การเพิ่มประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าขยะโดยมุ่งเน้นการปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิงขยะ (RDF) กรณีศึกษานิคมอุตสาหกรรมพิจิตร

รัฐไกร คำหมู่

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสมาร์ตกริดเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การเพิ่มประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าขยะโดยมุ่งเน้นการปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิงขยะ (RDF) กรณีศึกษานิคมอุตสาหกรรมพิจิตร

รัฐไกร คำหมู่

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสมาร์ตกริดเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "การเพิ่มประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าขยะโดยมุ่งเน้นการปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิงขยะ (RDF) กรณีศึกษานิคมอุตสาหกรรมพิจิตร"

ของ รัฐไกร คำหมู่

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสมาร์ตกริดเทคโนโลยี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาลินี แก้วปัญหา)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ดร.ยอดธง เม่นสิน)

อนุมัติ

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าขยะโดยมุ่งเน้นการปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิงขยะ (RDF) กรณีศึกษานิคมอุตสาหกรรมพิจิตร

ผู้วิจัย รัฐไกร คำหมู่

ประธานที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาลินี แก้วปัญหา

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาสมาร์ตกริดเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2564

คำสำคัญ โรงไฟฟ้าขยะ, ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าขยะ, เชื้อเพลิงขยะ, พลังงานทดแทน

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน ปริมาณขยะมูลฝอยชนชุมของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี สาเหตุเกิดจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวของชุมชนเมือง รูปแบบการใช้ชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปจากสังคมเกษตรกรรมสู่สังคมเมือง พฤติกรรมการบริโภคผ่านช่องทางธุรกิจออนไลน์ซึ่งมีการใช้บรรจุภัณฑ์และหีบห่อมากขึ้น ดังนั้น การนำขยะมูลฝอยจากชุมชนมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้านั้น ถือเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตกระแสไฟฟ้า งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทาง ขั้นตอน และกระบวนการในการผลิตเชื้อเพลิงขยะจากแหล่งเชื้อเพลิงขยะ จำนวน 3 แห่ง ได้แก่ 1) ตำบลเขาใหญ่ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 2) ตำบลอุทัย อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และ 3) เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิงขยะ ได้แก่ ขนาดของเชื้อเพลิงขยะ ค่าความชื้น และค่าความร้อน ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานของโรงไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย แต่ปัจจัยที่สำคัญที่สุด คือ คุณภาพของเชื้อเพลิงขยะ ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิงขยะ โดยการลดค่าความชื้นของเชื้อเพลิงขยะ และลดขนาดของเชื้อเพลิงขยะ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าโดยรวมของโรงไฟฟ้าขยะเพิ่มขึ้น

Title	INCREASING OF WASTE TO ENERGY POWER PLANT EFFICIENCY BY REFUSE-DERIVED FUEL QUALITY IMPROVEMENT: PHICHIT INDUSTRIAL ESTATE CASE
Author	RATHAKRAI KUMMU
Advisor	Assistant Professor Dr. Malinee Kaewpanha
Academic Paper	M.S. Thesis in Smart Grid Technology, Naresuan University, 2021
Keywords	Waste to Energy Power Plant, Waste to Energy Power Plant Efficiency, Refuse Derived Fuel, Renewable Energy

ABSTRACT

Currently, the amount of municipal solid waste in Thailand is steadily increasing every year. This is due to the increase in population and the expansion of urban communities. Therefore, the use of municipal solid waste (MSW) to produce refuse derived fuel (RDF) as a fuel for power generation has attracted greater interest. This research presents the guidelines, procedures and processes of RDF production for power generation from three different locations: 1) Khao Yai Sub-District, Cha-am District, Phetchaburi Province, 2) Uthai Sub-District, Uthai District, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province, and 3) On Nut District, Bangkok. The effects of physical and chemical properties of RDF, such as size, moisture content and calorific value, on the efficiency of the waste to energy power plant were analyzed. The results show that the efficiency of the waste to energy power plant depends on many factors, but the most important factor is the quality of RDF. Improving RDF quality by reducing its size and moisture content can increase the efficiency of the waste to energy power plant.

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาลินี แก้วปัญหา ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้อุตส่าห์สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อันประกอบไปด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง ประธานกรรมการ และ ดร.ยอดธง เม่นสิน กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า

ขอขอบพระคุณข้อมูลจากเจ้าหน้าที่สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 และภาคที่ 4 บริษัท ซุปเปอร์ เอิร์ธ เอนเนอร์ยี 6 จำกัด บริษัท เอนเนอร์จีรีพลับบลิก จำกัด บริษัท ซุปเปอร์ เอิร์ธ เอนเนอร์ยี 4 จำกัด และบริษัท เอทูเทคโนโลยี จำกัด ทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีในการเข้าไปทำวิจัยและเก็บข้อมูล

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าขยะและผู้ที่สนใจบ้างไม่มากก็น้อย

รัฐไกร คำหมู่

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....ง

ประกาศคุณูปการ.....จ

สารบัญ .....ฉ

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญรูปภาพ .....ญ

บทที่ 1 บทนำ.....12

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 12

1.2 จุดมุ่งหมายของปัญหา.....14

1.3 ขอบเขตการดำเนินการ 14

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 14

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....15

2.1 โครงการโรงไฟฟ้าขยะขนาด 9.9 เมกะวัตต์ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม จ.พิจิตร15

2.1.1 นิยามของโรงไฟฟ้าขยะ.....15

2.1.2 กระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขยะ.....15

2.2 เชื้อเพลิงขยะ.....19

2.2.1 นิยามของเชื้อเพลิงขยะ.....19

2.2.2 ประเภทของเชื้อเพลิง 20

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....25
3.1 โรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะ.....25
3.2 เชื้อเพลิงขยะ.....27
3.2.1 การเก็บเชื้อเพลิง.....29
3.2.2 มาตรการฯ ด้านการเก็บพักเชื้อเพลิง.....29
3.2.3 การขนส่ง และการเก็บพักสารเคมี.....29
3.2.4 การลำเลียงขยะสู่ขบวนการเผา.....30
3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....31
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....32
4.1 กระบวนการในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ.....32
4.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงขยะ.....53
4.3 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ.....54
4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ.....61
บทที่ 5 บทสรุป.....63
สรุปผลการศึกษา.....63
บรรณานุกรม.....64
ภาคผนวก.....66
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าขยะ.....67
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ Heating Value (Gross Calorific Value) ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter.....68
ภาคผนวก ค วิธีวิเคราะห์ Moisture Content ด้วยเครื่อง Moisture Analyzer.....70

ประวัติผู้วิจัย 71

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 การแบ่งประเภทเชื้อเพลิงขยะ [5].....21

ตาราง 2 องค์ประกอบและอุปกรณ์หลักของระบบจัดการมูลฝอยด้วยกระบวนการ MBT 41

ตาราง 3 ปริมาณเชื้อเพลิงขยะและประมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เดือน กันยายน พ.ศ.256355

ตาราง 4 ปริมาณเชื้อเพลิงขยะและประมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เดือน ตุลาคม พ.ศ.2563..57

ตาราง 5 ปริมาณเชื้อเพลิงขยะและประมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2563.59

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพ 1 การกำจัดขยะมูลฝอยของประเทศไทย ปี 2561 [3].....13

ภาพ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ 17

ภาพ 3 แผนผังการทำงานของโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะ 18

ภาพ 4 ขั้นตอนในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) [4].....20

ภาพ 5 ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF3 ของบริษัทในเครือของ Super Energy.....22

ภาพ 6 โรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะในงานวิจัยนี้ 25

ภาพ 7 ผังโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะในงานวิจัยนี้ [9] 27

ภาพ 8 เส้นทางขนส่งเชื้อเพลิง RDF ไปยังพื้นที่โครงการ.....28

ภาพ 9 การลำเลียงขยะสู่ขบวนการเผา 30

ภาพ 10 กระบวนการคัดแยกขยะของโรงคัดแยก ต. เขาใหญ่ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี.....33

ภาพ 11 ขยะที่ผ่านการคัดแยก ต. เขาใหญ่ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี.....34

ภาพ 12 ผังบ่อขยะเก่า ต.อุทัย อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา.....35

ภาพ 13 ขยะที่ผ่านการคัดแยก ต.อุทัย อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา 36

ภาพ 14 เครื่องคัดแยกขยะ 100 ตันต่อวัน ต.อุทัย อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา 37

ภาพ 15 ผังแสดงภาพรวมขั้นตอนการจัดการมูลฝอยด้วยกระบวนการ MBT และ
องค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง 39

ภาพ 16 แผนผังโรงคัดแยกขยะ ที่เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร 40

ภาพ 17 แผนผังโรงคัดแยกขยะด้วยกระบวนการ MBT 43

ภาพ 18 แผนผังโรงคัดแยกขยะด้วยกระบวนการ Biological Hydrolysis.....46

ภาพ 19 ขบวนการผลิต RDF1 ที่เขตอ่อนนุช 48
ภาพ 20 ลักษณะ RDF1 ที่ได้จากการผลิต 49
ภาพ 21 ขบวนการผลิต RDF2 ที่เขตอ่อนนุช 49
ภาพ 22 ลักษณะ RDF2 ที่ได้จากการผลิต 50
ภาพ 23 ขบวนการผลิต RDF 3 ที่เขตอ่อนนุช 51
ภาพ 24 ลักษณะ RDF3 ที่ได้จากการผลิต.....52
ภาพ 25 ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงขยะแต่ละชนิด 53
ภาพ 26 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะแต่ละชนิด.....54
ภาพ 27 แผนภูมิเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เดือนกันยายน 2563.....55
ภาพ 28 แผนภูมิเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เดือนตุลาคม 2563 57
ภาพ 29 แผนภูมิเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เดือนพฤศจิกายน 2563 59
ภาพ 30 แผนภูมิเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดเฉลี่ยของเดือนกันยายน ถึง พฤศจิกายน 2563.....61

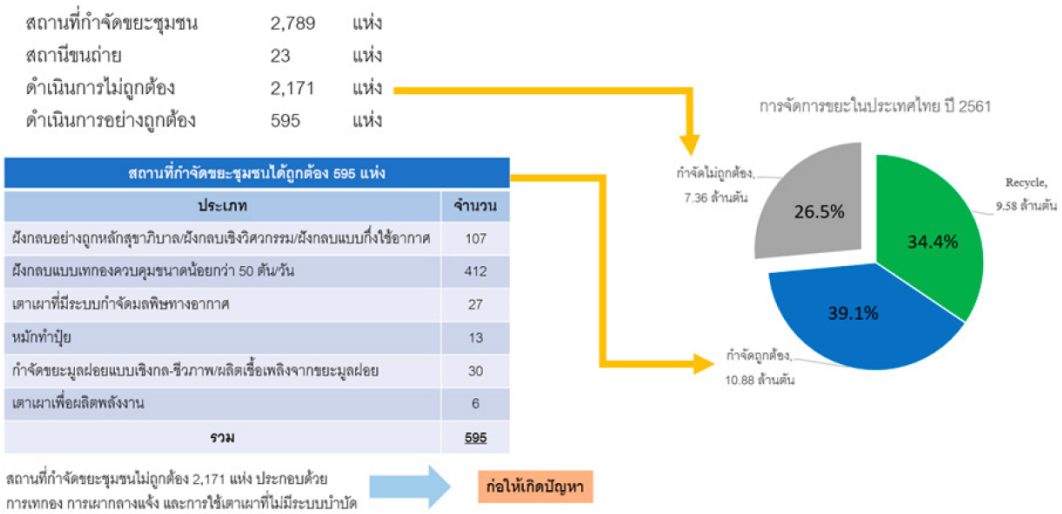
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ปัญหาด้านความมั่นคงด้านพลังงาน โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าที่ถือเป็นความจำเป็นพื้นฐานที่สำคัญต่อการดำเนินชีวิตและเป็นตัวแปรสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ ปัจจุบันประเทศไทยมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องประมาณร้อยละ 4 – 5 ต่อปี โดยในปี พ.ศ.2561 การใช้ไฟฟ้ารวมทั้งประเทศอยู่ที่ 187,832 กิกะวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.5 เมื่อเทียบกับปีก่อน ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น การขยายตัวทางเศรษฐกิจ การส่งออก และการขยายตัวของภาคการท่องเที่ยว โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยมีการใช้เชื้อเพลิงที่หลากหลาย ซึ่งได้มาจากแหล่งเชื้อเพลิงทั้งภายในและภายนอกประเทศ จากข้อมูลปี พ.ศ. 2561 พบว่า ประเทศไทยมีการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 57 ของการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด รองลงมาคือ ถ่านหินนำเข้าและถ่านหินในประเทศ (ลิกไนต์) ร้อยละ 17 พลังงานหมุนเวียน ร้อยละ 9 ไฟฟ้าพลังน้ำ ร้อยละ 4 และน้ำมัน ร้อยละ 0.1 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน, 2562) [1] จากข้อมูลดังกล่าวอาจส่งผลให้สถานการณ์ของการผลิตไฟฟ้าแบบดั้งเดิมโดยใช้ก๊าซธรรมชาติ มีความเสี่ยงที่จะทำให้ราคาค่าไฟแพงขึ้น เนื่องจากปริมาณก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยที่ลดลงทุกปี และต้องมีการนำเข้าเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องพิจารณาพลังงานรูปแบบอื่นในการผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อลดสัดส่วนการใช้ก๊าซธรรมชาติลง และกระจายสัดส่วนไปใช้เชื้อเพลิงที่มีปริมาณสำรองมาก ต้นทุนต่ำ ราคาไม่ผันผวน และมีเทคโนโลยีที่สะอาด เพื่อให้ได้สัดส่วนของแหล่งพลังงาน ในการผลิตไฟฟ้าให้เกิดความสมดุล มีไฟฟ้าใช้ได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

ปริมาณขยะมูลฝอยชนชุมของประเทศไทยมีจำนวนกว่า 28 ล้านตันต่อปี และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี สาเหตุเกิดจากจำนวนประชากร การขยายตัวของชุมชนเมือง รูปแบบการใช้ชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปจากสังคมเกษตรกรรมสู่สังคมเมือง พฤติกรรมการบริโภคผ่านช่องทางธุรกิจออนไลน์ ซึ่งมีการใช้บรรจุภัณฑ์และหีบห่อมากขึ้น สวนทางกับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศที่ยังไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากสถิติของกรมควบคุมมลพิษในปี 2561 [2] ขยะมูลฝอยชุมชมที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดขยะต่าง ๆ มีวันละประมาณ 76,000 ตัน และเมื่อพิจารณาการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยในปีเดียวกันพบว่าขยะมูลฝอยชุมชน ได้ถูกนำไปกำจัดอย่างถูกต้องจำนวน 11 ล้านตัน สำหรับขยะมูลฝอยที่ถูกนำกลับไปใช้

ประโยชน์ใหม่ มีจำนวน 9.6 ล้านตัน ในขณะที่ยังมีขยะมูลฝอยที่ไม่ได้นำไปจัดการอย่างถูกต้องอีกจำนวน 7 ล้านตัน ทั้งนี้การบริหารจัดการในปัจจุบันเป็นไปในลักษณะที่ไม่ยั่งยืน ได้แก่ การฝังกลบ การเทกอง หรือแม้แต่การฝังกลบอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลก็ตาม เนื่องจากปริมาณขยะที่ถูกฝังกลบยังคงอยู่ในพื้นที่เหมือนเดิม ยังมิได้ถูกกำจัดให้หมดไป ทำให้ส่งผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมตามมา เช่น ผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณโดยรอบ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในด้านการขนส่งเนื่องจากสถานที่กำจัดขยะตั้งอยู่กระจัดกระจาย ก๊าซมีเทนจากบ่อฝังกลบเป็นตัวการหลักในการก่อให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ สูญเสียโอกาสในการนำไปใช้ในการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอย รวมถึงเสียโอกาสในการคัดแยกขยะที่สามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้



ภาพ 1 การกำจัดขยะมูลฝอยของประเทศไทย ปี 2561 [3]

ภาครัฐได้กำหนดให้ ปัญหาขยะ เป็นวาระแห่งชาติที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน โดยได้กำหนดมาตรการด้านกฎหมายและระเบียบต่างๆ เพื่อเอื้อประโยชน์ให้การบริหารจัดการขยะเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งรวมถึงการเพิ่มปริมาณการรับซื้อไฟฟ้า จากโรงไฟฟ้าขยะจากเดิม 500 เมกะวัตต์ เป็น 900 เมกะวัตต์ ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP2018) ดังนั้น การนำขยะมูลฝอยจากชุมชนมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้านั้น ถือเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตกระแสไฟฟ้า อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาการจัดการขยะชุมชนที่มีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นเนื่องจากปริมาณขยะชุมชนที่เพิ่มขึ้น ตลอดเวลา และก่อให้เกิดประโยชน์ด้านความมั่นคง

ทางด้านพลังงานอีกด้วย อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าขยะนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเชื้อเพลิงขยะ ได้แก่ ค่าความชื้น ค่าความร้อน ค่าความหนาแน่น และขนาด เป็นต้น ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกระบวนการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะ

โครงการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ (RDF) กำลังผลิตไฟฟ้า 9.9 เมกะวัตต์ ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือตอนล่าง (พิจิตร) ต.หนองหลุม อ.วชิรบารมี จ.พิจิตร เป็นโรงไฟฟ้าขยะที่มีการใช้เชื้อเพลิงขยะ (RDF) จาก 3 แหล่ง ได้แก่ 1) ต.เขาใหญ่ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี 2) ต.อุทัย อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา และ 3) เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร ซึ่งองค์ประกอบหรือลักษณะทางการกายภาพของเชื้อเพลิงขยะแต่ละแหล่งมีความแตกต่างกัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาแนวทาง ขั้นตอน และ กระบวนการในการผลิตเชื้อเพลิงขยะที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานไฟฟ้า รวมถึงศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิงขยะที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานของโรงไฟฟ้า

1.2 จุดมุ่งหมายของปัญหา

1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานของโรงไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ
2) เพื่อศึกษาการเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานของโรงไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตการดำเนินการ

1) โรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะในงานวิจัยนี้มีกำลังผลิตไฟฟ้า 9.9 เมกะวัตต์ ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือตอนล่าง (พิจิตร) ต.หนองหลุม อ.วชิรบารมี จ.พิจิตร
2) เชื้อเพลิงขยะ (RDF) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มาจาก 1) ต.เขาใหญ่ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี 2) ต.อุทัย อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา และ 3) เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบการเลือกชนิดของเชื้อเพลิงขยะที่ประสิทธิภาพสำหรับโรงไฟฟ้าขยะ
2) ลดต้นทุนในการบริหารจัดการเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าขยะ
3) ลดปัญหาขยะชุมชนโดยนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้า
4) เพิ่มทางเลือกในการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งเชื้อเพลิงอื่นนอกเหนือจากก๊าซธรรมชาติ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงการโรงไฟฟ้าขยะขนาด 9.9 เมกะวัตต์ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม จ.พิจิตร

2.1.1 นิยามของโรงไฟฟ้าขยะ

โรงไฟฟ้าขยะคือ โรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงจากขยะที่ไม่สามารถนำมารีไซเคิลได้ ซึ่งเป็นระบบการเผาไหม้แก๊สซิไฟเออร์ (Gasification System) โดยนำ Product Gas ที่ได้มาสันดาปภายในเครื่องยนต์รอบต่ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า จุดเด่นของโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะ (RDF) คือเมื่อเผาไหม้แล้วจะไม่มีควันลอยสู่ชั้นบรรยากาศ เนื่องจากควันที่เกิดจากการเผาไหม้จะไม่ปล่อยออกจากปล่องแต่จะนำมาทำความสะอาดแล้วแปลงสภาพเป็นแก๊สเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องปั่นไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังไม่มีน้ำเสียเพราะต้องนำน้ำกลับมาใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าตลอดเวลา รวมทั้งสามารถนำขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้มาใช้เป็นปุ๋ย ส่วนน้ำที่แยกออกจากขี้เถ้าสามารถนำมาใช้ในระบบหล่อเย็น (Closed Cooling) ได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้วิธีการกำจัดขยะด้วยกระบวนการเผาไหม้แบบธรรมดาก็ยังมีควันลอยสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นโครงการโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะ (RDF) จึงสามารถตอบสนองในเรื่องของการกำจัดขยะได้ในระดับสูงเพราะไม่มีควัน นับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการกำจัดขยะรวมทั้งยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถสร้างรายได้ให้กับชาวบ้านในพื้นที่อีกด้วย

2.1.2 กระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขยะ ระบบผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ (RDF)

