

การออกแบบต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์
สำหรับการปลูกข้าวนาปรัง
A PROTOTYPE DESIGN OF SOLAR AIR-LIFT PUMP FOR RICE
CULTIVATION



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A PROTOTYPE DESIGN OF SOLAR AIR-LIFT PUMP FOR RICE CULTIVATION



MISS KUSUMA SABOH
MR. CHAWALWIT PHOSAI
MISS THAMON LEEVARINPANICH

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

การออกแบบต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์
สำหรับการปลูกข้าวนาปรัง

A PROTOTYPE DESIGN OF SOLAR AIR-LIFT PUMP FOR RICE
CULTIVATION

นักศึกษา

นางสาวกฤษมา	สาเบาะ	รหัสประจำตัว	61010098
นายชวลิตวิทย์	โพธิ์ไทรย์	รหัสประจำตัว	61010221
นางสาวธมล	ลีวรินทร์พาณิช	รหัสประจำตัว	61010480

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์


(รศ.ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต)

หัวข้อปริญญานิพนธ์

การออกแบบต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงาน
แสงอาทิตย์สำหรับการปลูกข้าวนาปรัง

นักศึกษา

นางสาวกสุมา สาเบาะ
นายชวลวิทย์ โพธิ์ไทรย์
นางสาวธมล ลีวารินทร์พาณิช

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา

2564

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

รศ.ดร.สกันธ์ คล่องบุญจิต

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการออกแบบต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการปลูกข้าวนาปรัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบแนวคิดของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสูบน้ำขนาด 4 นิ้ว สำหรับการปลูกข้าวนาปรังบนพื้นที่ 1 ไร่ ที่ตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง อำเภอพิจิตร จังหวัดพิจิตร การศึกษาเริ่มต้นด้วยการรวบรวมและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อรับการออกแบบต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ หลังจากนั้นทฤษฎีของการศึกษาความเป็นไปได้จะถูกนำไปใช้เพื่อประเมินมูลค่าของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์นี้ ผลการคำนวณพบว่าชุดออกแบบระบบต้นแบบ 2 ชุดของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์นี้สามารถใช้ในการสูบน้ำสำหรับข้าวนาปรัง 1 ไร่ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 500,501.27 บาท มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 25,638.21 บาทต่อปี อัตราผลตอบแทนภายใน 21.84% และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 4 ปี โดยมีอัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับ 4.875% ต่อปีทบต้นทุกปี นอกจากนี้ผลการคำนวณยังแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนระบบปั้มน้ำเชื้อเพลิงดีเซลหรือปั้มน้ำเชื้อเพลิงเบนซินเป็นระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดมลพิษทางอากาศได้ 82.3774 กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า หรือ 14.9769 กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่าตามลำดับ

Thesis Title	A Prototype Design of Solar Air-Lift Pump for Rice Cultivation
Student	Miss Kusuma Saboh Mr. Chawalwit Phosai Miss Thamon Leevarinpanich
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Sakon Klongboonjit

ABSTRACT

This research is to study in topic of A Prototype Design of Solar Air-Lift Pump for Rice Cultivation. The main objective of this study is to feasible study in conceptual design of a solar air-lift pump with a 4-inch water pump pipe for off-season rice cultivation in an area of 1 rai at Pho Prathap Chang Subdistrict Pho Prathap Chang District Phichit Province. The study starts with collecting and study the relevant data to analyze the data to obtain a prototype design of this solar air-lift pump system. After that, the theory of the feasibility study is applied to economy evaluate the worth of this solar air-lift pump system. The calculation results show that 4 prototype design sets of this solar air-lift pump system can be used to serve water for the 1 rai off-season rice with NPV 500,501.27 baht, EUAW 25,638.21 baht per year, IRR 21.84% and the payback period about 4 years at 4.875% per year of loan interest rate. Moreover, the calculation results also show that the replacement of the conventional diesel fuel water pump system or the conventional gasoline fuel water pump with this solar air-lift pump system can reduce air pollution with 82.3774 kg CO₂-eq or 14.9769 kg CO₂-eq respectively.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการออกแบบต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลดพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการปลูกข้าวนาปรัง สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.สกันธ์ คล่องบุญจิต อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือ ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆและความเอาใจใส่ในทุกๆ ด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบ รศ.ดร.สิทธิพร พิมพัสกุล ที่ให้คำแนะนำในการปรับปรุง พร้อมทั้งแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อปริญญานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำหรับความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านตลอดการศึกษาระดับปริญญาตรี ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

ขอบคุณทุกคนในครอบครัวและเพื่อนๆ สำหรับความช่วยเหลือตลอดจนคอยเป็นกำลังใจที่ดีให้ตลอดมาและทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นางสาวกฤษมา	สาเบาะ
นายชวัลวิทย์	โพธิ์ไทรย์
นางสาวธมล	ลี้วารินทร์พาณิช

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 บทนำและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	4
1.3 ขอบเขตการศึกษาของปริญญานิพนธ์.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการของปริญญานิพนธ์.....	5
1.6 แผนการดำเนินงาน.....	5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องสูบน้ำแบบลมดัน (Air-Lift Pump).....	7
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์.....	13
2.3 ทฤษฎีแสงอาทิตย์.....	24
2.4 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ.....	27
2.5 หลักพื้นฐานการวิเคราะห์ทางการเงินเพื่อใช้ในการประเมินโครงการลงทุน.....	33
2.6 คาร์บอนฟุตพริ้นท์.....	36
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	40

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการเพาะปลูกข้าว.....	46
3.2 ศึกษาพื้นที่เพื่อดูสภาพทางภูมิประเทศของพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อหาความเหมาะสมของขนาด เครื่องสูบน้ำโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่.....	47
3.3 ศึกษาข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์.....	47

สารบัญ

หน้า

3.4	ทำการออกแบบเชิงทฤษฎีสำหรับระบบสูบน้ำแบบลมดันทำงานร่วมกับการพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ทางการเกษตร	50
3.5	วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการเบื้องต้น	50
3.6	วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของปริมาณการใช้น้ำมันในสำหรับขั้นตอนการสูบน้ำ.....	51
3.7	ทำการสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ.....	51
บทที่ 4 การดำเนินงานและผลการดำเนินการ		
4.1	ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการเพาะปลูกข้าว	52
4.2	ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ และข้อมูลระดับน้ำในพื้นที่	55
4.3	ข้อมูลความเข้มแสงและปัจจัยอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง	56
4.4	ทำการออกแบบโครงสร้างระบบเชิงทฤษฎีสำหรับระบบเครื่องสูบน้ำลมดันทำงานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ทางการเกษตร.....	64
4.5	การวิเคราะห์ความเป็นไปได้เบื้องต้นของโครงการ	70
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ		
5.1	สรุปผลการศึกษา.....	82
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	84
เอกสารอ้างอิง		86

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1	มูลค่าการส่งสินค้าภาคการเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ 10 อันดับแรกของปี 2559 – 2563.....	2
ตารางที่ 1.2	แผนการดำเนินงานวิจัย	6
ตารางที่ 2.1	ข้อดี-ข้อเสียเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ	18
ตารางที่ 2.2	ช่วงความยาวคลื่นและสัดส่วนของพลังงานในช่วงความยาวคลื่นต่างๆที่สำคัญเมื่อเทียบกับพลังงานทั้งหมดของรังสีที่แผ่จากดวงอาทิตย์	25
ตารางที่ 3.1	ข้อมูลระดับน้ำเฉลี่ยในแต่ละเดือน	47
ตารางที่ 3.2	แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีรวม (Global Radiation) ของตำบลโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร	48
ตารางที่ 3.3	แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีกระจาย (Diffuse Radiation) ของตำบลโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร	48
ตารางที่ 3.4	แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบแบบรังสีตรง (Direct Radiation) ของตำบลโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร	49
ตารางที่ 3.5	แสดงข้อมูลอุณหภูมิของตำบลโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร	49
ตารางที่ 3.6	แสดงข้อมูลความชื้นของตำบลโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร	50
ตารางที่ 4.1	ข้อดีและข้อเสียของเครื่องต้นกำลัง	53
ตารางที่ 4.2	แสดงข้อมูลระดับน้ำเฉลี่ยของแหล่งน้ำในตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร	56
ตารางที่ 4.3	แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีรวม (Global Radiation) ของตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร	57
ตารางที่ 4.4	แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีกระจาย (Diffuse Radiation) ของตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร	58
ตารางที่ 4.5	แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบแบบรังสีตรง (Direct Radiation) ของตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร	59
ตารางที่ 4.6	แสดงข้อมูลอุณหภูมิ ของตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร	61
ตารางที่ 4.7	แสดงข้อมูลความชื้น ของตำบลโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร	63
ตารางที่ 4.8	ตารางข้อมูลที่ได้จากการคำนวณระหว่างเดือนกันยายน-พฤศจิกายน	66
ตารางที่ 4.9	คุณสมบัติแผงเซลล์แสงอาทิตย์ MONO 400W Solar Panel รุ่น SUN395-72M-F ยี่ห้อ SUNERGY USA	68

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.10 จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่สามารถใช้งานได้ต่อเดือนในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม.....	72
ตารางที่ 4.11 เกณฑ์การเลือกอุปกรณ์ของระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์	72
ตารางที่ 4.12 ต้นทุนเครื่องสูบน้ำท่อพญานาคแบบเครื่องยนต์เบนซินรูปแบบที่ 1	73
ตารางที่ 4.13 ต้นทุนเครื่องสูบน้ำท่อพญานาคแบบเครื่องยนต์ดีเซลรูปแบบที่ 2	74
ตารางที่ 4.14 ต้นทุนเครื่องสูบน้ำปั๊มหยอโขงขนาด 4 นิ้ว เครื่องยนต์ดีเซลรูปแบบที่ 3.....	74
ตารางที่ 4.15 ต้นทุนเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์รูปแบบที่ 1 โดยใช้ปั๊มลมยี่ห้อพูม่า	75
ตารางที่ 4.16 ต้นทุนเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์รูปแบบที่ 2 โดยใช้ปั๊มลมยี่ห้อไทเกอร์	75
ตารางที่ 4.17 ค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูกตลอดอายุโครงการ	76
ตารางที่ 4.18 อัตราค่าไฟสุทธิตามช่วงเวลาการใช้ไฟในแต่ละเดือน	77
ตารางที่ 4.19 ตารางกระแสเงินสดของโครงการระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์	78
ตารางที่ 4.20 ตารางค่า CO2 Emission (kg CO ₂ -eq) ของเครื่องสูบน้ำแต่ละแบบ	80

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 เครื่องสูบน้ำแรงดันลม	8
รูปที่ 2.2 รูปแบบการไหลในท่อกลมแนวดิ่ง	9
รูปที่ 2.3 กราฟประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำแรงดันลม	11
รูปที่ 2.4 กราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการทดลองกับทฤษฎี	11
รูปที่ 2.5 คือกราฟการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยแรงเสียดทานกับอัตราส่วนจุ่ม	12
รูปที่ 2.6 ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ไม่มีแบตเตอรี่	13
รูปที่ 2.7 ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่มีแบตเตอรี่และโหลดกระแสตรง	14
รูปที่ 2.8 ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่มีแบตเตอรี่และโหลดกระแสสลับ	14
รูปที่ 2.9 ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า	15
รูปที่ 2.10 ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	15
รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์	16
รูปที่ 2.12 เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์	17
รูปที่ 2.13 เซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์	17
รูปที่ 2.14 เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง	18
รูปที่ 2.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันเมื่อเปลี่ยนความเข้มแสง	20
รูปที่ 2.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	20
รูปที่ 2.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดัน	21
รูปที่ 4.1 ท่อสูบน้ำพญานาค	53
รูปที่ 4.2 ท่อสูบน้ำหอยโข่ง	53
รูปที่ 4.3 ป้อนน้ำหอยโข่งขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล	54
รูปที่ 4.4 ป้อนน้ำหอยโข่งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า	54
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความเข้มแสงแบบรังสีตรงระหว่างเดือนกันยายน-ธันวาคม	60
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงอุณหภูมิระหว่างเดือนกันยายน-ธันวาคม	62
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความชื้นระหว่างเดือนกันยายน-ธันวาคม	64
รูปที่ 4.8 แสดงต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์	64
รูปที่ 4.9 การจำลองระดับในเดือนกันยา-พฤศจิกายน	70
รูปที่ 4.10 ต้นแบบการจำลองระบบสูบน้ำลมดันพลังงานแสงอาทิตย์กับพื้นที่ต้นแบบ	71

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียด ขอบเขต และคำจำกัดความของงานวิจัยเรื่อง การออกแบบต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการปลูกข้าวนาปรัง ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

- 1.1 บทนำและที่มาของปัญหา
- 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์
- 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์
- 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
- 1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ
- 1.6 แผนการดำเนินงาน

1.1 บทนำและที่มาของปัญหา

เกษตรกรรมเป็นภาคการผลิตที่มีความสำคัญของประเทศไทยมาเป็นระยะเวลานานซึ่งกำลังแรงงานของประเทศที่มีงานทำคิดเป็นร้อยละ 35 โดยอยู่ในภาคการเกษตรเป็นจำนวน 12.37 ล้านคน จาก 38.26 ล้านคน [1] จากข้อมูลมูลค่าการส่งออกสินค้าในภาคการเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่สำคัญปี พุทธศักราช 2563 พบว่าข้าวนั้นมีมูลค่าการส่งออกอยู่ที่ 137,808 ล้านบาท จากสินค้าในภาคการเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่สำคัญทั้งหมด 1,288,818 ล้านบาท โดยพบว่าจังหวัดพิจิตรนั้นนับเป็นจังหวัดที่มีการปลูกข้าวมากเป็นอันดับสามของภาคเหนือ รองจากจังหวัด เชียงราย นครสวรรค์ โดยมีพื้นที่ทำนาประมาณ 1,812,121 ไร่ เนื่องจากจังหวัดพิจิตรมีแหล่งน้ำทางธรรมชาติอยู่เป็นจำนวนมาก ส่วนในบางพื้นที่ก็ได้มีการเจาะน้ำบาดาลมาใช้ในช่วงฤดูแล้งจึงทำให้สามารถนำน้ำมาใช้ในการทำนาได้ตลอดทั้งปี ซึ่งในการทำนาของจังหวัดพิจิตรนั้นจะทำนาปีในเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนสิงหาคม และจะได้เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ส่วนในการทำนาปรังของจังหวัดพิจิตรนั้นจะทำ 3 ครั้งต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 1.1

โดยพบว่าจังหวัดพิจิตรนั้นนับเป็นจังหวัดที่มีการปลูกข้าวมากเป็นอันดับสามของภาคเหนือ รองจากจังหวัด เชียงราย นครสวรรค์ โดยมีพื้นที่ทำนาประมาณ 1,812,121 ไร่ เนื่องจากจังหวัดพิจิตรมีแหล่งน้ำทางธรรมชาติอยู่เป็นจำนวนมาก ส่วนในบางพื้นที่ก็ได้มีการเจาะน้ำบาดาลมาใช้ในช่วงฤดูแล้งจึงทำให้สามารถนำน้ำมาใช้ในการทำนาได้ตลอดทั้งปี ซึ่งในการทำนาของจังหวัดพิจิตรนั้นจะทำนาปีในเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนสิงหาคม และจะได้เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ส่วนในการทำนาปรังของจังหวัดพิจิตรนั้นจะทำ 3 ครั้งต่อปี โดยจากการทดลองของสถานีทดลองเกษตรของกรมชลประทานพบว่าในการปลูกข้าวตั้งแต่เตรียมแปลงไปจนถึงช่วงที่ข้าวสุกแก่จำเป็นต้องใช้น้ำประมาณ 1,065 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ แต่ส่วนมากในการทำนาข้าวจะอาศัยน้ำจากคลองส่งน้ำชลประทานซึ่งมีระดับความสูงกว่าระดับในน้ำในคลองส่งน้ำ

ชลประทาน ส่งผลให้เกษตรกรจำเป็นต้องใช้เครื่องสูบน้ำเพื่อสูบน้ำเข้ามายังพื้นที่เพาะปลูกของตน โดยเครื่องสูบน้ำส่วนมากที่เกษตรกรนิยมใช้นั้นเป็นเครื่องสูบน้ำที่มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิง เนื่องด้วยเป็นระบบที่เกษตรกรสามารถหาใช้งานได้ง่าย ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาน้อย อีกทั้งน้ำมันยังเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น จึงทำให้ระบบสูบน้ำที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในหมู่เกษตรกร แต่เนื่องจากในปัจจุบันราคาน้ำมันที่เป็นเชื้อเพลิงได้มีการปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลให้เกษตรกรต้องรับภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเพิ่มขึ้น อีกทั้งการใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงนั้นส่งผลให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม เช่น มลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

ตารางที่ 1.1 มูลค่าการส่งออกสินค้าภาคการเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ 10 อันดับแรกของปี 2559 – 2563 [1]

รายการ	ปี				
	2559	2560	2561	2562	2563
มูลค่าการส่งออกสินค้าทั้งหมด	7,536,527	7,536,527	8,085,563	7,618,889	7,173,166
มูลค่าสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ	1,249,467	1,435,180	1,406,375	1,317,926	1,288,818
ผลไม้และผลิตภัณฑ์	126,332	142,966	142,328	167,330	182,351
ยางธรรมชาติ	199,932	287,688	225,106	190,639	181,931
ข้าวและผลิตภัณฑ์	172,554	193,759	201,237	190,639	137,808
ปลาและผลิตภัณฑ์	110,744	109,646	112,806	106,858	111,648
เนื้อไก่และผลิตภัณฑ์	89,063	96,025	100,398	105,029	103,891
มันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์	101,593	93,792	98,647	79,829	82,312
น้ำตาลและผลิตภัณฑ์	95,395	102,161	106,777	107,711	70,404
กุ้งและผลิตภัณฑ์	68,840	70,419	58,877	107,711	45,045
ผักและผลิตภัณฑ์	24,721	28,531	29,053	26,813	26,839
กากและเศษเหลือจากอุตสาหกรรมผลิตอาหาร อาหารที่จัดทำไว้สำหรับเลี้ยงสัตว์	19,663	21,740	19,646	18,145	19,777
อื่นๆ	240,630	288,453	311,500	312,313	326,812

ซึ่งปัจจุบันนั้นพบว่าสภาวะโลกร้อนส่งผลกระทบต่อการทำงานเกษตรเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะความแปรปรวนของสภาพอากาศ ฝนที่ไม่ตกตามฤดูกาล ภัยแล้ง และอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงขึ้น ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลโดยตรงในการเพาะปลูกข้าวตั้งแต่ระยะตั้งตัว ระยะสร้างช่อ จนถึงการสะสมน้ำของเมล็ด โดยส่งผลไปถึงผลผลิตทางการเกษตรที่ทำให้มีจำนวนน้อยลง อีกทั้งพลังงานยังเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ ซึ่งมีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนส่งผลให้พลังงานถ่านหิน

น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ หรือที่เรียกว่าพลังงานสิ้นเปลือง (Conventional Energy) ไกล่หมดไปจากโลก จึงทำให้ทั่วโลกเริ่มหันมาสนใจใช้พลังงานทดแทนหรือพลังงานสะอาด (Renewable Energy) กันมากขึ้น เช่น พลังงานจากแก๊บ กากอ้อย ชีวมวล น้ำ ลม แสงอาทิตย์และพลังงานจากคลื่นมหาสมุทร เป็นต้น โดยพลังงานทดแทนที่ดีควรจะต้องเป็นพลังงานสะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ มีจำนวนไม่จำกัดสามารถสร้างขึ้นใหม่ได้อย่างต่อเนื่อง มีต้นทุนที่ไม่สูงไปจากต้นทุนเดิมมากและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยพลังงานทดแทนที่สามารถนำมาใช้งานกับประเทศไทยได้คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์โดยการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า มีการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นควรจัดหาแหล่งพลังงานสะอาดหรือพลังงานทดแทนที่สามารถใช้เป็นพลังงานสำหรับการสูบน้ำแทนการใช้พลังงานที่มาจากพลังงานสิ้นเปลือง ซึ่งปัจจุบันนั้นพบว่าสภาวะโลกร้อนส่งผลกระทบต่อการทำงานเกษตรเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะความแปรปรวนของสภาพอากาศ ฝนที่ไม่ตกตามฤดูกาล ภัยแล้ง และอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงขึ้น ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลโดยตรงในการเพาะปลูกข้าวตั้งแต่ระยะตั้งแต่ระยะสร้างข้อ จนถึงการสะสมน้ำของเมล็ด โดยส่งผลไปถึงผลผลิตทางการเกษตรที่ทำให้มีจำนวนน้อยลง อีกทั้งพลังงานยังเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ ซึ่งมีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนส่งผลให้พลังงานถ่านหิน น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ หรือที่เรียกว่าพลังงานสิ้นเปลือง (Conventional Energy) ไกล่หมดไปจากโลก จึงทำให้ทั่วโลกเริ่มหันมาสนใจใช้พลังงานทดแทนหรือพลังงานสะอาด (Renewable Energy) กันมากขึ้น เช่น พลังงานจากแก๊บ กากอ้อย ชีวมวล น้ำ ลม แสงอาทิตย์และพลังงานจากคลื่นมหาสมุทร เป็นต้น โดยพลังงานทดแทนที่ดีควรจะต้องเป็นพลังงานสะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ มีจำนวนไม่จำกัดสามารถสร้างขึ้นใหม่ได้อย่างต่อเนื่อง มีต้นทุนที่ไม่สูงไปจากต้นทุนเดิมมากและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยพลังงานทดแทนที่สามารถนำมาใช้งานกับประเทศไทยได้คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์โดยการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า มีการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นควรจัดหาแหล่งพลังงานสะอาดหรือพลังงานทดแทนที่สามารถใช้เป็นพลังงานสำหรับการสูบน้ำแทนการใช้พลังงานที่มาจากพลังงานสิ้นเปลือง

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถจำแนกได้ 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ การผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์ และการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ที่สามารถนำมาใช้งานและเหมาะสมกับประเทศไทย คือการผลิตไฟฟ้าด้วยการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตร พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ จึงเป็นพลังงานที่มีศักยภาพค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังมีการใช้งานจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้หลากหลาย เช่น การใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน ไปจนถึงการนำมาใช้เป็นพลังงานขับเคลื่อนในเครื่องสูบน้ำได้อีกด้วย ซึ่งมีประโยชน์กับเกษตรกรไทยเป็นอย่างมากเนื่องจากเกษตรกรที่อยู่ในชนบทบางพื้นที่ไม่สามารถเข้าถึงไฟฟ้าได้ แต่พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีอยู่ทุกที่ จึงทำให้เกษตรกรสามารถประหยัดพลังงาน อีกทั้งยังง่ายต่อการใช้งานและการดูแลรักษา เมื่อเทียบกับระบบสูบน้ำที่ใช้ น้ำมันเป็นพลังงานเชื้อเพลิงการประยุกต์ใช้พลังงานสะอาดกับเครื่องมือทางการเกษตรจะเป็นตัวช่วยในเรื่องของต้นทุนในการสูบน้ำเพื่อการเพาะปลูกข้าว ส่งผลต่อราคาผลผลิตและก่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องมือในการทำเกษตรที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและทรัพยากรจะช่วยให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนจากการลงทุนในระยะเวลาที่สั้นลง และ

ยังสามารถควบคุมต้นทุนต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย เช่น ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าแรงงาน ค่าปุ๋ยที่เป็นต้นทุนแปรผัน หรือ ค่าที่ดินและค่าเสื่อมราคาที่เป็นต้นทุนคงที่ รวมถึงได้รับผลตอบแทนทางสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การเลือกใช้เครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมกับการทำการเกษตรนั้นสามารถลดปัญหาเรื่องคุณภาพของข้าวที่ไม่ได้มาตรฐานซึ่งส่งผลให้ราคาข้าวลดลง และยังสามารถลดความผันผวนของราคาข้าวที่มีผลกระทบกับเกษตรกรให้ลดลงอีกด้วย ดังนั้นการสนับสนุนให้เกษตรกรเลือกใช้เครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์จะช่วยให้คุณภาพชีวิตของเกษตรกร มีความยั่งยืนในอาชีพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้สิ่งแวดล้อมจะไม่ถูกทำลายจากการใช้เครื่องสูบน้ำที่มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแบบเดิม

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อคำนวณความเป็นไปได้เชิงทฤษฎีในการออกแบบการทำงานเชิงทฤษฎีของระบบต้นแบบการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบลมดันทำงานร่วมกับการพลังงานแสงอาทิตย์ที่ช่วยในการสูบน้ำจากแหล่งแม่น้ำธรรมชาติมาสู่พื้นที่เกษตรกรรมใน ตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร สำหรับใช้ในพื้นที่ขนาด 1 ไร่

2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ในการใช้ระบบนี้เพื่อช่วยในการทำนาปรังของพื้นที่ขนาด 1 ไร่ ด้วยท่อสูบน้ำขนาด 4 นิ้ว เพื่อการปลูกข้าวนาปรังใน ตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร

1.3 ขอบเขตการศึกษาของปริญญานิพนธ์

1. พื้นที่ในกรณีศึกษา คือ พื้นที่เกษตรกรรมใน ตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร ขนาด 1 ไร่

2. ศึกษาโดยอ้างอิงข้อมูลความเข้มแสง อุณหภูมิและความชื้นของตำบลโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร จากฐานข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยของศ.ดร.เสริม จันทรฉายและคณะ ปีพุทธศักราช 2560 ศึกษาโดยอ้างอิงข้อมูลความเข้มแสง อุณหภูมิและความชื้นของตำบลโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตรจากฐานข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยของศ.ดร.เสริม จันทรฉายและคณะปีพุทธศักราชที่ 2560

3. ศึกษาโดยอ้างอิงข้อมูลระดับน้ำจากแม่น้ำยมในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมปี พุทธศักราช 2559 ถึงพุทธศักราช 2563 จากกองอำนวยการน้ำแห่งชาติ สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ

4. ศึกษาในเชิงทฤษฎีโดยอ้างอิงข้อมูลจากงานวิจัย An Analytical and Experimental Study of Air-Lift Pump Performance เพื่อออกแบบระบบเครื่องสูบน้ำแรงดันแบบลมดันที่ใช้ท่อสูบน้ำขนาด 4 นิ้ว ความยาว 8.5 เมตรสำหรับการสูบน้ำในพื้นที่ 1 ไร่ ของ ตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร

5. ศึกษาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยอ้างอิงจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ฉบับปรับปรุง มีนาคม พุทธศักราช 2564 ศึกษาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยอ้างอิงจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ฉบับปรับปรุง มีนาคม พุทธศักราช 2564

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้แนวทางในความเป็นไปได้ทางทฤษฎีของระบบต้นแบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเป็นทางเลือกในการสูบน้ำเพื่อการใช้สอยในการทำนาปรัง สำหรับพื้นที่ขนาด 1 ไร่และคาดการณ์ว่าจะสามารถช่วยลดการปล่อยมลพิษในภาคเกษตรกรรม

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาทฤษฎีและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาการใช้เครื่องสูบน้ำแบบลมดัน
3. ศึกษาการใช้พลังงานแสงอาทิตย์และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน
4. รวบรวมข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและศึกษาสภาพพื้นที่การเกษตร
5. ออกแบบระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์
6. ศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นทางด้านเทคนิคและข้อมูลเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์
7. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการดำเนินงาน
8. เสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม
9. วิจัยสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
10. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.6 แผนการดำเนินงาน

งานวิจัยฉบับนี้มีแผนการดำเนินงานดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ. 2564					พ.ศ. 2565				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ศึกษาทฤษฎีและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง										
2. ศึกษาการใช้เครื่องสูบน้ำแบบลมดัน										
3. ศึกษาการใช้พลังงานแสงอาทิตย์และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน										
4.รวบรวมข้อมูลการใช้น้ำและศึกษาสภาพพื้นที่การเกษตร										
5.ออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์										
6.ศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นและข้อมูลเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์										
7.วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการดำเนินงาน										
8.เสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม										
9.วิจารณ์ สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ										
10.จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์										

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่อง “การออกแบบต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการปลูกข้าวนาปรัง” ทางผู้วิจัยได้ทบทวนจากตำรา บทความ และผลงานที่เกี่ยวข้องกับระบบสูบน้ำแบบลมดัน โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และการศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคของโครงการ ซึ่งมีเอกสารที่เกี่ยวข้อง มาประยุกต์ใช้ในการทำปฏิญานพนธ์ฉบับนี้จะประกอบไปด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

- 2.1 เครื่องสูบน้ำแบบลมดัน
- 2.2 เซลล์แสงอาทิตย์
- 2.3 ทฤษฎีแสงอาทิตย์
- 2.4 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ
- 2.5 หลักพื้นฐานการวิเคราะห์ทางการเงินเพื่อใช้ในการประเมินโครงการในการลงทุน
- 2.6 คาร์บอนฟุตพริ้นท์
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

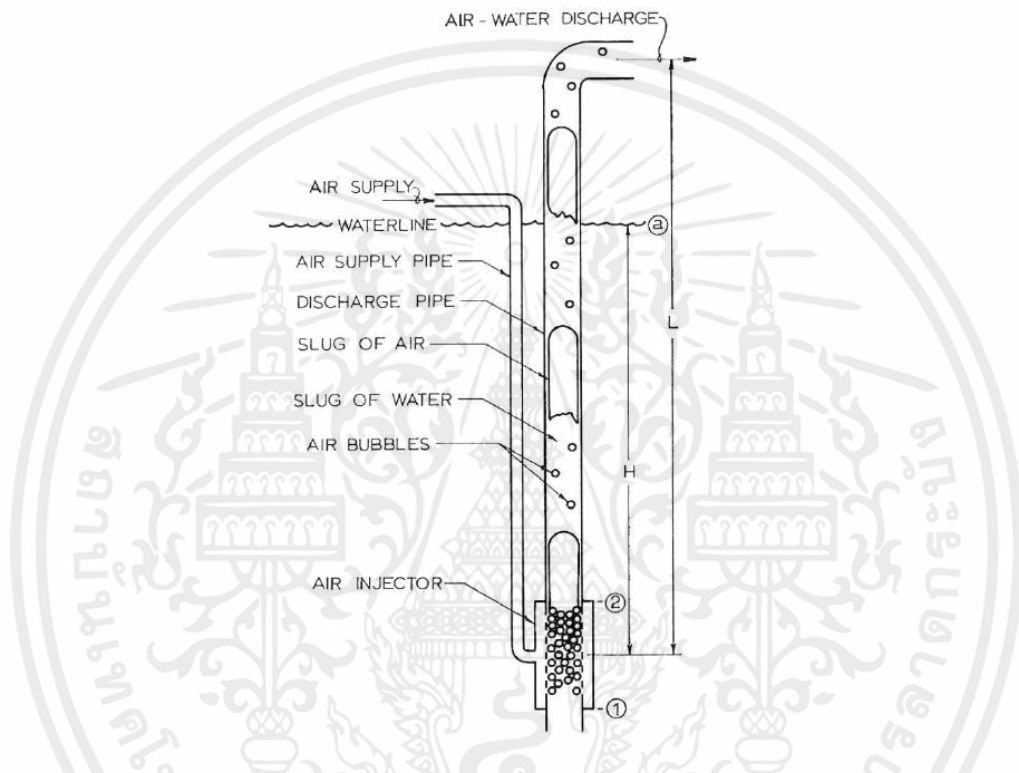
2.1 เครื่องสูบน้ำแบบลมดัน (Air-Lift Pump)

เครื่องสูบน้ำเป็นอุปกรณ์สำหรับขับเคลื่อนของเหลวหรือก๊าซผ่านทางระบบท่อปิด (Pipe) ไปสู่จุดหมายของการใช้งานที่ต้องการโดยการเพิ่มความดันและเพิ่มพลังงานให้แก่การไหลนั้นๆเป็นผลให้ของเหลวนั้นเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งแต่กลไกที่ใช้ในการเพิ่มพลังงานให้เหลวไม่ได้จำกัดเฉพาะแค่ใบพัดอาจได้ทั้งใบพัด (Impeller) เกลียว (Screw) ลูกสูบ (Piston) และกลไกอื่นๆซึ่งสามารถที่จะถ่ายทอดพลังงานให้กับของเหลวได้ซึ่งเครื่องมือแต่ละแบบมีความเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกันออกไปโดยเครื่องสูบน้ำแบบลมดันนั้นเป็นส่วนสำคัญของอุตสาหกรรมและมีการใช้อย่างมากมาย จากการบันทึกการใช้เครื่องสูบน้ำแบบลมดันแบบแรกสุดมีการนำไปใช้ในงานโดยวิศวกรเหมืองแร่ในเยอรมนี Carl E. Loescher ในปีคริสต์ศักราช 1797 ผู้ริเริ่มคิดค้นแนวคิดของเครื่องสูบน้ำแบบลมดันได้ระบุว่าเป็นเครื่องสูบแบบกลไกธรรมดาที่ไม่อาศัยชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวซึ่งประกอบด้วยท่อแนวตั้งที่จมอยู่ภายใต้้น้ำบางส่วนของบ่อน้ำหรือพื้นที่ที่มีของเหลว

