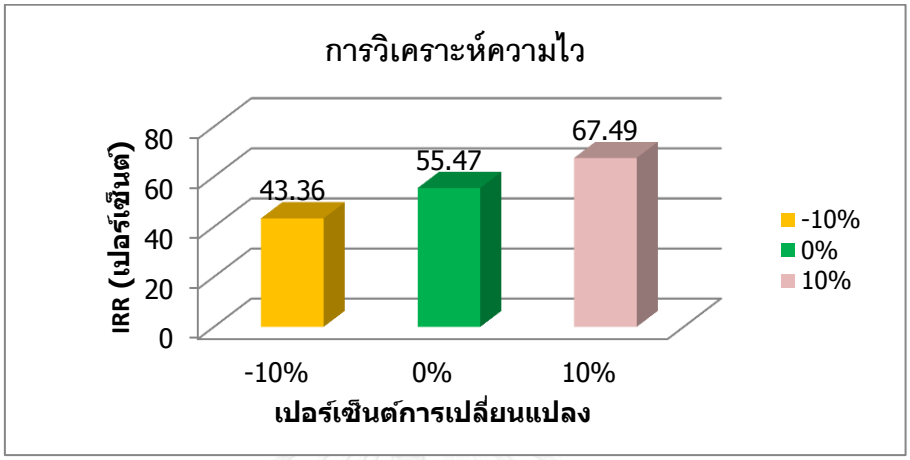
การวิเคราะห์ความไว กำหนดให้ปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลง 10 เปอร์เซ็นต์

กราฟแสดงปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน ที่เปลี่ยนแปลงเทียบกับ NPV พบว่า ถ้าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ NPV เท่ากับ 510.43 ล้านบาท และถ้าปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน ลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ NPV เท่ากับ 283.12 ล้านบาท ดังรูปที่ 4.1



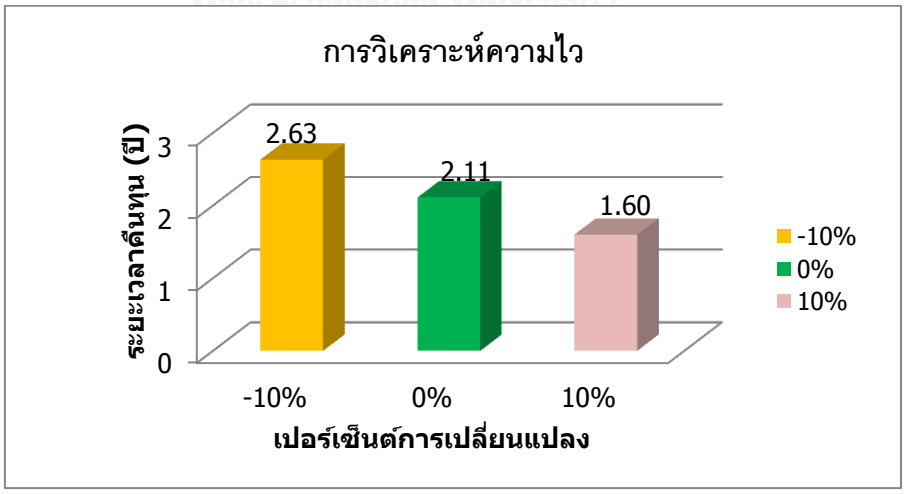
รูปที่ 4.1 การวิเคราะห์ความไวของปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน เทียบกับการเปลี่ยนแปลงของ NPV

กราฟแสดงปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน ที่เปลี่ยนแปลงเทียบกับ IRR พบว่า ถ้าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ IRR เท่ากับ 67.49 เปอร์เซ็นต์ และถ้าปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน ลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ IRR เท่ากับ 43.36 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การวิเคราะห์ความไวของปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน เทียบกับการเปลี่ยนแปลงของ IRR

