การศึกษาออกแบบระบบที่เหมาะสมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน เพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับชุมชนขนาดกลาง

OPTIMUM DESIGN OF MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM TO GENERATE ELECTRICITY FOR A MEDIUM SIZE COMMUNITY

ธนุส บุญเรืองศรี

THANUT BOONRUANGSRI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-020-169

การศึกษาออกแบบระบบที่เหมาะสมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน เพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับชุมชนขนาดกลาง

OPTIMUM DESIGN OF MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM TO GENERATE ELECTRICITY FOR A MEDIUM SIZE COMMUNITY

ธนุส บุญเรืองศรี
THANUT BOONRUANGSRI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559
KMITL-2016-EN-M-020-169

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPTIMUM DESIGN OF MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM TO GENERATE ELECTRICITY FOR A MEDIUM SIZE COMMUNITY

THANUT BOONRUANGSRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

KMITL-2016-EN-M-020-169

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาออกแบบระบบที่เหมาะสมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับชุมชนขนาดกลาง

Thesis Title Optimum Design of Municipal Solid Waste Management System to Generate Electricity for a Medium Size Community

นักศึกษา นายธนุส บุญเรืองศรี

รหัสประจำตัว 54610612

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-020-169

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.นิรุธ	จิรสุวรรณกุล	
รศ.ดร.สมชาติ	จิริวิภากร	
รศ.ดร.กีรติ	ชยะกุลคีรี	
ผศ.ดร.เชาว์	ชมภูอินไหว	
ผศ.ดร.ชาย	ชมภูอินไหว	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 14.00-16.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 4

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาออกแบบระบบที่เหมาะสมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับชุมชนขนาดกลาง
นักศึกษา	นายธนุส บุญเรืองศรี
รหัสประจำตัว	54610612
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบระบบจัดการขยะมูลฝอยของชุมชนเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยใช้เทคโนโลยีทางด้านการผลิตไฟฟ้ามาช่วยในการจัดการระบบ ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าในปัจจุบัน (PDP 2015) ของประเทศไทยที่รัฐบาลมีแนวโน้มที่จะดำเนินการต่อการส่งเสริมการขยายตัวของการซื้อไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ ตามศักยภาพของแหล่งเชื้อเพลิงในภูมิภาคของประเทศ เมืองพลและ 5 เมืองใกล้เคียงที่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น มีประชากรประมาณ 360,000 คน ซึ่งสร้างประมาณขยะมูลฝอย 300 ตันต่อวัน ผลการสำรวจวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าส่วนใหญ่ของเสียขยะมูลฝอยเทศบาล (ขยะ) ของเสียที่มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่มีประมาณค่าความร้อน 2,000 - 2,200 กิโลแคลอรี่/กก. และปริมาณความชื้นประมาณ 50% ผลการออกแบบเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่าปริมาณขยะชุมชนที่มีอยู่ในพื้นที่สามารถผลิตอย่างน้อย 5 เมกะวัตต์ และขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ซึ่งจะได้รับรายได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ การศึกษาออกแบบระบบที่เหมาะสมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับชุมชนขนาดกลางนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Optimum Design of Municipal Solid Waste Management System to Generate Electricity for a Medium size community
Student	Mr.Thanut Boonruangsri
Student ID.	54610612
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Chai Choompoo-inwai

ABSTRACT

According to the current Power Development Plan (PDP 2015) of Thailand, the government tends to continuing promote the expansion of the electricity purchase from various renewable energy generations following potential of fuel source in each region of the country. Phon-city and its 5 neighboring cities, located in Northeastern region of Thailand, with a hot-humid climate, have up to 360,000 populations which generating around 300 tons of waste per day. Preliminary survey result reveals that majority of waste is municipal solid waste (MSW). The waste are composed of organic material with approximately heating value 2,000-2,200 kcal/kg and approximately 50% of moisture content. Preliminary design result shows that the quality and contents of the existing waste in the area can produce at least 5 MW of electricity and sell to Provincial Electricity Authority (PEA) to earn revenue from generating electricity. This thesis aims to study and design optimum systems to manage municipal solid waste and generate electricity for a community of this size.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือจากผู้มีอุปการะคุณหลายท่านจนสามารถดำเนินการได้เสร็จสมบูรณ์ ตามเป้าหมายของผู้จัดทำ ทั้งนี้จะขอกล่าวขอบพระคุณสำหรับผู้มีอุปการะคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้

กราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหว เป็นอย่างยิ่งที่ให้โอกาสจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คอยให้ความรู้ แนะนำสั่งสอน ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจ แก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้ความรู้ต่อผู้จัดทำวิยานิพนธ์ซึ่งมีประโยชน์ต่อการนำมาใช้ในการจัดทำวิยานิพนธ์ในครั้งนี้และพัฒนาต่อยอดความรู้สืบเนื่องต่อไป

ขอขอบคุณเพื่อนๆพี่น้องในห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยพลังงานและวิศวกรรมส่องสว่าง (ESIRC) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยช่วยเหลือและแก้ปัญหาร่วมกันในเรื่องการทำงานทุกอย่าง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสุรพจน์ คุณแม่พรทิพย์ บุญเรืองศรี เป็นอย่างมากที่คอยเลี้ยงดูและอบรมสั่งสอนให้เติบโตมาสามารถดำรงค์ชีวิตในสังคม มอบโอกาสในการได้รับการศึกษาทุกๆระดับมาโดยตลอด และขอบคุณนางสาวชฎาทิพ บุญเรืองศรี น้องสาว ที่คอยอยู่ช่วยเหลือและให้กำลังใจในทุกๆช่วงของชีวิต รวมถึงอีกหลายๆท่านที่ไม่ได้กล่าวมา ณ ที่นี้ได้ทั้งหมด ขอให้สิ่งศักดิ์จงดลบันดาลให้ให้ทุกท่านมีสุขภาพร่างแข็งแรงและมีความสุขสมหวังทุกประการด้วยเทอญ

ธนุส บุญเรืองศรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I
Abstract II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การดำเนินโครงการ 2
1.3 ขอบเขตการศึกษา 2
1.4 ลำดับขั้นตอนการวิจัย 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงานขยะ 4
2.2 ศักยภาพของขยะชุมชนในประเทศไทย 4
2.3 เทคโนโลยีที่ใช้ผลิตพลังงานจากขยะชุมชน 5
2.3.1 เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) 5
2.3.2 เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ (Landfill Gas to Energy) 7
2.3.3 เทคโนโลยีก๊าซซิฟิเคชั่น (Gasification) 9
2.3.4 เทคโนโลยีผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) 11
2.3.5 เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) 12
2.4 โรงไฟฟ้าพลังงานขยะกับการผลิตไฟฟ้า 17
2.4.1 เตาเผาขยะ (Incinerator) 17
2.4.2 หม้อไอน้ำ (Boiler) 20
2.4.3 กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) 24
2.5 การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะชุมชนในประเทศไทย 26
2.6 การศึกษานโยบายงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับพลังงานและสิ่งแวดล้อม 29
2.6.1 แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP2015) 30
2.6.2 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 33

บทที่ 3 การศึกษาและออกแบบ
3.1 การศึกษาพื้นที่และปริมาณขยะของชุมชน 41
3.2.1 ศักยภาพด้านปริมาณขยะมูลฝอยและเชื้อเพลิงเสริม 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.2 ศักยภาพของพื้นที่โครงการและผังเมือง 43
3.2.3 ศักยภาพการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าใหม่เข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟภ. 44
3.2 การจัดการขยะมูลฝอยและการคัดแยก 45
3.2.1 การคัดแยกตามประเภทของขยะ 46
3.2.2 การคัดแยกขยะตามวิธีการกำจัดขยะ 46
3.3 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการจัดการขยะประเภทต่างๆ 48
3.4 การออกแบบระบบที่เหมาะสมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน
เพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับชุมชน 50
3.4.1 ระบบรับมูลฝอย 51
3.4.2 ระบบเตาเผามูลฝอย 53
3.4.3 หม้อไอน้ำ (Boiler) 54
3.4.4 ระบบกำจัดมลพิษ 55
3.4.5 ระบบจัดหาน้ำและการระบายน้ำ 55
3.4.6 ระบบอากาศในการเผามูลฝอย 56
3.4.7 ระบบกังหันไอน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 56
3.4.8 ระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงาน 57
3.4.9 ระบบจัดการเถ้า 58
3.4.10 ระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ประกอบอื่น 58
3.5 การออกแบบคุณลักษณะทางเทคนิคของระบบ 59
3.5.1 ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับการออกแบบ 59
3.5.2 การออกแบบและการจำแนกองค์ประกอบต่างๆของระบบ 60
3.5.3 ระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า 60

บทที่ 4 การวิเคราะห์การลงทุน และการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 63
4.1 ความสำคัญในการจัดทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ 63
4.2 ทฤษฎีในการจัดทำประมาณการทางเศรษฐศาสตร์ 63
4.3 ขั้นตอนในการจัดทำประมาณการทางเศรษฐศาสตร์ 64
4.4 จัดทำประมาณการทางการเงิน 65
4.5 การวิเคราะห์ประมาณการทางการเงินและจุดคุ้มทุน 65
4.5.1 การวิเคราะห์อันตราผลตอบแทนของการลงทุน (IRR) 65
4.5.2 การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 65
4.5.3 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) 65
4.5.4 การประเมินสถานการณ์จำลอง (Sensitivity Analysis) 66
4.6 การวิเคราะห์ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ 66
4.6.1 ข้อสมมุติในการพิจารณาสำหรับกรณีฐาน (Adder) 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6.2 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการลงทุน
กรณี Adder 75
4.6.3 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการลงทุน
กรณี FiT 76

บทที่ 5 สรุปผล 78
เอกสารอ้างอิง 79
ภาคผนวก ก ผลตรวจวัดคุณสมบัติของขยะ 81
ภาคผนวก ข บทความทางวิชาการ 84
ประวัติผู้เขียน 119

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย 2
2.1 พลังงานความร้อนที่ได้จากขยะชุมชนทั่วประเทศ 5
2.2 การใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทนปี 2553 - 2557 30
2.3 สถานภาพและเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละเชื้อเพลิง (1) 32
2.4 สถานภาพและเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละเชื้อเพลิง (2) 32
2.5 ค่าเป้าหมายตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนในปี 2579 33
3.1 การจำแนกชนิดของขยะในพื้นที่ 46
3.2 การหาองค์ประกอบทางกายภาพและค่าความร้อนของขยะ 47
3.3 เปรียบเทียบเทคโนโลยีการจัดการขยะประเภทต่างๆ 48
3.4 ข้อกำหนดทางเทคนิค 59
3.5 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบ 60
3.6 ระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า 61
4.1 Financial Analysis: Assumptions สำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 5 MW (กรณีฐาน) 68
4.2 Financial Analysis: Cost and Financing / Source of fund 75
4.3 Financial Analysis: Output 75
4.4 การวิเคราะห์ความไวโครงการ 76
4.5 Output FiT 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เงินลงทุนระบบเตาเผาขยะมูลฝอย 15
2.2 การเปลี่ยนรูปพลังงานในระบบโรงไฟฟ้าพลังงานขยะผลิตไฟฟ้า 16
2.3 ระบบเตาเผาแบบ Moving Grate 18
2.4 เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด 19
2.5 ระบบเตาเผาแบบหมุน 20
2.6 Fire Tube Boiler 22
2.7 Water Tube Boiler 23
2.8 ระบบ Fully Condensing Turbine 24
2.9 ระบบ Back Pressure Turbine 25
2.10 ระบบ Extraction Turbine 25
2.11 ระบบ Extraction Turbine 28
3.1 แผนผังการศึกษาและออกแบบในบทที่ 3 40
3.2 แผนที่บริเวณภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย 41
3.3 แผนที่แสดงอำเภอต่างๆของจังหวัดขอนแก่น 42
3.4 บ่อเก็บขยะในเขตเทศบาลเมืองเมืองพล 46
3.5 ระบบออกแบบที่นำเสนอ 50
3.6 ตัวอย่างอาคารบริเวณชั่งน้ำหนัก 51
3.7 ตัวอย่างบริเวณรับมูลฝอยและประตูรับมูลฝอย 52
3.8 ตัวอย่างบริเวณบ่อพักขยะและปั่นจั่นคีบมูลฝอย 53
3.9 ตัวอย่างหม้อไอน้ำ 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

สถานการณ์พลังงานในปัจจุบันเป็นสิ่งที่ทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่นั้นได้จากถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ปิโตรเคมี และพลังงานเหล่านี้นั้นใช้แล้วมีวันหมดไป เมื่อความต้องการใช้ไฟฟ้าของประชากรมากขึ้นเรื่อยๆ ปริมาณเชื้อเพลิงเหล่านี้ก็ลดลงเรื่อยๆ และมีราคาสูงขึ้น จึงเกิดแนวคิดที่จะใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนต่างๆมาช่วยเสริมแหล่งพลังงานเดิมอีกทางหนึ่ง สำหรับประเทศไทยนั้นได้มีแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 Alternative Energy Development Plan (AEDP2015) ซึ่งเป็นนโยบายของกระทรวงพลังงาน [1] ที่จะช่วยส่งเสริมสนับสนุนในการใช้พลังงานทดแทนในแหล่งต่างๆอีกด้วย ประเทศไทยมีแหล่งศักยภาพของพลังงานทดแทนอย่างมาก โดยเฉพาะแสงอาทิตย์, พลังงานลม, พลังงานจากแหล่งน้ำขนาดเล็กและพลังงานชีวมวล เป็นต้น จึงสามารถใช้พลังงานดังกล่าวเหล่านี้มาช่วยเสริมจากแหล่งพลังงานหลักเดิมได้อย่างมาก

พลังงานขยะ ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากขยะมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกวันและมีความต้องการที่จะกำจัดเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามการจะติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานขยะเพื่อผลิตไฟฟ้าและจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณขยะในบริเวณพื้นที่ที่จะติดตั้ง ชนิดของขยะในบริเวณที่จะติดตั้ง จำนวนหน่วยผลิตที่เหมาะสมในการติดตั้งเข้ากับระบบไฟฟ้า เทศบาลเมืองเมืองพลตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองพล จ.ขอนแก่น เป็นชุมชนเมืองที่ตั้งอยู่ทางตอนล่าง และเป็นเมืองหน้าด่านของจังหวัดขอนแก่น และยังเป็นชุมชนศูนย์กลางด้านธุรกิจการค้าการบริการ การบริหารราชการ การศึกษาและด้านอื่นๆ โดยเทศบาลเมืองเมืองพลวางยุทธศาสตร์การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายเกี่ยวกับเรื่องการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนที่ว่า จะเป็นศูนย์กลางการกำจัดมูลฝอยของอำเภอเมืองพลและอำเภอใกล้เคียง โดยมีประชากรรวมประมาณ 360,000 คน ซึ่งสร้างปริมาณขยะมูลฝอย 300 ตันต่อวัน ผลการสำรวจเบื้องต้นพบว่าส่วนใหญ่ของขยะมูลฝอยเทศบาลมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่มีค่าความร้อนประมาณ 2,000 - 2,200 กิโลแคลอรี/กก. และปริมาณความชื้นประมาณ 50% จากการคำนวณเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่าปริมาณขยะชุมชนที่มีอยู่ในพื้นที่สามารถผลิตไฟฟ้าอย่างน้อย 5 เมกะวัตต์และหากขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ที่จะได้รับรายได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้า จึงมีความน่าสนใจและเป็นไปได้อย่างมากในการวิจัยออกแบบระบบจัดการขยะมูลฝอยเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าของชุมชนขนาดกลางนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์การดำเนินโครงการ

1. เพื่อศึกษาวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับการกำจัดขยะของประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาเทคโนโลยีในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยชุมชน
3. เพื่อศึกษาวิเคราะห์แนวทางออกแบบระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากมูลฝอยชุมชนเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของขยะ อีกทั้งเป็นการสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนในชุมชน
4. เพื่อศึกษา วิจัย และพัฒนาพลังงานทดแทนให้สอดคล้องกับนโยบายแผนพัฒนาของประเทศ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษานโยบายหน่วยงานของภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับพลังงานและสิ่งแวดล้อม
2. ศึกษาตัวอย่างเทคโนโลยีของระบบกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนที่ประสบผลสำเร็จมาแล้ว (Best Practice) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับระบบที่กำลังทำการวิจัย
3. ศึกษาความเป็นไปได้ของแหล่งเชื้อเพลิงสำรองต่างๆ สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะชุมชน
4. การออกแบบเชิงบูรณาการสำหรับระบบจัดการขยะมูลฝอยชุมชน
5. การวิเคราะห์ผลกระทบเบื้องต้นของระบบจัดการขยะมูลฝอยต่อสิ่งแวดล้อม

1.4 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย

ตารางที่ 1.1 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย

การทำงาน	ปีการศึกษา					
	2556		2557		2558	
	ภาคเรียน		ภาคเรียน		ภาคเรียน	
	1	2	1	2	1	2
1. ค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติขยะชุมชน						
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง						
3. ศึกษาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะชุมชน						
4. ทำการออกแบบระบบจัดการขยะชุมชน						
5. วิเคราะห์และสรุปผล						
6. จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์						

การวางแผน

การปฏิบัติงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้เข้าใจเกี่ยวกับการดำเนินนโยบายและมาตรการต่างๆของภาครัฐที่ได้มีการสนับสนุนด้านพลังงานทดแทน
2. ทำให้ทราบถึงปัญหาต่างๆเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย
3. ความรู้ด้านการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศที่ประสบความสำเร็จ
4. เข้าใจหลักในการวิเคราะห์แก้ไขปัญหาด้านขยะมูลฝอยชุมชนให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ
5. เข้าใจเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอย
6. เป็นแนวทางในการวิจัยศึกษาในด้านการผลิตพลังงานทดแทนในลำดับต่อไป
7. เพิ่มพูนทักษะในกระบวนการวิจัยของผู้วิจัยเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงานขยะ

ขยะชุมชน (Municipal Solid waste) หมายถึง ขยะที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ภายในชุมชน เช่น ตลาดสด บ้านพักอาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานประกอบการ สถานบริการ สถาบันต่างๆ รวมทั้งเศษวัสดุก่อสร้าง ทั้งนี้จะไม่รวมมูลฝอยอันตรายและขยะติดเชื้อ สำหรับขยะชุมชน (ยกเว้นขยะอันตราย) ประกอบด้วย สารอินทรีย์ (ย่อยสลายง่าย) และสารอนินทรีย์ (ย่อยสลายยาก) โดยสารอินทรีย์ประกอบด้วย เศษอาหาร กระดาษ พลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ ยาง หนัง และไม้ ส่วนสารอนินทรีย์ประกอบด้วย แก้ว กระป๋องดีบุก อลูมิเนียม โลหะ และอุปกรณ์เครื่องครัว สำหรับประเทศที่มีการพัฒนาด้านการจัดการขยะค่อนข้างดีขยะชุมชนจะถูกแยกโดยการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งสารอนินทรีย์จะถูกส่งไปกำจัด [2]

ปัจจุบันการกำจัดขยะเป็นปัญหาสำคัญของประเทศที่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เนื่องจากส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อยู่โดยรอบการนำขยะมูลฝอยมาพลังงานเป็นแนวทางหนึ่งซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อจัดการปัญหาขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพเพราะนอกจากได้พลังงานในรูปไฟฟ้าหรือความร้อนแล้วยังสามารถช่วยลดปริมาณขยะและค่าใช้จ่ายในการขนไปยังแหล่งฝังกลบรวมทั้งช่วยแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอีกด้วยในปัจจุบันมนุษย์จึงได้ให้ความสำคัญและนำพลังงานจากขยะมาใช้ประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากขยะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นทุกวันเนื่องจากมีประชากรเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ไม่ต้องซื้อหา และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่รู้จักหมดสิ้น

2.2 ศักยภาพของขยะชุมชนในประเทศไทย

จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ระบุว่า ในปี พ.ศ.2550 ประเทศไทยมีปริมาณ "ขยะชุมชน" รวมทั้งประเทศ สูงถึง 40,322 ตันต่อวัน แบ่งเป็นขยะ 5 ประเภท ได้แก่ เศษอาหาร ผักผลไม้ 53.49% พลาสติก 20.12% กระดาษ 8.95% แก้ว 1.80% ขยะอื่น เช่น เศษไม้ ยาง ผ้า เศษหิน ดิน ทรายอีก 10.62%

ขยะชุมชนในแต่ละพื้นที่ย่อมมีอัตราส่วนที่แตกต่างกันไปตามสภาพสังคมและความเป็นอยู่ของชุมชน ซึ่งขยะโดยทั่วไปมีค่าความร้อนอยู่ในช่วงประมาณ 6 - 10 MJ/kg ซึ่งศักยภาพของขยะชุมชนในประเทศไทยขึ้นอยู่กับปริมาณของขยะชุมชนในแต่ละวัน [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนทั่วประเทศ ปี พ.ศ.2557 [3]

พื้นที่	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (ตันต่อวัน)
กรุงเทพมหานคร	10,800
ภาคกลางและภาคตะวันออก	20,477
ภาคเหนือ	11,883
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	19,276
ภาคใต้	9,343
รวม	71,779

2.3 เทคโนโลยีที่ใช้ผลิตพลังงานจากขยะชุมชน

จากการศึกษาเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตพลังงานจากขยะชุมชนทั้งหมด 5 เทคโนโลยี

2.3.1 เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) [8]

คือการนำขยะประเภทเศษอาหาร เศษผักและผลไม้หมักในบ่อหมักขยะแบบปิด ผลจากการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนจะได้ก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบหลัก และสามารถใช้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานได้ ในการดำเนินการกำจัดขยะด้วยเทคโนโลยีนี้จำเป็นต้องมีการคัดแยกขยะมูลฝอยตั้งแต่ต้นทางคือการเก็บรวบรวมเฉพาะขยะอินทรีย์

เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีความพร้อมทางด้านเทคนิคสำหรับใช้เป็นทางเลือกในการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยสำหรับประเทศไทย ทางด้านสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนสามารถผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสะอาด สำหรับการผลิตพลังงานความร้อน/ไฟฟ้า ในขณะเดียวกันก็มีคุณประโยชน์ในการหมุนเวียนธาตุอาหารจากขยะมูลฝอยอินทรีย์กลับมาใช้ใหม่ในรูปของสารปรับสภาพดิน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเพาะปลูก เพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ยังสามารถช่วยลดปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการกำจัดขยะมูลฝอย เนื่องจากสามารถลดกลิ่นของขยะมูลฝอย กำจัดเชื้อโรค และสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศโลก อย่างไรก็ตาม ในด้านเศรษฐกิจการลงทุน การผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยโดยใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ก็จะมีสถานภาพใกล้เคียงกับการผลิตพลังงานจากพลังงานหมุนเวียนชนิดอื่นๆ ทั่วไป ซึ่งความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจการลงทุน จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายประการ ทางด้านเทคนิค ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน สามารถออกแบบให้สอดคล้องกับคุณภาพของขยะมูลฝอยจากแหล่งขยะมูลฝอยต่างๆ ได้ อย่างไรก็ตาม ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจการลงทุนของการใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะเกี่ยวข้องกับคุณภาพของขยะมูลฝอยของแหล่งขยะชุมชนต่างๆ เนื่องจากจะมีผลกระทบต่อค่าลงทุน ค่าดำเนินการ และรายได้ที่จะได้รับจากโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยต้นทุนในการใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะแปรผันตรงกับความซับซ้อนของขยะมูลฝอยที่เข้าสู่ระบบ

ปัจจัยทางด้านคุณภาพขยะมูลฝอยอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อต้นทุนในการใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS Content) และปริมาณของแข็งระเหย (VS Content) ของขยะอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการกำหนดขนาดถัง และเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ รวมทั้งจะมีผลต่อรายได้ของโครงการ เนื่องจากจะมีผลโดยตรงต่อปริมาณก๊าซชีวภาพ และปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากระบบ

พลังงานที่ผลิตได้จากระบบนี้จะขึ้นกับปริมาณและคุณภาพของขยะมูลฝอยอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนเป็นหลัก แต่โดยทั่วไปจะได้ก๊าซชีวภาพประมาณ 100 - 200 ลบ.ม.ต่อตันของขยะมูลฝอยอินทรีย์ โดยมีมีเทนเป็นองค์ประกอบประมาณ 55 - 70เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพประมาณ 5.5 - 7.0 กิโลวัตต์/ชั่วโมงต่อลบ.ม. หรือคิดเป็นพลังงานที่ผลิตได้เท่ากับ 0.55 - 0.70 เมกะวัตต์-ชั่วโมงต่อตันของขยะมูลฝอยอินทรีย์ [5]

เทคโนโลยีการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจนนี้มีองค์ประกอบหลักที่สำคัญรวม 3 ระบบ คือ ระบบบำบัดขั้นต้น (Front-end Treatment) ระบบย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ซึ่งรวมถึงการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ และระบบฝังกลบขยะคัดทิ้งอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) ในแต่ละขั้นตอนการทำงานของระบบจะมีมลสารประเภทต่างๆ เกิดขึ้นและมีการเตรียมมาตรการควบคุมป้องกัน ดังนี้

2.3.1.1 ระบบบำบัดขั้นต้น

(1) น้ำเสีย ได้แก่ น้ำชะขยะ เกิดจากกองขยะมูลฝอยที่รับเข้ามาเพื่อทำการคัดแยกมีปริมาณน้ำเสียต่อวันค่อนข้างน้อย จะถูกรวบรวมและสูบไปใช้งานที่ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนน้ำเสียอีกส่วนหนึ่ง เป็นน้ำล้างพื้นโรงงาน จะถูกรวบรวมและนำไปบำบัดโดยระบบ Septic-Activated Sludge

(2) กลิ่นและฝุ่นละออง มลสารที่เกิดขึ้น จะมีระบบดูดอากาศและส่งไปบำบัดโดยใช้ Biofilter ก่อนระบายทิ้งสู่ภายนอก โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 95-99

(3) วัสดุคัดทิ้ง (Rejects) ส่วนใหญ่เป็นวัสดุ Inert เช่น เศษไม้ หิน แก้ว กระเบื้องเป็นต้น จะถูกรวบรวมและนำไปฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล

(4) เสียงรบกวน เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดเสียงดังระหว่างปฏิบัติงาน จะถูกควบคุมป้องกันเสียงดังที่แหล่งกำเนิด และการปฏิบัติงานอยู่ในอาคารที่ออกแบบเป็นระบบปิด

2.3.1.2 ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน

(1) น้ำเสีย เป็นน้ำเสียที่เกิดจากการรีดน้ำจากกากตะกอนจากการหมัก น้ำเสียส่วนใหญ่จะหมุนเวียนนำกลับไปใช้ในระบบหมัก น้ำเสียส่วนที่เหลือจะส่งเข้าบำบัดที่ระบบบำบัดน้ำเสียให้ได้มาตรฐานน้ำทิ้ง ก่อนระบายทิ้งสู่ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ไอเสีย (Flue Gas) โดยเฉพาะที่เกิดจากเครื่องยนต์ก๊าซที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า มีการติดตั้งระบบควบคุมไอเสียในรูปของ CO และ NOx (Leanox Controller) เพื่อให้ได้ค่าความเข้มข้นที่ระบายทิ้งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ไอเสียส่วนนี้ยังใช้ประโยชน์ในการอบปุ๋ยให้แห้ง โดยติดตั้งอุปกรณ์ Cyclone เพิ่มเติมเพื่อดักฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นก่อนระบายทิ้ง โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงถึงร้อยละ 95-99 [3]

(3) เสียงดังรบกวน เกิดจากการทำงานของเครื่องยนต์ก๊าซ ซึ่งติดตั้งภายในห้องควบคุมโดยเฉพาะ ก่อให้เกิดเสียงดังรบกวนสู่ภายนอกน้อย

2.3.1.3 ระบบฝังกลบ

มลสารที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ ได้แก่ น้ำชะขยะที่เกิดขึ้นเฉพาะในช่วงฤดูฝน น้ำเสียส่วนนี้จะมีความสกปรกปนเปื้อนน้อยมาก เนื่องจากไม่มีองค์ประกอบของอินทรีย์สารหรือวัสดุเน่าเปื่อยหลงเหลืออยู่อีกแล้ว จึงควบคุมและบำบัดโดยระบบบ่อผึ่ง (Oxidation Ponds) ก่อนระบายทิ้งสู่ภายนอก

2.3.2 เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ (Landfill Gas) [4]

การกำจัดขยะชุมชนด้วยวิธีการฝังกลบนั้น เป็นการนำขยะชุมชนมากองหรือฝังกลบในพื้นที่จัดเตรียมไว้ แล้วใช้เครื่องจักรเกลี่ยและบดอัดให้ขยะมูลฝอยยุบตัวลงจนมีความหนาแน่นของชั้นขยะมูลฝอยตามที่กำหนด จากนั้นใช้ดินบดทับและอัดให้แน่นอีกครั้งหนึ่งแล้วจึงนำขยะมูลฝอยชุมชนมาเกลี่ยและบดอัดอีกเป็นชั้นๆ สลับด้วยชั้นดินกลบทับเพื่อป้องกันปัญหาเรื่องกลิ่น แมลง น้ำชะขยะ และเหตุเดือดร้อนรำคาญอื่นๆ ปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกฝังกลบในช่วงแรกจะเป็นการย่อยสลายแบบใช้อากาศ (Aerobic Decomposition) ซึ่งเป็นการใช้อากาศที่แทรกอยู่ตามช่องว่างภายในบริเวณฝังกลบ และเมื่อออกซิเจนที่มีอยู่หมดลง การย่อยก็จะเปลี่ยนไปเป็นแบบไม่ใช้อากาศ ซึ่งจะทำให้เกิดก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาการย่อยสลายทางเคมีของขยะมูลฝอยในบริเวณหลุมฝังกลบ ได้แก่ มีเทนคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไนโตรเจน และแอมโมเนีย โดยจะพบก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่มากกว่าก๊าซชนิดอื่นๆ ซึ่งก๊าซที่เกิดจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อก๊าซชีวภาพหรือ Landfill Gas (LFG) โดยทั่วไปหากก๊าซชีวภาพที่ได้นี้มีความเข้มข้นของมีเทนมากกว่า 50% ขึ้นไป ก็จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานความร้อนได้โดยตรงในรูปของก๊าซดิบ (Raw Gas) ซึ่งมีค่าความร้อนปานกลาง หรือนำไปผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซ (Gas Upgrading) ก่อนนำไปใช้เพื่อให้มีค่าความร้อนสูงขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถนำไปผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์ก๊าซ (Gas Engine) หรือกังหันก๊าซ (Gas Turbine) หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ (Boiler) ได้อีกด้วย

การกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนโดยวิธีการฝังกลบนั้นเป็นวิธีที่ง่าย และใช้งานกันอย่างกว้างขวางทั่วโลกปัจจุบันก๊าซชีวภาพที่เกิดจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานมากขึ้น เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากการฝังกลบขยะชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill หรือ Conventional Landfill) เป็นการพัฒนาและปรับปรุงระบบฝังกลบขยะมูลฝอยเพื่อลดการปล่อยออก (Emission) ของก๊าซมีเทนที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจน(Anaerobic Digestion) ภายในหลุมฝังกลบ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก (Green House Gas : GHG) ที่ก่อให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก หรือภาวะโลกร้อน (Global Warming) ดังนั้นโครงการผลิตพลังงานโดยใช้ LFG จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน ซึ่งเป็นการกู้คืนมีเทน (MethaneRecovery) จึงเป็นอีกทางหนึ่ง ซึ่งสามารถลดปัญหาดังกล่าว และเป็นการทดแทนการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลในการผลิตพลังงานจากการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะจำเพาะของจำนวนประชากรของแบคทีเรียในพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอย โดย Westlake ในปี ค.ศ.1990 พบว่ามีความแตกต่างกันค่อนข้างมากระหว่างพื้นที่ฝังกลบแต่ละแห่ง แต่ทว่าปัจจัยพื้นฐานที่ส่งผลต่อการผลิตและการระบายก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบ

องค์ประกอบของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากหลุมฝังกลบ ได้แก่

1) ระบบบำบัดขั้นต้น (Pre-treatment System) ได้แก่ การคัดแยก การบดย่อยขยะมูลฝอยให้มีขนาดเล็กลง เพื่อปรับปรุงลักษณะสมบัติขยะมูลฝอย ลดระยะเวลาการบำบัดน้ำชะขยะ/การปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม เพิ่มอัตราการผลิตก๊าซมีเทน และช่วยให้มีการทรุดตัวของขยะมูลฝอยดีขึ้น

2) การดำเนินการฝังกลบในพื้นที่ ได้แก่ ระบบฝังกลบแบบพื้นที่ (Area Method) การฝังกลบแบบร่อง (Trench Method) และการฝังกลบแบบบ่อ (Ram Method)

3) ระบบควบคุมทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระบบรวบรวมน้ำชะขยะ (Leachate Collection System) ระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบติดตามตรวจสอบน้ำใต้ดิน (Groundwater Monitoring System) และน้ำผิวดิน

4) ระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพ ได้แก่ Passive System เป็นระบบควบคุมก๊าซชีวภาพที่ง่ายที่สุด มักจะใช้งานกับสถานที่ฝังกลบขนาดเล็ก, Active System มักถูกประยุกต์ใช้งานกับสถานที่ฝังกลบขนาดกลางหรือใหญ่ และ Physical Barrier เพื่อป้องกันก๊าซชีวภาพแพร่กระจายออกทางผิวหน้าของหลุมฝังกลบ ซึ่งรวมถึงระบบติดตามตรวจสอบการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ (Perimeter Monitoring System) จากพื้นที่ฝังกลบ

5) ระบบผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ ทางเลือกในการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยมีอยู่ 3 แนวทาง คือ การใช้ประโยชน์ในพื้นที่โครงการหรือพื้นที่ใกล้เคียงในรัศมีไม่เกิน 3 กิโลเมตร การผลิตกระแสไฟฟ้า (Electricity Generation) โดยใช้ IC Engine หรือ Gas Engine และการส่งเข้าสู่ระบบท่อก๊าซ (Pipeline Injection) ในรูปของก๊าซคุณภาพปานกลาง (30-50% มีเทน) หรือก๊าซคุณภาพสูง (95% มีเทน)

6) การปิดพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอย แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ การปิดชั้นฝังกลบรายวัน (Daily Cover) การปิดชั้นฝังกลบบริเวณด้านบนและด้านข้าง (Intermediate Cover) และการปิดชั้นฝังกลบขั้นสุดท้าย (Final Cover)

ทั้งนี้ในการออกแบบระบบฝังกลบขยะมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาลนั้น จะเป็นไปตามมาตรฐานเกณฑ์การออกแบบที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษและมาตรฐานสากล สำหรับการผลิตพลังงานโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของเทคโนโลยีนี้คือ ช่วยลดปัญหาเหตุเดือดร้อนจากกลิ่น ความเสี่ยงของความเป็นพิษและสารก่อมะเร็ง ลดการเสี่ยงจากการเกิดระเบิดหรือไฟไหม้ในพื้นที่ฝังกลบ ลดปัญหาภาวะโลกร้อนที่เกิดจากการระบายก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย ในด้านของข้อเสียของเทคโนโลยีนี้คือ ต้องการพื้นที่ที่ใช้ในการดำเนินงานมาก ไม่เหมาะกับพื้นที่ขนาดเล็ก

วิธีฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลจะก่อให้เกิดมลสารส่วนใหญ่อยู่ในรูปของน้ำชะขยะและกลิ่นเหม็นรบกวนจากกองขยะ รวมทั้งไอเสียที่เกิดจากเครื่องยนต์ก๊าซสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า

1) น้ำชะขยะ (Leachate) เกิดจากกองขยะที่ฝังในหลุมฝังกลบและได้รับผลกระทบจากฝนที่ตกในช่วงฤดูฝน ทำให้เกิดปริมาณน้ำชะขยะมากขึ้น แต่ก็ทำให้ความเข้มข้นสกปรกของน้ำชะขยะลดลงระดับหนึ่ง มาตรการควบคุมป้องกันน้ำชะขยะที่เกิดขึ้นในสถานที่ฝังกลบ ได้แก่ การใช้วัสดุสังเคราะห์ HDPE ปูพื้นก้นหลุมฝังกลบ พร้อมติดตั้งระบบรวบรวมน้ำชะขยะและส่งไปบำบัดด้วยระบบบำบัดแบบชีวภาพ โดยใช้บ่อร่วมกันของ Anaerobic, Facultative และ Maturation Ponds ก่อนทีจะระบายทิ้งหรือนำกลับไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่

2) กลิ่นเหม็นรบกวน เกิดจากอินทรีย์สารที่เน่าเปื่อยและย่อยสลายได้ง่าย ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในขยะมูลฝอย มาตรการควบคุมป้องกันที่ปฏิบัติโดยทั่วไป จะใช้วัสดุดินกลบทับเป็นประจำทุกวันหลังเสร็จการปฏิบัติงาน

3) ไอเสีย (Exhaust gas) เป็นอากาศเสียที่เกิดจากการทำงานของเครื่องยนต์ก๊าซสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า มีการติดตั้งระบบควบคุมอากาศเสียในรูปของ CO และ NOx โดยใช้ระบบควบคุมการปล่อยออกไอเสีย เพื่อควบคุมปริมาณของ CO และ NOxให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมรวมทั้งควบคุมป้องกันการแพร่เชื้อโรคจากแมลงวันและสัตว์ต่างๆ

4) เสียงดังรบกวน เกิดจากการทำงานของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ ซึ่งติดตั้งภายในห้องควบคุมโดยเฉพาะ ก่อให้เกิดเสียงดังรบกวนสู่ภายนอกน้อย

2.3.3 เทคโนโลยีก๊าซซิฟิเคชั่น (Gasification) [6,8]

