การศึกษารูปแบบการจัดตั้งโรงงานแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง กรณีศึกษา เทศบาลนครนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

กรกมล สราญรมย์ [1,*] ***และ วิทยา ยงเจริญ*** [2]

[1] *สหสาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

[2] *ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ*

**E-mail : motto_monster@msn.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการจัดตั้งโรงงานแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง ในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี โดยปัจจุบันปริมาณขยะชุมชนมีแนวโน้มที่สูงขึ้นทุกปีและยังเป็นปัญหาในการกำจัดอยู่ในปัจจุบัน โดยมีเป้าหมายที่จะนำเอาขยะ มาทำการศึกษาเพื่อนำมาแปรรูปเป็นขยะเชื้อเพลิง ในวิธีการศึกษาได้สำรวจปริมาณขยะและองค์ประกอบของขยะ จากนั้นเลือกประเภทขยะที่จะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงแล้วนำมาหาค่าความร้อน จากนั้นจึงกำหนดรูปแบบขั้นตอนในการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง พร้อมวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลการศึกษา พบว่าพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรีมีขยะที่สามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของเชื้อเพลิงขยะทั้งสิ้น 174 ตันต่อวัน โดยเลือก พลาสติก กระดาษ และไม้ เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ ซึ่งจะใช้ปูนขาวเป็นตัวประสานในการอัดแท่งเพื่อให้ยึดเกาะได้ดี ทั้งนี้โดยมีอัตราส่วน 38 :4 :1 :1 ตามลำดับ เมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะแล้ว มีกำลังการผลิต เท่ากับ 71.56 ตันต่อวัน ซึ่งให้ค่าความร้อน เท่ากับ 23.79 MJ/KG รูปแบบโรงงานแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิงจะมีขั้นตอน 7 ขั้นตอนในการผลิต ซึ่งวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์แล้วพบว่า ที่อัตราคิดลด 10 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าปัจจุบัน 118,772,598 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน เท่ากับ 30.91 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะเวลาคืนทุน 4.11 ปี อายุโครงการ 15 ปี

คำสืบค้น

การจัดตั้งโรงงาน, เชื้อเพลิงขยะ

A Case Study Of A Waste Processing Plant Fuel Establishment In Nonthaburi Municipality, Nonthaburi Province.

Kornkamol Saranrom [1,] and Wittaya Yongcharoen [2]*

[1]*Energy Technology and Management, Graduate School-Interdisciplinary Program, Chulalongkorn University.*

[2]*Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.*

**E-mail : motto_monster@msn.com*

ABSTRACT

This research purposes to study the establishment of a waste processing plant fuel in Nonthaburi area. Currently, the amount of waste tends to increase in every year, and also the problem of eliminating the wastes still has not completely solved. The goal of this research is to bring out the garbage to study and to be processed into Refuse Derived Fuel. The study discovered how the composition of waste and garbage. Then, select the type of waste that will be used to produce fuel and to determine the heat. Then define the procedure for processing waste into fuel with analysis of economic value. The results showed that there are the wastes that can be component of fuel around 174 tons per day in Nonthaburi city area. Plastic, paper and wood waste are selected as raw materials to produce and use lime to be as a emulsifier for briquette to hold tight with a ratio of 38: 4: 1: 1 respectively. Once it processed into waste fuel, it will be able to produce fuel with a capacity of 71.56 tons per day which is equivalent to the heating value 23.79 MJ / KG. There are 7 steps to transform waste into fuel and by economic value analysis founded that the discount rate is 10 percent and net present value equals 118,772,598 baht internal rate of return of 30.91 percent and a payback period of 4.11 years, 15-year project life.