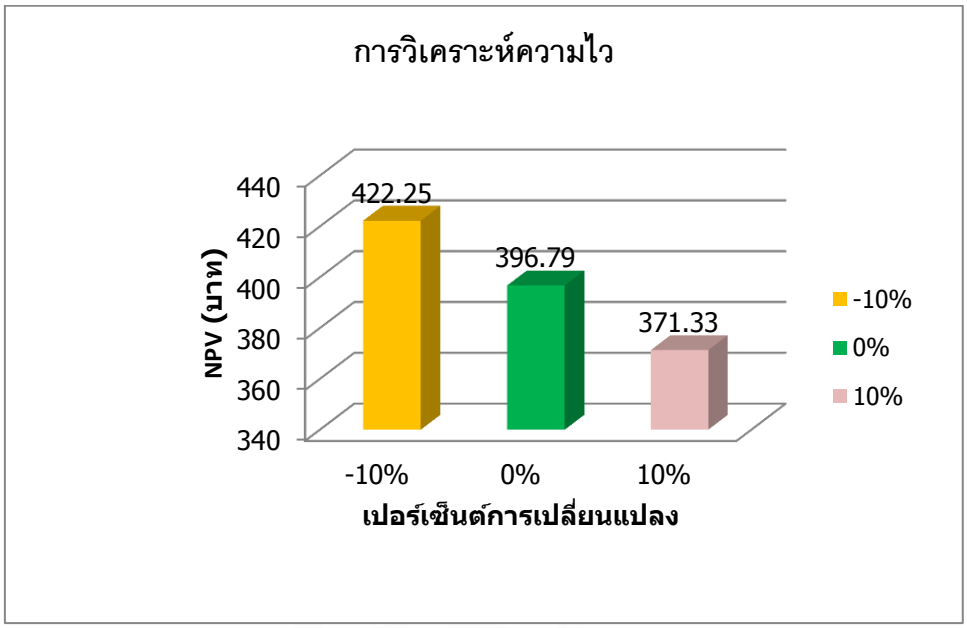
กราฟแสดงปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน ที่เปลี่ยนแปลงเทียบกับระยะเวลาคืนทุน พบว่า ถ้าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณขยะราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 1.60 ปี และถ้าปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน ลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 2.63 ปี เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์ความไวของปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน เทียบกับการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาคืนทุน

การวิเคราะห์ความไว กำหนดให้ปัจจัยต้นทุนเครื่องจักร มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลง 10 เปอร์เซ็นต์

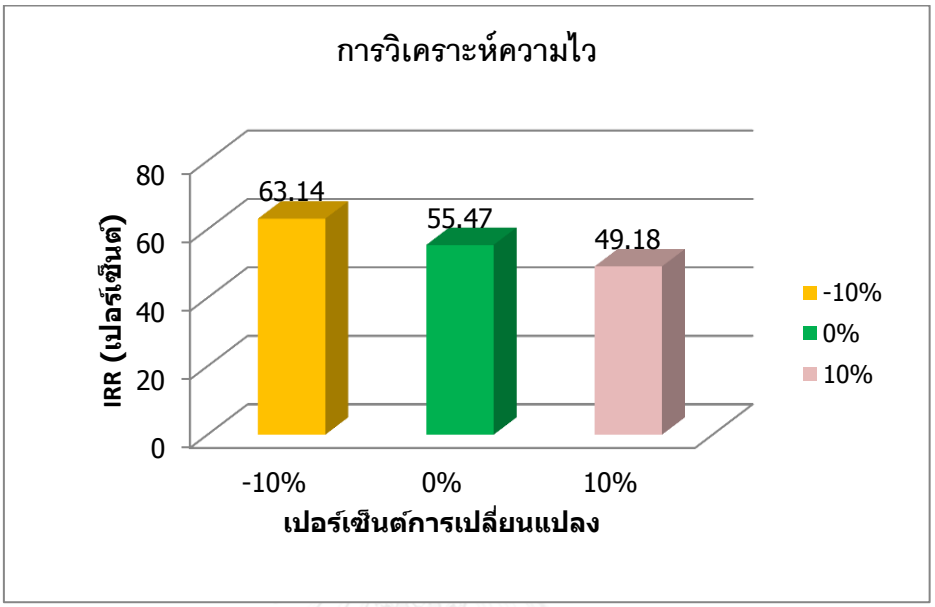
กราฟแสดงปัจจัยต้นทุนเครื่องจักรที่เปลี่ยนแปลงเทียบกับNPV พบว่า ถ้าการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนเครื่องจักร เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ NPV เท่ากับ 371.33 ล้านบาท และถ้าต้นทุนเครื่องจักรลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ NPV เท่ากับ 422.25 ล้านบาท ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์ความไวของปัจจัยต้นทุนเครื่องจักร เทียบกับการเปลี่ยนแปลงของ NPV

