

2021

## การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในชั้นที่จังหวัดนครพนม

ขวัญชนก อภิวัฒนานนท์  
บัณฑิตวิทยาลัย

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd>

---

### Recommended Citation

อภิวัฒนานนท์, ขวัญชนก, "การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในชั้นที่จังหวัดนครพนม" (2021). *Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)*. 7755.  
<https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/7755>

This Independent Study is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD) by an authorized administrator of Chula Digital Collections. For more information, please contact [ChulaDC@car.chula.ac.th](mailto:ChulaDC@car.chula.ac.th).

การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัด  
นครพนม



น.ส.ขวัญชนก อภิวัฒนานนท์

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา) สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัด  
การพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Feasibility study of biomass power plant from agricultural waste  
in Nakhon Phanom province



An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Energy Technology and Management  
Inter-Department of Energy Technology and Management

GRADUATE SCHOOL

Chulalongkorn University

Academic Year 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อสารนิพนธ์	การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลจาก
	วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดนครพนม
โดย	น.ส.ขวัญชนก อภิวัฒนานนท์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์

---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

.....	ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถ ชวาลภาฤทธิ์)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์)	
.....	กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันต์ สัมปัตตะวนิช)	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขวัญชนก อภิวัฒนานนท์ : การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุ  
เหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดนครพนม. ( Feasibility study of biomass  
power plant from agricultural waste in Nakhon Phanom province) อ.ที่  
ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุ  
เหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดนครพนม ผลการศึกษาศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้  
ย้อนหลัง 10 ปีแสดงให้เห็นว่า พางข้าวที่เกิดจากข้าวนาปี มีศักยภาพด้านพลังงานสูงสุด และมี  
ความสม่ำเสมอของปริมาณมากที่สุด เมื่อเทียบกับชีวมวลชนิดอื่นๆในพื้นที่ จึงใช้ชีวมวลดังกล่าว  
เป็นเชื้อเพลิงหลักในการศึกษาครั้งนี้ ผลการประเมินตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่เหมาะสมด้วย  
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่เหมาะสมในการสร้างโรงไฟฟ้าอยู่ที่อำเภอปลา  
ปาก ผลการศึกษาคัดลกระแสดูเงินสดแสดงให้เห็นว่าโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งนี้มีมูลค่า  
ปัจจุบันสุทธิ 269 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 17.83 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อ  
ต้นทุน 1.33 เท่า และระยะเวลาคืนทุน 4.49 ปี จากผลสรุปได้ว่า สามารถสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล  
จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรขนาด 9.9 เมกะวัตต์ในพื้นที่จังหวัดนครพนมได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัด  
การพลังงาน (สหสาขาวิชา)

ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

# # 6380113620 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

KEYWORD: Financial feasibility, site selection for biomass power plant, biomass potential

Kwanchanok Apiwattananon : Feasibility study of biomass power plant from agricultural waste in Nakhon Phanom province. Advisor: Asst. Prof. THITISAK BOONPRAMOTE, Ph.D.

In Nakhon Phanom province, Thailand, the potential of agricultural waste over the past decade reveals that rice straw has the most potential compared to other types of biomass then rice straw was selected as main fuel in this study. The feasibility study of a power plant using rice straw as fuel using statistical and geographic information system (GIS) reveals that the most suitable area to construct the power plant is at Amphur Plapak. The net present value and the internal rate of this project scenario are 269 million baht (THB) and 17.83 %, respectively. The benefit-cost ratio and payback period are 1.33 and 4.49 years, respectively. Conclusion, Able to build a biomass power plant from agricultural waste of 9.9 MW in Nakhon Phanom province.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study: Energy Technology and  
Management

Student's Signature .....

Academic Year: 2021

Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติศักดิ์ บุญปราโมทย์ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์หลัก ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และชี้แนะแนวทางในการจัดทำสารนิพนธ์ฉบับนี้อย่างดียิ่ง จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อรทัย ขวาลภาฤทธิ์ และ ผศ.ดร.สันต์ สัมปัตตะวนิช ในฐานะ ประธาน การสอบสารนิพนธ์ และกรรมการการสอบสารนิพนธ์ที่ได้ให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ และ ชี้ให้เห็นถึง จุดบกพร่องบางประการที่ช่วยทำให้สารนิพนธ์ได้รับการแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้องค์ความรู้ ทฤษฎี แนวคิด ประสบการณ์จริงในการทำงาน และให้ คำปรึกษา ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำหลักสูตร เจ้าหน้าที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เกี่ยวข้อง

ขอขอบพระคุณ ทุกหน่วยงาน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เพื่อให้สารนิพนธ์เล่มนี้ สามารถทำวิจัยจนแล้วเสร็จ และมีความสมบูรณ์ของเนื้อหา

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ กลุ่มเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ให้อกำลังใจ และ ให้การสนับสนุนการเรียน ครั้งนี้อย่างดีมาโดยตลอด

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า สารนิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจ ศึกษาและค้นคว้า เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขวัญชนก อภิวัฒนานนท์

## สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 .....	1
บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	4
1.3 ขอบเขตการวิจัย .....	4
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
บทที่ 2 .....	9
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	9
2.1 ชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร.....	9
2.2 ค่าความร้อน (Heating value).....	10
2.3 ศักยภาพของชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร .....	12
2.4 การจัดการชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร.....	16



2.5 กระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลระบบเผาไหม้โดยตรง .....	19
2.6 นโยบายรับซื้อไฟฟ้า .....	24
2.7 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการ .....	27
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	32
บทที่ 3 .....	36
วิธีดำเนินการวิจัย .....	36
3.1 ระเบียบวิธีการศึกษา.....	36
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล .....	39
3.3 ข้อกำหนดในการดำเนินโครงการ .....	40
บทที่ 4 .....	55
ผลการวิจัยและอภิปรายผล .....	55
4.1 การคำนวณศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในจังหวัดนครพนม .....	55
4.2 การประเมินตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่เหมาะสม .....	60
4.3 การวิเคราะห์ทางการเงิน.....	62
4.4 การประเมินความคุ้มค่าของโครงการ .....	67
บทที่ 5 .....	70
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	70
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	70
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	71
บรรณานุกรม.....	72
ภาคผนวก ก.....	75
การประเมินศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร.....	75
ที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์ในจังหวัดนครพนม เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี พ.ศ. 2553 - พ.ศ. 2562 .....	75
ภาคผนวก ข.....	96

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทาง	
การเกษตรในจังหวัดนครพนม .....	96
ภาคผนวก ค.....	105
การประเมินต้นทุน ผลประโยชน์ของโครงการ .....	105
และวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุน .....	105
ประวัติผู้เขียน.....	121



## สารบัญตาราง

### หน้า

ตารางที่ 1 ปริมาณและกำลังผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลของแต่ละจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ....	2
ตารางที่ 2 ชนิดของชีวมวลที่เกิดจากพืช 8 ชนิดในจังหวัดนครพนม.....	4
ตารางที่ 3 ค่าความร้อนของชีวมวลเชิงพื้นที่ของประเทศไทยปี 2552 .....	12
ตารางที่ 4 ตารางแสดงสัดส่วนการเกิดชีวมวล[9] .....	13
ตารางที่ 5 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ต่อปริมาณชีวมวลแต่ละชนิด[9] .....	14
ตารางที่ 6 ค่าถ่วงน้ำหนัก และแหล่งที่มาของปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่เหมาะสม [11] .....	17
ตารางที่ 7 ราคารับซื้อชีวมวลหน้าโรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดโพหนอง .....	18
ตารางที่ 8 ปฏิทินชีวมวล [8].....	19
ตารางที่ 9 อัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FIT ที่ประกาศใช้ในปี 2559 สำหรับโครงการ VSPP กลุ่มพลังงานชีวภาพ [21] .....	26
ตารางที่ 10 FIT <sub>v</sub> สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมาก ที่ประกาศใช้ในปี 2564 [22] .....	27
ตารางที่ 11 แสดงรายละเอียดรายจ่ายที่ใช้วิเคราะห์ความเหมาะสมด้านการลงทุน[24] .....	28
ตารางที่ 12 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราเงินเฟ้อ ประจำปี 2558 – 2562 [26].....	29
ตารางที่ 13 ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของพืช 7 ชนิด และปริมาณพื้นที่โค่นยางพารา ย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี 2553-2562 จังหวัดนครพนม.....	42
ตารางที่ 14 อัตราการเกิดชีวมวล และค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ของชีวมวลแต่ละชนิด [9] .....	43
ตารางที่ 15 ค่าความร้อนของชีวมวลเชิงพื้นที่ของประเทศไทยปี 2552 [7].....	44
ตารางที่ 16 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราเงินเฟ้อ ประจำปี 2558 – 2562 [26].....	50
ตารางที่ 17 อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษจากชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) สำหรับประกาศรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนปี 2558-2562 .....	51

ตารางที่ 18 ศักยภาพด้านพลังงานของชีวมวลในจังหวัดนครพนม เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – 2562 .....	57
ตารางที่ 19 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของปริมาณผลผลิตทางการเกษตร และปริมาณการไถ่อย่างพารา.....	59
ตารางที่ 20 ผลการประเมินต้นทุนโครงการ .....	63
ตารางที่ 21 ต้นทุนชีวมวลต่อหน่วยความร้อน.....	64
ตารางที่ 22 การคำนวณวิธีการจำลองการคิดลดกระแสเงินสด (Discounted Cash Flow Model : DCF Model) .....	66
ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน.....	67
ตารางที่ 24 แสดงชนิดพืชและชนิดชีวมวลในจังหวัดนครพนมที่จะทำการศึกษา .....	77
ตารางที่ 25 ปริมาณผลผลิตข้าว(นาปี) ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ตัน).....	78
ตารางที่ 26 ปริมาณผลผลิตข้าว(นาปรัง) ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ตัน) .....	79
ตารางที่ 27 ปริมาณผลผลิตข้าวโพดหวาน ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ตัน).....	80
ตารางที่ 28 ปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ตัน).....	81
ตารางที่ 29 ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ตัน).....	82
ตารางที่ 30 ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมัน ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ตัน).....	83
ตารางที่ 31 ปริมาณผลผลิตยูคาลิปตัส ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ตัน).....	84
ตารางที่ 32 ปริมาณพื้นที่ไถ่อย่างพารา ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ไร่).....	85
ตารางที่ 33 แสดงปริมาณผลผลิตทางการเกษตรและปริมาณการไถ่อย่างพาราในจังหวัดนครพนม ตั้งแต่ปี พ.ศ.2553-2562 และปริมาณเฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี .....	86
ตารางที่ 34 แสดงอัตราการเกิดชีวมวล ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้และค่าความร้อนของชีวมวลแต่ละชนิด.....	87
ตารางที่ 35 ศักยภาพด้านพลังงานชีวมวลในจังหวัดนครพนม เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – 2562 .....	89
ตารางที่ 36 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของปริมาณผลผลิตทางการเกษตรและปริมาณการไถ่อย่างพารา.....	91

ตารางที่ 37	ตารางปริมาณฟางข้าวที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ต่อปริมาณฟางข้าวที่ต้องใช้ใน 1 ปี .....	98
ตารางที่ 38	ค่าออกแบบและก่อสร้างอาคาร .....	106
ตารางที่ 39	ค่าอุปกรณ์เครื่องจักรและระบบต่างๆ .....	107
ตารางที่ 40	ต้นทุนอื่นๆ .....	108
ตารางที่ 41	ข้อมูลในการคำนวณต้นทุนชีวมวล .....	108
ตารางที่ 42	ต้นทุนการดำเนินงานตลอดอายุโครงการ .....	111
ตารางที่ 43	อัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษจากขยะอุตสาหกรรมในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) ของแต่ละปี .....	114
ตารางที่ 44	รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในแต่ละปี .....	115
ตารางที่ 45	ผลการประเมินต้นทุนโครงการ .....	117
ตารางที่ 46	มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเมื่อทำการปรับมูลค่าต้นทุน .....	118
ตารางที่ 47	การปรับราคาของชีวมวลที่ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ .....	120
ตารางที่ 48	การปรับอัตราคิดลดที่ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ .....	120

## สารบัญภาพ

### หน้า

รูปภาพที่ 1	แผนภาพแสดงกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ .....	3
รูปภาพที่ 2	แผนผังการดำเนินการศึกษา.....	7
รูปภาพที่ 3	เครื่อง Rotary dryer [15].....	20
รูปภาพที่ 4	เครื่อง Hammer mills [17].....	21
รูปภาพที่ 5	แผนภาพอย่างง่ายของกระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันไอน้ำ .....	22
รูปภาพที่ 6	การทำงานของโรงไฟฟ้าชีวมวลระบบเผาไหม้โดยตรง [14] .....	23
รูปภาพที่ 7	โครงสร้างของ FiT สำหรับเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนโดยใช้พลังงานชีวมวล [19]...	25
รูปภาพที่ 8	ตัวอย่างการคิดอัตรา FiT สำหรับกลุ่มพลังงานชีวมวล [19].....	25
รูปภาพที่ 9	กรอบการวิเคราะห์งานวิจัย.....	36
รูปภาพที่ 10	กรอบการวิเคราะห์การคิดลดกระแสเงินสด .....	37
รูปภาพที่ 11	พื้นที่ภาพรวมของโครงการ [32] .....	45
รูปภาพที่ 12	แผนที่แหล่งน้ำในจังหวัดนครพนม .....	46
รูปภาพที่ 13	แผนที่สภาพสิ่งแวดล้อม (แหล่งชุมชนและสาธารณสถาน) .....	47
รูปภาพที่ 14	แผนที่ความใกล้ชิดถนนและสายส่งไฟฟ้า .....	48
รูปภาพที่ 15	แผนที่ความใกล้ชิดถนนและสายส่งไฟฟ้า .....	49
รูปภาพที่ 16	ผังการคำนวณศักยภาพชีวมวลและการเลือกชีวมวลหลัก.....	56
รูปภาพที่ 17	แผนที่แสดงการซ้อนทับของปัจจัยทั้ง 5 ในจังหวัดนครพนม .....	61
รูปภาพที่ 18	แผนที่แสดงการซ้อนทับของปัจจัยทั้ง 5 ในอำเภอลาปาก จังหวัดนครพนม .....	62
รูปภาพที่ 19	กรอบการวิเคราะห์ผลการวิจัย .....	68
รูปภาพที่ 20	กรอบการวิเคราะห์การคิดลดกระแสเงินสดผลการวิจัย .....	69

รูปภาพที่ 21 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณผลผลิตข้าว(นาปี) ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - 2562.....	92
รูปภาพที่ 22 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณผลผลิตข้าว(นาปรัง) ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - 2562.....	92
รูปภาพที่ 23 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - 2562 .....	92
รูปภาพที่ 24 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณผลผลิตข้าวโพดหวาน ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - 2562.....	93
รูปภาพที่ 25 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - 2562.....	93
รูปภาพที่ 26 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมัน ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - 2562.....	93
รูปภาพที่ 27 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณผลผลิตยูคาลิปตัส ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - 2562.....	94
รูปภาพที่ 28 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณพื้นที่โค่นยางพารา ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - 2562.....	94
รูปภาพที่ 29 แผนที่ปริมาณผลผลิตข้าว(นาปี) เฉลี่ย 10 ปี ย้อนหลัง แยกตามอำเภอ .....	97
รูปภาพที่ 30 แผนที่แหล่งน้ำ จังหวัดนครพนม.....	99
รูปภาพที่ 31 แผนที่แหล่งชุมชนและสาธารณสุขสถาน จังหวัดนครพนม.....	100
รูปภาพที่ 32 แผนที่ถนน และสายส่งไฟฟ้า จังหวัดนครพนม.....	101
รูปภาพที่ 33 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครพนม.....	102
รูปภาพที่ 34 แผนที่ซ้อนทับของปัจจัยในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล จังหวัดนครพนม .....	103
รูปภาพที่ 35 แผนที่ซ้อนทับ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม .....	104
รูปภาพที่ 36 กราฟแสดงการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุน .....	119

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ทำการเกษตรเป็นหลัก มีชีวมวลหลากหลาย ชีวมวลดังกล่าวมีแหล่งที่มาจาก 2 แหล่งด้วยกัน คือ การปลูกพืชพลังงาน และอีกแหล่งคือ ชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร[1] โดยการจะปลูกพืชพลังงานเพื่อนำมาให้เป็นเชื้อเพลิงโดยเฉพาะนั้น อาจส่งผลให้เกิดปัญหาความมั่นคงทางอาหาร และการแย่งชิงทรัพยากรน้ำในพื้นที่ เนื่องจากพื้นที่การเกษตรถูกแย่งไปทำการเพาะปลูกพืชพลังงานเชิงเดียว ดังนั้นชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จึงเหมาะที่จะนำมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลมากกว่า เนื่องจากประเทศไทยมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอยู่แล้ว วัสดุดังกล่าวหากไม่นำมาใช้ก็จะกลายเป็นขยะเน่าเปื่อย หรือถูกกำจัดด้วยการเผาที่สร้างมลพิษทางอากาศ หากนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าได้ จะทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ลดปริมาณขยะ เพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรอีกด้วย

ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 ซึ่งประกาศใช้เมื่อ 20 ต.ค. 2563 มีนโยบายที่เกี่ยวข้องกับด้านพลังงานที่สำคัญหลายข้อ โดยมีนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเพิ่มมูลค่า และการพัฒนาสาธารณูปโภคพื้นฐาน เสริมสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ กระจายชนิดของเชื้อเพลิงทั้งจากฟอสซิล และจากพลังงานทดแทนอย่างเหมาะสม สนับสนุนการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนตามศักยภาพของแหล่งเชื้อเพลิงในพื้นที่ มีเป้าหมายเพิ่มกำลังผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลใหม่ในปี 2561-2580 จำนวน 2,780 เมกะวัตต์ [2]

เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลมีต้นทุนวัตถุดิบ มีความไม่แน่นอนด้านปริมาณ และราคาของเชื้อเพลิง รัฐบาลจึงมีนโยบายสนับสนุนการลงทุน และสร้างแรงจูงใจให้แก่ผู้ลงทุนที่สนใจดำเนินธุรกิจโรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน กลุ่มพลังงานชีวมวลขนาดเล็กมาก โดยการให้อัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) สำหรับโรงไฟฟ้าขนาดต่างๆ โดยจะประกอบไปด้วยอัตรารับซื้อ 3 ส่วนคือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนคงที่ (Fit fixed :  $Fit_F$ ), อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนแปรผัน (Fit variable :  $Fit_V$ ) และอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT พิเศษ (FiT Premium) โดยอัตรา FiT จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามค่าไฟฟ้าฐานและค่า  $Ft$  ทำให้มีราคาที่ชัดเจน [3]

ถึงแม้โรงไฟฟ้าชีวมวลจะมีความน่าสนใจสำหรับนักลงทุนอย่างที่กล่าวไปแล้วให้ช่วงแรก แต่เนื่องด้วยกระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลต้องใช้ชีวมวลเป็นวัตถุดิบ ทำให้ศักยภาพของ

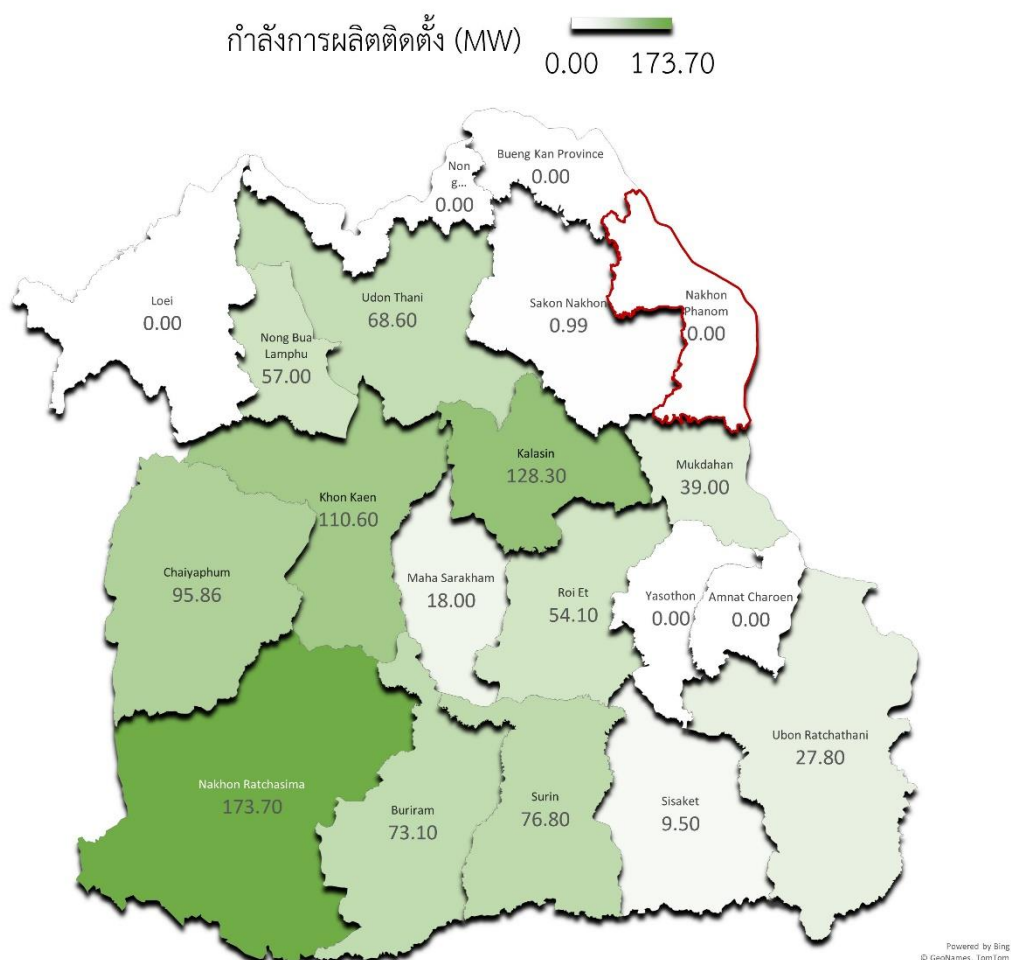


ชีวมวลในพื้นที่เป็นความเสี่ยงหนึ่งที่นักลงทุนต้องคำนึงถึง นอกจากนี้ชีวมวลยังมีต้นทุนในการขนส่งและจัดซื้ออีกด้วย จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการประเมินศักยภาพชีวมวล ที่ตั้ง และความคุ้มค่าในการลงทุนจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล เพื่อให้การลงทุนนำไปประกอบการตัดสินใจก่อนลงทุนได้ดีขึ้น

ปัจจุบัน โรงไฟฟ้าชีวมวลในประเทศไทยมีทั้งสิ้น 220 แห่ง กระจายตัวอยู่ในจังหวัดต่างๆทั่วประเทศ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีโรงไฟฟ้าทั้งสิ้น 71 แห่ง มีกำลังการผลิตทั้งสิ้น 596.3 เมกะวัตต์ อยู่ใน 15 จังหวัด[4] ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 1

**ตารางที่ 1 ปริมาณและกำลังผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลของแต่ละจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**

ลำดับที่	จังหวัด	จำนวนโรงไฟฟ้า	กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)
1	กาฬสินธุ์	7	74
2	ขอนแก่น	7	76
3	ชัยภูมิ	6	48
4	นครพนม	1	0.3
5	นครราชสีมา	11	113
6	บุรีรัมย์	9	69
7	มหาสารคาม	1	6
8	มุกดาหาร	2	16
9	ร้อยเอ็ด	7	46
10	ศรีสะเกษ	1	8
11	สกลนคร	1	1
12	สุรินทร์	5	48
13	หนองบัวลำภู	4	32
14	อุดรธานี	6	36
15	อุบลราชธานี	3	23
รวม		71	596.3



รูปภาพที่ 1 แผนภาพแสดงกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากรูปที่ 1 เมื่อพิจารณาจากแผนภาพแสดงกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า โรงไฟฟ้าชีวมวลมีการกระจุกตัวอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง แต่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนแถบจะไม่มีโรงไฟฟ้าชีวมวลอยู่เลย ตัวอย่างเช่น จังหวัดนครพนม จึงมีความเป็นไปได้ว่าจะมีชีวมวลเหลือใช้ทางการเกษตรที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์อย่างมาก

จังหวัดนครพนมมีเนื้อที่ ประมาณ 5,528.88 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 3,474,437 ไร่ มีครัวเรือนทั้งสิ้น 192,029 ครัวเรือน ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพด้านการเกษตร โดยมีจำนวนถึง 123,018 ครัวเรือน และมีพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว ยางพารา สับปะรด มันสำปะหลัง ยาสูบ[5]

ในจังหวัดนครพนมมีโรงไฟฟ้าชีวมวลที่จัดตั้งอยู่ก่อนแล้วจำนวน 1 โรง ขนาด 0.4 เมกะวัตต์ ที่ตำบลหนองฮี อำเภอปากปลา เปิดทำการตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2557 เคยจำหน่ายไฟฟ้าเข้าสู่

ระบบ 0.3 เมกะวัตต์ โดยปัจจุบันไม่ได้ดำเนินการแล้ว ทำให้ ณ ปัจจุบัน ไม่มีโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ดำเนินการอยู่เลย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขนาด 9.9 เมกะวัตต์ในจังหวัดนครพนม ผู้วิจัยทำการศึกษาศักยภาพของชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่ ตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสม และการวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยใช้แบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash Flow : DCF) ซึ่งประกอบด้วยเกณฑ์ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit cost ratio: B/C Ratio) และระยะคืนทุน (Payback Period) อ้างอิงอัตราซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) ซึ่งรัฐบาลมีนโยบายสนับสนุนการลงทุนให้กับโรงไฟฟ้าประเภทพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก หรือ Very Small Power Producer (VSPP)

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสำรวจศักยภาพเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของจังหวัดนครพนม สำหรับป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 9.9 เมกะวัตต์

1.2.2 เพื่อประเมินหาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ( Geographic Information System ) GIS

1.2.3 เพื่อประเมินความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 9.9 เมกะวัตต์ ในจังหวัดนครพนม

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 กรณีสึกษาโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 9.9 เมกะวัตต์ในจังหวัดนครพนม

1.3.2 ข้อมูลชีวมวลที่ใช้ในการวิจัยมาจากชีวมวลเหลือใช้ทางการเกษตรที่เกิดขึ้นในจังหวัดนครพนม จากพืชทั้งหมด 8 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ชนิดของชีวมวลที่เกิดจากพืช 8 ชนิดในจังหวัดนครพนม

ลำดับที่	ชนิดพืช	ชนิดชีวมวลที่เกิดขึ้น
1	ข้าว (นาปี)	แกลบ
		ฟางข้าว

ลำดับที่	ชนิดพืช	ชนิดชีวมวลที่เกิดขึ้น
2	ข้าว (นาปรัง)	ฟางข้าว
3	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด
		ซังข้าวโพด
		เปลือกข้าวโพด
4	ข้าวโพดหวาน	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด
5	มันสำปะหลัง	เหง้ามันสำปะหลัง
		ลำต้น ยอดและใบมันสำปะหลัง
		กากมันสำปะหลัง
6	ปาล์มน้ำมัน	ลำต้นปาล์มน้ำมัน
		ทางใบปาล์มน้ำมัน
		ทะลายปาล์มน้ำมัน
		ใบปาล์มน้ำมัน
		กะลาปาล์มน้ำมัน
7	ยูคาลิปตัส	ปลายไม้ยูคาลิปตัส
		ปึกไม้/เศษไม้ยูคาลิปตัส
8	ยางพารา	ลำต้นยางพาราส่วนที่ตัดทิ้ง
		กิ่งยางพารา
		ใบและยอดยางพารา
		รากไมยางพารา
		ปึกไม้/เศษไมยางพารา
		ขี้เลื่อยยางพารา

1.3.3 โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลดังกล่าวใช้เทคโนโลยีระบบเผาไหม้โดยตรง มีค่าประสิทธิภาพร้อยละ 25

1.3.4 ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสม 5 ปัจจัย โดยให้ความสำคัญของปัจจัยตามลำดับ ได้แก่

1.3.4.1 แหล่งวัตถุดิบ

1.3.4.2 แหล่งน้ำสนับสนุน

1.3.4.3 สภาพสิ่งแวดล้อม (แหล่งชุมชนและสาธารณสถาน)

1.3.4.4 ความใกล้ชิดถนนและสายส่งไฟฟ้า

1.3.4.5 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

1.3.5 แหล่งข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ทางการเงิน แบ่งออกเป็น 3 ชุด คือ

1.3.5.1 เงินลงทุนหลัก (Capital Expenditure : CAPEX) ประกอบด้วย

1.3.5.1.1 ค่าที่ดิน

1.3.5.1.2 ค่าออกแบบและก่อสร้างอาคารต่างๆ

1.3.5.1.3 ค่าอุปกรณ์เครื่องจักรและระบบต่างๆ

1.3.5.1.4 ต้นทุนอื่นๆ

1.3.5.2 ต้นทุนการดำเนินงาน (Operating Expenditure : OPEX) ประกอบด้วย

1.3.5.2.1 ต้นทุนชีวมวล

1.3.5.2.2 ค่าใช้จ่ายเคมีสำหรับปรับสภาพน้ำ 1% ของรายได้

1.3.5.2.3 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 5% ของรายได้

1.3.5.2.4 ค่าดำเนินการ 3% ของรายได้

1.3.5.2.5 ค่าเงินเดือนพนักงาน 13.5% ของรายได้

1.3.5.2.6 ค่าสาธารณูปโภค 3% ของรายได้

1.3.5.2.7 เงินสำรองในการปรับปรุงเครื่องจักร 5% ของรายได้

1.3.5.2.8 กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า ( 1 สตางค์ต่อ kWh.)

1.3.5.3 ผลประโยชน์ของโครงการ

1.3.5.3.1 รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (Revenue from Electricity Sales)

1.3.6 อายุโครงการ 20 ปี

1.3.7 ใช้แบบจำลองการคิดลดกระแสเงินสด (Discounted Cash Flow Model : DCF Model) ในการวิเคราะห์ทางการเงิน เพื่อประเมินความคุ้มค่าของโครงการ โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาดังนี้

1.3.7.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV)

1.3.7.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return : IRR)

1.3.7.3 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit cost ratio: B/C Ratio)

1.3.7.4 ระยะคืนทุน (Payback Period : PB)

## 1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ประเมินศักยภาพชีวมวลจากปริมาณผลผลิตของพืชทั้ง 7 ชนิด และพื้นที่โค่นยางพาราในพื้นที่จังหวัดนครพนม ย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 - 2562 เพื่อเลือกชีวมวล 1 ชนิด เป็นเชื้อเพลิงหลักของโครงการ โดยใช้เกณฑ์ในการเลือก 2 เกณฑ์ คือ

1.4.1.1 มีปริมาณชีวมวลที่ไม่มีการใช้ประโยชน์เกิดขึ้นเฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชีวมวลชนิดอื่นๆในพื้นที่

1.4.1.2 มีค่าสัมปสิทธิ์การแปรผันของปริมาณผลผลิตทางการเกษตร หรือปริมาณพื้นที่โค่นยางพาราเฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชีวมวลชนิดอื่นๆในพื้นที่

1.4.2 สร้างแผนภาพข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยให้ความสำคัญกับปัจจัยตามลำดับ ได้แก่ แหล่งวัตถุดิบ แหล่งน้ำสนับสนุน สภาพสิ่งแวดล้อม (แหล่งชุมชนและสาธารณสถาน) ความใกล้ชิดถนนและสายส่งไฟฟ้า และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1.4.3 ประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ

1.4.4 ประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการ โดยใช้แบบจำลองการคิดลดกระแสเงินสด (Discounted Cash Flow : DCF)

1.4.5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ  
ทั้งนี้ สามารถแสดงแผนผังการดำเนินการศึกษาดังรูปที่ 2



รูปภาพที่ 2 แผนผังการดำเนินการศึกษา

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในพื้นที่
- 1.5.2 เสริมสร้างความมั่นคงทางพลังงานและทางเลือกในการกระจายแหล่งพลังงานในท้องถิ่น
- 1.5.3 ลดการนำเข้าเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์จากต่างประเทศ



## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

##### 2.1.1 ชีวมวล (biomass)

หมายถึงสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นผ่านกระบวนการทางชีวภาพ หรือโดยธรรมชาติ ได้แก่ พืชและสัตว์ ปัจจุบันชีวมวลหมายถึงพืช ต้นไม้ เศษวัสดุเหลือใช้ทั้งจากการแปรรูปและการเก็บเกี่ยว เช่น ชี้อ้อย เปลือกไม้ แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย ชังข้าวโพด เป็นต้น นอกจากนี้ยังหมายถึง มูลสัตว์ ของเสียอินทรีย์ ขยะและวัสดุเหลือใช้ทั้งจากชุมชนและจากภาคอุตสาหกรรม

##### 2.1.1.1 ประเภทของชีวมวล

การแบ่งประเภทชีวมวลไม่มีเกณฑ์ที่ชัดเจนอาจแบ่งตามสมบัติทางกายภาพ ลักษณะทางชีววิทยาหรือแหล่งกำเนิดชีวมวล อย่างไรก็ตามในที่นี้จะแบ่งชีวมวลออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ

2.1.1.1.1 ชีวมวลจำพวกไม้ (woody biomass) ได้แก่ ต้นสน ไม้ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถิน ต้นปาล์ม ต้นมะพร้าว เป็นต้น

2.1.1.1.2 ชีวมวลที่ไม่ใช่ไม้ (non-woody biomass) หมายถึง

- 1) พืชล้มลุกที่ไม่มีเนื้อไม้ ได้แก่ อ้อย ข้าว ข้าวโพด ต้นทานตะวัน หญ้า เป็นต้น
- 2) พืชน้ำ ได้แก่ สาหร่าย ผักตบชวา เป็นต้น
- 3) วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและการแปรรูป ได้แก่ เปลือกไม้ เศษไม้จากการตัดไม้ ชี้อ้อย ฟาง แกลบ ชานอ้อย กากน้ำตาล ชังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง ทลายปาล์ม กะลาปาล์ม กะลามะพร้าว เป็นต้น
- 4) ขยะมูลฝอย ได้แก่ เศษอาหาร เศษกระดาษ น้ำมันพืชใช้แล้ว ไขมัน เป็นต้น

##### 2.1.2 วัสดุเหลือใช้

วัสดุเหลือใช้ (waste) หมายถึงวัสดุที่หมดคุณค่า และที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้อีกต่อไป รวมถึงกากหรือเศษวัสดุที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตประเภทต่างๆ วัสดุเหลือใช้หรือขยะแบ่งออกเป็น 9 ประเภท ตามแหล่งกำเนิด คือ

##### 2.1.2.1 ขยะชุมชน

##### 2.1.2.2 ขยะทางการเกษตร

##### 2.1.2.3 ขยะอุตสาหกรรม

##### 2.1.2.4 ขยะอันตราย



2.1.2.5 ขยะทางการแพทย์

2.1.2.6 ขยะสถานศึกษา

2.1.2.7 ขยะก่อสร้าง

2.1.2.8 ขยะกัมมันตรังสี

2.1.2.9 ขยะเหมือง

ชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานของพืชที่ต้องอาศัยแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์แสงและเจริญเติบโต จากนั้นแปรเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งหรือแปรสภาพเป็นของเหลวที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนพลังงานจากฟอสซิลได้ จัดเป็นพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ที่สำคัญชนิดหนึ่ง

## 2.2 ค่าความร้อน (Heating value)

คือปริมาณพลังงานที่ปลดปล่อยออกเมื่อสารตัวอย่างหรือชีวมวลเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ (complete combustion) หรือปริมาณความร้อนของปฏิกิริยาการเผาไหม้เปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) และน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) หน่วยเป็นปริมาณพลังงานต่อหน่วยน้ำหนัก คือ  $\text{kJ/kg}$ ,  $\text{cal/kg}$  หรือ  $\text{Btu/lb}$

2.2.1 ค่าความร้อนสูง (higher heating value, HHV) หรือ ค่าความร้อนทั้งหมด (gross heating value, GHV) คือ ค่าความร้อนที่วัดตามมาตรฐาน ASTM D2025-77 โดยใช้อุปกรณ์ bomb calorimeter เป็นค่าความร้อนของปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่พิจารณาน้ำในผลิตภัณฑ์อยู่ในวัฏภาคของเหลว ซึ่งน้ำดังกล่าวประกอบด้วยน้ำจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างไฮโดรเจนและออกซิเจน และน้ำจากความชื้นเริ่มต้นของเชื้อเพลิง ดังนั้นในการวิเคราะห์ค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิงจึงต้องทราบความชื้นเริ่มต้นเพื่อให้สามารถคำนวณค่าความร้อนได้แม่นยำขึ้น และนิยมใช้หน่วยเป็นค่าพลังงานต่อน้ำหนักแห้งของเชื้อเพลิง (ไม่รวมส่วนของความชื้น) นอกจากนี้ค่าความร้อนสูงสามารถคำนวณโดยประมาณจากองค์ประกอบธาตุในวัสดุ ที่ผ่านมา มีการนำเสนอสูตรที่ใช้ในการคำนวณค่าความร้อนของชีวมวลอยู่มากมาย ที่นิยมใช้และรู้จักกันโดยทั่วไปคือสมการของดูลอง (Dulong equation) ซึ่งถูกปรับปรุงจากสูตรเดิมที่ใช้กับเชื้อเพลิงแข็งชนิดถ่านหิน ดังสมการที่ 1

$$\text{HHV} = 366 \times X_c + 1418 \times X_H - 153 \times X_O - 0.72 \times X^2_O + 94.1 \times X_S \quad (1)$$

