การใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมกับชุมชนในการผลิตกระแสไฟฟ้า ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ

โดย

พลโท กานต์ กลัมพะสุต
ผู้ทรงคุณวุฒิ
สำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม

นักศึกษาวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
หลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร รุ่นที่ ๖๒
ประจำปีการศึกษา พุทธศักราช ๒๕๖๒ – ๒๕๖๓

หนังสือรับรอง

วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ ได้อนุมัติให้เอกสารวิจัยส่วนบุคคล เรื่อง “การใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมกับชุมชนในการผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ” ลักษณะวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของ พลโท กานต์ กลัมพะสุต เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร รุ่นที่ ๖๒ ประจำปีการศึกษาพุทธศักราช ๒๕๖๒ – ๒๕๖๓

พลโท

(พิสัณห์ ปฐมเอม)
ผู้อำนวยการวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ

บทคัดย่อ

เรื่อง การใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมกับชุมชนในการผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ

ลักษณะวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้วิจัย พลโท กานต์ กลัมพะสุต **หลักสูตร** วปอ. **รุ่นที่** ๖๒

ประเทศไทยต้องพึ่งพาพลังงานจากแหล่งภายนอกประเทศเป็นหลัก ซึ่งส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางพลังงานและการพัฒนาประเทศ นอกจากนี้การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสภาวะโลกร้อน จึงมีความจำเป็นในการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานประสิทธิภาพสูงเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้า งานวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาวิจัยเพื่อจัดทำโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะซึ่งสามารถสนองตอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของประชาชนในพื้นที่ชุมชน ด้วยพลังงานทดแทนที่มีอยู่ในพื้นที่ควบคู่กับระบบสำรองพลังงานในงานวิจัยมาจาก แสงอาทิตย์ ลม ก๊าซชีวภาพ ชีวมวล และน้ำ โดยกำหนดพื้นที่การศึกษาชุมชนหนึ่งในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และจ่ายพลังงานให้กับชุมชนในรูปแบบไฟฟ้า จากการศึกษาเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน ซึ่งสอดคล้องกับศักยภาพทางพลังงานเชิงพื้นที่ของหมู่บ้านหนองบัวคำ (หมู่ 4) ต.แม่คะ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ พบว่ามีศักยภาพที่สามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้เป็นพลังงานจาก แสงอาทิตย์ และก๊าซชีวภาพ คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 9,296 และ 966 kWh/วัน ตามลำดับ และเพื่อเสริมสร้างระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้มีความมั่นคงทางพลังงานจึงได้ผนวกระบบเก็บสะสมพลังงานแบบ Vanadium Redox Flow ให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ตลอดเวลาและสอดคล้องกับความต้องการของชุมชน โดยจะต้องออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแบบไฮบริดให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ไม่ต่ำกว่า 738 kW และมีความสามารถในการผลิตพลังงานได้ไม่ต่ำกว่า 2,319 kWh/วัน ตลอดอายุโครงการ 20 ปี ทั้งนี้จากความเหมาะสมเชิงเทคนิคในเบื้องต้นจึงสามารถสรุปรูปแบบการผลิตไฟฟ้าได้ 2 รูปแบบคือ การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และก๊าซชีวภาพร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน กับการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน โดยมีกำลังการผลิตติดตั้งรวม 490.55 และ 708 kW ตามลำดับ มีความต้องการระบบกักเก็บพลังงานที่มีขนาดความจุพลังงานไม่ต่ำกว่า 1,290 และ 1,833 kWh ตามลำดับ ความต้องการเงินลงทุน 30.30 และ 39.16 ล้านบาท ตามลำดับ และมีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย 2.497 และ 2.021 บาท/kWh ตามลำดับ และจากการสำรวจความคิดเห็นของประชากรในชุมชนพบว่าระบบการผลิตพลังงานหมุนเวียนทั้งสองเป็นที่ยอมรับของชุมชน โดยระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่ใช้ก๊าซชีวภาพถึงแม้ว่าจะมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าและอาจก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม แต่ก็ได้รับการยอมรับจากประชากรในพื้นที่ในเรื่องของการมีส่วนร่วมของประชาชน ทั้งนี้ระบบการผลิตไฟฟ้าจะต้องมีต้นทุนต่ำกว่าราคาจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จึงจะเป็นที่ยอมรับของประชากรในชุมชนที่ได้ศึกษา