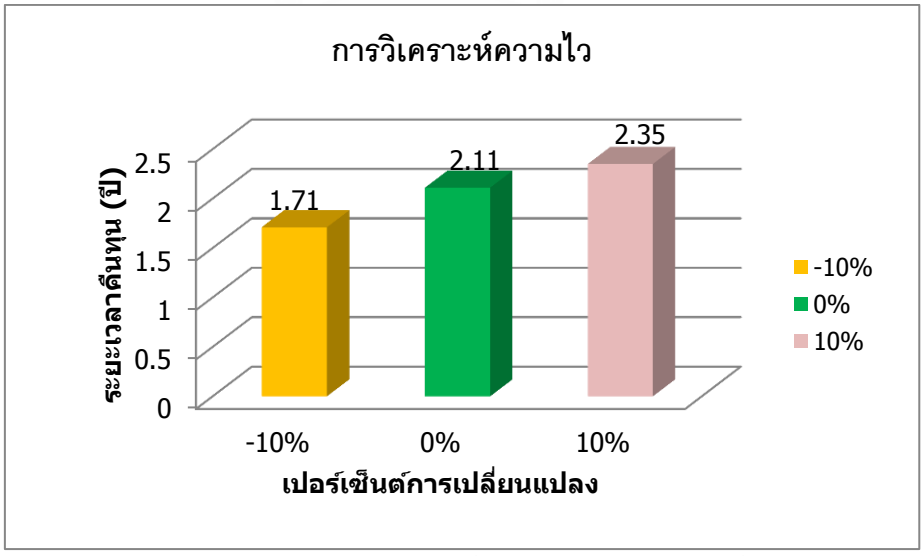
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กราฟแสดงปัจจัยต้นทุนเครื่องจักร ที่เปลี่ยนแปลงเทียบกับIRR พบว่า ถ้าการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนเครื่องจักร เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ IRR เท่ากับ 49.18 เปอร์เซ็นต์ และถ้าต้นทุนเครื่องจักร ลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ IRR เท่ากับ 63.14 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การวิเคราะห์ความไวของปัจจัยต้นทุนเครื่องจักร เทียบกับการเปลี่ยนแปลงของ IRR

กราฟแสดงปัจจัยต้นทุนเครื่องจักร ที่เปลี่ยนแปลงเทียบกับระยะเวลาคืนทุน พบว่า ถ้าการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนเครื่องจักร เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 2.35 ปี และถ้าต้นทุนเครื่องจักร ลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 1.71 ปี ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การวิเคราะห์ความไวของปัจจัยต้นทุนเครื่องจักร เทียบกับการเปลี่ยนแปลงของ ระยะเวลาคืนทุน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้ ประกอบด้วยการศึกษา 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนแรกเป็นส่วนของขั้นตอนการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง ส่วนที่สอง การคัดแยกองค์ประกอบของขยะ ปริมาณขยะ และการวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ และส่วนที่สาม เป็นส่วนของการวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ จากการศึกษานี้ สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าขยะในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรีมีปริมาณมากเพียงพอต่อการผลิตเชื้อเพลิงขยะ และเมื่อนำขยะมาศึกษา จึงเลือก เศษอาหาร พลาสติก กระดาษ และไม้ เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเชื้อเพลิงขยะ โดยมีค่าความร้อน เท่ากับ 26.66 MJ/kg และรูปแบบขั้นตอนการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิงซึ่งมีขั้นตอนการผลิต 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1.การลำเลียงและการแยกขยะ 2.การแยกโลหะ 3.การอัดขยะ 4.การย่อยขยะอย่างหยาบ 5.การอบไล่ความชื้น 6.การย่อยขยะอย่างหยาบ 7. การผสมตัวประสาน และ8.การอัดแท่ง