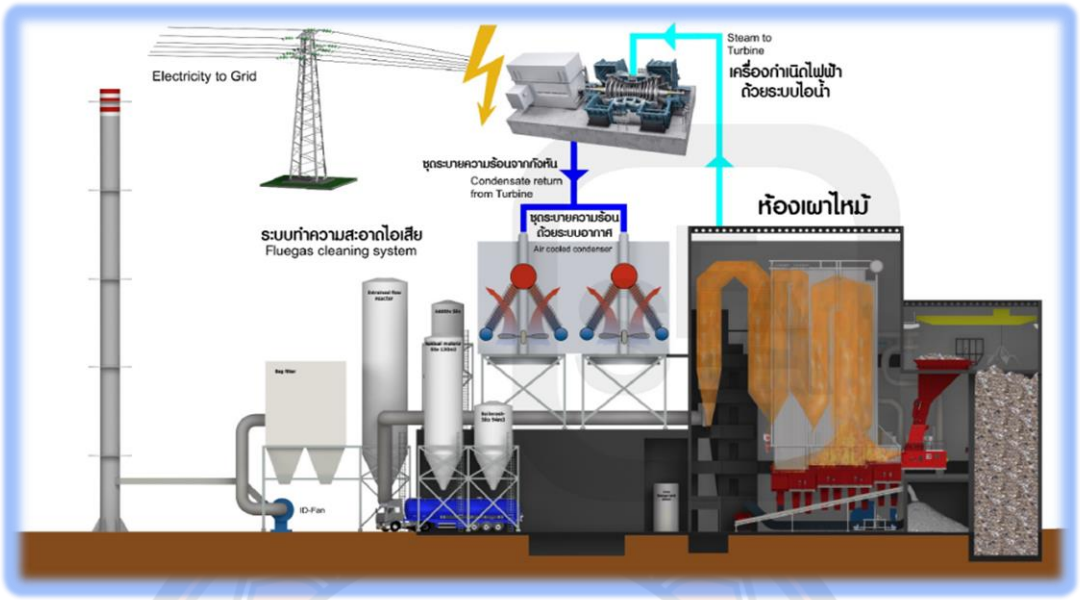
การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ขยะมูลฝอยที่ผ่านการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะ (RDF) มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการให้ความร้อนเพื่อผลิตไอน้ำ โดยไอน้ำที่ผลิตได้จะถูกนำไปใช้เป็นต้นกำลัง ในการขับเคลื่อนกังหันไอน้ำซึ่งเชื่อมต่อกับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดเป็นกระแสไฟฟ้าส่งเข้าโครงข่ายของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายต่อไป โดยเทคโนโลยีที่ใช้ได้รับการพัฒนาในเชิงพาณิชย์ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา สามารถควบคุมการผลิตได้ง่ายและมีความปลอดภัยสูง อีกทั้งยังออกแบบให้มีการจัดการสิ่งแวดล้อมในภาพรวมอย่างเป็นระบบ สำหรับขั้นตอนการผลิตไอน้ำและไฟฟ้ามีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนการผลิตไอน้ำ

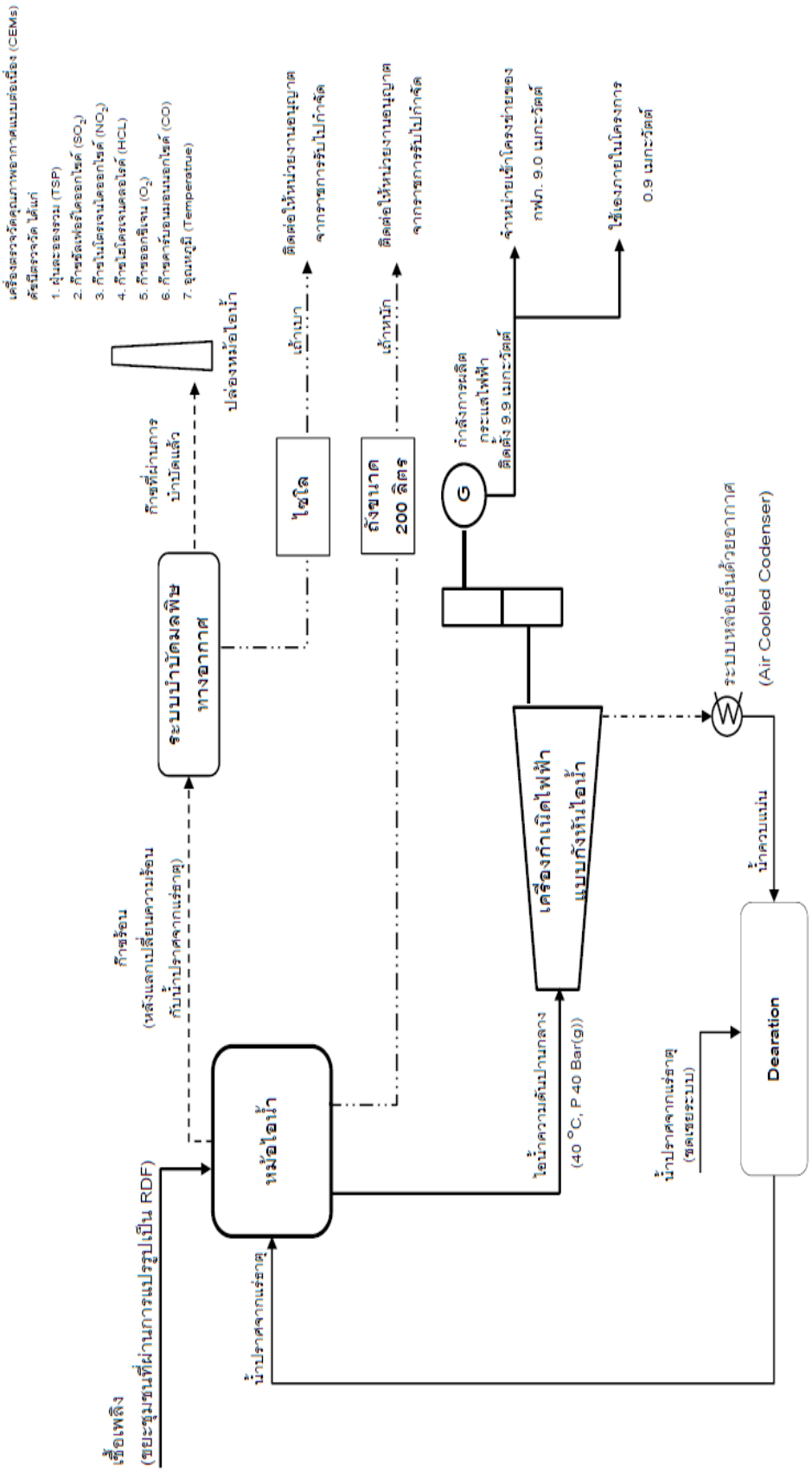
เป็นขั้นตอนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำปราศจากแร่ธาตุให้อยู่ในรูปไอน้ำความดันปานกลาง โดยใช้การเผาไหม้เชื้อเพลิงขยะ (RDF) มาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อน โดยเริ่มจากลำเลียงขยะมูลฝอยที่ผ่านการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะ (RDF) และจากอาคารเก็บพักเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำที่เป็นระบบปิดชนิดตะกรับขนาด 54 ตันต่อชั่วโมง โดยภายในห้องเผาไหม้จะมีการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์เพื่อเปลี่ยนเป็นก๊าซร้อน ก่อนนำก๊าซร้อนที่ได้มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำปราศจากแร่ธาตุที่รับจากภายนอกและน้ำคอนเดนเสทที่หมุนเวียนในระบบเพื่อผลิตเป็นไอน้ำความดันปานกลางที่อุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส ความดัน 40 บาร์ (เกจ) โดยไอน้ำที่ได้จะถูกนำไปใช้ที่ส่วนการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป สำหรับก๊าซร้อนที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำปราศจากแร่ธาตุแล้วจะถูกรวบรวมเข้าสู่ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศเพื่อให้มีค่าเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด สำหรับเถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงขยะ (RDF) จะแบ่งเป็นเถ้าหนัก (Bottom Ash) และเถ้าเบาหรือเถ้าลอย (Fly Ash) โดยเถ้าหนักจะมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณเถ้าทั้งหมด โดยเถ้าจะถูกลำเลียงจากด้านล่างของเตาเผาเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ผ่านทางระบบท่อมาเข้าสู่ชุดตักขี้เถ้าและนำมารวมกับเถ้าที่หล่นจากใต้ตะกรับที่ถูกลำเลียงด้วยระบบลำเลียง จากนั้นจะลำเลียงไปที่บ่อเก็บขี้เถ้าหนักขนาด 200 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งอยู่ภายในอาคารจัดการเถ้าหนัก ทั้งนี้รถบรรทุกเถ้าหนักจะเข้ามาภายในอาคารและมีการใช้เครนเพื่อป้อนเถ้าหนักลงรถบรรทุกที่มีผ้าใบคลุมส่วนบรรทุกก่อนขนส่งไปยังหน่วยงานที่ได้รับอนุญาตจากราชการ เพื่อกำจัดตามหลักวิชาการต่อไป สำหรับเถ้าเบาที่เกิดขึ้นและถูกดักได้จากระบบดักฝุ่นแบบถุงกรองในระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ จะถูกลำเลียงด้วยระบบลำเลียงที่เป็นระบบปิด เพื่อลำเลียงเถ้าเบาไปเก็บพักไว้ที่ไซโลเก็บเถ้าเบา ก่อนขนส่งเถ้าเบาไปยังหน่วยงานที่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องเพื่อกำจัดตามหลักวิชาการต่อไป

ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า

เป็นขั้นตอนที่นำไอน้ำความดันปานกลางที่ได้จากส่วนการผลิตไอน้ำมาใช้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกังหันไอน้ำ (Steam Turbine Generator: STG) ให้เกิดการเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าที่กำลังการผลิตติดตั้ง 9.9 เมกะวัตต์ (Gross Power) และส่งไปปรับแรงดันที่หม้อแปลงไฟฟ้าต่อไป สำหรับไอน้ำที่ผ่านการผลิตไฟฟ้าแล้วซึ่งมีพลังงานต่ำลง จะถูกป้อนผ่านเครื่องควบแน่น (Condenser) เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนทางอ้อมกับระบบหล่อเย็นด้วยอากาศ ก่อนควบแน่นกลายเป็นน้ำคอนเดนก่อนหมุนเวียนกลับไปใช้ผลิตไอน้ำต่อไป



ภาพ 2 ระบบผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ



ภาพ 3 แผนผังการทำงานของโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะ

ขั้นตอนควบแน่นไอน้ำ

ขั้นตอนนี้มีหน้าที่ทำให้ไอน้ำที่ผ่านการผลิตไฟฟ้าจากเครื่องผลิตไฟฟ้าแบบกังหันไอน้ำเกิดการควบแน่นกลายเป็นน้ำคอนเดนเสท โดยเริ่มจากไอน้ำที่ผ่านการผลิตไฟฟ้าที่เครื่องกังหันไอน้ำจะผ่านเครื่องควบแน่น (Condenser) เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนทางอ้อมกับอากาศทำให้พลังงานที่สะสมอยู่ลดลงและควบแน่นกลายเป็นน้ำคอนเดนเสท ก่อนป้อนเข้าสู่ Deaerator เพื่อกำจัดก๊าซที่ปะปนอยู่ในน้ำคอนเดนเสทออกก่อนหมุนเวียนกลับไปใช้ซ้ำที่หม้อไอน้ำต่อไป อย่างไรก็ตามเมื่อน้ำในระบบผลิตไอน้ำมีความเข้มข้นสูงขึ้นจะมีการระบายน้ำทิ้งบางส่วนที่หม้อหรือที่เรียกว่า Boiler Blow Down และทำการเติมน้ำจากระบบผลิตน้ำปราศจากแร่ธาตุ (Demineralize Water) เข้ามาเติมทดแทน หรือที่เรียกว่า Boiler Make Up เพื่อควบคุมคุณภาพและปริมาณน้ำในระบบหล่อเย็น ทั้งนี้การชดเชยน้ำปราศจากแร่ธาตุจะทำการชดเชยที่ Deaerator

ขั้นตอนการปรับแรงดันไฟฟ้า

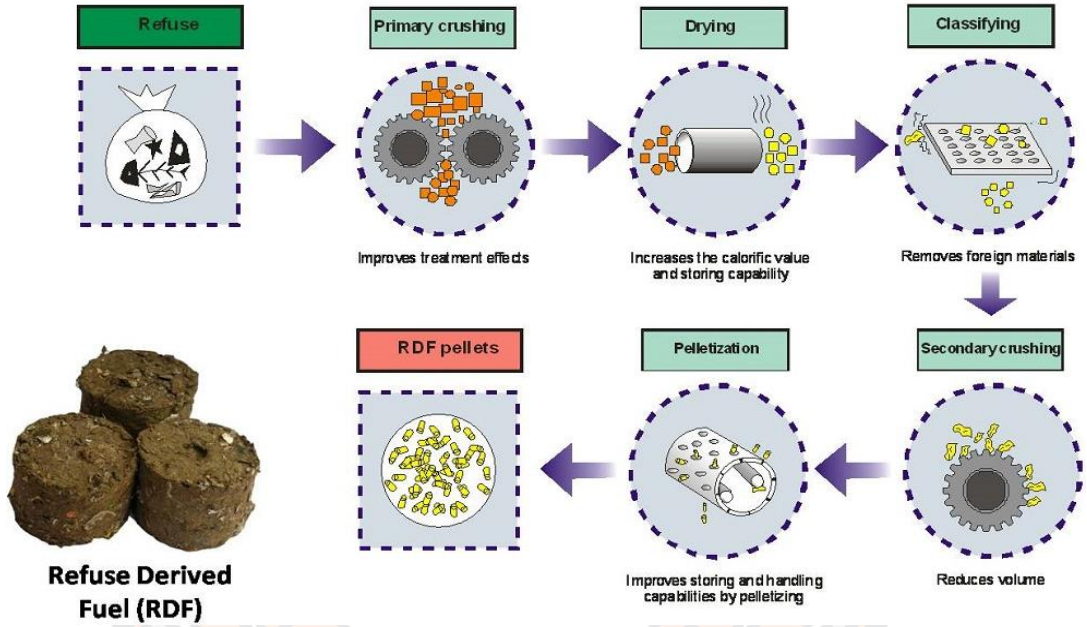
สำหรับกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการจะถูกนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในส่วนกิจกรรมภายในโครงการ รวมถึงจำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ดังนั้น โครงการจึงได้ออกแบบให้มีสถานีไฟฟ้าย่อยภายในพื้นที่โครงการเพื่อทำการปรับแรงดันให้มีความเหมาะสมต่อการนำกระแสไฟฟ้าไปใช้งานในแต่ละกิจกรรม กล่าวคือ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโครงการ (Generator) จะมีแรงดัน 11 กิโลโวลต์ ซึ่งจะถูกลดแรงดันด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันลง (Step-down Transformer)จำนวน 1 ชุด เพื่อลดขนาดแรงดันไฟฟ้าเป็น 230-400 กิโลโวลต์ เพื่อนำมาใช้งานภายในโครงการส่วนกระแสไฟฟ้าที่โครงการจะส่งให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) จะถูกส่งผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันขึ้น (Step-up Transformer) จำนวน 1 ชุด เพื่อเพิ่มขนาดแรงดันไฟฟ้าเป็น 115 กิโลโวลต์

2.2 เชื้อเพลิงขยะ

2.2.1 นิยามของเชื้อเพลิงขยะ

เชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) หมายถึง ขยะที่เผาไหม้ได้ โดยการนำขยะมูลฝอยชุมชนมาผ่านกระบวนการบำบัดทางกายภาพ เช่น การคัดแยก การลดขนาด และการลดความชื้น เป็นต้น ดังแสดงในภาพ 4 เพื่อให้เป็นเชื้อเพลิงแข็งที่มีคุณสมบัติในด้านค่าความร้อน (Heating Value) ความชื้นต่ำ มีขนาดและความหนาแน่นเหมาะสมในการขนย้ายหรือการเผา และมีองค์ประกอบทั้งทางเคมีและกายภาพสม่ำเสมอ โดยคุณลักษณะทั่วไปของเชื้อเพลิงขยะจะไม่มี

กลิ่นและปลอดเชื้อโรค มีขนาดเหมาะสมต่อการป้อนเตาเผา-หม้อไอน้ำ (ประมาณเส้นผ่านศูนย์กลาง 15-30 มิลลิเมตร ความยาว 30-150 มิลลิเมตร) และมีความหนาแน่นมากกว่าขยะมูลฝอยและชีวมวลทั่วไป ประมาณ 450-600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เหมาะสมต่อการจัดเก็บ และขนส่ง และที่สำคัญมีค่าความร้อนสูงเทียบเท่ากับชีวมวลประมาณ 13-18 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และมีความชื้นต่ำ ประมาณร้อยละ 5-10



ภาพ 4 ขั้นตอนในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel: RDF) [4]

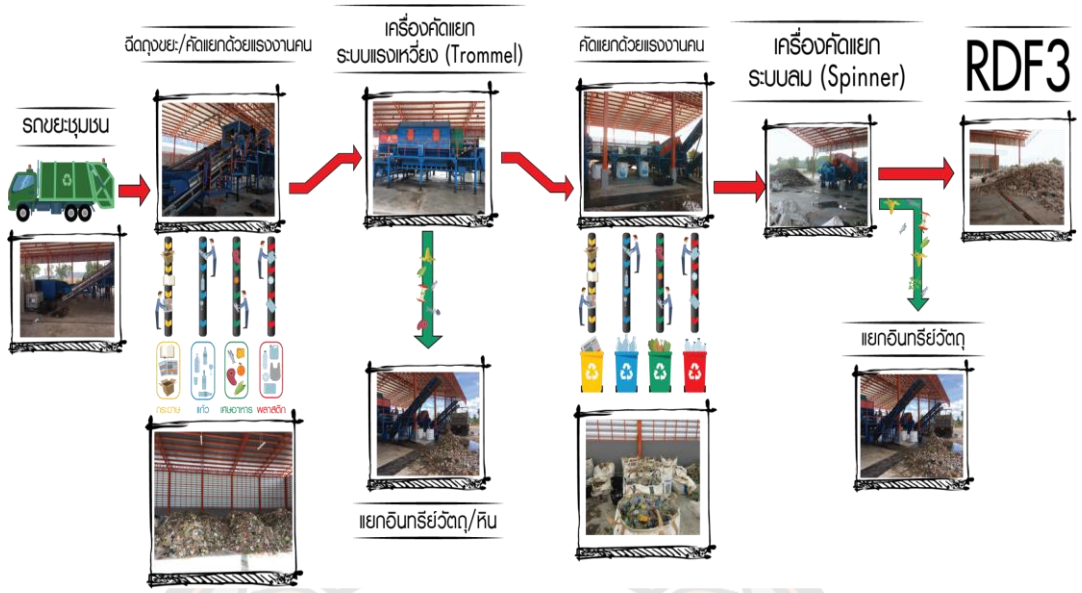
2.2.2 ประเภทของเชื้อเพลิง

การแบ่งประเภทของเชื้อเพลิงขยะ (RDF) สามารถแบ่งออกเป็น 7 ประเภท ตามมาตรฐาน ASTM โดยแบ่งตามขนาดและลักษณะของวัสดุของเสีย ได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 การแบ่งประเภทเชื้อเพลิงขยะ [5]

ประเภท RDF	รูปแบบ	คุณลักษณะ	ระบบการเผาไหม้
RDF-1	Raw (MSW)	เป็นขยะอยู่ในรูปของขยะที่ได้รับมาโดยตรงจากผู้ที่ทิ้งโดยไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ	Stoker
RDF-2	Coarse (c-RDF)	เป็นขยะที่ผ่านการคัดแยกเอาโลหะเหล็กออกไปและทำให้มีขนาดลดลงแบบหยาบ ๆ	FBC,MFC
RDF-3	Fluff	เป็นขยะที่ผ่านกระบวนการบดจนเหลือเพียงวัสดุที่เผาไหม้ได้เท่านั้นจนได้ขยะที่ 95% โดยน้ำหนักของขยะ	Stoker
RDF-4	Powder	เป็นขยะจำพวกวัสดุที่เผาไหม้ได้เท่านั้นโดยที่ 95% โดยน้ำหนักของขยะสามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2.5 ตารางเมตร	FBC, PF
RDF-5	Dandified (d-RDF)	เป็นขยะที่ผ่านกระบวนการบดจนเหลือเพียงวัสดุที่เผาไหม้ได้ที่นามาอัดให้อยู่ในรูปแบบของอัดเม็ด อัดแท่งหรือก้อนเท่านั้น	FBC, MFC
RDF-6	Liquid	เป็นขยะจำพวกวัสดุที่เผาไหม้ได้ในลักษณะของเชื้อเพลิงเหลวเท่านั้น	Swirl burner
RDF-7	Gas	เป็นขยะจำพวกวัสดุเผาไหม้ได้ในลักษณะของเชื้อเพลิงประเภทแก๊สเท่านั้น	Burner, IGCC

การใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงขยะสามารถใช้ได้ในรูปของการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน โดยอาจจะมีการนำไปใช้ประโยชน์ในสถานที่ผลิตเชื้อเพลิงขยะเอง หรือขนส่งไปใช้ในที่อื่นได้นอกจากนี้ ยังสามารถใช้เผาร่วมกับถ่านหิน (Co-firing) เพื่อลดปริมาณการใช้ถ่านหินในอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์โดยมี รูปแบบเตาเผาที่ใช้เปลี่ยนเชื้อเพลิงขยะให้เป็นพลังงานความร้อน ประกอบด้วย เตาเผาแบบตะกรับ (Sotker) เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed Combustor) หรือเตาเผาแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) หรือไพโรไลซิส (Pyrolysis) ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เชื้อเพลิงขยะ RDF3 ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังภาพ 5



ภาพ 5 ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF3 ของบริษัทในเครือของ Super Energy