เป็นการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นเชื้อเพลิงก๊าซเพื่อนำไปผลิตพลังงาน โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นเป็นกระบวนการเผาไหม้แบบบางส่วนระหว่างขยะมูลฝอยกับอากาศ ผลที่ได้จะได้ก๊าซสังเคราะห์ (synthesis gas) โดยมีค่าความร้อนคิดเป็นร้อยละ 10-15 ของก๊าซธรรมชาติ แล้วนำก๊าซสังเคราะห์ที่ได้ไปเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงาน ข้อเสียของเทคโนโลยีนี้คือ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของขยะมูลฝอยจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบ [7]

ในปัจจุบันเทคโนโลยี Gasification นับได้ว่ามีการพัฒนาจนถึงระดับแข่งขันในเชิงพาณิชย์ได้บ้างแล้ว ตัวอย่างเช่น การประยุกต์ใช้กับถ่านหินในการผลิตพลังงานไฟฟ้า หรือใช้กับเชื้อเพลิงชีวมวล เป็นต้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีอื่น ในด้านการลงทุนนับว่ายังสูงอยู่ แต่ก็มีแนวโน้มว่าจะลดลง และมีความยากลำบากในการที่จะทราบการผลิตพลังงานของแต่ละ Process อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากในแต่ละ Process ที่มีการใช้อยู่ในเชิงพาณิชย์นั้นมีน้อย โดยเฉพาะการใช้งานกับขยะชุมชน ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมากขององค์ประกอบ บาง Process มีการใช้เชื้อเพลิงเสริม

พลังงานที่ผลิตได้จะมาจากก๊าซที่ได้จากกระบวนการซึ่งเป็นก๊าซเชื้อเพลิง โดยมีองค์ประกอบหลักๆ ได้แก่ CO, H_2 และ CH_4 ปริมาณก๊าซเชื้อเพลิงนี้จะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดของระบบที่เลือกใช้ องค์ประกอบของขยะมูลฝอยและการทำงานของระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ประกอบของขยะมูลฝอยจะเป็นปัจจัยสำคัญซึ่งจำเป็นจะต้องมีการวิจัยและทดสอบถึงปริมาณก๊าซเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นสำหรับองค์ประกอบของขยะ และเนื่องจากกระบวนการ Gasification นั้น เป็นกระบวนการที่ต้องใช้ความร้อนเพื่อก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใส่พลังงานเข้าไปในระบบ โดยทั่วไปจะใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ตัวขยะมูลฝอยเองบางส่วน เพื่อให้พลังงานความร้อนออกมาหรือใช้ไอน้ำมาเป็นแหล่งพลังงานความร้อน นอกจากนี้ยังต้องมีการใช้พลังงานเพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบทำงานประมาณ 10% ของพลังงานที่ผลิตได้ ผลพลอยได้ของระบบคือ ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้เช่น เหล็ก อลูมิเนียม ซึ่งสามารถคัดแยกเพื่อนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้อีก มลพิษที่เกิดขึ้นน้อยกว่า และควบคุมได้ง่ายกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการนำขยะมูลฝอยมาเผาไหม้โดยตรง ประเภทของมลสารและมาตรการควบคุมป้องกันของเทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิง สรุปได้ดังนี้

1) ไอเสีย (Flue gas) เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิงได้อากาศเสียที่ต้องระบายทิ้ง ประกอบด้วย อนุภาคฝุ่น ก๊าซ HCl, SO_2, NOx รวมทั้งไอของโลหะหนักบางชนิด เป็นต้นมาตรการควบคุมป้องกันที่ใช้ คือการใช้ถุงกรอง (Bag Filter) จำนวน 2 ชุด โดยชุดที่ 1 เพื่อดักจับอนุภาคฝุ่นและองค์ประกอบของโลหะหนัก และจะไหลสู่ถุงกรองชุดที่ 2 เพื่อดักจับไอกรดในรูป HCl และ SO_2 โดยวิธีฉีดผงปูนขาว นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์กำจัด ก๊าซ NOx ด้วย (De-NOx reactor) ก่อนที่จะระบายทิ้งสู่บรรยากาศ

2) เถ้าหลอมละลาย (Slag) และขี้เถ้า (Ash) Slag เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ภายใต้อุณหภูมิสูง โดยเฉพาะสารจำพวกโลหะหนักที่อาจปนเปื้อนในขยะชุมชน โดยจะถูกหลอมจับเป็นก้อนแข็ง นอกจากนี้ยังมีผงฝุ่นที่รวบรวมได้จากอุปกรณ์ถุงกรองซึ่งดักจับอนุภาคฝุ่นและไอกรดอีกส่วนหนึ่ง โดยจะถูกนำไปกำจัดด้วยการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล

3) น้ำเสีย ประกอบด้วย น้ำชะขยะซึ่งเกิดขึ้นที่บ่อรองรับขยะที่อาคารผลิตก๊าซเชื้อเพลิงมีปริมาณไม่มาก น้ำเสียส่วนนี้จะถูกกำจัดโดยการพ่นเข้าไปในเตาเพื่อเผาทำลายน้ำเสียจากการล้างพื้นอาคารและจากเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานจะถูกรวบรวมและส่งไปบำบัดที่ระบบบำบัดแบบชีวภาพติดกับที่ (On-site Biological Treatment) ก่อนที่จะระบายทิ้งสำหรับน้ำชะขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ฝังกลบ เถ้าหลอมละลายและขี้เถ้าจะบำบัดโดยระบบบ่อผึ่ง (Oxidation Ponds)

4) กลิ่นและเสียงดัง กลิ่นเหม็นรบกวนภายในอาคารใช้ระบบดูดและถ่ายเทอากาศ และส่งเข้าเตาเพื่อเผาทำลาย สำหรับเสียงดังจากการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ จะทำการควบคุมลดเสียงที่แหล่งกำเนิด รวมทั้งติดตั้งอยู่ภายในห้องที่เป็นระบบปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 เทคโนโลยีผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) [4]

เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่ผ่านกระบวนการจัดการต่างๆ เช่น การคัดแยก การลดขนาด ขยะมูลฝอยที่ได้ออกมาจะมีค่าความร้อนสูงกว่าหรือมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ดีกว่า ง่ายต่อการจัดเก็บ การขนส่ง การจัดการต่างๆ รวมทั้งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า

กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ ประกอบไปด้วยขั้นตอนจัดการต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการคัดแยก การลดขนาด เป็นต้น เพื่อให้ได้เชื้อเพลิงขยะที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ การเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น คุณสมบัติของขยะมูลฝอย ซึ่งมีความเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อุปกรณ์ที่นำมาใช้ส่วนใหญ่ประยุกต์การใช้งานมาจากอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมเหมืองแร่ ซึ่งในบางครั้งอาจจะยังไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้งานกับขยะชุมชน ทำให้มีปัญหาเรื่องความเชื่อมั่นในการใช้งาน และการนำอุปกรณ์จากอุตสาหกรรมประเภทอื่นมาประยุกต์ใช้งานทำให้มีปัญหาในการเลือกขนาดของอุปกรณ์แต่ละชนิดให้มีความสัมพันธ์กันตลอดกันทั้งกระบวนการผลิต

สัดส่วนของปริมาณขยะเชื้อเพลิง (RDF) ที่ผลิตได้ต่อปริมาณขยะมูลฝอย 1 ตัน ขึ้นอยู่กับรูปแบบการจัดเก็บขยะ กระบวนการที่ใช้ในการแปรรูปขยะ และคุณภาพของเชื้อเพลิงขยะที่ต้องการ จากรายงานของ European Commission Directorate General Environment พบว่าสัดส่วนการผลิตเชื้อเพลิงขยะจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23-50% โดยน้ำหนักของขยะที่ป้อนเข้า ปริมาณของขยะเชื้อเพลิงในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป (European Union) มีประมาณ 3 ล้านตันต่อปี โดยมีประเทศที่ได้มีการศึกษาและพัฒนาการแปรรูปขยะเป็นขยะเชื้อเพลิงมาอย่างต่อเนื่องได้แก่ ออสเตรีย ฟินแลนด์ เยอรมนี อิตาลี เนเธอร์แลนด์ และสวีเดน นอกจากนี้ประเทศเบลเยียมและสหราชอาณาจักรกำลังอยู่ระหว่างการพัฒนา ประเทศที่มีการศึกษาและพัฒนาการแปรรูปขยะเป็นขยะเชื้อเพลิงมากอีกประเทศ ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น โดยมีโรงงานแปรรูปขยะเป็นขยะเชื้อเพลิง มีกำลังการผลิตตั้งแต่ 2.5 ตัน/วัน ไปจนถึง 390 ตัน/วัน ขึ้นอยู่กับการวางแผนการจัดการขยะในแต่ละพื้นที่ โดยทั่วไปแล้วโรงผลิตเชื้อเพลิงขยะจะมีกำลังการผลิตประมาณ 50 ตัน/วัน [4]

แต่ละขั้นตอนในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ อุปกรณ์ที่ใช้จะมีวัตถุประสงค์แตกต่างกันไป เช่น Hammer mill ใช้สำหรับการลดขนาดของขยะมูลฝอย หรือว่า Dryer ใช้สำหรับการไล่ความชื้นออกจากขยะมูลฝอย เชื้อเพลิงขยะนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ชนิด ตามมาตรฐาน ASTM E-75 ในที่นี้จะกล่าวถึง เชื้อเพลิงขยะ 3 ชนิด ได้แก่ Coarse RDF Fluff RDF และ Densified RDF

1. Coarse RDF คือขยะชุมชนที่ผ่านการคัดแยกเฉพาะชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ออก และผ่านการบดหรือตัดอย่างหยาบๆ

2. Fluff RDF คือ ขยะชุมชนที่มีการคัดแยกส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ออก และทำการลดขนาดจนมีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้ว ต้นทุนในการผลิต Fluff RDF จะสูงกว่า Coarse RDF ประมาณ 6 ถึง 15 เท่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ และคุณสมบัติของเชื้อเพลิงขยะที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Densified RDF คือ Fluff RDF ที่ได้มาผ่านกระบวนการอัดก้อนโดยให้มีความหนาแน่นมากกว่า 600 kg/m3 เกณฑ์การพิจารณาการผลิต Densified RDF นั้นจะคัดเลือก Fluff RDF ที่มีค่าความร้อนมากกว่า 4,000 kcal/kg ต้นทุนการผลิตจะเพิ่มขึ้นมาประมาณ 1-2 Euro/t RDF เนื่องมาจากการติดตั้ง Densifier หรือ Pelletiser เพิ่ม [4]

ในด้านของสิ่งแวดล้อมเทคโนโลยีการผลิตขยะเชื้อเพลิง ก่อให้เกิดมลสารต่างๆ ดังนี้

1) วัสดุคัดทิ้ง (Rejects) เป็นขยะส่วนที่ไม่สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงได้ ได้แก่ เศษอาหาร ผัก ผลไม้ แก้ว โลหะ ไม้ ผ้าและหนัง หิน กระเบื้อง เป็นต้น จะถูกรวบรวมและนำไปกำจัดโดยการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล

2) น้ำเสีย ได้แก่ น้ำชะขยะที่เกิดขึ้นในอาคารผลิตขยะเชื้อเพลิง ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างน้อย อีกส่วนหนึ่งเกิดขึ้นที่พื้นที่หลุมฝังกลบวัสดุคัดทิ้งซึ่งมีปริมาณมากกว่า น้ำชะขยะนี้จะถูกรวบรวมนำไปบำบัดด้วยระบบบ่อชีวภาพ ประกอบด้วย Anaerobic, Facultative และ Maturation Ponds ก่อนที่จะระบายทิ้ง

ในส่วนน้ำเสียที่เกิดจากการล้างพื้นทำความสะอาดภายในอาคารผลิตขยะเชื้อเพลิงรวมทั้งจากเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน จะรวบรวมและนำไปบำบัดด้วยระบบบำบัดทางชีวภาพแบบติดกับที่ (OnsiteBiological Treatment)

3) กลิ่นและเสียงดังรบกวน ใช้ระบบดูดอากาศและถ่ายเทอากาศภายในอาคาร ไม่ให้กลิ่นเหม็นรบกวนจากขยะระบายสู่ภายนอก สำหรับเสียงดังจากการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ทำการควบคุมลดเสียงดังที่แหล่งกำเนิด และติดตั้งอยู่ภายในห้องที่เป็นระบบปิด

2.3.5 เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย (Incineration) [4,6]

Incineration คือการเผาขยะในเตาที่ได้มีการออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อให้เข้ากับลักษณะสมบัติของขยะ คือมีอัตราความชื้นสูง และมีค่าความร้อนที่แปรผันได้ เป็นการเผาไหม้ขยะมูลฝอยกับอากาศในเตาเผาที่ได้รับออกแบบมาเพื่อควบคุมปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่ให้ความร้อนและอุณหภูมิสูง เพื่อทำลายมวลและปริมาตรของขยะมูลฝอย การเผาไหม้จะต้องมีการควบคุมที่ดีเพื่อจะป้องกันไม่ให้เกิดมลพิษและการรบกวนต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ก๊าซพิษ เขม่า กลิ่น เป็นต้นก๊าซซึ่งเกิดจากการเผาไหม้จะได้รับการกำจัดเขม่าและอนุภาคตามที่กฎหมายควบคุม ก่อนที่จะส่งออกสู่บรรยากาศ ขี้เถ้าซึ่งเหลือจากการเผาไหม้ ซึ่งมีปริมาตรประมาณ 10% และน้ำหนักประมาณ 25 ถึง 30%ของขยะที่ส่งเข้าเตาเผา จะถูกนำไปฝังกลบหรือใช้เป็นวัสดุปูพื้นสำหรับการสร้างถนน ส่วนขี้เถ้าที่มีส่วนประกอบของโลหะอาจถูกนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนั้นในบางพื้นที่ที่มีปริมาณขยะอยู่มากสามารถที่จะนำพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาขยะมาใช้ในการผลิตไอน้ำ หรือทำน้ำร้อน หรือผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ซึ่งมีส่วนประกอบหลักดังต่อไปนี้

1. หน่วยลงทะเบียนและควบคุมขยะมูลฝอย (Waste Registration and Control) สำหรับการออกใบสำคัญต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการลงทะเบียน ตรวจสอบและควบคุมขยะมูลฝอยที่จะนำเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงเผาขยะ ในที่นี้จะมีการบ่งบอกประเภทของขยะ ชั่งน้ำหนัก และลงทะเบียนก่อนที่จะขับเข้าสู่โรงเผาขยะต่อไป

2. การลดขนาด การคัดแยก และการตรวจสอบขยะ (Size reduction, Sorting and Inspection of Waste) ระบบนี้เป็นทางเลือก กล่าวคืออาจมีหรือไม่มีก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งกำเนิดของขยะ ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการลดขนาดให้มีขนาดเล็กลง (เช่น กรณีที่ขยะมีขนาดใหญ่มากเกินไป) การคัดแยกนำขยะส่วนที่ไม่สามารถเข้าโรงเผาได้ออกไปก่อน และการตรวจสอบขยะทั้งหมดหรือบางส่วนของขยะที่รับเข้ามา

3. การถ่ายขยะ และหลุมรองรับขยะ (Unloading and Hopper for Waste) ขยะจะถูกถ่ายลงหลุมรองรับขยะ ความจุของหลุมจะต้องสามารถรองรับขยะได้ในแต่ละวัน และต้องเผื่อไว้ให้สามารถรองรับขยะได้ตลอดทั้งสัปดาห์ด้วย การทำเช่นนี้เนื่องจากขยะมีปริมาณและประเภทที่หลากหลายซึ่งจำเป็นต้องมีการผสมขยะให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวก่อนที่จะป้อนเข้าสู่เตาเผา

4. ระบบป้อนขยะ (Feeding System) ขยะที่ถูกผสมเข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจะถูกป้อนเข้าสู่เตาเผาทางช่องป้อน ปกติใช้เครนก้ามปู

5. เตาเผา (Furnace) ครั้งแรกขยะจะถูกทำให้แห้ง ก่อนที่จะมีการลุกติดไฟ ตามด้วยการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ในโซนของการเผาไหม้ในลานเผาที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ก๊าซไอเสียที่เกิดขึ้นจะไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้หลังเพื่อทำให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์การเผาไหม้ที่สมบูรณ์

6. ระบบนำพลังงานกลับมาใช้ (Energy Recovery System) ก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะไหลเข้าสู่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งสามารถได้พลังงานกลับมาในรูปของกำลัง ความร้อน หรือ ไอน้ำ (หรือแบบผสมผสาน) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตลาดพลังงาน ณ แหล่งเตาเผานั้น

7. ระบบนำขี้เถ้าและก้อนเถ้า ออก (Ash and Clinker Removal System) ขี้เถ้าและ Clinker ที่เกิดจากการเผาไหม้ในเตาเผาจะถูกเก็บสะสมและขนส่งด้วยระบบลำเลียง ซึ่งสามารถร่อนคัดแยก และใช้ในการทำเป็นวัสดุรองพื้นในการก่อสร้างถนนหรือเพื่อการก่อสร้าง ขี้เถ้าและ Clinker ส่วนที่ถูกคัดออกมาจะถูกนำไปฝังกลบอย่างถูกสุขหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

8. ระบบควบคุมมลพิษอากาศ (Air Pollution Control System: APC) ระบบควบคุมมลพิษอากาศหลักๆ นั้นจะขึ้นอยู่กับระดับของการควบคุม อาจใช้เครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Precipitator) หรือเครื่องกรองแบบถุงกรอง (Bathhouse Filter) สำหรับดักอนุภาคฝุ่นและโลหะหนักบางชนิด และอาจมีการเพิ่มระบบทำความสะอาดก๊าซด้วยวิธีทางเคมี เช่น Dry/Semi-dryScrubber ตามด้วยเครื่องกรองแบบถุงกรอง หรือ Wet Scrubber และมีการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับควบคุมNOx หรือไดออกซินด้วยการใช้เครื่องกรองแบบถุงกรองแบบพิเศษ

9. ปล่องระบายไอเสีย (Stack) ไอเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วในที่สุดจะปล่อยระบายออกทางปล่องระบายไอเสีย ความสูงของปล่องระบายขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ที่ตั้งโรงเผาขยะและสภาวะทางอุตุนิยมวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวใจของโรงเผาขยะ คือระบบการเผาไหม้ ซึ่งสามารถแบ่งได้ออกเป็นสองประเภทคือ ระบบการเผาไหม้มวล (Mass Burn System) อีกประเภทหนึ่งคือ ระบบที่มีการจัดการเบื้องต้น(Burning of Preheated and Homogenized Waste)

1. ระบบการเผาไหม้มวล เป็นการเผาไหม้ขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบที่หลากหลายโดยไม่ต้องมีการจัดการเบื้องต้นก่อน เทคโนโลยีนี้ปกติจะเป็นการเผาไหม้ในเตาเผาแบบตะกรับที่เคลื่อนที่ได้ (Moving grate) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันแพร่หลายและได้รับการทดสอบแล้ว มีสมรรถนะทางเทคนิคที่ยอมรับได้ และสามารถรองรับการเผาทำลายขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบและค่าความร้อนที่หลากหลายระบบที่ได้รับความนิยมรองลงมาคือ ระบบเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln)

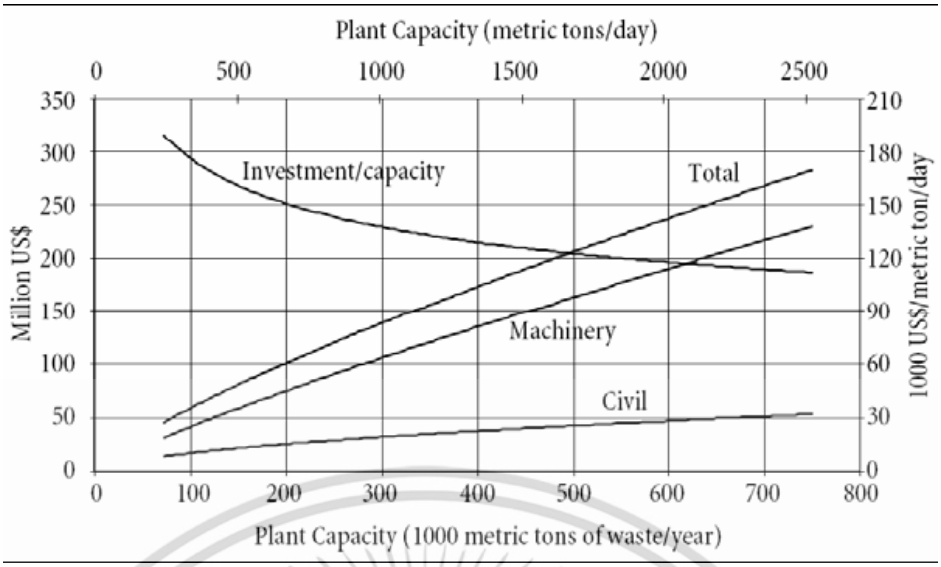
2. ระบบที่มีการจัดการขยะเบื้องต้นก่อนทำการเผา ต้องมีระบบเพื่อการลดขนาด การบดตัดและการคัดแยก หรือในบางครั้งอาจมีระบบการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ (Refuse-Derived Fuel :RDF) ซึ่งทำให้มีความยุ่งยากในการปฏิบัติงานมากขึ้น ดังนั้นระบบดังกล่าวจึงมีการใช้งานอยู่ในวงจำกัด ในทางทฤษฎีอาจจัดให้เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed) จัดอยู่ในพวกเดียวกันด้วย อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีฟลูอิดไดซ์เบดจัดว่าเทคโนโลยีที่ใหม่อยู่และมีการใช้งานเพื่อการเผาทำลายขยะมูลฝอยในวงจำกัด โดยทั่วไปใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอยอุตสาหกรรม

การเลือกใช้เทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอยในการกำจัดขยะชุมชนถือว่าเป็นโครงการที่ต้องการเงินลงทุนสูงและรวมทั้งค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษาโดยทั่วไปแล้วเงินลงทุนของเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอยจึงมักสูงกว่าเทคโนโลยีทางเลือกอื่น (เช่นเทคโนโลยีการฝังกลบขยะมูลฝอย) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับต้นทุนที่เกิดขึ้นจริง (ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของโรงเผา) และรายได้ที่ได้มาจากการขายพลังงาน

เงินลงทุนที่แท้จริงสำหรับโรงเผาขยะมูลฝอยชุมชนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างโดยเฉพาะอย่างยิ่งขนาด (ความสามารถในการกำจัด) ของโรงเผาขยะมูลฝอย จำนวนเมตริกตันของขยะมูลฝอยต่อปีหรือต่อวัน และค่าความร้อนค่าต่ำของขยะมูลฝอย (Lower heating value) โรงเผาขยะมูลฝอยที่มีความสามารถในการกำจัดต่ำจะใช้เงินลงทุนต่อเมตริกตันขยะมูลฝอยที่กำจัดสูงกว่าโรงเผาขยะมูลฝอยที่มีความสามารถในการกำจัดสูง

เครื่องจักรที่ใช้กับระบบจะขึ้นอยู่กับชนิดของการผลิตพลังงาน ตั้งแต่การระบายความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้อย่างง่าย (ไม่มีการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่) จนไปถึงระบบที่มีการผลิตกำลังและความร้อนร่วม ยิ่งไปกว่านั้น เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบควบคุมมลพิษอากาศก็จะขึ้นอยู่กับระดับมลพิษอากาศที่ยอมรับได้ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลอย่างมากต่อเงินลงทุนของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 เงินลงทุนระบบเตาเผาขยะมูลฝอย [2]

จำนวนเตาเผา ความสามารถในการกำจัดขยะมูลฝอยต่ำสุดต่อเตาเผาควรมีค่าเท่ากับ 240 ตันต่อวัน (10 ตันต่อชั่วโมง) และสูงสุดไม่เกิน 720 ตันต่อวัน (30 ตันต่อชั่วโมง) โรงเผาขยะมูลฝอยควรมีเตาเผาสองเตา ดังนั้นขนาดที่เหมาะสมของโรงเผาขยะมูลฝอยคือ 500 ตันต่อวัน และคิดว่าในหนึ่งปีโรงเผาจะทำงานโดยเฉลี่ย 7,500 ชั่วโมง และออกแบบให้สามารถกำจัดขยะมูลฝอยได้เกินความสามารถที่ออกแบบไว้ไม่เกินร้อยละ5เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณขยะมูลฝอยตามฤดูกาล

พลังงานที่ได้ออกมาจากระบบโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับค่าความร้อนของขยะมูลฝอยที่เข้าเตาเผา หากขยะมูลฝอยมีค่าความร้อน 6 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และผลิตพลังงานในรูปพลังงานไฟฟ้าจะให้กำลังประมาณ 0.58 เมกะวัตต์-ชั่วโมงต่อตัน แต่หากค่าความร้อนสูงถึง 10 เมกะจูลต่อกิโลกรัม จะผลิตไฟฟ้าได้ถึง 0.97 เมกะวัตต์-ชั่วโมงต่อตัน [2]

ในส่วนของด้านสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีผลิตพลังงานจากขยะชุมชนโดยใช้เตาเผา จะใช้ระบบการเผาไหม้มวล (Mass Burn System) แบบควบคุมอากาศ (Controlled air) โดยเตาเผาประกอบด้วยห้องเผาไหม้ปฐมภูมิกับทุติยภูมิ ในห้องเผาไหม้ปฐมภูมิ ขยะจะถูกอบให้แห้งและบางส่วนจะทำปฏิกริยาออกซิเดชั่น เกิดการปลดปล่อยความชื้น สารระเหยและก๊าซที่เผาไหม้ได้ออกมา ห้องเผาไหม้ทุติยภูมิทำหน้าที่เผาไหม้ก๊าซที่เกิดขึ้นจากห้องเผาปฐมภูมิ ให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ก๊าซร้อนที่เกิดขึ้นสามารถนำไปผลิตพลังงานเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป ในกระบวนการเผาขยะในเตาเผาก่อให้เกิดมลสารประเภทต่างๆ และมาตรการควบคุมป้องกันในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) ไอเสีย (Flue Gases) เกิดขึ้นในเตาเผาและระบายออกที่ปลายปล่อง (Stack) สู่บรรยากาศ โดยทั่วไปประกอบด้วย ฝุ่นละออง ก๊าซต่างๆ เช่น CO_2, NO_x, SO_2, HCl, Dioxins & Furansเป็นต้น อุปกรณ์ควบคุมมลพิษสำหรับฝุ่นละออง เช่น เครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Precipitators) เครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรอง (Baghouse Filters) อุปกรณ์กำจัดก๊าซที่เป็นกรดโดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การฉีดผงปูนขาว (Lime Injection) อุปกรณ์ควบคุม NOx ในรูปของ Selective Catalytic Reduction ส่วนสารประกอบ Dioxins & Furans ควบคุมโดยการฉีดผง Activated Carbon เป็นต้น

2) เถ้าหนัก (Bottom Ashes) เป็นขยะส่วนที่เผาไหม้หมดเป็นเถ้ากับส่วนที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้หมด เกิดขึ้นในเตาเผาจะถูกดันจากเตา ทำให้เย็นลง และถูกแยกออกด้วยระบบลำเลียงและรวบรวมไว้รอการกำจัดต่อไป

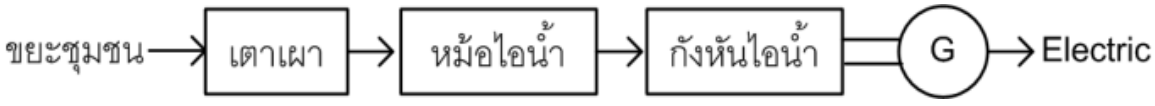
3) เถ้าลอย (Fly Ashes) เป็นไอเสียที่ผ่านการดักจับของระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ (Air Pollution Control System) ของเตาเผา เกิดเป็นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดใหญ่และถูกรวบรวมไว้เพื่อกำจัดหรือนำกลับไปใช้ประโยชน์

4) น้ำเสีย ส่วนของน้ำชะขยะที่เกิดขึ้นในหลุมรับขยะ จะมีการรวบรวมและสูบไปยังระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Reverse Osmosis น้ำเสียอื่นๆ จากการล้างพื้น ทำความสะอาดภายในอาคารเตาเผา น้ำทิ้งจากเครื่องกำเนิดไอน้ำ และน้ำเสียจากพนักงานปฏิบัติงาน จะทำการบำบัดโดยใช้ระบบบำบัดชีวภาพ (On-site Biological Treatment System)

5) ปัญหากลิ่นและเสียงดังรบกวน ใช้การออกแบบให้อากาศจากภายนอกไหลเข้าสู่ภายในอาคาร ทำให้กลิ่นเหม็นรบกวนจากขยะไม่ระบายสู่ภายนอก และจะดูดรวบรวมส่งเข้ากำจัดในเตาเผา สำหรับเสียงดังรบกวนจากการทำงานของเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เตาเผา เครื่องกำเนิดไอน้ำ เครื่องกังหันไอน้ำ ปั๊มและพัดลมดูดอากาศ เป็นต้น มีการออกแบบควบคุมป้องกันเสียงดังที่แหล่งกำเนิดและควบคุมเสียงให้อยู่ในห้องระบบปิด เพื่อให้เสียงหลุดลอดสู่ภายนอกน้อยที่สุด

2.4 โรงไฟฟ้าพลังงานขยะกับการผลิตไฟฟ้า

หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานขยะผลิตไฟฟ้านั้น เมื่อมีขยะผ่านเตาเผา พลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาจะทำจะนำไปต้มหม้อไอน้ำและนำไอน้ำที่ได้นำไปปั่นกังหันไอน้ำ และได้เป็นพลังงานกลออกมาด้วยแรงบิดและความเร็วรอบของแกนหมุนกังหันไอน้ำ (torque and speed conversion) พลังงานกลจากแกนหมุนของจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของกังหันไอน้ำ จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านระบบควบคุมไฟฟ้า และจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบต่อไป



รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนรูปพลังงานในระบบโรงไฟฟ้าพลังงานขยะผลิตไฟฟ้า [6]

เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของปริมาณขยะ และความต้องการพลังงานที่สม่ำเสมอเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานแล้ว จะต้องมีตัวกักเก็บพลังงานและใช้แหล่งพลังงานอื่นที่เชื่อถือได้เป็นแหล่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำรอง หรือใช้ร่วมกับแหล่งพลังงานอื่นๆ ตัวกักเก็บพลังงานมีอยู่หลายชนิด ส่วนมากขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้ เช่น ถ้าเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานขยะเพื่อผลิตไฟฟ้ามักนิยมสร้างพื้นที่บริเวณรองรับขยะไว้เพื่อรองรับขยะสำรองไว้เพื่อพอดีกับความต้องการของขยะที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในแต่ละวัน

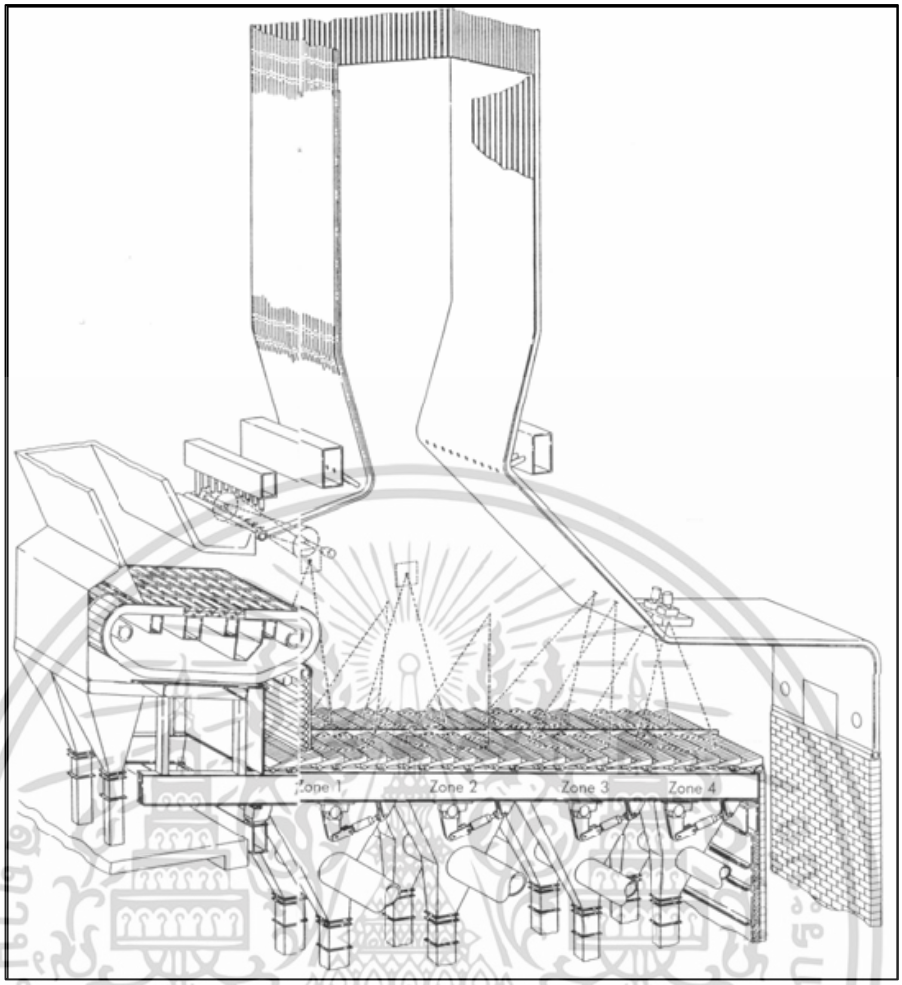
2.4.1 เตาเผาขยะ (Incinerator) มี 3 ประเภทดังนี้ [6]

2.4.1.1 เตาเผาชนิดตะกรับเคลื่อนที่ (Moving Grate Incinerator)

เป็นเตาเผาขยะมูลฝอยแบบเผาไหม้มวล เป็นรูปแบบที่นิยมใช้กันมาก เหมาะสำหรับใช้กับขยะมูลฝอยที่มีปริมาณมาก ก้ามปูของ Overhead Crane จะทำหน้าที่จับขยะเพื่อป้อนลงไปในช่องป้อนก่อนที่จะหล่นเข้าไปในห้องเผาไหม้ของเตาเผาด้วยแรงโน้มถ่วง เมื่อขยะมูลฝอยตกลงไปวางบนตะกรับแล้วความร้อนในเตาเผาจะทำให้ขยะแห้งก่อนที่จะเกิดการเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิสูงกับอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ขี้เถ้า (รวมทั้งส่วนประกอบของขยะส่วนที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้) จะหลุดออกจากตะกรับในลักษณะของSlag/Bottom Ash ผ่านหลุมถ่ายขี้เถ้า ตะกรับจะทำหน้าที่เป็นเสมือนพื้นผิวด้านล่างของเตา การเคลื่อนที่ของตะกรับหากได้รับการออกแบบอย่างถูกต้องจะทำให้ขยะมีการเคลื่อนย้ายและผสมผสานกันอย่างมีประสิทธิภาพและทำให้อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้สามารถแทรกซึมไปทั่วถึงพื้นผิวของขยะ ตะกรับอาจถูกจัดแบ่งให้เป็นพื้นที่ย่อยเฉพาะ ซึ่งทำให้สามารถปรับปริมาณอากาศเพื่อใช้ในการเผาไหม้ได้อย่างอิสระ และทำให้สามารถเผาไหม้ได้แม้ขยะที่มีค่าความร้อนต่ำ ตะกรับที่ใช้กับระบบเตาเผาขยะมีหลายแบบ เช่น Forward Movement, Backward Movement, Double Movement, Rocking และ Roller เป็นต้น ผนังของห้องเผาไหม้ในเตาเผาขยะมักเป็นแบบบุด้วยอิฐทนไฟ (Refractory Wall) หรือแบบผนังน้ำ (Water Wall) สำหรับแบบหลังนี้ส่วนมากจะปฏิบัติงานโดยใช้อากาศส่วนเกินในปริมาณต่ำ ซึ่งช่วยให้ลดปริมาตรของห้องเผาไหม้และลดขนาดของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศ [6]

จุดเด่นของเทคโนโลยีนี้คือ ไม่ต้องการการคัดแยกหรือบดตัดขยะมูลฝอยทั้งหมด ก่อนการนำเข้าเตาเผา แต่จะต้องทำการคัดแยกขยะที่สามารถระเบิดได้ออกไปก่อนเท่านั้น เป็นเทคโนโลยีที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายและได้รับการทดสอบแล้วสำหรับการเผาทำลายขยะมูลฝอยว่ามีความสามารถกำจัดขยะมูลฝอยได้เป็นอย่างดี มีสมรรถนะตรงตามวัตถุประสงค์ และยังสามารถจัดการกับขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบและค่าความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้ สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงถึงร้อยละ 85 เตาเผาแต่ละเตาสามารถก่อสร้างให้มีความสามารถในการเผาทำลายได้ถึง 1200 ตัน ต่อ วัน ส่วนข้อจำกัดในการใช้งานมีเพียงแค่เรื่องของเงินลงทุนและบำรุงรักษาที่ค่อนสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ระบบเตาเผาแบบ Moving Grate [2]

2.4.1.2 เตาเผาชนิดใช้ตัวกลางนำความร้อน (Fluidized Bed Incinerator)

เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดทำงานโดยอาศัยหลักการที่อนุภาคของแข็งที่รวมตัวเป็น Bed (วัสดุที่เติมเข้าไปในเตาเพื่อช่วยให้เกิดการเผาไหม้ต่อเนื่อง) ในเตาเผาผสมเข้ากับขยะมูลฝอยที่ทำหน้าที่เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ถูกทำให้ลอยตัวขึ้นอันเนื่องมาจากอากาศที่เป่าเข้าด้านข้างทำให้มันมีพฤติกรรมเหมือนกับของไหล เตาเผาโดยทั่วไปจะมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกตั้ง และวัสดุที่ทำ Bed มักทำมาจากทราย ซิลิกา หินปูน หรือเซรามิค โดยขยะมูลฝอยที่จะนำมาเผาต้องผ่านการลดขนาดให้มีขนาดเล็กลงก่อน การใช้งานเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดอยู่ในขั้นเริ่มต้นเนื่องจากมีการพัฒนาเทคโนโลยีเตาเผาอยู่อย่างสม่ำเสมอ โดยเตาเผามีข้อได้เปรียบที่สามารถลดปริมาณสารอันตรายได้ใน Bedและมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงหลากหลายประเภท [6]