KEYWORDS

Construction Plant, RDF

1. บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยมีแนวโน้มปริมาณขยะสูงขึ้นทุกปี จากการค้นคว้าพบว่าขยะสามารถนำมาใช้แปรรูปเป็นพลังงานได้ และเพื่อลดปัญหาผลกระทบทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่จะตามมาในอนาคตโดยในแต่ละปีที่ผ่านมามีแนวโน้มมีปริมาณขยะมากกว่า 400 ตันต่อวัน

เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดและช่วยลดต้นทุนทางด้านพลังงาน ด้วยเหตุนี้ทำให้มีความสนใจที่จะทำการศึกษาศักยภาพและความคุ้มค่าการลงทุน ของการตั้งโรงงานแปรรูปขยะเป็นขยะเชื้อเพลิงเพื่อเป็นวัตถุดิบของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่จะนำไปเผาในกระบวนการผลิตไฟฟ้าต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดตั้งโรงงานแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง
2. เพื่อศึกษาศักยภาพในการลงทุนสร้างโรงงานแปรรูปขยะเป็นขยะเชื้อเพลิง

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

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะชุมชน และนำมาเปรียบเทียบกับวิธีแบบฝังกลบที่ทางเทศบาลนครนนทบุรีใช้ในปัจจุบัน โดยดำเนินการวิจัยเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่ 1.การสำรวจปริมาณขยะและคัดแยกองค์ประกอบ 2.การศึกษาค่าความร้อนของขยะ 3.กำหนดขั้นตอนการแปรรูปเชื้อเพลิงขยะ และ 4.ความคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งผลที่ได้จะนำไปสู่การหาแนวทางการแก้ปัญหาขยะจากชุมชนที่มีอยู่ในปัจจุบัน [2, 3]

2.1 การสำรวจปริมาณขยะและคัดแยกองค์ประกอบ

2.1.1 การสำรวจปริมาณขยะ

จากการลงพื้นที่สำรวจปริมาณขยะในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี ประกอบด้วย 5 ตำบล 93 ชุมชน คือ ตำบลสวนใหญ่ 13 ชุมชน ตำบลตลาดขวัญ 19 ชุมชน ตำบลบางเขน 13 ชุมชน ตำบลท่าทราย 26 ชุมชน และตำบลบางกระสอ 22 ชุมชน ซึ่งทำให้เกิดปริมาณขยะ ดังตารางที่ 1

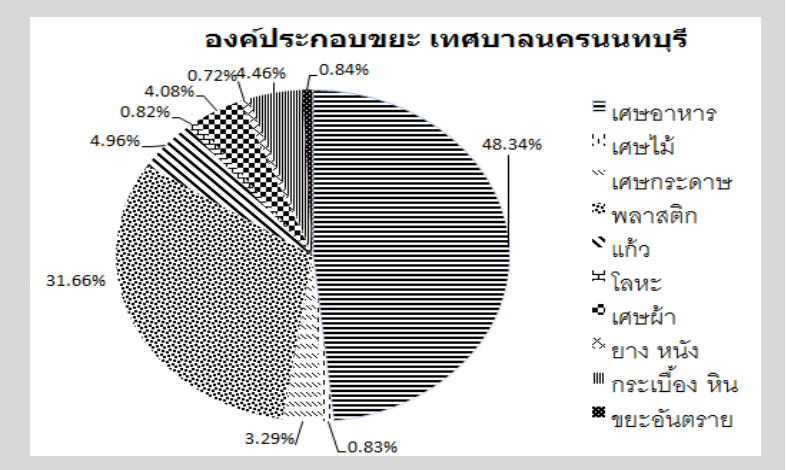
ตารางที่ 1 ปริมาณขยะมูลฝอยในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี

ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ตัน/วัน	ปริมาณขยะที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ ตัน/วัน	การนำไปกำจัด (Landfill) ตัน/วัน
488.66	121.66	377.00

จากตารางที่ 1 แสดงปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น จากการลงพื้นที่บ่อขยะไทรน้อย จังหวัดนครนนทบุรี [4,5]

