An Assessment of the Feasibility of Designing and Installing a Waste-to-Energy Electricity Generation System in Mukdahan Province

Kamolnet Duangpiarat[1], Lakkhana Woranam[2], Pornpimol Loylom[3],
Ariya Malai[4] & Worawat Sa-ngiamvibool[5*]
[1,2,5*]Mahasarakham University
[3]M.E.C. Engineering Co.,Ltd
[4]Yasothon Provincial Energy Office
*Corresponding author: wor.nui@gmail.com

Received	Reviewed	Revised	Accepted
12/03/2026	23/06/2026	23/07/2026	10/08/2026

Abstract

An Assessment of the Feasibility of Designing and Installing a Waste-to-Energy Electricity Generation System in Mukdahan Province. This study focuses on defining the scope for economic feasibility analysis and analyzing environmental impacts through environmental mechanisms in accordance with the Thailand Voluntary Emission Reduction Program (T-VER) (baseline case only). The analysis results show that a generation capacity of 9.75 MW is optimal, with a total project value of 2,140,367,540 THB and a 20-year project lifetime under the Feed-in Tariff (FiT) policy. The results of the economic analysis show a net present value (NPV) of 258,648,792.41 THB, an internal rate of return (IRR) of 7.63%, and a payback period of 8.26 years. The results of the environmental impact analysis show that, under an assumed efficiency (eff) of 80%, the generation capacity is 7.8 MW. If 5% of the generated electricity is consumed on-site, this corresponds to 0.39 MW, while the remaining 7.41 MW is supplied to the grid. The waste-to-energy power plant project has greenhouse gas emissions under the baseline case of 28,529.56 tCO_2/year. Therefore, waste-to-energy electricity generation can contribute to solving energy challenges while mitigating environmental impacts.

Keywords: T-Ver; Economic feasibility; environmental impact; Feed-in Tariff (FiT)

การศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากขยะในจังหวัดมุกดาหาร

กมลเนตร ดวงเพียราช[1], ลักขณา วรนาม[2], พรพิมล ลอยลม[3],
อริยะ มาลัย[4] และวรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล[5*]
[1,2,5*]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,
[3]บริษัท เอ็ม.อี.ซี วิศวกรรม จำกัด
[4]สำนักงานพลังงานจังหวัดยโสธร
*ผู้นิพนธ์หลัก: wor.nui@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาความเป็นไปได้ของการออกแบบและดำเนินงานระบบแปลงขยะเป็นพลังงานในจังหวัดมุกดาหาร มีขอบเขตในการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านกลไกด้านสิ่งแวดล้อมภายใต้โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (T-Ver) (เฉพาะกรณีฐาน) ซึ่งผลการวิเคราะห์ พบว่า ขนาดกำลังการผลิต 9.75 เมกะวัตต์ เป็นขนาดที่เหมาะสมมีมูลค่าโครงการ 2,140,367,540 บาท อายุโครงการ 20 ปี ตามเงื่อนไขอัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Feed-in Tariff : FiT) จากการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 258,648,792.41 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ร้อยละ 7.63 ระยะเวลาคืนทุน 8.26 ปี และการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กำหนดค่าประสิทธิภาพ (eff) ร้อยละ 80 นั้นแสดงว่า จะมีกำลังการผลิตเท่ากับ 7.8 เมกะวัตต์ และกำหนดปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตเพื่อใช้เองร้อยละ 5 จะเท่ากับ 0.39 เมกะวัตต์ และโครงการจะมีปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตเพื่อขายเข้าสายส่งอยู่ที่ 7.41 เมกะวัตต์ โครงการโรงไฟฟ้าจากพลังงานขยะ จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน เท่ากับ 28,529.56 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ดังนั้นการนำขยะมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าจะช่วยแก้ปัญหาทั้งด้านพลังงานและยังช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

คำสำคัญ: T-Ver, ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์; ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม; อัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Feed-in Tariff : FiT)

บทนำ

การใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สาเหตุหลักมาจากการเติบโตขึ้นทางเศรษฐกิจ การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมและการเพิ่มขึ้นของประชากร ซึ่งจากรายงานสถานการณ์พลังงาน ปี 2567 แสดงให้เห็นว่า การใช้ไฟฟ้า ในปี 2567 รวมทั้งสิ้น 214,469 กิกะวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.2 (Center for Information Technology and Communication, Office of Energy Policy and Planning, 2025)