หรือสูตรของ Channiwala and Parikh (2002) ที่ถูกพัฒนาขึ้น สามารถใช้กับเชื้อเพลิงได้หลากหลายทั้งของเหลว แก๊ส ถ่านหิน และชีวมวล ดังสมการที่ 2

$$\text{HHV} = 349.1 \times X_C + 1178.3 \times X_H + 100.5 \times X_S - 15.1 \times X_N - 103.4 \times X_O - 21.1 \times X_{ash} \quad (2)$$

โดย HHV = ค่าความร้อนสูง (kJ/kg dry basis)

$X_C$  = ร้อยละองค์ประกอบของคาร์บอน (wt% dry basis)

$X_H$  = ร้อยละโดยน้ำหนักของไฮโดรเจน (wt% dry basis)

$X_S$  = ร้อยละโดยน้ำหนักของซัลเฟอร์ (wt% dry basis)

$X_N$  = ร้อยละโดยน้ำหนักของไนโตรเจน (wt% dry basis)

$X_O$  = ร้อยละโดยน้ำหนักของออกซิเจน (wt% dry basis)

$X_{ash}$  = ร้อยละโดยน้ำหนักของเถ้า (wt% dry basis)

2.2.2 ค่าความร้อนต่ำ (lower heating value, LHV) หรือ ค่าความร้อนสุทธิ (net heating value, NHV) คือ ค่าความร้อนของปฏิกิริยาเผาไหม้ที่พิจารณาน้ำในผลิตภัณฑ์อยู่ในวัฏภาคแก๊สหรือไอ ในทางปฏิบัติการวัดค่า LHV โดยตรงทำได้ยาก มักใช้การคำนวณจากค่า HHV ดังสมการที่ 3

$$\text{LHV} = \text{HHV} \times \left(1 - \frac{W}{100}\right) - 2447 \times \left(\frac{W}{100}\right) - 2447 \times \left(\frac{H}{100}\right) \times 9.01 \times \left(1 - \frac{W}{100}\right) \quad (3)$$

โดย LHV = ค่าความร้อนต่ำ (kJ/kg wet basis)

HHV = ค่าความร้อนสูง (kJ/kg dry basis)

W = ร้อยละความชื้น (wt% wet basis)

H = ร้อยละองค์ประกอบไฮโดรเจน (wt% dry basis) [6]

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานได้จัดทำข้อมูลค่าความร้อนของชีวมวลไว้ดังตารางที่ 3 [7]

ตารางที่ 3 ค่าความร้อนของชีวมวลเชิงพื้นที่ของประเทศไทยปี 2552

พืช	ชีวมวล	ค่าความร้อน
		(MJ/kg)
อ้อย	ชานอ้อย	14.40
	ยอดและใบ	17.39
ข้าว	แกลบ	14.27
	ฟางข้าว	10.24
ถั่วเหลือง	ต้น/เปลือก/ใบ	19.44
ข้าวโพด	ซังข้าวโพด	18.04
	ลำต้น	18.04
ปาล์มน้ำมัน	ทะลายปาล์ม	17.86
	เส้นใยปาล์ม	17.62
	กะละปาล์ม	18.46
	ลำต้นปาล์ม	9.83
มันสำปะหลัง	เหง้ามันสำปะหลัง	18.42
	ลำต้น	18.42
มะพร้าว	ก้านมะพร้าว	15.40
	กาบมะพร้าว	16.23
	กะลามะพร้าว	17.93
ไม้ยางพารา	ไม้ยางพารา	14.98

## 2.3 ศักยภาพของชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

### 2.3.1 การประเมินปริมาณการเกิดชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ในการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินปริมาณการเกิดชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรตามเอกสารเผยแพร่ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ใช้วิธีการ[8] ดังสมการที่ 4 และ 5 โดยข้อมูลอัตราส่วนชีวมวลที่เกิดขึ้นต่อผลผลิตแสดงในตารางที่ 4

$$\text{ปริมาณชีวมวลที่เกิด (ตัน/ปี)} = \text{ปริมาณผลผลิต (ตัน/ปี)} \times \text{สัดส่วนชีวมวลต่อปริมาณผลผลิต (ตันชีวมวล/ตันผลผลิต)} \quad (4)$$

ปริมาณชีวมวลที่เกิด (ตัน/ปี) = ปริมาณพื้นที่โค่น (ไร่/ปี) × สัดส่วนชีวมวลต่อพื้นที่โค่น (ตันชีวมวล/ไร่)

(5)

ตารางที่ 4 ตารางแสดงสัดส่วนการเกิดชีวมวล[9]

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	อัตราส่วนชีวมวลต่อผลผลิต (ตัน/ตันผลผลิต)
ข้าว (นาปี)	แกลบ	0.230
	ฟางข้าว	1.169
ข้าว (นาปรัง)	ฟางข้าว	1.522
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	1.245
	ซังข้าวโพด	0.216
	เปลือกข้าวโพด	0.208
ข้าวโพดหวาน	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	1.245
มันสำปะหลัง	เหง้ามันสำปะหลัง	0.097
	ลำต้น ยอดและใบมันสำปะหลัง	0.250
	กากมันสำปะหลัง	0.333
ปาล์มน้ำมัน	ลำต้นปาล์มน้ำมัน	11.253
	ทาง/ใบปาล์มน้ำมัน	0.134
	ทะลายปาล์มน้ำมัน	0.199
	ใบปาล์มน้ำมัน	0.131
	กะลาปาล์มน้ำมัน	0.056
ยูคาลิปตัส	ปลายไม้ยูคาลิปตัส	0.150
	ปึกไม้/เศษไม้ยูคาลิปตัส	0.300
ยางพารา	ลำต้นยางพาราส่วนที่ตัดทิ้ง	3.140 (ตัน / ไร่)
	กิ่งยางพารา	0.035 (ตัน / ไร่)
	ใบและยอดยางพารา	1.480 (ตัน / ไร่)
	รากไม้ยางพารา	10.130 (ตัน / ไร่)
	ปึกไม้/เศษไม้ยางพารา	7.820 (ตัน / ไร่)
	ขี้เลื่อยยางพารา	1.650 (ตัน / ไร่)

### 2.3.2 การประเมินปริมาณคงเหลือและศักยภาพพลังงานของชีวมวลแต่ละชนิด

การประเมินปริมาณคงเหลือของชีวมวลที่ไม่มีการใช้ประโยชน์แต่ละชนิดสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6 หรือ 7 และนำปริมาณคงเหลือของชีวมวลที่คำนวณได้ ไปคำนวณหาศักยภาพพลังงานของชีวมวลที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์ดังสมการที่ 8 [8] โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ดังตารางที่ 5 และค่าความร้อนของชีวมวลดังตารางที่ 3

$$\text{ปริมาณคงเหลือของชีวมวลแต่ละชนิด} = \text{ปริมาณที่เกิด} - (\text{ปริมาณที่นำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า} + \text{ปริมาณที่นำไปใช้สำหรับผลิตความร้อน} + \text{ปริมาณที่นำไปใช้ในภาคส่วนอื่นๆ}) \quad (6)$$

$$\text{ปริมาณคงเหลือของชีวมวลแต่ละชนิด} = \text{ปริมาณที่เกิด} \times \text{ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้} \quad (7)$$

$$\text{ศักยภาพพลังงานชีวมวลที่ยังไม่ใช้ประโยชน์} = \text{ปริมาณคงเหลือของชีวมวลแต่ละชนิด} \times \text{ค่าความร้อนของชีวมวลนั้นๆ} \quad (8)$$

ตารางที่ 5 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ต่อปริมาณชีวมวลแต่ละชนิด[9]

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ (ต้น/ตันผลผลิต)
ข้าว (นาปี)	แกลบ	0.481
	ฟางข้าว	0.583
ข้าว (นาปรัง)	ฟางข้าว	0.829
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	1.000
	ชังข้าวโพด	0.100
	เปลือกข้าวโพด	0.100
ข้าวโพดหวาน	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	1.000
มันสำปะหลัง	เหง้ามันสำปะหลัง	0.944
	ลำต้น ยอดและใบมันสำปะหลัง	0.244
	กากมันสำปะหลัง	1.000

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ (ต้น/ตันผลผลิต)
ปาล์มน้ำมัน	ลำต้นปาล์มน้ำมัน	1.000
	ทาง/ใบปาล์มน้ำมัน	1.000
	ทะลายปาล์มน้ำมัน	0.040
	ใบปาล์มน้ำมัน	-
	กะลาปาล์มน้ำมัน	-
ยูคาลิปตัส	ปลายไม้ยูคาลิปตัส	0.300
	ปีกไม้/เศษไม้ยูคาลิปตัส	-
ยางพารา	*ลำต้นยางพาราส่วนที่ตัดทิ้ง	-
	*กิ่งยางพารา	1.000 (ต้น / ไร่)
	*ใบและยอดยางพารา	1.000 (ต้น / ไร่)
	*รากไม้ยางพารา	1.000 (ต้น / ไร่)
	*ปีกไม้/เศษไม้ยางพารา	-
	*ขี้เลื่อยยางพารา	-

2.3.3 การวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของชีวมวลด้วยการวัดการกระจายตัวของข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรและการโค่นยางพารา

ในทางสถิติการวัดการกระจายของข้อมูล เป็นค่าที่บอกให้ทราบว่าข้อมูลชุดนั้นเข้าใกล้ค่ากลางหรือแตกต่างจากค่ากลางมากน้อยเพียงใด เพื่อวัดว่าผลผลิตทางการเกษตรแต่ละชนิด และปริมาณการโค่นยางพารา ซึ่งทำให้เกิดชีวมวลเหลือใช้ทางการเกษตร มีปริมาณการเกิดแปรผันไปอย่างไรบ้าง โดยการวัดการกระจายของข้อมูล มี 2 แบบ คือ

2.3.3.1 การวัดการกระจายแบบสมบูรณ์ เป็นการวัดการกระจายของข้อมูลเพียงชุดเดียวที่ต้องการทราบว่าข้อมูลชุดนั้นมีการกระจายตัวมากน้อยเพียงใด ในงานวิจัยนี้จะใช้วิธี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เป็นค่าที่นำไปใช้วัดการกระจายของข้อมูล ที่นิยมมากที่สุด ที่แสดงให้เห็นว่าข้อมูลนั้นมีการกระจายห่างออกจากค่าเฉลี่ยมากน้อยเพียงใด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานใช้สัญลักษณ์ ( $\sigma$ ) อ่านว่า ซิกมา (sigma) แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร โดยมีสมการดังนี้

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N}}$$

เมื่อ	$\sigma$	คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร
	$N$	คือ จำนวนประชากร
	$x_i$	คือ ค่าของแต่ละประชากร
	$\mu$	คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร

2.3.3.2 การวัดการกระจายแบบสัมพัทธ์ เป็นการวัดการกระจายของข้อมูลตั้งแต่สองชุดขึ้นไป เพื่อใช้เปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลในแต่ละชุดว่ามีการกระจายมากน้อยต่างกันเพียงใด ค่าที่ได้เรียกว่า สัมประสิทธิ์ของการกระจาย ในงานวิจัยนี้จะใช้วิธี สัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation) ในการเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณชีวมวล ปริมาณผลผลิตทางการเกษตร และการโค่นยางพารา เป็นการวัดการกระจายที่นักสถิตินิยมนำไปใช้มากที่สุด ใช้สัญลักษณ์ C.V. แทน สัมประสิทธิ์การแปรผัน มีสมการดังนี้

$$C.V. = \frac{\sigma}{\mu}$$

เมื่อ	$C.V.$	คือ สัมประสิทธิ์การแปรผันของประชากร
	$\sigma$	คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร
	$\mu$	คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร

## 2.4 การจัดการชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

### 2.4.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่ สามารถใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ( Geographic Information System ) GIS[10] เป็นเครื่องมือวิเคราะห์และสร้างแบบจำลอง เพื่อแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยใช้ปัจจัย 5 ปัจจัย ได้แก่ แหล่งน้ำสนับสนุน แหล่งวัตถุดิบ สภาพสิ่งแวดล้อม (แหล่งชุมชนและสาธารณสถาน) ความใกล้ชิดถนนและสายส่งไฟฟ้า และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในการจัดทำแผนที่ทั้ง 5 แผนที่ตามปัจจัยข้างต้น แล้วนำแผนที่ทั้ง 5 มาจัดระเบียบและ

วิเคราะห์ด้วยการซ้อนทับ GIS เพื่อระบุพื้นที่ที่มีศักยภาพในการจัดตั้งโรงไฟฟ้า ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่เหมาะสมด้านต้นทุนการขนส่ง และความพร้อมของวัตถุดิบ จะต้องมีการให้น้ำหนักกับปัจจัยแต่ละตัวตามลำดับความสำคัญดังตารางที่ 6 ด้วย

**ตารางที่ 6 ค่าถ่วงน้ำหนัก และแหล่งที่มาของปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่เหมาะสม [11]**

ปัจจัย	ค่าน้ำหนัก (%)	แหล่งที่มาของข้อมูล
แหล่งน้ำสนับสนุน	32	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
แหล่งวัตถุดิบ	30	สำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม
สภาพสิ่งแวดล้อม (แหล่งชุมชนและสาธารณสถาน)	22	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
ความใกล้ชิดถนนและสายส่งไฟฟ้า	12	กรมทางหลวงชนบท และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	4	กรมพัฒนาที่ดิน
<b>รวม</b>	<b>100</b>	

#### 2.4.2 การจัดการด้านราคาชีวมวล

ราคาชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแต่ละชนิด มีราคาที่แตกต่างกันออกไปตามแต่ชนิดของชีวมวล ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาราคารับซื้อชีวมวลหน้าโรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดโพหนองจังหวัดร้อยเอ็ด ณ ช่วงวันที่ 2 เม.ย. – 6 พ.ค. 2564 แสดงในตารางที่ 7 [12] เนื่องจากเป็นโรงไฟฟ้าที่เปิดดำเนินการอย่างต่อเนื่อง มีการรับซื้อชีวมวลตลอดทั้งปี และเป็นโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเช่นเดียวกับจังหวัดนครพนม เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับราคารับซื้อในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ

จากตารางจะเห็นได้ว่า แม้ชีวมวลจะเป็นชนิดเดียวกัน แต่หากมีการแปรสภาพโดยการย่อยหรือลดขนาดมาแล้วจะรับซื้อในราคาที่สูงกว่าการนำมาขายโดยยังไม่แปรสภาพอะไรเลย ก็เนื่องจากว่า หากมีการแปรสภาพโดยการย่อยหรือลดขนาดมาแล้ว โรงไฟฟ้าจะสามารถจัดการชีวมวลก่อนการเผาได้ง่ายขึ้นนั่นเอง



ตารางที่ 7 ราคาวัสดุซ่อมแซมหน้าโรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดโพหนอง

พืช	ชนิดวัสดุ	ขนาด	ความขึ้นไม่เกิน	ราคา*
				บาท/ตัน
ข้าวโพด	ต้นข้าวโพด		20	650.00
	ต้นข้าวโพดสับ	ไม่เกิน 12 นิ้ว	20	850.00
	เปลือกข้าวโพด		35	600.00
	ซังข้าวโพด		35	750.00
	ซังข้าวโพดปนเปลือก		35	600.00
ข้าว	ฟางข้าว		15	650.00
	ฟางข้าว	ไม่เกิน 12 นิ้ว	15	700.00
	แกลบ		13	1,000.00
มันสำปะหลัง	เหง้ามัน	สับ/ไม่สับ	40	650.00
	ต้นมัน/ลำมัน/ตอมัน		40	550.00
	ต้นมัน/ลำมัน/ตอมันสับ	ไม่เกิน 12 นิ้ว	40	700.00
ยางพารา	ปึกไม้	ไม่เกิน 1.5 เมตร	45	780.00
	ไม้ท่อนยางพารา	ไม่เกิน 1.5 เมตร	45	800.00
ปาล์ม	ลำต้นปาล์ม	ไม่เกิน 1 เมตร หน้ากว้างไม่เกิน 6 นิ้ว	50	500.00
	ทางปาล์ม	ไม่เกิน 1.5 เมตร	50	500.00
	ทะลายปาล์ม		62	410.00
	กะลาปาล์ม		12	1,400.00
ยูคาลิปตัส	เศษไม้อื่นๆ		35	600.00
	เปลือกไม้		62	400.00
อื่นๆ	ซีพีไม้สับเชื้อเพลิง		45	900.00
	ไม้อัดเม็ด		6	1,500.00
*ราคาวัสดุหน้าโรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดโพหนอง จ.ร้อยเอ็ด สำหรับช่วง 2 เม.ย. - 6 พ.ค. 64				

จากการศึกษาราคารับซื้อชีวมวลทำให้ทราบว่า ราคามีการแปรผันได้ตลอด ทั้งจากปริมาณความต้องการ และจากปริมาณผลผลิต จึงควรมีการทำการเกษตรแบบพันธสัญญา เพื่อป้องกันการแข่งขันทางการตลาดในการรับซื้อวัตถุดิบจากผู้ค้ารายอื่นในอนาคต[13]

#### 2.4.3 การจัดการด้านความต่อเนื่องของชีวมวล

ชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จะเกิดขึ้นได้ต้องมีการทำการเกษตร และต้องมีผลผลิตทางการเกษตรเกิดขึ้น ผลผลิตทางการเกษตรมีลักษณะเฉพาะตัวอย่างหนึ่งคือ มีลักษณะการเกิดตามฤดูกาล ดังนั้นชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจึงมีลักษณะเช่นเดียวกัน โดยอ้างอิงปฏิทินชีวมวล ดังตารางที่ 8 [14] เมื่อต้องการใช้ชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อนำมาผลิตไฟฟ้า จะต้องมีการบริหารจัดการวัตถุดิบดังกล่าว ให้เกิดความต่อเนื่องและเพียงพอที่จะป้อนเป็นเชื้อเพลิงเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการจัดทำสต็อกวัตถุดิบ เพื่อเก็บวัตถุดิบไว้ในช่วงนอกฤดูกาล

ตารางที่ 8 ปฏิทินชีวมวล [8]

พืช	ชีวมวล	ปีปฏิทิน															
		ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ข้าวนาปี	แกลบนาปี																
	ฟางข้าวนาปี																
ข้าวนาปรัง	แกลบนานปรัง																
	ฟางข้าวนาปรัง																
อ้อยโรงงาน	ขานอ้อย																
	ใบอ้อยและยอดอ้อย																
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ซังข้าวโพด																
	ลำต้นข้าวโพด																
มันสำปะหลัง	เหง้ามันสำปะหลัง																
	ลำต้นมันสำปะหลัง																
ปาล์มน้ำมัน	กะลาปาล์ม																
	เส้นใย																
	ทะลายปาล์มเปล่า																
	หางปาล์ม																
ไม้ยางพารา	เศษไม้																
	ปีกไม้																
	ขี้เลื่อย																

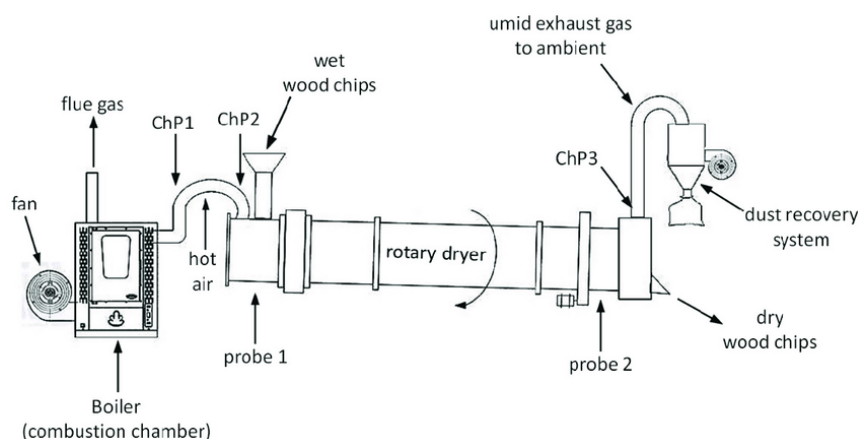
## 2.5 กระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลระบบเผาไหม้โดยตรง

### 2.5.1 กระบวนการแปรรูปชีวมวลก่อนการผลิต

#### 2.5.1.1 การลดความชื้นเชื้อเพลิง (biomass drying)

การลดความชื้นเป็นขั้นตอนหนึ่งในการจัดการเชื้อเพลิงชีวมวล ความชื้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล นอกจากนี้ยังพบว่า เชื้อเพลิงที่มีความชื้นสูงจะมีแนวโน้ม

เสื่อมคุณภาพ ถูกทำให้ย่อยสลายได้ โดยเชื้อราและเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้ระยะเวลาการเก็บรักษาที่จะคงสภาพเชื้อเพลิงชีวมวลสั้นลง ส่งผลต่อการวางแผนการจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลของโรงไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ยิ่งดังนั้น การลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบแห้งจึงถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เครื่องอบแห้งที่นิยมใช้กับเชื้อเพลิงชีวมวล มีอยู่หลายประเภท โดยในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้เครื่องอบแห้งแบบ Rotary dryers เนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำและสามารถใช้กับวัสดุที่มีขนาดที่แตกต่างกันได้ ตัวอย่างเครื่องอบแห้งเชื้อเพลิงชีวมวลแบบ Rotary dryers ดังแสดงในรูปที่ 3

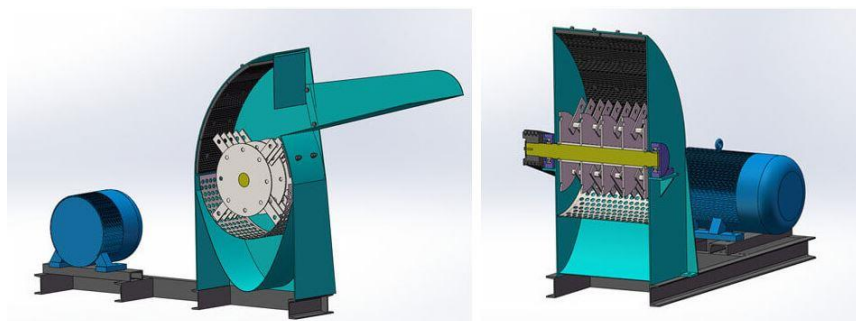


รูปภาพที่ 3 เครื่อง Rotary dryer [15]

#### 2.5.1.2 การบด/ย่อยลดขนาด (size reduction)

กระบวนการบด/ย่อย ลดขนาด มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ได้เชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กละเอียด ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในเตาเผาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไป ขั้นที่ 1 จะเป็นการลดขนาดโดยการสับ/ย่อย ให้มีขนาดเล็กนิยมใช้เครื่อง chipper/chopper หากต้องการ บด/ย่อยละเอียด จะมีขั้นตอนที่ 2 โดยทั่วไปนิยมใช้เครื่องบด grinder หรือ hammer mills ซึ่งหลักการที่ใช้ในการบด/ย่อยลดของเครื่องจักรทั้ง 2 ชนิดแตกต่างกัน กล่าวคือ grinder จะใช้แรงบีบอัด (compression forces) และแรงเฉือน (shearing forces) ส่วน hammer mill จะใช้แรงกระแทก (impact forces) และแรงเฉือน โดยลักษณะวัสดุที่จะทำการบด/ย่อย ขั้นที่ 2 นั้นแตกต่างกัน โดยที่ grinder จะเหมาะสมกับการบด/ย่อยวัสดุที่อ่อนนุ่ม มีความชื้นสูง ส่วน hammer mill จะเหมาะสมกับวัสดุที่แข็งและมีความชื้นต่ำ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งผ่านการสับ/ย่อย ขั้นที่ 1 มาแล้ว จะมีความแข็งและความชื้นต่ำ การบด/ย่อยขั้นที่ 2 จึงเหมาะสมที่จะใช้เครื่องบด/ย่อยลดขนาดแบบ hammer mill มากกว่า

เครื่อง hammer mill จะทำงานที่ความเร็วสูง ทำการตีเชื้อเพลิงชีวมวลจนกว่าจะได้ขนาดที่เล็กลงตามต้องการที่กำหนดโดยขนาดของรูตะแกรง ลงสู่ส่วนล่างของตัวเครื่องโดยที่ตัวใบมีดตีจะยึดติดกับแกนเพลาดังรูปที่ 4 [16]



รูปภาพที่ 4 เครื่อง Hammer mills [17]

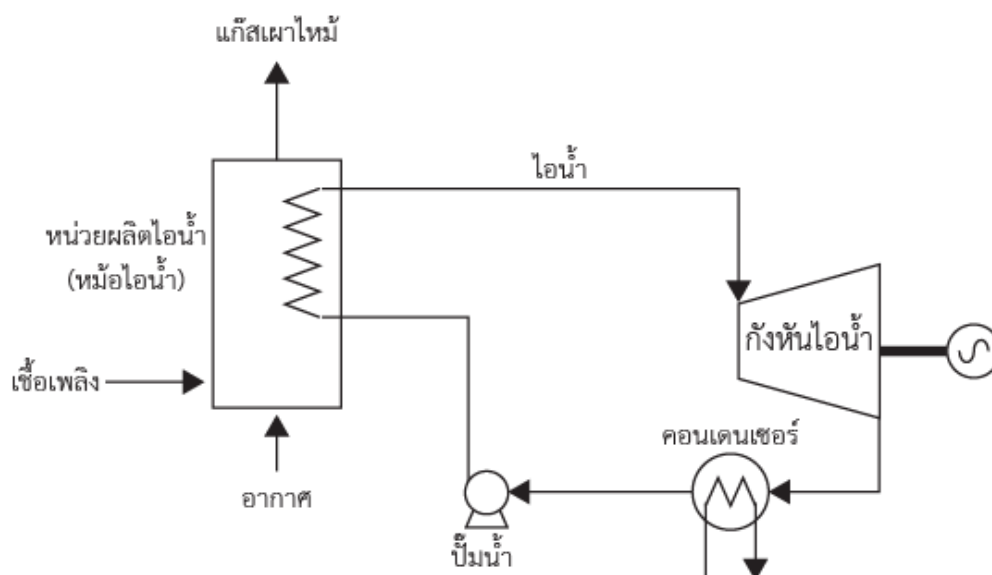
#### 2.5.2 กระบวนการเผาไหม้โดยตรง (Direct combustion)

ระบบเผาไหม้โดยตรงเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการนำเชื้อเพลิงชีวมวลมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เป็นวิธีการเก่าแก่และง่ายที่สุดในการแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงาน มีขั้นตอนการดำเนินงานที่ไม่ซับซ้อน แต่ก็ เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพต่ำ เป็นการผลิตไฟฟ้าจากไอน้ำที่ได้จากการเผาชีวมวล เริ่มจากการนำชีวมวลมาเผาในเตาเผา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหม้อไอน้ำ (Boiler) เพื่อผลิตไอน้ำ จากนั้นจึงนำไอน้ำที่ได้ไปหมุนกังหัน (Stream turbine) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Electric generator) ดังรูปที่ 5 หลังจากผ่านการใช้งานแล้ว ไอน้ำจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ โดยระบบควบแน่นให้กลายเป็นน้ำและหล่อเย็น (Cooling system) เพื่อลดอุณหภูมิ รายละเอียดเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตของแต่ละระยะ มีดังนี้[18]

2.5.2.1 หม้อต้มไอน้ำ (Steam Boiler) เป็นอุปกรณ์ต้นกำเนิดของกระบวนการหม้อต้มไอน้ำที่ใช้ในโครงการเป็นแบบหลอดน้ำ (Water tube) โดยน้ำที่จะต้มให้กลายเป็นไอน้ำจะอยู่ในท่อหรือหลอดน้ำที่จะรับความร้อน จากการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อนจากห้องเผาไหม้ ที่ทำการเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งเชื้อเพลิงถูกป้อนเข้ามาจากยูนิตอยู่หน้าหม้อต้มไอน้ำ ซึ่งมีการควบคุมการป้อนให้มีปริมาณสม่ำเสมอตามความต้องการพลังงานของระบบไอน้ำ

2.5.2.2 กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) เป็นอุปกรณ์ที่จะเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานกล โดยไอน้ำที่ได้จากหม้อต้มไอน้ำซึ่งเป็นไอน้ำแรงดันสูง จะถูกส่งเข้ามายังกังหันไอน้ำทางท่อ และจะถูกฉีดเข้าไปยังกังหันไอน้ำด้วยหัวฉีดที่จะไปทำให้ตัวกังหันหมุนรอบตัวเอง และส่ง

กำลังไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อไป หลักการของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยไอน้ำเป็นไปตามวัฏจักรของ Clausius-Rankine ดังรูปที่ 5



รูปภาพที่ 5 แผนภาพอย่างง่ายของกระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันไอน้ำ

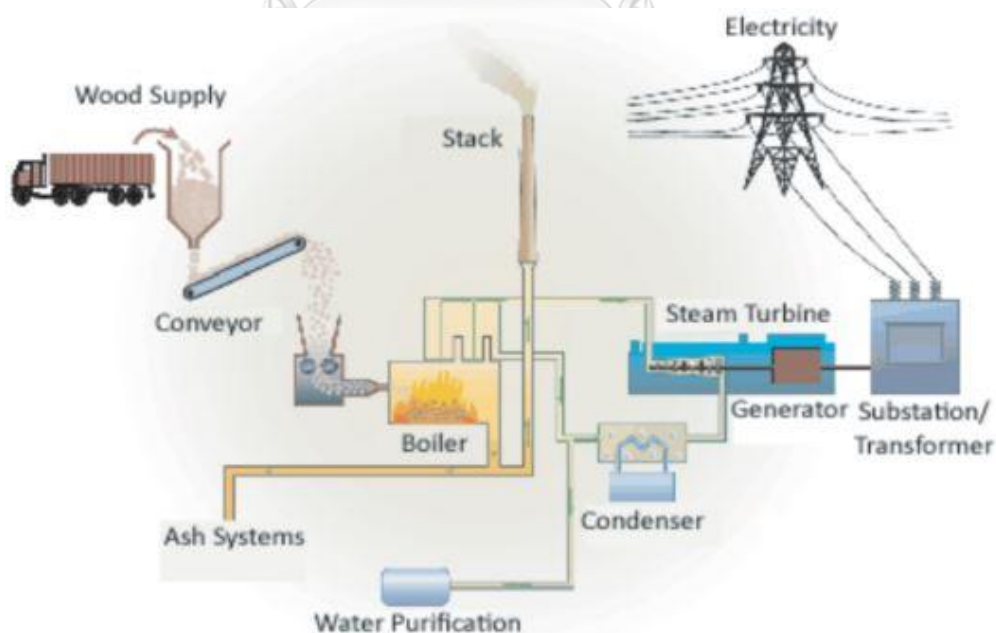
2.5.2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เป็นอุปกรณ์ที่จะเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยรับการหมุนจากกังหันไอน้ำที่มีการปรับลดความเร็วลงแล้ว เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ ขดลวดที่อยู่กับที่เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) และขดลวดที่เคลื่อนที่เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) การหมุนของขดลวดเคลื่อนที่โรเตอร์ (Rotor) ตัดกับขดลวดที่อยู่กับที่ (Stator) จะทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าขึ้น

2.5.2.4 เครื่องควบแน่น (Condenser) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รับไอน้ำที่ออกจากกังหันไอน้ำ ซึ่งเป็นไอน้ำแรงดันต่ำ หม้อต้มนไอน้ำจะมีท่อน้ำเย็นผ่านเพื่อลดอุณหภูมิและเกิดการควบแน่น น้ำนี้เรียกว่าน้ำคอนเดนเสทและจะถูกสูบกลับไปยังถังน้ำเติมหม้อไอน้ำเพื่อเริ่มกระบวนการใหม่อีกครั้งหนึ่ง

2.5.2.5 ระบบลำเลียงเชื้อเพลิง สำหรับระบบลำเลียงเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำนี้ เริ่มต้นจากอาคารเตรียมเชื้อเพลิง โดยเชื้อเพลิงที่ถูกบดย่อยเรียบร้อยแล้วจะถูกลำเลียงผ่านสายพานไปยังอาคารเก็บเชื้อเพลิงในร่ม (Indoor Fuel Storage) และลำเลียงผ่านสายพานไปยังเครื่องป้อน (Feeder) ลงสู่ห้องเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งใช้เตาแบบตะแกรงหมุน

2.5.2.6 ห้องเผาไหม้ ห้องที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิง ลักษณะเป็นห้องปิดมิดชิดผนังก่อด้วยอิฐทนไฟ พื้นเตาเป็นตะกรับเคลื่อนตัวในแนวราบทำหน้าที่ดันเชื้อเพลิง ควบคุมการทำงานด้วยระบบ Hydraulic เชื้อเพลิงถูกใส่ลงด้านบนและเผาไหม้ในห้อง ภายในห้องมีการควบคุมอากาศ ในการเผาไหม้โดยอากาศถูกเป่า เข้าทางด้านใต้ และด้านข้างเตา ขณะที่เชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้อยู่ที่นั้น พื้นเตาที่เป็นตะกรับจะมีการเคลื่อนไหวย้ายไปข้างหน้าโดยการขยับตัวของตะกรับ เพื่อให้เชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์และต่อเนื่องโดยเชื้อเพลิงจากการเผาไหม้ จะร่วงหล่นลงด้านล่างเตาและถูกลำเลียงออกไปยังกองชี้เผาด้วยโซ่ลำเลียงส่วนชี้เผาที่ปลิวไปกับลมร้อนจะถูกเก็บโดยเครื่องดักจับฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์ (ESP) เพื่อให้ปริมาณฝุ่นที่ระบายออกจากปล่องมีปริมาณไม่เกินค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้า

อย่างที่ได้อธิบายไปข้างต้น ระบบเผาไหม้โดยตรงเป็นเทคโนโลยีที่มีมาอย่างยาวนาน ทำให้มีการพัฒนาอย่างลงตัวแล้ว แต่ก็ยังมีข้อจำกัดที่สำคัญของระบบ คือประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ไปเป็นพลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ โดยทั่วไปจะอยู่ที่ร้อยละ 20-25 เท่านั้น ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับหม้อไอน้ำ และเตาเผาที่ใช้ สามารถแสดงการทำงานโดยรวมของโรงไฟฟ้าชีวมวลระบบเผาไหม้โดยตรงได้ดังรูปที่ 6



รูปภาพที่ 6 การทำงานของโรงไฟฟ้าชีวมวลระบบเผาไหม้โดยตรง [14]

## 2.6 นโยบายรับซื้อไฟฟ้า

### 2.6.1 การรับซื้อไฟฟ้ารูปแบบ Feed-in Tariff (FiT)

คือมาตรการส่งเสริมการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทหนึ่ง ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ ประเทศไทยได้กำหนดการรับซื้อไฟฟ้ารูปแบบ FiT มาเพื่อใช้แทนรูปแบบการรับซื้อแบบ adder[19]

แหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทยมีหลากหลาย เช่น ไฟฟ้าพลังน้ำ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ เซลล์แสงอาทิตย์ เทคโนโลยีเหล่านี้ต้องเผชิญกับรูปแบบความพร้อมของทรัพยากรที่ไม่แน่นอน และราคาเชื้อเพลิงที่ผันผวน ดังนั้น FiT สำหรับกลุ่มนี้จึงมีส่วนประกอบสามส่วนดังนี้:

2.6.1.1 อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนคงที่ (FiT fixed:  $FiT_F$ ) คิดจากต้นทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าและค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (O&M) ตลอดอายุการใช้งาน ใช้สำหรับพลังงานหมุนเวียนทุกประเภท

2.6.1.2 อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนแปรผัน (FiT variable:  $FiT_V$ ) คิดจากต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าซึ่งเปลี่ยนไปตามเวลา ใช้สำหรับพลังงานหมุนเวียนกลุ่มพลังงานชีวภาพ

2.6.1.3 อัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT พิเศษ (FiT Premium) เพิ่มเติมจากอัตรารับซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ปกติ สำหรับบางประเภทเทคโนโลยี เพื่อสร้างแรงจูงใจการลงทุนสำหรับโครงการตามนโยบายรัฐบาล เช่น ชยะ ชีวมวล และก๊าซชีวภาพ และโครงการในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานในพื้นที่

### 2.6.2 สูตรโครงสร้างของอัตรา FiT

ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่

2.6.2.1 อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนคงที่ ( $FiT_F$ ) ซึ่งจะคงที่ตลอดอายุโครงการ

2.6.2.2 อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนแปรผัน ( $FiT_V$ ) จะปรับเพิ่มขึ้นตามค่าอัตราเงินเฟ้อขึ้นพื้นฐาน (Core inflation) เฉลี่ยของปีก่อนหน้า ตามประกาศของกระทรวงพาณิชย์

2.6.2.3 อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษ (FiT Premium) ตามนโยบายของภาครัฐที่ต้องการสร้างแรงจูงใจการลงทุนบางประเภทเชื้อเพลิง

สรุปสูตรโครงสร้างอัตรา FiT ไว้ตามรูปที่ 7 และแสดงตัวอย่างการคิดอัตรา FiT สำหรับกลุ่มพลังงานชีวภาพไว้ตามรูปที่ 8



$$FIT_i = FIT_F + FIT_{V,i-1} \times (1 + \text{Core inflation}_{i-1}) + FIT \text{ Premium}$$

*i คือ ปีที่จ่ายไฟฟ้าเข้าระบบ*



รูปภาพที่ 7 โครงสร้างของ FIT สำหรับเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนโดยใช้พลังงานชีวมวล [19]

ตัวอย่างการคิดอัตรา FIT สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากขยะ (การจัดการขยะแบบผสมผสาน)

$$FIT_i = 2.39 \text{ บาท/หน่วย} + 2.69 \text{ บาท/หน่วย} \times (1 + \text{Core inflation}_{i-1}) + 0.70 \text{ บาท/หน่วย}$$