จุดเด่นของเตาเผาชนิดนี้คือ เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาค่อนข้างต่ำเนื่องจากการออกแบบที่ค่อนข้างง่าย สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงถึงร้อยละ 90 และสามารถใช้ในการเผาทำลายเชื้อเพลิงที่หลากหลายประเภทและสามารถรองรับได้ทั้งกากของแข็งและเหลวโดยการเผาทำลายร่วมกันหรือแยกจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียเปรียบหลักของเตาเผาแบบนี้ อยู่ที่ต้องการกระบวนการในการจัดการขยะมูลฝอยเบื้องต้นก่อนที่จะสามารถป้อนเข้าสู่เตาเผาได้ เพื่อให้ขยะมูลฝอยมีขนาด ค่าความร้อนปริมาณขี้เถ้าที่อยู่ข้างในและอื่นๆ เพื่อให้ตรงต่อข้อกำหนดในการปฏิบัติงานของเตาเผา และเนื่องจากขยะมูลฝอยมีลักษณะสมบัติที่หลากหลายจึงทำให้เกิดความยากลำบากในการทำให้ได้เชื้อเพลิงที่ตรงตามความต้องการ

รูปที่ 2.4 เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด [2]

2.4.1.3 เตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln Incinerator)

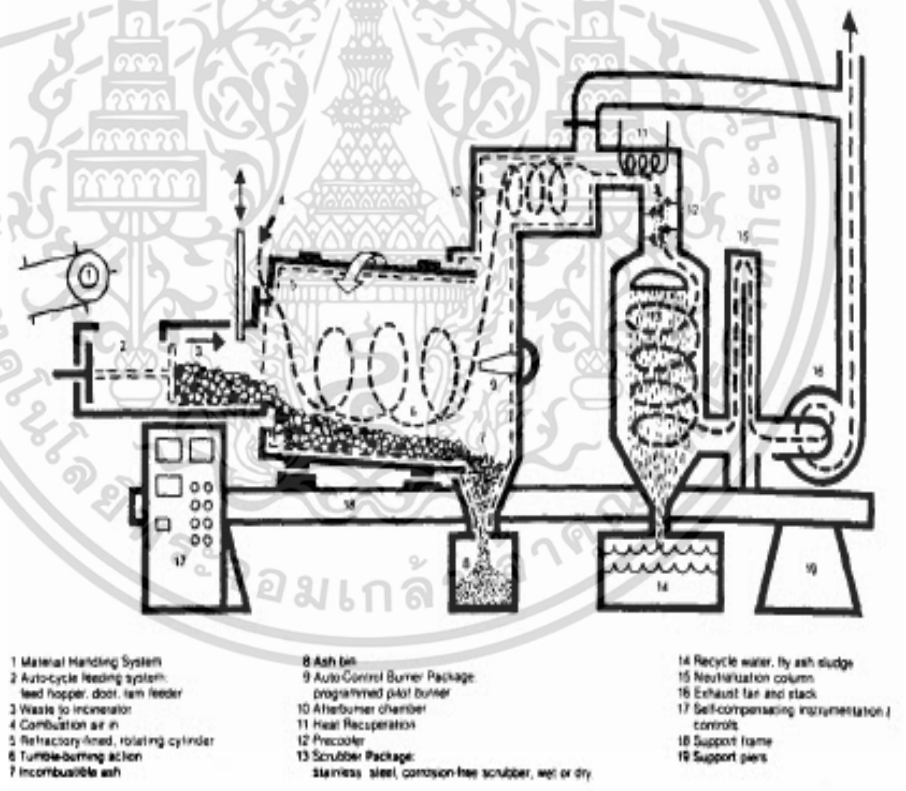
ระบบเตาเผาแบบหมุน โดยใช้ห้องเผาไหม้ทรงกระบอกซึ่งสามารถหมุนได้รอบแกนและมีฉนวนหุ้มโดยรอบ ขยะจะเคลื่อนตัวไปตามผนังของเตาเผาตามการหมุนของเตาเผาซึ่งทำมุมเอียงกับแนวระดับ เตาเผาแบบนี้สามารถเผาไหม้มูลฝอยที่มีคุณสมบัติไม่สม่ำเสมอได้สูง เตาเผาแบบหมุนส่วนใหญ่จะเป็นแบบผนังอิฐทนไฟ แต่ก็มีบ้างที่เป็นแบบผนังน้ำ ทรงกระบอกอาจมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1 ถึง 5 เมตร และยาวตั้งแต่ 8 ถึง 20 เมตรความสามารถในการเผาทำลายขยะมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝอยมีตั้งแต่ 2.4 ตันต่อวัน (0.1 ตันต่อชั่วโมง) จนถึงประมาณ 480 ตันต่อวัน (20 ตันต่อชั่วโมง) อัตราส่วนอากาศส่วนเกินที่ใช้จะมีปริมาณที่มากกว่าแบบที่ใช้กับเตาเผาแบบตะกรับ และอาจจะมากกว่าที่ใช้กับเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดด้วย สิ่งที่ตามมาก็คือ เตาเผาแบบหมุนจะมีประสิทธิภาพพลังงานที่ต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ก็ยังคงมีค่ามากกว่าร้อยละ 80เนื่องจากว่าเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (Retention Time) ของก๊าซไอเสียค่อนข้างสั้นเกินไปสำหรับการทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ในเตาเผาแบบหมุน ดังนั้นเตาทรงกระบอกจึงมักมีส่วนต่อที่ทำเป็นห้องเผาไหม้หลัง (After-Burning Chamber) และมักรวมอยู่ในส่วนของหม้อน้ำด้วย

จุดเด่นของเทคโนโลยีนี้คือ ไม่ต้องการการคัดการการคัดแยกหรือบดตัดขยะมูลฝอยก่อนป้อนเข้าเตาเผาสามารถให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงถึงร้อยละ 80 และสามารถจัดการกับขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบและค่าความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้เป็นอย่างดี

ข้อจำกัดคือ เป็นเทคโนโลยีที่มีใช้ในการเผาทำลายขยะมูลฝอยค่อนข้างน้อย เงินลงทุนและบำรุงรักษาค่อนข้างสูง และความสามารถในการเผาทำลายต่ำ หนึ่งเตาประมาณ 480 ตันต่อวัน (20 ตันต่อวัน) [3]



รูปที่ 2.5 ระบบเตาเผาแบบหมุน [2]

2.4.2 หม้อไอน้ำ (Boiler)

หม้อไอน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เลือกใช้หม้อไอน้ำความดันสูง หม้อไอน้ำความดันสูงสามารถจัดแบ่งได้ตามส่วนแผ่รังสีความร้อน (RadiationPart) เป็นแบบหนึ่งผ่านถึงสามผ่าน และส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการพาความร้อน (Convection Part) โดยหลังจากก๊าซไอเสียไหลผ่านส่วนแผ่รังสีความร้อนแล้วจะไหลเข้าส่วนพาความร้อนซึ่งใช้ในการทำให้ไอน้ำกลายเป็นไอดง(Superheated) หลังจากนั้นจึงผ่าน Economizer ซึ่งก๊าซไอเสียจะมีอุณหภูมิระหว่าง 160 ถึง 220 °C ก่อนที่ไหลเข้าสู่ระบบทำความสะอาดก๊าซ พารามิเตอร์ไอน้ำมีส่วนสำคัญต่อการปฏิบัติงานเตาเผาขยะ ซึ่งจะต้องออกแบบเพื่อให้ป้องกันปัญหารุนแรงต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นต่อหม้อไอน้ำ ทั้งในเรื่องของการกัดกร่อน การสึกหรอ การเกาะติดของวัสดุ เป็นต้น ด้วยเหตุผลนี้จึงเป็นข้อจำกัดของการปฏิบัติงานระบบเตาเผาที่จะต้องทำให้อุณหภูมิสูงสุดของไอน้ำมีค่าไม่เกิน 400 °C และความดันประมาณ 40 บาร์ อุณหภูมิของน้ำไหลกลับเข้าหม้อน้ำควรรักษาให้มีอุณหภูมิกับส่วนที่เย็นที่สุด
ของหม้อไอน้ำ มี 2 ประเภทดังนี้

2.4.2.1 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ (Fire Tube Boiler)

หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ เป็นหม้อไอน้ำที่มีโครงสร้างง่ายๆ ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ (Fire Box) ถูกส่งผ่านเข้าภายในท่อเหล็กซึ่งมีจำนวนมาก ประกอบอยู่ตามยาวของหม้อไอน้ำ ภายนอกของท่อไฟมีน้ำอยู่โดยรอบ ความร้อนจากการเผาไหม้ จะทำให้น้ำที่อยู่รอบนอกท่อไฟและห้องเผาไหม้ร้อนและเดือดเปลี่ยนสภาพเป็นไอน้ำ ตลอดความยาวที่ไฟวิ่งผ่านตั้งแต่ห้องเชื้อเพลิงไปจนถึงปล่องควัน หม้อไอน้ำประเภทนี้ ส่วนมากมีขนาดเล็กความดันต่ำ โดยทั่วไปที่ใช้ความดันไม่ควรเกิน 150 ปอนด์ต่อตารางเมตรนิ้ว อัตราการผลิตไอน้ำมีขนาดตั้งแต่ 15,000 ปอนด์ต่อชั่วโมงลงมา ไอน้ำที่ได้นำไปใช้กับเครื่องจักรไอน้ำและเครื่องจักรที่ให้ความร้อนต่างๆ หม้อไอน้ำแบบนี้ยังใช้กันมาก เช่น หัวจักรรถไฟ, เรือกลไฟ, โรงสีไฟ, โรงอบไม้, โรงงานกระดาษ, โรงงานอาหารสัตว์, โรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูป, โรงงานสัปปะรดกระป๋อง เป็นต้น หม้อไอน้ำแบบท่อไฟมีแบบต่างๆ หลายชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดก็มีจุดประสงค์ที่ใช้งานแตกต่างกันพร้อมทั้งยังมีส่วนประกอบของหม้อไอน้ำที่แตกต่างออกไปบ้าง

แบบท่อไฟ โดยทั่วไปเท่าที่เราควรรู้จัก ได้แก่

1. ตัวหม้อไอน้ำ (Boiler Shell) มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกกลมทำด้วยเหล็กกล้า

2. ช่องลอด (Manhole) ที่ตัวหม้อไอน้ำตอนบนและทางด้านหน้าหม้อไอน้ำตอนล่างสำหรับคนลอดเข้าไปทำความสะอาดหรือตรวจสอบ

3. เตา (Furnace) เป็นที่สำหรับเชื้อเพลิงไหม้ ถ้าหม้อไอน้ำความดันต่ำผิวจะเรียบ ถ้าหม้อไอน้ำกลังสูงมักจะสร้างให้เป็นลอนลูกฟูกเพื่อให้แข็งแรงและเพิ่มพื้นที่ผิวนำความร้อนให้มากขึ้น

4. ท่อไฟ (Fire Tube) สำหรับให้แก๊สร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเดินผ่านปลายทั้งสองของท่อไฟยึดติดแน่นกับแผ่นเหล็กฝาปิดหน้าหม้อไอน้ำและแผ่นเหล็กแผ่นหน้าของห้องเผาไหม้

5. สะเต (Stay) สำหรับยึดส่วนประกอบของหม้อไอน้ำที่เป็นเหล็กแผ่นเรียบแบนไม่ให้โป่งออก เมื่อหม้อน้ำมีความดัน

6. เหล็กตระกรับไฟ (Fire Grate) สำหรับรองรับเชื้อเพลิง

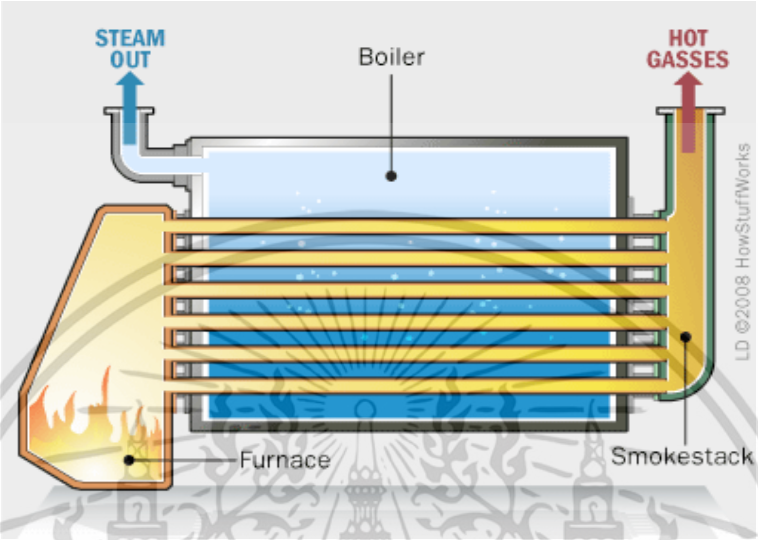
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ผนัง (Bridge Wall)

8. ประตูเตา (Furnace Door)

9. ประตูรังขี้เถ้า (Ashpit Door)

10. ห้องควัน (Smoke Box)



รูปที่ 2.6 Fire Tube Boiler [7]

2.4.2.2 หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ (Water Tube Boiler)

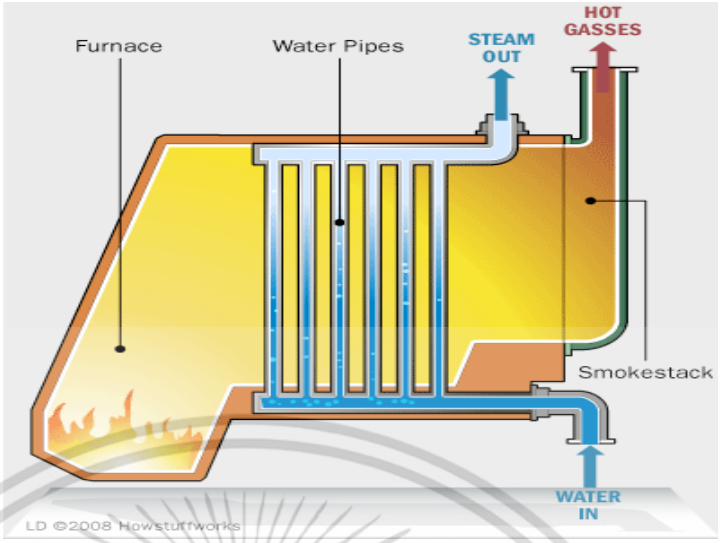
หม้อไอน้ำประเภทนี้ การสร้างมีบางอย่างที่แตกต่างกับหม้อไอน้ำแบบท่อไฟคือ จัดทำให้น้ำภายในหม้อไอน้ำแยกลงมาอยู่ในหมู่ท่อน้ำ และภายนอกของท่อเหล่านี้ได้รับความร้อนจากเปลวไฟจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงตลอดทางที่ไฟผ่านหมู่ท่อน้ำ หม้อไอน้ำประเภทท่อน้ำ เป็นหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ความดันไอน้ำตั้งแต่ 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้วขึ้นไป และสามารถผลิตไอน้ำได้มาก ไอน้ำที่ผลิตได้ส่วนมากจะเป็นไอน้ำร้อนจัด (Superheated Steam) ใช้กับเครื่องกังหันไอน้ำ(Power Plant), โรงงานน้ำตาล, โรงงานกระดาษ, โรงกลั่นน้ำมัน, โรงงานทำน้ำมันปาล์ม, เรือเดินทะเล ฯลฯ

ส่วนประกอบของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ [6]

หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. ถังน้ำ (Water Drum or Mud Drum)
2. ถังน้ำกับไอน้ำ (Steam and Water Drum)
3. ท่อน้ำ (Water Tube)
4. ห้องเผาไหม้ (Furnace)
5. เครื่องดงไอ (Superheater)
6. อุปกรณ์ประหยัดเชื้อเพลิง (Economizer)
7. อุปกรณ์อุ่นอากาศ (Air Heater)
8. เครื่องดักขี้เถ้า (Dust Collector)
9. พัดลมส่ง (FORCE Draft Fan)
10. พัดลมดูด (Induce Draft Fan)
11. ปล่องควัน (Stack)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 **Water Tube Boiler [7]**

เป็นเพียงบางแบบของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้หัวเผาหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายแบบที่ใช้งานกันซึ่งการแบ่งแบบอาจอาศัยหลักการพิจารณาจากการไหลหมุนเวียนของน้ำในท่อน้ำลักษณะการวางท่อน้ำ จำนวนถังน้ำและไอน้ำ (Drum) และขนาดการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ จากหลักการแบ่งหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำดังกล่าว หลักการแบ่งที่นิยมและสะดวกในการแบ่งชนิดมักใช้พิจารณาการไหลหมุนเวียนของน้ำในท่อ ซึ่งการแบ่งลักษณะนี้ สามารถแบ่งหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำได้ 3 ประเภท คือ

(1) หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่น้ำหมุนเวียนธรรมชาติ (Natural Circulation Water Tube Boiler)

หม้อไอน้ำประเภทนี้ การหมุนเวียนของน้ำในหม้อไอน้ำเกิดจากการพาความร้อนตามธรรมชาติ ดังนั้น ความดันของไอน้ำที่ผลิตออกมาจะไม่ถึง 200 บาร์ เนื่องจากน้ำหมุนเวียนธรรมชาติมีขีดจำกัดโครงสร้างของเตาออกแบบได้ง่าย และสามารถขยายหรือออกแบบได้อิสระ แต่ออกแบบภาระความร้อน (Heat Load) หรือพื้นที่ผิวนำความร้อนที่ติดตั้งในเตาไฟต้องเผื่อความปลอดภัยไว้ให้มากพอ

(2) หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่น้ำหมุนเวียนบังคับ (Forced Circulation Water Tube Boiler)

หม้อไอน้ำแบบนี้ การหมุนเวียนของน้ำในหม้อไอน้ำใช้ปั๊มน้ำเป็นตัวทำหน้าที่หมุนเวียนน้ำในหม้อไอน้ำ ข้อดีของหม้อไอน้ำชนิดนี้ที่ดีกว่าหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่น้ำหมุนธรรมชาติคือ อัตราการหมุนเวียนของน้ำไม่มีผลมากนักในการเปลี่ยนแปลงพื้นที่รับความร้อน/ความสูงของหม้อไอน้ำ หรือการเปลี่ยนความดันในการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำ แต่หม้อไอน้ำชนิดนี้ก็มีข้อยุ่งยากมากขึ้น เกี่ยวกับตัวปั๊มน้ำที่ต้องนำมาติดตั้งเพื่อใช้งานที่อุณหภูมิและความดันสูง

(3) หม้อไอน้ำแบบน้ำไหลผ่านเลย (Once Througe Boiler)

พื้นที่นำความร้อนสำหรับการอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ การผลิตไอน้ำ และการดงไอ ต้องมีท่อผลิตไอน้ำที่มีพื้นผิวนำความร้อนเพียงพอต่อการผลิตไอน้ำแบบน้ำไหลผ่านครั้งเดียว หม้อไอน้ำแบบไหลเลยจะไม่มีถังน้ำกับไอน้ำ (Drum)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของหม้อไอน้ำที่ดี

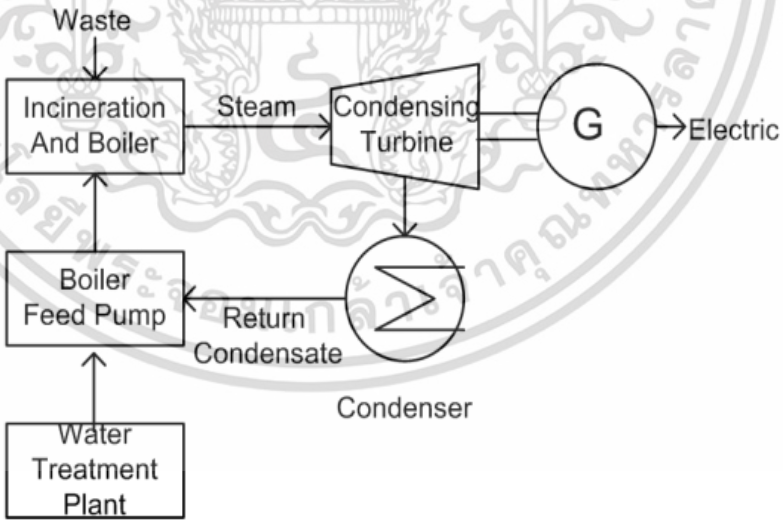
หม้อไอน้ำทุกแบบที่สร้างขึ้นมาใช้งาน ล้วนแล้วแต่มีข้อดีและข้อเสียของตัวเองทั้งนั้น ถ้าต้องการหม้อไอน้ำที่ดีครบทุกประการแล้ว หม้อไอน้ำนั้นควรจะต้องมีลักษณะ ดังนี้

1. ตัวโครงสร้างต้องเป็นแบบง่ายๆ แข็งแรงและปลอดภัยต่อการใช้งาน
2. ต้องใช้วัสดุและช่างฝีมือที่สร้างหม้อไอน้ำให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้
3. การออกแบบการไหลหมุนเวียนของน้ำและก๊าซตลอดจนกระทั่งการถ่ายเทความร้อนต้องทำงานได้ดี
4. มีพื้นผิวนำความร้อนมากและถ่ายเทความร้อนได้ดี
5. สามารถทำการตรวจทดสอบและซ่อมแซมทุกส่วนได้โดยสะดวก
6. เตาเผาไหม้เชื้อเพลิง ต้องมีพื้นที่เพียงพอที่จะทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในเตาได้อย่างสมบูรณ์
7. มีส่วนเก็บกักไอน้ำได้มาก

2.4.3 กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) มี 3 ประเภท ดังนี้

2.4.3.1 Fully Condensing Turbine

ใช้เมื่อต้องการผลิตกระแสไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงถึงร้อยละ 35 ของพลังงานทั้งหมดในขยะมูลฝอย ความร้อนส่วนที่เกินมานั้น จะถูกทำให้เย็นลงในคอนเดนเซอร์หรือหอระบายเย็น (Cooling Tower) ทางเลือกนี้เหมาะสำหรับในกรณีที่ไอน้ำไม่ได้นำกลับมาใช้ประโยชน์

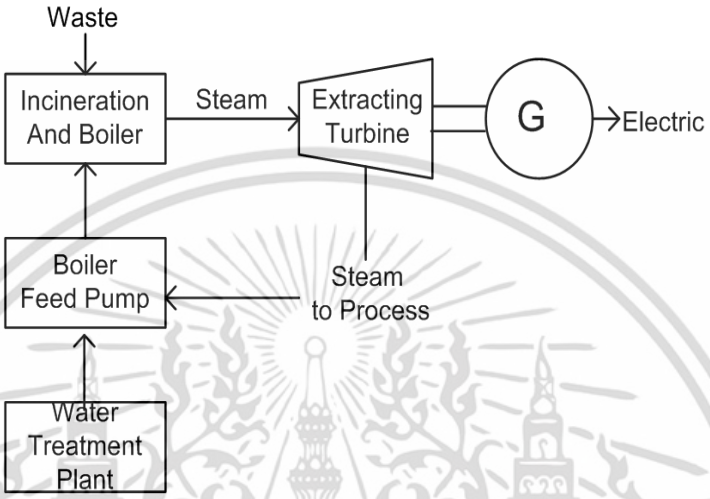


รูปที่ 2.8 ระบบ Fully Condensing Turbine [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.2 Back Pressure Turbine

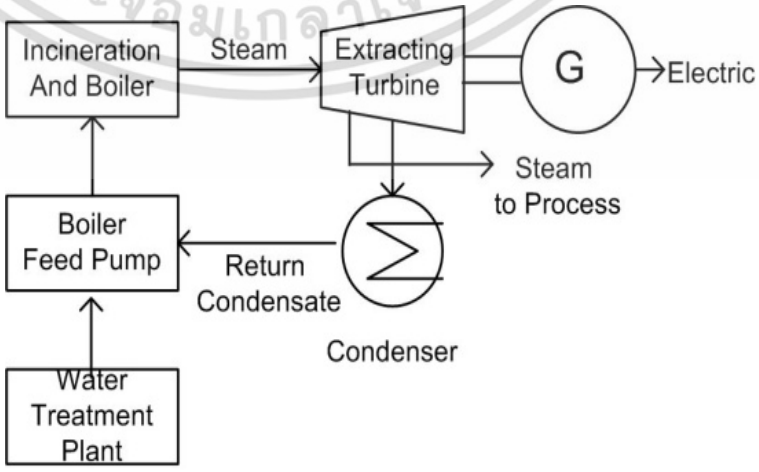
ใช้เมื่อต้องการผลิตทั้งไอน้ำและ ไฟฟ้าร่วมกัน แต่เน้นที่การผลิตไอน้ำ เป็นหลัก สามารถใช้พลังงานจาก ขยะมูลฝอยได้ถึงร้อยละ 85 ของพลังงานจากขยะมูลฝอยทั้งหมด ทำให้ได้กำลังไฟฟ้าร้อยละ 20-25 และกำลังความร้อนถึงร้อยละ 60-65 [4]



รูปที่ 2.9 ระบบ Back Pressure Turbine [6]

2.4.3.3 Extraction Turbine

ใช้เมื่อต้องการที่จะผลิตทั้งไฟฟ้าและไอน้ำ ร่วมกัน แต่ต้องการการผลิตไฟฟ้าเป็นหลัก ส่วนไอน้ำที่ได้ สามารถ นำ กลับมาใช้ในกระบวนการผลิตได้ กำลังไฟฟ้าที่ได้จะขึ้นอยู่กับไอน้ำที่ ถูก ดึงไปใช้ในกระบวนการการผลิตซึ่งทำให้มีค่าอยู่ระหว่าง ร้อยละ 20-35 ทำให้สามารถใช้พลังงานจากขยะมูลฝอยได้ถึงร้อยละ 35-75 ของพลังงานทั้งในขยะมูลฝอย แต่ราคาของกังหันไอน้ำประเภทนี้มี ราคาสูงที่สุด [4]



รูปที่ 2.10 ระบบ Extraction Turbine [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะชุมชนในประเทศไทย

ส่วนที่จะทำการศึกษาออกแบบระบบจัดการขยะในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาตัวอย่างโรงไฟฟ้าขยะของจังหวัดภูเก็ต ซึ่งประสบความสำเร็จในการก่อสร้างมาแล้ว และดำเนินการใช้งานมาจนถึงปัจจุบัน เพื่อเป็นแนวทางประกอบในการวิเคราะห์ออกแบบ โดยมีลักษณะดังนี้

โครงการเตาเผาขยะมูลฝอยและผลิตพลังงานของเทศบาลนครภูเก็ต [9]

เทศบาลนครภูเก็ตได้มีการกำจัดขยะมูลฝอย โดยวิธีการเผาในเตาเผาเป็นโรงเผาขยะมูลฝอยมีความสามารถในการกำจัดมูลฝอยได้วันละ 250 ตัน ผลิตไฟฟ้าได้ 2.5 MW ในส่วนเทศบาลและอบต. ขนาดเล็กมีการใช้เตาเผาขยะมูลฝอยอยู่บ้างแต่ยังค่อนข้างน้อยอยู่ เนื่องจากค่าก่อสร้างมีราคาแพง

โรงเตาเผาขยะของเทศบาลนครภูเก็ตตั้งอยู่ ณ หมู่ 1 ถนนรัตนโกสินทร์ 200 ปีตำบลวิชิต อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต โดยติดตั้งอยู่บริเวณเดียวกับระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาล มีพื้นที่ประมาณ 43,000 ตารางเมตร ตัวโรงเตาเผาเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ใช้ระบบเตาเผาแบบตะกรับที่สามารถเผาทำลายขยะมูลฝอยชุมชนได้อย่างต่อเนื่อง ด้วยความสามารถในการเผาทำลายวันละ 250 ตัน มีระบบทำความสะอาดก๊าซไอเสียแบบแห้งพร้อมเครื่องกรองแบบถุงกรอง (Dry System with Bag Filter) ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะนำมาทำไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 2.5 MW โดยใช้เทอร์ไบน์แบบ Back Pressure และการก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์เมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม 2541

ลักษณะของโครงการต้นแบบ

1. คุณลักษณะเฉพาะของโรงเผาขยะมูลฝอยของเทศบาลนครภูเก็ต เป็นดังนี้

1.1 ลักษณะเฉพาะของขยะมูลฝอยที่จะเข้าเตาเผา เป็นวัสดุที่เผาไหม้ได้ และมีเส้นผ่านศูนย์กลางหรือความกว้างสูงสุดไม่เกิน 50 ซม.

1.2 ลักษณะเฉพาะของขยะมูลฝอยที่ไม่สามารถเข้าเผาในเตาเผาได้ วัสดุที่ระเบิดหรือสามารถระเบิดได้ อุปกรณ์ไฟฟ้า มอเตอร์และส่วนประกอบ ยางรถยนต์ ขยะมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาล

1.3 ระบบควบคุมมลพิษอากาศ

- โรงเผาขยะได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการควบคุมความเข้มข้นของฝุ่นละออง และก๊าซมลพิษ ได้แก่ SO_x และ HCl โดยเป็นแบบ Dry Type
- น้ำเสียที่เกิดจากระบบจะมีการบำบัดเบื้องต้น ก่อนที่จะส่งให้กับระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของเทศบาลที่ตั้งอยู่ติดกัน
- ได้มีการออกแบบเพื่อลดเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ
- มีการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของ HCl, SO_x, และ NO_x อย่างต่อเนื่อง

1.4 ปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นโรงงานได้รับการออกแบบเพื่อลดกลิ่นที่เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 การปฏิบัติงานอย่างอัตโนมัติ การปฏิบัติงานของโรงงานสามารถควบคุมและเฝ้าระวังได้จากห้องควบคุมอย่างอัตโนมัติ

2. อาคารโรงเตาเผาเป็นตึกก่อสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 6 ชั้น มีขนาด 42x84 ม. และสูง 37 ม.ภายในอาคารออกแบบให้สามารถใช้งานได้อย่างอเนกประสงค์ เป็นที่ตั้งของอุปกรณ์ต่างๆ เช่นบริเวณเททิ้งขยะมูลฝอยจากรถเก็บขนขยะมูลฝอย บ่อรองรับขยะมูลฝอย ถังไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์ไบน์-เจนเนอเรเตอร์ไฟฟ้า อุปกรณ์ดักฝุ่น ระบบการจัดการน้ำเสีย ห้องเก็บขี้เถ้า โรงซ่อมเครื่องกลและไฟฟ้า ห้องควบคุมและสำนักงาน และห้องสำหรับเก็บอุปกรณ์และห้องทดลอง เป็นต้น ปล่องเตาเผาขยะทำด้วยเหล็กกล้า และภายนอกหุ้มด้วยโครงคอนกรีตมีความสูง 59 ม.

3. ห้องควบคุมการปฏิบัติงาน กระบวนการปฏิบัติงานในโรงเผาขยะมูลฝอยทั้งหมด นับตั้งแต่เมื่อรถเก็บขนขยะมูลฝอยวิ่งเข้ามาเทขยะมูลฝอยทิ้ง จนไปถึงขั้นตอนการลำเลียงขี้เถ้าออกจากโรงเผา จะถูกควบคุมการปฏิบัติงานอย่างอัตโนมัติในห้องควบคุมส่วนกลาง (Central Control Room) ซึ่งสามารถสั่งการการปฏิบัติงานได้สะดวก และใช้บุคลากรจำนวนน้อย

4. ระบบเตาเผาขยะมูลฝอยของเทศบาลนครภูเก็ต มีความสามารถในการเผาทำลายขยะมูลฝอยได้วันละ 250 ตัน โดยใช้เตาเผาแบบตะกรับเคลื่อนที่ (Moving Grate) ของ MitsubishiMartin อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ของก๊าซร้อนประมาณ 800-900 °C และมีเวลาที่ก๊าซอยู่ในห้องเผาไหม้อย่างน้อย 2 วินาที การเคลื่อนตัวของตะกรับช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น และการควบคุมการปฏิบัติงานเป็นแบบอัตโนมัติในทุกกระบวนการ กระบวนการทำงานของเตาเผาเป็นดังนี้

4.1 ขยะมูลฝอยทั้งหมดจะถูกเก็บรวบรวม ชั่งน้ำหนักและเททิ้งในบ่อรับมูลฝอย จากนั้นเครนก้ามปูซึ่งถูกควบคุมโดยพนักงานห้องควบคุมจะหยิบขยะมูลฝอยป้อนเข้าสู่เตาเผา

4.2 ขยะมูลฝอยที่อยู่ในช่องรองรับจะไหลเข้าไปสู่ลานเผาด้วยแรงโน้มถ่วง

4.3 ขยะมูลฝอยที่เพิ่งไหลเข้าไปในเตาเผาจะผสมกับขยะเก่าที่กำลังเผาไหม้

4.4 กระบวนการเผาไหม้จะเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ในช่วงระยะเวลาหนึ่งก็จะเริ่มป้อนขยะมูลฝอยชุดใหม่เข้าไปในเตาเพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง

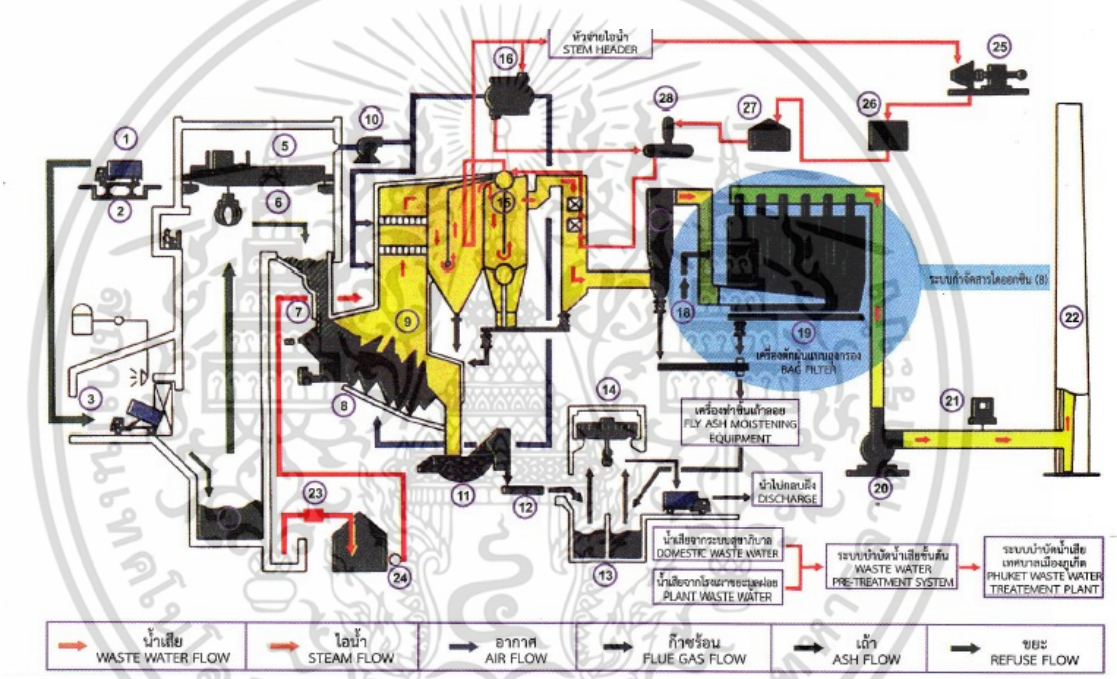
4.5 ขยะจะเคลื่อนตัวไปตามการเคลื่อนที่ของตะกรับ และการเผาไหม้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องบนตะกรับ ตั้งแต่การระเหยน้ำให้แห้ง การระเหยสารระเหย การเผาไหม้ FixedCarbon และเมื่อขยะที่เผาไหม้เคลื่อนตัวถึงด้านล่างของตะกรับก็จะเผาไหม้เสร็จสมบูรณ์ และจะถูกดันตกลงไปยังกระบะรองรับขี้เถ้าเพื่อนำออกนอกห้องเผาไหม้ ระบบตะกรับ จะประกอบด้วย ตะกรับจำนวนหลายๆ ชั้น จะมีส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่เคลื่อนที่ ซึ่งส่วนนี้เป็นตัวพาขยะที่กำลังเผาไหม้บนตะกรับให้เคลื่อนตัวลงด้านล่าง และช่วยให้การเผาไหม้เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะถูกอุ่นให้ร้อนขึ้นด้วยไอน้ำก่อนเป่าเข้าด้านล่างของตะกรับเพื่อช่วยหล่อเย็นและช่วยในการเผาไหม้ ก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะไหลเข้าสู่ด้านบนห้องเผาไหม้เพื่อเข้าสู่หม้อไอน้ำ และมีการเผาไหม้ซ้ำด้วยการเติมอากาศส่วนที่สองเข้าไปในห้องเผาไหม้ การปฏิบัติงานเตาเผาจะเริ่มต้นด้วยการทำงานของหัวเผา (Burner) เพื่อช่วยให้ขยะที่เปียกลุกติดไฟ เมื่อขยะมีการเผาไหม้ด้วยตัวเองจนได้อุณหภูมิที่สูงเพียงพอแล้วหัวเผาจะหยุดทำงาน Bottom Ash จะเย็นตัวลงด้วยน้ำที่ฉีดพ่น และขี้เถ้าจะตกลงสู่กระบะรองรับจากนั้นลำเลียงสู่บ่อรับขี้เถ้า เครนจะขนถ่ายขี้เถ้านี้สู่รถบรรทุกต่อไป สำหรับ Fly Ash ที่จับได้บริเวณอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศจะถูกเพิ่มความชื้นและลำเลียงสู่รถบรรทุกต่อไป