Table 1 ตารางแสดงการใช้ไฟฟ้าแบบรายสาขา ปี 2567

สาขา	การใช้ (ร้อยละ)	สัดส่วนการใช้ (ร้อยละ)
อุตสาหกรรม	+ 2.3	41
ครัวเรือน	+7.7	29
ธุรกิจ	+ 6.4	25
เกษตรกรรม	- 1.7	0.2
องค์กรไม่แสวงผลกำไร	+ 11.8	0.1
ไฟฟ้าไม่คิดมูลค่า	+ 5.3	2
อื่น ๆ	+ 13.7	3
รวม	**+ 5.2**	**100**

หมายเหตุ : * อื่น ๆ ได้แก่ ไฟฟ้าชั่วคราว และอื่น ๆ

การเติบโตขึ้นทางเศรษฐกิจ การขยายตัวของภาค อุตสาหกรรม นำมาซึ่งความท้าทายด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อมและจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นส่งผลโดยตรงต่อปริมาณขยะที่มากขึ้น การจัดการพลังงานไปพร้อมกับการจัดการขยะอย่างมีประสิทธิภาพ จึงกลายเป็นประเด็นสำคัญ จังหวัดมุกดาหารเป็นจังหวัดที่มีศักยภาพด้านการท่องเที่ยวอยู่ในอันดับต้นของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากรายงานข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของจังหวัดมุกดาหาร ปี พ.ศ. 2568 จังหวัดมุกดาหาร มีปริมาณขยะเกิดขึ้น 297 ตัน/วัน (ระบบสารสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน กรมควบคุมมลพิษ, 2568) ซึ่งในปัจจุบันระบบกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของจังหวัดมุกดาหารยังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ มีสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยและสถานีขนถ่ายขยะมูลฝอยที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการระบบฝังกลบ จำนวน 1 แห่ง คือ สถานีกำจัดขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองมุกดาหาร แต่ในปัจจุบันดำเนินการในระบบเทกอง เนื่องจากมีขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้นทุกวัน ส่งผลให้เกิดปัญหาขยะล้นหลุมฝังกลบ จนในปัจจุบันมีขยะสะสมมากกว่า 200,000 ตัน (ระบบสารสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน กรมควบคุมมลพิษ, 2568) ซึ่งการเพิ่มขึ้นอย่างมากของจำนวนขยะ ทำให้ไม่สามารถกำจัดขยะให้ถูกต้องตามหลักวิชาการและมีขยะตกค้างสะสม ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปัญหาขยะล้นเมืองและอาจส่งผลให้เกิดวิกฤตการณ์การกำจัดขยะได้ในอนาคต การนำขยะมาเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตไฟฟ้า จึงเป็นอีกหนึ่งทางออกในการแก้ปัญหาขยะและยังเป็นการสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน (Machin et al., 2022; Malai, A., & Sa-ngiamvibool, W., 2024) ซึ่งผู้วิจัยจะออกแบบกำหนดขนาดของระบบและกำลังการผลิตไฟฟ้า โดยการพิจารณาค่าความร้อนของขยะมูลฝอยในจังหวัดมุกดาหารที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เพื่อการนำไปผลิตไฟฟ้าต่อไป

วิธีการวิจัย

1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.1 ข้อมูลขยะมูลฝอยของจังหวัดมุกดาหาร (ระบบสารสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน กรมควบคุมมลพิษ, 2568)

Table 2 ตารางแสดงปริมาณขยะมูลฝอยของจังหวัดมุกดาหาร ปี 2568

ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน)	ขยะมูลฝอยที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ (ตัน/วัน)	ขยะมูลฝอยที่กำจัดถูกต้อง (ตัน/วัน)	ขยะมูลฝอยที่กำจัดไม่ถูกต้อง (ตัน/วัน)	ขยะมูลฝอยตกค้าง (ตัน)
297	179	0	118	**292,333.00**

ที่มา : รายงานข้อมูลสถาการณ์ขยะมูลฝอยของจังหวัดมุกดาหาร ปี พ.ศ. 2568 กรมควบคุมมลพิษ

