

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



250320

การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตเชิงนิเวศของการผลิตเชื้อเพลิงบะจากขยะชุมชน

รพีษฐ์ มุลศรี

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
กันยายน 2554

b00855121

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



250320

# การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตเชิงนิเวศของการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะชุมชน



วรพันธ์ มุลศรี

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา  
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
กันยายน 2554

การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตเชิงนิเวศของการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะชุมชน

วรพันธ์ มูลศรี

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



.....ประธานกรรมการ

ศ.ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์

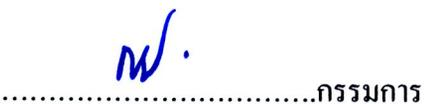
ผศ.ดร.เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล



.....กรรมการ  
ผศ.ดร.เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล



.....กรรมการ  
อ.ดร.ฉัฐนี วรรษศ



.....กรรมการ  
ผศ.ดร.ฉัฐวุฒิ คุชฎี

20 กันยายน 2554

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐ์ สัมภักตะกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ อ.ดร.ฉัฐนี วรรษ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัฐฉวี คุชฎี ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำปรึกษา ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ เพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม รวมถึงศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ทั้งหมดที่กรุณาให้ความสะดวกในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณ ดร.เหมือนจิต แจ่มศิลป์ รวมถึง นักศึกษาสาขาวิศวกรรมพลังงานทุกท่าน ในหน่วยวิจัย เพื่อการจัดการพลังงานและเศรษฐนิเวศ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ช่วยให้คำปรึกษา จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู และเป็นแรงสนับสนุนสำคัญในการศึกษามาโดยตลอด และขอบคุณครอบครัวทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและให้การช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนครูบาอาจารย์ทุกท่าน ผู้ให้ความรู้และประสิทธิ์ประสาทวิชาแก่ผู้เขียน

ท้ายที่สุดนี้ ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่าน หรือผู้ที่สนใจในเรื่องการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตเชิงนิเวศของการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะชุมชนและเนื้อหาที่เกี่ยวข้องไม่มากนักน้อย หากมีสิ่งขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับไว้เพื่อพิจารณาและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

วรพันธ์ มูลศรี

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตเชิงนิเวศของการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะชุมชน
ผู้เขียน	นายวรพันธ์ มุลศรี
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐ์ สัมภักตะกุล

บทคัดย่อ

250320

ปัจจุบันปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากชุมชนมีเพิ่มมากขึ้นทุกปี สำหรับเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ มีปริมาณขยะในแต่ละวัน มีมากถึงกว่า 7.05 ตัน หรือ 2,573 ตันต่อปี โดยการกำจัดขยะของเทศบาลฟ้าฮ่าม ส่วนใหญ่ยังใช้วิธีที่ไม่ถูกหลักสุขาภิบาล ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขอนามัยกับผู้คนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง เช่น ปัญหาของกลิ่น ปัญหาแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงต่างๆ ที่เป็นพาหะนำเชื้อโรค นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินและวิเคราะห์ผลกระทบด้านทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 จากของวิธีผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง RDF-5 โดยศึกษาเปรียบเทียบในประเด็นด้านการลดปริมาณก๊าซสภาวะโลกร้อน และมลภาวะผลกระทบต่างๆ ทางอากาศจากการผลิตเชื้อเพลิงขยะ จากขยะชุมชน และศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิงอัดแท่ง RDF-5 ในบริเวณพื้นที่เขตเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม อำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ โดยการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ด้านด้วยกัน ได้แก่ (1) ด้านศักยภาพซึ่งจะพิจารณาในแง่ของปริมาณ องค์ประกอบ (2) ด้านผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 (3) ด้านความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งจะพิจารณาในแง่ของต้นทุนการผลิต

**Thesis Title** Life Cycle Ecological Analysis of Refuse Derived Fuel  
Production from Municipal Solid Waste

**Author** Mr. Vorapan Moosri

**Degree** Master of Engineering (Energy Engineering)

**Thesis Advisor** Assistant Professor Dr. Sate Sampattagul

### **Abstract**

250320

Currently, the amount of Municipal Solid Waste (MSW) in general community increases continuously. In case of Faham Sub-District, Muang District, Chiang Mai , the amount of MSW per day is more than 7.05 tons or 2,573 tons per year. However, the Faham Municipal authority still has a MSW management using unsuitable sanitary method which affects environment and healthy of people in this area, such as bad smell, sources of disease carriers and contamination in ground water and underground water quality.