Abstract

Title Eligible Renewable Energy With Efficient Energy Storage System For Rural Electricity Supply

Field Science and Technology

Name Lt.Gen. Karn Kalumpasut **Course** NDC **Class** 62

Thailand majority relies on energy from external sources. That had been affecting to country energy security and development. Moreover, the use of fossil fuel lead to environmental impacts and global warming effect. Integrated electricity generation from renewable energy with efficient energy storage would be crucial to overcome electricity energy security. This paper aim to find out which smart energy distribution models those appropriately supply the electricity for rural community consumers. By studying the local electricity generation potential from renewable energy as solar, wind, biogas, biomass and hydropower integrated with battery storage system. The location of rural community studgy is in Chiang Mai provience by select Nong Bua Khum village (Moo. 4), Mae Kha sub district, Fang district, Chiang Mai provience. In this selected area has renewable energy potential from solar and biogas. The amount of potential energy are 9,296 and 966 kWh/day respectively. To overcome energy security aspect and can be supplied the electricity at all time. Therefore, vanadium redox flow battery is seleccted to intergrate with renewable energy generation as designed. Along with 20 years designed, these hybrid electricity generation systems would be supply as 738 kW minimum power and 2,319 kWh/day minimum daily electricity energy. Ther are two possible models in this paper, solar with bogas integrate with battery storage system, solar integrate with battery storage system. The renewable installed power generation are 490.55 and 708 kW respectively. The minimum required power storage capacity are 1,290 and 1,833 kWh respectively. The installment capital required are 30.3 and 39.16 respectively. The levelized cost of energy are 2.497 and 2.021 THB/kWh respectively. From the village survey about the hybrid power generation systems designed, the two hybrid power generations designed were accepted from the sampling group. Although, combine biogas with solar power generation had greater levelized cost of energy than only solar power generation but it stimulated the participation of community. However, the most aspect that maintain the community acceptance is distribution price of electricity should lower than sold price from provincial electricity authority (PEA).

คำนำ

การศึกษาวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร รุ่นที่ ๖๒ ประจำปีการศึกษา พุทธศักราช ๒๕๖๒ – ๒๕๖๓ โดยเป็นหัวข้อทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ไขปัญหาด้านความมั่นคงทางพลังงานในชุมชน โดยการส่งเสริมการผลิตพลังงานหมุนเวียนที่มีอยู่ภายในชุมชนร่วมกับการเสริมสร้างประสิทธิภาพระบบจำหน่ายด้วยระบบกักเก็บพลังงาน ซึ่งจะเป็นตัวอย่างสำหรับการพัฒนาระบบไฟฟ้าที่สามารถตอบสนองต่อการใช้พลังงานในพื้นที่ชุมชน โดยที่ชุมชนสามารถมีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้าและสามารถใช้ผลผลิตไฟฟ้าภายในชุมชน ซึ่งเป็นแนวทางสร้างการตระหนักรู้ทางด้านพลังงานให้กับประชาชนที่เป็นประโยชน์ในรูปแบบหนึ่ง และสร้างผลประโยชน์ทั้งในเชิงเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมในระดับประเทศต่อไป

พลโท

(กานต์ กลัมพะสุต)
นักศึกษาวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
หลักสูตร วปอ. รุ่นที่ ๖๒
ผู้วิจัย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้โดยอาศัยความร่วมมือ ความอนุเคราะห์จากหลาย ๆ ฝ่าย ทั้งนี้ ขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา คณาจารย์ เพื่อนร่วมชั้นเรียน เพื่อนร่วมงานที่ได้สละเวลา ให้คำแนะนำ ชี้แนะ สนับสนุนแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำงานวิจัย เสนอแนวคิด กลั่นกรอง ตลอดจน แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ระหว่างการศึกษาและจัดทำงานวิจัยนี้มาโดยตลอด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พ.อ.ปัณณทัต ทีฆายุทธสกุล ผู้อำนวยการกองพลังงานทดแทน กรมการพลังงานทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร และ ร.ท.สุรสักก์ อินทสอน ร.น. ประจำแผนกแผนการช่าง กองช่าง กองบัญชาการกองเรือลำน้ำ กองเรือยุทธการ ช่วยปฏิบัติราชการกองพลังงานทดแทน กรมการพลังงานทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร ที่ได้สนับสนุนข้อมูลเชิงเทคนิค คำแนะนำที่จำเป็นประกอบการวิจัย จนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