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ทางเลือกที่ดีที่สุดในการใช้พลังงาน คือ การใช้ฮีทปั๊ม ในขั้นตอนที่ 5 การอบไล่ความชื้น พบว่ามีมูลค่าปัจจุบัน (NPV) เท่ากับ 396.79 ล้านบาท ซึ่งมีค่ามากกว่าศูนย์ แสดงว่าน่าลงทุน อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 55.47 เปอร์เซ็นต์ โดยคิดอัตราคิดลด (Discounted rate) ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอัตราผลตอบแทนภายในมีค่ามากกว่าอัตราคิดลด แสดงว่าน่าลงทุน และระยะเวลาคืนทุน (Discounted Payback Period) เท่ากับ 2.11 ปี โดยอายุโครงการ 15 ปี ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอายุโครงการ แสดงว่าน่าลงทุน

การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนของโครงการ ได้แก่ ปริมาณขยะต่อวัน ราคาเชื้อเพลิงขยะ ต้นทุนเครื่องจักร และ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ โดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์และลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และ ค่าความร้อนขยะ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงมากกว่าปัจจัยต้นทุนเครื่องจักร เมื่อปัจจัยปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และ ค่าความร้อนขยะ มีการเปลี่ยนแปลงลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 2.63 ปี ส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนล้าช้าจากเดิม 0.52 ปี และถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 1.60 ปี ส่งผลให้ ระยะเวลาคืนทุนเร็วจากเดิม 0.51 ปี

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากการวิจัยนี้ได้คำนึงถึงด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ในส่วนของต้นทุน อาจมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา ซึ่งผู้วิจัยได้อ้างอิง ณ. ปัจจุบัน

2. ควรมีแนวทางส่งเสริมการแยกขยะเปียกออกจากขยะแห้ง เพื่อที่จะนำมาทำประโยชน์ที่มีคุณค่าต่อได้

3.ถ้านำเศษอาหารไปทำปุ๋ยหรือก๊าซชีวภาพแล้วนำแก๊สที่ได้มาทำเป็นเชื้อเพลิง น่าจะเป็นทางเลือกอีกหนึ่งทางเลือก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

สมชัย รัตนฤดีรมณ์ .(2554) การบริหารจัดการขยะมูลฝอย. บริษัท ทีพีไอ โพลีน จำกัด (มหาชน) .

แนวทางการจัดการขยะมูลฝอยแบบครบวงจรและการมีส่วนร่วมของชุมชนในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองท่าข้าม จังหวัดสุราษฎ์ธานี. (2553). สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

Jidapa Nithikul1, Obuli. P. Karthikeyan2,Reject management from a Mechanical Biological Treatment plant in Bangkok, Thailand

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี(2558), ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง, การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม. (ออนไลน์).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

1. สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ *Feed-in Tariff*. 2553.
2. เทศบาลนครนนทบุรี. ข้อมูลเทศบาลนครนนทบุรี. 2557; Available from: http://www.nakornnont.com/data/data2/.
3. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยของเทศบาลทั่วประเทศ. 2547: ศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
4. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, เทคโนโลยีผลิตเชื้อเพลิงขยะ, in คู่มือพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน. 2554, เอเบิล คอนซัลแตนท์ จำกัด: กรุงเทพมหานคร. p. 51-52.
5. สัญชัย ชนะสงคราม เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (*Refuse Derived Fuel : RDF)*. 2553.
6. ปัณฑริดา ไชยจิตร, รูปแบบการจัดการขยะชุมชนแบบบูรณาการสำหรับเทศบาลนครเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี, in บัณฑิตวิทยาลัย. 2556, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพมหานคร.
7. กรรณิการ์ ชูขันธ์, การศึกษาระบบการจัดการขยะมูลฝอย เทศบาลนครปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี, in สาขาวิชาการจัดการภาครัฐและภาคเอกชน บัณฑิตวิทยาลัย. 2554, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
8. ภมร แสนสิ่ง, การวิเคราะห์พลังงานและต้นทุนของการผลิตเชื้อเพลงจากขยะ ของเสียในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, in คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2554, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
9. อรรถกร ฤกษ์วิรี, เชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยชุมชนอัดแท่ง, in บัณฑิตวิทยาลัย. 2549, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพมหานคร.
10. ดร.ทิพย์สุภินทร์ หินซุย, เทคโนโลยีการจัดการขยะชุมชนแบบครบวงจร "เทคโนโลยีการจัดการขยะท้องถิ่น ด้วยวิธีการแบบเชิงกล-ชีวภาพ และการแปรรูปขยะเป็นน้ำมัน". 2553, ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
11. Atritor. *Turbo Separate*. 2558 [cited 2558; Available from: http://www.atritor.com/en/products/separator.