2.1.1 หลักการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบลมดัน

เครื่องสูบน้ำแบบลมดันมีหลักการทำงานโดยการใช้แรงดันลม ที่อาศัยหลักการการลอยตัวซึ่งเกิดจากอากาศที่ฉีดจากลูกสูบเข้าที่ด้านใต้ของท่อน้ำ การใช้เครื่องสูบน้ำแบบลมดันลดความซับซ้อนในการสูบน้ำ เครื่องสูบน้ำประเภทนี้สามารถสูบน้ำที่มีการปะปนของตะกอนได้เนื่องจากตัวเครื่องไม่มีการทำงานหรือส่วนประกอบของใบพัด อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบการสูบน้ำอีกด้วย การอัดอากาศเข้าไปที่จุดต่ำสุดของท่อน้ำทำให้เกิดระบบการไหลสองสถานะ ระหว่างของเหลวและอากาศ อากาศที่ดันเข้าไปมี

ความหนาแน่นน้อยกว่าของเหลว ดังนั้นจึงทำให้อากาศลอยตัวสูงขึ้น แรงที่เกิดขึ้นบนการผสมกันระหว่างน้ำและอากาศทำให้ทั้งสองสถานะเกิดการลอยตัวออกสู่บริเวณปากท่อพร้อมกัน โดยประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสูบน้ำมีความสัมพันธ์กับระดับการจมน้ำของท่อ ระดับการจมน้ำถูกหาผ่านอัตราส่วนการจมน้ำ (Submergence Ratio) อัตราส่วนนี้แสดงปริมาณของ Static Lift เทียบกับ Total Lift ของระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันดังรูปที่ 2.1 คืออัตราส่วนของความลึกของท่อน้ำการจุ่มและความยาวท่อในระบ ยิงระดับการจมน้ำมากขึ้นประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบลมดันก็มากขึ้นด้วย [2]



รูปที่ 2.1 เครื่องสูบน้ำแบบลมดัน [2]

การไหลภายในท่อกลมที่อยู่แนวตั้งของสองสถานะคืออากาศและของเหลวมีรูปแบบการไหลด้วยกัน 4 รูปแบบ คือ

- การไหลแบบฟองอากาศ (Bubble Flow) การไหลของของเหลวมีลักษณะการไหลอย่างต่อเนื่องและมีฟองอากาศแพร่กระจายตลอดการไหล
- การไหลแบบลูกกระสุน (Slug Flow) เกิดขึ้นเมื่อความเร็วของอากาศสูงกว่าการไหลแบบฟองอากาศ (Bubble Flow) จะเกิดการรวมตัวกันของฟองอากาศจนกลายเป็นฟองอากาศขนาดใหญ่เกือบเท่าเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อคล้ายลูกกระสุน
- การไหลแบบปั่น (Churn Flow) เมื่อความเร็วของอากาศเพิ่มสูงขึ้นทำให้เกิดการไหลแบบปั่นเพิ่มสูงขึ้นฟองอากาศที่คล้ายกับกระสุนปืนจะแคบลงและไม่เสถียร

- การไหลแบบวงแหวน (Annular Flow) ของเหลวจะไหลเป็นฟิล์มบางๆ ตามผนังของท่อ อย่างต่อเนื่องและอากาศจะไหลบริเวณแกนกลางท่อ โดยมีของเหลวบางส่วนหลุดจากผิวหน้า รูปแบบหยดของเหลวที่ไหลไปตามท่อ [3]

รูปแบบการไหลภายในท่อแสดงดังรูปที่ 2.2 [4] โดยมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพสูงสุดของระบบสูบน้ำแบบลมดัน จากรูปแบบการไหลทั้ง 4 นั้นพบว่าการไหลแบบปั่นและการไหลแบบลูกกระสุนทำให้เกิดการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ยิ่งรูปแบบการไหลเปลี่ยนแปลงระหว่างการไหลทั้งสองรูปแบบนี้จะทำให้ได้อัตราการไหลของน้ำที่สูงที่สุด



รูปที่ 2.2 รูปแบบการไหลในท่อกลมแนวตั้ง [4]

การคำนวณเพื่อการออกแบบระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันมีสัญลักษณ์ที่ใช้ในการคำนวณดังต่อไปนี้

- P คือ แรงดัน (หน่วย : นิวตันต่อลูกบาศก์เมตร)
- ρ คือ ความหนาแน่น (หน่วย : กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
- g คือ ความเร่งโน้มถ่วง (หน่วย : ตารางเมตรต่อวินาที)
- H คือ ความลึกของท่อน้ำการจุ่ม (หน่วย : เมตร)
- V คือ ความเร็ว (หน่วย : ตารางเมตรต่อวินาที)
- Q คือ อัตราการไหลของปริมาตร (หน่วย : ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
- A คือ พื้นที่หน้าตัดท่อ (หน่วย : ตารางเมตร)
- L คือ ความยาวของท่อน้ำในระบบเครื่องสูบน้ำ (หน่วย : เมตร)
- b คือ เส้นรอบวงของท่อ (หน่วย : เมตร)
- D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (หน่วย : เมตร)

W คือ น้ำหนักของน้ำที่ยกขึ้นมาได้ (หน่วย : กิโลกรัม)

f คือ ปัจจัยแรงเสียดทาน

τ คือ ค่าแรงเฉือนผนังเฉลี่ย

ตัวห้อย

1 คือ จุดทางเข้าปั๊ม

2 คือ จุดออกจากตัวอัด

a คือ บรรยากาศ

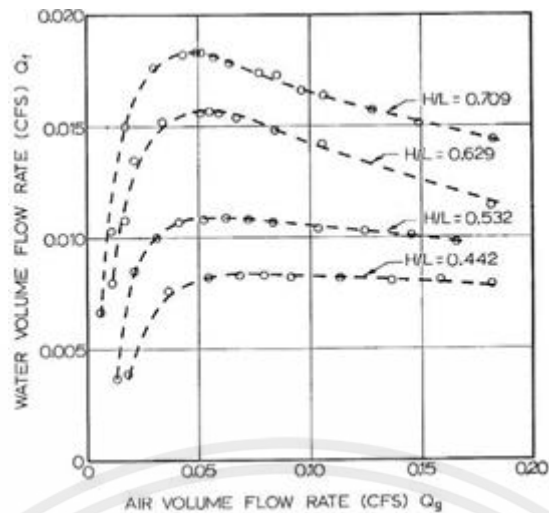
f คือ ของเหลว

g คือ อากาศ

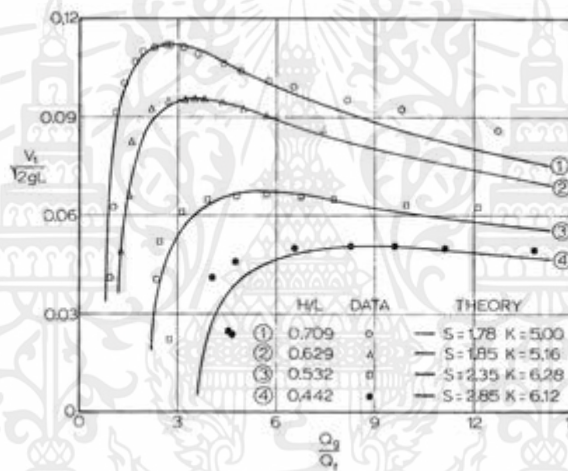
สมการแบร์นูลลี (Bernoulli's Equation) เป็นสมการที่มีความเกี่ยวข้องกับหลักของงานและพลังงานในการศึกษาพลศาสตร์ของอนุภาค งานเกิดจากแรงทุกแรงที่กระทำกับอนุภาคซึ่งมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของอนุภาคโดยสมการแบร์นูลลีมีพื้นฐานมาจากหลักพลศาสตร์ของอนุภาคที่มาจากกฎข้อที่สองของนิวตันและยังสามารถหาได้จากกฎข้อที่หนึ่งและกฎข้อที่สองเทอร์โมไดนามิกส์ จากรูปที่ 2.1 เมื่อเครื่องปั๊มลมอัดอากาศเข้าสู่ใต้ท่อทำให้เกิดแรงดันอากาศที่จุดที่ 1 ดังรูปที่ 2.1 แรงดันอากาศที่ยังเป็นพองที่จุดนี้คือแรงดันอากาศที่จุดที่ 1 โดยแรงดันนี้ใช้หลักการแบร์นูลลีในการหาค่าแรงดันที่จุดที่ 1 ดังสมการที่ 2.1

$$P_1 = P_a + \rho_f g H - \rho_f V_1^2 \quad (2.1)$$

จากสมการที่ 2.1 ค่าความลึกของท่อน้ำในการจุ่มสามารถเทียบค่าได้จากรูปที่ 2.3 [2] คือกราฟประสิทธิภาพแรงดันลม เมื่อนำค่าความลึกในการจุ่มหารด้วยค่าความยาวท่อทั้งหมดของระบบ สามารถหาอัตราส่วนจุ่มได้ ยิ่งท่อมีอัตราส่วนจุ่มมากก็ยิ่งทำให้ระบบเครื่องสูบน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ในที่นี้ต้องคำนึงถึงความลึกของแหล่งน้ำด้วยและจากสมการที่ 2.1 ค่าความเร็วที่จุดที่ 1 สามารถหาได้จากรูปที่ 2.4 [2] คือกราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการทดลองและทฤษฎี



รูปที่ 2.3 กราฟประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำแบบมดัน [2]



รูปที่ 2.4 กราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการทดลองกับทฤษฎี [2]

เมื่อแรงดันอากาศที่จุดที่ 1 รวมตัวกันจะเกิดแรงดันอากาศที่จุดที่ 2 ซึ่งเกิดเป็นการไหล 2 สถานะคือการไหลของอากาศและของเหลวในรูปแบบการไหลแบบกระสุน แรงดันอากาศที่จุดที่ 2 สามารถหาได้จากสมการที่ 2.2 ดังต่อไปนี้

$$P_2 = P_1 - \frac{\rho_f V_1 Q_g}{A} \quad (2.2)$$

จากสมการที่ 2.2 สามารถหาอัตราการไหลของปริมาตรอากาศได้จากรูปที่ 2.3 [1] ค่าแรงดันอากาศที่จุดที่ 2 มีความสัมพันธ์กับแรงดันอากาศที่จุดที่ 1 เมื่อแรงดันอากาศที่จุดที่ 1 มากแรงดันอากาศที่จุดที่ 2 ก็มากขึ้นตามไปด้วย ในการออกแบบระบบเราจะนำค่าแรงดันอากาศที่จุดที่ 1 เป็นตัวแปรที่ใช้ตัดสินใจในการเลือกปั๊ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลมเพื่อใช้อัดอากาศเข้าที่ปลายท่อ การไหลของน้ำภายในจะได้มีรูปแบบการไหลแบบลูกกระสุนซึ่งเป็นรูปแบบที่ดีที่สุด โดยอากาศที่ดันเข้าในท่อจะทำการยก้ำขึ้นมาซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 2.3 ดังต่อไปนี้

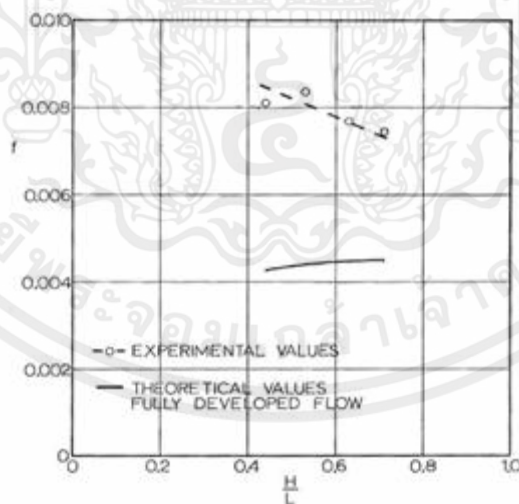
$$P_2 - P_a = \tau \frac{Lb}{A} + \frac{W}{A} \quad (2.3)$$

จากสมการที่ 2.3 คือค่าแรงเฉือนผนังเฉลี่ย โดย Griffith and Wallis แนะนำสำหรับรูปแบบการไหลแบบลูกกระสุน ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการที่ 2.4 ดังต่อไปนี้

$$\tau = f \times \frac{\rho_f}{2} \left[\left(\frac{Q_f}{A} \right) \right]^2 \left[1 + \frac{Q_g}{Q_f} \right] \quad (2.4)$$

จากสมการที่ 2.4 ค่า f คือค่า ปัจจัยแรงเสียดทานโดยสมมติให้น้ำไหลผ่านท่อเพียงอย่างเดียวด้วย อัตราการไหลของปริมาตรของของเหลวและอัตราการไหลของปริมาตรของอากาศรวมกัน ค่าปัจจัยแรงเสียดทานสามารถหาได้จากรูปที่ 2.5 [2] คือกราฟการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยแรงเสียดทานกับอัตราส่วนจุม

จากสมการที่ 2.4 ค่าปัจจัยแรงเสียดทาน โดยที่สมมติให้น้ำที่ไหลผ่านท่อเพียงอย่างเดียวไม่มีสถานะของของแข็งเข้ามาเกี่ยว โดยไหลด้วยอัตราการไหลของปริมาตรของอากาศและของเหลว ค่าปัจจัยแรงเสียดทานสามารถหาได้จากรูปที่ 2.5 [2]



รูปที่ 2.5 คือกราฟการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยแรงเสียดทานกับอัตราส่วนจุม [2]

จากสมการทั้งหมดสามารถหาน้ำหนักของน้ำที่เครื่องสูบลูกกระสุนขึ้นมาได้และสามารถนำค่าแรงดันไปหาเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับระบบได้

2.2 เซลล์แสงอาทิตย์

พลังงานทดแทนเป็นพลังงานที่อยู่ตามธรรมชาติมันถูกนำมาใช้แทนการใช้พลังงานแบบเดิม ซึ่งพลังงานในรูปแบบเดิมส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ได้จากฟอสซิล เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ปิโตรเลียมที่กำลังจะหมดไปจากโลกนอกจากนี้พลังงานรูปแบบเดี่ยวยังก่อให้เกิดมลพิษ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปริมาณค่อนข้างสูง ดังนั้นพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานใต้พิภพ ที่สามารถทดแทนการใช้พลังงานจากน้ำมันได้จะกลายเป็นแหล่งพลังงานหลักในอนาคต พลังงานเหล่านี้เป็นพลังงานสะอาดสามารถหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และสร้างขึ้นใหม่มาได้ในระยะเวลาสั้นๆเมื่อเทียบกับพลังงานในรูปแบบอื่น

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นเพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยประสิทธิภาพในการผลิตกำลังไฟฟ้ามากที่สุดในช่วงกลางวันซึ่งสอดคล้องกับการทำงานที่ส่วนใหญ่มักใช้พลังงานในช่วงกลางวัน ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์จึงเป็นพลังงานทางเลือกที่ถูกนำมาใช้

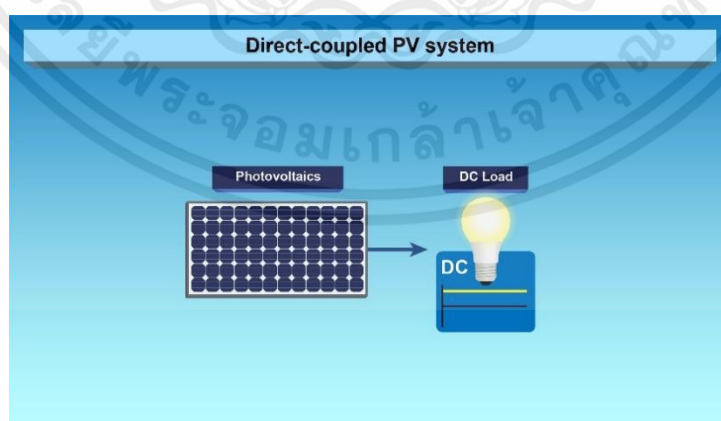
2.2.1 ระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ระบบ [5]

1. ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand Alone System)

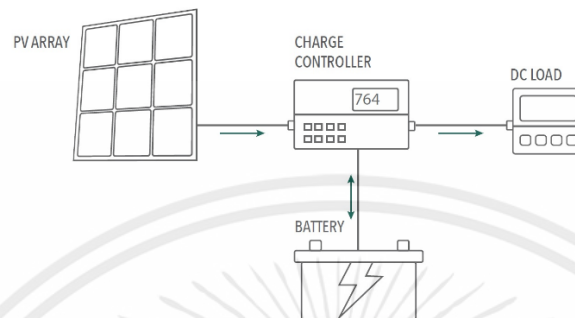
ระบบการผลิตไฟฟ้าในลักษณะนี้เหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่ชนบทห่างไกลจากระบบส่งสายไฟ (National Grid) โดยการทำงานนั้นพลังงานแสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าแล้วจะจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดโดยแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ

- ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ไม่มีแบตเตอรี่ อุปกรณ์ที่สำคัญประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อใช้งานเข้ากับโหลดกระแสตรงดังรูปที่ 2.6 [6] ประเภทนี้มักใช้กับระบบที่ไม่จำเป็นต้องใช้งานในเวลากลางคืน ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระในรูปแบบนี้มักประยุกต์ใช้กับการสูบน้ำเพื่อใช้ในการเกษตร



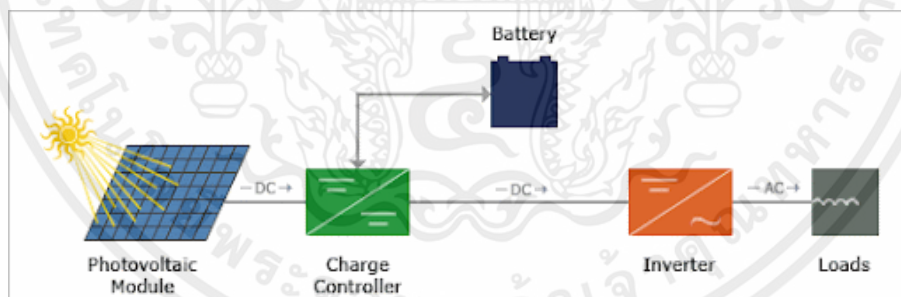
รูปที่ 2.6 ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่ไม่มีแบตเตอรี่ [6]

- ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่มีแบตเตอรี่และโหลดกระแสตรง ระบบนี้เป็นระบบที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ มีอุปกรณ์ดังรูปที่ 2.7 [7] ในรูปแบบนี้ไม่จำเป็นต้องแปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ ส่วนใหญ่มักใช้กับการชาร์จโทรศัพท์ ตู้เย็นกระแสตรง เป็นต้น



รูปที่ 2.7 ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่มีแบตเตอรี่และโหลดกระแสตรง [7]

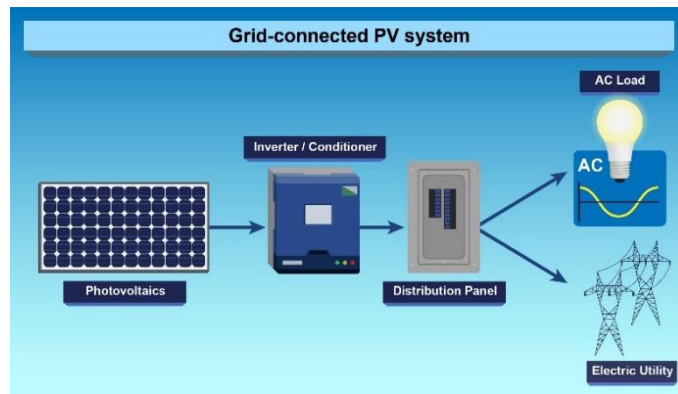
- ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่มีแบตเตอรี่และโหลดกระแสสลับ นำมาต่อให้ได้แรงดันตามความต้องการถ้ากำลังไฟฟ้าเหลือสามารถชาร์จเข้ากับแบตเตอรี่ได้และแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นกระแสสลับเพื่อใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไปได้โดยมีอุปกรณ์สำคัญดังรูปที่ 2.8 [8] มักใช้งานกับสถานการณ์ที่ต้องการไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา



รูปที่ 2.8 ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่มีแบตเตอรี่และโหลดกระแสสลับ [8]

2. ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า (PV Grid Connected System)

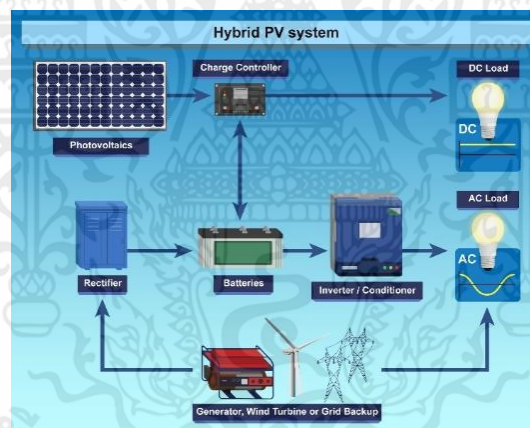
ระบบการผลิตไฟฟ้าลักษณะนี้ทำงานโดยเชื่อมกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า ประกอบไปด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นำมาต่อกับอินเวอร์เตอร์ผ่านกล่องต่อและต่อเข้ากับเบรคเกอร์ ไฟฟ้าที่ได้สามารถต่อโดยตรงกับโหลดและสามารถต่อเข้ากับระบบโครงข่ายไฟฟ้าผ่านสวิตช์ตัดตอนและมิเตอร์ดังรูปที่ 2.9 [6]



รูปที่ 2.9 ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า [5]

3. ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid System)

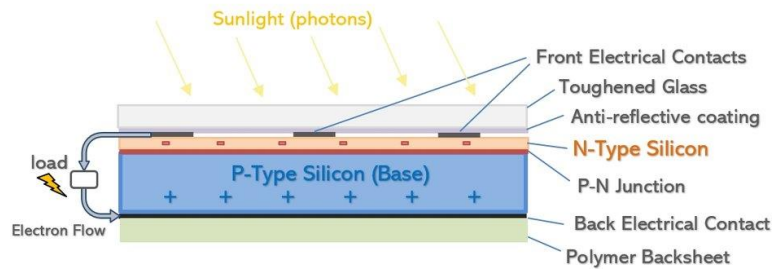
ระบบการผลิตไฟฟ้าลักษณะนี้ถูกออกแบบมาให้ผลิตไฟฟ้าร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น เช่น ระบบพลังงานแสงอาทิตย์กับพลังงานลม ที่สำคัญประกอบไปด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งนำมาต่อให้ได้แรงดันตามความต้องการของอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยไฟฟ้าที่ได้จะนำไปใช้กับโหลดไฟฟ้ากระแสสลับได้ดังรูปที่ 2.10 [6]



รูปที่ 2.10 ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน [6]

2.2.2 ลักษณะการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์คือการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้กระบวนการโฟโตโวลตาอิก แสงอาทิตย์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อกระทบกับสารกึ่งตัวนำในเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกันทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเกิดเป็นกระแสไฟฟ้า สารกึ่งตัวนำที่กล่าวมาคือ ผลึกซิลิคอนโดยผลึกซิลิคอนจะซ้อนกันอยู่เป็นชั้น ดังรูปที่ 2.11 [9]



รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ [9]

จากรูปที่ 2.11 N-Type ซิลิคอนอยู่ด้านหน้าของเซลล์เป็นสารกึ่งตัวนำที่ได้รับการเจือสารด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ P-Type ซิลิคอน คือสารกึ่งตัวนำที่ได้รับการเจือสารด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน เมื่อรับพลังงาน จากแสงอาทิตย์ จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย P-N Junction จึงทำให้เกิดเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์นั้นต้องนำเซลล์หลายเซลล์มาต่อกันเพื่อเพิ่มค่าแรงไฟฟ้าให้สูงขึ้น การนำหลายเซลล์มาต่อกันนั้นเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องมีการป้องกันความชื้นเนื่องจากมันต้องอยู่กลางแจ้ง กลางฝนเป็นระยะเวลานาน และวัสดุที่ทำหน้าที่ในการป้องกันความชื้นคือ ซิลิโคนและอีวีเอ [10]

2.2.3 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

ในปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักคือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบใช้สารกึ่งตัวนำซิลิคอน (Silicon Semiconductor) และ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารกึ่งตัวนำแบบผสม (Compound Semiconductor) เซลล์แสงอาทิตย์แบบใช้สารกึ่งตัวนำซิลิคอนถูกแบ่งออกเป็นสารกึ่งตัวนำเป็นผลึก (Crystal) และไม่เป็นผลึก (Amorphous) เซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดหลักดังนี้ [5]

1. เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

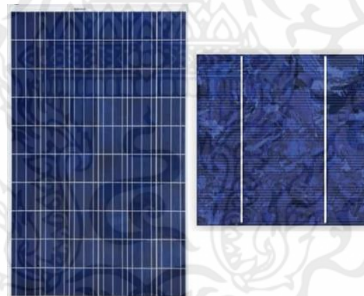
เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์เป็นชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดสามารถแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 15-20 ทำมาจากผลึกเดี่ยวซิลิคอนที่เป็นก้อนผ่านการดึงและตัดเป็นแผ่นบางๆ เรียกว่าเวเฟอร์ จากนั้นนำไปเจือสารทำให้เกิด P-N Junction จากนั้นถูกตัดเป็นสี่เหลี่ยมเป็นเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ บนเซลล์มีเส้นสีเงินทำหน้าที่ในการรวมกระแสไฟฟ้าเมื่อสร้างขึ้นหลังจากแสงกระทบกับเซลล์ย่อย เซลล์ชนิดนี้จะเสียพื้นที่บางส่วนเมื่อนำมาประกอบกันเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.12 เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ [10]

2. เซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์

เซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ทำมาจากซิลิกอน ซิลิกอนที่ใช้มีความบริสุทธิ์น้อยกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์ โดยมันถูกหล่อเป็นบล็อกและตัดเป็นเวเฟอร์ ผลึกถูกจัดเรียงแบบสุ่มสามารถมองเห็นเป็นผลึกย่อยๆได้ โดยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้คล้ายกับเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ แต่มันไม่เสียพื้นที่ระหว่างมุม ทำให้เพิ่มพื้นที่ในการดูดซับแสงอาทิตย์ ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์จึงมีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น



รูปที่ 2.13 เซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ [11]

3. เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง

เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางถูกผลิตโดยการที่ฟิล์มที่มีซิลิคอนผสมอยู่จะถูกพ่นไปยังพื้นผิวที่จะกลายเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์ชนิดนี้มีความไวแสงสามารถรับแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำได้ดี นิยมนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกา โดยแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ อะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon) แคดเมียมเทลลูไรด์ (Cadmium Telluride: CdTe) และ คอปเปอร์อินเดียมไดเซเลนิเดียม (Copper Indium Diselenide: CIS)



รูปที่ 2.14 เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง [12]

โดยข้อดีและข้อเสียของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆมีดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ [5]

ชนิดเซลล์แสงอาทิตย์	ข้อดี	ข้อเสีย
เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์	- ประหยัดพื้นที่มากที่สุด - อายุการใช้งานนานที่สุดโดยเฉลี่ย 25 ปี - ประสิทธิภาพร้อยละ 15-20	- ราคาแพงที่สุดจากมุมมองทางการเงิน - หากถูกปกคลุมด้วยฝุ่นบางส่วนวงจรทั้งหมดอาจจะเสียหายได้
เซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์	- ค่าใช้จ่ายน้อยกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์ - ทำงานได้มากกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์ในอุณหภูมิสูง	- ประสิทธิภาพไม่เทียบเท่าแบบโมโนคริสตัลไลน์ (ร้อยละ 13-16) - ใช้พื้นที่แบบโมโนคริสตัลไลน์มากกว่าเพื่อผลิตพลังงานเท่ากัน
เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง	- ทำงานได้ดีแม้แสงจะน้อย - มีราคาถูกกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ผลึก	- ใช้เวลานานกว่าจะมีประสิทธิภาพ - กระบวนการผลิตเป็นพิษมากขึ้น

2.2.4 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือการต่อหลายๆแผงเข้าด้วยกันเป็นอาเรย์โดยการต่อแผงเซลล์อาทิตย์เข้าด้วยกันเพื่อสร้างอาเรย์มีดังนี้ 3 วิธีดังนี้ [5]

1. การต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม การต่อเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพารามิเตอร์เดียวกันแบบอนุกรมจะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่ขาออกมากขึ้น โดยแรงดันเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าแต่ละแผง

2. การต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน การต่อเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพารามิเตอร์เดียวกันแบบขนานทำให้กระแสไฟฟ้าขาออกจะสูงขึ้น โดยกระแสไฟฟ้าขาออกมีผลเท่ากับผลรวมกระแสไฟฟ้าแต่ละแผง
3. การต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสม การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพิกัดกำลังไฟฟ้าต่างกันกำลังไฟฟ้าขาออกจากอาเรียจะได้น้อยกว่าผลรวมของกำลังไฟฟ้าแต่ละแผง เมื่อต่อแผงที่มีกระแสต่างกันแบบอนุกรมกระแสจะลดลงเนื่องจากแผงที่มีกระแสต่ำจะเป็นตัวต้านทาน แต่ในกรณีต่อแบบขนานแผงมีแรงดันไฟฟ้าเท่ากันจะไม่มีกระแสสูญเสียกำลังไฟฟ้า และกรณีสุดท้ายต่อแบบขนานด้วยแผงที่มีแรงดันไฟฟ้าต่างกัน แผงที่มีแรงดันต่ำจะทำหน้าที่เป็นโหลดในวงจร

2.2.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์หมายถึงความสามารถในการที่พลังงานแสงอาทิตย์ที่จะเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ทำมาจากซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์สูงทำให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์มีประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์แต่ไม่ต่างกันมากนัก
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางในปัจจุบันมีประสิทธิภาพต่ำ ราคาต่ำแต่ใช้พื้นที่กว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกซิลิคอนจึงไม่เหมาะกับการใช้ในครอบครัวใหญ่

2. ตำแหน่งการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์

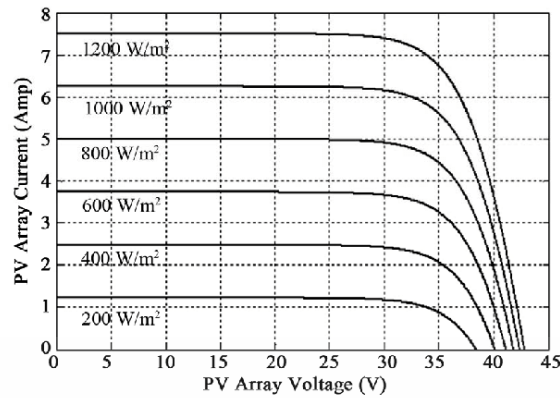
การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ควรเลือกติดตั้งในพื้นที่โล่งแจ้ง เป็นตำแหน่งที่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวันไม่มีเงามาบังและไม่ควรมีฝุ่นมากเกินไป โดยปกติแล้วประเทศไทยจะติดตั้งระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้ด้วยความชัน 15 องศาจากพื้นดิน การคำนวณหาประสิทธิภาพที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์สามารถคำนวณโดยใช้สมการที่ 2.5 ดังต่อไปนี้

$$\eta_s = [(-0.0001 - \beta_s^2) + (0.0031 \times \beta_s) + 0.9783] \times 100 \quad (2.5)$$

เมื่อ η_s คือ ประสิทธิภาพที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ด้านรับแสงจากทิศใต้
 β_s คือ มุมรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ด้านรับแสงทางทิศใต้

3. ความเข้มแสง

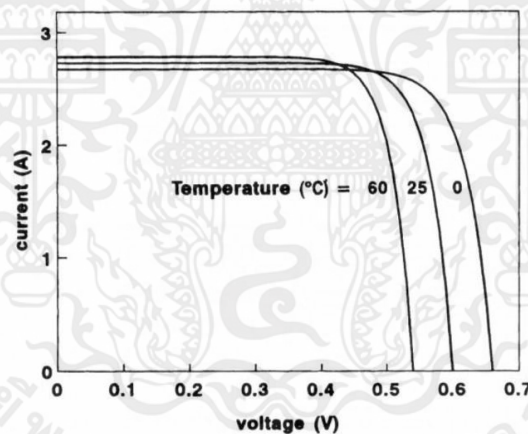
กำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้นั้นขึ้นอยู่กับความเข้มแสงโดยตรง สามารถดูได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสและแรงดันดังรูปที่ 2.15 [14] เมื่อความเข้มแสงสูงกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็มากขึ้นด้วยแต่ความเข้มแสงส่งผลกับแรงดันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น [5]



รูปที่ 2.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันเมื่อเปลี่ยนความเข้มแสง [13]