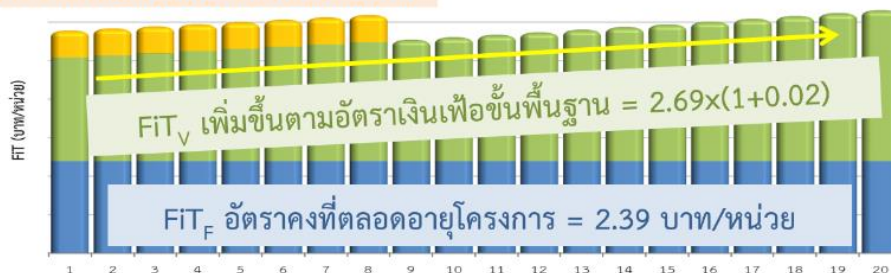
$FIT_i$  คือ ปีที่จ่ายไฟฟ้าเข้าระบบ

$FIT_F$  ตลอดอายุโครงการ

$FIT_{V,i-1} \times (1 + \text{Core inflation}_{i-1})$  ปรับเพิ่มขึ้นตาม Core inflation เฉลี่ยของปีก่อนหน้า สมมติให้ ~2.0%

$FIT \text{ Premium}$  ส่วนเพิ่มสำหรับโครงการขยะ ระยะเวลา 8 ปีแรก

FIT Premium 0.70 บาท/หน่วย 8 ปีแรก



รูปภาพที่ 8 ตัวอย่างการคิดอัตรา FIT สำหรับกลุ่มพลังงานชีวมวล [19]



### 2.6.3 อัตราซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT

อัตราซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ในกลุ่มพลังงานชีวภาพ จะแบ่งออกตามลักษณะของชีวภาพ และวิธีการแปรรูปเป็นพลังงาน 5 ประเภทด้วยกัน คือ ขยะ (การจัดการขยะแบบผสมผสาน), ขยะ (หลุมฝังกลบขยะ), ชีวมวล, ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย) และก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน) จากนั้นจึงแยกอัตราซื้อตามกำลังผลิต (MW) อัตราซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ของโรงไฟฟ้าชีวมวลกำลังผลิตติดตั้งมากกว่า 3 MW คือ  $FIT_F = 2.39$  บาท/หน่วย FIT Premium สำหรับโครงการกลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพ 8 ปีแรก = 0.30 บาท/หน่วย ตามตารางที่ 9 และ  $FIT_{V2564} = 1.8888$  บาท/หน่วย ตามตารางที่ 10 เพราะฉะนั้น ราคาซื้อไฟฟ้า 8 ปีแรก = 4.5788 บาท/หน่วย[20]

ตารางที่ 9 อัตราซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FiT ที่ประกาศใช้ในปี 2559 สำหรับโครงการ VSPP กลุ่มพลังงานชีวภาพ [21]

อัตราซื้อไฟฟ้าในรูปแบบ FIT ที่ประกาศใช้ในปี 2559: สำหรับโครงการ VSPP กลุ่มพลังงานชีวภาพ						
กำลังผลิต (MW)	FIT (บาท/หน่วย)			ระยะเวลาสนับสนุน (ปี)	FIT Premium (บาท/หน่วย)	
	FIT <sub>F</sub>	FIT <sub>V,2662</sub>	FIT <sup>(1)</sup>		สำหรับโครงการกลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพ (8 ปีแรก)	สำหรับโครงการในพื้นที่จังหวัดชายแดนใต้ <sup>(2)</sup> (ตลอดอายุโครงการ)
1) ขยะ (การจัดการขยะแบบผสมผสาน)						
กำลังการผลิตติดตั้ง ≤ 1 MW	3.13	3.2509	6.38	20	0.7	0.5
กำลังการผลิตติดตั้ง 1-3 MW	2.61	3.2509	5.86	20	0.7	0.5
กำลังการผลิตติดตั้ง > 3 MW	2.39	2.7243	5.11	20	0.7	0.5
2) ขยะ (หลุมฝังกลบ)						
ทุกขนาด	5.60	-	5.60	10	-	0.5
3) ขยะอุตสาหกรรม <sup>(3)</sup>						
3.1) โรงไฟฟ้าที่ต่อยอดจากเตาเผาขยะอุตสาหกรรมเดิมที่มีอยู่ก่อน 16 ก.พ. 2558	2.39	2.7243	5.11	20	0.7	0.5
3.2 โรงไฟฟ้าใหม่	3.39	2.7243	6.11	20	0.7	0.5
3.3 โรงไฟฟ้าใหม่ที่ใช้เทคโนโลยีพลาสมา	3.39	2.7243	6.11	20	1.7	0.5
4) ชีวมวล						
กำลังการผลิตติดตั้ง ≤ 1 MW	3.13	2.24	5.37	20	0.5	0.5
กำลังการผลิตติดตั้ง 1-3 MW	2.61	2.24	4.85	20	0.4	0.5
กำลังการผลิตติดตั้ง > 3 MW	2.39	1.87	4.26	20	0.3	0.5
5) ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย)						
ทุกขนาด	3.76	-	3.76	20	0.5	0.5
6) ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)						
ทุกขนาด	2.79	2.58	5.37	20	0.5	0.5

หมายเหตุ (1) อัตรา  $FIT_V$  จะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องตามอัตราเงินเฟ้อขึ้นพื้นฐาน

(2) โครงการในพื้นที่จังหวัดยะลา ปัตตานี นราธิวาส และ 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา ได้แก่ อ.จะนะ อ.เทพา อ.สะบ้าย้อย และ อ.นาทวี

(3) โรงไฟฟ้าขยะอุตสาหกรรมที่ได้รับการสนับสนุนอัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษดังกล่าว สามารถนำกากขยะอุตสาหกรรมทั้งที่เป็นอันตรายและไม่

ตารางที่ 10  $FiT_v$  สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมาก ที่ประกาศใช้ในปี 2564 [22]

ประเภทพลังงานหมุนเวียน	$FiT_{v,2564}$ (บาท/หน่วย)
(1) ชีวมวล	
กำลังผลิตติดตั้ง $\leq 1$ MW	2.2563
กำลังผลิตติดตั้ง $> 1-3$ MW	2.2563
กำลังผลิตติดตั้ง $> 3$ MW	1.8888
(2) ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)	2.6034
(3) ขยะ (การจัดการขยะแบบผสมผสาน)	
กำลังผลิตติดตั้ง $\leq 1$ MW	3.2773
กำลังผลิตติดตั้ง $> 1-3$ MW	3.2773
กำลังผลิตติดตั้ง $> 3$ MW	2.7464

## 2.7 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการ

### 2.7.1 แบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด (Discounted cash flow model: DCF)

ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินเพื่อจัดลำดับความสำคัญในการตัดสินใจลงทุน รวมทั้งเพื่อให้การตัดสินใจลงทุนมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพนั้น ต้องอาศัยเครื่องมือทางการเงินเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ เครื่องมือหนึ่งที่ยอมรับใช้กันในการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในระบบพลังงานชีวมวล คือ แบบจำลองกระแสเงินสดคิดลด (Discounted Cash Flow Model) เทคนิคนี้วัดผลผลิตของเงินทุนที่ลงทุนและการไหลเวียนของต้นทุนและผลตอบแทนตลอดช่วงชีวิต (อายุโครงการ = 20 ปี)[23] โดยมีการจัดทำประมาณการกระแสเงินสดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตก่อน แล้วนำมาคำนวณผ่านเกณฑ์ต่างๆที่สำคัญ อันได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value: NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return: IRR), อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit cost ratio: B/C Ratio) และ ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PBP) โดยมีปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านการลงทุน ดังนี้

#### 2.7.1.1 รายจ่าย

ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ต้นทุนในการลงทุน (CAPEX) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (OPEX) โดยสามารถแสดงรายละเอียดของรายจ่ายทั้ง 2 ส่วนได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงรายละเอียดรายจ่ายที่ใช้วิเคราะห์ความเหมาะสมด้านการลงทุน[24]

<b>ต้นทุนในการลงทุน (CAPEX)</b>
ที่ดิน
สิ่งปลูกสร้าง
เครื่องจักรและอุปกรณ์
ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด
<b>ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (OPEX)</b>
ต้นทุนชีวมวล (ราคาเพิ่มขึ้นตามอัตราเงินเฟ้อ)
ค่าใช้จ่ายเคมีสำหรับปรับสภาพน้ำ 1% ของรายได้
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 5% ของรายได้
ค่าดำเนินการ 3% ของรายได้
ค่าเงินเดือนพนักงาน 13.5% ของรายได้และปรับเพิ่ม 5% ต่อปี
ค่าสาธารณูปโภค 3% ของรายได้
เงินสำรองในการปรับปรุงเครื่องจักร 5% ของรายได้
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า ( 1 สตางค์ต่อ kWh.)

#### 2.7.1.2 รายได้

คือ ค่าพลังงานไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวลเหลือใช้ทางการเกษตรขนาด 9.9 เมกะวัตต์ที่จะจัดตั้งขึ้นในจังหวัดนครพนม ขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคด้วยอัตราซื้อแบบ Feed-in Tariff (FIT) ตามนโยบายที่รัฐบาลกำหนด

#### 2.7.1.3 อัตราคิดลด (Discounted Rate)

คือ ค่าที่ใช้ในการปรับลดมูลค่าของเงิน เมื่อเงินเดินทางผ่านเวลา เนื่องจากมูลค่าของเงินลดลงตามเวลา อัตราคิดลดจึงเป็เครื่องมือที่ใช้ในการวัดมูลค่าปัจจุบันของเงิน และเป็นส่วนสำคัญในการประเมินความคุ้มค่าที่คำนึงถึงมูลค่าปัจจุบัน การคำนวณอัตราคิดลดที่นิยมใช้ ได้แก่ การใช้ต้นทุนทางการเงินเฉลี่ย (Weighted Average Cost of Capital : WACC) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณ เพื่อหาอัตราคิดลดจากโครงสร้างต้นทุน ต้นทุนของเงินกู้ยืม ต้นทุนส่วนของผู้ถือหุ้น และอัตราภาษี [25]

#### 2.7.1.4 อัตราเงินเฟ้อ

คือ ภาวะที่ราคาสินค้าและบริการโดยทั่วไปเพิ่มสูงขึ้นต่อเนื่อง ซึ่งหากเงินเฟ้อเพิ่มขึ้นมากจะกระทบต่อฐานะ และความเป็นอยู่ของประชาชน เมื่อสินค้ามีราคาแพงขึ้น ยอดขายก็จะลดลง ในขณะเดียวกัน ต้นทุนการผลิตก็จะสูงขึ้นด้วย ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาอัตราเงินเฟ้อย้อนหลังตั้งแต่ปี 2558 – 2562 เพื่อหาค่าเฉลี่ยของอัตราเงินเฟ้อ นำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ โดยค่าเฉลี่ยอัตราเงินเฟ้อที่ได้ เท่ากับ 0.72% ดังแสดงตามตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราเงินเฟ้อ ประจำปี 2558 – 2562 [26]

ปี พ.ศ.	2562 p	2561 p	2560	2559	2558
<b>อัตราเงินเฟ้อ</b>					
1 ดัชนีราคาผู้บริโภคทั่วไป (2558=100)	100.00	99.30	98.25	97.60	97.42
(% การเปลี่ยนแปลง)	0.70	1.07	0.67	0.18	-0.90
2 ดัชนีราคาผู้บริโภค พื้นฐาน (2558=100) *	100.00	99.48	98.78	98.23	97.52
(% การเปลี่ยนแปลง)	0.52	0.71	0.56	0.73	1.06
<b>ค่าเฉลี่ยอัตราเงินเฟ้อ ประจำปี 2558 - 2562 (%)</b>	0.72				

\*ไม่รวมอาหารสดและพลังงาน

ที่มา : ธนาคารแห่งประเทศไทย

ปรับปรุงล่าสุด : 31 พ.ค. 2564 14:30

วันที่เรียกข้อมูล : 04 มิ.ย. 2564 17:40

#### 2.7.1.5 อัตราการขึ้นราคา

คือ อัตราที่ราคาสินค้าหรือบริการแต่ละชนิดเพิ่มขึ้นในแต่ละปี อัตราการขึ้นราคานี้ อาจจะมีค่าเท่ากับ หรือไม่เท่ากับอัตราเงินเฟ้อที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปีก็ได้ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความต้องการสินค้าหรือบริการนั้นๆ หากสินค้าหรือบริการนั้นๆ มีความต้องการในตลาดสูงอาจส่งผลให้อัตราการขึ้นราคาสูงตามไปด้วย ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาอัตราการขึ้นราคาของเงินเดือนพนักงานในปี 2560 พบว่า มีอัตราการขึ้นเงินเดือนเฉลี่ยที่ 5% [27]

### 2.7.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ คือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการกับเงินลงทุนเริ่มแรก โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + r)^t}$$

โดยที่

$B_t$  คือ ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่  $t$

$C_t$  คือ ต้นทุนของโครงการในปีที่  $t$

$r$  คือ อัตราคิดลด (Discounted Rate)

$n$  คือ อายุโครงการ

$t$  คือ ปีที่พิจารณา

หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุน คือ

- 1) เมื่อค่า NPV เป็นบวก แสดงให้เห็นว่า โครงการได้รับผลประโยชน์ส่วนเพิ่มหรือได้รับมากกว่าที่กำหนดความต้องการขั้นต่ำเอาไว้ จึงควรตัดสินใจลงทุน
- 2) เมื่อค่า NPV เป็นศูนย์ แสดงให้เห็นว่า โครงการได้รับผลประโยชน์เท่ากับมูลค่าขั้นต่ำที่ต้องการ จึงควรตัดสินใจลงทุนหากโครงการเกิดประโยชน์
- 3) เมื่อค่า NPV เป็นลบ แสดงให้เห็นว่า โครงการได้รับประโยชน์น้อยกว่ามูลค่าขั้นต่ำที่ต้องการ จึงควรตัดสินใจที่จะไม่ลงทุน

### 2.7.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return: IRR)

อัตราผลตอบแทนของโครงการ คืออัตราผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุนในโครงการ เป็นอัตราคิดลด (Discounted Rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของประโยชน์เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน หรืออัตราที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์ [25] โดยสามารถคำนวณหา IRR ได้จากสมการ

$$\sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + IRR)^t} = 0$$

โดยที่

IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายใน

$B_t$  คือ ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่  $t$

$C_t$  คือ ต้นทุนของโครงการในปีที่  $t$

$n$  คือ อายุโครงการ

$t$  คือ ปีที่พิจารณา

หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุน คือ ถ้าอัตราผลตอบแทนภายในมีค่ามากกว่าต้นทุนทางการเงินแสดงว่า โครงการมีความคุ้มค่าที่จะลงทุน แต่หากอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการมีค่าน้อยกว่าต้นทุนทางการเงิน แสดงว่า โครงการไม่มีความคุ้มค่าที่จะลงทุน

#### 2.7.4 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit cost ratio: B/C Ratio)

ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน คืออัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนหรือมูลค่าผลตอบแทนของโครงการเทียบกับมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุนหรือต้นทุนรวมของโครงการ ซึ่งรวมทั้ง ค่าอุปกรณ์ เครื่องจักร ค่าที่ดิน ค่าติดตั้ง ค่าดำเนินการ ค่าซ่อมบำรุงรักษา ค่าการบำบัดน้ำเสีย ถ้าอัตราส่วนที่ได้มากกว่า 1 แสดงว่าควรตัดสินใจเลือกโครงการนั้น แต่ถ้าอัตราส่วนที่ได้น้อยกว่า 1 แสดงว่าโครงการนั้นไม่ น่าสนใจลงทุน แต่ถ้าเท่ากับ 1 แสดงว่าโครงการคุ้มทุน สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{R_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

เมื่อ  $R$  คือ ผลตอบแทนในปี  $t$

$C$  คือ ต้นทุนในปี  $t$

$N$  คือ อายุโครงการ

$i$  คือ อัตราคิดลดเป็นเปอร์เซ็นต์

### 2.7.5 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PB)

คือระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับเงินลงทุนของโครงการ ซึ่งวิธีนี้ไม่คำนึงถึงค่าของเงินตามเวลา โดยส่วนใหญ่ใช้นับเป็นจำนวนปี โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นจะเป็นโครงการที่ดีกว่าโครงการที่มีระยะคืนทุนยาว โดยทฤษฎีระยะเวลาคืนทุนจะต้องไม่มากกว่าอายุการใช้งานของโครงการ แต่ในภาคปฏิบัติระยะเวลาคืนทุนของโครงการขนาดใหญ่จะยอมรับกันที่ 7-10 ปี โดยสามารถคำนวณหา PB ได้ดังนี้

#### กรณีกระแสเงินสดรับสุทธิเท่ากันทุกปี

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (PB)} = \frac{\text{กระแสเงินสดจ่ายในการลงทุนเริ่มโครงการ}}{\text{กระแสเงินสดรับสุทธิรายปี}}$$

#### กรณีกระแสเงินสดรับสุทธิในแต่ละปีไม่เท่ากัน

วิธีนี้ต้องคำนวณกระแสเงินสดสะสม (Cumulative Cash Flow) ก่อนการคำนวณ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (PB)} = \text{จำนวนปีก่อนที่จะได้คืนทุน} + \frac{\text{เงินส่วนที่ยังไม่ได้คืนทุน}}{\text{กระแสเงินสดรับสุทธิในปีที่คืนทุน}}$$

หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุน คือ ระยะเวลาคืนทุนควรจะสั้นที่สุด โดยโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นจะคุ้มค่าที่จะลงทุนมากกว่าโครงการที่มีระยะในการคืนทุนยาว และระยะเวลาคืนทุนจะต้องไม่เกินกว่าอายุโครงการ [25]

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าชีวมวล เพื่อใช้ประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะถูกนำไปวิเคราะห์ทางการเงิน และประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการ ซึ่งที่ผ่านมาการศึกษาเกี่ยวกับศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าชีวมวล รวมถึงถึงการประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลไว้ดังนี้

### 2.8.1 การศึกษาศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าชีวมวล

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงทำให้มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเกิดขึ้นในหลายจังหวัด วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้ สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับให้พลังงานได้ แต่เนื่องจากข้อจำกัดในแง่ของต้นทุนการขนส่ง จึงทำให้การใช้ชีวมวลค่อนข้างจำกัดการใช้งานอยู่ในพื้นที่ที่เกิดชีวมวลและละแวกใกล้เคียงเท่านั้น ทำให้มีผู้ศึกษาศักยภาพพลังงานชีวมวลเพื่อเป็นแหล่งข้อมูลพื้นฐานสำหรับการใช้พลังงานชีวมวลในแต่ละพื้นที่ ดังเช่นอำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง พงษ์ศักดิ์ อยู่มัน(2556) [28] ได้ทำการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในอำเภอแม่ทะ พบว่าในพื้นที่ดังกล่าวมีศักยภาพทางพลังงานจากพืช 13 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพด ถั่วลิสง ถั่วเหลือง มันสำปะหลัง อ้อย ข้าว ลำไย กาแฟ ยางพารา ไม้ กระเทียม หอมแดง และเห็ด ในปี พ.ศ. 2554 - 2555 ข้าวเป็นพืชที่มีพื้นที่การเพาะปลูกมากที่สุด คิดเป็น 47,393 ไร่ ทำให้ข้าวเป็นพืชที่มีปริมาณผลผลิตมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 35.37 ของผลผลิตทางการเกษตรทั้งหมด ซึ่งในพื้นที่มีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไปใช้ประโยชน์คิดเป็นร้อยละ 36.67 - 43.81 ถือได้ว่าการใช้ประโยชน์น้อย เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนการใช้ประโยชน์โดยรวม และเมื่อคำนวณหาปริมาณพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ คิดเป็นพลังงานมากกว่า 582.81 TJ เทียบเท่าน้ำมันดิบ 13.80 ktoe และสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่า 32.38 GWhr หรือเทียบเท่ากับโรงไฟฟ้าที่มีอัตราการผลิตไฟฟ้า ขนาด 4,609.28 kW จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่า อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง มีศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถก่อสร้าง หรือติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลได้ นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาศักยภาพชีวมวลในพื้นที่อื่นที่ได้ผลการศึกษาใกล้เคียงกัน เช่นที่ตำบลข่อยสูง อำเภอดรอน จังหวัดอุดรธานี ภัทรณี นาคคงคำ และคณะ (2558) [29] ได้ทำการศึกษาศักยภาพเชื้อเพลิงชีวมวลในพื้นที่ตำบลข่อยสูง เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยทำการเก็บข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามของประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ ซึ่งทำการสำรวจได้ทั้งหมด 842 ครัวเรือน จากการสำรวจข้อมูลในพื้นที่ทำให้ได้ข้อมูลที่สำคัญทางด้านพลังงาน คือ ข้อมูลการทำการเกษตรของประชากรในพื้นที่ เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงศักยภาพทางด้านพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น โดยจะเน้นไปที่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จากรายงานผลจากการตอบแบบสอบถาม พบว่า ประชากรในพื้นที่ทำการปลูกอ้อยโรงงาน และข้าวเป็นหลัก และมีการเลี้ยงสัตว์บ้างเล็กน้อย ซึ่งข้อมูลข้างต้นทำให้ทราบว่า พลังงานที่เหลือทิ้งไว้ในพื้นที่ที่ยังไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์มีเหลืออยู่ประมาณทั้งสิ้น 52,580.06 ตัน(เปียก) หรือประมาณ 40,486.65 ตัน



(แห่ง) ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงปริมาณชีวมวลแห่งที่โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 1 เมกะวัตต์ ต้องการใช้ต่อปี คือ 10,800 ตัน ทำให้ทราบปริมาณเชื้อเพลิงที่คาดว่าจะต้องใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 25 ของเชื้อเพลิงที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ทั้งหมดในพื้นที่ข่อยสูง จึงมีความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าในเขตพื้นที่ตำบลข่อยสูง

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่างานวิจัยดังกล่าวทำการประเมินศักยภาพชีวมวลในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันไป เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำชีวมวลในพื้นที่มาผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้น ในกระบวนการผลิตจึงต้องมีการสร้างโรงไฟฟ้า แต่การจะเลือกตำแหน่งการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลที่เหมาะสมนั้น ต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายปัจจัยด้วยกัน ดังเช่น นกนธ์ สุรงค์ธน์ และ ดร.ตุลวิทย์ สถาปนจารุ(2556) [30] ที่ได้ทำการศึกษาการหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลจากไม้ยางพาราในจังหวัดระยอง โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System; GIS) และกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักและค่าลำดับชั้นของข้อมูลแบบกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierachy Process; AHP) โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ปัจจัยแหล่งวัตถุดิบ ความใกล้ถนนและแนวสายส่งไฟฟ้า แหล่งน้ำสนับสนุน สภาพสิ่งแวดล้อม และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในการวิเคราะห์ ผลของการวิจัย พบว่า พื้นที่เหมาะสมสำหรับการตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจากไม้ยางพาราในจังหวัดระยองแบ่งเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมมาก 32,517.95 ไร่ เหมาะสมปานกลาง 103,055.61 ไร่ เหมาะสมน้อย 488,237.04 ไร่ และพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม 367,386.88 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.42, 4.51, 21.35 และ 16.07 ตามลำดับ โดยพื้นที่ที่เหมาะสมมากสำหรับการสร้างโรงไฟฟ้าควรอยู่ในเขตอำเภอแกลง การเลือกตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้างกล่าว จะนำไปสู่การประเมินต้นทุนการก่อสร้างและต้นทุนการดำเนินงานของโรงไฟฟ้า เพื่อประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลต่อไป

## 2.8.2 ต้นทุนและผลประโยชน์จากการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล

ถึงแม้จะได้รับการสนับสนุนอัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษ FiT จากนโยบายของรัฐบาล แต่ก่อนที่จะตัดสินใจลงทุน จะต้องทำการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ประกอบการตัดสินใจลงทุนด้วย เช่น ต้นทุนการลงทุน ต้นทุนเงินทุน และต้นทุนการดำเนินการ เป็นต้น เพื่อประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยการประเมินความคุ้มค่าดังกล่าวมีหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่จะนำมาใช้พิจารณาในการตัดสินใจของแต่ละโครงการ รูปแบบวิธีการคิดลดกระแสเงินสด (Discounted Cash Flow Model; DCF Model) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีความนิยมและใช้การอย่างแพร่หลาย ดังเช่นที่ College of Agricultural Engineering and Technology and Dr. Panjabrao Deshmukh Agricultural

University ประเทศอินเดีย Khambalkar V P และคณะ(2013) [31] ได้สร้างระบบผลิตไฟฟ้าแบบ แก๊สซิฟิเคชันจากชีวมวล ขนาด 10 kW โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตไฟฟ้าดังกล่าว ใช้เทคนิคการประเมินโครงการ รูปแบบวิธีการคิดลด กระแสเงินสด (Discounted Cash Flow Model; DCF Model) เทคนิคนี้วัดผลผลิตของเงินทุนที่ ลงทุนและการไหลของต้นทุนและผลตอบแทนตลอดช่วงอายุโครงการ (อายุโครงการ = 20 ปี) โดยใช้ เกณฑ์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนต้นทุนผลประโยชน์ (BCR) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PB) โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กรณี คือการลงทุนกรณีมีเงินอุดหนุน (กรณี 1) และกรณีไม่มีเงินอุดหนุน (กรณี 2) ทั้ง 2 กรณี ใช้อัตราคิดลดสำหรับต้นทุนการติดตั้งระบบเท่ากับ 12.75% ผลการศึกษาพบว่า BCR สำหรับระยะเวลาการทำงาน 22 ชั่วโมง 20 ชั่วโมง และ 16 ชั่วโมง กรณี 1 มีค่าเท่ากับ 1.24, 1.18 และ 1.13 ตามลำดับ สำหรับกรณี 2 BCR เท่ากับ 1.44, 1.38 และ 2.39 ตามลำดับ IRR สำหรับระยะเวลาการทำงาน 22 ชั่วโมง 20 ชั่วโมง และ 16 กรณี 1 เท่ากับ 26%, 22% และ 19% ตามลำดับ สำหรับกรณี 2 IRR เท่ากับ 52%, 44% และ 39% ตามลำดับ ระยะเวลาคืนทุนสำหรับโครงการดังกล่าว กรณี 1 คือ 3-4ปี และกรณี 2 คือ 1-2ปี

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

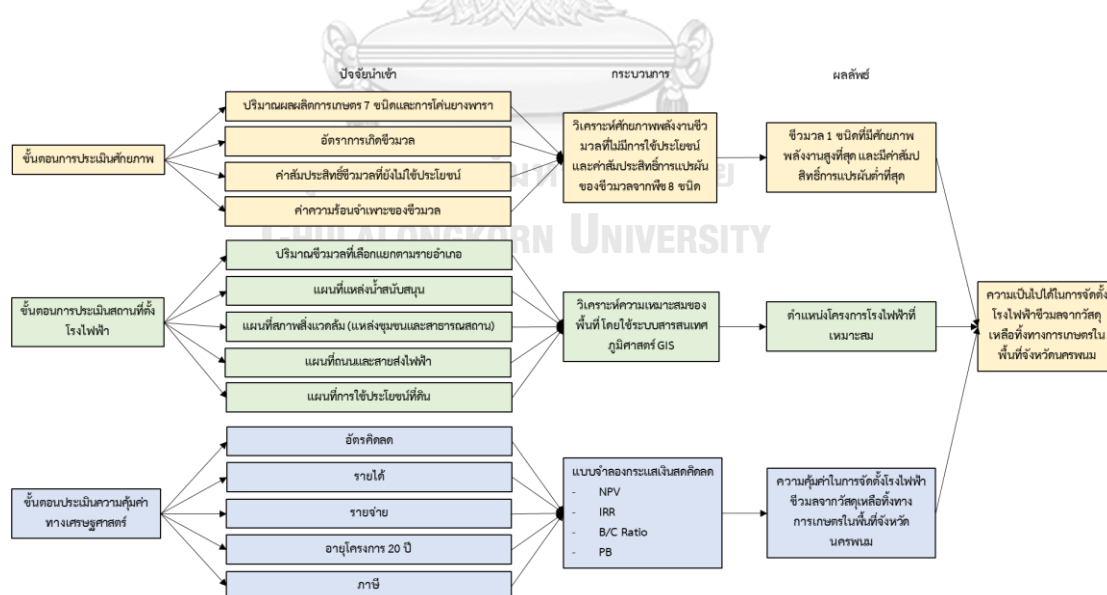
งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในจังหวัดนครพนม ขนาด 9.9 เมกะวัตต์ ซึ่งมีวิธีการดำเนินการวิจัยเป็นลำดับขั้นตอน โดยแสดงให้เห็นถึงระเบียบวิธีการศึกษา วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และการดำเนินงานของโครงการ

#### 3.1 ระเบียบวิธีการศึกษา

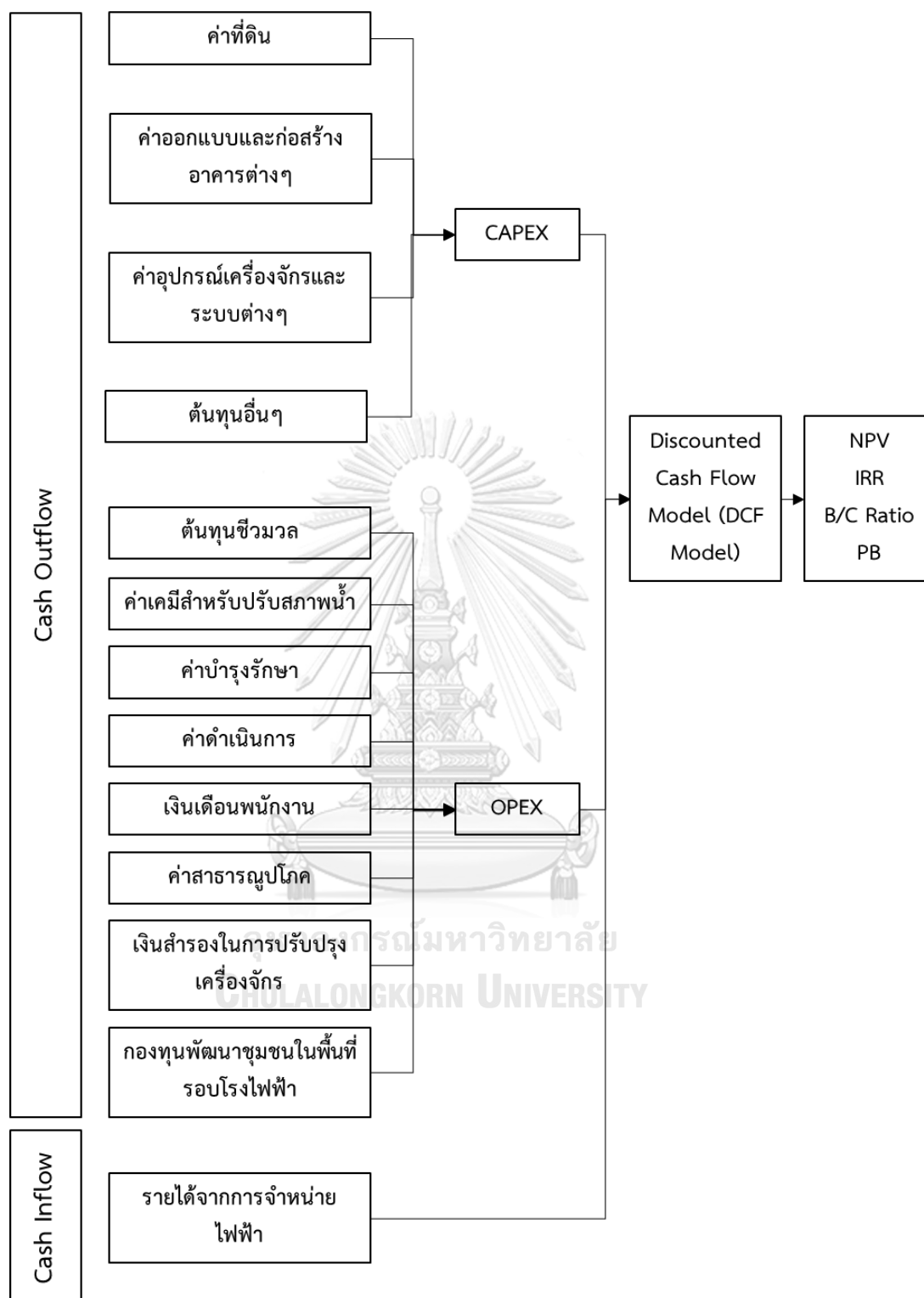
สำหรับงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การกำหนดกรอบการวิเคราะห์ และวิธีการรวบรวมข้อมูล เพื่อแสดงให้เห็นถึงขอบเขตของข้อมูลที่จะทำการศึกษา

##### 3.1.1 กรอบการวิเคราะห์

งานวิจัยนี้ ทำการศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรขนาด 9.9 เมกะวัตต์ ในจังหวัดนครพนม จำนวน 1 โครงการ โดยทำการศึกษาศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสม และความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการ เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งสามารถแสดงกรอบการวิเคราะห์ทั้งหมดของการวิจัยได้ดังภาพที่ 9 และแสดงการวิเคราะห์การคิดลดกระแสเงินสดอย่างละเอียดได้ดังภาพที่ 10



รูปภาพที่ 9 กรอบการวิเคราะห์งานวิจัย



รูปภาพที่ 10 กรอบการวิเคราะห์การคิดลดกระแสเงินสด

### 3.1.2. การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลโดยการเก็บข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) จากหนังสือ เอกสารวิชาการ เอกสารเผยแพร่ งานวิจัย บทความ วารสาร ของหน่วยงานต่าง ทั้งที่เปิดเผยเป็นสาธารณะ แล้วข้อมูลที่ไม่เปิดเผย ในส่วนของข้อมูลที่ไม่ได้เปิดเผยเป็นสาธารณะ ใช้วิธีโทรสอบถามและส่งจดหมายขอข้อมูลทางอีเมล

#### 3.1.2.1 ข้อมูลเชื้อเพลิงชีวมวล

ทำการรวบรวมข้อมูลผลผลิตทางการเกษตร และการโค่นยางพาราในจังหวัดนครพนม ระหว่างปี 2553-2562 จากสำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม และการยางจังหวัดนครพนม ข้อมูลอัตราการเกิดชีวมวลต่อผลผลิต ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ และค่าความร้อนของชีวมวลแต่ละชนิด จาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน เพื่อนำมาหาค่าศักยภาพพลังงาน และค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของปริมาณชีวมวลในจังหวัดนครพนม

#### 3.1.2.2 ข้อมูลพื้นที่ทั่วไปของจังหวัดนครพนม

ทำการรวบรวมข้อมูลลักษณะพื้นที่ แหล่งน้ำ จากสำนักบริหารโครงการกรมชลประทาน สภาพสิ่งแวดล้อม (แหล่งชุมชนและสาธารณสถาน) ถนน การใช้ประโยชน์ที่ดิน จากกฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมจังหวัดนครพนม พ.ศ. ๒๕๖๐ และ สายส่งไฟฟ้า จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต เพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสม และประเมินค่าที่ดินของโครงการ

#### 3.1.2.3 ข้อมูลด้านเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้า

ทำการศึกษาเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลที่นิยมใช้ จากหนังสือและงานวิจัยต่างๆ ของกระทรวงพลังงาน และศึกษาจากกรณีตัวอย่างโรงไฟฟ้าอื่นๆ ที่ดำเนินการอยู่ ณ ปัจจุบัน เช่น โรงไฟฟ้าชีวมวลทุ่งสังกรีน จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อเรียนรู้กระบวนการ และประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า

#### 3.1.2.4 ข้อมูลด้านนโยบายพลังงานและการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้า

ทำการเก็บข้อมูลด้านนโยบายพลังงาน และการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล จากกระทรวงพลังงาน รวมถึงเอกสารวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร เพื่อศึกษาแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกของประเทศไทย

#### 3.1.2.5 ข้อมูลการรับซื้อไฟฟ้าพิเศษจากขยะอุตสาหกรรมแบบ Feed-in Tariff (FiT)

ทำการเก็บข้อมูลการรับซื้อไฟฟ้าพิเศษจากชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) จากคณะกรรมการกำกับพลังงาน ว่าด้วยการรับซื้อไฟฟ้าพิเศษจากขยะอุตสาหกรรมในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) สำหรับการประกาศรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนปี 2558 – 2562 เพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการ

### 3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาจะนำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล เริ่มจากในส่วนแรก จะทำการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าชีวมวลในจังหวัดนครพนม โดยจะประเมินแยกตามรายอำเภอ ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย 5 ปัจจัย ได้แก่ แหล่งวัตถุดิบ แหล่งน้ำสนับสนุน สภาพสิ่งแวดล้อม (แหล่งชุมชนและสาธารณสถาน) ความใกล้ชิดถนนและสายส่งไฟฟ้า และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เรียงความสำคัญตามลำดับ มีหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกตำแหน่งที่เหมาะสมของโครงการ ดังนี้

- 1) เป็นอำเภอที่มีศักยภาพพลังงานชีวมวลหลักที่ไม่มีการใช้ประโยชน์มากที่สุด
- 2) มีแหล่งน้ำในพื้นที่
- 3) มีแหล่งชุมชน และสาธารณสถาน ใกล้เคียงแต่ต้องไม่หนาแน่นจนเกินไป
- 4) มีถนนตัดผ่าน และมีสายส่งไฟฟ้าในอำเภอนั้นๆ
- 5) พื้นที่ส่วนใหญ่ในอำเภอนั้นๆ ต้องไม่เป็นที่ดินประเภทชุมชน ประเภทอนุรักษ์ป่าไม้ ประเภทสถาบันการศึกษา ประเภทที่โล่งเพื่อการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม หรือเป็นพื้นที่ที่ไม่สามารถสร้างโรงไฟฟ้าได้

ในส่วนถัดมาจะทำการประเมินเรื่องของต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ เพื่อนำไปวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ด้วยวิธีการจำลองคิดลดกระแสเงินสด (Discounted Cash Flow Model : DCF) โดยใช้หลักเกณฑ์การตัดสินใจการลงทุนที่มีการปรับค่าของเวลา ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV), อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR) อัตราผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit cost ratio : B/C Ratio) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB) โดยมีหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจการลงทุนทางการเงินของโครงการ ดังต่อไปนี้ [25]