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเทศไทยมีสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย สถานีขนถ่ายขยะมูลฝอย ที่ยังเปิดดำเนินการอยู่ 2,789 แห่ง โดยมีเพียง 595 แห่ง ที่ดำเนินการได้อย่างถูกต้อง โดยระบบกำจัดขยะมูลฝอยแบบถูกต้องนั้นได้แก่ การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) การกำจัดขยะมูลฝอยแบบการฝังกลบเชิงวิศวกรรม (Engineering Landfill) การฝังกลบแบบเทกองควบคุม (Controlled Dump) ขนาดไม่เกิน 50 ตัน/วัน เตาเผาที่มีระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ การหมักทำปุ๋ย (Compost) การบำบัดขยะมูลฝอยแบบเชิงกลชีวภาพ (MBT) และการผลิตเชื้อเพลิงขยะมูลฝอย (RDF) และเตาเผาเพื่อผลิตพลังงาน (WTE) ทั้งนี้ยังมีสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนที่ดำเนินการอย่างไม่ถูกต้องมากถึง 2,171 แห่ง ซึ่งเป็นการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยวิธีการเทกอง (Open Dump) การเผากำจัดกลางแจ้ง การเผากำจัดในเตาเผาขนาดเล็กที่ไม่มีการบำบัดมลพิษทางอากาศ และการลักลอบทิ้งในพื้นที่ต่าง ๆ เป็นต้น ดังนั้นการกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนโดยการนำไปผลิตเป็นไฟฟ้าจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่นิยมของหลายประเทศทั่วโลก เนื่องจากมีเทคโนโลยีที่เหมาะสมสามารถกำจัดขยะให้หมดไปได้ และลดพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนแบบเดิม แต่มีข้อจำกัดที่ต้องใช้เงินลงทุนที่สูง รวมไปถึงขั้นตอนการขออนุญาตที่ซับซ้อน และต้องการบุคลากรที่เชี่ยวชาญจึงทำให้การแก้ปัญหาขยะมูลฝอยชุมชนโดยการนำไปผลิตไฟฟ้ายังไม่ประสบความสำเร็จในประเทศไทย

วีรชัย อาจหาญและคณะ [6] ได้ดำเนินการศึกษาแนวทางบริหารจัดการขยะชุมชนเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนแบบครบวงจร ซึ่งภายใต้โครงการดังกล่าวประกอบไปด้วย 3 โครงการย่อย โดยโครงการที่ 1 การพัฒนาการเตรียมเชื้อเพลิงขยะ (RDF) จากชุมชนเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน เป็นการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิง RDF โดยมีการออกแบบและสร้างเครื่องจักร และการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องจักร ซึ่งประกอบไปด้วย หน่วยปฏิบัติการที่ 1 ชุดสายพานคัดแยกและสายพานลำเลียง (Belt Conveyors) ชุดเครื่องสับขยะ (Shedder Machine) ผลการทดสอบและการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องจักร พบว่าสมรรถนะของเครื่องสับขยะจะอยู่ในช่วง 0.7– 3.0 ตันต่อชั่วโมง สามารถรองรับปริมาณขยะเฉลี่ย 3 - 5 ตันต่อวัน หน่วยปฏิบัติการที่ 2 โรงงานบำบัดทางกลและชีวภาพ (Mechanical and Biological Treatment: MBT) โดยขยะที่มาจากหน่วยปฏิบัติการที่ 1 จะถูกลำเลียงเข้าสู่โรงงาน MBT เพื่อปรับเสถียรให้เกิดการย่อยสลายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศ ซึ่งจะมีการติดตั้งระบบเติมอากาศและระบบใบกวนที่ช่วยให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการหมัก MBT โดยศึกษากลไกของกระบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ต่อระยะเวลาการหมัก คือ ความชื้น อุณหภูมิ pH และC/N ratio พบว่าสภาวะการทำงานของกระบวนการหมักมีความเหมาะสม หน่วยปฏิบัติการที่ 3 ชุดเครื่องคัดแยกแบบตะแกรงหมุน (Trommel Separator) โดยขยะที่ผ่านการหมักในโรงงาน MBT ระยะเวลา 1 เดือน จะถูกนำมาร่อนโดยชุดคัดแยกแบบตะแกรงหมุน ซึ่งอินทรียวัตถุขนาดเล็กที่ผ่านตะแกรงจะถูกนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน ส่วนที่เหลือคือเชื้อเพลิงขยะ (RDF-4) ผลการทดสอบและการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องจักร พบว่าสมรรถนะของเครื่องคัดแยกแบบตะแกรงหมุน จะอยู่ในช่วง 1.5 – 1.6 ตันต่อชั่วโมง ซึ่งเครื่องคัดแยกแบบตะแกรงหมุนนี้จะมีตะแกรงร่อนอยู่ 3 ชั้น เพื่อให้สามารถคัดแยกองค์ประกอบของเชื้อเพลิงขยะได้ครอบคลุม ประกอบกับเพื่อให้ได้อินทรีย์สารที่ละเอียดมาก หน่วยปฏิบัติการที่ 4 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็ง (Briquetting Machine) โดยเชื้อเพลิงขยะ RDF-4 ที่คัดแยกได้จากแบบตะแกรงหมุน (ขนาดใหญ่กว่า 15 มิลลิเมตร) จะถูกลำเลียงมาเครื่องอัดแท่งเพื่อผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ผลการทดสอบและการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องจักร พบว่าสมรรถนะของเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็ง อยู่ในช่วง 240 – 260 ตันต่อชั่วโมง ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าระบบในแต่ละรอบผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงขยะ RDF-4 และ เชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง RDF-5 แสดงให้เห็นว่าสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี โดยค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ RDF-4 มีค่าประมาณ 40 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และค่าความร้อนของเชื้อเพลิง RDF-5 มีค่าประมาณ 25 เมกะจูลต่อกิโลกรัม การวิเคราะห์ต้นทุนของต้นแบบโรงงานผลิตเชื้อเพลิง RDF-5

พบว่าต้นทุนการเตรียมเชื้อเพลิง RDF-5 มีค่าเท่ากับ 2.425 บาท/กิโลกรัม ทั้งนี้ต้นทุนที่สูงที่สุด คือ กระบวนการอัดแท่ง โดยคิดเป็น 50% ของต้นทุนทั้งหมด

เจนจิรา และขวัญชนก [7] ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของขยะ และประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานขยะ โดยพบว่าสัดส่วนองค์ประกอบของเชื้อเพลิงขยะประกอบด้วย กระดาษ พลาสติก และกิ่งไม้/ใบไม้ และเมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าและวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่ายังไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้า เนื่องจากปริมาณขยะที่ได้ยังไม่เพียงพอ

วสันต์ และดวงกมล) [8] ได้ทำการศึกษาและดำเนินการนำขยะชุมชนมาแปลงเป็นเชื้อเพลิงแข็งในรูป RDF-5 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบสาธิตการผลิตเชื้อเพลิงชนิด RDF-5 จากขยะที่เกิดขึ้นในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม รวมทั้งการศึกษาต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ผลการวิจัยพบว่าสามารถผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 ได้ และมีคุณสมบัติต่าง ๆ ของเชื้อเพลิง เป็นไปตามค่ามาตรฐานการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 เป็นการนำขยะภายในมหาวิทยาลัยมาผลิตเป็นก้อนเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 ซึ่งขยะที่นำมาใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 ประกอบด้วย พลาสติก ใบไม้ และกระดาษ จากการศึกษานี้พบว่า เชื้อเพลิงขยะ RDF-5 อัตราส่วนที่ 1:1:1:1/0.1:0.1 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าความร้อนสูงสุดที่ 26.352 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่ควรน้อยกว่า 19.00 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน มก.-ธ.ก.ส. และมาตรฐาน ASTM และพบว่าต้นทุนการผลิตต่อหน่วย ของเชื้อเพลิง RDF-5 อยู่ที่ 2.645 บาท/กิโลกรัม

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาแนวทาง ขั้นตอน และกระบวนการในการผลิตเชื้อเพลิงขยะของแต่ละแหล่ง และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิงขยะจากแต่ละแหล่ง เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการประเมินสมรรถนะการทำงานของโรงไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ รวมถึงเสนอแนวทางการเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานของโรงไฟฟ้า

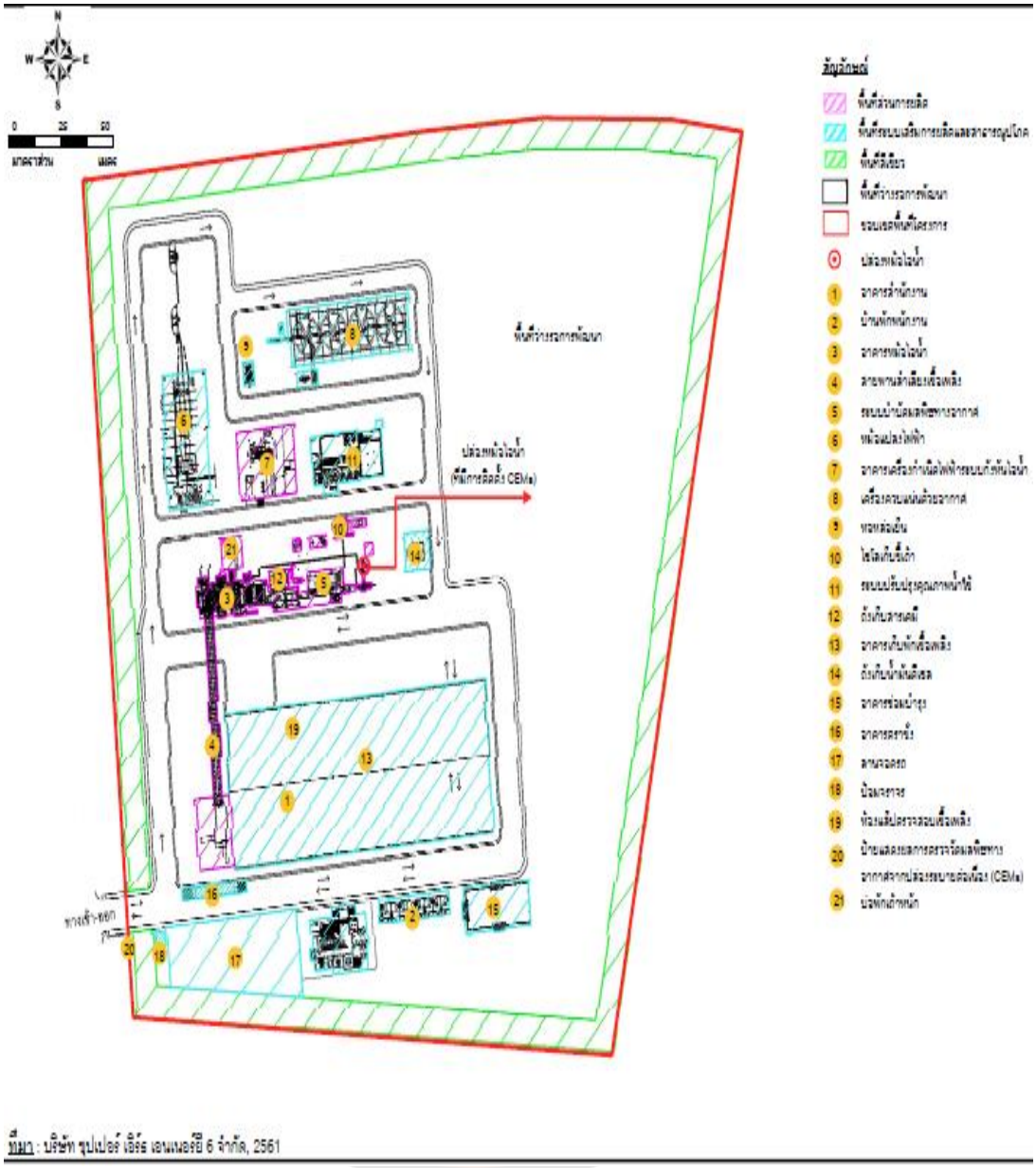
3.1 โรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะ

โรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะในงานวิจัยนี้มีกำลังผลิตไฟฟ้า 9.9 เมกะวัตต์ ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือตอนล่าง (พิจิตร) ต.หนองหลุม อ.วชิรบารมี จ.พิจิตร

ภาพ 6 โรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะในงานวิจัยนี้

โรงไฟฟ้าขนาด 9.9 เมกะวัตต์ (กำลังการผลิตที่ติดตั้ง 9.9 เมกะวัตต์) ใช้เชื้อเพลิงแปรรูปจากขยะชุมชนหรือ RDF เชื้อเพลิงดังกล่าวจะนำเข้าสู่กระบวนการเผาไหม้ของโครงการฯ ซึ่งเป็นระบบ Step Grate / Stoker ซึ่งเป็นเทคโนโลยีในการผลิตไอน้ำ ที่มีกระบวนการควบคุมมลภาวะทางอากาศ เข้าร่วมด้วยเพื่อให้ปลดปล่อยไอเสียที่ได้รับการบำบัดแล้วก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ มีกำลังการผลิตไอน้ำได้ 52 ตันไอน้ำต่อชั่วโมง ที่แรงดันไอน้ำ สูงสุด 54 บาร์ และอุณหภูมิไอน้ำสูงสุด 453 องศาเซลเซียส ไอน้ำในปริมาณดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในขบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยผ่านกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) และกังหันไอน้ำ ดังกล่าวจะส่งกำลังเพื่อขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ขนาด 9.9 เมกะวัตต์ จะถูกขับโดยกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ชนิด Fully Condensing Steam Turbine ที่รับแรงดันไอน้ำ ขนาด 48.5 บาร์ และอุณหภูมิไอน้ำสูงสุด 450 องศาเซลเซียส ไอน้ำที่ไหลผ่านกังหันไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้แล้ว น้ำจะมีแรงดันไอน้ำลดลงและจะไหลผ่านระบบควบแน่น (Condenser) ต่อไปจนกลายเป็นน้ำร้อน โดยระบบควบแน่นจะถ่ายความร้อนด้วยระบบอากาศ (Air Cooled Condenser ; ACC) ทั้งนี้เพื่อลดการใช้น้ำ ของโครงการฯ ซึ่งเป็นการคัดเลือกเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับพื้นที่และน้ำร้อนที่ได้จะถูกนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป

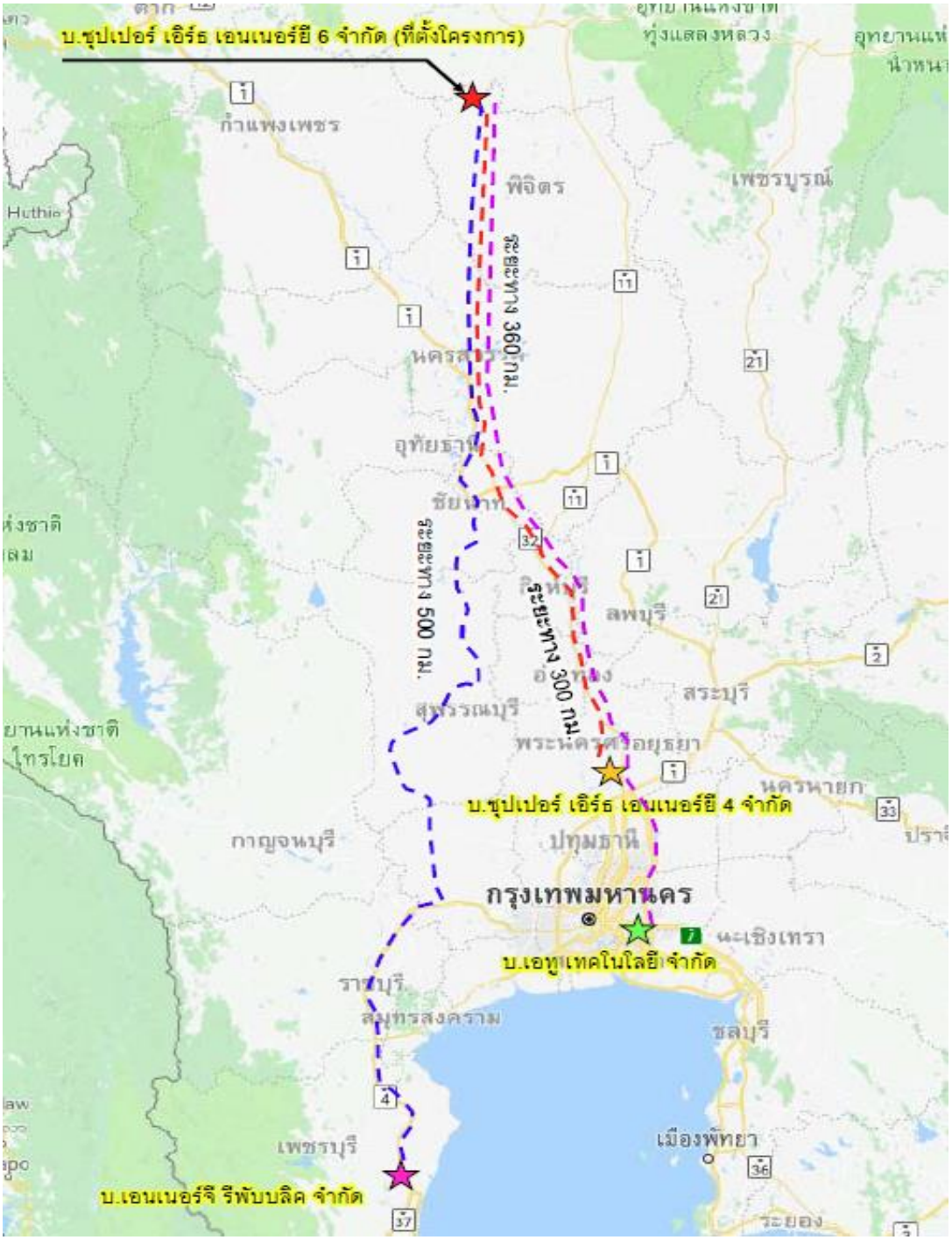


ภาพ 7 ผังโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะในงานวิจัยนี้ [9]

(ที่มา: บริษัท ซุปเปอร์ เอิร์ธ เอนเนอร์ยี 6 จำกัด)

3.2 เชื้อเพลิงขยะ

เชื้อเพลิงขยะ (RDF) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มาจาก 1) ต.เขาใหญ่ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี 2) ต.อุทัย อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา และ 3) เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร โดยมีเส้นทางการขนส่งเชื้อเพลิงขยะ ไปยังพื้นที่โรงไฟฟ้าขยะ ดังรูปที่ 7



ภาพ 8 เส้นทางขนส่งเชื้อเพลิง RDF ไปยังพื้นที่โครงการ

3.2.1 การเก็บเชื้อเพลิง

ขยะมูลฝอยผ่านการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะ (RDF) แล้วนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงของโครงการจะถูกขนส่งด้วยรถบรรทุก เมื่อเข้าสู่พื้นที่โครงการจะถูกเก็บไว้ในอาคารเก็บเชื้อเพลิงซึ่งออกแบบเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีขนาดเพียงพอที่จะเก็บสำรองเชื้อเพลิง RDF ที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ไม่น้อยกว่า 3 วัน โดยโครงการจะมีการออกแบบอาคารเก็บเชื้อเพลิงขนาด 6,000 ตารางเมตร (กว้าง 48 เมตร x ยาว 125 เมตร) ทั้งนี้อาคารเก็บเชื้อเพลิงได้มีการออกแบบให้มีการจัดการระบายอากาศ โดยออกแบบให้มีผนังทึบที่ความสูง 4 เมตร จากความสูงด้านข้างของอาคาร 8 เมตร เพื่อเก็บเชื้อเพลิง ส่วนอีกด้านหนึ่งของอาคารได้ออกแบบให้เปิดผนังเปิดเพื่อระบายอากาศ นอกจากนี้โครงสร้างเหล็กจะต้องเลือกใช้สีทนไฟ ชนิด Neocoat Intumescont Paint-s ซึ่งเป็นวัสดุป้องกันโครงสร้างเหล็ก ทำให้โครงสร้างมีอัตราทนไฟไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง ตามกฎหมายกระทรวง ฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2549) ออกตามในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งคุณสมบัติของสีกันไฟที่โครงการเลือกใช้ มีสารฉนวนพิเศษเป็นองค์ประกอบ ทั้งนี้หากเกิดไฟไหม้สีกันไฟที่ใช้จะเกิดการพองตัวและทำให้เกิดโฟมกั้นระหว่างผิวเหล็กและเปลวเพลิง ทำให้ความร้อนเข้าสู่ผิวเหล็กได้ช้า และน้อยลง ทั้งนี้เพื่อให้มีเวลาในการแก้ไขสถานการณ์ให้ควบคุมได้

3.2.2 มาตรการฯ ด้านการเก็บพักเชื้อเพลิง

- ติดตั้งกล้องวงจรปิด (CCTV) เชื่อมต่อไปที่ห้องควบคุมส่วนกลางเพื่อสังเกตสภาพภายในพื้นที่เก็บพักเชื้อเพลิงตลอดเวลา
- กำหนดให้พนักงานตรวจสอบสภาพพื้นที่เก็บพักเชื้อเพลิงทุกๆ 2 ชั่วโมง
- จัดให้มีหัวจ่ายน้ำดับเพลิงในบริเวณรอบอาคารและพื้นที่เก็บพักเชื้อเพลิง
- จัดให้มีถังดับเพลิงแบบมือถือภายในพื้นที่เก็บพักเชื้อเพลิงกำหนดพื้นที่เก็บพักเชื้อเพลิงเป็นพื้นที่ที่ห้ามก่อให้เกิดประกายไฟ

3.2.3 การขนส่ง และการเก็บพักสารเคมี

รายละเอียดประเภทและปริมาณสารเคมีที่โครงการใช้ พร้อมทั้งวิธีการขนส่งและการเก็บพักสารเคมีที่โครงการใช้สามารถสรุปโดยสารเคมีที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำใช้ และระบบบัดมลพิษทางอากาศเป็นหลัก มีโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ เป็นสารที่ใช้เป็นสารทำลายเสถียรภาพตะกอนในระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำใช้เพื่อช่วยให้อนุภาคในน้ำง่ายต่อการตกตะกอน มีความต้องการใช้ประมาณ 7.8 ตันต่อปี โดยโครงการจะรับมาจากตัวแทนจำหน่ายภายในประเทศ