4. อุณหภูมิ

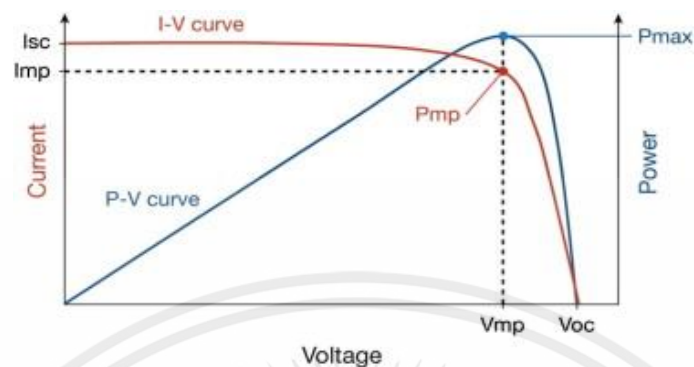
เมื่ออุณหภูมิมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลแรงดันไฟฟ้ามีค่าลดลงในขณะที่กระแสไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สามารถดูได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ดังรูปที่ 2.16 [15]



รูปที่ 2.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ [15]

ดังนั้นแรงดันและกระแสที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับความเข้มแสงและอุณหภูมิ ในรูปที่ 2.17 [17] แสดงสภาวะลัดวงจรโดยการที่แกนตั้งมีค่าแรงดันเป็นศูนย์ทำให้ได้ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด (Short Circuit Current : I_{sc}) และในแกนนอนที่กระแสเท่ากับศูนย์ทำให้ได้ค่าแรงดันสูงสุด (Open Circuit Voltage : V_{oc}) จากกราฟที่ได้ค่ากระแสและแรงดันสูงสุดแล้วเมื่อนำสองค่านี้มาคูณกันจะได้จุดที่มีค่ากำลังไฟฟ้าที่จุดสูงสุด (Power at Maximum Point : P_{mp}) ของเซลล์แสงอาทิตย์ออกมา โดยที่จุดนี้เรียกว่ากระแสไฟฟ้าว่ากระแสที่จุดไฟฟ้า

กำลังสูงสุด (Current at Maximum Power Point : I_{mp}) และเรียกแรงดันว่าแรงดันที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Voltage at Maximum Power Point : V_{mp}) [16]



รูปที่ 2.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดัน [17]

5. อายุการใช้งาน

ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลงตามอายุการใช้งาน โดยเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานน้อยลงร้อยละ 0.5 ทุกๆปี โดยที่เฉลี่ยแล้วอายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่ 25 ปี [5]

6. เงาบังแสง

การติดตั้งแผงควรติดตั้งในที่โล่ง เพราะเมื่อมีเงามาบังส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง การบังเพียงแค่ส่วนหนึ่งจะทำให้กระแสในระบบหยุดไหลได้ [5]

7. การติดตามแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าร้อยละ 85 ดังนั้นจึงมีการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถติดตามดวงอาทิตย์ได้โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบดังนี้

- Passive Trackers การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการกำหนดองศาและทิศทางที่ทำให้แผงได้รับแสงมากที่สุด โดยไม่ติดตั้งมอเตอร์เกียร์ให้หันตามแสงอาทิตย์
- Active Trackers การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ติดตามดวงอาทิตย์ ด้วยการใช้อุปกรณ์เซนเซอร์และมอเตอร์ตัวขับเคลื่อนทำการปรับทิศทางและองศาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้เพื่อให้ระบบสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด [5]

2.2.6 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำรองไฟฟ้าให้กับระบบพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ แบตเตอรี่ที่ใช้กับระบบเซลล์แสงอาทิตย์มี 2 ประเภทดังนี้ [5]

1. แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นเทคโนโลยีที่ใหม่ล่าสุดที่ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อทำให้มันสามารถให้พลังงานแก่ระบบได้จำนวนมากขึ้นโดยแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนเป็นส่วนสำคัญของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์

อิเล็กทรอนิกส์ ต่างๆมักถูกนำมาใช้งานร่วมกับพลังงานทดแทนในหลายด้านเทคโนโลยีนี้จึงถูกผลักดันให้เกิดการใช้งานอย่าง ต่อเนื่องและเป็นที่ต้องการมากขึ้น แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนถูกนำมาใช้กับอุตสาหกรรมรถยนต์ เพื่อทำเป็นแท่นชาร์จไฟ ตัวแบตเตอรี่มีขนาดเล็ก ความจุพลังงานสูงเก็บประจุไฟได้นาน แบตเตอรี่มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ เป็นเซลล์แห้งที่ไม่มีส่วนอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม อายุการใช้งานนาน โดยสามารถใช้งานได้นาน 5 ปีนับตั้งแต่วันที่ผลิตและขึ้นอยู่กับวิธีการใช้งาน

2. แบตเตอรี่ตะกั่วกรด

แบตเตอรี่ชนิดนี้ถูกใช้กับระบบพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด เพราะมีความคุ้มค่าในตลาดที่สุด มีราคาถูก เมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดอื่นในตลาดแบตเตอรี่ในรูปแบบนี้มีการใช้อย่างแพร่หลายเหมาะกับการสำรองไฟฟ้า ในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น อาคารระบบมือถือ ระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand Alone System) โดยทั่วไปแบตเตอรี่ตะกั่วกรดมีช่วงแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เช่น 2 โวลต์ 6 โวลต์ 12 โวลต์ โดยมีอายุการใช้งาน 2-10 ปี แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งานและตามประเภทของเซลล์ดังต่อไปนี้

ตามประเภทลักษณะการใช้งาน

- แบตเตอรี่แบบสตาร์ทเตอร์ ใช้เป็นตัวสตาร์ทเครื่องยนต์รถยนต์อาศัยการทำงานของไดชาร์จ ถูกออกแบบมาให้สามารถจ่ายไฟได้ในระยะเวลาสั้นๆ ไม่เหมาะกับการใช้ร่วมกับระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์
- แบตเตอรี่สำหรับเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ (EB Battery) แบตเตอรี่ประเภทนี้อยู่ในกลุ่มของดีฟไซเคิล แบตเตอรี่ เป็นแบตเตอรี่ที่ดูแลง่าย สามารถใช้งานได้นาน จ่ายไฟได้แบบคงที่เป็นเวลาต่อเนื่องซึ่งเหมาะกับการใช้ไฟฟ้ายาวต่อเนื่อง แต่มีราคาค่อนข้างสูง

ตามประเภทของเซลล์

- แบตเตอรี่เซลล์เปียก เป็นแบตเตอรี่ที่มีอยู่ทั่วไป มีการเติมน้ำกลั่น แบตเตอรี่ชนิดนี้ทนต่อการประจุไฟเกินและคายประจุไฟ มีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างนานและราคาถูกแต่ต้องคอยตรวจสอบน้ำกลั่นอย่างสม่ำเสมอ
- แบตเตอรี่แห้ง เป็นแบตเตอรี่ที่ถูกปิดผนึกโดยสนิทคนนิยมใช้มากในปัจจุบันเพราะไม่ต้องดูแล โดยแบตเตอรี่แบบแห้งมี 2 แบบคือ แบบเจลและแบบ Absorbed Glass Mat (AGM) ที่ใช้แผ่นซิลิกาไฟเบอร์เป็นตัวดูดซึม ปัจจุบันคนนิยมใช้แบบ AGM มากกว่าแบบเจลเนื่องจากแบบเจลมักจะละลายหากอยู่ในสภาพอากาศที่ร้อน

แบตเตอรี่สามารถประจุไฟฟ้าและคายไฟฟ้าออกมาได้ขึ้นอยู่กับชนิดของแบตเตอรี่ที่เลือกใช้ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีหน่วยเป็นวัตต์ชั่วโมง (Wh) หรือ กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) ขนาดความจุของแบตเตอรี่มีหน่วยเป็น แอมแปร์ ชั่วโมง โดยทั่วไปแล้วแบตเตอรี่ที่ใช้กับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่มีขนาด 12 โวลต์ เมื่อใช้งานไปเรื่อยๆแบตเตอรี่สามารถวิเคราะห์สภาวะของตัวมันเองได้จากตัวแปรต่างๆดังต่อไปนี้ [5]

1. สถานะการชาร์จประจุแบตเตอรี่ (Stage of Charge, SoC)

ค่านี้เป็นค่าหลักในการใช้งานทำหน้าที่ในการอธิบายระดับประจุในแบตเตอรี่ โดยความจุที่คงเหลืออยู่ของแบตเตอรี่มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับค่าความจุที่เต็ม สถานะประจุแบตเตอรี่สามารถหาได้โดยใช้การรวมกระแสเพื่อทำการเปลี่ยนความจุในแบตเตอรี่ในช่วงเวลาหนึ่ง ยกตัวอย่างค่า SoC เช่น แบตเตอรี่ที่ชาร์จเต็มมีค่า SoC 100% ค่า SoC สามารถกำหนดด้วยแรงดันไฟฟ้าแต่ไม่น่าเชื่อถือเสมอไป

2. ความลึกของการคายประจุ (Depth of Discharge, DoD)

ค่านี้อธิบายเปอร์เซ็นต์ความจุแบตเตอรี่ที่ถูกใช้งานไปหรือคายประจุโดยนำประจุออกไปเทียบกับ ความจุทั้งหมด ถ้าค่าความลึกของการคายประจุมีค่าประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่ามีการคายประจุแล้ว

3. อายุแบตเตอรี่

อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ถูกกำหนดเป็นรอบ ทุกครั้งที่มีการคายประจุออกมาอายุแบตเตอรี่ก็จะลดลงไป กระบวนการคายประจุและชาร์จใหม่เรียกว่ารอบ แบตเตอรี่มีการใช้งานนานเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ถ้าต้องการให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่นานควรหลีกเลี่ยงอาการดังต่อไปนี้ คือ แบตเตอรี่ได้รับประจุมากเกินไป จ่ายกระแสไฟฟ้ามากเกินไปและเกิดการลัดวงจรไฟฟ้า

การต่อแบตเตอรี่สามารถทำได้ 3 รูปแบบดังต่อไปนี้ [5]

1. การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมเป็นการต่อขั้วลบของแบตเตอรี่ต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ตัวถัดไป เป็นการต่อแบบเรียงกันไปเรื่อย ๆ การต่อแบบอนุกรมทำให้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นแต่กระแสน้ำยังคงเท่าเดิมอยู่
2. การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน การต่อแบตเตอรี่แบบขนานเป็นการต่อขั้วลบเชื่อมกับขั้วลบของแบตเตอรี่ตัวถัดไปและขั้วบวกต่อกับขั้วบวกแบตเตอรี่ตัวถัดไป การต่อแบบขนานทำให้กระแสเพิ่มขึ้นแต่แรงดันไฟฟ้ายังคงเท่าเดิม
3. การต่อแบตเตอรี่แบบกึ่ง การต่อแบบนี้แรงดันทั้งหมดและความจุจะขึ้นอยู่กับลักษณะการต่อ แบตเตอรี่ในรูปแบบการต่อแบตเตอรี่แบบกึ่งจะต้องเป็นประเภทเดียวกันและความจุเท่ากันก่อนจะต้องไปเชื่อมต่อกับแบตเตอรี่ที่มีชนิดและขนาดที่แตกต่างกัน โดยมีการต่ออยู่ 3 ประเภทดังต่อไปนี้
 - การต่อแบบอนุกรมเพิ่มแรงดันขาออกให้แบตเตอรี่
 - การต่อขนานเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้แบตเตอรี่
 - การต่อผสมเมแรงดันขาออกและความจุของแบตเตอรี่โดยต้องเชื่อมกับแบตเตอรี่ที่เป็นประเภทเดียวกันและมีความจุเท่ากัน

2.2.7 อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับโดยฝั่งขาเข้าของอินเวอร์เตอร์จะต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงคือแผงเซลล์แสงอาทิตย์หรือแบตเตอรี่ส่วนฝั่งขาออกต่อกับโหลดกระแสสลับเพื่อให้โหลดใช้งานได้ โดยจะมีการแบ่งอินเวอร์เตอร์รูปแบบแรงดันไฟฟ้าขาเข้าในเกณฑ์นี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้ [5]

1. อินเวอร์เตอร์แบบเตอร์

ได้รับพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในเวลากลางวันและรับ พลังงานไฟฟ้า ในตอนกลางคืนจากแบตเตอรี่โดยทำหน้าที่ในการแปลงกระแสตรงที่ได้รับมาให้เป็น กระแสสลับ ซึ่งเป็นระบบแบบอิสระไม่มีการต่อกับกริด (Stand Alone System) อินเวอร์เตอร์มีขนาดตามค่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าซึ่งอยู่ในหน่วยกิโลโวลต์แอมแปร์ (kVA)

2. กริดไทร์อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์นี้จำเป็นต้องต่อเข้ากับกริดไม่สามารถเป็นอุปกรณ์แบบอิสระและไม่สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้ โดยอินเวอร์เตอร์นี้จะทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรง จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบออนกริด (On Grid System) จำเป็นต้องมีการป้องกันแรงดัน ไฟฟ้ากระแสสลับที่มาจากกริดด้วยจึงสามารถทำงานได้ ในปัจจุบันกริดไทร์อินเวอร์เตอร์ สามารถตัดการทำงานได้ด้วยตัวเองเมื่อไฟฟ้าดับเพื่อเป็นการป้องกันไฟฟ้าที่ไหลไปยังสายไฟ เมื่อมีการซ่อมแซมอินเวอร์เตอร์ตามรูปแบบรูปคลื่นสัญญาณขาออก ในเกณฑ์นี้รูปแบบสัญญาณสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบดังต่อไปนี้

1. รูปแบบคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) คลื่นสัญญาณขาออกมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม พบในอินเวอร์เตอร์ราคาถูกและหาได้ทั่วไป
2. รูปแบบคลื่นไซน์ (Pure Sine Wave) คลื่นสัญญาณขาออกมีลักษณะเป็นรูปคลื่น เหมาะกับโหลดทุกชนิด พบในอินเวอร์เตอร์ที่มีราคาสูง
3. รูปแบบคลื่นไซน์ดัดแปลง (Modified Sine Wave) คลื่นสัญญาณขาออกเป็นขั้นบันได อินเวอร์เตอร์แบบนี้ไม่สามารถใช้กับโหลดทุกชนิดแต่มั่นมีราคาถูก

2.3 ทฤษฎีแสงอาทิตย์

2.3.1 สเปกตรัมพลังงานของแสงอาทิตย์

ระดับพลังงานของสเปกตรัมพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีความแตกต่างกัน ซึ่งในส่วนของแสงที่สามารถมองเห็นได้ของสเปกตรัมแสงสีม่วงมีพลังงานมากที่สุดและแสงสีแดงมีพลังงานต่ำที่สุด ในส่วนของแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้นั้นโฟตอน (Photon) ในช่วงอัลตราไวโอเล็ตจะมีพลังงานมากกว่าช่วงแสงที่มองเห็นได้ แสงในช่วงอินฟราเรดมีพลังงานน้อยกว่าโฟตอนในพื้นที่ที่มองเห็น [5]

ในการเคลื่อนที่ของแสงสามารถอธิบายได้ว่าการเคลื่อนที่ในลักษณะของคลื่นและชนิดของการแผ่รังสีแต่ละแบบได้ด้วยความยาวคลื่น ความยาวคลื่นคือระยะทางจากจุดสูงสุดของคลื่นลูกหนึ่งไปถึงจุดสูงสุดของคลื่นลูกถัดไป การแสดงการแผ่รังสีปริมาณพลังงานที่แตกต่างกัน ยิ่งความยาวคลื่นน้อยก็จะยิ่งใช้พลังงานมากขึ้นเท่านั้น

พลังงานที่ถูกปล่อยออกมาในรูปของสเปกตรัมของความยาวคลื่นจะอยู่ในช่วงค่าประมาณ 2×10^{-7} ถึง 4×10^{-6} เมตร พลังงานส่วนใหญ่เป็นช่วงของแสงที่มองเห็น ซึ่งในแต่ความยาวคลื่นนั้นจะมีสอดคล้องกับพลังงานและความถี่

ในแต่ละวินาทีจะมีพลังงานจำนวนมากถูกปล่อยออกมาจากดวงอาทิตย์สู่ระบบสุริยะ ซึ่งโลกนั้นได้รับพลังงานเพียงส่วนน้อย ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 1,367 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่ด้านนอกของชั้นบรรยากาศโลก ชั้นบรรยากาศจะดูดซับและสะท้อนการแผ่รังสีนี้ รังสีส่วนใหญ่เป็นรังสีเอกซ์และรังสีอัลตราไวโอเล็ต ชั้นบรรยากาศของโลกและก้อนเมฆจะทำหน้าที่ดูดซับ สะท้อน และกระจาย ซึ่งรังสีดวงอาทิตย์บางส่วนเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ อย่างไรก็ตามมีพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถส่องผ่านโดยตรงและแพร่กระจายจำนวนมหาศาลไปถึงผิวโลก

2.3.2 รังสีที่แผ่จากดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์จะแผ่พลังงานออกสู่อวกาศในลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งจะมีความยาวคลื่นในช่วงต่างๆ ทั้งในรูปแบบรังสีและแสงสว่าง โดยทั่วไปนั้นจะเรียกรังสีที่แผ่ออกมาว่า รังสีแสงอาทิตย์ โดยรังสีที่มีความสำคัญ คือรังสีอินฟราเรด รังสีอัลตราไวโอเล็ต และแสงสว่างซึ่งจะมีความสำคัญต่อระบบสิ่งแวดล้อม โดยพลังงานรวมทั้งหมดที่แผ่จากดวงอาทิตย์จะมีค่าอยู่ที่ 3.854×10^{26} วัตต์ พลังงานในแต่ละช่วงคลื่นจะมีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับพลังงานทั้งหมด [5]

ตารางที่ 2.2 ช่วงความยาวคลื่นและสัดส่วนของพลังงานในช่วงความยาวคลื่นต่างๆที่สำคัญเมื่อเทียบกับพลังงานทั้งหมดของรังสีที่แผ่จากดวงอาทิตย์ [5]

รังสีอาทิตย์	ช่วงความยาวคลื่น (μm)	สัดส่วนของพลังงาน เมื่อเทียบกับ พลังงานทั้งหมดที่แผ่ออกมา (%)
รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่นสั้นมาก (Extreme Ultraviolet, XUV)	0.01-0.1	3×10^{-6}
รังสีอัลตราไวโอเล็ตไกล (Far Ultraviolet, FUV)	0.1-0.2	0.01
รังสีอัลตราไวโอเล็ตซี (Ultraviolet C, UVC)	0.2-0.28	0.5
รังสีอัลตราไวโอเล็ตบี (Ultraviolet B, UVB)	0.28-0.32	1.3
รังสีอัลตราไวโอเล็ตเอ (Ultraviolet A, UVA)	0.32-0.40	6.2
แสงสว่าง	0.40-0.78	39
รังสีอินฟราเรด	0.78-1,000	52.9

2.3.3 ชนิดของรังสีอาทิตย์

ดวงอาทิตย์จะแผ่รังสีอาทิตย์ออกมา ซึ่งรังสีจะมีการเดินทางเป็นลักษณะเส้นตรงออกสู่อวกาศและสามารถที่จะกระทบกับวัตถุต่างๆได้ อาทิเช่น ผิวบนอกยานอวกาศ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดกับดาวเทียม โดยวัตถุเหล่านี้ที่กล่าวมาจะมีพื้นหลังมืดอันเนื่องมาจากไม่มีบรรยากาศให้เกิดการกระเจิงของรังสี

เมื่อรังสีเดินทางมาถึงยังพื้นผิวของโลก โดยในการเดินทางของรังสีนั้นจะถูก โมเลกุล ฝุ่นละออง และเมฆทำให้เกิดการกระเจิงของรังสีและเกิดการดูดกลืน ซึ่งรังสีที่เหลือจากการกระเจิงและดูดกลืนจะพุ่งตรงมายังผิวโลก เรียกว่ารังสีตรง (Direct Radiation) ส่วนรังสีที่เกิดการกระเจิงจะเรียกว่า รังสีกระจาย (Diffuse Radiation) และส่วนผลรวมของรังสีทั้งสองจะเรียกว่ารังสีรวม (Global Radiation) [5]

2.3.4 ปริมาณของรังสีอาทิตย์

ในด้านรังสีอาทิตย์จะเกี่ยวข้องกับปริมาณของรังสีอาทิตย์ที่สำคัญ ดังนี้

1. รังสีที่ขณะเวลาหนึ่ง (Irradiance) หรือความเข้มรังสีอาทิตย์ หมายถึงพลังงานของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่ 1 หน่วยที่ขณะเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็นจูลต่อวินาทีต่อตารางเมตร หรือ วัตต์ต่อตารางเมตร
2. รังสีในช่วงเวลา (Irradiation) หมายถึงปริมาณของพลังงานของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่ในช่วงเวลาที่กำหนด ตัวอย่างเช่น ถ้าเป็นช่วงเวลา 1 ชั่วโมงก็จะเรียกว่ารังสีรายชั่วโมง (Hourly Irradiation) ซึ่งมีหน่วยเป็นจูลต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง หรือกรณีที่เป็นช่วงเวลา 1 วันก็จะเรียกว่ารังสีรายวัน (Daily Irradiation) ซึ่งมีหน่วยเป็นจูลต่อตารางเมตรต่อวัน
3. รังสีในมุมตัน (Radiance) หรือเรเดียนรังสีอาทิตย์ หมายถึง พลังงานที่ได้รับจากรังสีอาทิตย์ที่เดินทางเข้ามาใน 1 หน่วยมุมตันต่อ 1 หน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับมุมตันมีหน่วยเป็นจูลต่อตารางเมตรต่อสเตอเรเดียน [5]

2.3.5 การประมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่

1. รังสีและการฉายรังสี
 - การแผ่รังสีที่ไม่สะท้อนหรือการจัดกระจาย แต่ถึงพื้นผิวโลกโดยตรงเรียกว่ารังสีโดยตรง (Direct Radiation (GB))
 - รังสีที่มีการการจัดกระจายที่มาถึงพื้นผิวของโลกเรียกว่ารังสีกระจาย (Diffuse Radiation (GD))

$$G = GB + GD \quad (2.6)$$

เมื่อ G คือ รังสีรวมที่เกิดจากการรวมของรังสีที่ไม่เกิดการสะท้อนหรือกระจายและรังสีที่เกิดการสะท้อนหรือกระจาย

2. รังสี

- การแผ่รังสีของแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดพลังงานขึ้นและมีหน่วยสำหรับการวัดกำลังคือวัตต์ (W) โดยที่ความเข้มของรังสีและพื้นที่ผิวรับแสงจะมีอิทธิพลต่อปริมาณของพลังงาน ดังนั้นการฉายรังสีจึงมีหน่วยการวัดคือ วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)
- การฉายรังสี เป็นมาตรวัดพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งวัดพลังงานเป็น วัตต์ชั่วโมง (Wh) หรือ กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) พลังงานแสงอาทิตย์เป็นผลของกำลังแสงอาทิตย์และเวลา ซึ่งวัดเป็นหน่วย วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร (Wh/m^2) หรือเป็น กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร (kWh/m^2) [5]

2.4 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

ความสำคัญของการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปตามรูปแบบและขนาดของโครงการโดยมีตั้งแต่ขนาดเล็ก รูปแบบที่ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ใช้เงินทุนต่ำ ไปจนถึงขนาดใหญ่ ที่รูปแบบซับซ้อน ใช้เงินลงทุนสูง เมื่อพิจารณาถึงเกณฑ์ของการประกอบโครงการ พบว่าในปัจจุบันมีทรัพยากรอยู่อย่างจำกัด มีการแข่งขันทางเทคโนโลยีที่เพิ่มขึ้นและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อีกทั้งความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วขึ้นกับปัจจัยทางสังคมและเศรษฐกิจอยู่ตลอดเวลา โดยปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อความสำเร็จและความล้มเหลวของโครงการ [18] ดังนั้นผู้ลงทุนในโครงการจึงเริ่มให้ความสนใจในการศึกษาความเป็นไปได้ก่อนที่จะลงมือหรือลงทุนในโครงการต่างๆ เพื่อนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการลงทุน เช่น สถาบันทางการเงินนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการปล่อยกู้ยืมเงิน หน่วยงานของภาครัฐนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการส่งเสริมโครงการ สามารถกล่าวได้ว่าการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการมีความสำคัญและเป็นที่สนใจกันเพิ่มขึ้น

2.4.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการทางด้านอุปสงค์หรือการตลาด

เพื่อวิเคราะห์หาความต้องการของสินค้าและบริการ ทำให้สามารถกำหนดลักษณะ รูปแบบ คุณภาพ และปริมาณการผลิตของสินค้าให้เหมาะสมกับความต้องการของตลาดและเพื่อให้สามารถมั่นใจได้ว่าถ้าหากมีการลงทุนในโครงการนี้ไปแล้วจะเป็นที่ต้องการของตลาด โดยปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อความเป็นไปได้ของโครงการดังนั้นการวิเคราะห์โครงการทางด้านอุปสงค์หรือการตลาดมีความจำเป็นสำหรับโครงการของภาคเอกชนโดยเฉพาะโครงการใหม่ที่ยังไม่เคยมีมาก่อนและไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับแนวโน้มความต้องการของตลาดในการวิเคราะห์โครงการทางด้านอุปสงค์หรือการตลาดจึงเป็นสิ่งที่ทำให้แน่ใจได้ว่าเมื่อโครงการนี้ผลิตออกมาแล้วจะสามารถจัดจำหน่ายได้ตามปริมาณความต้องการของตลาดและสามารถทำให้ทราบความต้องการในการทำการหรือผลตอบแทนเพื่อนำไปหาคุ้มค่าในการลงทุน โดยที่โครงการของภาครัฐมีเป้าหมายของโครงการทำเพื่อการบริการสังคม สามารถบริการประชาชนได้อย่างทั่วถึงและมีประโยชน์อย่างแท้จริง เป็นไปตามความต้องการของสังคม [18]

ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านอุปสงค์หรือการตลาด

- ผลผลิตหรือสินค้าหรือบริการของโครงการ : การวิเคราะห์ผลผลิตหรือสินค้าหรือบริการของโครงการ ว่าจำเป็นต้องมีลักษณะ รูปแบบและคุณภาพอย่างไร และเป็นสินค้าหรือบริการที่มีการซื้อขายกันอยู่ในตลาดอยู่แล้วหรือไม่ โดยผลผลิตจะเป็นไปตามความต้องการของลูกค้าหรือกลุ่มเป้าหมายของโครงการ
- ปริมาณสินค้าหรือบริการของโครงการ : พิจารณาจากปริมาณสินค้าหรือบริการของโครงการทั้งทางด้านอุปสงค์และอุปทาน จากนั้นจะนำมาเปรียบเทียบกับอุปสงค์ของสินค้าหรือบริการ หากอุปสงค์ของสินค้าหรือบริการที่โครงการจะผลิตมากกว่าอุปทาน แสดงว่าโครงการนี้มีความเป็นไปได้ในการลงทุน โดยการพิจารณาทางด้านอุปสงค์จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณความต้องการซื้อสินค้าหรือบริการทั้งจากอดีตจนถึงปัจจุบันรวมทั้งมีการประมาณการแนวโน้มอุปสงค์ในอนาคต
- ราคาสินค้าหรือบริการของโครงการ : พิจารณาจากราคาสินค้าหรือบริการของโครงการจะมีการพิจารณาราคาตั้งแต่ในอดีต ปัจจุบันและในอนาคตว่าควรมีแนวโน้มเป็นอย่างไรโดยจะขึ้นอยู่กับสภาพการแข่งขัน โครงสร้างตลาด โครงการผลิตเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการว่ามีลักษณะอย่างไร
- ปัจจัยการผลิตและวัตถุดิบ : พิจารณาจากข้อมูลด้านปริมาณ และราคาของปัจจัยการผลิตว่าจะมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง โดยคำนึงถึงโครงสร้างตลาด วัตถุดิบที่ใช้เป็นอย่างไร หากราคาของปัจจัยการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นจากเดิมจะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตและความเป็นไปได้ของโครงการ
- แผนการจัดจำหน่ายและการจัดการทางด้านการตลาด : พิจารณาจากการวางแผนการจัดการทางการตลาด ส่วนแบ่งทางการตลาด วิธีการจัดจำหน่าย ช่องทางการจัดจำหน่าย การประชาสัมพันธ์ ว่ามีความน่าเชื่อถือและแนวโน้มในอนาคตเป็นอย่างไร อีกทั้งพิจารณาถึงสถานที่ตั้งโครงการและสถานที่จัดจำหน่ายให้มีความเหมาะสม [5]

จึงสามารถกล่าวได้ว่าการวิเคราะห์โครงการทางด้านอุปสงค์หรือการตลาดเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งในการพิจารณาความเป็นไปได้ของโครงการว่าจะสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้หรือไม่ เมื่อสินค้าหรือบริการผลิตออกมาแล้วจะเป็นที่ต้องการของตลาดหรือมีตลาดรองรับและโครงการนี้จะสามารถทำกำไรหรือให้ผลตอบแทนคุ้มค่าในการลงทุนหรือไม่

2.4.2 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการทางด้านเทคนิค

จากวิเคราะห์โครงการทางด้านอุปสงค์หรือการตลาดทำให้สามารถทราบถึงปริมาณการผลิต ปริมาณความต้องการสินค้าหรือบริการและการวางแผน รูปแบบ คุณภาพของการผลิตสินค้า รวมทั้งทราบแนวโน้มปริมาณการผลิตในอนาคต โดยการตัดสินใจเลือกใช้เทคนิค อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรในการผลิตอย่างไรให้เพียงพอต่อความต้องการและมีความเหมาะสม ดังนั้นจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์โครงการทางด้านเทคนิค

โดยต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญหรือชำนาญทางด้านเทคนิคเฉพาะทางในด้านนั้นๆเพื่อวิเคราะห์หากระบวนการผลิตให้มีความเหมาะสมและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ [18]

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์โครงการทางด้านเทคนิคคือ

- เพื่อการเลือกใช้รูปแบบเทคนิคการผลิตที่ใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ มีการใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมกับโครงการ
- เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประมาณการต้นทุนการผลิตของโครงการโดยเฉพาะโครงการที่ลงทุนผลิตสินค้าหรือบริการใหม่ ที่ยังไม่ทราบถึงกระบวนการผลิตว่าควรเลือกรูปแบบการผลิต อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร รวมทั้งปัจจัยการผลิต การเลือกวัตถุดิบ ความต้องการของตลาดเพื่อให้สามารถผลิตได้เป็นไปตามความต้องการและเลือกใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม
- เพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมและความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนเทคนิคและการบำรุงรักษาระบบ โดยมีการวางแผนการทางด้านเทคนิคประกอบด้วยเพื่อเตรียมพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคต
- เพื่อนำผลจากการวิเคราะห์โครงการทางด้านเทคนิคไปใช้ในการวิเคราะห์ด้านต่างๆของโครงการ โดยการวิเคราะห์โครงการทางด้านเทคนิคจะมีความเกี่ยวข้องเนื่องกับการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์การเงินและสิ่งแวดล้อม

ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค

- กระบวนการผลิต : ควรมีการเปรียบเทียบรูปแบบหลายรูปแบบ โดยจะเลือกทางเลือกที่ต้นทุนการผลิตต่ำและเหมาะสมกับโครงการที่สุดที่สามารถทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการได้
- ขนาดการผลิต : ขึ้นอยู่กับความสามารถของอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร วัตถุดิบและความต้องการของตลาดที่มาจากการวิเคราะห์ทางด้านอุปสงค์หรือการตลาด
- สถานที่ทำเลที่ตั้งโครงการ : การเลือกทำเลที่ตั้งโครงการจะแตกต่างกันไปตามความเหมาะสม ความสะดวกและปัจจัยทางด้านการตลาด โดยจะต้องคำนึงถึงกฎระเบียบข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง และต้องไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความเป็นอยู่ของชุมชนสังคม
- ช่วงระยะเวลาการลงทุน : เลือกช่วงเวลาให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการ เพื่อลดการเสียโอกาสหรือผลเสียต่อโครงการให้มากที่สุด

ดังนั้นการวิเคราะห์โครงการทางด้านเทคนิคจะเป็นเครื่องมือในการหาเทคนิคและกระบวนการผลิตที่ให้ความเหมาะสมในการนำไปลงมือปฏิบัติจริงที่สามารถสอดคล้องกับการวิเคราะห์โครงการทางด้านอุปสงค์หรือการตลาด ทำให้สามารถประมาณการต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต อีกทั้งเพื่อเป็นแนวทางในการขยายการผลิตเพื่อรองรับแนวโน้มความต้องการสินค้าในอนาคต

2.4.3 การวิเคราะห์โครงการทางการเงินและเศรษฐศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ทางการเงิน