#### 3.2.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV)

NPV > 0 แสดงว่า การลงทุนให้ผลที่คุ้มค่าแก่การลงทุน

$NPV < 0$  แสดงว่า การลงทุนให้ผลที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน

$NPV = 0$  แสดงว่า การลงทุนยังพอมีความเป็นไปได้

จากเกณฑ์ข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ควรลงทุนเมื่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเป็นบวก และไม่ควรลงทุนเมื่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเป็นลบ

3.2.2 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR)

$IRR > \text{อัตราคิดลดที่เหมาะสม (r)}$  แสดงว่า การลงทุนให้ผลที่คุ้มค่าแก่การลงทุน

$IRR < \text{อัตราคิดลดที่เหมาะสม (r)}$  แสดงว่า การลงทุนให้ผลที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน

$IRR = \text{อัตราคิดลดที่เหมาะสม (r)}$  แสดงว่า การลงทุนยังพอมีความเป็นไปได้

จากเกณฑ์ข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ควรลงทุนเมื่ออัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับอัตราคิดลดที่เหมาะสม (r) และไม่ควรลงทุนเมื่ออัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) มีค่าน้อยกว่าอัตราคิดลดที่เหมาะสม (r)

3.2.3 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit cost ratio: B/C Ratio)

$B/C \text{ Ratio} > 1$  แสดงว่า โครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่าการลงทุน

$B/C \text{ Ratio} < 1$  แสดงว่า โครงการให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าการลงทุน

จากเกณฑ์ข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ควรลงทุนเมื่ออัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) มีค่ามากกว่า 1 และไม่ควรลงทุนเมื่ออัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) มีค่าน้อยกว่า 1

3.2.4 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB)

$PB > \text{อายุโครงการ}$  แสดงว่า การลงทุนให้ผลไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน

$PB < \text{อายุโครงการ}$  แสดงว่า การลงทุนให้ผลที่คุ้มค่าแก่การลงทุน

จากเกณฑ์ข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ควรลงทุนเมื่อระยะเวลาคืนทุน (PB) มีค่าน้อยกว่าอายุโครงการ และไม่ควรลงทุนเมื่อระยะเวลาคืนทุน (PB) มีค่ามากกว่าอายุโครงการ

### 3.3 ข้อกำหนดในการดำเนินโครงการ

โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้า 9.9 เมกะวัตต์ในจังหวัดนครพนม จำนวน 1 โครงการ มีข้อกำหนดในการดำเนินงานได้แก่ เชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ในโครงการ พื้นที่ในการจัดตั้งโครงการ ระยะเวลาก่อสร้างและดำเนินโครงการ แหล่งที่มาของเงินทุน เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า อัตราเงินเฟ้อ อัตราการขึ้นราคา การจำหน่ายไฟฟ้าและการวิเคราะห์ทางการเงิน ดังต่อไปนี้

### 3.3.1 เชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ใช้ในโครงการ

เชื้อเพลิงชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ใช้ในโครงการนี้ ได้มาจากพืชที่มีการเพาะปลูกในจังหวัดนครพนม 8 ชนิด ได้แก่ ข้าว(นาปี) ข้าว(นาปรัง) ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน ยางพารา และยูคาลิปตัส โดยพืช 8 ชนิดนี้ทำให้เกิดชีวมวลเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ แกลบ ฟางข้าว ลำต้น(ต้น ยอด ใบ) เปลือก และซังข้าวโพด เหง้า ลำต้น ยอด ใบ และกากมันสำปะหลัง ลำต้น ใบ ทะลาย ใบ และกะลาปาล์มน้ำมัน เปลือกไม้ ปีกไม้ยูคาลิปตัส ลำต้น กิ่ง ใบ ยอด รากไม้ ปีกไม้ และซังเลื่อยยางพารา

ในการดำเนินกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโครงการ จะมีการเลือกชีวมวลหลักที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยเลือกจากชีวมวลที่มีศักยภาพพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ และมีความสม่ำเสมอ ด้านปริมาณมากที่สุดในพื้นที่จังหวัดนครพนม ส่วนชีวมวลอื่นๆจะใช้เป็นชีวมวลสำรอง สามารถคำนวณได้จากข้อมูลปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของพืช 7 ชนิด และปริมาณพื้นที่โค่นยางพารา ย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี 2553-2562 นำมาคำนวณหาปริมาณเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 13 อัตราการเกิดชีวมวล ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ แสดงดังตารางที่ 14 และค่าความร้อนของชีวมวลแต่ละชนิดดังตารางที่ 15 นำมาเข้าสมการคำนวณหาศักยภาพพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ ดังสมการที่ 4 ถึง 7 จากนั้นคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของชีวมวลแต่ละชนิด โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

$$\text{ปริมาณชีวมวลที่เกิด (ตัน/ปี)} = \text{ปริมาณผลผลิต (ตัน/ปี)} \times \text{สัดส่วนชีวมวลต่อปริมาณผลผลิต (ตันชีวมวล/ตันผลผลิต)} \quad (4)$$

$$\text{ปริมาณชีวมวลที่เกิด (ตัน/ปี)} = \text{ปริมาณพื้นที่โค่น (ไร่/ปี)} \times \text{สัดส่วนชีวมวลต่อพื้นที่โค่น (ตันชีวมวล/ไร่)} \quad (5)$$

$$\text{ปริมาณคงเหลือของชีวมวลแต่ละชนิด} = \text{ปริมาณที่เกิด} \times \text{ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้} \quad (6)$$

$$\text{ศักยภาพพลังงานชีวมวลที่ยังไม่ใช้ประโยชน์} = \text{ปริมาณคงเหลือของชีวมวลแต่ละชนิด} \times \text{ค่าความร้อนของชีวมวลนั้นๆ} \quad (7)$$



ตารางที่ 13 ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของพืช 7 ชนิด และปริมาณพื้นที่โค่นยางพารา ย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี 2553-2562 จังหวัดนครพนม

ชนิดพืช	ปริมาณผลผลิต (ตัน) และ *ปริมาณพื้นที่โค่นยางพารา (ไร่)										ปริมาณเฉลี่ย 10 ปี
	พ.ศ. 2553	พ.ศ. 2554	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	พ.ศ. 2558	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2560	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2562	
ข้าว (นาปี)	573,415.97	591,665.77	531,296.26	532,301.06	445,253.19	489,078.95	498,283.95	443,496.43	413,072.00	506,981.30	502,484.49
ข้าว (นาปรัง)	49,253.28	36,879.58	30,950.24	30,466.82	27,816.82	27,260.66	34,001.13	28,399.18	31,935.00	37,922.00	33,488.47
ข้าวโพดเลี้ยง สัตว์	230.44	145.05	25.20	-	7.00	-	144.00	-	1,901.12	289.56	274.24
ข้าวโพดหวาน	4,814.00	22,148.47	27,161.68	4,989.89	4,510.25	4,324.10	5,383.09	7,854.43	7,120.39	4,337.98	9,264.43
มันสำปะหลัง	219,443.56	456,051.20	222,541.75	150,656.22	190,942.43	113,544.52	50,590.69	71,667.31	59,590.00	62,360.96	159,738.86
ปาล์มน้ำมัน	10.13	34.36	452.68	835.40	1,183.07	4,683.82	4,076.36	5,043.00	6,301.00	7,454.00	3,007.38
ยูคาลิปตัส	53,179.39	60,766.26	80,649.38	130,605.20	117,471.65	25,821.35	211,532.71	23,458.00	37,368.85	49,260.55	79,011.33
*ยางพารา	-	16.65	33.70	24.15	108.50	281.30	348.70	591.00	950.75	2,385.95	474.07
รวม	900,346.77	1,167,707.35	893,110.87	849,878.74	787,292.92	664,994.69	804,360.62	580,509.35	558,239.11	670,992.31	787,743.27

ตารางที่ 14 อัตราการเกิดชีวมวล และค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ของชีวมวลแต่ละชนิด [9]

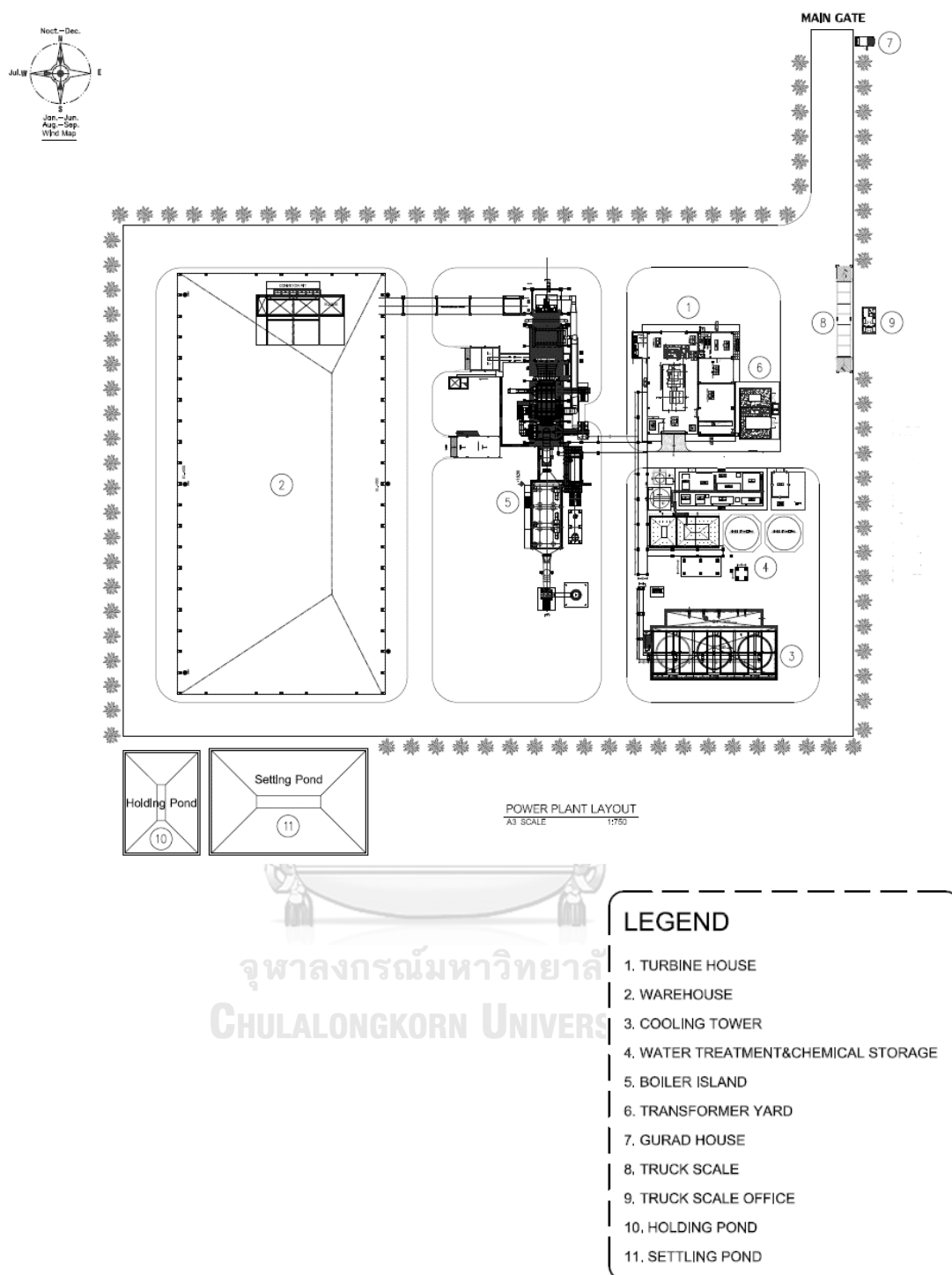
ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	อัตราการเกิดชีวมวล (ตัน/ตันผลผลิต)	ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ (ตัน/ตันผลผลิต)
ข้าว (นาปี)	แกลบ	0.230	0.481
	ฟางข้าว	1.169	0.583
ข้าว (นาปรัง)	ฟางข้าว	1.522	0.829
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	1.245	1.000
	ซังข้าวโพด	0.216	0.100
	เปลือกข้าวโพด	0.208	0.100
ข้าวโพดหวาน	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	1.245	1.000
มันสำปะหลัง	เหง้ามันสำปะหลัง	0.097	0.944
	ลำต้น ยอดและใบมันสำปะหลัง	0.250	0.244
	กากมันสำปะหลัง	0.333	1.000
ปาล์มน้ำมัน	ลำต้นปาล์มน้ำมัน	11.253	1.000
	ทาง/ใบปาล์มน้ำมัน	0.134	1.000
	ทะลายปาล์มน้ำมัน	0.199	0.040
	ใบปาล์มน้ำมัน	0.131	-
	กะลาปาล์มน้ำมัน	0.056	-
ยูคาลิปตัส	ปลายไม้ยูคาลิปตัส	0.150	0.300
	ปีกไม้/เศษไม้ยูคาลิปตัส	0.300	-
ยางพารา	ลำต้นยางพาราส่วนที่ตัดทิ้ง	3.14 (ตัน/ไร่)	-
	กิ่งยางพารา	0.035 (ตัน/ไร่)	1 (ตัน/ไร่)
	ใบและยอดยางพารา	1.48 (ตัน/ไร่)	1 (ตัน/ไร่)
	รากไม้ยางพารา	10.13 (ตัน/ไร่)	1 (ตัน/ไร่)
	ปีกไม้/เศษไม้ยางพารา	7.82 (ตัน/ไร่)	-
	ขี้เลื่อยยางพารา	1.65 (ตัน/ไร่)	-

ตารางที่ 15 ค่าความร้อนของชีวมวลเชิงพื้นที่ของประเทศไทยปี 2552 [7]

พืช	ชีวมวล	ค่าความร้อน
		(MJ/kg)
ข้าว	แกลบ	14.27
	ฟางข้าว	10.24
ข้าวโพด	ซังข้าวโพด	18.04
	ลำต้น	18.04
ปาล์มน้ำมัน	ทะลายปาล์ม	17.86
	เส้นใยปาล์ม	17.62
	กะละปาล์ม	18.46
	ลำต้นปาล์ม	9.83
มันสำปะหลัง	เหง้ามันสำปะหลัง	18.42
	ลำต้น	18.42
ไม้ยางพารา	ไม้ยางพารา	14.98
ไม้ยูคาลิปตัส	ไม้ยูคาลิปตัส	14.98

### 3.3.2 ที่ตั้งของโครงการ

โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขนาด 9.9 เมกะวัตต์ ตั้งอยู่ที่ จังหวัดนครพนม เนื้อที่ประมาณ 30 ไร่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ประกอบด้วย อาคารจัดเก็บเชื้อเพลิง อาคารโรงไฟฟ้า อาคารควบคุม บ่อพักน้ำดิบ และอื่นๆ สามารถแสดงได้รับรูปที่ 11 ระยะเวลา ก่อสร้างรวมทดสอบระบบ ประมาณ 17 เดือน อายุโครงการ 20 ปี

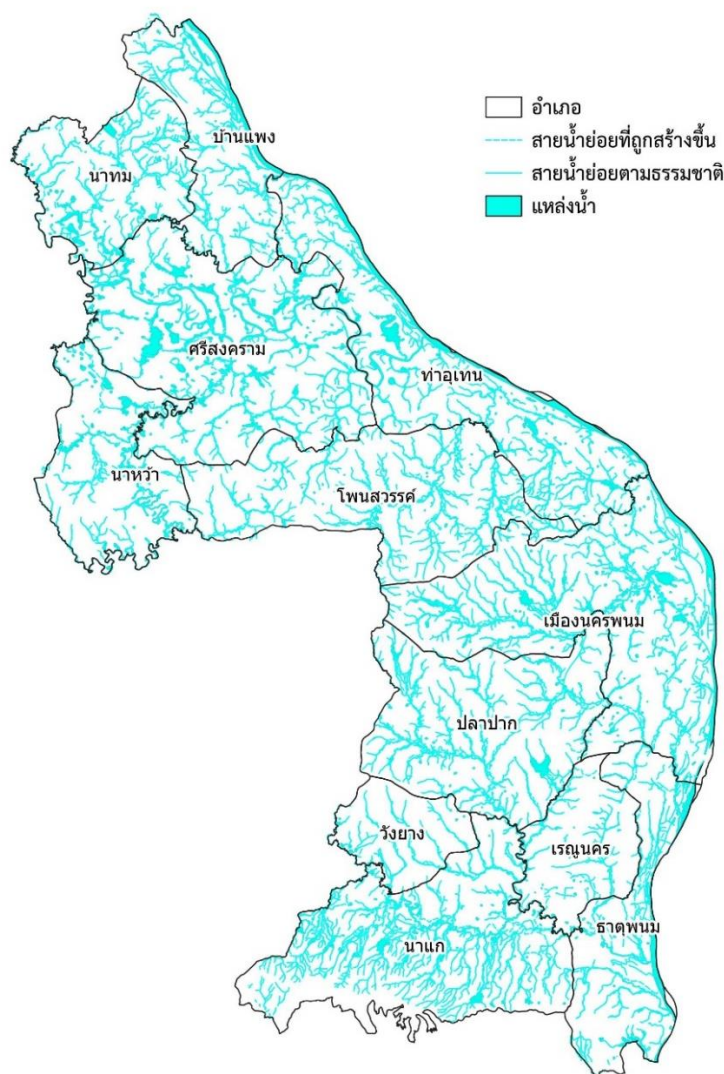


รูปภาพที่ 11 พื้นที่ภาพรวมของโครงการ [32]

ที่มา : ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญบริษัทรับสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล

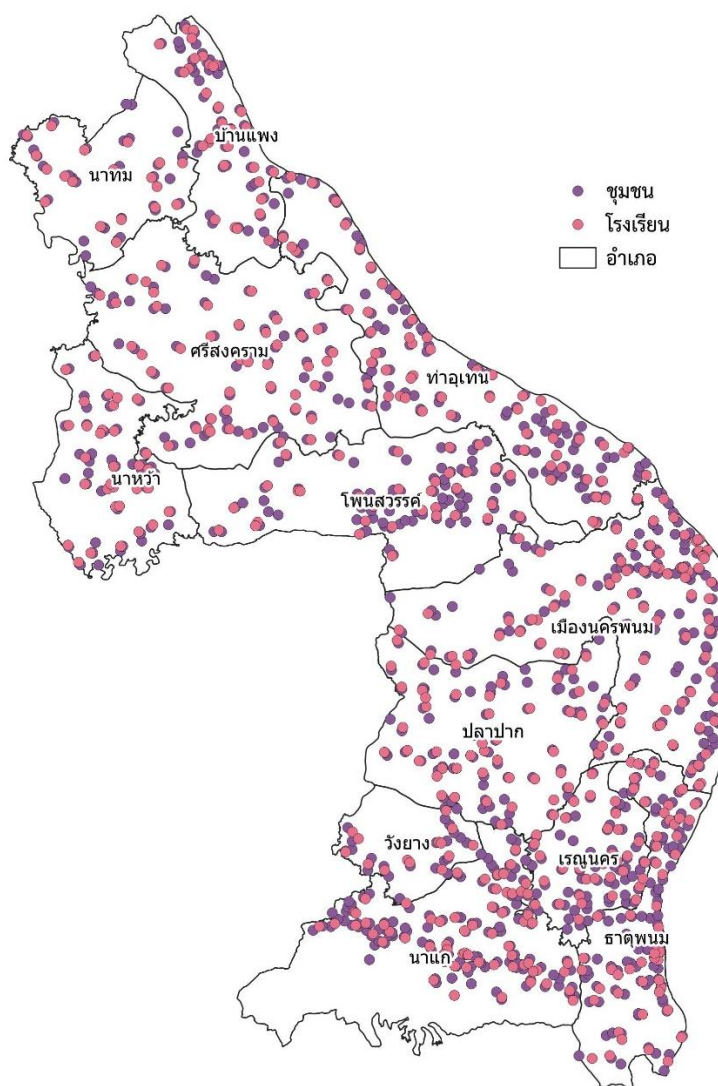
จะทำการประเมินตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมว่าจะตั้งอยู่ที่อำเภอใด ด้วยปัจจัย 5 ประการ คือ แหล่งวัตถุดิบ แหล่งน้ำสนับสนุน สภาพสิ่งแวดล้อม (แหล่งชุมชนและสาธารณสุขสถาน) ความใกล้ชิด

ถนนและสายส่งไฟฟ้า และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยให้ความสำคัญตามลำดับ ในส่วนของแหล่ง  
 วัตถุดิบ จะสามารถทำแผนที่ได้ต่อเมื่อได้คำนวณศักยภาพพลังงาน และทำการเลือกชีวมวลหลักของ  
 โครงการแล้ว แต่สำหรับอีก 4 ปัจจัยที่เหลือ สามารถแสดงดังรูปที่ 12 ถึง 15 จากนั้นจึงนำแผนที่ทั้ง  
 5 มาจัดระเบียบและวิเคราะห์ด้วยการซ้อนทับด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Quantum  
 Geographic information System : QGIS)



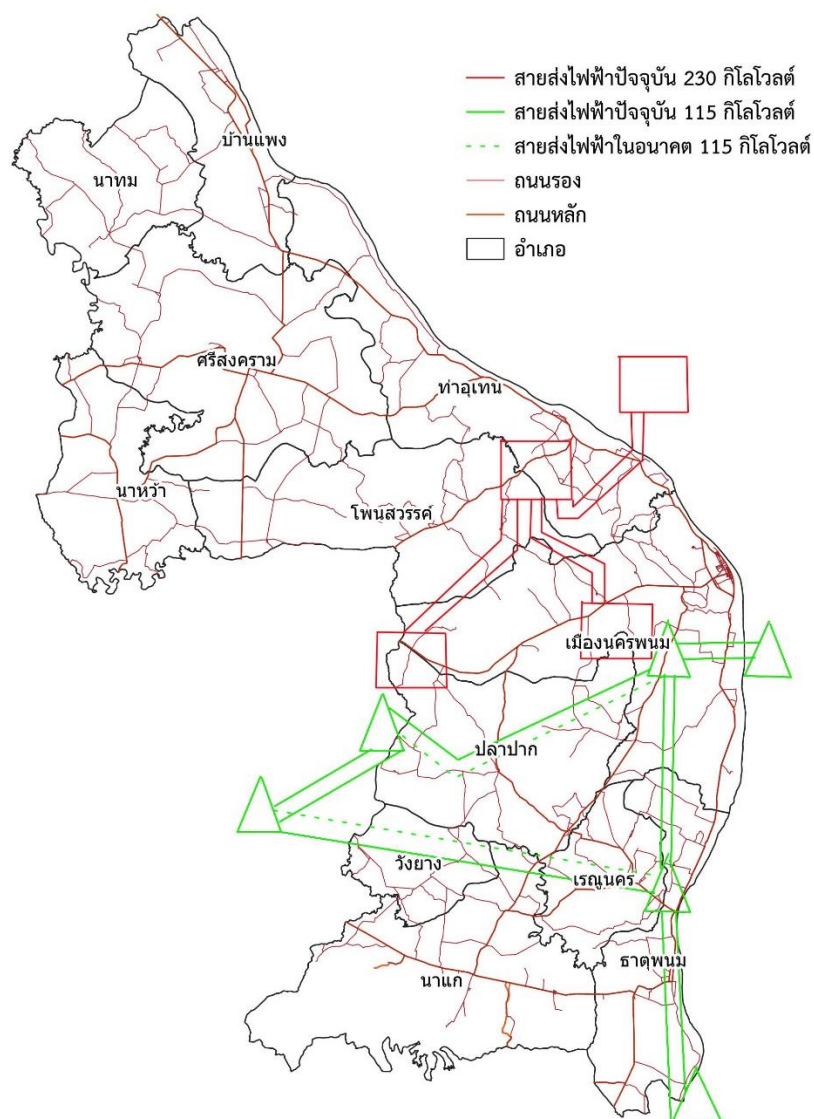
รูปภาพที่ 12 แผนที่แหล่งน้ำในจังหวัดนครพนม

ที่มา : ข้อมูลจากกรมที่ดินจังหวัดนครพนม



รูปภาพที่ 13 แผนที่สภาพสิ่งแวดล้อม (แหล่งชุมชนและสาธารณสถาน)

ที่มา : ข้อมูลจากกรมที่ดินจังหวัดนครพนม

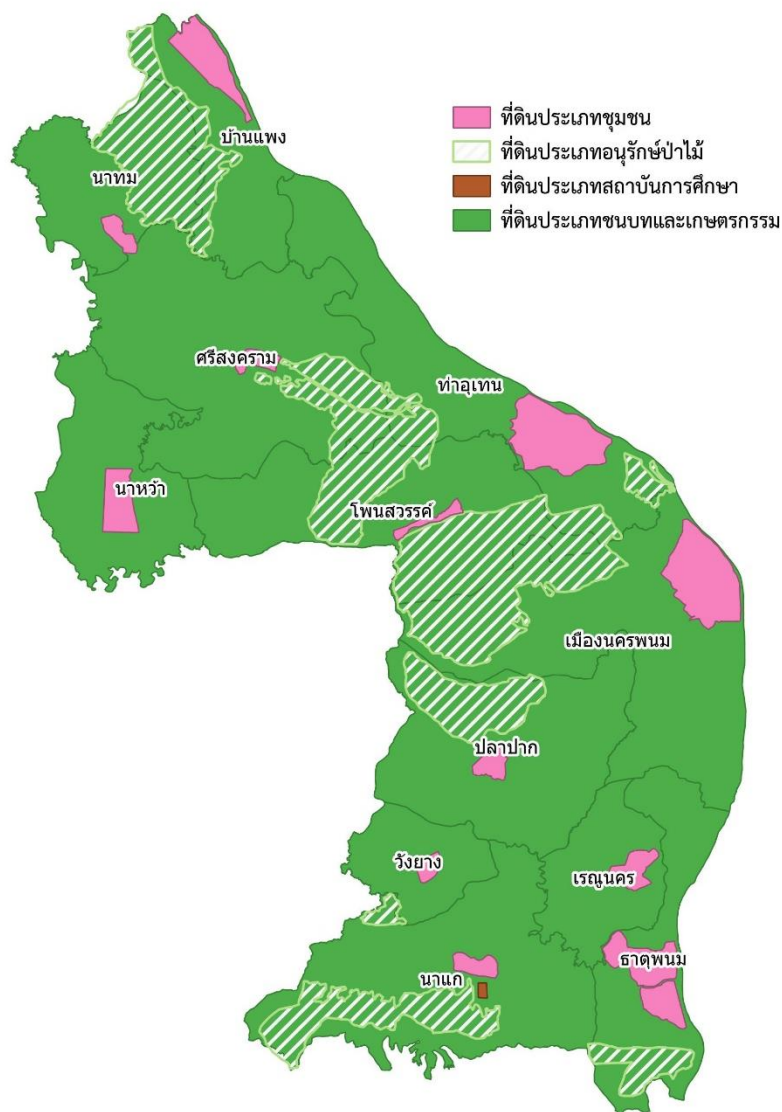


CHULALONGKORN UNIVERSITY

### รูปภาพที่ 14 แผนที่ความใกล้ชิดถนนและสายส่งไฟฟ้า

ที่มา : ข้อมูลจากกรมทางหลวงและการไฟฟ้าฝ่ายผลิต





CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปภาพที่ 15 แผนที่ความใกล้ชิดถนนและสายส่งไฟฟ้า

ที่มา : ข้อมูลจากกรมที่ดินจังหวัดนครพนม

### 3.3.3 เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า

โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขนาด 9.9 เมกะวัตต์ ในจังหวัดนครพนม ใช้เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าแบบเผาไหม้โดยตรง มีค่าประสิทธิภาพร้อยละ 25 เติบโตเครื่องผลิตไฟฟ้า 24 ชั่วโมงต่อวัน ต่อเนื่อง 330 วันต่อปี และหยุดเดินเครื่องเพื่อซ่อมบำรุงเครื่องจักรประมาณ 30-35 วันต่อปี

### 3.3.4 แหล่งที่มาของเงินทุน



เงินลงทุนสำหรับโครงการนี้ มีแหล่งที่มาของเงินทุนจากเงินลงทุนส่วนตัวของเจ้าของกิจการทั้งหมด โดยจะทำการคำนวณต้นทุนทางการเงินเฉลี่ย (Weighted Average Cost of Capital : WACC) เพื่อใช้เป็นอัตราคิดลด สำหรับการประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการ

### 3.3.5 อัตราเงินเฟ้อ

ใช้อัตราเงินเฟ้อในการพิจารณาคำนวณรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้ารูปแบบ Feed-in Tariff (FIT) และใช้พิจารณาในการคำนวณค่าใช้จ่ายต่างๆในอนาคตด้วย อัตราเงินเฟ้อที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นค่าเฉลี่ยของอัตราเงินเฟ้อย้อนหลัง 5 ปี ตั้งแต่ปี 2558 – 2562 มีค่าเท่ากับ 0.72% ดังตารางที่ 16 เพื่อใช้ในการคำนวณผลตอบแทนวิจัยนี้

ตารางที่ 16 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราเงินเฟ้อ ประจำปี 2558 – 2562 [26]

ปี พ.ศ.	2562 p	2561 p	2560	2559	2558
<b>อัตราเงินเฟ้อ</b>					
1 ดัชนีราคาผู้บริโภคทั่วไป (2558=100)	100.00	99.30	98.25	97.60	97.42
(% การเปลี่ยนแปลง)	0.70	1.07	0.67	0.18	-0.90
2 ดัชนีราคาผู้บริโภค พื้นฐาน (2558=100) *	100.00	99.48	98.78	98.23	97.52
(% การเปลี่ยนแปลง)	0.52	0.71	0.56	0.73	1.06
<b>ค่าเฉลี่ยอัตราเงินเฟ้อ ประจำปี 2558 – 2562 (%)</b>	0.72				

\*ไม่รวมอาหารสดและพลังงาน

ที่มา : ธนาคารแห่งประเทศไทย

ปรับปรุงล่าสุด : 31 พ.ค. 2564 14:30

วันที่เรียกข้อมูล : 04 มิ.ย. 2564 17:40

### 3.3.6 การจำหน่ายไฟฟ้า

โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรนี้ มีขนาด 9.9 เมกะวัตต์ ถือเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer : VSPP) โดยมีผู้รับซื้อไฟฟ้า คือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) โดยได้รับอัตราราคาจำหน่ายไฟฟ้า แบบอัตรารับซื้อ

ไฟฟ้าพิเศษตามประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่อง การรับซื้อไฟฟ้าพิเศษจากขยะอุตสาหกรรมในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) สำหรับการประกาศรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ปี 2558-2562 มีรายละเอียดดังตารางที่ 17 [21] [22]

**ตารางที่ 17 อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษจากชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) สำหรับประกาศรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนปี 2558-2562**

กำลังผลิต (MW)	FiT (บาท/หน่วย)			ระยะเวลา สนับสนุน (ปี)	FiT Premium (บาท/หน่วย)	
	FiT <sub>F</sub>	FiT <sub>V2564</sub>	FiT <sup>(1)</sup>		สำหรับโครงการ กลุ่มเชื้อเพลิง ชีวมวล (8 ปี แรก)	สำหรับโครงการใน พื้นที่จังหวัดชายแดน ใต้ <sup>(2)</sup> (ตลอดอายุ โครงการ)
ชีวมวล						
กำลังการผลิตติดตั้ง ≤ 1 MW	3.13	2.2563	5.3863	20	0.5	0.5
กำลังการผลิตติดตั้ง 1-3 MW	2.61	2.2563	4.8663	20	0.4	0.5
กำลังการผลิตติดตั้ง > 3 MW	2.39	1.8888	4.2788	20	0.3	0.5

หมายเหตุ (1) อัตรา FiT<sub>V</sub> จะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องตามอัตราเงินเฟ้อขึ้นพื้นฐาน

(2) โครงการในพื้นที่จังหวัดยะลา ปัตตานี นราธิวาส และ 4 อำเภอในจังหวัดสงขลา ได้แก่ แก่อ.จะนะ อ.เทพา อ.สะบ้าย้อย และ อ.นาทวี

จากตารางอัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษจากชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) สำหรับการประกาศรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนปี 2558-2562 พบว่า โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขนาด 9.9 เมกะวัตต์ในจังหวัดนครพนม ถูกจัดอยู่ในอัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษจากชีวมวลกำลังการผลิตติดตั้งมากกว่า 3 เมกะวัตต์ จึงจะใช้สมมุติฐานในการคำนวณอัตราราคาจำหน่ายไฟฟ้าของโครงการ ดังนี้

- $FiT_F$  แบบคงที่เท่ากันทุกปีตลอดอายุโครงการ มีค่าเท่ากับ 2.39 บาทต่อหน่วย
- $FiT_V$  แบบผันแปร ซึ่งจะมีการปรับขึ้นทุกปี ตามอัตราเงินเฟ้อขั้นพื้นฐาน โดยเงินเฟ้อที่ใช้ในการคำนวณ จะใช้อัตราเงินเฟ้อเฉลี่ย 5 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี 2558 – 2563 มีค่าเท่ากับ 0.72% มาใช้ในการคำนวณตลอดโครงการ ซึ่งค่า  $FiT_V$  ปีแรกที่ใช้สำหรับโครงการนี้จะมีค่าเท่ากับ 1.8888 บาทต่อหน่วย
- $FiT_{Premium}$  สำหรับโครงการกลุ่มเชื้อเพลิงชีวภาพ จะได้รับการสนับสนุนในช่วง 8 ปีแรก ในอัตรา 0.3 บาทต่อหน่วย
- อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษจากชีวมวลในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) ได้รับการสนับสนุนจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) เป็นระยะเวลา 20 ปี

อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษจากชีวมวลรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) มีวิธีการคำนวณได้ดังนี้

$$FiT_i = FiT_F + [ FiT_{V,i-1} \times (1 + Core Inflation_{i-1}) ] + FiT_{Premium}$$

โดยที่

$FiT_i$  คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษของปีที่  $i$  (บาท/หน่วย)

$FiT_F$  คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษแบบคงที่ (บาท/หน่วย)

$FiT_{V,i-1}$  คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษแบบผันแปรของปีที่  $i-1$  (บาท/หน่วย)

$FiT_{Premium}$  คือ อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษสำหรับโครงการขยะอุตสาหกรรม (บาท/หน่วย)

$Core Inflation_{i-1}$  คือ อัตราเงินเฟ้อ ณ ปีที่  $i-1$  (%)

$i$  คือ ปีที่จ่ายไฟฟ้าเข้าระบบ

### 3.3.7 การวิเคราะห์ทางการเงิน

#### 3.3.7.1 การประเมินต้นทุนโครงการ

ต้นทุนโครงการประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

3.3.7.1.1 เงินลงทุนหลัก (Capital Expenditure : CAPEX) ได้แก่ ค่าที่ดิน ค่าออกแบบและก่อสร้างอาคารต่างๆ ค่าอุปกรณ์เครื่องจักรและระบบต่างๆ และต้นทุนอื่นๆ โดยเงินลงทุนหลังทั้งหมดของงานวิจัยนี้ มาจากข้อมูลโครงการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 9.9 เมกะวัตต์ของบริษัทรับสร้างโรงไฟฟ้าแห่งหนึ่งที่ได้ให้ความอนุเคราะห์

3.3.7.1.2 ต้นทุนการดำเนินงาน (Operation Expenditure : OPEX) ได้แก่ ต้นทุนชีวมวล ค่าใช้จ่ายเคมีสำหรับปรับสภาพน้ำ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ค่าดำเนินการ ค่าเงินเดือนพนักงาน ค่าสาธารณูปโภค เงินสำรองในการปรับปรุงเครื่องจักร และกองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า โดยต้นทุนในส่วน ค่าใช้จ่ายเคมีสำหรับปรับสภาพน้ำ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ค่าดำเนินการ ค่าสาธารณูปโภค เงินสำรองในการปรับปรุงเครื่องจักร และกองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้านี้จะมีการปรับขึ้นทุกปี ตามอัตราเงินเฟ้อเฉลี่ย 5 ปีย้อนหลัง 0.72% และ ค่าใช้จ่ายในส่วน ต้นทุนชีวมวล และเงินเดือนพนักงานจะปรับขึ้นทุกปี ตามอัตราการขึ้นราคาของเงินเดือน 5%

### 3.3.7.2 การประเมินผลประโยชน์ของโครงการ

ผลประโยชน์ของโครงการได้มาจากรายได้การจำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้วิธีการคำนวณตามเงื่อนไขอัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษจากชีวมวลรูปแบบ Feed-in Tariff (FIT)

### 3.3.7.3 อัตราคิดลดแบบวิธีต้นทุนทางการเงินเฉลี่ย (WACC)

การคำนวณอัตราคิดลดของงานวิจัยนี้มาจากต้นทุนทางการเงิน โดยใช้วิธีต้นทุนทางการเงินเฉลี่ย (Weighted Average Cost of Capital : WACC) เท่ากับ 9.2% ซึ่งมาจากสมการ

$$WACC = \frac{E}{V} \times Re + \frac{D}{V} \times Rd \times (1 - Tc)$$

โดยที่

Re คือ ต้นทุนของส่วนเจ้าของ

Rd คือ ต้นทุนเงินกู้

E คือ ส่วนของเจ้าของ

D คือ หนี้สิน

V คือ สินทรัพย์ทั้งหมด

TC คือ อัตราภาษีนิติบุคคล

โดยคำนวณมาจาก

ส่วนของผู้ถือหุ้น (Equity)	= 605,400,000.00 บาท
สินทรัพย์ทั้งหมด (Value)	= 605,400,000.00 บาท
ต้นทุนของผู้ถือหุ้น (Re)	= 0.0920
Risk Free (ประมาณจากผลตอบแทนของพันธบัตรรัฐบาล)	≈ 0.0200
Risk Market (ประมาณการจากผลตอบแทนจากหุ้นในตลาดหลักทรัพย์)	≈ 0.1000
$\beta$ (อ้างอิงโรงไฟฟ้าชีวมวลในเครือ ACE)	= 0.9000
WACC	= 9.20%