This paper aims to evaluate and compare the environmental impacts of refuse derived fuel (RDF) production from the MSW . The comparisons focused on the environmental impacts of the RDF-5 production, including its energy efficiency. The result was found the MSW disposal by RDF-5 production can reduce the impacts of global warming and air pollution significantly. In conclusion, RDF-5 was suitable for MSW management which gave benefits of waste disposal, energy cost reduction and environmental impact reduction.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ณ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	9
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	9
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	11
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	12
2.1 การวิเคราะห์ศักยภาพของขยะชุมชน	12
2.1.1 ปัญหาทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากขยะชุมชน	13
2.1.2 สาเหตุหลักโดยทั่วไปที่ทำให้เกิดปัญหาขยะมูลฝอย	16
2.2 ทฤษฎีและกรอบแนวคิดการประเมินศักยภาพของขยะชุมชน	17
2.2.1 การจำแนกประเภทของขยะมูลฝอย	17
2.2.2 การจำแนกประเภทตามพิษภัยที่เกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม	17
2.2.3 การจำแนกประเภทตามลักษณะของขยะ	18
2.2.4 การจำแนกประเภทตามแหล่งกำเนิดของขยะ	18

2.3	การประเมินปริมาณขยะมูลฝอย	19
2.3.1	ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณขยะมูลฝอย	20
2.3.2	การคำนวณปริมาณขยะมูลฝอย	20
2.3.3	การคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอย	21
2.3.4	การวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะมูลฝอย	21
2.3.5	ลักษณะและสมบัติทางกายภาพของมูลฝอย (Physical Composition)	22
2.4	ผลการวิเคราะห์ประเภทของขยะมูลฝอย	23
2.4.1	การศึกษาลักษณะทางกายภาพของขยะมูลฝอย	23
2.4.2	วิธีดำเนินการเตรียมตัวอย่างขยะ	23
2.4.3	การหาความหนาแน่นปกติของขยะ	24
2.4.4	การแยกองค์ประกอบของขยะ	24
2.5	ผลการสำรวจวิธีการกำจัดขยะมูลฝอย	28
2.5.1	ผลการวิเคราะห์ด้านปริมาณขยะมูลฝอยของจังหวัดในเขตภาคเหนือ	29
2.5.2	การจัดการขยะมูลฝอยของจังหวัดเชียงใหม่ในปัจจุบัน	30
2.6	ขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel; RDF)	33
2.6.1	การแปรรูปขยะชุมชนให้เป็นขยะเชื้อเพลิง	34
2.6.2	เชื้อเพลิงขยะสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ชนิด	35
2.7	การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA)	38
2.7.1	วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต	39
2.7.2	การประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป	43
2.8	การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์	48
2.8.1	การประเมินการลงทุน	49
2.8.2	ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PB)	51
2.8.3	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)	52
2.8.4	อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)	54

บทที่ 3	วิธีการดำเนินงานวิจัย	56
3.1	การศึกษาศักยภาพของขยะที่จะนำมาผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะชุมชน	56
3.1.1	ศึกษาหาลักษณะและองค์ประกอบของขยะมูลฝอย	57
3.2	วัสดุและอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	58
3.2.1	อุปกรณ์ในการคัดแยกองค์ประกอบขยะ	58
3.2.2	อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล อย่างน้อยควรจัดเตรียมอุปกรณ์ต่อไปนี้	58
3.2.3	อุปกรณ์ในการทำ RDF	58
3.3	วิธีการดำเนินงาน	59
3.3.1	ขั้นตอนการหาปริมาณของขยะ	59
3.3.2	การแยกองค์ประกอบของขยะ	59
3.3.3	ขั้นตอนของการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5	60
3.3.4	กระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิงอัดแท่งประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้	61
3.4	ขั้นตอนและวิธีการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment:LCA)	62
3.4.1	การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)	62
3.4.2	การกำหนดขอบเขต (Scope Definition)	62
3.4.3	การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	63
3.4.3.1	บัญชีรายการในขั้นตอนรวบรวมขยะชุมชน และขนส่ง	64
3.4.3.2	บัญชีรายการในขั้นตอนการคัดพลาสติก	64
3.4.3.3	บัญชีรายการในขั้นตอนการบดใบไม้,กิ่งไม้	65
3.4.3.4	บัญชีรายการในขั้นตอนการย่อยกระดาษ	65
3.4.3.5	บัญชีรายการในขั้นตอนการผสม	66
3.4.3.6	บัญชีรายการในขั้นตอนการอัดแท่งเชื้อเพลิงขยะ RDF-5	66
3.4.3.7	บัญชีรายการในขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากขยะ เชื้อเพลิงอัดแท่ง (RDF-5)	67
3.4.4	แนวทางการแปลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล	67
3.4.5	การวิเคราะห์ทางเลือกในการปรับปรุงที่ดีที่สุด	68