- เพื่อประเมินหาความคุ้มค่าในการลงทุนของโครงการ โดยจะมีการเปรียบเทียบระหว่างผลตอบแทนกับต้นทุนของโครงการในรูปของตัวเงินที่คิดมูลค่าตามจริงรวมทั้งมีการประเมินผลตอบแทนจากการลงทุนในโครงการว่าสามารถทำกำไรได้หรือไม่
- เพื่อวิเคราะห์สถานะทางการเงินของโครงการและแหล่งที่มาของเงินทุน โดยมาจากการประมาณการงบการเงินเพื่อให้ทราบถึงสถานะทางการเงิน ความสามารถในการทำกำไร สภาพคล่อง แหล่งที่มาของเงินทุน ความสามารถในการกู้ยืมและชำระคืนเงินกู้ของโครงการ ผลจากการวิเคราะห์สถานะทางการเงินของโครงการจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการประกอบตัดสินใจในการปล่อยเงินกู้หรือการร่วมลงทุนและสร้างความเชื่อมั่นว่าโครงการมีความเป็นไปได้ในการลงทุนและสามารถดำเนินโครงการไปได้ตามวัตถุประสงค์โดยไม่มีปัญหาทางการเงินและมีแหล่งเงินทุนเพียงพอ
- เพื่อพิจารณาแนวทางการจัดการและการวางแผนทางการเงินของโครงการให้มีความเหมาะสมและเป็นระบบ

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์

- เพื่อประเมินหาความคุ้มค่าในการลงทุนของโครงการจากการใช้ทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์โครงการทางด้านเศรษฐศาสตร์จะเน้นไปทางมูลค่าทางเศรษฐกิจเพื่อให้มั่นใจถึงผลตอบแทนที่สังคมจะได้รับจะมีคุ้มค่าในการลงทุนจากการใช้ทรัพยากรหรือเงินจากการลงทุน โดยจะประเมินมูลค่าออกมาเป็นตัวเงินที่เล็งถึงผลประโยชน์ของสังคมเป็นหลัก
- เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่มีการส่งผลกระทบต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสวัสดิการของสังคมอย่างไร โดยพิจารณาจากปัจจัยภายนอกที่จะส่งผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบ

ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางการเงินและเศรษฐศาสตร์

- การประมาณการงบการเงินของโครงการ : พิจารณาจากการประมาณการงบกระแสเงินสด การเคลื่อนไหวของกระแสเงินสดเข้าและเงินสดออกของโครงการเนื่องจากกระแสเงินสดทำให้ทราบว่ามีการรับเงินและจำเป็นต้องใช้เงินในช่วงใดบ้าง เพื่อที่จะสามารถวางแผนการใช้เงิน จัดหาเงินทุน สามารถประมาณการชำระคืนเงินกู้และทราบถึงกำไรและช่วงเวลาคุ้มทุน
- การวิเคราะห์แหล่งเงินทุนของโครงการ : จะทำการพิจารณาถึงแหล่งที่มาของเงินทุนเนื่องจากการแหล่งเงินทุนแต่ละวิธีจะมีต้นทุน อัตราดอกเบี้ยจ่ายและเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผลตอบแทนของโครงการ
- การวิเคราะห์ความเสี่ยงและความไม่แน่นอนของโครงการ : เนื่องจากการลงทุนมีความไม่แน่นอนเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากปัจจัยทั้งภายในและภายนอกโครงการ จึงไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นการประมาณการงบการเงินต่างๆของโครงการจะเกิดความคลาดเคลื่อน จึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ความเสี่ยงเพื่อช่วยในการประกอบการตัดสินใจ ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือความไม่แน่นอนเกิดขึ้น [18]

2.4.4 การวิเคราะห์โครงการทางด้านการบริหารจัดการ

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์โครงการทางด้านการบริหารจัดการ

- เพื่อศึกษาโครงสร้างในการจัดรูปแบบขององค์กรว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ เนื่องจากรูปแบบโครงสร้างขององค์กรจะส่งผลต่อการบริหารดำเนินโครงการโดยตรง สามารถกล่าวได้ว่าหากโครงสร้างขององค์กรมีความซับซ้อนมากเกินไปจะทำให้การบริหารโครงการล่าช้าไม่เป็นไปตามแผน หรือถ้าหากรูปแบบโครงสร้างขององค์กรไม่รัดกุมจะทำให้การบริหารจัดการโครงการเกิดความผิดพลาดได้
- เพื่อหาแนวทางในการบริหารจัดการและการวางแผนของผู้ดำเนินโครงการให้มีความเหมาะสม
- เพื่อพิจารณาถึงการวางแผนในการบริหารบุคลากรในโครงการว่ามีจำนวนที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะสามารถรับผิดชอบหน้าที่ และรวมถึงการกำหนดเงินเดือน ค่าใช้จ่ายสำหรับการบริหารงานบุคคล
- เพื่อหาโอกาสในการได้รับความช่วยเหลือหรือการสนับสนุนทางด้านต่างๆจากหน่วยงานของภาครัฐบาล เอกชน หรือหน่วยงานท้องถิ่นเพื่อให้โครงการสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีว่าโครงการที่ไม่ได้รับการสนับสนุน

ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านการบริหารจัดการ

- โครงสร้างขององค์กร : พิจารณาจากลักษณะละรูปแบบการจัดการโครงสร้างขององค์กรว่าเป็นอย่างไร เนื่องจากลักษณะโครงสร้างขององค์กรบางครั้งจะเป็นอุปสรรคในการบริหารจัดการทำให้โครงการบรรลุตามวัตถุประสงค์ได้ยาก
- การบริหารจัดการและการจัดสรรบุคลากร : พิจารณาจากทักษะความรู้ ความเชี่ยวชาญ ความชำนาญการเฉพาะด้านของแต่ละบุคคลให้มีความเหมาะสมกับงานด้านที่ถนัดและการจัดสรรจำนวนบุคลากรให้เพียงพอ รวมไปถึงความร่วมมือกันในการทำงาน การอัตราค่าตอบแทน ค่าใช้จ่ายต่างๆให้มีความเหมาะสม และการวิเคราะห์ถึงศักยภาพขององค์กรเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับคู่แข่งรายอื่น
- ระบบบริหารและควบคุม : พิจารณาจากการวางแผนการติดตามและประเมินผลอย่างเหมาะสมและสม่ำเสมอ รวมถึงการวางระบบสารสนเทศ ระบบการสื่อสารเป็นอย่างไร โดยแนวทางในการจัดการโครงการจะคำนึงเน้นทางด้านการจัดการในเชิงคุณภาพ การจัดการทางการเงินและการบริหารเวลาเพื่อให้โครงการสามารถบรรลุผลตามระยะเวลาและเป้าหมายที่กำหนดได้
- นโยบายและระเบียบกฎเกณฑ์ : จะพิจารณาถึงนโยบายหรือระเบียบกฎเกณฑ์ที่โครงการจะต้องปฏิบัติซึ่งบางครั้งจะเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินงานของโครงการ เช่นการขออนุญาตก่อสร้างโครงการที่ต้องรอการอนุมัติจากทางภาครัฐก่อนจึงจะสามารถดำเนินการก่อสร้างได้
- หน่วยงานสนับสนุนและช่วยเหลือโครงการ : พิจารณาว่าโครงการสามารถหาผู้สนับสนุนโครงการหรือได้รับความช่วยเหลือจากภาครัฐ ภาคเอกชน หน่วยงานท้องถิ่นได้อย่างไรบ้าง โดยโครงการต้องมีนโยบายที่จำเป็นในการดำเนินโครงการอยู่แล้ว โครงการนั้นถึงจะได้รับการ

สนับสนุนและความช่วยเหลือจากหน่วยงาน เพื่อให้โครงการบรรลุตามวัตถุประสงค์ไปได้อย่างดี
[18]

2.4.5 การวิเคราะห์โครงการทางด้านกฎหมาย สังคมและสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์โครงการทางด้านสังคม

- เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของโครงการทางด้านสังคมโดยคำนึงถึงความเสมอภาคและเท่าเทียมกันหรือการกระจายรายได้ให้กับทุกคนอย่างทั่วถึง
- เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาแก้ไขข้อบกพร่องของโครงการเพื่อตอบสนองกับ
- เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบและหาแนวทางการลดผลกระทบทางลบของโครงการให้เหลือน้อยที่สุดหรือและหาแนวทางที่จะสามารถเพิ่มผลกระทบทางบวกให้เพิ่มขึ้นเท่าที่จะสามารถเป็นไปได้

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์โครงการทางด้านสิ่งแวดล้อม

- เพื่อวิเคราะห์สภาพสิ่งแวดล้อมก่อนที่จะเริ่มดำเนินโครงการมี โดยจะเริ่มวิเคราะห์ตั้งแต่ขั้นตอนจัดเตรียมการวางแผนโครงการเพื่อนำผลวิเคราะห์ของโครงการไปพิจารณา ร่วมกับการวิเคราะห์โครงการทางด้านเทคนิคเพื่อออกแบบวางแผนและเลือกเทคนิคการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เพื่อจะได้ไม่ต้องมีการหาแนวทางพัฒนาแก้ไข ปรับปรุงในภายหลังที่เป็นผลกระทบมาจากโครงการ
- เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นหลังจากที่โครงการเกิดขึ้นแล้ว ว่ามีผลกระทบต่อระบบธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างไร และวิเคราะห์หาต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ โดยนำผลกระทบภายนอกทางลบเข้ามาคิดรวมเป็นต้นทุนของโครงการเพื่อประกอบการตัดสินใจว่าควรลงทุนในโครงการนี้หรือไม่
- เพื่อหาแนวทางหรือมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม โดยมีการหาแนวทางที่สามารถลดผลกระทบภายนอกทางลบของโครงการและแนวทางที่เพิ่มผลกระทบภายนอกทางบวกให้ได้ผลประโยชน์สูงสุด
- เพื่อวางแผนการติดตาม ตรวจสอบ ประเมินผลกระทบที่เกิดกับสิ่งแวดล้อม จากการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อม โดยมีการวางแผนเพื่อติดตาม ตรวจสอบ เฝ้าระวัง และประเมินผลกระทบที่อาจจะ เกิดขึ้นในช่วงระหว่างและหลังของการดำเนินโครงการ

ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านสังคม

- การวิเคราะห์ผลกระทบของโครงการทางด้านสังคม จะเริ่มตั้งแต่พื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ สภาพแวดล้อม ความต้องการของชุมชน ขนาดของผลกระทบ ไปจนกระทั่งกลุ่มประชากรที่จะได้รับผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากโครงการ
- การวิเคราะห์ประมาณการมูลค่าผลกระทบทางสังคมทั้งด้านบวกและด้านลบที่ส่งผลต่อต้นทุนและผลตอบแทน โดยคำนึงเน้นที่ผลกระทบที่เกิดต่อสวัสดิการทางสังคม ซึ่งจะให้ความสำคัญกับความเสมอภาค และการกระจายรายได้ที่เท่าเทียมกัน

- การวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขให้โครงการมีความเหมาะสม จะคำนึงถึงผลกระทบที่จะมีต่อสวัสดิการของสังคม โครงสร้างของสังคม วิธีการดำเนินชีวิต เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพสังคมของชุมชน และการหามาตรการหรือแนวทางในการลดผลกระทบทางลบให้เหลือน้อยที่สุด และหามาตรการในการเพิ่มผลกระทบทางบวกไปด้วย
- การติดตามการประเมินผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นและมีการวางแผนการในการติดตามประเมินผล เนื่องจากในทางปฏิบัติการดำเนินโครงการอาจจะเกิดผลกระทบทางลบที่ไม่ได้คาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ดังนั้นจึงต้องมีการติดตามประเมินผลตามในภายหลัง เพื่อหาแนวทางแก้ไขปรับปรุงให้มีความเหมาะสมและยั่งยืนมากยิ่งขึ้น

ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

- การวิเคราะห์ผลกระทบของโครงการทางด้านสิ่งแวดล้อม จะเริ่มพิจารณาจากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่มีความเกี่ยวข้องกับโครงการ สภาพแวดล้อม การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ระบบนิเวศเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมทั้งก่อนและหลังจากเกิดโครงการว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอะไรบ้าง
- หลังจากการวิเคราะห์ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นแล้วนำผลการวิเคราะห์นั้นมาประมาณการหรือประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยการประมาณมูลค่าของผลกระทบภายนอกทั้งทางบวกและทางลบ เพื่อหาต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ จากนั้นจะนำข้อมูลในการวิเคราะห์โครงการทางด้านสิ่งแวดล้อมไปพิจารณาร่วมกับการวิเคราะห์โครงการทางด้านเทคนิคและทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อนำไปศึกษาหาความเป็นไปได้ของโครงการ
- การป้องกันและปรับปรุงแก้ไข เพื่อวางแผนหาแนวทางป้องกันที่ไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรวมทั้งการหามาตรการในการเพิ่มผลกระทบภายนอกทางบวกในการทำให้โครงการสามารถดำเนินไปได้อย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
- การวางแผน จัดระบบการติดตาม ตรวจสอบ และเฝ้าระวังผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการไว้ ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อทั้งทางด้านบวกและด้านลบก็ได้ [18]

ดังนั้นการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการบางโครงการอาจไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์โครงการทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยจะขึ้นอยู่กับลักษณะและประเภทของแต่ละโครงการ เช่นบางโครงการอาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม จึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์โครงการทางด้านสังคมหรือสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งมีการเสนอแนวทางป้องกันหรือแก้ไขผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต

2.5 หลักพื้นฐานการวิเคราะห์ทางการเงินเพื่อใช้ในการประเมินโครงการลงทุน

2.5.1 หลักมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value (NPV))

คือ มูลค่าสุทธิในปัจจุบันของโครงการซึ่งก็คือผลตอบแทนสุทธิของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายที่เกิดขึ้นตลอดช่วงอายุของโครงการ [19] โดยการลดค่าด้วยอัตราส่วนลด

NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิตลอดอายุเงินได้นิติบุคคลโดยการลดค่าด้วยอัตราค่า โดยมีสูตรการคำนวณดังสมการที่ 2.7

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} \quad (2.7)$$

เมื่อ NPV	คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิตลอดอายุของการลงทุน
B_t	คือ กระแสเงินสดรับสุทธิตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึงปีที่ n
C_t	คือ กระแสเงินสดจ่ายรายปีตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึงปีที่ n
r	คือ อัตราดอกเบี้ย
n	คือ อายุโครงการ
t	คือ ปีของโครงการตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง n

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจลงทุน คือ

- ถ้าผลของ $NPV > 0$ แสดงว่าเหมาะสมคุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายของโครงการที่เกิดขึ้น
- ถ้าผลของ $NPV < 0$ แสดงว่าไม่เหมาะสมและไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการมีค่าน้อยกว่าค่าใช้จ่ายของโครงการที่เกิดขึ้น
- ถ้าผลของ $NPV = 0$ แสดงผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายของโครงการที่เกิดขึ้นพอดี ดังนั้นผู้ลงทุนจะเลือกลงทุนหรือไม่ลงทุนก็ให้ผลเหมือนกัน

2.5.2 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return (IRR))

คืออัตราส่วนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย อัตราความสามารถของเงินทุนทำให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับค่าใช้จ่าย [19] เมื่อคิดเป็นมูลค่าปัจจุบัน อัตราส่วนลดที่ทำให้ $NPV = 0$ โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$IRR = \sum_{t=1}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+i)^t} = 0 \quad (2.8)$$

เมื่อ	IRR	คือ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ
	B_t	คือ กระแสเงินสดรับสุทธิตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึงปีที่ n
	C_t	คือ เงินลงทุนหรือกระแสเงินสดจ่ายรายปีตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึงปีที่ n
	i	คือ อัตราดอกเบี้ย
	t	คือ ปีของโครงการตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง n

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจลงทุน คือ เมื่อคำนวณหาค่า i ได้แล้วให้นำไปเปรียบเทียบกับอัตราคิดลดที่โครงการกำหนดโดยพิจารณาจาก

$IRR >$ อัตราคิดลดหรืออัตราค่าเสียโอกาส (MARR) แสดงว่าโครงการนี้เหมาะสมและควรค่าแก่การลงทุนเนื่องจากให้ผลตอบแทนสูงกว่าค่าเสียโอกาสของการใช้เงินทุน

$IRR <$ อัตราคิดลดหรืออัตราค่าเสียโอกาส (MARR) แสดงว่าโครงการนี้ไม่เหมาะสมในการลงทุนเนื่องจากให้ผลตอบแทนต่ำกว่าค่าเสียโอกาสของการใช้เงินทุน

IRR คือ อัตราคิดลดหรืออัตราค่าเสียโอกาส (MARR) แสดงว่าโครงการนี้จะลงทุนหรือไม่ลงทุนก็ให้ผลไม่ต่างกัน เพราะให้ผลตอบแทนเท่ากับค่าเสียโอกาสของการใช้เงินทุน

2.5.3 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio (B/C Ratio))

คืออัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวมต่อมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวมผลประโยชน์จะเกิดขึ้นตลอดอายุของโครงการแม้ว่าการลงทุนของโครงการนั้นจะผ่านไปแล้วในขณะที่ยอดต้นทุนการก่อสร้างจะเกิดขึ้นเฉพาะในช่วงลงทุนเท่านั้น ส่วนต้นทุนที่อยู่ในรูปแบบของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานซ่อมแซมและบำรุงรักษาและการลงทุนทดแทนในอุปกรณ์ที่มีการเสื่อมสภาพซึ่งจะเกิดขึ้นตลอดช่วงอายุของโครงการ [19] ดังนั้นจึงนำเอากระแสผลประโยชน์และกระแสต้นทุนของโครงการที่ได้ไปปรับค่าตามเวลาหรือคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$B/C = \frac{\text{ผลประโยชน์ที่ได้รับ} - \text{ผลประโยชน์ที่เสียไป}}{(\text{เงินลงทุนครั้งแรก} + \text{ค่าดำเนินการ})} \quad (2.9)$$

$$\text{Modified B/C} = \frac{(\text{ผลประโยชน์ที่ได้รับ} - \text{ผลประโยชน์ที่เสียไป} - \text{ค่าดำเนินการ})}{\text{เงินลงทุนครั้งแรก}} \quad (2.10)$$

หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกโครงการที่มีความเหมาะสมและคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ คือ B/C มีค่าเท่ากับ 1 หรือ มากกว่า 1

2.5.4 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

คือจำนวนปีในการดำเนินงานซึ่งจะทำให้มูลค่าสะสมเท่ากับมูลค่าผลตอบแทนสุทธิสะสม โดยโครงการที่ดีคือโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว เพราะโอกาสเสี่ยงต่อการขาดทุนในอนาคตจะน้อยลงและเป็นโอกาสที่ได้รับผลตอบแทนกลับไปลงทุนในโครงการอื่นๆต่อไปอีก การทราบระยะเวลาคืนทุนมีประโยชน์ในการวิเคราะห์ด้านความเสี่ยงที่จะทำการลงทุนในประเภทอุตสาหกรรมที่เทคโนโลยีเกิดขึ้นใหม่และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว [19] ระยะเวลาคืนทุนไม่ได้เป็นตัวชี้วัดมูลค่าของเงินตามระยะเวลาแต่จะเป็นสิ่งที่ชี้ให้เห็นถึงสภาพคล่องของโครงการ

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจลงทุน พิจารณาจากเกณฑ์ต่อไปนี้

- ถ้าหากมีโครงการ 2 โครงการ ให้เลือกโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด
- ถ้ามีโครงการเดียว ให้เลือกระยะเวลาเท่ากับหรือน้อยกว่าระยะเวลาคืนทุนที่ต้องการ

2.5.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการคือการวิเคราะห์ปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ที่ประเมินโครงการทราบว่า ตัวแปรใดบ้างที่จะไม่ไปเป็นตามการคาดการณ์แล้วส่งผลกระทบต่อผลตอบแทนสุทธิของโครงการอย่างไรบ้าง เพื่อเป็นการหาแนวทางป้องกันตัวแปรต่างๆ เหล่านั้นให้การดำเนินโครงการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะแสดงให้เห็นความคล่องตัวของโครงการ และสามารถทนต่อความเสี่ยงได้มากน้อยแค่ไหน

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวมีขั้นตอนการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการโดยมีการสมมติให้มีการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบต่อโครงการ เช่น อัตราเงินเฟ้อเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลกระทบต่อราคาวัตถุดิบต่างๆ ดังนั้นต้นทุนของโครงการสูงขึ้น เป็นต้น การวิเคราะห์ความอ่อนไหวสามารถหาได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดหาเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางการเงินพื้นฐานของโครงการ

ขั้นที่ 2 พิจารณาตัวแปรที่มีความสำคัญที่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแล้วจะส่งผลกระทบต่อผลตอบแทนของโครงการ โดยตัวแปรที่มีความสำคัญส่วนมากได้แก่ ต้นทุนค่าก่อสร้างโครงการ ราคาขาย ปริมาณขาย เป็นต้น

ขั้นที่ 3 กำหนดอัตราร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ จากขั้นที่ 2 ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น เช่น ต้นทุนค่าก่อสร้างโครงการเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากข้อมูลพื้นฐานร้อยละ 5

ขั้นที่ 4 นำตัวแปรของโครงการที่ควรพิจารณาความอ่อนไหว มาคำนวณค่าของการเปลี่ยนแปลงไปที่เป็นตามอัตราร้อยละที่พิจารณาไว้ โดยที่ตัวแปรอื่นจะมีค่าคงที่และทำการหาค่าพื้นฐานทางการเงินของโครงการ

ขั้นที่ 5 นำข้อมูลที่ได้จากขั้นที่ 4 มาหาความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวโดยพิจารณาเทียบกับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ว่ายังคงมีค่ามากกว่าศูนย์และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ยังมีค่ามากกว่าอัตราคิดลดของโครงการหรือไม่ เพื่อวิเคราะห์และตัดสินใจในการลงทุนเพื่อสรุปความเสี่ยงของโครงการ [19]

2.6 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint)

2.6.1 ความหมายและประเภทของคาร์บอนฟุตพริ้นท์

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ หมายถึง ข้อมูลที่แสดงถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ผลิตขึ้นโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของสินค้าหรือบริการ (Life Cycle Assessment; LCA) ตั้งแต่การจัดหา วัตถุดิบ การขนส่ง การผลิต การจำหน่าย การใช้งาน ตลอดจนการกำจัดซาก สามารถวัดได้ในหน่วย ของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO₂ Equivalent) ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (Product Unit) ภาวะเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีสาเหตุจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ทั้งการดำรงชีวิตประจำวัน ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม และการใช้พลังงานออกมาสู่บรรยากาศ ดังนั้นคาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงถูกนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดถึงผลกระทบ จากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อระบบ สิ่งแวดล้อมในแง่ของปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ทั้งนี้ สามารถแบ่งการจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ดังต่อไปนี้ [20]

1. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Product) หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งานและการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปแบบของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เพื่อใช้เป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคได้ทราบว่าตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ปริมาณเท่าใด นอกจากนี้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในผลิตภัณฑ์ยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้บริโภคทราบข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งช่วยให้ผู้บริโภคได้พิจารณาประกอบในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นั้นๆ

2. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization หรือ Corporate Carbon Footprint) หมายถึง การประเมินปริมาณการปล่อยและดูดกลับของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในระดับโรงงาน ระดับอุตสาหกรรม และระดับประเทศ โดยวัดออกมาในรูปแบบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะต้องพิจารณาสองส่วนคือ

1. การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางตรง (Primary Footprint) เป็นการคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตสินค้าโดยตรง เช่น การใช้พลังงานเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตและการขนส่ง ทั้งรถบรรทุก ทางเรือและทางอากาศ

2. การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อม (Secondary Footprint) เป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้สินค้าตลอดจนการจัดซากหลังการใช้งาน แนวคิดของคาร์บอนฟุตพริ้นท์จัดเป็นเครื่องมือที่สามารถกระตุ้นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคการผลิตและภาคการบริโภคในปัจจุบันมีการพัฒนาแนวทางและมาตรฐานการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระดับประเทศรวมทั้งการพัฒนามาตรฐาน ISO 14067 เพื่อให้ได้วิธีการคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาตรฐานในระดับสากล การพัฒนาแนวทางและมาตรฐานการประเมิน คาร์บอนฟุตพริ้นท์ระดับประเทศโดยประเทศอังกฤษนับเป็นประเทศแรกที่มีการพัฒนามาตรฐานเฉพาะสำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เรียก PAS 2050 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการประเมินศักยภาพการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ อันเนื่องมาจากการปลดปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ โดยตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์และบริการ แสดงผล ในเชิงปริมาณ คือเทียบเท่ากับศักยภาพการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์เป็นกิโลกรัม (kgCO₂ equivalent)การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อม (Secondary Footprint) เป็นการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้สินค้าตลอดจนการจัดซากหลังการใช้งาน แนวคิดของคาร์บอนฟุตพริ้นท์จัดเป็นเครื่องมือที่สามารถกระตุ้นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคการผลิตและภาคการบริโภคในปัจจุบันมีการพัฒนาแนวทางและมาตรฐานการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระดับประเทศรวมทั้งการพัฒนามาตรฐาน ISO 14067 เพื่อให้ได้วิธีการคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาตรฐานในระดับสากล การพัฒนาแนวทางและมาตรฐานการประเมิน คาร์บอนฟุตพริ้นท์ระดับประเทศโดยประเทศอังกฤษนับเป็นประเทศแรกที่มีการพัฒนามาตรฐานเฉพาะสำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เรียก PAS 2050 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะใช้การ

ประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการประเมินศักยภาพการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ อันเนื่องมาจากการปลดปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ โดยตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์และบริการ แสดงผล ในเชิงปริมาณ คือเทียบเท่ากับศักยภาพการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์เป็นกิโลกรัม (kgCO₂ Equivalent) [20]

2.6.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตามแนวทางของ PAS 2050

แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ PAS 2050 ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้ [20]
ขั้นตอนที่ 1 กำหนดวัตถุประสงค์และการคัดเลือกผลิตภัณฑ์

การกำหนดวัตถุประสงค์ที่เหมาะสมจะทำให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพราะการดำเนินงานจะปฏิบัติตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้สิ่งที่ควรพิจารณาในการกำหนดวัตถุประสงค์ คือ วัตถุประสงค์ต้องสามารถคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพที่สามารถใช้ประโยชน์ได้หลังจากสิ้นสุดการประเมินและให้ทิศทางในการกำหนดขอบเขตและข้อมูลที่มีความจำเป็นในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์การคัดเลือกผลิตภัณฑ์มาประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต้องมีทิศทางเดียวกับการกำหนดวัตถุประสงค์ ซึ่งเป็นขั้นตอนเริ่มต้นของโครงการและเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดขอบเขตในการประเมิน เช่น จะมีการประเมินผลิตภัณฑ์กี่ชนิด ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ประเมิน การคัดเลือก ผลิตภัณฑ์อาจต้องมีความสำคัญในการพิจารณา เช่น ผลิตภัณฑ์ใดที่มีความเป็นไปได้ที่จะมีโอกาสนำไปใช้ในการลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกมากที่สุด รวมทั้งผลิตภัณฑ์ใดที่มีการผลิตสูงสุด มีโอกาสในการแข่งขันทางการตลาดสูงอีกทั้งการให้ความร่วมมือของผู้ค้าปัจจัยการผลิตใน การให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการใช้เวลา รวมทั้งการทรัพยากรในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแผนภาพรวมในกระบวนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

เป็นการสร้างแผนภาพรวมทั้งหมดของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ จำแนกได้ 2 แบบ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษาและชนิดของผลิตภัณฑ์ภาพรวมในกระบวนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ Business - to - Consumer (B2C) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและจำหน่ายแก่ผู้บริโภคหรือเรียกว่า Cradle - to - Grave และ Business - to - Business (B2B) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ถูกรับจ้างผลิตหรือเป็นผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายให้ภาคองค์กรธุรกิจหรือเรียกว่า Cradle - to - Gate Raw เป็นการสร้างแผนภาพรวมทั้งหมดของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ จำแนกได้ 2 แบบ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษาและชนิดของผลิตภัณฑ์ภาพรวมในกระบวนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ Business - to - Consumer (B2C) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและจำหน่ายแก่ผู้บริโภคหรือเรียกว่า Cradle - to - Grave และ Business - to - Business (B2B) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ถูกรับจ้างผลิตหรือเป็นผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายให้ภาคองค์กรธุรกิจหรือเรียกว่า Cradle - to - Gate Raw

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดขอบเขตการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การกำหนดขอบเขตช่วยอธิบายขอบเขตการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เช่น ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์รวมทั้งมวลเข้าและมวลออก ภายในกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิต ซึ่งจะครอบคลุมทั้งหมดตลอดการประเมินการปลดปล่อย คาร์บอนของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในขั้นตอนนี้จะมีการสร้างแผนผังวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ 2 แบบ คือ B2B และ B2C โดยวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

ต้องแสดงรายละเอียดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการ ผลิตอย่างถูกต้องในทุกขั้นตอน โดยเริ่มพิจารณาทีละขั้นตอน เริ่มจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การกระจายสินค้าการบริโภค และการจัดการของเสีย ในแต่ละ ขั้นตอนจะมีการกระบวนการเฉพาะกับขั้นตอนนั้นๆ จึงส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานและการปลดปล่อยแก๊ส เรือนกระจกที่แตกต่างกันออกไป เช่น ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบอาจมีกระบวนการที่เกี่ยวข้อง เช่น การทำเหมืองแร่ การเพาะปลูก การขนส่ง รวมทั้งการเก็บรักษาวัตถุดิบ ส่วนกระบวนการผลิต จะเกี่ยวข้องกับ พลังงานที่ใช้ในการผลิต เช่น จากการใช้แสงสว่าง การระบายอากาศ รวมทั้งการควบคุมอุณหภูมิและขั้นตอน อื่น ๆ จะมีความแตกต่างกันออกไป

การกำหนดขอบเขตของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะไม่ครอบคลุมถึง กิจกรรมบางกิจกรรม คือ การไม่นับรวมการปลดปล่อยแก๊สจากแหล่งกำเนิดที่ไม่สำคัญซึ่งมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 1 ของการประเมิน คาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด การเดินทางของผู้บริโภคเพื่อซื้อสินค้าจากร้านขายปลีก แรงงานมนุษย์ใน กระบวนการผลิต และการใช้แรงงานในการขนส่งจากสัตว์

ขั้นตอนที่ 4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission Factor) และข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ การปลดปล่อย จะนำมาคำนวณร่วมกับข้อมูลกิจกรรมกลายเป็นจำนวน การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่อ หน่วยของข้อมูลกิจกรรม เช่น kg GHG ต่อ kg Input หรือต่อkWh พลังงานที่ถูกใช้และข้อมูลกิจกรรมเช่น ข้อมูลกิจกรรมทั่วไปของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยข้อมูล สารขาเข้าและสารขาออก (Input/Output) การใช้ พลังงาน (Energy Used) การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจาก กระบวนการที่เกี่ยวข้อง (Direct Gas Emissions) และการกระจายสินค้า และการขนส่ง (Distribution/Transport) โดยข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกนี้ ครอบคลุมชนิดและปริมาณทั้งหมดที่ เข้าและออกจากกระบวนการผลิต เช่น การนำเข้าของวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ และของเสียที่เกิดขึ้น ส่วนข้อมูลการใช้พลังงานจะครอบคลุมถึงชนิด และปริมาณของการใช้พลังงานทั้งหมด เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้เชื้อเพลิงข้อมูลการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกระบวนการที่เกี่ยวข้อง เป็นข้อมูลของชนิดและปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกภายในกระบวนการ และข้อมูลการกระจาย สินค้า และการขนส่งข้อมูลส่วนนี้ระบุถึงชนิดของยานพาหนะและระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง เป็นต้นแหล่งที่มา ของข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย (Emission Factor) และข้อมูลกิจกรรม (Activity Data)

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) คือข้อมูลที่ได้จากการวัดโดยตรง เช่น ผู้ค้าปัจจัยการผลิต (Suppliers) มีการตรวจวัดข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงกับผลิตภัณฑ์ตลอดช่วงอายุซึ่งการใช้ ข้อมูลปฐมภูมิ ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกที่ เกิดขึ้นจริงของผลิตภัณฑ์และสามารถช่วยระบุโอกาสที่จะใช้ปรับปรุง ประสิทธิภาพของกระบวนการที่เกี่ยวข้องใน การผลิตให้ดียิ่งขึ้น โดยแหล่งที่มาของข้อมูลข้อมูลปฐมภูมิ จะได้มาจากการเก็บข้อมูลของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หรือการตรวจวัดโดยตรงจากกระบวนการการผลิต รวมทั้งการสอบถาม หรือสัมภาษณ์ บุคคลที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ค้าปัจจัยการผลิต ผู้บริโภค