ซึ่งจะขนส่งด้วยรถบรรทุก 10 ล้อ ก่อนนำมาเก็บไว้ถังขนาด 30 ลิตร บริเวณห้องเก็บสารเคมีของโครงการ มีปริมาณการขนส่งประมาณ 1 เที่ยวต่อปี

3.2.4 การลำเลียงขยะสู่ขบวนการเผา

ขยะมูลฝอยผ่านการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงของโครงการจะถูกเก็บไว้ในอาคารเก็บเชื้อเพลิง การลำเลียงขยะเข้าสู่ขบวนการเผาไหม้ จะเริ่มจากใช้รถตักขยะตักขยะสู่ระบบสายพานลำเลียงที่เป็นบ่อลึกลงไป 2 เมตร ลำเลียงขยะผ่านสายพานโดยยกระดับสูงขึ้นไป 23 เมตร ขยะจะถูกลำเลียงขึ้นไปก่อนปล่อยตกเข้าห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำที่เป็นระบบปิดชนิดตะกรับขนาด 54 ตันต่อชั่วโมงโดยภายในห้องเผาไหม้จะมีการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์เพื่อเปลี่ยนเป็นก๊าซร้อน ก่อนนำก๊าซร้อนที่ได้มาใช้เป็นแหล่งพลังงานผลิตไฟฟ้าต่อไป

ภาพ 9 การลำเลียงขยะสู่ขบวนการเผา

3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.3.1 ศึกษาแนวทาง ขั้นตอน และกระบวนการในการผลิตเชื้อเพลิงขยะของแต่ละแหล่ง

3.3.2 วิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงขยะจากแต่ละแหล่ง

3.3.3 ศึกษาการใช้เชื้อเพลิงขยะแต่ละแหล่งในการผลิตไฟฟ้า เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าสูงสุด และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการผลิตพลังงาน และประเมินสมรรถนะการทำงานของโรงไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ

3.3.4 เสนอแนวทางการเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานของโรงไฟฟ้า

บทที่ 4
ผลการวิจัย

เชื้อเพลิงขยะหรือเรียกว่า RDF (Refuse Derived Fuel) ในงานวิจัยนี้มาจากการแปรรูปขยะชุมชนหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่ไม่เป็นอันตราย ได้แก่ เศษกระดาษ เศษพลาสติก เศษไม้ และเศษวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ที่ไม่เป็นของเสียอันตรายและผ่านการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงขยะ (RDF) มาแล้ว โดยบริษัทผู้ผลิตเชื้อเพลิงขยะ ซึ่งจะไม่มีการรับซื้อขยะมูลฝอยบริเวณรอบโรงไฟฟ้า แหล่งที่มาของเชื้อเพลิงมาจาก 3 แหล่ง ได้แก่

1) ต.เขาใหญ่ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี
2) ต.อุทัย อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา และ
3) เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร

โดยบริษัทผู้ผลิตเชื้อเพลิงขยะจะทำการแปรรูปขยะมูลฝอยที่รวบรวมได้จากบริเวณโดยรอบเป็นเชื้อเพลิงขยะ (RDF) และขนส่งมายังพื้นที่ของโครงการ

4.1 กระบวนการในการผลิตเชื้อเพลิงขยะ

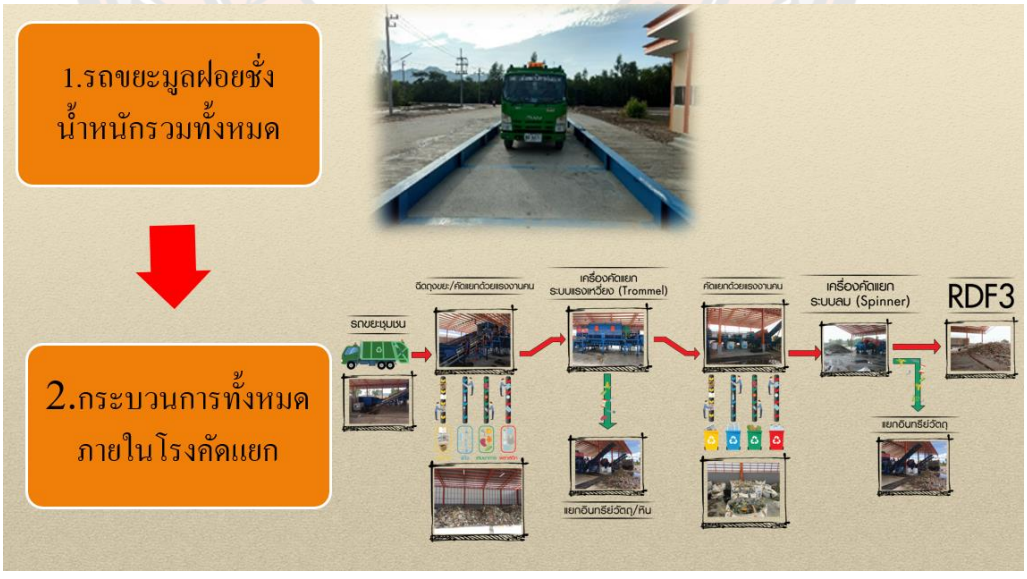
ขยะจากแหล่ง ต.เขาใหญ่ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี [10] เป็นขยะจากขยะมูลฝอยชุมชนที่จัดเก็บได้ในแต่ละวันและขนส่งมาจากแหล่งชุมชนรอบโรงคัดแยก มีวัสดุที่สามารถรีไซเคิลได้ เช่น ขวด กระป๋อง อินทรียวัตถุพวกเศษอาหารที่มีความชื้นสูง พลาสติกและกระดาษที่ได้หลังจากการคัดแยกขยะ ควรมีการเพิ่มขบวนการเก็บในโรงเรือนผึ่งเพื่อให้ความชื้นลดลง ก่อนนำส่งเป็นเชื้อเพลิงขยะ (RDF) สำหรับส่งไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้า

กระบวนการทำงานระบบคัดแยกขยะ

กระบวนการทำงานของเครื่องจักรในระบบคัดแยกขยะมูลฝอย

1. รถขนขยะมูลฝอยบรรทุกขยะมูลฝอยจากชุมชนเข้ามาสู่โรงคัดแยกโดยผ่านเครื่องชั่งและนำไปเทกองในอาคารคัดแยกขยะพร้อมสเปรย์ EM ดับกลิ่น
2. รถตักล้อยางจะตักขยะนำเข้าฮอปเปอร์ หลังจากนั้นขยะจะผ่านสายพานลำเลียงขยะเข้าสู่สายพานคัดแยกชุดแรกก่อนเข้าเครื่องร่อน
3. เครื่องร่อนมีการทำงานแบบหมุนเหวี่ยง ซึ่งจะมีตะแกรงร่อน เศษขยะที่มีขนาดเล็กกว่า 50 มิลลิเมตร จะตกสู่สายพานใต้เครื่องร่อน เพื่อนำไปทำปุ๋ยอินทรีย์

4. สายพานคัดแยก ทำหน้าที่คัดแยกขยะรีไซเคิลที่คัดแยกได้ เช่น ขวดหรือถุงพลาสติกขนาดใหญ่ ฯลฯ โดยทิ้งลงช่องเพื่อรวบรวมและนำไปอัดก้อน เพื่อรอการจำหน่ายต่อไป ส่วนพลาสติกขนาดเล็กปล่อยผ่านให้ไปลงเครื่องสลัดอินทรีย์ ส่วนขยะที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ที่หลงเหลือขึ้นมา ทิ้งลงสายพานข้างสายพานคัดแยกเพื่อนำไปฝังกลบ
5. เครื่องสลัดเศษอินทรีย์หน้าสายพานคัดแยก ทำหน้าที่สลัดอินทรีย์ออกจากพลาสติก โดยอินทรีย์จะตกลงสายพานใต้เครื่องสลัดและจะถูกลำเลียงออกไปเพื่อรอนำไปผลิตปุ๋ยต่อไป
6. ส่วนพลาสติกที่พ่นออกมาจากเครื่องสลัด จะนำเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำมันต่อไป ส่วนอินทรีย์ที่ออกจากเครื่องสลัดจะรวบรวมเข้าสู่กระบวนการทำปุ๋ย
7. วัสดุรีไซเคิล จะถูกเจ้าหน้าที่คัดออกเพื่อแยกประเภทหลังจากผ่านเครื่องคัดแยก
8. วัสดุรีไซเคิล กระดาษ กล่อง ขวดพลาสติก กระป๋อง เศษโลหะ ฯลฯ นำไปอัดแท่งเพื่อส่งขาย เศษพลาสติกที่ผ่านการคัดแยกจากเจ้าหน้าที่จะผ่านเข้าเครื่องสลัดเพื่อแยกเศษอินทรีย์ที่เหลือจากพลาสติก
9. เศษพลาสติกที่เหลือจะถูกนำส่งโรงไฟฟ้าเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงขยะ (RDF)



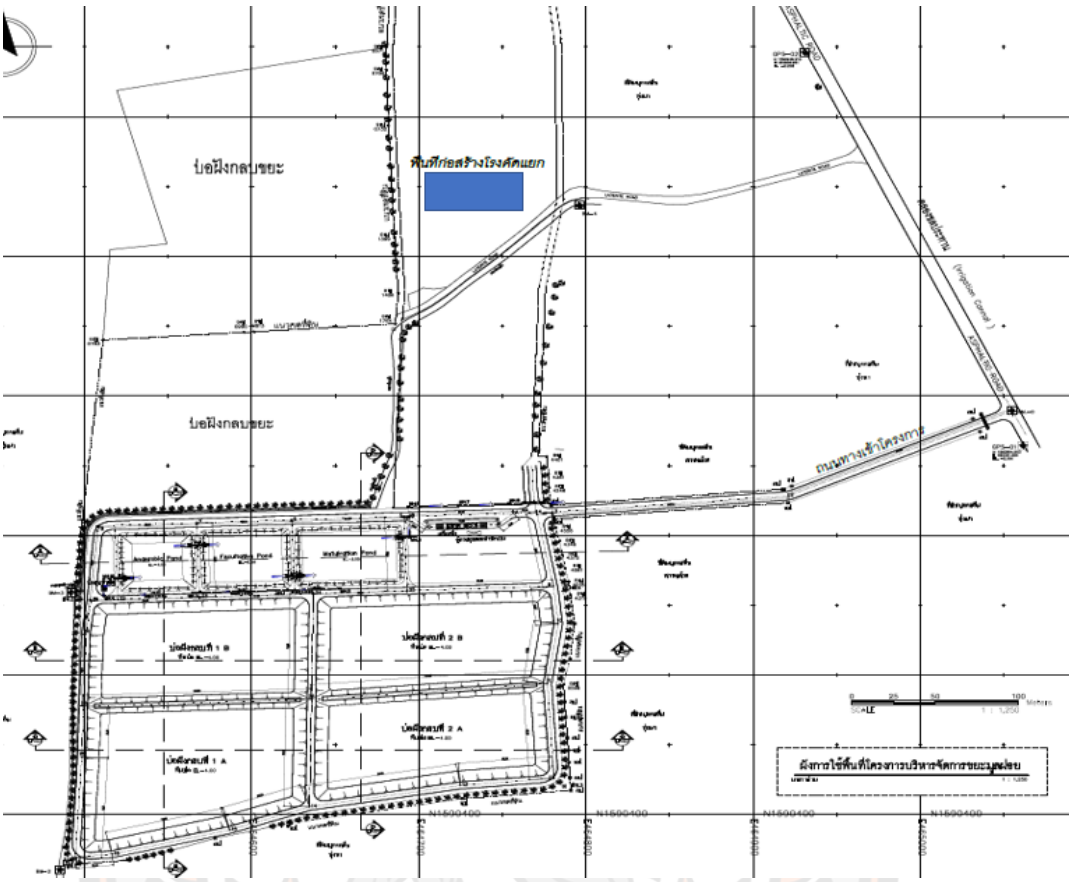
ภาพ 10 กระบวนการคัดแยกขยะของโรงคัดแยก ต. เขาใหญ่ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี

ภาพ 11 ขยะที่ผ่านการคัดแยก ต. เขาใหญ่ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี

ขยะจากแหล่ง ต.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา [11] เป็นขยะจากบ่อขยะเก่า ทำการขุดจากบ่อฝังกลบเดิม ทำให้มีเศษดินและอินทรีย์วัตถุอยู่เป็นจำนวนมาก รวมถึงมีความชื้นสูง หลังจากการคัดแยกขยะควรมีการเพิ่มขบวนการเก็บในโรงเรือนผึ่งเพื่อให้ความชื้นลดลง ก่อนนำส่งเป็นเชื้อเพลิงขยะ (RDF) สำหรับส่งไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้า

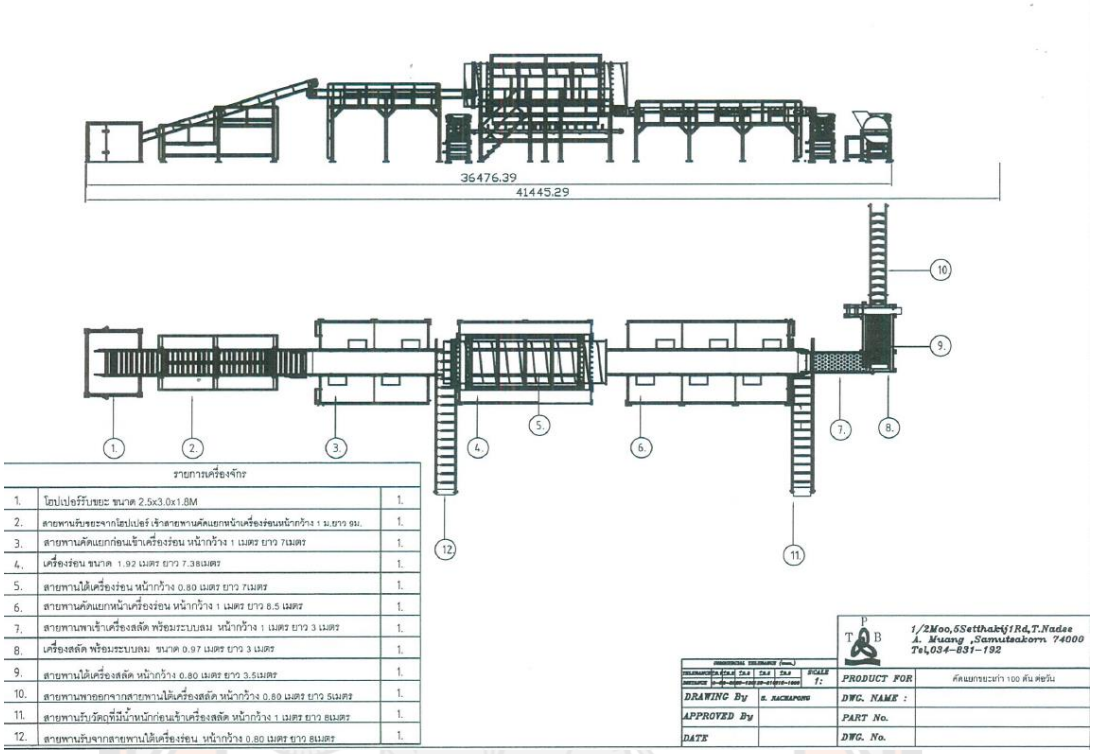
กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ

1. นำขยะเก่าในบ่อฝังกลบเข้าเครื่องคัดแยกเพื่อแยกเศษดินออกจากเศษพลาสติก
2. นำเศษดินจากการคัดแยกมาใช้เป็นสารปรับปรุงดินหรือผสมสูตรเพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์
3. เศษพลาสติกจากการคัดแยกใช้เป็นเชื่อเพลิง RDF สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ



ภาพ 12 ผังบ่อขยะเก่า ต.อุทัย อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา

ภาพ 13 ขยะที่ผ่านการคัดแยก ต.อุทัย อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา



ภาพ 14 เครื่องคัดแยกขยะ 100 ตันต่อวัน ต.อุทัย อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา

ขยะจากแหล่ง เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร [12] เป็นขยะจากขยะมูลฝอยชุมชนที่จัดเก็บได้ในแต่ละวันและขนส่งมาจากแหล่งชุมชนรอบโรงคัดแยก ขยะจะประกอบด้วย ขวด กระป๋อง อินทรย์วัตถุพวกเศษอาหารมีความชื้นสูง รวมถึงพลาสติก กระดาษ เศษไม้ โดยเชื้อเพลิงที่ได้จากแหล่งเชื้อเพลิงนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิง RDF1 เชื้อเพลิง RDF2 และเชื้อเพลิง RDF3 ซึ่งมีกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ที่แตกต่างกันดังนี้

RDF1 ได้จากการคัดแยกโดยใช้เครื่องสับหยาบสำหรับฉีกถุงพลาสติกขนาดใหญ่ลำเลียงตามสายพาน และใช้แรงงานคนเพื่อคัดแยกเพื่อวัสดุที่สามารถรีไซเคิลได้ โดยแยกขวด กระป๋อง เหล็ก ออกมา อินทรีย์วัตถุจะถูกส่งไปที่ถังหมัก ส่วนพลาสติกและกระดาษที่ได้หลังจากการคัดแยกผ่านกระบวนการนี้ จัดเป็นเชื้อเพลิง RDF1 สำหรับส่งไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้า

RDF2 ได้จากอินทรีย์วัตถุที่ถูกคัดแยกจากกระบวนการคัดแยก RDF1 รวบรวมเข้าสู่ถังหมัก (BIO DAM) เพื่อหมักให้เกิดก๊าซนำไปผลิตไฟฟ้า หลังจากขยะผ่านกระบวนการหมัก และผ่านกระบวนการคัดแยกสารอินทรีย์โดยการบีบเพื่อลดความชื้น จากนั้นจะนำไปทำการร่อน

เพื่อให้ขยะที่ได้มีขนาดที่เล็กกว่า RDF1 โดยมีขนาด 5-10 เซนติเมตร และจัดเป็นเชื้อเพลิง RDF2 สำหรับส่งไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้า

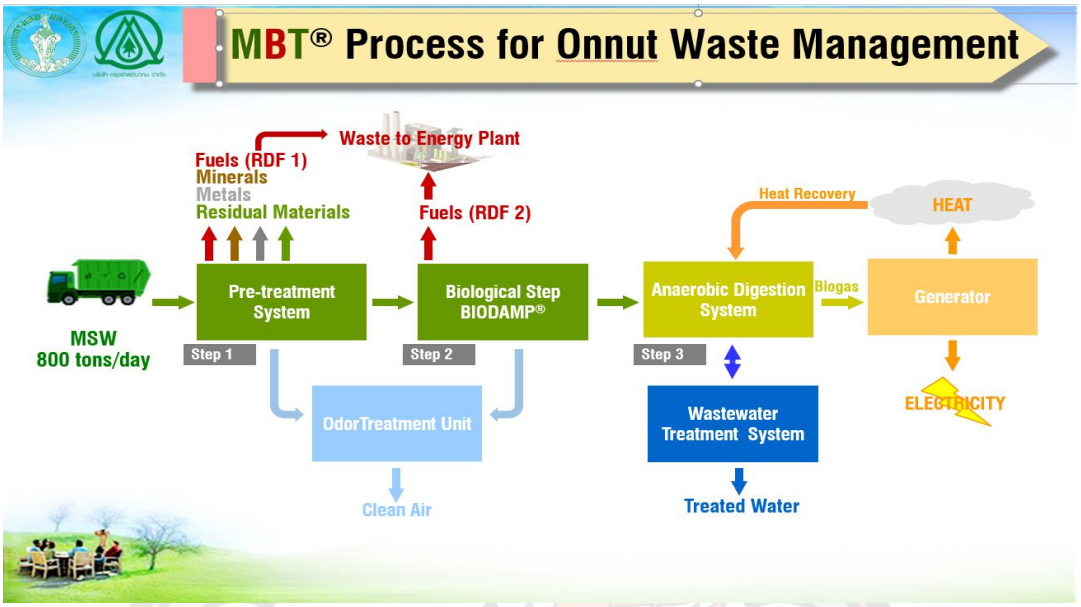
RDF3 ที่ศูนย์คัดแยกขยะอ่อนนุชมีการมีการเพิ่มเครื่องคัดแยกขยะขึ้นอีก 1 ชุด โดยขบวนการคัดแยกขยะเหมือนขบวนการคัดแยก RDF1 แต่มีการเพิ่มเครื่องสับละเอียดเพื่อทำให้ RDF1 ขนาดเล็กลง และจัดเป็นเชื้อเพลิง RDF3 สำหรับส่งไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้า

กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ

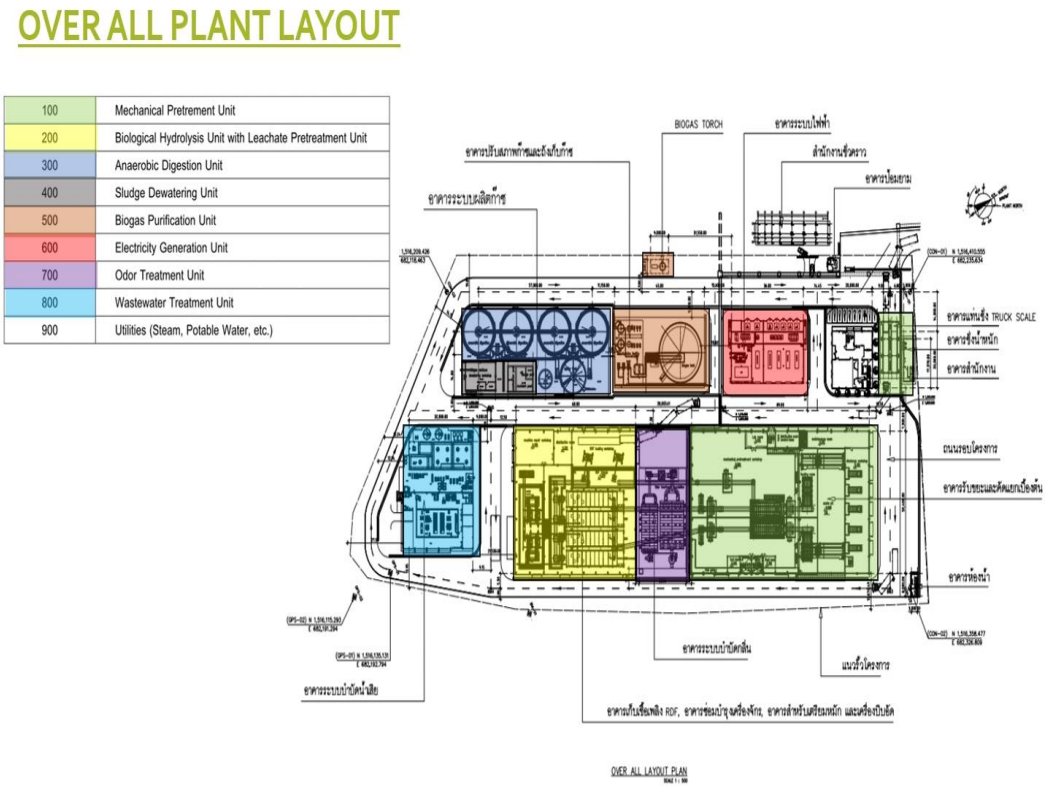
การออกแบบระบบบริหารจัดการมูลฝอยชุมชนเพื่อผลิตพลังงาน ขนาด 800 ตันต่อวันที่ศูนย์กำจัดมูลฝอยอ่อนนุชนี้ เป็นการออกแบบระบบจัดการมูลฝอยชุมชนด้วยเทคโนโลยี Mechanical Biological Treatment (MBT) ที่ได้รับการพัฒนาในประเทศเยอรมนี โดยเป็นนวัตกรรมการจัดการมูลฝอยที่เรียกว่า Maximum Yield Technology (MYT®) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของเทคโนโลยี MBTเทคโนโลยีนี้มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับมูลฝอยรวม (Mixed Waste) เช่นเดียวกันกับมูลฝอยของกรุงเทพมหานคร และเพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่จะนำมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ใหม่ในรูปแบบพลังงานทดแทน (Waste to Energy) ตามนโยบายของกรุงเทพมหานคร ดังนั้นในการออกแบบระบบจัดการมูลฝอยชุมชนด้วยเทคโนโลยี MBT จึงมุ่งเน้นการดึงศักยภาพของมูลฝอยชุมชนมาใช้ประโยชน์ในรูปของเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel; RDF) จากมูลฝอยอนินทรีย์ เช่น กระดาษ พลาสติก เป็นต้น และการผลิตกระแสไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพที่ได้มาจากมูลฝอยอินทรีย์โดยผ่านกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion; AD)

รายละเอียดของระบบจัดการมูลฝอยด้วยเทคโนโลยี MBT ระบบผลิตไฟฟ้า และระบบบำบัดกลิ่นที่ออกแบบไว้ประกอบด้วย 9 หน่วยบำบัด ดังต่อไปนี้

1) ระบบคัดแยกเบื้องต้นด้วยวิธีเชิงกล (Mechanical Pretreatment Unit)
2) ระบบย่อยสลายทางชีวภาพ (Biological Hydrolysis Unit)
3) ระบบบำบัดน้ำชะมูลฝอยเบื้องต้น (Leachate Pretreatment Uni
4) ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion Unit)
5) ระบบรีดน้ำออกจากตะกอน (Sludge Dewatering Unit)
6) ระบบทำก๊าซชีวภาพให้บริสุทธิ์ (Biogas Purification Unit)
7) ระบบผลิตไฟฟ้า (Electrical Generation Unit)
8) ระบบบำบัดกลิ่น (Odor Treatment Unit)
9) ระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment Unit)



ภาพ 15 ผังแสดงภาพรวมขั้นตอนการจัดการมูลฝอยด้วยกระบวนการ MBT และองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง



ภาพ 16 แผนผังโรงคัดแยกขยะ ที่เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร

การอธิบายกระบวนการของระบบนี้ จะแบ่งตามหน่วยการบำบัดต่าง ๆ ภายในระบบบริหารจัดการมูลฝอยด้วยเทคโนโลยี MBT โดยขั้นตอนหลักของระบบ วัตถุประสงค์การบำบัด และองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องโดยรวมทั้งหมด ดังตารางที่ 2

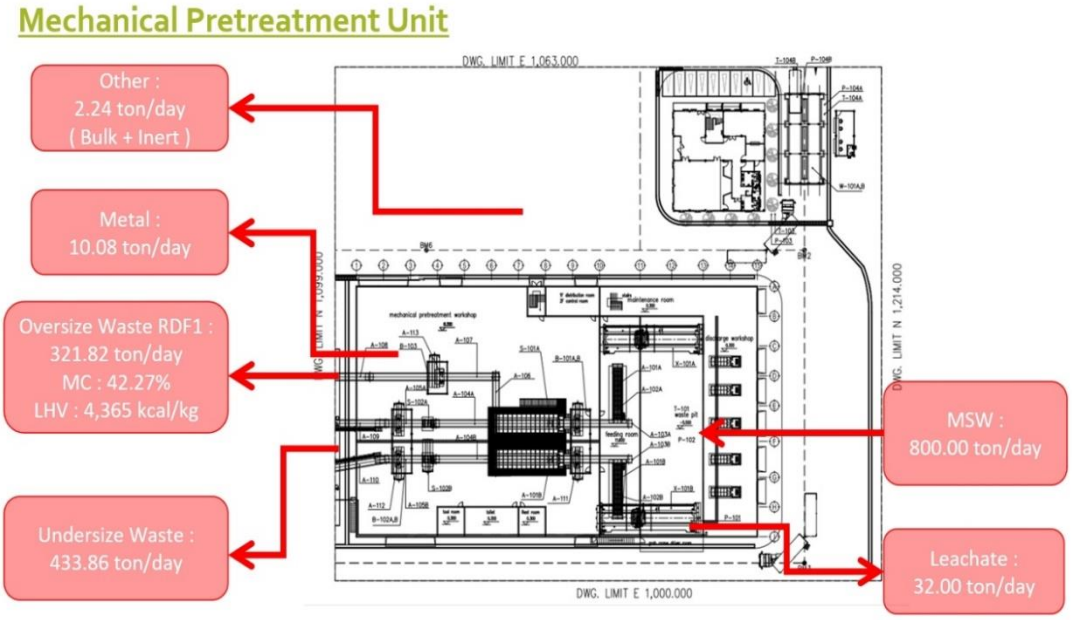
ตาราง 2 องค์ประกอบและอุปกรณ์หลักของระบบจัดการมูลฝอยด้วยกระบวนการ MBT

ลำดับที่	หน่วยการบำบัด	อุปกรณ์ / เครื่องจักรหลัก	วัตถุประสงค์การบำบัด
1	ระบบคัดแยกเบื้องต้นด้วยวิธีเชิงกล (Mechanical Pretreatment Unit)	บ่อรับขยะ (Waste Pit; T-101) เครื่องชั่งน้ำหนัก (Weight Bridge; W-101A,B) เครื่องคีบขยะ (Grab Crane; X-101 A,B)	รองรับมูลฝอยที่จะป้อนเข้าสู่ระบบและจะมีการคัดแยกมูลฝอยขนาดใหญ่ออก เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับหน่วยบำบัด
		เครื่องป้อนมูลฝอย (Plate Feeder; A-101 A,B)	ป้อนมูลฝอยเข้าระบบบำบัด
		การคัดแยกด้วยมือ 1 (Hand Sorting 1; B-101A,B)	คัดแยกมูลฝอยที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ (Inert Waste) และมูลฝอยที่มีขนาดใหญ่
		ตะแกรงแยกขยะแบบหมุน (Drum Screen; S-101A,B)	ฉีกถุงและคัดแยกมูลฝอยออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ มูลฝอยขนาดใหญ่ (≥120 มิลลิเมตร) เพื่อนำไปเป็น RDF ส่วนแรก (RDF 1) และมูลฝอยขนาดเล็ก (<120 มิลลิเมตร) เพื่อส่งไปถังเตรียมหมัก
		เครื่องแยกโลหะ (Magnetic Separator; S-102A,B)	คัดแยกโลหะออกจากมูลฝอย
		การคัดแยกด้วยมือ 2 (Hand Sorting 2; B-102A,B)	คัดแยกมูลฝอยที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ (Inert Waste)
		การคัดแยกด้วยมือ 3 (Hand Sorting 3; B-103)	คัดแยกมูลฝอยที่สามารถนำไปขายหรือใช้ประโยชน์ได้ รวมถึงมูลฝอยที่ไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็น RDF
2	ระบบย่อยสลายทางชีวภาพ (Biological Hydrolysis Unit)	ถังเตรียมหมัก (BIODAMP; R-201A,B,C,D)	ชะล้างสารอินทรีย์ออกจากมูลฝอยของแข็งและเก็บกักมูลฝอยเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาคายน้ำ (Biological Hydrolysis)
		เครื่องบีบอัด (Screw Press; S-201A,B,C,D)	แยกน้ำหมักมูลฝอยเข้มข้นและมูลฝอยของแข็ง (RDF 2)
3	ระบบบำบัดน้ำชะมูลฝอยเบื้องต้น (Leachate Pretreatment Unit)	เครื่องกรองหยาบ (Coarse Grid; S-202A,B,C,D)	แยกของแข็งขนาดใหญ่ (≥ 5 mm) ออกจากน้ำหมักมูลฝอยเข้มข้น
		เครื่องแยกกรวดทรายด้วยอากาศ (Aerating Sand Removal Machine; S-203A,B,C,D)	แยกกรวด ทรายและตะกอนหนักรวมถึงตะกอนลอยออกจากน้ำหมักมูลฝอยเข้มข้น
		เครื่องกรองละเอียด (Fine Grid; S-204A,B,C,D)	แยกของแข็งขนาดเล็ก(≥ 2 mm) ออกจากน้ำหมักมูลฝอยเข้มข้น
4	ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศและระบบรีดน้ำ	ถังพักน้ำเสีย (Leachate Buffer Tank; T-301)	รับน้ำหมักเข้มข้นก่อนส่งเข้าถังหมักก๊าซชีวภาพ

ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับที่	หน่วยการบำบัด	อุปกรณ์ / เครื่องจักรหลัก	วัตถุประสงค์การบำบัด
	ออกจากตะกอน (Anaerobic Digestion Unit และ Sludge Dewatering Unit)	ถังหมักก๊าซชีวภาพ (Anaerobic Digestion Reactor; R-301A,B,C,D)	บำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนหมักแบบไร้อากาศเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ
		บ่อรวมตะกอน (Sludge Pool; T-401)	รวบรวมตะกอนจากระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศก่อนส่งเข้าระบบแยกตะกอนออกจากน้ำ
		เครื่องเหวี่ยงตะกอน (Sludge Dewatering Machine; S-401)	แยกตะกอนของแข็ง (Biosludge) ออกจากน้ำเสีย
5	ระบบทำก๊าซชีวภาพให้บริสุทธิ์และระบบผลิตไฟฟ้า (Biogas Purification Unit และ Electricity Generation Unit)	หอกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Desulfurizing Tower; C-501A,B)	กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ปนเปื้อนอยู่ในก๊าซชีวภาพ
		ถังเก็บก๊าซชีวภาพ (Biogas Tank; T-503)	กักเก็บก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ก่อนส่งเข้าเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า
		เครื่องผลิตไฟฟ้า (Biogas Generator; G-601A,B,C, G-602)	ผลิตกระแสไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ภายในโครงการและส่งไปจำหน่าย
6	ระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment Unit)	ระบบบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment Unit)	รับน้ำเสียจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศมาบำบัดจนผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ก่อนส่งไปรวบรวมเพื่อระบายทิ้งยังระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางอ่อนนุช (CWTP)
7	ระบบบำบัดกลิ่น (Odor Treatment Unit)	ระบบบำบัดกลิ่น (Water Scrubber; C-701, C-703 และ Biofilter; C-702, C-704)	รวบรวมอากาศจากแหล่งกำเนิดกลิ่นต่างๆ ภายในโครงการมาบำบัดก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ
8	อื่นๆ	บ่อเก็บรวบรวมเชื้อเพลิงขยะ (RDF Pit; T-102)	เก็บรวบรวม RDF1 และ RDF2 ก่อนส่งไปจำหน่าย

ระบบคัดแยกเบื้องต้นด้วยวิธีเชิงกล (Mechanical Pretreatment Unit)



ภาพ 17 แผนผังโรงคัดแยกขยะด้วยกระบวนการ MBT

รถเก็บขนมูลฝอยชุมชนจะถูกชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการส่งมูลฝอยเข้าไปบำบัดในระบบ เพื่อบันทึกน้ำหนักรถขนส่งมูลฝอยและคำนวณปริมาณมูลฝอยที่ส่งเข้ามาบำบัด รวมถึงบันทึกน้ำหนักรถขนส่ง RDF ขาเข้าและขาออกเพื่อคำนวณปริมาณ RDF ที่จะส่งออกไปขาย มูลฝอยที่ผ่านการชั่งน้ำหนักแล้วจะถูกขนส่งต่อไปยังระบบคัดแยกเบื้องต้นด้วยวิธีเชิงกล (Mechanical Pretreatment Unit) การคัดแยกเบื้องต้นด้วยวิธีเชิงกลสำหรับมูลฝอยชุมชนที่ส่งเข้ามาในระบบจัดการมูลฝอยด้วยเทคโนโลยี MBT เริ่มต้นจากการเทขยะจากรถเก็บมูลฝอยไปยังพื้นที่รับมูลฝอยที่มีลักษณะเป็นบ่อลึกจากระดับรถเก็บขนมูลฝอย โดยออกแบบไว้สำหรับรองรับมูลฝอยได้ประมาณ 2 วัน บริเวณบ่อรับมูลฝอยจะมีการติดตั้ง Grab Crane จำนวน 2 ตัว เพื่อทำการคัดแยกวัสดุแปลกปลอมขนาดใหญ่ที่อาจทำให้เครื่องจักรในขั้นตอนต่อไปเสียหาย เช่น เศษกิ่งไม้ขนาดใหญ่ เศษคอนกรีตขนาดใหญ่ เป็นต้น และเพื่อทำการป้อนมูลฝอยลงสู่ Plate Feeder ทั้ง 2 เครื่อง โดยจะแบ่งมูลฝอยออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน Grab Crane สามารถคีบมูลฝอยได้ปริมาณ 8 ลูกบาศก์เมตรหรือประมาณ 4.8 ตันต่อครั้ง ภายใน Plate Feeder มีการติดตั้ง Feeding Roller 2 ตัวต่อ Plate Feeder 1 ตัว เพื่อทำการเกลี่ยมูลฝอยที่อยู่บนสายพานให้มีความสม่ำเสมอไม่สูงจนเกินไปและง่ายต่อการคัดแยกในหน่วยถัดไป จากนั้นมูลฝอยจะถูกลำเลียงด้วยสายพาน Hand Sorting Belt 1 ผ่านหน่วยการคัดแยกด้วยมือหน่วยที่ 1 หรือ Hand Sorting 1 เพื่อทำการคัดแยก

วัสดุหรือสิ่งแปลกปลอมขนาดใหญ่อื่นๆ ที่อาจจะทำให้เครื่องจักรในหน่วยคัดแยกถัดไปเสียหาย เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ชำรุด เศษอิฐ รองเท้า เป็นต้น มูลฝอยที่ผ่านหน่วยการคัดแยกนี้แล้วจะถูกลำเลียงเข้าสู่ตะแกรงดักขยะแบบหมุน หรือ Drum Screen ที่ได้รับการออกแบบมาเป็นพิเศษโดยมีใบมีดสำหรับฉีกถุงพลาสติกบรรจุมูลฝอยให้ขาด ซึ่งสามารถใช้ได้กับถุงพลาสติกบรรจุมูลฝอยทุกขนาด การใช้ตะแกรงดักขยะแบบหมุนที่ออกแบบให้มีใบมีดสำหรับฉีกถุงมูลฝอยนี้ จะสามารถแก้ไขปัญหามูลฝอยที่บรรจุอยู่ภายในถุงซ้อนถุงได้ เนื่องจากน้ำหนักของมูลฝอยที่อยู่ภายในถุงจะช่วยทำให้การฉีกถุงด้วยใบมีดง่ายขึ้น มูลฝอยที่ผ่านตะแกรงดักขยะแบบหมุนจะถูกแยกตามขนาดออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

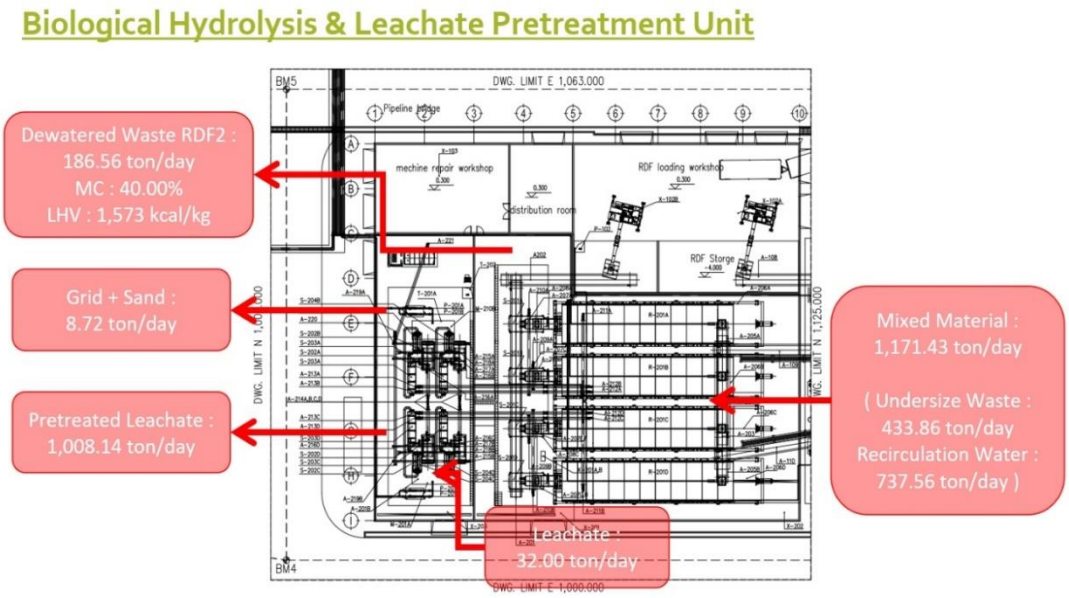
กลุ่มที่ 1 มูลฝอยที่มีขนาดเล็กกว่า 120 มิลลิเมตร (Undersize Waste) มูลฝอยกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะเป็นมูลฝอยอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ มูลฝอยกลุ่มนี้จะถูกลำเลียงด้วยสายพาน Undersize Waste Belt ผ่านเครื่องคัดแยกโลหะ (Magnetic Separator) เพื่อคัดแยกโลหะที่ปะปนอยู่ในมูลฝอยออกไปจำหน่ายหรือนำกลับมาใช้ใหม่จากนั้น มูลฝอยจะถูกลำเลียงต่อด้วยสายพาน Hand Sorting Belt 2 ผ่านหน่วยการคัดแยกด้วยมือหน่วยที่ 2 หรือ Hand Sorting 2 เพื่อแยกขยะที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ (Inert Waste) ก่อนส่งไปกำจัดแบบถูกหลักสุขาภิบาลต่อไป มูลฝอยขนาดเล็กที่ผ่านระบบการคัดแยกเบื้องต้นนี้แล้ว จะถูกลำเลียงไปยังระบบย่อยสลายทางชีวภาพ (Biological Hydrolysis Unit) ด้วยสายพาน Feeding Belt for BIODAMP 1 และ Feeding Belt for BIODAMP 2

กลุ่มที่ 2 มูลฝอยที่มีขนาดใหญ่กว่า 120 มิลลิเมตร (Oversize Waste) มูลฝอยกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะเป็นมูลฝอยที่มีขนาดใหญ่ มีค่าความร้อนสูง และย่อยสลายได้ยาก เช่น ถุงพลาสติก กระดาษ ผ้า และบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็น RDF ได้ มูลฝอยกลุ่มนี้จะถูกลำเลียงด้วยสายพาน Oversize Waste Belt 1 และ Hand Sorting Belt 3 ไปยังหน่วยการคัดแยกด้วยมือ 3 หรือ Hand Sorting 3 เพื่อแยกมูลฝอยขนาดใหญ่ที่สามารถนำกลับไปขายหรือใช้ประโยชน์ได้ เช่น ขวดน้ำพลาสติก บรรจุภัณฑ์พลาสติกต่างๆ จากนั้นมูลฝอยขนาดใหญ่หรือ RDF1 จะถูกส่งไปเก็บยังบ่อเก็บ RDF (RDF Pit) โดยใช้สายพานลำเลียง Oversize Waste Belt 2 ภายในบ่อเก็บ RDF จะถูกแบ่งเป็นสองบ่อย่อยสำหรับเก็บ RDF1 (จากระบบคัดแยกเบื้องต้นด้วยวิธีเชิงกล) และ RDF2 (จากเครื่อง Screw Press) ตามลำดับ บริเวณภายในอาคาร RDF Storage Workshop จะมีรถคีบ หรือ Grab Vehicle ทั้งหมด 2 คัน ซึ่งทำหน้าที่คีบ RDF ใส่รถบรรทุกเพื่อส่งไปจำหน่ายต่อไป น้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในระบบคัดแยกเบื้องต้นด้วยวิธีเชิงกลในบริเวณต่างๆ เช่น บริเวณเครื่องชั่งน้ำหนัก (Weighbridge) บ่อรับขยะ (Waste Pit) เครื่องป้อนขยะ (Plate Feeder)