#### 3.3.7.4 อัตราการขึ้นราคา

งานวิจัยนี้ใช้อัตราการขึ้นราคาของเงินเดือนพนักงานในปี 2560 ที่มีค่า 5% เพื่อคำนวณการปรับเพิ่มราคาของต้นทุนชีวมวล และเงินเดือนพนักงานทุกปี ตลอดทั้งโครงการ [27]

#### 3.3.7.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางการเงิน

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Microsoft Excel เป็นเครื่องมือในการคำนวณดัชนีชี้วัดทางการเงิน ได้แก่ NPV, IRR, B/C Ratio และ PB เพื่อประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการ

#### 3.3.7.6 ภาษีเงินได้นิติบุคคล

ภาษีเงินได้นิติบุคคลที่ใช้ในการคำนวณทางการเงิน มีค่า 20%

#### 3.3.7.7 ค่าเสื่อมราคา

โครงการคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง 5% ต่อปี ตลอดอายุโครงการ 20 ปี โดยคิดจากค่าสิ่งปลูกสร้าง อาคารต่างๆ อุปกรณ์ เครื่องจักร และระบบงาน

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขนาด 9.9 เมกะวัตต์ในจังหวัดนครพนม โดยแสดงให้เห็นถึงการคำนวณศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าชีวมวลเพื่อให้ได้เปรียบในด้านการจัดการชีวมวล และการวิเคราะห์ทางการเงินเพื่อประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการ

#### 4.1 การคำนวณศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในจังหวัดนครพนม

งานวิจัยนี้รวบรวมข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของพืช 7 ชนิด ได้แก่ ข้าว(นาปี) ข้าว(นาปรัง) ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน ยูคาลิปตัส และพื้นที่การโค่นยางพาราใน จังหวัดนครพนม เพื่อศึกษาถึงศักยภาพของชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ตั้งแต่ปี 2553 – 2562 เป็นเวลา 10 ปีย้อนหลัง โดยทำการศึกษาศักยภาพชีวมวลใน 2 แ่งมุม คือ ศักยภาพด้านพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ และศักยภาพด้านความสม่ำเสมอของชีวมวล ขั้นตอนการคำนวณสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 16

##### 4.1.1 การคำนวณศักยภาพด้านพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์

เนื่องจากปริมาณชีวมวลมีความสำคัญอย่างมาก และเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้โรงไฟฟ้าชีวมวลประสบปัญหาการขาดแคลนและทำให้การดำเนินกิจการขาดความต่อเนื่อง การคำนวณหาปริมาณพลังงานของชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรและการโค่นยางพาราในจังหวัดนครพนม ย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 จนถึง ปี พ.ศ. 2562 นำเข้าคำนวณในสมการที่ 4 ถึง 7 จากหัวข้อที่ 3.3.1 ในบทที่ 3 สามารถหาค่าพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ของชีวมวลแต่ละชนิดได้ (จากภาคผนวก ก) ดังตารางที่ 18 จากการคำนวณพบว่า ชีวมวลที่มีศักยภาพพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ ฟางข้าว ที่เกิดจาก ข้าว (นาปี) โดยมีค่าศักยภาพพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ย้อนหลัง 10 ปี เฉลี่ย 3,506,757,073.39 MJ ต่อปี

##### 4.1.2 การคำนวณศักยภาพด้านความสม่ำเสมอของชีวมวล

นอกจากปริมาณชีวมวลจะมีความสำคัญแล้ว ความสม่ำเสมอของชีวมวลที่เกิดขึ้นก็สำคัญเช่นกัน เนื่องจากความสม่ำเสมอจะสามารถทำให้สามารถจัดการชีวมวลเพื่อป้อนเป็นเชื้อเพลิงให้กับ

โรงไฟฟ้าชีวมวลได้ดียิ่งขึ้น สามารถคาดการณ์ปริมาณสำรองที่จะต้องเก็บไว้เพื่อให้การผลิตไฟฟ้าสามารถเป็นไปได้อย่างราบรื่น ความสม่ำเสมอของปริมาณชีวมวลขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของปริมาณผลผลิต และปริมาณพื้นที่โค่นยางพารา ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลต่างกล่าวย้อนหลัง 10 ปี มาคำนวณในทางสถิติ ด้วยการวัดการกระจายของข้อมูล 2 แบบ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation) ตารางที่ 19 (จากภาคผนวก ก)

จากการคำนวณพบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของปริมาณการโค่นยางพารามีปริมาณต่ำที่สุด คือ 332.95 ต้นต่อปี แสดงให้เห็นว่าปริมาณการโค่นยางพารามีปริมาณใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของตัวเองมากที่สุด แต่ตัวเลขนี้ยังไม่สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกชีวมวลได้ในทันที เนื่องจากตัวเลขของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังกล่าว เป็นการนำตัวเลขมาเทียบกับแต่ละชุดข้อมูลของพืชนั้นๆเอง จึงต้องนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังกล่าวมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันที่แสดงค่าเป็นอัตราส่วนร้อยละ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราการแปรผันระหว่างพืชแต่ละชนิด พบว่า แม้ผลผลิตของข้าว (นาปี) จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงถึง 54,471 ต้น ซึ่งสูงเป็นอันดับที่ 3 จากพืชทั้งหมดที่ทำการวิจัย แต่มีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันต่ำที่สุด คือร้อยละ 10.84 เท่านั้น แสดงให้เห็นว่า ผลผลิตของข้าว (นาปี) มีปริมาณการเกิดที่มีความสม่ำเสมอมากที่สุด



รูปภาพที่ 16 ผังการคำนวณศักยภาพชีวมวลและการเลือกชีวมวลหลัก

ตารางที่ 18 ศักยภาพด้านพลังงานของข้าวในจังหวัดนครพนม เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – 2562

		ปริมาณเฉลี่ย 10 ปี พ.ศ. 2553-2562					
ชนิดพืช	ชนิดข้าว	อัตราส่วน		ค่า			
		ข้าวผลต่อ	สัมประสิทธิ์				
		ผลผลิต (ตัน/ตัน)	ข้าวผลเหลือ ใช้ (ตัน/ตัน)	ค่าความ ร้อนต่ำ (MJ/kg)	ผลผลิต (ตัน/ปี)	เนื้อที่โค่น ยางพารา (ไร่/ปี)	ชีวมวลที่ไม่มีการใช้ ประโยชน์ (ตัน/ปี)
		ผลผลิต) * (ยางพารา: ตัน/ไร่)	ผลผลิต) * (ตัน/ไร่)				ใช้ประโยชน์ (MJ/ปี)
ข้าว (นาปี)	กลาบ	0.23	0.481	14.27	115,571.43	-	793,267,286.14
	ฟางข้าว	1.169	0.583	10.24	502,484.49	-	3,506,757,073.39
ข้าว (นาปรัง)	ฟางข้าว	1.522	0.829	10.24	33,488.47	-	432,677,636.23
	ลำดับ (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	1.245	1	18.04	341.43	341.43	6,159,308.17
	ซึ่งข้าวโพด	0.216	0.1	18.04	274.24	59.24	106,860.29
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	เปลือกข้าวโพด	0.208	0.1	6.57	57.04	5.70	37,476.13
	ลำดับ (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	1.245	1	18.04	9,264.43	-	208,077,213.47
มันสำปะหลัง	เหงมันสำปะหลัง	0.097	0.944	18.42	15,494.67	14,626.97	269,428,754.71
	ลำดับ ยอดและใบมันสำปะหลัง	0.25	0.244	18.42	159,738.86	-	179,485,781.47
	กากมันสำปะหลัง	0.333	1	18.42	53,193.04	53,193.04	979,815,823.43



ตารางที่ 18 ศักยภาพด้านพลังงานของชีวมวลในจังหวัดนครพนม เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ต่อ)

อัตราส่วนชีวมวลต่อค่าสัมประสิทธิ์				ปริมาณเฉลี่ย 10 ปี พ.ศ. 2553-2562					
ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	ผลผลิต (ตัน/ตันผลผลิต) * (ยางพารา: ตัน/ไร่)	ชีวมวลเหลือใช้ (ตัน/ตันผลผลิต) * (ยางพารา: ตัน/ไร่)	ค่าความร้อนต่ำ (MJ/kg)	ผลผลิต (ตัน/ปี)	เนื้อที่โค่นยางพารา (ไร่/ปี)	ชีวมวลที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ (ตัน/ปี)	ศักยภาพพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ (MJ/ปี)	
ปาล์มน้ำมัน	ลำต้นปาล์มน้ำมัน	11.253	1	9.83			33,842.06	332,667,478.25	
	ทางใบปาล์มน้ำมัน	0.134	1	15.59			402.99	6,282,600.19	
	ทะลายปาล์มน้ำมัน	0.199	0.04	17.86	3,007.38	-	598.47	23.94	427,546.18
	ใบปาล์มน้ำมัน	0.131	0	17.62			393.97	-	-
	กะลาปาล์มน้ำมัน	0.056	0	18.46			168.41	-	-
ยูคาลิปตัส	ปลายไม้ยูคาลิปตัส	0.15	0.3	9.62			11,851.70	3,555.51	34,204,006.27
	ปีกไม้/เศษไม้ยูคาลิปตัส	0.3	0	9.62	79,011.33	-	23,703.40	-	-
ยางพารา	ลำต้นยางพาราส่วนที่ตัดทิ้ง	3.14	0	14.98			989.35	-	-
	กิ่งยางพารา	0.035	1	14.98			11.03	11.03	165,196.44
	ใบและยอดยางพารา	1.48	1	14.98			466.32	466.32	6,985,449.63
	รากไม้ยางพารา	10.13	1	14.98		315.08	3,191.76	3,191.76	47,812,570.79
	ปีกไม้/เศษไม้ยางพารา	7.82	0	14.98			2,463.93	-	-
	ชีเลื่อยยางพารา	1.65	0	14.98			519.88	-	-
รวม					787,269.20	-	953,162.86	571,245.23	6,804,358,061.19

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยเบณมาตรฐานและค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของปริมาณผลผลิตทางการเกษตรและปริมาณการไถ่ขายพารา

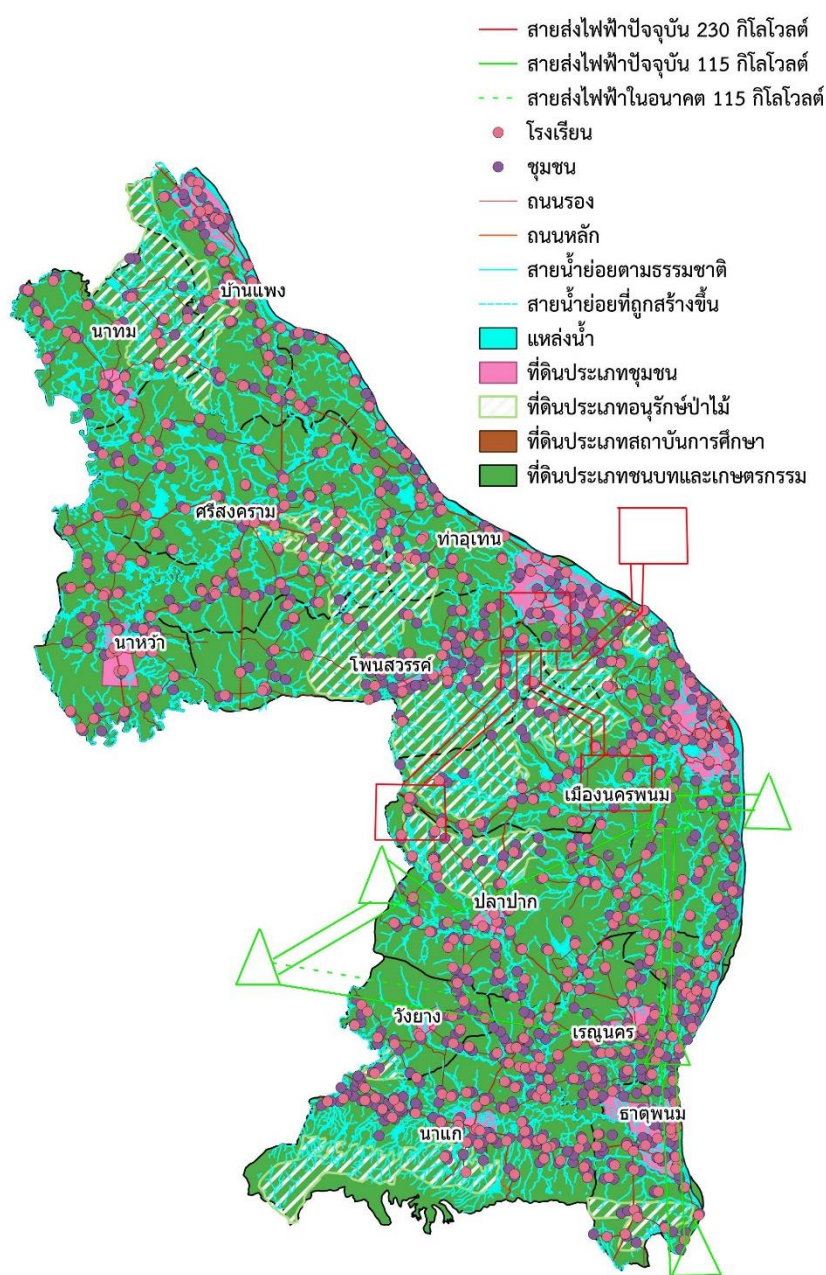
ปี ที่	ปี พ.ศ.	ผลผลิต (ตัน) / *ปริมาณการไถ่ยางพารา (ไร่)							
		ข้าว (นาปี)	ข้าว (นาปรัง)	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ข้าวโพดหวาน	มันสำปะหลัง	ปาล์มน้ำมัน	ยูคาลิปตัส	*ยางพารา
1	2553	573,415.97	49,253.28	230.44	4,814.00	219,443.56	10.13	53,179.39	-
2	2554	591,665.77	36,879.58	145.05	22,148.47	456,051.20	34.36	60,766.26	16.65
3	2555	531,296.26	30,950.24	25.20	27,161.68	222,541.75	452.68	80,649.38	33.70
4	2556	532,301.06	30,466.82	-	4,989.89	150,656.22	835.40	130,605.20	24.15
5	2557	445,253.19	27,816.82	7.00	4,510.25	190,942.43	1,183.07	117,471.65	108.50
6	2558	489,078.95	27,260.66	-	4,324.10	113,544.52	4,683.82	25,821.35	281.30
7	2559	498,283.95	34,001.13	144.00	5,383.09	50,590.69	4,076.36	211,532.71	348.70
8	2560	443,496.43	28,399.18	-	7,854.43	71,667.31	5,043.00	23,458.00	591.00
9	2561	413,072.00	31,935.00	1,901.12	7,120.39	59,590.00	6,301.00	37,368.85	950.75
10	2562	506,981.30	37,922.00	289.56	4,337.98	62,360.96	7,454.00	49,260.55	796.00
Total		5,024,844.88	334,884.70	2,742.37	92,644.29	1,597,388.63	30,073.81	790,113.34	3,150.75
Mean		502,484.49	33,488.47	274.24	9,264.43	159,738.86	3,007.38	79,011.33	315.08
Median		502,632.62	31,442.62	84.60	5,186.49	132,100.37	2,629.72	56,972.82	194.90
Standard Diviation		54,471.00	6,283.22	551.51	7,856.95	117,338.02	2,666.68	55,893.15	332.95
Coefficient of variation (%)		10.84	18.76	201.11	84.81	73.46	88.67	70.74	105.67

จากการคำนวณศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในจังหวัดนครพนม ในหัวข้อที่ 4.1.1 และ 4.1.2 สามารถสรุปผลการเลือกชีวมวลหลักของโครงการได้ว่า พางข้าว ที่เกิดจากข้าว(นาปี) มีความเหมาะสมในการเป็นชีวมวลหลักมากที่สุด เนื่องจากเหตุผล 2 ประการ ประการแรก พางข้าวดังกล่าวมีปริมาณพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์มากที่สุด เท่ากับ 3,506,757,073.39 MJ ต่อปี และมีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันต่ำที่สุด คิดเป็นร้อยละ 10.83 อีกนัยหนึ่งคือ พางข้าวจากข้าว(นาปี) มีปริมาณและความสม่ำเสมอสูงที่สุด ประการที่สอง เมื่อคำนวณปริมาณพางข้าวที่ต้องใช้ป้อนเป็นเชื้อเพลิงต่อปี จากข้อกำหนดในหัวข้อ 3.3.3 ที่ว่า โรงไฟฟ้าเดินเครื่องผลิตไฟฟ้า 24 ชั่วโมงต่อวัน ต่อเนื่อง 330 วันต่อปี และหยุดเดินเครื่องเพื่อซ่อมบำรุงเครื่องจักรประมาณ 30-35 วันต่อปี จะต้องใช้พางข้าวทั้งสิ้น 110,261.25 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 32.20 ของพางข้าวที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ต่อปีของจังหวัดนครพนมเท่านั้น ดังนั้นในการประเมินตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้า และการวิเคราะห์ทางการเงินเพื่อประเมินความคุ้มค่า จะใช้ข้อมูลที่อ้างอิงจากพางข้าวในการคำนวณ

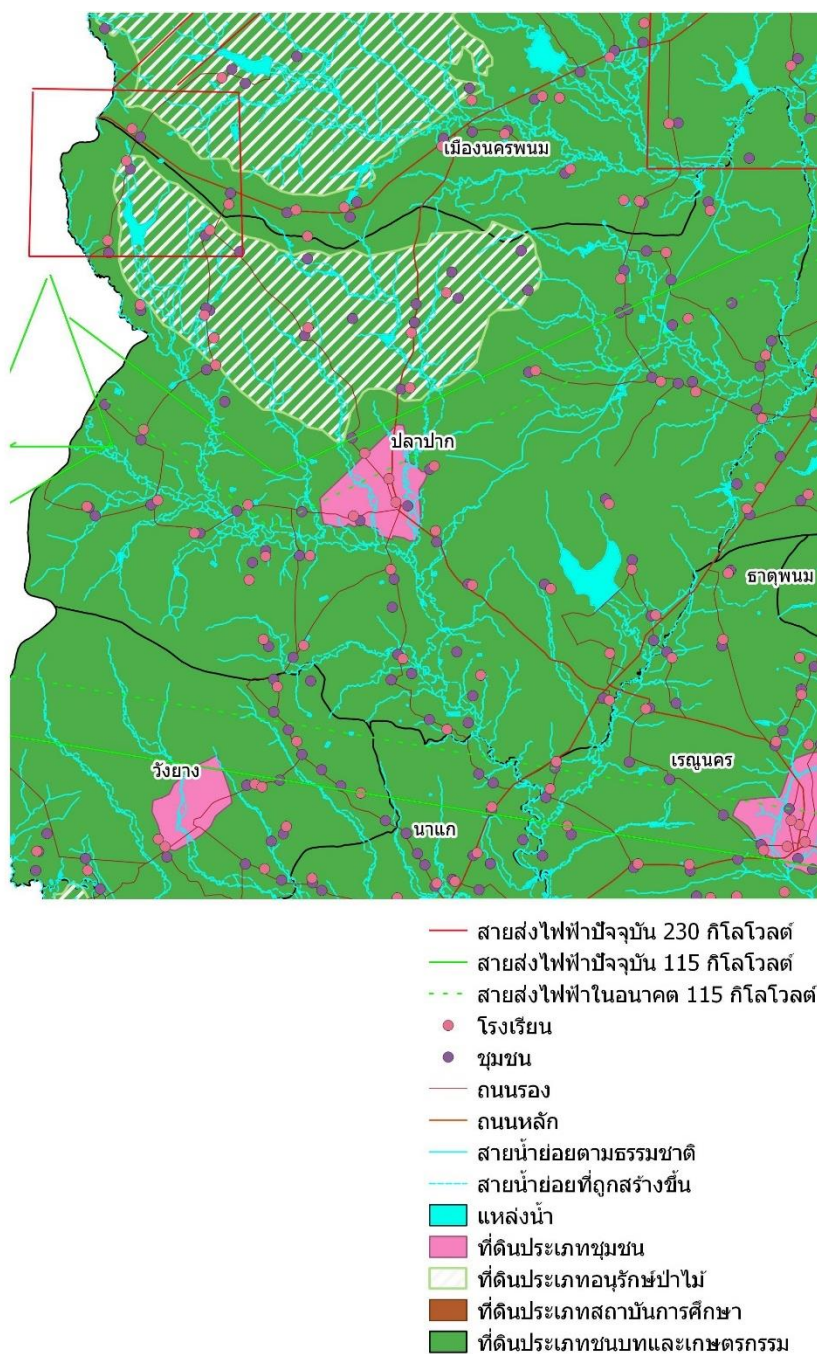
#### 4.2 การประเมินตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้ ทำการรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ของจังหวัดนครพนม ได้แก่ แหล่งวัตถุดิบ แหล่งน้ำ สนับสนุน สภาพสิ่งแวดล้อม (แหล่งชุมชนและสาธารณสถาน) ความใกล้ชิดถนนและสายส่งไฟฟ้า และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อใช้ในการประเมินตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสม จากการวิเคราะห์การซ้อนทับของปัจจัยทั้ง 5 ในจังหวัดนครพนม (จากภาคผนวก ข) โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ QGIS สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 17 ผลการประเมินพบว่า พื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลดังกล่าว คือ อำเภอปลาปาก เนื่องจากมีปริมาณผลผลิตข้าว(นาปี) สูงที่สุดในจังหวัดนครพนม ศักยภาพชีวมวลพางข้าวในอำเภอปลาปากคิดเป็น 44% ของปริมาณพางข้าวที่ต้องใช้ป้อนเป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าขนาด 9.9 เมกะวัตต์ ซึ่งปริมาณผลผลิตข้าว(นาปี)เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับที่ 1 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ และเมื่อพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ที่มีความสำคัญในลำดับรองลงมาอีก 4 ปัจจัยได้แก่ แหล่งน้ำสนับสนุน สภาพสิ่งแวดล้อม (แหล่งชุมชนและสาธารณสถาน) ความใกล้ชิดถนนและสายส่งไฟฟ้า และการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมด้วย พบว่า อำเภอปลาปาก เป็นอำเภอที่มีแหล่งน้ำสนับสนุนหลายแหล่ง มีชุมชนและสาธารณสถานอยู่ในพื้นที่แต่ไม่หนาแน่นเหมือนในตัวเมือง มีถนนและสายส่งไฟฟ้าผ่าน และมีพื้นที่ประเภทชนบทและเกษตรกรรมที่สามารถใช้สร้างโรงไฟฟ้าได้ ดังรูปที่ 18

อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟางข้าวในพื้นที่อำเภอปลาลปากมีเพียง 44% ของปริมาณฟางข้าวที่จำเป็นต้องใช้ในการป้อนเป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าดังกล่าว ทำให้ต้องใช้ฟางข้าวจากอำเภอใกล้เคียง ได้แก่ อำเภอเมืองนครพนม อำเภอวังยาง และอำเภอเรณูนคร ซึ่งมีอาณาเขตติดต่อกับอำเภอปลาลปาก โดยเมื่อรวมปริมาณฟางข้าวที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ของทั้ง 4 อำเภอแล้วจะคิดเป็น 118% ของฟางข้าวที่ต้องใช้ในการป้อนเป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้า



รูปภาพที่ 17 แผนที่แสดงการซ้อนทับของปัจจัยทั้ง 5 ในจังหวัดนครพนม



รูปภาพที่ 18 แผนที่แสดงการซ้อนทับของปัจจัยทั้ง 5 ในอำเภอปลาดุก จังหวัดนครศรีธรรมราช

#### 4.3 การวิเคราะห์ทางการเงิน

งานวิจัยนี้ ทำการรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาประเมินต้นทุน และผลประโยชน์ของโครงการ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ทางการเงิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

##### 4.3.1 ผลการประเมินต้นทุนโครงการ

ต้นทุนของโครงการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ต้นทุนในการลงทุน (CAPEX) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (OPEX) โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลการประเมินต้นทุนโครงการ

รายการ	มูลค่า	หน่วย
<b>ต้นทุนในการลงทุน (CAPEX)</b>		
ที่ดิน	15,000,000	บาท
ค่าออกแบบและก่อสร้างอาคารต่างๆ	80,400,000	บาท
ค่าอุปกรณ์เครื่องจักรและระบบต่างๆ	479,500,000	บาท
ต้นทุนอื่นๆ	30,500,000	บาท
<b>ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (OPEX)</b>		
ต้นทุนชีวมวล ฟางข้าว ต้นละ 675 บาท	74,426,343.75	บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายเคมีสำหรับปรับสภาพน้ำ 1% ของรายได้	3,590,145.50	บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 5% ของรายได้	17,950,727.52	บาท/ปี
ค่าดำเนินการ 3% ของรายได้	10,770,436.51	บาท/ปี
ค่าเงินเดือนพนักงาน 13.5% ของรายได้	48,466,964.30	บาท/ปี
ค่าสาธารณูปโภค 3% ของรายได้	10,770,436.51	บาท/ปี
เงินสำรองในการปรับปรุงเครื่องจักร 5% ของรายได้	17,950,727.52	บาท/ปี
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า ( 1 สตางค์ต่อ kWh.)	784,080.00	บาท/ปี

โครงการนี้กำหนดให้ต้นทุนการดำเนินงานมีอัตราเพิ่มขึ้นทุกๆปี โดยค่าใช้จ่ายเคมีสำหรับปรับสภาพน้ำ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ค่าดำเนินการ ค่าสาธารณูปโภค เงินสำรองในการปรับปรุงเครื่องจักร และกองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า อ้างอิงอัตราเงินเฟ้อ 0.72% ส่วนต้นทุนชีวมวล และค่าเงินเดือนพนักงาน อ้างอิงอัตราการขึ้นเงินเดือนพนักงานประจำปี 2560 เท่ากับ 5%

ในกรณีที่ฟางข้าวเกิดการขาดแคลน หรือประสบปัญหาในการจัดเก็บ สามารถใช้ชีวมวลอื่นทดแทนได้ โดยสามารถคำนึงถึงต้นทุนต่อหน่วยความร้อนดังตารางที่ 21



ตารางที่ 21 ต้นทุนชีวมวลต่อหน่วยความร้อน

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	ค่าความร้อน	ราคาชีวมวล	ราคาชีวมวล	ต้นทุนชีวมวล
		MJ/kg	บาท/ตัน	บาท/กิโลกรัม	บาท/MJ
ข้าว (นาปี)	แกลบ	14.27	1,000.00	1.00	0.07
	ฟางข้าว	10.24	650.00	0.65	0.06
ข้าว (นาปรัง)	ฟางข้าว	10.24	650.00	0.65	0.06
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	18.04	650.00	0.65	0.04
	ชังข้าวโพด	18.04	750.00	0.75	0.04
	เปลือกข้าวโพด	6.57	600.00	0.60	0.09
ข้าวโพดหวาน	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	18.04	650.00	0.65	0.04
มันสำปะหลัง	เหง้ามันสำปะหลัง	18.42	650.00	0.65	0.04
	ลำต้น ยอดและใบมันสำปะหลัง	18.42	550.00	0.55	0.03
	กากมันสำปะหลัง	18.42	550.00	0.55	0.03
ปาล์มน้ำมัน	ลำต้นปาล์มน้ำมัน	9.83	500.00	0.50	0.05
	ทางใบปาล์มน้ำมัน	15.59	500.00	0.50	0.03
	ทะลายปาล์มน้ำมัน	17.86	410.00	0.41	0.02
	ใบปาล์มน้ำมัน	17.62	410.00	0.41	0.02
	กะลาปาล์มน้ำมัน	18.46	1,400.00	1.40	0.08
ยูคาลิปตัส	ปลายไม้ยูคาลิปตัส	9.62	600.00	0.60	0.06
	ปีกไม้/เศษไม้ยูคาลิปตัส	9.62	600.00	0.60	0.06
ยางพารา	ลำต้นยางพาราส่วนที่ตัดทิ้ง	14.98	780.00	0.78	0.05
	กิ่งยางพารา	14.98	780.00	0.78	0.05
	ใบและยอดยางพารา	14.98	780.00	0.78	0.05
	รากไม้ยางพารา	14.98	780.00	0.78	0.05
	ปีกไม้/เศษไม้ยางพารา	14.98	780.00	0.78	0.05
	ขี้เลื่อยยางพารา	14.98	780.00	0.78	0.05

#### 4.3.2 ผลการประเมินผลประโยชน์หรือรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า

กำหนดให้อัตราการจำหน่ายไฟฟ้าสำหรับโครงการนี้ เป็นแบบ Feed-in Tariff (FiT) ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปในทุกๆปี เนื่องจากปัจจัยด้านเงินเฟ้อ โดยรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า สามารถดูได้จากภาคผนวก ค ตารางที่ 42

#### 4.3.3 การวิเคราะห์ทางการเงินด้วยวิธีการจำลองการคิดลดกระแสเงินสด (Discounted Cash Flow Model : DCF Model)

มีรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการ ดังนี้

4.3.3.1 เงินลงทุนเริ่มต้น (Capital Expenditure : CAPEX) ที่ค่าเท่ากับ 605,400,000 บาท

4.3.3.2 ต้นทุนการดำเนินงาน (Operating Expenditure : OPEX) มีค่าเท่ากับ 184,709,861.62 บาท เมื่อสิ้นการลงทุนปีที่ 1 และมีอัตราเพิ่มขึ้น 0.72% ทุก ๆ ปี สำหรับค่าใช้จ่ายเคมีสำหรับปรับสภาพน้ำ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ค่าดำเนินการ ค่าสาธารณูปโภค เงินสำรองในการปรับปรุงเครื่องจักร และกองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า และมีอัตราเพิ่มขึ้น 5% สำหรับต้นทุนชีวมวล และค่าเงินเดือนพนักงาน

4.3.3.3 รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีค่าแตกต่างกันในแต่ละปี โดยมีค่าดังแสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ 42

4.3.3.4 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ 20 ปี

4.3.3.5 การคำนวณอัตราคิดลดที่ใช้มาจากต้นทุนทางการเงิน โดยจะใช้วิธีต้นทุนทางการเงินเฉลี่ย (Weighted Average Cost of Capital : WACC) เท่ากับ 9.2%

4.3.3.6 ภาษีเงินได้นิติบุคคล เท่ากับ 20%

4.3.3.7 ค่าเสื่อมราคา 5% ต่อปี โดยคิดจากเงินลงทุนค่างานก่อสร้างอาคารต่างๆ และ ค่าอุปกรณ์ เครื่องจักรและระบบต่างๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20,670,000 บาท/ปี

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาใช้เป็นสมมติฐานและตัวแปรในการคำนวณหาดัชนีชี้วัดต่างๆเพื่อไปวิเคราะห์ทางการเงิน ด้วยวิธีการจำลองการคิดลดกระแสเงินสด (Discounted Cash Flow Model : DCF Model) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งการคำนวณสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 22



ตารางที่ 22 การคำนวณวิธีการจำลองการคิดลดกระแสเงินสด (Discounted Cash Flow Model : DCF Model)

ปีที่	กระแสเงินสดออก		กระแสเงินสดเข้า		ค่าเสื่อม	รายได้ก่อนภาษี	รายได้หลังหักภาษี	กระแสเงินสดหลังหักภาษี	มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสด	ระยะเวลาคืนทุน	
	เงินลงทุนหลัก	ต้นทุนการดำเนินงาน	รายได้จากการขาย							เต็มปี	ไม่เต็มปี
0	605,400,000							(605,400,000)	(605,400,000)		
1		184,709,862	359,014,550		20,670,000	153,634,689	122,907,751	143,577,751	131,481,457	1	
2		191,633,330	360,080,849		20,670,000	147,777,519	118,222,015	138,892,015	116,474,808	1	
3		198,887,447	361,154,825		20,670,000	141,597,378	113,277,903	133,947,903	102,865,088	1	
4		206,488,977	362,236,534		20,670,000	135,077,557	108,062,045	128,732,045	90,530,750	1	
5		214,455,549	363,326,030		20,670,000	128,200,481	102,560,385	123,230,385	79,360,540		0.49
6		222,805,701	364,423,372		20,670,000	120,947,671	96,758,137	117,428,137	69,252,641		
7		234,048,308	365,528,614		20,670,000	110,810,306	88,648,245	109,318,245	59,038,346		
8		240,735,721	366,641,814		20,670,000	105,236,093	84,188,874	104,858,874	51,858,994		
9		241,430,920	344,240,629		20,670,000	82,139,709	65,711,767	86,381,767	39,121,756		
10		251,255,561	345,369,916		20,670,000	73,444,356	58,755,485	79,425,485	32,940,751		
11		261,559,886	346,507,335		20,670,000	64,277,449	51,421,959	72,091,959	27,380,275		
12		272,368,379	347,652,943		20,670,000	54,614,564	43,691,651	64,361,651	22,384,919		
13		283,706,785	348,806,799		20,670,000	44,430,014	35,544,012	56,214,012	17,904,009		
14		295,602,183	349,968,963		20,670,000	33,696,780	26,957,424	47,627,424	13,891,213		
15		308,083,052	351,139,495		20,670,000	22,386,443	17,909,154	38,579,154	10,304,173		
16		321,179,346	352,318,454		20,670,000	10,469,109	8,375,287	29,045,287	7,104,172		
17		334,922,566	353,505,902		20,670,000	(2,086,664)	(1,669,331)	19,000,669	4,255,828		
18		349,345,848	354,701,900		20,670,000	(15,313,948)	(12,251,158)	8,418,842	1,726,811		
19		364,484,041	355,906,509		20,670,000	(29,247,532)	(23,398,026)	(2,728,026)	(512,411)		
20		380,373,800	357,119,791		20,670,000	(43,924,009)	(35,139,207)	(14,469,207)	(2,488,811)		
รวม		5,358,077,260	7,109,645,225		413,400,000	1,338,167,965	1,070,534,372	878,534,372	269,475,305	4	0.49

จากตารางการคำนวณวิธีการจำลองการคิดลดกระแสเงินสด (Discounted Cash Flow Model : DCF Model) นำมาคำนวณดัชนีชี้วัดทางการเงินได้แก่ NPV, IRR, B/C Ratio และ PB สามารถแสดงผลการวิจัยได้ดังตารางที่ 23

**ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน**

รายการ	ผลการวิจัย	หน่วย
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	269,475,305	บาท
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	17.83	%
อัตราผลตอบแทนต่อทุน (B/C Ratio)	1.33	เท่า
ระยะเวลาคืนทุน (PB)	4.49	ปี

#### 4.4 การประเมินความคุ้มค่าของโครงการ

ดัชนีชี้วัดจากผลการวิเคราะห์ทางการเงินจะถูกนำมาใช้ประเมินความคุ้มค่าของโครงการโรงไฟฟ้าขยะอุตสาหกรรมกรณีศึกษา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

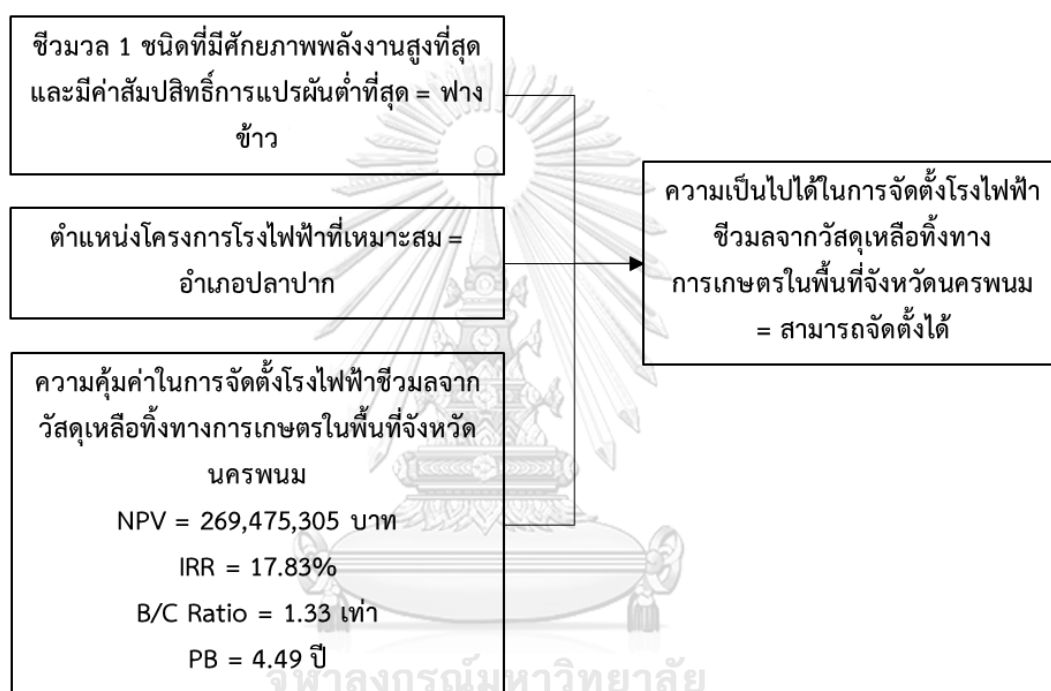
4.4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value : NPV) มากกว่า 0 แสดงให้เห็นว่า โครงการมีมูลค่าสุทธิของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนที่จ่ายไป โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับ 269 ล้านบาท

4.4.2 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR) มากกว่า ต้นทุนทางการเงินโครงการ (Weighted Average Cost of Capital :WACC) โดยกำหนดให้ ต้นทุนทางการเงินมีค่าเท่ากับ 9.2% จากเกณฑ์การประเมินแสดงให้เห็นว่า โครงการนี้มีอัตราผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับ มากกว่าอัตราผลตอบแทนที่ต้องการ โดยอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR) มีค่าเท่ากับ 17.83%

