การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นการลงทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยใช้วัตถุดิบจากเศษไม้

นายรัฐศาสตร์ วรรณเศวต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRE-FESIBILITY STUDY OF BIOMASSPOWER PLANT PROJECT USING WOOD SCRAP

Mr. Rathasart Wansweat

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

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 2018

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อสารนิพนธ์	การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นการลงทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยใช้วัตถุดิบจากเศษไม้
โดย	นายรัฐศาสตร์ วรรณเศวต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันต์ สัมปัตตะวนิช)

..... กรรมการ
(ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รัฐศาสตร์ วรรณเศวต : การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นการลงทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยใช้วัตถุดิบจากเศษไม้. (PRE-FESIBILITY STUDY OF BIOMASSPOWER PLANT PROJECT USING WOOD SCRAP) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ.สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการแปรรูปวัตถุดิบไม้ยูคาลิปตัสส่งขายให้กับการผลิตแผ่นกระดาษในพื้นที่ ซึ่งในปัจจุบันมีกำลังการผลิตการแปรรูปอยู่ในปริมาณ 500 ถึง 600 ตันต่อวัน โดยในแต่ละวันจะมีเกษตรกรนำวัตถุดิบมาขายให้ในปริมาณ 400 ถึง 500 ตันต่อวัน โดยที่ปริมาณของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตมีอยู่ในปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ซึ่งทางโรงงานได้มีการบริหารจัดการปริมาณวัตถุดิบสะสมโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 30 ถึง 50 ตันต่อวัน ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาและต้องการสร้างมูลค่าโดยการแปรรูปของเสียจากการผลิต โดยที่วัตถุดิบนั้นได้จากของเสียทางกระบวนการผลิตมาต่อยอดทางธุรกิจลงทุนในด้านพลังงาน แต่มูลค่าการลงทุนในโครงการดังกล่าว มีเงินลงทุนที่สูง ดังนั้น งานวิจัยนี้ มุ่งเน้นศึกษาในด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุนในโครงการดังกล่าว

จากปัญหาดังกล่าวเป็นที่มาของมูลเหตุจูงใจการศึกษาในสารนิพนธ์ฉบับนี้ ในการศึกษาปัญหาประเภทเศษของเสียจากอุตสาหกรรมเพื่อดำเนินการลดมวลอุตสาหกรรม ผลพลอยได้คือนำพลังงานความร้อนที่เกิดจากกระบวนการเผามาผลิตกระแสไฟฟ้า สารนิพนธ์นี้ เลือกศึกษาเทคโนโลยีระบบกังหันไอน้ำที่มีความสามารถเผาใหม่ได้สมบูรณ์มาเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าการลงทุนในโครงการดังกล่าว ซึ่งมีเงินลงทุนที่สูง ดังนั้น สารนิพนธ์นี้ มุ่งเน้นศึกษาปัจจัยของความเสี่ยงในการลงทุนในโครงการที่เหมาะสมกับระบบเทคโนโลยีดังกล่าวต่อไป

จากผลการศึกษาจากการประมาณต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการโดยงบกระแสเงินสดนั้น สามารถประเมินความคุ้มค่าของโครงการ และทุกหลักเกณฑ์ได้ทำการคิดลดให้กระแสเงินสดเป็นมูลค่าปัจจุบัน โดยกำหนดอัตราส่วนลดที่เหมาะสม และสอดคล้องกับความเสี่ยงของการลงทุนด้วยต้นทุนเงินทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักที่ร้อยละ 10.38 ซึ่งสามารถคำนวณเกณฑ์การตัดสินใจทางด้านการเงินได้คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) มีค่าเท่ากับ 204,687,625 บาท อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่าเท่ากับร้อยละ 16.71% และสำหรับการวิเคราะห์ความไว ถ้าราคาวัตถุดิบมีการเปลี่ยนแปลงร้อยละ 15 โดยพิจารณาจากราคาซื้อวัตถุดิบในราคา 800 บาทต่อตัน โดยมีผลการตัดสินใจเมื่อนำมาพิจารณาในการตัดสินใจลงทุน พบว่า ค่า NPV ที่ได้มีค่ามากกว่าศูนย์ค่า และ IRR มีค่ามากกว่า WACC เพราะฉะนั้นการลงทุนในโครงการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์โดยใช้ไม้จากต้นยูคาลิปตัส เป็นเชื้อเพลิงหลักจึงมีความคุ้มค่าในการลงทุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2561	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6087518920 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORD: PRE-FESIBILITY, STUDY, OF, BIOMASSPOWER, PLANT, PROJECT, USING, WOOD, SCRAP
Rathasart Wansweat : PRE-FESIBILITY STUDY OF BIOMASSPOWER PLANT PROJECT USING WOOD SCRAP. Advisor: Assoc. Prof. SUTHAS RATANAKUAKANGWAN

This research studied the processing of raw materials to the delivery of eucalyptus wood produced a piece of paper in the area, which currently has a capacity of processing 500 to 600 within tons per day, each day will offer farmers sell raw materials come in doses of 400 to 500 tons per day by the waste from the manufacturing process are contained in a quantity of 20 percent per day, which the factory is managed, the raw materials, the cumulative average 30 to 50 tonnes per day. For this reason, the researchers thus have an interest in education and the need to create value by processing waste. Without raw materials from waste, the way the production process, new business, investment in renewable energy. But the value of the investment in such projects. With high investments, therefore, this research focuses on studies in economics, investment in such projects.

Such issues as the source of the data in the study motives of the substance. In studying the problem, the type of scrap waste from the industries to continue to reduce the mass industry. Byproduct is heat energy arising from the coming generation. The substance of this dissertation Study of steam turbine technology selected, talented new sintering a value-added approach to investment in such projects. Which are so high that the investment funds. The substance of this thesis focuses on factors of risk in investing in projects that fit these technology systems. According to study of the costs and benefits of the project cash flow statements then. Assess the cost-effectiveness of the project and all of the criteria have been made to discount cash flows is the current value. By determining the appropriate discount rate and is consistent with the risk of an investment with the weighted average cost of capital at 10.38 percent, which can calculate the criteria for financial decisions, is the project's net present value (NPV).

Equals 204,687,625 baht, internal rate of return (IRR) project is equal to the percent of 16.71% and sensitivity analysis. If the price of raw materials has been changed per cent ? 15 based on the purchase price of the raw material price 800 baht per ton effective decisions when considered in making an investment decision, found that the NPV values that have a value greater than zero, the value and IRR is greater than WACC therefore investment in biomass power plant project, the size does not exceed 10 megawatts, using the wood from the trees eucalyptus as a primary fuel, so there is value in investment.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature .....
Academic Year:	2018	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน เป็นอย่างสูงที่ช่วยให้ความรู้ ให้คำแนะนำต่างๆ อย่างดี ตลอดระยะเวลาในการทำวิจัยนี้ ให้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ประธานกรรมการ และคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์ ทุกท่านที่เสียสละเวลาในการสอบสารนิพนธ์นี้ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อความสมบูรณ์ของสารนิพนธ์นี้ ขอขอบพระคุณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บัณฑิตวิทยาลัย และหลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน คณาจารย์ในหลักสูตรที่ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ช่วยในการนี้สำเร็จลุล่วงอย่างดี

รัฐศาสตร์ วรรณเศวต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการศึกษา 7

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

ขอบเขตการศึกษา 8

ขั้นตอนกระบวนการวิจัย 8

วิธีการศึกษา 8

การวิเคราะห์ข้อมูล 9

สภาพทั่วไปของโครงการ 11

ปริมาณการใช้เศษไม้ในโรงไฟฟ้าชีวมวล 12

นิยามศัพท์ 30

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34

ทฤษฎีการวางแผนและการวิเคราะห์โครงการ 34

การวิเคราะห์โครงการทางด้านเทคนิค 36

การวิเคราะห์โครงการทางด้านการเงิน 38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ความไว 40
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 40
นิยามความสำเร็จของโรงไฟฟ้าชีวมวล 42
บทที่ 3 ความรู้ทั่วไปของโครงการ 43
สภาพทั่วไปของต้นยูคาลิปตัส 43
การนำชีวมวลมาผลิตไฟฟ้า 46
เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล 47
เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล 47
การเผาไหม้ตรง (Direct Combustion) 50
ระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง 52
ระบบพัลเวอร์ไรซ์ (Pulverized) 53
ระบบไซโคลน (Cyclone) 54
ระบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized base) 55
หม้อไอน้ำ (Boiler) 55
บทที่ 4 ผลการศึกษา 69
ข้อสมมุติในการศึกษา 69
การคำนวณเงินทุนต้นทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก 70
ต้นทุนของโครงการ 73
ผลประโยชน์ของโครงการ 82
ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน 93
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 96
สรุปผลการศึกษา 96
ข้อเสนอแนะ 97
บรรณานุกรม 98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก 101
ภาคผนวก ก ระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก 102
ภาคผนวก ข อัตราค่าไฟฟ้าขายส่งให้ กฟน และ กฟภ 107
ภาคผนวก ค กระบวนการออกใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้าและใบอนุญาตอื่นที่เกี่ยวข้อง .. 108
ประวัติผู้เขียน 109

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ตามแผน 10 ปี พ.ศ. 2555 - พ.ศ. 2564 6
ตารางที่ 2 ข้อมูลด้านเทคนิคของโรงไฟฟ้าชีวมวล 13
ตารางที่ 3 รายละเอียดและจำนวนของอุปกรณ์หลักที่ใช้ในโรงไฟฟ้าชีวมวล 14
ตารางที่ 4 สรุปข้อมูลด้านการลงทุน 19
ตารางที่ 5 ค่าแรงงานในการดำเนินการผลิต 20
ตารางที่ 6 ต้นทุนการผลิตทางอ้อม 23
ตารางที่ 7 ต้นทุนการผลิตที่ผันแปร 24
ตารางที่ 8 ต้นทุนการซื้อวัตถุดิบรายปี 25
ตารางที่ 9 ต้นทุนการผลิตที่ผันแปร 26
ตารางที่ 10 ตารางสรุปต้นทุนในการดำเนินงานต่อปี (Operation Cost) 27
ตารางที่ 11 การวิเคราะห์คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง ของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสแบบประมาณ 45
ตารางที่ 12 ต้นทุนเงินทุนของโครงการและสัดส่วนเงินลงทุน 73
ตารางที่ 13 ต้นทุนการลงทุนงานโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ 73
ตารางที่ 14 ต้นทุนการดำเนินงานโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ 75
ตารางที่ 15 ผลตอบแทนของโครงการ 84
ตารางที่ 16 ประมาณการงบกระแสเงินสด 88
ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน 93
ตารางที่ 18 ตารางวิเคราะห์ความอ่อนไหว 94

Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ความต้องการใช้ไฟฟ้าตามผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ปี พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2560 2
ภาพที่ 2 การผลิตไฟฟ้าแยกตามชนิดของเชื้อเพลิง ม.ค. - มิ.ย 2561 3
ภาพที่ 3 ปริมาณการผลิต และปริมาณการสำรองก๊าซธรรมชาติ ปี พ.ศ. 2561 4
ภาพที่ 4 รูปแบบของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ 11
ภาพที่ 5 รูปแบบการวางผังของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ 15
ภาพที่ 6 รูปแบบการวางผังเครื่องจักรของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ 16
ภาพที่ 7 พื้นที่ตั้งโครงการของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ 17
ภาพที่ 8 แผนผัง โครงสร้าง องค์กร 21
ภาพที่ 9 แผนผัง ทรัพยากร โครงสร้าง 22
ภาพที่ 10 ตัวอย่างแบบฟอร์มการบำรุงรักษา 30
ภาพที่ 11 ลักษณะทั่วไปของต้นยูคาลิปตัส 43
ภาพที่ 12 แสดงตำแหน่งที่ตั้งโรงงานสับไม้ยูคาลิปตัส ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 46
ภาพที่ 13 แผนผังการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยเทคโนโลยีกังหันไอน้ำ 49
ภาพที่ 14 ลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบสโตกเกอร์แบบกระจาย 52
ภาพที่ 15 ลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง 53
ภาพที่ 16 ลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบพัลเวอร์ไรซ์ 54
ภาพที่ 17 ลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบไซโคลน 54
ภาพที่ 18 หม้อไอน้ำชนิดท่อไฟ 57
ภาพที่ 19 หม้อไอน้ำชนิดท่อน้ำ 58
ภาพที่ 20 หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านครั้งเดียวตลอด 58
ภาพที่ 21 หม้อไอน้ำความร้อนทิ้ง 59
ภาพที่ 22 เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น 60

ภาพที่ 23 แสดงการทำงานของของกังหันไอน้ำแบบ Impulse turbine และ reaction turbine... 62
ภาพที่ 24 กังหันไอน้ำ 63
ภาพที่ 25 วัฏจักรทางทฤษฎีและ กราฟ T-S ของ วัฏจักร แรงคีน 64
ภาพที่ 26 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 65
ภาพที่ 27 ทิศทางแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำลักษณะอนุกรมกัน 67
ภาพที่ 28 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงคอมมิวเตเตอร์ 68
ภาพที่ 29 ประมาณการงบกระแสเงินสด 92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

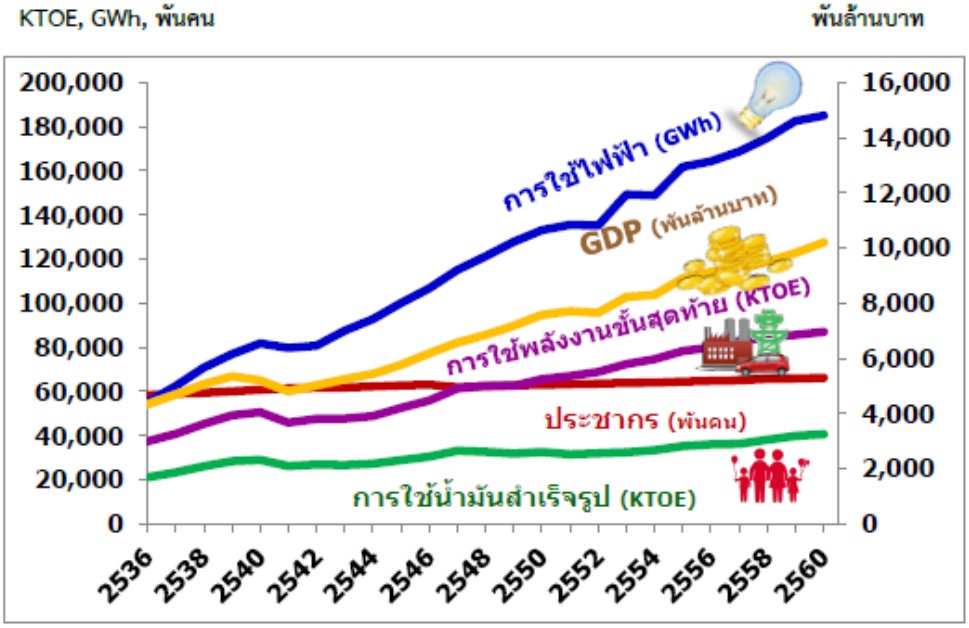
บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง เกิดจากแหล่งพลังงานที่ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน แหล่งพลังงานที่นำมาใช้เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือ พลังน้ำ พลังความร้อน พลังกังหัน พลังจากเครื่องยนต์ดีเซล และพลังงานธรรมชาติ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานความร้อนใต้พิภพ ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจะนำพลังงานจากแหล่งต่างๆ มาเป็นวัตถุดิบใส่เข้าไปในโรงงานผลิต (Plant) ซึ่งเป็นตัวกลางทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานวัตถุดิบให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เรียกว่า โรงงานผลิตกำลังไฟฟ้า (Electric Power Plant) หรือโรงไฟฟ้า (Power Plant) แหล่งพลังงานที่นำมาผลิตไฟฟ้าสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ 1. พลังงานฟอสซิล อาทิเช่น ถ่านหิน/ลิกไนต์ ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันดิบ และน้ำมันสำเร็จรูป เป็นต้น และ 2. พลังงานหมุนเวียน อาทิเช่น แสงอาทิตย์ ลม น้ำ พลังงานชีวมวลก๊าซธรรมชาติ ขยะ พลังงานความร้อนใต้พิภพ และคลื่นเป็นต้น

พลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาพื้นฐานทางเศรษฐกิจ เพื่อสนับสนุนให้มีการพัฒนาในสาขาเศรษฐกิจในด้านอื่นๆ ในด้านอุตสาหกรรม ธุรกิจ การเกษตร การสื่อสารและการบริการต่างๆ ให้สามารถขยายตัวไปได้อย่างรวดเร็ว ถ้าหากประเทศไทยมีความมั่นคงทางด้านแหล่งพลังงาน ราคาไฟฟ้าที่เหมาะสม มีคุณภาพและมาตรฐานที่สูง เหล่านี้จะเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างความมั่นใจให้นักลงทุนเข้ามาลงทุน หรือขยายงานต่อไป การใช้พลังงานไฟฟ้าจึงถือเป็นตัวชี้วัดทางอ้อมด้านเศรษฐกิจ ยิ่งตัวเลขผลิตภัณฑ์ มวลรวมในประเทศ (Gross Domestic Product-GDP) มากขึ้น ก็ยิ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น การมีพลังงานที่เพียงพอและมีราคาที่สามารถหาซื้อได้ มีส่วนสำคัญในการช่วยลดปัญหาความยากจน พัฒนาสวัสดิการทางสังคมให้แก่ประชาชน และช่วยยกระดับมาตรฐานการครองชีพ จะเห็นได้จากความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานไฟฟ้าและผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ซึ่งมีการขยายตัวในลักษณะเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



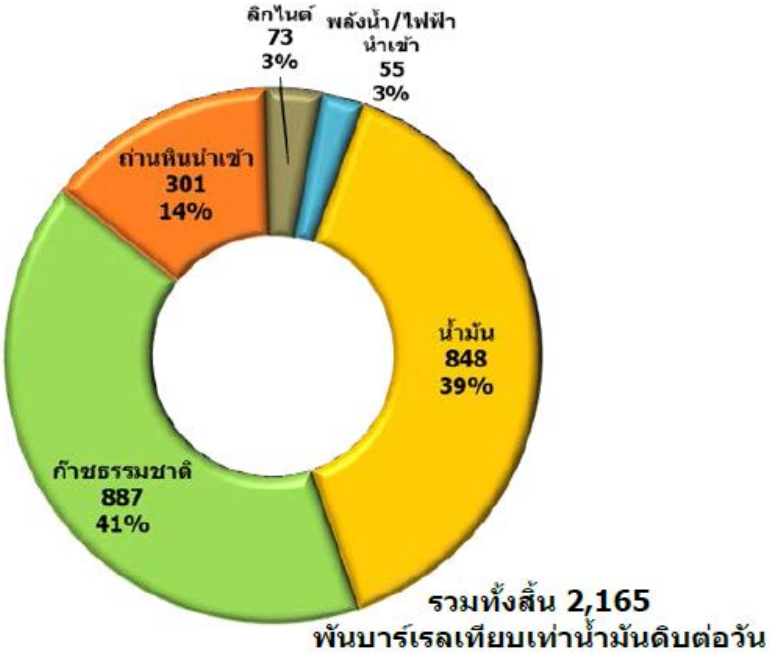
ภาพที่ 1 ความต้องการใช้ไฟฟ้าตามผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ปี พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2560
ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2561)

ด้วยเหตุนี้ การผลิตไฟฟ้าจึงต้องมีการวางแผนและดำเนินการให้สอดคล้องกับความต้องการใช้ไฟฟ้า เพื่อรองรับการขยายตัวของประชากร และการขยายตัวของเศรษฐกิจ ในปี พ.ศ. 2561 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของไทยเท่ากับ 185,066 กิกะวัตต์ - ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 14% เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2560 และตามแผนพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าของภาครัฐ ความต้องการใช้ไฟฟ้าของไทยในปี พ.ศ. 2555 - 2573 จะเพิ่มจาก 175,069 กิกะวัตต์ - ชั่วโมง เป็น 346,767 กิกะวัตต์ - ชั่วโมง ในปี พ.ศ. 2573 โดยเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 4.13 ต่อปี ซึ่งตั้งอยู่บนสมมติฐานการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) ระหว่างปี พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2560 เพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 4.4 ต่อปี (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2561) ดังแสดงในภาพที่ 1

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สำหรับเชื้อเพลิงที่นำมาผลิตไฟฟ้านั้นคำนึงถึงการที่ต้องมีแหล่งสำรองเชื้อเพลิงที่มีปริมาณเพียงพอและแน่นอน มีการกระจายแหล่งและชนิดของเชื้อเพลิง เพื่อลดความเสี่ยงในการจัดหามีราคาที่เหมาะสมและมีเสถียรภาพ เมื่อนำมาผลิตไฟฟ้าแล้วสามารถควบคุมมลพิษให้อยู่ในมาตรฐานและต้องใช้ทรัพยากรพลังภายในประเทศที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด ประเทศไทยได้มีการสำรวจพบแหล่งก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย และนำมาใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 โดยนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า และในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อทดแทนการใช้ถ่านหิน และน้ำมันเตา ซึ่งมีราคาสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ขณะเดียวกันต้องเผชิญความผันผวนของราคาน้ำมันตลอดโลก ซึ่งเสี่ยงต่อความมั่นคงของพลังงาน กระทรวงพลังงาน, ม.ป.ป.) เนื่องจากก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดสำหรับโรงไฟฟ้า เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกว่าโรงไฟฟ้าพลังงานก๊าซธรรมชาติดีกว่าโรงไฟฟ้าพลังงานถ่านหินและน้ำมัน เนื่องจากมีต้นทุนการลงทุนที่ต่ำกว่า และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก

สำหรับประเทศไทยข้อมูล ตั้งแต่ ม.ค. - มิ.ย 2561 ไทยใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไฟฟ้าเป็นสัดส่วนที่มากถึงร้อยละ 41 ดังแสดงในภาพที่ 2

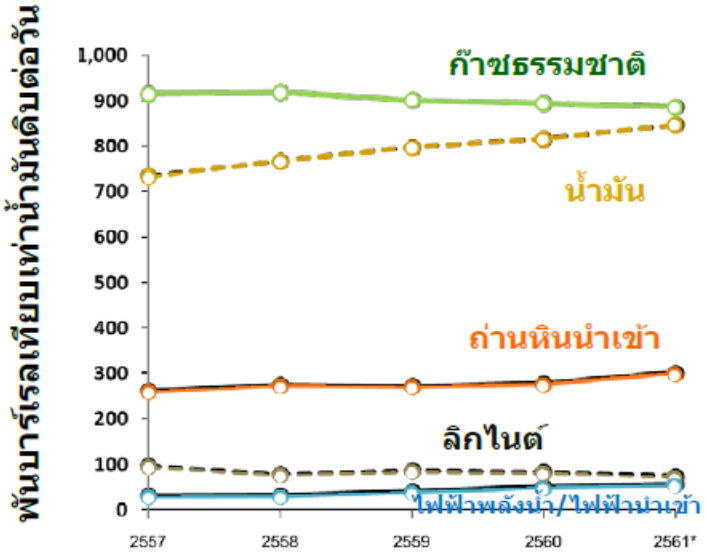


ภาพที่ 2 การผลิตไฟฟ้าแยกตามชนิดของเชื้อเพลิง ม.ค. - มิ.ย 2561

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนพลังงาน (2561)

การที่ประเทศไทยมีความต้องการก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าเป็นสัดส่วนที่สูงกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น และมีความต้องการอย่างต่อเนื่อง ทำให้ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่สามารถจัดหาได้จากแหล่งในประเทศไม่เพียงพอ ส่งผลให้ต้องนำเข้าก๊าซธรรมชาติจากแหล่งยานาดา และเยตากุนของ

สหภาพพม่า มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 รวมทั้งมีการผลิตและนำเข้าก๊าซธรรมชาติจากพื้นที่การผลิตร่วมไทยมาเลเซียเมื่อปี พ.ศ. 2551 และล่าสุดในเดือน พ.ค. 2554 ได้นำเข้าก๊าซธรรมชาติในรูปก๊าซเหลว (Liquefied Natural Gas: LNG) ถ้าประเทศไทยยังขุดก๊าซในปริมาณที่เทียบเท่ากับปัจจุบันคือ ปีละ 1 ล้านลูกบาศก์ฟุต แต่ไม่มีการขุดพบปริมาณสำรองเพิ่ม ประเทศไทยจะเหลือก๊าซธรรมชาติไว้ใช้ในประเทศอีก 10 ปีเท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ปริมาณการผลิต และปริมาณการสำรองก๊าซธรรมชาติ ปี พ.ศ. 2561

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนพลังงาน (2561)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากสภาวะดังกล่าวข้างต้น ทำให้ประเทศไทยมีความเสี่ยงด้านพลังงานจากการพึ่งแหล่งเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสูงมาก ซึ่งเป็นความเสี่ยงต่อภาคการผลิตไฟฟ้าของประเทศ และความเสี่ยงจากการที่กำลังไฟฟ้าสำรองอยู่ในระดับต่ำลงจากความต้องการใช้ไฟฟ้าต่อปีที่เพิ่มสูงขึ้น ในระยะยาวแล้ว ประเทศไทยต้องสร้างเสริมความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ โดยต้องมีกำลังผลิตไฟฟ้าสำรองไม่ต่ำกว่าร้อยละ 15 ของความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ด้านการพัฒนาพลังงานทดแทน และโรงไฟฟ้าชีวมวลก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่สำคัญ ดังนั้นเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลัง กระทรวงพลังงานร่วมกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จึงจัดทำแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553 - 2573 (Thailand Power Development Plan 2010 - 2030; PDP 2010) เพื่อเป็นแผนจัดหาไฟฟ้าในระยะยาวให้เพียงพอต่อการพัฒนาประเทศ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม และภาครัฐได้มีการปรับปรุงแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย PDP 2010 เป็นฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 โดยได้พิจารณานโยบายด้านพลังงาน ที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้ามีประเด็นสำคัญดังนี้

1. แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี คือ “นโยบายจะลดระดับการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมลงร้อยละ 25 ภายใน 20 ปี (ฑ.ศ.2554 - พ.ศ.2573)” มีผลค่าพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศลดลง เนื่องจากมีการสนับสนุนการประหยัดพลังงานและการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

2. แผนพัฒนาพลังงานทดแทน และพลังงานทางเลือก ร้อยละ 25 ใน 10 ปี (พ.ศ.255-2564) (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2012-2021) กล่าวคือ “นโยบาย จะใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก เพื่อไปทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลให้ได้อย่างน้อยร้อยละ 25 ภายใน 10 ปี” จะทำให้จำนวนโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลบางส่วน เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ฯลฯ ถูกกำหนดทดแทนด้วยโรงไฟฟ้าประเภทพลังงานหมุนเวียนจากแผนพัฒนาพลังงาน และพลังงานทางเลือก 10 ปี ของกระทรวงพลังงาน จะมีโครงการไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2564 สรุปตามประเภทของเชื้อเพลิง ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1 โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ตามแผน 10 ปี พ.ศ. 2555 - พ.ศ. 2564

พลังงานหมุนเวียนใหม่ตามประเภทของเชื้อเพลิง	**กำลังการผลิต หน่วย: เมกะวัตต์**
พลังงานแสงอาทิตย์	1,806.40
พลังงานลม	1,774.30
พลังงานน้ำ (ในประเทศไทย และรับจากต่างประเทศ)	3,061.40
ชีวมวล	2,378.70
ก๊าซชีวมวล	22.1
ขยะ	334.5
รวม	**9,377.40**

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนพัฒนาพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2561)

จากตัวเลขในตารางที่ 1 เพื่อให้เป็นไปตามแผนพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกร้อยละ 25 ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555 - 2564) กำหนดเป้าหมายให้โรงงานไฟฟ้าชีวมวลในการผลิตไฟฟ้าให้ได้ 2,378.70 เมกะวัตต์ ภายในปี 2564 ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญให้โรงไฟฟ้าชีวมวลมีความสำคัญ และมีสัดส่วนสูงในโครงการโรงฟ้าพลังงานหมุนเวียน

พลังงานหมุนเวียน หมายถึงพลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติ เมื่อใช้ไปแล้วสามารถผลิตทดแทนได้ใหม่ในระยะเวลาสั้น เช่น พลังงานคลื่นทะเล พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานจากก๊าซชีวมวลและเซลล์เชื้อเพลิง เป็นต้น เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีอุตสาหกรรมแปรรูปสินค้าเกษตรมากมาย เช่น ข้าว อ้อย ยางพารา ปาล์ม มันสำปะหลัง และสับปะรด เป็นต้น ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเหล่านี้เป็นอินทรีย์สารที่เรียกว่าชีวมวล (Biomass) ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ปัจจุบันพลังงานชีวมวลที่ใช้กันอยู่นั้นมาจากเทคโนโลยีการผลิตที่หลากหลาย เช่น การเผาไหม้ในอากาศปกติเพื่อให้ได้พลังงานความร้อน หรือเผาไหม้ในอุปกรณ์ที่จำกัดอากาศเพื่อให้ได้ก๊าซเชื้อเพลิง การหมักแบคทีเรียเพื่อให้ได้ก๊าซชีวมวล และการผ่านกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้เชื้อเพลิงเหลว เช่นเอทานอลหรือไบโอดีเซล

วัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าชีวมวลคือ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งมีอยู่มากแต่อยู่กระจัดกระจาย รวบรวมได้ยาก เช่น เศษไม้ ยอดอ้อย กะลามะพร้าว ซังข้าวโพด และบางส่วนมีราคาสูงขึ้นจนไม่คุ้มกับการดำเนินงาน เนื่องจากวัตถุดิบ เช่น แกลบ หรือเศษไม้สามารถนำไปแปรรูป หรือขายไปใช้ในงานประเภทอื่นที่มีราคาสูงกว่า เช่น การทำแกลบเผา การทำถ่าน เป็นต้น ดังนั้น ต้นทุนการรวบรวมเศษวัสดุเหลือใช้ก็เป็นปัญหาหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้นกว่าที่คาดการณ์ไว้ นอกจากนี้พืชผลทางการเกษตรมีปริมาณที่ไม่แน่นอน เพราะพืชแต่ละชนิดปลูกตามฤดูกาล และผลผลิตที่ได้ก็ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ในขณะเดียวกัน เพราะพืชแต่ละชนิดของผลผลิตไปตามความต้องการของตลาด

ซึ่งในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี มีเกษตรกรปลูกต้นยูคาลิปตัสเพื่อส่งขายให้บริษัทที่ทำการแปรรูป เพื่อส่งเข้าขายในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษแหล่งใหญ่ในพื้นที่ โดยพื้นที่มีศักยภาพการปลูกประมาณ 66,106 ไร่ ซึ่งผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ 113,116 ตัน สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวลได้สำหรับโรงไฟฟ้าขนาดไม่เกิน10 เมกะวัตต์ จากเหตุผลดังกล่าว การศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดให้พื้นที่โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลตั้งอยู่ที่จังหวัดอุดรธานี เพื่อศึกษาการลงทุนในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลเป็นการลงทุนที่จะต้องใช้เงินลงทุนสูง และนักลงทุนต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนให้ชัดเจนก่อนการตัดสินใจลงทุนในโครงการ

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปของการใช้เศษต้นยูคาลิปตัส เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลไม่เกิน 10 เมกะวัตต์
2. เพื่อศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนสร้างโรงงานไฟฟ้าชีวมวลไม่เกิน 10 เมกะวัตต์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ผู้ลงทุนนำผลที่ได้จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลจากยูคาลิปตัสไปประกอบการพิจารณาการลงทุน
2. ภาคราชการสามารถนำข้อมูลจากการศึกษาไปใช้ในการวางแผนส่งเสริมการปลูกยูคาลิปตัสเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล
3. สถาบันการเงินใช้เป็นข้อมูลประกอบในการพิจารณาสินเชื่อในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์
4. เพื่อสร้างมูลค่าแก่วัสดุที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและลดค่าใช้จ่ายในการหาวัตถุดิบ
5. เป็นการอนุรักษ์พลังงานโดยการใช้วัตถุดิบที่มีอยู่อย่างมีประโยชน์ในด้านพลังงานทดแทน

ขอบเขตการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษาการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล เป็นพื้นที่ อ.สร้างคอม จ. อุดรธานี พื้นที่ส่วนตัว 25 ไร่โดยประมาณ พื้นที่ติดกับทางหลวงแผ่นดิน 2329 เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่เกษตรมีการปลูกต้นยูคาลิปตัสประมาณ 1,500 ไร่ เป็นพื้นที่อยู่ใกล้วัตถุดิบ ในอำเภอที่ใกล้เคียง และโรงงานที่รับซื้อวัตถุดิบ
2. ศึกษาโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ในด้านความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคของการใช้เทคโนโลยี ระบบกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) โดยใช้เศษของเสียจากการผลิตจากการตัดเศษไม้ยูคาลิปตัส เป็นเชื้อเพลิงตามปริมาณวัตถุดิบในปัจจุบัน เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าและจำหน่ายให้แก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในรูปแบบผู้ผลิตโรงงานไฟฟ้าขนาดเล็กมาก

ขั้นตอนกระบวนการวิจัย

1. ศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการตลาด
2. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและรายละเอียดที่เกี่ยวข้องด้านบริหารการจัดการ
3. ศึกษาข้อมูลด้านเงินลงทุนระบบโรงไฟฟ้าชีวมวลแบบสตีมเทอร์ไบน์ CAPEX (Capital Expenditure) ค่าใช่จ่ายในการดำเนินการ OPEX (Operating Expenses) รายได้จากขายไฟฟ้า (Electricity Sales)
4. ศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนการประเมินต้นทุนทางการเงิน โดยแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์
5. การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ของโครงการ
6. สรุปผลและเสนอแนะ

วิธีการศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ได้จากการรวบรวมข้อมูล จากเอกสาร หนังสือ และเว็บไซต์ของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบไปด้วยสภาพทั่วไปของยูคาลิปตัส รวบรวมข้อมูลจากกรมวิชาการเกษตร และกรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ในด้านข้อมูลการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีสตีมเทอร์ไบน์ รวบรวมข้อมูลจากโครงการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล สำนักงานการส่งเสริมการถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรมพัฒนาพลังทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วยดังนี้

1. การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) เป็นการศึกษาเพื่อตอบวัตถุประสงค์ในข้อที่ 1 และ 2 และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือสถิติอย่างง่าย เช่น ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และนำเสนอด้วยการเขียนบรรยายโดยมีรูปภาพประกอบ โดยการศึกษาเชิงพรรณนาจะแบ่งเนื้อหาที่จะทำการศึกษาประกอบไปด้วย

1.1 ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค เพื่อการศึกษาการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีสตีมเทอร์ไบน์ คือกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง ประเภทเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิง การประยุกต์ใช้แก๊สเชื้อเพลิง และเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า

2. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Method) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลโยอาศัยเครื่องมือทางด้านการเงินมาใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ การประมาณการงบกระแสเงินสด (Cash Flow) การคำนวณค่าต้นทุนเงินเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average Cost of Capital: WACC) การประเมินค่าโครงการลงทุน จะใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจลงทุนในการสร้างโรงไฟฟ้าว่า มีความคุ้มค่าที่จะลงทุนหรือไม่ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในข้อ 1 และ ข้อ 2 โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

2.1 การกำหนดอัตราคิดลดที่เหมาะสม ให้สอดคล้องกับความเสี่ยงของโครงการ ในนี้ใช้เป็นต้นทุนเงินถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average Cost of Copital: WACC) เป็นอัตราคิดลด เนื่องจากเป็นการลงทุนของเอกชนที่มีแหล่งเงินทุนเป็นต้นทุนในการดำเนินโครงการ

$$WACC = (W_e \times K_e) + [W_d \times K_d \times (1 - Tax)]$$

W = สัดส่วนเงินลงทุนส่วนของเจ้าของโครงการ

K = ต้นทุนเงินลงทุนของเจ้าของโครงการ

W = สัดส่วนเงินลงทุนจากการกู้ยืม

K = ต้นทุนเงินลงทุนจากการกู้ยืมเงิน

TAX = อัตราภาษีเงินได้นิติบุคคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลตอบแทน (Net Present Value: NPV) คือ มูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนสุทธิหรือกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งการคำนวณด้วยการทำสัดส่วนลดกระแสผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุของโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน คือคำนวณหา NPV จากความแตกต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนรวม และมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุนรวม ทำการกำหนดระยะเวลาโครงการ (t) เริ่มต้นไว้ที่ 0 เพื่อเป็นการกำหนดเงินลงทุนไว้ต้นปี เพื่อป้องกันการขาดสภาพคล่องของโครงการ โดยหลักเกณฑ์การตัดสินใจคือ ควรรับหรืออนุมัติเมื่อ NPV มากกว่า 0 หรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการมีความเหมาะสมที่ลงทุนได้ แต่ถ้า NPV ของโครงการติดลบ หรือมีค่าต่ำกว่า 0 หรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการมีความเหมาะสมที่จะลงทุนได้ แต่ถ้า NPV ของโครงการติดลบหรือต่ำกว่าศูนย์ ไม่ควรรับหรืออนุมัติโครงการ

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{NB_t}{(1+WACC)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{IC_t}{(1+WACC)^t}$$

NB = ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงาน

IC = ต้นทุนการลงทุนของโครงการ

WACC = ต้นทุนเงินทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก

T = ระยะเวลาโครงการ (0,.....1,...., n)

N = อายุของโครงการเป็นปี

2.3 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) คือ ผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปีเป็นร้อยละของโครงการ อัตราผลตอบแทนในกระบวนการคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ โดยที่ IRR คืออัตราส่วนลดภายในโครงการหรือก็คืออัตราผลตอบแทนที่โครงการได้รับจากการลงทุนไป หลักการตัดสินใจคือ รับทุกโครงการที่ค่า IRR เท่ากับหรือสูงกว่าต้นทุนของเงินทุนถัวเฉลี่ยน้ำหนัก จึงจะตัดสินใจลงทุนในโครงการนั้นๆ

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

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

NB = ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงาน

IC = ต้นทุนการลงทุนของโครงการ

R = IRR

T = ระยะเวลาโครงการ (0,....1,..., n)

N = อายุของโครงการเป็นปี

สภาพทั่วไปของโครงการ

โครงการความเป็นไปได้ทางการเงินในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ ณ ตำบลสร้างคอม อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี โดยการนำเศษไม้ยูคาลิปตัสของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตนำมาเป็นเชื้อเพลิงหลัก ผลิตไฟฟ้าขายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ตามระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (Very Small Producer: VSPP) พื้นที่โรงไฟฟ้าชีวมวลมีเนื้อที่ 25 ไร่ ซึ่งประกอบไปด้วย ลานตากชีวมวลพื้นที่ 10 ไร่ อาคารรับชีวมวล 15 ไร่ ซึ่งประกอบไปด้วย พื้นที่แปรรูปและจัดเก็บเชื้อเพลิง ส่วนผลิตก๊าซเชื้อเพลิง และส่วนผลิตไฟฟ้า โดยอาคารรับชีวมวลพื้นที่ 15 ไร่ ดังแสดงในภาพจำลองที่ 4

ภาพที่ 4 รูปแบบของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปริมาณการใช้เศษไม้ในโรงไฟฟ้าชีวมวล

ชีวมวลที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัสไม้ยูคาลิปตัสจะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษเป็นส่วนใหญ่ โดยผลผลิตของไม้ยูคาลิปตัสทั้งประเทศ มีปริมาณรวม 6.8 ล้านตันต่อปี มีชีวมวลเกิดขึ้น คือ ไม้ฟืน และเปลือกไม้ โดยไม้ฟืนจะถูกนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า สำหรับเปลือกไม้จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน แต่ยังมีปริมาณการใช้งานน้อย เมื่อประเมินจำนวนของชีวมวลคงเหลือ พบว่าจะมีไม้ฟืนคงเหลือเท่ากับ 0.57 ล้านตัน คิดเป็นพลังงานความร้อน 167 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 63.5 MW สำหรับเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีปริมาณคงเหลือ 0.61 ล้านตัน คิดเป็นพลังงานความร้อน 186 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 70.5 MW ค่าเฉลี่ยความร้อนที่ 18 เมกะจูลต่อกิโลกรัม (MJ/kg) ของชีวมวลของไม้เมื่อนำมาคำนวณหาปริมาณ ความต้องการของงานวิจัยนี้ จะได้ปริมาณความต้องการ (Feed Stock) 450 ตันต่อวันโดยประมาณ แล้วจะได้ปริมาณความต้องการที่มีค่าความชื้นร้อยละ 75.8 ซึ่งจะได้ปริมาณไฟฟ้าไม่เกิน 10 MW พบว่าพอเพียงต่อการใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าของโครงการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลด้านเทคนิคของโรงไฟฟ้าชีวมวล

No	Technical Data	Specification
	General Information	
1.00	Electrical Net Output	Maximum of Net Output (Not more than) / 10 MW
2.00	Feed Stock / Material Consumption	Wood Chip 2 - 3 cm / 650 Ton/day
	Auxiliaries Plant	
1.00	Turbine	1 x 9.9 MW Steam Turbo-Generator
1.10	Steam Turbine Type	Single Casing Turbine
	Trip valve for live steam with built-in steam strainer	Medium Operated
	Control valve(s) for live steam	Hydraulic Oil Operated
	Jacket-type insulation for Turbine	Hot Insulation - EJ 1650
1.20	Gearbox	Single reduction, double helical speed reducing gear box
1.30	Turning gear	Turning Gear placed on Gear Box with electric motor and with auto engage / disengage and arrangement with hand barring facility
No	**Technical Data**	**Specification**
2	Generator	Four Pole generator 11.25MVA, 9.90MW, 11KV+/-10%, 50Hz+/-5%, Combined Voltage and Frequency Variation shall be 10% (Absolute), 0.80 p.f (lag) to 0.95 (lead) & reactance value & SCR as per OEM
3	Steam Boiler	
	Boiler Maximum capacity (MCR)	45 TPH
	Working steam pressure	68 bar(a)
	Working steam temperature	485 Degree C
	Combustion type	Fire Tube
	Component System	
	Economizer	
	Superheater	
	Feed Water System	
	Chemical Dosing Unit	
	Flue gas and air duct & supports and hangers	
	Chimney	
	Soot-Water	
	Insulation & Painting	
	De-aerator & Feed water storage tank	
	Environment	
	Cooling Water System	Closed cooling tower
	Water Consumption	240 m3/day
	Source of raw water	Private Pond / PWA (Provincial Waterworks Authority)
	Air Quality Control System	Wet Scrubber
	Ash Disposal System	Landfill

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

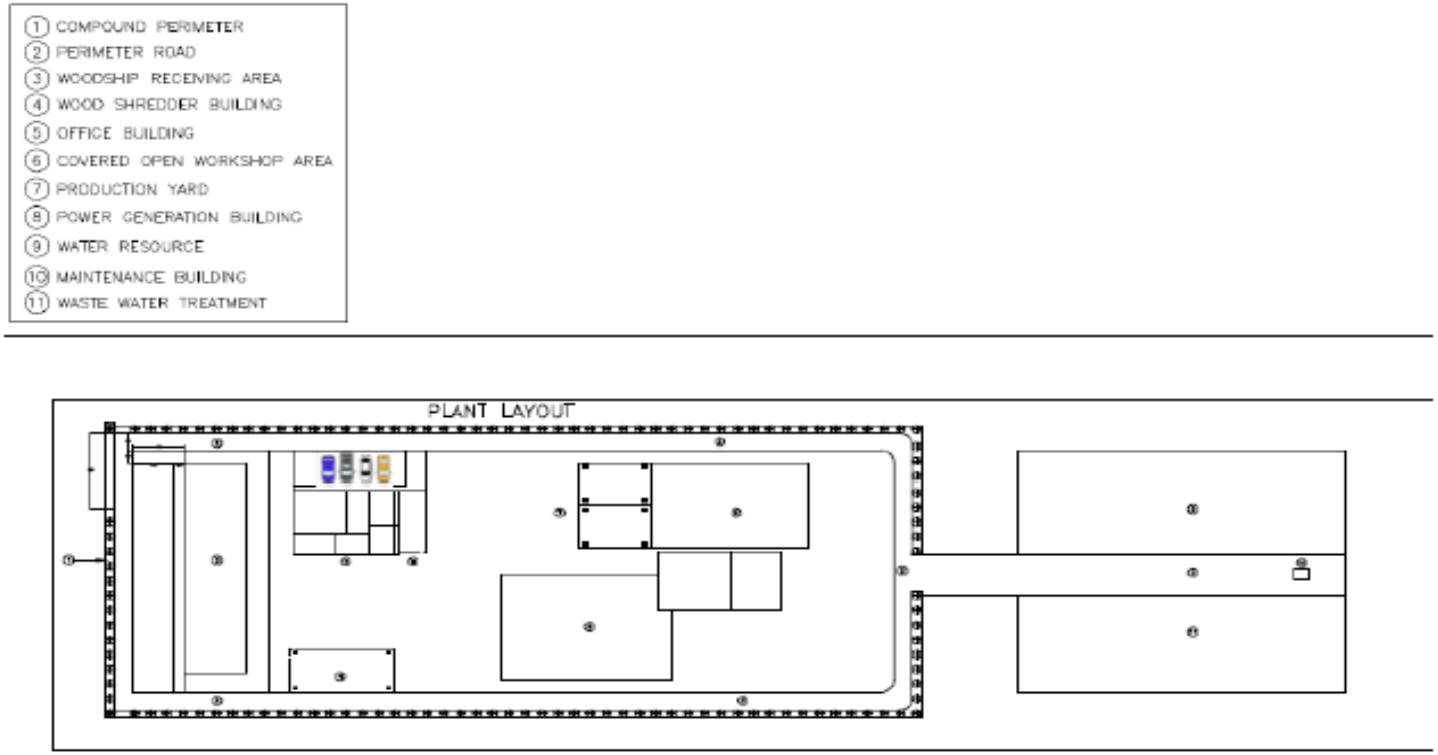
ตารางที่ 2 ข้อมูลด้านเทคนิคของโรงไฟฟ้าชีวมวล

รายละเอียดและจำนวนของอุปกรณ์หลักที่ใช้ในโรงไฟฟ้าชีวมวล
(List of Machine and Equipments)

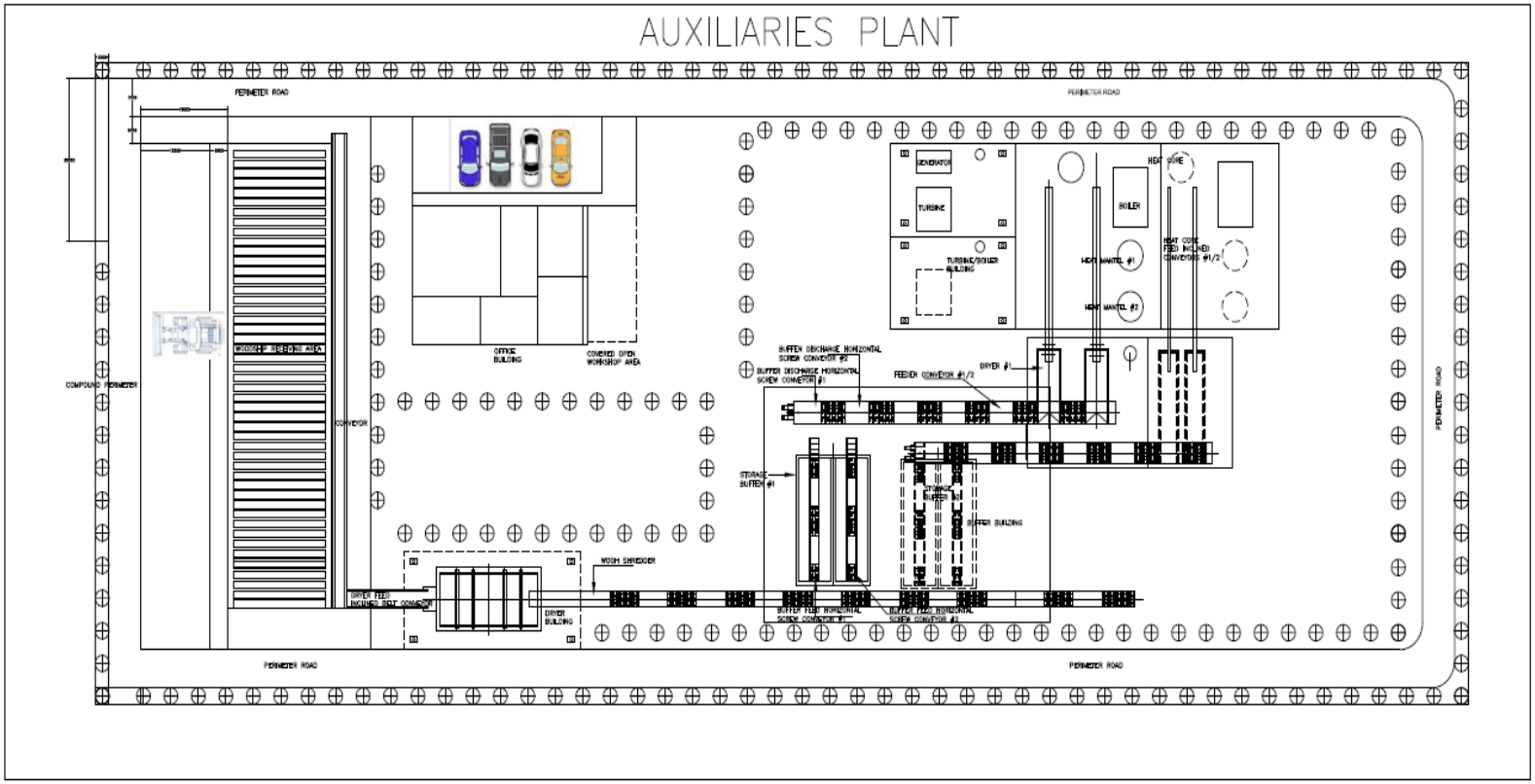
MACHINE & EQUIPMENT LIST	Q'ty
FUEL HANDIN, & STORAGE	1
STREAM BOILER UNIT & AUXILIARY SYSTEM	1
STEAM TURBINE & AUXILIARY EQUIPMENT:	1
GENERATOR SYSTEM	1
COOLING WATER SYSTEM	1
RAW WATER TREATMENT PLANT	1
DEMINERALISED WATER TREATMENT PLANT	1
COOLING WATER SIDESTREAM FILTRATION SYSTEM	1
WASTEWATER NEUTRALISATION SYSTEM	1
BALANCE OF PLANT	1
ELECTRICAL SYSTEM	1
INSTUMENTATION	1
CONTROL SYSTEM	1
FIRE FIGHTING PUMP	1

ตารางที่ 3 รายละเอียดและจำนวนของอุปกรณ์หลักที่ใช้ในโรงไฟฟ้าชีวมวล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 5 รูปแบบการวางผังของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์



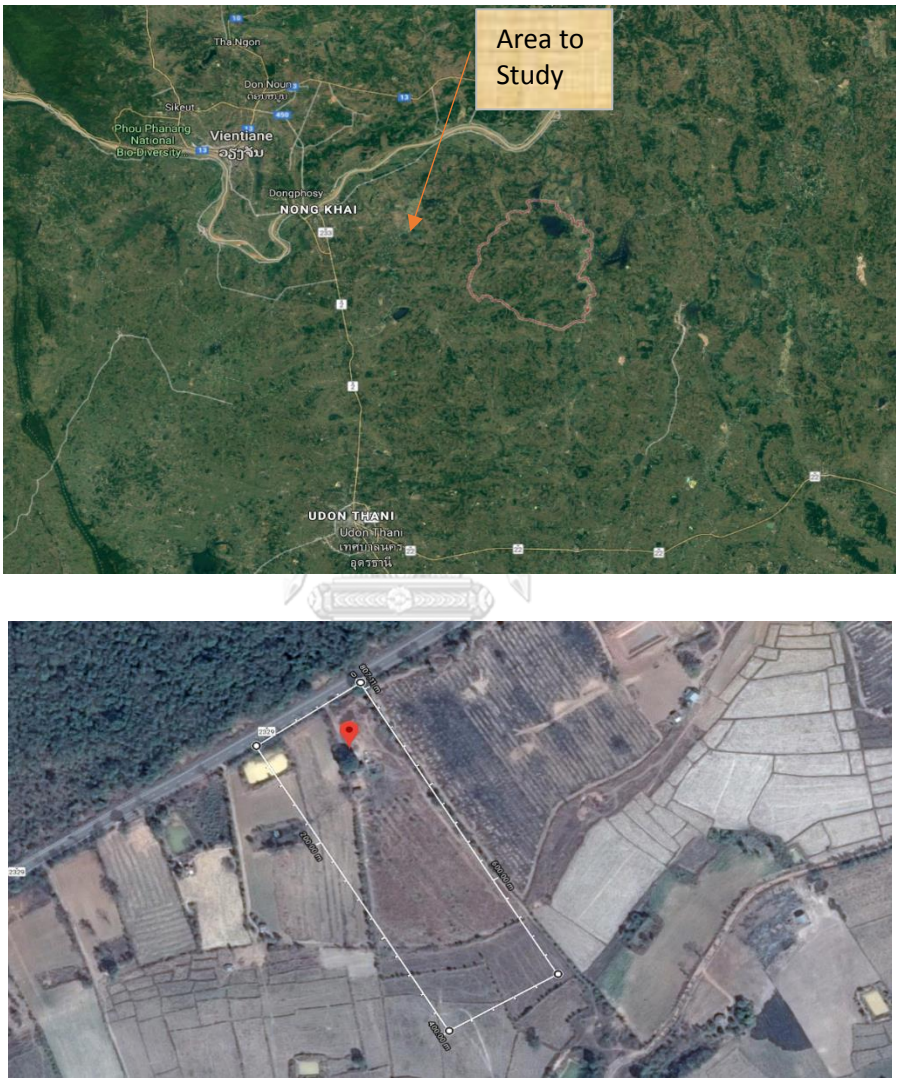
ภาพที่ 6 รูปแบบการวางผังเครื่องจักรของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์

พื้นที่ตั้งโครงการ

พื้นที่โครงการ: 2329 Sub-district: Ban Khok District: Sang Khom Province: Udonthanee 41260

ตำแหน่ง 17°46'49.5"N 102°59'27.1"E

ขนาดพื้นที่: 25 Rais (W = 100 m x L = 400m)



ภาพที่ 7 พื้นที่ตั้งโครงการของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์

ในการดำเนินงานมีต้นทุนแบ่งเป็นสองประเภท คือ ต้นทุนในการลงทุน (Investment cost) และต้นทุนในการดำเนินงาน (Operation Cost) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ต้นทุนในการลงทุน (Investment cost) คือ ค่าใช้จ่ายที่ในการลงทุนในสินทรัพย์ถาวรโดยทำให้โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลสามารถดำเนินการ รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 400,045,435.00 บาท ประกอบด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ITEM	DESCRIPTION	Q'ty	Unit	THB AMOUNT	Total
	EPC - Building & Equipment				
1	Drier and Size Reduction	1.00	M/C	3,500,000.00	3,500,000.00
2	Ash Handling Machine	120.00	LM	35,000.00	4,200,000.00
3	Turbine/Generator	1.00	Set	61,200,000.00	61,200,000.00
	Steam Turbine				
4	Boiler Package (P68bara,485 C,LHV 87%)	1.00	Set	230,000,000.00	230,000,000.00
5	Piping Process with Jecket Insulation	250.00	LM	55,000.00	13,750,000.00
6	Off Gas Treatment Unit	1.00	Set	12,000,000.00	12,000,000.00
7	Air Instrumentation and Electrics	1.00	Lot	25,000,000.00	25,000,000.00
8	Buildings and Foundations	1.00	Job	12,000,000.00	12,000,000.00
9	Export connection (Grid)	1.00	Job	2,000,000.00	2,000,000.00
10	Water Treatment System	1.00	Job	4,600,800.00	4,600,800.00
11	Cooling Tower System	1.00	Job	2,577,582.00	2,577,582.00
12	Permanance Fence	1.00	Job	6,022,053.00	6,022,053.00
13	Utility & Facility	1.00	Job	4,000,000.00	4,000,000.00
	Total Cost - EPC				**376,850,435.00**
	Property & Asset				
13	Land Purchase	25.00	Rai	85,000.00	2,125,000.00
14	Land Purchase Expenses	1.00	Job	100,000.00	100,000.00
	Total Cost - Property & Asset				**2,225,000.00**
	License & Permit				
16	Power Purchasing Agreement	1.00	Job	50,000.00	50,000.00
17	Initial Environmental Examination	1.00	Job	350,000.00	350,000.00
18	Power Purchasing Permit	1.00	Job	10,000.00	10,000.00
19	Consultant Fee	1.00	Job	550,000.00	550,000.00
20	Bank Fee	1.00	Job	15,000,000.00	15,000,000.00
21	Construction All Risk (CAR)	1.00	Job	4,000,000.00	4,000,000.00
22	Machnine & Vehicle	1.00	Job	1,000,000.00	1,000,000.00
	Total Cost - License & Permit				**20,960,000.00**
	TOTAL-CAPEX				**400,035,435.00**

ตารางที่ 4 สรุปข้อมูลด้านการลงทุน

-ที่มา: จากการคำนวน

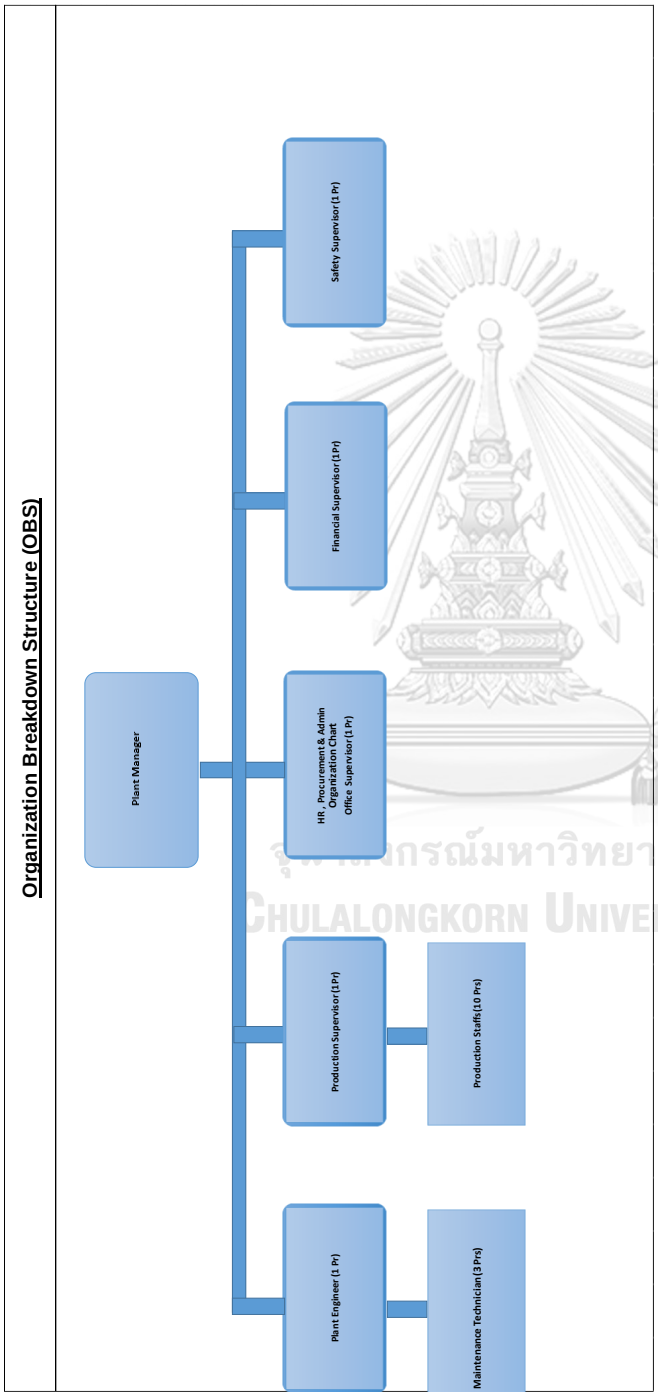
2. ต้นทุนในการดำเนินงาน (Operation Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มดำเนินโครงการและต่อเนื่องตลอดระยะเวลาโครงการ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ค่าแรงงานในการดำเนินการผลิต รวมเป็นเงิน 3,628,800 บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 5

PERSONNEL		Monthly	Months	Annual	Surcharge	Annual
Items	Persons	salary (THB)	per year	income	20%	cost
ADMINISTRATION and PRODUCTION						
Plant Manager	1	32,500	12	390,000	78,000	468,000
Maintenance Supervisor	1	25,000	12	300,000	60,000	360,000
Maintenance Technicien	3	6,500	12	234,000	46,800	280,800
Production Supervisor	1	25,000	12	300,000	60,000	360,000
Production Labours	10	6,500	12	780,000	156,000	936,000
Office Supervisor (HR,Admin and Procurement)	1	25,000	12	300,000	60,000	360,000
Financial Supervisor	1	30,000	12	360,000	72,000	432,000
Safety Supervisor	1	30,000	12	360,000	72,000	432,000
TOTAL	19			135,600	604,800	3,628,800

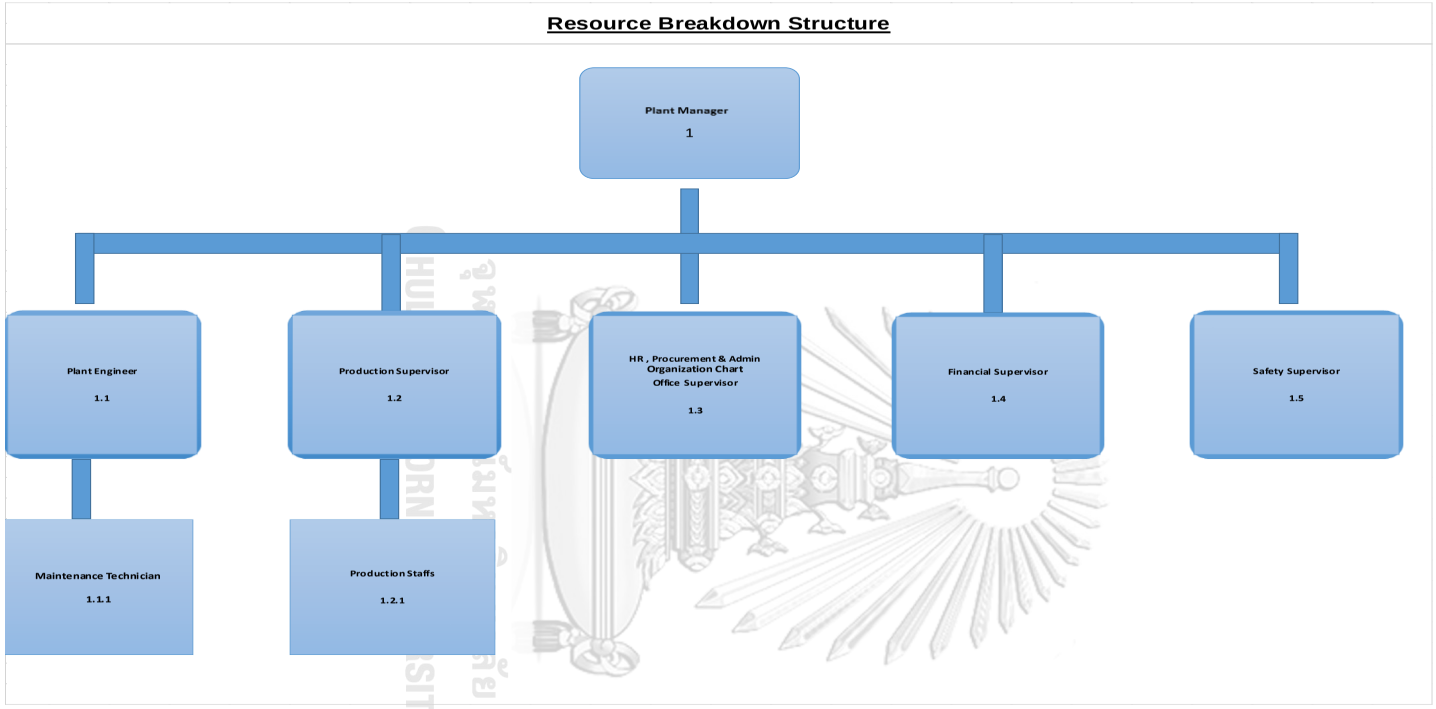
ตารางที่ 5 ค่าแรงงานในการดำเนินการผลิต

– ที่มา: จากการคำนวน



ภาพที่ 8 แผนผัง โครงสร้าง องค์กร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 9 แผนผัง ทรัพยากร โครงสร้าง

2.2 ต้นทุนการผลิตทางอ้อม ประกอบด้วย ค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและซ่อมแซม อุปกรณ์ เครื่องจักรผลิตไฟฟ้า เท่ากับ 14,435,000 บาท ดังแสดงในตารางที่ 6

MAINTENANCE COST		Quantity (MWh/yr)	Annual cost	Comments
Items	Rate			
Factory Insurance (estimate)	20%	44,999,999	9,000,000	
Engine O&M	9.0 T / MWhr	65,000.0	585,000	Includes engine maintenance
Major Plant Maintenance (Machinery)	9.0 T / MWhr	50,000.0	450,000	
Major Plant Maintenance (Plant Balance)	9.0 T / MWhr	50,000.0	450,000	
O&M fee	9.0 T / MWhr	50,000.0	450,000	
TOTAL			10,935,000	

ตารางที่ 6 ต้นทุนการผลิตทางอ้อม

- ที่มา: จากการคำนวน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

VARIABLE COST		Quantity	Annual cost	Comments
Items	Rate			
In-house electricty use	1 T/ kWhr	100,000	100,000	
Oils, greases, consumables	550,000	1	550,000	
Site vehicle	100,000	5	500,000	
PPA allowance / Yearly Licence	1,500,000	1	1,500,000	
TOTAL			2,650,000	

ตารางที่ 7 ต้นทุนการผลิตที่ผันแปร

- ที่มา: จากการคำนวน

2.4 ต้นทุนการซื้อวัตถุดิบรายปี ดังแสดงในตารางที่ 8

RAW MATERIAL COST		Quantity (Ton per Years)	Annual Cost	Comments
Items	Unit Cost (THB/Ton)			
Raw Material - EUCA	800	252,000	201,600,000	
TOTAL			201,600,000	

ตารางที่ 8 ต้นทุนการซื้อวัตถุดิบรายปี

– ที่มา: จากการคำนวณ

2.5 ต้นทุนการผลิตที่ผันแปร ประกอบด้วย ค่าน้ำมันใช้ในการเดินทาง และค่าบริหารจัดการทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 9

OVERHEAD COST		Unit (THB)	Annual cost	Comments
Items	Factor			
Fuel Cost of Maintenance	12	100,000	1,200,000	
Admin	12	100,000	1,200,000	
TOTAL			2,400,000	

ตารางที่ 9 ต้นทุนการผลิตที่ผันแปร

– ที่มา: จากการคำนวณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Categorisation Of Expense	Total Cost (THB)
Personnel Salaries	3,628,800
Maintenance Cost	10,935,000
Variable Cost (engine O&M incl'd)	2,650,000
Raw Material - EUCA	201,600,000
Overhead Cost	2,400,000
TOTAL	**221,213,800**

ตารางที่ 10 ตารางสรุปต้นทุนในการดำเนินงานต่อปี (Operation Cost)

2.6 ภาษีเงินได้นิติบุคคล โดยคำนวณจากกำไรสุทธิของโครงการ ซึ่งตามเงื่อนไขมาตรา 65 ทวิ แห่งประมวลรัษฎากรนั้น สามารถนำเอาค่าเสื่อมราคาของทรัพย์สินประเภทเครื่องจักร และอุปกรณ์เครื่องจักรมาหักเป็นรายจ่ายได้ เพราะค่าเสื่อมราคาถือว่าเป็นค่าใช้จ่ายของกิจการ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ทรัพย์สินถาวรนั้นเสื่อมค่าลง ถึงแม้ว่าโครงการได้จ่ายเงินลงทุนเครื่องจักรและอุปกรณ์ไปเรียบร้อยแล้ว แต่ในทางบัญชีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ไม่ได้ถูกนำมาหักออกจากงบกำไรขาดทุนทั้งหมดทั้งก้อนในคราวเดียว เพราะอาจจะส่งผลกระทบต่อผลประกอบการ และทำให้การประเมินผลการดำเนินงานของกิจการไม่เป็นไปตามที่คาดไว้ จึงมีการคำนวณต้นทุนของสินทรัพย์ตลอดอายุโครงการ และทยอยตัดค่าใช้จ่ายทุกปี จนมูลค่าเท่ากับศูนย์เมื่อสิ้นสุดโครงการ โดยใช้วิธีคำนวณค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight Line) ในการคำนวณค่าเสื่อมราคา (กรมสรรพากร, 2561)