2.1.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอย

เทศบาลนครนนทบุรีมีการแยกองค์ประกอบของขยะในพื้นที่ ปีละ 2 ครั้ง พบว่ามีการแยกแต่ละประเภท ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 องค์ประกอบของขยะในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี

จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลปริมาณขยะ โดยได้ทำการคัดแยกด้วยวิธีการสุ่ม พบว่าอัตราส่วน ของพลาสติก เศษกระดาษ และไม้ ที่สามารถนำมาแปรรูป เป็นเชื้อเพลิงขยะ คิดเป็นร้อยละ 31.66%, 3.29% และ 0.83% ตามลำดับ มีสัดส่วนสูงกว่าองค์ประกอบอื่นๆ จึงมีความเป็นไปได้สำหรับการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง และเหมาะต่อการนำไปใช้ประโยชน์มากกว่าการนำไปฝังกลบที่บ่อขยะ

2.2 กำหนดขั้นตอนการแปรรูปเชื้อเพลิงขยะ

ขั้นตอนการแปรรูปประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 ขั้นตอนกระบวนการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง

จากภาพที่ 2 ได้เลือกใช้กระบวนการแปรรูปโดยยึดแนวทางของสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย [6] เพื่อกำหนดขั้นตอนการผลิต หลังจากได้ขั้นตอนการผลิตแล้ว จึงเลือกหาเครื่องจักรที่มีในท้องตลาดและมีกำลังการผลิตที่เหมาะสมกับปริมาณขยะที่มีอยู่ในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี

2.3 ศึกษาค่าความร้อนของขยะ

การศึกษาหาค่าความร้อนโดยทำการเปรียบเทียบจากตารางค่าความร้อนเฉลี่ยของวัสดุแต่ละประเภทของขยะ เพื่อการคำนวณหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความร้อนเฉลี่ยของขยะแต่ละประเภท

ประเภทขยะ	ค่าความร้อน (MJ/kg)
เศษอาหาร	15-20
พลาสติก	15-25
ผ้า	19
ยาง	20-25
กระดาษ	16-19
ไม้	19

จากตารางที่ 2 ได้นำความความร้อนของขยะแต่ละประเภทโดยยึดหลักของ The World Bank " Municipal Solid Waste Incineration" [7] มาคำนวณค่าความร้อนตามปริมาณสัดส่วนของขยะ โดยตัวประสานที่เลือกใช้คือ ปูนขาว เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ สามารถจับตัวเป็นก้อนได้ดี ง่ายต่อการอัดแท่ง เพื่อประเมินค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดราคาของเชื้อเพลิงขยะโดยจะเปรียบเทียบกับค่าความร้อนและราคาของถ่านหิน

2.4 ความคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์

การศึกษาความคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์นั้น ได้ค้นคว้าหาต้นทุนของเครื่องจักร ต้นทุนการดำเนินงาน ได้แก่ ค่าใช้จ่ายการดำเนินงาน ค่าใช้จ่ายงานซ่อมบำรุง และค่าใช้จ่ายอื่นๆ เป็นต้น โดยจะนำมาคำนวณหามูลค่าปัจจุบัน (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Discounted Payback Period) เพื่อประกอบการตัดสินใจสำหรับการลงทุน ซึ่งจะใช้อัตราคิดลดที่ 10 เปอร์เซ็นต์ต่อปี และอัตราเงินเฟ้อ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยให้อายุโครงการ เท่ากับ 15 ปี

3. ผลการวิจัย

3.1 กำลังการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปเชื้อเพลิงขยะ

จากการกำหนดขั้นตอนการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิงดังภาพที่ 2 นั้น จะทำการคำนวณหากำลังการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปขยะ เพื่อสามารถกำหนดขนาดของเครื่องจักรให้เหมาะสม และสอดคล้องกับปริมาณขยะในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรี ดังตารางที่ 3 [8]