ก๊าซร้อนที่ไหลออกมาจากห้องเผาไหม้จะเข้าสู่หม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำและลดอุณหภูมิของก๊าซไอเสียให้อยู่ที่ประมาณ 230-300 °C จากนั้นก๊าซไอเสียจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และถูกดูดด้วยพัดลมดูดอากาศก่อนที่จะปล่อยระบายออกทางปล่องระบายต่อไป ไอน้ำที่ผลิตได้จะนำมาปั่นเทอร์ไบน์-เจนเนอเรเตอร์ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจำนวน 2.5 MW ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานในโรงงานและเหลือจ่ายให้กับระบบไฟ

ระบบควบคุมมลพิษอากาศเป็นแบบแห้ง ซึ่งทำงานโดยการเป่าผงแป้งปูนขาวเข้าไปในท่อก๊าซไอเสียที่ไหลออกมาจากหม้อไอน้ำ และผ่าน Spray Cooler เพื่อลดอุณหภูมิ ปูนขาวจะทำปฏิกิริยากับก๊าซ SO_2 และ HCl ในก๊าซไอเสีย เพื่อเปลี่ยนสภาพให้กลายเป็น $CaSO_3$ และ $CaCl_2$ ตามลำดับ ผงแป้งนี้จะถูกกรองด้วยถุงกรองและถูกกรอง ออกมาจากก๊าซไอเสียในสภาพ Fly Ash การเป่า ด้วยกระบวนการเช่นนี้ จึงทำให้มลพิษอากาศทั้งหมดที่ปล่อยออกจากเตาเผามีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานการปล่อยมลพิษอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม ที่ประกาศโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม (พ.ศ. 2536)



รูปที่ 2.11 ระบบเตาเผาของเทศบาลนครภูเก็ต1 [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

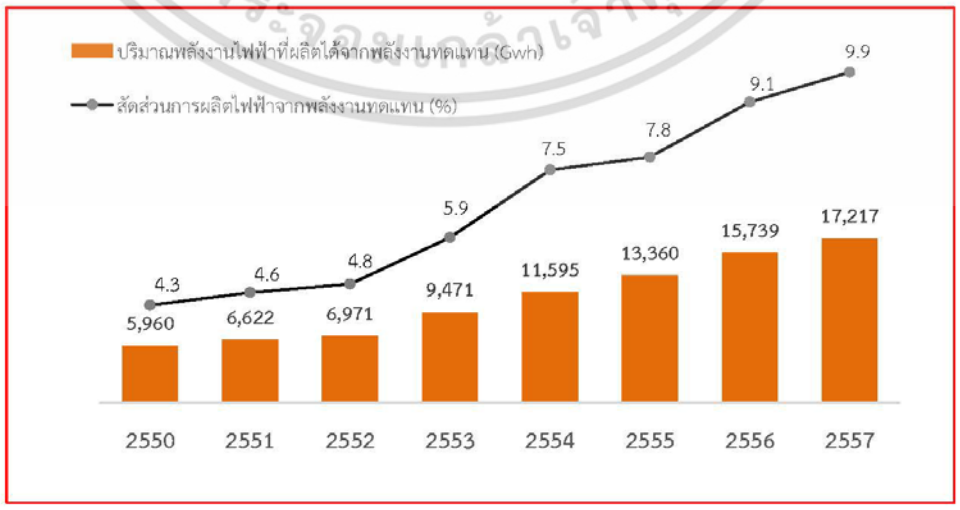
2.6 การศึกษานโยบายงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับพลังงานและสิ่งแวดล้อม

ในงานวิจัยศึกษาออกแบบระบบการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับชุมชนขนาดกลางนี้ ได้ทำการศึกษานโยบายงานของภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับพลังงานและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากขยะมูลฝอยนั้นเป็นพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำมาเป็นพลังงานเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ และหากมีนโยบายของภาครัฐที่สนับสนุนด้วยแล้ว จะทำให้การศึกษาออกแบบนั้นเกิดประโยชน์เป็นอย่างมากต่อประเทศไทย และมีหน่วยงานของภาครัฐสนับสนุนให้เกิดขึ้นจริงในอนาคตได้อีกด้วย นโยบายงานของภาครัฐที่เกี่ยวข้องนั้นมีดังนี้

2.6.1 แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015) [1]

1) สถานภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน

กระทรวงพลังงานมีนโยบายส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนมาตั้งแต่ปี 2532 โดยให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) รับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนขนาดเล็ก (Small Power Produce: SPP) ที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Cogeneration) จากกากหรือเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรโดยนำพลังงานความร้อนที่เหลือจากกระบวนการผลิตไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายเข้าระบบสายส่งเป็นการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและช่วยแบ่งเบาภาระการลงทุนของภาครัฐในระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าด้วย ต่อมาได้ขยายผลสู่การรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทอื่นๆ ทั้งพลังงานแสงอาทิตย์ ก๊าซชีวภาพ ขยะ พลังน้ำ พลังงานลม จากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Produce: VSPP) ขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ เพื่อกระจายโอกาสไปยังพื้นที่ห่างไกลให้มีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า ช่วยลดความสูญเสียในระบบไฟฟ้า และลดการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่เพื่อจำหน่ายไฟฟ้า โดยสนับสนุนผ่านมาตรการส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (Adder) จากมาตรการจูงใจดังกล่าวทำให้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนมีสัดส่วนเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยในปี 2550 มีสัดส่วนปริมาณไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนที่ผลิตได้รวมการผลิตไฟฟ้านอกระบบ (Including off grid power generation) ทั้งประเทศร้อยละ 4.3 และเพิ่มเป็นร้อยละ 9.87 ในปี 2557 (ไม่รวมพลังน้ำขนาดใหญ่)



รูปที่ 2.12 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนของประเทศไทยในปี 2550 – 2557 [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สถานภาพการผลิตความร้อนจากพลังงานทดแทน

อุตสาหกรรมหลักที่มีการใช้เชื้อเพลิงพลังงานทดแทนเพื่อผลิตความร้อนจะเป็นอุตสาหกรรมเกษตรทั้งสิ้น ได้แก่ อุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์ม อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง อุตสาหกรรมแปรรูปไม้ อุตสาหกรรมกระดาษ โรงสีข้าว และฟาร์มปศุสัตว์ ซึ่งล้วนเป็นอุตสาหกรรมที่มีเศษวัสดุเหลือทิ้งและของเสียจากกระบวนการผลิต ที่สามารถนามาเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานในรูปของเชื้อเพลิงชีวมวลและก๊าซชีวภาพจากน้ำเสีย เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายจากการจัดซื้อเชื้อเพลิงจากภายนอกมาใช้ ทำให้วัสดุเหลือทิ้งประเภทเชื้อเพลิงชีวมวล ได้แก่ ชานอ้อย แกลบ เศษไม้ ใยปาล์ม กะลาปาล์ม และขี้เลื่อย ได้รับความนิยมในการนำไปเป็นเชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมเกษตรอย่างกว้างขวาง

นโยบายรัฐบาลที่ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนด้วยระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนร่วมเป็นส่วนหนึ่งที่กระตุ้นให้เกิดการลงทุนเพิ่มประสิทธิภาพระบบผลิตพลังงาน รวมไปถึงการสนับสนุนระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และน้ำเสียจากโรงงาน การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตน้ำร้อนและอบแห้งในภาคธุรกิจ เป็นต้น การเพิ่มสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงพลังงานทดแทนเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นการเพิ่มศักยภาพการแข่งขันให้กับอุตสาหกรรมในการลดต้นทุนการผลิตโดยการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ ลดภาระค่าใช้จ่ายจากเชื้อเพลิงฟอสซิล และสร้างสุขภาวะที่ดีต่อชุมชนรอบโรงงานด้วย

ตารางที่ 2.2 การใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทนปี 2553-2557 [1]

ความร้อนจากพลังงานทดแทน	ความร้อน (ktoe)				
	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557
ชีวมวล	3,449	4,123	4,346	4,694	5,184
ก๊าซชีวภาพ	311	402	458	495	488
พลังงานขยะ	1.1	1.7	78.2	85.0	98
แสงอาทิตย์	1.8	2.0	4.0	4.5	5.1
รวม	**3,763**	**4,529**	**4,886**	**5,279**	**5,775**

ชีวมวลเป็นพลังงานทดแทนที่มีสัดส่วนมากที่สุดในการผลิตความร้อน โดยในปี 2557 มีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 89 ของการผลิตพลังงานความร้อนจากพลังงานทดแทนทั้งหมด ก๊าซชีวภาพคิดเป็นร้อยละ 9 และที่เหลือเป็นพลังงานความร้อนจากขยะและพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งการผลิตพลังงานความร้อนจากขยะและพลังงานแสงอาทิตย์ยังเป็นส่วนที่ต้องการการสนับสนุนให้เกิดการใช้ประโยชน์ในภาคบริการและภาคครัวเรือนให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เป้าหมายการพัฒนาพลังงานทดแทน

การพัฒนาพลังงานทดแทนเป็นส่วนหนึ่งของการกำหนดนโยบายพลังงานในภาพรวมที่จำเป็นต้อง บูรณาการร่วมกับแผนพลังงานอื่นๆ เพื่อให้การขับเคลื่อนสอดคล้องกัน ในการจัดทำแผน AEDP2015 ได้นำค่าพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายตามแผนอนุรักษ์พลังงาน (Energy Efficiency Plan : EEP 2015) กรณีที่สามารถบรรลุเป้าหมายลดความเข้มการใช้พลังงาน (Energy Intensity) ลงร้อยละ 30 ในปี 2579 เมื่อเทียบกับปี 2553 แล้ว คาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ณ ปี 2579 จะอยู่ที่ระดับ 131,000 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) ค่าพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสุทธิของประเทศจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (Power Development Plan : PDP2015) ในปี 2579 มีค่า 326,119 ล้านหน่วยหรือเทียบเท่า 27,789 ktoe ค่าพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานความร้อน ในปี 2579 เท่ากับ 68,413 ktoe และค่าพยากรณ์ความต้องการใช้เชื้อเพลิงในภาคขนส่งจากแผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง ในปี 2579 มีค่า 34,798 ktoe มาเป็นกรอบในการกำหนดเป้าหมายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทน รวมทั้งพิจารณาถึงศักยภาพแหล่งพลังงานทดแทนที่สามารถนำมาพัฒนาได้ ทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพภายใต้แผน AEDP2015 เป็นร้อยละ 30 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในปี 2579

เป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิงตามแผน AEDP2015 มีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนในภาพรวมของทั้งประเทศ ที่ร้อยละ 20 ของปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Energy) รวมสุทธิ ซึ่งสอดคล้องตามกรอบการกำหนดสัดส่วนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 - 2579 (PDP2015) ที่ระบุว่าจะให้มีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอยู่ในช่วงร้อยละ 15 - 20 ภายในปี 2579

การคาดการณ์ความต้องการพลังงานเพื่อผลิตความร้อน ได้คาดการณ์ความต้องการพลังงานเพื่อผลิตความร้อน ในปี 2579 โดยมีปริมาณทั้งสิ้น 68,413 ktoe ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความต้องการพลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศตามแผน EEP 2015 ความต้องการพลังงานไฟฟ้าตามแผน PDP2015 และความต้องการเชื้อเพลิงในภาคขนส่งตามแผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สถานภาพและเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิง [1]

ประเภทเชื้อเพลิง	สถานภาพ สิ้นปี 2557* (เมกะวัตต์)	เป้าหมายปี 2579 (เมกะวัตต์)
1. ขยะชุมชน	65.72	500.00
2. ขยะอุตสาหกรรม	-	50.00
3. ชีวมวล	2,451.82	5,570.00
4. ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย)	311.50	600.00
5. พลังน้ำขนาดเล็ก	142.01	376.00
6. ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)	-	680.00
7. พลังงานลม	224.47	3,002.00
8. พลังงานแสงอาทิตย์	1,298.51	6,000.00
9. พลังน้ำขนาดใหญ่	-	2,906.40**
รวมเมกะวัตต์ติดตั้ง (เมกะวัตต์)	**4,494.03**	**19,684.40**
รวมพลังงานไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	17,217	65,588.07
ความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ (ล้านหน่วย)	174,467	326,119.00
สัดส่วนผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน (%)	**9.87**	**20.11**

* รวมการผลิตไฟฟ้านอกระบบ (Including off grid power generation) และไม่รวมการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำขนาดใหญ่

** เป็นกำลังการผลิตติดตั้งที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน โดยพลังน้ำขนาดใหญ่ถูกรวมเป็นเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในแผน AEDP2015

ตารางที่ 2.4 สถานภาพและเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิง[1]

ประเภทเชื้อเพลิง	สถานภาพ สิ้นปี 2557 (ktoe)	เป้าหมายปี 2579 (ktoe)
1. ขยะ	98.10	495.00
2. ชีวมวล	5,144.00	22,100.00
3. ก๊าซชีวภาพ	528.00	1,283.00
4. พลังงานแสงอาทิตย์	5.10	1,200.00
5. พลังงานความร้อนทางเลือกอื่น*	-	10.00
รวม	**5,775.20**	**25,088.00**
ความต้องการพลังงานความร้อนทั้งประเทศ	33,419.54	68,413.40
สัดส่วนผลิตความร้อนจากพลังงานทดแทน (%)	**17.28**	**36.67**

*อาทิ ความร้อนใต้พิภพ น้ำมันจากยางรถยนต์ใช้แล้ว เป็นต้น

กระทรวงพลังงานได้กำหนดค่าเป้าหมายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพภายใต้แผน AEDP2015 เป็นร้อยละ 30 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในปี 2579

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ค่าเป้าหมายตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทน ในปี 2579 [1]

ประเภทพลังงาน	เป้าหมาย ปี 2579	
ไฟฟ้า	**พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ**	**5,588.24**
	เมกะวัตต์	**19,684.40**
1. ขยะชุมชน	เมกะวัตต์	500.00
2. ขยะอุตสาหกรรม	เมกะวัตต์	50.00
3. ชีวมวล	เมกะวัตต์	5,570.00
4. ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย)	เมกะวัตต์	600.00
5. พลังน้ำขนาดเล็ก	เมกะวัตต์	376.00
6. ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)	เมกะวัตต์	680.00
7. พลังงานลม	เมกะวัตต์	3,002.00
8. พลังงานแสงอาทิตย์	เมกะวัตต์	6,000.00
9. พลังน้ำขนาดใหญ่	เมกะวัตต์	2,906.40
ความร้อน	**พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ**	**25,088.00**
1. พลังงานขยะ	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	495.00
2. ชีวมวล	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	22,100.00
3. ก๊าซชีวภาพ	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	1,283.00
4. พลังงานแสงอาทิตย์	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	1,200.00
5. พลังงานความร้อนทางเลือกอื่น	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	10.00
เชื้อเพลิงชีวภาพ	**พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ**	**8,712.43**
1. ไบโอดีเซล	ล้านลิตร/วัน	14.00
2. เอทานอล	ล้านลิตร/วัน	11.30
3. น้ำมันไพโรไลซิส	ล้านลิตร/วัน	0.53
4. ก๊าซไบโอมีเทนอัด	ตัน/วัน	4,800.00
5. เชื้อเพลิงทางเลือกอื่น	พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ	10.00
การใช้พลังงานทดแทน (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)		**39,388.67**
การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)		**131,000.00**
สัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (%)		**30**

จากตารางที่ 2.3 เป้าหมายของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะชุมชนในปี 2579 นั้นอยู่ที่ 500 เมกะวัตต์ ในขณะที่สถานภาพการผลิตที่เกิดขึ้น ณ ปี 2557 นั้นยังมีแค่เพียง 65.72 เมกะวัตต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารัฐบาลยังมีความต้องการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะขาดอยู่อีกถึง 434.28 เมกะวัตต์ ดังนั้นงานวิจัยออกแบบระบบจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับชุมชนขนาดกลางนี้นั้นสอดคล้องกับนโยบายของภาครัฐเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [10]

2.6.2.1 ข้อกำหนดและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน

ข้อกำหนดและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน ขยะมูลฝอยอันตรายชุมชน และขยะมูลฝอยติดเชื้อที่สำคัญ ได้รวบรวมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ขยะมูลฝอยชุมชน

1.1) พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

พระราชบัญญัตินี้เกี่ยวข้องกับการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมและการควบคุมมลพิษครอบคลุมเรื่องต่อไปนี้

- การส่งเสริมประชาชนและองค์กรเอกชนให้มีส่วนร่วมในการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม
- การจัดระบบการบริหารงานด้านสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามหลักการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม
- กำหนดอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ และส่วนราชการท้องถิ่นในการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม
- การกำหนดมาตรฐานควบคุมด้วยการจัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบกำจัดของเสียและเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ เพื่อแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับมลพิษ

1.2) พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535

พระราชบัญญัตินี้เกี่ยวข้องในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชุนมากที่สุด ทั้งการควบคุมผู้ประกอบการรวบรวม การขนส่ง การจำกัดขยะมูลฝอย และการกำหนดเกณฑ์ควบคุม เหตุเดือดร้อนรำคาญของส่วนรวมที่เกิดจากกลิ่น แสง รังสี เสียง ความร้อน สารอันตราย ความสั่นสะเทือน ฝุ่น ขี้เถ้าพิษ ที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

1.3) พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535

ภายใต้พระราชบัญญัตินี้ กำหนดการดำเนินการจัดการขยะมูลฝอย การรักษาความสะอาดของบ้านเมือง

1.4) พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

พระราชบัญญัตินี้กำหนดอาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ ต้องมีการจัดเก็บขยะมูลฝอยโดยวิธีขนลำเลียงหรือทิ้งลงปล่องขยะมูลฝอย

2) ขยะมูลฝอยอันตรายชุมชนและขยะมูลฝอยติดเชื้อ

2.1) พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พระราชบัญญัตินี้เป็นกฎหมายแม่บท ในการรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมและจัดการมลพิษจากขยะมูลฝอยอันตรายและของเสียอันตรายจากชุมชน การตรวจสอบการดำเนินงานของหน่วยงานราชการและภาคเอกชนให้ปฏิบัติตามกฎหมายสิ่งแวดล้อม

2.2) พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535

พระราชบัญญัติกำหนดให้ กระทรวงสาธารณสุขและราชการส่วนท้องถิ่นควบคุมดูแลเกี่ยวกับขยะมูลฝอยติดเชื้อ ให้การกำจัดขยะสิ่งปฏิกูลและขยะมูลฝอยติดเชื้อ เป็นอำนาจราชการส่วนท้องถิ่น

2.3) พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

พระราชบัญญัตินี้ กำหนดเกณฑ์และมาตรฐานในการควบคุมการดำเนินกิจการของโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะมาตรฐานและวิธีการควบคุมการกำจัดของเสียมลพิษหรือสารปนเปื้อนซึ่งเกิดจากกิจการของโรงงานที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2.4) พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535

พระราชบัญญัตินี้กำหนดเพื่อควบคุมการนำเข้า ส่งออก จำหน่าย การผลิต การเคลื่อนย้าย จัดเก็บ การใช้สอย กำจัด ทำลาย และบำบัดให้เป็นไปอย่างปลอดภัย

2.5) พระราชบัญญัติการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2522

พระราชบัญญัติกำหนดให้ผู้ว่าการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มีอำนาจวางนโยบายและควบคุมดูแลเกี่ยวกับขยะมูลฝอยอันตรายในนิคมอุตสาหกรรม

2.6.2.2 มาตรการที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดขยะมูลฝอย

มาตรการที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดขยะมูลฝอยที่มีและที่กำลังจะเกิดขึ้น จากหน่วยงานราชการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องการการจัดการขยะมูลฝอยและสิ่งแวดล้อม ได้ถูกรวบรวมเพื่อนำมาวิเคราะห์และนำไปพิจารณาประกอบการวางแผนและจัดทำแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนและขยะมูลฝอยอันตรายชุมชนระดับประเทศ มาตรการการจัดการขยะมูลฝอยที่สำคัญเหล่านี้ได้แก่

1) มาตรการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนของยุทธศาสตร์การป้องกันและแก้ไขภาวะมลพิษ (ยุทธศาสตร์ที่ 4) กรอบแผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2545-2549 คณะกรรมการผู้ชำนาญการเพื่อปรับโครงสร้างการบริหารจัดการและองค์กรด้านสิ่งแวดล้อม

2) มาตรการการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในร่างแผนการจัดการขยะมูลฝอยแห่งชาติกรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2546 ซึ่งครอบคลุมทั้งขยะมูลฝอยชุมชนทั่วไป ขยะมูลฝอยอันตรายชุชน และขยะมูลฝอยติดเชื้อ

3) แผนพัฒนากรุงเทพมหานคร ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2545 – 2549)

4) มาตรการจัดการขยะมูลฝอยติดเชื้อ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.3 การบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน

การบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน มีจุดมุ่งหมายเพื่อบริหารจัดการขยะมูลฝอยให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพมนุษย์ให้น้อยที่สุด เนื่องจาก ประเทศไทยมีอาณาเขตกว้าง แต่ละพื้นที่มีสภาพแตกต่างกัน อาจมีวิธีการบริหารจัดการที่มีความเหมาะสมในบางพื้นที่ซึ่งช่วยลดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่นั้นๆได้อย่างดี แต่อาจไม่เหมาะสมในการนำไปปฏิบัติในพื้นที่อื่น ดังนั้นการบริหารจัดการขยะมูลฝอยในแต่ละพื้นที่จำเป็นต้องใช้วิธีการเฉพาะที่เหมาะสม และอาจแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมพื้นฐานของแต่ละพื้นที่เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

แนวความคิดในการพัฒนาวิธีการจัดลำดับความสำคัญของประเภทขยะมูลฝอย จะช่วยให้สามารถหาแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนแต่ละประเภท ในแต่ละช่วงของสายธารขยะมูลฝอย (Waste Stream) เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการ สภาพความเป็นอยู่ ปัญหาของพื้นที่ตามลำดับความเร่งด่วน และความพร้อมสำหรับดำเนินการแก้ไขได้อย่างเหมาะสมและเป็นรูปธรรม การพิจารณาประเภทของขยะมูลฝอยชุมชนที่จะศึกษาเพื่อเป็นตัวอย่าง หรือแนวทางในการจัดทำการการบริหารการจัดการจะพิจารณาจาก “ระดับชั้นการบริหารจัดการขยะมูลฝอย” (Waste Hierarchy) ซึ่งเป็นแนวความคิดพื้นฐานเพื่อช่วยในการตัดสินใจคัดเลือกวิธีบริหารจัดการที่ดีที่สุดที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการนำไปใช้ประกอบการจัดลำดับความสำคัญขยะมูลฝอยต่อไป

1) ระดับชั้นการบริหารจัดการขยะมูลฝอย (Waste Hierarchy)

การจัดลำดับความสำคัญของประเภทขยะมูลฝอยได้ใช้โครงสร้าง “ระดับชั้นการบริหารจัดการขยะมูลฝอย” (Waste Hierarchy) ซึ่งเป็นแนวความคิดพื้นฐานที่ช่วยคัดเลือกวิธีบริหารจัดการขยะมูลฝอยด้วยวิธีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์น้อยที่สุด ระดับชั้นการบริหารจัดการขยะมูลฝอย เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ในการพิจารณาเบื้อต้นในการจัดการขยะมูลฝอย โดยมีทางเลือกในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยทั้งหมด 5 ทางเลือก ซึ่งเรียงลำดับตามผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากน้อยไปหามาก ได้แก่

- การลดปริมาณขยะมูลฝอย
- การใช้ซ้ำ
- การนำกลับมาใช้ใหม่
- การกำจัดโดยได้พลังงานกลับคืน
- การกำจัด (ซึ่งเป็นวิธีที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด)

ขยะมูลฝอยที่สามารถนิยามให้เป็นวัสดุหรือแหล่งพลังงาน ขึ้นอยู่กับสภาพ ประเภทขยะมูลฝอย และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประโยชน์ จากระดับชั้นการบริหารจัดการขยะมูลฝอยพบว่ามีเพียงทางเลือกเดียวเท่านั้น คือ การกำจัดที่ขยะมูลฝอยถูกจัดให้เป็นของเสีย ในขณะที่การบริหารจัดการอีกสี่ทางเลือก คือ

- การลดปริมาณขยะมูลฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การใช้ซ้ำ
- การนำกลับมาใช้ใหม่
- การกำจัดโดยได้พลังงานกลับคืน

ให้ความสำคัญกับขยะมูลฝอยว่าเป็นวัสดุที่มีคุณค่าโดยการคำนึงถึงการบริหารจัดการทรัพยากรมากกว่า การบริหารจัดการของเสียจากระดับชั้นการบริหารจัดการข้อมูลขยะมูลฝอย พบว่าควรพิจารณาแนวทางการลดปริมาณขยะมูลฝอยเป็นอันดับแรกก่อนการใช้ซ้ำและการนำกลับมาใช้ใหม่ อย่างไรก็ตามการเลือกแนวทางในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยนั้นขึ้นอยู่กับการประเภทและลักษณะการเกิดขยะมูลฝอยด้วย ทางเลือกใดในระดับชั้นการบริหารจัดการขยะมูลฝอยไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับขยะมูลฝอยประเภทนั้นได้ จะดำเนินการพิจารณาทางเลือกในระดับชั้นต่อไป

2) เกณฑ์ในการจัดลำดับความสำคัญประเภทของขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอยแต่ละประเภทย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อให้สามารถลดผลกระทบและอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมให้ได้ผลที่ดีที่สุดและรวดเร็วที่สุด การจัดตั้งเกณฑ์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของประเภทขยะมูลฝอย เป็นเครื่องมือสำคัญที่จะพิจารณาคัดเลือกประเภทขยะมูลฝอยมาดำเนินการบริหารจัดการ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมและประชาชนมากที่สุด การพิจารณาคัดเลือกประเภทขยะมูลฝอยเพื่อการบริหารจัดการจะพิจารณาดำเนินการกับประเภทของขยะมูลฝอยที่มีปริมาณมาก ซึ่งมีแนวโน้มจะก่อให้เกิดปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มากกว่า รวมทั้งจะนำแนวทางการพิจารณาแนวทางในการนำกลับมาใช้ใหม่ในระดับชั้นการบริหารจัดการขยะมูลฝอยมาประกอบการพิจารณา

การจัดลำดับความสำคัญของประเภทของขยะมูลฝอยชุมชนนั้น ได้จัดตั้งเกณฑ์ (Criteria) พร้อมทั้งวิธีการให้คะแนนสำหรับแต่ละเกณฑ์ เพื่อนำมาใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของประเภทขยะมูลฝอยชุมชุนมาเป็นตัวอย่างการศึกษาและคัดเลือกขยะมูลฝอยชุมชนที่ได้คะแนนสูง มาจัดทำแผนปฏิบัติการต่อไป โดยเกณฑ์ในการพิจารณามีทั้งสิ้น 11 เกณฑ์ นอกจากนี้ท้องถิ่นยังสามารถนำเกณฑ์เหล่านี้ไปใช้จัดลำดับความสำคัญของประเภทขยะมูลฝอยเพื่อการบริหารจัดการตามความเหมาะสมสำหรับการดำเนินงานในแต่ละท้องถิ่น รายละเอียดแต่ละเกณฑ์มีดังต่อไปนี้

เกณฑ์ที่ 1 ปริมาณของขยะมูลฝอยแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ

ปริมาณของขยะมูลฝอยเป็นปัจจัยสำคัญโดยตรงต่อปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และควรนำมาเป็นเกณฑ์ในการประเมินจัดลำดับความสำคัญของประเภทขยะมูลฝอยชุมชนเป็นอันดับแรก

เกณฑ์ที่ 2 ความชำนาญงานในท้องถิ่นและทรัพยากรที่ต้องการในกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่

จากการทบทวนการลดปริมาณขยะมูลฝอยและการใช้ซ้ำในระดับชั้นการบริหารจัดการขยะมูลฝอยแล้ว จึงพิจารณาเกณฑ์ในเรื่องการนำกลับมาใช้ใหม่ โดยพิจารณาทักษะความชำนาญ และทรัพยากรในกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์ที่ 3 การนำไปทดแทนหรือใช้เป็นวัตถุดิบขั้นที่สอง

ขยะมูลฝอยที่จะนำกลับมาใช้ใหม่สามารถนำไปทดแทนหรือนำไปเป็นวัตถุดิบแทนการนำเข้าจากต่างประเทศได้ทันที จะก่อให้เกิดประโยชน์อย่างสูง โดยสามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และไม่มีปัญหาด้านกฎระเบียบต่างๆ

เกณฑ์ที่ 4 การรับรองของตลาดที่เหมาะสม

ระบบการบริหารจัดการขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพ ควรต้องมีตลาดรองรับขยะมูลฝอยที่จะนำกลับมาใช้ใหม่และสามารถนำไปใช้ทดแทนวัตถุดิบอื่นๆ ได้โดยเฉพาะตลาดรองรับภายในท้องถิ่น และถึงแม้ตลาดรองรับจากต่างประเทศมีความต้องการสูง แต่ให้พิจารณาลำดับความสำคัญที่ลดลงมา

เกณฑ์ที่ 5 ความยากง่ายในการระบุประเภทและการคัดแยกขยะมูลฝอยชุมชน

ขยะมูลฝอยชุมชนแต่ละประเภทที่เกิดขึ้น ต้องสามารถระบุประเภทและคัดแยกออกจากขยะมูลฝอยชุมชนได้ง่าย เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานและประชาชนสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง การสร้างจิตสำนึกให้แก่ประชาชนเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจะช่วยส่งเสริมให้ประชาชนใส่ใจในการคัดแยกขยะมูลฝอย

เกณฑ์ที่ 6 กฎหมายและข้อบังคับเกี่ยวกับวัสดุทั้งที่มีอยู่และที่จะบัญญัติขึ้นใหม่

กฎหมายและข้อบังคับกำหนดมีความสำคัญต่อการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนโดยตรง เนื่องจากเป็นประเด็นที่มีความละเอียดอ่อน จึงต้องดำเนินการเป็นไปตามข้อกำหนดอย่างเคร่งครัด และเป็นไปตามกำหนดระยะเวลา

เกณฑ์ที่ 7 ผลประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมภายใต้กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่

ประเภทของขยะมูลฝอยชุมชนที่จะนำมาบริหารจัดการ ต้องสามารถแสดงให้เห็นผลประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม ที่ได้รับจากกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างชัดเจนและรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมบริหารจัดการขยะมูลฝอย

เกณฑ์ที่ 8 ประโยชน์ที่ได้รับจากการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ เปรียบเทียบกับการนำวัตถุดิบใหม่มาใช้

ประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้รับจากการนำกลับมาใช้ใหม่ เปรียบเทียบกับการนำวัตถุดิบใหม่มาใช้ในการผลิตต้องสามารถเห็นได้ชัดเจน กลับมาใช้ใหม่ ไม่ได้ก่อให้เกิดผลดีกว่าการนำวัตถุดิบใหม่มาใช้เสมอไป ในบางกรณีกระบวนการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการนำวัตถุดิบใหม่มาใช้ เนื่องจากกระบวนการเตรียมวัสดุเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่จะก่อให้เกิดปลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งต้องพิจารณาให้ชัดเจนเหมาะสม

เกณฑ์ที่ 9 อันตรายจากขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอยแต่ละประเภทมีอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ต่างกัน ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญมากตัวแปรหนึ่ง เนื่องจากการกำหนดความเร่งด่วนในการบริหารจัดการขยะมูลฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะพิจารณาขยะมูลฝอยประเภทที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า ทั้งนี้ยังคงต้องพิจารณาตัวแปรอื่นร่วมด้วย เช่น ระยะเวลาในการจัดการ

เกณฑ์ที่ 10 ระดับความสนใจของประชาชนและความตระหนักในปัญหา

ความตระหนักและการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการริเริ่มจัดตั้งโครงการขยะมูลฝอยขึ้นใหม่ หากประชาชนไม่มีส่วนรวมในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนตั้งแต่เริ่มต้น การนำประชาชนเข้ามามีส่วนรวมในภายหลังจะเป็นไปได้ยาก และส่งผลให้ความตระหนักของประชาชนอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นสิ่งสำคัญ คือ ควรให้ความสำคัญต่อกระบวนการสร้างความเข้าใจด้านการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชน ให้รับทราบถึงประโยชน์จากการจัดการขยะมูลฝอยทั้งที่บ้านพักอาศัย สถานที่ทำงาน และแหล่งอื่นๆ

เกณฑ์ที่ 11 วิธีการบริหารจัดการขยะมูลฝอยที่มีอยู่เพื่อลดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

เป็นเกณฑ์ที่ง่ายต่อการพิจารณา ตัวอย่างประเภทขยะมูลฝอยที่จะเลือกมาทำการศึกษาต้องมีเทคนิควิธีในการบริหารจัดการที่หลากหลาย เพื่อแสดงให้เห็นถึงตัวอย่างและวิธีการที่แตกต่างกันในหลายพื้นที่ หากลเอกตัวอย่างประเภทขยะมูลฝอยที่มีวิธีการบริหารจัดการเพียงวิธีเดียว จะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ในการศึกษาต่อไป

นโยบายต่างๆ ของภาครัฐในหัวข้อ 2.6 นี้ จะเป็นตัวประกอบการสนับสนุนการออกแบบวิจัยใช้พลังงานขยะชุมชนมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะอธิบายในส่วนของการออกแบบในบทถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การศึกษาและออกแบบ

ในบทที่ 3 จะเป็นการออกแบบระบบบริหารจัดการขยะมูลฝอยสำหรับชุมชนขนาดกลางในประเทศไทย โดยจะทำการศึกษาพื้นที่และปริมาณขยะของเทศบาลเมืองเมืองพล จังหวัดขอนแก่น ประกอบกับศึกษานโยบายหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับพลังงานและสิ่งแวดล้อม และศึกษาเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอย เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ออกแบบ ซึ่งมีแผนการดำเนินงานดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 แผนผังการศึกษาและออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การศึกษาพื้นที่และปริมาณขยะของชุมชน

จากการศึกษาเทศบาลเมืองเมืองพลตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองพล จ.ขอนแก่น (รูปที่ 3.2) มีประชากร ประมาณ 87,000 คน เป็นชุมชนเมืองที่ตั้งอยู่ทางตอนล่าง เป็นเมืองหน้าด่านของจังหวัดขอนแก่น (รูปที่3.3) อีกทั้งยังเป็นชุมชนศูนย์กลางด้านธุรกิจการค้าการบริการ การบริหารราชการ การศึกษาและด้านอื่นๆ โดยเทศบาลเมืองเมืองพลวางยุทธศาสตร์การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายเกี่ยวกับเรื่องการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนที่ว่า จะเป็นศูนย์กลางการกำจัดมูลฝอยของอำเภอเมืองพลและอำเภอโดยรอบ [19] โดยข้อมูลพื้นฐานที่จะนำมาใช้ในการวางแผนออกแบบระบบกำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองเมืองพลจะพิจารณา 3 องค์ประกอบร่วมกัน อันประกอบด้วย

รูปที่ 3.2 แผนที่บริเวณภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 แผนที่แสดงอำเภอต่างๆของจังหวัดขอนแก่น

3.1.1 ศักยภาพด้านปริมาณขยะมูลฝอยและเชื้อเพลิงเสริม

จากตัวเลขข้อมูลด้านขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลเมืองเมืองพลในปี พ.ศ.2555 จะพบว่า โดยเฉลี่ยแล้วปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลฯ เฉลี่ยคือ300-400 ตัน/เดือน [11] แต่ด้วยเทศบาลเมืองเมืองพล ได้วางยุทธศาสตร์จัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายเกี่ยวกับเรื่องการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนไว้ว่า “จะเป็นศูนย์กลางการกำจัดมูลฝอยของอำเภอเมืองพลและอำเภอข้างเคียง” ดังนั้นเมื่อนำขยะมูลฝอยของเทศบาลฯรวมกับปริมาณมูลฝอยของอำเภอรอบข้าง (ในระยะไม่เกิน 40 กิโลเมตร) ก็จะสามารถทำให้มีปริมาณขยะมูลฝอยซึ่งจะเป็นวัตถุดิบหลักได้ถึง 300-400 ตัน/วัน

สำหรับเชื้อเพลิงนั้น นอกจากจะสามารถใช้ขยะเก่าจากบ่อฝังกลบในปัจจุบันมาช่วยในการเป็นเชื้อเพลิงในเตาเผาแล้ว อันจะเป็นการช่วยลดปริมาณกองขยะที่สะสมอยู่เดิม ซึ่งจะทำให้มลภาวะทางกลิ่นและแหล่งเพาะเชื้อลดลงอีกด้วย อย่างไรก็ดี ก่อนที่จะนำขยะเก่าในบ่อฝังกลบดังกล่าวมาใช้ได้นั้น ก็จำเป็นจะต้องมีการออกแบบระบบคัดแยก และบดอัดให้ขยะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการเผาไหม้มากขึ้น

นอกจากนี้ เนื่องจากพื้นที่ อ.พล มีลักษณะเป็นจุดศูนย์กลางของอำเภอรอบข้างซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกชีวะมวลหลายๆชนิด อีกทั้งการคมนาคมหลักก็สามารถใช้ถนนมิตรภาพได้อย่างสะดวก ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถจัดหาเชื้อเพลิงเสริม [11] เช่น เปลือกไม้, เศษไม้, หรือ ชีวะมวลอื่นๆ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงเสริมในระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าในกรณีเชื้อเพลิงขยะไม่เพียงพอได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ศักยภาพของพื้นที่โครงการและผังเมือง

สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองเมืองพลในปัจจุบัน (พ.ศ. 2556) ยังคงใช้พื้นที่บริเวณบ้านโคกป่ากุง ต.หนองแวงโสกพระ ซึ่งอยู่ห่างจากเทศบาลเมืองเมืองพลไปทางทิศใต้ตามทางหลวงหมายเลข 2 (ถนนมิตรภาพ) ระยะทางประมาณ 7 กิโลเมตร โดยแยกจากทางหลวงไปอีก 2 กิโลเมตร เป็นถนนผิวลาดยาง ลักษณะพื้นที่เป็นพื้นราบอยู่บนเนิน [19] ส่วนลักษณะของดินบริเวณนี้เป็นดินปนทราย ขนาดของเมล็ดทรายเป็นทรายละเอียด และพบว่าจากผลการเจาะสำรวจลึกไปกว่า 3 เมตร ดินยังคงเป็นดินทรายละเอียดปนด้วยทรายแป้งคลอดความลึก จากการรวบรวมข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องพบว่า

3.1.2.1 ด้านภูมิอากาศ

อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 26.7 องศาเซลเซียส เฉลี่ยสูงสุด 29.9 องศาเซลเซียส และเฉลี่ยต่ำสุด 22.0 องศาเซลเซียส ในเดือนธันวาคม

ความกดอาอากาศเฉลี่ยสูงสุดในเดือนธันวาคม และเริ่มลดลงเมื่อย่างเข้าสู่ฤดูร้อน จนถึงฤดูฝนความกดอากาศจะลดเฉลี่ยต่ำสุด

ฝนและการกระจายตัวของฝน เฉลี่ย 1,207 ม.ม./ปี จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ย 106.5 วัน/ปี ฝนตกมากที่สุดเดือนกันยายน และตกน้อยที่สุดเดือนธันวาคม

ลม ลมประจำถิ่นระหว่างเดือน มกราคม-มีนาคม พัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เดือนเมษายน-สิงหาคม พัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ เดือนกันยายน-ธันวาคม พัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ โดยล่าสุดความเร็วลมเฉลี่ยช่วงเดือนพฤศจิกายนประมาณ 1-5 เมตร/วินาที

3.1.2.2 ด้านสิ่งแวดล้อมโดยรอบพื้นที่โครงการ

บริเวณโดยรอบพื้นที่โครงการในปัจจุบันมีลักษณะดังนี้ คือ ทิศเหนือ จรดทางสาธารณะ (ทางดินลูกรัง) ลักษณะเป็นพื้นที่ดอน มีการปลูกพืชไร่และไม้โตเร็ว ทิศใต้จรดทางสาธารณะ (ทางดินลูกรัง) และพื้นที่นา ทิศตะวันออกเป็นที่ดอนปนนา และทิศตะวันตกจรดทางสาธารณะผิวลาดยาง ซึ่งใช้เป็นเส้นทางหลักสำหรับขนส่งมูลฝอย และเนื่องจากพื้นที่โครงการอยู่บนที่สูงที่สุดในบริเวณนี้ โดยมีระดับพื้นที่ส่วนที่สูงที่สุดอยู่ทางทิศเหนือ ทิศทางการระบายน้ำตามธรรมชาติจะลาดเทจากทิศเหนือไปใต้แล้วไหลไปตามคูระบายน้ำข้างถนนไปยังท่อลอดถนนซึ่งอยู่ห่างจากพื้นที่โครงการไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 1 กิโลเมตร แล้วไหลลอดผ่านพื้นที่นาไปยังห้วยแอก ซึ่งมีระยะห่างจากพื้นที่โครงการรวมประมาณ 3 กิโลเมตร [11]

3.1.2.3 ด้านลักษณะดินและชั้นดิน

จากข้อมูลการสำรวจดินและชั้นดินนั้นพบว่าดินช่วงบนจากผิวดินลงไปที่ความลึกประมาณ 0.6-1.8 เมตร มีลักษณะเป็นดินปนทรายจนถึงดินลูกรังปนทราย และดินเหนียวมีความหนาแน่นสูงและชั้นล่างเป็นหินทราย มีความสามารถซึมน้ำต่ำและการขุดด้วยเครื่องจักรกลจะมีความลำบากมากกว่าดินชั้นบน ซึ่งจากข้อมูลสำรวจพบว่าดินที่ระดับวางฐานรากจะสามารถรับน้ำหนักปลอดภัยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ต่ำกว่า 8 ตัน/ตารางเมตร และเมื่อบดอัดให้มีความหนาแน่นไม่ต่ำกว่า 90% ของค่าความหนาแน่นแห้งสูงมาก จะมีค่าความซึมน้ำ (Permeability) ไม่เกิน 10^{-6} cm./sec. (ค่าสูงสุดสำหรับดินเหนียวทั่วไป) [11]

3.1.2.4 ด้านสาธารณูปโภค

ถึงแม้ว่าในเขตเทศบาลเมืองเมืองพลจะมีเขตพื้นที่แหล่งน้ำขนาดใหญ่ อ่างเก็บน้ำบึงละเลงหวาย, แหล่งน้ำประปาจากทั้งบึงละเลงหวายและแม่น้ำชี และแหล่งน้ำสาธารณะโดยรอบเขตเทศบาล เช่น สระจันทร์, สระแก, สระหนองแวง และสระนกแล แต่อย่างไรก็ดี แหล่งน้ำในบริเวณพื้นที่โครงการระบบจัดการมูลฝอยเดิมนั้น จะสามารถใช้ได้เพียงน้ำบาดาลและน้ำจากระบบประปาหมู่บ้านซึ่งอยู่ในรัศมี 2 กิโลเมตรจากจุดตั้งโครงการฯ ดังนั้นในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าครั้งนี้ จึงได้คำนึงถึงปัจจัยเรื่องแหล่งน้ำเป็นสำคัญ กล่าวคือ ระบบการจัดการใหม่นั้นจะพยายามใช้น้ำในโครงการให้น้อยที่สุด โดยจะใช้จากแหล่งน้ำที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เนื่องจาก หากออกแบบระบบที่ต้องใช้น้ำจำนวนมากแล้ว อาจทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายในการวางระบบประปาเพิ่มเติม ซึ่งจะต้องยุ่งเกี่ยวกับการวางท่อน้ำและอาจจะต้องขออนุญาตใช้พื้นที่ชุมชนบางส่วนในการเดินท่อประปาเพิ่มเติม

3.1.2.5 ด้านชุมชน

พื้นที่โครงการจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองเมืองพลในปัจจุบันที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ของ อบต.หนองแวงโสกพระ ซึ่งมีประชากรราว 8,000 คน เทียบกับคนในเขตเทศบาลเมืองเมืองพล ประมาณ 18,000 คน (ข้อมูล ณ ปี พ.ศ. 2555) [19] โดยจากการศึกษาเดิมนั้นพบว่าประชากรในพื้นที่ อบต.หนองแวงโสกพระนั้นจะมีอัตราการเกิดมูลฝอยเป็น 75% ของอัตราการเกิดมูลฝอยของประชากรที่อาศัยในเขตเทศบาลเมืองเมืองพล อย่างไรก็ดี เนื่องจากการดำเนินการเพื่อสร้างระบบผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วยเทคโนโลยีนั้นจำเป็นต้องได้รับการยอมรับและผ่านการทำประชาพิจารณ์จากชุมชนรอบข้างในรัศมีประมาณ 5 กิโลเมตร ซึ่งก็จะมีชุมชนบ้านโคกกุงและบ้านโคกล่ามอาศัยอยู่บริเวณใกล้กับพื้นที่สร้างโครงการใหม่ด้วย

3.1.3 ศักยภาพการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าใหม่เข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟภ.

การเชื่อมต่อของระบบผลิตไฟฟ้าจากขยะที่ออกแบบเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ถือเป็นอีกเรื่องที่ต้องพิจารณา ว่าบริเวณพื้นที่ที่จะก่อสร้างระบบนั้นสามารถที่จะเชื่อมต่อเข้ากับระบบการไฟฟ้าได้ยากหรือง่ายเช่นไร เพื่อประสิทธิภาพที่ดีของระบบ จากจุดมุ่งหมายหลักของการริเริ่มโครงการระบบบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนในเขตเทศบาลเมืองเมืองพล (ระบบใหม่) ก็คือ เพื่อสร้างระบบบริหารจัดการขยะมูลฝอยที่สามารถรองรับอนาคตได้ 30 ปี และเพื่อกำจัดปริมาณขยะที่มีอัตราเติบโตมากขึ้นในปัจจุบัน ที่ได้สะสมจนเต็มพื้นที่โครงการฝังกลบแบบถูกสุขาภิบาล และยังทำให้เกิดผลการรบกวนทั้งทางด้านทัศนียภาพและกลิ่นต่อชุมชนโดยรอบ ซึ่งการกำจัดขยะเดิมและขยะที่เข้ามาใหม่ให้ลดน้อยลงนั้นก็จะสามารถทำได้โดยการใช้เตาเผาแบบไร้มลพิษและผลิตกระแสไฟฟ้าจำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ดังนั้น นอกจากจะสามารถมีระบบบริหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดการและกำจัดมูลฝอยที่ดีแล้ว ก็จะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเทศบาลฯ และเกิดประโยชน์ต่อชุมชนที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะชุมชนรอบข้างโรงไฟฟ้า และสามารถทำให้เทศบาลเมืองเมืองพลสามารถเป็นศูนย์กลางการจัดการมูลฝอยให้กับตำบลและอำเภอรอบข้างได้อีกด้วย ดังนั้นการตรวจสอบวงจรไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่มีอยู่บริเวณใกล้เคียงจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะทำให้ทราบถึงศักยภาพในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าเพื่อรองรับในอนาคตอีกด้วย

จากการศึกษาข้อมูลระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟภ. พบว่า สถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่จ่ายไฟฟ้าให้กับอำเภอพบ มีสายป้อนย่อยหรือฟีดเดอร์ (Feeder) ในระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ ที่จ่ายออกจากสถานีไฟฟ้าทั้งหมด 9 สายป้อนย่อย แต่ละสายป้อนย่อยจะมีความยาวประมาณ 15 กิโลเมตร ซึ่งพื้นที่โครงการบ่อขยะฝังกลบเดิมของเทศบาลเมืองเมืองพลนั้นจะอยู่ติดกับสายป้อนย่อยที่ 3 (F3) และอยู่ห่างจากสถานีไฟฟ้าประมาณ 12 กิโลเมตร โดยสายป้อนย่อยที่ 3 นี้มีความสารถจ่ายไฟได้ 14 เมกกะโวลต์แอมป์ (MVA) ในขณะที่ปัจจุบันนี้โหลดติดตั้งของสายป้อนย่อยที่ 3 นี้มีอยู่ประมาณ 5.3 เมกกะโวลต์แอมป์ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าพลังงานขยะเข้ากับสายป้อนย่อยที่ 3 นี้เพื่อรับรองการเพิ่มขึ้นของโหลดในอนาคต [11]

จากข้อมูลที่ได้ศึกษาภาพรวมในหัวข้อ 3.1 ทั้งสามประเด็นนั้น จะเห็นได้ว่าระบบโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่ในปัจจุบันของเทศบาลเมืองเมืองพล จะสามารถรองรับและเกื้อหนุนให้สามารถออกแบบและบริหารจัดการขยะชุมชนให้มีความทันสมัยและเหมาะสมกับอัตราการเติบโตของประชากรได้ในอนาคต อย่างไรก็ตามเพื่อให้การออกแบบสร้างและปรับปรุงระบบจัดการมูลฝอยโครงการใหม่นี้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อชุมชนและเทศบาลฯ จึงได้ทำการจัดเก็บข้อมูลศึกษาในด้านการจัดการขยะมูลฝอยและการคัดแยกในหัวข้อถัดไป

3.2 การจัดการขยะมูลฝอยและการคัดแยก

การคัดแยกขยะมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากขยะที่ได้รับจากชุมชนนั้น ประกอบด้วยเศษวัสดุที่เหลือจากการอุปโภคบริโภค ไม่ว่าจะเป็นเศษอาหาร ภาชนะต่างๆ เครื่องนุ่งห่ม รวมถึงวัสดุอันตรายอื่นๆด้วย ดังนั้นเพื่อให้เกิดความสะดวก และปลอดภัยต่อการกำจัดขยะเหล่านี้ จึงจำเป็นต้องมีการคัดแยกขยะ โดยเทคนิคและวิธีการคัดแยกขยะมีหลายวิธีการ โดยจะแบ่งเป็น 2 วิธีการ คือ การคัดแยกขยะตามประเภทของขยะ และการคัดแยกขยะตามวิธีการกำจัดขยะ ดังนี้

3.2.1 การคัดแยกตามประเภทของขยะ มี 4 ประเภท คือ

1) ขยะย่อยสลายหรือมูลฝอยย่อยสลาย เช่น เศษผัก เปลือกผลไม้ เศษอาหาร
2) ขยะรีไซเคิล เช่น แก้ว กระดาษ กระป๋องเครื่องดื่ม พลาสติก
3) ขยะทั่วไป เช่น ขยะที่ย่อยสลายยากและไม่คุ้มค่าในการนำกลับมารีไซเคิล
4) ขยะอันตราย เช่น วัตถุระเบิดได้ วัตถุไวไฟ วัตถุมีพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 บ่อเก็บขยะในเขตเทศบาลเมืองเมืองพล

3.2.2 การคัดแยกขยะตามวิธีการกำจัดขยะ โดยสามารถคัดแยกขยะได้ดังนี้

1) ขยะที่สามารถย่อยสลายได้
2) ขยะที่สามารถนำไปเผาได้
3) ขยะรีไซเคิล
4) ขยะอันตราย

ในส่วนของขั้นตอนการสำรวจขยะเพื่อออกแบบระบบนี้ (รูปที่ 3.4) จะทำการเก็บกลุ่มขยะตัวอย่างจากบ่อพักขยะของเทศบาลเมืองเมืองพล โดยทำการเก็บทั้งตัวอย่างของขยะเก่าและขยะใหม่ที่เพิ่งรับเข้ามาเพื่อคำนวณหาความหนาแน่นของขยะ แยกชนิดขยะ หาองค์ประกอบทางกายภาพและค่าความร้อนของขยะทั้ง 2 ชนิด เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินและออกแบบเตาเผาขยะต่อไป โดยรายละเอียดนั้นจะแสดงในส่วนของภาคผนวก ก. ชนิดของขยะในพื้นที่นั้นแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การจำแนกชนิดของขยะในพื้นที่ [12]

ชนิด	หน่วย	ขยะเก่า		ขยะใหม่	
		น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
ไม้, ใบไม้	%	19.46	26.40	15.64	11.74
ผ้า	%	11.74	15.51	12.88	24.95
พลาสติก	%	65.94	58.09	23.64	30.10
กระดาษ	%	-	-	11.04	9.91
เศษอาหารสด	%	-	-	38.80	23.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาสู่การออกแบบนั้น หากมีความเป็นไปได้ในการดำเนินการคัดแยกขยะมูลฝอยชุมชนดังกล่าว ก็ควรจะต้องจัดเก็บขยะแห้งจากต้นทางมาเท่านั้น โดยหน่วยงานของเทศบาลฯ จะต้องจัดเตรียมถังขยะแห้งให้กับชุมชนและเก็บโดยรถบรรทุกขยะแห้ง ซึ่งดำเนินการดังกล่าวจะทำให้มีขยะแห้งเข้าสู่โรงคัดแยก และสามารถแยกขยะนำไปใช้ใหม่ได้ประมาณร้อยละ 10-30 หรือประมาณ 10-30 ตัน รวมส่วนขยะที่แยกไม่ได้ประมาณร้อยละ70 จะถูกส่งโดยสะพานลำเลียงเข้าสู่ระบบขั้นตอนต่อไป แต่ถ้าการจัดเก็บขยะแห้งและเปียกรวมกันจากต้นทางมานั้น จะไม่สามารถคัดแยกหรือคัดแยกได้น้อยมาก ทำให้ไม่คุ้มค่าต่อระบบคัดแยก

สำหรับตัวอย่างของขยะที่เก็บมาศึกษานี้ จะนำไปทดสอบหาองค์ประกอบทางกายภาพและค่าความร้อนของขยะ เพื่อจะนำค่าความร้อนของขยะไปคำนวณออกแบบระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะในขั้นตอนถัดไป (3.4)

ตารางที่ 3.2 การหาองค์ประกอบทางกายภาพและค่าความร้อนของขยะ [12]

ชนิด	หน่วย	วิธีการวิเคราะห์	ขยะเก่า		ขยะใหม่	
			น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
Proximate						
Total Moisture	%	ASTM E790-87(2004)	26.28	-	49.86	-
Volatile Matter	%	ASTM E897-88(2004)	50.39	68.36	32.47	64.75
Fixed Carbon	%	Calculation	4.50	6.10	3.02	6.03
Ash	%	ASTM E830-87(2004)	18.83	25.54	14.65	29.22
Nitrogen	%	ASTM E778-87(2004)	0.52	0.71	0.49	0.97
Carbon	%	ASTM E777-87 (2004)	39.11	53.05	21.62	43.12
Hydrogen	%	ASTM E777-87 (2004)	9.14	8.41	9.01	6.85
Oxygen	%	Calculation	31.32	10.83	53.50	18.38
Sulfur	%	ASTM E775-87 (2004)	0.07	0.09	0.03	0.06
Chlorine	%	ASTM E776-87 (2004)	1.01	1.37	0.70	1.40
Heating Value						
Gross calorific value(Hg)	Kcal/kg	ASTM E777-87 (2004)	3,9990	5,412	2,202	4,390
Net calorific value (Hn)	Kcal/kg	-	3,519	-	1,740	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการจัดการขยะประเภทต่างๆ

เทคโนโลยีสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะในปัจจุบันมีอยู่หลากหลายเทคโนโลยี ตัวอย่างเช่น เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ (Landfill Gas) เทคโนโลยีย่อยสลายแบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) เทคโนโลยีการผลิตขยะเชื้อเพลิง เป็นต้น โดยแต่ละเทคโนโลยีจะมีความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณขยะต่อวันของแต่ละชุมชน ซึ่งได้กล่าวลักษณะของแต่ละเทคโนโลยีไว้แบบละเอียดไว้แล้วในส่วนของทฤษฎีบทที่2

ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบเทคโนโลยีการจัดการขยะประเภทต่างๆ [11]

ระบบ	ขนาดระบบ (ตัน)	ค่าลงทุน (ล้านบาท/ตัน)	ค่าดำเนินการ (บาท/ตัน)	ความสามารถในการผลิตพลังงาน
การผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ (Land Fill Gas to Energy)	100 ขึ้นไป	0.94-1.25	257-932	ผลิตพลังงานไฟฟ้ามากกว่า 1.38 ต่อตันขยะ (ที่ระยะเวลา 20 ปี)
การย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion)	ไม่เกิน 100 ต่อ หน่วย	1.25-1.8	128-704	ผลิตพลังงานไฟฟ้ามากกว่า 80-120 ต่อตันขยะ
การผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel, RDF)	50 ขึ้นไป	0.74-1.75	248-629	ขยะ1ตัน ผลิตRDFได้ 0.17-0.23 ตัน และได้พลังงานมากกว่า 300kWh ต่อตัน RDF
เตาเผาขยะมูลฝอย (Incinerator)	75 ขึ้นไป	1.5-6.5	800-2,000	ผลิตพลังงานไฟฟ้ามากกว่า 150-200 ต่อตันขยะ
เตาเผาแบบแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification)	15 ขึ้นไป	2-4.9	638-1,004	ผลิตพลังงานไฟฟ้ามากกว่า170-190 ต่อตันขยะ
ไพโรไลซิส (Pyrolysis)	มีให้เลือกตามความต้องการไม่เกิน 20 ตัน	-	-	ขยะพลาสติก 6ตัน จะให้น้ำมัน 4,000 ลิตร ราคาลิตรละ 10 บาท น้ำมันดีเซล 58% แว็กและน้ำมันเตา 15 %
พลาสมาอาร์ค (Plasma Arc)	1-1,000	สูงมาก	สูง	ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทั้ง Gas Turbine และ Steam Turbine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

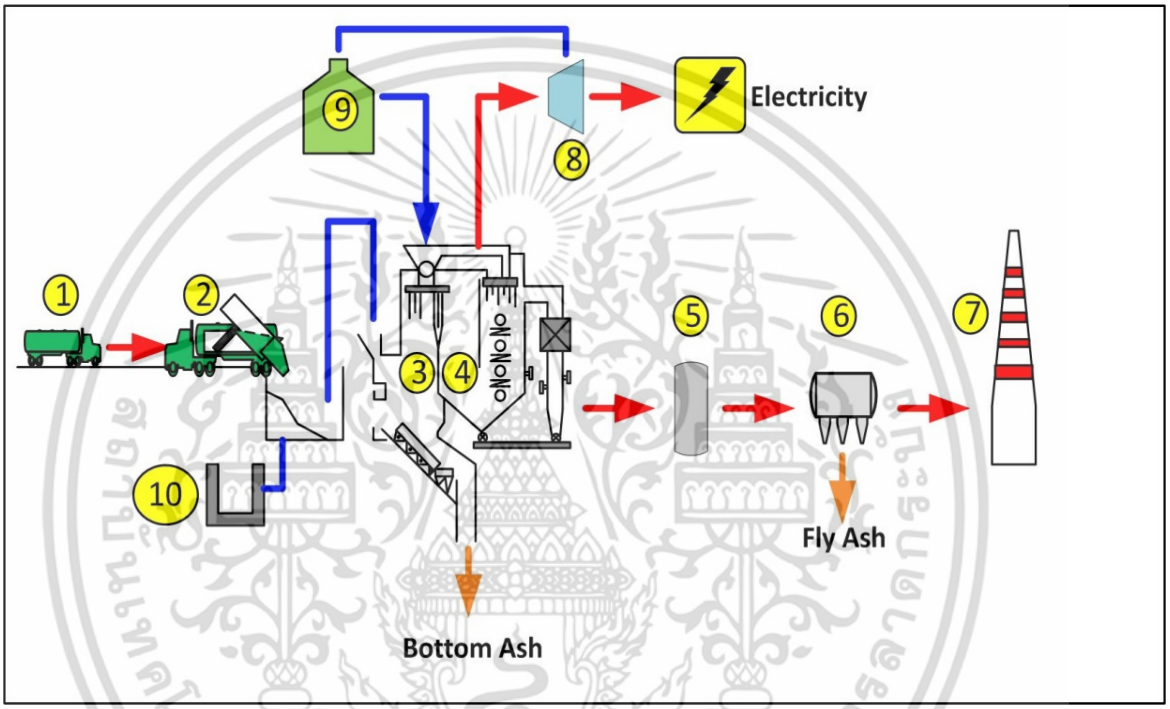
จากข้อมูลเทคโนโลยีการจัดการขยะประเภทต่างๆ ที่กล่าวมาในบทที่2 และหัวข้อข้างต้น จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีแต่ละชนิดมีศักยภาพ ความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และขีดจำกัดที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการเลือกใช้เทคโนโลยีใดนั้น จำเป็นต้องดูความเหมาะสมในด้านต่างๆ เช่น ชนิดของขยะ ปริมาณขยะ ลักษณะพื้นที่ตั้งของแหล่งจัดการขยะ แหล่งน้ำโดยรอบบริเวณ รวมไปถึงความสามารถในการลงทุน และการบำรุงรักษาในระยะยาวด้วย โดยในขั้นต้นสามารถสรุปและเปรียบเทียบดังนี้

1) ควรมีระบบคัดแยก เนื่องจากจะสามารถนำขยะกลับมาใช้ใหม่ ขยะที่เหลือเข้าสู่ระบบกำจัดจะมีคุณสมบัติเหมาะสมตามแต่ละระบบต้องการ และช่วยลดปริมาณขยะที่จะเข้าสู่ระบบกำจัดขั้นสุดท้าย คือ การฝังกลบ แต่อย่างไรก็ตามขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละชุมชนเป็นสำคัญ
2) ระบบย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน (Composting) ควรใช้กับพื้นที่ที่อยู่ห่างจากแหล่งชุมชนและมีขนาดพื้นที่เพียงพอที่จะรองรับขยะมูลฝอยตามระยะเวลาเก็บกักที่ได้ออกแบบไว้
3) ระบบย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน (Anabolic digestion, AD) ควรมีขนาด unit ละไม่เกิน 50ตัน/วัน
4) ระบบเผาไหม้แบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ควรมีขนาด Unit ละไม่เกิน 150 ตัน/วัน
5) ระบบเตาแบบตะกรับ (Stoker Incinerator) ควรมีขนาด unit ละไม่ต่ำกว่า 500 ตัน/วัน
6) หากต้องการผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อจำหน่ายให้แก่การไฟฟ้า เพื่อเป็นรายได้จากการดำเนินงาน ระบบควรมีศักยภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 32,000 kWh/วัน (คำนวณที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าในระบบประมาณ 25 % ของปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้) หรือคิดเป็นปริมาณขยะมูลฝอยเข้าสู่ระบบไม่ต่ำกว่า 200 ตัน/วัน (คำนวณที่ 150 kWh/ตัน)
7) ระบบฝังกลบ ควรออกแบบให้มีปริมาณขยะมูลฝอยเข้าสู่ระบบฝังกลบน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบระบบที่เหมาะสมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับชุมชน

จากการเปรียบเทียบเทคโนโลยีในหัวข้อ 3.3 ในหัวข้อนี้ได้เลือกเสนอออกแบบเทคโนโลยีเตาเผาขยะ (Incineration) คือการเผาขยะในเตาเผาที่ได้ออกแบบมาเพื่อให้เข้ากับคุณสมบัติของขยะที่มีความชื้นสูงและมีค่าความร้อนไม่แน่นอน (แปรผันตามฤดูกาล) ขยะจะถูกเผาไหม้โดยป้อนอากาศเข้าโดยตรง โรงเผาขยะที่ออกแบบนี้จะสามารถแบ่งเป็นส่วนหลักต่างๆดังนี้ คือ



รูปที่ 3.5 ระบบออกแบบที่นำเสนอ

โดยทั้ง 10 ส่วนนี้จะออกแบบโครงสร้างเชิงหลักการของระบบต่างๆดังนี้

3.4.1 ระบบรับมูลฝอย

ขยะมูลฝอยนั้นจะขนส่งผ่านรถบรรทุกขยะมายังลานเทขยะ ดังรูปที่ 3.5 (หมายเลข 1 และ 2) ซึ่งจะเป็นการพักรวบรวมขยะเพื่อเตรียมขนส่งสู่ส่วนถัดไปของระบบ

ต้องมีการควบคุมคุณสมบัติของขยะมูลฝอยที่จะส่งเข้าเตาเผาให้มีความเหมาะสมสำหรับทำการเผาและไม่ก่อความเสียหายแก่โรงเผาขยะมูลฝอย อีกทั้งจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดเพื่อรักษาความปลอดภัยในการขนถ่ายขยะมูลฝอย ดังข้อแนะนำต่อไปนี้

ลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอย

-ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorifeic) ประมาณ 1,250-2,020 kcal/kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ขนาดของขยะมูลฝอย เพื่อป้องกันการติดค้างในช่อง ดังนั้นขยะมูลฝอยต้องมีขนาดความยาวด้านใดด้านหนึ่งไม่เกิน 0.50 เมตร

-ห้ามถ่ายเทขยะมูลฝอยขนาดใหญ่ลงในบ่อรวบรวมขยะมูลฝอย เช่น เศษไม้แบบก่อสร้าง เครื่องเฟอร์นิเจอร์เก่า เก้าอี้ ที่นอน ชิ้นส่วนของต้นไม้ขนาดใหญ่

-ห้ามถ่ายเทขยะมูลฝอยที่ไม่ติดไฟหรือเผาไหม้ยากลงในบ่อเก็บรวบรวบขยะมูลฝอย เช่น เศษเหล็ก โลหะ โครงสร้างเหล็ก และเหล็กรูปพรรณเหลือใช้ต่างๆ เศษกระจกหน้าต่าง เศษคอนกรีต อิฐหัก เศษยางมะตอย และกากยาง

-ห้ามถ่ายเทขยะมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลลงในบ่อเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย

มูลฝอยที่เก็บขนได้ด้วยรถเก็บขนขยะมูลฝอย จะถูกนำมาชั่งน้ำหนักที่อาคารเตาเผากับภายนอก เพื่อป้องกันกลิ่นกลิ่นกระจายออกสู่ภายนอก ซึ่งประตูจะเปิดเฉพาะให้รถเก็บขนขนมูลฝอยเข้าเทมูลฝอยเท่านั้น มูลฝอยที่ถูกคลุกเคล้าให้เข้ากันด้วยปั้นจั่นคีบมูลฝอยที่ควบคุมจากห้องควบคุมปั้นจั่น จะถูกคีบลงสู่กรวยรับมูลฝอย (Hopper) เพื่อป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเตาเผา

1) เครื่องชั่งมูลฝอย

สำหรับในพื้นที่โครงการฝังกลบเดิมของเทศบาลฯ มีเครื่องชั่งมูลฝอยจำนวน1ชุด โดยจะชั่งมูลฝอยทั้งหมดที่จะนำเข้ามาเผาในเตาเผา ซึ่งสามารถชั่งน้ำหนักได้มากสุด 40 ตัน น้อยสุด 10ตัน มีขนาด 3.0×8.0 เมตร ซึ่งก็เหมาะสมกับการใช้งานอยู่แล้ว

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างอาคารบริเวณชั่งน้ำหนัก [9]

2) ประตูรับมูลฝอย

ออกแบบเป็นประตูเหล็กขนาด 3.62 × 5.07 เมตร ลักษณะเป็นบานสวิง 2 บาน ยึดติดด้วยบานพับ ซึ่งการออกแบบครั้งนี้จะให้มีจำนวนทั้งสิ้น 3 ชุด ให้รถเก็บขนมูลฝอยเข้าเทมูลฝอยและเชื้อเพลิงต่างๆลงในบ่อพักขยะมูลฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างบริเวณรับมูลฝอยและประตูรับมูลฝอย [9]

3) บ่อพักมูลฝอย

เป็นบ่อพักคอนกรีตเสริมเหล็ก การออกแบบครั้งนี้กำหนดให้บ่อพักขยะมูลฝอยสามารถบรรจุขยะมูลฝอยได้ 300 ตัน/วัน ตามปริมาณจำนวนขยะที่สามารถรวมรวมได้ โดยให้สามารถเก็บรองรับขยะได้10วัน ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นขยะ [12] มีค่าประมาณ 250-350 กก./ลบ.ม. จึงออกแบบความจุประมาณ 8,000 ลบ.ม. ทำให้สามารถเก็บมูลฝอยได้ประมาณ 3,000 ตัน และจะใช้เทคนิคการกองเพื่อให้น้ำหนักขยะด้านบนกดทับขยะด้านล่างเพื่อเป็นการลดความชื้นก่อนที่จะนำขยะเข้าสู่เตาเผาต่อไป นอกจากนี้บ่อพักมูลฝอยยังใช้ในการคลุกเคล้ามูลฝอยให้เข้ากันก่อนป้อนเข้าสู่เตาเผา และยังใช้ในการป้องกันกลิ่นกระจายออกสู่ภายนอกบ่อพักมูลฝอย ทำได้โดยพัดลมอัดอากาศ (Forced Draft Fan) ดูดอากาศส่วนบนบ่อพักขยะมูลฝอยเข้าสู่เตาเผา ทำให้เกิดความแตกต่างความดันภายในบ่อต่ำกว่าภายนอกบ่อ อากาศจึงไหลเข้าไปในบ่อแทนการแพร่กระจายออกสู่ภายนอก

4) ปั้นจั่นคีบมูลฝอย

ปั่นจั่นคีบมูลฝอยในระบบจะออกแบบให้มี 2 ชุด โดยแต่ละชุดสามารถคีบมูลฝอยได้สูงสุด 3 ตันต่อครั้ง ถูกติดตั้งที่บ่อพักมูลฝอย ใช้ในการผสมและคลุกเคล้ามูลฝอยให้เข้ากัน และใช้คีบมูลฝอยเข้าสู่เตาเผา การควบคุมจะควบคุมจากห้องควบคุมปั้นจั่นคีบมูลฝอย โดยสามารถจะควบคุมแบบใช้คนควบคุมหรือแบบกึ่งอัตโนมัติในเวลาเดียวกันได้ นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมจากห้องควบคุมกลางได้ด้วย ส่วนน้ำหนักของมูลฝอยที่ป้อนเข้าสู่เตาเผาจะถูกชั่งอัตโนมัติ และแสดงค่าเวลาที่คีบมูลฝอย น้ำหนักที่ชั่งได้และหมายเลขเตาเผาที่ถูกป้อนเข้าสู่เตาเผาจะถูกป้อนมูลฝอย ที่แผงควบคุมปั้นจั่นคีบมูลฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างบริเวณบ่อพักขยะและปั่นจั่นคีบมูลฝอย [9]

5) กรวยรับมูลฝอย (Charging Hopper)

สำหรับโครงการในระยะแรก (เตาเผาขนาด 300 ตัน/วัน จำนวน 1ชุด) จะออกแบบกรวยรับมูลฝอยจำนวน 1 ชุด ทำหน้าที่รับมูลฝอยเพื่อป้อนเข้าสู่เตาเผา ส่วนประกอบของอุปกรณ์แบ่งได้เป็น

1) Shut-off Damper ติดตั้งระหว่าง Charging Hopper กับ Feed Chute เปิด/ปิด ด้วยระบบไฮดรอลิค เมื่อไม่มีการป้อนมูลฝอยเข้าเตา Shut-off Damper จะปิด เพื่อปิดกันเตาเผากับภายนอก
2) Charging Hopper เป็นส่วนแรกที่รับมูลฝอย จะไม่ได้รับผลกระทบอย่างใดจากความร้อนในเตา ดังนั้นจึงทำจากเหล็กชั้นเดียวที่ความหนา 9 มม.ขนาดช่องเปิด 6.53×5.45 เมตร
3) Feed Chute จะอยู่ต่อจาก Charging Hopper ลงมาใกล้เตาเผา จึงได้รับผลกระทบจากความร้อนในเตา จึงมีระบบ Water Cooled Jacket ขนาดของ Chute 4.53×1.00 เมตร

3.4.2 ระบบเตาเผามูลฝอย

ระบบเตาเผาแสดงในรูปที่ 3.5 (หมายเลข 3) โดยระบบเตาเผามูลฝอยมีองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่

1) Feeder จะทำหน้าที่ป้อนข้อมูลฝอยในปริมาณที่เหมาะสมและสม่ำเสมอให้กับ stoker
2) Stoker เป็นอุปกรณ์รองรับมูลฝอยขณะเผาไหม้ ซึ่งการเคลื่อนที่ของ stoker มีผลให้เกิดการคลุกเคล้าของมูลฝอยเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์
3) Clinker Roller ทำหน้าที่ในการปรับระดับของเถ้าบน Stoker ให้เหมาะสม และดันเถ้าทิ้งลงในเครื่องรับและระบายเถ้าในปริมาณที่สม่ำเสมอ

สำหรับระบบเตาเผาของโรงเผาขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองเมืองพลนี้ ได้ออกแบบเป็นแบบตะกรับเคลื่อนตัวได้ แบบMoving Grate อัตราการเผาขยะมูลฝอย 300 ตัน/วัน ติดตั้งอยู่ใต้กรวยรับมูลฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อส่งมูลฝอยเข้าเผาในเตาเผาอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งขยะจะถูกเผาไหม้เสร็จสมบูรณ์บน stoker ในระยะ 1/2 ถึง 2/3 ของความยาว stoker ส่วนระยะที่เหลือจะเป็นตะกรับส่วนหลังการเผาไหม้ มูลฝอยที่ถูกเผาแล้วจะถูกส่งไปยัง Clinker Roller แล้วหล่นลงสู่เครื่องรับ และระบายเถ้า (Ash Extractor)

3.4.3 หม้อไอน้ำ (Boiler)

สำหรับหม้อไอน้ำ จะอยู่ในระบบที่ออกแบบรูปที่ 3.5 (หมายเลข 4) โดยก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้จากเตาเผาจะมีอุณหภูมิประมาณ 800-950°C จะถูกทำให้เย็น โดยผ่านหม้อไอน้ำ โดยจะทำหน้าที่ในการถ่ายเทความร้อนจากก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ให้น้ำกลายเป็นไอ เพื่อนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า อุณหภูมิของก๊าซจะลดลงเหลือประมาณ 220°C จากนั้นก๊าซจะออกจากหม้อไอน้ำเข้าสู่ Spray Cooler เพื่อฉีดพ่นน้ำเข้าไปในก๊าซให้อุณหภูมิของก๊าซลดลงเหลือประมาณ 150°C ให้เหมาะสมที่เข้าไปบำบัดมลพิษในเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรองต่อไป ซึ่งทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำ ไอน้ำในระบบหม้อไอน้ำสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ไอน้ำ (Steam Flow) : ไอน้ำความดันสูง 40 กก./ ซม^2 ที่ 400°C ที่ผลิตจากหม้อไอน้ำจะถูกส่งไปยัง Soot Blowers Steam Air Preheater และ High Pressure Steam Header ซึ่งไอน้ำที่สะสมที่ High Pressure Steam Header จะถูกกระจายไปยังกังหันไอน้ำ เครื่องไล่อากาศน้ำจากการควบแน่น (Condensate Flow) : ไอน้ำที่ผ่านกังหันไอน้ำจะมีความดันลดต่ำลงและถูกส่งไปยัง Air Cooled Condenser เพื่อให้ควบแน่นและส่งกลับไปยัง Condensate Tank น้ำที่เก็บไว้ใน Condensate Tank จะถูกส่งไปยังเครื่องไล่อากาศโดย Condensate Pump และน้ำที่ได้จากการควบแน่นจาก Steam Air Preheater ก็จะย้อนกลับไปที่เครื่องไล่อากาศ เช่นกัน เมื่อน้ำถูกไล่อากาศออกแล้ว Boiler Feed Water Pump จะสูบส่งกลับเข้าไปใช้ในหม้อไอน้ำอีกครั้ง

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างหม้อไอน้ำ [9]