12. Antonio C. Caputo, P.M.P., *RDF production plants: I Design and costs.* Applide Thermal Engineering, 2001. **22**: p. 423-437.
13. SM CORPORATION CO., L. *eCatalog*. 2558 [cited 2558; Available from: http://www.thaitechno.net/t1/home.php?uid=41931.
14. Zhengzhou Kehua Industrial Equipment Co., L. *Zhengzhou Taicheng Mining Machinery* 2558 [cited 2558; Available from: http://thai.alibaba.com/product-gs/zhengke-brand-2-4m-20m-25-28t-h-food-waste-dryer-1430124819.html.
15. DGEngineering, *An interdisciplinary waste management concept*. 2014.
16. World Bank, *Municipal Solid Waste Incineration*. 1999: Washington,D.C. p. 13.
17. Argus. *Indonesian Coal Index / ICI (Coal)*. 2558 [cited 2558; Available from: https://www.argusmedia.com/Methodology-and-Reference/Key-Prices/ICI.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก1 ตารางค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

ประเภท	ชนิดเชื้อเพลิง	ค่าความร้อน (หน่วยอังกฤษ)	ค่าความร้อน (หน่วย SI)
เชื้อเพลิงแข็ง	ถ่านหินบิทูมินัส	6,297.16 kcal/kg	26,,366.21 kJ/kg
	ถ่านหินลิกไนท์	2,500.24 kcal/kg	10,468.50 kJ/kg
	ขี้เลื่อย	2,598.14 kcal/kg	10,878.41 kJ/kg
	แกลบ	3,438.72 kcal/kg	14,397.92 kJ/kg
	ชานอ้อย	1,798.16 kcal/kg	7,528.90 kJ/kg
เชื้อเพลิงเหลว	น้ำมันเบนซิน	8,245.76 kcal/L	34,525.00 kJ/L
	น้ำมันดีเซล	8,697.10 kcal/L	36,414.76 kJ/L
	น้ำมันเตาเอ	9,857.66 kcal/L	41,274.02 kJ/L
	น้ำมันเตาซี	9,117.38 kcal/L	38,174.47 kJ/L
เชื้อเพลิงก๊าซ	ก๊าซธรรมชาติ	8,763.96 kcal/Nm3	36,694.47 kJ/Nm3
	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	11,992.53 kcal/kg	50,220 kJ/kg

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก2 ตารางค่าความชื้นของขยะ

Mass basis		*Fraction basis*				*Calorific values*	
Fraction	*% of Waste*	*Moisture W %*	*Solids TS%*	*Ash A%*	*Combustible C%*	H_{awf} *kJ/kg*	H_{inf} *kJ/kg*
Food and organic waste	45.0	66	34	13.3	20.7	17,000	1,912
Plastics	23.1	29	71	7.8	63.2	33,000	20,144
Textiles	3.5	33	67	4.0	63.0	20,000	11,789
Paper & cardboard	12.0	47	53	5.6	47.4	16,000	6,440
Leather and rubber	1.4	11	89	25.8	63.2	23,000	14,265
Wood	8.0	35	65	5.2	59.8	17,000	9,310
Metals	4.1	6	94	94.0	0.0	0	–147
Glass	1.3	3	97	97.0	0.0	0	–73
Inerts	1.0	10	90	90.0	0.0	0	–245
Fines	0.6	32	68	45.6	22.4	15,000	2,584
Weighted average	100.0	46.7	53.3	10.2	43.1		7,650