บทที่ 4	ผลการศึกษาวิจัย	69
4.1	สำรวจศักยภาพของขยะชุมชนในพื้นที่กรณีศึกษา	69
4.1.1	ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของพื้นที่	69
4.1.2	ผลการสำรวจข้อมูลสถานประกอบการ	73
4.1.3	ผลการสำรวจสภาพการจัดการขยะของชุมชนในปัจจุบัน	75
4.2	การศึกษาศักยภาพด้านองค์ประกอบขยะ	84
4.2.1	วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะ	88
4.3	ผลการดำเนินงานศึกษาคัดแยกองค์ประกอบขยะ	92
4.4	การออกแบบกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5	93
4.4.1	การคัดแยกและจัดเตรียมขยะ	94
4.4.2	รวบรวมขยะและขนส่งไปยังโรงงานสาธิตผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5	95
4.4.3	ศึกษาหาสัดส่วนขององค์ประกอบขยะที่เหมาะสมในการนำมาผลิต ขยะเชื้อเพลิง	97
4.4.4	วิธีการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5	98
4.5	คำนวณค่าพลังงานใช้ในการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตกระแส ไฟฟ้า 1 kWh	100
4.6	ระบบผลิตไฟฟ้าจากการใช้เชื้อเพลิง RDF - 5	101
4.7	ขนาดความหนาแน่นและความชื้นของเชื้อเพลิง	103
4.7.1	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	104
4.7.2	สัดส่วนการทดแทนเชื้อเพลิงดีเซล	104
4.8	หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA)	105
บทที่ 5	วิเคราะห์การลงทุนด้านเศรษฐศาสตร์	115
5.1	วิเคราะห์อัตราเพิ่มปริมาณขยะมูลฝอย	117
5.2	พิจารณาองค์ประกอบต้นทุนและผลกำไรด้านเศรษฐศาสตร์การผลิต ขยะเชื้อเพลิง RDF-5	117
5.3	วิเคราะห์ต้นทุนโรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ขนาดการผลิตที่ 1 , 3 , 5 , 15 ตัน / วัน	119

5.3.1	วิเคราะห์ต้นทุนด้านเศรษฐศาสตร์โรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ขนาด 1 ตัน / วัน	119
5.3.2	วิเคราะห์ต้นทุนด้านเศรษฐศาสตร์โรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ขนาด 3 ตัน / วัน	122
5.3.3	วิเคราะห์ต้นทุนด้านเศรษฐศาสตร์โรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ขนาด 5 ตัน / วัน	125
5.3.4	วิเคราะห์ต้นทุนด้านเศรษฐศาสตร์โรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ขนาด 15 ตัน / วัน	128
บทที่ 6	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	131
6.1	วิเคราะห์ห่วงโซ่ประกอบของขยะพื้นที่กรณีศึกษาเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม	131
6.2	วิเคราะห์การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5	132
6.3	วิเคราะห์เก็บข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน ร่วมกับขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ในการผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 1 kWh	133
6.4	การวิเคราะห์ผลกระทบต่อเชิงนิเวศตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตขยะ เชื้อเพลิง RDF-5	134
6.5	การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตพลังงานไฟฟ้า 1 kWh จากขยะ เชื้อเพลิง RDF-5	135
6.6	สรุปผลการศึกษาวิจัยการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF-5	136
บรรณานุกรม		137
ภาคผนวก		139
	ภาคผนวก ก แบบเครื่องผลิตขยะอัดแท่ง RDF และอาคารเก็บวัสดุรีไซเคิล	140
	ภาคผนวก ข การคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์	144
	ภาคผนวก ค แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลการแยกองค์ประกอบขยะ	177
	ภาคผนวก ง แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลปริมาณขยะ	180
ประวัติผู้เขียน		191