ตารางที่ 3 รายละเอียดประเภทของเครื่องจักรตามกำลังการผลิต

ขั้นตอน	เครื่องจักร	กำลังการผลิตของเครื่องจักร (ตันต่อชั่วโมง)	กำลังการผลิตของเครื่องจักร (ตันต่อวัน)
1	สายพานลำเลียง	62.50	500
2	เครื่องแยกโลหะ	5.00	40
		10.00	80
		15.00	120
3	เครื่องย่อยอย่างหยาบ	6.00	48
		10.00	80
		15.00	120
		25.00	200
4	เครื่องอบความชื้น	6.00	48
5	เครื่องย่อยอย่างละเอียด	2.00	16
		4.00	32
		6.00	48
6	เครื่องผสม	4.00	32
7	เครื่องอัดแท่ง	15.00	120

จากข้อมูลกำลังการผลิตของเครื่องจักรใน ตารางที่ 3 สามารถคำนวณหากำลังการผลิตที่ใช้ต่อวันได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 กำลังการผลิตของเครื่องจักรและกำลังการผลิตที่ใช้ของแต่ละขั้นตอน

ขั้นตอน	เครื่องจักร	กำลังการผลิตของเครื่องจักร (ตันต่อวัน)	กำลังการผลิตที่ใช้ (ตันต่อวัน)
1	สายพานลำเลียง	500	377.00
2	เครื่องแยกโลหะ	200	177.94
3	เครื่องย่อยอย่างหยาบ	200	174.85
4	เครื่องอบความชื้น	192	174.85
5	เครื่องย่อยอย่างละเอียด	80	69.94
6	เครื่องผสม	96	71.56
7	เครื่องอัดแท่ง	120	71.56

จากตารางที่ 4 เลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต ในตารางที่ 3 ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สายพานลำเลียง จากกำลังการผลิตของเครื่องจักรสามารถป้อนขยะได้ เพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

ขั้นตอนที่ 2 เครื่องแยกโลหะ จากกำลังการผลิตที่ใช้สำหรับการแปรรูป เท่ากับ 177.94 ตันต่อวัน จึงเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต 15 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง และ 10 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง รวมกำลังการผลิตทั้งสิ้น 200 ตันต่อวัน ซึ่งเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

ขั้นตอนที่ 3 เครื่องย่อยขยะอย่างหยาบ จากกำลังการผลิตที่ใช้สำหรับการแปรรูป เท่ากับ 174.85 ตันต่อวัน จึงเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต 25 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง รวมกำลังการผลิตทั้งสิ้น 200 ตันต่อวัน ซึ่งเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

ขั้นตอนที่ 4 เครื่องอบความชื้น จากกำลังการผลิตที่ใช้สำหรับการแปรรูป เท่ากับ 174.85 ตันต่อวัน จึงเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต 6 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 4 เครื่อง รวมกำลังการผลิตทั้งสิ้น 192 ตันต่อวัน ซึ่งเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

ขั้นตอนที่ 5 เครื่องย่อยอย่างละเอียด จากกำลังการผลิตที่ใช้สำหรับการแปรรูป เท่ากับ 69.94 ตันต่อวัน จึงเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต 6 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง และ 4 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง รวมกำลังการผลิตทั้งสิ้น 80 ตันต่อวัน ซึ่งเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

ขั้นตอนที่ 6 เครื่องผสม จากกำลังการผลิตที่ใช้สำหรับการแปรรูป เท่ากับ 71.56 ตันต่อวัน จึงเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต 4 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 3 เครื่อง รวมกำลังการผลิตทั้งสิ้น 96 ตันต่อวัน ซึ่งเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

ขั้นตอนที่ 7 เครื่องอัดแท่ง จากกำลังการผลิตที่ใช้สำหรับการแปรรูป เท่ากับ 71.56 ตันต่อวัน จึงเลือกเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต 15 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง รวมกำลังการผลิตทั้งสิ้น 120 ตันต่อวัน ซึ่งเพียงพอต่อกำลังการผลิตที่ใช้ต่อวัน