2) น้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ : น้ำประปาที่เก็บไว้ใน Boiler Water Reservoir จะถูก Make-up Water Transfer Pump สูบส่งไปยัง Make-up Water Treatment Plant ซึ่งเป็นระบบขจัดแร่ธาตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในน้ำเพื่อนำน้ำไปใช้เป็นน้ำที่เติมเข้าหม้อไอน้ำ ดังนั้นน้ำที่เติมเข้าในหม้อไอน้ำจะมาจากน้ำประปาและน้ำจากการควบแน่นที่ผ่านการขจัดแร่ธาตุในน้ำออกแล้ว

3) สารเคมี : Boiler Compound จะถูกเติมเข้าในน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำเพื่อควบคุมความกระด้างที่ยังเหลืออยู่ในน้ำ ซึ่งสารเคมีจะถูกเก็บไว้ในถังเก็บสารเคมี และฉีดเข้าในท่อน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำที่ตำแหน่งหลัง Feed Water Control Valve และ Oxygen Scavenger(N_2H_4) และสารควบคุม pH ในน้ำจากการควบแน่นจะถูกเติมเข้าในท่อก่อนจะป้อนน้ำเข้าสู่หม้อไอน้ำเพื่อกำจัด O_2 ที่ยังเหลืออยู่ และปรับค่า pH

4) น้ำที่ระบายออกจากหม้อไอน้ำ: การระบายน้ำออกจากหม้อไอน้ำจะมีแบบต่อเนื่องจาก Boiler Drum และระบบระบายออกเป็นครั้งคราวจาก Boiler Header ซึ่งจะถูกส่งไปเก็บไว้ใน Blow Tank น้ำที่เก็บไว้ใน Blow Tank จะถูกส่งไปยัง Blow Cooler หลังจากทิ้งให้เย็นแล้วจึงจะปล่อยลง Backwash Water Reservoir

3.4.4 ระบบกำจัดมลพิษ

ก๊าซอุณหภูมิสูงที่เกิดจากการเผาไหม้มูลฝอยจะถูกส่งเข้า Spray Cooler เพื่อลดอุณหภูมิของก๊าซให้เหลือ 156°C เพื่อให้อุณหภูมิเหมาะสมที่จะผ่านเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรอง (Bag Filter) ในส่วนของระบบที่ออกแบบ รูปที่ 3.6 (หมายเลข 6) จากนั้นจึงพ่นผงปูนขาว ($Ca(OH)_2$) และผงถ่านกัมมันต์เข้าไปทำปฏิกิริยากับก๊าซในท่อก๊าซก่อนเข้าเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรอง เพื่อให้มลพิษถูกกรองออกด้วยถุงกรอง (Bag Filter) เพื่อกำจัดสารไดออกซิน ฝุ่น ไฮโดรเจนคลอไรด์ออกไซด์ของซัลเฟอร์ ก๊าซที่ถูกกำจัดมลพิษออกแล้วจะถูกดูดด้วยพัดลมดูดอากาศไปปล่อยออกสู่บรรยากาศผ่านปล่องควัน รูปที่ 3.6 (หมายเลข 7) ออกแบบสูงประมาณ 60 เมตร ต่อไป

3.4.5 ระบบจัดหาน้ำและการระบายน้ำ

ในการออกแบบโรงเผาขยะครั้งนี้ได้ใช้การระบายความร้อนด้วยอากาศ ซึ่งทำให้ใช้ปริมาณน้ำค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับระบบที่ใช้น้ำในการระบายความร้อน ซึ่งเมื่อประเมินน้ำทั้งหมดที่จะใช้ต่อวันแล้วจะอยู่ในราว 150-250 ลบ.ม. ต่อวัน ซึ่งอาจใช้น้ำจากระบบประปาหมู่บ้านและนำมาเก็บไว้ในพื้นที่โครงการฯ ที่อยู่ภายนอกอาคารเตาเผา ซึ่งอาจอยู่ตำแหน่งใกล้ประตูทางเข้าโรงเผาขยะมูลฝอยก่อนจะส่งไปยัง Plant Water Reservoir, Boiler Water Reservoir, Cooling Water Reservoir และ City Water Roof Tank เพื่อใช้ประโยชน์ดังนี้

1) Plant Water Reservoir: น้ำจะถูกส่งไปเก็บไว้ใน Plant Water Roof Tank ที่ชั้น 4 (ระดับ +16.500) ของอาคารเตาเผา เพื่อส่งไปใช้ที่เครื่องรับและระบายเถ้า เครื่องทำชื้นเถ้าเบา และระบบกำจัดมลพิษ

2) Boiler Water Reservoir: น้ำจาก Boiler Water Reservoir จะถูกส่งเข้าใน Make-up Water Treatment Plant โดย Make-up Water Transfer Pump เพื่อขจัดแร่งธาตุออกก่อนป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ

3) Cooling Water Reservoir: น้ำจะถูกใช้ในการหล่อเย็นอุปกรณ์ในระบบ เช่น บ่อรับมูลฝอย ITV พัดลมดูดอากาศ เป็นต้น

4) City Water Roof Tank: เป็นน้ำที่ City Water Supply Pump สูบขึ้นมาเก็บไว้ใน City

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Water Roof Tank เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานในเตาเผาใช้น้ำเสียจากมูลฝอยจะถูกเก็บไว้ใน Refuse Drainage Basin โดยติดตั้งเครื่องสูบน้ำเสียจาก Refuse Drainage Basin สูบน้ำไปยังระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของโรงงาน และระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งของบ่อฝังกลบมูลฝอยเดิม โดยมีการวางท่อเป็น 2 แนวไปยังระบบทั้งสอง

3.4.6 ระบบอากาศในการเผามูลฝอย

อากาศที่ใช้ในการเผามูลฝอย แบ่งได้เป็น

1) Primary Air: เป็นอากาศที่ถูกดูดมาจากส่วนบนของบ่อพักมูลฝอยโดยพัดลมอัดอากาศแล้วถูกกรองฝุ่นออกด้วย Slide Filter ที่ติดตั้งในท่ออากาศ ก่อนจะถูกทำให้ร้อนที่ Steam Air Preheater จนมีอุณหภูมิ 100°C-230°C จากนั้นจึงส่งเข้าใต้เตาเผาผ่านช่องว่างระหว่างแผ่นตะกรับเข้าสู่เตาเผาเพื่อช่วยในการเผาไหม้ ในส่วนระบบอากาศนั้นจะมีเครื่องปรับสภาพอากาศและอุณหภูมิในรูปที่ 3.5 (หมายเลข 5)

2) Secondary Air: เป็นอากาศที่ถูกดูดแยกออกมาจากด้านจ่ายของพัดลมอัดอากาศก่อนจะเข้าSteam Air Preheater จากนั้นป้อนเข้าด้านบนของเตาเผาผ่านหัวฉีด เพื่อใช้เป็น Seal Airและเป่าฝุ่นใน Soot Blower ออก นอกจากนี้ยังมี Stoker Sealing Fan ติดตั้งบนเตาเผา เพื่อ Seal จุดเชื่อมของ Rod บนเตาเผา พัดลมนี้จะดูดอากาศจากหม้อไอน้ำมาป้อนให้กับเตาเผาส่วนที่ต้องการซีล และ ITV เพื่อ Seal และทำความสะอาด

3.4.7 ระบบกังหันไอน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เป็นอุปกรณ์ในการนำเอาไอน้ำที่เกิดจาก Waste Heat Boiler เปลี่ยนให้เป็นพลังงานในรูปอื่นสำหรับโรงเผาขยะมูลฝอยแห่งนี้จะเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า โดยส่งพลังงานไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในรูปที่ 3.6 (หมายเลข 8) ส่วนไอน้ำและน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตไฟฟ้าแล้วจะถูกทำให้เย็นลงเพื่อนำน้ำนั้นกลับมาใช้ใหม่โดยมีหอหล่อเย็น(หมายเลข 9)

ในการคำนวณผลผลิตในรูปของกระแสไฟฟ้าจากเตาเผามูลฝอย เพื่อนำไปออกแบบขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ มีหลักเกณฑ์คำนวณดังต่อไปนี้

1) ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยของมูลฝอยที่ป้อนเข้าสู้เตาเผา ซึ่งได้มาจากการศึกษาองค์ประกอบมูลฝอยในตอนแรก ซึ่งจะใช้ค่าพลังงานความร้อนต่ำสุดมูลฝอย (Lower Solids Calorific Value: LSCV) จะให้ค่าที่เหมาะสมในการคำนวณพลังงานความร้อน เช่น มีค่าประมาณ 2,000 Kcal/Kg หรือแล้วแต่องค์ประกอบของมูลฝอยแต่ละแห่ง เช่น บางแห่ง มีการคัดแยกนำเศษกระดาษพลาสติกออกไปจนหมด ดังนั้นค่าที่ได้จากการเผาจะน้อยลงตามลำดับ โดยการคำนวณออกแบบระบบนี้ จะนำค่ามาจากการตรวจวัดคุณสมบัติของขยะในตารางที่ 3.2

2) อัตราการเผาไหม้หรืออัตราการทำลายมูลฝอยของเตาเผาที่ผู้ออกแบบเลือกหรือกำหนดขึ้นเพื่อนำไปหาขนาดของห้องเผา เช่น 100 ตัน/วัน หรือ 200 ตัน/วัน โดยอัตราการเผาทำลายนี้นำไปคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนได้จากการนำค่าความร้อนมูลฝอย มาคูณกับปริมาณมูลฝอย จะได้พลังงานความร้อนทั้งหมด ซึ่งในการคำนวณออกแบบนี้จะใช้ค่าที่ 200 ตัน เป็นปริมาณเชื้อเพลิงขั้นฐานที่ป้อนเข้าระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ปรับค่าพลังงานความร้อนที่เหลือไปหมุนกังหันเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งความร้อนจะสูญเสียไปกับการเผาไหม้ในห้องเผา การต้มน้ำให้เดือด การสูญเสียความร้อนในแนวท่อ การสูญเสียพลังงานในการผลิตกระแสไฟ โดยประเมิณค่าพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาในห้องเผา จะสูญเสียไปกับองค์ประกอบต่างๆดังที่กล่าวมารวมประมาณ 60-70% ดังนั้นจะเหลือค่าพลังงานความร้อนที่ผลิตกระแสไฟเพียง 30-40% ของค่าความร้อนทั้งหมด [13] จากข้อมูลของระบบจัดการขยะมูลฝอยที่ออกแบบสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$H = H_m \times R \times 1000 \quad (3.1)$$

โดย H = พลังงานความร้อน (kcal/hr.)

H_m= ค่าความร้อนของมูลฝอย (kcal/Kg)

R = อัตราการเผามูลฝอย (Ton/day)

ดังนั้นจะได้ค่าพลังความร้อน

$$H = 1500 \times 200 \times 1000$$
$$= 3.0 \times 10^{8} \text{ kcal/day}$$
$$= 1.25 \times 10^{7} \text{ kcal/hr.}$$

คิดปริมาณการสูญเสียความร้อนจากกระบวนการต่างๆ ในเตาเผาร้อยละ 65 ของความร้อนทั้งหมด ดังนั้น จะมีความร้อนเหลือไปผลิตกระแสไฟฟ้า

$$= 1.25 \times 10^{7} \times 0.35 \text{ kcal/hr.}$$
$$= 0.4375 \times 10^{7} \text{ kcal/hr.}$$

จากสูตร $\text{Btu/hr.} = \text{kcal/hr.} \times 3.968$ (3.2)

ดังนั้น $= (0.4375 \times 10^{7}) \times 3.698$

$= 1.617 \times 10^{7}$ Btu/hr.

คำนวณการแปลงพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า

จากสูตร $P = \text{Btu/hr.} / 3{,}413$ (3.3)

ดังนั้น $= (1.736 \times 10^{7}) \times (3{,}413 \text{ kW})$

$= 4.74 \times 10^{3}$ kW

ระบบจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 4.74 MW

ดังนั้น จะทำการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ขนาดประมาณ 5 MW

จะได้กำลังผลิตติดตั้ง 5 เมกกะวัตต์ ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานภายในโรงเผาขยะมูลฝอยทั้งหมดและมีส่วนที่เหลือนำไปใช้เพื่อการอื่น และส่งขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคตามสัญญาซื้อขาย

3.4.8 ระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงาน

เพื่อบำบัดน้ำเสียที่เกิดภายในอาคารเตาเผาได้เลือกใช้แนวทางในการบำบัดน้ำเสียแบบ Bioreactor โดยมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนในถังปฏิกรณ์ (Anaerobic Bioreactor) ซึ่งจากการย่อยสลายจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทน

2) ก๊าซที่เกิดในขั้นตอนที่ 1 จะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ ส่วนสารอินทรีย์ที่เหลือจะถูกย่อยสลายต่อไปด้วยจุลินทรีย์ซึ่งเกาะติดอยู่บนตัวกลางพลาสติกในถังบำบัดน้ำเสีย

3) สารแขวนลอยจะถูกแยกในกระบวนการตกตะกอน

4) น้ำจะถูกปรับ pH ให้อยู่ในค่าที่เหมาะสมโดยการเติม H_2SO_4 หรือ NaOH

5) ส่วนน้ำจะถูกส่งไปเก็บในถังเก็บน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว เพื่อส่งไประบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลต่อไป บ่อพักน้ำเสียจะแสดงในรูปที่ 3.5 (หมายเลข 10)

3.4.9 ระบบจัดการเถ้า

เถ้าที่เกิดขึ้นจากการเผามูลฝอยจะแบ่งได้เป็น เถ้าหนัก และเถ้าเบา ซึ่งกระบวนการในการรวบรวมและระบายเถ้าออกจากอาคารเตาเผาเพื่อนำไปกำจัด มีข้อแนวทางในการออกแบบดังนี้

1) เถ้าหนัก: เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้มูลฝอยอย่างสมบูรณ์บนตะกรับจะหล่นจาก Clinker Roller ลงไปยังเครื่องรับและระบายเถ้า เพื่อดับไฟที่ยังติดอยู่และทำให้เถ้าเย็นลงก่อนส่งเถ้าไปตามเครื่องลำเลียงเถ้า ซึ่งเป็นสายพานลำเลียงแบบสั่นสะเทือน จากนั้น Ash Spreader จะส่งเถ้าไปเก็บไว้ในบ่อเถ้า

2) เถ้าเบา: เถ้าที่ปนไปกับก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้จะถูกรวบรวมเพื่อกำจัดออกที่หม้อไอน้ำ Spray Cooler และเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรอง โดยวิธีการรวบรวมเถ้าเบาออกดังนี้

- เถ้าเบาจากหม้อไอน้ำจะถูกรวบรวมและลำเลียงไปยังเครื่องรับและระบายเถ้าโดย Boiler Ash Conveyors ซึ่งเป็นสายพานลำเลียงแบบโซ่ ผ่าน Rotary Valve จากนั้นจึงถูกส่งไปเก็บไว้ในบ่อเถ้า โดยผ่านทางเครื่องลำเลียงเถ้าของเถ้าหนัก
- เถ้าเบาจาก Spray Cooler จะถูกลำเลียงออกโดยผ่าน Rotary Valve Spray Cooler Ash Conveyor ซึ่งเป็นอุปกรณ์ลำเลียงเถ้าแบบสกรู ก่อนจะถูกส่งไปรวมกับเถ้าเบาจากเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรองบน Fly Ash Assemble Conveyor ไปยังเครื่องทำชื้นเถ้าเบาจากนั้นจึงระบายลงสู่บ่อเถ้า
- เถ้าเบาจากเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรองแต่ละชุดจะถูกรวบรวมด้วย Bag Filter Ash Conveyor ซึ่งเป็นสายพานลำเลียงเถ้าแบบโซ่ ผ่าน Rotary Valve มายัง Fly Ash Conveyor ซึ่งเป็นสายพานลำเลียงเถ้าแบบโซ่เช่นกัน โดยจะรับเถ้าเบาจากเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรองทั้ง 2 ชุด จากนั้นจึงลำเลียงไปยัง Fly Ash Assemble Conveyor รวมกับเถ้าเบาจาก Spray Cooler ก่อนจะส่งไปยังเครื่องทำชื้นเถ้าเบาต่อไป

ทั้งเถ้าหนักและเถ้าเบาที่ถูกเก็บไว้ในบ่อเถ้าจะถูกปั้นจั่นคีบเถ้าคีบใส่รถบรรทุก เพื่อนำไปฝังกลบที่บ่อฝังกลบเถ้าหนัก และบ่อฝังกลบเถ้าเบาตามลำดับ

3.4.10 ระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ประกอบอื่น

ในการดำเนินงานของโรงเผาขยะเพื่อผลิตไฟฟ้าด้วยนั้น จำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ เพื่อให้การทำงานครบสมบูรณ์ ซึ่งประกอบด้วย

1) เครื่องอัดอากาศสำหรับเครื่องมืออุปกรณ์: เครื่องอัดอากาศสำหรับเครื่องมืออุปกรณ์จัดเตรียมไว้ 2 ชุด สำหรับใช้งาน 1 ชุด และสำรอง 1 ชุด อากาศที่ถูกอัดจะถูกทำให้เย็นใน Intercooler และเก็บไว้ใน Instrument Air Reservoir อากาศที่เก็บไว้จะถูกทำให้แห้งก่อนส่งไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมืออุปกรณ์ เช่น SiftingFlap สำหรับระบบเตาเผา ระบบเติมอากาศสำหรับไซโล และการล้างย้อนสำหรับถุงกรอง

2) เครื่องอัดอากาศสำหรับงานทั่วไป: เครื่องอัดอากาศสำหรับงานทั่วไปจัดเตรียมไว้ 2 ชุด สำหรับใช้งาน 1 ชุด สำรอง 1 ชุด อากาศที่อัดจะถูกทำให้เย็นใน Intercooler และเก็บไว้ใน Service Air Reservoir ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการทำความสะอาดแต่ละห้อง ทำความสะอาดรูสำหรับดูภายในเตาเผา ใช้ใน Refuse Drainage Injection และ Water Injection ใน Spray Cooler

3.5 การออกแบบคุณลักษณะทางเทคนิคของระบบ

จากแนวทางการออกแบบที่ได้กล่าวถึงในหัวข้อที่ผ่านมาแล้วนั้น หากนำมาวิเคราะห์และกำหนดคุณลักษณะทางเทคนิควิศวกรรมจะสามารถมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.1 ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับการออกแบบ

สำหรับการศึกษาออกแบบระบบเตาเผา และหม้อไอน้ำเพื่อใช้สำหรับโรงงานเผามูลฝอยของระบบนั้น สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 3.4 ข้อกำหนดทางเทคนิค

<table>
<tr><td colspan="4">1) REFUSE THROUGHT CAPACITY OF PLANT</td></tr>
<tr><td colspan="2">300 t /24h/unit × 1 unit</td><td colspan="2">Total 300 t/24h</td></tr>
<tr><td colspan="4">2) WASTE CONDITION</td></tr>
<tr><td colspan="4">We assume waste LHV range and waste component & composition as following</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Table A : Assuming waste LHV range and waste component</td><td colspan="2">Table B : Waste composition</td></tr>
<tr><td>Item</td><td>MCR</td></tr>
<tr><td>Item</td><td>MCR</td><td>C (%)</td><td>15.17</td></tr>
<tr><td>LHV (kcal/kg)</td><td>2,022</td><td>H (%)</td><td>2.29</td></tr>
<tr><td>Combustion (%)</td><td>46.16</td><td>O (%)</td><td>7.99</td></tr>
<tr><td>Ash (%)</td><td>22.71</td><td>N (%)</td><td>0.52</td></tr>
<tr><td>Moisture (%)</td><td>31.13</td><td>S (%)</td><td>0.05</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>C1 (%)</td><td>0.27</td></tr>
<tr><td colspan="4">3) INCINERATOR CONDITION</td></tr>
<tr><td colspan="2">Type</td><td colspan="2">Moving grate</td></tr>
<tr><td colspan="2">Unit</td><td colspan="2">1 unit</td></tr>
<tr><td colspan="2">Refuse throught put per unit at MCR</td><td colspan="2">12.5 t/h/unit (300 t/24h/unit)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Combustion air temperature</td><td colspan="2">230 °C (prehearted by SAH)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Secondary air temperature</td><td colspan="2">20 °C</td></tr>
<tr><td colspan="2">Oxygen contents in flue gas at Economizer outlet</td><td colspan="2">Approx..9 vol</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) BOILER CONDITION	
Type	Natural Circulation (indoor type)
Unit	1 unit
Steam pressure at Super heater outlet	3.92 MPa (g) (40 kg/cm^2 (g))
Steam temperature at Super heater outlet	400 °C
Feed water temperature at Economizer	140 °C
Flue gas temperature at Economizer outlet	220 °C

5) TURBINE CONDITION	
Type Unit	Condensing turbine
Main steam condition at the inlet valve of Turbine Steam Pressure	1 unit

3.5.2 การออกแบบและการจำแนกองค์ประกอบต่างๆของระบบ

ผลการศึกษาและคำนวณเบื้องต้นสำหรับการออกแบบครั้งนี้จะเป็นแนวทางสำหรับพิจารณาเลือกคุณลักษณะทางเทคนิคของระบบ ซึ่งประกอบด้วยประมาณการพารามิเตอร์ต่างๆ ของไอน้ำที่จำเป็นต้องใช้ดังแสดงในตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 3.5 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบ

1) ESTIMATED STEAM AMOUNT	
Estimated amount of steam at Super heater outlet	36.2 t/h/unit
Estimated amount of the blow down	0.4 t/h/unit
Estimated amount of steam consumption (e.g. for SAH,	7.3 t/h/unit
Deaerotor , etc.)	28.5 t/h/unit
Estimated amount of steam at Turbine inlet	
2) Estimate Power Geration	
Estimate Power Geration	Approx.. 5,100 kW/unit

3.5.3 ระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

1) Extra High Tension Receiving System System : ไฟฟ้าที่ต้องการในการดำเนินงานเตาเผาที่รับจากการไฟฟ้าภูมิภาค มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 22,000 V และเมื่อผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า (Receiving Transformer) จะลดลงเหลือ 6,600 V เบรกเกอร์ที่ใช้จะเป็นแบบ Vacuum Circuit Breaker ซึ่งมีความปลอดภัย ขนาดกะทัดรัดและใช้งานง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) High Voltage Distribution Panel : Distribution Panel เป็นแบบปิด (Enclosure Type) ซึ่งจะหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง และจะมีเบรกเกอร์ติดตั้ง และจะมีเบรกเกอร์ติดตั้ง 2 ระยะ เบรกเกอร์หลักจะใช้แบบ Oilless Type Vacuum Circuit Breaker

3) Low Voltage Distribution Panel : Low Voltage Distribution Panel จะเป็นแผงวงจรหลักที่จะกระจายไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ต่างๆโดยพิจารณาถึงความสำคัญและปริมาณไฟฟ้าที่ใช้

4) ระบบไฟฟ้าในโรงเผาขยะมูลฝอย : รายละเอียดของไฟฟ้าที่ใช้งานกับแต่ละระบบมีดังนี้

ตารางที่ 3.6 ระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้า

1	Incinerator Driver System	3 Phase	380V
2	Civil Utility Drive System	3 Phase	380V
3	Illumination and Outlet System	1 Phase	220V
4	Instrumentation Control System	1 Phase	100V
5	Data Processing System	1 Phase	100V
6	Extra High Tension and High Voltage Control System	DS	100V
7	Low Voltage Control Circuit	1 Phase	110-220V

5) Bus System Supervision : ระบบ Receiving และ Distribution จะต้องสามารถควบคุมจากส่วนกลางในห้องไฟฟ้าได้ จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่จะสามารถตรวจสอบการทำงานของระบบติดตั้งด้วย แผงวงจรจะเป็นแบบ Enclosed Vertical Self-Standing และจะต้องมีการติดตั้งเกจสวิทซ์ในการทำงาน สวิทซ์ควบคุม Indicator Lamp และ Mimic Bus อยู่ด้านหน้าแผงวงจร

6) Low Voltage Motor Control System: จะใช้การควบคุมมอเตอร์จากศูนย์จากศูนย์ควบคุมกลางเพื่อความปลอดภัยและสะดวกในการบำรุงรักษา ยกเว้นอุปกรณ์บางชนิด เช่น เครน ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะควบคุมจากส่วนกลาง

7) Turbine Power System : ระบบนี้จะให้กำลังไฟฟ้าเพียงพอสำหรับใช้ภายในโรงเผาขยะมูลฝอยสายไฟฟ้าที่มาจาก กฟภ. จะมีการติดตั้ง Relay เพื่อป้องกันอุปกรณ์ภายในโรงเผาขยะมูลฝอย กำลังไฟฟ้าที่รับจาก กฟภ.และห้องกังหันไอน้ำจะทำงานขนานกันอัตโนมัติ โดยใช้ Synchronizing Device และเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดปัญหากับระบบ ภายในระบบจึงติดตั้งอุปกรณ์ในการทำงานแบบ Manual ด้วย

8) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบดีเซล : ระบบนี้ติดตั้งเพื่อให้การหยุดดำเนินการเป็นไปอย่างปลอดภัย ขณะที่ไฟฟ้าจาก กฟภ.ขัดข้อง การทำงานจะเป็นแบบอัตโนมัติ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติ และเมื่อไฟฟ้าจาก กฟภ. สามารถจ่ายได้ปกติ ระบบเครื่องกำเนิดดีเซลก็จะหยุดเองโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) Uninterruptiple Power Supply System : ระบบนี้ติดตั้งเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้ระบบควบคุมอัตโนมัติ อุปกรณ์และคอมพิวเตอร์ที่จะได้รับผลกระทบมาจากการที่ไฟฟ้าระบบ AC ขัดข้อง หรือ Voltage ไม่คงที่ ระยะเวลาที่จะจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ได้นาน 20 นาที

10) DC Power Supply System : ระบบนี้ติดตั้งเพื่อป้อนไฟฟ้าไปควบคุมการตัดวงจรของ Extra High Tension Panel และ High Voltage Panel และยังป้อนไฟฟ้าไปให้กับระบบ UPS และวงจรควบคุม (Control Circuit)

นอกจากการออกแบบทางด้านระบบและเทคโนโลยีแล้ว ยังมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาในด้านอื่นๆประกอบอีกด้วย หากจะพิจารณาตัดสินใจสร้างระบบการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้านี้ให้เกิดขึ้นจริง เช่นในด้านของการประเมินงบประมาณค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง การวิเคราะห์การลงทุน หรือการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งงานจะทำการวิเคราะห์วิจัยในบทถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การวิเคราะห์การลงทุน และการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

4.1 การจัดทำการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

สำหรับการศึกษาออกแบบระบบที่เหมาะสมในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับชุมชนขนาดกลางนี้ นอกจากการตรวจวัดคุณสมบัติของขยะ การออกแบบในด้านระบบเทคโนโลยี หรือแม้แต่ศึกษาในด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว หากระบบนี้จะสร้างให้เกิดขึ้นจริงได้นั้น ต้องมีจำเป็นที่จะศึกษาวิเคราะห์ในด้านของการลงทุน และการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อประกอบเป็นเกณฑ์ให้ผู้ที่สนใจลงทุนก่อสร้าง ในการวิเคราะห์ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์นั้นมีหลายตัวแปรที่ใช้ในการพิจารณาหลายตัวด้วยกัน ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอกำหนดตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับระบบที่ออกแบบให้มากที่สุด

4.2 ทฤษฎีในการจัดทำประมาณการทางเศรษฐศาสตร์

การจัดทำประมาณการทางเศรษฐศาสตร์ จะทำการรวบรวมข้อมูลทางด้านการเงิน ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการดำเนินก่อสร้าง การติดตั้งเทคโนโลยี จัดทำเป็นงบประมาณการเงินรวมของปัจจุบันและคาดการณ์เผื่อต่อไปในอนาคตอีก 20-25 ปี เพื่อดูความคุ้มทุนและประเมินในอนาคตว่าจะมีแนวโน้มเป็นไปอย่างไร สำหรับทฤษฎีและที่ใช้ในการวิเคราะห์ประเมินผลตอบแทนของระบบที่ทำการออกแบบนี้ จะประกอบไปด้วย

1. การวิเคราะห์สัดส่วนทางการเงิน (Financial Ratio) ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลักๆ คือ
    - สภาพคล่อง
    - ประสิทธิภาพในการใช้สินทรัพย์
    - ความสามารถในการบริหารงาน
    - ความสามารถในการชำระหนี้
2. การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)
3. การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV)
4. การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนลงทุน (Internal Rate of Return หรือ IRR)
5. ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า (Levelized Production Cost)

ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังกล่าว ล้วนเป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยแต่ละเครื่องมือการวิเคราะห์จะมีข้อดีแตกต่างกันไป ดังนั้นเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์สูงสุดในการวิเคราะห์และหาจุดคุ้มทุน ทางผู้วิจัยจึงได้จัดทำและพิจารณาโดยใช้ทฤษฎีดังกล่าวร่วมกัน

4.3 ขั้นตอนในการจัดทำประมาณการทางเศรษฐศาสตร์

4.3.1 รวมรวมข้อมูล ตั้งสมมุติฐาน และเลือกรูปแบบการลงทุน

ในการวิเคราะห์การประมาณการทางเศรษศาสตร์ จะทำการรวบรวมจากข้อมูลการออกแบบด้านเทคนิค แล้วนำมาตั้งสมมติฐาน กำหนดปัจจัยหลักในการดำเนินงานเพื่อประมาณการทางการเงินได้อย่างมีประสิทธิภาพ จุดที่สำคัญที่สุดของระบบก็คือ การกำหนดรูปแบบการลงทุนที่เหมาะสม โดยในงานวิจัยนี้นั้นได้เสนอแนวทางการลงทุนก่อสร้างโรงเผาขยะ ซึ่งจะสามารถทำให้เทศบาลสามารถเริ่มดำเนินการได้จริง รูปแบบการลงทุนหรือร่วมทุนที่มีความเป็นไปได้แบบต่างๆนั้นมีดังนี้

4.3.1.1 การร่วมลงทุนระหว่างรัฐกับเอกชน

เป็นการร่วมกันลงทุนของรัฐและเอกชน โดยจะเป็นการใช้พื้นที่กำจัดขยะเดิมของเทศบาลฯ แล้วมีการสนับสนุนจากภาครัฐบาลในด้านของงบประมาณการเงิน ซึ่งจะจัดหาผู้รับจ้างทำระบบจัดการขยะมูลฝอยโดยวิธีประมูลงาน โดยผู้รับจ้างจะให้ผลประโยชน์แก่ทางเทศบาล ในรูปแบบการจ่ายค่าเช่าเป็นรายปี ซึ่งการร่วมลงทุนลักษณะนี้ประชาชนมีแนวโน้มต่อต้านน้อยและโครงการสามารถเกิดได้ง่าย สำหรับการดำเนินงานด้านเอกสารหลักๆ คือ การจัดทำรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) และทำการขอใบอนุญาตสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จากนั้นจึงทำการขอยื่นรับการสนับสนุนโครงการจากสำนักงานส่งเสริมการลงทุน (BOI) เพื่อขอรับสิทธิพิเศษในด้านการนำเข้าเครื่องจักรและด้านภาษี

4.3.1.2 การลงทุนด้วยเอกชน

การลงทุนแบบนี้ ทำโดยเทศบาลฯ จะทำสัญญากับภาคเอกชนเพื่อให้สิทธิในการดำเนินการเผากำจัดขยะ และจำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งภาคเอกชนก็จะต้องหาพื้นที่ก่อสร้างโรงเผาขยะเอง แต่ก็จะไม่จำกัดวงเงินลงทุน โดยทางเทศบาลฯ จะต้องทำข้อตกลงร่วม (MOU) กับภาคเอกชนเพื่อจัดหาขยะมูลฝอยป้อนส่งให้กับโรงเผาขยะ แต่อาจได้รับการต่อต้านจากประชาชนบ้างเนื่องจากในช่วงแรกของการดำเนินโครงการ ความเป็นเจ้าของยังอยู่ที่ภาคเอกชน แต่อย่างไรก็ดี หากมีการปรับโครงสร้างให้เหมาะสมเพื่อให้ทางเทศบาลฯ ภาคเอกชนผู้ลงทุน และภาคประชาชน ก็จะทำให้การลงทุนโดยวิธีนี้ได้รับความสำเร็จอย่างดี รูปแบบการลงทุนที่เป็นไปได้อาจอยู่ในรูปของ BOT (Built-Operate-Transfer) นั่นคือ ภาคเอกชนเป็นผู้ลงทุนสร้าง ดำเนินกิจการ (และมีการจัดสรรประโยชน์แบ่งคืนให้เทศบาลฯ และชุมชน) เมื่อครบข้อกำหนดเวลาที่ได้ตกลงกันไว้ ก็จะโอนสิทธิความเป็นเจ้าของกลับคืนสู่เทศบาลเพื่อบริหารจัดการต่อไป ข้อดีอีกประการวิธีนี้ก็คือจะสามารถจัดสร้างและเริ่มปฏิบัติงานได้เร็ว เพราะไม่ต้องรอของบประมาณภาครัฐฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนและอันตราคืนทุนในบทนี้ จะใช้กรณีการลงทุนในแบบกรณีฐาน เพื่อดูความเป็นไปได้ของโครงการออกแบบระบบ ในกรณีเมื่อเทศบาลจะต้องหาเอกชนเข้ามารวมทุนในระบบบริหารจัดการมูลฝอยที่ได้ออกแบบไว้

4.4 จัดทำประมาณการทางการเงิน

เพื่อแสดงกระแสเงินสด(Cash Flow) และการเคลื่อนไหวของเงินสดในระบบ จึงต้องมีการจัดทำประมาณการทางการเงิน โดยแสดงถึงรายการได้มาและใช้ไปของเงินสดใน 3 กิจกรรมหลักๆ คือ เงินสดที่ได้จากการดำเนินงาน จากการจัดหาเงินทุน และจากการลงทุน โดยจะทำการประมาณการทางการเงินของทั้งในปัจจุบันและคาดการณ์ต่อไปในอนาคต ระยะเวลา 20-25 ปี เพื่อที่จะทำให้รู้ถึงสถานะปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคตของระบบอีกด้วย

4.5 การวิเคราะห์ประมาณการทางการเงินและจุดคุ้มทุน

4.5.1 การวิเคราะห์อันตราผลตอบแทนของการลงทุน (Internal Rate of Return – IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) หมายถึง อัตราผลการตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุน หรือคืออัตราดอกเบี้ยที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เท่ากับ 0

4.5.2 การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value – NPV)

มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการของโครงการคือ ผลรวมของค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิ (ทั้งกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่าย)ในแต่ละปีตลอดอายุโครงการ [23] หรือคือ ผลต่างระหว่างค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิ ทั้งโครงการกับค่าปัจจุบันของเงินลงทุน หากมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดเข้ารวมกัน มีมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน ถือว่าโครงการนั้นให้ผลตอบแทนสูงกว่าที่เราต้องการหรือคาดหวังไว้ ควรจะลงทุนในโครงการนั้น

4.5.3 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี /เดือน หรือวัน) ที่กระแส เงินสด รับจากโครงการ สามารถชดเชย กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี [23] เนื่องจาก โครงการที่ขอรับการสนับสนุน จะมีลักษณะการลงทุน เพียงครั้งเดียว ในปีแรก และให้ผลตอบแทนที่เท่ากันทุกปี โครงการที่มีระยะเวลา คืนทุนสั้นจะเป็นโครงการที่มีระยะคืนทุนยาว โดยทฤษฎีระยะเวลาคืนทุนจะต้องไม่นานกว่าอายุการใช้งานของโครงการ แต่ในภาคปฏิบัติระยะเวลาคืนทุนของโครงการขนาดใหญ่ที่ยอมรับกันที่ 7 – 10 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.4 **การประเมินสถานการณ์จำลอง (Sensitivity Analysis)**

เป็นการศึกษาประเมิณสถานการณ์จำลองจากความเสี่ยงและความไม่แน่นอนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นและมีผลกระทบกับต้นทุนหรือผลตอบแทนสุทธิของการลงทุน โดยประโยชน์ที่ได้รับจากการวิเคราะห์คือสามารถประมาณการได้ว่าหากเกิดเหตุการณ์ที่มีตัวแปรใดเปลี่ยนแปลงไปจากที่คาดการณ์ไว้จะส่งผลกระทบต่อการลงทุนอย่างไรบ้าง

โดยในที่นี้จะทำการศึกษาตัวแปรต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบกรณีฐาน (Base Case) ดังต่อไปนี้

1) เมื่อเงินลงทุน (Investment Cost) มีการเปลี่ยนแปลง (± 10% ของกรณีฐาน)

2) เมื่อราคาขายไฟฟ้า (Electricity Selling Price) มีการเปลี่ยนแปลง (± 10% ของกรณีฐาน)

3) เมื่อกำลังการผลิตไฟฟ้า (Availability Factor) มีการเปลี่ยนแปลง (± 10% ของกรณีฐาน)

4) เมื่อมีการคำนึงถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากทางสังคมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับปัญหาด้านมลพิษที่เกิดการดำเนินโครงการ

4.6 การวิเคราะห์ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์

ทำการวิเคราะห์และคำนวณทางเศรษฐศาสตร์สำหรับกรณีฐาน โดยออกแบบและคำนวณโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel โครงการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีกังหันไอน้ำระยะแรก ขนาด 5 เมกกะวัตต์ ที่ อ.พล จ.ขอนแก่น โดยจะมีรายละเอียดดังนี้ [11]

4.6.1 ข้อสมมุติในการพิจารณาสำหรับกรณีฐาน (Adder)

ในกรณีพิจารณาโครงการฯ ทางด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินการก่อสร้างโรงเผาขยะเพื่อผลิตไฟฟ้าครั้งนี้จะมีข้อสมมุติในการพิจารณาดังต่อไปนี้ [1] – [9]