ค่าเสื่อมราคา เป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่ได้เกิดขึ้นจริง แต่สามารถช่วยลดภาษีให้กับโครงการได้ เพราะถูกหักออกจากผลกำไรของบริษัทก่อนนำไปคิดภาษี ทำให้ฐานภาษีนิติบุคคลลดลงแต่กำไรสุทธิหลังภาษีไม่ได้สะท้อนถึงกระแสเงินสดที่แท้จริงของโครงการ เพราะมีการหักค่าใช้จ่ายที่ไม่ได้เกิดขึ้นจริงออกไป ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จึงต้องถูกบวกกลับเข้ามา เพื่อปรับงบกำไรขาดทุนให้แสดงถึงกระแสเงินสดจากการดำเนินงาน (เริงรัก จำปาเงิน, 2544) http://www.rd.go.th/publish/828.0.html

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการทำงานการผลิตไฟฟ้า

เทคโนโลยีของหม้อไอน้ำที่ใช้ในการผลิตของโรงไฟฟ้าเป็นแบบ Stream Generator โดยโรงไฟฟ้านี้จะทำการผลิตกระแสไฟฟ้าตลอดทั้งปี (ฤดูตัดต้นยูคาลิปตัส และขายไฟฟ้านอกฤดูกาล)

- เตรียมเชื้อเพลิงให้มีขนาดที่เหมาะสมก่อนการลำเลียงเข้าสู่ห้องเผาไหม้
- ลำเลียงเชื้อเพลิงแต่ละชนิดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ (ยูคาลิปตัสร้อยละ 95 และเชื้อเพลิงเสริม ร้อยละ 5)
- เริ่มระบบเผาไหม้เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ โดยกระบวนการนี้เริ่มจากการจุดไฟเผาชานอ้อยอัดแท่งจนได้อุณภูมิในห้องเผาไหม้ตามที่กำหนด จากนั้นจึงป้อนเชื้อเพลิงชีวมวลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าไปจะทำการเผาไหม้และลดการใช้ชานอ้อยอัดแท่งลงจนกระทั่งเชื้อเพลิงติดไฟได้อย่างต่อเนื่อง จึงหยุดใช้ชานอ้อยอัดแท่ง สำหรับขี้เถ้าที่เหลืออยู่

ในบริเวณท้ายของตะกรับจะตกลงสู่ก้นเตา และกวาดออกโดยสายพานลำเลียงเถ้า เรียกว่า “เถ้าหนัก” ลงสู่อ่างน้ำรองรับเถ้า เพื่อลดอุณภูมิและลดการฟุ้งกระจายของขี้เถ้าก่อนลำเลียงด้วยสายพานลำเลียงเพื่อเก็บในบ่อเก็บเถ้ารอการขนถ่ายต่อไป ส่วนที่มีน้ำหนักเบาเรียกว่า “เถ้าเบา” เมื่อถูกเผาแล้วจะผสมในไอร้อนและ ลอยออกไปจากห้องเผาไหม้ทางช่องไอร้อน จะถูกดักจับไว้ด้วยอุปกรณ์ดักฝุ่นเพื่อไม่ให้ระบายสู่ภายนอก

- ไอน้ำความดันสูงที่ได้จากหม้อไอน้ำจะถูกส่งมาที่กังหันไอน้ำเพื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อนของไอน้ำให้เป็นพลังงานกล ใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าต่อไป
- พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตได้ จะถูกส่งผ่านหม้อแปลงลดแรงดันไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงไฟฟ้าและใช้ในโรงงานอื่นๆ ของกลุ่มมิตรผล ในส่วนพลังงานที่เหลือจะส่งผ่านไปยังหม้อแปลงเพิ่มแรงดันไฟฟ้า เพื่อส่งขายให้การไฟฟ้าฯ
- ระบบหอหล่อเย็น – หอหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าเป็นระบบปิด ประกอบด้วยเครื่องควบแน่นและ หอหล่อเย็น เครื่องควบแน่นทำหน้าที่ควบไอน้ำที่ผ่านออกมาจากกังหันน้ำ โดยการแลกเปลี่ยน ความร้อน น้ำหล่อเย็นที่ผ่านเครื่องควบแน่นแล้ว ซึ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้น จึงถูกส่งไประบายความร้อนที่ หอหล่อเย็น ซึ่งจะนำกลับมาใช้ใหม่

<u>ขั้นตอนการซ่อมบำรุง</u>

ในการบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าชีวมวลจะมีวิธีการเข้าไปบำรุงรักษาแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์และความต้องการของผู้มีหน้าที่ควบคุมดูแล ดังนี้

1. การบำรุงรักษาตามปกติ (routine maintenance) หมายถึง การทำการบำรุงรักษาหรือตรวจสอบอุปกรณ์ประจำวัน ประจำสัปดาห์ประจำเดือน หรือประจำปี ซึ่งตามลักษณะงานนั้นผู้ปฏิบัติงานในฝ่ายซ่อมบำรุงจะเป็นผู้ทำเอง เป็นงานที่ทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยากหรือสลับซับซ้อนมากเกินไป เช่น การสังเกต เช็ดถูทำความสะอาดอุปกรณ์การจดบันทึกค่า การตรวจสอบหาสิ่งผิดปกติ เช่น สีเสียง ความร้อน การหล่อลื่นอุปกรณ์การปรับแต่งตามความจำเป็น เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. การบำรุงรักษาหรือตรวจซ่อมตามแผนที่กำหนด (periodic schedule repair) หมายถึง การบำรุงรักษาหรือซ่อมแซมตามกำหนดเวลาที่วางไว้อันเนื่องมาจากสภาพอายุการใช้งานของอุปกรณ์ หรือตามกำหนดวันว่างของอุปกรณ์เช่น การบำรุงรักษาหม้อแปลง และการบำรุงรักษาแผงสวิตช์ เป็นต้นการบำรุงรักษาแบบนี้อาจต้องทำการตรวจวัดเพื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องจักรหรือตามข้อแนะนำของผู้ผลิตนั้น

<u>การเตรียมการก่อนการบำรุงรักษา (การเตรียมข้อมูล)</u>

การบำรุงรักษาที่ดีจำเป็นต้องมีระบบฐานข้อมูลที่พร้อมและเพียงพอ การที่จะประสบความสำเร็จได้นั้นจะต้องได้รับความร่วมมือจากทุกคนที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลที่สำคัญมีดังนี้

1. วิธีตรวจสอบและทดสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดเนื่องจากแต่ละรายการจะมีวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาต่างกัน บางรายการอาจมีความซับซ้อนและยุ่งยากจึงควรจัดทำวิธีการในการตรวจสอบและบำรุงรักษาเก็บไว้ด้วยเพื่อใช้อ้างอิงในเวลาที่ต้องการและเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้อ้างอิงและปฏิบัติตามได้อย่างถูกต้อง

2. สำเนารายงานการตรวจสอบครั้งก่อน เนื่องจากการตรวจสอบต้องมีการจดบันทึกค่าต่าง ๆ มาใช้วิเคราะห์หาความต้องการในการบำรุงรักษา และในการวิเคราะห์ผลบางอย่างจำเป็นต้องใช้ข้อมูลย้อนหลังมาประกอบด้วย การเก็บประวัติรายงานการตวจสอบจึงจำเป็น การเก็บควรจัดระบบการเก็บเอกสารให้สามารถค้นหาได้สะดวกด้วย

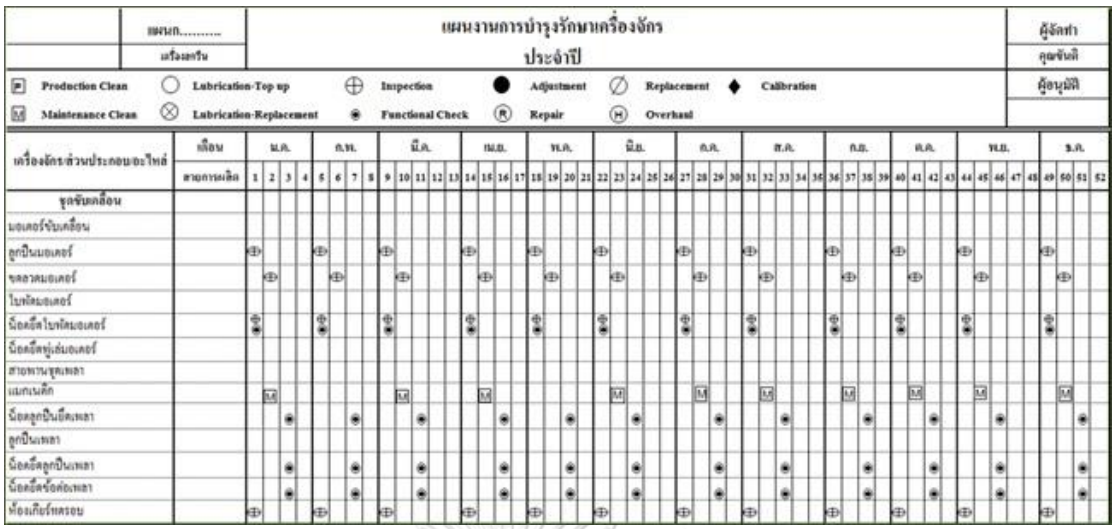
3. Single Line & Schematic Diagram คือ แบบไฟฟ้าทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการซ่อมบำรุง แบบไฟฟ้าจะต้องเป็นแบบที่ทันสมัย ตรงตามความเป็นจริง อาจไม่มีเก็บไว้หรือที่มีก็ไม่ได้แก้ไขปรับปรุงให้ถูกต้องตามความเป็นจริง จำเป็นต้องจัดทำขึ้นใหม่

4. บันทึก Name Plate ที่สมบูรณ์ทั้งหมด ข้อมูลนี้มีความสำคัญและจำเป็น เนื่องจากพบว่าหลายครั้งที่เมื่อต้องการเปลี่ยนบริภัณฑ์บางรายการแต่หารายละเอียดไม่ได้เพราะ Name Plate เดิมหลุดหาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. แคตตาล็อกของผู้ขาย เมื่อติดตั้งบริภัณฑ์เสร็จแล้วควรเก็บแคตตาลอกของเครื่องจักรอุปกรณ์ไว้ด้วยเนื่องจากมีข้อมูลที่อาจนำมาใช้ประโยชน์ได้

6. แบบการทำรายงาน เป็นรายงานสรุปผลการตรวจสอบและบำรุงรักษาที่ใช้ในการนำเสนอให้ผู้บัจัดการทราบว่าได้ดำเนินการอะไรไปบ้าง ข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์ในการนำมาประกอบการวิเคราะห์และวางแผนการบำรุงรักษาครั้งต่อไป



ภาพที่ 10 ตัวอย่างแบบฟอร์มการบำรุงรักษา

นิยามศัพท์

กระบวนการทางเคมีความร้อน Thermo-chemical หมายถึง กระบวนการที่ต้องอาศัยความร้อนทำลายโครงสร้างทางเคมีของชีวมวล เพื่อให้ฟอร์มตัวเป็นองค์ประกอบทสารเคมีใหม่อาจทำการกลั่นตัวเพื่อให้เป็นของเหลวที่เรียกว่า น้ำมันชีวภาพหรือไบโอออยล์ กระบวนการเช่นนี้เรียกว่า biomass to liquids (BTL) หรืออาจจะผลิตเป็นก๊าซสงเคราะห์ (Syngas) ที่มีองค์ประกอบครั้งคือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO2) และไฮโดรเจน (H2) เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ตั้งต้นนำไปผลิตเป็นก๊าซไฮโดรเจนน้ำมันสังเคราะห์ และเมธานอล

- กิโลวัตต์ KW (kilowaat) หมายถึง หน่วยวัดกำลังไฟฟ้า หนึ่งกิโลวัตต์มีค่าเท่ากับหนึ่งพันวัตต์ (1 กิโลวัตต์ = 1,000 วัตต์ = 1x10 วัตต์)
- กิโลวัตต์ ชั่งโมง kWh (kilo watt hour) หมายถึง หน่วยวัดความสิ้นเปลื้องพลังงานไฟฟ้า หนึ่งกิโลวัตต์ - ชั่วโมง เป็นปริมาณพลังงานที่ถูกใช้ในอัตรา 1,000 วัตต์เป็นเวลาหนึ่งชั่วโมง ตัวอย่าง: หลอดไฟหลอดละ 100 วัตต์ จำนวน 10 หลอด รวม 100 x 10 = 1,000 วัตต์ 1 กิโลวัตต์ x 1 ชั่วโมง = 1,000 วัตต์ x 3,600 วินาที = 3.6 ล้านจูล หรือเรียกกันทั่วไปว่า ใช้ไฟ 1 หน่วย
- เทคโนโลยีระบบกังหันไอน้ำ (Stream Turbine) หมายถึงกระบวนการที่นำชีวมวลที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วมีขนาดและความชื้น พอเหมาะเข้าสู่เตาให้ความร้อนแบบควบคุมอากาศ เพื่อให้ชีวมวลเปลี่ยนจากของแข็งเป็นก๊าซเชื้อเพลิงโดยการเผาไหม้แบบสมบูรณ์

- ก๊าซธรรมชาติเหลว (Liquefied natural gas หรือ LNG) หมายถึงก๊าซธรรมชาติที่ถูกนำไปทำให้สถานะของก๊าซกลายเป็นของเหลวโดยทำให้อุณหภูมิลดลงส่งผลให้ปริมาตรลดลงเหลือประมาณ 1/600 เท่าของปริมาณเดิม โดยการใช้ความเย็นที่ ลบ 162 องศาเซลเซียส หรือลบ 260 องศาฟาเรนท์ไฮต์ เพื่อความสะดวกในการจัดเก็บและการขนส่ง เมื่อต้องการนำไปใช้ประโยชน์จะนำเข้าสู่ขบวนการเพิ่มอุณหภูมิซึ่งกลายเป็นเชื้อเพลิงในรูปของก๊าซธรรมชาติอัด
- ขี้เถ้า (Ash) หมายถึงเป็นของแข็งที่มีขนาดเล็กมาก ซึ่งเหลือจากการสันดาปที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง
- คาร์บอนคงที่ (Fixed carbon) หมายถึงส่วนที่เสถียรของโครงสร้างโมเลกุลของชีวมวล ประกอบด้วยคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ ชีวมวลที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนคงที่ต่ำหรือน้อยจะสันดาปได้ไม่ดี มีอุณหภูมิจุดติดไฟต่ำ ความเร็วในการติดไฟช้าเนื่องจากความชื้นมาก
- เครื่องยนต์ก๊าซ (Gas Engine) หมายถึงเครื่องยนต์ที่ใช่แก๊สเป็นเชื้อเพลิงในการเดินเครื่อง เช่น ก๊าซที่ได้จากถ่านหิน จากการหมัก จากการฝังกลบขยะ และก๊าซธรรมชาติโดยข้อดีของ Gas engine คือสามารถเดินเครื่องได้ง่าย ไม่ต้องอาศัยก๊าซที่มีความดันสูง จึงไม่จำเป็นต้องติดตั้งระบบเพิ่มความดันก๊าซ (Gas Compressor) อีกทั้งยังสามารถเร่งกำลังผลิตได้เร็ว และอุณหภูมิของก๊าซที่ส่งเข้าระบบไม่มีผลต่อเครื่องยนต์มากนัก จึงไม่ต้องติดต้องระบบลดอุณหภูมิ
- จูล (Joule) หมายถึง หน่วยวัดค่าพลังงานที่มีค่าเท่ากับ วัตต์ - วินาที โดยที่ 1 กิโลวัตต์ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 3.60 เมกะจูล หรือเทียบเท่ากับการใช้พลังงานไฟฟ้า 1,000 วัตต์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- ชีวมวล (Biomass) หมายถึง พืช สัตว์ องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต และสารอินทรีย์ต่างๆ รวมไปถึงของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตร เศษวัสดุจากการเกษตรและป่าไม้ ขยะ และมูลสัตว์ ในการศึกษาครั้งนี้ หมายถึง ต้นยูคาลิปตัส
- ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า หรือ เพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าจริง (วัตต์) กับกำลังไฟฟ้าปรากฏ (วาร์) โดยมีหน่วยวัดเป็นเปอร์เซ็นต์หรือร้อยละ ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าถือได้ว่าเป็นตัววัดประสิทธิภาพของการส่งจ่ายหรือการใช้กำลังไฟฟ้าได้อย่างหนึ่ง ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 85 - 90 %
- ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ “GDP” (Gross Domestic Product) คือมูลค่าของสินค้าและบริการขั้นสุดท้ายทั้งหมดที่ผลิตได้ภายในอาณาจักรของประเทศไทย ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง
- แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า PDP (Power Development Plan) หมายถึง แผนการก่อสร้างโรงไฟฟ้า ชนิดต่างๆ เพื่อให้มีกำลังผลิตของระบบไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาที่

เหมาะสม ที่ตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นให้เพียงพอ สำหรับอนาคต 15 - 20 ปี ข้างหน้า โดยมีการปรับปรุงทุกปี เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริง

- พลังงานไฟฟ้า (Electric Energy) หมายถึง กำลังไฟฟ้าควบคู่กับระยะเวลาที่ทำการผลิตหรือในแง่การใช้ไฟฟ้า หมายถึง ความสิ้นเปลื้องไฟฟ้าที่ใช้ มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ชั่วโมง (Kilowatt Hour:KWh) หรือ ยูนิต (Unit) โดยพลังไฟฟ้า 1 ยูนิต หรือ 1 หน่วย เท่ากับ 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง และพลังงานไฟฟ้า 1 กิกะวัตต์ชั่วโมง (Gigawatt Hour: Gwh) เท่ากับ 1,000,000 ยูนิต
- เมกะวัตต์ MW (Mega Watt) หมายถึง หน่วยวัดกำลังไฟฟ้า หนึ่งเมกะวัตต์มีค่าเท่ากับหนึ่งล้านวัตต์ (1 เมกะวัตต์ = 1,000,000 วัตต์ = 1 x 10 วัตต์)
- โรงไฟฟ้าขนาดเล็กมาก VSPP ย่อมาจาก Very Small Power Producer หรือผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็ก ความหมาย VSPP หมายถึง ผู้ผลิตไฟฟ้า ทั้งภาคเอกชน รัฐบาล รัฐวิสาหกิจและประชาชนทั่วไปที่มีจำหน่ายไฟฟ้าการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย โดยมีปริมาณพลังงานไฟฟ้าขายเข้าระบบไม่เกิน 10 MW
- โรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass Power Plant) หมายถึง โรงไฟฟ้าที่ใช้เศษวัสดุจากเชื้อเพลิงชีวมวล ได้แก่ กากหรือเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร กากจากผลผลิตทางการเกษตรที่ผ่านการแปรรูปแล้ว เช่น แกลบ ชาอ้อย เศษไม้ กากปาล์ม กากมันสำปะหลัง ซังข้าวโพด กากและกะลามะพร้าว ส่าเหล้า เป็นต้น นำมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า และพลังไอน้ำ ซึ่งอาจเป็นเศษวัสดุชนิดเดียว หรือหลายชนิดรวมกันก็ได้
- โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal Power Pant) หมายถึงโรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเตา หรือถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า อาศัยความร้อนจากเผาไหม้เชื้อเพลิงไปต้มน้ำให้เป็นไอน้ำที่มีแรงดันและมีอุณภูมิสูง เพื่อไปขับดันกังหันไอน้ำ ซึ่งจะมีเพลาต่อเชื่อมกับเครื่องกำเนินไฟฟ้า จากนั้นไอน้ำจะผ่านไปกลั่นตัวเป็นไอน้ำที่เครื่องควบแน่น และถูกส่งกลับมารับความร้อนในหม้อน้ำ (Boiler) อีกครั้ง
- สาระเหย (Volatile Matter) หมายถึง ไอระหายของไฮโดรคาร์บอนที่ติดไฟง่าย เช่น มีเทน (CH4) ไฮโดรเจน (H2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H2S) รวมถึงคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) และไอระเหยของ Tar สารเหย มาจากการสลายตัวของสารอินทรีย์รวมกับส่วนประกอบบางตัวของแร่ธาตุที่สามารถสลายตัวได้เมื่อถูกความร้อน เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มาจากสารประกอบคาร์บอเนต เป็นต้น
- ยูคาลิปตัส (อังกฤษ: Eucalyptus) หมายถึง พรรณไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปออสเตรเลีย เกาะแทสเมเนีย มีการกระทำจายพันธ์ตั้งแต่หมู่เกาะมินดาเนา เซลีเบส ปาปัวนิวกินี ในพื้นที่ชุ่มที่มีน้ำขังในเขตร้อน มีมากกว่า 700 ชนิด ในประเทศไทยเริ่มมีการนำเข้ามาปลูกครั้งแรกที่ พระที่นั่งวิมานเมฆ สมัยรัชกาลที่ 5 เมื่อปี พ.ศ. 2444 ยูคาลิปตัสเป็นไม้ที่มีพื้นที่ของกระพี้มากจึงหมายถึงการมีพื้นพื้นลำเลียงน้ำขึ้นสู่เรือนยอดมากตามไปด้วย เนื่องจากแนวโน้นการดูดน้ำของต้นไม้แต่ละต้นมากน้อยนั้นขึ้นอยู่กับที่พื้นของกระพี้

ในลำต้นเป็นสำคัญ เนื่องจากยูคาลิปตัสจะมีระบบรากที่แผ่ขยายเร็วและสามารถหยั่งลงไปในดินได้ในระดับลึกจึงมีประสิทธิภาพเสาะแสวงหาแหล่งน้ำใต้ดินได้มากกว่าพืชชนิดอื่น

- HHV (Higher Heating Value) หรือ GHV (Gross Heating Value) หมายถึง ค่าความร้อนทั้งที่เกิดขึ้นหลังจากการเผาไหม้จนสมบูรณ์ แล้วได้น้ำที่อยู่ในสภาพของเหลว (H2O1) เกิดขึ้นเป็นผล
- LHV (Lower Heating Value) หรือ NHV (Net Heating Value) หมายถึง ค่าความร้อนทั้งที่เกิดขึ้นหลังจากการเผาไหม้จนสมบูรณ์ แล้วที่น้ำที่อยู่ในสภาพเป็นก๊าซหรือเป็นไอน้ำ (H2Og) เกิดขึ้นเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาความเป็นได้ทางการเงินและด้านเทคนิคในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ โดยใช้เศษไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากกระบวนการผลิต เป็นเชื้อเพลิง ทำการศึกษาที่อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี ผู้ศึกษาได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎี และประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล และเทคโนโลยีสตีมเทอร์ไบน์ โดยแบ่งออกเป็นดังนี้

ทฤษฎีการวางแผนและการวิเคราะห์โครงการ

การวิเคราะห์และประเมินโครงการ (Project Analysis and Appraisal) คือ กระบวนการรวบรวมวิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องในระหว่างมีกับไม่มีโครงการ ที่เน้นการคาดคะเนถึงผลที่จะเกิดขึ้นจากการมีโครงการ แล้วพิจารณาตัดสินว่าสมควรจะดำเนินงานตามโครงการนั้นหรือไม่ เมื่อศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นของโครงการแล้วขั้นต่อมาคือการศึกษาความเป็นไปได้ Pre-Feasibility Study คือการศึกษาและการทำเอกสารที่ประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นที่แสดงถึงเหตุผลสนับสนุน (Justification) ความถูกต้องสมบูรณ์ (Soundness) ของโครงการ เพื่อให้ได้มาซึ่งโครงการที่ดี โดยโครงการที่ดีคือโครงการที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง และเมื่อปฏิบัติแล้วจะให้ประโยชน์ตอบแทนคุ้มค่าต่อการลงทุน การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการมีวัตถุประสงค์ให้ผู้ตัดสินใจมีข้อมูลพื้นฐานเพียงพอว่าจะตัดสินใจลงทุนในโครงการนั้นหรือไม่ ซึ่งการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการจะประกอบไปด้วยการศึกษาในด้านต่างๆ ดังนี้ (ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ, 2542; ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี, 2544)

1. ความเป็นไปได้ด้านตลาดหรืออุปสงค์ การวิเคราะห์อุปสงค์เป็นการตรวจสอบขนาดอุปสงค์ในปัจจุบัน ด้วยการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งในอดีตและปัจจุบัน และคาดคะเนอุปสงค์ในอนาคต เป็นการคาดคะเนขนาดอุปสงค์ทั้งหมดของผลผลิตนั้น และคาดคะเนปริมาณการขายที่คาดว่าจะขายได้ เช่น การอาศัยค่าแนวโน้มในอดีต และอาศัยแบบจำลองเศรษฐมิติ วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์อุปสงค์ของโครงการ มุ่งเน้นการตอบคำถาม 3 ประการ คือ ขนาดตลาดมีมากน้อยเพียงใด และอัตราการเพิ่มเป็นอย่างไร ปริมาณผลผลิตที่คาดว่าจะจำหน่ายในอนาคต ตลาดกลุ่มไหนหรือพื้นที่ใดที่จะเข้าไปแข่งขัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ก่อนที่จะทำการศึกษารายละเอียดโครงการจะต้องคาดคะเนถึงปริมาณสินค้าหรือบริการที่จะทำการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด ถ้าโครงการผลิตสินค้าและบริการขึ้นมาแล้วไม่มีตลาดรองรับ หรือมีแต่ไม่เพียงพอที่จะให้โครงการมีรายได้และมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนตามที่ต้องการ ก็ไม่มีเหตุผลใดที่จะทำการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค คือการพิจารณาข้อดี ข้อเสียของเทคนิคการผลิตประเภทต่างๆ แล้วคัดเลือกเทคนิคการผลิตที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาจากปัจจัยดังนี้ ขนาดของโครงการและความประหยัดจากขนาด สถานที่ตั้งของโครงการ จำนวนประชากรที่จะได้ประโยชน์จากโครงการ ประสิทธิภาพการใช้และการดูแลรักษาเทคโนโลยีปริมาณและคุณภาพแรงงานที่ต้องการ และประมาณการต้นทุนผลิตและค่าใช้จ่ายอื่นๆ ซึ่งเทคนิคที่แตกต่างกันอาจจะให้ผลตอบแทนต่างกันได้ ดังนั้น เทคนิคการผลิตที่มีต้นทุนการผลิตต่ำสุดก็ไม่จำเป็นว่าจะให้โครงการมีประสิทธิภาพสูงสุด เราจึงควรเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนและผลตอบแทนในแต่ละทางเลือกว่าทางเลือกใดดีที่สุด ปริมาณและคุณภาพแรงงานที่ต้องการ และประมาณการต้นทุนผลิตและค่าใช้จ่ายอื่นๆ ซึ่งเทคนิคที่แตกต่างกันอาจจะให้ผลตอบแทนต่างกันได้ ดังนั้น เทคนิคการผลิตที่มีต้นทุนการผลิตต่ำสุดก็ไม่จำเป็นว่าจะให้โครงการมีประสิทธิภาพสูงสุด เราจึงควรเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนและผลตอบแทนในแต่ละทางเลือกว่าทางเลือกใดดีที่สุด

3. ความเป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจมาก เพราะโครงการลงทุนที่เสนออาจจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หรือที่เรียกว่า ผลกระทบภายนอกของโครงการ (External Economics) ซึ่งอาจจะมีผลกระทบทั้งทางด้านดี และด้านลบ ผลกระทบภายนอกนี้ต้องนำมาคิดเป็นผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายของโครงการด้วย เรียกว่า ผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายทางอ้อม ซึ่งการคำนึงถึงผลกระทบนี้ จะนำไปสู่การเลือกสถานที่ตั้งและการออกแบบวางแผนโครงการที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustained Development)

4. ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐกิจ เพื่อที่จะดูว่าโครงการมีผลต่อการพัฒนาระบบเศรษฐกิจทั้งระบบหรือไม่ และถ้ามี ผลที่เกิดขึ้นมีมากเพียงพอต่อการตัดสินใจให้มีการใช้ทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดหรือไม่ ซึ่งการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจะประเมินมุมมองโดยส่วนรวมของระบบเศรษฐกิจ ผลตอบแทนและต้นทุนจึงประเมินจากมุมมองของการเพิ่มหรือลดรายได้ประชาชาติหรือสินค้าและบริการในขั้นสุดท้าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. ความเป็นไปได้ด้านการเงิน เป็นการศึกษาการลงทุนและผลตอบแทนของโครงการทางด้านเอกชนหรือผลกำไรทางการเงิน จะต้องจัดหางบการเงิน เช่น งบกำไรขาดทุน งบดุล และงบกระแสเงินสด เพื่อกำหนดว่าโครงการจะมีเงินทุนเพียงพอต่อการดำเนินงานในอนาคตหรือไม่ และการใช้เครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์ ได้แก่ วิธีการจัดเตรียมกระแสเงินสดของโครงการ การทำส่วนลดกระแสเงินสด การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR)

6. ความเป็นไปได้ด้านสถาบัน เมื่อโครงการได้รับการอนุมัติโครงการให้จัดทำแล้ว ความสำเร็จของโครงการขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการโครงการ ซึ่งจะประเมินจุดแข็งและจุดอ่อนขององค์กร ซึ่งด้านต่างๆ ต้องมีความสัมพันธ์กัน การเปลี่ยนแปลงหรือการตัดสินใจด้านใดด้านหนึ่ง จะมีผลกระทบไปสู่การพิจารณาหรือการตัดสินใจด้านอื่นๆ ด้วย

7. ความเป็นไปได้ด้านสังคม เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบของโครงการที่มีต่อสวัสดิการทางสังคมในรูปแบบการกระจายรายได้ การแก้ไขปัญหาความยากจน การสร้างโอกาสการมีงานทำ ผลที่มีต่อประชากรกลุ่มเป้าหมาย เช่น เกษตรกร เด็ก และสตรี เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าว จะช่วยกำหนดความเหมาะสมของโครงการ ซึ่งจะช่วยในการทำให้โครงการมีโอกาสประสบความสำเร็จมากขึ้น และประเมินผลกระทบทางสังคมของโครงการ

การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นการลงทุนในการการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยใช้วัตถุดิบจากเศษไม้การศึกษาในนี้ผู้ศึกษาได้มุ่งเน้นการวิเคราะห์โครงการด้านเทคนิค และวิเคราะห์โครงการด้านการเงินเป็นหลัก เนื่องจากการวิเคราะห์โครงการทางด้านเทคนิคทำให้ทราบถึงกระบวนการในการนำชีวมวลมาผลิตเป็นก๊าซเชื้อเพลิง เช่น ลักษณะของชีวมวลที่จะนำมาใช้ กระบวนการแปรรูปก่อนนำมาใช้ ปริมาณชีวมวลที่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในโรงไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตเครื่องจักรเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิต สถานที่ตั้งของโครงการที่เหมาะสม การวางผังโครงการ การดำเนินการ และการประมาณการต้นทุนในการลงทุน และต้นทุนในการดำเนินงาน สำหรับการวิเคราะห์โครงการทางด้านการเงินจะต้องจัดทำงบการเงินต่างๆ เช่น งบกระแสเงินสด งบกำไรขาดทุน เพื่อกำหนดว่าโครงการจะต้องใช้เงินลงทุนเท่าไหร่ การกำหนดอัตราผลตอบแทน อัตราคิดลดที่เหมาะสม การวิเคราะห์งบกระแสเงินสด การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนของโครงการ

การวิเคราะห์โครงการทางด้านเทคนิค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ด้านเทคนิคหรือด้านวิศวกรรมเป็นการวิเคราะห์เพื่อดูความเป็นไปได้ทางเทคนิค (Pre-Feasibility Study) ในการผลิตของโครงการ นั่นคือภายใต้สภาพทางเทคนิคที่มีอยู่หรือที่หามาได้ เราต้องสามารถผลิตได้ โดยพิจารณาเลือกใช้เทคนิคที่ให้อัตราผลตอบแทนในการลงทุนที่เหมาะสม (หฤทัย มีนะพันธ์, 2544) และเป็นการวิเคราะห์ว่าโครงการนั้นเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดทางเศรษฐศาสตร์

ซึ่งการวิเคราะห์ต้องพิจารณาด้านต่างๆ ที่สำคัญ คือ

1. การเลือกเทคโนโลยีการผลิต พิจารณาจากปัจจัยต่างๆ คือ ความสอดคล้องกับขนาดการผลิตและคุณภาพผลผลิตที่ต้องการ ความเหมาะสมของวัตถุดิบที่หาได้ ผ่านการทดลองมาแล้วอย่างดี เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาล่าสุด อายุการใช้งาน สะดวกง่ายต่อการใช้ ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากเกินไป การให้ได้มาซึ่งเทคโนโลยีที่เหมาะสม ได้แก่ การใช้วัตถุดิบ ใช้กำลังคนในท้องถิ่น ผลิตสินค้าและบริการได้ตามต้องการ รักษาสมดุลของระบบนิเวศน์ และสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจสังคม และวัฒนธรรมของท้องถิ่น

2. การเลือกขนาดของโครงการ ควรพิจารณาจากขนาดตลาด ทั้งในประเทศและต่างประเทศ แนวโน้มตลาดในอนาคต การผลิตและต้นทุนค่าใช้จ่ายของโครงการ ราคาของผลผลิต ต้นทุนการจำหน่ายผลผลิต ความประหยัดที่เกิดจากการเพิ่มการผลิตในอนาคต ซึ่งจะนำไปสู่การจัดขั้นตอน (Phasing) ของโครงการ

3. การเลือกสถานที่ตั้งของโครงการ ในการเลือกสถานที่ตั้งของโครงการ ควรเลือกสถานที่ตั้งที่ให้ได้รับผลตอบแทนมากที่สุด หรือเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด และควรมีความสัมพันธ์กับค่าขนส่ง องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนาได้ให้หลักเกณฑ์ในการพิจารณา ได้แก่ ปัจจัยทางด้านเทคนิค ต้นทุนปัจจัยการผลิต กำลังคน ปัจจัยด้านตลาด ปัจจัยทางสังคมการเมือง