3.2 วิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ

จากตารางที่ 2 เมื่อนำค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะมาคิดตามสัดส่วน พบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะที่มีองค์ประกอบ พลาสติก กระดาษ ไม้ และตัวประสาน ในอัตราส่วน 38 : 4 : 1 : 1 ให้ค่าความร้อน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะแยกตามสัดส่วนปริมาณขยะ

ขยะแปรรูปเป็นเชื้อเพลิง				
ประเภทขยะ	พลาสติก	กระดาษ	ไม้	ตัวประสาน
ร้อยละสัดส่วนของประเภทขยะ (%)	0.86	0.09	0.02	0.02
ค่าความร้อนของประเภทขยะ (MJ/kg)	25.00	19.00	19.00	1.66
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ (MJ/kg)	23.79			

จากตารางที่ 5 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะที่มีส่วนผสมของ พลาสติก: กระดาษ: ไม้: ปูนขาว ในอัตราส่วน 38 : 4 : 1 : 1 ให้ค่าความร้อน เท่ากับ 23.79 MJ/kg สัดส่วนที่ได้มาจากปริมาณขยะทั้งหมดในพื้นที่

3.3 วิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนเป็นส่วนหนึ่งของการตัดสินใจสำหรับผู้ลงทุนในโครงการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นได้หาข้อมูลราคาเครื่องจักรในท้องตลาดปัจจุบัน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รายละเอียดต้นทุนประเภทของเครื่องจักรตามกำลังการผลิต

ขั้นตอน	เครื่องจักร	กำลังการผลิต (ตันต่อชั่วโมง)	จำนวน (หน่วย)	ต้นทุนเครื่องจักร (บาท/หน่วย)	ต้นทุนเครื่องจักร (บาท)
1	สายพานลำเลียง	62.50	1.00	585,522.00	585,522
2	เครื่องแยกโลหะ	5.00	0	1,366,470.00	0
		10.00	1.00	1,581,174.00	1,581,174
		15.00	1.00	1,873,746.00	1,873,746
3	เครื่องย่อยอย่างหยาบ	6.00	0	2,147,418.00	0
		10.00	0	4,099,410.00	0
		15.00	0	4,880,358.00	0
		25.00	1.00	5,856,354.00	5,856,354
4	เครื่องอบความชื้น	6.00	4.00	11,713,086.00	46,582,344
5	เครื่องย่อยอย่างละเอียด	2.00	0	4,880,358.00	0
		4.00	1.00	5,465,880.00	5,465,880
		6.00	1.00	5,856,354.00	5,856,354
6	เครื่องผสม	4.00	3.00	168,700.00	506,100
7	เครื่องอัดแท่ง	15.00	1.00	10,122,000.00	10,122,000
รวม		-	-	-	78,699,474

จากตารางที่ 6 แสดงรายละเอียดของต้นทุนประเภทเครื่องจักรตามกำลังการผลิต ทั้งนี้ได้เลือกกำลังการผลิต ที่เหมาะสมกับปริมาณขยะตามที่มีอยู่ในแต่ละขั้นตอน ดังนั้นต้นทุนแรกเริ่ม เท่ากับ 78,699,474 บาท

กำหนดให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยเท่ากับ 3.715 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ค่าแรงงาน 10,000 บาทต่อคนต่อเดือน ชั่วโมงการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน และวันทำงาน 365 วันต่อปี

จากข้อมูลตารางที่ 6 สามารถคำนวณหาต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