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) คือข้อมูลกิจกรรมการผลิตของผลิตภัณฑ์โดยอ้อม ซึ่งใช้กระบวนการตรวจวัดหรือการใช้วัตถุดิบที่มีความคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา ข้อมูลทุติยภูมิจะถูกใช้เมื่อข้อมูลปฐมภูมิไม่พร้อมใช้งาน เนื่องจากข้อมูลทุติยภูมิไม่ได้ตรวจวัด โดยตรงจากแหล่งกำเนิดที่เฉพาะเจาะจงกับผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา ดังนั้นในการใช้ข้อมูลดังกล่าวต้องพิจารณา เช่น การได้มาของข้อมูลมีวิธีการตรวจวัดที่มีความเหมาะสมหรือไม่ และสามารถใช้ในการศึกษาที่สนใจหรือไม่ บางกรณีข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลที่สามารถใช้ในการประเมินคาร์บอน ฟุตพริ้นท์ได้ เช่น ข้อมูลศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของแก๊สเรือนกระจก ข้อมูลการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า การใช้ปุ๋ย และสารกำจัดศัตรูพืชจากภาคการเกษตร การใช้เชื้อเพลิง การขนส่งตามประเภทของยานพาหนะ การกำจัดของเสีย และการทำปศุสัตว์ และจากดินของภาคการเกษตร แหล่งที่มาของข้อมูลทุติยภูมิ มีอยู่หลายแหล่งดังนี้ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป เช่น ฐานข้อมูล LCA Software ฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเภทอุตสาหกรรม ฐานข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ และฐานข้อมูลต่างประเทศที่ได้รับความเชื่อถือ เช่น การตีพิมพ์ของ IPCC รวมถึงข้อมูล จากการทำวิทยานิพนธ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทยซึ่งผ่านการตรวจสอบแล้ว

ขั้นตอนที่ 5 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ทำโดยการใช้ข้อมูลที่ได้จากการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และของเสียที่เกิดขึ้น รวมทั้งกิจกรรมอื่นที่เกี่ยวข้องและข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมาใช้ในการคำนวณ แล้วแสดงผลลัพธ์ที่ได้ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($\text{CO}_2\text{-eq}$) ซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณแสดงได้ดังนี้ [20]

$$\text{ปริมาณการปล่อยแก๊ส} = \text{ข้อมูลกิจกรรม} \times \text{ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย} \quad (2.11)$$

การคำนวณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรมที่เกี่ยวข้องสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ได้ด้วยการใช้ข้อมูลค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) มาใช้ในการคำนวณได้ซึ่งในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{คาร์บอนฟุตพริ้นท์} = \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์} \times \text{ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเทียบเท่า} \quad (2.12)$$

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาประสิทธิภาพระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์และปริมาณน้ำที่ผลิตได้ต่อการใช้งาน วิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่าหลังการติดตั้งระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ในช่วงเวลาที่มีปริมาณความเข้มสูงสุดสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เท่ากับ 5.94 แอมแปร์และสามารถสูบน้ำได้ในปริมาณ 4,800 ลิตร

ต่อชั่วโมง สรุปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมด 29,060 บาทต่อปี จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 14,434.66 บาทต่อปี ดังนั้นเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึง 16,512 บาทต่อปี [21]

การออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเพาะปลูกข้าวแทนการใช้เครื่องสูบน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินแก๊สโซฮอล์ 95 โดยน้ำมันที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนเก็บเกี่ยวเท่ากับ 220 ลิตรคิดเป็นเงิน 9000 บาท ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ออกแบบโดยใช้มอเตอร์ 1 แรงม้า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 250 วัตต์ 2 แผง แบตเตอรี่ขนาด 80 Ah 12 V จำนวน 8 ลูกคิดเป็นเงิน 91,400 บาท จากการเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า ระยะคืนทุนมีระยะเวลา 10 ปี 2 เดือน เมื่อใช้การประเมินแบบมูลค่าปัจจุบันสุทธิในการใช้งานระยะเวลา 15 ปี จะมีผลตอบแทนจำนวน 2,016.92 บาทที่อัตราด้อยละ 5 ต่อปีและเมื่อหาค่า IRR พบว่ามีค่าร้อยละ 5.34 ซึ่งมากกว่าอัตราด้อยได้ว่าระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มีความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อเทียบกับเครื่องสูบน้ำแบบเครื่องยนต์ [22]

การศึกษาสมรรถนะและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการเก็บข้อมูลความเข้มแสง อัตราการไหล กำลังที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้และอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ทุก 10 นาที เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและอัตราการไหล แล้วนำไปจำลองสมรรถนะเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการใช้สมการสหสัมพันธ์ พบว่าในระยะเวลา 1 ปี จะมีปริมาณน้ำที่สูบได้ 3,520.88 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 23,046.46 บาทต่อปี เมื่อนำมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 7.87 พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของโครงการเท่ากับ 250,195.16 บาท อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) เท่ากับร้อยละ 17.76 มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 13.2 ปี ดังนั้นโครงการนี้จึงเหมาะสมที่จะลงทุน [23]

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร โดยรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรที่กำลังใช้งานระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่การเกษตรของตน โดยนำมาทดแทนการสูบน้ำในแบบเดิมคือการใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงในการสูบน้ำ ซึ่งระบบขนาดใหญ่กว่า 2,400 วัตต์ ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าการใช้งานระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งช่วยให้เกษตรกรสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันเครื่องและค่าซ่อมบำรุงของระบบสูบน้ำในแบบเดิมได้ ในการติดตั้งเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 5.15 ปีซึ่งคุ้มค่าต่อการลงทุน [24]

การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรบนพื้นที่สูงด้วยระบบสูบน้ำพลังงานทดแทนของโครงการ สวมหมวกใส่ รองเท้าของหัวเขาหัวโล้น จังหวัดน่าน งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสูบน้ำพลังงานทดแทน ในการจัดการน้ำสำหรับทำเกษตรกรรม กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ กลุ่มเกษตรกรในโครงการสวมหมวกใส่รองเท้าของหัวเขาหัวโล้นและได้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงเป็นจำนวนหนึ่งราย ในพื้นที่ตำบลบ้านอบ อำเภอกู่ช้าง จังหวัดน่าน ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือในการศึกษา คือ การบันทึก ข้อมูลผลการดำเนินงานตามขั้นตอนการศึกษาวิจัยและนำข้อมูลต่างๆที่ได้มาวิเคราะห์เชื่อมโยงประเด็นสำคัญ จากผลการวิจัยพบว่าการจัดการน้ำเพื่อใช้ทำการเกษตรกรรมมีความจำเป็นต้องใช้น้ำที่มีแรงดันสูง เนื่องจากพื้นที่ที่ศึกษาเป็นพื้นที่สูง มีความลาดชัน ถ้าหากมีการติดตั้งระบบปั๊มน้ำพลังงานทดแทนและระบบท่อส่งน้ำแบบทั่วไป จะทำให้แรงดันน้ำไม่เพียงพอที่จะส่งขึ้นไปเก็บไว้ที่บ่อพักน้ำ

ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการติดตั้งระบบเพื่อช่วยให้น้ำมีแรงดันเพิ่มขึ้นจนทำให้สามารถส่งน้ำไปตามท่อเพื่อเก็บไว้บนถังเก็บน้ำพื้นที่สูงได้ [25]

การออกแบบและติดตั้งระบบสูบน้ำแบบชั้นบันไดพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ชุมชนบ้านหินลาด ตำบลบ้านนา อำเภอสามเงา จังหวัดตาก ซึ่งเป็นทำเลที่ตั้งที่ห่างไกลจากแหล่งน้ำ จากการสำรวจความต้องการในการใช้น้ำของชุมชนมีความต้องการใช้น้ำเฉลี่ย 33.50 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จึงออกแบบระบบสูบน้ำและใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 3 แรงม้า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 325 วัตต์ใช้จำนวน 10 แผงต่อ 1 สถานีสูบน้ำ หลังการติดตั้งในช่วงกลางวันที่ท้องฟ้าโปร่งมีแดดจ้า ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยอยู่ที่ 856 วัตต์ต่อตารางเมตร และปริมาณน้ำที่สูบเข้าสู่ถังเก็บน้ำชุมชนโดยเริ่มสูบน้ำตั้งแต่ 9.00 น. ถึง 15.00 น. มีปริมาณน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 37.90 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยในการสูบน้ำจากสถานีสูบน้ำจุดที่ 1 ไปยังสถานีสูบน้ำจุดที่ 2 และจากสถานีสูบน้ำจุดที่ 2 ไปยังหอส่งน้ำ ซึ่งมีความสูงรวม 75 เมตรเครื่องสูบน้ำสามารถสูบน้ำได้อย่างเพียงพอและต่อเนื่อง [26]

การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนเปิดร้านกาแฟ บ้านกาแฟสด หลังมอ 24 ชม. โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเปิดร้านกาแฟ 4 ด้าน คือ ความเป็นไปได้ในด้านการตลาด ด้านเทคนิค ด้านการจัดการและด้านการเงิน ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือในการศึกษา คือ แบบสอบถามกลุ่มประชากรเป้าหมาย จากผลการวิจัยพบว่า การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน โครงการนี้ใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 5,003,596 บาท มูลค่าปัจจุบัน เท่ากับ 3,213,626.91 บาท อัตราผลตอบแทนภายในโครงการเท่ากับ 25.41% มีระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 11 วัน ซึ่งเป็นระยะเวลาคืนทุนที่เร็วกว่าที่ตั้งเป้าหมายไว้และให้ผลสอดคล้องไปในแนวทางเดียวกัน [27]

การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าของภาคครัวเรือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการลงทุนติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือในการศึกษา คือ การวิเคราะห์ทางด้านเทคนิคในการผลิต วิธีการปรับลดกระแสเงินสดโดยใช้อัตราคิดลดที่เหมาะสมในการคำนวณหามูลค่าปัจจุบัน อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ อัตราผลตอบแทนภายในโครงการที่มีการปรับแล้ว ดัชนีความสามารถในการทำกำไร การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน จากผลการวิจัยพบว่าพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการลงทุนติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าได้แก่พื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลภาคใต้ โดยเฉพาะจังหวัดสงขลา นครศรีธรรมราช ปัตตานีและนราธิวาส รวมทั้งพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก โดยเฉพาะจังหวัด ชลบุรี ระยอง ตราดและจันทบุรี และการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนพบว่า มูลค่าปัจจุบัน อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราผลตอบแทนภายในโครงการที่มีการปรับแล้ว ดัชนีความสามารถในการทำกำไร ให้ผลสอดคล้องไปในแนวทางเดียวกัน [28]

กระบวนการติดตั้งโซลาร์เซลล์กับปั๊มสูบน้ำ สำหรับพื้นที่การเกษตรเพื่อติดตั้งสำหรับพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้เกษตรทฤษฎีใหม่ ตำบลแม่แรม อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยการหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่ได้จากการวิเคราะห์ และออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าประสิทธิภาพของระบบและผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ จากการทดลองการติดตั้งระบบปั๊มน้ำโซลาร์เซลล์กับแบตเตอรี่เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ในการปั๊มน้ำ โดยใช้แหล่งจ่ายขนาด 12 วัตต์ 100 แอมแปร์ต่อชั่วโมง 2 ลูกต่อเข้ากับปั๊มน้ำ 24 โวลต์

370 วัดต์ ซึ่งประสิทธิภาพของปั้มน้ำจะขึ้นกับแรงดันของแบตเตอรี่ถ้าหากนำมาต่อกับปั้มน้ำที่กินกระแสที่ 15 แอมแปร์จะทำงานได้ไม่ถึง 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นได้ทำการทดลองที่มีแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 345 วัดต์เข้ามาชาร์จแบตเตอรี่พบว่าขนาดแผงโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่นั้นจะสามารถใช้งานได้เกิน 5 ชั่วโมงและปริมาณน้ำที่ได้เฉลี่ยต่อวันเป็นไปตามความต้องการของพื้นที่แล้ว หลังจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่า อัตราผลตอบแทนเท่ากับ 6.68% มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 3,456 บาท และมีอัตราการคืนทุนอยู่ที่ 11 ปี 8 เดือน [29]

การศึกษาเรื่อง An Analytical and Experimental Study of Air-Lift Pump Performance โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างวิธีการทำนายประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบลมดันอย่างง่ายเพื่อใช้ในการคำนวณขนาดหลักและข้อกำหนดของอากาศของปั้ลมที่ทำงานในน้ำค่อนข้างตื้นและสามารถปรับเปลี่ยนวิธีการทำนายประสิทธิภาพได้ที่มีความลึกที่มากขึ้นเช่นกัน แต่จะมีการคำนวณเชิงตัวเลขที่ละเอียดขึ้นตอนคือต้องคำนึงถึงความแปรผันของปริมาณอากาศผ่านเข้าและออกจากปั้ม ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือในการศึกษาคือสร้างแบบจำลองเพื่อทำการทดลองท่อน้ำที่มีขนาดต่างกัน จากการทดลองพบว่าอัตราการไหลของปริมาณน้ำที่พล็อตเทียบกับอัตราการไหลของปริมาตรอากาศ แล้วนำมาทำการวิเคราะห์ที่ความดันสถิตเฉลี่ยในปั้ม แต่ละค่าของ H/L มีอัตราการไหลของอากาศที่สร้างสูงสุด อัตราการไหลของน้ำเพิ่ม พบว่าท่อน้ำขนาด 4 นิ้วมีประสิทธิภาพดีที่สุด [2]

การศึกษาเรื่อง Solar Powered Airlift Pump for Gardening โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบอุปกรณ์ ซึ่งใช้ปั้ลมที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในการรดน้ำเนื่องจากเกษตรกรมีการใช้น้ำเป็นจำนวนมากและโลกกำลังขาดแคลนน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือในการศึกษาคือการทำการทดลองและบันทึกผล จากผลการทดลองพบว่าอุปกรณ์ที่ออกแบบง่าย ใช้งานง่าย และทำให้พืชได้รับน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับฟาร์มเพื่อให้ได้ผลผลิตที่เพียงพอ อีกทั้งยังสามารถนำแนวคิดนี้สามารถนำไปใช้ในการปลูกพืชไร้ดิน วิธีการปลูกพืชในน้ำโดยไม่ใช้ดิน โดยใช้แร่ธาตุ สารละลายธาตุอาหารสามารถปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ได้ ประกอบกับพลังงานแสงอาทิตย์เป็นทรัพยากรหมุนเวียน สามารถช่วยลดโลกร้อนได้และช่วยอนุรักษ์เชื้อเพลิงชีวภาพและทรัพยากรอื่นๆที่หายาก อีกทั้งการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ให้ความยืดหยุ่นในการติดตั้งเพราะเป็นอุปกรณ์ที่สามารถติดตั้งในสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ได้ [30]

การใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมในภาคการเกษตรในจังหวัดยโสธร ” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปทางสังคมเศรษฐกิจและทางกายภาพของเกษตรกร สภาพการใช้พลังงานทดแทนในภาค ความต้องการใช้พลังงานทดแทนในภาคการเกษตรและปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้พลังงานทดแทนในภาคการเกษตรในจังหวัดยโสธร ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือในการศึกษาคือใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบพบ โดยบังเอิญจำนวน 50 ราย และใช้แบบสัมภาษณ์จำนวน 85 ข้อ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากผลการวิจัยพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ย 195,460 บาทต่อปีและมีรายจ่ายเฉลี่ย 126,900 บาทต่อปีส่วนมากมีการติดตั้งโซลาร์เซลล์ ก๊าซชีววมวลไว้ในบริเวณที่อยู่อาศัยและติดตั้งกังหันลมไว้ที่ไร่นาสำหรับใช้สูบน้ำบาดาลพบว่าโซลาร์เซลล์สามารถทำงานได้ดีในฤดูร้อนในช่วงเวลา 10.00-15.00 นาฬิกา อุณหภูมิระหว่าง 30-34 องศาเซลเซียส โดยใช้งานมาแล้วเฉลี่ย 5.1 ปี มีการบำรุงรักษาเฉลี่ย 1,927 บาทต่อปีบำรุงรักษาเฉลี่ย 2.1 ครั้ง

ต่อปี กังหันลมทำงานได้ดีในฤดูหนาว มีความเร็วลมปานกลาง 4-6 เมตร/วินาที ซึ่งทำงานตลอดเวลาโดยมีกระแสลมพัดเข้ามาทางทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือโดยส่วนมากซื้อมาใช้ราคาไม่เกิน 10,000 บาท ใช้งานมาแล้วเฉลี่ย 3.33 ปี มีค่าบำรุงรักษาเฉลี่ย 900 บาทต่อปี บำรุงรักษาเฉลี่ย 2.5 ครั้งต่อปี ก๊าซชีวภาพทำงานได้ดีตลอดทั้งปีโดยเฉพาะฤดูร้อน ส่วนมากซื้อมาใช้เองราคาต่ำกว่า 6,000 บาท ใช้งานมาแล้วเฉลี่ย 1.6 ปี มีค่าบำรุงรักษาเฉลี่ย 950 บาทต่อปี บำรุงรักษาเฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี สำหรับก๊าซชีวภาพทำงานได้ดีตลอดทั้งปี ส่วนมากซื้อมาใช้เองราคาต่ำกว่า 5,000 บาท ใช้งานมาแล้วเฉลี่ย 1 ปี มีค่าบำรุงรักษาเฉลี่ย 300 บาทต่อปีและบำรุงรักษาเฉลี่ย 1 ครั้งต่อปี โดยภาพรวมเกษตรกรมีความต้องการใช้พลังงานทดแทนในภาคการเกษตรในระดับมากในทุกประเด็น เช่น ความต้องการความรู้ด้านพลังงานทดแทน ด้านเครื่องมือ ด้านแหล่งศึกษาดูงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านราคา การส่งเสริมจากภาคเอกชน เกษตรกรมีประเด็นปัญหาสำคัญที่พบคือ ขาดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง ไม่มั่นใจในประสิทธิภาพ และไม่มีสถานที่จำหน่ายโดยเกษตรกรมีข้อเสนอแนะที่สำคัญคือ อยากให้มีการอบรมให้ความรู้มีการทดสอบประสิทธิภาพก่อนใช้งานจริงและมีการส่งเสริมการผลิต [31]

การศึกษาเรื่อง Impact of Renewable Energy on Carbon Dioxide Emission Reduction in Bangladesh การเติบโตทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมมักเริ่มต้นมาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างมากในการจัดการความต้องการของพลังงาน ธรรมชาติที่อุดมไปด้วยคาร์บอนของการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลสามารถส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน ดังนั้นจึงเอื้อต่อการเปลี่ยนจากการใช้พลังงานฟอสซิลมาเป็นพลังงานหมุนเวียน โดยการศึกษาเน้นไปที่การแทนที่พลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลมาเป็นพลังงานหมุนเวียนเพื่อลดการปล่อยคาร์บอนได้ การศึกษานี้ทำการศึกษาในประเทศที่มีการขยายตัวของเมืองจำนวนมากและความต้องการพลังงานที่ท้าทาย ข้อมูลจากแหล่งพลังงานในแผนแม่บทภาคพลังงานของบังกลาเทศได้รับการวิเคราะห์ในช่วงปี พุทธศักราช 2560 ถึง 2564 มีการประเมินสองสถานการณ์สำหรับการนำเข้าน้ำมันและถ่านหิน การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าสิ่งแวดล้อมและการวิเคราะห์ความเท่าเทียมกันของเปอร์เซ็นต์ที่วัดได้จากนั้น ข้อมูลจะถูกแยกส่วนเพิ่มเติมลงในแบบจำลองการลดการปล่อยด้วยการวิเคราะห์ความไวเพื่อวัดการปล่อยคาร์บอนเมื่อแหล่งกำเนิดพลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลแต่ละแหล่งถูกแทนที่ด้วยพลังงานหมุนเวียนผลลัพธ์แสดงเปอร์เซ็นต์ส่วนแบ่งของกำลังการผลิตพลังงานโดยทั้งถ่านหินและพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมมีส่วนทำให้พลังงานหมุนเวียนมีส่วนเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป กำลังการผลิตน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซที่เพิ่มขึ้น 1% จะเพิ่มการปล่อยคาร์บอน 1.25%, 1.48% และ 0.93%ตามลำดับ ส่วนการเพิ่มขึ้นของพลังงานหมุนเวียน 1% จะลดการปล่อยคาร์บอนลงเล็กน้อยคือ 0.0042% เปอร์เซ็นต์การปล่อยคาร์บอนหลังจากเปลี่ยนพลังงานหมุนเวียนมีความแตกต่างกันเล็กน้อยการแทนที่พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลด้วยพลังงานหมุนเวียนที่ความจุพลังงานเท่ากันในระยะสั้นนั้น จะไม่ลดการปล่อยคาร์บอน จึงสรุปได้ว่าสำหรับแนวโน้มพลังงานสะอาดในระยะยาวในบังกลาเทศจำเป็นต้องมีการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อดำเนินการด้วยความสามารถที่มากขึ้นร่วมกับปัจจัยการจัดการคาร์บอนอื่นๆ [32]

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการทำนายผลกระทบจากการแปรปรวนของสภาพอากาศต่อการทำนาข้าวอินทรีย์และการทำข้าวแบบดั้งเดิม : กรณีศึกษาในจังหวัดพิจิตร ประเทศไทย การทำนาแบบออร์

แกนิกเป็นระบบการปลูกข้าวแบบยั่งยืนที่กำจัดการเคมีและมีศักยภาพในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินและเปรียบเทียบความเข้มของคาร์บอนฟุตพริ้นท์และมูลค่าของการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศ ระหว่างการทำนาข้าวอินทรีย์กับการทำนาทั่วไปและเพื่อประมาณการผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อดิน คาร์บอนอินทรีย์ ผลผลิตข้าว และมูลค่าของการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศของการทำการเกษตรสองประเภท ผลการศึกษาพบว่าความเข้มของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในนาข้าวอินทรีย์และ นาข้าวทั่วไปมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือ -0.13 และ $0.82 \text{ kg CO}_2\text{eq kg}^{-1}$ ตามลำดับ ความแตกต่างในสต็อกคาร์บอนอินทรีย์มีนัยสำคัญมากกว่าการทำนาข้าวอินทรีย์โดยเพิ่มขึ้นเป็น $1107.6 \text{ kg C ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ($4061.2 \text{ kg CO}_2\text{eq ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) ในขณะที่ค่าคาร์บอนอินทรีย์ในการทำนาทั่วไปเท่ากับ $625 \text{ kg C ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ($4061.2 \text{ kg CO}_2\text{eq ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) มูลค่าของการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศในการทำนาข้าวอินทรีย์สูงกว่าการทำนาทั่วไปเกือบสองเท่าภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต จากการศึกษาพบว่าผลผลิตข้าวของการเพาะปลูกทั้งสองประเภทคาดว่าผลผลิตส่วนใหญ่มีการลดลงอย่างมากซึ่งสามารถพบไปจนถึงช่วงอนาคตอันไกล (คริสต์ศักราช 2080 ถึง 2099) การค้นพบของกรณีศึกษาระบุว่าแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะส่งผลเสียต่อคาร์บอนอินทรีย์และมูลค่าของการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศแต่การทำนาข้าวอินทรีย์จะมีผลกระทบน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการทำนาทั่วไป [33]



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานจัดทำปริญญานิพนธ์เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ จะกล่าวถึงสภาพปัจจุบัน คือ การทำเกษตรในพื้นที่ห่างไกลจะเกิดปัญหาเรื่องของพลังงานไฟฟ้าที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ทำให้เกิดเป็นปัญหาหนึ่งในการทำการเกษตร ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษา การศึกษาความเป็นไปได้ โดยประกอบด้วยหัวข้อที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 3.1 รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการเพาะปลูกข้าว
- 3.2 ศึกษาพื้นที่เพื่อดูสภาพภูมิประเทศของพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อหาความเหมาะสมของขนาดเครื่องสูบน้ำโซลาร์เซลล์ที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่
- 3.3 ศึกษาข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์
- 3.4 ทำการออกแบบเชิงทฤษฎีสำหรับระบบสูบน้ำแบบลมดันทำงานร่วมกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ให้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ทำการเกษตร
- 3.5 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้น
- 3.6 วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์
- 3.7 ทำการสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

3.1 รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกข้าว

ในขั้นตอนนี้จะทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกข้าวที่จำเป็นต่อการออกแบบระบบสูบน้ำ โดยมีข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการปลูกข้าวแปรปรองในหน่วยลิตรต่อไร่
2. ประเภทของเครื่องสูบน้ำที่ชาวนาใช้ในการเพาะปลูกข้าว
3. ค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูกข้าวและรายได้ที่ได้จากการเพาะปลูกข้าว
4. ปริมาณการใช้น้ำในการเพาะปลูกข้าวพันธุ์ กข ตั้งแต่เริ่มต้นระยะการเพาะปลูกจนถึงระยะการเก็บเกี่ยวโดยข้อมูลข้างต้นจะถูกนำไปใช้ในการออกแบบระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์
5. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการทางการเงินและเศรษฐศาสตร์

3.2 ศึกษาพื้นที่เพื่อดูสภาพทางภูมิประเทศของพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อหาความเหมาะสมของขนาดเครื่องสูบน้ำโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่

ในขั้นตอนศึกษาหาพื้นที่เพื่อดูสภาพทางภูมิประเทศของพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อหาความเหมาะสมของขนาดเครื่องสูบน้ำโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำที่เกษตรกรต้องการใช้ โดยมีข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ในตำบลโพธิ์ประทับช้างในขั้นตอนนี้จะเริ่มทำการศึกษด้วยการค้นหาข้อมูลเชิงลึกของพื้นที่เพื่อทำการศึกษาที่ตั้ง สภาพภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดินและทรัพยากร ด้านเศรษฐกิจ ด้านการเกษตรเพื่อให้ทราบถึงสภาพภูมิหลังของจังหวัดพิจิตร
2. รวบรวมข้อมูลระดับน้ำจากแหล่งน้ำที่ตำบลโพธิ์ประทับช้างโดยได้ออกแบบตารางเก็บข้อมูลดังตารางที่ 3.1 ซึ่งมีการเก็บข้อมูลระดับน้ำย้อนหลังตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2559 ถึง 2563

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลระดับน้ำเฉลี่ยในแต่ละเดือน

เดือน	ระดับน้ำ (ม.รทก.)
มกราคม	
กุมภาพันธ์	
มีนาคม	
:	
พฤศจิกายน	
ธันวาคม	

โดยการรวบรวมข้อมูลระดับน้ำนั้นเพื่อใช้ในการออกแบบระบบสูบน้ำโซลาร์เซลล์ในหัวข้อที่ 3.4 โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำในแต่ละเดือนเพื่อให้ระบบมีความเหมาะสมกับพื้นที่ที่ได้ทำการเลือกไว้
หมายเหตุ ม.รทก. คือ เมตรเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง

3.3 ศึกษาข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ในขั้นตอนนี้จะประกอบไปด้วยการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ต่อไปในการออกแบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ในข้อที่ 3.4 โดยมีข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อมูลความเข้มของแสงในแต่ละช่วงเวลาในขั้นตอนนี้จะทำการรวบรวมข้อมูลด้วยการค้นหาจากจากฐานข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยของ ศ.ดร.เสริมจันทร์ฉายและคณะ โดยมีตารางแสดงข้อมูลดังตารางที่ 3.2. แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีรวม

(Global Radiation) และตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีกระจาย (Diffuse Radiation) ในช่วงเวลา 6.00 ถึง 18.00 นาฬิกา โดยเป็นข้อมูลย้อนหลัง

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีรวม (Global Radiation) ของตำบลโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร

ช่วงเวลา	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	...	พฤศจิกายน	ธันวาคม
06.00-07.00						
07.00-08.00						
08.00-09.00						
⋮						
17.00-18.00						

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีกระจาย (Diffuse Radiation) ของตำบลโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร

ช่วงเวลา	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	...	พฤศจิกายน	ธันวาคม
06.00-07.00						
07.00-08.00						
08.00-09.00						
⋮						
17.00-18.00						

จากนั้นจะนำข้อมูลจากตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3 นำมาคำนวณเพื่อที่จะหาได้เป็นข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีตรง (Direct Radiation) เพื่อที่จะได้ทราบถึงความเข้มแสงที่ได้รับดังข้อมูลในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบแบบริ่งสีตรง (Direct Radiation) ของตำบลโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร

ช่วงเวลา	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	...	พฤศจิกายน	ธันวาคม
06.00-07.00						
07.00-08.00						
08.00-09.00						
⋮						
17.00-18.00						

จากนั้นนำข้อมูลในตารางที่ 3.4 ไปวาดกราฟเพื่อการศึกษาดูแนวโน้มของแต่ละช่วงเวลา เพื่อใช้ในการหาช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการใช้โซลาร์เซลล์

2. ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น

ในขั้นตอนนี้จะทำการรวบรวมข้อมูลด้วยการค้นหาหลักฐานข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย ของ ศ.ดร.เสริม จันทรฉายโดยมีตารางเก็บข้อมูลดังตารางที่ 3.5 และตารางที่ 3.6 ซึ่งมีการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นตามลำดับ ในช่วงเวลา 6.00 ถึง 18.00 นาฬิกาโดยเป็นข้อมูลย้อนหลัง

ตารางที่ 3.5 แสดงข้อมูลอุณหภูมิของตำบลโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร

ช่วงเวลา	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	...	พฤศจิกายน	ธันวาคม
06.00-07.00						
07.00-08.00						
08.00-09.00						
⋮						
17.00-18.00						

ตารางที่ 3.6 แสดงข้อมูลความชื้นของตำบลโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร

ช่วงเวลา	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	...	พฤศจิกายน	ธันวาคม
06.00-07.00						
07.00-08.00						
08.00-09.00						
⋮						
17.00-18.00						

จากนั้นนำข้อมูลในตารางที่ 3.5 และตารางที่ 3.6 ไปพล็อตกราฟเพื่อทำการศึกษาดูแนวโน้มแต่ละช่วงเวลาตามลำดับ

3.4 ทำการออกแบบเชิงทฤษฎีสำหรับระบบสูบน้ำแบบลมดันทำงานร่วมกับการพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ทางการเกษตร

ในการออกแบบระบบน้ำอาศัยข้อมูลดังต่อไปนี้เพื่อทำการออกแบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ให้เหมาะสมกับพื้นที่

1. ส่วนประกอบหลักของระบบสูบน้ำ
2. คำนวณแรงดันอากาศที่ใช้ในการดันน้ำขึ้นมาและเพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำที่เครื่องสูบน้ำสามารถสูบน้ำขึ้นมาได้
3. ค้นหาข้อมูลกำลังของปั๊มลมที่ใช้ในการอัดอากาศเพื่อดันน้ำออกจากท่อ
4. เลือกชนิดและจำนวนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้ให้เหมาะสมกับปั๊มลมที่เลือก
5. เลือกอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้
6. เลือกแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดัน

3.5 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการเบื้องต้น

ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการเบื้องต้นนั้นได้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการด้านเทคนิคโดยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลด้านปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการเพาะปลูกข้าวเพื่อทำการออกแบบเครื่องสูบน้ำโดยเก็บข้อมูล ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกข้าวต่อรอบ อัตราการระเหยน้ำ
2. วิเคราะห์เพื่อหาทางเลือกการออกแบบระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้ระบบเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการจะนำมาใช้ออกแบบระบบสูบน้ำ

3. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินและเศรษฐศาสตร์เพื่อใช้ในการตัดสินใจลงทุนสร้างระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์

3.6 วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของปริมาณการใช้น้ำมันในขั้นตอนการสูบน้ำ

ในขั้นตอนวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จะต้องทำการรวบรวมปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ใช้ในการทำนาโดยอาศัยเครื่องสูบน้ำแบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อนำมาเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ลดลงหลังจากเปลี่ยนมาใช้ระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์

1. คำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ใช้เครื่องสูบน้ำแบบน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทำนา
2. วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์การใช้เครื่องสูบน้ำแบบน้ำมันเชื้อเพลิงกับการใช้เครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

3.7 ทำการสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

โดยนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้เบื้องต้นมาพิจารณาเพื่อสรุปผลความเป็นไปได้ของโครงการในการเป็นระบบต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการปลูกข้าวนาปรังพื้นที่ 1 ไร่ ซึ่งผลการวิจัยจะแสดงไว้ในบทต่อไป

บทที่ 4

การดำเนินงานและผลการดำเนินการ

ในบทนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคสำหรับการติดตั้งระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ในแม่น้ำธรรมชาติ กรณีศึกษาแม่น้ำยม ตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร ซึ่งเป็นตัวชี้วัดเพื่อช่วยในการประกอบการตัดสินใจในการดำเนินงานตามโครงการหรือไม่ โดยในการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการจะประกอบไปด้วย การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้น การวิเคราะห์ปริมาณการใช้สำหรับการทำนา 1 ไร่ การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิค และการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการเงิน ตามขั้นตอนที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยรายละเอียดผลการดำเนินการจะแบ่งเป็น 5 หัวข้อดังนี้