1.2 องค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน (Regional Environmental Office 12 [Ubon Ratchathani], 2021)

Table 3 ตารางแสดงองค์ประกอบของขยะมูลฝอย

องค์ประกอบของขยะมูลฝอย	ร้อยละองค์ประกอบขยะมูลฝอย				
	อุบลราชธานี	ศรีสะเกษ	ยโสธร	อำนาจเจริญ	มุกดาหาร
ขยะอาหาร	37.15	38.95	43.31	36.65	42.70
กระดาษ/กระดาษลูกฟูก	5.84	3.89	5.54	6.84	10.91
พลาสติก	41.61	29.88	28.43	25.34	18.70
ผ้า/ผ้าอ้อม	4.79	5.14	12.07	8.36	4.68
ยางและหนัง	0.40	0.49	0.62	0.31	1.59
เศษหญ้า/ขยะจากสวน	6.90	13.43	5.46	19.82	11.14
ไม้	0.47	0.59	1.07	0.34	0.21
แก้ว	1.93	7.44	2.81	1.75	9.37
โลหะ	0.41	0.19	0.62	0.59	0.43
ขยะอิเล็กทรอนิกส์	0.04	0.00	0.00	0.00	0.06
อื่นๆ	0.46	0.00	0.07	0.00	0.21
รวม	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**

จาก Table 3 แสดงข้อมูลองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชนจังหวัดมุกดาหารไว้ รายละเอียดดังนี้ ขยะอาหาร ร้อยละ 42.70 ขยะจากสวน ร้อยละ 11.14 กระดาษและกระดาษลูกฟูก ร้อยละ 10.91 ไม้ ร้อยละ 0.21 ผ้าและผ้าอ้อม ร้อยละ 4.68 ร้อยละ 2.27 ยางและหนัง ร้อยละ 1.59 พลาสติก ร้อยละ 18.70 โลหะ ร้อยละ 0.43 แก้ว ร้อยละ 9.37 ขยะอิเล็กทรอนิกส์ ร้อยละ 0.06 และอื่น ๆ ร้อยละ 0.21

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 การออกแบบกำหนดขนาดของระบบและกำลังการผลิตไฟฟ้า

โดยใช้หลักการพิจารณาจากค่าความร้อนของขยะและปริมาณขยะที่เผากำจัด (Office of Energy Information, 2016) รายละเอียดดังนี้

2.1.1 ค่าความร้อนขั้นสูง (Higher Heating Value: HHV) หมายถึงการนำชีวมวลหนัก 1 กิโลกรัม มากำจัดน้ำออกหมดจากนั้นนำมาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้ คือค่าความร้อนขั้นสูงต่อกิโลกรัม โดยคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$HHV = (80.60C) + 339.10(H - {}^{O}/_{8}) + (5.56N) + 22.2S$$

2.1.2 ค่าความร้อนขั้นต่ำ (Lower Heating Value: LHV) หมายถึงการนำชีวมวล หนัก 1 กิโลกรัม ในสภาพปกติที่มีความชื้นมาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้ คือค่าความร้อนขั้นต่ำต่อกิโลกรัม หรือสามารถคำนวณค่า LHV ได้ จากสมการต่อไปนี้

$$LHV = HHV - 5.72(9H + M)$$

การพิจารณาค่าความร้อนของขยะมูลฝอยที่เหมาะสมสำหรับกำจัดด้วยการเผา เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ควรจะมีค่าความร้อนขั้นต่ำ หรือ Lower Heating Value (LHV) เฉลี่ยประมาณ 1,670 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และต้องไม่ต่ำกว่า 1,440 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ในทุกฤดูกาล ซึ่งจะใช้การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนของขยะและปริมาณขยะที่เข้าสู่เตาเผา ดังแสดงในตาราง

Table 4 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนของขยะและปริมาณขยะที่เข้าสู่เตาเผา

ค่าความร้อนขั้นต่ำ (LHV) ของขยะ (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)	ปริมาณขยะที่เข้าสู่เตาเผา (ตันต่อวัน)	ไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด (เมกะวัตต์)
1,300	500	7.04
1,440	500	7.79
1,700	500	9.35
1,800	500	9.75
2,300	392	9.75