พลโท

(กานต์ กลัมพะสุต)
นักศึกษาวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
หลักสูตร วปอ. รุ่นที่ ๖๒
ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**ก**
Abstract	**ข**
คำนำ	**ค**
กิตติกรรมประกาศ	**ง**
สารบัญ	**จ**
สารบัญตาราง	**ฉ**
สารบัญแผนภาพ	**ช**
คำอธิบายคำย่อ	**ซ**
บทที่ ๑ บทนำ	**ฌ**
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	**๑**
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	๑
ขอบเขตของการวิจัย	๒
วิธีการดำเนินการวิจัย	๒
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	๓
บทที่ ๒ การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**๔**
defined.	
แนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้อง	๔
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	๕
กรอบแนวคิดของการวิจัย	๘
สรุป	๘
บทที่ ๓ การศึกษาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนและระบบกักเก็บพลังงาน ในระดับชุมชน	**๙**
เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน	๑๕
เทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานในระดับชุมชน	๒๖
บทที่ ๔ การศึกษาศักยภาพพลังงานทดแทนในพื้นที่ และความเป็นไปได้ ในการผลิตไฟฟ้า	**๒๙**
การประเมินศักยภาพพลังงานทดแทนเชิงพื้นที่	๒๙
บทที่ ๕ การศึกษาและวิเคราะห์ต้นทุนของการผลิตไฟฟ้า จากพลังงานทดแทน ในชุมชน	**๔๗**
ความต้องการไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษา	๔๗
การประเมินความต้องการกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน ในพื้นที่ศึกษา	๕๐
การประเมินความต้องการระบบกักเก็บพลังงาน	๖๐
การประเมินความต้องการลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของระบบ	๖๔

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ ๖ การจัดทำรูปแบบการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานในพื้นที่ชุมชน	**๖๖**
ความต้องการไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษา	๖๖
การประเมินศักยภาพกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่ศึกษา	๖๘
การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริด	๗๓
การประเมินความต้องการการลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	**๘๐**
การมีส่วนร่วมและการยอมรับของชุมชน	๘๒
บทที่ ๗ สรุปและข้อเสนอแนะ	**๘๗**
สรุป	**๘๗**
ข้อเสนอแนะ	**๘๘**
บรรณานุกรม	**๙๐**
ประวัติย่อผู้วิจัย	**๑๐๑**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3-1	รายการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนเชิงพาณิชย์ในภาคเหนือของประเทศไทย	๑๐
4-1	ชีวมวลคงเหลือที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2560	๓๘
4-2	ข้อมูลปริมาณผลผลิตทางการเกษตรและศักยภาพชีวมวลในพื้นที่ภาคเหนือ	๓๙
4-3	ข้อมูลปริมาณผลผลิตทางการเกษตรและศักยภาพชีวมวลในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่	๔๐
4-4	ศักยภาพก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ในอำเภอของจังหวัดเชียงใหม่ที่มีศักยภาพสูง	๔๒
4-5	ศักยภาพก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ของจังหวัดเชียงใหม่	๔๓
5-1	สมมุติฐานความต้องการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือน	๔๙
5-2	เงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของ Solar PV ในปี พ.ศ.2561	๕๑
5-3	เงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของกังหันลม (บนบก) ในปี พ.ศ.2561	๕๔
5-4	เงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของชีวมวลในปี พ.ศ.2561	๕๕
5-5	ค่าความชื้นและความร้อนของชีวมวลแต่ละชนิด	๕๖
5-6	เงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของก๊าซชีวภาพ ในปี พ.ศ.2561	๕๘
5-7	เงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำในปี พ.ศ.2561	๕๙
5-8	รายละเอียดคุณลักษณะของแบตเตอรี่ที่ได้ศึกษาในงานศึกษานี้	๖๒
6-1	จำนวนครัวเรือนและประชากรของ ม.หนองบัวคำ (หมู่ 4) ต.แม่คะ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ พ.ศ.2562	6๖
6-2	ผลการคำนวณความต้องการไฟฟ้าตามลักษณะการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า ความต้องการกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงของหมู่บ้านที่ได้ศึกษา	๖๗
6-3	ผลการคำนวณศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ศึกษา	๖๙
6-4	ผลการคำนวณศักยภาพพลังงานจากชีวมวลในพื้นที่ศึกษา	7๑
6-5	ผลการคำนวณศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่ศึกษา	7๒
6-6	ผลการคำนวณศักยภาพพลังงานจากก๊าซชีวภาพในพื้นที่ศึกษา	7๓
6-7	ผลการคำนวณศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่ศึกษา	7๓
6-8	ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าเทียบกับกำลังการผลิตติดตั้ง	7๕
6-9	สมมุติฐานราคาต่อหน่วยและค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่าง ๆ	๘๐
6-10	ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าชุมชนรูปแบบที่ 1	๘๑
6-11	ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าชุมชนรูปแบบที่ 2	๘๒
6-12	การเปรียบเทียบข้อได้เปรียบ-เสียเปรียบของระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทน รูปแบบที่ 1	๘๓
6-13	การเปรียบเทียบข้อได้เปรียบ-เสียเปรียบของระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทน รูปแบบที่ 2	๘๔