สายพานลำเลียง (Belt) เป็นต้น จะถูกรวบรวมไว้ที่บ่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอย (Leachate Collection Sump) ของบ่อรับขยะ (Waste Pit) ก่อนส่งไปรวมผสมกับน้ำชะมูลฝอยจากแหล่งอื่นๆ ด้วย Waste Leachate Pump เพื่อทำการบำบัดต่อไปที่ระบบบำบัดน้ำชะมูลฝอยเบื้องต้น (Leachate Pretreatment Unit) ส่วนน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นภายใน RDF Pit จะถูกเก็บรวบรวมไว้ที่บ่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอย (Leachate Collection Sump) ของบ่อเก็บ RDF (RDF Pit) ก่อนส่งไปบำบัดด้วย RDF Leachate Pump ที่ระบบบำบัดน้ำชะมูลฝอยเบื้องต้น (Leachate Pretreatment Unit) เช่นเดียวกับน้ำชะมูลฝอยจากบ่อรับขยะ (Waste Pit) และจากการล้างพื้นบริเวณ RDF Storage Workshop จะถูกรวบรวมไปที่บ่อรวบรวมน้ำเสีย (Wastewater Pit) ระบบคัดแยกเบื้องต้นด้วยวิธีเชิงกลได้รับการออกแบบและติดตั้งอยู่ภายในอาคารระบบปิด เพื่อป้องกันปัญหาเรื่องกลิ่นรบกวนต่อชุมชนรอบข้าง นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งท่อเก็บรวบรวมอากาศที่มีกลิ่นเหม็นภายในอาคารรวมถึงอุปกรณ์และเครื่องจักรต่างๆ ในระบบส่งไปบำบัดที่ระบบบำบัดกลิ่น (Odor Treatment Unit) เพื่อทำให้อากาศภายในอาคารอยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการทำงานของพนักงาน นอกจากนี้ภายในหน่วยการคัดแยกด้วยมือ (Hand Sorting 1,2,3) ซึ่งเป็นบริเวณที่พนักงานจำเป็นต้องเข้าไปทำงาน จะมีการติดตั้ง Fresh Air-Conditioning System ทั้ง 3 ชุด เพื่อทำการแลกเปลี่ยนอากาศสะอาดจากภายนอกเข้ามาหมุนเวียนภายในห้องคัดแยกอีกด้วย

ภายในบริเวณ Machine Repairing Workshop จะมีการติดตั้ง Bridge Crane for Machine Repairing Workshop สำหรับใช้เคลื่อนย้ายอุปกรณ์และเครื่องจักรต่าง ๆ เพื่อทำการซ่อมบำรุง

ระบบย่อยสลายทางชีวภาพ (Biological Hydrolysis Unit)

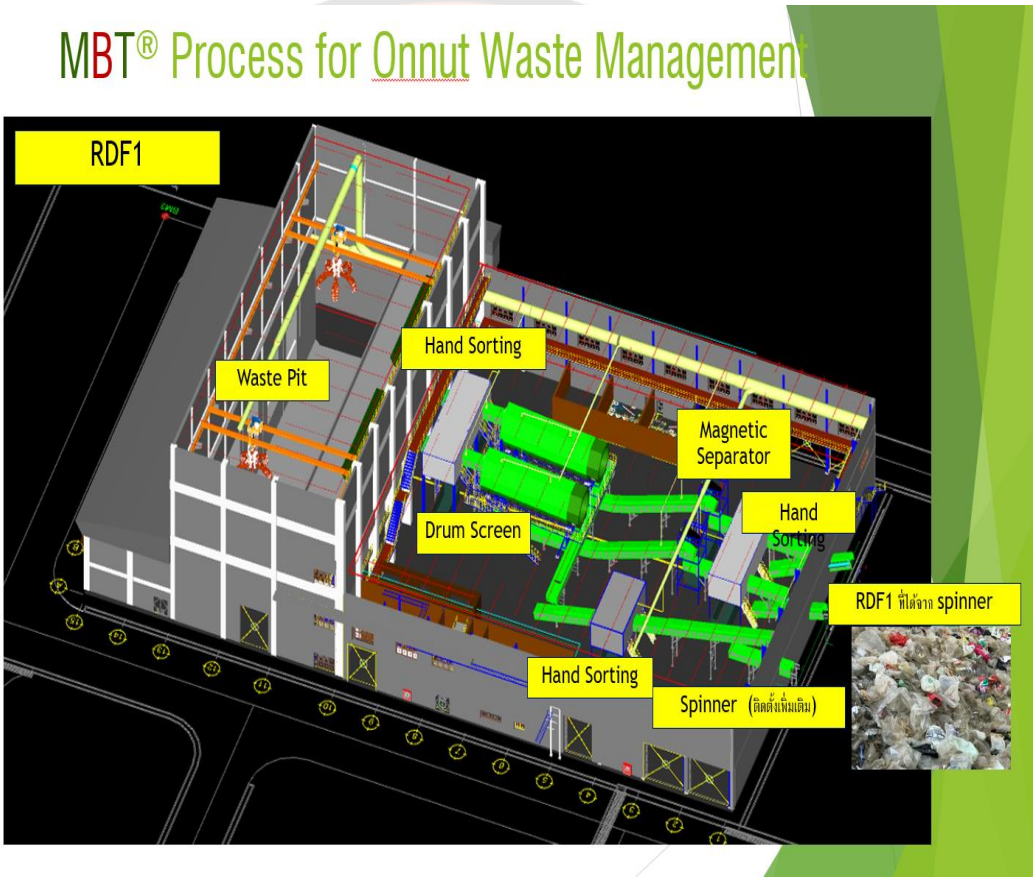


ภาพ 18 แผนผังโรงคัดแยกขยะด้วยกระบวนการ Biological Hydrolysis

ระบบย่อยสลายทางชีวภาพ (Biological Hydrolysis Unit) เป็นกระบวนการชะล้างสารอินทรีย์ออกจากมูลฝอยของแข็งและทำการหมักมูลฝอยเบื้องต้นด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เพื่อให้ได้น้ำหมักมูลฝอยที่มีความเหมาะสมสำหรับกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion Unit)กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Hydrolysis) เป็นขั้นตอนการย่อยสารโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ไปเป็นกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิกกรดบิวทีริก กรดแลกติก และเอทธานอล เป็นต้น ปฏิกิริยานี้มีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้อง เช่นความเข้มข้นของสารอินทรีย์ จำนวนแบคทีเรีย ค่าความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ สารพิษปนเปื้อนต่างๆ เป็นต้นน้ำหมักมูลฝอยที่ได้ในขั้น ตอนนี้นอกจากจะมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงแล้ว ยังมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย (ค่า pH ประมาณ 5-6) ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศ ส่งผลให้กระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศมีประสิทธิภาพและเสถียรภาพสูงระบบย่อยสลายทางชีวภาพ (Biological Hydrolysis Unit) ประกอบด้วย BIODAMP และ Screw Press จำนวน 4 ชุด โดยมูลฝอยขนาดเล็กกว่า120 มิลลิเมตร ที่ผ่านระบบการคัดแยกเบื้องต้นด้วยวิธีเชิงกล (Mechanical Pretreatment Unit) จะถูกลำเลียงเข้าสู่ถังเตรียมหมักด้วยสายพาน Feeding Belt for BIODAMP 1 และFeeding Belt for BIODAMP 2 สายพาน Feeding Belt for BIODAMP 1 จะส่งมูลฝอยขนาดเล็กไปที่ Reversible

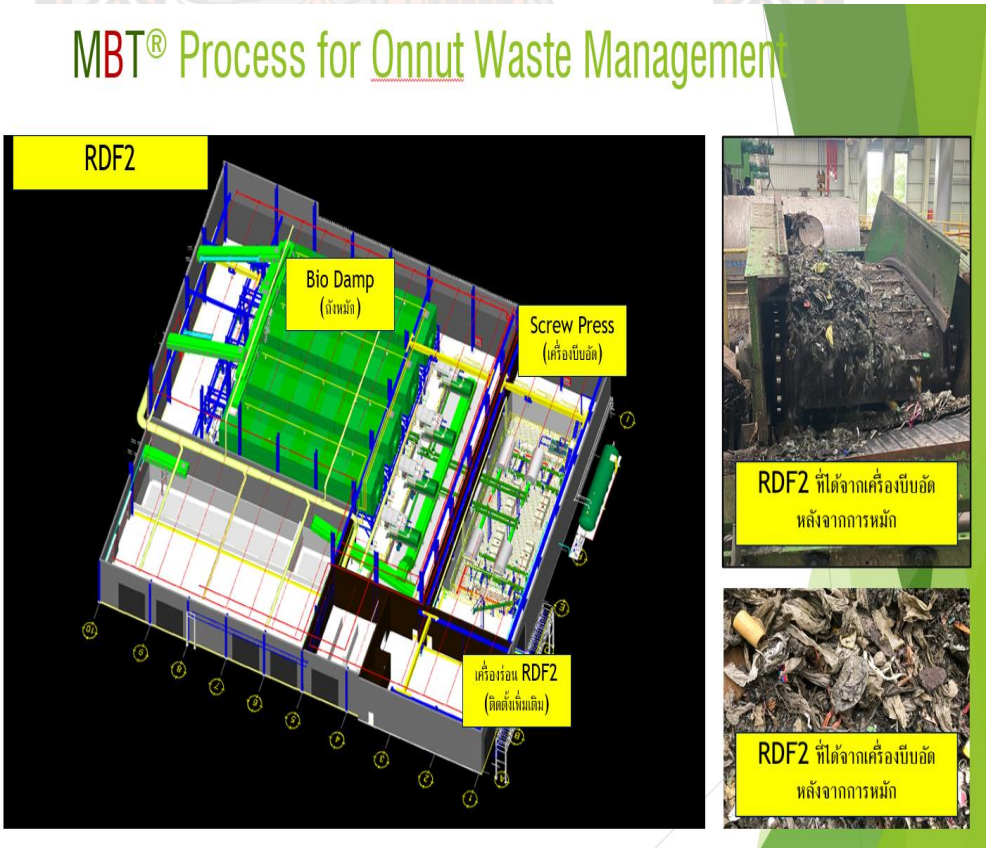
Belt 3 แล้วถูกลำเลียงไปที่ Reversible Belt 2A เพื่อแบ่งมูลฝอยเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กันตามทิศทางการทำงานแบบสลับของสายพานลำเลียงเพื่อส่งเข้าถังเตรียมหมักมูลฝอย BIODAMP A,B ส่วนสายพาน Feeding Belt for BIODAMP2 จะส่งมูลฝอยไปที่ Reversible Belt 1 จากนั้นมูลฝอยขนาดเล็กจะถูกป้อนไปยัง Reversible Belt 2B แล้วจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กันตามทิศทางการทำงานแบบสลับของสายพานลำเลียงเพื่อส่งเข้าถังเตรียมหมักมูลฝอย BIODAMP C,D ในระหว่างกระบวนการหมักมูลฝอยจะมีการเติมน้ำส่วนใสจากระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion Unit) เข้าไปใน BIODAMP เพื่อเพิ่มความชื้นรวมถึงชะล้างสารอินทรีย์จากมูลฝอยในระบบโดยใช้ BIODAMP Spraying Pump ภายในถังเตรียมหมักจะมีการติดตั้งเครื่องกวนผสม (BIODAMP Mixer) เพื่อให้เกิดการกวนผสมภายในถังเตรียมหมักอย่างทั่วถึง ส่งผลให้จุลชีพทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกทั้งยังช่วยชะล้างสารอินทรีย์ที่เกาะอยู่ตามมูลฝอยของแข็งให้หลุดออกมากับน้ำชะมูลฝอยได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิภายในถังเตรียมหมัก BOIDAMP จะถูกควบคุมให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยการใช้ไอน้ำ (Medium steam) มาผสมกับน้ำส่วนใสจากระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศที่ Steam-Water Mixer ก่อนป้อนเข้าสู่ถังเตรียมหมักมูลฝอยจะใช้เวลาย่อยสลายภายในถังเตรียมหมักประมาณ 2-3 วัน น้ำหมักมูลฝอยที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงจะถูกลำเลียงออกจากถังเตรียมหมักด้วย BIODAMP Hopper Screw Conveyor บริเวณด้านล่างของถังเตรียมหมักก่อนถูกลำเลียงไปยัง BIODAMP Leachate Screw Conveyor 1 ทั้ง 2 ตัว โดย BIODAMP Leachate Screw Conveyor ตัวที่ 1 รองรับน้ำหมักมูลฝอยจาก BIODAMP A,B ส่วน BIODAMP Leachate Screw Conveyor ตัวที่ 2 รองรับน้ำหมักมูลฝอยจาก BIODAMP C,D ซึ่งจะมีการผสมกับน้ำชะมูลฝอยจากแหล่งรวบรวมต่างๆ คือ Waste Pit RDF Pit และ Wastewater Pit เข้าด้วยกัน จากนั้นน้ำชะมูลฝอยจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเพื่อส่งไปยัง BIODAMP Leachate Screw Conveyor 2 ก่อนจะส่งไปยัง Confluence Screw Conveyor ในระบบบำบัดน้ำชะมูลฝอยเบื้องต้น (Leachate Pretreatment Unit) ต่อไป ส่วนมูลฝอยที่อยู่ภายในถังเตรียมหมักจะถูกลำเลียงออกมาด้วย BIODAMP Double Screw Conveyor ไปยังScrew Press เพื่อทำการแยกมูลฝอยของแข็งและน้ำหมักมูลฝอยออกจากกัน มูลฝอยของแข็ง (Dewatered Solid Waste; RDF2) ที่ผ่านเครื่องบีบอัดแล้วสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมได้ RDF2 ที่ได้ในขั้นตอนนี้จะถูกลำเลียงโดยสายพาน Solid Residue Belt 1 และ 2 ไปเก็บยังบ่อเก็บ RDF เช่นเดียวกับ RDF1 ที่ได้จากระบบการคัดแยกเบื้องต้นด้วยวิธีเชิงกล ส่วนน้ำหมักมูลฝอยที่ได้จากเครื่องบีบอัดจะถูกส่งไปยัง Confluence Screw Conveyor ในระบบบำบัดน้ำชะมูลฝอยเบื้องต้นต่อไปด้วย Dewatering Leachate Screw Conveyor 1 และ 2

อากาศภายใน BIODAMP Screw Press และภายในอาคารระบบ Biological Hydrolysis Unit จะถูกรวบรวมเพื่อส่งไปบำบัดกลิ่นที่ระบบบำบัดกลิ่น (Odor Treatment Unit) ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศภายในอาคารระบบ Biological Hydrolysis Unit บริเวณด้านหน้าของถังเตรียมหมัก BIODAMP A,B,C,D จะมีการติดตั้ง Bridge Crane for Agitator Motor ใช้สำหรับเคลื่อนย้ายมอเตอร์ของ BIODAMP Mixer เพื่อทำการซ่อมบำรุง ส่วนบริเวณพื้นที่ติดตั้ง Screw Press A,B,C,D จะมีการติดตั้ง Bridge Crane for Dewatering Workshop สำหรับใช้ในการเคลื่อนย้ายและการซ่อมบำรุงเช่นเดียวกัน

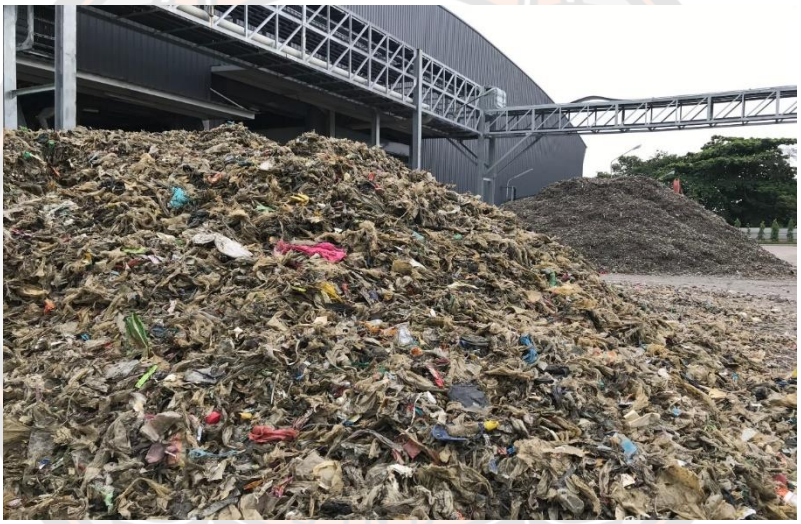


ภาพ 19 ขบวนการผลิต RDF1 ที่เขตอ่อนนุช

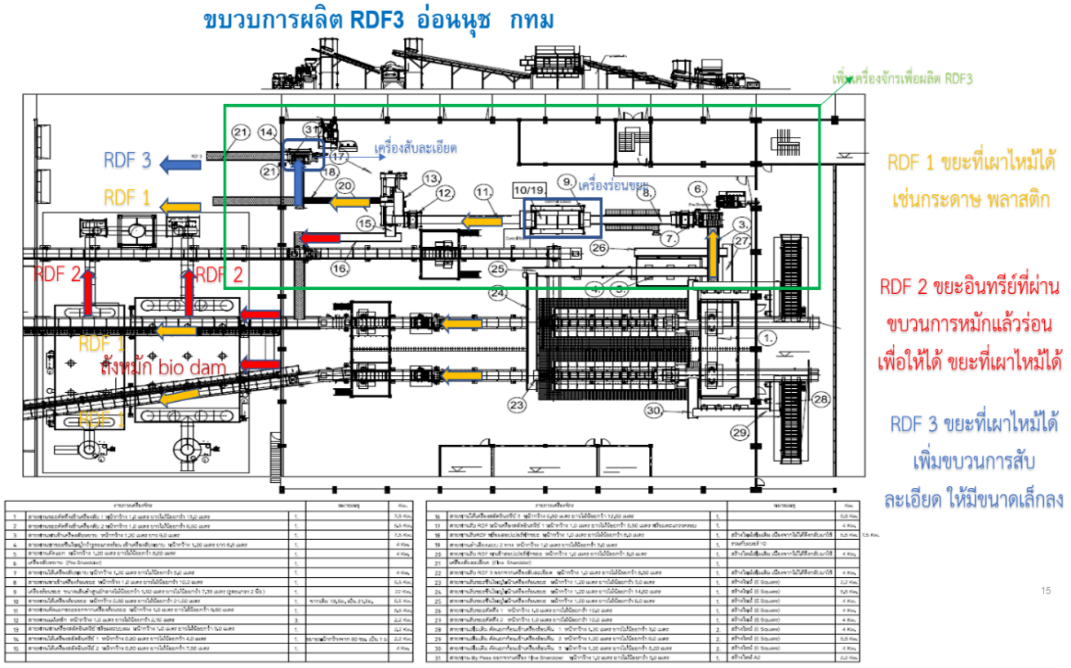
ภาพ 20 ลักษณะ RDF1 ที่ได้จากการผลิต



ภาพ 21 ขบวนการผลิต RDF2 ที่เขตอ่อนนุช



ภาพ 22 ลักษณะ RDF2 ที่ได้จากการผลิต



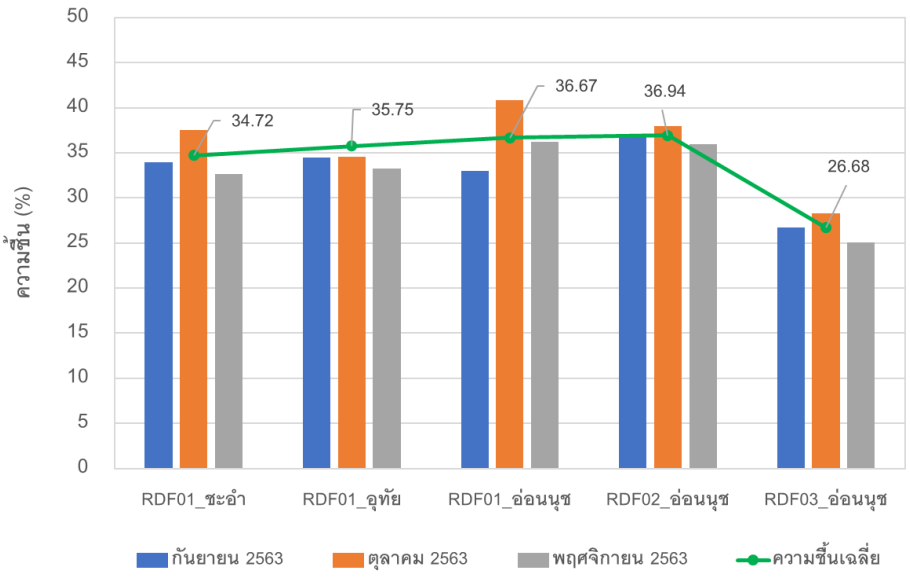
ภาพ 23 ขบวนการผลิต RDF 3 ที่เขตอ่อนนุช

ภาพ 24 ลักษณะ RDF3 ที่ได้จากการผลิต

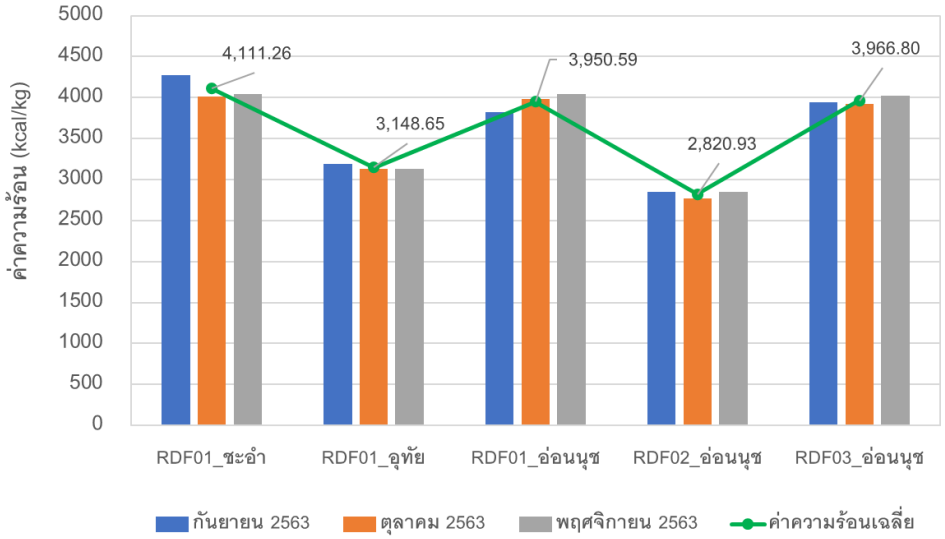
4.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงขยะ

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงขยะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขยะ ซึ่งคุณสมบัติของขยะมูลฝอย สามารถพิจารณาได้จากหลายตัวแปร ได้แก่ ความหนาแน่น องค์ประกอบของขยะโดยน้ำหนัก ขนาด ความชื้น คุณลักษณะทางเคมี และค่าความร้อน เป็นต้น ทั้งนี้ คุณสมบัติของเชื้อเพลิงขยะที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเพียง ค่าความชื้น และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ เท่านั้น

เชื้อเพลิงขยะที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย เชื้อเพลิงขยะที่มาจาก 3 แหล่ง โดยแบ่งออกเป็นทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ RDF01_ชะอำ RDF01_อุทัย RDF01_อ่อนนุช RDF02_อ่อนนุช และ RDF03_อ่อนนุช ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของเชื้อเพลิงขยะนั้นประกอบด้วย กระบวนการผลิต แหล่งที่มา และองค์ประกอบของเชื้อเพลิงขยะ ซึ่งผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงขยะทั้ง 5 ชนิด แสดงในภาพ 25 และ 26 พบว่า ค่าความชื้นเฉลี่ยของเชื้อเพลิงขยะ RDF03_อ่อนนุช มีค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงขยะชนิดอื่นที่มีค่าความชื้นใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะ พบว่า ค่าความร้อนเฉลี่ยของเชื้อเพลิงขยะ RDF01_ชะอำ RDF01_อ่อนนุช และ RDF03_อ่อนนุช มีค่าสูงสุด และเชื้อเพลิงขยะ RDF01_อุทัย มีค่าความร้อนเฉลี่ยรองลงมา ส่วนเชื้อเพลิงขยะ RDF02_อ่อนนุช มีค่าต่ำสุด



ภาพ 25 ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงขยะแต่ละชนิด



ภาพ 26 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะแต่ละชนิด

4.3 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ

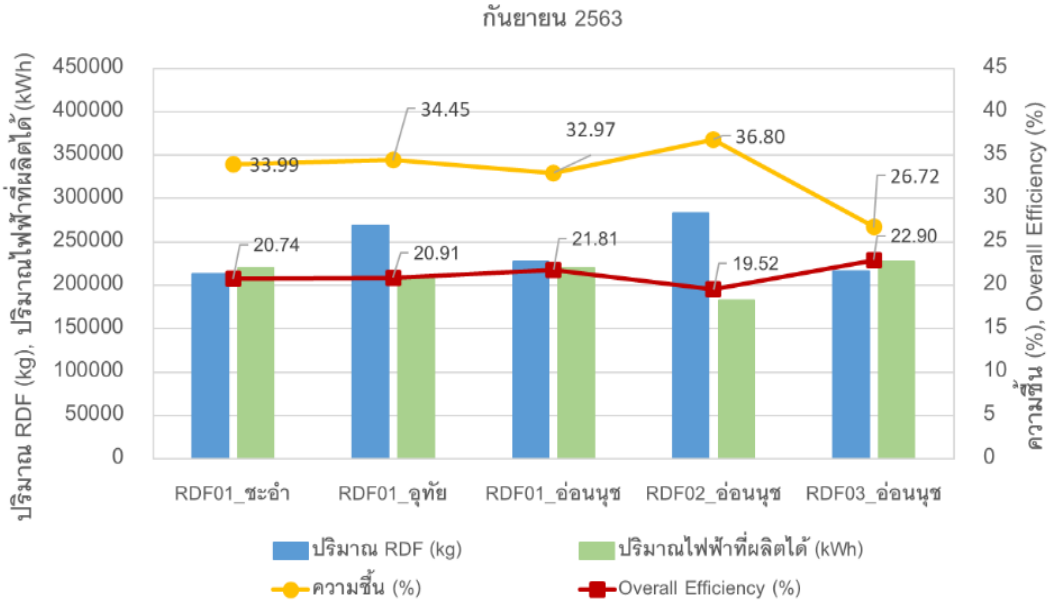
จากการเก็บข้อมูลการผลิตไฟฟ้า โรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะในงานวิจัยนี้มีกำลังผลิตไฟฟ้า 9.9 เมกกะวัตต์ ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือตอนล่าง (พิจิตร) ต.หนองหลุม อ.วชิรบารมี จ.พิจิตร ตั้งแต่เดือน กันยายน – พฤศจิกายน 2563 โดยศึกษาประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะที่ได้จากแหล่งเชื้อเพลิง 3 แห่ง จากสมการดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพโดยรวม (\%)} = \frac{\text{ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้}}{\text{ปริมาณเชื้อเพลิง x ค่าความร้อน}} \times 100$$

ผลของประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะจากทั้ง 3 แหล่ง ในเดือนกันยายน-พฤศจิกายน 2563 แสดงดังตารางที่ 3 ถึง 5 และภาพที่ 27 ถึง 29 ตามลำดับ

ตาราง 3 ปริมาณเชื้อเพลิงขยะและประมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เดือน กันยายน พ.ศ.2563

Fuel Consumption September 2020						
ชนิดเชื้อเพลิง	ความชื้น (%)	ค่าความร้อน (kcal/kg)	ปริมาณที่ใช้ (kg)	ปริมาณไฟฟ้าที่ได้ (kWh)	ปริมาณไฟฟ้าที่ได้ (MW)	Overall Efficiency (%)
RDF01_ชะอำ	33.99	4,275.03	213,540	220,167	9.17	20.74
RDF01_อุทัย	34.45	3,191.99	268,880	208,630	8.69	20.91
RDF01_อ่อนนุช	32.97	3,826.27	227,000	220,245	9.18	21.81
RDF02_อ่อนนุช	36.80	2,844.85	283,000	182,714	7.61	19.52
RDF03_อ่อนนุช	26.72	3,946.32	216,460	227,401	9.48	22.90



ภาพ 27 แผนภูมิเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เดือนกันยายน 2563

ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า กันยายน 2563

ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า กันยายน 2563 โดยแยกเป็นชนิดเชื้อเพลิงได้ 5 ชนิดจาก 3 แหล่งเชื้อเพลิงดังนี้

1. ชนิดเชื้อเพลิง RDF01_ชะอำ ที่คัดแยกจากขยะสดรายวันจากแหล่งเชื้อเพลิง อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี ใช้เชื้อเพลิงขยะ 213,540 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 4,275.03 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 202,166.68 หน่วย หรือเท่ากับ 9.17 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 33.91% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 20.74%

2. ชนิดเชื้อเพลิง RDF01_อุทัย ที่คัดแยกจากขยะบ่อเก่าจากแหล่งเชื้อเพลิง อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา ใช้เชื้อเพลิงขยะ 268,880 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 3,191.99 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 208,629.94 หน่วย หรือเท่ากับ 8.69 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 34.45% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 20.91%

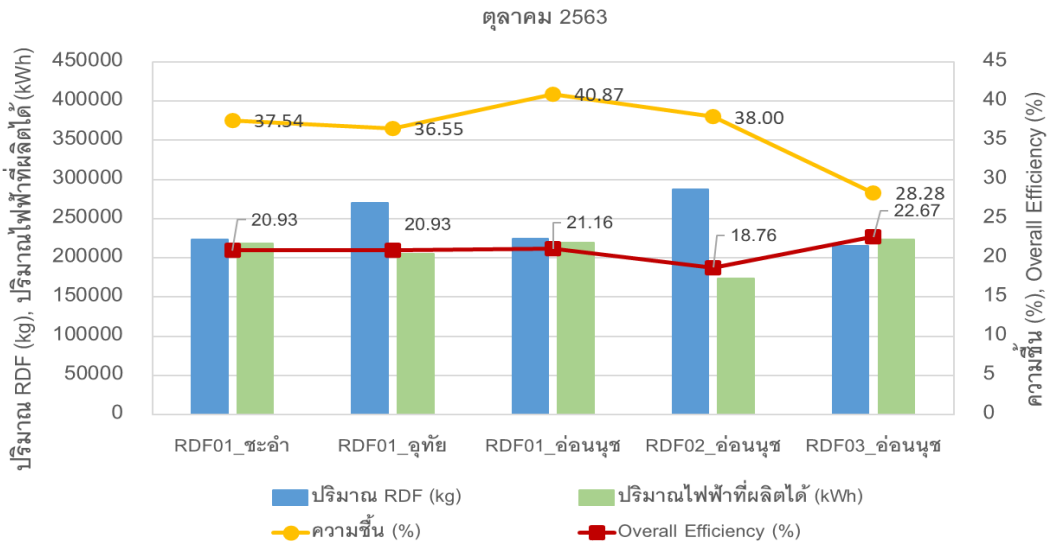
3. ชนิดเชื้อเพลิง RDF01_อ่อนนุช ที่คัดแยกจากขยะสดรายวันจากแหล่งเชื้อเพลิง เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร ใช้เชื้อเพลิงขยะ 227,000 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 3,826.67 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 220,244.86 หน่วย หรือเท่ากับ 9.18 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 32.97% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 21.81%

4. ชนิดเชื้อเพลิง RDF02_อ่อนนุช ที่คัดแยกจากขยะอินทรีย์ที่เหลือจากกระบวนการหมัก โดยบีบอัดรีดน้ำ และการร่อนพิเศษจากแหล่งเชื้อเพลิง เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร ใช้เชื้อเพลิงขยะ 283,000 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 2,844.85 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 182,714.08 หน่วย หรือเท่ากับ 7.61 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 36.80% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 19.52%

5. ชนิดเชื้อเพลิง RDF03_อ่อนนุช ที่เป็นการเพิ่มคุณภาพของขยะที่ผ่านการคัดแยกจากขยะสดรายวันจากแหล่งเชื้อเพลิง เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร แล้วนำมาผ่านเครื่องบดย่อยให้มีขนาดที่เล็กลง ใช้เชื้อเพลิงขยะ 216,460 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 3,946.32 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 227,401 หน่วย หรือเท่ากับ 9.48 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 26.72% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 22.90%

ตาราง 4 ปริมาณเชื้อเพลิงขยะและประมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เดือน ตุลาคม พ.ศ.2563

Fuel Consumption October 2020						
ชนิดเชื้อเพลิง	ความชื้น (%)	ค่าความร้อน (kcal/kg)	ปริมาณที่ใช้ (kg)	ปริมาณไฟฟ้าที่ได้ (kWh)	ปริมาณไฟฟ้าที่ได้ (MW)	Overall Efficiency (%)
RDF01_ชะอำ	37.54	4,017.18	223,440	218,405	9.10	20.93
RDF01_อุทัย	37.55	3,126.98	269,860	205,334	8.56	20.93
RDF01_อ่อนนุช	40.87	3,986.34	223,960	219,601	9.15	21.16
RDF02_อ่อนนุช	38.00	2,773.08	286,960	173,601	7.23	18.76
RDF03_อ่อนนุช	28.28	3,927.95	215,460	223,055	9.29	22.67



ภาพ 28 แผนภูมิเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เดือนตุลาคม 2563

ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า เดือน ตุลาคม 2563

ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า ตุลาคม 2563 โดยแยกเป็นชนิดเชื้อเพลิงได้ 5 ชนิดจาก 3 แหล่งเชื้อเพลิงดังนี้

1. ชนิดเชื้อเพลิง RDF01_ชะอำ ที่คัดแยกจากขยะสดรายวันจากแหล่งเชื้อเพลิง อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี ใช้เชื้อเพลิงขยะ 223,440 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 4,017.18กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 218,404.63 หน่วย หรือเท่ากับ 9.10 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 37.54% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 20.93%

2. ชนิดเชื้อเพลิง RDF01_อุทัย ที่คัดแยกจากขยะบ่อขยะเก่าจากแหล่งเชื้อเพลิง อ.อุทัย จ.อยุธยา ใช้เชื้อเพลิงขยะ 269,860 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 3,126.98 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 205,333.69 หน่วย หรือเท่ากับ 8.56 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 36.55% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 20.93%

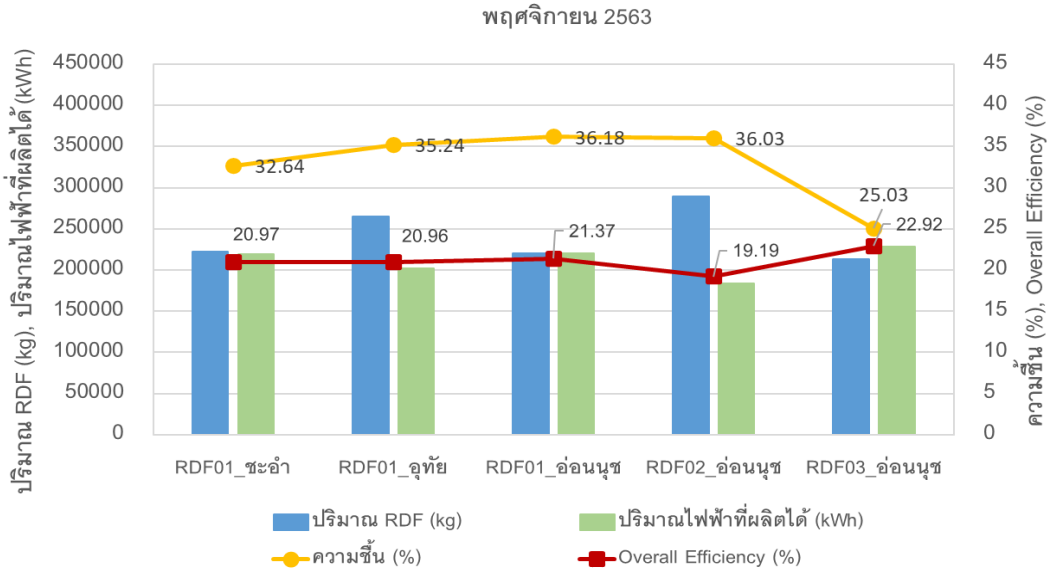
3. ชนิดเชื้อเพลิง RDF01_อ่อนนุช ที่คัดแยกจากขยะสดรายวันจากแหล่งเชื้อเพลิง เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร ใช้เชื้อเพลิงขยะ 239,600 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 3,986.34 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 220,244.86 หน่วย หรือเท่ากับ 9.15 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 40.87% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 21.16%

4. ชนิดเชื้อเพลิง RDF02_อ่อนนุช ที่คัดแยกจากขยะอินทรีย์ที่เหลือจากกระบวนการหมัก บีบอัดรีดน้ำ และการร่อนพิเศษ จากแหล่งเชื้อเพลิง เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร ใช้เชื้อเพลิงขยะ 283,000 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 2,773.08 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 173,601 หน่วย หรือเท่ากับ 7.23 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 38.0% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 18.76%

5. ชนิดเชื้อเพลิง RDF03_อ่อนนุช เป็นการเพิ่มคุณภาพของขยะที่ผ่านการคัดแยกจากขยะสดรายวันจากแหล่งเชื้อเพลิง เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร แล้วนำมาผ่านเครื่องบดย่อยให้มีขนาดที่เล็กลง ใช้เชื้อเพลิงขยะ 215,460 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 3,927.95 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 223,055.16 หน่วย หรือเท่ากับ 9.28 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 28.28% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 22.67%

ตาราง 5 ปริมาณเชื้อเพลิงขยะและประมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2563

Fuel Consumption November 2020						
ชนิดเชื้อเพลิง	ความชื้น (%)	ค่าความร้อน (kcal/kg)	ปริมาณที่ใช้ (kg)	ปริมาณไฟฟ้าที่ได้ (kWh)	ปริมาณไฟฟ้าที่ได้ (MW)	Overall Efficiency (%)
RDF01_ชะอำ	32.64	4,041.57	222,820	219,596	9.15	20.97
RDF01_อุทัย	35.24	3,126.98	265,320	202,219	8.43	20.96
RDF01_อ่อนนุช	36.18	4,039.17	219,860	220,640	9.19	21.37
RDF02_อ่อนนุช	36.03	2,844.85	289,720	183,882	7.66	19.19
RDF03_อ่อนนุช	25.03	4,026.12	213,060	228,597	9.52	22.92



ภาพ 29 แผนภูมิเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด เดือนพฤศจิกายน 2563

ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า พฤศจิกายน 2563

ข้อมูลการผลิตไฟฟ้า เดือนพฤศจิกายน 2563 โดยแยกเป็นชนิดเชื้อเพลิงได้ 5 ชนิดจาก 3 แหล่งเชื้อเพลิงดังนี้

1. ชนิดเชื้อเพลิง RDF01_ชะอำ ที่คัดแยกจากขยะสดรายวันจากแหล่งเชื้อเพลิง อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี ใช้เชื้อเพลิงขยะ 228,200 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 4,017.18 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 219,595.72 หน่วย หรือเท่ากับ 9.15 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 32.64% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 20.97%

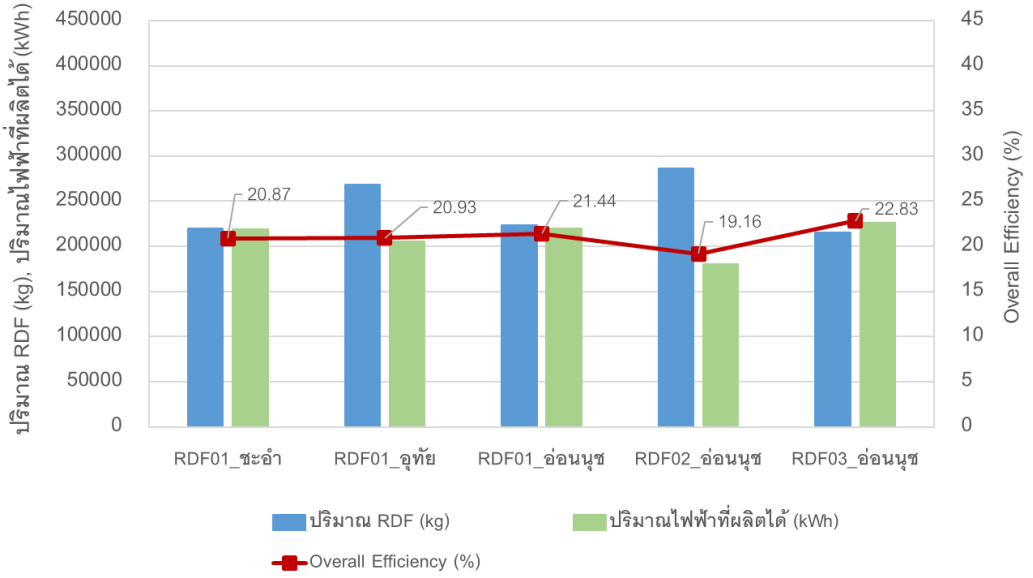
2. ชนิดเชื้อเพลิง RDF01_อุทัย ที่คัดแยกจากขยะบ่อขยะเก่าจากแหล่งเชื้อเพลิง อ.อุทัย จ.อยุธยา ใช้เชื้อเพลิงขยะ 265,320 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 3,126.98 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 202,218.68 หน่วย หรือเท่ากับ 8.43 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 35.24% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 20.96%

3. ชนิดเชื้อเพลิง RDF01_อ่อนนุช ที่คัดแยกจากขยะสดรายวันจากแหล่งเชื้อเพลิง เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร ใช้เชื้อเพลิงขยะ 219,860 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 4,039.17 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 220,639.89 หน่วย หรือเท่ากับ 9.19 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 36.18% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 21.37%

4. ชนิดเชื้อเพลิง RDF02_อ่อนนุช ที่คัดแยกจากขยะอินทรีย์ที่เหลือจากกระบวนการหมัก บีบอัดรีดน้ำ และการร่อนพิเศษ จากแหล่งเชื้อเพลิง เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร ใช้เชื้อเพลิงขยะ 283,000 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 2,844.85 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 183,881.58 หน่วย หรือเท่ากับ 7.66 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 36.03% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 19.19%