4. การเลือกจังหวะเวลาการลงทุน อาจจะมีปัจจัยสนับสนุน เช่น ฝ่ายการเมือง หรือมีงบประมาณมากกว่าเหตุผลความเหมาะสมด้านเวลาที่ควรเริ่มดำเนินการ

5. การออกแบบวางผังโครงการ คือการกำหนดรูปแบบ การวางตำแหน่งของเครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต อาคารและสิ่งก่อสร้าง สิ่งอำนวยความสะดวกและปลอดภัย การเคลื่อนย้ายและการไหลเวียนของวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตและการดำเนินงาน

6. กำหนดการดำเนินงาน คือประมาณการเวลาและค่าใช้จ่าย การจัดเตรียมแผนปฏิบัติงาน เครื่องมือที่นำมาใช้ คือ PERT (Program Evaluation and Review Technique) และ CPM (Critical Path Method) สำหรับโครงการทั่วๆ ไป การจัดทำแผนภูมิแท่ง (Bar Charts) หรือแผนภูมิแกนต์ (Gantt Charts)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ทางเทคนิคและประมาณการต้นทุนจะมีความสัมพันธ์ต่อกัน ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ จะรวมต้นทุนทางบัญชีซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่มีการจ่ายออกไปจริงในรูปเงินสด (Explicit Cost) และรวมค่าใช้จ่ายที่ไม่ชัดแจ้งและไม่มีการจ่ายออกไปจริงเป็นเงินสดด้วย (Implicit Cost) นอกจากนั้น รวมค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เกิดจากการมีโครงการแล้วทำให้เกิดผลเสียหายต่อบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่อยู่ภายนอกโครงการและสิ่งแวดล้อมต่างๆ

หลักการที่ใช้ในกำหนดขนาดที่ดีที่สุดมี 2 วิธีคือ คือ 1) วิธีต้นทุนต่ำสุด คือการกำหนดขนาดต่ำสุดของโครงการ และความเป็นไปได้ในการผลิตภายในประเทศ ขั้นตอนต่อไปคือ การกำหนดขนาดที่แน่นอนของโครงการ เพื่อการดำเนินงานให้สอดคล้องกับขนาดของตลาด โดยประยุกต์ใช้หลักเกณฑ์ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่ำสุดตลอดอายุโครงการ 2) วิธีผลตอบแทนสูงสุด โดยประยุกต์ได้ 3 กรณี กรณีที่หนึ่งคือ โครงการประเภทเดียวกัน แต่มีขนาดต่างกัน กรณีที่สอง การเลือกโครงการขนาดเล็กมา

ดำเนินการก่อน กรณีที่สามคือ การเลือกขนาดที่ดีที่สุด (Optimum Scale) (ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ, 2542; ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี, 2544)

การวิเคราะห์โครงการทางด้านการเงิน

การวิเคราะห์โครงการทางด้านการเงิน เป็นกระบวนการวิเคราะห์ผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายในรูปตัวเงินของโครงการ เพื่อประเมินศักยภาพของโครงการว่าสามารถทำกำไรให้แก่ผู้เป็นเจ้าของโครงการหรือไม่ ซึ่งผู้บริหารการเงินของโครงการจะต้องมีการวางแผนทางการเงิน เพื่อใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน ต้องมีข้อมูลประกอบ ได้แก่ ต้นทุน และผลตอบแทนของโครงการ และผลตอบแทนสุทธิหรือกระแสเงินสดของโครงการ โดยโครงการที่ทำนั้น เป็นโครงการที่คุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ หรือผลประโยชน์ที่ได้รับสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่เสียไป ซึ่งจะมีเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนอยู่ 2 ประเภท คือ 1) เกณฑ์แบบไม่ปรับค่าเวลา และ 2) เกณฑ์แบบปรับค่าเวลา ในการศึกษานี้จะใช้เกณฑ์แบบปรับค่าเวลา เพราะเงินจำนวนเดียวกันในปัจจุบันและในอนาคตจะมีค่าไม่เท่ากัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ มูลค่าเงินในอนาคต 1 บาทในอีก 1 ปีข้างหน้า จะมีค่าน้อยกว่าเงิน 1 บาทในวันนี้ เพื่อทำให้ต้นทุนและผลตอบแทนที่เกิดขึ้นในปีต่างๆ ในอนาคต สามารถนำมารวมด้วยกันและทำการเปรียบเทียบกันได้ จึงมีการปรับลดต้นทุนและผลประโยชน์ในอนาคตให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน (Present Value :PV) โดยให้ตั้งอยู่บนฐานเวลาเดียวกันในปัจจุบัน หรือในเวลาที่เป็นศูนย์ กระบวนการปรับค่าของเวลาดังกล่าวคือการหักลดมูลค่าของเงินที่เกิดขึ้นในอนาคตด้วยอัตราคิดลด (Discount Rate) ซึ่งการเลือกใช้อัตราคิดลดควรเลือกใช้อัตราคิดลดที่เหมาะสม ไม่สูงหรือต่ำเกินไป ถ้าสูงเกินไปจะทำให้มีการลงทุนน้อยกว่าที่ระบบเศรษฐกิจต้องการเพราะจะทำให้มูลค่าปัจจุบันของเงินต่ำเกินไป แต่ถ้ากำหนดให้อัตราคิดลดต่ำเกินไป ก็จะทำให้มีการตัดสินใจลงทุนในโครงการที่ให้ผลประโยชน์ต่ำไป หรือโครงการที่มีอุปทานมากเกินไป (ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ, 2542; ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี, 2544; หฤทัย มีนะพันธ์, 2544) ในงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้อัตราคิดลด ต้นทุนของเงินทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก WACC (Weighted Average Cost of Capital)

Chulalongkorn University

$$WACC = (W_e \times K_e) + [W_d \times K_d \times (1 - Tax)]$$

We = สัดส่วนเงินลงทุนส่วนของเจ้าของโครงการ

Kd = ต้นทุนเงินทุนของเจ้าของโครงการ

Wd = สัดส่วนเงินลงทุนจากการกู้ยืม

Kd = ต้นทุนเงินทุนจากการกู้ยืมเงิน

TAX = อัตราภาษีเงินได้นิติบุคคล

เมื่อเลือกเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุน และเลือกอัตราคิดลดที่เหมาะสมแล้ว ผู้วิเคราะห์โครงการจะประเมินความคุ้มค่าของโครงการ โดยมีหลักเกณฑ์ในการประเมินดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value: NPV) คือมูลค่าปัจจุบันของกระแส ผลตอบแทนสุทธิหรือกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งการคำนวณด้วยการทำส่วนลดกระแสผลตอบแทนสุทธิ ตลอดอายุของโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน หรือคำนวณหา NPV จากความแตกต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบัน ของกระแสผลตอบแทนรวม และมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุนรวม โดยหลักเกณฑ์การตัดสินใจคือ ควรรับหรืออนุมัติเมื่อ NPV มากกว่า 0 หรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการมีความเหมาะสมที่จะลงทุนได้ แต่ถ้า NPV ของโครงการติดลบหรือมีค่าต่ำกว่าศูนย์ ไม่ควรรับหรืออนุมัติโครงการ (เริงรัก จำปาเงิน, 2544; ประสิทธิ ตงยิ่งศิริ, 2542)

NPV = PVNB-PVIC

NB = ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงาน

IC = ต้นทุนในการลงทุนของโครงการ

WACC = ต้นทุนเงินทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก

t = ระยะเวลาโครงการ (0, 1,..., n)

n = อายุของโครงการเป็นปี

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) คือ อัตราส่วนลดที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ เป็นอัตราคิดลดภายในโครงการ ซึ่งทำให้โครงการมีความคุ้มทุน เป็นอัตราดอกเบี้ยสูงสุดที่โครงการสามารถจ่ายให้กับทรัพยากรที่ใช้ การตัดสินใจว่าจะลงทุนในโครงการนี้หรือไม่ คือ ค่า IRR ต้องเท่ากับหรือสูงกว่าค่าเสียโอกาสของทุน

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

NB	=	ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงาน
IC	=	ต้นทุนการลงทุนของโครงการ
r	=	IRR
t	=	ระยะเวลาโครงการ (0,1...,n)
n	=	อายุของโครงการเป็นปี

การวิเคราะห์ความไว

การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) คือการพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโครงการ โดยการกำหนดตัวแปรที่มีผลกระทบต่อความไวของ NPV หรือ IRR มากที่สุด โดยการทดสอบว่า ถ้าตัวแปรเปลี่ยนแปลงไปจะมีผลกระทบต่อ NPV หรือ IRR อย่างไรบ้าง จะทำให้ผู้วิเคราะห์โครงการไม่หวังผลความสำเร็จของโครงการสูงเกินไป และลดความเสี่ยงของโครงการที่อาจจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรบางตัว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไชยา สถิรยากร (2549) ศึกษาการผลิตไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ โดยใช้พลังงานชีวมวลสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนและพัฒนาการผลิตไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ โดยใช้พลังงานชีวมวล และวิเคราะห์ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมและมลภาวะ ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการ พบว่า คุ้มค่าต่อการลงทุน โดยมีอัตราผลตอบแทนทางด้านการเงินภายในโครงการ (IRR) เท่ากับร้อยละ 24.66 โดยมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 5 ปี และผลการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมทั้งหมด ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

การตรวจการศึกษางานวิจัยชิ้นนี้ทำการศึกษา 3 ด้าน คือ ด้านที่หนึ่ง ศึกษาความคุ้มค่าในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 10 เมกะวัตต์ โดยใช้พลังงานชีวมวล ด้านที่สอง ศึกษาแนวทางในการผลิตไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ ด้านที่สาม ศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยผู้วิจัยพบว่าโครงการมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนแต่มีปัจจัยเสี่ยงด้านความผันผวนของราคาแกลบที่แปรผันตามฤดูกาลและค่าขนส่ง โดยเสนอแนะว่าที่ตั้งโรงไฟฟ้าควรอยู่ใกล้กับแหล่งวัตถุดิบและแหล่งน้ำ

สำหรับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมยังมีอยู่ อาทิเช่น การขนส่งวัตถุดิบเข้าสู่โรงไฟฟ้า และมลพิษทางเสียงที่เกิดจากเครื่องจักรในการผลิตไฟฟ้า

กฤษฎา ปรีชาบริสุทธิ์กุล (2553) ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมาก ต.อุดมทรัพย์ จ.นครราชสีมา มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมาก ณ ตำบลอุดมทรัพย์ จังหวัดนครราชสีมา โดยแบ่งชีวมวลเป็น 3 ประเภท ได้แก่ แกลบ เหง้ามันสำปะหลัง เศษไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และในพื้นที่ ตำบลอุดมทรัพย์เกษตรกรมีการปลูกพืชทั้ง 3 ชนิดตลอดปี จึงสามารถหาแหล่งวัตถุดิบมาเป็นเชื้อเพลิงได้ง่าย จากผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการพบว่า ณ อัตราคิดลดร้อยละ 5 ในกรณีของแกลบและต้นทุนวัตถุดิบ ได้แก่ แกลบในราคา 700 บาทต่อตัน โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 825,017 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน เท่ากับร้อยละ 1 อัตราผลตอบแทนต่อทุน 1.02 เท่ามากกว่า 1 พบว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เมื่อทดสอบความอ่อนไหวของโครงการภายในการสมมติว่า อัตราคิดลดเป็นร้อยละ 4 ร้อยละ 8 ร้อยละ 10 พบว่าโครงการมีความคุ้มค่ามากขึ้น ณ อัตราคิดลดร้อยละ 4 และไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน ณ อัตราคิดลดร้อยละ 8 ร้อยละ 10 และในกรณีที่ต้นทุนค่าก่อสร้างลดลง 20% พบว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุนโดยมีผลตอบแทนเพิ่มมากขึ้นเท่ากับ 2,525,017 บาท ผลตอบแทนต่อต้นทุน 1.05 เท่า และอัตราผลตอบแทนในโครงการ เท่ากับร้อยละ 2

ในกรณีของเศษไม้ยูคาลิปตัสและต้นทุนวัตถุดิบ ได้แก่ เศษไม้ยูคาลิปตัสในราคา 500 บาทต่อตัน พบว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุน โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 4,709,244 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน เท่ากับร้อยละ 4 อัตราผลตอบแทนต่อทุน 1.10 เท่ามากกว่า 1 พบว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เมื่อทดสอบความอ่อนไหวของโครงการภายในการสมมุติว่า อัตราคิดลดเป็นร้อยละ 4 ร้อยละ 8 ร้อยละ 10 พบว่าโครงการมีความคุ้มค่ามากขึ้น ณ อัตราคิดลดร้อยละ 4 สำหรับอัตราคิดลดร้อยละ 8 และอัตราคิดลดร้อยละ 10 ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน ในกรณีที่ต้นทุนค่าก่อสร้างลดลงร้อยละ 20 พบว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุนโดยมีผลตอบแทนเพิ่มมากขึ้นเท่ากับ 6,409,244 บาท ผลตอบแทนต่อต้นทุน 1.15 เท่า และอัตราผลตอบแทนในโครงการ เท่ากับร้อยละ 6

ฐกฤต ปานขลิบ ได้ทำการศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนที่ใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นเชื้อเพลิง เช่น ซังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง เปลือกไม้ยูคาลิปตัส และเศษไม้ ซึ่งมีต้นทุนในการ ผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ 1.97 บาทต่อหน่วย ซึ่งขณะเดินเครื่องประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของกำลังการผลิต สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1,401,600 หน่วยต่อปี ซึ่งระยะคืนทุนของโครงการประมาณ 5.8 ปี โดยจาก การศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลแบบแก๊สซิฟิเคชั่นขนาดเล็กนั้น สามารถสร้างรายได้ให้กับประชาชนในพื้นที่ และยังเป็นการกำจัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถช่วยลด มลพิษที่เกิดจากการเผาทำลายโดยปกติได้

นภนต์ สุรงครัตน์ และ ดร.ตุลวิทย์ สถาปนจารุ ได้ทำการศึกษาหาพื้นที่ที่เหมาะสม สำหรับการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดกำลังการผลิตต่ำกว่า 10 เมกกะวัตต์ จากความต้องการการใช้พลังงานในประเทศไทยที่มีแนวโน้มสูงขึ้นและแหล่งพลังงานภายในประเทศมีอัตราการผลิตไม่เพียงพอ

กับการใช้งาน ทำให้มีการมองหาพลังงานทางเลือกใหม่ ซึ่งพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) เป็นคำตอบของงานวิจัยนี้ โดยมีเป้าหมายในการนำไม้ยางพาราและเศษวัสดุเหลือใช้ เช่น เศษไม้ ปลายไม้ที่ร่วงหล่น รวมถึงขี้เลื่อยจากโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราในเขตจังหวัดระยองหรือใกล้เคียง มาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อก่อให้เกิดการกระจายรายได้ มีการจ้างงานในพื้นที่และธุรกิจเกิดขึ้น อาทิ ธุรกิจขนส่งหรือการรับซื้อเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยมีการใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) และกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) มาใช้โดยมีการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักและค่าลำดับชั้นของข้อมูล ซึ่งมีปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ แหล่งวัตถุดิบของเชื้อเพลิง แหล่งน้ำ สภาพสิ่งแวดล้อม ระยะแนวสายส่งไฟฟ้าและถนน และการใช้ประโยชน์ที่ดินในการวิเคราะห์

นิยามความสำเร็จของโรงไฟฟ้าชีวมวล

จากคำนิยามดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปนิยามความสำเร็จของโรงไฟฟ้าชีวมวลได้ทั้งหมด 6 ประเด็น ดังนี้

1. ด้านเทคโนโลยี เช่น เตาเผาที่เผาอย่างมีประสิทธิภาพ หม้อไอน้ำที่มีไอน้ำไหลอย่างเหมาะสม ชุดกังหันหรือเครื่องปั่นไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ
2. ด้านการเงิน เช่น แหล่งเงินทุน ความผันผวนของอัตราดอกเบี้ย การขาดสภาพคล่องการบริหารเงินสดของโรงไฟฟ้า
3. ด้านกฎหมายและนโยบาย เช่น การจ่ายไฟฟ้าตามสัญญากับ กฟผ. ได้โดยไม่เสียค่าปรับ สัญญาการซื้อขายไฟฟ้าและการสนับสนุนของภาครัฐบาล ศักยภาพระบบส่งไฟฟ้า การควบคุมปริมาณโรงไฟฟ้าชีวมวล
4. ด้านชุมชนและสิ่งแวดล้อม เช่น การสนับสนุนจากชุมชนรอบๆ หรือการเอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกัน
5. ด้านการบริหารจัดการภายในองค์กร เช่น ความเชี่ยวชาญในธุรกิจบุคลากรที่มีประสบการณ์สูง การเพิ่มศักยภาพของบุคลากร การจัดเก็บวัตถุดิบ การควบคุมค่าใช้จ่าย เพื่อรักษาระดับความสามารถในการทำกำไร
6. ด้านวัตถุดิบ เช่น ราคาวัตถุดิบ ศักยภาพการให้พลังงานของวัตถุดิบ การกระจายความเสี่ยงของวัตถุดิบแต่ละประเภท ความมั่นคงของวัตถุดิบ ระยะทางการจัดส่งวัตถุดิบ

บทที่ 3
ความรู้ทั่วไปของโครงการ

สภาพทั่วไปของต้นยูคาลิปตัส

<u>ความเป็นมาของต้นยูคาลิปตัสในประเทศไทย</u>

ยูคาลิปตัส (Eucalyptus) เป็นพรรณไม้มีถิ่นกำเนิดในทวีปออสเตรเลีย เกาะแทสเมเนีย มีการกระจายพันธุ์ตั้งแต่หมู่เกาะมินดาเนา เซลีเบส ปาปัวนิวกินี ในพื้นที่ชุ่มที่มีน้ำขังในเขตร้อน มีมากกว่า 700 ชนิดในประเทศไทยเริ่มมีการนำเข้ามาปลูกครั้งแรกที่ พระที่นั่งวิมานเมฆ สมัยรัชกาลที่ 5 เมื่อปี พ.ศ. 2444 โครงสร้างของต้นยูคาลิปตัสซึ่งประกอบด้วย เปลือกไม้ซึ่งอยู่ด้านนอกสุดและเนื้อไม้ที่ซ่อนอยู่ด้านใน โดยในส่วนของเนื้อไม้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือ “กระพี้” หรือเนื้อไม้ด้านนอกซึ่งอยู่ติดกับเปลือกไม้และเป็นที่อยู่ของท่อลำเลียงน้ำ (xylem) จำนวนมาก ส่วนที่สอง คือ “แก่น” หรือเนื้อไม้ด้านในสุดซึ่งถูกห่อหุ้มด้วยกระพี้ เมื่อต้นยูคาลิปตัสเติบโตเต็มที่พื้นที่ของกระพี้ก็จะเพิ่มขึ้นพร้อมกับการสร้างท่อลำเลียงน้ำใหม่ ซึ่งท่อลำเลียงน้ำอันเก่าหลังจากใช้งานมานานก็จะมีการสะสมของสารต่างๆ ภายในเซลล์ จนเกิดการอุดตันจนกลายเป็นแก่นที่ไม่สามารถลำเลียงน้ำได้อีก ซึ่งยูคาลิปตัสนั้นจะมีแก่นก็ต่อเมื่ออายุเกิน 15 ปีขึ้นไปยูคาลิปตัสเป็นไม้ที่มีพื้นที่ของกระพี้มาก จึงหมายถึงการมีพื้นที่ลำเลียงน้ำขึ้นสู่เรือนยอดมากตามไปด้วย เนื่องจากแนวโน้มการดูดน้ำของต้นไม้แต่ละต้นมากน้อยนั้นขึ้นอยู่กับพื้นที่ของกระพี้ในลำต้นเป็นสำคัญเนื่องจากยูคาลิปตัสจะมีระบบรากที่แผ่ขยายเร็วและสามารถหยั่งลงไปในดินได้ในระดับลึก จึงมีประสิทธิภาพในการเสาะแสวงหาแหล่งน้ำใต้ดินได้มากกว่าพืชชนิดอื่น

ภาพที่ 11 ลักษณะทั่วไปของต้นยูคาลิปตัส

ยูคาลิปตัสเป็นไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศออสเตรเลีย มีจำนวนมากกว่า 700 ชนิด โดยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Eucalyptus camaldalensis dehn. ลักษณะเป็นไม้โตเร็ว รูปทรงลำต้นตรงเปลาดี พอสมควรสามารถเจริญเติบโตและตัดฟันเพื่อใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่อายุ 3-5 ปี รวมทั้งสามารถแตกหน่อได้ดี ไม่ต้องปลูกใหม่ เจริญเติบโตได้เร็ว ทนต่อสภาพแห้งแล้ง สามารถขึ้นได้ทั้งพื้นที่ดินเสื่อมโทรมมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินเค็ม ดินเปรี้ยว ดินที่เป็นทราย มีความแห้งแล้งติดต่อกันเป็นเวลานาน พื้นที่ดินเลวที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 650 มิลลิเมตรต่อปี จนกระทั่งในสภาพพื้นที่ที่มีน้ำท่วมบางระยะในรอบปี หรือพื้นที่ริมน้ำ แต่จะไม่ทนทานต่อดินที่มีหินปูนสูง

ลักษณะลำต้นเป็นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีความสูง 24-28 เมตร บางชนิดสูงถึง 50 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางอาจถึง 1-2 เมตรได้ ส่วนของใบออกเป็นคู่ตรงข้ามเรียงสลับ ลักษณะเป็นใบรูปหอก มีขนาด 2.5 - 12 x 0.3 - 0.8 นิ้ว ก้านใบยาว ใบสีเขียวอ่อนทั้งสองด้าน บางครั้งมีสีเทาใบบางห้อยลง เส้นใบมองเห็นชัด เปลือกมีลักษณะเรียบเป็นมัน สีเทาสลับขาวและน้ำตาลแดงเป็นบางแห่ง เปลือกนอกจะแตกร่อนเป็นแผ่นหลุดออกจากผิวของลำต้นเมื่อแห้ง และลอกออกได้ง่ายขณะยังสดหลังการตัดฟัน เปลือกนอกหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร ส่วนของช่อดอกจะเกิดที่ข้อต่อระหว่างกิ่งกับใบ มีก้านดอกเรียวยาว และมีก้านย่อยแยกออกไปอีก ออกดอกเกือบตลอดปีขึ้นกับความสมบูรณ์ของต้นบางครั้งมีทั้งดอกตูมดอกบาน ผลอ่อนและผลแก่ในกิ่งเดียวกัน ออกดอกปีละ 7-8 เดือน จึงเหมาะต่อการเลี้ยงผึ้ง ในขณะที่ผลมีลักษณะครึ่งวงกลมหรือรูปถ้วย ขนาด 0.2-0.3 x 0.2-0.3 นิ้ว ผิวนอกแข็ง เมื่อยังอ่อนจะมีสีเขียว และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อแก่ โดยปลายผลจะแตกแยกออก ทำให้เมล็ดร่วงลงมาลักษณะของเมล็ดมีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร สีเหลือง น้ำหนักเมล็ด 1 กิโลกรัม จึงมีจำนวนเมล็ดได้ถึงสองแสนเมล็ด

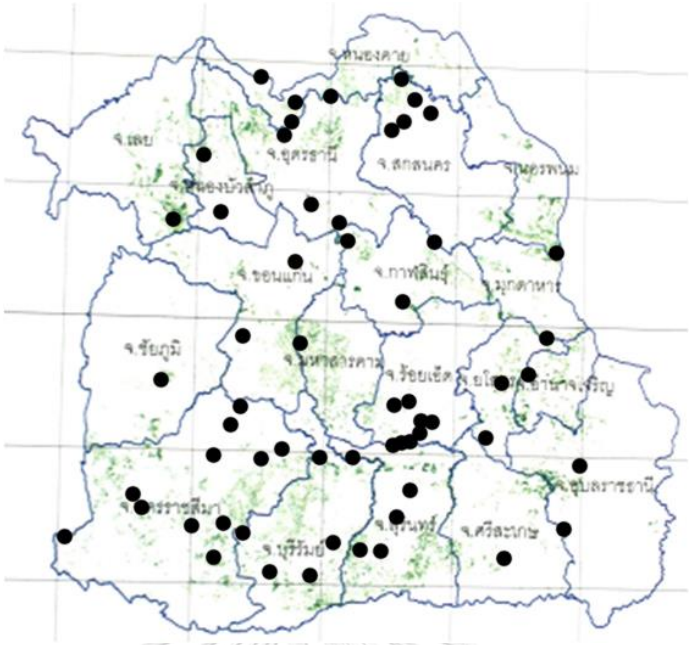
สำหรับเนื้อไม้ยูคาลิปตัส มีแก่นสีน้ำตาล กระพี้สีน้ำตาลอ่อน โดยกระพี้และแก่นมีสีแตกต่างกันอย่างชัดเจน เมื่ออายุมากขึ้นลักษณะเนื้อไม้จะมีสีน้ำตาลแดงเข้มกว่าไม้อายุน้อย เนื้อไม้มีลักษณะค่อนข้างละเอียดบางครั้งบิดไปตามแนวลำต้น มีความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 0.6-0.9 ในสภาพแห้งแล้งซึ่งขึ้นกับอายุของไม้ ลักษณะเนื้อไม้แตกง่ายหลังจากตัดฟันตามแนวยาวขนานลำต้น คุณภาพเนื้อไม้ยูคาลิปตัสเมื่อแปรรูปจึงมักบิดงอง่าย เนื้อไม้มีเสี้ยน บิดเป็นเกลียวและแตกร้าวได้ง่าย จึงเหมาะต่อการใช้งานหน้าแคบและสั้น แต่หากทำให้ถูกวิธีก็สามารถนำมาเลื่อยทำเครื่องเรือนและก่อสร้างได้เช่นกัน

ในมุมของผู้ที่สนับสนุนให้ปลูกยูคาลิปตัส ได้กล่าวถึงประโยชน์ของยูคาลิปตัสไว้หลายประการ ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยประโยชน์ทางตรงสามารถนำไม้ยูคาลิปตัสมาทำเป็นไม้ใช้สอย เฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน ทำรั้ว คอกปศุสัตว์ ทำเสา นั่งร้านในการก่อสร้าง หรือนำมาเป็นส่วนประกอบของอาคารบ้านเรือน แต่ต้องมีการอาบน้ำยาเพื่อรักษาเนื้อไม้ไว้ก่อนจะยืดอายุการใช้งานได้นานขึ้น รวมทั้งสามารถนำไปทำไม้ฟืนหรือเผาถ่าน ซึ่งมีการวิจัยรองรับว่าฟืนไม้ยูคาลิปตัสให้พลังงานความร้อนสูงถึง 4,800 แคลอรี่ต่อกรัม ส่วนถ่านไม้ยูคาลิปตัสให้พลังงานความสูงถึง 7,400 แคลอรี่ต่อกรัม ใกล้เคียงกับไม้โกงกางซึ่งจัดเป็นถ่านไม้ชั้นดีที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถนำไปทำชิ้นไม้สับ เพื่อผลิตเป็นแผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แผ่นปาร์ติเกิล และแผ่นไม้อัดซีเมนต์ หรือส่งให้โรงงานเยื่อกระดาษจนเรียกยูคาลิปตัสอีกอย่างว่า ต้นกระดาษ ซึ่งเยื่อไม้ยูคาลิปตัส 1 ตัน สามารถผลิตเยื่อกระดาษได้ประมาณ 1 ตัน ด้วยคุณสมบัติเด่น คือมีความฟู ทึบแสงและไฟเบอร์มีความแข็งแรงเหมาะต่อการทำกระดาษพิมพ์เขียว

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง ของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสแบบประมาณ (Proximate Value) และแบบแยกธาตุ (Ultimate Value)

คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง		
ร้อยละของความชื้นเริ่มต้น(Wet basis)		48.27
องค์ประกอบแบบประมาณ (Dry basis)	ร้อยละของสารระเหย (VM)	69.79
	ร้อยละของเถ้า (Ash)	8.94
	ร้อยละของคาร์บอนคงตัว(FC)	21.27
องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Dry basis)	ร้อยละของคาร์บอน (C)	38.57
	ร้อยละของไฮโดรเจน (H)	3.86
	ร้อยละของไนโตรเจน (N)	0.51
	ร้อยละของซัลเฟอร์(S)	0.31
	ร้อยละของออกซิเจน (O)	47.81
ค่าความร้อนสูง HHV(MJ/kg)		16.81
ร้อยละของคลอลีน(Dry basis)		0.98

อ้างอิง: http://www.tsae.asia/data/2012conf/pdf/EAE/EAE26.pdf



ภาพที่ 12 แสดงตำแหน่งที่ตั้งโรงงานสับไม้ยูคาลิปตัส ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

อ้างอิง: http://www.tsae.asia/data/2012conf/pdf/EAE/EAE26.pdf

การนำชีวมวลมาผลิตไฟฟ้า

ชีวมวล (Biomass) เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียน ที่กักเก็บพลังงานมาจากดวงอาทิตย์ ซึ่งมาจากการสังเคราะห์ด้วยแสง และเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมดไป เพราะชีวมวลส่วนใหญ่ได้มาจากพืชที่มีวงจรชีวิตสั้น สามารถเพาะปลูกแล้วนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานใหม่ได้ ชีวมวลโดยทั่วไปเป็นผลิตผลที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิตในหลายรูปแบบ เช่น ไม้จากป่า พืชพลังงาน ของเสียจากอุตสาหกรรมจากการเกษตร เช่น ชานอ้อย ซังข้าวโพด กากปาล์ม กากมัน แกลบ ฟางข้าว ขี้เลื่อย ฟืน เป็นต้น การใช้ชีวมวลในผลิตความร้อนหรือไฟฟ้าจะไม่เพิ่มปริมาณสุทธิของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศของโลก แต่เนื่องจากการเก็บรักษาและการขนส่งชีวมวลมีความยากเพราะเชื้อเพลิงชีวมวลจะมีค่าความหนาแน่นต่ำ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งและการจัดเก็บค่อนข้างสูง และมีความเสี่ยงสูงในการจัดหาหรือการรวบรวมปริมาณที่ต้องการใช้ให้คงที่ตลอดทั้งปี เนื่องจากพืชผลทางการเกษตรส่วนใหญ่เป็นไปตามฤดูกาล

ประเทศไทยมีนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน โดยเฉพาะพลังงานจากชีวมวล เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีเกษตรกรรมเป็นพื้นฐาน จึงมีศักยภาพในการผลิตชีวมวลในปริมาณสูง การนำพลังงานจากชีวมวลมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า และความร้อน จะช่วยลดต้นทุนในการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตผลทางการเกษตร การสนับสนุนให้เกิดการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนรายเล็กมาก (VSPP) โดยเกษตรกรเป็นผู้ผลิต จะทำให้ต้นทุนการผลิตพลังงานต่ำกว่าการขนย้ายเชื้อเพลิงชีวมวลไปผลิตพลังงานอยู่นอกพื้นที่ การส่งเสริมให้ชุมชนหรือท้องถิ่นผลิตผลิตพลังงานขึ้นใช้เอง จะต้องใช้เทคโนโลยีที่ง่ายและไม่ซับซ้อน และมีเสถียรภาพ ซึ่งเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับชุมชน คือ เทคโนโลยีกังหันไอน้ำเพื่อนำไปผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า

เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล

ชีวมวลส่วนใหญ่จำเป็นต้องแปลงสภาพก่อนนำไปใช้งาน เนื่องจากชีวมวลมีค่าความร้อนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับฟอสซิล มีปริมาณความชื้นสูง มีความหนาแน่นต่ำ และมีรูปแบบกายภาพไม่สม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียว ไม่สะดวกต่อการขนส่ง การเก็บรักษา หรือการป้อนเข้า ดังนั้น การแปลงสภาพชีวมวลเพื่อลดปริมาณความชื้นจะส่งผลต่อการเพิ่มค่าความร้อนและสะดวกต่อการเก็บรักษา และมีการปรับปรุงให้สะดวกต่อการใช้และการจัดการ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ (นครทิพยาวงศ์, 2553)

1. กระบวนการแปลงสภาพเชิงกายภาพ (Physical Conversion) ได้แก่ การอัดแท่ง (densification) การคัดแยกเฉพาะส่วน และการหีบคั้นน้ำมัน (oil extraction)

2. กระบวนการแปลงสภาพเชิงชีวเคมี (Biochemical Conversion) ที่ใช้ในกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวดำเนินการ ได้แก่ กระบวนการหมักย่อยอับอากาศเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพและกระบวนการไฮโดรไลซิสเพื่อผลิตเอทานอล

3. กระบวนการแปลงสภาพเชิงเคมีความร้อน (Thermochemical Conversion) โดยกระบวนการนี้ยังสามารถจำแนกออกเป็นกระบวนการย่อยๆ ได้อีก คือ การเผาไหม้ ไพโรไลซิส แก๊สซิฟิเคชั่น และการสังเคราะห์เอทานอล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล

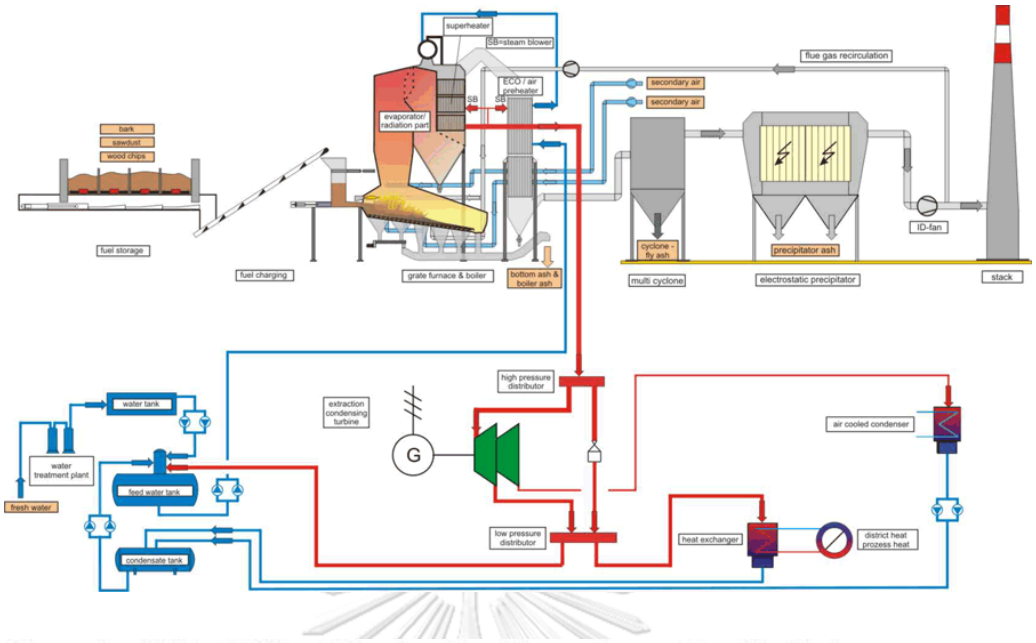
เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากชีวมวลมีเทคโนโลยีหลายรูปแบบดังนี้ (สำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556)