1. กำลังการผลิตสุทธิ (5.1 MW-1MW = 4 MW) ไม่เกิน	4	เมกกะวัตต์
2. อายุการใช้งานของโรงไฟฟ้า	20-25	ปี
3. จำนวนวันในการหยุดซ่อมบำรุงต่อปี	25	วัน
- Onsite energy usage (In plant energy consumption)	20	%
4. กำหนดปีเริ่มต้นของการดำเนินการก่อสร้าง (พ.ศ.)	2557	
(ใช้เวลา 24 เดือน)		
5. ราคาโครงการที่ใช้ในการวิเคราะห์		
- ราคาโรงไฟฟ้า (วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ)	700	ล้านบาท
- ราคาก่อสร้างระบบส่งไฟฟ้า	-	
- ราคาก่อสร้างสถานีไฟฟ้าย่อย (ถ้ามี)	-	
- เงินทุนหมุนเวียน	-	ล้านบาท
- ค่าใช้จ่ายในการกู้เงิน (Front End Free)	1.5	%
- ค่าผูกพันเงินกู้ (Commitment Fee)	-	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.	ค่าดำเนินงาน ค่าบำรุงรักษา ค่าบริหารงานและอื่นๆ		
	- ค่าบำรุงรักษารายปีของโรงฟ้าฯ (คิดจากค่าโรงไฟฟ้า)	1.5	%
	- อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าบำรุงรักษาต่อปี	2.0	%
	- ค่าสูงสุดของค่าบำรุงรักษารายปี	3.5	%
7.	ราคาเชื้อเพลิง		
	- ราคาน้ำมันดีเซล	32	บาท/ลิตร
8.	ค่าประกันรายปี (คิดเป็น % ของราคาสร้างทั้งหมด)	0.15	%
9.	ค่าเสื่อมโรงไฟฟ้า	28	ล้านบาท/ปี
10.	สัดส่วนระหว่างหนี้ต่อทุน	75:25 หรือ 50:50	
11.	อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	MLR+1	%
12.	ระยะเวลาจ่ายคืนเงินกู้	2+13	ปี
13.	อัตราส่วนลด	5-7	%
14.	อันตรายแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ	32	บาท/U$$
15.	ราคาขายไฟฐานเฉลี่ย	3.5	บาท/หน่วย
16.	ส่วนรับซื้อไฟฟ้า (Adder)	3.5	บาท/หน่วย
17.	ระยะเวลาในการได้ราคารับซื้อไฟฟ้า (Adder)	7	ปี
18.	มาตรการด้านภาษี (BOI)		
	- ภาษีนำเข้าเครื่องจักรและอุปกรณ์	ยกเว้น	
	- ยกเว้นภาษีเงินได้	7	ปี
	- ภาษีเงินได้ 50%	ปีที่ 8-12	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 Financial Analysis: Assumptions สำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 5 MW (กรณีฐาน)

Assumptions

					Key in the "Blue" box only		
1) Project Descriptive							
Project Location *(Year 2014: Install First Block of 5.1 MW generator, selling at 4 MW)*					Phon5MW @4MW		
Project Size - Installed Capacity	MW				5.1	100%	
Primary Energy Resource	MW				0.1	2%	
Secondary Energy Resource (Diesel/Hydro/Biomass/MSW)	MW			Diesel	5	98%	
Individual Turbine-Generator Size	kW				5,000		
Number of Turbines-Generator	Unit(s)				1	5,000	
Exchange Rate	Bt./USD				32		
2) Investment (Primary and Secondary Machines and Equipment)		**Base Data**		**Guided Data**	**Input Data**	**Final Data**	**Total**
Solar PV		**1.5 MW**			**0.1 MW**		**1 units**
Equipment Costs							
Module	Mil.Bt.	54.00		3.60	3.00	3.00	3.00
Inverter	Mil.Bt.	10.56		0.70	3.00	3.00	3.00
Balance of System	Mil.Bt.	0.50		0.03	4.00	4.00	4.00
Equipment Subtotal	**Mil.Bt.**	**65.06**				**10.00**	**10.00**
Construction Costs							
Materials							
Construction	Mil.Bt.	3.01		0.20	-	-	-
Generator Side Unit Transformer (GSU)	Mil.Bt.	0.70		0.05	-	-	-
Electrical	Mil.Bt.	0.87		0.06	-	-	-
Underground Cable	Mil.Bt.	1.82		0.12	-	-	-
Materials Subtotal	***Mil.Bt.***	***6.40***		***0.43***		-	-
Labor							
Foundation	Mil.Bt.	-		-		-	-
Management/supervision	Mil.Bt.	13.02		0.87	-	-	-
Labor Subtotal	***Mil.Bt.***	***13.02***		***0.87***		-	-
Construction Subtotal	**Mil.Bt.**	**19.42**		**1.29**		-	-
Other Costs							
Legal Services	Mil.Bt.	-		-	10.00	10.00	10.00
Land Easements	Mil.Bt.	-		-	10.00	10.00	10.00
Other Costs	**Mil.Bt.**	-		-		**20.00**	**20.00**
MSW Power Plant				**5 MW**			
Equipment Cost	Mil.Bt.	45,000 Bt./kW	50%	225.00	450.00	450.00	
Construction Cost	Mil.Bt.	36,000 Bt./kW	40%	180.00	150.00	150.00	
Other Costs	Mil.Bt.	9,000 Bt./kW	10%	45.00	50.00	50.00	
Total Diesel Cost	**Mil.Bt.**	**90,000 Bt./kW**	**100%**	**450.00**		**650.00**	**650.00**
Hydro				**No**			
Equipment Cost	Mil.Bt.	13,500 Bt./kW	30%	No		No	
Construction Cost	Mil.Bt.	27,000 Bt./kW	60%	No		No	
Other Costs	Mil.Bt.	4,500 Bt./kW	10%	No		No	
Total Hydro Cost	**Mil.Bt.**	**45,000 Bt./kW**	**100%**	**No**		**No**	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 Financial Analysis: Assumptions สำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 5 MW (กรณีฐาน) (ต่อ)

Interconnection Cost					
Voltage Level at Interconnection Point				22 kV	
115 kV Substation	Mil.Bt.		Ignore the box	AIS Main and Transfer Bus	
			Ignore the box	Transformer 2x50 MVA	
		Push buttom for details of substation cost			-
Collector System					
Unit Cost	Bt./km	Push bottom for cost list / leave blank		867,696.00	
Distance	km			1 km	
Cost of Collector System	Mil.Bt.		3.39	0.87	0.87
Other Interconnection Equipments	Mil.Bt.			4.13	4.13
Total Interconnection Cost	**Mil.Bt.**				**5.00**
Transportation Cost					
PV System	Mil.Bt.			-	-
MSW System	Mil.Bt.			-	-
Hydro System	Mil.Bt.			-	-
Total Transportation Cost	**Mil.Bt.**				-

3) Revenue		**Guided Data**	**User Data**	**Data for Cal.**
Solar PV				
Number of PV system	Unit(s)		1	
Annual Energy Product (AEP) / 0.1MW plant	kWh/year		146,000	(4 hours daily)
Availability Factor	%		100%	
Maintainace Days	days/year		30 days	
Total Energy Production after Maintenance	**kWh/year**		134,000	
On-site Energy Usage	kWh/year	100%	134,000	
Actual Selling Energy	**kWh/year**		-	
Tariff (25 years firm contract)				
Base Tariff				
Capacity Payment (CP)	Bt./kWh	1.02		1.02
Energy Payment (EP)	Bt./kWh	0.88		0.88
Fuel Saving (FS)	Bt./kWh	0.36		0.36
Additional Tariff				
Renewable Energy Promotion (REP)	Bt./kWh	0.39		0.39
Adder (for Solar-PV)	Bt./kWh	3.50	6.50	6.50
Adder Period	Years	10	10	10
Annual Escalation Rate				
Base Tariff's Annaul Escalation Rate	%		2.00%	
Additional Tariff's Annaul Escalation Rate	%			
Selling Price of Electric Energy (Base + Additional)	**Bt./kWh**			**9.15**
Total Solar-PV Revenue	**Mil.Bt.**			**0.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 Financial Analysis: Assumptions สำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 5 MW (กรณีฐาน) (ต่อ)

MSW Power Plant				
Plant Capacity	kW/hour		4,000	
Operated Hour	hours/day		24 hr./day	
Availability Factor	%		95%	
Maintainace Days	days/year		25 days	
Actual Selling Energy	**kWh/year**		31,008,000	
Tariff (25 years firm contract)				
Base Tariff				
Capacity Payment (CP)	Bt./kWh	1.02		1.02
Energy Payment (EP)	Bt./kWh	0.88		0.88
Fuel Saving (FS)	Bt./kWh	0.36		0.36
Additional Tariff				
Renewable Energy Promotion (REP)	Bt./kWh	0.00		-
Adder (for MSW, thermal technology)	Bt./kWh	0.00	3.50	3.50
Adder Period	Years	10	7	7
Annual Escalation Rate				
Base Tariff's Annaul Escalation Rate	%		2.00%	
Additional Tariff's Annaul Escalation Rate	%			
Selling Price of Electric Energy (Base + Additional)	**Bt./kWh**			**5.76**
Total MSW selling electricity Revenue	**Mil.Bt.**			**178.61**
Hydro				
Plant Capacity	kW/hour		-	
Operated Hour	hours/day		4 hr./day	
Availability Factor	%		50%	
Maintainace Days	days/year		20 days	
Actual Selling Energy	**kWh/year**		-	
Tariff (25 years firm contract)				
Base Tariff				
Capacity Payment (CP)	Bt./kWh	1.02		1.02
Energy Payment (EP)	Bt./kWh	0.88		0.88
Fuel Saving (FS)	Bt./kWh	0.36		0.36
Additional Tariff				
Renewable Energy Promotion (REP)	Bt./kWh	0.39		0.39
Adder	Bt./kWh	0.40		0.40
Adder Period	Years	10	10	10
Annual Escalation Rate				
Base Tariff's Annaul Escalation Rate	%		2.00%	
Additional Tariff's Annaul Escalation Rate	%			
Selling Price of Electric Energy (Base + Additional)	**Bt./kWh**			**3.05**
Total Hydro Revenue	**Mil.Bt.**			**-**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 Financial Analysis: Assumptions สำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 5 MW (กรณีฐาน) (ต่อ)

Social and Environmental Benefit (including Tipping fee)				
			Include in Revenue	
Annual Energy Generated by PV + Hydro	kWh/year		134,000	
Benefit 1: Cost of Eliminated Pollution (as if produce by diesel) (! Not available for MSW in Muang Phon!)				
Start Applying the Benefit in Year	Year		30	30.00
Unit Cost of CO2 Reduction	Bt./kWh	0.43		0.43
Unit Cost of SOx Reduction	Bt./kWh	0.50		0.50
Unit Cost of NOx Reduction	Bt./kWh	0.14		0.14
Cost of CO2 Reduction	Mil.Bt.		0.06	
Cost of SOx Reduction	Mil.Bt.		0.07	
Cost of NOx Reduction	Mil.Bt.		0.02	
Benefit 2: Revenue from Tipping Fee and MSW management fee (Phon get from other local government)				
Start Applying the Benefit in Year			2	2.00
MSW Generator Capability	kWh/Ton	3.00		3.00
Annual Tons of MSW	Tons		99,000	
Revenue from Tipping Fee Management				
Tipping Fee of MSW	Bt./Ton of MSW		300.00	300.00
Annual Escalation Rate	%		2.00%	2%
Maximum Tipping Fee	Bt./Litre		400.00	400.00
Benefit 3: Carbon Credit (! Not available for MSW in Muang Phon!)				
Start Applying the Benefit in Year			30	30
Carbon Credit Quantity				
CO2 Emission/kWh of Diesel Generation	kg/kWh	0.7800		0.7800
SOx Emission/kWh of Diesel Generation	kg/kWh	0.0440		0.0440
NOx Emission/kWh of Diesel Generation	kg/kWh	0.0048		0.0048
Ton of CO2 Reduction	tons		105	
Ton of SOx Reduction	tons		6	
Ton of NOx Reduction	tons		1	
Money from Carbon Credit				
Credit/Unit from CO2	USD/ton	6.00		6.00
Credit/Unit from SOx	USD/ton	0.00		-
Credit/Unit from NOx	USD/ton	0.00		-
Carbon Credit from CO2	Mil.Bt.		0.02	
Credit from SOx	Mil.Bt.		0.00	
Credit from NOx	Mil.Bt.		0.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 Financial Analysis: Assumptions สำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 5 MW (กรณีฐาน) (ต่อ)

4) Expense (Including Annual Operating Cost, Raw material, and annual management cost)				
Raw Material buying cost (including MSW buying cost and other 25% of wood ship buying cost)				
MSW-Synchronous Generator Production Capability	kWh/Ton		240.00	(100Tons of MSW for 1000kW 24 hours
System Efficeincy	%		100.00%	
Required Annual Secondary Fuel (WoodChip: 25% of MSW)	Tons/year		29,700	
MSW buying Price (As of year 2012...at Munag Phon)				
MSW buying Price	Bt./Tons		500.00	
Annual Escalation Rate	%		5.00%	
Maximum Fuel Price	Bt./Tons		600.00	
Maintainance (Annually)				
Solar-PV				
Annual O&M for Wind	% of Total PV Cost		2.00%	
Annual Escalation Rate for Wind	%		2.00%	
Maximum O&M Cost for Wind	%		3.00%	
MSW Plant				
Annual O&M for MSW Plant	% of Total MSW Cost		4.00%	
Annual Escalation Rate for MSW Plant	%		2.00%	
Maximum O&M Cost for MSW Plant	%		8.00%	
Hydro				
Annual O&M for Hydro	% of Total Hydro Cost		1.00%	
Annual Escalation Rate for Hydro	%		3.00%	
Maximum O&M Cost for Hydro	%		2.50%	
Other Costs				
Annual Return to Support "Phon Local Governor"	Mil.Bt.		15.00	
Annual Return to Support "Local Community Fund"	Mil.Bt.		5.00	
Insurance				
Annual MSW Insurance Rate	% of MSW's Investment Cost	1.00%	1.50%	1.50%
Contingent Cost	% of Maintainance & Other Costs	1.00%	3.00%	3.00%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 Financial Analysis: Assumptions สำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 5 MW (กรณีฐาน) (ต่อ)

5) Land Acquisition

Type of Land Acquisition			Purchase / Lease (Ownership belongs to the buyer)		
Land Purchasing Only (Land will be financed under the same conditions with machine financing)					
Land Cost	Mil.Bt.		Input Data	15.00	
Land Ownership Transfer Fee	% of Land Cost		1.00%		1.00%
- Fee will be paid on the period of			Year 0	Year 0	

Payment Schedule		Beginning	Per Period	Accumulated	Ending
Year 0	Mil.Bt.	15.00	15.00	15.00	-
Year 1	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 2	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 3	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 4	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 5	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 6	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 7	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 8	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 9	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 10	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 11	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 12	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 13	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 14	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 15	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 16	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 17	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 18	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 19	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 20	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 21	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 22	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 23	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 24	Mil.Bt.	-	-	15.00	-
Year 25	Mil.Bt.	-	-	15.00	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 Financial Analysis: Assumptions สำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขนาด 5 MW (กรณีฐาน) (ต่อ)

6) Financing					
Debt Financing	Time(s)		3	1	1
Financing Percentage	%		75%	50%	50%
Term Loans (Including Grace Period)					
Machines	Years		10	10	10
Land (Bt.)	Years		10	10	10
Grace Period					
Machines	Years		2	2	2
Land	Years		2	2	2
Debt Portion				100%	
Debt Portion in Bt.	%			98%	
Debt Portion in USD	%			2%	
Cost of Debt	%				
Mortgage Contract Fee	% of Total Investment Value		1.00%		1.00%
Front End Fee	%		1.50%		1.50%
Cost for Bt. Debt Portion					
Base Rate - ThaiBahtFix	%			6.50%	
Annual Percentage Point Increase to ThaiBahtFix	%			0.50%	
Maximum ThaiBahtFix	%			8.00%	
Premium from ThaiBahtFix	%			2.00%	
Cost for USD Debt Portion					
Base Rate - LIBOR 3 M				2.70%	
Annual Percentage Point Increase to LIBOR	%			0.50%	
Maximum MLR	%			5.40%	
Swap Rate	%			5.80%	
Interest Income					
Cash Deposit Rate (Revenue)	%			3.25%	
Annual Percentage Point Increase to Deposit Rate	%			0.05%	
Maximum Deposit Rate	%			5.00%	
Discount Rate (WACC)				5.75%	
Kd * (1-t)	%	50%		4.58%	
Ke	%	50%		6.92%	
Rf	%			4.80%	
Rm	%			8.33%	
Beta	Time(s)			0.60	
Capital Financing					
Capital Injection					
Drawdown when the Project needs after debt financing					
Repayment till cash = initial injection					
Divident Payout Ratio	%			30%	
Pay after Fully Legal Reserve					
7) Tax Parameters					
Import Tax	% of MSW's Equipment Cost		15%	0%	0%
Income Tax	%		30%		30%
Tax Exempt	Years		8		8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 Financial Analysis: Cost and Financing / Source of fund

Costs & Financing

Use of Fund (Mil. Bt.)		Source of Fund (Mil. Bt.)		
1 Property, Plant & Equipments (Net)	685.00	**Liabilities**		
2 Land Acquisition	15.00	Tranche A: Debt Portion in Bt.	335.50	
3 Maintenance Costs	855.03	Tranche B: Debt Portion in USD (Machine)	7.00	
4 Buy Secondary Fuel (Wood Chip = 25% of MSW)	275.85			342.50
5 Return to Phon Gov. and Local Community Fund	(479.85)	**Equity**		
6 Insurance	13.12	Cash Flows from the Project	1,568.32	
7 Financing Cost	217.00	Capital Injection	383.54	
8 Contingent Cost	11.64	Dividend Payment	(508.86)	
9 Taxes	192.69			1,443.00
	1,785.50			1,785.50

ตารางที่ 4.3 Financial Analysis: Output

Output

Click Bottoms for Detail	Project	Equity
1) IRR	18.37%	31.47%
2) NPV	Mil.Bt. 861.04	Mil.Bt. 836.91
Discount Rate	5.75%	6.92%
3) Payback Period	5 Year(s)	3 Year(s)
4) Cost / kWh	**2.30 Bt./kWh**	
Annual kWh produced	kWh 31,008,000	
No. of Years	25 Year(s)	
Total Costs	Mil.Bt. 1,785	

4.6.2 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการลงทุนกรณี Adder

เมื่อทำการศึกษาวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินของโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโรงเผาขยะชุมชนซึ่งสำหรับการวิเคราะห์กรณีฐานนั้น จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์กรณีติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 5.1 เมกะวัตต์ (VSPP) โดยทำการขายไฟจริงประมาณ 4 เมกะวัตต์ และใช้สมมุติฐานหลักดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้นพบว่าระบบมีมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิและอัตราผลตอบแทนการลงทุน สรุปได้ดังนี้

- ต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 2.30 บาทต่อหน่วย
- มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิทางด้านเศรษฐศาสตร์ 836 ล้านบาท (NPV)
- อัตราผลตอบแทนการลงทุนของโครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์ 31 % (E-IRR)
- ระยะเวลาในการคืนทุน 3-5 ปี

จากผลการวิเคราะห์โครงการฯ ตามตารางที่ 4.1 – 4.3 สามารถสรุปได้ว่า ระบบการจัดการนี้เป็นระบบที่มีอัตราผลตอบแทนสูงและมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ และมีระยะเวลาในการคืนทุนสำหรับกรณีฐานคือ 3-5 ปี ดังนั้นจึงเป็นโครงการที่มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่จะใช้เป็นแหล่งบริหารจัดการขยะชุมชน และ ร่วมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเพิ่มรายได้ให้กับการดำเนินกิจการของเทศบาลเมืองเมืองพลด้วยอีกทางหนึ่ง จากนั้นทำการวิเคราะห์ความไวของโครงการจากตัวแปรต่างๆของกรณีฐาน แสดงในตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความไวโครงการ

รายการ	Project				Equity				Cost/kWh (Baht/kWh)	Annual kWh Production (kWh/year)	Total (Mil Baht / 25 years)
	IRR (%)	NPV (Mil Baht)	Investment (Mil Baht)	Payback Period	IRR (%)	NPV (Mil Baht)	Investment (Mil Baht)	Payback Period			
1. กรณีฐาน (5.1 MW MSW) Gen 5.1MW, sell 4 MW, 300T	18.17	838.09	726.04	5	31.18	816.88	383.54	3	2.30	31,008,000	1,787
2. การวิเคราะห์ความไวกรณีต่างๆ											
2.1 Gen 5 MW, sell 3 MW, 240T	*11.75*	*403.58*	726.04	*7*	*18.68*	*419.14*	383.54	*5*	*2.78*	23,256,000	1,614
2.2 Gen 5 MW, sell 2 MW, 180T	*5.46*	*Neg.*	726.04	*14*	*7.75*	*32.12*	383.54	*14*	*3.67*	15,504,000	1,421
2.3 Gen 4 MW, sell power 3 MW	16.64	658.25	624.29	6	27.62	641.66	331.79	4	2.41	23,256,000	1,398
2.4 Gen 3 MW, sell power 2 MW	12.50	392.6	573.41	7	19.20	391.93	305.9	5	2.88	15,504,000	1,118
2.5 Investment cost -10%	21.14	949.64	659.9	5	36.88	913.74	349.9	3	2.12	31,008,000	1,646
2.6 Investment cost +10%	15.68	726.53	792.18	6	26.37	720.01	417.18	4	2.49	31,008,000	1,927
2.7 Tipping fee 200 Baht/Ton	16.61	699.47	726.04	6	28.68	694.23	383.54	4	2.30	31,008,000	1,786
2.8 Tipping fee 100 Baht/Ton	14.95	560.97	726.04	6	25.99	571.66	383.54	4	2.30	31,008,000	1,785
2.9 Tipping fee 0 Baht/Ton	13.15	423.55	726.04	6	23.07	450.02	383.54	4	2.30	31,008,000	1,787
2.10 Tipping fee -100 Baht/Ton	11.16	286.99	726.04	6	19.86	329.19	383.54	4	2.30	31,008,000	1,787
2.11 Tipping fee -200 Baht/Ton	*8.86*	*149.95*	726.04	*7*	*16.12*	*207.91*	383.54	*5*	*2.30*	31,008,000	1,786
2.12 Tipping fee -300 Baht/Ton	*6.06*	*12.91*	726.04	*7*	*11.47*	*86.63*	383.54	*5*	*2.30*	31,008,000	1,786

4.6.3 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการลงทุนกรณี FiT

อีกกรณี โดยปัจจุบัน (พ.ศ.2559) ภาครัฐได้สนันสนุนแบบ FiT ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 Output FiT

Output

Click Bottoms for Detail	Project	Equity
1) IRR	18.24%	28.54%
2) NPV	Mil.Bt. 1,090.28	Mil.Bt. 1,019.10
Discount Rate	5.75%	6.92%
3) Payback Period	6 Year(s)	4 Year(s)
4) Cost / kWh	**2.69 Bt./kWh**	
Annual kWh produced	kWh 31,008,000	
No. of Years	25 Year(s)	
Total Costs	Mil.Bt. 2,086	

ดังนั้นเมื่อทำการเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ระหว่าง Adder กับ FiT โดยวิเคราะห์ระยะเวลาเท่ากันที่ 25 ปี จะพบว่า

1) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) ของแบบ FiT นั้นต่ำกว่า แบบ Adder อยู่ 0.13 % ซึ่งถือว่าไม่มากนั่น

2) ในส่วนของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) นั้น ในแบบของ FiT จะมีค่ามากกว่าแบบ Adder อยู่ 229.24 ล้านบาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ในแบบ Fit จะมีระยะเวลาที่ช้ากว่าแบบ Adder อยู่1ปี

4) ในส่วนของราคาต้นทุนการผลิตนั้น แบบFit นั้นจะมีค่ามากว่า Adder อยู่0.39 บาท/kWh โดยที่จำนวนการผลิตต่อปีเท่ากัน โดยต้นทุนการผลิตรวมทั้งหมดนั้น แบบFitจะมีค่ามากว่า แบบ Adder 300 ล้านบาท

จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ด้านการลงทุนในระบบการรับซื้อไฟฟ้าแบบ Adder นั้นจะมีค่าผลตอบแทนที่มากกว่าในแบบ FiT และมีระยะเวลาคืนทุนที่เร็วกว่า ดังนั้นเมื่อมีข้อสัญญารับซื้อไฟฟ้าแบบAdder จึงมีโอกาสทำให้จูงใจนักลงทุนได้มากกว่าแบบ Fit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผล

สรุปผลการศึกษาวิจัย

การออกแบบระบบการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับชุมชนขนาดกลางนั้น จะต้องมีการศึกษาในด้านต่างๆประกอบกัน โดยต้องทราบอัตราจำนวนขยะที่เกิดขึ้น คุณสมบัติการเผาไหม้ของขยะ เพื่อนำไปคำนวณและออกแบบทางด้านเทคนิคของระบบ ซึ่งจากการศึกษาชุมชนนี้นั้น เมื่อใช้การกำจัดขยะแบบเทคโนโลยีเผาไหม้ตรง จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ถึง 5 เมกะวัตต์ และสามารถขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ซึ่งเป็นการใช้ทรัพยากรที่เหลือทิ้งจากมนุษย์อย่างขยะมูลฝอยชุมชนให้เกิดประโยชน์เป็นอย่างมาก อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนตามนโยบายของรัฐบาลที่ช่วยสนันสนุนอีกด้วย

การออกแบบเตาเผาขยะมูลฝอยของระบบนี้จะออกแบบให้เผาขยะที่มีความชื้นสูงได้ เช่น ขยะมูลฝอยชุมชนและสามารถเผาได้ต่อเนื่องโดยมิต้องใช้น้ำมันช่วยเผา ซึ่งในการออกแบบดังกล่าวจะใช้เทคนิคการกรองเก็บมูลฝอยเพื่อลดปริมาณน้ำอิสระและความชื้นในมูลฝอยก่อนป้อนขยะเข้าสู่เตาเผา ส่วนคุณสมบัติทางเทคนิคนั้น จะเลือกใช้เตาในรูปแบบ stoker type ชนิด moving grate สามารถทำงานต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง สำหรับโครงสร้างอาคารที่ได้ออกแบบไว้และเตรียมรองรับสำหรับอนาคตนั้น จะออกแบบเตาเผาให้สามารถเผามูลฝอยสูงสุด ขนาด 300 ตัน/วัน จำนวน 2 ชุด รวมเป็น 600 ตัน/วัน อุณหภูมิของเตาอยู่ที่ประมาณ 850 °C-1050 °C สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 5,100 kW/เตา รวมเป็น 10,200 kW ในระยะแรกจะติดตั้งเตาเผาขยะมูลฝอยจำนวน 1 ชุด ขนาด 300 ตัน/วัน แต่จะเว้นพื้นที่ในการก่อสร้างไว้สำหรับ 2 เตา ขนาด 600 ตัน/วัน ซึ่งในอนาคตเมื่อมีปริมาณขยะมากขึ้นจนเพียงพอที่จะสามารถติดตั้งเตาชุดที่ 2 ต่อไป จากการวิเคราะห์ศึกษาในส่วนของด้านการลงทุนนั้นพบว่าระบบนี้มีผลตอบแทนสูงและสามารถที่จะคืนทุนได้ใน 3-5 ปี จึงมีความน่าสนใจและเป็นไปได้ที่จะสร้างระบบนี้สำหรับผู้สนใจลงทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, “ แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 Alternative Energy Development Plan (AEDP2015)”, กระทรวงพลังงาน, กันยายน, 2558.

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน , “การศึกษาและสาธิตการผลิตพลังงานไฟฟ้า/ความร้อนจากขยะชุมชน” , พฤษภาคม 2548.

[3] กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2557.

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, “คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน”, ชุดที่6, 2551.

[5] กรมควบคุมมลพิษ, “ สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2550”, 2550.

[6] นางสาวภัทรกร ภูมิรัตนโชติ, นางสาวพรรณนิภา ทิเก่ง, นายภัทรวุธ กิจวรวุฒิ , “การศึกษาความเหมาะสมการผลิตไฟฟ้าด้วยขยะชุมชน”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2552.

[7] Professor Mr.Deshpande, “Elements of Electrical Power Station Design third edition”, Wheeler publishing , 1986.

[8] เพชรดา เวณุนันท์, วารุณี ลิขิตสุภิณ และ ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา, “การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยชุมชน”, วารสารสิ่งแวดล้อม ปีที่ 15 เล่มที่ 3

[9] เทศบาลนครภูเก็ต, “การบริหารจัดการขยะมูลฝอยของจังหวัดภูเก็ต”, 2553.

[10] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, “รายงานหลักการและเหตุผลโครงการศึกษาการจัดทำแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชน และขยะมูลฝอยอันตรายชุมชนระดับประเทศ”, กรุงเทพมหานคร. 2545.

[11] ศูนย์วิจัยพลังงานและวิศวกรรมการส่องสว่าง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ร่วมกับ บ.ยูไนเต็ดแอนนาลิสต์ แอนด์ เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์จำกัด, รายงานผลการศึกษาสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น, “โครงการศึกษาความเป็นไปได้และออกแบบรายละเอียดระบบบริหารจัดการขยะ มูลฝอยชุมชนเชิงบูรณาการ โดยมุ่งเน้นการใช้พลังงานหมุนเวียนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองเมืองพล อ.พล จ.ขอนแก่น”, ธันวาคม 2555.

[12] บริษัท ยูไนเต็ด แอนนาลิสต์ แอนด์ เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด, “โครงการศึกษาความเป็นไปได้และออกแบบรายละเอียดระบบบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเชิงบูรณาการโดยมุ่งเน้นการใช้พลังงานหมุนเวียนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองเมืองพล อำเภอพล จังหวัดขอนแก่น”,ห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005, พฤศจิกายน 2555.

[13] ธเรศ ศรีสถิต, “วิศวกรรมการจัดการมูลฝอยชุมชน”, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2553.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[14] Energy Policy and planning office ministry of energy,“Thailand Power development plan PDP 2015,” June 2015

[15] Marc J. Rogoff and Francois Screve, “Waste-to energy : technologies and project implementation,” Amsterdam : Elsevier, c2011

[16] Basu, Prabir , “Combustion and gasification in fluidized beds,” Boca Raton : Taylor& Francis, c2006

[17] Dr. Hilburn O. Hillestad, President, “ Geoplasma, LLC”, Solid Waste & Recycling Conference, May 7,2007.

[18] Louis J. Circeo, Ph.D., “ Plasma Arc Gasification of Municipal Solid Waste”, Georgia Tech Research Institute, 2008.

[19] Department of Muangphon Municipality, Khon Kaen, Thailand,“Muangphon report” , [Online].Available : http://www.muangphon.go.th/

[20] สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, “รายงานฉบับสมบูรณ์ : โครงการนำร่องเพื่อ สนับสนุนการจัดตั้งศูนย์สาธิตเทคโนโลยีด้านสิ่งแวดล้อม”

[21] Professor Mr.Deshpande, “Elements of Electrical Power Station Design third edition”, Wheeler publishing , 1986.

[22] Thanut Boonruangsri, “Design of Municipal Solid Waste Management System for a Medium size Community in a Hot-Humid Climate Region of Thailand”, The 4th Annual Conference on Engineering and Information Technology (ACEAIT2016), 29-31 March , 2016 Kyoto, Japan.

[23] อนุรักษ์ ทองสุโขวงศ์, “การตัดสินใจเพื่อการลงทุน”, [Online].Available : http://home.kku.ac.th/anuton/3526301/Doc_04.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลตรวจวัดคุณสมบัติของขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลคุณสมบัติของขยะ จากห้องทดสอบของบริษัทที่ส่งไปตรวจวัด

ตารางที่ 4-11 การหาความหนาแน่นของขยะ

ตัวอย่างขยะเก่า			
ถังที่	น้ำหนักขยะ /1 (kg)	ปริมาตรถัง (m^3)	ความหนาแน่น (m^3/kg)
1	16	0.058	276
2	9	0.058	155
3	9	0.058	155
4	9	0.058	155
5	9	0.058	155
6	8	0.058	155
7	9	0.058	155
8	9	0.058	155
ความหนาแน่นเฉลี่ยของขยะเก่า			168
ตัวอย่างขยะใหม่			
ถังที่	น้ำหนักขยะ /1 (kg)	ปริมาตรถัง (m^3)	ความหนาแน่น (m^3/kg)
1	14	0.058	241
2	18	0.058	310
3	17	0.058	293
4	15	0.058	259
5	14	0.058	241
6	13	0.058	224
7	11	0.058	190
8 /2	-	-	-
ความหนาแน่นเฉลี่ยของขยะใหม่			251

หมายเหตุ /1 เฉพาะน้ำหนักขยะไม่รวมน้ำหนักถังบรรจุขยะ

/2 ขยะหมด บรรจุขยะได้เพียง 7 ถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-12 การจำแนกชนิดของขยะ

ชนิด	หน่วย	ขยะเก่า		ขยะใหม่	
		น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
ไม้ ใบไม้	%	19.46	26.40	15.64	11.74
ผ้า	%	11.74	15.51	12.88	24.95
พลาสติก	%	65.94	58.09	23.64	30.10
กระดาษ	%	-	-	11.04	9.91
เศษอาหารสด	%	-	-	38.80	23.30

ตารางที่ 4-13 การหาองค์ประกอบทางกายภาพและค่าความร้อนของขยะ

ชนิด	หน่วย	วิธีการวิเคราะห์	ขยะเก่า		ขยะใหม่	
			น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
Proximate						
Total Moisture	%	ASTM E790-87(2004)	26.28	-	49.86	-
Volatile Matter	%	ASTM E897-88(2004)	50.39	68.36	32.47	64.75
Fixed Carbon	%	Calculation	4.50	6.10	3.02	6.03
Ash	%	ASTM E830-87(2004)	18.83	25.54	14.65	29.22
Nitrogen	%	ASTM E778-87(2004)	0.52	0.71	0.49	0.97
Carbon	%	ASTM E777-87(2004)	39.11	53.05	21.62	43.12
Hydrogen	%	ASTM E777-87(2004)	9.14	8.41	9.01	6.85
Oxygen	%	Calculation	31.32	10.83	53.50	18.38
Sulfur	%	ASTM E775-87(2004)	0.07	0.09	0.03	0.06
Chlorine	%	ASTM E776-87(2004)	1.01	1.37	0.70	1.40
Heating Value						
Gross calorific value(Hg)	Kcal/kg	ASTM E777-87(2004)	3,990	5,412	2,202	4,390
Net calorific value(Hn)	Kcal/kg	-	3,519	-	1,740	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

บทความทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

京都
KYOTO
JAPAN

Conference Proceedings
March 29-31, 2016

ACEAIT
Annual Conference on
Engineering and Information Technology

GLSBE
Global Conference on
Life Science and Biological Engineering

ISFAS
International Symposium on
Fundamental and Applied Sciences

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Conference Proceeding

March 29-31, 2016
Kyoto, Japan

ACEAIT

Annual Conference on Engineering and Information Technology

GLSBE

Global Conference on Life Science and Biological Engineering

ISFAS

International Symposium on Fundamental and Applied Sciences

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACEAIT

Annual Conference on Engineering and Information Technology

ISBN 978-986-89298-6-9

GLSBE

Global Conference on Life Science and Biological Engineering

ISBN 978-986-5654-38-2

ISFAS

International Symposium on Fundamental and Applied Sciences

ISBN 978-986-89298-5-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Content

General Information for Participants 13
International Committees 15
International Committee of ACEAIT 15
International Committee of GLSBE 16
International Committee of ISFAS 17
Special Thanks to Session Chairs 19
Conference Venue Information 22
Conference Schedule 24
Natural Sciences Keynote Speech(I) 30
Natural Sciences Keynote Speech(II) 32
Oral Sessions 33
Biological Engineering (1) 33
GLSBE-19 35
GLSBE-49 37
GLSBE-51 46
GLSBE-84 53
Electrical Engineering and Technology (1) 56
ACEAIT-7299 57
ACEAIT-7429 59
ACEAIT-7558 66
Biological Engineering (2) 67
GLSBE-45 68
GLSBE-60 70
GLSBE-63 78
Computer Engineering and Technology (1) 86
ACEAIT-7423 88
ACEAIT-7320 98
ACEAIT-7433 107
ACEAIT-7434 113
ACEAIT-7375 120
ACEAIT-7623 126
Environmental Engineering (1) & Green Technology 134
ACEAIT-6536 136
ACEAIT-6579 145
ACEAIT-7312 147
ACEAIT-7359 158
ACEAIT-7568 169

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACEAIT-7429

Design of Municipal Solid Waste Management System for a Medium size Community in a Hot-Humid Climate Region of Thailand

Thanut Boonruangsri[a], Warawat Tangsrianukul[a], Chivalai Temiyasathit[b] and Chai Chompoo-inwai[a]

[a]Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
E-mail address: tboonruangsri@gmail.com, warawat@yahoo.com, chaichompoo@gmail.com

[b]Department of Solfware Engineering, International College
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
E-mail address: ktchival@kmitl.ac.th

Abstract

According to the current Power Development Plan (PDP 2010 rev.3) of Thailand, the government tends to continuing promote the expansion of the electricity purchase from various renewable energy generations following potential of fuel source in each region of the country. Phon-city and its 5 neighboring cities, located in Northeastern region of Thailand, with a hot-humid climate, have up to 200,000 populations which generating around 200 tons of waste per day. Preliminary survey result reveals that majority of waste is municipal solid waste (MSW). The waste are composed of organic material with approximately heating value 2,000-2,200 kcal/kg and approximately 50% of moisture content. Preliminary design result shows that the quality and contents of the existing waste in the area can produce at least 2 MW of electricity and sell to Provincial Electricity Authority (PEA) to earn revenue from generating electricity. However, with the characteristic of MSW, it is considered as a low quality fuel supply for the boiler in standard combustion value (about 3000kcal/kg). Therefore, this paper aims to solve the problem by using biomass as a secondary fuel source for supporting municipal solid waste and selecting incinerator technology as a proper electricity generation.