- 4.1 ข้อมูลเบื้องต้นในการเพาะปลูกข้าว
- 4.2 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ ปริมาณการใช้น้ำในการเพาะปลูกและข้อมูลระดับน้ำในพื้นที่
- 4.3 ข้อมูลความเข้มแสง และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง
- 4.4 ทำการออกแบบโครงสร้างระบบเชิงกลศาสตร์สำหรับระบบเครื่องสูบน้ำลมดันทำงานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ทำการเกษตร
- 4.5 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้เบื้องต้นของโครงการ
- 4.6 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของปริมาณการใช้น้ำมันสำหรับขั้นตอนการสูบน้ำ

4.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกข้าว

เนื่องจากในปัจจุบันเกษตรกรยังมีการใช้เครื่องสูบน้ำแบบน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่สูงจากราคาน้ำมันที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ค่าใช้จ่ายการเข้าเครื่องสูบน้ำ และค่าใช้จ่ายที่มาจากปัจจัยอื่นๆ ในการปลูกข้าวนาปรังการสูบน้ำ

4.1.1 ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการปลูกข้าวนาปรัง

ในการปลูกข้าวนาปรัง 1 รอบของการเพาะปลูกพบว่ามีกิจกรรมการเตรียมดิน การนวด และการสูบน้ำ เป็นกิจกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงซึ่งเป็นพลังงานทางตรงมากที่สุดโดยเกษตรกร ในภาคเหนือมีการใช้น้ำมันดีเซลในการปลูกข้าวนาปรังคิดจากทุกกิจกรรมเป็นปริมาณเฉลี่ย 12.88 ลิตรต่อไร่ต่อ 1 ครั้งในการสูบน้ำ โดยปกติแล้วการเพาะปลูกข้าวนาปรังจะสูบน้ำทำการสูบน้ำกันโดยเฉลี่ย 1 ครั้งต่อ 10 วันเป็นอย่างน้อย โดยการปลูกข้าวต่อ 1 ฤดูกาลจะมีอายุอยู่ที่ 100 วัน ฉะนั้นในหนึ่งฤดูกาลจึงสูบน้ำเฉลี่ย 9 ครั้ง เนื่องจาก 10 วันสุดท้ายของการเพาะปลูกข้าวไม่ต้องการน้ำ [34]

ดังนั้นปริมาณน้ำมันที่ใช้เฉพาะในการสูบน้ำเพื่อเพาะปลูกข้าวนาปรังใน 1 รอบคิดเป็นปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ย 30.42 ลิตรต่อไร่ และปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินที่ใช้ในการสูบน้ำเฉลี่ยเป็น 6.84 ลิตรต่อไร่

4.1.2 ประเภทเครื่องสูบน้ำที่ชาวนาใช้ในการเพาะปลูก

ในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่สูบน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ คลองชลประทานหรือคูน้ำ เพราะระดับของแหล่งน้ำที่สูบจะไม่ลึกมาก ดังนั้นเครื่องสูบน้ำที่เกษตรกรเลือกใช้จึงมีราคาถูก ใช้งานได้ง่ายและสามารถสูบน้ำได้ในปริมาณที่เยอะ โดยเครื่องสูบน้ำที่เกษตรกรนิยมใช้กันมีดังต่อไปนี้ [35]

- ท่อสูบน้ำ ซึ่งประกอบไปด้วย 2 แบบ คือ ท่อสูบน้ำพญานาคและท่อสูบน้ำแบบหอยโข่ง โดยท่อสูบน้ำแบบหอยโข่งจะมีอัตราการสูบน้ำได้ปริมาณที่มากกว่าท่อสูบน้ำแบบพญานาคที่มีขนาดท่อเท่ากัน



รูปที่ 4.1 ท่อสูบน้ำพญานาค [36]



รูปที่ 4.2 ท่อสูบน้ำหอยโข่ง [36]

ท่อสูบน้ำจะต้องใช้กับเครื่องยนต์ต้นกำลัง โดยเครื่องยนต์ต้นกำลังที่เกษตรกรนิยมเลือกใช้กันคือ เครื่องต้นกำลังยี่ห้อคูโบต้า เครื่องต้นกำลังที่ใช้ในการสูบน้ำมี 2 แบบคือมอเตอร์และเครื่องยนต์ ในแต่ละแบบจะเหมาะกับสภาพการใช้งาน ตำแหน่งที่ตั้งที่แตกต่างกันออกไปโดยจะเครื่องยนต์ทั้ง 2 แบบจะมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องยนต์ต้นกำลัง

ข้อดี	ข้อเสีย
มีการส่งไฟฟ้าที่มีแรงดันเท่ากับตัวมอเตอร์	ถ้าไฟดับไม่สามารถสูบน้ำได้
เวลาสูบน้ำไม่มีการสั่นสะเทือนและมีน้ำหนักเบา	หากมีการสูบน้ำในระยะไกล ค่าใช้จ่ายจะสูงมาก
สามารถหยุดทำงานได้อัตโนมัติ	ค่าไฟสูงแต่ไม่สามารถสูบน้ำได้เต็มที่ ทำให้ต้นทุนในการเพาะปลูกสูงตามไปด้วย

ในปัจจุบันเครื่องต้นกำลังแบบเครื่องยนต์มีให้เลือก 2 แบบ คือ แบบเครื่องยนต์เบนซินและแบบเครื่องยนต์ดีเซล

- เครื่องยนต์เบนซิน ตัวเครื่องมีขนาดเล็กสามารถย้ายได้สะดวกแต่จะติดตั้งถาวรกับเครื่องสูบน้ำ เครื่องมีราคาที่ถูกแต่ค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันสูง
 - เครื่องยนต์ดีเซล ตัวเครื่องมีขนาดใหญ่ ทำให้เคลื่อนย้ายลำบาก โดยกำลังที่จ่ายจะสูงกว่าการติดตั้งทำให้ต้องต่อสายพานกับมู่เล่กับเครื่องยนต์ที่ติดมากับรถไถเพื่อนำไปสูบน้ำ เกิดความยุ่งยาก โดยตัวเครื่องมีราคาสูงแต่ค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันถูกกว่า
- ปั้มน้ำหอยโข่ง โดยปั้มน้ำหอยโข่งที่เกษตรกรนิยมใช้กันคือ ปั้มน้ำหอยโข่งขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล และปั้มน้ำหอยโข่งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งมีข้อขัดข้องบางอย่างระหว่างการสูบน้ำเช่น สูบน้ำขึ้นมาแต่น้ำรั่วออก สูบน้ำได้น้อยหรือสูบน้ำไม่ขึ้น เครื่องยนต์ที่ใช้ชุดร้อนเกินไป เครื่องสูบน้ำเดินแล้วหยุดจากปัญหาที่กล่าวมานี้สามารถแก้ไขได้แต่จะทำให้ต้นทุนนั้นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 4.3 ปั้มน้ำหอยโข่งขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล [36]



รูปที่ 4.4 ปั้มน้ำหอยโข่งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า [36]

4.1.3 ค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูกข้าวและรายได้ที่ได้จากการเพาะปลูกข้าว

ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูกข้าวตลอด 1 รอบการผลิตประกอบด้วย [37]

- ค่าปุ๋ย 700 บาท/ไร่
- ค่าสารเคมี 180 บาท/ไร่

จากการเพาะปลูกข้าว 1 รอบพบว่าข้าวพันธุ์ กข ให้ผลผลิตได้ไร่ละ 0.807 ตันและสามารถนำข้าวที่ได้จากการเพาะปลูกไปขายได้ในราคาตันละ 9280.57 บาท ดังนั้นการเพาะปลูกข้าวพันธุ์ กข สามารถนำข้าวเปลือกไปขายได้เงินไร่ละ 7489.42 บาท

ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูกข้าวของเครื่องสูบน้ำแบบใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจะมีค่าใช้จ่ายหลักที่เกี่ยวกับการเพาะปลูกตลอดรอบการผลิต 1 รอบการผลิต คือ ค่าใช้จ่ายวัสดุสิ้นเปลือง ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร และค่าใช้จ่ายจากน้ำมันเชื้อเพลิง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ [35]

- ค่าวัสดุสิ้นเปลือง 191.43 บาท/ไร่
- ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรเฉลี่ยคิดเป็น 60.22 บาท/ไร่
- ค่าน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องดีเซล 877.38 บาท/ไร่
- ค่าน้ำมันเบนซินสำหรับเครื่องเบนซิน 215.93 บาท/ไร่

4.1.4 ปริมาณการใช้น้ำในการเพาะปลูกข้าวพันธุ์ กข ตั้งแต่เริ่มต้นการเพาะปลูกไปจนถึงเก็บเกี่ยว ผลผลิต

ในการเพาะปลูกข้าวแบบนาปรังข้าวจะมีอายุรวมอยู่ที่ 100 วัน ตั้งแต่เริ่มเพาะปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว โดยตลอดระยะเวลาในการเพาะปลูกจะต้องมีการส่งน้ำเข้าพื้นที่เพาะปลูกทั้งสิ้น 86 วันหรือคิดเป็น 90 วัน เพื่อให้จ่ายต่อความเข้าใจและการคำนวณ โดยในแต่ละวันที่ต้องส่งน้ำเข้าสู่พื้นที่นั้นจะต้องส่งน้ำในปริมาณ 12.38 ไร่ หรือคิดเป็น 1065 ไร่ตลอดทั้งอายุการเพาะปลูก

4.2 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ และข้อมูลระดับน้ำในพื้นที่

4.2.1 ข้อมูลทั่วไปของตำบลโพธิ์ประทับช้าง

พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบลุ่มเหมาะกับการเพาะปลูกและทำการเกษตร ภายในตำบลมีแม่น้ำยมซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักของจังหวัดพิจิตรไหลผ่าน ทำให้เกษตรกรสามารถใช้น้ำในการเพาะปลูกพืชต่างๆ ได้แต่ในช่วงฤดูฝนระดับน้ำในแม่น้ำยมจะมีระดับน้ำที่สูงขึ้น เหตุนี้ส่งผลให้ประชาชนบางส่วนที่อยู่ต่ำกว่าแหล่งน้ำพบกับปัญหาน้ำท่วม ในส่วนของลักษณะภูมิอากาศตำบลโพธิ์ประทับช้างพบว่าอากาศโดยรวมมีลักษณะที่ร้อนชื้นมีอุณหภูมิเฉลี่ย 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส

4.2.2 ข้อมูลระดับน้ำในตำบลโพธิ์ประทับช้าง

ข้อมูลระดับน้ำที่นำมาใช้นั้นจะเป็นข้อมูลระดับน้ำเฉลี่ยของแม่น้ำยมในตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร ในแต่ละเดือนย้อนหลัง 5 ปีคือตั้งแต่ปี พุทธศักราช 2559 ถึง 2563 จากกองอำนวยการน้ำแห่งชาติ สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ [38]

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลระดับน้ำเฉลี่ยของแหล่งน้ำในตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร

เดือน	ระดับน้ำ (ม.รทก.)
มกราคม	26.47
กุมภาพันธ์	26.45
มีนาคม	26.36
เมษายน	26.27
พฤษภาคม	26.87
มิถุนายน	28.34
กรกฎาคม	28.69
สิงหาคม	29.03
กันยายน	31.94
ตุลาคม	30.86
พฤศจิกายน	29.52
ธันวาคม	27.11

หมายเหตุ ม.รทก. คือ เมตรเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง

โดยในงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลระดับน้ำเฉลี่ยของเดือนกันยายน เดือนตุลาคมและเดือนพฤศจิกายน เพื่อใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ในการออกแบบต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้สำหรับการปลูกข้าวนาปรัง เนื่องจากข้อมูลระดับน้ำเฉลี่ยของเดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคมระดับน้ำมีปริมาณน้อยมากจึงไม่สามารถใช้งานกับระบบสูบน้ำแบบลมดันได้

4.3 ข้อมูลความเข้มแสงและปัจจัยอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลความเข้มแสงและปัจจัยอื่นๆที่มีความเกี่ยวข้อง พบว่าข้อมูลนี้เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกช่วงเวลาในการใช้งานของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีความเหมาะสมกับช่วงเวลาในการใช้โซลาร์เซลล์และทำให้ระบบสามารถสูบน้ำขึ้นมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยข้อมูลแสดงออกมาในช่วงเวลาต่างๆดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีรวม (Global Radiation) ของตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร

ช่วงเวลา	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
06.00-07.00	0.000	0.000	0.000	0.124	0.210	0.232	0.199	0.155	0.133	0.107	0.028	0.000
07.00-08.00	0.204	0.243	0.340	0.463	0.547	0.587	0.576	0.554	0.540	0.528	0.487	0.410
08.00-09.00	0.535	0.591	0.683	0.801	0.884	0.941	0.954	0.953	0.948	0.948	0.946	0.932
09.00-10.00	1.260	1.300	1.374	1.501	1.578	1.626	1.625	1.623	1.614	1.612	1.608	1.599
10.00-11.00	1.873	1.942	2.037	2.150	2.195	2.233	2.224	2.240	2.217	2.195	2.187	2.180
11.00-12.00	2.344	2.418	2.506	2.605	2.633	2.658	2.632	2.605	2.581	2.557	2.544	2.537
12.00-13.00	2.520	2.604	2.691	2.796	2.818	2.829	2.801	2.778	2.754	2.733	2.711	2.702
13.00-14.00	2.433	2.542	2.618	2.703	2.710	2.717	2.684	2.663	2.634	2.597	2.568	2.552
14.00-15.00	2.017	2.138	2.211	2.270	2.273	2.268	2.239	2.209	2.184	2.133	2.102	2.086
15.00-16.00	1.350	1.488	1.557	1.593	1.594	1.550	1.527	1.506	1.477	1.438	1.409	1.396
16.00-17.00	0.817	0.955	1.025	1.063	1.085	1.079	1.070	1.030	0.949	0.841	0.770	0.781
17.00-18.00	0.285	0.421	0.493	0.534	0.576	0.608	0.613	0.553	0.420	0.245	0.131	0.166

หมายเหตุ ข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีรวมหน่วยเมกะจูลต่อตารางเมตรชั่วโมง

ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีกระจาย (Diffuse Radiation) ของตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร

ช่วงเวลา	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
06.00-07.00	0.000	0.000	0.000	0.124	0.210	0.232	0.199	0.155	0.133	0.107	0.028	0.000
07.00-08.00	0.204	0.243	0.340	0.463	0.547	0.587	0.576	0.554	0.540	0.528	0.487	0.410
08.00-09.00	0.535	0.591	0.683	0.801	0.884	0.941	0.954	0.953	0.948	0.948	0.946	0.932
09.00-10.00	1.260	1.300	1.374	1.501	1.578	1.626	1.625	1.623	1.614	1.612	1.608	1.599
10.00-11.00	1.873	1.942	2.037	2.150	2.195	2.233	2.224	2.240	2.217	2.195	2.187	2.180
11.00-12.00	2.344	2.418	2.506	2.605	2.633	2.658	2.632	2.605	2.581	2.557	2.544	2.537
12.00-13.00	2.520	2.604	2.691	2.796	2.818	2.829	2.801	2.778	2.754	2.733	2.711	2.702
13.00-14.00	2.433	2.542	2.618	2.703	2.710	2.717	2.684	2.663	2.634	2.597	2.568	2.552
14.00-15.00	2.017	2.138	2.211	2.270	2.273	2.268	2.239	2.209	2.184	2.133	2.102	2.086
15.00-16.00	1.350	1.488	1.557	1.593	1.594	1.550	1.527	1.506	1.477	1.438	1.409	1.396
16.00-17.00	0.817	0.955	1.025	1.063	1.085	1.079	1.070	1.030	0.949	0.841	0.770	0.781
17.00-18.00	0.285	0.421	0.493	0.534	0.576	0.608	0.613	0.553	0.420	0.245	0.131	0.166

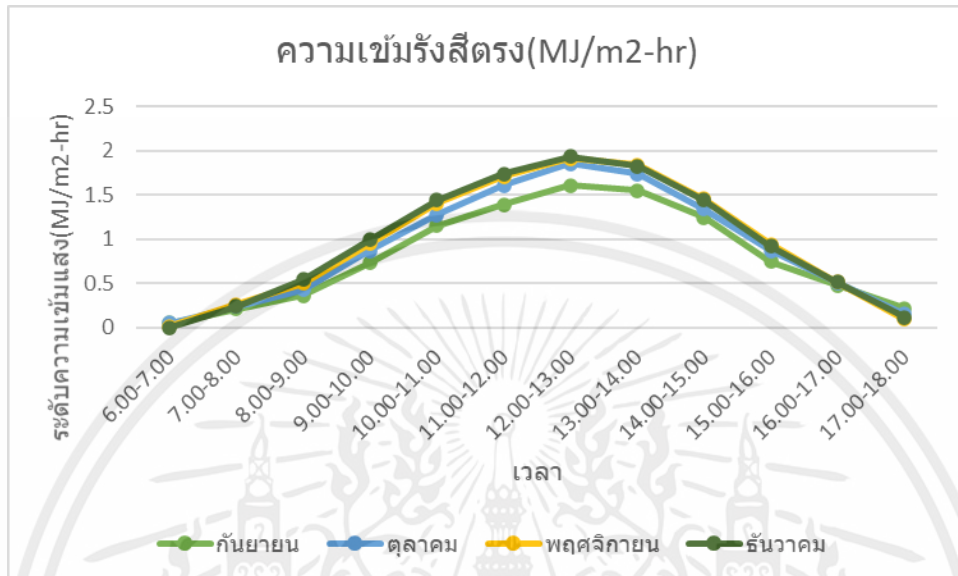
หมายเหตุ ข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีรวมหน่วยเมกะจูลต่อตารางเมตรชั่วโมง

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีตรง (Direct Radiation) ของตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร

ช่วงเวลา	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
06.00-07.00	0.000	0.000	0.000	0.033	0.050	0.061	0.061	0.051	0.050	0.048	0.015	0.000
07.00-08.00	0.092	0.102	0.112	0.123	0.129	0.156	0.176	0.181	0.204	0.235	0.255	0.238
08.00-09.00	0.241	0.247	0.225	0.212	0.209	0.250	0.293	0.312	0.358	0.422	0.494	0.540
09.00-10.00	0.691	0.656	0.614	0.657	0.654	0.682	0.661	0.656	0.733	0.869	0.946	0.988
10.00-11.00	1.125	1.113	1.115	1.156	1.103	1.128	1.054	1.043	1.152	1.270	1.407	1.441
11.00-12.00	1.524	1.521	1.517	1.551	1.473	1.475	1.332	1.277	1.388	1.605	1.705	1.741
12.00-13.00	1.731	1.730	1.728	1.803	1.693	1.648	1.499	1.454	1.604	1.850	1.908	1.931
13.00-14.00	1.677	1.719	1.698	1.765	1.622	1.574	1.418	1.384	1.551	1.739	1.837	1.824
14.00-15.00	1.360	1.405	1.375	1.411	1.305	1.216	1.098	1.058	1.243	1.339	1.455	1.443
15.00-16.00	0.837	0.903	0.887	0.860	0.783	0.683	0.607	0.607	0.743	0.867	0.940	0.921
16.00-17.00	0.507	0.580	0.584	0.574	0.532	0.475	0.425	0.415	0.477	0.507	0.514	0.515
17.00-18.00	0.177	0.256	0.281	0.288	0.282	0.267	0.243	0.222	0.211	0.148	0.088	0.110

หมายเหตุ ข้อมูลความเข้มแสงแบบรังสีตรงหน่วยเมกะจูลต่อตารางเมตรชั่วโมง

จากตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 เมื่อนำข้อมูลความเข้มแสงรังสีแบบรวมมาลบกับข้อมูลความเข้มแสงรังสีแบบกระจาย จะได้เป็นข้อมูลดังตารางที่ 4.5 คือได้ข้อมูลความเข้มรังสีแบบรังสีตรง จากนั้นนำข้อมูลจากตารางที่ 4.5 ไปทำการวิเคราะห์ด้วยการวาดกราฟจะได้ผลดังรูปที่ 4.5



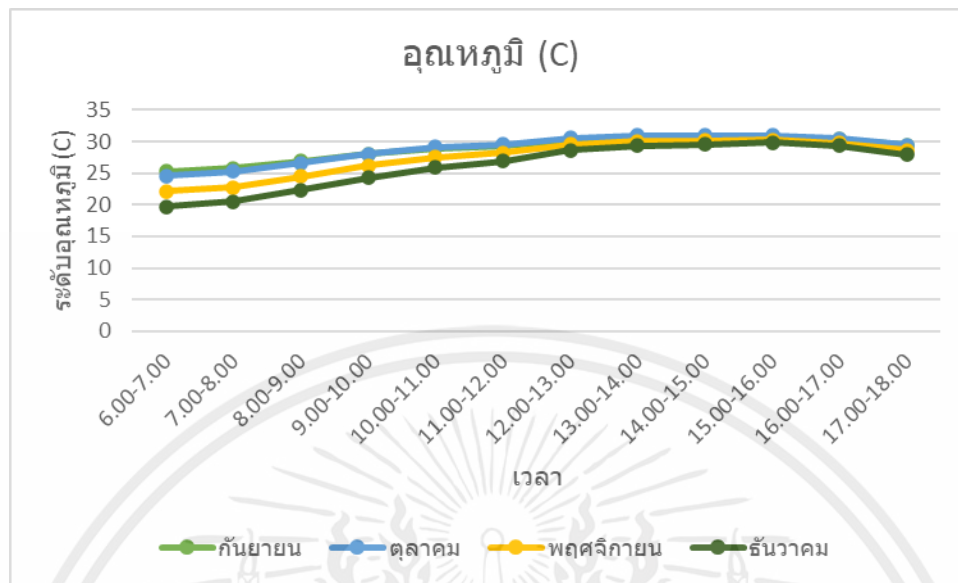
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความเข้มแสงแบบรังสีตรงระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลอุณหภูมิของตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร

ช่วงเวลา	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
06.00-07.00	19.1	20.5	23.7	25.9	26.1	26.2	25.9	25.6	25.3	24.6	22.1	19.7
07.00-08.00	19.9	21.3	24.5	26.7	26.8	26.9	26.4	26.1	25.8	25.3	22.8	20.5
08.00-09.00	21.9	23.4	26.1	28.5	28.2	28.2	27.5	27.2	26.9	26.6	24.5	22.3
09.00-10.00	23.9	25.3	28.4	30.3	29.7	29.5	28.6	28.2	28.0	28.0	26.2	24.3
10.00-11.00	25.8	27.3	30.3	31.9	31.0	30.6	29.6	29.2	28.9	29.1	27.5	25.9
11.00-12.00	27.4	28.4	31.1	32.8	31.6	31.2	30.1	29.8	29.4	29.6	28.2	26.9
12.00-13.00	29.1	30.6	33.0	34.3	32.8	32.2	31.1	30.7	30.4	30.6	29.6	28.6
13.00-14.00	30.3	31.7	34.0	35.0	33.3	32.7	31.5	31.1	30.7	31.0	30.1	29.4
14.00-15.00	30.7	32.2	34.5	35.3	33.4	32.7	31.5	31.2	30.7	31.0	30.2	29.6
15.00-16.00	31.2	32.8	34.9	35.6	33.5	32.8	31.6	31.2	30.8	31.0	30.3	29.9
16.00-17.00	30.7	32.3	34.5	35.1	33.0	32.3	31.2	30.8	30.4	30.5	29.8	29.4
17.00-18.00	29.1	30.9	33.2	33.8	32.0	31.4	30.3	30.0	29.5	29.5	28.6	27.9

หมายเหตุ ข้อมูลอุณหภูมิหน่วยองศาเซลเซียส

จากนั้นนำข้อมูลจากตารางที่ 4.6 ไปทำการวิเคราะห์ด้วยการวาดกราฟจะได้ผลดังรูปที่ 4.6



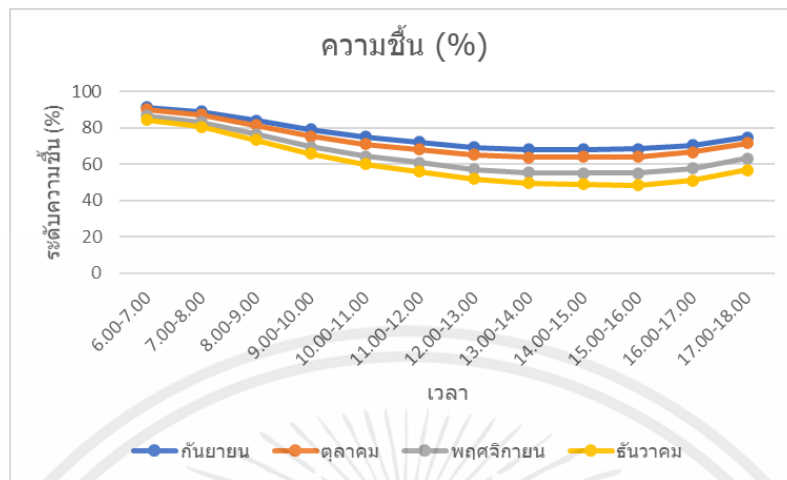
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงอุณหภูมิระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม

ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลความชื้นของตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร

ช่วงเวลา	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
06.00-07.00	85.4	82.8	81.7	83.5	87.7	88.6	90.0	91.2	91.5	90.3	86.7	84.3
07.00-08.00	82.3	79.8	79.1	80.7	84.8	85.8	87.5	88.9	89.2	87.4	83.4	80.8
08.00-09.00	75.5	72.6	72.6	74.1	78.9	79.9	82.5	84.1	84.2	81.4	76.6	73.4
09.00-10.00	67.8	65.4	66.0	67.4	72.9	74.0	77.5	79.3	79.2	75.5	69.7	65.9
10.00-11.00	61.6	59.3	60.4	62.0	68.3	69.5	73.5	75.5	75.3	71.1	64.5	60.2
11.00-12.00	56.2	54.4	55.8	57.8	64.8	66.5	70.6	72.5	72.3	68.1	60.9	56.1
12.00-13.00	50.8	49.4	51.1	53.6	61.5	63.4	67.7	69.7	69.4	65.2	57.3	52.0
13.00-14.00	47.5	46.1	47.8	50.8	59.5	61.8	66.3	68.3	68.1	63.9	55.4	49.7
14.00-15.00	46.2	44.4	45.8	49.4	59.2	61.6	66.2	68.2	68.3	64.0	55.2	49.0
15.00-16.00	45.0	42.7	43.7	47.8	58.8	61.4	66.2	68.1	68.5	64.2	55.1	48.4
16.00-17.00	47.8	44.7	45.2	49.7	60.7	63.3	68.0	69.9	70.6	66.7	57.8	51.0
17.00-18.00	54.2	50.6	50.2	54.4	64.9	67.3	71.6	73.5	74.8	71.6	63.3	57.0

หมายเหตุ ข้อมูลความชื้นหน่วยเปอร์เซ็นต์

จากนั้นนำข้อมูลจากตารางที่ 4.7 ไปทำการวิเคราะห์ด้วยการวาดกราฟจะได้ผลดังรูปที่ 4.7



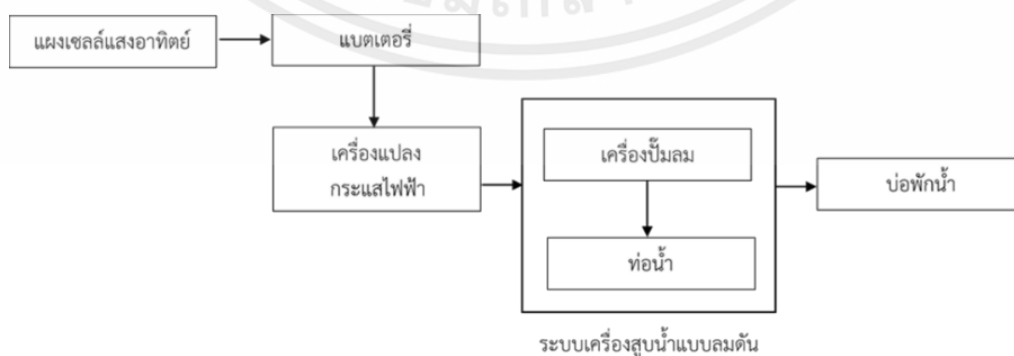
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความชื้นระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีผลต่อเวลาการใช้งานของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์พบว่า เวลา 10.00 ถึง 15.00 นาฬิกาหรือคิดเป็นเวลาประมาณ 5 ชั่วโมงในทุกวันเป็นช่วงที่มีความเหมาะสมที่สุดในการใช้งานระบบสูบน้ำ

4.4 ทำการออกแบบโครงสร้างระบบเชิงทฤษฎีสำหรับระบบเครื่องสูบน้ำลมดันทำงานร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ทำการเกษตร

4.4.1 ส่วนประกอบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์

ส่วนประกอบหลักของระบบสูบน้ำประกอบไปด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์สำหรับสูบน้ำ บั้มลม ท่อน้ำ บ่อพักน้ำ โดยมีรูปแบบในการต่อส่วนประกอบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์

4.4.2 การคำนวณแรงดันอากาศที่ใช้ในการดันน้ำขึ้นมาและเพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำที่เครื่องสูบน้ำสามารถสูบได้

การคำนวณเพื่อหาส่วนประกอบต่างๆในการออกแบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมนั้นใช้ความสูงของระดับน้ำที่อ้างอิงจากแม่น้ำยม ซึ่งสามารถดูระดับได้จากตารางที่ 4.2 ซึ่งเป็นความสูงโดยเฉลี่ยของระดับน้ำย้อนหลัง โดยในการคำนวณต่อไปนี้จะอ้างอิงจากระดับความสูงน้ำย้อนหลังเฉลี่ยในเดือนพฤศจิกายนเนื่องจากเป็นเดือนที่มีระดับน้ำต่ำกว่าในทุกเดือนที่ผู้วิจัยทำการเลือกมาซึ่งสามารถคำนวณหาแรงดันอากาศได้ดังต่อไปนี้

จากความสูงของระดับของกันแม่น้ำอยู่ที่ 26.17 เมตรและระดับตลิ่งอยู่ที่ 34.79 เมตรจึงกำหนดระยะของความยาวท่อที่จุ่มลงไปได้น้ำได้ใน 8.5 เมตรและ และความยาวท่อที่พื้นเหนือน้ำมีความยาว 3.35 เมตร ดังนั้นสามารถหาอัตราจุ่มได้จากสมการที่ 4.1

$$\frac{H}{L} = \frac{3.35}{8.5} = 0.394 \quad (4.1)$$

เมื่อทราบอัตราจุ่มจากสมการที่ 4.1 แล้วสามารถคำนวณหาแรงดันอากาศที่จุดที่ 1 ดังรูปที่ 2.1 ได้ซึ่งเป็นจุดที่รวมฟองอากาศไว้ก่อนที่จะทำการดันน้ำขึ้นไป ในสมการค่าความเร็วที่จุดที่ 1 สามารถหาได้จากรูปที่ 2.4 โดยคำนวณแรงดันอากาศที่จุดที่ 1 ได้ดังสมการต่อที่ 4.2

$$P_1 = 101325 + 1000(9.81)(3.35) - 1000(0.701^2) = 133697.0990 \text{ N/m}^2 \quad (4.2)$$

หลังจากทราบค่าแรงดันอากาศที่จุดที่ 1 จากการคำนวณในสมการที่ 4.2 แล้วสามารถคำนวณหาค่าแรงดันอากาศที่จุดที่ 2 ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นแรงดันที่ทำให้สามารถขึ้นไปตามท่อได้โดยเป็นการไหลแบบหัวกระสุนที่ทำให้น้ำไหลเป็นห้องและจากสมการหาค่าแรงดันอากาศที่จุดที่ 2 นี้พบว่าได้ค่าอัตราการไหลของอากาศคือ 0.0014 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีซึ่งสามารถหาได้จากรูปที่ 2.3 โดยคำนวณแรงดันอากาศที่จุดที่ 2 ได้ดังสมการที่ 4.3

$$P_2 = 133697.0990 - \frac{1000(0.701)(0.0014)}{0.0081} = 133580.3711 \text{ N/m}^2 \quad (4.3)$$

จากนั้นคำนวณเพื่อหาค่าแรงเฉือนผนังเฉลี่ยซึ่งในสมการประกอบไปด้วยค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่มีค่าเท่ากับ 0.8 และค่าอัตราการไหลของปริมาตรของของเหลวคือ 0.0002 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีซึ่งหาได้จากรูปที่ 2.3 โดยคำนวณหาค่าแรงเฉือนผนังเฉลี่ยได้ดังสมการที่ 4.4

$$\tau = 0.8 \times \frac{1000}{2} \left[\left(\frac{0.0002}{0.0081} \right) \right]^2 \left[1 + \frac{0.0014}{0.0002} \right] = 1.6888 \quad (4.4)$$