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 จำนวนหมู่บ้านพื้นที่เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม มีทั้งหมด 7 หมู่บ้าน	2
1.2 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะชุมชน	8
2.1 ปริมาณการนำขยะประเภทต่างๆ กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ในปี พ.ศ. 2549	13
2.2 ผลการวิเคราะห์ประเภทของขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลทั่วประเทศ	26
2.3 วิธีการกำจัดขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลทั่วประเทศ	28
2.4 ปริมาณขยะมูลฝอยในเขตภาคเหนือของประเทศไทย	29
2.5 คุณลักษณะของขยะเชื้อเพลิงแต่ละประเภทและระบบการเผาไหม้	37
2.6 โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการศึกษา LCA	44
2.7 ตัวอย่างค่า Equivalency Factor: $EF_{ij}$ สำหรับกรณีภาวะโลกร้อนขึ้น	46
3.1 บัญชีรายการขั้นตอนขนส่งและรวบรวมขยะชุมชน	64
3.2 บัญชีรายการขั้นตอนการคัดพลาสติก	64
3.3 บัญชีรายการขั้นตอนการบดใบไม้, กิ่งไม้	65
3.4 บัญชีรายการขั้นตอนการย่อยกระดาษ	65
3.5 บัญชีรายการขั้นตอนการผสม	66
3.6 บัญชีรายการขั้นตอนการอัดแท่งเชื้อเพลิงขยะ RDF-5	66
3.7 บัญชีรายการเครื่องจักรผลิตกระแสไฟฟ้าระบบแก๊สซิฟิเคชัน	67
4.1 ข้อมูลจำนวนประชากรและจำนวนครัวเรือน เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม (พ.ศ. 2554)	70
4.2 การกำหนดเส้นทางในการเก็บขนขยะของรถขยะ	78
4.3 อัตราค่าธรรมเนียมการบริการเก็บขนขยะมูลฝอยของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม	79
4.4 การหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักขยะในถุงดำ	83
4.5 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม	84
4.6 การจำแนกประเภทของขยะมูลฝอย	85
4.7 ค่าความร้อนของวัสดุที่จะนำมาทำขยะเชื้อเพลิง RDF	97
4.8 ผลการคำนวณการใช้พลังงานในการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF	100
4.9 รายละเอียดข้อมูลเทคนิคเครื่องยนต์ดีเซลกำเนิดไฟฟ้า Caterpillar ขนาด 32kWe	102

4.10	คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ	103
4.11	รายละเอียดสัดส่วนการทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลระบบผลิตไฟฟ้า	104
4.12	การวิเคราะห์ผลกระทบเชิงนิเวศตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตขยะเชื้อเพลิง	106
4.13	การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต	106
4.14	การเก็บข้อมูล	107
4.15	ขั้นตอนการขนส่ง	107
4.16	ขั้นตอนการลดขนาดวัตถุดิบ	108
4.17	ขั้นตอนการผสม	108
4.18	ขั้นตอนการอัดแท่งขยะเชื้อเพลิง	109
4.19	ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 1 kWh	109
4.20	โปรแกรม Simapro 7.1 ประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมขยะเชื้อเพลิง RDF-5	110
4.21	วิเคราะห์การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม CML baseline 2000 V2.04	111
4.22	สรุปผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมขยะเชื้อเพลิง RDF-5	112
4.23	แสดงการเปรียบเทียบผลการศึกษา LCIA ด้วยวิธีการต่างๆ ในขั้นตอนที่ต้องดำเนินการ ( หน่วยต่อ kWh )	113
4.24	แสดงการเปรียบเทียบผลการศึกษา LCIA ด้วยวิธีการต่างๆ ในขั้นตอนที่เป็นทางเลือกศึกษา	114
5.1	สัดส่วนองค์ประกอบขยะที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5	116
5.2	วิเคราะห์สถานการณ์ปริมาณขยะเพิ่มขึ้นช่วงปี 2554-2564	117
5.3	แสดงรายการต้นทุนจัดตั้งโรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ขนาด 1 ตัน/วัน	119
5.4	แสดงรายการดำเนินงานและ ต้นทุนจัดตั้งโรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ขนาด 1 ตัน/วัน	120
5.5	วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ความคุ้มค่าของการลงทุนผลิตขยะเชื้อเพลิงขนาด 1 ตัน/วัน	121
5.6	แสดงรายการต้นทุนจัดตั้งโรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ขนาด 3 ตัน/วัน	122
5.7	แสดงรายการดำเนินงานและ ต้นทุนจัดตั้งโรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ขนาด 3 ตัน/วัน	123
5.8	วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ความคุ้มค่าของการลงทุนผลิตขยะเชื้อเพลิงขนาด 3 ตัน/วัน	124
5.9	แสดงรายการต้นทุนจัดตั้งโรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ขนาด 5 ตัน/วัน	125