Keywords: Municipal Solid Waste , Renewable Energy , Combustion, Incinerator

1. Introduction

Thailand's Power Development Plan (PDP) is the master investment plan for power system infrastructure development. Under the current one, Thailand's Power Development Plan (PDP 2010 rev.3) has two important strategies plans: the first one is Alternative Energy Development Plan (AEDP 2012-2021) which called for increasing the share of renewable energy to 25% within 10 years, and the later one is Energy Efficiency Plan (EE2011–2030) which set the goal of reducing energy intensity by 25% compared to year 2005, within 20 years . If one consider the renewable power capacity following PDP2010 Revision 3, it can be seen that renewable power capacity will continuity increasing. Moreover, according to the AEDP 2012–2021, the government tend to promote the expansion the electricity purchase from renewable energy follow potential of the fuel source, location and engineering technology. Municipal solid waste is the one of renewable energy .Currently, the production of electricity from waste energy in Thailand is a small volume compared to other renewable energy. That is interesting to study of MSW .This paper aims to study Phon-city , located in Northeastern region of Thailand, with a hot-humid climate, have up to 200,000 populations which generating around 200 tons of waste

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

per day. Preliminary survey result reveals that majority of waste is municipal solid waste (MSW). A proper technology for manage this system was designed in this paper.

2. Related Theories

2.1 MSW : Municipal Solid Waste is waste which is collected for treatment and disposal by a local authority. MSW generally comprise waste from households, civic amenity sites, street-sweepings, local authority collected commercial waste, and some non-hazardous industrial waste.

2.2 Incineration : Incineration is a thermal process wherein the combustible components of a solid waste stream are thermally oxidized to produce heat energy that can be used to create steam for use in generating electrical power, for industrial processes, or for district heating. In addition to thermal energy, products of the incineration process include bottom ash, fly ash, and flue gas, in which are found a number of regulated pollutants. The combustion of carbonaceous materials, including those containing sulfur and nitrogen, can be characterized by the following well known summary oxidation reactions (some of which may have several intermediates)

1) C + O2 => CO2 Oxidation of Carbon
2) 1/2 O2 + H2 => H2O Oxidation of Hydrogen
3) N + O2 => NO2 (NOx) Oxidation of Nitrogen (from intermediate reactions)
4) S + O2 => SO2 (SOx) Oxidation of Sulfur (from intermediate reactions)

Mass burn incineration is the term used to designate a system wherein solid waste is burned as received, after removal of hazardous waste and items that will not physically pass into the incinerator. This approach requires essentially no labor for sorting and is cost effective when electrical rates are low and waste volume reduction is a main objective. Mass burn incineration is characterized by lower thermal efficiency as well as more bottom ash and increased concentrations of toxic materials in the flue gas stream. To generate power, thermal energy from the furnace flue gas is recovered by a steam boiler and used to produce steam that drives a steam turbine generator.

3. Study of Feasibility and Design

On average, the amount of Municipal solid waste generated in the Phon-city is 300-400 tonnes / month, but the city council planned to manage solid waste and hazardous waste management that Phon-city will be the center of waste disposal and neighboring districts. So when sum the municipal solid waste of Phon-city and neighboring districts(At distances not over 40 km). It can make a total solid waste, which is the main material up to 300-400 tons / day.For the secondary fuel can use the old waste from the landfill to be fuel source in incinerator. This will reduce the amount of waste piles accumulated over 10 years , pollution and bacteria in landfill were reduced also .However before using the old waste from landfill. It would be necessary to design a classification system and compacted waste to be qualified to combustion more.

Moreover, because the Phon-city is the center of the district around. This area where there are many kinds of biomass cultivation. It was used to transport the main roads easily.Thus, it is possible to supply the fuel, such as bark, wood chips or other biomass for use as a fuel additive in the production of electrical energy. According to the provisions of the Provincial Electricity Authority for generate Electricity from municipal solid waste . Found that the use of biomass fuels can be added in a proportion of up to 25 percent means that the municipality will be able

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

to use biomass about 75-100 tons per day .The secondary fuel reduce the humidity in the furnace and allows for more efficient combustion.

Fig 1-2: Phon-city Landfill

The samples waste were collected from landfill to calculate the density of the waste, classify for the physical elements and the heat value of waste were the basis for the assessment and design of the incinerator.

Samples of old and new garbage wastes were kept with a tank capacity of 0.058 m3, 8 tanks. Then the garbage tanks were weight to find a density of waste. The average density of old waste is 168 m3 / kg and an average density of new waste is 251 m3 / kg.

Table 1 : Classification of waste

Type	Unit	Primary Waste		New Waste	
		Garbage Weight	Dry Weight	Garbage Weight	Dry Weight
Wood, Leaves	%	19.46	26.40	15.64	11.74
Fabric	%	11.74	15.51	12.88	24.95
Plastic	%	65.94	58.09	23.64	30.10
Paper	%	-	-	11.04	9.91
Food waste	%	-	-	38.80	23.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2 : Physical components and heating value

Type	unit	Analysis Method	Primary Waste		New Waste	
			Garbage Weight	Dry Weight	Garbage Weight	Dry Weight
Proximate						
Total Moisture	%	ASTM E790-87(2004)	26.28	-	49.86	-
Volatile Matter	%	ASTM E897-88(2004)	50.39	68.36	32.47	64.75
Fixed Carbon	%	Calculation	4.50	6.10	3.02	6.03
Ash	%	ASTM E830-87(2004)	18.83	25.54	14.65	29.22
Nitrogen	%	ASTM E778-87(2004)	0.52	0.71	0.49	0.97
Carbon	%	ASTM E777-87 (2004)	39.11	53.05	21.62	43.12
Hydrogen	%	ASTM E777-87 (2004)	9.14	8.41	9.01	6.85
Oxygen	%	Calculation	31.32	10.83	53.50	18.38
Sulfur	%	ASTM E775-87 (2004)	0.07	0.09	0.03	0.06
Chlorine	%	ASTM E776-87 (2004)	1.01	1.37	0.70	1.40
Heating Value						
Gross calorific value(Hg)	Kcal/kg	ASTM E777-87 (2004)	3,9990	5,412	2,202	4,390
Net calorific value (Hn)	Kcal/kg	-	3,519	-	1,740	-

From the data of municipal solid waste and technology study can design the Municipal Solid Waste Management System by figure3 .

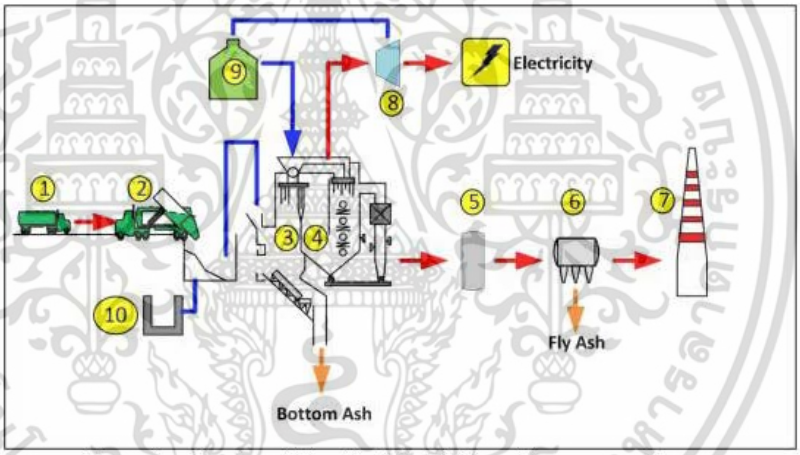


Figure3 . Design of Municipal Solid Waste Management System

Figure3. shown 1) transport waste from landfill to tipping area 2) , a wates that are prepared already move to 3) combustion chamber and 4) Boiler , the heat from incinerator transfer to 8) Turbine Generator and generate electricity next. 6) bag filter , 5) temperature control 7) stack 9) cooling tower 10) waste pit . Incineration is a thermal waste treatment process where raw or unprocessed waste can be used as feedstock. The incineration process takes place in the presence of sufficient quantity of air to oxidize the feedstock (fuel). Waste is combusted in the temperature of 850°C and in this stage waste converted to carbon dioxide, water and non-combustible materials with solid residue state called incinerator bottom ash (IBA) that always contains a small amount of residual carbon .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Experimental Analysis

For Phon-City , The MSW incinerator is designed to burn waste with high moisture content. Such waste can be burned continuously without fuel burns. The design will use filtering techniques Solid Waste Volume Reduction for independent water and moisture in the solid waste before it enters the kiln. It also helps burn extra fuel with waste, such as wood or agricultural materials, etc., to have a higher heating value of the fuel. The electricity has also more gernerated. And be able to break even on the investment and maintenance services in the long term as well. In addition, the old garbage in landfill, which is currently in dry conditions. (Summer and winter), it can be used as a fuel additive, such as biomass. This will reduce the amount of garbage dumps are available to be another way. The technical property was selectced a furnace stoker type of moving grate can work continuously for 24 hours, the structure was designed to accommodate and prepare for the future. Incinerator is designed to burn waste up to 300 tons / day of two series, a total of 600 tons / day, the temperature of the incinerator is approximately 850 °C-1050 °C , generated electricity up to 5,100 kW / incinerator, as well as 10,200 kW control pollution by spray-drying and filtered by the filter before leaving to the stack.

The first phase will install a one set incinerator of 300 tons / day, but will leave space in the building for a second incinerator at 600 tons / day . In the future when the waste have more volume , the second incinerator will be installed next.

Table 3: Technical Provision

1) REFUSE THROUGHT CAPACITY OF PLANT			
300 t /24h/unit × 1 unit		Total 300 t/24h	
2) WASTE CONDITION			
We assume waste LHV range and waste component & composition as following			
Table A : Assuming waste LHV range and waste component		Table B : Waste composition	
		Item	MCR
Item	MCR	C (%)	15.17
LHV (kcal/kg)	2,022	H (%)	2.29
Combustion (%)	46.16	O (%)	7.99
Ash (%)	22.71	N (%)	0.52
Moisture (%)	31.13	S (%)	0.05
		Cl (%)	0.27
3) INCINERATOR CONDITION			
Type		Moving grate	
Unit		1 unit	
Refuse throught put per unit at MCR		12.5 t/h/unit (300 t/24h/unit)	
Combustion air temperature		230 °C (prehearted by SAH)	
Secondary air temperature		20 °C	
Oxygen contents in flue gas at Economizer outlet		Approx..9 vol	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) BOILER CONDITION	
Type	Natural Circulation (indoor type)
Unit	1 unit
Steam pressure at Super heater outlet	3.92 MPa (g) (40 kg/cm^2 (g))
Steam temperature at Super heater outlet	400 °C
Feed water temperature at Economizer	140 °C
Flue gas temperature at Economizer outlet	220 °C
5) TURBINE CONDITION	
Type	Condensing turbine
Unit	1 unit
Main steam condition at the inlet valve of Turbine	3.7 MPa (g) (37.8 kg/cm^2 (g))
Steam Pressure	
Steam temperature	395 °C
Condenser inlet pressure	-0.070 MPa (g) (-0.717 kg/cm2 (g))

Table 4: Parameters of System

1) ESTIMATED STEAM AMOUNT	
Estimated amount of steam at Super heater outlet	36.2 t/h/unit
Estimated amount of the blow down	0.4 t/h/unit
Estimated amount of steam consumption (e.g. for SAH, Deaerotor , etc.)	7.3 t/h/unit
Estimated amount of steam at Turbine inlet	28.5 t/h/unit
2) Estimate Power Geration	
Estimate Power Geration	Approx.. 5,100 kW/unit

Table 5 : System and Devices

1	Incinerator Driver System	3 Phase	380V
2	Civil Utility Drive System	3 Phase	380V
3	Illumination and Outlet System	1 Phase	220V
4	Instrumentation Control System	1 Phase	100V
5	Data Processing System	1 Phase	100V
6	Extra High Tension and High Voltage Control System	DS	100V
7	Low Voltage Control Circuit	1 Phase	110-220V

Table 3-5 present technical provision , Parameters of System and Devices

5. Conclusion

The mountains of municipal solid waste (MSW) produced every day by human kind is a worldwide challenge. Phon-city and its 5 neighboring cities, located in Northeastern region of Thailand, with a hot-humid climate, have up to 200,000 populations which generating around 200 tons of waste per day. Preliminary survey result reveals that majority of waste is municipal solid waste (MSW). The waste are composed of organic material with approximately heating value 2,000-2,200 kcal/kg and approximately 50% of moisture content. Preliminary design result shows that the quality and contents of the existing waste in the area can produce at least 2 MW of electricity and sell to Provincial Electricity Authority (PEA) to earn revenue from generating electricity.This management can reduce the old waste from the landfill , pollution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and bacteria in landfill were reduced also. However , financial analysis is necessary before install this management system for getting good internal rate of return.

6. References

[1] Marc J. Rogoff and Francois Screve, "Waste-to energy : technologies and project implementation," Amsterdam : Elsevier,c2011

[2] Basu, Prabir , "Combustion and gasification in fluidized beds," Boca Raton : Taylor& Francis, c2006

[3] Energy Policy and planning office ministry of energy,"Thailand Power development plan 2012-2030 rev.3," June 2012

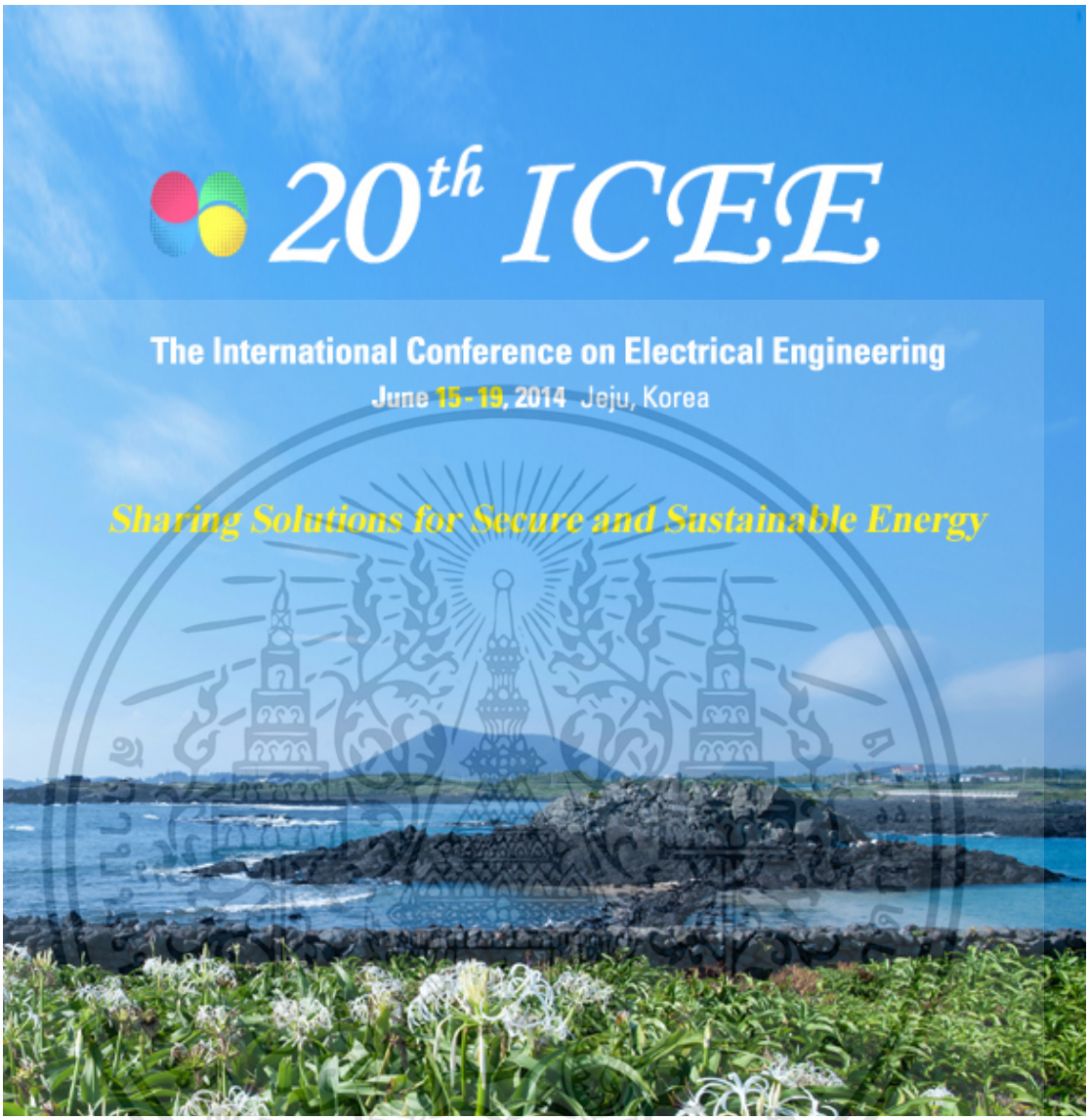
[4] THAILAND: Renewable and Alternative Energy Development Plan for 25 Percent in 10 Years (AEDP 2012-2021)

[5] Dr. Hilburn O. Hillestad, President, " Geoplasma, LLC", Solid Waste & Recycling Conference, May 7,2007.

[6] Louis J. Circeo, Ph.D., " Plasma Arc Gasification of Municipal Solid Waste", Georgia Tech Research Institute, 2008.

[7] Department of Muangphon Municipality, Khon Kaen, Thailand,"Muangphon report" , http://www.muangphon.go.th/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 20th International Conference on Electrical Engineering, June 15-19, 2014 Jeju, Korea

A Prototype of Three-Phase Smart Meter for Modern Grid Network

**Eakchai Junput*, Thanut Boonruangsri*, Supattarachai Jitchobjai *,
Chow Chompoo-inwai **And Chai Chompoo-inwai****

Abstract – This paper proposed the design and construction of three-phase smart meter for modern grid network. This newly proposed prototype can be used at voltage rating of 220 Volt ± 10% and current rating of 100 Ampere at frequency 50 Hz. The ADE7880 integrated circuit was used in analog-to-digital converters. Subsequently, electricity energy values were calculated and the ARM7 LPC2148 microcontroller was used as the main processor. The accuracy result of tested device shows less than 4% of percentage error of measurement compare to the commercial power meter device. The proposed smart meter can measure such parameters as: voltage, current, active power, reactive power, apparent power, use of Energy (kWh, kVARh and kVAh), and power factor. The output could be displayed real time on LCD. In addition, Zigbee was also able to be used as a device for creating grid network of Wireless Sensor Network for data transmission, recording and display via computer screen by using Visual Studio (GUI) program. Data transmission was operated at frequency band of 2.4 GHz according to IEEE 802.15.4 standard. With properties of such smart meter, users would be able to check data and energy-usage behavior by themselves more easily through convenient media and channel. This would enable users to manage electricity energy usage more efficiently and worthily under the modern grid network which comprise of various mixed renewable generation resources.

Keywords: Three-Phase Smart Meter, Modern Grid Network

1. Introduction

Electricity in Thailand is currently an important and a vital factor for development and progress in all aspects as well as the trend of electricity consumption is steadily increasing when it is compared to the past [1]. In contrast, fuels used in electricity generation mostly comes from coal, natural gas and oil which their quantities gradually reduce and high prices as theses fuels are nonrenewable and there are limited quantities which mean that these fuels shall be exhaustible in the future. Renewable energy is an alternative and sustainable energy however some renewable energy has limited function. Such as electricity generation by using solar energy, it performs a well operation when there is merely sunlight, in contrast, it may cause a power quality and reliability problems to electrical system when there is no light or shading [2]. Therefore, electricity generation by using renewable energy requires smart system in order to manage, control production, transmission and distribution. Typically, the smart system will require smart meter networks for measuring and recording data of electricity consumption. Nowadays, electricity meter is mostly analog or digital type and these meters have limited capability to indicate merely consumed power energy (kWh) while other parameters are not specified and neither data exchange between electricity suppliers and users. Moreover, usage energy demand is unknown by real time. These problems shall obstruct efficient electricity consumption and utility agency must employ officers to record electricity consumption from electric meter which is waste budget, time, staff and these currently electric meters cannot support smart grid networks to be used in the future [3]. In previous research, an optimal technique for total harmonics distortion detection and estimation for smart meter were done by applying Fast Fourier Transform (FFT) methodology to detect harmonic distortion. Design considers the precision of constant frequency and inconstant frequent including unbalance voltage in order to enhance efficiency and mitigate harmonic distortion value for smart meter [4]

This research paper, therefore, proposes the designing and inventing a prototype of three-phase smart meter for modern grid networks in order to measure all parameters in electrical system such as voltage, electric current, active power, reactive power, apparent power, power factor and consumed electric power (kWh, kVARh, kVAh). The proposed prototype of smart meter shall display in real time via LCD monitor as well as wireless data transmission by using Zigbee, storing data and indicating data via computer monitor by using Visual Studio (GUI) program. These all features provide convenient for both utility agency and electricity consumers to browse information of their power consumption behaviors by computer, smart phone or tablet. Finally, such those smart features will assist users to manage electricity consumption efficiently and worthily.

* EE. Dept., Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand (eak_m.eng@hotmail.com, tatum-power@hotmail.com, jsupattarachai@gmail.com)

** EE. Dept., Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand (chaichompoo@gmail.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Design Architecture

2.1 Prototype of Three-phase Smart Meter Structure

The architecture of three-phase Smart Meter is divided into implementation and design in various parts as specified in Figure 1. Functional process starts from measuring analog signal via Current Transformer (CT) and measuring analog signal of voltage by using Potential Transformer (PT). Voltage control circuit in order to obtain appropriate size of signal and taking signal for processing by using IC no. ADE7880 as analog to digital converter (ACD) for calculating electrical parameter. Then, these parameters will be displayed on LCD monitor. Data was transferred wirelessly by using Zigbee, recording data and indicating electrical parameter data via computer monitor by using Visual Studio (GUI) program and Micro Controller Unit MCU ARM7 No. LPC2148 is acted as controller of the entire functional system.

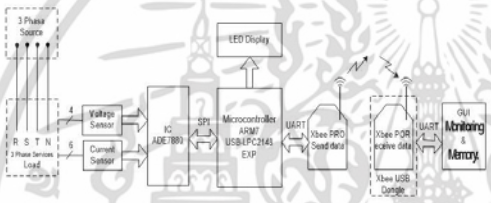


Fig. 1 Main functional structure of Three-phase Smart Meter

2.2 Networks Structure for Wireless Data Transmission of Smart Meter

The key design in the part of wireless communication of the proposed Smart Meter is Zigbee (Version XBee Pro Series 1 60mW U.FL Connection with UFL Antenna). Using as receiving-transmitting unit by receiving and transmitting data refer standard at frequency range 2.4 GHz with data transfer rate 250 Kbps. Data receiving and transmits through a smart meter has circuit model as shown in Figure 2. by using functional principle. When the meter has measured the electric parameters , micro controller shall transmit all data through XBee and displaying results in computer monitor (GUI). For the data transmission from micro controller, communication data will be sent via Serial port UART of micro controller to XBee which is a child node to transmit data across the air to another XBee equipment that acted as data receiving Parent (Coordinator). After Parent has received data, it shall send such data through Xbee USB Dongle via USB Port directly which computer shall transform as Com Port (Serial UART) to send the obtained data to display on computer monitor by using Microsoft Visual Studio 2010 Professional (GUI, C#) program and record data for importing into application further.

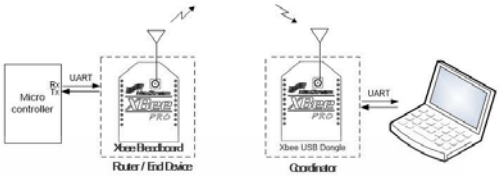


Fig.2 Diagram of data communication via Xbee Module

This research uses data receiving-transmission via Cluster Tree networks system which the function of communication of Xbee requires one module setting as coordinator to link between networks and other modules that must be Router/End Device. This research is set coordinator to receive data from end device as shown in Figure 3.

(a) (b)

Fig. 3. Zigbee device connections for data receiving-transmitting by:
(a) Device connections between Zigbee and micro controller in order to transmit by acting as node of End Device)
(b) Device connections between Zigbee via Xbee USB Dongle to receive data by acting as Parent (Coordinator)

2.3 Data Recording and Display

Fig. 4 Screen display using Visual Studio (GUI) Program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Prototype of Three-phase Smart Meter is designed to have a wireless communicate for connecting data with the computer. It can record and display various electrical parameters via computer screen. By the design, the display screen for user interfacing deploy a Microsoft Visual Studio 2010 Professional (GUI C#) Program, as shown in Figure 4.

3. Experiment and Results

To make smart meter more reliable and can be used in the objective, the following two testing-experiments are necessary. The first part of the experiment is to test the accuracy of the meter. Then, the second part of an experiment is to measure the ability to transmission range of a wireless smart meter. The details of the experiment are as follows.

3.1 Accuracy testing of smart meter

To make smart meter more reliable, so tested the efficiency and accuracy of the smart meter prototype. Measurement of various electrical parameters according to IEC 62056-21 standard. From the experimental 3.1.1 - 3.1.3 , this circuit is used to test accuracy. As shown in Figure 5, comprise Doble F6150 Power System Simulator of Engineering Company with a accuracy of 0.1% is a power supply in testing. In the testing for the errors in the measurement of various electrical parameters used power Quality analyzer ,CHAUVIN ARNOUX Model C.A 8335 QUALISTAR for reference. The experiment was divided into various cases.

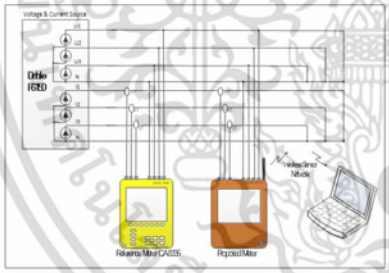


Fig. 5 Accuracy testing circuit of meter

(A) (B) (C)

Fig. 6 devices used in testing, the accuracy of the meter

(A) Doble F6150 Power System Simulator
(B) CHAUVIN ARNOUX (C.A 8335) Meter
(C) Prototype smart meter

By the errors in the measurement of smart metering will come from the following equation (1)

$$\% \text{ Error} = \frac{\left|W_{meter} - W_{ref}\right|}{W_{ref}} \times 100 \qquad (1)$$

When W_{ref} = Parameters measured by the power meter reference

W_{meter} = Parameters measured by the meter being tested

3.1.1 Measured experiment and analysis of electrical parameters. In the case of constant voltage at 220 V and a unity power factor

These experiments have measured parameters in case of power with constant voltage 220 V. at a unity power factor and level of load increase from changes 0 - 30 ampere. A circuit of experiments is shown in Figure 5 to test the trend of the errors in the measurement of various electrical parameters. Calculate the percent error between smart meter and power quality analyzer CHAUVIN ARNOUX the results as shown in Table 1.

Table 1. Maximum error percentage in the measurement of various electrical parameters. When electrical loads with power factor equal 1 (PF = 1)

electrical parameters	maximum percentage error		
	less than standard current value I < 2 A	2 % to 5% of standard current value (2A ≤ I ≤ 5A)	5% to maximum current (5A ≤ I ≤ 30A)
Voltage (V)	± 0.82 %	± 0.85 %	± 0.88 %
Current (I)	± 5.2 %	± 2.85 %	± 2.7 %
Active power (W)	± 5.4 %	± 2.57 %	± 2.44 %
Apparent Power (VA)	± 5.35 %	± 2.96 %	± 2.74 %
Power factor (PF)	± 2 %	± 1 %	± 1 %

The experimental results of measuring electrical parameters in case of power with constant voltage at 220 V and power factor equal1 by increasing load. Table of results found that the meter can measure the voltage be accuracy found that the percentage of the maximum error of ± 0.88 % .But when measure current was found that the percentage of the maximum error of ± 5.2% , which is seen as the result of measuring the degree of normal power (I <2 A) because

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the meter is designed to measure currents up to 100 A , so measuring the power level low . The signal measured is small cause interference to affect the calculation of the electric current. And resulted in the calculation of electrical quantities other mistakes as well. Therefore in this study, we can conclude that the prototype of smart meter has trend of the percentage error greater when measured below normal using current.

3.1.2 Measurement testing and analysis of electrical parameters. In the case of constant voltage at 220 V and a power factor equal 0.5 (PF=0.5 lagging).

In this testing was measured parameters. In case of power with constant voltage 220 V has a power factor of 0.5 lagging and increasing load. The testing circuit is shown in Figure 5 to test the trend of the errors in the parameters measurement . And calculate the percent error between smart meter and power quality analyzer CHAUVIN ARNOUX . The testing results in table 2.

Table 2. Maximum error percentage in the measurement of various electrical parameters. When electrical loads with power factor equal 0.5 (PF = 0.5)

electrical parameters	maximum percentage error		
	less than standard current value I < 5 A	2 % to 5% of standard current value (5A ≤ I ≤ 10A)	5% to maximum current (10A ≤ I ≤ 30A)
Voltage (V)	± 0.86 %	± 0.59 %	± 0.86 %
Current (I)	± 5.6 %	± 2.92 %	± 2.85 %
Active power (W)	± 6.27 %	± 3.35 %	± 3.18 %
Reactive power (VAR)	± 6.4 %	± 3.26 %	± 3.23 %
Apparent Power (VA)	± 6.1 %	± 3.37 %	± 3.17 %
Power factor (PF)	± 2 .04 %	± 2 %	± 2 %

Results of electrical parameters measurement under conditions of power with constant voltage at 220 V with a power factor 0.5 lagging (PF = 0.5 lagging) and with the increasing load. From table 2 shown that the voltage measurements of prototype meter can measure accurately with the maximum error is 0.86 % and on measured current was found that the maximum percentage error is ± 5.6% which is the result of the measurement in the lower standard current (I < 5 A) caused by measuring the power level low . The measured signal is low. Cause interference to affect the calculation of the electric current. The measuring range of the normal power level (5-30 A) found that the maximum error is 2.92 % . In this study we can conclude that the prototype smart meter has trend of the percentage error when measuring the electric current measured at the lower standard.

3.1.3 Measurement testing and analysis of electrical parameters. In the case of constant voltage at 220 V and a power factor equal 0.8 (PF=0.8 lagging).

In this testing was measured parameters in case of power with constant voltage 220 V has a power factor 0.8 leading with increasing load. The testing circuit is shown in Figure 5 to test the trend of the errors in the measurement various electrical parameters . Andcalculate the percent error between smart metering and power quality analyzer CHAUVIN ARNOUX . The testing results is shown in table 3.

Table 3 Maximum error percentage in the measurement of various electrical parameters. When electrical loads with power factor equal 0.8 (PF = 0.8)

electrical parameters	maximum percentage error		
	less than standard current value I < 5 A	2 % to 5% of standard current value (5A ≤ I ≤ 10A)	5% to maximum current (10A ≤ I ≤ 30A)
Voltage (V)	± 0.77 %	± 0.68 %	± 0.86 %
Current (I)	± 5.2 %	± 2.91 %	± 2.75 %
Active power (W)	± 5.82 %	± 3.06 %	± 2.89 %
Reactive power (VAR)	± 5.92 %	± 3.17 %	± 2.97 %
Apparent Power (VA)	± 5.85 %	± 2.91 %	± 2.83 %
Power factor (PF)	± 2.5 %	± 2.5 %	± 2.5 %

Results of measuring various electrical parameters under conditions of power with constant voltage at 220 V and power factor equal 0.8 lead (PF = 0.8 leading) has undergone a change of load increase. Table results showed that the measurement of the voltage can be measured accurately with the maximum error is 0.68 %, but the measured current was found that the percentage of the maximum error is ± 5.2 % as a result of lower electricity measured during normal (I <5 A) caused by measuring the power level low . The signal measured is low cause interference to affect the calculation of the electric current. The results of the experiments in measuring a power level of normal use (5-30A) found that the percentage of the maximum error is 2.91 % , with an error of measurement of electrical current . In this study we can conclude that the prototype smart meter has the trend of the percentage error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

greater when measured at the lower of electricity normally. 3.1.1 to 3.1.3 of the experiment is the accuracy testing of prototype smart meter. Under the power system with the replacement of various electrical loads . The results of the measurement are compared with an error to acceptable standards IEC 62056-21 are summarized in Table 4.

Table 4 comparing the percentage of error in the measurement with IEC 62056-21 standard

Load		acceptable percentage error	maximum percentage error
Current level (I)	Power factor (PF)		
$0.02I_n \leq I \leq 0.05I_n$	1	± 1.5 %	± 2.57
$0.05I_n \leq I \leq I_{max}$		± 1.0 %	± 2.44
$0.05I_n \leq I \leq 0.1I_n$	0.5 inductive	± 1.5 %	± 3.35
$0.1I_n \leq I \leq I_{max}$		± 1.0 %	± 3.18
$0.05I_n \leq I \leq 0.1I_n$	0.8 capacitive	± 1.5 %	± 3.06
$0.1I_n \leq I \leq I_{max}$		± 1.0 %	± 2.89

Comparison results of the percentage error in the measurements from table 4 with standard IEC 62056-21. Power measurement showed that the percentage of error is higher than the standard set. However, the percentage error in satisfactory.

3.2 Wireless data transfer testing of Smart meter

When smart meter can measure various electric power already. Another very important aspects of smart metering is that the right term of sending data wireless. Which to transmit data using Zigbee is a transmission measurement of various electrical wireless for display on the computer screen. Data is shown by real time. However, in actual implementation . The data are subject to various obstructions between the meter and the computer display. Various obstructions may be in the form of walls , concrete or steel which decreases the efficiency of data transmission . We tested this by measuring the distance that can transmit data in real locations. The testing are measuring the data transfer for smart meter in normal area (In door) and outdoor area.

3.2.1 The experimental of measuring the data transfer for smart meter in normal space (In door)

Experiments to measure the data transfer of smart meter in real area with obstacles. By installing smart metering to measure the electric power in Energy Systems and Illumination Research Centre. And to send data to the computer display with various distances , the results were as follows.

Table 5 Experimental result, data transfer distance of meter (Indoor)

distance (meter)	data transfer
10	regular
20	regular
30	regular
40	regular
50	regular
60	regular
70	regular
80	regular
90	starting delay
100	lack of data transfer
110	cannot transfer data

3.2.2 The experimental of measuring the data transfer for smart meter (outdoor)

Table 6 Experimental result, data transfer distance of meter (outdoor)

distance (meter)	data transfer
100	regular
200	regular
300	regular
400	regular
500	regular
600	regular
700	regular
800	regular
900	regular
1000	regular
1200	starting delay
1300	cannot transfer data

Wireless data transmission system of smart meter using Xbee Pro Series 1 and U.FL antenna transmitting at a frequency of 2.4 GHz and a speed transmission 250 kbps in accordance property .The XBee-Pro can send a maximum of 100 meters for an area within a building (In door) and send the information for an outdoor area is 1600 meters . From the experimental results was found that the proper distance and can use it effectively in a range up to 80 meters for indoor area and 1000 meters in the outdoor area.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The actually working distance is less than the prescribed because in reality there are obstacles which cause a data transmission at shorter distance.

4. Conclusion

This research presents prototype of smart meter used to measure electric energy in three-phase power system. Which can be functional in 220V 50 Hz electricity system at the maximum current rating 100 A that can measure various electrical parameters and displaying real time results on LCD monitor as well as it can transmit wireless data, recording data and displaying results via computer too.

To inspect efficiency and reliability as well as finding limitation of smart meter function, meter precision test and wireless data transmission distance which is appropriate to use in actual working area. It is found that the invented smart meter prototype is able to measure , display electrical parameters through wireless data transmission, recording data and displaying results on computer monitor precisely. But there is some percentage of discrepancy in measurement which is not exceed 4 percent and in part of wireless data transmission in order to record data and display results on computer monitor by using Visual Studio (GUI) program. It is found that the appropriate distance for actual working area with full efficiency is not exceeded 70 meters in indoor area of the building and it is able to receive-transmit data within 1,000 meters in outdoor area, due to the test results. It is concluded that the invented smart meter can measure electrical parameters and being able to transmit wireless data in order to record and display results on remote computer monitor which users may choose various parameters as their requirements. It is convenient for consumers to browse their electricity consumption behaviors in computer by themselves, such features of smart meter shall render users to manage electricity consumption efficiently and worthily and leading to efficient electricity consumption management as well as supporting smart grid system which may be used in the future too.

References

[1] Energy Policy and planning office ministry of energy, " Thailand Power development plan 2012-2030 rev.3", June 2012

[2] Ren Jingding, Che Yanbo and Zhao Lihua2 "Discussion on Monitoring Scheme of Distributed Generation and Micro-Grid System," IEEE (PESA 2011.), pp. 1-6.

[3] S. Khomfoi and Anucha Pitanapon "Smart Grid" EECON , vol.32, no. 001, pp. 419-422, Aug. 2009.

[4] Eakchai Junput, "Optimal Technique for Tatal Harmonic Distortion Detection and Estimation for Smart Meter", The 10th International Power and Energy Conference IEEE (IPEC2012), Ho Chi Minh City, Vietnam, 12 - 13 December 2012.

[5] IEC 62053-21 International Standard: Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements– Part 21: Static meters for active energy (classes 1 and 2), 2003-01.

[6] ZigBee/IEEE 802.15.4Summary: Available: http://staff.ustc.edu.cn/~ustcsse/papers/SR10.ZigBee.pdf September 10, 2004.

[7] Analog Devices. "ADE7880 Poly Phase Multifucnction Energy Metering IC with Harmonic Monitoring" Information [Online]. Available : http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADE7880.pdf, 2012..

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายธนุส บุญเรืองศรี
วัน เดือน ปีเกิด 27 ตุลาคม 2530 ที่จังหวัดขอนแก่น
ที่อยู่ 229/3 ซ.14 ถ.หลังศูนย์ราชการ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
ประวัติการศึกษา 2553 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานทางวิชาการ

1. Design of Municipal Solid Waste Management System for a Medium size Community in a Hot-Humid Climate Region of Thailand, The 4th Annual Conference on Engineering and Information Technology (ACEAIT2016), 29-31 March , 2016 Kyoto, Japan
2. A Prototype of Three-Phase Smart Meter for Modern Grid Network, International Conference on Electrical Engineering 2014 (ICEE2014), Jeju, Korea, 15-19 June 2014 (Co-worker)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้