รายการ	รายการค่าใช้จ่าย	กำลังการผลิตของเครื่องจักร (ตันต่อชั่วโมง)	จำนวน (หน่วย)	กำลังไฟฟ้า (kW)	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)
1	สายพานลำเลียง	62.50	1.00	5.00	54,203
	แรงงาน	-	10.00	-	1,200,000
2	เครื่องแยกโลหะ	10.00	1.00	6.25	67,753
		15.00	1.00	6.60	71,547
	แรงงาน	-	4.00	-	480,000
3	เครื่องย่อยอย่างหยาบ	25.00	1.00	55.00	596,228
	แรงงาน	-	2.00	-	240,000
4	เครื่องอบความชื้น	6.00	4.00	140.00	6,070,680
	แรงงาน	-	2.00	-	240,000
5	เครื่องย่อยอย่างละเอียด	4.00	1.00	250.00	2,710,125
		6.00	1.00	300.00	3,252,150
	แรงงาน	-	4.00	-	480,000
6	เครื่องผสม	4.00	3.00	50.00	1,626,075
	แรงงาน	-	6.00	-	720,000
7	เครื่องอัดแท่ง	15.00	1.00	60.00	650,430
	แรงงาน	-	2.00	-	240,000
8	ค่าซ่อมบำรุง (10% First cost)	-	-	-	7,689,947
รวม		**147.50**	-	**872.85**	**26,569,138**

จากตารางที่ 7 แสดงค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน โดยมีค่าใช้จ่ายหลัก ได้แก่ ค่าไฟฟ้า ค่าแรงงาน ค่าซ่อมบำรุง รวมค่าใช้จ่าย เท่ากับ 26,569,138 บาทต่อปี

การกำหนดราคาขายเชื้อเพลิงขยะ โดยอ้างอิงจากค่าความร้อนของถ่านหิน ซึ่งถ่านหิน มีค่าความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 25.12 MJ/kg ราคา 1,977 บาทต่อตัน [9] ดังนั้น ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ เท่ากับ 23.79 MJ/kg ราคาเท่ากับ 1,872 บาทต่อตัน

หลังจากการคำนวณหาต้นทุนและราคาขาย สามารถนำมาวิเคราะห์หาความคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 วิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์

รูปแบบโครงการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิง	จำนวน	หน่วย
รายได้จากการขายเชื้อเพลิงขยะ (1,872 บาท/ตัน)	49,876,215	บาท/ปี
ต้นทุนแรกเริ่ม	78,699,474	บาท
ต้นทุนการดำเนินงาน	26,569,138	บาท/ปี
อายุโครงการ	15	ปี
มูลค่าปัจจุบัน (NPV)	118,772,598	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	30.91	เปอร์เซ็นต์
ระยะเวลาคืนทุน (10% Discounted Payback Period)	4.11	ปี

จากตารางที่ 8 ผลการคำนวณความคุ้มค่าการลงทุนในโครงการ พบว่า มูลค่าปัจจุบัน (NPV) เท่ากับ 118,772,598 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 30.91 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาคืนทุน (Discounted Payback Period) เท่ากับ 4.11 ปี โดยคิดอัตราคิดลด (Discounted rate) ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ อายุโครงการ 15 ปี

3.4 วิเคราะห์ความไว

กำหนดให้การวิเคราะห์ความไวมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเพิ่มขึ้นและลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจลงทุนในโครงการ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความไวของปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุน

การเปลี่ยนแปลง (%)	**ปริมาณขยะ (ตันต่อวัน)**	**NPV (บาท)**	**IRR (%)**	**Payback Period (ปี)**
-10%	64.40	76,559,510	24.05	5.33
0%	71.56	118,772,598	30.91	4.11
10%	78.72	160,985,685	37.54	3.23
การเปลี่ยนแปลง (%)	**ราคาเชื้อเพลิงขยะ (บาท)**	**NPV (บาท)**	**IRR (%)**	**Payback Period (ปี)**
-10%	1685	76,559,510	24.05	5.33
0%	1872	118,772,598	30.91	4.11
10%	2059	160,985,685	37.54	3.23
การเปลี่ยนแปลง (%)	**ต้นทุนเครื่องจักร (บาท)**	**NPV (บาท)**	**IRR (%)**	**Payback Period (ปี)**
-10%	70,829,5267	129,327,635	34.85	3.44
0%	78,699,474	118,772,598	30.91	4.11
10%	86,569,421	113,587,740	28.43	4.38
การเปลี่ยนแปลง (%)	**ค่าความร้อน (MJ/kg)**	**NPV (บาท)**	**IRR (%)**	**Payback Period (ปี)**
-10%	21.41	76,559,510	24.05	5.33
0%	23.79	118,772,598	30.91	4.11
10%	26.17	160,985,685	37.54	3.23

จากตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุนของโครงการ ได้แก่ ปริมาณขยะต่อวัน ราคาเชื้อเพลิงขยะ ต้นทุนเครื่องจักร และ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ โดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์และลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเปลี่ยนแปลงลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาคืนทุนมากที่สุด คือ ปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน ซึ่งมีผลทำให้ ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 5.33 ปี เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีความเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ ระยะเวลาคืนทุนล้าช้าจากเดิม 1.22 ปี และการเปลี่ยนแปลงเพิ่ม 10 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาคืนทุนมากที่สุด คือ ปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน ซึ่งมีผลทำให้ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 3.23 ปี เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีความเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ ระยะเวลาคืนทุนเร็วจากเดิม 0.88 ปี

4. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าขยะในพื้นที่เทศบาลนครนนทบุรีมีปริมาณมากเพียงพอต่อการผลิตเชื้อเพลิงขยะ และเมื่อนำขยะมาศึกษาค่าความร้อนพบว่ามีค่าความร้อน เท่ากับ 23.79 MJ/kg และได้กำหนดรูปแบบขั้นตอนการแปรรูปขยะเป็นเชื้อเพลิงซึ่งมีขั้นตอนการผลิต 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1.การลำเลียงและการแยกขยะ 2.การแยกแม่เหล็กและโลหะ 3.การย่อยขยะอย่างหยาบ 4.การอบความชื้น 5.การย่อยขยะอย่างหยาบ 6.การผสมตัวประสานเพื่ออัดแท่ง 7.การอัดแท่ง ทั้งนี้ได้วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่ามีมูลค่าปัจจุบัน (NPV) เท่ากับ 118,772,598 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 30.91 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาคืนทุน (Discounted Payback Period) เท่ากับ 4.11 ปี โดยคิดอัตราคิดลด (Discounted rate) ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ อายุโครงการ 15 ปี เมื่อวิเคราะห์ความไว พบว่า กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาคืนทุนมากที่สุด คือ ปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน ซึ่งมีผลทำให้ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 5.33 ปี และกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาคืนทุนมากที่สุด คือ ปริมาณขยะ ราคาเชื้อเพลิงขยะ และค่าความร้อน ซึ่งมีผลทำให้ ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 3.23 ปี

บรรณานุกรม

[1] ภมร แสนสิ่ง (2549). การวิเคราะห์พลังงานและต้นทุนของการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะของเสียในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.คณะวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[2] อรรถกร ฤกษ์วีรี (2549).เชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยชุมชนอัดแท่ง. คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] กรรณิการ์ ชูขันธ์ (2554).การศึกษาระบบการจัดการขยะมูลฝอย เทศบาลนครปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี. คณะศิลปะศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[4] สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย.(2556). สถานการณ์ขยะมูลฝอยของประเทศไทย.กรมควบคุมมลพิษ.

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

[6] สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย (2547). โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ.กรมควบคุมมลพิษ.

[7] The World Bank, " Municipal Solid Waste Incineration" The International Bank for Reconstruction and Development., Washington, D.C., Rep.1, 1999.

[8] A.C. Caputo, Pelagagge P.M. "RDF production plants: I Design and costs", Applied Thermal Engineering. 22, pp.423–437, 2002.

[9] จรินทร์ ชลไพศาล (2553). สถานการณ์ถ่านหินนำเข้าปี 2553. กลุ่มวิเคราะห์สถานการณ์เศรษฐกิจ. สำนักเศรษฐกิจและความร่วมมือระหว่างประเทศ.