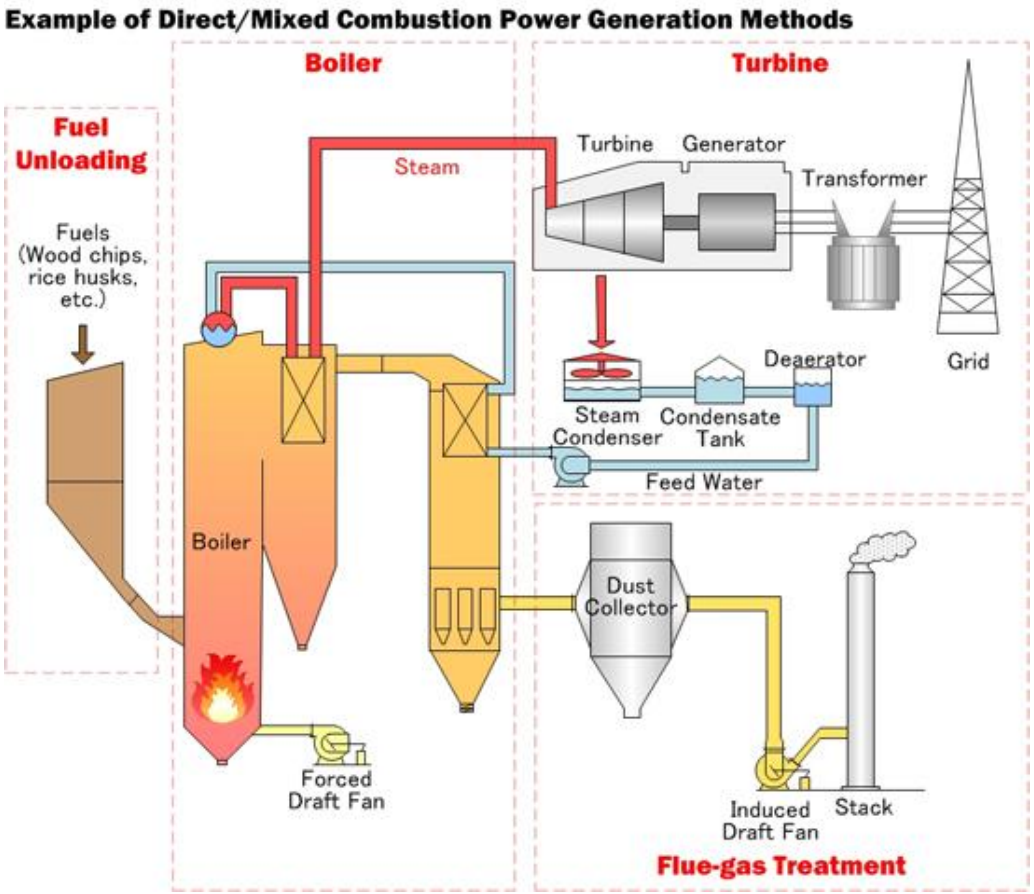
โรงไฟฟ้าชีวมวล (Biomass Power Plant)

โรงงานไฟฟ้าชีวมวล เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เศษวัสดุชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง เพื่อนำมาผลิตไฟฟ้าและพลังไอน้ำ ซึ่งอาจเป็นเศษวัสดุชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกันก็ได้ โดยมีหลักการทำงานคล้ายกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน แต่จะใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อให้เกิดความร้อนในการผลิตไอน้ำแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิล (น้ำมัน ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ) โดยเศษวัสดุที่ใช้คือวัสดุที่เหลือทางการเกษตรหรือจากผลผลิตทางการเกษตรที่ผ่านการแปรรูปแล้ว เช่น แกลบ ชานอ้อย เศษไม้ กากปาล์ม กากมันสำปะหลัง ซังข้าวโพด กากและกะลามะพร้าว ส่าเหล้า เป็นต้น โดยประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า จะเท่ากับอัตราส่วนของพลังงานไฟฟ้าต่อพลังงานเคมีของเชื้อเพลิง ซึ่งหลักการทำงานมี 4 ขั้นใหญ่ ๆ คือ

1. จัดเก็บเชื้อเพลิงชีวมวลเข้าสู่โรงเก็บและถ้าเชื้อเพลิงชีวมวลมีความเปียกชื้นอาจมีการนำมาตากแดดให้แห้งก่อน
2. นำชีวมวลมาบดให้ละเอียดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้แล้วนำไปป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้
3. เชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้จะมีการส่งพลังงานความร้อนไปต้มน้ำ จากนั้นจะได้ไอน้ำโดยไอน้ำที่ได้จะถูกส่งไปหมุนกังหัน (Turbines) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
4. ไอน้ำร้อนที่ผ่านกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจะถูกทำให้เย็นลงด้วยกระบวนการควบแน่นด้วย Condenser โดยจะได้เป็นหยดน้ำซึ่งจะถูกรวบรวมและส่งด้วยปั๊มน้ำ (Boiler Feed Pump) ไปเติมให้กับหม้อต้มน้ำเพื่อให้หมุนเวียนกลายเป็นไอต่อไป ส่วนน้ำหล่อเย็น (Cooling Water) ที่ใช้ในการควบแน่นแล้วมีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากได้รับความร้อนที่ถ่ายเทมาจากไอน้ำจะถูกทำให้เย็นลงโดยใช้หอหล่อเย็น (Cooling Tower) ระบายความร้อนออกจากน้ำหล่อเย็นสู่อากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University





ภาพที่ 13 แผนผังการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยเทคโนโลยีกังหันไอน้ำ

ที่มา: http://www.bios-bioenergy.at/en/electricity-from-biomass/steam-turbine.html

การเผาไหม้ตรง (Direct Combustion)

เป็นเทคโนโลยีที่ผลิตความร้อนจากกระบวนการสันดาป ความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำเพื่อผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าโดยผ่านกังหันไอน้ำ เทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรงเป็นวิธีที่ใช้กันมากที่สุด สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลซึ่งส่วนใหญ่เป็นระบบขนาดใหญ่ ที่มีกำลังการผลิตไฟฟ้า 5 เมกะวัตต์ขึ้นไป ข้อดีของเทคโนโลยีนี้ ระบบไม่ซับซ้อน เดินเครื่องง่าย ข้อเสียคือ ระบบขนาด 1 เมกะวัตต์ยังไม่มีการใช้ในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากแนวโน้มประสิทธิภาพต่ำและค่าการลงทุนสูง และค่าการบำรุงรักษาสูง มีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 13 การเผาไหม้ตรงเป็นปฏิกิริยาเคมีการรวมตัวกันระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจนอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการลุกไหม้และการคายความร้อนออกมา โดยใช้ก๊าซออกซิเจนร้อยละ 23 และก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 77 โดยน้ำหนักซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ก๊าซออกซิเจนสัมผัสกับพื้นผิวเชื้อเพลิงการเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้ได้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) การปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมาที่พื้นผิว และการเกิดปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์กับออกซิเจนเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2)และ เทคโนโลยีที่ใช้สำหรับป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ระบบการเผาไหม้ แบ่งได้ดังนี้

1. **ระบบใช้แรงงานคนป้อนเชื้อเพลิง** ระบบนี้อาศัยคนงานที่มีความชำนาญในการกระจายเชื้อเพลิงให้ทั่วสม่ำเสมอบนตะกรับเตาไฟ ที่ทำจากเหล็กหล่อเป็นตอนๆ อากาศที่ใช้สำหรับเผาไหม้จะถูกส่งจากใต้เตาเหนือตะกรับเตาไฟ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของระบบนี้ค่อนข้างต่ำ
2. **ระบบสโตกเกอร์ (Stoker)** เป็นระบบแรกที่มีการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาโดยอาศัยเครื่องกล แทนแรงงานคน ข้อดีของระบบนี้คือ มีราคาถูกและสามารถออกแบบให้ใช้ได้กับเชื้อเพลิงแข็งหลายชนิดแต่ ระบบสโตกเกอร์มีขีดความสามารถในการผลิตไอน้ำร้อนในระดับต่ำระบบสโตกเกอร์สามารถแบ่งตาม ลักษณะการป้อนเชื้อเพลิงได้เป็น 2 ชนิด คือ ระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านบน (Overfeed Stoker) และระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง (Underfeed Stoker)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านบน เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านบน หรือสูงกว่าตำแหน่งทางเข้าของอากาศส่วนแรกที่ถูกส่งไปช่วยในการเผาไหม้ โดยป้อนเชื้อเพลิงให้อยู่บนตะแกรง จากนั้นอากาศส่วนแรกถูกป้อนเข้าทางด้านล่างของตะแกรงผ่านขึ้นมาเผาไหม้เชื้อเพลิงบนตะแกรง อากาศอีกส่วนหนึ่งจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนของตะแกรงเพื่อช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ ข้อเสียของการเผาไหม้ระบบนี้ คือการควบคุมปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าใต้ตะแกรงนั้นทำได้ยาก เพราะจะขึ้นอยู่กับความสูงและความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่กองอยู่บนตะแกรง และนอกจากนี้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างค่อนข้างสูง เพราะต้องป้องกันการสูญเสียความร้อนออกจากผนังเตาเพื่อทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นได้อย่างคงที่เตาที่ใช้กับการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาทางด้านบนที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมทั่วไปมีอยู่ด้วยกันคือ

แบบที่ 1 ระบบสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน (Traveling Grate Stoker) เชื้อเพลิงจะถูกป้อนออกจากถังเก็บ (Hopper) โดยสายพานตีนตะขาบ ซึ่งจะเคลื่อนที่พาเชื้อเพลิงผ่านเข้าไปในเตาเพื่อเผาไหม้ การลุกไหม้จะลุกคืบจากด้านบนของชั้นเชื้อเพลิงลงสู่ด้านล่าง ในขณะที่เชื้อเพลิงถูกพาให้เคลื่อนที่ไปยังอีกด้านหนึ่งของเตา เมื่อสายพานเลื่อนไปจนสุดทางอีกด้านหนึ่ง เชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้หมดพอดีเถ้าที่เหลืออยู่จะตกลงสู่ที่รองรับทางด้านล่าง ข้อดีของสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน คือ ระบบการทำงานไม่ยุ่งยาก เพราะมีอุปกรณ์น้อยและสามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงได้หมด เนื่องจากสามารถควบคุมความเร็วของสายพานได้และปริมาณควันและเขม่าที่ปล่อยออกมามีน้อย

แบบที่ 2 ระบบสโตกเกอร์แบบกระจาย (Speeder Fired Stoker) เชื้อเพลิงถูกส่งเข้าเตาในลักษณะกระจายไปทั่วห้อง เผาไหม้ด้วยเครื่องป้อนซึ่งมีลักษณะคล้ายใบพัดเป็นตัวหมุนเอาเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กหรือเป็นผงจะเกิดการเผาไหม้ขึ้นอย่างรวดเร็วในขณะลอยตัวอยู่ภายในเตา ส่วนเชื้อเพลิงที่มีขนาดใหญ่ก็จะตกลงมาบนตะแกรง และเกิดการเผาไหม้บนตะแกรง ตะแกรงอาจมีการสั่นเป็นจังหวะเพื่อให้เถ้าร่วงลงสู่ด้านล่างดังภาพที่ 14 (ตะแกรงนี้อาจแทนได้ด้วยสายพานตีนตะขาบ) ระบบการเผาไหม้แบบนี้จำเป็นต้องใช้อากาศเหนือไฟที่ด้านหลังและด้านข้างเตา เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้พอเพียงต่อการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ บางครั้งจำเป็นต้องติดตั้งหัวพ่นอากาศใกล้เครื่องกระจายเชื้อเพลิงเพื่อช่วยเป่าเชื้อเพลิงละเอียดให้กระจายออกไป

ข้อได้เปรียบของการเผาไหม้ระบบนี้ คือ การที่เชื้อเพลิงกองอยู่บางๆ บนตะแกรงทำให้ความดันอากาศไหลผ่านเชื้อเพลิงมีค่าน้อยกว่าสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน ดังนั้นการควบคุมอากาศที่ป้อนใต้ตะแกรงสามารถทำได้ง่ายกว่า ข้อเสียของระบบสโตกเกอร์แบบกระจายคือมีปริมาณเขม่าและควันออกจากปล่องมากจึง ต้องมีอุปกรณ์สำหรับดักขี้เถ้าที่ออกจากปล่องสู่บรรยากาศภายนอก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 14 ลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบสโตกเกอร์แบบกระจาย

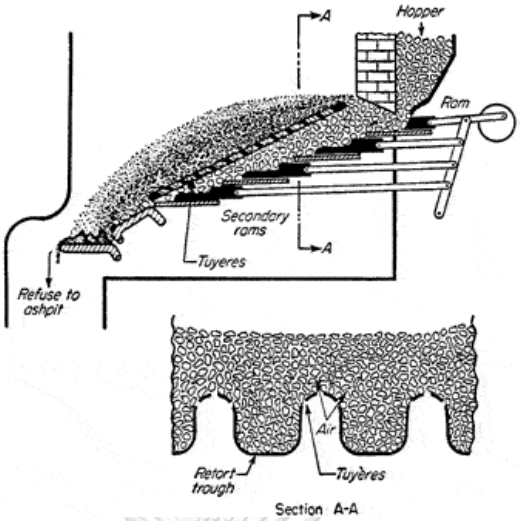
ระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง

เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง ส่งผลให้เชื้อเพลิงไปตามรางให้เคลื่อนตัวลึกเข้าไปในเตาตลอดเวลา ทำให้เกิดความดันขึ้นในเชื้อเพลิงส่วนล่าง ส่งผลให้เชื้อเพลิงส่วนบนขยับขึ้นด้านบนได้ วิธีนี้จะทำให้สารระเหยที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงระเหยขึ้นสู่ส่วนบนจึงทำให้ติดไฟได้ง่ายขึ้นและเกิดการเผาไหม้ขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ เชื้อเพลิงที่ลุกไหม้หมดแล้วเป็นเถ้าซึ่งอยู่ส่วนบนสุดจะถูกเชื้อเพลิงตอนล่างดันกระจายลงสู่ที่รองรับเถ้า ดังภาพที่ 15

การควบคุมการเผาไหม้ของระบบนี้ สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงระยะชักหรืออัตราเร็วของตัวดันเชื้อเพลิง ส่วนปริมาณอากาศที่ส่งเข้าเตาก็สามารถปรับให้พอเหมาะกันได้ที่ช่องอากาศเข้าเตา อากาศที่ส่งเข้าเตาเพื่อช่วยการเผาไหม้เชื้อเพลิงนี้จะผ่านเข้าไปในเตาได้ทางช่องหรือพวยรับลม (Tuyeres)

ข้อดีของระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง คือ การป้อนเชื้อเพลิงทางด้านล่างจะช่วยลดควันได้ เพราะสารระเหยที่ปล่อยออกจากเชื้อเพลิงจะไหลผ่านชั้นเชื้อเพลิงที่ร้อนทำให้เผาไหม้หมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



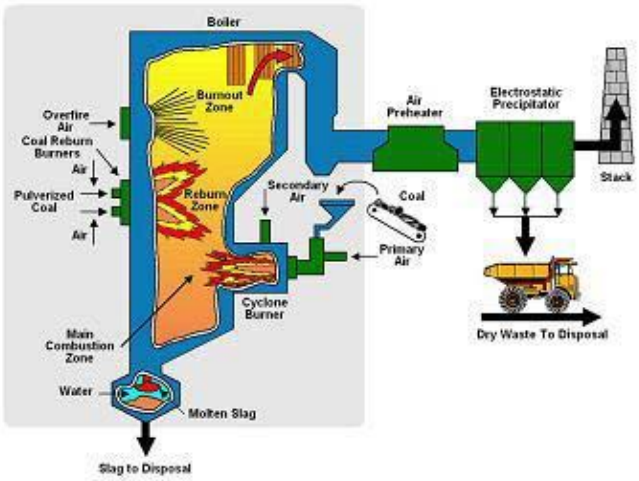
ภาพที่ 15 ลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง

ระบบพัลเวอร์ไรซ์ (Pulverized)

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเตาระบบพัลเวอร์ไรซ์จะเกิดขึ้นในลักษณะที่เชื้อเพลิงแขวนลอยอยู่ ดังนั้นเชื้อเพลิงที่ใช้ในเตาเผาแบบนี้จะต้องมีขนาดเล็กเพียงพอที่จะแขวนลอยอยู่ในอากาศภายในเตา อากาศส่วนแรกจะถูกอุ่นก่อนส่งเข้าเตา เพื่อใช้ในการอบแห้งเชื้อเพลิงในขณะที่อากาศส่วนที่สองถูกส่งเข้าเตาโดยตรง เพื่อช่วยให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาไหม้จะถูกพัดพาออกจากเตาเผาติดมากับก๊าซร้อนที่ได้จากการเผาไหม้

ข้อได้เปรียบของการเผาระบบนี้ คือไม่จำเป็นต้องมีระบบตะแกรงที่จะต้องให้ความร้อนในการเผาไหม้สูง เพราะระบบสโตกเกอร์ที่กล่าวมาแล้วนั้น เชื้อเพลิงจะเผาไหม้ได้จะต้องได้รับความร้อนที่สูงเพียงพอจากเชื้อเพลิงเก่าบนตะแกรง จากเหตุดังกล่าวข้างต้นจึงต้องให้เตาเผาระบบสโตกเกอร์มีขนาดเล็กเพียงพอที่จะทำให้ความร้อนภายในเตาเผามีค่าสูงพอแก่เชื้อเพลิงที่จะเผาไหม้ต่อไป ดังนั้นเตาเผาระบบพัลเวอร์ไรซ์นี้จึงให้ความร้อนในการเผาไหม้ได้สูงกว่า

ข้อเสียของระบบพัลเวอร์ไรซ์นี้ คือ การควบคุมเถ้าทำได้ยาก ดังนั้นจึงต้องมีระบบการจัดเถ้าที่ดีซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง เชื้อเพลิงที่ใช้จะต้องมีขนาดเล็กเพียงพอ ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบดเชื้อเพลิงให้มีขนาดเล็กลง นอกจากนี้การควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเผาทำได้ยาก เพราะถ้าอุณหภูมิของการเผาไหม้สูงเกินไปจะทำให้เกิดการหลอมตัวของเถ้าเกาะกันเป็นก้อนใหญ่ ซึ่งจะทำให้เตาเผาเสียหายได้ เชื้อเพลิงที่ใช้จะต้องแห้งเพียงพอจึงต้องมีการอบแห้ง ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการเพิ่มราคาต้นทุนและพลังงานที่ใช้ดังภาพที่ 16

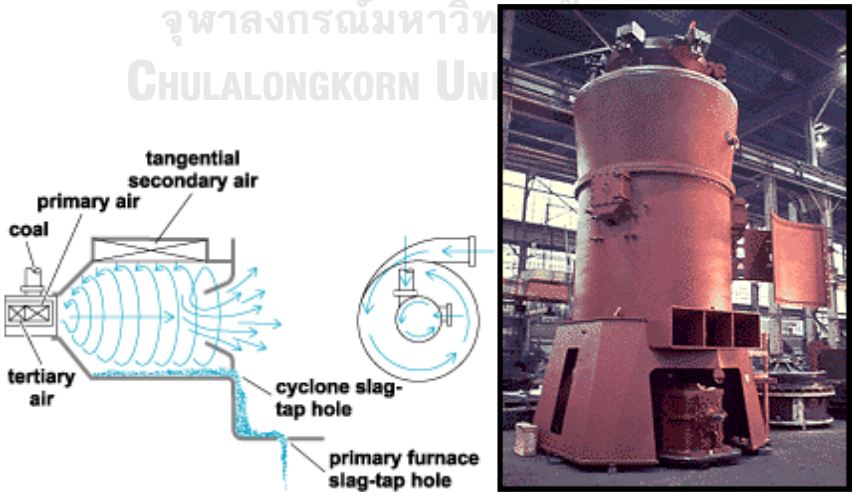


ภาพที่ 16 ลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบพัลเวอร์ไรซ์

ระบบไซโคลน (Cyclone)

เตาเผาระบบไซโคลน เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าเตาเผาโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงเช่นเดียวกับระบบพัลเวอร์ไรซ์ แต่ไม่จำเป็นต้องบดเชื้อเพลิงให้มีขนาดเล็ก ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการบดเชื้อเพลิงลงได้ การเผาไหม้ในระบบไซโคลนจะใช้หัวเผาแบบ Horizontal water-cooled ขนาดเล็ก ทำให้เตาเผาระบบไซโคลนมีขนาดเล็กกว่าเตาเผาระบบพัลเวอร์ไรซ์เมื่อคิดต่อหน่วยปริมาตร อากาศจะเข้าสู่เตาเผาในแนวสัมผัสกับผนังของห้องเผาไหม้ ซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิงเกิดการเคลื่อนที่แบบปั่นป่วน (Turbulence) ในห้องเผาไหม้ ทำให้การเผาไหม้ดียิ่งขึ้น อุณหภูมิของการเผาไหม้ภายในเตาระบบไซโคลนสูงถึง 1,650 °C ซึ่งจะทำให้ขี้เถ้าถูกเผาไหม้กลายเป็นขี้โลหะเหลว (Liquid Slag) ได้ประมาณ 30-50 % และเหลือขี้เถ้าที่ปนออกมากับแก๊สร้อนเพียง 70-50% ขี้โลหะเหลวที่เกิดขึ้นภายในเตาเผาระบบไซโคลนนี้สามารถปล่อยออกทางด้านล่างของเตาเผาได้ดังภาพที่ 17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 17 ลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบไซโคลน

ระบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized base)

อากาศจะไหลผ่านชั้นของเชื้อเพลิง และเมื่อเพิ่มค่าความเร็วของอากาศถึงค่าหนึ่งเชื้อเพลิงที่วางอยู่จะลอยตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายของไหล ในตอนเริ่มติดเตานั้นเบดจะได้รับความร้อนจากภายนอกจนอุณหภูมิถึงจุดติดไฟของเชื้อเพลิง หลังจากนั้นเชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าไปอย่างสม่ำเสมอ การเผาไหม้จะเกิดขึ้นทั่วๆ บริเวณเตา โดยปกติจะใส่สารเฉื่อย (Inert Material) เช่น ทราย หรือสารที่ทาปฏิกิริยา (Reaction Material) เช่น หินปูน (Limestone) หรือตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ซึ่งจะช่วยในด้านการถ่ายเทความร้อนและช่วยทำความสะอาดภายในเตาระบบฟลูอิดไดซ์เบดนี้

ระบบฟลูอิดไดซ์เบดนี้ได้รับความสนใจมากในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถใช้กับเชื้อเพลิงแข็งได้ทุกชนิด เพราะอุณหภูมิภายในเตาจะมีค่าใกล้เคียงตลอดทั่วเตาเผาทำให้อัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงสม่ำเสมอ สามารถเผาเชื้อเพลิงที่มีปริมาณความชื้นสูงได้ดี นอกจากนี้ยังทำให้อุณหภูมิของเปลวไฟคงที

<u>ข้อดีของระบบฟูลอิดไดซ์เบด</u> คือ มีสารเฉื่อย เช่น ทราย เป็นเบด จึงทำให้เกิดการผสมของเชื้อเพลิงกับออกซิเจนได้ดี เกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว นอกจากนี้ตัวเบดยังช่วยอมความร้อนทำให้เตามีความเสถียร ไม่ดับง่าย และเกิดการเผาไหม้ในตัวเตาเผาได้อย่างทั่วถึง จึงทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผามีค่าเท่ากันและสม่ำเสมอ สามารถใช้เผาไหม้เชื้อเพลิงในช่วงอุณหภูมิการเผาไหม้ที่ต่ำ (ประมาณ 850 °C) จึงช่วยแก้ปัญหาด้านมลพิษของอากาศเนื่องจากการเกิดสารประกอบไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) ได้ เป็นระบบเกี่ยวกับลมเกือบทั้งหมด (Pneumatic System) ไม่ค่อยมีระบบเครื่องกล (Mechanical System) ทำให้การควบคุมระบบทำได้ง่าย เชื้อเพลิงที่เผาไหม้ในเตาระบบฟลูอิดไดซ์เบด ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาการเผาไหม้หมดสมบูรณ์ไม่เกิน 5 วินาที ซึ่งน้อยกว่าเวลาที่เชื้อเพลิงใช้อยู่ในเตาเผา จึงทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์

ชนิดของเตา ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบผลิตไฟฟ้าขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับชีวมวลที่มีขนาดเป็นชิ้นค่อนข้างใหญ่ เตาเผาระบบสโตกเกอร์มีความเหมาะสมมาก ในขณะที่ชีวมวลที่เป็นชิ้นเล็กหรือเป็นเมล็ด เช่น ขี้เลื่อย แกลบ มีความเหมาะสมกับเตาเผาระบบฟลูอิดไดซ์เบดหรือไซโคลน เตาเผาระบบ สโตกเกอร์นั้นสามารถใช้กับเชื้อเพลิงได้หลายชนิด/ขนาด แต่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภาระต่ำ เตาเผาระบบไซโคลนตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภาระสูงกว่าเตาเผาระบบสโตกเกอร์ แต่ต้องการเชื้อเพลิงที่มีความแห้งมากเตาเผาระบบ ฟลูอิดไดซ์เป็นระบบค่อนข้างใหม่มีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเชื้อเพลิง และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภาระได้เร็ว

หม้อไอน้ำ (Boiler)

หม้อไอน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ สำหรับให้ความร้อนในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม หรือเพื่อใช้ขับกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) หรือเครื่องจักรไอน้ำ (Steam Engine) เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานกล หน้าที่หลักของหม้อไอน้ำคือการผลิตไอน้ำที่มีความดันอุณหภูมิ และอัตราการไหลที่กำหนดไว้

ชนิดของหม้อไอน้ำ

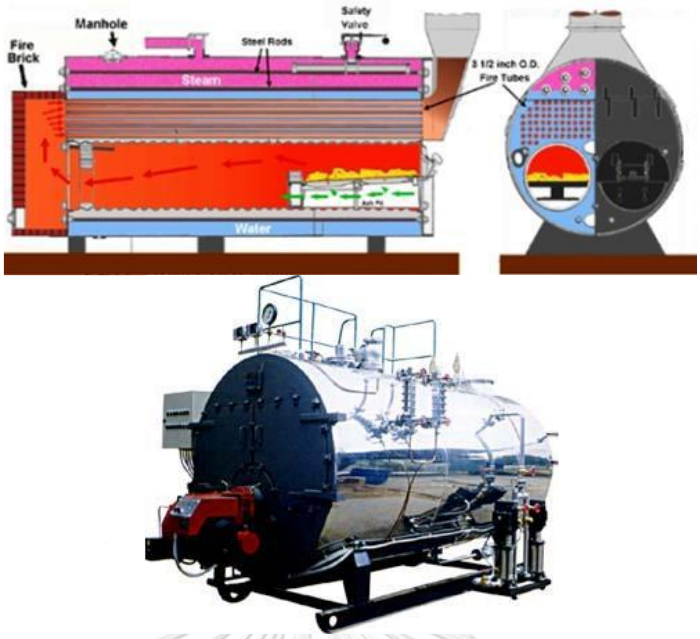
สามารถจำแนกชนิดของหม้อไอน้ำออกเป็นหลายประเภทตามลักษณะโครงสร้างการทำงาน และวัตถุประสงค์การใช้งาน ในการจำแนกประเภทของหม้อไอน้ำจะพิจารณาจากโครงสร้างการทำงาน ดังนี้

1. หม้อไอน้ำท่อไฟ (Fire Tube Boiler)

เป็นหม้อไอน้ำที่มีความสามารถในการผลิตไอน้ำได้ไม่มาก เนื่องจากผลิตไอน้ำได้ที่ความดันและอัตราการไหลจำกัด เนื่องจากมีลักษณะโครงสร้างที่เป็นถัง (shell) ทรงกระบอกใหญ่ในแนวนอนหรือแนวตั้ง โดยมีห้องเผาไหม้เป็นรูปทรงกระบอกอยู่ภายในตัวถัง ส่วนผนังของท่อจะทำเป็นร่องเพื่อรองรับการขยายตัวขณะร้อน และเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างเมื่อรับความดันสูง ห้องเผาไหม้จะอยู่ด้านหน้าของหม้อไอน้ำ ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งเชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และก๊าซความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำรอบตัว โดยกลไกการถ่ายเทส่วนใหญ่จะเป็นแบบการแผ่รังสี หลังจากนั้นไอเสียร้อยจะเคลื่อนที่ย้อนกลับในท่อหลายๆ ท่อที่วางเรียงตัวขนานกับหม้อไอน้ำ ซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนให้กับหม้อไอน้ำ (เนื่องจากปริมาณพื้นผิวถ่ายเทความร้อนมีค่ามากขึ้น) การมีไฟหรือไอเสียร้อนเดินในท่อ จึงเรียกหม้อไอน้ำชนิดว่าท่อไฟ หลังจากที่ไอเสียร้อนเคลื่อนที่มาถึงด้านหน้าของหม้อ ถ้าปล่อยออกที่ตำแหน่งนี้ โดยปกติหม้อไอน้ำชนิดนี้จะเรียกว่า ท่อไฟแบบ 2 กลับ (2 passes) แต่สามารถออกแบบให้ไอเสียเคลื่อนที่ย้อนกลับได้อีกครั้งหนึ่งก่อนออกสู่ปล่อง ก็จะเรียกว่าเป็นท่อไฟ 3 กลับ โดยทั่วไปมักใช้มาเกิน 4 กลับ เนื่องจากเพิ่มความยุ่งยากในการออกแบบตำแหน่งของกลุ่มท่อไฟในแต่ละกลับ (pass) อาจกำหนดให้อยู่ข้างใต้ หรือเหนือช่องเตาก็ได้ วัตถุประสงค์ของการเพิ่มจำนวนกลับเพื่อเพิ่มเนื้อที่ผิวถ่ายเทความร้อน ซึ่งจะทำให้การถ่ายเทความร้อนออกจากตำแหน่งไอเสียจากน้ำให้ได้มากที่สุดก่อนไหลออกปล่อง

เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของรูปร่างโครงสร้าง ทำให้หม้อไอน้ำชนิดนี้มีความสามารถในการผลิตไอน้ำได้ไม่เกิน 25 บาร์ ที่อัตราการไหลไม่เกิน 29 ตัน/ชั่วโมง ส่วนใหญ่จะใช้ในการผลิตไอน้ำอิ่มตัวเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตและใช้สอยอย่างอื่น ดังแสดง ภาพที่ 18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

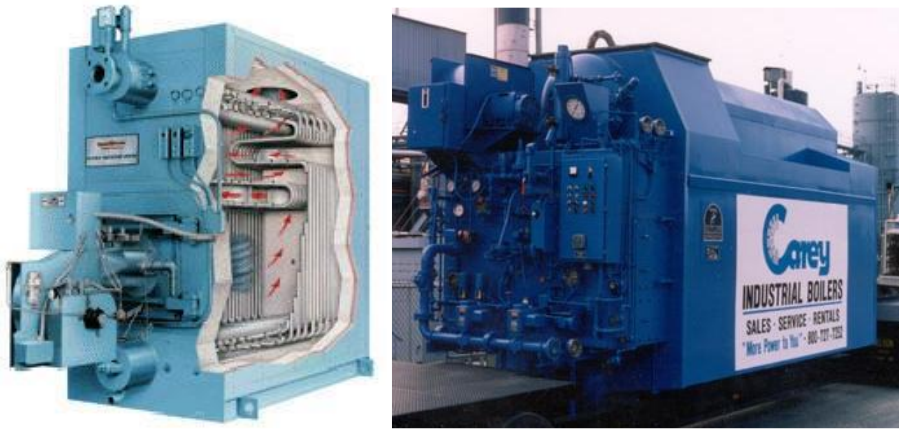


ภาพที่ 18 หม้อไอน้ำชนิดท่อไฟ

2. หม้อไอน้ำท่อน้ำ (Water Tube Boiler)

ในระบบหม้อไอน้ำชนิดนี้ น้ำจะไหลเวียนอยู่ในท่อ ในขณะที่ไอเสียจากการเผาไหม้จะไหลผ่านท่อต่างๆ เหล่านี้ ทำให้ได้การถ่ายเทความร้อนจากไอเสียมาให้น้ำในท่อ ซึ่งมีการไหลเวียนโดยอาศัยความแตกต่างในค่าความหนาแน่นของน้ำที่ตำแหน่งแตกต่างกัน น้ำในท่อส่วนที่รับความร้อนก็จะลอยตัวสูงขึ้นและน้ำที่เย็นกว่าก็จะไหลมาแทนที่ ทำให้เกิดการไหลเวียนตามธรรมชาติ ในกรณีที่ต้องการไอน้ำที่มีความดันสูง อัตราการไหลสูง ลักษณะการเวียนตามธรรมชาตินี้อาจไม่เพียงพอ จึงจะเป็นต้องใช้ปั๊มช่วย