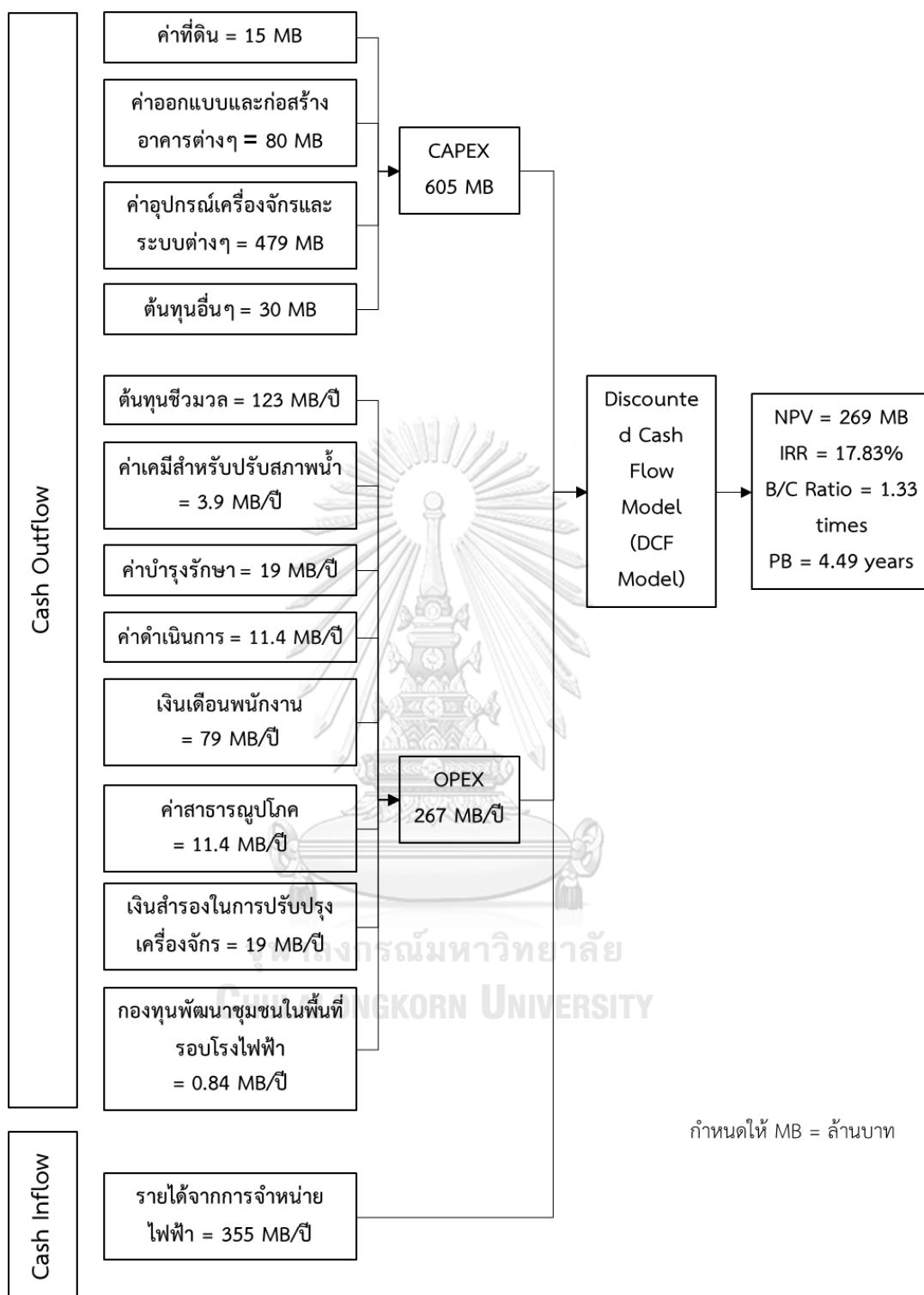
4.4.3 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio : B/C Ratio) มีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่าโครงการมีอัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลตอบแทนรวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของต้นทุนรวมตลอดอายุโครงการ โดยมีค่าเท่ากับ 1.33 เท่า

4.4.4 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB) น้อยกว่า อายุโครงการ ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดอายุโครงการ เท่ากับ 20 ปี จากเกณฑ์การประเมินแสดงให้เห็นว่าโครงการนี้มีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB) น้อย เมื่อเทียบกับอายุโครงการ โดยระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB) สำหรับโครงการนี้ มีค่าเท่ากับ 4.49 ปี หรือประมาณ 4 ปี 6 เดือน

ข้อมูลทั้งหมดจากส่วนต่าง ๆ ได้แก่ การคำนวณศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในจังหวัดนครพนม การประเมินตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าชีวมวล การประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ การวิเคราะห์ทางการเงิน และการประเมินความคุ้มค่าของโครงการ สามารถนำมาสรุปผลการวิเคราะห์ในรอบการวิเคราะห์งานวิจัยได้ ดังรูปที่ 19 และสรุปผลการวิเคราะห์ในรอบการวิเคราะห์การคิดลดกระแสเงินสดได้ ดังรูปที่ 20



รูปภาพที่ 19 รอบการวิเคราะห์ผลการวิจัย



รูปภาพที่ 20 กรอบการวิเคราะห์การคิดลดกระแสเงินสดผลการวิจัย

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขนาดกำลังการผลิต 9.9 เมกะวัตต์ ในจังหวัดนครพนม ได้นำข้อมูลต่างๆของจังหวัดนครพนมมา ประเมินศักยภาพของชีวมวลในพื้นที่ ตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังทำการประเมินความ คุ่มค่าของโครงการ ด้วยวิธีการจำลองคิดลดกระแสเงินสด (Discounted Cash Flow Model : DCF Model) โดยการใช้ดัชนีชี้วัดเชิงเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ NPV, IRR, B/C Ratio และ PB

เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์ในการตัดสินใจสรุปได้ว่า **การจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือ ใช้ทางการเกษตรขนาด 9.9 เมกะวัตต์ในจังหวัดนครพนมสามารถจัดตั้งได้** เนื่องจากผลวิจัยทุก หัวข้อมีผลไปในทิศทางเดียวกัน ดังต่อไปนี้

5.1.1 ศักยภาพชีวมวลหลักที่เลือกใช้ในโครงการ ได้แก่ ฟางข้าวจากข้าว(นาปี) มีปริมาณที่ ต้องใช้ในการป้อนเป็นเชื้อเพลิงให้กับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 9.9 เมกะวัตต์ คิดเป็นร้อยละ 32.20 ของ ปริมาณฟางข้าวที่ไม่มีการใช้ประโยชน์เฉลี่ยต่อปีของจังหวัดนครพนม

5.1.2 ตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่มีปัจจัยที่จำเป็นครบถ้วน อยู่ที่อำเภอ ปลาปาก ทำให้สามารถจัดตั้งโรงไฟฟ้าได้

5.1.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value : NPV) มีค่าเท่ากับ 269,475,305 บาท มี NPV เป็นบวก แสดงให้เห็นว่า โครงการได้รับผลประโยชน์ส่วนเพิ่มหรือได้รับ มากกว่าที่กำหนดความต้องการขั้นต่ำเอาไว้ จึงควรตัดสินใจลงทุน

5.1.4 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return : IRR) มีค่าเท่ากับ 17.83% โดย IRR มีค่ามากกว่าอัตราคิดลด แสดงว่า การลงทุนให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุน

5.1.5 อัตราผลตอบแทนต่อทุน (Benefit/Cost Ratio : B/C Ratio) มีค่าเท่ากับ 1.33 เท่า แสดงว่า โครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่าการลงทุน

5.1.6 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB) มีค่าเท่ากับ 4.49 ปี หรือประมาณ 4 ปี 6 เดือน เป็นระยะเวลาที่น้อยกว่าอายุโครงการ 20 ปี และเป็นจำนวนปีที่น้อยกว่าเกณฑ์โดยทั่วไปที่นิยม ใช้ คือ 7-10 ปี

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 งานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะเทคโนโลยีโรงไฟฟ้าแบบเผาไหม้โดยตรงเท่านั้น ใช้ค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ร้อยละ 25 หากใช้เทคโนโลยีอื่นในการผลิตไฟฟ้าอาจส่งผลต่อการคิดต้นทุน การดำเนินงาน และรายได้

5.2.2 แม้จะมีการประเมินศักยภาพด้านพลังงานของชีวมวลไว้แล้ว แต่ยังมีปัจจัยอื่นๆที่อาจทำให้ปริมาณชีวมวลในพื้นที่ลดลงได้ เช่น สภาพอากาศ โรคพืช คู่แข่ง เป็นต้น จึงควรป้องกันการขาดแคลนด้วยการสำรองปริมาณ และการทำพันธสัญญาซื้อขายชีวมวลกับเกษตรกรในพื้นที่ นอกจากนี้ อาจจะต้องกำหนดชีวมวลเสริมที่จะใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อทำการสำรองไว้ให้เกิดความคล่องตัวในการบริหารจัดการเชื้อเพลิงและต้นทุน

5.2.3 ราคาชีวมวลที่ใช้ในงานวิจัยนี้อ้างอิงมาจากราคารับซื้อของโรงไฟฟ้าชีวมวลอื่น ที่เปิดรับซื้ออยู่ ณ ปัจจุบัน ราคามีความผันผวนไปตามความต้องการและปริมาณที่มีในทางตลาด ราคาอาจเปลี่ยนแปลงไปแบบก้าวกระโดดได้ หากมีคู่แข่งให้การรับซื้อ

5.2.4 งานวิจัยนี้ใช้เกณฑ์ในการคิดอัตราจำหน่ายไฟฟ้าให้กับโรงไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) ด้วยอัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษตามประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่อง การรับซื้อไฟฟ้าพิเศษจากขยะอุตสาหกรรมในรูปแบบ Feed-in Tariff (FIT) สำหรับการประกาศรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนปี 2558-2562 ซึ่งหากใช้เกณฑ์อัตราจำหน่ายไฟฟ้ารูปแบบอื่นมาพิจารณา อาจส่งผลต่อการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน

5.2.4 เงินลงทุนหลักที่ทำการประเมินในงานวิจัยนี้ไม่รวมค่าใช้จ่ายในการชดเชย และถมที่ดิน

5.2.4 ต้นทุนชีวมวลในงานวิจัยนี้ ไม่รวมค่าจัดเก็บ และค่าขนส่ง เนื่องจากใช้ราคารับซื้อหน้าโรงไฟฟ้า

5.2.5 หลังจากคำนวณ sensitivity Analysis ในภาคผนวก ค พบว่า ต้นทุนชีวมวลมีผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value : NPV) ของโครงการมากที่สุดเมื่อพิจารณาจากต้นทุนอื่นๆได้แก่ ค่าดำเนินการ ค่าสาธารณูปโภค และอัตราคิดลด ดังนั้น จึงต้องบริหารจัดการต้นทุนชีวมวลอย่างระมัดระวัง โดยจากการคำนวณพบว่า หากต้นทุนชีวมวลปรับราคาเพิ่มขึ้นจากเดิม 34.967269% โดยที่ต้นทุนอื่นๆไม่ปรับขึ้น จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับ 0 และหากอัตราคิดลดปรับเพิ่มขึ้นจากเดิม 9.2% เป็น 17.967956% ก็จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับ 0 เช่นกัน

## บรรณานุกรม

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2556). ข้อมูลทั่วไปของชีวมวล. [Online] Available: <http://biomass.dede.go.th>.
- [2] กระทรวงพลังงาน, "แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2561-2580 ฉบับปรับปรุง ครั้งที่ 1," กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ, 2563.
- [3] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2558). นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ *Feed-in Tariff*.
- [4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2563). โรงไฟฟ้าชีวมวลที่จ่ายไฟเข้าระบบแล้ว (COD).
- [5] องค์การบริหารส่วนจังหวัดนครพนม. "ข้อมูลทั่วไป." <http://nkpao.go.th/home/> (accessed 2 กุมภาพันธ์, 2564).
- [6] ประพันธ์ คูชดารา และ ศศิธร สรรพอคำ, พลังงานจากชีวมวลและวัสดุเหลือใช้ (*Energy from Biomass and Waste*). ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557.
- [7] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. "ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย." [https://www.dede.go.th/ewt\\_news.php?nid=486](https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=486) (accessed 2564).
- [8] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554). คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 4 พลังงานชีวมวล.
- [9] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. "การวิเคราะห์ต้นทุนปรับปรุงค่าคงที่ของอัตราส่วนชีวมวลและค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้." [https://www.dede.go.th/more\\_news.php?cid=565&filename=index](https://www.dede.go.th/more_news.php?cid=565&filename=index) (accessed 2564).
- [10] Emmanuel Chibundo Chukwuma, Faith Chinenye Okey-Onyesolu, Kingsley Amaechi Ani, and Emmanuel Chukwudi Nwanna, "GIS bio-waste assessment and suitability analysis for biogas power plant : A case study of Anambra state of Nigeria," *Renewable Energy*, no. 14 September 2020, 2019.
- [11] "วารสารวิจัย มข. (บศ.) 13 (2) : เม.ย. - มิ.ย. 2556," การหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลจากไม้ยางพาราในจังหวัดระยอง, no. เม.ย. - มิ.ย. 2556, pp. 60-7-, 2556.
- [12] บริษัท แอ็ดวานซ์ คลีน เพาเวอร์ จำกัด. "โรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดโพธิ์ทอง." <https://www.facebook.com/cleanpower.phonthong/> (accessed 2 เมษายน, 2021).
- [13] ศกร แสนนิล และ ปิติ กันตังกุล, "การจัดการวัตถุดิบสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมาก กรณีศึกษา

- โรงไฟฟ้าชีวมวล จังหวัดปราจีนบุรี," วิศวกรรมสาร มก, vol. 30, no. ต.ค. - ธ.ค 2560, pp. 37-46, 2560.
- [14] มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. "Energy for Environment Foundation (EforE)."  
<http://www.efe.or.th/efe-book.php?task=26> (accessed 4 April, 2021).
- [15] Tondepelletmill. "wood hammer crusher machine."  
<https://www.tondepelletmill.com/biomass-pellet-machine/wood-hammer-crusher-machine.html> (accessed 30 March, 2021).
- [16] นายกฤษกร รัชสม, "การเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสสำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำโดยการเพิ่มความหนาแน่นของเชื้อเพลิง," 2555.
- [17] Tondepelletmill, "wood hammer crusher machine," ed.
- [18] บริษัท ปัตตานี กรีน จำกัด, "โครงการโรงงานไฟฟ้าเชื้อเพลิงชีวมวลขนาด 46 เมกะวัตต์," 2559.
- [19] กระทรวงพลังงาน. (2558). นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ *Feed-in Tariff*.
- [20] กองศึกษาและพัฒนาโรงไฟฟ้าฐาน. (2563). คู่มือการเสริมสร้างความเข้าใจและเจตคติที่ดีต่องานพลังงาน 2563.
- [21] กระทรวงพลังงาน, "นโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบ Feed-in Tariff," 2558.
- [22] กระทรวงพลังงาน, "ประกาศคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน เรื่องสูตรการคำนวณอัตราซื้อไฟฟ้า Feed-in Tariff ในส่วนผันแปร (FiTV) สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน และอัตรา FiTV ประจำปี 2564," 2564.
- [23] Khambalkar V P, Kankal U S, Karale D S, and Gangde C N, "Biomass energy cost and feasibility of gasifier based biomass," vol. 6, no. December, p. 55, 2013.
- [24] สมเกียรติ มั่นทนอาจารย์, "การประเมินมูลค่าโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล : กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าบุรีรัมย์พลังงาน," 2557.
- [25] ศิริ สิริยคำ, "ประเมินความคุ้มค่าของโรงไฟฟ้าขยะอุตสาหกรรม : กรณีศึกษา," 2563.
- [26] ธนาคารแห่งประเทศไทย. "เครื่องชี้เศรษฐกิจมหภาคของไทย."  
[https://www.bot.or.th/App/BTWS\\_STAT/statistics/ReportPage.aspx?reportID=409&language=th](https://www.bot.or.th/App/BTWS_STAT/statistics/ReportPage.aspx?reportID=409&language=th) (accessed 20 พฤษภาคม, 2564).
- [27] FORBES THAILAND. "สถิติค่าตอบแทนบริษัทไทย 2560 เปอร์เซนต์ปรับขึ้นเงินเดือนยังคงที่ พนักงานลาออกสูงขึ้น."  
<https://forbesthailand.com/news/hr/%E0%B8%AA%E0%B8%96%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%84%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%9A%E0%B9%81%E0%B8%97%E0%B8%99%E0%B8%9A%E0%B>



[8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%A9%E0%B8%B1%E0%B8%97%E0%B9%84%E0%B8%97.html](#) (accessed 2021).

- [28] พงษ์ศักดิ์ อยู่มั่น, "การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ในจังหวัดลำปาง กรณีศึกษาอำเภอแม่ทะ," 2556.
- [29] ภัทราณี นาคคงคำ, พิสิษฐ์ มณีโชติ, and ศิรินุช จินดารักษ์, "การศึกษาศักยภาพชีวมวลในพื้นที่ตำบลห้วยสูง อำเภอดรอน จังหวัดอุดรดิษฐ์," รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8, no. 4-6 พฤศจิกายน 2558, pp. 139-142, 2556.
- [30] นภนต์ สุรงค์รัตน์ และ ดร.ตุลวิทย์ สถาปนจารุ, "การหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลจากไม้ยางพาราในจังหวัดระยอง," วารสารวิจัย มข. (บศ.) 13 (2) : เม.ย. - มิ.ย. 2556, no. เม.ย. - มิ.ย. 2556, pp. 60-7-, 2556.
- [31] Khambalkar V P, Kankal U S, Karale D S, and Gangde C N, "Biomass energy cost and feasibility of gasifier based biomass power generation system," *Int J Agric & Biol Eng*, vol. 6 No.4, pp. 55-63, 2013, doi: 10.3965/j.ijabe.20130604.007.
- [32] Ltd. Advance Power Conversion Co, *Briefly Proposal (Rev.0) E2101 Biomass Power Plant 9.9 MW*. 2022.



ภาคผนวก ก

การประเมินศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร  
ที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์ในจังหวัดนครพนม เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี  
พ.ศ. 2553 - พ.ศ. 2562

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การประเมินศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์จากพืชในจังหวัดนครพนม ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณ โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ศักยภาพด้านพลังงานของชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์
2. ศักยภาพด้านความสม่ำเสมอของปริมาณผลผลิตทางการเกษตรและการโค่นยางพารา

หลังจากทำการประเมินทั้ง 2 ส่วนแล้ว จะนำผลการประเมินเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกใช้ชีวมวลชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นชีวมวลหลัก เพื่อกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลและใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่จะทำการประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

### 1. ศักยภาพด้านพลังงานของชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์

การคำนวณหาปริมาณพลังงานของชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์ ใช้ข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรและการโค่นยางพาราย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 จนถึง ปี พ.ศ. 2562 การคำนวณสามารถทำได้ดังนี้

#### 1.1 ระบุชนิดของพืช และชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่จะทำการคำนวณ

งานวิจัยครั้งนี้กำหนดพืช และชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่จะนำมาคำนวณหาศักยภาพชีวมวลไว้ทั้งหมด 8 ชนิดพืชด้วยกัน โดยพืชทั้ง 8 ชนิดนี้เป็นพืชที่มีการทำการเกษตรอยู่ในจังหวัดนครพนมซึ่งเป็นพื้นที่ที่ทำการวิจัย โดยพืชแต่ละชนิดจะทำให้เกิดชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแตกต่างกัน ดังตารางที่ 24

#### 1.2 รวบรวมข้อมูลปริมาณผลผลิตทางการเกษตรจากพืช 7 ชนิด และปริมาณพื้นที่โค่นยางพารา

ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณผลผลิตทางการเกษตรจากพืช 7 ชนิด ได้แก่ ข้าว(นาปี) ข้าว(นาปรัง) ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน ยูคาลิปตัส และปริมาณพื้นที่โค่นยางพารา ย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – 2562 โดยแยกตามรายอำเภอ ดังตารางที่ 25 ถึง 32 และปริมาณผลผลิตทางการเกษตรและปริมาณการโค่นยางพาราในจังหวัดนครพนม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2562 และปริมาณเฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี แสดงดังตารางที่ 33

ตารางที่ 24 แสดงชนิดพืชและชนิดชีวมวลในจังหวัดนครพนมที่จะทำการศึกษา

ลำดับที่	ชนิดพืช	ชนิดชีวมวลที่เกิดขึ้น
1	ข้าว (นาปี)	แกลบ
		ฟางข้าว
2	ข้าว (นาปรัง)	ฟางข้าว
3	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด
		ซังข้าวโพด
		เปลือกข้าวโพด
4	ข้าวโพดหวาน	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด
5	มันสำปะหลัง	เหง้ามันสำปะหลัง
		ลำต้น ยอดและใบมันสำปะหลัง
		กากมันสำปะหลัง
6	ปาล์มน้ำมัน	ลำต้นปาล์มน้ำมัน
		ทาง/ใบปาล์มน้ำมัน
		ทะลายปาล์มน้ำมัน
		ใบปาล์มน้ำมัน
		กะลาปาล์มน้ำมัน
7	ยูคาลิปตัส	ปลายไม้ยูคาลิปตัส
		ปีกไม้/เศษไม้ยูคาลิปตัส
8	ยางพารา	ลำต้นยางพาราส่วนที่ตัดทิ้ง
		กิ่งยางพารา
		ใบและยอดยางพารา
		รากไม้ยางพารา
		ปีกไม้/เศษไม้ยางพารา
		ขี้เลื่อยยางพารา

ที่มา : กระทรวงพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

สำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนมและการยางประจำจังหวัดนครพนม

ตารางที่ 25 ปริมาณผลผลิตข้าว(นาปี) ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ตัน)

	อำเภอ	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562
1	เมืองนครพนม	57,167.96	77,893.39	59,059.97	71,846.20	57,034.76	70,477.60	72,163.49	68,583.57	66,918.00	72,537.85
2	ท่าอุเทน	44,171.27	38,638.82	31,453.82	29,259.29	24,792.96	26,641.48	30,127.74	29,686.21	21,887.00	28,730.45
3	ธาตุพนม	18,657.83	4,293.16	24,223.87	34,861.81	31,428.54	28,776.01	30,119.99	28,278.73	27,810.00	30,168.25
4	นาแก	55,591.51	71,713.68	61,920.38	55,252.73	43,804.30	48,686.08	51,250.04	41,319.75	45,829.00	51,265.55
5	บ้านแพง	24,773.22	29,079.06	23,617.92	20,403.94	19,711.38	19,724.70	20,010.87	19,782.05	16,685.00	18,805.85
6	ปลาปาก	80,432.67	81,179.75	78,068.74	72,346.02	71,948.72	67,858.74	66,415.57	65,457.44	62,838.00	68,397.70
7	ศรีสงคราม	88,968.62	88,569.51	73,963.78	67,210.37	57,584.58	58,201.37	62,025.58	46,311.79	34,893.00	64,447.60
8	เรณูนคร	42,328.60	38,842.48	35,063.04	34,772.57	28,360.50	31,870.32	30,556.89	30,114.67	29,895.00	31,248.70
9	นาหว้า	59,662.38	56,434.34	50,792.45	43,617.96	38,068.56	41,931.36	39,745.73	28,469.28	26,387.00	41,079.15
10	โพนสวรรค์	70,891.05	66,428.82	59,257.73	56,291.04	32,615.87	55,000.50	55,639.67	53,743.61	49,400.00	56,851.90
11	นาทม	15,007.24	19,908.36	11,536.13	25,413.20	20,629.72	21,949.14	21,993.14	14,216.88	12,714.00	22,099.70
12	วังยาง	15,763.66	18,684.41	22,338.43	21,025.93	19,273.30	17,961.65	18,235.24	17,532.45	17,816.00	21,348.60
	รวม	573,415.97	591,665.77	531,296.26	532,301.06	445,253.19	489,078.95	498,283.95	443,496.43	413,072.00	506,981.30

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม

ตารางที่ 26 ปริมาณผลผลิตข้าว(นาปรัง) ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ตัน)

	อำเภอ	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562
1	เมืองนครพนม	2,872.87	1,268.68	516.15	1,052.93	4,229.85	2,855.23	2,634.77	1,566.55	2,345.00	3,554.75
2	ท่าอุเทน	392.93	437.46	418.05	187.37	82.83	178.85	38.48	285.18	124.00	1,125.60
3	ธาตุพนม	1,933.93	1,850.12	1,071.02	1,975.61	1,026.59	1,190.70	1,015.74	3,785.43	4,076.00	3,239.58
4	นาแก	156.31	386.40	341.85	541.55	822.28	599.27	378.59	739.63	720.00	375.20
5	บ้านแพง	35.04	630.66	327.12	361.94	122.49	228.83	240.60	283.24	286.00	493.12
6	ปลาปาก	46.89	546.02	616.34	667.22	177.21	45.57	239.06	-	322.00	592.82
7	ศรีสงคราม	27,189.86	16,168.08	14,085.82	15,281.62	12,790.46	13,747.44	17,864.20	14,281.80	15,450.00	16,394.10
8	เรณูนคร	676.98	666.08	608.35	1,590.36	740.95	735.00	706.40	766.79	737.00	2,734.14
9	นาหว้า	7,874.79	6,476.34	3,710.69	3,922.89	2,955.27	2,829.75	5,845.12	2,095.20	3,152.00	3,083.07
10	โพนสวรรค์	199.43	209.76	77.46	124.30	44.18	-	15.39	31.53	31.00	636.23
11	นาทม	7,874.25	8,142.00	8,985.82	4,342.87	4,784.56	4,674.60	4,899.15	4,563.85	4,558.00	5,287.64
12	วังยาง	-	97.98	191.56	418.16	40.16	175.42	123.63	-	134.00	405.75
	รวม	49,253.28	36,879.58	30,950.24	30,466.82	27,816.82	27,260.66	34,001.13	28,399.18	31,935.00	37,922.00

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม

ตารางที่ 27 ปริมาณผลผลิตข้าวโพดหวาน ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ตัน)

ที่	อำเภอ	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562
1	เมืองนครพนม	735.44	843.23	2,538.55	484.12	1,141.05	1,921.02	1,899.61	1,080.52	527.44	259.34
2	ท่าอุเทน	888.56	1,088.88	1,952.53	285.29	-	519.68	719.00	67.69	93.29	158.30
3	ธาตุพนม	-	890.47	1,913.63	864.50	1,042.66	35.84	506.22	147.91	464.65	678.65
4	นาแก	-	2,482.46	1,654.33	783.24	1,198.19	277.76	120.12	1,737.35	1,847.82	988.51
5	บ้านแพง	2,294.48	12,752.44	15,552.81	19.02	-	224.00	978.12	2,940.71	2,913.46	1,108.07
6	ปลาปาก	375.84	1,190.45	611.95	281.83	230.12	206.08	149.29	401.12	-	1.68
7	ศรีสงคราม	127.60	42.52	7.78	-	-	-	-	150.42	107.64	124.62
8	เรณูนคร	299.28	748.75	637.88	714.08	336.44	612.86	286.57	295.83	479.00	454.68
9	นาหว้า	92.80	99.20	12.97	-	-	89.60	-	10.03	-	154.93
10	โพนสวรรค์	-	2,010.06	2,253.32	1,464.46	458.64	410.37	706.99	1,022.86	487.97	377.22
11	นาทม	-	-	-	51.87	23.81	26.88	17.16	-	-	-
12	วังยาง	-	-	25.93	41.50	79.35	-	-	-	199.13	32.00
รวม		4,814.00	22,148.47	27,161.68	4,989.89	4,510.25	4,324.10	5,383.09	7,854.43	7,120.39	4,337.98

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม

ตารางที่ 28 ปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ตัน)

ที่	อำเภอ	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562
1	เมืองนครพนม	-	-	-	-	-	-	144.00	-	654.42	-
2	ท่าอุเทน	-	-	-	-	-	-	-	-	104.20	-
3	ธาตุพนม	8.50	85.60	-	-	-	-	-	-	296.14	-
4	นาแก	-	27.20	-	-	-	-	-	-	-	34.20
5	บ้านแพง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	ปลาปาก	-	32.25	-	-	7.00	-	-	-	144.41	57.00
7	ศรีสงคราม	-	-	-	-	-	-	-	-	208.39	-
8	เรณูนคร	181.44	-	25.20	-	-	-	-	-	191.94	84.36
9	นาหว้า	40.50	-	-	-	-	-	-	-	51.18	6.84
10	โพนสวรรค์	-	-	-	-	-	-	-	-	131.62	107.16
11	นาทม	-	-	-	-	-	-	-	-	118.82	-
12	วังยาง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รวม		230.44	145.05	25.20	-	7.00	-	144.00	-	1,901.12	289.56

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม



ตารางที่ 29 ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ตัน)

ที่	อำเภอ	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562
1	เมืองนครพนม	69,048.79	120,190.45	2,468.24	20,348.90	19,168.41	-	18,388.33	50,367.23	16,155.00	30,423.73
2	ท่าอุเทน	12,026.03	19,264.54	7,088.96	3,892.46	3,189.51	1,628.76	-	-	3,579.00	1,436.57
3	ธาตุพนม	3,206.69	19,072.98	12,228.24	3,463.46	4,585.79	664.80	520.40	579.20	2,616.00	420.42
4	นาแก	1,772.02	2,938.16	1,520.93	220.22	-	142.93	15.61	5.79	892.00	218.26
5	บ้านแพง	8,002.08	15,728.14	7,943.57	3,941.08	5,323.98	5,521.16	4,017.49	2,166.21	2,430.00	1,148.54
6	ปลาปาก	38,447.15	118,837.78	69,435.30	39,110.50	36,661.98	31,145.88	13,660.50	1,178.67	6,601.00	7,429.72
7	ศรีสงคราม	10,731.39	18,483.58	12,045.73	8,065.20	18,109.88	20,096.90	3,858.77	165.07	3,087.00	1,221.89
8	เรณูนคร	3,127.76	8,667.13	2,868.03	57.20	-	-	-	-	-	-
9	นาหว้า	1,787.29	2,507.90	860.41	906.62	278.56	199.44	-	-	99.00	71.56
10	โพนสวรรค์	38,103.44	100,922.96	84,340.36	67,847.78	63,118.21	20,143.44	-	6,692.66	15,305.00	13,206.40
11	นาทม	32,649.90	17,614.22	10,119.22	2,802.80	5,553.79	8,905.00	3,161.43	5,372.08	3,291.00	2,969.74
12	วังยาง	541.03	11,823.36	11,622.76	-	34,952.32	25,096.20	6,968.16	5,140.40	5,535.00	3,814.15
รวม		219,443.56	456,051.20	222,541.75	150,656.22	190,942.43	113,544.52	50,590.69	71,667.31	59,590.00	62,360.96

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม

ตารางที่ 30 ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมัน ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ตัน)

ที่	อำเภอ	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562
1	เมืองนครพนม	-	-	-	-	80.00	46.40	78.00	185.00	212.00	336.00
2	ท่าอุเทน	-	-	393.82	393.82	393.82	406.00	221.00	394.00	938.00	1,300.00
3	ธาตุพนม	-	7.00	-	125.75	204.90	130.50	148.00	247.00	347.00	368.00
4	นาแก	-	6.86	25.06	0.11	263.62	1.99	47.00	109.00	88.00	89.00
5	บ้านแพง	10.13	20.50	22.50	22.25	62.22	358.73	1,120.78	1,121.00	1,336.00	1,520.00
6	ปลาปาก	-	-	-	-	-	810.00	29.00	76.00	162.00	194.00
7	ศรีสงคราม	-	-	2.40	86.57	-	444.00	444.00	747.00	1,112.00	1,162.00
8	เรณูนคร	-	-	-	-	119.01	1,154.20	76.00	174.00	196.00	201.00
9	นาหว้า	-	-	-	65.00	36.70	430.85	420.00	431.00	588.00	625.00
10	โพนสวรรค์	-	-	8.90	9.90	4.80	-	46.00	82.00	393.00	618.00
11	นาทม	-	-	-	132.00	18.00	901.15	1,446.58	1,448.00	908.00	1,019.00
12	วังยาง	-	-	-	-	-	-	-	29.00	21.00	22.00
รวม		10.13	34.36	452.68	835.40	1,183.07	4,683.82	4,076.36	5,043.00	6,301.00	7,454.00

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม

ตารางที่ 31 ปริมาณผลผลิตยุติคดีปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ต้น)

ที่	อำเภอ	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562
1	เมืองนครพนม	-	100.00	-	-	-	-	-	-	-	-
2	ท่าอุเทน	-	48.01	-	-	-	-	-	-	-	-
3	ธาตุพนม	-	-	-	7,280.00	6,800.00	-	-	-	-	-
4	นาแก	36,681.82	29,880.50	-	-	-	-	-	-	-	-
5	บ้านแพง	5,172.50	1,216.00	-	61,840.00	7,450.00	8,850.00	205,405.00	3,174.00	30,711.85	40,951.35
6	ปลาปาก	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	ศรีสงคราม	1,458.70	4,305.75	2,460.97	13,103.50	39,771.65	8,509.85	6,062.71	270.00	6,607.00	5,250.00
8	เรณูนคร	8,782.61	-	650.00	7,590.20	5,250.00	5,191.50	65.00	663.00	50.00	200.00
9	นาหว้า	-	25,166.00	51,087.16	38,313.50	-	-	-	-	-	-
10	โพนสวรรค์	1,083.76	-	-	2,100.00	58,200.00	-	-	19,351.00	-	2,859.20
11	นาทม	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	วังยาง	-	50.00	26,451.25	378.00	-	3,270.00	-	-	-	-
รวม		53,179.39	60,766.26	80,649.38	130,605.20	117,471.65	25,821.35	211,532.71	23,458.00	37,368.85	49,260.55

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม

ตารางที่ 32 ปริมาณพื้นที่เคียนยางพารา ประจำปี พ.ศ. 2553 – 2562 (ไร่)

ที่	อำเภอ	ปี 2553	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ปี 2562
1	เมืองนครพนม	-	-	-	8.95	9.90	-	-	-	-	88.67
2	ท่าอุเทน	-	-	3.20	-	5.80	13.80	113.65	78.05	200.35	202.38
3	ธาตุพนม	-	16.65	-	-	-	-	-	-	-	59.90
4	นาแก	-	-	10.40	-	5.80	-	80.60	41.00	174.65	315.28
5	บ้านแพง	-	-	-	8.35	4.90	-	-	22.20	11.50	100.05
6	ปลาปาก	-	-	-	-	-	-	-	-	-	258.66
7	ศรีสงคราม	-	-	20.10	6.85	39.80	191.60	112.90	392.80	414.15	602.98
8	เรณูนคร	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64.49
9	นาหว้า	-	-	-	-	-	-	-	5.05	-	282.96
10	โพนสวรรค์	-	-	-	-	-	-	-	4.05	-	203.50
11	นาทม	-	-	-	-	42.30	75.90	41.55	47.55	150.10	206.88
12	วังยาง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รวม		-	16.65	33.70	24.15	108.50	281.30	348.70	590.70	950.75	2,385.75

ที่มา : สำนักงานการยางจังหวัดนครพนม

ตารางที่ 33 แสดงปริมาณผลผลิตทางการเกษตรและปริมาณการไถ่อย่างพาราในจังหวัดนครพนมตั้งแต่ปี พ.ศ.2553-2562 และปริมาณเฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี

ชนิดพืช	ปริมาณผลผลิต (ตัน) และ *ปริมาณพื้นที่ไถ่อย่างพารา (ไร่)										
	พ.ศ. 2553	พ.ศ. 2554	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2557	พ.ศ. 2558	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2560	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2562	ปริมาณเฉลี่ย 10 ปี
ข้าว (นาปี)	573,415.97	591,665.77	531,296.26	532,301.06	445,253.19	489,078.95	498,283.95	443,496.43	413,072.00	506,981.30	502,484.49
ข้าว (นาปรัง)	49,253.28	36,879.58	30,950.24	30,466.82	27,816.82	27,260.66	34,001.13	28,399.18	31,935.00	37,922.00	33,488.47
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	230.44	145.05	25.20	-	7.00	-	144.00	-	1,901.12	289.56	274.24
ข้าวโพดหวาน	4,814.00	22,148.47	27,161.68	4,989.89	4,510.25	4,324.10	5,383.09	7,854.43	7,120.39	4,337.98	9,264.43
มันสำปะหลัง	219,443.56	456,051.20	222,541.75	150,656.22	190,942.43	113,544.52	50,590.69	71,667.31	59,590.00	62,360.96	159,738.86
ปาล์มน้ำมัน	10.13	34.36	452.68	835.40	1,183.07	4,683.82	4,076.36	5,043.00	6,301.00	7,454.00	3,007.38
ยูคาลิปตัส	53,179.39	60,766.26	80,649.38	130,605.20	117,471.65	25,821.35	211,532.71	23,458.00	37,368.85	49,260.55	79,011.33
*ยางพารา	-	16.65	33.70	24.15	108.50	281.30	348.70	591.00	950.75	2,385.95	474.07
รวม	900,346.77	1,167,707.35	893,110.87	849,878.74	787,292.92	664,994.69	804,360.62	580,509.35	558,239.11	670,992.31	787,743.27

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนมและการยางปาระจำจังหวัดนครพนม

### 1.3 กำหนดค่าคงที่ของอัตราส่วนชีวมวล ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ และค่าความร้อน

ชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เกิดจากส่วนต่างของพืชที่ทำการเกษตร โดยพืชแต่ละชนิดมีอัตราการเกิดชีวมวลแตกต่างกัน นอกจากนี้ชีวมวลที่เกิดขึ้น มีบางส่วนที่ถูกนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ แล้ว จึงมีบางส่วนเท่านั้นที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์ จากการสืบค้นพบว่า มีการทำการวิเคราะห์ ทบทวนปรับปรุงค่าคงที่ของอัตราการเกิดชีวมวลและค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ไว้ ทางผู้วิจัยจึงได้นำค่าดังกล่าวตามตารางที่ 34 มาใช้ในการคำนวณศักยภาพด้านพลังงานของชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์