5.10	แสดงรายการดำเนินงานและ ต้นทุนจัดตั้งโรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ขนาด 5 ตัน/วัน	126
5.11	วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ความคุ้มทุนของการลงทุนผลิตขยะเชื้อเพลิงขนาด 5 ตัน/วัน	127
5.12	แสดงรายการต้นทุนจัดตั้งโรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ขนาด 15 ตัน/วัน	128
5.13	แสดงรายการดำเนินงานและ ต้นทุนจัดตั้งโรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ขนาด 15 ตัน/วัน	129
5.14	วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ความคุ้มทุนของการลงทุนผลิตขยะเชื้อเพลิงขนาด 15 ตัน/วัน	130
6.1	ข้อมูลการใช้พลังงานในการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5	132
6.2	สัดส่วนทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลระบบผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 1kWh	133
6.3	เปรียบเทียบผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมแบบฝังกลบและแบบขยะเชื้อเพลิง RDF-5	134
6.4	การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตพลังงานไฟฟ้า 1kWh	135

## สารบัญภาพ

รูป		หน้า
1.1	กลยุทธ์การจัดการขยะชุมชน	5
1.2	กรอบแนวคิดการผลิตพลังงานจากขยะชุมชน	6
2.1	สัดส่วนการดำเนินการกำจัดขยะมูลฝอย	15
2.2	วิธีดำเนินการจัดการขยะมูลฝอย	15
2.3	ประเภทของขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลที่มีปริมาณมากกว่า 100 ตัน/วัน	27
2.4	ประเภทของขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลที่มีปริมาณ 50-100 ตัน/วัน	27
2.5	การแบ่งพื้นที่รับผิดชอบในการจัดตั้งศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยครบวงจร	32
2.6	แนวทางการผลิตขยะเชื้อเพลิงอัดแท่ง RDF	34
2.7	ขั้นตอนในการแปรรูปขยะชุมชนเป็นขยะเชื้อเพลิง	35
2.8	กรอบการดำเนินงานของการประเมินวัฏจักรชีวิตตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040	40
2.9	ผังกระแสเงินสด	49
2.10	การคำนวณตัวประกอบ	51
3.1	กรอบความคิดการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF	60
3.2	กระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิงอัดแท่ง	61
3.3	ขอบเขตระบบในการศึกษาวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ RDF-5	63
4.1	เทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม	70
4.2	สำนักงานเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม	71
4.3	แผนผังแสดงเขตรับผิดชอบของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม	71
4.4	ผู้วิจัยสำรวจข้อมูลการจัดการขยะของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม	72
4.5	ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลสอบถามจากเจ้าหน้าที่ดูแล	72
4.6	ตัวอย่างผลการสำรวจสถานประกอบการในเขตเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม	74
4.7	ตัวอย่างผลการสำรวจแหล่งที่มาขยะในเขตเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม	75
4.8	ลักษณะการทิ้งขยะของบ้านเรือนและสถานที่ต่างๆ ในชุมชน	76
4.9	รถเก็บขนขยะของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม	77

4.10	การจัดเตรียมภาชนะรองรับขยะของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม	79
4.11	สถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยที่อำเภอคอยเต่า จังหวัดเชียงใหม่	81
4.12	การหาปริมาณขยะรวมที่เกิดขึ้นในชุมชน	82
4.13	ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	87
4.14	การคลุกเคล้าขยะเพื่อเตรียมการวิเคราะห์องค์ประกอบ	88
4.15	การแบ่งขยะเพื่อศึกษาองค์ประกอบ	89
4.16	การบรรจุขยะลงในถังขนาด 200 ลิตร และชั่งน้ำหนัก	90
4.17	การคัดแยกองค์ประกอบของขยะ	91
4.18	องค์ประกอบของขยะในเขตเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม	92
4.19	กระบวนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5	93
4.20	การรวบรวมขยะเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF-5	94
4.21	ขยะที่ผ่านกระบวนการคัดย่อยเพื่อลดขนาด	95
4.22	อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้กระบวนการคัดย่อยเพื่อลดขนาด	96
4.23	แสดงถึงขั้นตอนการผสมกระดาษ ไม้ และพลาสติก และตัวประสานเข้าด้วยกัน	97
4.24	ขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ที่มีสัดส่วนของขยะ พลาสติก : กระดาษ : ไม้ เท่ากับ 1:1:1	98
4.25	ขยะเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตจากขยะของเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม	99
4.26	ตัวอย่างการทดลองอัดแท่งเชื้อเพลิง RDF-5 อัตราส่วน 1:1:1	100
4.27	เครื่องยนต์คีเซลผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้โปรคิวเซอร์แก๊ส	101
4.28	RDF-5 ที่ใช้ทดสอบ	103
4.29	ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตตามมาตรฐาน ISO 14040	105
5.1	กราฟแสดงสถานการณ์ขยะมูลฝอยเขตเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม 2547-2554	115
5.2	วิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยเขตเทศบาลตำบลฟ้าฮ่าม 2554	116