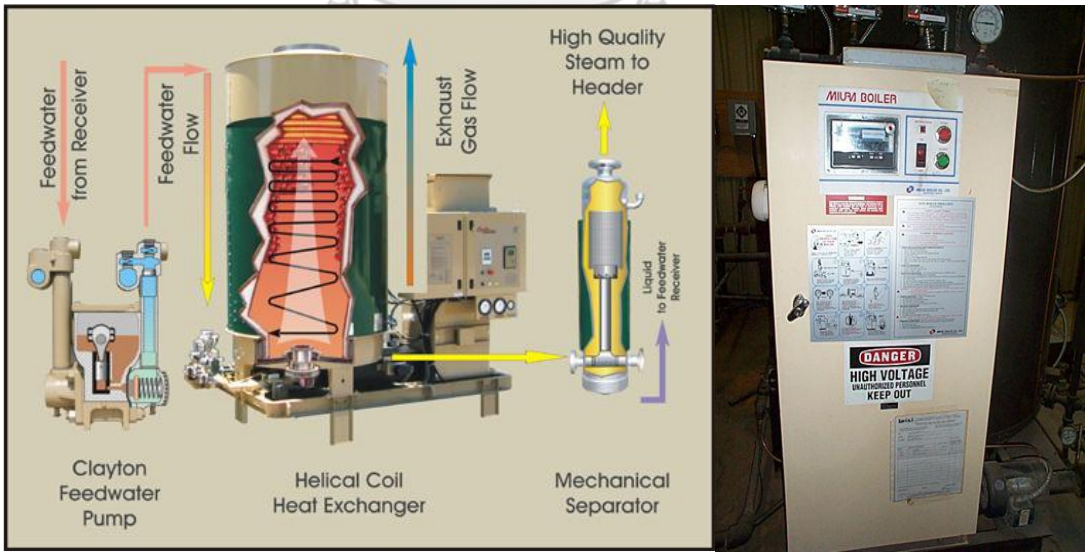
ไอน้ำที่เกิดขึ้นจะถูกเก็บสะสมไว้ในถังไอน้ำด้านบนสำหรับนำออกไปใช้งาน ระบบท่อน้ำที่ใช้อาจออกแบบให้มีรูปร่างหลายลักษณะ เช่น ออกแบบให้มีรูปร่างตามอักษร A D และ O เป็นต้น หรือออกแบบให้ระบบท่อบางส่วนให้เป็นส่วนหนึ่งของผนังหม้อไอน้ำ จะได้ช่วยหล่อเย็นผนังทำให้สามารถรับอุณหภูมิได้สูงขึ้นเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบอย่างหนึ่งหม้อไอน้ำที่ใช้ระบบผลิตกำลังมักจะเป็นแบบท่อน้ำผลิตไอดง โดยที่น้ำจะอยู่ภายในท่อและไอเสียร้อนไหลผ่านด้านนอกของท่อ จากลักษณะโครงสร้างที่แสดงดังรูป ทำให้สามารถผลิตได้ไอน้ำปริมาณมากๆ ที่ความดันสูงอาจมีค่าถึง 1,800 ตัน/ชั่วโมง ที่ความดันสูงกว่าค่าความดันวิกฤตของน้ำ (>221 บาร์) ภาพที่ 19



ภาพที่ 19 หม้อไอน้ำชนิดท่อน้ำ

3. หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านครั้งเดียวตลอด (Once-Through Boiler)

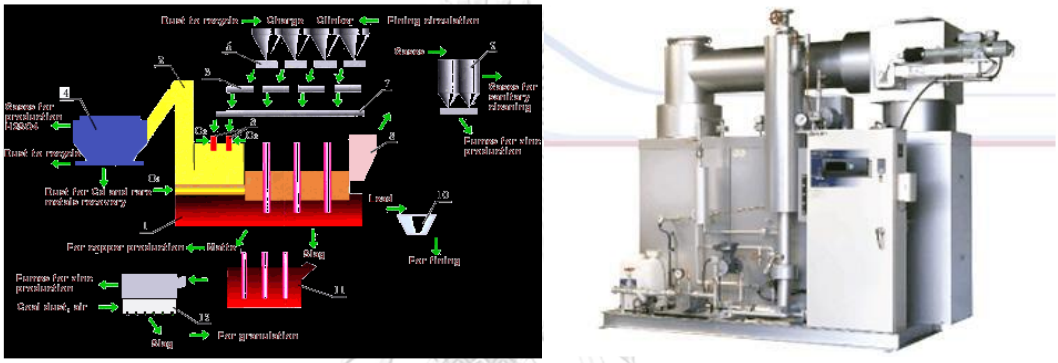
หม้อไอน้าชนิดนี้ไม่มีถังไอน้ำ (Steam Drum) สำหรับบรรจุน้ำและไอน้ำขณะกลายเป็นไอ เหมือนกับหม้อไอน้ำแบบท่อไฟหรือท่อน้ำ แต่จะประกอบด้วยหลายๆ ท่อ ท่อเดินขนานกันไปอยู่ในเตาหม้อไอน้ำ ความดันที่ใช้มักสูงกว่าความดันวิกฤตของน้ำ เนื่องจากที่ค่าความดันสูงนี้ปริมาณความร้อนที่ใช้จะมีค่าน้อยมาก อุณหภูมิไอน้ำที่ได้จะมีค่าประมาณ 600 °C โดยได้รับความร้อนจากเตาโดยวิธีการแผ่รังสีเป็นสำคัญ ขนาดที่ใช้กันทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กถึงขนาดที่ใช้กันในโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ โดยส่วนรวมข้อดีของหม้อไอน้ำชนิดนี้เป็นผลจากการใช้ท่อเชื่อมตลอดทำให้สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาการขยายตัวเนื่องจากการเปิด-ปิดเครื่อง ดังนั้นการเปิด-ปิดเครื่องจึงสามารถกระทำได้รวดเร็ว



ภาพที่ 20 หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านครั้งเดียวตลอด

4. หม้อไอน้ำความร้อนทิ้ง (Waste-Heat Boiler)

ความร้อนที่ใช้ผลิตไอน้ำในหม้อไอน้ำชนิดนี้ ได้จากความร้อนทิ้งจากระบวนการผลิต หรือเครื่องจักรบางอย่าง เช่น ไอเสียจากเตาเผาปูนซีเมนต์ เตาอบเหล็ก เตาเผาเซรามิกส์ เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน และเครื่องกังหันก๊าซ เป็นต้น ความร้อนในไอเสียที่ได้มักจะมีอุณหภูมิสูงที่ได้มักมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 500 -1,000 ℃ ซึ่งยังจัดว่ายังมีอะเวเลบิลิตี้ค่อนข้างสูง สามารถนำมาใช้ในการผลิตไอน้ำหรือน้ำร้อนเพื่อใช้ประโยชน์ได้ โดยทำให้ไอเสียดังกล่าวไหลผ่านเข้าไปในหม้อไอน้ำความร้อนทิ้ง ซึ่งโดยลักษณะโครงสร้างของมันสามารถกล่าวได้ว่าเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ (Shell-and-Tube Heat Exchanger) แบบหนึ่งนั่นเอง ทั้งนี้ โดยจัดให้ไอเสียร้อนไหลในถังและน้ำไหลในท่อ ในกรณีที่ต้องการเพิ่มพิกัดความสามารถของหม้อ เช่น เพิ่มอัตราการไหล หรือความดัน อาจจะใช้เตาเผาไหม้เชื้อเพลิงเสริมเข้าไปในระบบได้



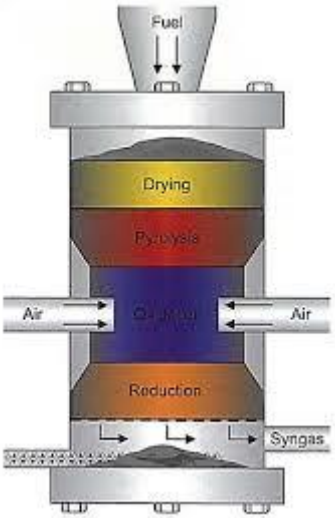
ภาพที่ 21 หม้อไอน้ำความร้อนทิ้ง

Turbine Generator

กังหัน (Turbine) เป็นอุปกรณ์แปลงพลังงานจากพลังงานในไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูงเป็นงานกล โดยอาศัยหลักการทางกลศาสตร์ ส่วนประกอบสำคัญของกังหัน มักจะมีด้วยกัน 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นวงล้อใบพัดที่อยู่กับที่ (Fixed blades) หรือสเตเตอร์ (stator) หรือนอซเซิล (nozzle) ถ้าเรียกตามหน้าที่การทำงานของมันกับวงล้อใบพัดที่หมุน (movimg blades) หรือโรเตอร์ (rotor) ซึ่งประกอบด้วยใบพัดหลายๆ ใบยึดติดกับเพลา ไอน้ำที่ความดันสูงเมื่อไหลเข้ากังหัน ความดันจะถูกแปลงไปเป็นพลังงานจลน์ (kinetic energy) โดยนอซเซิลหรือแถวของใบพัดที่อยู่กับที่ได้กระแสไอน้ำความเร็วสูง ไหลเข้าปะทะกับใบพัดที่ยึดติดเพลา ในแง่มุมที่เหมาะสม ทำให้โมเมนตัมของกระแสนั้นเปลี่ยนแปลงไป เป็นผลให้เกิดแรงกระทำต่อใบพัดในทิศทางที่มีองค์ประกอบค่าหนึ่งอยู่ในแนวเส้นรอบวงของวงล้อใบพัดเช่นนี้จะทำให้เกิดแรงบิด (Torquce) กระทบต่อวงล้อ และเพลาตามลำดับ ส่งผลให้เพลาหมุน และได้งานเพลา (shaft Work) ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

1. เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) เป็นการเปลี่ยนชีวมวลให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง (Produced gas) ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไฮโดรเจน (H2) เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงหรือแก๊สซิฟายเออร์ (Gasifier) ที่ใช้แพร่หลายสำหรับระบบขนาดเล็กมีสองประเภท โดยประเภทที่หนึ่ง คือแบบฟิกซ์เบด (Fixed bed) ซึ่งแบ่งย่อยได้เป็น (1) เตาผลิตก๊าซ

เชื้อเพลิงแบบอากาศไหลขึ้น (Updraft Gasifier) (2) เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบอากาศไหลลง (Downdraft Gasifier) (3) เตาผลิตก๊าซแบบอากาศไหลขวาง (Crossdraft Gasifier) และประเภทที่สองคือ แบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized bed) ซึ่งแบ่งย่อยเป็น Bubbling fluidzed bed gasifier และ Circulation fludized bed gasifier ก๊าซเชื้อเพลิงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในรูปของเชื้อเพลิงเพื่อผลิตความร้อน และผลิตไฟฟ้าโดยผ่านเครื่องยนต์สันดาปภายใน ข้อดีของเทคโนโลยีนี้ คือ มีประสิทธิภาพสูงสำหรับระบบขนาดเล็ก แต่ข้อเสียคือ เชื้อเพลิงต้องมีคุณภาพดีและสม่ำเสมอ และอาจเกิดน้ำมันดิน (Tar) ซึ่งเป็นปัญหาต่อการนำไปใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน ดังนั้น ชีวมวลที่เหมาะสมจะนำมาเป็นเชื้อเพลิงต้องมีขนาดที่พอเหมาะ ถ้าขนาดเล็กไป จะทำให้อากาศไหลผ่านไม่ได้ แต่ถ้าใหญ่เกินไป จะเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่หมด และความชื้นชีวมวลไม่ควรเกิน 20% โดยแผนผังการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง เริ่มตั้งแต่การเริ่มตั้งแต่การป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตา ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงหรือแก๊สซิฟายเออร์ (Gasifier) จนสามารถผลิตกระแสไฟฟ้า



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 22 เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น

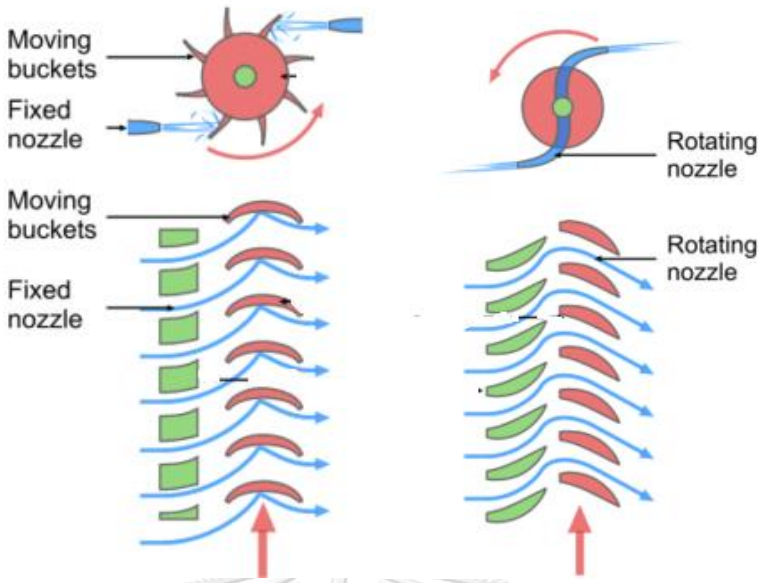
2. เทคโนโลยีไพโรไลซิส (Pyrolysis) คือการแยกสลายชีวมวลโดยความร้อนในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นของผสมระหว่างก๊าซ ของเหลว และถ่าน โดยสัดส่วนขึ้นอยู่กับวิธีและรูปแบบของปฏิกิริยาไพโรไลซิส ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ การไพโรไลซิสแบบเดิมและไพโรไลซิสแบบเร็ว ซึ่งให้ผลิตภัณฑ์หลักที่แตกต่างกัน คือ ของแข็งหรือถ่านชาร์ และน้ำมันตามลำดับ ผลิตภัณฑ์จากไพโรไลซิสสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงาน ส่วนใหญ่การนำไปใช้อยู่ในรูปของความร้อน ข้อดีของระบบนี้ คือ ได้ผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายและมีค่าความร้อนสูง แต่ข้อเสียคือ ระบบมีความยุ่งยากซับซ้อนและเดินเครื่องยาก ต้นทุนสูง และยังไม่มีการประยุกต์ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้ามากนัก

3. เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) เป็นกระบวนการทางชีวภาพโดยการหมักย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน โดยกลุ่มของจุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน สุดท้ายได้ผลผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก คือ ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีการใช้ก๊าซชีวภาพในการผลิตความร้อนและไฟฟ้าอย่างแพร่หลายในเชิงพาณิชย์ วัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพส่วนใหญ่เป็นของเสียอินทรีย์ต่างๆ เช่น มูลสัตว์แบบของเหลวและของแข็ง ของเสียจากการเกษตร ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ของเสียจากขยะชุมชน น้ำเสียและจากแหล่งฝังกลบ (Landfills) การผลิตก๊าซชีวภาพจากชีวมวลประเภทลิกโนเซลลูโลสยังอยู่ในขั้นตอนของการทดลองห้องปฏิบัติการ ข้อดีของเทคโนโลยีนี้ คือ สามารถใช้กับชีวมวลที่มีความชื้นสูงมากได้ แต่ข้อเสีย คือ ต้องใช้เวลาหมักนาน และอัตราการเกิดผลิตภัณฑ์ต่ำหากใช้กับชีวมวลประเภทลิกโนเซลลูโลส

กังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

กังหัน (Turbine) เป็นอุปกรณ์แปลงพลังงานจากพลังงานในไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูงเป็นงานกล โดยอาศัยหลักการทางกลศาสตร์ ส่วนประกอบสำคัญของกังหัน มักจะมีด้วยกัน 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นวงล้อใบพัดที่อยู่กับที่ (Fixed blades) หรือสเตเตอร์ (stator) หรือนอซเซิล (nozzle) ถ้าเรียกตามหน้าที่การทำงานของมันกับวงล้อใบพัดที่หมุน (movimg blades) หรือโรเตอร์ (rotor) ซึ่งประกอบด้วยใบพัดหลายๆ ใบยึดติดกับเพลา ไอน้ำที่ความดันสูงเมื่อไหลเข้ากังหัน ความดันจะถูกแปลงไปเป็นพลังงานจลน์ (kinetic energy) โดยนอซเซิล หรือแถวของใบพัดที่อยู่กับที่ได้กระแสไอน้ำความเร็วสูง ไหลเข้าปะทะกับใบพัดที่ยึดติดเพลา ในแง่มุมที่เหมาะสม ทำให้โมเมนตัมของกระแสนั้นเปลี่ยนแปลงไป เป็นผลให้เกิดแรงกระทำต่อใบพัดในทิศทางที่มีองค์ประกอบค่าหนึ่งอยู่ในแนวเส้นรอบวงของวงล้อใบพัดเช่นนี้จะทำให้เกิดแรงบิด (Torquce) กระทบต่อวงล้อและเพลาตามลำดับ ส่งผลให้เพลาหมุนและได้งานเพลา (shaft Work) ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

กังหันโดยทั่วไป ไม่ว่าจะใช้กับไอน้ำ หรือแก๊ส มี 2 แบบที่สำคัญ คือแบบที่ทำงานโดยอาศัยแรงปะทะโดยตรงของกระแสของไหลความเร็วสูง กับใบพัดกังหันที่เคลื่อนที่ (movimg blades) พวกนี้มีชื่อเรียกว่า กังหันแบบอิมพัลส์ (Impulse turbine) กับแบบที่อาศัยทั้งแรงปะทะและแรงปฏิกิริยา ที่เรียกว่า กังหันแบบรีแอคชัน (reaction turbine) แสดงในภาพที่ 23 สำหรับแบบกังหันแบบอิมพัลส์ มักใช้กับกังหันขนาดเล็ก ในขณะที่กังหันแบบรีแอคชันจะเป็นที่ใช้กันแพร่หลายในกังหันขนาดใหญ่ โดยที่ในกังหันตัวหนึ่ง อาจมีกังหันทั้ง 2 แบบ รวมอยู่ด้วยกัน

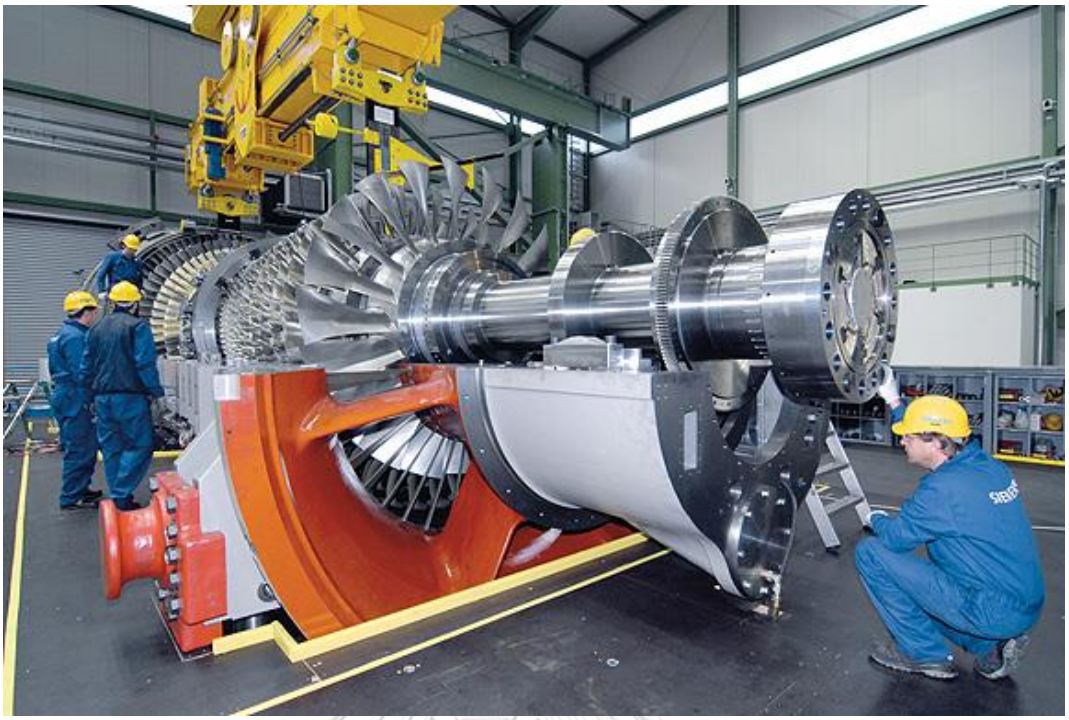


ภาพที่ 23 แสดงการทำงานของของกังหันไอน้ำแบบ Impulse turbine และ reaction turbine

หลักการทำงานของ Steam Turbine

กังหันไอน้ำจัดเป็นเครื่องกำเนิดกำลังงานกล จากพลังงานความร้อนชนิดหนึ่งในเครื่องกังหัน พลังงานเกิดการเปลี่ยนรูปสองครั้งคือ ขั้นแรกพลังงานความร้อนจากไอน้ำเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ โดยการบานตัวภายในช่องหรือหัวฉีด และผ่านออกไปในลักษณะที่เป็นลำไอน้ำที่มีความเร็วสูง พลังงานเหล่านี้ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกลโดยให้กระทบกับปีกกังหันที่มีมุมและส่วนโค้งพอดี ทำให้แรงกระแทกให้ปีกกังหันเหล่านี้ซึ่งอยู่บนเพลาหมุนไปได้ ตามทฤษฎีแรงกระแทกของไอน้ำที่กระทำต่อปีกกังหันนี้ ถือว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของมวลไอน้ำที่ผ่านหัวฉีด

CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 24 กังหันไอน้ำ

วัฏจักรไอน้ำ

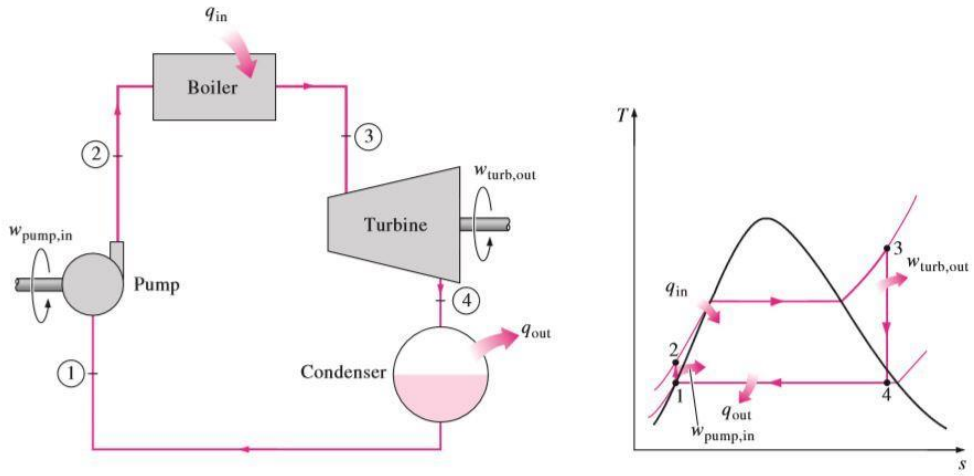
วัฏจักรแรงคีน (RANKINE CYCLE)

วัฏจักรแรงคีน (Rankine cycle) หรือเรียกว่า วัฏจักรคลอสเซียส (Clausius cycle) เป็นวัฏจักรเป็นพื้นฐานที่ใช้ในการออกแบบโรงจักรกำลังไอน้ำ (Steam power plant) หรือ Steam plant ของไหลทำงานที่ใช้ในโรงจักรสร้างกำลัง ส่วนมากแล้วจะเป็นน้ำในระหว่างที่วัฏจักรดำเนินไปนั้นจะมีการระเหยและการควบแน่นของไอน้ำสลับกันไป ในกรณีที่ใช้แหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำก็อาจจะใช้ของไหลทำงานที่เป็นพวกสารอินทรีย์ (organic matter) ที่มีจุดเดือดต่ำๆ

โครงสร้างพื้นฐานของโรงจักรกำลังไอน้ำ จะประกอบไปด้วย หม้อไอน้ำ (Boiler) กังหันไอน้ำ (Steam turbine) เครื่องควบแน่น (Condenser) และปั๊มน้ำ (Pump) กระบวนการของวัฏจักรแรงคีน เกิดขึ้นดังนี้

- ไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่อุณหภูมิและที่ความดันสูงที่เกิดที่หม้อไอน้ำ ไปขยายตัวแบบแอเดียแบติกที่ย้อนกลับได้ที่กังหันไอน้ำทำให้เกิดงานขึ้น (กระบวนการที่ 3 ไป 4)
- ไอน้ำออกมาจากกังหันไอน้ำก็จะถูกทำให้เย็นตัวลง และควบแน่นกลายเป็นน้ำอิ่มตัว (กระบวนการที่ 4 ไป 1)
- น้ำอิ่มตัวนี้ก็จะถูกปั๊ม ทำให้เกิดการอัดตัวแบบแอเดียแบติกที่ย้อนกลับได้ กลายเป็นน้ำอัดตัวความดันสูงก่อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ (กระบวนการที่ 1 ไป 2)

- การให้ความร้อนภายใต้ความดันคงที่ ก็จะกลายเป็นของเหลวอิ่มตัว ต่อจากนั้น ก็จะกลายเป็นไอน้ำอิ่มตัว และไอน้ำร้อนยิ่งยวดอีกครั้ง (กระบวนการที่ 2 ไป 3)



ภาพที่ 25 วัฏจักรทางทฤษฎีและ กราฟ T-S ของ วัฏจักร แรงคีน

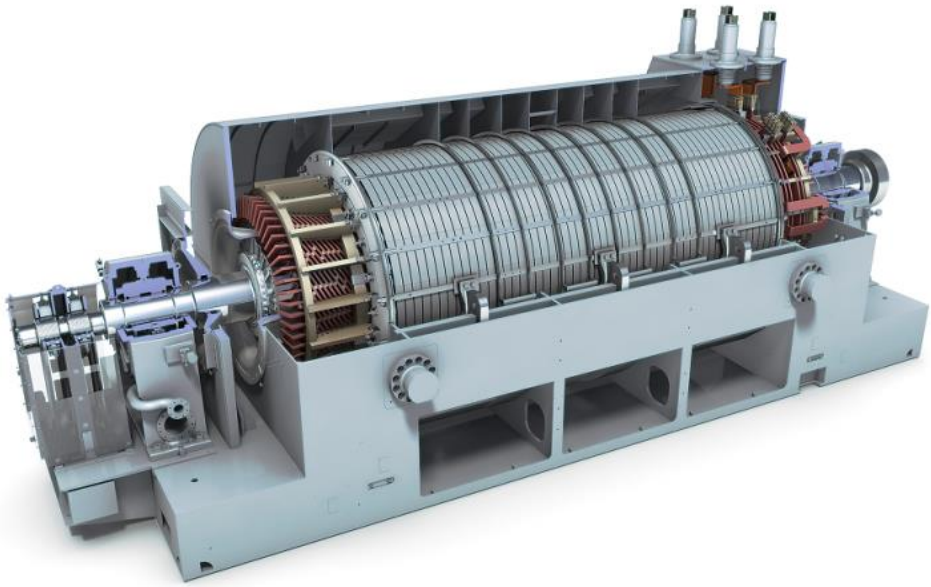
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ (1) สนามแม่เหล็ก (2) ขดลวดตัวนำ (3) คอมมิวเตเตอร์ และ (4) แปรงถ่าน สนามแม่เหล็กสามารถที่จะหาได้จากแม่เหล็กถาวรหรือแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ แต่ในขณะที่นี้ จะสมมุติให้ใช้แม่เหล็กถาวรก่อน สนามแม่เหล็กจะประกอบด้วยฟลักซ์แม่เหล็กที่อยู่ในลักษณะครบวงจร ฟลักซ์แม่เหล็กจะพุ่งออกจากขั้วเหนือของแม่เหล็กผ่านช่องว่างระหว่างขั้วแม่เหล็กเข้าสู่ขั้วใต้แล้วเคลื่อนที่ผ่านเนื้อในแม่เหล็กกลับไปยังขั้วเหนือ

ขดลวดตัวนำรอบเดียวตั้งอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก เพราะฉะนั้นขดลวดดังกล่าวนี้จึงอยู่ในสนามแม่เหล็ก ตราบใดที่ขดลวดไม่เคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กก็ไม่ส่งผลใดๆ ต่อขดลวด แต่ถ้าวงขดลวดเคลื่อนที่หมุนตัดกับฟลักซ์แม่เหล็ก มันก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นภายในขดลวด

การแบ่งชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

1. เครื่องกำเนิดชนิดกระตุ้นแบบแยก (Separaly excited generator)
2. เครื่องกำเนิดชนิด (Self excited generator)
    2.1 เครื่องกำเนิดแบบอนุกรม (Series generator)
    2.2 เครื่องกำเนิดแบบขนาน (Shunt generator)
    2.3 เครื่องกำเนิดแบบผสม (Compound generator)



ภาพที่ 26 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

อาศัยหลักการขดลวดตัวนำหมุนตัดสนามแม่เหล็ก ขดลวดตัวนำที่สร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้เรียกว่า ขดลวดอาร์เมเจอร์ (armature) ซึ่งวางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กและสามารถหมุนได้โดยมีต้นกำลังงานกลมาขับ เมื่อขดลวดนี้ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับเกิดขึ้นในขดลวดอาร์เมเจอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับไหลมาถึงซี่คอมมิวเตเตอร์ (commutator) ไฟฟ้ากระแสสลับนี้ถูกเปลี่ยนให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงและไหลออกสู่วงจรภายนอกโดยผ่านแปรงถ่าน (brushes) เมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับไหลมาถึงวงแหวนลื่น (slip ring) แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับนี้ไหลออกสู่วงจรภายนอกโดยผ่านแปรงถ่าน (brushes) หลักการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยวิธีการของขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก มีหลักการดังนี้ ให้ขั้วแม่เหล็กอยู่กับที่แล้วนำขดลวดตัวนำมาวางระหว่างขั้วแม่เหล็กแล้วหาพลังงานมาหมุนขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ทำให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดตัวนำนี้

หลักการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยวิธีการของสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวด มีหลักการดังนี้ ให้ขดลวดลวดตัวนำอยู่กับที่แล้วหาพลังงานกลมาขับให้สนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดตัวนำ ทำให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวเกิดขึ้นที่ขดลวดตัวนำนี้

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ

(1) สนามแม่เหล็ก

(2) ขดลวดตัวนำ

(3) คอมมิวเตเตอร์ และ

(4) แปรงถ่าน

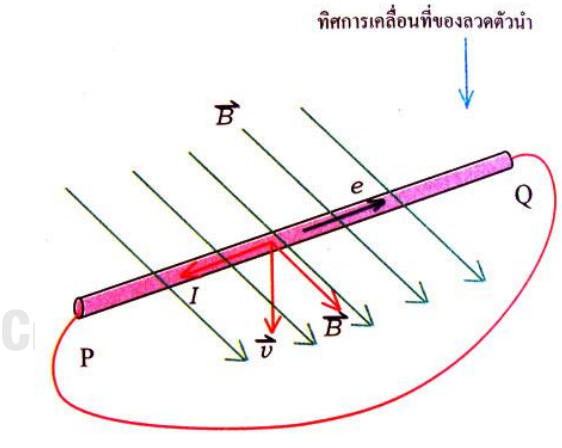
สนามแม่เหล็กสามารถที่จะหาได้จากแม่เหล็กถาวรหรือแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ แต่ในขณะที่นี้จะสมมุติให้ใช้แม่เหล็กถาวรก่อนสนามแม่เหล็ก จะประกอบด้วยฟลักซ์แม่เหล็กที่อยู่ในลักษณะครบวงจร ฟลักซ์แม่เหล็กจะพุ่งออกจากขั้วเหนือของแม่เหล็กผ่านช่องว่างระหว่างขั้วของแม่เหล็กเข้าสู่ขั้วใต้แล้วเคลื่อนที่ผ่านเนื้อในแม่เหล็กกลับไปยังขั้วเหนือ

ขดลวดตัวนำรอบเดียวตั้งอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก เพราะฉะนั้นขดลวดดังกล่าวนี้จึงอยู่ในสนามแม่เหล็ก ตราบใดที่ขดลวดไม่เคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กก็ไม่ส่งผลใดๆ ต่อขดลวด แต่ถ้าวงขดลวดเคลื่อนที่หมุนตัดกับฟลักซ์แม่เหล็ก มันก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นภายในขดลวด

การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เมื่อใดก็ตามที่มีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ (Relative motion) ระหว่างตัวนำและสนามแม่เหล็กในทิศทางที่ซึ่งตัวนำตัดกับฟลักซ์แม่เหล็กหรือตัดกับสนามแม่เหล็ก แรงดันไฟฟ้าก็จะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นในตัวนำ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น ค่าหรือขนาด (Magnitude) ของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับความเข้มของสนามแม่เหล็กโดยตรง และอัตราที่ซึ่งฟลักซ์แม่เหล็กตัด โดยที่สนามแม่เหล็กที่มีความเข้มมากกว่าหรือจำนวนของฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดในเวลาที่กำหนดให้มีค่ามากกว่า ก็จะทำให้แรงดันเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่า ส่วนทิศทางหรือขั้วของแรงดันที่เกิดขึ้นสามารถหาได้ โดยการใช้กฎมือขวาสำหรับเครื่องกำเนิด โดยความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับกฎนี้คือ ให้กางมือขวาออกโดยใช้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางต่างตั้งฉากซึ่งกันและกัน ถ้าให้นิ้วชี้ชี้ในทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือชี้ในทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำ นิ้วกลางก็จะชี้ในทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในเส้นลวดตัวนำ

เมื่อนำกฎมือขวามาใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเบื้องต้นที่มีขดลวดเพียงรอบเดียว ก็จะพิจารณาเห็นได้ว่า จะมีแรงดันสองปริมาณที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นบนด้านทั้งสองของวงขดลวดและมีขนาดต่างกัน ทิศทางของมันจะอยู่ในลักษณะอนุกรมกัน ผลคือ ค่าหรือขนาดของแรงดันที่คร่อมอยู่ระหว่างปลายทั้งสองของวงขดลวด จะมีค่าหรือขนาดเป็นสองเท่าของแรงดันที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นในแต่ละด้านของวงขดลวด แสดงดังภาพที่ 27



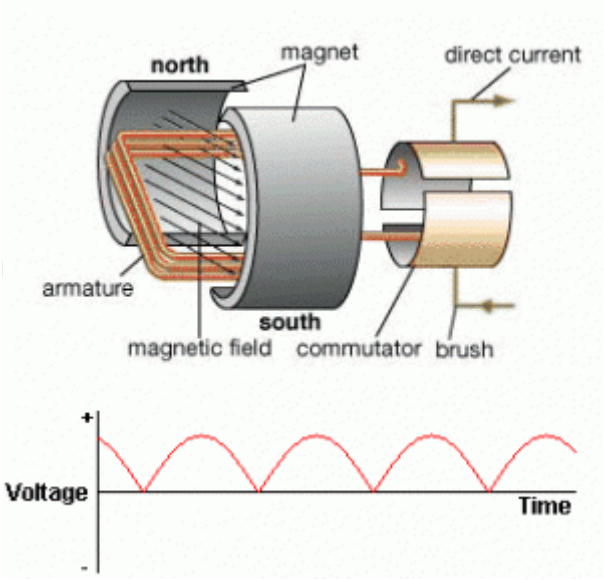
ภาพที่ 27 ทิศทางแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำลักษณะอนุกรมกัน

การทำงานของคอมมิวเตเตอร์

คอมมิวเตเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนแรงดันไฟสลับที่เกิดขึ้นภายในวงขดลวด ให้เป็นแรงดันไฟตรง อย่างไรก็ตามมันเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างแปรงถ่านไปยังขดลวดหมุนด้วยวิธีที่มันเปลี่ยนไฟสลับไปเป็นไฟตรงจะมีความเกี่ยวพันโดยตรงกับบทบาทหน้าที่ของมัน

ส่วนจุดประสงค์ของแปรงถ่าน ก็คือ เป็นตัวเชื่อมต่อแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังวงจรภายนอก เพื่อที่จะกระทำสิ่งนี้ แปรงถ่านแต่ละอันจะต้องต่อเชื่อมจะต้องต่อเชื่อมเข้ากับปลายแต่ละข้างของวงขดลวด แต่การเชื่อมต่อเข้าด้วยกันโดยตรงไม่สามารถจะกระทำได้เนื่องจากวงขดลวดเป็น

ตัวเคลื่อนที่หมุน ดังนั้น แปรงถ่านทั้งสองจึงถูกต่อเชื่อมเข้ากับปลายทั้งสองของวงขดลวดโดยการผ่านคอมมิวเตเตอร์แทนคอมมิวเตเตอร์มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกผ่าครึ่งสองชิ้นประกบกัน มีผิวเรียบทำจากวัสดุตัวนำและมีวัสดุที่เป็นฉนวนคั่นกลาง แต่ละชิ้นหรือแต่ละซีกของคอมมิวเตเตอร์จะต่อเข้ากับปลายข้างหนึ่งของวงขดลวดถาวร เพราะฉะนั้นในขณะที่วงขดลวดหมุนคอมมิวเตเตอร์ก็จะหมุนตามไปด้วย แปรงถ่านแต่ละอันจะถูกกดให้สัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์แต่ละซีกและมันจะสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลาในขณะที่วงขดลวดเคลื่อนที่หมุน ในวิธีนี้จะทำให้แปรงถ่านแต่ละอันถูกต่อเข้ากับปลายทั้งสองของวงขดลวดโดยผ่านคอมมิวเตเตอร์แต่ละซีกที่แปรงถ่านกดอยู่ เมื่อคอมมิวเตเตอร์หมุนในขณะที่แปรงถ่านอยู่กับที่ ในตอนแรกแปรงถ่านแต่ละอันจะสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ซีกหนึ่ง และหลังจากนั้นก็จะสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์อีกซีกหนึ่ง ซึ่งสิ่งนี้ให้ความหมายว่า ในตอนแรกแปรงถ่านแต่ละอันจะต่อเข้ากับปลายข้างหนึ่งของวงขดลวด และต่อมาก็จะต่อเข้ากับปลายอีกข้างหนึ่งของวงขดลวด โดยที่แปรงถ่านทั้งสองอันวางอยู่ในตำแหน่งที่ตรงข้ามกับซีกทั้งสองข้างของคอมมิวเตเตอร์ ดังนั้น มันจึงสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์จากซีกหนึ่งไปสู่อีกซีกหนึ่ง ณ เวลาในขณะเดียวกันกับที่วงขดลวดเคลื่อนที่หมุนมาถึงจุดที่มันเปลี่ยนขั้วของแรงดันเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นพอดี ดังนั้น ที่ทุกๆ ขณะเวลาที่ปลายทั้งสองของวงขดลวดเปลี่ยนขั้ว แปรงถ่านทั้งสองอันจะเปลี่ยนจุดสัมผัส (สวิตช์) จากซีกหนึ่งของคอมมิวเตเตอร์ไปสู่อีกซีกหนึ่ง ซึ่งในวิธีการนี้จะทำให้แปรงถ่านอันหนึ่งเป็นบวกเสมอเมื่อเทียบกับอีกอันหนึ่ง เพราะฉะนั้นค่าหรือขนาดของแรงดันระหว่างแปรงถ่านทั้งสองอันจึงขึ้นลงหรือแกว่งไปมาระหว่างค่าศูนย์และค่าสูงสุด แต่มันมีขั้วเดียวเสมอ ดังนั้น แรงดันไฟตรงขึ้นลงหรือแกว่งไปมาจึงเป็นเอาต์พุตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแสดงดังภาพ 28



ภาพที่ 28 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงคอมมิวเตเตอร์

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงินในการลงทุนผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล จะวิเคราะห์ผลประโยชน์สุทธิด้านการเงินที่เจ้าของกิจการจะได้รับ โดยวิเคราะห์จากต้นทุนและผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการมีโครงการ ซึ่งจะวิเคราะห์ในด้านต่างๆ คือ

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)
2. อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)
3. การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของโครงการ

ข้อสมมุติในการศึกษา

1. การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดให้มีระยะเวลาดำเนินโครงการผลิตไฟฟ้าได้ 25 ปี กำหนดมาจากการอายุการใช้งานของเครื่องจักรหลัก เริ่มผลิตกระแสไฟฟ้า ตั้งแต่ปี พ.ศ 2563-2588 และมีระยะเวลาการก่อสร้างโรงไฟฟ้าและติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ระยะเวลา 1 ปี โดยก่อสร้างในปี พ.ศ 2561 โรงไฟฟ้าชีวมวลมีกำลังการผลิตไฟฟ้า 9.9 เมกะวัตต์ (9,900 กิโลวัตต์) มีกำลังการผลิต 365 วัน 24 ชั่วโมง เป็นจำนวน 8,472 ชั่วโมงต่อปี

2. เงินลงทุนของโครงการมาจากส่วนของเจ้าของ ร้อยละ 54 และกู้ยืมเงินจากสถาบันการเงินร้อยละ 46 โดยเทียบเคียงกับบริษัทในตลาดหลักทรัพย์ คือ บริษัทผลิตไฟฟ้าจำกัด (มหาชน) (เอ็กโก) เป็นบริษัทผลิตไฟฟ้าเอกชนแห่งแรกในประเทศไทย

3. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืม ต้นทุนเงินทุน เท่ากับร้อยละ 10.38

4. ผลตอบแทนและต้นทุนตลอดอายุโครงการให้เป็นจำนวนคงที่ (Real Cash Flow) เนื่องจากต้นทุนและผลตอบแทนไม่เปลี่ยนแปลงตามอัตราเงินเฟ้อ ด้วยโครงการมีอายุที่ยาวนาน จึงเป็นเรื่องยากสำหรับการคาดการณ์ต้นทุนและผลตอบแทนในอนาคตด้วยความแม่นยำ การประมาณการกระแสเงินสดในส่วนของต้นทุนจะรวมไว้ตอนต้นปี ผลตอบแทนและต้นทุนการดำเนินการจะรวมไว้ตอนท้ายปี

5. เครื่องจักรและอาคารสิ่งก่อสร้างที่ใช้ในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลสามารถใช้ได้ตลอดอายุโครงการและมีมูลค่าเท่ากับศูนย์ในปีที่ครบอายุโครงการโดยไม่มีการเก็บภาษีนำเข้าเครื่องจักร

6. ค่าเสื่อมราคาของโครงการจะอยู่ในส่วนต้นทุนในการดำเนินงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์เป็นแบบเส้นตรง ตามกฎหมายสรรพากร (พระราชกฤษฎีกา (ฉบับที่ 145))

7. ภาษีเงินได้นิติบุคคล อัตราร้อยละ 20 ตามอัตราภาษีใหม่ที่ประกาศใช้ในปี 2561 (http://www.rd.go.th/publish/841.0.html)

8. โรงไฟฟ้าชีวมวลได้รับการส่งเสริมการลงทุนจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (Board of Investment, BOI) โดยได้รับสิทธิประโยชน์ทางด้านภาษีอากร คือ การยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลเป็นระยะเวลา 8 ปี นับจากที่เริ่มดำเนินโครงการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

9. รายได้ค่าพลังงานไฟฟ้า จะคิดราคาค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับราคารับซื้อไฟฟ้าที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจ่ายให้กับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (VSPP) ขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ที่ขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยจะคิดในอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (Term of Use : TOU) ณ ระดับแรงดันไฟฟ้า 11-33 กิโลวัตต์ ที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยขายให้กับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ซึ่งเป็นไปตามประกาศเรื่องการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) ดังแสดงในภาคผนวก ข โดยมีรายละเอียดดังนี้

9.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นไปตามประกาศของการไฟฟ้าเมื่อ กรกฎาคม 2554 คิดตามช่วงเวลา โดยช่วง Peak คือวันจันทร์-วันศุกร์ เวลา 09.00-22.00 มีจำนวนวันเท่ากับ 238 วัน ราคา 3.8 บาทต่อหน่วย และช่วง Off Peak คือวันจันทร์-วันศุกร์ เวลา 22.00-9.00 มีจำนวนวันเท่ากับ 238 วัน วันเสาร์-อาทิตย์ เวลา 00.00-24.00 วันแรงงานแห่งชาติ และวันหยุดราชการ มีจำนวนวันเท่ากับ 115 วัน ราคา 2.04 บาทต่อหน่วย

9.2 ค่าไฟฟ้าผันแปร คืออัตราค่าการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft ขายส่ง) Ft ขายส่ง ตามสูตรการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะมีการปรับอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย ตามการเปลี่ยนแปลงของค่าเชื้อเพลิง ค่าซื้อไฟฟ้า ในส่วนของ กฟผ. และค่าใช้จ่ายตามนโยบายของรัฐ โดยค่า Ft มีค่าเท่ากับ 0.5 (Fix Rate)

10. กำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้ง 9.9 เมกะวัตต์ กำลังการผลิตจริง 8 เมกะวัตต์ โดยมีประสิทธิภาพการทำงานของระบบคิดเป็นร้อยละ 80 ของกำลังผลิตไฟฟ้าติดตั้ง

11. จำนวนวันเดินเครื่องยนต์ของโรงไฟฟ้า 358 วันต่อปี เป็นจำนวนวันทำงาน จันทร์-ศุกร์ 243 วันต่อปี เป็นจำนวนวันหยุด เสาร์-อาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์ 115 วันต่อปี และจำนวนวันที่ทำการซ่อมบำรุงประจำปี 7 วัน โดยคิดจำนวนวันเดินเครื่องยนต์ของโรงไฟฟ้าเท่ากันทุกปีตลอดอายุโครงการ

12. ค่ารื้อถอนโครงการไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาในการศึกษาโครงการนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคำนวณเงินทุนต้นทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average Cost of Capital: WACC)

ต้นทุนเงินทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก คือ อัตราร้อยละของค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายที่ธุรกิจต้องจ่ายไปเพื่อให้ได้เงินทุนนั้นๆ เข้ามาใช้ลงทุนในกิจการ โดยแหล่งเงินทุนในโรงไฟฟ้าชีวมวลนี้มาจาก 2 แหล่ง ดังนี้

1. เงินทุนจากส่วนของเจ้าของ เท่ากับ 219,596,634.90 บาท คิดเป็นร้อยละ 54 ของเงินลงทุนในโครงการ โดยโครงสร้างเงินทุนได้เทียบเคียงกับบริษัทผลิตไฟฟ้าจำกัด (มหาชน) (เอ็กโก) ซึ่งเป็นบริษัทผลิตไฟฟ้าเอกชนแห่งแรกในประเทศไทยและเป็นบริษัทที่มีโรงไฟฟ้าชีวมวล

2. เงินทุนจากการกู้ยืม เท่ากับ 187,063,800.10 บาท คิดเป็นร้อยละ 46 ของเงินลงทุนในโครงการ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมแบบมีระยะเวลา (Minimum Laon Rate:MLR) โดยใช้อัตราดอกเบี้ยของ ธนาคารกสิกรไทย จากัด (มหาชน) เริ่มใช้ตั้งแต่วันที่ 17 พฤษภาคม 2561 มีอัตราร้อยละ 6.25 บวกกับค่าความเสี่ยงร้อยละ 1 (MLR+1) คิดเป็นอัตราดอกเบี้ยกู้ยืม เท่ากับร้อยละ 7.25

3. การคำนวณต้นทุนส่วนของเจ้าของ (Ke) ใช้ทฤษฎี Capital Asset Pricing Model (CAPM)

$$Ke = Rf + \beta(Rm-Rf)$$

Risk Free Rate (Rf) อ้างอิงจากอัตราผลตอบแทนของพันธบัตรรัฐบาลที่มี 10 ปี ชื่อ SB285A ณ วันที่ 10 พฤษภาคม 2561 โดยให้อัตราผลตอบแทนร้อยละ 3 โดยอ้างอิงข้อมูลจากสมาคมตลาดตราสารหนี้

Beta (β) อ้างอิงจากค่าเฉลี่ย Beta ของบริษัท GULF ENERGY DEVELOPMENT PUBLIC COMPANY LIMITED ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.68 ในปัจจุบันไม่มีบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์ในประเทศไทยที่ประกอบธุรกิจโรงไฟฟ้าชีวมวลเพียงอย่างเดียว โดยค่าเบต้าอ้างอิง ข้อมูลจาก บริษัทหลักทรัพย์ไทยพาณิชย์ ณ วันที่ 24 สิงหาคม 2561

Market Risk Premium อัตราผลตอบแทนของตลาดที่สูงกว่าอัตราผลตอบแทนที่ปราศจากความ เสี่ยงในงานวิจัยนี้กำหนดที่ร้อยละ 10

$$Ke = Rf + \beta(Rm-Rf)$$
$$Ke = 3 + 1.68(10-3)$$
$$Ke= 14.76$$

ทั้งนี้จากโครงสร้างเงินทุนที่กำหนดสามารถคำนวณหาอัตราผลตอบแทนของส่วนของเจ้าของได้ที่ร้อยละ 14.76 ในการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนโรงไฟฟ้าชีวมวลในครั้งนี้จะใช้อัตราคิดลดโดยคำนวณด้วยวิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของต้นทุนเงินทุนแต่จากการที่โครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลได้รับการส่งเสริมการลงทุนจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (Board of Investment, BOI) โดยได้รับสิทธิประโยชน์ทางด้านภาษีอากร คือการยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลเป็นระยะเวลา 8 ปี นับจากที่เริ่มดำเนินโครงการ ทำให้โครงการมี WACC 2 ค่า ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

WACC ปีที่เริ่มโครงการถึงปีที่ 8 ของการดำเนินโครงการ

WACC = (0.54 x 0.1476) + (0.46 x 0.0625)
= 0.1084 หรือร้อยละ 10.84

อัตราส่วนลดที่เหมาะสมของโครงการในกรณีที่ไม่มีภาษี คือ ร้อยละ 10.84

WACC ปีที่ 9 ถึงปีที่ 25 ของการดำเนินโครงการ

WACC = (0.54 x 0.1476) + (0.46 x 0.0625 x (1-0.2)

= 0.102 หรือร้อยละ 10.20

อัตราส่วนลดที่เหมาะสมของโครงการในกรณีที่มีภาษี คือ ร้อยละ 10.20

การคำนวณหาอัตราส่วนลดที่เหมาะสมของโครงการ โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean: G.M.) จากค่า WACC ที่ได้ข้างต้นนั้น

จากสูตรการหาค่า G.M. = $\sqrt[n]{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n}$

เมื่อ X_1 X_2 X_3 ... X_n = ค่า WACC ในปีที่ 1, 2, 3, ..., n ตามลำดับ

n = จำนวนปีทั้งหมดของโครงการ

= $\sqrt[25]{(1.9 \times 10^{8}) \times (1.42 \times 10^{18})}$

= 0.1038 หรือร้อยละ 10.38

โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมของโครงการมีค่าเท่ากับร้อยละ 10.38 ต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 12 ต้นทุนเงินทุนของโครงการและสัดส่วนเงินลงทุน

รายการ	ร้อยละ
สัดส่วนเงินทุนของเจ้าของ (We)	54
ต้นทุนในส่วนของเจ้าของ (Ke)	14.76
สัดส่วนเงินลงทุนจากการกู้ยืม (Wd)	46
ต้นทุนเงินทุนจากการกู้ยืม (Kd)	6.25
อัตราภาษี	20
WACC	10.38

ที่มา: จากการคำนวณ

ต้นทุนของโครงการ

ต้นทุนโครงการ แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ต้นทุนในการลงทุน และต้นทุนในการดำเนินงานโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ต้นทุนการลงทุน (Investment Cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นก่อนการดำเนินโครงการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล มูลค่ารวม 406,660,435.00 บาท ซึ่งมีรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 13
2. ต้นทุนในการดำเนินงาน (Operating Cost) คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการผลิตและต่อเนื่องจนกระทั่งสิ้นสุดโครงการ ซึ่งมีรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 13 ต้นทุนการลงทุนงานโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ITEM	DESCRIPTION	Q'ty	Unit	THB AMOUNT	Total
	EPC - Building & Equipment				
1	Drier and Size Reduction	1.00	M/C	3,500,000.00	3,500,000.00
2	Ash Handling Machine	120.00	LM	35,000.00	4,200,000.00
3	Turbine/Generator	1.00	Set	61,200,000.00	61,200,000.00
	Steam Turbine				
4	Boiler Package (P68bara,485 C,LHV 87%)	1.00	Set	230,000,000.00	230,000,000.00
5	Piping Process with Jecket Insulation	250.00	LM	55,000.00	13,750,000.00
6	Off Gas Treatment Unit (Exhaust Gas)	1.00	Set	12,000,000.00	12,000,000.00
7	Air Instrumentation and Electrics	1.00	Lot	25,000,000.00	25,000,000.00
8	Buildings and Foundations	1.00	Job	12,000,000.00	12,000,000.00
9	Export connection (Grid)	1.00	Job	2,000,000.00	2,000,000.00
10	Water Treatment System	1.00	Job	4,600,800.00	4,600,800.00
11	Cooling Tower System	1.00	Job	2,577,582.00	2,577,582.00
12	Permanance Fence	1.00	Job	6,022,053.00	6,022,053.00
13	Utility & Facility	1.00	Job	4,000,000.00	4,000,000.00
	Total Cost - EPC				**376,850,435.00**
	Property & Asset				
13	Land Purchase	25.00	Rai	350,000.00	8,750,000.00
14	Land Purchase Expenses	1.00	Job	100,000.00	100,000.00
	Total Cost - Property & Asset				**8,850,000.00**
	License & Permit				
16	Power Purchasing Agreement	1.00	Job	50,000.00	50,000.00
17	Initial Environmental Examination	1.00	Job	350,000.00	350,000.00
18	Power Purchasing Permit	1.00	Job	10,000.00	10,000.00
19	Consultant Fee	1.00	Job	550,000.00	550,000.00
20	Bank Fee	1.00	Job	15,000,000.00	15,000,000.00
21	Construction All Risk (CAR)	1.00	Job	4,000,000.00	4,000,000.00
22	Machnine & Vehicle	1.00	Job	1,000,000.00	1,000,000.00
	Total Cost - License & Permit				**20,960,000.00**
	TOTAL-CAPEX				**406,660,435.00**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 ต้นทุนการดำเนินงานโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์

Description / Year	Total	1	2	3	4
Personnel Salaries	90,720,000.00	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00
Maintenance Cost	273,375,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00
Variable Cost (engine O&M incld)	66,250,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00
Raw Material - EUCA	5,040,000,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00
Overhead Cost	60,000,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00
Shutdown Every 8 Years	18,000,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tax-Income	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total OPEX	5,548,345,000.00	221,213,800.00	221,213,800.00	221,213,800.00	221,213,800.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 ต้นทุนการดำเนินงานโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ (ต่อ)

Description / Year	5	6	7	8	9
Personnel Salaries	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00
Maintenance Cost	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00
Variable Cost (engine O&M incl'd)	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00
Raw Material - EUCA	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00
Overhead Cost	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00
Shutdown Every 8 Years	0.00	0.00	0.00	0.00	9,000,000.00
Tax-Income	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total OPEX	221,213,800.00	221,213,800.00	221,213,800.00	221,213,800.00	230,213,800.00

ตารางที่ 14 ต้นทุนการดำเนินงานโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ (ต่อ)

Description / Year	10	11	12	13	14
Personnel Salaries	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00
Maintenance Cost	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00
Variable Cost (engine O&M incl'd)	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00
Raw Material - EUCA	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00
Overhead Cost	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00
Shutdown Every 8 Years	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tax-Income	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total OPEX	221,213,800.00	221,213,800.00	221,213,800.00	221,213,800.00	221,213,800.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 ต้นทุนการดำเนินงานโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ (ต่อ)

Description / Year	15	16	17	18	19
Personnel Salaries	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00
Maintenance Cost	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00
Variable Cost (engine O&M incl'd)	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00
Raw Material - EUCA	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00
Overhead Cost	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00
Shutdown Every 8 Years	0.00	0.00	0.00	9,000,000.00	0.00
Tax-Income	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total OPEX	221,213,800.00	221,213,800.00	221,213,800.00	230,213,800.00	221,213,800.00

ตารางที่ 14 ต้นทุนการดำเนินงานโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ (ต่อ)

Description / Year	20	21	22	23	24	25
Personnel Salaries	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00	3,628,800.00
Maintenance Cost	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00	10,935,000.00
Variable Cost (engine O&M incl'd)	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00	2,650,000.00
Raw Material - EUCA	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00	201,600,000.00
Overhead Cost	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00	2,400,000.00
Shutdown Every 8 Years	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tax-Income	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total OPEX	221,213,800.00	221,213,800.00	221,213,800.00	221,213,800.00	221,213,800.00	221,213,800.00

ผลประโยชน์ของโครงการ

จากข้อสมมุติในการศึกษา สามารถวิเคราะห์ผลประโยชน์ของโครงการ โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. มีรายได้จากการขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยเป็นไปตามระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer: VSPP) โดยมีการคำนวณดังนี้

1.1 จำนวนเวลาของการผลิตไฟฟ้าช่วง Peak (ชั่วโมง) ใน 1 ปี ช่วง Peak = เวลา 09.00 น. - 22.00 น. (ชั่วโมง/วัน) x จำนวนวันผลิตในรอบปี (วันจันทร์-ศุกร์ และวันพืชมงคล (วัน/ปี))

= 12 ชั่วโมงต่อวัน x 121.50 วัน
= 2,916 ชั่วโมง

1.2 ช่วง Off Peak = เวลา 22.00 - 09.00 น. (ชั่วโมง/วัน) x จำนวนวันผลิตในรอบปี (วันจันทร์-ศุกร์ และวันพืชมงคล (วัน/ปี) + เวลา 00.00 - 24.00 น. x จำนวนวันผลิตในรอบปี (วันเสาร์-อาทิตย์, วันแรงงานแห่งชาติ, วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) และวันพืชมงคลที่ตรงกับวัน เสาร์-อาทิตย์)

= (12 ชั่วโมงต่อวัน x 243 วัน) + (24 ชั่วโมงต่อวัน x 115 วัน)
= 2,916 ชั่วโมง + 2,760 ชั่วโมง
= 5,676 ชั่วโมง

1.3 คำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยคิดตามกำลังการผลิตไฟฟ้า โดยมีประสิทธิภาพของระบบคิดเป็นร้อยละ 80 ของกำลังผลิตไฟฟ้าติดตั้ง ดังนั้น กำลังการผลิตจริง เท่ากับ 8 เมกาวัตต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 คำนวณหารายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี

ช่วง Peak = (จำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง) x อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง))

= 2,916x8,000 กิโลวัตต์ชั่วโมง x 3.8548 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง
= 89,924,774.40 บาท

ช่วง Off Peak = (จำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง) x อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง)

= 5,676x8,000 กิโลวัตต์ชั่วโมง x 2.0424 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง
= 92,741,299.20 บาท

1.5 อัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ (Ft) ขายส่งเท่ากับ 0.5 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง รายได้จากค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ (Ft) ขายส่ง = จำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วง Peak และ Off Peak (กิโลวัตต์ชั่วโมง) x อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าอัตโนมัติ (Ft) (บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)

= (23,328,000 กิโลวัตต์ชั่วโมง + 45,408,000กิโลวัตต์ชั่วโมง)
x 0.5 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง
= 34,368,000.00 บาท

รวมรายได้จากการขายไฟฟ้า = 89,924,774.40 บาท + 92,741,299.20 บาท + 34,368,000 บาท
= 217,034,074.00

2. รายได้จากการขายเถ้า การผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีระบบ Steam Turbine เถ้าที่ได้สามารถนำไปเป็นปุ๋ยในทางการเกษตร หรือนำไปผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง เถ้าที่ได้จะมีปริมาณร้อยละ 1.64 จากน้ำหนักไม้ โดยราคาขายเถ้ากิโลกรัมละ 6 บาท จากปริมาณ Feed Stock 450 ตันต่อวัน จะได้ปริมาณเถ้าวันละ 1.66 ตันต่อวัน ใน 353 วันที่เครื่องจักรทำงาน จะได้ปริมาณเถ้า 587 ตันต่อปี เป็นรายได้จากการขายเถ้า 5,880,000.00 บาท ต่อปี ดังนั้นโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลจะได้รับผลตอบแทนของโครงการแสดงตารางที่ 15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 15 ผลตอบแทนของโครงการ

ปี	1	2	3	4	5	6
รายได้จากการขายไฟฟ้า	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40
รายได้จากการขายเถ้าถ่าน	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00
รายได้รวม	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40

ตารางที่ 15 ผลตอบแทนของโครงการ

ปี	7	8	9	10	11	12
รายได้จากการขายไฟฟ้า	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40
รายได้จากการขายก๊าน	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00
รายได้รวม	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40

จุฬ
CHUL

ตารางที่ 15 ผลตอบแทนของโครงการ

ปี	13	14	15	16	17	18
รายได้จากการขายไฟฟ้า	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40
รายได้จากการขายเถ้า	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00
รายได้รวม	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40

ตารางที่ 15 ผลตอบแทนของโครงการ

ปี	19	20	21	22	23	24	25
รายได้จากการขายน้ำไฟฟ้า	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40	298,519,430.40
รายได้จากการขายถ่าน	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00	5,880,000.00
รายได้รวม	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40	304,399,430.40

การประมาณการงบกระแสเงินสด

เป็นการประมาณการกระแสเงินสดรับและเงินสดจ่ายตลอดชั่วอายุของโครงการ โดยอาศัยข้อมูลจากข้อสมมติด้านต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ ซึ่งมีรายละเอียดการประมาณการงบกระแสเงินสดของการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ประมาณการงบกระแสเงินสด

Period	Investment Period	1	2	3	4	5	6
	2019-2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Revenue		304,399,430	304,399,430	304,399,430	304,399,430	304,399,430	304,399,430
OPEX		221,213,800	221,213,800	221,213,800	221,213,800	221,213,800	221,213,800
CAPEX (DA)	406,660,435.00	16,266,417	16,266,417	16,266,417	16,266,417	16,266,417	16,266,417
Income Tax		66,919,213	66,919,213	66,919,213	66,919,213	66,919,213	66,919,213
Tax 20%		13,383,843	13,383,843	13,383,843	13,383,843	13,383,843	13,383,843
Net Cash flow	-406,660,435	69,801,788	69,801,788	69,801,788	69,801,788	69,801,788	69,801,788

ตารางที่ 16 ประมาณการงบกระแสเงินสด (ต่อ)

Period	7	8	9	10	11	12
	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Revenue	304,399,430	304,399,430	304,399,430	304,399,430	304,399,430	304,399,430
OPEX	221,213,800	221,213,800	230,213,800	221,213,800	221,213,800	221,213,800
CAPEX (DA)	16,266,417	16,266,417	16,266,417	16,266,417	16,266,417	16,266,417
Income Tax	66,919,213	66,919,213	57,919,213	66,919,213	66,919,213	66,919,213
Tax 20%	13,383,843	13,383,843	11,583,843	13,383,843	13,383,843	13,383,843
Net Cash flow	69,801,788	69,801,788	62,601,788	69,801,788	69,801,788	69,801,788

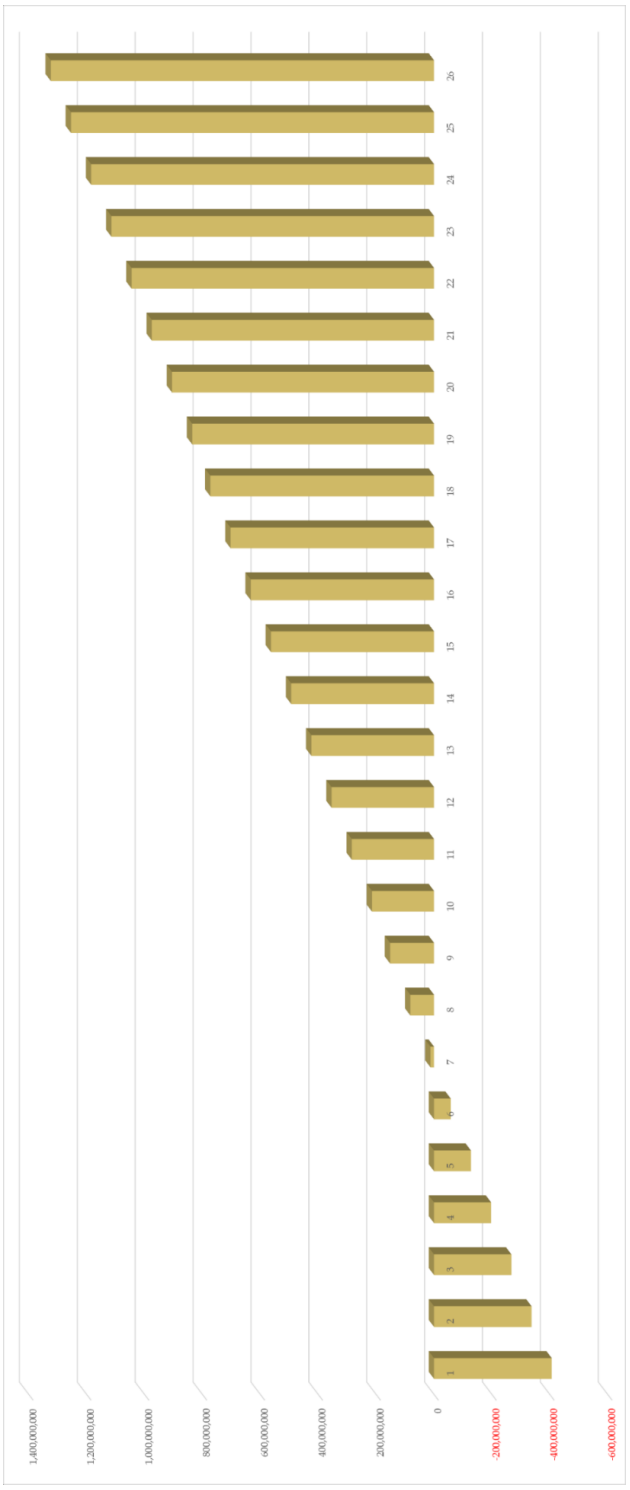
ตารางที่ 16 ประมาณการงบกระแสเงินสด (ต่อ)

Period	13	14	15	16	17	18
	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Revenue	304,399,430	304,399,430	304,399,430	304,399,430	304,399,430	304,399,430
OPEX	221,213,800	221,213,800	221,213,800	221,213,800	221,213,800	230,213,800
CAPEX (DA)	16,266,417	16,266,417	16,266,417	16,266,417	16,266,417	16,266,417
Income Tax	66,919,213	66,919,213	66,919,213	66,919,213	66,919,213	57,919,213
Tax 20%	13,383,843	13,383,843	13,383,843	13,383,843	13,383,843	11,583,843
Net Cash flow	69,801,788	69,801,788	69,801,788	69,801,788	69,801,788	62,601,788

ตารางที่ 16 ประมาณการงบกระแสเงินสด (ต่อ)

Period	19	20	21	22	23	24	25
	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046
Revenue	304,399,430	304,399,430	304,399,430	304,399,430	304,399,430	304,399,430	304,399,430
OPEX	221,213,800	221,213,800	221,213,800	221,213,800	221,213,800	221,213,800	221,213,800
CAPEX (DA)	16,266,417	16,266,417	16,266,417	16,266,417	16,266,417	16,266,417	16,266,417
Income Tax	66,919,213	66,919,213	66,919,213	66,919,213	66,919,213	66,919,213	66,919,213
Tax 20%	13,383,843	13,383,843	13,383,843	13,383,843	13,383,843	13,383,843	13,383,843
Net Cash flow	69,801,788	69,801,788	69,801,788	69,801,788	69,801,788	69,801,788	69,801,788

ภาพที่ 29 ประมาณการงบกระแสเงินสด



ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน

จากการประมาณการต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการโดยงบกระแสเงินสดนั้น สามารถประเมินความคุ้มค่าของโครงการ และทุกหลักเกณฑ์ได้ทำการคิดลดให้กระแสเงินสดเป็นมูลค่าปัจจุบัน โดยกำหนดอัตราส่วนลดที่เหมาะสม และสอดคล้องกับความเสี่ยงของการลงทุนด้วยต้นทุนเงินทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักที่ร้อยละ 10.38 ซึ่งสามารถคำนวณเกณฑ์การตัดสินใจทางด้านการเงินได้คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) มีค่าเท่ากับ 204,687,625 บาท อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่าเท่ากับร้อยละ 16.71% และสำหรับการวิเคราะห์ความไวถ้าราคาวัตถุดิบมีการเปลี่ยนแปลงร้อยละ ±15 โดยพิจารณาจากราคาซื้อวัตถุดิบในราคา 800 บาทต่อตัน โดยมีผลการตัดสินใจ ดังแสดงในตารางที่ 17 เมื่อนำมาพิจารณาในการตัดสินใจลงทุน พบว่า ค่า NPV ที่ได้มีค่าน้อยกว่าศูนย์ค่า IRR และ มีค่าน้อยกว่า WACC เพราะจะนั้นการลงทุนในโครงการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ โดยใช้ไม้จากต้นยูคาลิปตัส เป็นเชื้อเพลิงหลักจึงมีความคุ้มค่าในการลงทุน

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน

ตัวชี้วัด	**ค่าจากการประมาณการ**	**หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจ**	**การตัดสินใจ**
NPV	204,687,625	NPV ≥ 0	ลงทุน
IRR	16.71%	IRR ≥ WACC	ลงทุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 18 ตารางวิเคราะห์ความอ่อนไหว