ตารางที่ 34 แสดงอัตราการเกิดชีวมวล ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้และค่าความร้อนของชีวมวลแต่ละชนิด

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	อัตราการเกิดชีวมวล (ตัน/ตันผลผลิต)	ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้ (ตัน/ตันผลผลิต)	ค่าความร้อน (MJ/kg)
ข้าว (นาปี)	แกลบ	0.230	0.481	14.27
	ฟางข้าว	1.169	0.583	10.24
ข้าว (นาปรัง)	ฟางข้าว	1.522	0.829	10.24
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	1.245	1.000	18.04
	ซังข้าวโพด	0.216	0.100	18.04
	เปลือกข้าวโพด	0.208	0.100	6.57
ข้าวโพดหวาน	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	1.245	1.000	18.04
มันสำปะหลัง	เหง้ามันสำปะหลัง	0.097	0.944	18.42
	ลำต้น ยอดและใบมันสำปะหลัง	0.250	0.244	18.42
	กากมันสำปะหลัง	0.333	1.000	18.42
ปาล์มน้ำมัน	ลำต้นปาล์มน้ำมัน	11.253	1.000	9.83
	ทางใบปาล์มน้ำมัน	0.134	1.000	15.59
	ทะลายปาล์มน้ำมัน	0.199	0.040	17.86
	ใบปาล์มน้ำมัน	0.131	-	17.62
	กะลาปาล์มน้ำมัน	0.056	-	18.46
ยูคาลิปตัส	ปลายไม้ยูคาลิปตัส	0.150	0.300	9.62
	ปึกไม้/เศษไม้ยูคาลิปตัส	0.300	-	9.62
ยางพารา	ลำต้นยางพาราส่วนที่ตัดทิ้ง	3.14 (ตัน/ไร่)	-	14.98
	กิ่งยางพารา	0.035 (ตัน/ไร่)	1 (ตัน/ไร่)	14.98
	ใบและยอดยางพารา	1.48 (ตัน/ไร่)	1 (ตัน/ไร่)	14.98
	รากไม้ยางพารา	10.13 (ตัน/ไร่)	1 (ตัน/ไร่)	14.98
	ปึกไม้/เศษไม้ยางพารา	7.82 (ตัน/ไร่)	-	14.98
	ซีเลื่อยยางพารา	1.65 (ตัน/ไร่)	-	14.98

ที่มา : กระทรวงพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

1.4 หาศักยภาพทางด้านพลังงานของชีวมวลแต่ละชนิด เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2553 จนถึง ปี พ.ศ. 2562

โดยกำหนดให้ใช้วิธีการคำนวณศักยภาพทางด้านพลังงาน ตามสมการ 4 สมการด้านล่าง

$$\frac{\text{ปริมาณชีวมวลที่เกิด (ตัน/ปี)}}{\text{ปริมาณผลผลิต (ตัน/ปี)} \times \text{สัดส่วนชีวมวลต่อปริมาณผลผลิต (ตันชีวมวล/ตันผลผลิต)}}$$

$$\frac{\text{ปริมาณชีวมวลที่เกิด (ตัน/ปี)}}{\text{ปริมาณพื้นที่โค่น (ไร่/ปี)} \times \text{สัดส่วนชีวมวลต่อพื้นที่โค่น (ตันชีวมวล/ไร่)}}$$

$$\text{ปริมาณคงเหลือของชีวมวลแต่ละชนิด} = \text{ปริมาณที่เกิด} \times \text{ค่าสัมประสิทธิ์ชีวมวลเหลือใช้}$$

$$\frac{\text{ศักยภาพพลังงานชีวมวลที่ยังไม่ใช้ประโยชน์}}{\text{ปริมาณคงเหลือของชีวมวลแต่ละชนิด} \times \text{ค่าความร้อนของชีวมวลนั้นๆ}}$$

เมื่อนำข้อมูลจากหัวข้อที่ 1.1-1.3 มาเข้าสมการจะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 35 จากการประเมินศักยภาพด้านพลังงานของชีวมวลในพื้นที่จังหวัดนครพนมย้อนหลัง 10 ปี เฉลี่ยแล้วพบว่า ชีวมวลที่มีศักยภาพพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ ฟางข้าว ที่เกิดจาก ข้าว (นาปี) โดยมีค่าศักยภาพพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์เฉลี่ย 3,506,757,073.39 MJ ต่อปี

ตารางที่ 35 ศักยภาพด้านพลังงานชีวมวลในจังหวัดนครพนม เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – 2562

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	ปริมาณเฉลี่ย 10 ปี พ.ศ. 2553-2562		
		ชีวมวล (ตัน/ปี)	ชีวมวลที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ (ตัน/ปี)	ศักยภาพพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ (MJ/ปี)
ข้าว (นาปี)	แกลบ	115,571.43	55,589.86	793,267,286.14
	ฟางข้าว	587,404.37	342,456.75	3,506,757,073.39
ข้าว (นาปรัง)	ฟางข้าว	50,969.45	42,253.68	432,677,636.23
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	341.43	341.43	6,159,308.17
	ซังข้าวโพด	59.24	5.92	106,860.29
	เปลือกข้าวโพด	57.04	5.70	37,476.13
ข้าวโพดหวาน	ลำต้น (ต้น ยอด ใบ) ข้าวโพด	11,534.21	11,534.21	208,077,213.47
มันสำปะหลัง	เหง้ามันสำปะหลัง	15,494.67	14,626.97	269,428,754.71
	ลำต้น ยอดและใบมันสำปะหลัง	39,934.72	9,744.07	179,485,781.47
	กากมันสำปะหลัง	53,193.04	53,193.04	979,815,823.43
ปาล์มน้ำมัน	ลำต้นปาล์มน้ำมัน	33,842.06	33,842.06	332,667,478.25
	ทาง/ใบปาล์มน้ำมัน	402.99	402.99	6,282,600.19
	ทะลายปาล์มน้ำมัน	598.47	23.94	427,546.18
	ใบปาล์มน้ำมัน	393.97	-	-
	กะลาปาล์มน้ำมัน	168.41	-	-
ยูคาลิปตัส	ปลายไม้ยูคาลิปตัส	11,851.70	3,555.51	34,204,006.27
	ปึกไม้/เศษไม้ยูคาลิปตัส	23,703.40	-	-
ยางพารา	ลำต้นยางพาราส่วนที่ตัดทิ้ง	989.35	-	-
	กิ่งยางพารา	11.03	11.03	165,196.44
	ใบและยอดยางพารา	466.32	466.32	6,985,449.63
	รากไม้ยางพารา	3,191.76	3,191.76	47,812,570.79
	ปึกไม้/เศษไม้ยางพารา	2,463.93	-	-
	ขี้เลื่อยยางพารา	519.88	-	-
รวม		953,162.86	571,245.23	6,804,358,061.19



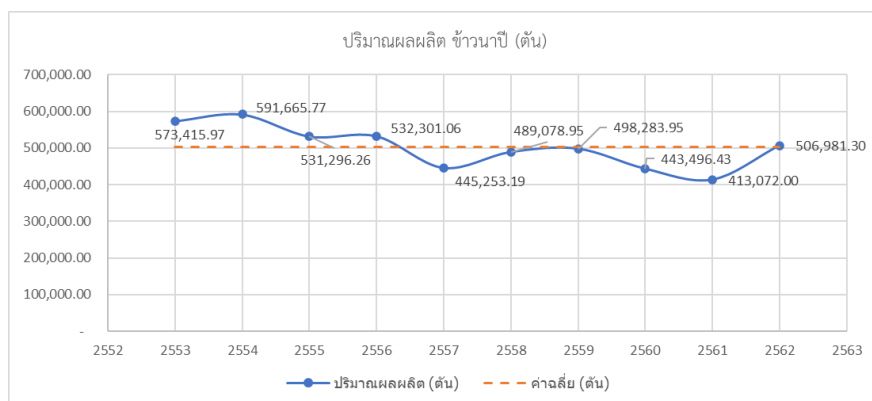
## 2. ศักยภาพด้านความสม่ำเสมอของปริมาณผลผลิตทางการเกษตรและการโค่นยางพารา

ในทางสถิติการวัดการกระจายของข้อมูล เป็นค่าที่บอกให้ทราบว่าข้อมูลชุดนั้นเข้าใกล้ค่ากลางหรือแตกต่างจากค่ากลางมากน้อยเพียงใด เพื่อวัดว่าผลผลิตทางการเกษตรแต่ละชนิด และปริมาณการโค่นยางพารา ซึ่งทำให้เกิดชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร มีปริมาณการเกิดแปรผันไปอย่างไรบ้าง โดยการวัดการกระจายของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มี 2 แบบ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation)

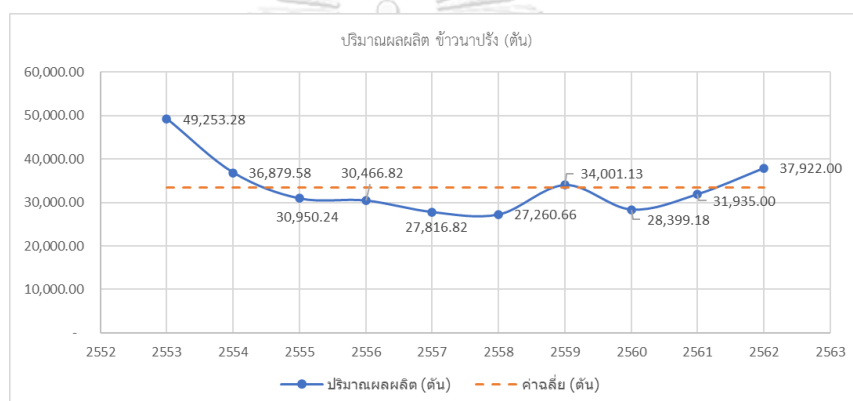
จากการคำนวณที่แสดงดังตารางที่ 36 พบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณต่ำที่สุด คือ 710.01 ตันต่อปี แสดงให้เห็นว่าปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของตัวเองมากที่สุด แต่ตัวเลขนี้ยังไม่สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกชีวมวลได้ในทันที เนื่องจากตัวเลขของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังกล่าว เป็นการนำตัวเลขมาเทียบกับแต่ละชุดข้อมูลของพืชนั่นเอง จึงต้องนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังกล่าวมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันที่แสดงค่าเป็นอัตราส่วนร้อยละ เพื่อนำมาเปรียบเทียบอัตราการแปรผันระหว่างพืชแต่ละชนิด พบว่า แม้ผลผลิตของข้าว (นาปี) จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงถึง 54,471 ตัน ซึ่งสูงเป็นอันดับที่ 3 จากพืชทั้งหมดที่ทำการวิจัย แต่มีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันต่ำที่สุด คือร้อยละ 10.84 เท่านั้น แสดงให้เห็นว่า ผลผลิตของข้าว (นาปี) มีปริมาณการเกิดที่มีความสม่ำเสมอมากที่สุด เพื่อแสดงให้เห็นชัดเจนมากขึ้น จึงแสดงข้อมูลเป็นกราฟไว้ในลำดับถัดไป แสดงดังรูปที่ 21 ถึง 28

ตารางที่ 36 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของปริมาณผลผลิตทางการเกษตรและปริมาณการค้นหายางพารา

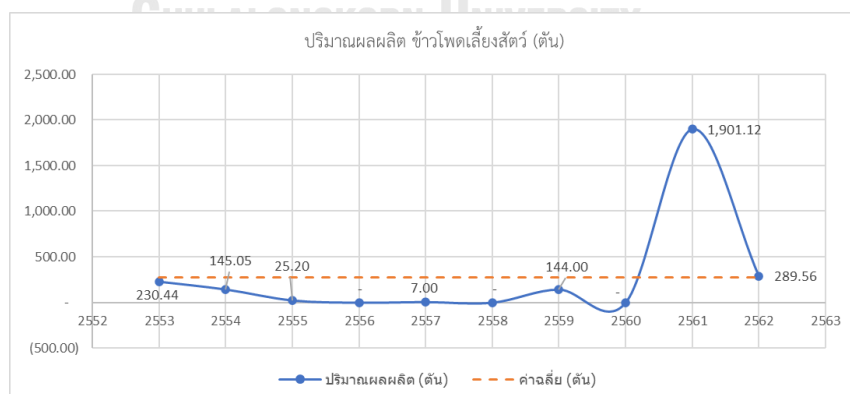
ปีที่	ปี พ.ศ.	ข้อมูลที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์ (ตัน)							
		ข้าว (นาปี)	ข้าว (นาปรัง)	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ข้าวโพดหวาน	มันสำปะหลัง	ปาล์มน้ำมัน	ยูคาลิปตัส	ยางพารา
1	2553	454,235.47	62,144.74	296.67	5,993.43	106,554.77	115.43	2,393.07	-
2	2554	468,692.18	46,532.37	186.74	27,574.85	221,443.87	692,429.10	2,734.48	193.89
3	2555	420,870.05	39,051.09	32.44	33,816.29	108,059.15	5,158.22	3,629.22	392.44
4	2556	421,666.01	38,441.14	-	6,212.42	73,153.84	9,519.35	5,877.23	281.23
5	2557	352,710.43	35,097.54	9.01	5,615.27	92,715.54	13,481.04	5,286.22	1,263.48
6	2558	387,427.31	34,395.81	-	5,383.50	55,133.58	53,371.92	1,161.96	3,275.74
7	2559	394,719.12	42,900.51	185.39	6,701.95	24,565.22	46,449.96	9,518.97	4,060.61
8	2560	351,318.80	35,832.32	-	9,778.77	34,799.35	57,464.78	1,055.61	6,882.20
9	2561	327,217.88	40,293.60	2,447.50	8,864.88	28,935.00	71,799.64	1,681.60	11,071.48
10	2562	401,608.79	47,847.63	372.78	5,400.79	30,280.49	84,938.03	2,216.72	27,784.39
Total		3,980,466.04	422,536.75	3,530.53	115,342.14	775,640.80	1,034,727.48	35,555.10	55,205.45
Mean		398,046.60	42,253.68	353.05	11,534.21	77,564.08	103,472.75	3,555.51	5,520.55
Median		398,163.95	39,672.35	108.91	6,457.18	64,143.71	49,910.94	2,563.78	2,269.61
Standard Diviation		43,149.59	7,927.77	710.01	9,781.90	56,975.59	198,335.31	2,515.19	8,162.33
Coefficient of variation (%)		10.84	18.76	201.11	84.81	73.46	191.68	70.74	147.85



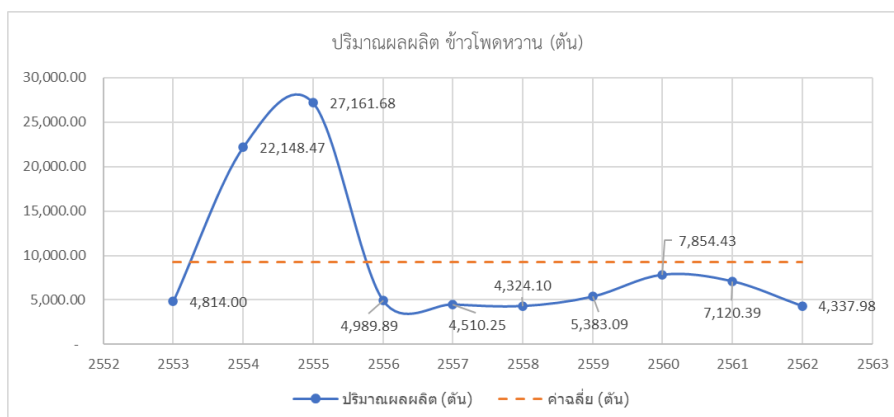
รูปภาพที่ 21 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณผลผลิตข้าว(นาปี) ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - 2562



รูปภาพที่ 22 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณผลผลิตข้าว(นาปรัง) ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - 2562



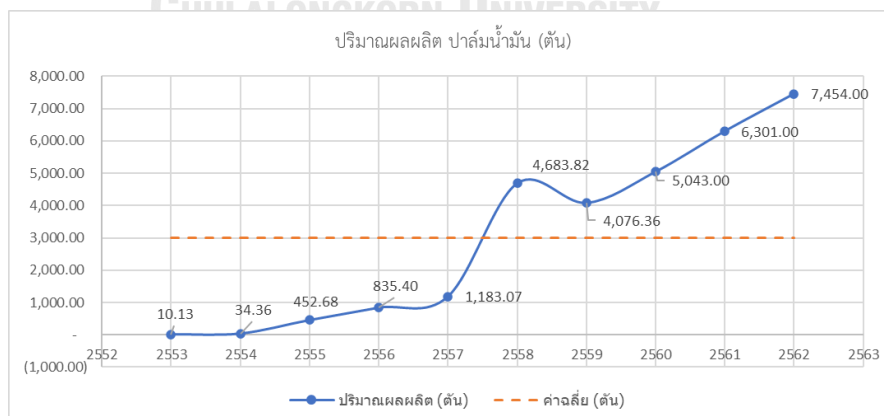
รูปภาพที่ 23 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - 2562



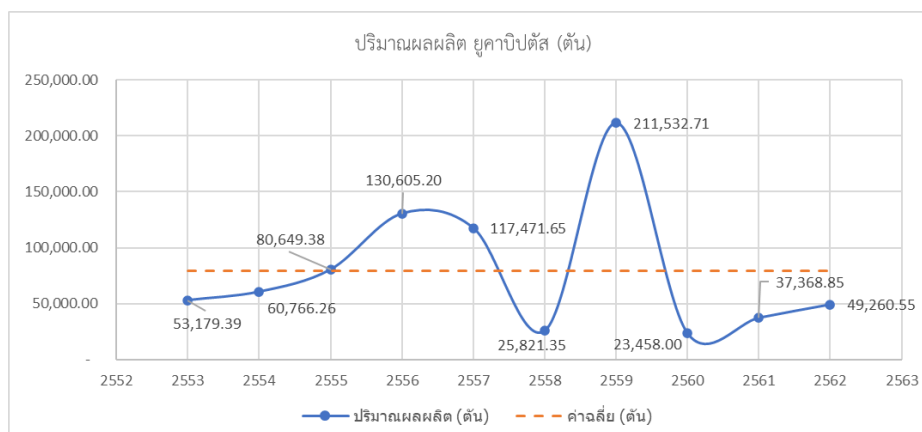
รูปภาพที่ 24 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณผลผลิตข้าวโพดหวาน ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - 2562



รูปภาพที่ 25 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - 2562

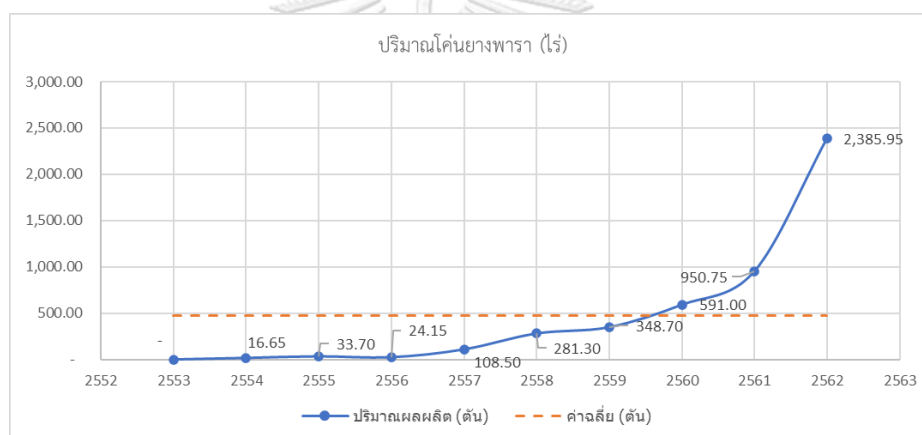


รูปภาพที่ 26 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมัน ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - 2562



รูปภาพที่ 27 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณผลผลิตยุคาลิปัส ตั้งแต่ พ.ศ. 2553

- 2562



รูปภาพที่ 28 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณพื้นที่ไค่นยางพารา ตั้งแต่ พ.ศ. 2553

- 2562

จากข้อมูลทั้งหมดข้างต้น สามารถสรุปการประเมินศักยภาพชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ในจังหวัดนครพนม เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2553 - พ.ศ. 2562 ได้ดังนี้

1. ฟางข้าวที่เกิดจาก ผลผลิตข้าว (นาปี) มีศักยภาพด้านพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปีมากที่สุด คือ 3,506,757,073.39 MJ ต่อปี
2. ผลผลิตของข้าว (นาปี) มีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 10.84 สามารถอธิบายได้ว่า ผลผลิตของข้าว (นาปี) มีปริมาณการเกิดขึ้นสม่ำเสมอมากที่สุดเมื่อเทียบกับผลผลิตและการไค่นของพืชอื่นๆ

จากผลทั้ง 2 ข้อที่กล่าวมา ทำให้ผู้วิจัยเลือกชีวมวลฟางข้าวที่เกิดจากผลผลิตข้าว (นาปี) เป็นเชื้อเพลิงหลัก เพื่อกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมและใช้ในการประเมินความคุ้มค่าเชิง เศรษฐศาสตร์ของโครงการ



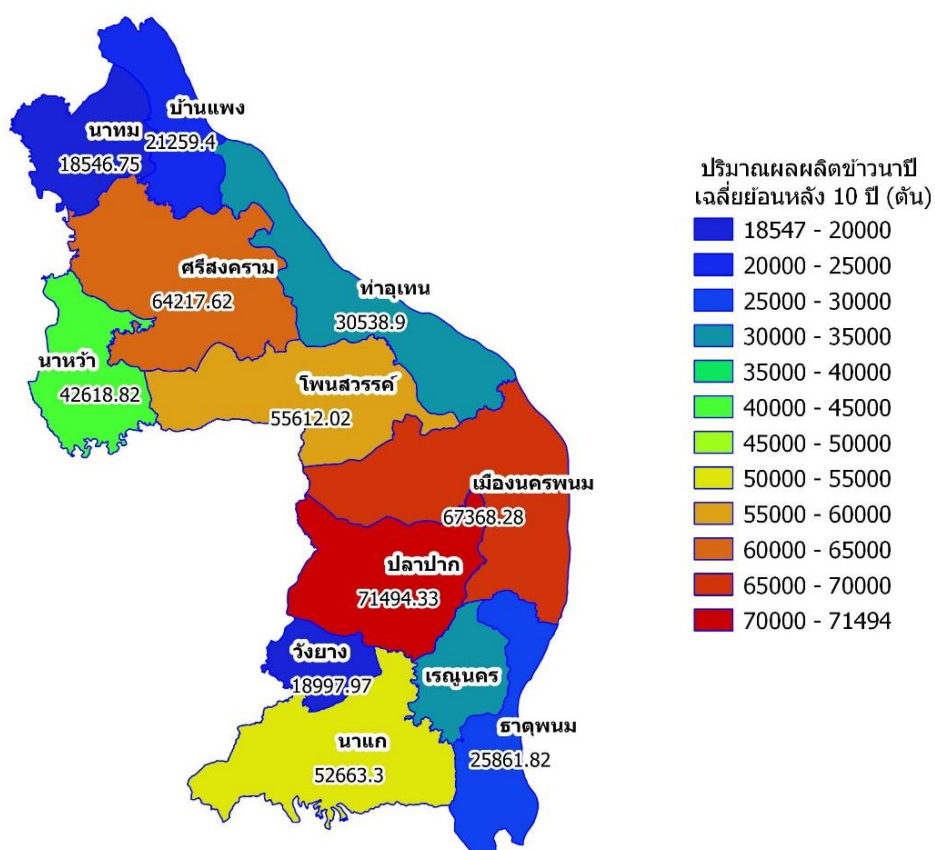
ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือ  
ใช้ทางการเกษตรในจังหวัดนครพนม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในจังหวัดนครพนม ผู้วิจัยใช้วิธีสร้างแผนที่ของปัจจัยต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ แล้วนำมาซ้อนทับด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ QGIS ( Quantum Geographic Information System ) เป็นเครื่องมือวิเคราะห์และสร้างแบบจำลอง เพื่อแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลดังกล่าว โดยใช้ปัจจัย 5 ปัจจัย เรียงตามลำดับความสำคัญ ดังนี้

1. **แหล่งชีวมวล** จากการประเมินศักยภาพของชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในภาคผนวก ก ได้ข้อสรุปว่าในงานวิจัยนี้ใช้ฟางข้าวจากข้าว(นาปี) เป็นชีวมวลหลักในการวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในจังหวัดนครพนม ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลปริมาณผลผลิตข้าว(นาปี) เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี แยกตามอำเภอ ทั้งหมด 12 อำเภอ จัดทำแผนที่ปริมาณผลผลิตข้าว(นาปี)ได้ดังรูปที่ 29 แสดงให้เห็นว่าอำเภอที่มีปริมาณผลผลิตข้าว(นาปี)เฉลี่ยมากที่สุดคือ อำเภอปลาปาก มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 71,494.33 ตันต่อปี



รูปภาพที่ 29 แผนที่ปริมาณผลผลิตข้าว(นาปี) เฉลี่ย 10 ปี ย้อนหลัง แยกตามอำเภอ

ที่มา : ข้อมูลจากสำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม



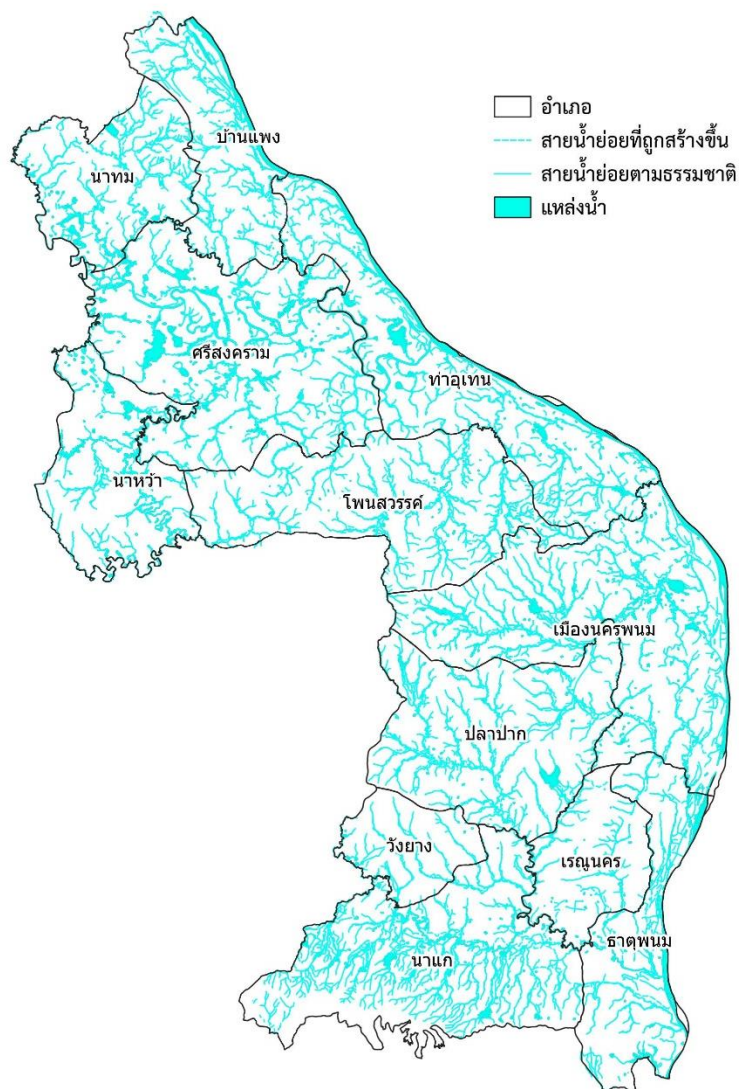
อย่างไรก็ตามเมื่อทำการคำนวณหาปริมาณฟางข้าวที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ในแต่ละอำเภอพบว่า ปริมาณฟางข้าวในอำเภอลำปาก มีปริมาณคิดเป็น 44% ของปริมาณฟางข้าวที่ต้องใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 9.9 เมกะวัตต์เท่านั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำฟางข้าวจากอำเภอใกล้เคียงร่วมด้วย จากแผนที่ในรูปที่ 29 พบว่า อำเภอใกล้เคียงได้แก่ อำเภอเมืองนครพนม อำเภอวังยาง และอำเภอเรณูนคร

เมื่อนำปริมาณฟางข้าวที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์ของทั้ง 4 อำเภอรวมกัน จะได้ปริมาณทั้งสิ้น 130,284.69 ตัน/ปี คิดเป็น 118% ของปริมาณฟางข้าวที่ต้องใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 9.9 เมกะวัตต์ แสดงดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 ตารางปริมาณฟางข้าวที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ต่อปริมาณฟางข้าวที่ต้องใช้ใน 1 ปี

ลำดับ ที่	อำเภอ	ปริมาณผลผลิต รวม 10ปี	ปริมาณ ผลผลิตเฉลี่ย	ปริมาณฟางข้าวที่ยังไม่มีการ ใช้ประโยชน์เฉลี่ย	ปริมาณฟาง ข้าวที่ต้องใช้ใน 1 ปี	ปริมาณฟางข้าวที่ ไม่มีการใช้ ประโยชน์ต่อ ปริมาณฟางข้าวที่ ต้องใช้ใน 1 ปี
1	นาทม	185,467.50	18,546.75	12,640.11	110,261.25	11%
2	วังยาง	189,979.68	18,997.97	12,947.63	110,261.25	12%
3	บ้านแพง	212,593.99	21,259.40	14,488.85	110,261.25	13%
4	ธาตุพนม	258,618.19	25,861.82	17,625.53	110,261.25	16%
5	ท่าอุเทน	305,389.04	30,538.90	20,813.09	110,261.25	19%
6	เรณูนคร	333,052.77	33,305.28	22,698.45	110,261.25	21%
7	นาหว้า	426,188.21	42,618.82	29,045.88	110,261.25	26%
8	นาแก	526,633.03	52,663.30	35,891.46	110,261.25	33%
9	โพนสวรรค์	556,120.18	55,612.02	37,901.09	110,261.25	34%
10	ศรีสงคราม	642,176.19	64,217.62	43,766.04	110,261.25	40%
11	เมืองนครพนม	673,682.78	67,368.28	45,913.30	110,261.25	42%
12	ลำปาก	714,943.34	71,494.33	48,725.32	110,261.25	44%
รวม		5,024,844.88	502,484.49	342,456.75		

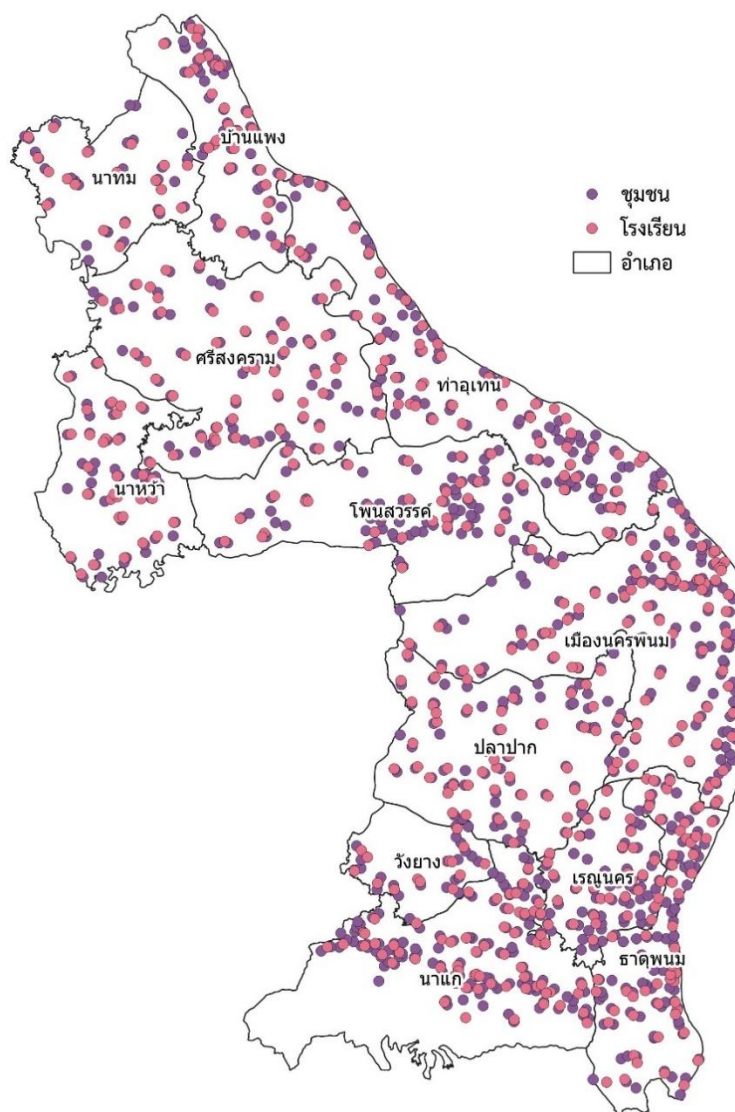
## 2. แหล่งน้ำสนับสนุน



รูปภาพที่ 30 แผนที่แหล่งน้ำ จังหวัดนครพนม

ที่มา : ข้อมูลจากกรมที่ดินจังหวัดนครพนม

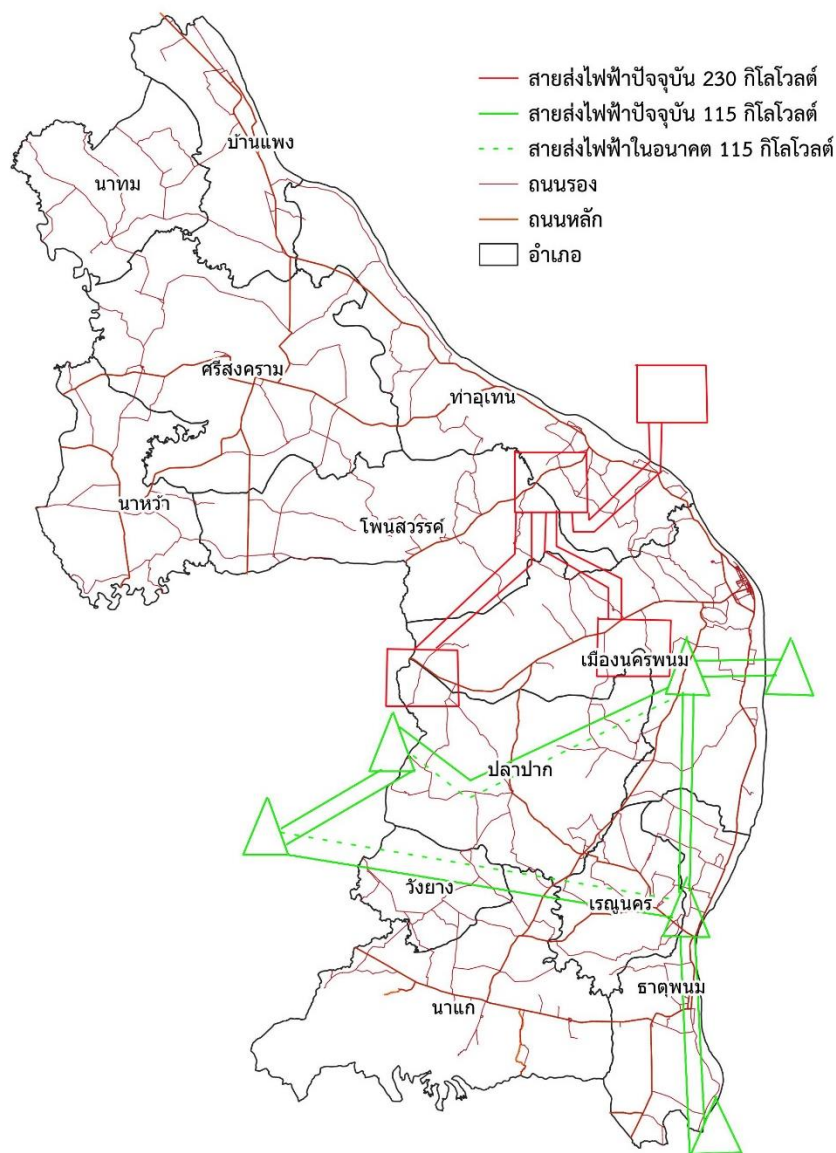
### 3. สภาพสิ่งแวดล้อม (แหล่งชุมชนและสาธารณสถาน)