5. ชนิดเชื้อเพลิง RDF03_อ่อนนุช เป็นการเพิ่มคุณภาพของขยะที่ผ่านการคัดแยกจากขยะสดรายวันจากแหล่งเชื้อเพลิง เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร แล้วนำมาผ่านเครื่องบดย่อยให้มีขนาดที่เล็กลง ใช้เชื้อเพลิงขยะ 213,060 กิโลกรัม มีค่าความร้อน 4,026.72 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 228,596.64 หน่วย หรือเท่ากับ 9.52 เมกะวัตต์ มีค่าความชื้นเฉลี่ย 25.03% คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า 22.92%

4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ



ภาพ 30 แผนภูมิเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดเฉลี่ยของเดือน กันยายน ถึง พฤศจิกายน 2563

จากข้อมูลการผลิตไฟฟ้าโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะในงานวิจัยนี้ช่วงระหว่างเดือน กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน 2563 สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. พิจารณาค่าความร้อน พบว่าเชื้อเพลิงขยะจากแหล่งเชื้อเพลิง อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี มีค่าความร้อนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่น โดยมีค่าความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 4,111.26 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม โดยองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเชื้อเพลิงขยะเป็นถุงพลาสติก นอกจากนี้เชื้อเพลิงขยะ ชนิด RDF2 จากแหล่งเชื้อเพลิง เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร มีค่าความร้อนต่ำสุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่น โดยมีค่าความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 2,820.93 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม เพราะเป็นขยะที่ผ่านถังหมักร่วมกับขยะอินทรีย์ ก่อนจะทำการบีบอัดแยกน้ำสู่บ่อหมัก โดยขยะที่ถูกบีบอัดแล้วจะถูกร่อนมาเป็น RDF2

2. พิจารณาค่าความชื้น พบว่าเชื้อเพลิงขยะจากแหล่งเชื้อเพลิง อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี มีค่าความชื้นต่ำกว่าเชื้อเพลิงขยะ ชนิด RDF1 จากแหล่งเชื้อเพลิง เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตและจัดเก็บเชื้อเพลิงขยะ ชนิด RDF1 จากเขตอ่อนนุช เป็นขยะสดจากชุมชนถูกเทรวมกันในบ่อคอนกรีตที่มีความลึก 6 เมตร (waste pit) ทำให้มีการสะสมความชื้น

เพราะเป็นที่อับอากาศ ก่อนที่จะถูกนำมาคัดแยกเป็น RDF1 โดยที่ขยะเชื้อเพลิงจาก อ.ชะอำ เป็นการคัดแยกขยะสดจากชุมชนโดยคัดแยกถุงพลาสติก แล้วกองไว้ที่โกดังโล่ง ทำให้การระบายอากาศดีกว่า เชื้อเพลิงขยะ ชนิด RDF1 จากเขตอ่อนนุช ส่วน RDF2 เนื่องจากเป็นขยะที่ผ่านถังหมักร่วมกับขยะอินทรีย์ ทำให้มีค่าความชื้นสูงกว่า RDF1 จากแหล่งเดียวกัน ขยะ RDF3 จากเขตอ่อนนุช เป็นการนำ RDF1 มาผ่านเครื่องบดย่อยให้มีขนาดเล็กลงทำให้การระเหยของความชื้นทำได้ง่ายกว่าวัตถุชิ้นใหญ่ จึงทำให้มีค่าความชื้นต่ำสุด โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 23.68% ส่วนเชื้อเพลิงขยะจากแหล่งเชื้อเพลิง อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา เป็นขยะที่กองและฝังกลบแล้วเนื่องจากเป็นบ่อขยะเก่า ทำให้มีดินปนเปื้อน ความชื้นมีค่าสูง ข้อสังเกตุอีกอย่างหนึ่งคือ ช่วงเดือนตุลาคม มีค่าความชื้นที่สูง เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝน ทำให้ขยะที่กองไว้มีความชื้นที่สูงมากกว่าเดือนอื่น

3. พิจารณาปริมาณขยะที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้ากับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้พบว่า เชื้อเพลิงขยะ ชนิด RDF3 จากเขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร ใช้ปริมาณขยะน้อยที่สุดและสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด กล่าวคือใช้ปริมาณขยะ 214.19 ตัน สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 9.43 เมกะวัตต์ ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงสุดที่ 22.83% ทั้งนี้เป็นเพราะการเพิ่มขบวนการบดย่อยเชื้อเพลิงขยะ ชนิด RDF1 ให้มีขนาดเล็กลง ทำให้ความชื้นลดลง สามารถเผาไหม้ได้ดีขึ้น ในขณะเดียวกันเชื้อเพลิงขยะ ชนิด RDF2 ต้องใช้ปริมาณขยะถึง 287.48 ตัน แต่สามารถผลิตไฟฟ้าได้น้อยที่สุด คือสามารถผลิตได้เพียง 7.50 เมกะวัตต์ คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าที่ 19.16% ทั้งนี้เป็นเพราะ เชื้อเพลิงขยะ ชนิด RDF2 มีค่าความร้อนต่ำสุด และมีปริมาณความชื้นสูงที่สุด

บทที่ 5
บทสรุป

สรุปผลการศึกษา

ประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าจากเชื้อเพลิง RDF ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย แต่ปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือ คุณภาพของเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ซึ่งคุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของขยะมูลฝอย สามารถพิจารณาได้จาก ความหนาแน่น องค์ประกอบของขยะโดยน้ำหนัก ขนาด ความชื้น คุณลักษณะทางเคมี และค่าความร้อน

การเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ทำได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มความหนาแน่น การลดขนาด การลดความชื้น เป็นต้น ซึ่งเชื้อเพลิงขยะที่มีคุณภาพดี ย่อมส่งผลโดยตรงกับประสิทธิภาพการผลิตพลังงานของโรงไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ (RDF) งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทาง ขั้นตอน และกระบวนการในการผลิตเชื้อเพลิงขยะที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานไฟฟ้า รวมถึงศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงขยะที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานของโรงไฟฟ้า จากการศึกษาข้อมูลพบว่า เชื้อเพลิงขยะ ชนิด RDF3 จากเขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยการบดย่อยทำให้ขนาด และความชื้นลดลง สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดโดยใช้ปริมาณขยะน้อยที่สุด และมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงขยะชนิดอื่น อย่างไรก็ตาม เชื้อเพลิงขยะ (RDF) จากแหล่งเชื้อเพลิง อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี มีค่าความร้อนสูงสุด แต่มีความชื้นสูง หากมีการปรับปรุงคุณภาพโดยเพิ่มขบวนการบดย่อยเพื่อลดขนาดและลดความชื้นลง จะทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจะดีขึ้นด้วย ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า การปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิงขยะ โดยการลดค่าความชื้นของเชื้อเพลิงขยะ และลดขนาดของเชื้อเพลิงขยะ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าโดยรวมของโรงไฟฟ้าขยะเพิ่มขึ้น

บรรณานุกรม

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน. (2562). **รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2562**. สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2564; จาก: http://www.eppo.go.th/index.php/th/informationservices/ct-menu-item-56.

[2] ส่วนขยะมูลฝอยชุมชน กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ. (2561). **รายงานสถานการณ์สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561**. สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2564; จาก: http://infofile.pcd.go.th/Waste/Wst2018.pdf.

[3] กรมควบคุมมลพิษ และ AEDP ภาคประชาชน. (2561). **การกำจัดขยะมูลฝอยของประเทศไทย ปี 2561**.

[4] The Legitimat. (ม.ป.ป.). **Return to " We Have No Land For Garbage Dumps ?"**. สืบค้นเมื่อ 18 ธันวาคม 2564; จาก: https://thelegitimatenews.com/garbage/rdf-pics-1-2/.

[5] มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. (2552). **การแบ่งประเภทเชื้อเพลิงขยะ**. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2564; จาก: http://www.efe.or.th.

[6] วีรชัย อาจหาญและคณะ. (2552). **การศึกษาแนวทางบริหารจัดการขยะชุมชนเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนแบบครบวงจร**. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, 2552.

[7] เจนจิรา เปี่ยมดี และขวัญชนก อุสาห์. (2558). **ศักยภาพขยะมูลฝอยเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม**. ใน การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8 “The 8th Thailand Renewable Energy for Community Conference” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ไทย. p. 69-71.

[8] วสันต์ ปินะเต และดวงกมล ดังโพนทอง. (2559). การผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 จากขยะชุมชน : กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง** 9(มกราคม – มิถุนายน): p. 72-86.

[9] บริษัท ซุปเปอร์ เอิร์ธ เอนเนอร์ยี 6 จำกัด. (2563). **ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงขยะ กำลังผลิตไฟฟ้า 9.9 เมกะวัตต์ เขตพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือตอนล่าง (พิจิตร) ต.หนองหลุม อ.วชิรบารมี จ.พิจิตร**.

[10] บริษัท เอนเนอร์จีรีพลับบลิก จำกัด. (2563). **ข้อมูลเชื้อเพลิงขยะจากโรงคัดแยกเชื้อเพลิงขยะ (RDF) ต.เขาใหญ่ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี**.

[11] บริษัท ซุปเปอร์ เอิร์ธ เอนเนอร์ยี 4 จำกัด. (2563). **ข้อมูลเชื้อเพลิงขยะจากโรงคัดแยก**

เชื้อเพลิงขยะ (RDF) **ต.อุทัย อ.อุทัย จ.พระนครศรีอยุธยา**.

[12] บริษัท เอทูเทคโนโลยี จำกัด. (2563). **ข้อมูลเชื้อเพลิงขยะจากโรงคัดแยกเชื้อเพลิงขยะ** (RDF) **ศูนย์กำจัดขยะอ่อนนุช เขตอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร**.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าขยะ

การคำนวณประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าขยะสามารถคำนวณได้จากสมการ

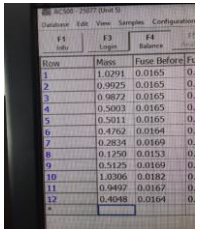
$$\text{ประสิทธิภาพโดยรวม (\%)} = \frac{\text{ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้}}{\text{ปริมาณเชื้อเพลิง x ค่าความร้อน}} \times 100$$

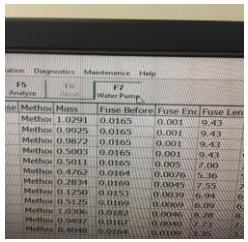
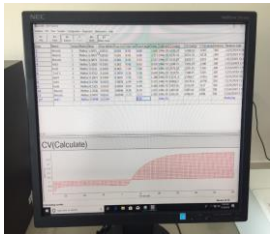
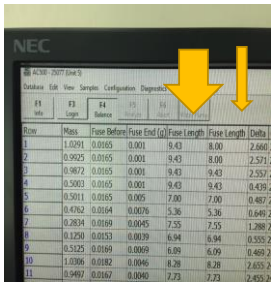
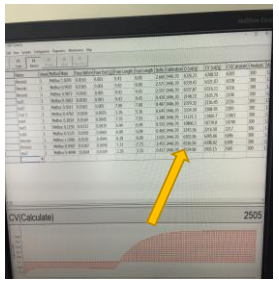
ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าขยะ (%) ของเดือนกันยายน 2563 เมื่อใช้เชื้อเพลิงขยะ จากแหล่งเชื้อเพลิง อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี

$$\text{ประสิทธิภาพโดยรวม (\%)} = \frac{220{,}166 \text{ (kWh)}}{213{,}540 \text{ (kg)} \times 4{,}275 \text{ (kcal/kg)}} \times 100$$

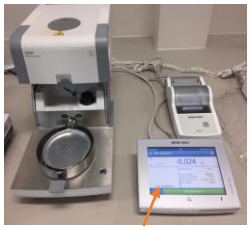
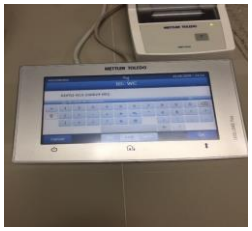
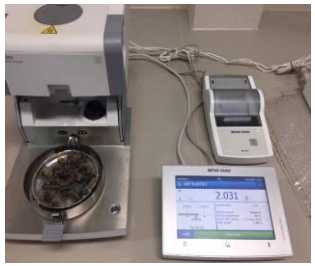
$$= 20.74$$

ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ Heating Value (Gross Calorific Value) ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter

ลำดับ	วิธีการปฏิบัติงาน	รูปภาพประกอบ
1	นำตัวอย่างมาตัดและชั่งน้ำหนัก อยู่ในช่วง 0.2 – 0.7 กรัม	รูปที่ 1: ตัดและชั่งน้ำหนักตัวอย่างเชื้อเพลิง
2	ก่อนชั่งทุกครั้งให้ Set เครื่องชั่ง เป็น 0.0000 กรัม หลังจากนั่นนำตัวอย่างมาชั่ง แล้วชี้ลูกศรไปในช่อง Mass แล้วกดฟังก์ชัน F ของตัวเครื่องชั่ง คอมพิวเตอร์จะอ่านค่า ตามเครื่องชั่ง	 รูปที่ 2: คอมพิวเตอร์อ่านค่า ตามเครื่องชั่ง
3	พอได้ค่าที่ชั่งแล้วเอามาใส่ถ้วยภาชนะบรรจุตัวอย่าง เพื่อมาทำ Bomb และหลังจากนั่นชั่งน้ำหนักลวด แล้วคลิกไปที่ช่อง Fuse Before แล้วไปกดตัว F ของตัวเครื่อง Balance เพื่อที่น้ำหนักของขดลวดจะไปอยู่ในช่อง Fuse Before	รูปที่ 3: พันขดลวดให้แน่น
4	เอาขดลวดกับภาชนะที่บรรจุตัวอย่างมาพันขดลวดให้แน่นใส่น้ำในลูกบอม์นิดหน่อย เพื่อให้มีความชื้น แล้วเอาตัวอย่างที่พันขดลวดมาใส่ในลูกบอม์บ พร้อมปิดฝาให้สนิท(แบบไม่ต้องแน่นมาก) และเปิดน้ำทิ้งไว้ในภาชนะ จำนวน 1 ครั้ง	รูปที่ 4: และเปิดน้ำทิ้งไว้ในภาชนะ 1 ครั้ง
5	พอน้ำเต็มภาชนะที่บรรจุน้ำแล้ว เอาน้ำมาเทลงในถัง Buckjet 1 รอบ เปิดน้ำใส่อีก1 ครั้งเพื่อเอาน้ำใส่ภาชนะลงไปในเครื่อง และเปิดถังแก๊สให้ Pressure grese อยู่ที่ประมาณไม่ต่ำกว่า 500 PSI	รูปที่ 5: Pressure ต่ำกว่า 500 PSI
6	หลังจากปิดฝาแล้วอัดแก๊ส ให้แรงดันอยู่ในช่วงประมาณ 460 °แล้วปิดเกลียวที่น็อตให้แน่นเพื่อไม่ให้แก๊สลมออก (แก๊สจะตัดลมเอง แล้วเอาที่อัดแก๊สยกออกจากลูกบอม์บ)	รูปที่ 6: เสียบสายไฟ
7	ยกลูกบอม์บลงในถังภาชนะให้ตรงกึ่งกลางสังเกตลูกบอม์บให้ตรงจุดกับที่มาร์กกับถังภาชนะที่มีน้ำอยู่ (พยายามอย่าให้ใบพัดโดนลูกบอม์บ) หลังจากนั่นเสียบสายไฟให้ตรงกับบริเวณขาลูกบอม์บทั้งสองข้าง เสร็จแล้วรอปิดฝาเครื่อง	

ลำดับ	วิธีการปฏิบัติงาน	รูปภาพประกอบ
8	กด F5 ให้เครื่องทำงาน พอเครื่องทำงานจะมีสัญญาณร้องดัง ติ๊ด ๆ แล้วรอประมาณ 5 นาที แล้วสังเกตค่าที่หน้าจอ คอมพิวเตอร์ เพื่อรออ่านค่า	 รูปที่ 7: กด F5 ให้เครื่องทำงาน  รูปที่ 8: เครื่องทำการวิเคราะห์
9	เปิดเครื่อง Leco ให้เอาผ้าเช็ดใบพัดกับตัววัดอุณหภูมิของน้ำให้แห้ง หลังจากนั่นยกภาชนะที่มีลูกบอม์บอยู่ด้วย เอามาวางไว้ข้างนอก แล้วเอาลูกบอม์บออกมาบริเวณฝาเปิดลูกบอ์มบ จะมีน้ำอยู่นิดหน่อย ให้เทลงในภาชนะที่มีน้ำอยู่ แล้วเอาภาชนะที่มีน้ำอยู่เทใสในช่อง Buckjet 1รอบ	รูปที่ 9: เทน้ำใส่ในช่อง Buckjet 1 รอบ รูปที่ 10: ปล่อยลมแก๊สออกให้หมด
10	เอาท่อลมสีขาวมาปิดที่เกลียวน็อตเพื่อจะปล่อยลมแก๊สออกให้หมด และเปิดฝาลูกบอม์บ เอาตัวอย่างที่อยู่ในถ้วยน้อย (Crucible) ออกมาล้างน้ำกลั่นใส่ในบีกเกอร์ ในจำนวนน้ำไม่เกิน 40 ml. แล้วเอาขดลวดที่พันในตัวอย่างนำออกมาชั่งน้ำหนัก	
11	เอาน้ำหนักลวดไปชั่งที่เครื่อง Balance แล้วคลิกในคอมพิวเตอร์ช่องที่ระบุว่า Fuse End และกด F ของตัวเครื่อง Balance ก็จะได้น้ำหนักของขดลวดที่เหลือก็จะปรากฏในช่อง Fuse End ของคอมพิวเตอร์	
12	ให้สังเกตหน้าจอคอมพิวเตอร์ว่าค่าของ Fuse Length ทั้ง 2 ช่องตรงกันไหม ถ้าไม่ตรงให้ดับเบิ้ลคลิกขวาที่ ช่อง Fuse End แล้วกด Enter แล้วแก้ไขค่าช่อง Fuse Length ช่องที่1 ให้ตรงกับช่อง Fuse Length ช่องที่1	 รูปที่ 11: FuseLength ช่อง1ตรง FuseLength ช่อง2  รูปที่ 12: ผลค่าGross Calorific Value
13	เครื่องจะคำนวณค่าGross Calorific Value (GCV) ในหน่วย kcal/kg อัตโนมัติ และเอาตัวอย่างที่อยู่ในบีกเกอร์ มาไตรเตรทหาค่าคลอไรด์ ต่อ	

ภาคผนวก ค วิธีวิเคราะห์ Moisture Content ด้วยเครื่อง Moisture Analyzer

ลำดับ	วิธีการปฏิบัติงาน	รูปภาพประกอบ
1	นำตัวอย่างมาตัดและชั่งน้ำหนัก อยู่ในช่วง 2.000-2.100 กรัม ใส่ลงในถาดอลูมิเนียม	รูปที่ 1: ตัดและชั่งน้ำหนักตัวอย่างเชื้อเพลิง
2	เปิดเครื่องที่จอ Moisture Analyzer และเครื่องปริ้นเตอร์ P25 Printer	รูปที่ 2 :เปิด Moisture Analyzer และ Printer
3	รอกระดาษ---Baudrate not Found---ปริ้นออกมาจากเครื่องปริ้นเตอร์ P25 นั้นหมายความว่าเครื่องพร้อมใช้งานแล้ว	
4	กดเลือกเมนูบนหน้าจอตามแต่ละชนิดของตัวอย่าง RDF แล้วคลิก ตัวอย่างเช่น RDF PLASTIC2 จากนั้น กด Enter identifications	 รูปที่ 3: กด Enter identifications
5	จากนั้น พิมพ์ชื่อลงบนหน้าจอ ตัวอย่างเช่น RDF03-N15-200624-001 หลังเสร็จ จากนั้นกด OK	 รูปที่ 4: พิมพ์ชื่อตัวอย่าง
6	.กดตรงแถบสีเขียว ที่มีคำว่า O/Tเพื่อทำการชั่งน้ำหนักของถาด	
7	นำตัวอย่าง RDF เตรียมใส่ประมาณ 2.000-2.100 กรัม	
8	เมื่อใส่ตัวอย่างลงไปแล้ว จากนั้นกดตรงลูกศร เพื่อปิดฝาAuto door จากนั้นกดคำว่า Start drying เพื่อเริ่มวัดหาค่า	 รูปที่ 5: กดคำว่า Start drying เริ่มวัดหาค่า
9	จากนั้น รอจนกว่า Auto Door ของเครื่องวัดความชื้นจะเปิดออกมาโดยอัตโนมัติ เมื่อได้ค่าแล้ว กระดาษ Report จะปริ้นออกมาจากเครื่องปริ้นเตอร์P25 ซึ่งเป็นกระบวนการสุดท้ายของการวัดหาค่าความชื้นของตัวอย่างนั้นๆ	รูปที่ 6: ผลวิเคราะห์ Moisture Content

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	รัฐไกร คำหมู่
วัน เดือน ปี เกิด	
ที่อยู่ปัจจุบัน	
ที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท เอทูเทคโนโลยีจำกัด 223/53 อาคารคันทรีคอมเพล็กซ์ อาคาร A ชั้น 13 ถนน สรรพาวุธ แขวงบางนาใต้ เขตบางนา กรุงเทพมหานคร
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายธุรกิจโรงไฟฟ้า
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์ สาขาโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผลงานตีพิมพ์	รัฐไกร คำหมู่ และมาลินี แก้วปัญหา. (2564). การเพิ่มประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าขยะโดยมุ่งเน้นการปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิงขยะ (RDF) กรณีศึกษานิคมอุตสาหกรรมพิจิตร. นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม ครั้งที่ 17 มหาวิทยาลัยนเรศวร เมื่อ วันที่ 29-30 กรกฎาคม 2564