Interest Rate of Return	NPV	Raw Materials Cost (บาท ต่อ ตัน)					
	204,687,625	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300
	5%	569,489,160	285,355,238	1,221,315	-282,912,607	-567,046,530	-851,180,452
	6%	478,856,535	221,144,075	-36,568,386	-294,280,846	-551,993,306	-809,705,766
	7%	400,733,962	165,797,725	-69,138,512	-304,074,749	-539,010,986	-773,947,222
	8%	333,054,442	117,850,954	-97,352,534	-312,556,022	-527,759,510	-742,962,998
	9%	274,131,747	76,108,542	-121,914,662	-319,937,867	-517,961,072	-715,984,277
	10%	222,584,700	39,591,573	-143,401,553	-326,394,680	-509,387,807	-692,380,934
	11%	177,277,421	7,495,049	-162,287,324	-332,069,696	-501,852,069	-671,634,441
	12%	137,272,020	-20,845,665	-178,963,349	-337,081,034	-495,198,718	-653,316,403
	13%	101,791,002	-45,981,496	-193,753,993	-341,526,490	-489,298,987	-637,071,484
	14%	70,187,290	-68,370,927	-206,929,144	-345,487,361	-484,045,578	-622,603,795
	15%	41,920,242	-88,397,004	-218,714,250	-349,031,495	-479,348,741	-609,665,986
	16%	16,536,385	-106,380,989	-229,298,363	-352,215,738	-475,133,112	-598,050,486
	17%	-6,346,094	-122,593,364	-238,840,633	-355,087,903	-471,335,172	-587,582,442

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) เป็นการทดสอบความมั่นคงของข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์ทางการเงินของการประมาณค่าความน่าจะเป็น การใช้ดุลพินิจเกี่ยวกับตัวเลขต่างๆ ตลอดจนข้อสมมติพื้นฐานที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งสรุปได้ว่าความอ่อนไหวด้านราคารับซื้อไม่เกิน 800 บาท ต่อตันนั้นมีศักยภาพที่จะลงทุนในเกณฑ์ในการตัดสินใจ โดยพิจารณาจากค่า NPC และ IRR มาพิจารณาพร้อมกัน

เนื่องจากปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ในหลักเกณฑ์ทางการเงิน มีปัจจัยหลายส่วนที่มีความไม่แน่นอน ไม่สามารถควบคุมให้คงที่ได้ แต่ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการวิเคราะห์การตัดสินใจต่อการลงทุน จึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ความไวของการเปลี่ยนแปลงกับปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ เพื่อคาดการณ์ว่าถ้าปัจจัยเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะส่งผลต่อเกณฑ์การเงินอย่างไร โดยกำหนดให้ปัจจัยดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไปเท่ากับ 10% ถึง 17% ดังแสดงในตารางที่ 18

การวิเคราะห์ความไวของการเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยต่างๆ นี้มีความน่าจะเป็นในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยพิจารณาค่า NPV สูงที่สุด จากการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่มีความไวต่อผลตอบแทนการลงทุนมากที่สุดคือ ราคารับซื้อวัตถุดิบจากเกษตรกรเนื่องจากเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อรายได้ในการดำเนินกิจการ รองลงมาคือ ราคาค่าซ่อมบำรุงเนื่องจากเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อต้นทุนการดำเนินกิจการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค

การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิค ในส่วนทำเลที่ตั้งของโครงการ จากการศึกษาพบว่าทำเลที่ตั้งของโครงการมีความเป็นไปได้ในการลงทุนโดยโรงไฟฟ้าตั้งอยู่ในพื้นที่ ตำบลบ้านโคก อำเภอสร้างคอม จังหวัดอุดรธานี โรงงานสร้างบนเนื้อที่ 25 ไร่ ด้านเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตคือเทคโนโลยีกังหันไอน้ำ เป็นเทคโนโลยีที่อาศัยกระบวนการเชิงความ ซึ่งสามารถเปลี่ยนองค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในชีวมวลไปเป็นก๊าซเชื้อเพลิงเพื่อนำไปผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ในส่วนของวัตถุดิบคือยูคาลิปตัส ที่นำมาเป็นเชื้อเพลิงหลักสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์นั้น ข้อมูลทุติยภูมิจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตพบว่า ค่าเฉลี่ยความร้อนที่18 เมกะจุลต่อกิโลกรัม (MJ/kg) ของชีวมวลของไม้เมื่อนำมาคำนวณหาปริมาณความต้องการของงานวิจัยนี้ จะได้ปริมาณความต้องการ (Feed Stock) 450 ตันต่อวันโดยประมาณ แล้วจะได้ปริมาณความต้องการที่มีค่าความชื้นร้อยละ 75.8 ซึ่งจะได้ปริมาณไฟฟ้าไม่เกิน 10 MW พบว่าพอเพียงต่อการใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าของโครงการ

ความเป็นไปได้ด้านการเงิน

การศึกษาความเป็นไปได้ด้านการเงินสาหรับการลงทุนโครงการครั้งนี้ เป็นการประมาณการผลตอบแทน โดยขายไฟฟ้าผ่านสัญญาซื้อขายไฟฟ้าระหว่างผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สามารถคำนวณรายได้จากการจำหน่ายไฟฟ้าเป็นไปตามอัตราการรับซื้อไฟฟ้า โดยโครงการเสียภาษีเงินได้นิติบุคลอัตราร้อยละ 20 ซึ่งโรงไฟฟ้าชีวมวลได้รับการส่งเสริมการลงทุนจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (Board of Investment, BOI) โดยได้รับสิทธิประโยชน์ทางด้านภาษีอากร คือ ได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลเป็นระยะเวลา 8 ปี นับจากที่เริ่มดำเนินโครงการ นอกจากนี้ได้รับอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า

สำหรับการประมาณการต้นทุน แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ต้นทุนในการลงทุนและต้นทุนในการดำเนินการ โดยต้นทุนในการลงทุนเท่ากับ 406,660,435.00 บาท ต้นทุนในการดำเนินการตลอด 25 ปี เท่ากับ 5,635,845,000.00 โดยทุก 8 ปี มีการบำรุงรักษาเครื่องจักร เท่ากับ 9,000,000 บาทต่อครั้ง ซึ่งจะทำการประมาณผลตอบแทน การคำนวณหาอัตราคิดลดเพื่อให้มูลค่าเงินแต่ละช่วงเวลาเป็นมูลค่าเงินปัจจุบัน โดยจะทำการวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุนโครงการ

แหล่งเงินทุนของการลงทุนในโครงการมาจาก 2 แหล่ง คือ เงินลงทุนจากการกู้ยืม เงินทุนส่วนเจ้าของทุน โดยมีโครงสร้างเงินทุน คือสัดส่วนการกู้เงินร้อยละ 46 ส่วนของเจ้าของร้อยละ 54 โดยโครงสร้างเงินทุนได้เทียบเคียงกับบริษัทในตลาดหลักทรัพย์ คือ บริษัทผลิตไฟฟ้าจำกัด (มหาชน) (เอ็กโก) เป็นบริษัทผลิตไฟฟ้าเอกชนแห่งแรกในประเทศไทย โดยการศึกษาความเป็นไปได้ในการ

ลงทุนจะใช้อัตราคิดลดที่ได้จากการคำนวณด้วยการหาต้นทุนเงินทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก อัตราร้อยละ 10.38 %

การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนด คือ อายุโครงการ 25 ปี (2566 - 2591) ต้นทุนและค่าใช้จ่ายต่างๆ เป็นไปตามข้อกำหนด สามารถสรุปผลได้ว่าการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยใช้ยูคาลิปตัสเชื้อเพลิงหลักมีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีผลการศึกษาดังนี้

(1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลตอบแทนเท่ากับ 204,687,625 บาท

(2) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการเท่ากับร้อยละ 16.71 %

(3) การวิเคราะห์ความอ่อนไหว พบว่าราคารับซื้อจากเกษตรกรในการซื้อวัตวุดิบนั้นถ้ามากกว่า 900 บาทต่อตัน จะทำให้เกิดความอ่อนไหวสูง

จากหลักเกณฑ์ ในการพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ที่ได้มีค่ามากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) มีค่ามากกว่าค่าต้นทุนทางการเงินเฉลี่ยของเงินทุน (WACC)

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการลงทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยใช้วัตถุดิบจากเศษไม้ ณ อำเภอสร้างคอม จังหวัดอุดรธานี โดยใช้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิง ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับปัจจัยทางลบที่มีผลกระทบให้โครงการไม่สามารถดำเนินการได้อยู่ 3 ปัจจัย ดังนี้

1. ราคาวัตถุดิบปรับตัวขึ้นอย่างมีนัยยะ เนื่องจากผู้ผลิตวัตถุดิบต้องการขายให้กับผู้ประกอบการที่รับซื้อในราคาที่สูงกว่า แม้ว่าทางผู้ลงทุนได้ทำสัญญากับทางเกษตรกร หรือ ผู้ผลิตแล้วก็ตาม ผู้ลงทุนจะต้องพิจารณาหาแหล่งวัตถุดิบใหม่ๆที่สามารถป้อนเข้าระบบการผลิตโดยที่ระบบไม่ได้เกิดการหยุดการดำเนินการ สำรองไว้ให้มากที่สุดทั้งในเขตพื้นที่และนอกพื้นที่โดยพิจารณาเพิ่มราคาค่าขนส่งในกรณีที่แหล่งพื้นที่นั้นอยู่ไกลกันกับจุดรับซื้อ

2. ปัญหาการแย่งวัตถุดิบภายในพื้นที่ ผู้ลงทุนควรเข้าถึงผู้นำชุมชนเพิ่มทำความเข้าใจว่าชุมชนได้อะไรเพิ่มเติมจากการดำเนินการครั้งนี้

3. นโยบายราคารับซื้อไฟฟ้าที่มีความผันผวนตามการเปลี่ยนแปลงทางการเมือง ผู้ลงทุนต้องพิจารณาศึกษาต้นทุนการรับซื้อไฟฟ้าที่ต่ำสุดที่สามารถทำให้โครงการดำเนินกิจการตลอดอายุโครงการได้โดยไม่มีเหตุที่ต้องหยุดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการรับซื้อ

บรรณานุกรม

(สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (พ.ศ.2551 - 2565). (2558). แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (พ.ศ. 2558 - 2579).,(PDP2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3), 1 - 93.

ศูนย์พยากรณ์และสารสนเทศพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2561. สถานการณ์พลังงานปี 2560 และแนวโน้มปี 2561 (Online). http://www.eppo.go.th/images/Infromation_service/public_relations/forecast/Energy 2016-Forcast 2017. pdf, 19 ธันวาคม 2560.

สถานภาพการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานในประเทศไทย. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กันยายน 2561, จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.): http://webkc.dede.go.th/webmax/node/153.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2561). EPPO: Energy Database (Online). http://www.eppo.go.th/index.php/en/en-energystatistics/electricity-statistic?issearch=1&isc=1&ordering=order&category_id=855&xf_33=4 , 3 กันยายน 2561.

สถานการณ์พลังงานไทยปี พ.ศ. 2536 - พ.ศ. 2560. http://www.eppo.go.th/images/EnergyStatistics/energyinformation/Energy_Statistics/00All.pdf

กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน พลังงานชีวมวล 28 สิงหาคม 2561. http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%20%E0%B8%8A%E0%B8%B5%E0%B8%A7%E0%B8%A1%E0%B8%A7%E0%B8%A5.pdf,

ไชยา สถิรยากร. (2549). การผลิตไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ โดยใช้พลังงานชีวมวลสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาธุรกิจอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

กฤษพนธิ์ เพี้ยนศรี. (2546). ฐานข้อมูลศักยภาพพลังงานจากชีวมวล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.\

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรมสรรพากร. 2561. ความรู้เรื่องภาษี (Online). http://www.rd.go.th/publish , 30 สิงหาคม 2561.

กฤษฎา ปรีชาบริสุทธิ์กุล. 2553. ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมาก ต. อุดมทรัพย์ จ.นครราชสีมา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี. 2544. เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ. กรุงเทพมหานคร: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น.

ภาษีเงินได้นิติบุคคล อัตราร้อยละ 20 ตามอัตราภาษีใหม่ที่ประกาศใช้ http://www.rd.go.th/publish/841.0.html 10 พฤษภาคม 2561.

นคร ทิพยาวงศ์. 2553. เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ประสิทธิ์ ตงยิ่งศิริ. 2542. การวางแผนและวิเคราะห์โครงการ. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เยาวธีร อัชวังกูล. 2553. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomas Gasification).

เริงรัก จำปาเงิน. 2544. การจัดการการเงิน. กรุงเทพมหานคร: บริษัท บุ๊คเนท จำกัด. แปลจาก Eugene F. B. and J. F. Houston. 2001. Fundamental of Financial Mangement. Orlando, Florida: Harcourt College Publishers.

โรงไฟฟ้าเพชรภูพาน จังหวัดสกลนคร. 2556. กระบวนการที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล.

วัชรี จรจำรัส. มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2554. โอกาสและการลงทุนเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน http://www.efe.or.th/datacenter/ckupload/files/1_Policy.pdf, 30 กันยายน 2554.

มณฑล วสุวานิช. มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. มาตราการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน http://www.efe.or.th/datacenter/ckupload/files/1_Policy%20Part%202.pdf, 30 กันยายน 2554.

ศสิรส พิทักษ์รัตนโชติ. 2548. ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. 2561. Facts about Thailand Natural Gas http://www.ptit.org/ptit_medias/arlcat_399af82dc39b55eb3019b0132b5dd052.pdf , 28 สิงหาคม 2561.

สานักวิจัย ค้นคว้าพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. ม.ป.ป. พลังงานชีวมวล. (Online). www2.dede.go.th/kmmf/download/นวัตกรรม/สวค/คู่มือพลังงานชีวมวล.pdf, 25 กันยายน 2556.

หฤทัย มีนะพันธ์. 2544. หลักการวิเคราะห์โครงการ : ทฤษฎีและวิธีปฏิบัติเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ. กรุงเทพมหานคร: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น.

Brigham, E. F. and M. C. Ehrhardt. 2005. Financial Management Theory and Practice. 11th ed. South-Western.

Lin, S. A. Y. 1976. ,The modified rate of return and investment criterion. “The Engineering Economist 21 (4): 237-247.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก ระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก

ระเบียบคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน

ว่าด้วยการจัดหาไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก
โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน
พ.ศ. ๒๕๖๑

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการจัดหาไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เพื่อให้เกิดความเป็นธรรมแก่ทุกฝ่าย

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๑ (๔) แห่งพระราชบัญญัติการประกอบกิจการพลังงาน พ.ศ. ๒๕๕๐ และมติคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน ในการประชุมครั้งที่ ๕๗/๒๕๖๐ (ครั้งที่ ๔๙๙) เมื่อวันที่ ๒๐ ธันวาคม ๒๕๖๐ คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานออกระเบียบไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ระเบียบนี้เรียกว่า "ระเบียบคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน ว่าด้วยการจัดหาไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน พ.ศ. ๒๕๖๑"

ข้อ ๒ ระเบียบนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ ๓ ในระเบียบนี้

"กพช." หมายความว่า คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

"กกพ." หมายความว่า คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน

"สำนักงาน กกพ." หมายความว่า สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน

"การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย" หมายความว่า การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

"พลังงานหมุนเวียน" หมายความว่า พลังงานทดแทนเพื่อการผลิตไฟฟ้า ประกอบด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานจากขยะ พลังงานจากชีวมวล พลังงานจากก๊าซชีวภาพ และพลังงานรูปแบบใหม่เพื่อการผลิตไฟฟ้า เช่น พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานจากคลื่นและกระแสน้ำไหล พลังงานไฮโดรเจนและระบบกักเก็บพลังงาน เป็นต้น

"อัตรารับซื้อไฟฟ้า (FiT)" หมายความว่า อัตราการรับซื้อไฟฟ้า (Feed-in Tariff หรือ FiT) ที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนตามนโยบายของรัฐบาลที่จะประกาศเป็นคราว ๆ ไป

"โครงการ" หมายความว่า โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในแบบ Feed-in Tariff

"ผู้ยื่นขอผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก" หมายความว่า ผู้ที่ประสงค์จะผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในแบบ Feed-in Tariff

"ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก" หมายความว่า ผู้ผลิตไฟฟ้าที่ได้ทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย โดยมีปริมาณพลังไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากแต่ละรายที่จ่ายเข้าระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายไม่เกิน ๑๐ เมกะวัตต์ ณ จุดรับซื้อไฟฟ้า

"คำเสนอขอขายไฟฟ้า" หมายความว่า คำเสนอขอขายไฟฟ้าตามแบบที่ กกพ. กำหนด ซึ่งผู้ยื่นขอผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากยื่นขอขายไฟฟ้า

"สัญญาซื้อขายไฟฟ้า" หมายความว่า ข้อตกลงเป็นลายลักษณ์อักษรเพื่อซื้อขายไฟฟ้าระหว่างผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากกับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย

"ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง" หมายความว่า ขนาดกำลังการผลิตรวมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีหน่วยเป็นเมกะวัตต์ (MW) หรือกิโลวัตต์ (kW) ซึ่งมีจุดรับซื้อไฟฟ้าเดียวกันตามที่กำหนดในสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

"ปริมาณพลังไฟฟ้าเสนอขาย" หมายความว่า ปริมาณพลังไฟฟ้าเสนอขายให้กับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายที่มีหน่วยเป็นเมกะวัตต์ (MW) หรือกิโลวัตต์ (kW) ตามที่กำหนดในสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

"จุดรับซื้อไฟฟ้า" หมายความว่า จุดที่ติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าที่ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ซึ่งการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะเป็นผู้กำหนด

"จุดเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า" หมายความว่า จุดที่ระบบไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากเชื่อมโยงกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ซึ่งผู้ยื่นขอผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากเสนอให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายพิจารณากำหนดและอาจเป็นจุดเดียวกับจุดรับซื้อไฟฟ้าก็ได้

"วัน SCOD" หมายความว่า กำหนดวันจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบเชิงพาณิชย์ที่ระบุในสัญญาซื้อขายไฟฟ้า (Scheduled Commercial Operation Date)

"วัน COD" หมายความว่า วันจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบเชิงพาณิชย์ (Commercial Operation Date)

"ข้อกำหนดระบบโครงข่ายไฟฟ้า" หมายความว่า ข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า ข้อกำหนดการใช้บริการระบบโครงข่ายไฟฟ้า และข้อกำหนดการปฏิบัติการระบบโครงข่ายไฟฟ้าตามระเบียบการไฟฟ้านครหลวงหรือตามระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ข้อ ๔ ให้ประธานกรรมการกำกับกิจการพลังงานเป็นผู้รักษาการตามระเบียบนี้ และให้ กกพ. เป็นผู้มีอำนาจวินิจฉัยชี้ขาดปัญหาเกี่ยวกับการปฏิบัติตามระเบียบนี้ คำวินิจฉัยของ กกพ. ให้เป็นที่สุด

หมวด ๑
บททั่วไป

ข้อ ๕ การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะเป็นผู้รับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ณ จุดรับซื้อไฟฟ้าผ่านจุดเชื่อมโยงระบบไฟฟ้าตามพื้นที่และปริมาณที่กำหนดในประกาศการรับซื้อไฟฟ้า

การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะพิจารณาปริมาณพลังไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากแต่ละรายที่จ่ายเข้าระบบของการไฟฟ้า โดยคำนึงถึงศักยภาพของระบบไฟฟ้าที่จะรับได้และไม่ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของระบบไฟฟ้า

ข้อ ๖ เมื่อผู้ยื่นขอผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากยื่นคำเสนอขอขายไฟฟ้าแล้ว ห้ามเปลี่ยนแปลงข้อมูลใด ๆ เช่น จุดเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า ประเภทพลังงานหมุนเวียน ปริมาณพลังไฟฟ้าเสนอขาย ขนาดกำลังผลิตติดตั้ง เป็นต้น

ก่อนลงนามในสัญญาซื้อขายไฟฟ้า ผู้ยื่นขอผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ได้รับการคัดเลือกอาจขอเปลี่ยนแปลงข้อมูลตามวรรคหนึ่ง ยกเว้นประเภทพลังงานหมุนเวียนและปริมาณพลังไฟฟ้าเสนอขาย ทั้งนี้ กกพ. อาจพิจารณาเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีเหตุอันสมควร โดยที่จุดเชื่อมโยงต้องต่อกับสายป้อน (Feeder) เดิม

ข้อ ๗ สัญญาซื้อขายไฟฟ้ามีอายุสัญญาที่กำหนดในประกาศการรับซื้อไฟฟ้า และผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบการไฟฟ้าภายในวัน SCOD ที่กำหนดในประกาศการรับซื้อไฟฟ้าแต่ละครั้ง

ข้อ ๘ ก่อนวัน COD ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องนำใบอนุญาตตามที่กฎหมายกำหนดมาแสดงต่อการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายที่เป็นคู่สัญญาซื้อขายไฟฟ้า

ข้อ ๙ ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากมีหน้าที่นำส่งเงินเข้ากองทุนพัฒนาไฟฟ้าตามระเบียบ กกพ. ว่าด้วยกองทุนพัฒนาไฟฟ้า และประกาศที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งต้องปฏิบัติตามระเบียบหรือประกาศ กกพ. ที่เกี่ยวข้องกับมาตรการป้องกัน แก้ไข และติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ข้อ ๑๐ ห้ามผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากนำเชื้อเพลิงอื่นมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า หรือนำพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งอื่นมาขายเข้าระบบ นอกเหนือจากพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากประเภทพลังงานหมุนเวียนที่กำหนดไว้ภายใต้สัญญาซื้อขายไฟฟ้า

หากพบว่ามีการกระทำความผิดตามวรรคหนึ่งจะถือว่าผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากปฏิบัติผิดสัญญาซื้อขายไฟฟ้าและถือว่าสัญญาซื้อขายไฟฟ้าสิ้นสุดลงทันที โดยผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากไม่มีสิทธิเรียกร้องค่าเสียหายใด ๆ จากการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายที่เป็นคู่สัญญา และจะต้องเสียค่าปรับ ๕,๐๐๐,๐๐๐ บาทต่อเมกะวัตต์ หรือ ๕,๐๐๐ บาทต่อกิโลวัตต์ ตามขนาดกำลังผลิตติดตั้งตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

หมวด ๒
กระบวนการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก และหลักเกณฑ์การพิจารณาคำร้องและข้อเสนอขอขายไฟฟ้า

ข้อ ๑๑ การรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากให้ใช้วิธีการคัดเลือกตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่ กกพ. ประกาศกำหนด

ข้อ ๑๒ ประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขดังต่อไปนี้

(๑) ปริมาณการรับซื้อไฟฟ้า รวมถึงกำหนดบริเวณพื้นที่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าที่สามารถรับไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากได้

(๒) กำหนดวันเปิดรับและปิดรับคำเสนอขอขายไฟฟ้า กรอบวันที่ประกาศผลการพิจารณารับซื้อไฟฟ้า และกรอบระยะเวลาลงนามสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

(๓) อัตรารับซื้อไฟฟ้า (FiT) กรอบระยะเวลาวัน SCOD ระยะเวลาการให้อัตรารับซื้อไฟฟ้า (FiT) และระยะเวลาอายุสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

(๔) ค่าธรรมเนียมการยื่นคำเสนอขอขายไฟฟ้า หลักประกัน ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า การตรวจสอบอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

(๕) สถานที่ยื่นแบบคำเสนอขอขายไฟฟ้า

(๖) หลักเกณฑ์และเงื่อนไขอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น หลักเกณฑ์การคัดเลือกคำเสนอขอขายไฟฟ้า หลักเกณฑ์การคัดเลือกโดยการแข่งขันทางด้านราคา (Competitive Bidding)

ข้อ ๑๓ การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะแจ้งให้ผู้ยื่นขอผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ผ่านการคัดเลือกทราบรายละเอียดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง โดยผู้ยื่นขอผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ผ่านการคัดเลือกจะต้องชำระค่าใช้จ่ายดังกล่าวให้เสร็จสิ้นก่อนการทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

หมวด ๓
การเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า การตรวจสอบอุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง

ข้อ ๑๔ ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องปฏิบัติตามมาตรฐานในด้านความปลอดภัยและมาตรฐานในการเชื่อมโยงเข้ากับระบบตามข้อกำหนดระบบโครงข่ายไฟฟ้า และเพื่อความมั่นคงของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย โดยการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายขอสงวนสิทธิที่จะเข้าตรวจสอบเองหรือขอให้ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากตรวจสอบเมื่อใดก็ได้ตามความจำเป็น พร้อมกับมีสิทธิในการสั่งการให้ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากแก้ไข ปรับปรุงและเปลี่ยนอุปกรณ์การจ่ายไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย และผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบภาระค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการตรวจสอบ การแก้ไข การปรับปรุง และการเปลี่ยนอุปกรณ์การจ่ายไฟฟ้าดังกล่าว

ข้อ ๑๕ ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความเสียหายของระบบไฟฟ้าตามข้อกำหนดระบบโครงข่ายไฟฟ้าที่ใช้บังคับ ณ ขณะนั้น หากมีความเสียหายเกิดขึ้นอันเนื่องจากความบกพร่องทางด้านอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าหรือสาเหตุอื่น ๆ จากฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งซึ่งมิใช่เหตุสุดวิสัย ฝ่ายนั้นจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อความเสียหายดังกล่าว

ข้อ ๑๖ ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบภาระค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า การตรวจสอบระบบอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยจะต้องชำระค่าใช้จ่ายดังกล่าวให้เสร็จสิ้นก่อนการทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

ข้อ ๑๗ ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะต้องผลิตไฟฟ้าให้มีคุณภาพและเป็นไปตามข้อกำหนดระบบโครงข่ายไฟฟ้า

หมวด ๔
หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณการรับซื้อไฟฟ้า

ข้อ ๑๘ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายเข้าระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ให้วัดจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายจริงในเดือนนั้น ๆ จากเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (Meter) ที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายกำหนด

การคำนวณปริมาณพลังไฟฟ้า ราคาไฟฟ้า และอัตรารับซื้อไฟฟ้า ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่ กกพ. ประกาศกำหนด

หมวด ๕
สัญญาซื้อขายไฟฟ้า

ข้อ ๑๙ ให้ผู้ยื่นขอผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ผ่านการคัดเลือกทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายตามแบบสัญญาซื้อขายไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายกำหนด โดยความเห็นชอบของ กกพ.

ข้อ ๒๐ ห้ามผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากโอนสิทธิและหน้าที่ตามคำเสนอขอขายไฟฟ้าหรือในสัญญาซื้อขายไฟฟ้าให้กับผู้อื่น เว้นแต่จะได้รับการยินยอมจากการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายตามหลักเกณฑ์ของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายที่ได้รับความเห็นชอบจาก กกพ.

กรณีผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากเป็นนิติบุคคล ห้ามเปลี่ยนแปลงจำนวนผู้ถือหุ้นจนเป็นเหตุให้ผู้ถือหุ้นเดิมตามรายละเอียดที่ยื่นคำเสนอขอขายไฟฟ้าน้อยกว่ากึ่งหนึ่งและห้ามเปลี่ยนแปลงจำนวนหุ้นที่ถือโดยผู้ถือหุ้นเดิมเหลือน้อยกว่าร้อยละ ๕๑ ของจำนวนหุ้นทั้งหมด จนกว่าผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจะได้จ่ายไฟเข้าระบบเชิงพาณิชย์ (COD) แล้วเป็นระยะเวลา ๓ ปี

ภาคผนวก ข อัตราค่าไฟฟ้าขายส่งให้ กฟน และ กฟภ

อัตราค่าไฟฟ้าขายส่ง
สำหรับ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)
ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือนพฤศจิกายน 2558

1 <u>อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า</u> ประกอบด้วย

1.1 อัตราค่าไฟฟ้าขายส่งตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use : TOU Rate)

(บาท/หน่วย)

ระดับแรงดันไฟฟ้า	ค่าผลิตไฟฟ้า		ค่าบริการระบบส่ง		อัตราขายส่งรวม	
	Peak	Off-Peak	Peak	Off-Peak	Peak	Off-Peak
230 กิโลโวลต์	**3.1192**	**2.3316**	**0.2730**	-	**3.3922**	**2.3316**
69-115 กิโลโวลต์	**3.1286**	**2.3341**	**0.4913**	-	**3.6199**	**2.3341**
ณ ปลายสายส่ง 69 ,115 กิโลโวลต์*	**3.1948**	**2.3555**	**0.8528**	-	**4.0476**	**2.3555**
11-33 กิโลโวลต์	**3.2017**	**2.3567**	**1.0226**	-	**4.2243**	**2.3567**

* รวมทั้งสถานีไฟฟ้าแรงสูง 115:115 และ 69:69 กิโลโวลต์

ช่วง Peak : เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์ – วันศุกร์

ช่วง Off-Peak : เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

: เวลา 00.00 - 24.00 น. วันเสาร์ - วันอาทิตย์ วันแรงงานแห่งชาติ และ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชยและวันพืชมงคล)

1.2 อัตราค่าการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (F_t ขายส่ง)

F_t ขายส่ง ตามสูตรการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะมีการปรับอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย ตามการเปลี่ยนแปลงของค่าเชื้อเพลิง ค่าซื้อไฟฟ้า ในส่วนของ กฟผ. และค่าใช้จ่ายตามนโยบายของรัฐ

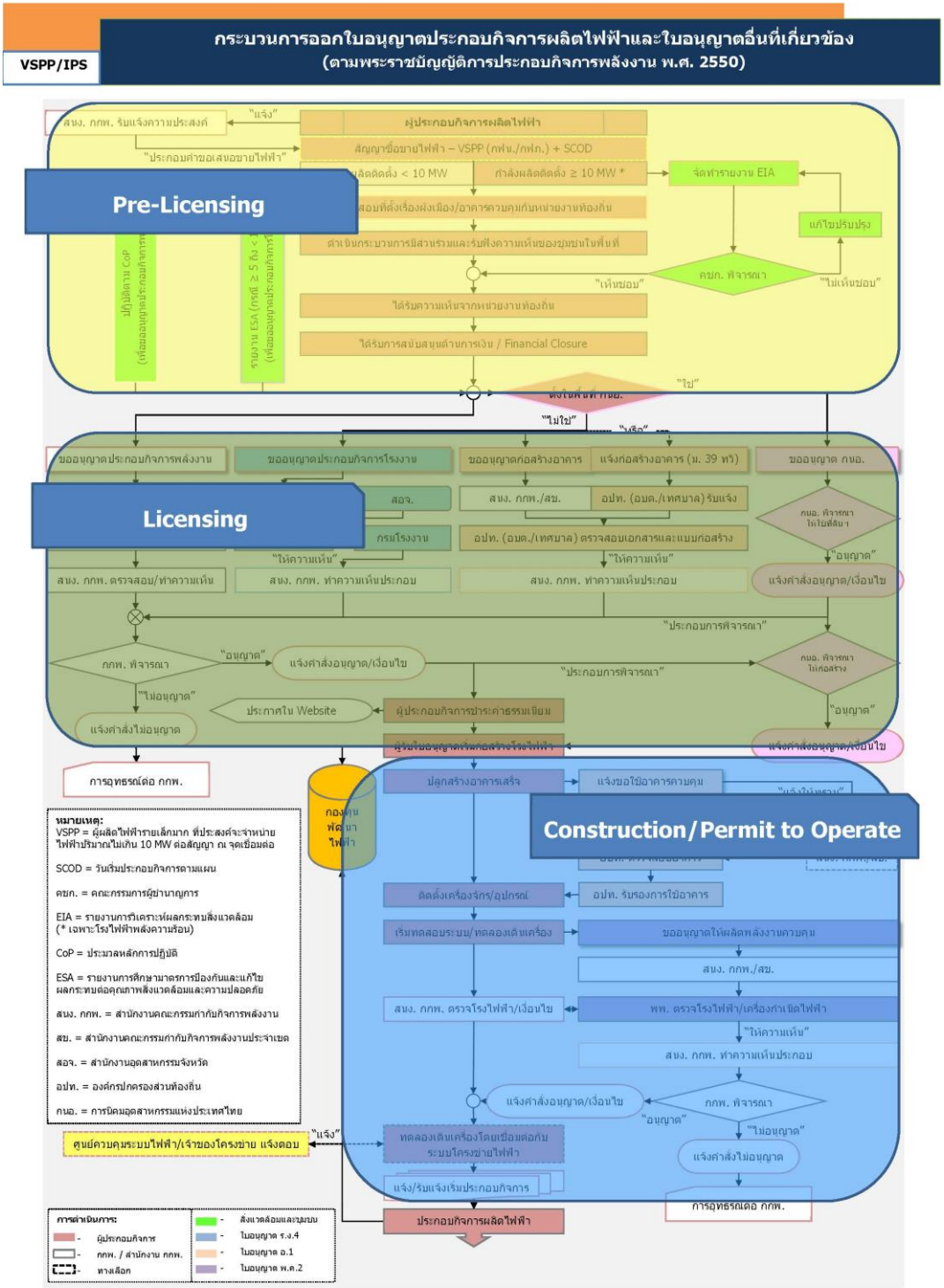
2 <u>อัตราค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor Charge)</u>

อัตราค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 18.68 บาท/กิโลวาร์/เดือน สำหรับกิโลวาร์ส่วนเกินเมื่อค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า 0.875 (Lagging)

3 <u>ภาษีมูลค่าเพิ่ม</u>

ค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บตามอัตราข้างต้นยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม ซึ่งผู้ซื้อเป็นผู้รับภาระ

ภาคผนวก ค กระบวนการออกใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้าและใบอนุญาตอื่นที่เกี่ยวข้อง



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายรัฐศาสตร์ วรรณเศวต
วัน เดือน ปี เกิด	22 มกราคม 2521
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลแพร่
วุฒิการศึกษา	ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	69/3 หมู่ 9 ต.เขาพระงาม อ.เมือง จ.ลพบุรี 15160
ผลงานตีพิมพ์	Oral Presentation TREC11 Thailand Renewables Energy for Community Conference

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University