ที่มา : รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาและจัดทำข้อมูลการลงทุนด้านพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

ทั้งนี้ เมื่อดำเนินการก่อสร้าง ควรพิจารณาการวิเคราะห์ค่าความร้อนของขยะ (Heating Value) อ้างอิงตามมาตรฐานสากล เช่น ASTM E711 หรือ ASTM D5865 เป็นต้น เพื่อเป็นการวัดปริมาณพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้จากตัวอย่างขยะอย่างสมบูรณ์ เพื่อหาค่าความร้อนขั้นสูง (HHV)

2.2 การประมาณราคาค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการบำรุงรักษา

ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการบำรุงรักษานั้น ทางผู้วิจัย *ไม่ได้* นำค่าอัตราส่วนของต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง (Factor F) และภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%) มาคำนวณร่วมด้วย

2.3 การจำหน่ายไฟฟ้า (Energy Regulatory Commission, 2022)

นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff หรือ FiT คือ มาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่ง เพื่อจูงใจให้ผู้ประกอบการเอกชนเข้ามาลงทุนในธุรกิจโรงไฟฟ้าพลังงาน หมุนเวียน ซึ่งอัตรา FiT จะอยู่ในรูปแบบ อัตรารับซื้อไฟฟ้าคงที่ตลอดอายุโครงการ (มีการปรับเพิ่มสำหรับกลุ่มที่มีการใช้เชื้อเพลิง) โดยอัตรา FiT จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตาม ค่าไฟฐานและค่า Ft ทำให้มีราคาที่ชัดเจนและเกิดความเป็นธรรม เนื่องจากระยะเวลาการสนับสนุนของ FiT กำหนดไว้ 20 ปี และไม่สามารถทราบถึงนโยบายการสนับสนุนของภาครัฐภายหลังจากสิ้นสุดระยะเวลาดังกล่าว ดังนั้น เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนของโครงการ จึงกำหนดให้อายุของโครงการเป็นระยะเวลา 20 ปี ให้สอดคล้องกับระยะเวลาการสนับสนุน FiT

Table 5 ตารางแสดงโครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชนในรูปแบบ FiT สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) สำหรับปี 2565 (Energy Regulatory Commission, 2022)

กำลังผลิต (เมกะวัตต์)	FiT (บาท/หน่วย)			ระยะเวลาสนับสนุน (ปี)	FiT Premium 8 ปีแรก (บาท/หน่วย)
	FiT_F	$FiT_{v,2560}$	FiT		
น้อยกว่าหรือเท่า 10 เมกะวัตต์	2.39	2.69	5.08	20	0.70

ที่มา : ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่อง ประกาศ รับซื้อไฟฟ้าโครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชน พ.ศ. 2565

ซึ่งจาก Table 5 จะสามารถคำนวณอัตรารับซื้อไฟฟ้า ได้จากสูตรดังนี้

อัตรารับซื้อไฟฟ้าในปีที่ 1-8

$$FiT_F + FiT_{V,2560} + \text{FiT Premium}$$

อัตรารับซื้อไฟฟ้าในปีที่ 9-20

$$FiT_F + FiT_{V,2560}$$

โดยที่ FiT_F คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนคงที่

FiT_v คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนแปรผัน

FiT premium คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบพิเศษ

จากการคำนวณอัตราการรับซื้อไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าระยะเวลา ในช่วง 8 ปีแรก จะมีอัตราการรับซื้อไฟฟ้า 5.78 บาทต่อหน่วย ถัดไป (ปีที่ 9-20) มีอัตราการรับซื้อไฟฟ้าอยู่ที่ 5.08 บาทต่อหน่วย ทั้งนี้ผู้วิจัยได้พิจารณากำหนดวันทำการของโรงไฟฟ้าที่ 300 วัน ซึ่งจะคิดเวลาทำการเป็นชั่วโมง ได้ 7,200 ชั่วโมง กำหนดค่าธรรมเนียมการกำจัดขยะเท่ากับ 500 บาทต่อขยะที่นำเข้ามากำจัด 1 ตัน

2.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Saranrom, 2017; Sangiamvibool, 2021)