เมื่อหาค่าแรงเฉือนผนังเฉลี่ยแล้วสามารถหาค่าน้ำหนักของน้ำที่ไหลออกมาได้โดยคำนวณหาจากสมการต่อไปนี้

$$W = \left[(133580.3711 - 101325) - (1.6888) \frac{(8.5)(0.3192)}{0.0081} \right] 0.0081 = 26.1898 \text{ kg} \quad (4.5)$$

จากการคำนวณทั้งหมดค่าที่นำไปใช้ต่อในการเลือกปั๊มลมคือค่าอัตราการไหลของของเหลวซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0002 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือ 3.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวันและอัตราการไหลของอากาศซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0014 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือ 25.2 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ปริมาณน้ำที่เกษตรกรใช้ในการปลูกข้าวเป็นจำนวน 12.38 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ดังนั้นจำนวนชุดระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันที่ใช้ควรมีจำนวน 4 เครื่องเพื่อให้สูบน้ำได้เพียงพอต่อความต้องการของนาข้าวที่ปลูกต่อ 1 ไร่ โดยข้อมูลที่ได้จากการคำนวณข้างต้นเป็นข้อมูลที่ได้จากการคำนวณของเดือนพฤศจิกายน ในส่วนข้อมูลการคำนวณของเดือนกันยายนและตุลาคมจะแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.8 ตารางข้อมูลที่ได้จากการคำนวณระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน

เดือน	$\frac{H}{L}$ (m)	P_1 (N/m ²)	P_2 (N/m ²)	τ	W (kg)	Q_s (m ³ /s)	Q_f (m ³ /s)
กันยายน	0.6790	156150.8231	155928.7953	5.4050	43.6316	0.0014	0.0005
ตุลาคม	0.5470	146092.2117	145938.7556	3.3992	35.9302	0.0014	0.0003
พฤศจิกายน	0.3940	133697.0990	133580.3711	1.6888	26.1898	0.0014	0.0002

4.4.3 ค้นหาข้อมูลกำลังของปั๊มลมที่ใช้ในการอัดอากาศเพื่อดันน้ำออกจากท่อ

จากการคำนวณในข้อ 4.4.1 ผู้วิจัยได้ทำการค้นหาปั๊มลมที่มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับที่ได้คำนวณมา โดยปั๊มลมที่ได้ทำการเลือกมาเป็นปั๊มลมแบบลูกสูบสายพาน เนื่องจากเป็นปั๊มลมที่มีการทำงานตั้งแต่แรงดันต่ำไปจนถึงแรงดันสูงสุด และมีขนาด 0.5 แรงม้า ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ตรงตามกับที่ได้คำนวณไว้ จากนั้นได้ทำการค้นหาปั๊มลมตามท้องตลาดและเว็บไซต์ที่เป็นที่นิยมในการใช้งานกัน มี 2 ยี่ห้อ คือ

1. ปั๊มลมยี่ห้อ PUMA รุ่น PP2-PPM220V

ปั๊มลม PUMA เป็นปั๊มลมที่ได้รับความนิยมใช้เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงและผ่านมาตรฐานระดับสากล ซึ่งปั๊มลม PUMA รุ่น PP2-PPM220V มีคุณสมบัติแสดงดังต่อไปนี้คือ เป็นปั๊มลมแบบใช้สายพานจำนวน 2 ลูกสูบ โดยลูกสูบมีขนาด 0.5 แรงม้า แรงดันลมที่สามารถใช้ได้ประมาณ 7-10 บาร์ อัตราการผลิตลม 119.6 ลิตร/นาที ความเร็วรอบของปั๊มลม 650 รอบ/นาที มอเตอร์ปั๊มมีขนาด 0.5 แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ ถึงเก็บลมมีขนาด 64 ลิตรและมีการระบายความร้อนด้วยอากาศ

2. ปัมมยี่ห้อTIGER รุ่น TGA2-70M

ปัมม TIGER เป็นอีกปัมมที่ได้รับความนิยมเนื่องจากราคาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการใช้งานที่สูง ซึ่งปัมมยี่ห้อนี้มีการผลิตที่เดียวกับปัมม PUMA แต่มีราคาที่ย่อมเยารวกว่า นอกจากนั้นแล้วยังได้รับการรับรองจากมาตรฐานต่างๆ ซึ่งปัมม TIGER รุ่น TGA2-70M มีคุณสมบัติแสดงดังต่อไปนี้ เป็นปัมมแบบใช้สายพานจำนวน 2 ลูกสูบโดยปัมมลูกสูบขนาด 0.5 แรงม้า แรงดันลมที่สามารถใช้ได้ประมาณ 7-10 บาร์ อัตราการผลิตลม 150 ลิตร/นาที มอเตอร์ปัมขนาด 0.5 แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์และถังเก็บลมมีขนาด 70 ลิตร [38]

4.4.4 เลือกชนิดและจำนวนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้ให้เหมาะสมกับปัมมที่เลือก

จากข้อมูลกำลังของปัมมที่ได้จากข้อ 4.4.2 จะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเลือกชนิดและจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

โดยชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผู้วิจัยได้เลือกมาคือแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์เพราะมีประสิทธิภาพสูงสุด มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่นในกรณีที่มีภาวะแสงน้อย รวมไปถึงผ่านมาตรฐาน International Electro Technical Commission (IEC) ซึ่งเป็นคณะกรรมการการระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งที่ผู้วิจัยได้คัดเลือกมานั้นมีมาตรฐานผ่าน IEC 61215 และอ้างอิงถึง มอก.1843-2553 ซึ่งเป็นการรับรองว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นได้ผ่านมาตรฐานของ IEC มาแล้ว โดยผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติหลายอย่างเช่น การทดสอบกำลังไฟฟ้าสูงสุด การทดสอบกลางแจ้ง สมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ความเข้มแสงต่ำ การทดสอบความร้อน ความชื้น เป็นต้น

ในการวิเคราะห์เพื่อหาจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะวิเคราะห์โดยคำนวณจากกำลังของปัมมและเวลาที่สามารถใช้ได้ของระบบสูบน้ำ โดยปัมมที่ใช้ใช้นั้นมีขนาด 0.5 แรงม้าและเวลาที่สามารถใช้ระบบสูบน้ำได้คือ 5 ชั่วโมงโดยดูได้จากกราฟความเข้มแสงแบบรังสีตรง โดยจะได้ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องการออกมาคือ 2.5 แรงม้าหรือประมาณ 1,864.25 วัตต์ จากนั้นทำการค้นหาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามท้องตลาดและเว็บไซต์โดยพบรุ่นที่เหมาะสม คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ MONO 400W Solar Panel รุ่น SUN400-72M-HF ยี่ห้อ SUNERGY USA แผงเซลล์อาทิตย์ชนิดนี้เป็นแผงที่มีผลิตด้วยซิลิคอนที่บริสุทธิ์สูงซึ่งส่งผลให้มีประสิทธิภาพสูง โดยคุณสมบัติต่างๆ ของ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้แสดงดังตารางต่อไปนี้ในการวิเคราะห์เพื่อหาจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะวิเคราะห์โดยคำนวณจากกำลังของปัมมและเวลาที่สามารถใช้ได้ของระบบสูบน้ำ โดยปัมมที่ใช้ใช้นั้นมีขนาด 0.5 แรงม้าและเวลาที่สามารถใช้ระบบสูบน้ำได้คือ 5 ชั่วโมงโดยดูได้จากกราฟความเข้มแสงแบบรังสีตรง โดยจะได้ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องการออกมาคือ 2.5 แรงม้าหรือประมาณ 1,864.25 วัตต์ จากนั้นทำการค้นหาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามท้องตลาดและเว็บไซต์โดยพบรุ่นที่เหมาะสม คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ MONO 400W Solar Panel รุ่น SUN400-72M-HF ยี่ห้อ Sunergy USA แผงเซลล์อาทิตย์ชนิดนี้เป็นแผงที่มีผลิตด้วยซิลิคอนที่บริสุทธิ์สูงซึ่งส่งผลให้มีประสิทธิภาพสูง โดยคุณสมบัติต่างๆ ของ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.9 คุณสมบัติแผงเซลล์แสงอาทิตย์ MONO 400W Solar Panel รุ่น SUN395-72M-F ยี่ห้อ SUNERGY USA

ชนิดแผงเซลล์แสงอาทิตย์	โมโนคริสตัลไลน์
จำนวนของเซลล์	144 ชิ้น
กรอบอะลูมิเนียม	Anodised Aluminium
Junction box	Split Junction Box (IP68, 3 diode)
Connector	PV-JM608
Output Cable	TUV 4.0mm ² , 300mm
ค่ากำลังสูงสุด (Pmax)	400 วัตต์
แรงดันที่ กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Vmp)	40.6 โวลต์
กระแสที่ กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Imp)	9.85 แอมป์
แรงดันที่สภาวะลัดวงจร (Voc)	49.7+-5% โวลต์
กระแสที่สภาวะลัดวงจร (Isc)	10.31+-5% แอมป์
ช่วงอุณหภูมิ	-40~+85°C
ประสิทธิภาพของโมดูล	20.06%
น้ำหนัก	23.5 กิโลกรัม
ขนาด	1,990*1,002*40 มม.
ราคา	4,650 บาท

4.4.5 เลือกอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้

จากข้อมูลข้อ 4.4.3 ที่ได้ทำการเลือกแผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน แล้วจากนั้นผู้วิจัยจึงนำมาทำการเลือกอินเวอร์เตอร์ต่อในหัวข้อนี้ โดยอินเวอร์เตอร์ที่ผู้วิจัยได้ทำการเลือกคือ อินเวอร์เตอร์แบบออฟกริด ยี่ห้อ SUOER รุ่น STA-3000W/B เพื่อทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจาก กระแสตรงจากแบตเตอรี่ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า กระแสสลับ เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ เนื่องจากชุดแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ามีความจำเป็นจะต้องใช้อินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงพลังงานไฟฟ้าจาก แบตเตอรี่ 24 โวลต์กระแสตรง เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์อีกทั้งเป็นยี่ห้อที่มีราคาถูกและมี คุณภาพได้รับการยอมรับในระดับสากล [39]

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้อินเวอร์เตอร์เป็นรุ่น STA-3000W/B ชนิด Pure sine wave เนื่องจาก อินเวอร์เตอร์ชนิดนี้จะผลิตสัญญาณไฟฟ้ารูปร่างเหมือนไฟฟ้า ที่ใช้ตามบ้านเรือน ซึ่งเหมาะกับการใช้งาน เครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิด อีกทั้งการใช้งานกับโหลดที่เป็นปั้มน้ำ จะต้องเผื่อขนาดกระแสสตาร์ทของปั้มน้ำด้วย โดยอินเวอร์เตอร์ที่ผู้วิจัยเลือกมามีคุณสมบัติดังนี้ขนาด 360*180*85 มิลลิเมตร น้ำหนัก 2.47 กิโลกรัม มีค่า

แรงดันขาเข้าที่ 24 V และแรงดันขาออกเป็น AC230V มีพิกัดกำลังอยู่ที่ 2,000 W และกำลังสูงสุดอยู่ที่ 3,000 W โดยที่ตัวอินเวอร์เตอร์รุ่น STA-3000W/B นั้นมีค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ 70-80% ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ อินเวอร์เตอร์เป็นรุ่น STA-3000W/B ชนิด Pure sine wave เนื่องจากอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้จะผลิต สัญญาณไฟฟ้ารูปร่างเหมือนไฟฟ้า ที่ใช้ตามบ้านเรือน ซึ่งเหมาะกับการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิด อีกทั้งการ ใช้งานกับโหลดที่เป็นปั้มน้ำ จะต้องเผื่อขนาดกระแสสตาร์ทของปั้มน้ำด้วยโดยอินเวอร์เตอร์ที่ผู้วิจัยเลือกมามี คุณสมบัติดังนี้ขนาด 360x180x85 มิลลิเมตร น้ำหนัก 2.47 กิโลกรัม มีค่าแรงดันขาเข้าที่ 24V และแรงดันขา ออกเป็น AC230V มีพิกัดกำลังอยู่ที่ 2,000 W และกำลังสูงสุดอยู่ที่ 3,000 W โดยที่ตัวอินเวอร์เตอร์รุ่น STA- 3000W/B นั้นมีค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ 70 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์

4.4.6 เลือกแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดัน

แบตเตอรี่มีอยู่หลากหลายประเภทผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติของแต่ละประเภท พบว่าควรเลือกใช้แบตเตอรี่รถยนต์ประเภทเติมน้ำกลั่น เนื่องจากแบตเตอรี่รถยนต์แบบเติมน้ำกลั่นนั้นมีราคาที่ถูก สามารถนำมาใช้แทนตัวแบตเตอรี่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ซึ่งจะส่งผลให้ลดต้นทุนของระบบเครื่องสูบน้ำ ลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ได้ นอกจากนี้ในการสูบน้ำของชาวนาส่วนใหญ่มักทำในเวลากลางวันรวมไปถึงช่วง เดือนในการทำนาเป็นช่วงปลายปีซึ่งเป็นฤดูหนาวซึ่งไม่ได้รับผลกระทบแบบในฤดูฝนที่มีเมฆมากและอากาศชื้น ดังนั้นหากต้องการที่จะเก็บสะสมพลังงานไว้จึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้แบตเตอรี่ที่มีราคาสูงเพื่อเก็บพลังงานโดย สามารถหาขนาดแบตเตอรี่ได้จากการคำนวณดังต่อไปนี้

การหาขนาดของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บประจุไฟฟ้าเพื่อใช้ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ระบบทำ การสูบน้ำโดยพิกัดโหลดของระบบที่ใช้แบตเตอรี่ทำงานวันละ 5 ชั่วโมง

$$\begin{aligned} P_{load/day} &= \text{จำนวนวัตต์} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานต่อวัน} \\ &= 370 \text{ วัตต์} \times 5 \text{ ชั่วโมง} \\ &= 1,850 \text{ วัตต์ต่อชั่วโมง} \end{aligned} \quad (4.6)$$

กำหนดให้พิกัดแรงดันที่ใช้คือ 24 โวลต์ จากพิกัดแบตเตอรี่กำหนดค่า Dept of Discharge (DOD) คืออัตรา การคายประจุสูงสุดโดยแบตเตอรี่รถยนต์จะอยู่ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นสามารถคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่ ได้จาก

$$\begin{aligned} \text{ขนาดของแบตเตอรี่} &= \frac{P_{load/day}}{DOD \times \text{Battery voltage}} \\ &= \frac{1850}{0.6 \times 24} \\ &= 128.47 \text{ แอมแปร์ต่อชั่วโมง} \end{aligned} \quad (4.6)$$

จากการคำนวณจะได้ค่าพิกัด Amp-Hour ของแบตเตอรี่ที่ต้องใช้คือ 128.47 แอมแปร์ต่อชั่วโมง ดังนั้นการเลือกขนาดแบตเตอรี่ควรจะเลือกที่มีขนาดใหญ่กว่าที่คำนวณเล็กน้อยแต่ไม่ควรใหญ่จนเกินไป เนื่องจากจะทำให้เกิดปัญหาเวลาชาร์จคือ ชาร์จไม่เต็มและแบตเตอรี่เสื่อมเร็วกว่าที่ได้กำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการเลือกขนาดแบตเตอรี่รถยนต์ขนาด 150 แอมแปร์ 12 โวลต์ จำนวน 2 ลูก เพื่อให้ได้แรงดันขนาด 24 โวลต์ ตามพิกัดแรงดันที่ใช้

หมายเหตุ แบตเตอรี่ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ส่วนใหญ่จะมีแรงดันที่ 12 V และที่ความจุที่หลากหลายเช่น 32Ah, 35Ah, 40Ah, 45Ah, 60Ah, 70Ah, 80Ah, 100Ah, 120Ah, 150Ah, 200Ah เป็นต้น โดยสามารถนำแบตเตอรี่มาต่ออนุกรมกันเพื่อเพิ่มแรงดัน หรือต่อขนานเพื่อเพิ่มกระแส และสามารถต่อผสมอนุกรมขนานก็ได้

4.5 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้เบื้องต้นของโครงการ

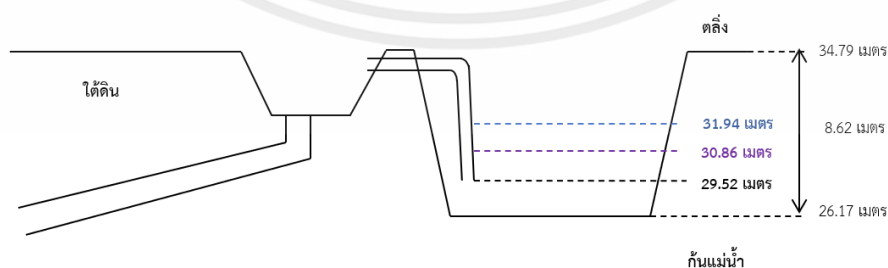
4.5.1 วิเคราะห์ข้อมูลด้านปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการเพาะปลูกข้าวเพื่อทำการออกแบบเครื่องสูบน้ำ โดยเก็บข้อมูล ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกข้าวต่อรอบ อัตราการระเหยน้ำ

จากข้อมูลการใช้น้ำของพืชในภาคเหนือของจังหวัดพิจิตรพบว่า การเพาะปลูกข้าวพันธุ์ กข ข้าวพันธุ์ กข มีอายุทั้งสิ้นจำนวน 100 วัน มีจำนวนวันที่ต้องส่งน้ำ 86 วัน มีค่าการระเหยเฉลี่ย 4.8 มิลลิเมตร ค่า ET/E 1.30 KP ข้าวพันธุ์ กข ต้องการใช้น้ำปริมาณ 7.7 มิลลิเมตรต่อวัน ดังนั้นตลอดอายุของข้าวพันธุ์ กข ต้องการใช้น้ำปริมาณ 666 มิลลิเมตรหรือ 1,065 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ [40]

4.5.2 วิเคราะห์เพื่อหาทางเลือกการออกแบบระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้ระบบ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการจะนำมาใช้ออกแบบระบบสูบน้ำ

จากข้อมูลที่ได้จากการคำนวณและนำมาเลือกอุปกรณ์ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในระบบสูบน้ำแบบลมดันโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ จะสามารถทำการเลือกอุปกรณ์โดยอาศัยเกณฑ์ดังต่อไปนี้

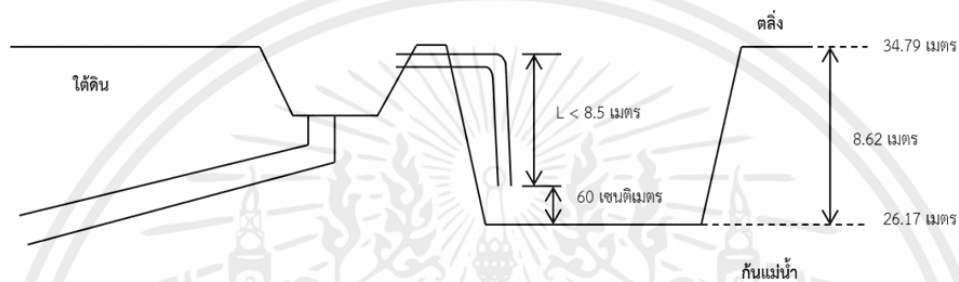
ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการจัดการน้ำในเดือนกันยายน – พฤศจิกายน เนื่องจากการเพาะปลูกข้าวพันธุ์ กข ข้าวพันธุ์ กข มีจำนวนวันที่ต้องการการส่งน้ำ 86 วันหรือประมาณ 3 เดือน ซึ่งสามารถแสดงระดับน้ำในเดือนต่างๆได้ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การจำลองระดับในเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน

โดยในเดือนกันยายนระดับน้ำจะอยู่ที่ 31.94 ม.รทก. เดือนตุลาคมระดับน้ำจะอยู่ที่ 30.86 ม.รทก. และเดือนพฤศจิกายนระดับน้ำจะอยู่ที่ 29.52 ม.รทก.และจากการคำนวณพบว่าได้ค่าตัวแปรต่างๆได้ดังตารางที่ 4.8

จากการคำนวณแล้วได้ค่าตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบระบบดังรูปที่ 4.10 เพื่อให้สามารถรองรับการใช้งานในเดือนที่มีระดับน้ำต่ำที่สุดได้เนื่องจากถ้าระบบสูบน้ำแบบลมดันสามารถใช้งานกับระดับที่น้อยได้ ในระดับน้ำที่สูงขึ้นหรือมากขึ้นระบบสูบน้ำนี้จึงสามารถใช้งานได้แน่นอน อีกทั้งผู้วิจัยได้ทำการเผื่อท่อที่จุ่มลงไปบริเวณใกล้กันแม่น้ำไว้ห่าง 60 เซนติเมตรเพื่อป้องกันไม่ให้มีโคลนติดเข้าไปหรือเกิดการอุดตันในระบบสูบน้ำ



รูปที่ 4.10 ต้นแบบการจำลองระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ต้นแบบ

จากการเพาะปลูกข้าวพันธุ์ กข ผู้วิจัยได้ทำการเลือกใช้ระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันในช่วงเวลาเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนเท่านั้น ในเดือนที่เหลือระบบไม่ได้ถูกนำมาใช้ทางผู้วิจัย จึงได้ทำการตัดสินใจในการประยุกต์ใช้แผงโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่และอินเวอร์เตอร์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบในระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดัน ที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวช่วยในการประหยัดค่าไฟให้กับเกษตรกรใน ช่วงเดือนที่เหลือคือเดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม การประยุกต์ใช้อุปกรณ์นี้เพื่อให้ระบบเกิด ประโยชน์สูงสุดและไม่เกิดความสูญเสียเปล่าในช่วงระยะเวลาที่ไม่ได้ทำการปลูกข้าวซึ่งในระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันมีการใช้แผงโซลาร์เซลล์ทั้งหมด 5 แผง ต่อ 1 ชุด ใน 1 วันสามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้งานในครัวเรือนได้วันละ 2,000 วัตต์ โดยสามารถใช้งานได้วันละ 5 ชั่วโมง ดังนั้น 1 ชุด จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมด 8 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวันพบว่าในแต่ละเดือนสามารถคำนวณหน่วยไฟฟ้าที่ใช้งาน ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.10 จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่สามารถใช้งานได้ต่อเดือนในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม

เดือน	จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่สามารถใช้งานได้ต่อเดือน (kWh)	
	On-peak	Off-peak
มกราคม	736	256
กุมภาพันธ์	640	256
มีนาคม	736	256
เมษายน	704	256
พฤษภาคม	736	256
มิถุนายน	704	256
กรกฎาคม	736	256
สิงหาคม	736	256

หลังจากทราบระดับน้ำที่ต่ำที่สุดแล้วเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกอุปกรณ์ของระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.11 เกณฑ์การเลือกอุปกรณ์ของระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์

อุปกรณ์	มาตรฐาน	วิธีการเลือก
เครื่องปั๊มลม	ISO 9001, European Conformity (CE), Underwriters Laboratories Inc.(UL)	- ราคาที่เหมาะสมกับเกษตรกร - เลือกจากการคำนวณโดยใช้ค่าอัตราการไหลของปริมาตรของเหลวและอากาศ
แผงเซลล์แสงอาทิตย์	IEC 61215:2016, IEC61730:2016, European Coformity (CE)	- ราคาที่เหมาะสมกับเกษตรกร - เลือกขนาดแผงที่เหมาะสมกับปั๊มลมขนาด 2,000 วัตต์ - เลือกโดยเป็นการต่อแบบ Off-grid
อินเวอร์เตอร์	European Coformity (CE), General Society of Surveillance (SGS), China Quality Certificate Center (CQC)	- ราคาที่เหมาะสมกับเกษตรกร - เลือกอินเวอร์เตอร์ที่มีจำนวนวัตต์มากกว่าการใช้พลังงานทั้งหมด 30-40 เปอร์เซ็นต์
ท่อ	TIS17-2532, TIS216-2524	- กำหนดขนาดท่อ 4 นิ้วโดยอ้างอิงจาก An Analytical and Experimental Study of Air-Lift Pump Performance

4.5.3 วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินและเศรษฐศาสตร์เพื่อใช้ในการตัดสินใจลงทุนสร้างระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์

จากการค้นคว้าข้อมูลพบว่าในปัจจุบันเครื่องสูบน้ำเชื้อเพลิงยังคงเป็นที่นิยมที่ใช้สำหรับการทำนาอยู่ โดยการใช้เครื่องสูบน้ำแบบใช้เครื่องสูบน้ำแบบเบนซินและดีเซลเนื่องจากแหล่งเชื้อเพลิงสามารถหาได้ไ้ตามชนบท

ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนเพื่อเปรียบเทียบราคาระบบระหว่างเครื่องสูบน้ำแบบเชื้อเพลิงกับเครื่องสูบน้ำแบบลมดัน ซึ่งเกณฑ์การเลือกอุปกรณ์ต่างๆในระบบนั้นนำมาจากหัวข้อ 4.5.2 เพื่อทำการหาความคุ้มค่าในการลงทุนให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด โดยมีราคาอุปกรณ์ในระบบต่างๆดังต่อไปนี้

1. ต้นทุนเครื่องสูบน้ำแบบเชื้อเพลิง

ปัจจุบันเกษตรกรยังใช้เครื่องสูบน้ำแบบเชื้อเพลิงอยู่เป็นจำนวนมาก ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการสำรวจรูปแบบที่เกษตรกรนิยมใช้โดยมีด้วยกัน 3 รูปแบบซึ่งตารางต่อไปนี้นี้จะแสดงต้นทุนของตัวเครื่องสูบน้ำแบบเชื้อเพลิงที่เกษตรกรนิยมใช้

ตารางที่ 4.12 ต้นทุนเครื่องสูบน้ำท่อพญานาคแบบเครื่องยนต์เบนซินรูปแบบที่ 1

ส่วนประกอบระบบ	ชนิดอุปกรณ์ (ชิ้นส่วนย่อย)	จำนวนที่ใช้	ราคา	ราคาสุทธิ
เครื่องสูบน้ำพญานาค (บาท/เครื่อง)		1	26,550	26,550
ส่วนประกอบท่อ(บาท/ชิ้น)	สายดูดตัวหนอนสีฟ้า	-	7,300	-
	หัวกะโหลก	1	5,500	5,500
	เหล็กรัดท่อ	3	50	150
ท่อน้ำPVC (บาท/ชิ้น)	ท่อลด	-	90	-
	ท่อตรง	-	310	-
	ท่องอ	-	32	-
รวม				32,200

หมายเหตุ: หน่วย: บาท

ตารางที่ 4.13 ต้นทุนเครื่องสูบน้ำท่อพญานาคแบบเครื่องยนต์ดีเซลรูปแบบที่ 2

ส่วนประกอบระบบ	ชนิดอุปกรณ์ (ชิ้นส่วนย่อย)	จำนวนที่ใช้	ราคา	ราคาสุทธิ
เครื่องสูบน้ำพญานาค (บาท/เครื่อง)		1	34,500	34,500
ส่วนประกอบท่อ(บาท/ชิ้น)	สายดูดตัวหนอนสีฟ้า	-	-	-
	หัวกะโหลก	1	5,500	5,500
	เหล็กรัดท่อ	3	50	150
ท่อน้ำPVC (บาท/ชิ้น)	ท่อลด	-	90	-
	ท่อตรง	-	310	-
	ท่องอ	-	32	-
รวม				40,150

หมายเหตุ: หน่วย: บาท

ตารางที่ 4.14 ต้นทุนเครื่องสูบน้ำปั๊มหอยโข่งขนาด 4 นิ้ว เครื่องยนต์ดีเซลรูปแบบที่ 3

ส่วนประกอบระบบ	ชนิดอุปกรณ์ (ชิ้นส่วนย่อย)	จำนวนที่ใช้	ราคา	ราคาสุทธิ
เครื่องสูบน้ำปั๊มหอยโข่ง(บาท/เครื่อง)		1	5,140	5,140
ส่วนประกอบท่อ(บาท/ชิ้น)	สายดูดตัวหนอนสีฟ้า	1	7,300	7,300
	หัวกะโหลก	1	5,500	4,500
	เหล็กรัดท่อ	3	50	150
ท่อน้ำPVC (บาท/ชิ้น)	ท่อลด	1	90	90
	ท่อตรง	1	310	310
	ท่องอ	1	32	32
รวม				17,372

หมายเหตุ: หน่วย: บาท

นอกจากนี้ในการใช้เครื่องสูบน้ำแบบเชื้อเพลิงยังมีค่าใช้จ่ายอื่นๆอีกด้วยซึ่งอ้างอิงมาจากต้นทุนเฉลี่ยต่อไร่ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์ กข ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายนโดยมีค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้

- ค่าวัสดุสิ้นเปลือง 191.43 บาท/ไร่
- ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร 60.22 บาท/ไร่
- ค่าน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล 877.38 บาท/ไร่
- ค่าน้ำมันเบนซินสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน 215.93 บาท/ไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ต้นทุนเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์

ต้นทุนระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบมีด้วยกัน 2 รูปแบบซึ่งแตกต่างกันที่ยี่ห้อของปั๊มลม จากการออกแบบได้เลือกส่วนประกอบของระบบที่ผ่านมาตรฐานดังตารางที่ 4.12 โดยมีต้นทุนของระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.15 ต้นทุนเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์รูปแบบที่ 1 โดยใช้ปั๊มลมยี่ห้อพูม่า

ส่วนประกอบระบบ	ชนิดอุปกรณ์ (ชิ้นส่วนย่อย)	จำนวนที่ใช้	ราคา	ราคาสุทธิ
ปั๊มลมพูม่า	-	1	11,000	11,000
แผงโซลาร์เซลล์ 400 วัตต์	-	5	4,650	23,250
อินเวอร์เตอร์	-	1	3,650	3,650
แบตเตอรี่รี	-	2	5,000	10,000
ท่อน้ำ	ท่อตรง	3	310	930
	ข้องอ 90	1	32	32
	ข้อต่อ	3	12	36
รวม				48,898

หมายเหตุ: หน่วย: บาท

ตารางที่ 4.16 ต้นทุนเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์รูปแบบที่ 2 โดยใช้ปั๊มลมยี่ห้อไทเกอร์

ส่วนประกอบระบบ	ชนิดอุปกรณ์ (ชิ้นส่วนย่อย)	จำนวนที่ใช้	ราคา	ราคาสุทธิ
ปั๊มลมไทเกอร์	-	1	8,300	8,300
แผงโซลาร์เซลล์ 400 วัตต์	-	4	4,650	23,250
อินเวอร์เตอร์	-	1	3,650	3,650
แบตเตอรี่รี	-	2	10,000	10,000
ท่อน้ำ	ท่อตรง	3	310	930
	ข้องอ 90	1	32	32
	ข้อต่อ	3	12	36
รวม				46,198

หมายเหตุ: หน่วย: บาท

จากตารางที่ 4.15 และตารางที่ 4.16 แสดงต้นทุนเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบต่างๆ และนอกจากนี้ในการใช้เครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ยังมีค่าใช้จ่ายอื่นๆ อีกด้วยซึ่งอ้างอิงมาจากต้นทุนเฉลี่ยต่อไร่ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธ์ กข ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายนโดยมีค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้

นอกจากนี้ในการใช้เครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ ยังมีค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายนโดยมีค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้

- ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 5,000 บาท/ไร่
- มูลค่าซากราคาปีละ 5,500 บาท/ไร่ [41]

จากทางเลือกข้างต้นผู้วิจัยได้ทำการเลือกรูปแบบที่ 2 มาทำการวิเคราะห์เนื่องจากเป็นรูปแบบที่มีต้นทุนต่ำในการลงทุนครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้ใช้อัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับ 0.04875 บาทต่อปีทบต้นทุกปี [42] โดยกำหนดให้อายุการดำเนินงานของโครงการอยู่ที่ 25 ปี ดังนั้นจึงสามารถนำมาคำนวณเพื่อหาความคุ้มค่าในการลงทุนด้วยเครื่องมือต่างๆ ดังนี้

มูลค่าเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา (Equivalent Uniform Annual Value (EUAV))

คือมูลค่าสุทธิต่อหน่วยเวลาของโครงการซึ่งก็คือผลตอบแทนสุทธิของมูลค่าเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายที่เกิดขึ้นตลอดช่วงอายุของโครงการ โดยการลดค่าด้วยอัตราส่วนลด

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value (NPV))

คือมูลค่าสุทธิในปีปัจจุบันของโครงการซึ่งก็คือผลตอบแทนสุทธิของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดทั้งรายรับและรายจ่ายที่เกิดขึ้นตลอดช่วงระยะเวลาของโครงการโดยลดด้วยอัตราส่วนลด

อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return (IRR))

คือผลตอบแทนภายในโครงการเป็นร้อยละซึ่งก็คืออัตราผลตอบแทนความสามารถของเงินทุนที่ทำให้เกิดประโยชน์คุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อมีการคำนวณเป็นมูลค่าปัจจุบัน