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข1 ตารางคำนวณหาค่า NPV, IRR และ Payback Period ของทางเลือก Heat Pump

List	Year							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Investment Cost, Baht	112,127,888							
Benefit,Baht		133,937,553	136,616,305	139,348,631	142,135,603	144,978,315	147,877,882	150,835,439
Expense,Baht		57,051,492	58,192,522	59,356,372	60,543,500	61,754,370	62,989,457	64,249,246
Maintenance ,Baht		16,819,183	17,155,567	17,498,678	17,848,652	18,205,625	18,569,737	18,941,132
Ben-Exp-Other,Baht		60,066,878	61,268,216	62,493,580	63,743,452	65,018,321	66,318,687	67,645,061
Cash Flow,Baht	-112,127,889	- 57,521,636	- 6,886,746	40,065,605	83,603,241	123,974,503	161,409,673	196,122,285
List	Year							
	8	9	10	11	12	13	14	15
Investment Cost, Baht								
Benefit,Baht	153,852,148	156,929,191	160,067,775	163,269,130	166,534,513	169,865,203	173,262,507	176,727,757
Expense,Baht	65,534,231	66,844,916	68,181,814	69,545,450	70,936,359	72,355,086	73,802,188	75,278,232
Maintenance ,Baht	19,319,955	19,706,354	20,100,481	20,502,491	20,912,540	21,330,791	21,757,407	22,192,555
Ben-Exp-Other,Baht	68,997,962	70,377,921	71,785,480	73,221,190	74,685,613	76,179,326	77,702,912	79,256,970
Cash Flow,Baht	228,310,343	258,157,452	285,833,862	311,497,443	335,294,581	357,361,018	377,822,623	396,796,112
i,%	10%							
NPV ,Baht	396,796,112							
Pay Back ,yr	2.11							
IRR,%	55.47%							

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข2 ตารางคำนวณหาค่า NPV, IRR และ Payback Period ของทางเลือก LPG

List	Year							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Investment Cost, Baht	112,127,888							
Benefit,Baht		133,937,553	136,616,305	139,348,631	142,135,603	144,978,315	147,877,882	150,835,439
Expense,Baht		72,632,789	74,085,445	75,567,154	77,078,497	78,620,067	80,192,469	81,796,318
Maintenance ,Baht		16,819,183	17,155,567	17,498,678	17,848,652	18,205,625	18,569,737	18,941,132
Ben-Exp-Other,Baht		44,485,581	45,375,292	46,282,798	47,208,454	48,152,623	49,115,676	50,097,989
Cash Flow,Baht	-112,127,889	- 71,686,452	- 34,186,210	586,741	32,830,751	62,729,741	90,454,259	116,162,449
List	Year							
	8	9	10	11	12	13	14	15
Investment Cost, Baht								
Benefit,Baht	153,852,148	156,929,191	160,067,775	163,269,130	166,534,513	169,865,203	173,262,507	176,727,757
Expense,Baht	83,432,244	85,100,889	86,802,907	88,538,965	90,309,744	92,115,939	93,958,258	95,837,423
Maintenance ,Baht	19,319,955	19,706,354	20,100,481	20,502,491	20,912,540	21,330,791	21,757,407	22,192,555
Ben-Exp-Other,Baht	51,099,949	52,121,948	53,164,387	54,227,675	55,312,228	56,418,473	57,546,842	58,697,779
Cash Flow,Baht	140,000,953	162,105,747	182,602,919	201,609,388	219,233,569	235,575,991	250,729,873	264,781,654
i,%	10%							
NPV ,Baht	264,781,654							
Pay Back ,yr	2.74							
IRR,%	41.38%							

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกรกมล สราญรมย์ เกิดวันที่ 11 กันยายน พ.ศ.2532 สำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษาที่โรงเรียนสวนกุหลาบรังสิต และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2554 และได้เข้ารับการศึกษาต่อในหลักสูตร สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University