2.4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ผลต่างระหว่าง มูลค่าปัจจุบันที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไป ตลอดระยะเวลาโครงการ ณ อัตราคิดลดที่กำหนด การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิต้องทราบข้อมูลของ กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ ระยะเวลาของโครงการ และอัตราคิดลด เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

$$NPV = - C_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^n}$$

โดยที่ NPV หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

C_o หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการลงทุนแรกเริ่ม

B_t หมายถึง กระแสเงินสดรับสุทธิจากโครงการในปีที่ t

t หมายถึง ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง t

n หมายถึง อายุของโครงการ

r หมายถึง อัตราคิดลดที่เหมาะสมหรืออัตราดอกเบี้ย

สมการมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวทางการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะในงานวิจัยระดับนานาชาติ โดยอาศัยการคิดลดกระแสเงินสดสุทธิของโครงการตลอดอายุการดำเนินงานด้วยอัตราคิดลดที่เหมาะสม (Machin et al., 2022)

2.4.2 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) คือ จำนวนปีที่ได้รับเงินลงทุนแรกเริ่มของโครงการกลับคืนมาหรืออีกนัยหนึ่งคือ กระแสเงินสดสะสมของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

2.5 การคำนวณคาร์บอนเครดิต โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program) (T-VER) (Tantisattayakul et al., 2017; Greenhouse Gas Management Organization, 2025) กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณภายใต้โครงการ T-Ver ประกอบไปด้วย

2.5.1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission)

$$BE_y = BE_{EG,y}$$

โดยที่ BE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน ในปี y (ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี)

$BE_{EG,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ในปี y (ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของระบบสายส่งหรือเพื่อทดแทนไฟฟ้าที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิลสามารถแบ่งเงื่อนไขการคำนวณออกเป็น 3 กรณีดังนี้

(1) กรณีที่ 1 ผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าสู่ระบบสายส่ง

(2) กรณีที่ 2 ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เอง/ส่งหรือจำหน่ายให้แก่ผู้ประกอบการรายอื่น (ลดการซื้อไฟฟ้าจากระบบสายส่ง)

(3) กรณีที่ 3 ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เอง/ส่งหรือจำหน่ายให้แก่ผู้ประกอบการรายอื่น (ลดการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง) และจำหน่ายเข้าสู่ระบบสายส่ง

$$BE_{EG,y} = (EG_{Consumer,PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{EC,PJ,y} + (EG_{Grid,PJ,y} \times 10^{-3}) \times EF_{EG_RE,PJ,y}$$

2.5.2 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission)

2.5.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission)

** ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกคำนวณเฉพาะกรณีที่ 3 ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้เอง/ส่งหรือจำหน่ายให้แก่ผู้ประกอบการรายอื่น (ลดการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง) และจำหน่ายเข้าสู่ระบบสายส่ง เพื่อหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) เนื่องจากการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission) และการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission) นั้น จะเป็นการเก็บข้อมูลและคำนวณหลังจากที่เริ่มดำเนินโครงการแล้ว **

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ค่าความร้อนของขยะมูลฝอย

Table 6 ตารางแสดงค่าความร้อนขยะมูลฝอยของจังหวัดมุกดาหาร

องค์ประกอบ	ร้อยละ	นน.แห้ง (มวล=50)	ร้อยละสัดส่วนโดยน้ำหนักแห้ง						HHV (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)
			C	H	O	N	S	Ash	
ขยะอาหาร	42.70	21.350	10.248	1.366	6.960	0.555	0.085	2.135	**999.296**
กระดาษ/กระดาษลูกฝูก	10.91	5.455	2.373	0.327	2.400	0.016	0.011	0.327	**200.840**
พลาสติก	18.70	9.350	5.610	0.673	2.132	0.000	0.000	0.935	**590.086**
ผ้า/ผ้าอ้อม	4.68	2.340	1.287	0.154	0.730	0.108	0.002	0.059	**125.807**
ยางและหนัง	1.59	0.795	0.620	0.080	0.000	0.016	0.000	0.080	**77.027**
เศษหญ้า/ขยะจากสวน	11.14	5.570	2.662	0.334	2.117	0.189	0.017	0.251	**239.628**
ไม้	0.21	0.105	0.052	0.006	0.045	0.000	0.000	0.002	**4.429**
แก้ว	9.37	4.685	0.023	0.005	0.019	0.005	0.000	4.633	**2.708**
โลหะ	0.43	0.215	0.010	0.001	0.010	0.000	0.000	0.195	**0.860**
ขยะอิเล็กทรอนิกส์	0.06	0.030	0.008	0.001	0.001	0.000	0.000	0.020	**0.918**
อื่นๆ	0.21	0.105	0.028	0.003	0.002	0.001	0.000	0.071	**3.213**
			LHV (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)						**1,806.876**

หมายเหตุ : คิดค่าความชื้นขยะที่ร้อยละ 50

2. การออกแบบกำหนดขนาดของระบบและกำลังการผลิตไฟฟ้า

จาก Table 6 การคำนวณหาค่าความร้อนของขยะมูลฝอยในจังหวัดมุกดาหาร จะได้คุณสมบัติทางความร้อนสูง (HHV) ที่ 2,244.812 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และค่าความร้อนต่ำ (LHV) ที่ 1,806.876 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม โดยค่าความร้อนต่ำตามสภาพของขยะมูลฝอยที่มีความชื้น 1,806 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม สูงกว่าค่าความร้อนต่ำเฉลี่ย (1,440 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม) ที่สามารถนำไปกำจัดด้วยวิธีเผาได้ ซึ่งหมายความว่า ภาพรวมของขยะมูลฝอยมีค่าความร้อนที่เหมาะสมกับการกำจัดด้วยวิธีเผา ผู้วิจัยจึงพิจารณา ใช้ค่าความร้อนขั้นต่ำของขยะที่ใช้ในการออกแบบที่ 1,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม เหมาะสมในการสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะแบบเตาเผา ขนาด 9.75 เมกะวัตต์ ปริมาณขยะที่เข้า 500 ตันต่อวัน (ดังแสดงใน Table 4) จากข้อมูลจังหวัดมุกดาหารมีปริมาณขยะมูลฝอยคงค้างมากถึง 292,333 ตัน (Pollution Control Department, 2025) ซึ่งขยะเหล่านี้เป็นขยะที่ไม่ได้ผ่านการกำจัดอย่างถูกต้อง จึงพิจารณานำเอาขยะเก่าคงค้างมาผลิตไฟฟ้าร่วมด้วย

3. การประมาณราคาค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการบำรุงรักษา

Table 7 การประมาณราคา (ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน, 2559)

หมวด	งบประมาณ (บาท)
หมวดงานภายนอกอาคาร	22,570,000.00
หมวดงานก่อสร้างอาคาร	220,290,000.00
หมวดงานก่อสร้างบ่อฝังกลบเถ้า	65,518,000.00
หมวดงานระบบเฉพาะ	1,763,807,500.00
หมวดงานควบคุมการก่อสร้าง	65,464,040.00
หมวดบุคลากรบริหารและธุรการ	548,000.00
หมวดบุคลากรปฏิบัติงานระบบผลิตพลังงาน	2,170,000.00
รวมทั้งสิ้น	2,140,367,540.00

ที่มา : รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาและจัดทำข้อมูลการลงทุนด้านพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงานกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

การประมาณราคาค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการบำรุงรักษาโครงการสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยแบบเตาเผาขนาด 9.75 เมกะวัตต์ ปริมาณขยะที่ เข้า 500 ตันต่อวัน พื้นที่จังหวัดมุกดาหาร รวมมูลค่าโครงการทั้งสิ้นเท่ากับ 2,140,367,540 บาท (สองพันหนึ่งร้อยสี่สิบล้านสามแสนหกหมื่นเจ็ดพันห้าร้อยสี่สิบบาทถ้วน)

** ซึ่งในการประมาณราคาค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการบำรุงรักษานั้น ทางผู้วิจัย *ไม่ได้* นำค่าอัตราส่วนของต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง (Factor F) และภาษีมูลค่าเพิ่ม (7%) มาคำนวณร่วมด้วย **

4. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

Table 8 ตารางแสดงการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ข้อมูล	มูลค่า	หน่วย
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าหลังหักต้นทุนและภาษี ปีที่ 1-8	2,572,960,569.00	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าหลังหักต้นทุนและภาษี ปีที่ 9-20	2,605,485,710.40	บาท
รายได้จากค่าธรรมเนียมกำจัดขยะในระยะเวลา 20 ปี (500 บาท/ตัน)	1,800,000,000.00	บาท
ต้นทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ	2,137,649,540.00	บาท
ต้นทุนการบำรุงรักษาทุก 5 ปี (15% ของต้นทุนก่อสร้าง)	961,942,293.00	บาท/ครั้ง
ต้นทุนการดำเนินงาน ค่าจ้างบุคลากร	652,320,000.00	บาท/ปี
อายุโครงการ	20.00	ปี
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	258,648,792.41	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	7.63	เปอร์เซ็นต์
ระยะเวลาคืนทุน	**8.26**	**ปี**

จาก Table 8 จะเห็นได้ว่า ผลจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าการลงทุนในโครงการก่อสร้าง โรงผลิตไฟฟ้าจากขยะ ขนาด 9.75 เมกะวัตต์ โดยคิดค่าอัตราการรับซื้อไฟฟ้าแบบ FiT พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ประมาณ 2,300 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าร้อยละ 7.63 และมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 8.26 ปี

5. การคำนวณคาร์บอนเครดิต

คำนวณคาร์บอนเครดิตภายใต้โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program) (T-VER) โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะ กำลังการผลิตติดตั้ง 9.75 เมกะวัตต์ ผู้วิจัยมีการกำหนดค่าประสิทธิภาพ (efficiency : eff) อยู่ที่ร้อยละ 80 นั้นแสดงว่า โครงการฯ จะมีกำลังการผลิตเท่ากับ 7.8 เมกะวัตต์ และกำหนดปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เพื่อใช้เองร้อยละ 5 ของกำลังการผลิต จะเท่ากับ 0.39 เมกะวัตต์ และโครงการจะมีปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เพื่อขายเข้าสายส่งอยู่ที่ 7.41 เมกะวัตต์ ซึ่งจะสามารถคำนวณ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ($BE_{EG,y}$) ได้เท่ากับ 28,529.56 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี และจากสูตรการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) นั้นหมายความว่า โครงการโรงไฟฟ้าจากพลังงานขยะ จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (BE_y) เท่ากับ 28,529.56 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการก่อสร้างโรงไฟฟ้าจากขยะ โดยวิเคราะห์จากอัตรารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Feed-in Tariff : FiT) ภายใต้เงื่อนไข กำลังการผลิตสูงสุด 9.75 เมกะวัตต์ ปริมาณขยะที่เข้า 500 ตันต่อวัน รวมมูลค่าโครงการทั้งสิ้น 2,140,367,540.00 บาท อายุโครงการ 20 ปี อัตราคิดลดร้อยละ 10 ได้รับสิทธิ์ยกเว้นภาษี 8 ปี จากการวิเคราะห์พบว่า มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ประมาณ 258 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าร้อยละ 7.63 และระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 8.26 ปี ผู้วิจัยเห็นว่ามีความคุ้มค่าเหมาะสมต่อการลงทุน

การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการประเมินค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกผ่านกลไกด้านสิ่งแวดล้อมภายใต้โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (T-Ver) (เฉพาะกรณีฐาน) โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานขยะมีกำลังการผลิตติดตั้งที่ 9.75 เมกะวัตต์ ผู้จัยมีการกำหนดค่าประสิทธิภาพ (efficiency : eff) อยู่ที่ร้อยละ 80 นั้นแสดงว่า โครงการฯ จะมีกำลังการผลิตเท่ากับ 7.8 เมกะวัตต์ และกำหนดปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เพื่อใช้เองร้อยละ 5 ของกำลังการผลิต จะเท่ากับ 0.39 เมกะวัตต์ และโครงการจะมีปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้เพื่อขายเข้าสายส่งอยู่ที่ 7.41 เมกะวัตต์ ซึ่งจะสามารถคำนวณ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ($BE_{EG,y}$) ได้เท่ากับ 28,529.56 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี และจากสูตรการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission) นั้นหมายความว่า โครงการฯ จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (BE_y) เท่ากับ 28,529.56 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. การพิจารณาพื้นที่ที่จะดำเนินการก่อสร้างโรงไฟฟ้าต้องปฏิบัติตามกฎหมายว าด้วยโรงงาน กฎหมายวาด้วยการควบคุมอาคาร กฎหมายวาด้วยการผังเมือง หรือกฎหมายวาด้วยการพัฒนา และสงเสริมพลังงาน ตามมาตราที่ 48 แห่งพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. 2550
2. พิจารณาใช้การวิเคราะห์ค่าความร้อนของขยะ (Heating Value) ที่อ้างอิงตามมาตรฐานสากล เช่น ASTM E711 หรือ ASTM D5865 เป็นต้น
3. ศึกษาอัตราการรับซื้อไฟฟ้าในแต่ละปี ให้เป็นไปตามประกาศของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน
4. พิจารณาใช้ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ที่เป็นปัจจุบันและสืบค้นข้อมูลค่าการปลดปล่อยคาร์บอนในขั้นตอนการก่อสร้างและการขนส่งเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แม่นยำ
5. ราคาวัสดุก่อสร้างอาจมีการเปลี่ยนแปลงทุก ๆ ปี ผู้ลงทุนควรวิเคราะห์และประเมินต้นทุนในการก่อสร้างให้เป็นปัจจุบัน ตามแหล่งพื้นที่ที่จะก่อสร้าง อีกทั้งควรพิจารณาค่า ค่าอัตราส่วนของต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง (Factor F) ในปีนั้น ๆ ประกอบด้วย
6. จำเป็นต้องสร้างกระบวนการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนอย่างตรงไปตรงมาและครอบคลุมพื้นที่ใกล้เคียงหรือชุมชนที่เป็นทางผ่านของการขนส่งด้วย
7. พิจารณาวิเคราะห์ข้อมูลในกรณีนำขยะมูลฝอยที่ผ่านการฝังกลบกลับขึ้นมาเข้ากระบวนการของโรงไฟฟ้า เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาขยะไม่เพียงพอหรือหลุมฝังกลบเต็ม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุก ๆ หน่วยงานที่สนับสนุนข้อมูล ขอขอบพระคุณคุณแม่ คุณพ่อ และนายอริยะ มาลัย ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุน เสมอมา จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

Center for Information Technology and Communication, Office of Energy Policy and Planning. (2025). *Energy situation in 2024 and energy outlook for 2025*. Ministry of Energy.

Duangta, S. (2017). Cost-effectiveness evaluation of waste-to-energy power plant investment project: A case study of Nonthaburi City Municipality. *Journal of Graduate Studies Valaya Alongkorn Rajabhat University, 11(2), 213–225.*

Machin, E. B., Pedroso, D. T., Acosta, D. G., Silva dos Santos, M. I., de Carvalho, F. S., Machín, A. B., & de Carvalho Júnior, J. A. (2022). Techno-economic and environmental assessment of municipal solid waste energetic valorization. *Energies, 15(23), Article 8900.*

Malai, A., & Sa-ngiamvibool, W. (2024). The cost-benefit analysis of investment in waste to energy power plant for four-provincial in Isan area of Thailand. *SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering, 11(11), 182–187.*

Office of Energy Information, Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2016). *Final report on the study and preparation of investment data for renewable energy and energy conservation*. Ministry of Energy.

Office of the Energy Regulatory Commission. (2022). Notification of the Energy Regulatory Commission on the purchase of electricity from municipal solid waste projects B.E. 2565 .

Pollution Control Department. (2025). *Community solid waste management information system: Solid waste situation report of Mukdahan Province.* https://thaimsw.pcd.go.th/report_province.php?year=2568&province=37

Regional Environmental Office 12 (Ubon Ratchathani). (2021). Study report on community solid waste composition of local administrative organizations in the area of responsibility of Regional Environmental Office 12 (Ubon Ratchathani).

Sa-ngiamvibool, S. (2021). *Cost-benefit analysis of municipal solid waste-to-energy power plant project investment in Yasothon urban area* [Master's thesis, Mahasarakham University].

Tantisattayakul, T., Rasmeethamchot, P., & Uisakul, M. (2017). Evaluation of energy, environmental and economic benefits for solar rooftop systems in Thammasat University, Rangsit Campus. *Journal of Science and Technology, 25(6), 1088–1098.*

Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). (2025). T-*VER methodology for renewable energy electricity generation (Version 3).*