โดยจากต้นทุนระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบที่ 2 สามารถคำนวณหามูลค่าเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา มูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.17 ค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูกตลอดอายุโครงการ

ค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูกตลอดอายุโครงการ	
รายจ่าย	
ลงทุนครั้งแรก	46,198.00
ค่าอินเวอร์เตอร์(เปลี่ยนทุก10ปี/1set)	3,650.00
ค่าแบตเตอรี่(เปลี่ยนทุก5ปี/1set)	10,000.00
ค่าปั๊มลม(เปลี่ยนทุก25ปี/1set)	8,300.00
ค่าโซลาร์เซลล์(เปลี่ยนทุก25ปี/1set)	23,250.00

ค่าปุ๋ย	700.00
ค่าสารเคมี	180.00
รายรับ	
มูลค่าข้าวเปลือกที่ขายได้ต่อปี	7,489.42
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี	39,602.03
มูลค่าซากป้อนนมต่อ25ปี	5,500.00

หมายเหตุ: หน่วย: บาท

จากตารางที่ 4.17 ได้บอกรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับรายรับและรายจ่ายในการลงทุนระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีรายจ่ายในเรื่องของอุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นต้องเปลี่ยนตามอายุ การใช้ งานของอุปกรณ์รวมถึงการลงทุนติดตั้งระบบในครั้งแรก และมีรายรับในเรื่องของการขาย ข้าวซึ่งได้มาจากการ เพาะปลูกข้าวพันธ์ กข 1 ไว้โดยจากการเพาะปลูกเกษตรกรได้รับผลผลิตเป็นจำนวน 0.807 ตัน และนอกจากนี้ ยังมีรายรับ ในเรื่องของการประยุกต์ใช้โซลาร์เซลล์เพื่อช่วยประหยัด ค่าไฟและมูลค่าซากป้อนอีกด้วย

ตารางที่ 4.18 อัตราค่าไฟสุทธิตามช่วงเวลาการใช้ไฟในแต่ละเดือน

อัตราการใช้ไฟในแต่ละเดือน				
เดือน	จำนวนวัน (วัน)	on-peak (kwh)	off-peak (kwh)	ค่าไฟสุทธิตามช่วงเวลา การใช้ไฟ (บาท)
มกราคม	31	736	256	4,911.67
กุมภาพันธ์	28	640	256	4,402.15
มีนาคม	31	736	256	4,911.67
เมษายน	30	704	256	4,741.83
พฤษภาคม	31	736	256	4,911.67
มิถุนายน	30	704	256	4,741.83
กรกฎาคม	31	736	256	4,911.67
สิงหาคม	31	736	256	4,911.67

จากตารางที่ 4.18 แสดงถึงจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่เกษตรกรสามารถใช้ได้ในแต่ละเดือนโดยคิดจากความ สารถในการผลิตไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ ซึ่งใน 1 ไร่ มีการใช้ระบบเครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นจำนวนทั้งหมด 4 ชุด ซึ่งหมายความว่ามีการใช้แผงโซลาร์เซลล์ทั้งหมด 20 แผง โดยสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 5 ชั่วโมงต่อวันและประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์อยู่ที่ร้อยละ 80

ตารางที่ 4.19 ตารางกระแสเงินสดของโครงการระบบเครื่องสูบน้ำแบบลดต้นทุนพลังงานแสงอาทิตย์

กระแสเงินสด			
ปีที่	รายรับ	รายจ่าย	เงินสะสมสุทธิ
0	0.00	184,792.00	-184,792.00
1	46,211.45	0.00	-138,580.55
2	46,211.45	0.00	-92,369.11
3	46,211.45	0.00	-46,157.66
4	46,211.45	0.00	53.79
5	46,211.45	40,000.00	6,265.23
6	46,211.45	0.00	52,476.68
7	46,211.45	0.00	98,688.13
8	46,211.45	0.00	144,899.58
9	46,211.45	0.00	191,111.02
10	46,211.45	54,600.00	182,722.47
11	46,211.45	0.00	228,933.92
12	46,211.45	0.00	275,145.36
13	46,211.45	0.00	321,356.81
14	46,211.45	0.00	367,568.26
15	46,211.45	40,000.00	373,779.70
16	46,211.45	0.00	419,991.15
17	46,211.45	0.00	466,202.60
18	46,211.45	0.00	512,414.05
19	46,211.45	0.00	558,625.49
20	46,211.45	54,600.00	550,236.94
21	46,211.45	0.00	596,448.39
22	46,211.45	0.00	642,659.83
23	46,211.45	0.00	688,871.28
24	46,211.45	0.00	735,082.73
25	68,211.45	166,200.00	637,094.17

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	500,501.27
มูลค่าเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา (EUAV)	25,638.21
อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR)	21.84%

หมายเหตุ: หน่วย: บาท

จากตารางที่ 4.17 ที่แสดงค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆในระบบ เมื่อนำมาคำนวณหา ค่าคุณร่วมน้อย พบว่าได้ค่าของการคุณร่วมน้อยเท่ากับ 50 ปีซึ่งเป็นจำนวนปีที่ต้องนำพิจารณาในการคิดกระแสเงินสดของโครงการ แต่ในงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดระยะเวลาในการดำเนินโครงการที่ 25 ปี

ดังนั้นกระแสเงินสดในรายงานเล่มนี้จึงแสดงแค่ 25 ปี พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการจากการวิเคราะห์กระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 50 โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 500,501.27 บาท มูลค่าเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา (EUAV) เท่ากับ 25,638.21 บาท และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการคือ ร้อยละ 21.84 ดังนั้นมูลค่าปัจจุบันสุทธิและมูลค่าเฉลี่ยต่อหน่วยเวลามีค่าเป็นบวกและมีค่ามากกว่าศูนย์ อีกทั้งอัตราผลตอบแทนภายในโครงการมีค่ามากกว่าอัตราค่าเสียโอกาส (MARR) ดังนั้นโครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุน

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

คือระยะเวลาที่ทำให้กระแสเงินสดที่เป็นรายรับของโครงการสามารถชดเชยกระแสเงินสดที่เป็นรายจ่ายในการลงทุนของโครงการสุทธิในตอนเริ่มลงทุนโครงการพอดี เนื่องจากโครงการนี้เป็นการที่ลงทุนเป็นโครงการที่มีลักษณะในการลงทุนเพียงครั้งเดียวในปีแรกและให้ผลตอบแทนที่เท่ากันในทุกปี

จากตารางที่ 4.20 สามารถนำมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการได้จากการวิเคราะห์กระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายตั้งแต่ปีที่ 0 ถึงปีที่ 50 มีค่าเท่ากับ 3.99 ปี หรือคิดเป็นประมาณ 4 ปี ซึ่งระยะเวลาคืนทุนอยู่ในระยะเวลาที่ดี ดังนั้นโครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุน

ดังนั้นจากการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนจากหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจแบบต่างๆได้ผลการวิเคราะห์พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 500,501.27 บาท มูลค่าเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาเท่ากับ 25,638.21 บาท ซึ่งมีค่าเป็นบวกและมีค่ามากกว่าศูนย์ทั้งคู่ ทำให้ตัดสินใจลงทุนใน 2 หลักเกณฑ์นี้ และระยะเวลาคืนทุนของโครงการมีค่าเท่ากับ 3.99 ปี หรือคิดเป็นประมาณ 4 ปี ซึ่งระยะเวลาคืนทุนอยู่ในระยะเวลาที่ดี ดังนั้นโครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุนสำหรับเกณฑ์นี้

4.6 วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

จากข้อมูลปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการทำงานจากหัวข้อ 4.1.1 จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากเครื่องสูบน้ำแบบใช้น้ำมันและทำการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์หลังจากเปลี่ยนมาใช้ระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์

4.6.1. คำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ใช้เครื่องสูบน้ำแบบน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทำนา

ในการคำนวณผู้วิจัยจะทำการแก้ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในกิจกรรมการสูบน้ำสำหรับทำนาเท่านั้นโดยสามารถคำนวณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂-eq) ได้ดังนี้ [43]

ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า = ข้อมูลกิจกรรม × ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อย

1. เครื่องสูบน้ำที่อาศัยเชื้อเพลิงจากน้ำมันดีเซลในการทำนาปริมณฑลจะต้องอาศัยน้ำมันดีเซลเพื่อใช้ในการสูบน้ำเป็นจำนวน 30.42 ลิตร/ไร่ ตลอดระยะเวลาการทำนา 1 รอบการเพาะปลูก เพราะฉะนั้นใน 1 รอบการทำนาปริมณฑลจะเกิดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ

ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยของน้ำมันดีเซล (Emission Factor) = 2.7080 kg CO₂-eq ต่อลิตร

ค่า CO₂ Emission = 30.42 ลิตร × 2.7080 kg CO₂-eq ต่อลิตร = 82.3774 kg CO₂-eq

ดังนั้น ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อ 1 ไร่ เท่ากับ 82.3774 kg CO₂-eq

2. เครื่องสูบน้ำที่อาศัยเชื้อเพลิงจากน้ำมันเบนซินในการทำนาปริมณฑลจะต้องอาศัยน้ำมันเบนซินเพื่อใช้ในการสูบน้ำเป็นจำนวน 6.84 ลิตร/ไร่ ตลอดระยะเวลาการทำนา 1 รอบการเพาะปลูก เพราะฉะนั้นใน 1 รอบการทำนาปริมณฑลจะเกิดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ

ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยของน้ำมันเบนซิน (Emission Factor) = 2.1896 kg CO₂-eq ต่อลิตร

ค่า CO₂ Emission = 6.84 ลิตร × 2.1896 kg CO₂-eq ต่อลิตร = 14.9769 kg CO₂-eq

ดังนั้น ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อ 1 ไร่ เท่ากับ 14.9769 kg CO₂-eq

4.6.2. วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์การใช้เครื่องสูบน้ำแบบน้ำมันเชื้อเพลิงกับการใช้เครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

จากการคำนวณในข้อ 4.6.1 ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเครื่องสูบน้ำในประเภทต่างๆที่ใช้สำหรับการทำนาปริมณฑล 1 รอบ โดยมีขนาดพื้นที่ 1 ไร่ ได้ดังตารางที่

ตารางที่ 4.20 ตารางค่า CO₂ Emission (kg CO₂-eq) ของเครื่องสูบน้ำในแต่ละแบบ

ประเภทเครื่องสูบน้ำ	ค่า CO ₂ Emission (kg CO ₂ -eq)
เครื่องสูบน้ำที่อาศัยเชื้อเพลิงจากน้ำมันดีเซล	82.3774
เครื่องสูบน้ำที่อาศัยเชื้อเพลิงจากน้ำมันเบนซิน	14.9769
เครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์	0

จากตารางที่ 4.20 ผู้วิจัยพบว่าในการทำนาปริมณฑล 1 รอบ โดยมีพื้นที่ขนาด 1 ไร่ ในกิจกรรมที่มีการใช้เครื่องสูบน้ำมีการใช้เครื่องสูบน้ำในประเภทต่างๆ โดยเครื่องสูบน้ำที่อาศัยเชื้อเพลิงจากน้ำมันดีเซลมีค่าปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเท่ากับ 82.3774 kg CO₂-eq เครื่องสูบน้ำที่อาศัยเชื้อเพลิงจากน้ำมันเบนซินมีค่าปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเท่ากับ 14.9769 kg CO₂-eq และ

เครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เท่ากับ 0 kg CO₂-eq ดังนั้นถ้าหากเกษตรกรสนใจหันมาใช้เครื่องสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ อีกทั้งยังเป็นการช่วยลดการปล่อยมลพิษ ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและใช้พลังงานที่มีอยู่คือพลังงานแสงอาทิตย์ให้เกิดประโยชน์สูงสุดอย่างยั่งยืน



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาเรื่องความเป็นไปได้ของการออกแบบต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กับการทำนาปรัง ซึ่งเป็นการศึกษาการจำลองต้นแบบจากพื้นที่การปลูกข้าวจำนวน 1 ไร่ในจังหวัดพิจิตรซึ่งทำการสูบน้ำขึ้นมาจากแหล่งน้ำที่ใกล้ที่สุดคือแม่น้ำยม โดยการศึกษาความเป็นไปได้ในครั้งนี้จะเน้นไปที่การศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคโดยเฉพาะเพื่อให้ทราบว่าต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์มีความเหมาะสมหรือไม่กับการเพาะปลูกนาปรังต่อการอบการผลิต ประกอบกับการใช้ข้อมูลที่ได้ในการประมาณต้นทุนของการเพาะปลูกข้าวและระยะเวลาในการคืนทุน โดยทำการผลักดันพลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นอีกทางเลือกใหม่ให้การเพาะปลูกข้าวเพื่อให้การปลูกข้าวในแต่ละรอบนั้นเพื่อส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด โดยสามารถสรุปผลได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการที่ประเทศไทยให้ความสำคัญในภาคผลิตทางเกษตรกรรมเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นสินค้าส่งออกและสร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนมาก แต่ยังไม่ได้มีการให้ความสำคัญในด้านผลกระทบจากมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากภาคเกษตรกรรมเช่นการใช้พลังงานเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการสูบน้ำที่ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ในปัจจุบันได้มีบางพื้นที่เริ่มศึกษาและทดลองการใช้เครื่องสูบน้ำโดยใช้แหล่งพลังงานจากแสงอาทิตย์หรืออาจใช้แหล่งพลังงานจากน้ำเพื่อเป็นการปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้พลังงานให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเกิดความยั่งยืนในด้านสิ่งแวดล้อม ในงานวิจัยชิ้นนี้ต้องการนำเสนอคือให้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเลือกใช้ปั๊มสูบน้ำเพื่อให้เกษตรกรสามารถผลิตมาใช้เองได้และลดการปล่อยมลพิษ โดยได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ปริมาณน้ำมันที่เกิดขึ้นในกิจกรรมสูบน้ำเพื่อใช้ในการทำนาปรังในจังหวัดที่นิยมทำการเพาะปลูกข้าวแบบนาปรังซึ่งทำให้เกิดการสูบน้ำเป็นจำนวนหลายครั้งต่อปี ซึ่งทำให้เกษตรกรเกิดค่าใช้จ่ายในการลงทุนซื้อเครื่องสูบน้ำหรือเกษตรกรบางคนอาจไม่ได้ซื้อเองก็ต้องเสียค่าเช่าเครื่องสูบน้ำ ค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงและในปัจจุบันค่าน้ำมันเชื้อเพลิงมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ จึงจำเป็นต้องหาวิธีในการลดค่าใช้จ่ายด้านการสูบน้ำเพื่อใช้ในการทำนาและลดการปล่อยมลพิษด้วยการศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ในแม่น้ำธรรมชาติ ในการศึกษาครั้งนี้เป็นกรณีศึกษาแม่น้ำยม ตำบลโพธิ์ประทับช้าง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร ซึ่งเป็นพื้นที่ทำการเพาะปลูกข้าวนาปรังเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังเป็นพื้นที่แห้งแล้งมีความต้องการน้ำเป็นจำนวนมากเพื่อใช้สำหรับการเพาะปลูก ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการใช้ระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการทำนา ทางผู้วิจัยจึงได้เริ่มทำการศึกษาจากคุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำ

น้ำ ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ ปริมาณการใช้น้ำในการเพาะปลูก ข้อมูลระดับน้ำในพื้นที่ ข้อมูลความเข้มแสง และปัจจัยอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้องรวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องสูบน้ำ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องและทำการคำนวณหาคุณสมบัติเครื่องสูบน้ำแบบลมดันที่เหมาะสมสำหรับการใช้ ทำนาในพื้นที่ขนาด 1 ไร่ โดยในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาในการใช้ระบบสูบน้ำแบบลมดันในเชิง ทฤษฎีเท่านั้น ไม่ได้มีการทำการทดลองระบบสูบน้ำแบบลมดันในทางปฏิบัติจริง และเมื่อได้คุณสมบัติของ เครื่องสูบน้ำแล้วจะทำการหาอุปกรณ์ให้มีความเหมาะสมกับระบบสูบน้ำในพื้นที่ขนาด 1 ไร่ และทำการรวบรวม ค่าใช้จ่ายสำหรับการลงทุนระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์และค่าดำเนินการต่างๆ แล้วจึงนำมา ศึกษาหาความเป็นไปได้เบื้องต้นในการใช้ระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจากการศึกษาในครั้ง นี้สามารถสรุปได้เป็น 3 หัวข้อดังต่อไปนี้

5.1.1 ผลการออกแบบระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์

จากการออกแบบระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบ ด้วยกันทั้งหมด 2 รูปแบบเพื่อให้เกษตรกรมีทางเลือกที่หลากหลายในการเลือกใช้ระบบสูบน้ำแบบลมดัน พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งในแต่ละชุดมีความแตกต่างกันที่ยี่ห้อของเครื่องปั๊มลมโดยรูปแบบและราคาของระบบมี ดังต่อไปนี้

รูปแบบที่ 1 ระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เครื่องปั๊มลมยี่ห้อพูม่าราคา 48,898 บาท

รูปแบบที่ 2 ระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เครื่องปั๊มลมยี่ห้อไทเกอร์ราคา 46,198 บาท ซึ่งในการสูบน้ำเพื่อใช้สำหรับการเพาะปลูกข้าวนาปรังจำนวน 1 ไร่ จำเป็นต้องใช้ชุดระบบเครื่องสูบน้ำ แบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์น้ำทั้งหมด 4 ชุด ซึ่งสามารถเลือกรูปแบบชุดได้จากตัวเลือกข้างต้นที่ได้กล่าวมา เนื่องด้วยรูปแบบของระบบที่มีความแตกต่างกันนี้จะช่วยให้เกษตรกรสามารถเลือกชุดระบบที่มีความเหมาะสม กับพื้นที่การเพาะปลูกและระยะเวลาคืนทุนที่เหมาะสมได้

5.1.2 ผลจากการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์

จากการคำนวณพบว่าเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์สามารถหาค่าของ มูลค่าปัจจุบันสุทธิและมูลค่าเฉลี่ยต่อหน่วยสุทธิได้คือ 500,501.27 บาทและ 25,638.21 บาทต่อปีโดย กำหนดให้ใช้อัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับ 0.04875 บาทต่อปีทบต้นทุกปี ตามลำดับโดยใช้ระยะเวลาการคำนวณ ระยะเวลาการดำเนินโครงการอยู่ที่ 50 ปี นอกจากนั้นแล้วหลังจากได้ทำการคำนวณหาค่าของมูลค่าปัจจุบัน สุทธิและมูลค่าเฉลี่ยต่อหน่วยสุทธิออกมาแล้วยังได้ทำการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของโครงการซึ่งหลังจาก เปลี่ยนมาใช้ระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์แล้วจะใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 3.99 ปี หรือคิดเป็น ประมาณ 4 ปีเพื่อคืนทุนในการดำเนินโครงการและมีค่าอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการอยู่ที่ร้อยละ 21.84 ดังนั้นโครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุน

5.1.3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระหว่างระบบเครื่องสูบน้ำแบบใช้เชื้อเพลิงกับระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์

จากการศึกษาในครั้งนี้เครื่องสูบน้ำแบบใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมันเบนซินและดีเซลก่อให้เกิดมลพิษซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยจากการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ใช้เครื่องสูบน้ำในแต่ละประเภทพบว่าเครื่องสูบน้ำแบบใช้น้ำมันดีเซลปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นจำนวน 82.3774 กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า และเครื่องสูบน้ำแบบใช้น้ำมันเบนซินมีการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นจำนวน 14.9769 กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า โดยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ได้มาจากการใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซินตามลำดับเท่านั้นยังไม่ได้มีการคำนวณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้เครื่องสูบน้ำรวมเข้าไปด้วยและการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์นั้นคือ 0 กิโลกรัมคาร์บอน ซึ่งในคำนวณนี้การปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เทียบกับการทำนาในพื้นที่ 1 ไร่ จากการคำนวณการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากทั้ง 3 แบบแล้วนั้น พบว่าระบบที่มีการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดคือ ระบบเครื่องสูบน้ำแบบใช้น้ำมันดีเซล เครื่องสูบน้ำแบบใช้น้ำมันเบนซินและระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ตามลำดับ ดังนั้นการใช้เครื่องสูบน้ำแบบเชื้อเพลิงมีการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ให้กับชั้นบรรยากาศเป็นจำนวนมาก อีกทั้งในปัจจุบันทั่วโลกให้ความสำคัญกับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างจริงจังมากขึ้น ถึงกับมีการขายคาร์บอนเครดิตกันในบางประเทศหากเกษตรกรหันมาใช้ระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยในการลดมลพิษที่เกิดขึ้นระหว่างการเพาะปลูกข้าวและทำให้ประเทศไทยสามารถขายคาร์บอนเครดิตให้กับประเทศอื่นๆได้ซึ่งจะทำให้เกิดรายได้ให้กับประเทศอีกทางหนึ่งด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเรื่อง “การออกแบบต้นแบบของระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการปลูกข้าวนาปรัง” ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาครั้งต่อไปหรือนำไปประยุกต์ใช้ดังต่อไปนี้

- พื้นที่ที่นำระบบสูบน้ำแบบลมดันโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ควรเป็นพื้นที่ที่มีระดับน้ำที่สูงเพื่อที่จะให้อัตราส่วนของการจมมีอัตราที่สูงขึ้นซึ่งจะส่งผลต่อค่าอัตราการไหลของปริมาตรของเหลวคืออัตราการไหลของปริมาณของเหลวที่สามารถสูบได้ใน 1 วินาที ซึ่งในบริเวณที่มีระดับน้ำสูงอัตราการไหลของปริมาตรของของเหลวจะสูงไปด้วย ซึ่งจะทำให้ระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์สามารถสูบน้ำได้ในปริมาณที่มากขึ้นและส่งผลให้สามารถลดจำนวนชุดเครื่องสูบลงไปได้โดยจะทำให้ต้นทุนที่ต้องใช้ในการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนในระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์นั้นลดลง
- ผู้ที่ต้องการจะนำระบบสูบน้ำแบบลมดันโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้งานควรมีการใช้งานระบบนี้ทั้งปีเพื่อที่จะลดต้นทุนที่เกิดจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นได้ตลอดทุกรอบของการเพาะปลูกในแต่ละปีและยังสามารถลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากเครื่องสูบน้ำที่อาศัยพลังงานจากน้ำมัน

เชื้อเพลิงหรืออาจจะมีใช้งานแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากระบบเข้ากับเครื่องสูบน้ำแบบเชื้อเพลิง

- สำหรับระบบสูบน้ำแบบลมดันพลังงานแสงอาทิตย์ควรประยุกต์ใช้กับการเพาะปลูกพืชชนิดอื่นๆ ที่ใช้น้ำปริมาณมากสำหรับการเพาะปลูกหรือใช้ในภาคการประมง เพื่อลดระยะเวลาในการคื่นทุนให้มีระยะเวลาที่สั้นที่สุด
- เนื่องจากตัวระบบต้นแบบที่ได้จากการศึกษารั้้นนี้เป็นเพียงระบบต้นแบบที่ได้จากการคำนวณผ่านทฤษฎีเท่านั้น ควรมีการนำระบบต้นแบบที่ได้ไปทดลองปฏิบัติเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพที่ได้จากการใช้งานจริง



เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2564. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2563. ม.ป.พ.,ม.ป.ท.
- [2] Stenning A.H. and Martin C.B.. 1986. An Analytical and Experimental Study of Air-Lift Pump Performance. Bethlehem: Lehigh University. pp.106-110
- [3] Yong Bai and Qiang Bai. MODELING MULTIPHASE FLOW AND TRANSPORT IN POROUS MEDIA. [Online]. 2019. Available from : <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/two-phase-flow>
- [4] Saeid Mokhatab and William A. Poe. 2012. Raw Gas Transmission in Handbook of Natural Gas Transmission and Processing
- [5] กองถ่ายถอดและเผยแพร่เทคโนโลยี. การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ การถ่ายถอดและเผยแพร่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์. ม.ป.ป., หน้า 6-36
- [6] FSEC Energy Research Center University of Central Florida. Types of PV Systems. [Online]. n.d. Available from : <https://energyresearch.ucf.edu/consumer/solar-technologies/solar-electricity-basics/types-of-pv-systems/>
- [7] Sunmaster Inspired by Sun. Stand Alone System with Only DC Load. [Online]. n.d. Available from : <https://sunmaster.in/product.html>
- [8] Synergy Enviro Engineers. Solar Photovoltaic System. [Online]. n.d. Available from : <http://www.synergyenviron.com/resources/solar-photovoltaic-systems>
- [9] Jason Svarc. Solar Panel Construction. [Online]. 2020. Available from : <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/solar-panel-components-construction>
- [10] นิรนาม. การทดสอบสมรรถนะของแบตเตอรี่. [ออนไลน์]. ม.ป.ป. จาก : <https://www.prd.go.th/th/file/get/file/202103082fff21210bb97eb2ea51c14d30624891133438.pdf>
- [11] KFSOLAR Wisdom Enlighten Future. Monocrystalline Solar Panel 360W. [Online]. n.d. Available from : <https://www.kfsolar.com/product/monocrystalline-solar-panel-360w/>
- [12] João Lucas de Souza Silva. A review and analysis of technologies applied in PV modules. [Online]. 2020. Available from : https://www.researchgate.net/figure/Polycrystalline-silicon-cell-and-module_fig3_337195909

- [13] บริษัท อิมเม้นซ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด. มาทำความเข้าใจกับชนิดต่างๆ ของแผงโซลาร์เซลล์กัน. [ออนไลน์]. 2562. จาก : <https://www.gump.in.th/article/535>
- [14] Nur Mohammad. Parasitic Effects on the Performance of DC-DC SEPIC in Photovoltaic Maximum Power Point Tracking Applications. [Online]. 2013. Available from : https://www.researchgate.net/figure/I-V-characteristics-of-the-solar-PV-array-due-to-change-in-insolation-at-25C_fig1_276002414
- [15] Ahmed Torky Jailany. Effect of Water Cooling on Photovoltaic Performance. [Online]. 2016. Available from : https://www.researchgate.net/figure/Temperature-effects-on-the-I-V-curve-of-a-PV-cell_fig1_301635237
- [16] กานต์วี เต่าจันทร์. ความรู้พื้นฐานโซลาร์เซลล์. [ออนไลน์]. ม.ป.ป. จาก : <http://dspace.spu.ac.th/bitstream/123456789/4650/5/5.%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%202.pdf>
- [17] Creative Commons Attribution-Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Characteristic curves of a typical PV module in certain solar irradiance and temperature. [Online]. 2015. Available from : https://www.researchgate.net/figure/Characteristic-curves-of-a-typical-PV-module-in-certain-solar-irradiance-and-temperature_fig17_282519950
- [18] หฤทัย มินะพันธ์. 2550. หลักการวิเคราะห์โครงการทฤษฎีและวิธีปฏิบัติเพื่อประเมินความเป็นไปได้ของโครงการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [19] ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ. 2544. เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : เท็กซ์แอนด์เจอร์นัลพับลิเคชั่น.
- [20] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2561. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : บริษัท ฟิทู ดีไซน์ แอนด์ พรินท์ จำกัด.
- [21] ศรายุทธ จิตพัฒนากุล, ฤชณะ จันทสิทธิ์, คมสัน มุ่ยสี และ นิกร ผงทอง. ระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์แบบพึ่งพาตนเอง ในพื้นที่โรงเรียนอนุบาลเกาะกูด จังหวัดตราด. วารสารวิจัยรำไพพรรณี., ปีที่ 13, ฉบับที่ 2, พฤษภาคม - สิงหาคม 2562.
- [22] เกษม ตรีภาค, นพพร พชรประกิตติ และ จิรวรรณ แซ่เล่า. การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์กับระบบสูบน้ำด้วยเครื่องยนต์ สำหรับการเพาะปลูกข้าว. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6. มีนาคม 2557.
- [23] วุฒิสาสตร์ โชคเกื้อ, สิทธิพร พรหมเหลา และ ศาสตรา สิริแก้ว. การศึกษาสมรรถนะระบบสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ ณ ศูนย์บริการวิชาการที่ 3 จังหวัดมหาสารคาม. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8. พฤศจิกายน 2558.

- [24] พินิจนันท์ สามาอาพัฒน์ และ ธนิต เรืองรุ่งชัยกุล. 2557. การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชนบท บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [25] อัครธร ธิเชียว และ กล้านรงค์ วงศ์สุวรรณ, ธนชาติ รักศิลป์. 2562. การศึกษาการทำงานของเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก. โครงการงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมชลประทาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [26] พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, ปฏิภาณ เกิดลาภ, กิตติเชษฐ์ นนทะสุด และ สุกัญญา สมมณีดวง. ระบบสูบน้ำแบบขั้นบันไดพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาชุมชนบ้านหินลาด จังหวัดตาก. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี., ปีที่ 14, ฉบับที่ 1, มกราคม-เมษายน 2563.
- [27] พาณิกค์ พระชัย. การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนเปิดร้านกาแฟ “บ้านกาแฟสด หลังมอ 24 ชม.” ฝั่งยูปลาซ่า มหาวิทยาลัยขอนแก่น. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น(ฉบับบัณฑิตศึกษา) สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์., ปีที่ 5, ฉบับที่ 3, กันยายน-ธันวาคม 2560.
- [28] ชมพูนท หับเจริญ และ ฆนัทนันท์ ทวีวัฒน์. การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าของภาคครัวเรือน. วารสาร RMUTT Global Business and Economics Review., ปีที่ 12, ฉบับที่ 2, มิถุนายน 2560.
- [29] ขวกร รุ่งทวีชัย, อนุรักษ์ ตาคำ. 2562. การติดตั้งปั๊มน้ำโซลาร์เซลล์สำหรับการเกษตรเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน.โครงการงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [30] Kush Hemani. Solar Powered Airlift Pump for Gardening. International Journal of Computer Applications., Volume 111 – No 3, February 2015.
- [31] ชาญชัย ศักดิ์โสภณ, สุนันท์ สีสังข์ และ พรชุลย์ นิลวิเศษ. การใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมในภาคการเกษตรในจังหวัดยโสธร. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช., ครั้งที่ 2, ม.ป.พ.
- [32] A. Dulal, X. Yao, M. Barker-Gibb, M.Tachega, Shuaishuai Ge and Hui Li. 2021. Impact of Renewable Energy on Carbon Dioxide Emission Reduction in Bangladesh. Journal of Power and Energy Engineering., vol. 9, 2021. pp. 134-165
- [33] นพพล อรุณรัตน์, สุกัญญา ศิรินนชัย และ แคน หวัง. 2564. การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการทำนายผลกระทบจากการแปรปรวนของสภาพอากาศต่อการทำนาข้าวอินทรีย์และการทำข้าวแบบดั้งเดิม : กรณีศึกษาในจังหวัดพิจิตร ประเทศไทย. Journal of Environmental Management. Volume 289, 1 July 2021.
- [34] คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2535. การศึกษาพฤติกรรมและรูปแบบการใช้พลังงานในการเพาะปลูก. ม.ป.พ.,ม.ป.ท.

- [35] อรรถนพ ตุกชูแสง. 2546. การศึกษาและรวบรวมข้อมูลการใช้เครื่องสูบน้ำของเกษตรกรในจังหวัด นครปฐมและใกล้เคียง. โครงการงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมชลประทาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [36] ปัมลมลูกสูบ. [ออนไลน์]. จาก <http://www.ksrtool.com/>
- [37] ไทยพับลิก้า. 8 กุมภาพันธ์ 2557. ต้นทุนการปลูกข้าวของผู้จัดการนา ยุคดิจิทัล กำไรที่แท้จริงของ ชาวนา. [ออนไลน์]. จาก <https://thaipublica.org/2014/02/cost-of-famer>
- [38] กองอำนวยการน้ำแห่งชาติ. สถานการณ์น้ำประเทศไทย. [ออนไลน์]. จาก <http://nationalthaiwater.onwr.go.th/waterleve>
- [39] เครื่องแปลงไฟหรืออินเวอร์เตอร์. [ออนไลน์]. จาก <https://www.solarbesttech.com/th/products/modified-sine-wave-form>
- [40] ข้อมูลการใช้น้ำของพืชภาคเหนือ. [ออนไลน์]. จาก http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/CWRdata/ET/et_north.pdf
- [41] ราคาปัมลมมือสอง. [ออนไลน์]. จาก <https://www.priceza.com/>
- [42] ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. อัตราดอกเบี้ยที่เรียกเก็บจากลูกค้าสถาบัน. [ออนไลน์]. https://www.baac.or.th/th/content-rate.php?content_group=9&content_group_sub=2&inside=1
- [43] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. มีนาคม 2564. ค่า Emission Factor แบ่งตามประเภท กลุ่มอุตสาหกรรม. [ออนไลน์]. จาก http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_b934985782.pdf?fbclid=IwAR2I90_81Oipe9Tjlp1uFUfDERVy040V6C6OvOpAzNC9nP1YNRPs-3rMmfg