รูปภาพที่ 31 แผนที่แหล่งชุมชนและสาธารณสถาน จังหวัดนครพนม

ที่มา : ข้อมูลจากกรมที่ดินจังหวัดนครพนม

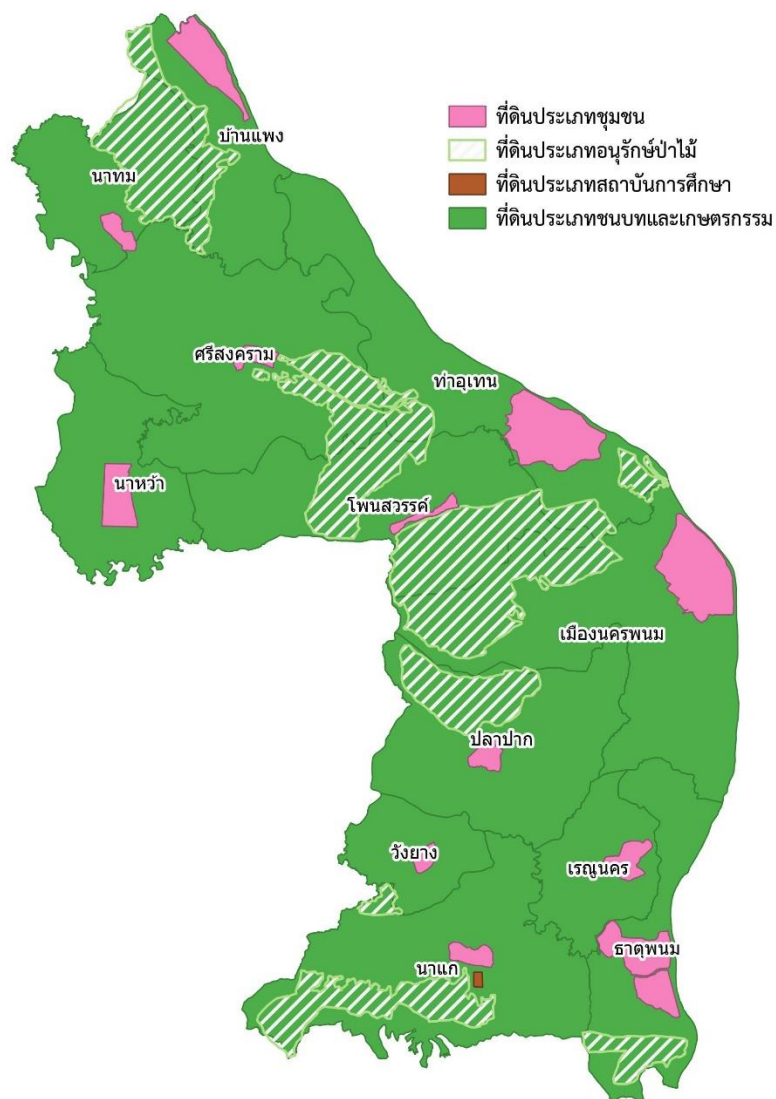
#### 4. ความใกล้ชิดถนนและสายส่งไฟฟ้า



รูปภาพที่ 32 แผนที่ถนน และสายส่งไฟฟ้า จังหวัดนครพนม

ที่มา : ข้อมูลจากกรมทางหลวงและการไฟฟ้าฝ่ายผลิต

## 5. การใช้ประโยชน์ที่ดิน



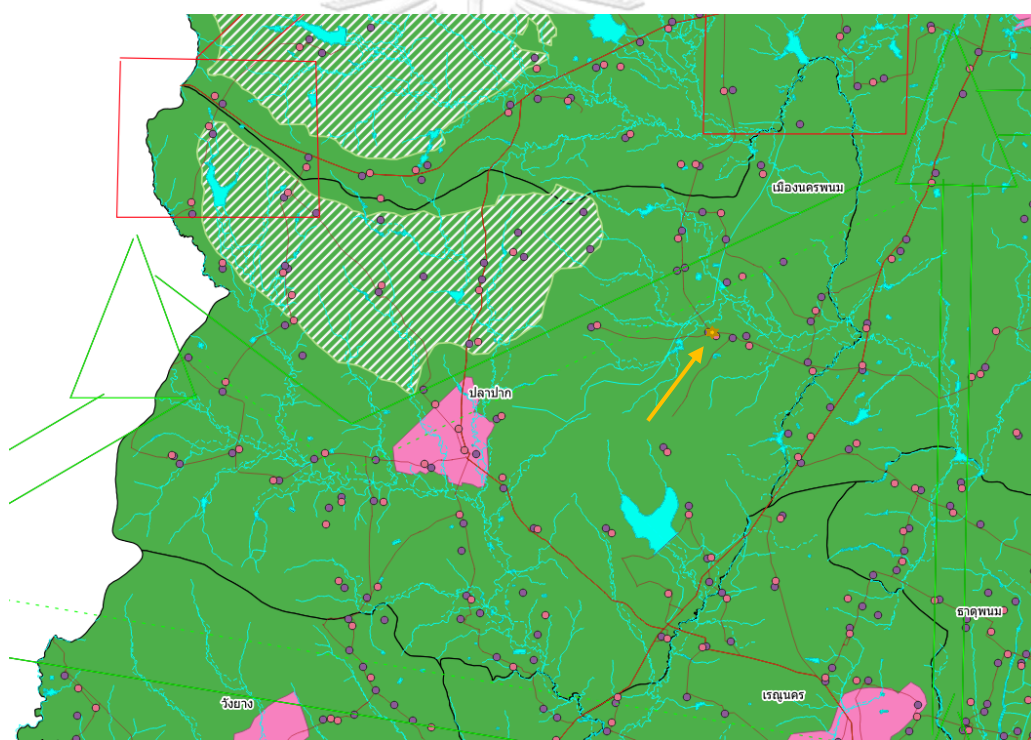
รูปภาพที่ 33 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครพนม

ที่มา : ข้อมูลจากกรมที่ดินจังหวัดนครพนม  
จัดทำโดยผู้วิจัย





จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในจังหวัดนครพนม โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ QGIS พบว่า พื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลดังกล่าว คือ อำเภอปลาปาก เนื่องจากมีปริมาณผลผลิตข้าว(นาปี) สูงที่สุดในจังหวัดนครพนม ซึ่งปริมาณผลผลิตข้าว(นาปี)เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับที่1 หนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ และเมื่อพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ที่มีความสำคัญในลำดับรองลงมาอีก 4 ปัจจัย ได้แก่ แหล่งน้ำสนับสนุน สภาพสิ่งแวดล้อม (แหล่งชุมชนและสาธารณสถาน) ความใกล้ชิดถนนและสายส่งไฟฟ้า และการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมด้วย พบว่า อำเภอปลาปาก เป็นอำเภอที่มีแหล่งน้ำสนับสนุนหลายแหล่ง มีชุมชนและสาธารณสถานอยู่ในพื้นที่แต่ไม่หนาแน่นเหมือนในตัวเมือง มีถนนและสายส่งไฟฟ้าผ่าน และมีพื้นที่ประเภทชนบทและเกษตรกรรมที่สามารถใช้สร้างโรงไฟฟ้าได้ โดยผู้วิจัยกำหนดตำแหน่งโรงไฟฟ้าไว้ ดังรูปที่ 35



รูปภาพที่ 35 แผนที่ช้อยทับ อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม

ที่มา : จัดทำโดยผู้วิจัย





## 1. การประเมินต้นทุนโครงการ

1.1 เงินลงทุนหลัก (Capital Expenditure : CAPEX) เป็นเงินลงทุนในการก่อสร้างโครงการโรงไฟฟ้าขยะอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วย

### 1.1.1 ค่าที่ดิน

ในการประเมินการก่อสร้างโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดนครพนม โดยอ้างอิงที่ตั้งที่ประเมินได้จากภาคผนวก ข ที่อำเภอปลาปาก รวมกับข้อมูลจากโครงการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลของบริษัทรับสร้างโรงไฟฟ้าแห่งหนึ่ง ทำให้สามารถประเมินราคาที่ดินโดยประมาณได้ซึ่งเท่ากับ 500,000 บาท/ไร่ โครงการนี้ใช้ที่ดินประมาณ 30 ไร่ โดยค่าที่ดินสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่าที่ดิน} &= \text{ที่ดินโครงการ (ไร่)} \times \text{ราคาประเมินที่ดิน (บาท/ไร่)} \\ &= 30 \times 500,000 \\ &= 15,000,000 \text{ บาท}\end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าที่ดินสำหรับโครงการนี้มีค่าเท่ากับ 15,000,000 บาท

### 1.1.2 ค่าออกแบบและก่อสร้างอาคารต่างๆ

โครงการนี้ประกอบด้วยอาคารต่าง ๆ ได้แก่ อาคารจัดเก็บ อาคารโรงไฟฟ้า อาคารสำนักงาน และอาคารอื่น ๆ ทั้งนี้ยังรวมถึงระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ โดยค่างานก่อสร้างอาคารสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 38

ตารางที่ 38 ค่าออกแบบและก่อสร้างอาคาร

รายการ	มูลค่า (บาท)
1. โยธาและสถาปนิก (Civil & Architect)	75,000,000
2. อาคารโรงอาหาร (Canteen building)	1,800,000
3. อาคารปฏิบัติงาน (Work Shop building)	1,600,000
4. ประกันภัยการก่อสร้าง (Construction All risk insurance)	2,000,000
รวม	80,400,000

หมายเหตุ. จากโครงการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลของบริษัทรับสร้างโรงไฟฟ้าแห่งหนึ่ง

### 1.1.3 ค่าอุปกรณ์เครื่องจักรและระบบต่างๆ

โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลนี้ มีขนาดกำลังการผลิต 9.9 เมกะวัตต์ ใช้เทคโนโลยีเผาไหม้โดยตรง สามารถแสดงค่าอุปกรณ์เครื่องจักร และระบบต่างๆ ดังตารางที่ 39

**ตารางที่ 39 ค่าอุปกรณ์เครื่องจักรและระบบต่างๆ**

รายการ	มูลค่า (บาท)
1. การเผาไหม้ และหม้อน้ำ (Combustion & Boiler)	220,000,000
2. กังหันไอน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Steam Turbine & Generator)	62,000,000
3. ระบบจัดการเชื้อเพลิง และเถ้า (Fuel & Ash Handling System)	20,000,000
4. ระบบไฟฟ้า (Electrical System)	40,000,000
5. การควบคุม และเครื่องมือ (Control and Instrument)	20,000,000
6. ระบบหอเย็น (Cooling Tower System)	12,000,000
7. ระบบบำบัดน้ำ (Water Treatment System)	12,000,000
8. ระบบบำบัดอากาศ (ESP System)	17,000,000
9. งานติดตั้งและเชื่อมต่อภายในโรงไฟฟ้า (Balance of plant)	36,000,000
10. วิศวกรรม การออกแบบ และการอบรม (Engineering & Design & Training)	5,000,000
11. การจัดการโครงการ (Project Management)	15,000,000
12. การติดตั้ง (Installation)	12,000,000
13. ค่าขนส่ง และค่าประกันภัยขนส่ง (Freight, Insurance and delivery to site)	1,500,000
14. สายตัวนำไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้า (22kV Transmission Line 2.5 kilometer)	7,000,000
<b>รวม</b>	<b>479,500,000</b>

หมายเหตุ. จากโครงการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลของบริษัทรับสร้างโรงไฟฟ้าแห่งหนึ่ง

### 1.1.4 ต้นทุนอื่นๆ

ต้นทุนอื่นๆที่เกิดขึ้นในโครงการนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ต้นทุนวัสดุสิ้นเปลืองสำหรับทดลองระบบ และ ต้นทุนอื่นๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 40

#### ตารางที่ 40 ต้นทุนอื่นๆ

รายการ	มูลค่า (บาท)
1. วัสดุสิ้นเปลืองสำหรับทดสอบการทำงานของระบบและอุปกรณ์ (Consumable for commissioning period)	3,500,000
2. ต้นทุนอื่นๆ (Overhead and profit)	27,000,000
<b>รวม</b>	<b>30,500,000</b>

หมายเหตุ. จากโครงการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลของบริษัทรับสร้างโรงไฟฟ้าแห่งหนึ่ง

1.2 ต้นทุนการดำเนินงาน (Operating Expenditure : OPEX) เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อให้โครงการสามารถดำเนินงานได้ตามปกติ และบำรุงรักษาให้สิ่งก่อสร้าง อุปกรณ์เครื่องจักรและระบบต่าง ๆ อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ตลอดอายุโครงการ รวมถึงค่าจ้างพนักงานและค่าเชื้อเพลิงชีวมวลต่าง ๆ โดยในงานวิจัยนี้ มีต้นทุนการดำเนินงาน ดังนี้

1.2.1 ต้นทุนชีวมวล งานวิจัยนี้ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงหลักในการคำนวณต้นทุนชีวมวลของโครงการ โดยอ้างอิงราคารับซื้อจากโรงไฟฟ้าพลังงานสะอาดโพนทอง และข้อมูลในการคำนวณดังตารางที่ 41 และต้นทุนชีวมวลทำการปรับราคาขึ้นทุกปีตามอัตราการขึ้นเงินเดือน เท่ากับ 5%

#### ตารางที่ 41 ข้อมูลในการคำนวณต้นทุนชีวมวล

รายการ	ข้อมูล	หน่วย
กำลังผลิต 9.9 MW =	9,900,000.00	J/Sec
1 วัน =	86,400.00	วินาที
1 วันผลิตไฟฟ้า =	855,360.00	MJ
ค่าความร้อนของฟางข้าว =	10.24	MJ/kg
1 วันใช้ฟางข้าว =	334.13	ตัน
1 ปีใช้ฟางข้าว =	110,261.25	ตัน
ราคาฟางข้าว =	675.00	บาท/ตัน
ประสิทธิภาพเตา =	25	%
อัตราการขึ้นราคา =	5	%/ปี

คำนวณต้นทุนชีวมวลปีที่ 1 ได้จาก

$$\begin{aligned}\text{ไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 1 วัน} &= \frac{\text{กำลังผลิต (J/Sec)} \times \text{จำนวนวินาทีใน 1 วัน}}{10^6} \\ &= \frac{9,900,000 \times 86,400}{10^6} \\ &= 855,360 \text{ MJ/วัน}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}1 \text{ ปีใช้ฟางข้าว} &= \left( \frac{\text{ไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 1 วัน}}{\text{ค่าความร้อนของฟางข้าว}} \times \text{ค่าประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า} \right) \times \text{จำนวนวันที่เดือนเครื่องผลิตไฟฟ้า} \\ &= [(855,360 / 10.24) \times] \\ &= 110,261.25 \text{ ตัน/ปี}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนชีวมวลปีที่ 1} &= \text{จำนวนฟางข้าวที่ต้องใช้ใน 1 ปี} \times \text{ราคาฟางข้าว} \\ &= 110,261.25 \text{ ตัน/ปี} \times 675 \text{ บาท/ตัน} \\ &= 74,426,343.75 \text{ บาท/ปี}\end{aligned}$$

1.2.2 ค่าใช้จ่ายเคมีสำหรับปรับสภาพน้ำ งานวิจัยนี้มีค่าใช้จ่ายเคมีสำหรับปรับสภาพน้ำทุกปี คิดเป็นร้อยละ 1 ของรายได้ และปรับตามอัตราเงินเฟ้อที่ 0.72% เพิ่มขึ้นทุกปี

1.2.3 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา งานวิจัยนี้มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาทุกปี คิดเป็นร้อยละ 5 ของรายได้ และปรับตามอัตราเงินเฟ้อที่ 0.72% เพิ่มขึ้นทุกปี

1.2.4 ค่าดำเนินการ งานวิจัยนี้มีค่าดำเนินการทุกปี คิดเป็นร้อยละ 3 ของรายได้ และปรับตามอัตราเงินเฟ้อที่ 0.72% เพิ่มขึ้นทุกปี

1.2.5 ค่าเงินเดือนพนักงาน งานวิจัยนี้มีค่าเงินเดือนพนักงานทุกปี คิดเป็นร้อยละ 13.5 ของรายได้ และปรับตามอัตราการขึ้นเงินเดือน 5% เพิ่มขึ้นทุกปี

1.2.6 ค่าสาธารณูปโภค งานวิจัยนี้มีค่าดำเนินการทุกปี คิดเป็นร้อยละ 3 ของรายได้ และปรับตามอัตราเงินเฟ้อที่ 0.72% เพิ่มขึ้นทุกปี

1.2.7 เงินสำรองในการปรับปรุงเครื่องจักร งานวิจัยนี้มีค่าใช้จ่ายเงินสำรองในการปรับปรุงเครื่องจักรทุกปี คิดเป็นร้อยละ 5 ของรายได้ และปรับตามอัตราเงินเฟ้อที่ 0.72% เพิ่มขึ้นทุกปี

1.2.8 กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า งานวิจัยนี้มีค่าใช้จ่ายกองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าทุกปี คิดเป็น 1 สตางค์ต่อ kWh และปรับตามอัตราเงินเฟ้อที่ 0.72% เพิ่มขึ้นทุกปี

จากรายละเอียดของต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมดที่ได้กล่าวมา สามารถแสดงข้อมูลต้นทุนดังกล่าวตลอดอายุโครงการ ดังตารางที่ 42



ตารางที่ 42 ต้นทุนการดำเนินงานตลอดอายุโครงการ

ปี ที่	ต้นทุนชีวมวล	ค่าใช้จ่ายเคมีสำหรับ ปรับสภาพน้ำ 1% ของรายได้	ค่าใช้จ่ายในการ บำรุงรักษา 5% ของรายได้	ค่าดำเนินการ 3% ของรายได้	ค่าเงินเดือนพนักงาน 13.5% ของรายได้	ค่าสาธารณูปโภค 3% ของรายได้	เงินสำรองในการ ปรับปรุงเครื่องจักร 5% ของรายได้	กองทุนพัฒนาชุมชน ในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า ( 1 สตางค์ต่อ kWh.)	ต้นทุนการ ดำเนินงานรวม
1	74,426,343.75	3,590,145.50	17,950,727.52	10,770,436.51	48,466,964.30	10,770,436.51	17,950,727.52	784,080.00	184,709,861.62
2	78,147,660.94	3,626,734.31	18,133,671.56	10,880,202.93	51,041,460.35	10,880,202.93	18,133,671.56	789,725.38	191,633,329.95
3	82,055,043.98	3,663,741.77	18,318,708.84	10,991,225.30	53,753,381.26	10,991,225.30	18,318,708.84	795,411.40	198,887,446.69
4	86,157,796.18	3,701,173.13	18,505,865.65	11,103,519.39	56,610,099.07	11,103,519.39	18,505,865.65	801,138.36	206,488,976.81
5	90,465,685.99	3,739,033.73	18,695,168.63	11,217,101.18	59,619,383.21	11,217,101.18	18,695,168.63	806,906.56	214,455,549.09
6	94,988,970.29	3,777,328.95	18,886,644.77	11,331,986.86	62,789,422.09	11,331,986.86	18,886,644.77	812,716.28	222,805,700.87
7	99,738,418.81	6,305,446.99	19,080,321.42	11,448,192.85	66,128,845.77	11,448,192.85	19,080,321.42	818,567.84	234,048,307.97
8	104,725,339.75	3,855,245.26	19,276,226.32	11,565,735.79	69,646,749.90	11,565,735.79	19,276,226.32	824,461.53	240,735,720.67
9	109,961,606.73	3,645,758.21	18,228,791.07	10,937,274.64	68,661,025.76	10,937,274.64	18,228,791.07	830,397.65	241,430,919.80
10	115,459,687.07	3,684,053.76	18,420,268.81	11,052,161.29	72,330,582.98	11,052,161.29	18,420,268.81	836,376.52	251,255,560.52
11	121,232,671.43	3,722,799.13	18,613,995.63	11,168,397.38	76,197,231.35	11,168,397.38	18,613,995.63	842,398.43	261,559,886.33
12	127,294,305.00	3,762,000.06	18,810,000.30	11,286,000.18	80,271,609.00	11,286,000.18	18,810,000.30	848,463.70	272,368,378.70
13	133,659,020.25	3,801,662.40	19,008,311.98	11,404,987.19	84,564,931.07	11,404,987.19	19,008,311.98	854,572.63	283,706,784.69
14	140,341,971.26	3,841,792.05	19,208,960.24	11,525,376.14	89,089,021.17	11,525,376.14	19,208,960.24	860,725.56	295,602,182.80
15	147,359,069.82	3,882,395.00	19,411,975.02	11,647,185.01	93,856,344.54	11,647,185.01	19,411,975.02	866,922.78	308,083,052.22
16	154,727,023.31	3,923,477.34	19,617,386.70	11,770,432.02	98,880,043.00	11,770,432.02	19,617,386.70	873,164.63	321,179,345.71
17	162,463,374.48	3,965,045.21	19,825,226.03	11,895,135.62	104,173,971.92	11,895,135.62	19,825,226.03	879,451.41	334,922,566.30
18	170,586,543.20	4,007,104.84	20,035,524.22	12,021,314.53	109,752,739.06	12,021,314.53	20,035,524.22	885,783.46	349,345,848.05
19	179,115,870.36	4,049,662.57	20,248,312.86	12,148,987.72	115,631,745.70	12,148,987.72	20,248,312.86	892,161.10	364,484,040.90
20	188,071,663.88	4,092,724.80	20,463,624.02	12,278,174.41	121,827,229.92	12,278,174.41	20,463,624.02	898,584.66	380,373,800.12

## 2. รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า

การคำนวณรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) ได้ โดยมี สมมติฐานดังนี้

- ปริมาณพลังไฟฟ้าสูงสุดที่จำหน่ายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) เท่ากับ 9.9 MW
- อัตราจำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) ใช้รูปแบบ Feed-in Tariff (FIT)
- ใช้อัตราเงินเพื่อเฉลี่ย 5 ปีย้อนหลังในการคำนวณรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า
- อายุโครงการ 20 ปี

โดยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่โครงการจำหน่ายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) ในแต่ละปี สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{พลังงานไฟฟ้าที่จำหน่ายให้ กฟภ} &= \text{กำลังผลิตของโรงไฟฟ้า (MW)} \times \text{จำนวนวันที่ผลิตไฟฟ้า (วัน/ปี)} \times \\
 &\quad \text{ระยะเวลาที่เดินเครื่องจักร} \\
 &= 9.9 \text{ MW} \times 330 \text{ วัน} \times 24 \text{ ชั่วโมง} \\
 &= 78,408 \text{ MWh/ปี} \\
 &= 78,408,000 \text{ kWh/ปี}
 \end{aligned}$$

โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรนี้จัดอยู่ในประเภทโรงไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer : VSPP) มีการจำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) โดยมีปริมาณพลังไฟฟ้าขายเข้าระบบไม่เกิน 10 MW ได้รับอัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) สำหรับการประกาศรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนปี 2558-2562 มีรายละเอียดแสดงไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.3.6 โดยเงื่อนไขที่จะนำมาใช้ในการคำนวณรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) มีดังต่อไปนี้

- FIT<sub>F</sub> เท่ากันทุกปีตลอดอายุโครงการ มีค่าเท่ากับ 2.39 บาท/หน่วย

-  $FiT_V$  ของปีแรกที่ใช้สำหรับโครงการนี้จะมีค่าเท่ากับ 1.8888 บาท/หน่วย และจะเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี ตามอัตราเงินเฟ้อเฉลี่ย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.72% โดยจะใช้อัตราเงินเฟ้อเฉลี่ยนี้ในการคำนวณ  $FiT_V$  ตลอดอายุโครงการ

-  $FiT$  Premium ค่าเท่ากับ 0.30 บาท/หน่วย ได้รับการสนับสนุนเพิ่มในช่วงระยะเวลา 8 ปีแรกของการจำหน่ายไฟฟ้า

- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) สนับสนุนอัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษ ระยะเวลาในการสนับสนุนทั้งสิ้น 20 ปี

ตัวอย่างการคำนวณอัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษ ( $FiT$ ) ของปีที่ 1 โดยใช้ค่า  $FiT_F$ ,  $FiT_V$  และ  $FiT$  Premium เท่ากับ 2.39, 1.8888 และ 0.30 บาท/หน่วย ตามลำดับ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} FiT_1 &= FiT_F + [ FiT_{V,0} \times (1 + Core\ Inflation_0) ] + FiT\ Premium \\ &= 2.39 + [ 1.8888 \times (1 + 0) ] + 0.30 \\ &= 4.578 \text{ บาท/หน่วย} \end{aligned}$$

ตัวอย่างการคำนวณอัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษ ( $FiT$ ) ของปีที่ 2 โดยใช้ค่า  $FiT_F$ ,  $FiT_V$  และ  $FiT$  Premium เท่ากับ 2.39, 1.8888 และ 0.30 บาท/หน่วย ตามลำดับ ซึ่งอัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษ ( $FiT$ ) ตั้งแต่ปีที่ 2 เป็นต้นไปจะต้องใช้อัตราเงินเฟ้อ (Core Inflation) เข้ามารับคำนวณด้วย สำหรับอัตราเงินเฟ้อที่จะนำมาใช้ในการคำนวณตลอดทั้งการวิจัยนี้ จะใช้อัตราเงินเฟ้อเฉลี่ย 5 ปีย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 – 2562 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.72% โดยอัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษ ( $FiT$ ) ของปีที่ 2 สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} FiT_2 &= FiT_F + [ FiT_{V,1} \times (1 + Core\ Inflation_1) ] + FiT\ Premium \\ &= 2.39 + [ 1.8888 \times (1 + (0.72/100)) ] + 0.30 \\ &= 2.39 + 1.9023 + 0.30 \\ &= 4.5923 \text{ บาท/หน่วย} \end{aligned}$$

จากตัวอย่างการคำนวณอัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษ ( $FiT$ ) ของปีที่ 1 และ 2 สามารถคาดการณ์อัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษ ( $FiT$ ) ของแต่ละปีตลอดอายุโครงการได้ดังตารางที่ 43



ตารางที่ 43 อัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษจากขยะอุตสาหกรรมในรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) ของแต่ละปี

อัตราซื้อ ไฟฟ้า	FiT <sub>F</sub>	FiT <sub>V</sub>	FiT Premium	FiT <sub>i</sub>	
ปีที่ 1	2.3900	1.8888	0.3000	4.5788	บาท/หน่วย
ปีที่ 2	2.3900	1.9024	0.3000	4.5924	บาท/หน่วย
ปีที่ 3	2.3900	1.9161	0.3000	4.6061	บาท/หน่วย
ปีที่ 4	2.3900	1.9299	0.3000	4.6199	บาท/หน่วย
ปีที่ 5	2.3900	1.9438	0.3000	4.6338	บาท/หน่วย
ปีที่ 6	2.3900	1.9578	0.3000	4.6478	บาท/หน่วย
ปีที่ 7	2.3900	1.9719	0.3000	4.6619	บาท/หน่วย
ปีที่ 8	2.3900	1.9861	0.3000	4.6761	บาท/หน่วย
ปีที่ 9	2.3900	2.0004	-	4.3904	บาท/หน่วย
ปีที่ 10	2.3900	2.0148	-	4.4048	บาท/หน่วย
ปีที่ 11	2.3900	2.0293	-	4.4193	บาท/หน่วย
ปีที่ 12	2.3900	2.0439	-	4.4339	บาท/หน่วย
ปีที่ 13	2.3900	2.0586	-	4.4486	บาท/หน่วย
ปีที่ 14	2.3900	2.0734	-	4.4634	บาท/หน่วย
ปีที่ 15	2.3900	2.0884	-	4.4784	บาท/หน่วย
ปีที่ 16	2.3900	2.1034	-	4.4934	บาท/หน่วย
ปีที่ 17	2.3900	2.1185	-	4.5085	บาท/หน่วย
ปีที่ 18	2.3900	2.1338	-	4.5238	บาท/หน่วย
ปีที่ 19	2.3900	2.1492	-	4.5392	บาท/หน่วย
ปีที่ 20	2.3900	2.1646	-	4.5546	บาท/หน่วย

โครงการกรณีศึกษาได้ทำสัญญาจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) จำนวน 9.9 เมกะวัตต์ ซึ่งคิดเป็นพลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น 78,408,000 kWh/ปี โดยปริมาณพลังงานที่จำหน่ายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) เท่ากันทุก ๆ ปี จากอัตราซื้อไฟฟ้าพิเศษของแต่ละปี สามารถคำนวณรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า ได้ดังนี้

รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปี<sub>i</sub> = พลังงานไฟฟ้าที่จำหน่าย (kWh/ปี) x อัตรารับซื้อไฟฟ้าพิเศษของปีที่ i (บาท/หน่วย)

สามารถแสดงรายได้ตลอดทั้งโครงการ ดังตารางที่ 44

**ตารางที่ 44 รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในแต่ละปีตลอดอายุโครงการ**

รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า	มูลค่า	หน่วย
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 1	359,014,550.40	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 2	361,976,491.01	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 3	364,997,670.43	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 4	368,079,273.44	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 5	371,222,508.51	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 6	374,428,608.28	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 7	377,698,830.04	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 8	381,034,456.24	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 9	360,914,394.97	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 10	364,384,780.47	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 11	367,924,573.68	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 12	371,535,162.75	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 13	375,217,963.60	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 14	378,974,420.48	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 15	382,806,006.49	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 16	386,714,224.22	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 17	390,700,606.30	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 18	394,766,716.03	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 19	398,914,147.95	บาท
รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าของปีที่ 20	403,144,528.50	บาท
<b>รวมรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าตลอดโครงการ</b>	<b>7,109,645,224.51</b>	<b>บาท</b>

เมื่อนำรายได้รวมจากการจำหน่ายไฟฟ้าตลอดอายุโครงการมาวิเคราะห์ สามารถคำนวณหา รายได้เฉลี่ยการจำหน่ายไฟฟ้าตลอดอายุโครงการ ดังนี้

**รายได้เฉลี่ยจากการจำหน่ายไฟฟ้า = รายได้รวมจากการจำหน่ายไฟฟ้าตลอดอายุโครงการ (บาท) / อายุของโครงการ (ปี)**

$$= 7,109,645,224.51 / 20$$

$$= 355,482,261.23 \text{ บาท/ปี}$$

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จำหน่ายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) ตลอดอายุโครงการ สามารถคำนวณ ได้ดังนี้

**ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จำหน่ายรวม = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จำหน่ายให้ กฟภ (kWh/ปี) x อายุของโครงการ (ปี)**

$$= 78,408,000 \times 20$$

$$= 1,568,160,000 \text{ kWh}$$

หากนำรายได้รวมจากการจำหน่ายไฟฟ้าตลอดอายุโครงการมาคิดเทียบกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จำหน่ายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) ตลอดอายุโครงการ สามารถคำนวณอัตราจำหน่ายไฟฟ้าเฉลี่ยให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) ตลอดอายุโครงการ ได้ดังนี้

**อัตราจำหน่ายไฟฟ้าเฉลี่ย = รายได้รวมจากการจำหน่ายไฟฟ้าตลอดอายุสัญญา (บาท) / ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จำหน่ายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ) ตลอดอายุสัญญา (kWh)**

$$= 7,109,645,224.51 / 1,568,160,000$$

$$= 4.5337 \text{ บาท/kWh}$$

### 3. ผลการประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ

#### 3.1 ผลการประเมินต้นทุนโครงการ

งานวิจัยนี้ ได้ทำการรวบรวมข้อมูล แล้วนำมาประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ เพื่อใช้วิเคราะห์ทางการเงิน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 45

ตารางที่ 45 ผลการประเมินต้นทุนโครงการ

รายการ	มูลค่า	หน่วย
<b>ต้นทุนในการลงทุน (CAPEX)</b>		
ที่ดิน	15,000,000	บาท
ค่าออกแบบและก่อสร้างอาคารต่างๆ	80,400,000	บาท
ค่าอุปกรณ์เครื่องจักรและระบบต่างๆ	479,500,000	บาท
ต้นทุนอื่นๆ	30,500,000	บาท
<b>ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (OPEX)</b>		
ต้นทุนชีวมวล ฟางข้าว ต้นละ 675 บาท	74,426,343.75	บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายเคมีสำหรับปรับสภาพน้ำ 1% ของรายได้	3,590,145.504	บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา 5% ของรายได้	17,950,727.52	บาท/ปี
ค่าดำเนินการ 3% ของรายได้	10,770,436.51	บาท/ปี
ค่าเงินเดือนพนักงาน 13.5% ของรายได้	48,466,964.30	บาท/ปี
ค่าสาธารณูปโภค 3% ของรายได้	10,770,436.51	บาท/ปี
เงินสำรองในการปรับปรุงเครื่องจักร 5% ของรายได้	17,950,727.52	บาท/ปี
กองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้า ( 1 สตางค์ ต่อ kWh.)	784,080.00	บาท/ปี

ต้นทุนชีวมวล และ ค่าเงินเดือนพนักงาน ปรับขึ้นตามอัตราขึ้นเงินเดือน 5% ต่อปี ส่วนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่เหลือปรับขึ้นตามอัตราเงินเฟ้อ 0.72% ต่อปี

### 3.2 รายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า

กำหนดให้อัตราราคาจำหน่ายไฟฟ้าสำหรับโครงการนี้ เป็นรูปแบบ Feed-in Tariff (FiT) ซึ่งมีค่าแตกต่างกันในทุก ๆ ปี เนื่องจากปัจจัยด้านอัตราเงินเฟ้อ โดยรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้า จะใช้ข้อมูลจากตารางที่ 7

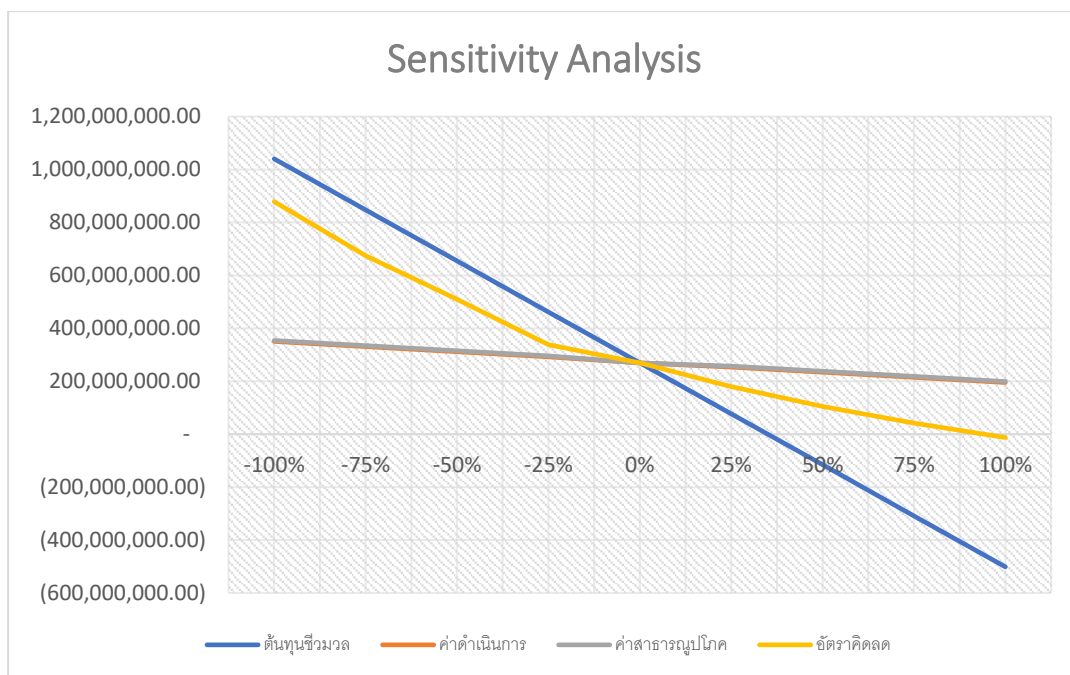
#### 4. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุน (Sensitivity Analysis)

งานวิจัยนี้ ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุน (Sensitivity Analysis) ของต้นทุนดำเนินการ 4 ต้นทุน ได้แก่ ต้นทุนชีวมวล ค่าดำเนินการ ค่าสาธารณูปโภค และอัตราคิดลด โดยทำการเพิ่มและลดต้นทุนครั้งละ 5% ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเปลี่ยนไป ดังตารางที่ 46 และสามารถสร้างกราฟแสดงการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุนทั้ง 4 ได้ดังรูปที่ 36

ตารางที่ 46 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเมื่อทำการปรับมูลค่าต้นทุน

Deviation	ต้นทุนชีวมวล	ค่าดำเนินการ	ค่าสาธารณูปโภค	อัตราคิดลด
-100%	1,040,125,439.00	350,481,507.00	353,941,214.00	878,534,372.00
-75%	847,462,905.00	331,094,883.00	334,554,590.00	673,835,592.00
-50%	654,800,372.00	311,708,260.00	315,167,967.00	510,232,303.00
-25%	462,137,839.00	292,321,636.00	295,781,343.00	337,852,475.00
0%	269,475,305.24	269,475,305.24	269,475,305.24	269,475,305.24
25%	76,812,772.00	253,548,389.00	257,008,096.00	179,761,264.00
50%	(115,849,762.00)	234,161,765.00	237,621,472.00	104,719,269.00
75%	(308,512,295.00)	214,775,142.00	218,234,849.00	41,334,533.00
100%	(501,174,828.00)	195,388,518.00	198,848,225.00	(12,693,795.00)

หน่วย : บาท



**รูปภาพที่ 36 กราฟแสดงการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุน**

จากรูปที่ 36 แสดงให้เห็นว่า ต้นทุนชีวมวลเป็นต้นทุนที่มีความอ่อนไหวมากที่สุด ลำดับต่อมาคืออัตราคิดลด เนื่องจากการปรับมูลค่าให้เพิ่มขึ้นและลดลงในอัตราครั้งละ 5% จะส่งผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมากที่สุด เส้นต้นทุนชีวมวลในกราฟจะมีลักษณะชันมากกว่าต้นทุนอื่นๆที่นำมาเปรียบเทียบ

ผู้วิจัยจึงทำการคำนวณต่อไป เพื่อค้นหาว่า การปรับขึ้นของต้นทุนชีวมวล และอัตราคิดลด ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับ 0 หรือ จุดคุ้มทุนพอดี มีค่าเท่ากับเท่าไร

จากการคำนวณพบว่า หากต้นทุนชีวมวลปรับราคาเพิ่มขึ้นจากเดิม 34.967269% โดยที่ต้นทุนอื่นๆไม่ปรับขึ้น จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับ 0 และหากอัตราคิดลดปรับเพิ่มขึ้นจากเดิม 9.2% เป็น 17.967956% ก็จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับ 0 เช่นกัน ดังตารางที่ 47 และ 48

ตารางที่ 47 การปรับราคาของชีวมวลที่ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์

Deviation	ต้นทุนชีวมวล
0%	269,475,305.24
25%	76,812,772.00
30%	38,280,265.00
32%	22,867,263.00
34.967269%	-
35%	(252,241.00)

ตารางที่ 48 การปรับอัตราคิดลดที่ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์

Deviation	NPV (บาท)
-10.0%	2,821,594,727.00
9.2%	269,475,305.24
10.0%	242,761,033.00
12.0%	167,573,773.00
14.0%	103,169,391.00
16.0%	47,586,136.00
17.967956%	-
18.0%	(723,450.00)

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ขวัญชนก อภิพัฒนานนท์
วัน เดือน ปี เกิด	11 พฤษภาคม 2532
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
ที่อยู่ปัจจุบัน	81/58 หมู่ 20 ตำบลบางพลีใหญ่ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ