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่		หน้า
3-1	จำนวนโครงการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่ภาคเหนือ	๑๔
3-2	กำลังการผลิตติดตั้งโครงการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่ภาคเหนือ	๑๕
3-3	สัดส่วนของเทคโนโลยีแผงโซล่าเซลล์ในตลาดโลกของปี ค.ศ.2014	๑๖
3-4	การสำรวจพื้นที่โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ในเขตภาคเหนือจากภาพถ่ายทางอากาศ	๑๗
3-5	ภาพตัดขวางของโรงไฟฟ้าแสงอาทิตย์แบบหอสูง (Solar Chimney)	๑๘
3-6	กระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยชีวมวลแบบพลังความร้อน	๑๙
3-7	การสำรวจพื้นที่โรงไฟฟ้าชีวมวลในเขตภาคเหนือจากภาพถ่ายทางอากาศ	๒๐
3-8	การผลิตไฟฟ้าด้วยการแปลงชีวมวลในรูปแบบ Gasification	๒๑
3-9	ผังการดำเนินการผลิตไฟฟ้าและความร้อนจากก๊าซชีวภาพ	๒๒
3-10	รูปแบบการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพในภาคเหนือจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	๒๒
3-11	รูปแบบการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพในภาคเหนือจากบ่อขยะ	๒๓
3-12	หลักการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำ	๒๔
3-13	โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนคลองตรอน อ.น้ำปาด จ.อุตรดิตถ์	๒๔
3-14	โรงไฟฟ้าพลังน้ำลุ่มน้ำน่านตอนบน อ.เวียงสา จ.น่าน	๒๕
3-15	โรงไฟฟ้าพลังน้ำแม่สะงา อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	๒๕
3-16	กังหันน้ำแบบเพลตัน	๒๖
3-17	สัดส่วนของระบบเก็บสะสมพลังงาน	๒๗
3-18	รูปแบบหน่วยกักเก็บพลังงานขนาดใหญ่โดยใช้แบตเตอรี่	๒๘
4-1	สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากกพลังงานทดแทนฯ ตามแผน AEDP 2018	๓๐
4-2	แผนภาพแสดงศักยภาพรังสีอาทิตย์ของประเทศไทยเฉลี่ยทั้งปีในพื้นที่ที่ไม่ใช้พื้นที่หวงห้ามหรือพื้นที่สงวน	๓๑
4-3	ศักยภาพรังสีอาทิตย์ในพื้นที่ภาคเหนือ ฤดูหนาว (พ.ย. – ก.พ.) ฤดูร้อน (มี.ค. – พ.ค.) ฤดูมรสุม (มิ.ย. – ต.ค.)	๓๑
4-4	ศักยภาพรังสีอาทิตย์ในพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่ ฤดูหนาว (พ.ย. – ก.พ.) ฤดูร้อน (มี.ค. – พ.ค.) ฤดูมรสุม (มิ.ย. – ต.ค.)	๓๓
4-5	แผนภาพแสดงทิศทางและระดับความเร็วลมที่ระยะความสูง 10 เมตรในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้	๓๔
4-6	แผนภาพแสดงศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยที่ระยะความสูง 10 เมตร	๓๕
4-7	แผนภาพแสดงระดับความเร็วลมที่ระยะความสูง 90 เมตรในประเทศไทย	๓๖
4-8	แผนภาพแสดงระดับความเร็วลมที่ระยะความสูง 100 เมตรในประเทศไทย	๓๗

สารบัญแผนภาพ (ต่อ)

แผนภาพที่		หน้า
4-9	แผนภาพแสดงระดับความเร็วลมที่ระยะความสูง 90 เมตรของจังหวัดเชียงใหม่	๓๗
4-10	ปริมาณน้ำที่ไหล ปริมาตรพื้นที่กักเก็บ และปริมาณความต้องการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำของประเทศไทย	๔๕
4-11	ลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำขนาดเล็กแบบ Run-off River	๔๕
4-12	แนวทางการเลือกกังหันน้ำที่เหมาะสมกับปริมาตรการไหลและระดับความสูงของน้ำในแต่ละพื้นที่	๔๖
5-1	ความสัมพันธ์ระหว่าง Tip Speed ratio กับ Cp	๕๓
5-2	ระดับความสูงกับความหนาแน่นของอากาศ	๕๓
5-3	ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของอัตราการไหลกับประสิทธิภาพกังหัน	๕๙
6-1	พื้นที่ที่สามารถดำเนินโครงการระบบพลังงานหมุนเวียนของหมู่บ้าน	๖๘
6-2	ลักษณะลำรางสาธารณะในพื้นที่ศึกษา	๖๙
6-3	ลักษณะความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของพลังงานหมุนเวียนแต่ละชนิด	7๔
6-4	ความต้องการกำลังไฟฟ้าของชุมชนกับความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน	๗๗
6-5	ผลการคำนวณลักษณะการทำงานในแต่ละชั่วโมงของระบบผลิตพลังงานแบบไฮบริดรูปแบบที่ 1	๗๘
6-6	ผลการคำนวณลักษณะการทำงานในแต่ละชั่วโมงของระบบผลิตพลังงานแบบไฮบริดรูปแบบที่ 2	๗๙

คำอธิบายคำย่อ

ภาษาไทย

กกพ.	ย่อมาจาก	คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน
กฟภ.	ย่อมาจาก	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
พพ.	ย่อมาจาก	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
สนพ.	ย่อมาจาก	สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
อบต.	ย่อมาจาก	องค์การบริหารส่วนตำบล

ภาษาต่างประเทศ

AEDP	ย่อมาจาก	Alternative Energy Development Plan
CBG	ย่อมาจาก	Compressed Bio Gas
CF	ย่อมาจาก	Capacity Factor
Gen.	ย่อมาจาก	Generation
IRENA	ย่อมาจาก	International Renewable Energy Agency
kg	ย่อมาจาก	Kilo Grams
kg/m^3	ย่อมาจาก	Kilo Grams Per Cubic Meter
kJ	ย่อมาจาก	Kilo Joule
km	ย่อมาจาก	Kilo Meters
ktoe	ย่อมาจาก	Kilo Tons Oil Equivalent
kW	ย่อมาจาก	Kilo Watts
kWh	ย่อมาจาก	Kilo Watts Hour
LCOE	ย่อมาจาก	Levelized Cost Of Electricity
LED	ย่อมาจาก	Light Emitting Diode
m	ย่อมาจาก	Meters
m^3	ย่อมาจาก	Cubic Meter
m^3/s	ย่อมาจาก	Cubic Meter Per Second
MJ	ย่อมาจาก	Mega Joule
MJ/kg	ย่อมาจาก	Mega Joule Per Kilo Grams
MW	ย่อมาจาก	Mega Watts
PF	ย่อมาจาก	Plant Factor
PPA	ย่อมาจาก	Power Purchase Agreement
s	ย่อมาจาก	Second
Wh	ย่อมาจาก	Watts Hour

บทที่ ๑
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติคิดเป็นร้อยละ ๖๐ ถ่านหิน/ลิกไนต์ คิดเป็นร้อยละ ๑๘ ไฟฟ้านำเข้าคิดเป็นร้อยละ ๑๒ พลังงานหมุนเวียนคิดเป็นร้อยละ ๘ พลังน้ำคิดเป็นร้อยละ ๒ และน้ำมันคิดเป็นร้อยละ ๐.๒ จากข้างต้นทำให้ประเทศไทยต้องมีการนำเข้าก๊าซธรรมชาติคิดเป็นร้อยละ ๒๗ และมีการนำเข้าถ่านหิน/ลิกไนต์ คิดเป็นร้อยละ ๘๐ ของการผลิตพลังงานทั้งหมด นอกจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงดังกล่าวประเทศไทยยังนำเข้าไฟฟ้าจากต่างประเทศ เนื่องจากมีการพึ่งพาเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งในการนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าที่มากเกินไปและยังมีการนำเข้าเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าในปริมาณมาก (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2561) จากข้อมูลดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่าประเทศไทยต้องพึ่งพาพลังงานจากแหล่งภายนอกประเทศเป็นหลัก ซึ่งสะท้อนถึงความไม่มั่นคงทางพลังงานและอาจส่งผลกระทบต่อการพัฒนาประเทศ นอกจากนี้การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงดังกล่าวในการผลิตพลังงานไฟฟ้ายังก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศมากถึงร้อยละ ๓๖ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2561) ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก๊าซที่ส่งผลทำให้เกิดภาวะต่อมลภาวะทางอากาศ นอกจากนั้นไฟฟ้าที่ผลิตได้จากก๊าซธรรมชาติหรือถ่านหินจะถูกส่งตรงต่อผู้ใช้ไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ผลิตได้ต้องมีปริมาณมากกว่าความต้องการใช้ไฟฟ้าจึงทำให้มีการสำรองไฟฟ้าและสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าสำรอง หากไม่ผลิตไฟฟ้าเผื่อสำรองไฟฟ้าจึงเสี่ยงต่อการเกิดไฟตกหรือไฟฟ้าดับ จากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ ๕ จังหวัดภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง และพะเยา เมื่อวันที่ ๔ ตุลาคม ๒๕๖๒ เป็นเวลานานถึง ๖๐ นาที สืบเนื่องจากระบบผลิตไฟฟ้าโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปางขัดข้อง (ไทยรัฐออนโลน์, 2562) จากเหตุการณ์ดังกล่าวเป็นสัญญาณเตือนถึงปัญหาของระบบผลิตไฟฟ้าที่อาจจะกระทบถึงความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้าในอนาคต เหตุนี้จึงมีความจำเป็น ที่จะทำการวิจัยการสร้างความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนและระบบกักเก็บพลังงานประสิทธิภาพสูงเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้า งานวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาวิจัยหาศักยภาพในการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนจากพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มาใช้ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานประสิทธิภาพสูง เกิดเป็นโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) เพื่อสนองตอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของประชาชนในพื้นที่ชุมชนต่างๆ โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงการวิจัยนี้จะสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาประเทศชาติทั้งในด้านความมั่นคงต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของประชาชนในประเทศโดยการสร้างโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ สนองต่อนโยบายโรงไฟฟ้าชุมชนจาก

พลังงานทดแทนของรัฐบาล และในด้านของการรักษาสิ่งแวดล้อมโดยการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

๑. เพื่อศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนที่เหมาะสมของพื้นที่ชุมชน

๒. เพื่อเสนอรูปแบบ แบบจำลองการแก้ไขปัญหาวิกฤต ด้านความมั่นคงด้านพลังงานในชุมชน

ขอบเขตของการวิจัย

๑. ศึกษาการผลิตพลังงานทดแทนด้วยจากแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในชุมชน คือ แสงอาทิตย์ ก๊าซชีวภาพ ชีวมวล และพลังน้ำ ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานที่มีประสิทธิภาพ

๒. การผลิตพลังงานทดแทนที่ใช้ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน เป็นพลังงานทุติยภูมิในรูปแบบไฟฟ้า

๓. พื้นที่ทำการศึกษาอยู่ในเขตพื้นที่ชุมชนหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่

๔. กลุ่มประชากรในการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ คือ ประชากรจากกลุ่มตัวอย่างจากชุมชน วิสาหกิจชุมชน, เจ้าหน้าที่หน่วยงานของรัฐที่ดูแลพื้นที่ในชุมชน (อบต.) และผู้ประกอบการเกษตรกรรมที่มีวัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงานทดแทน

วิธีดำเนินการวิจัย

๑. ศึกษา ทบทวน ข้อมูลการดำเนินการที่ผ่านมาและมีความเกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานทดแทนในชุมชนในประเทศไทย และต่างประเทศ จากเอกสารที่เกี่ยวข้องเช่น เอกสารวิจัย บทความวิชาการทั้งในและต่างประเทศ นโยบายและแผนด้านพลังงาน หนังสือทั้งในและต่างประเทศ และแหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

๒. ศึกษาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนชนิดต่าง ๆ โดยมุ่งเน้นศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ก๊าซชีวภาพ ชีวมวล และพลังน้ำ โดยประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าหลัก โดยศึกษาจากตัวอย่างการใช้งานจริงจากที่ผ่านมาทั้งในและต่างประเทศ เพื่อประเมินแนวโน้มในอนาคตของการผลิตพลังงานทดแทนภายในชุมชน

๓. ศึกษาเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีศักยภาพ และสามารนำมาประยุกต์ใช้ภายในชุมชน โดยศึกษาจากตัวอย่างการใช้งานจริงจากที่ผ่านมาทั้งในและต่างประเทศ เพื่อประเมินแนวโน้มในอนาคตของการประยุต์ใช้งานระบบกักเก็บพลังงานกับการผลิตพลังงานทดแทนในชุมชน

๔. ประเมินศักยภาพทางพลังงานและความเป็นไปได้ ในแต่ละเทคโนโลยีการผลิตพลังงานทดแทนและระบบกักเก็บพลังงานที่มีความเหมาะสมกับชุมชน

๕. ออกแบบรูปแบบการผลิตพลังงานทดแทนร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานที่มีศักยภาพซึ่งมีความเหมาะสมกับชุมชนในพื้นที่ที่ได้ศึกษา โดยใช้ตัวแปรในการเปรียบเทียบคือ ราคาต่อหน่วยของพลังงาน

๖. เพื่อให้การผลิตพลังงานทดแทนรูปแบบนั้นเป็นที่ยอมรับของชุมชน และมีความยั่งยืนในการผลิตพลังงาน ผู้ศึกษาจึงได้ออกแบบแบบสอบถามเพื่อประเมินรูปแบบการผลิตพลังงานทดแทนที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของชุมชน ตามรูปแบบการดำเนินการในข้อ ๕

๗. เก็บข้อมูลตามที่ได้ออกแบบแบบสอบถามในข้อ ๖ โดย กลุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูลจากชุมชน คือ วิสาหกิจชุมชน, เจ้าหน้าที่หน่วยงานของรัฐที่ดูแลพื้นที่ในชุมชน (อบต.) และผู้ประกอบการเกษตรกรรมที่มีวัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงานทดแทน

๘. วิเคราะห์ผลการศึกษารูปแบบการผลิตพลังงานทดแทนร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานที่มีความเป็นไปได้ในการดำเนินงานในชุมชน โดยเปรียบเทียบในเชิงเศรษฐศาสตร์ ความคิดเห็นจากชุมชนที่ได้ศึกษา เพื่อสะท้อนถึง ปัญหา อุปสรรค และแนวทางการประยุกต์ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน และระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

๙. สรุปผลและคำแนะนำ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

๑. ทราบถึงการเปลี่ยนแปลง แนวโน้มเทคโนโลยี ในการผลิตพลังงานทดแทนและระบบกักเก็บพลังงานในปัจจุบัน และแนวโน้มในอนาคต

๒. ทราบถึงศักยภาพ และความเป็นไปได้ในการเสริมความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้าโดยใช้พลังงานทดแทนร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานประสิทธิภาพสูงในชุมชน

๓. ทราบถึงสถานภาพปัญหา อุปสรรค และแนวทางการเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้าโดยใช้พลังงานทดแทนร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานประสิทธิภาพสูงในชุมชน

๔. สามารถใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบนโยบายด้านพลังงานทดแทนและการส่งเสริมเชิงประสิทธิภาพพลังงานให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด

บทที่ ๒
การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้อง

การผลิตพลังงานทดแทนในระดับชุมชนจากที่ผ่านมามีหลายรูปแบบสามารถแยกได้ คือ การผลิตพลังงานทดแทนรูปแบบเดียวแบบอิสระ การผลิตพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน (มีรูปแบบพลังงานทดแทนมากกว่า ๑ ชนิด) แบบอิสระ การผลิตพลังงานทดแทนแบบผสมผสานควบคู่กับระบบสำรองพลังงานแบบอิสระ และการผลิตพลังงานทดแทนแบบผสมผสานควบคู่กับระบบสำรองพลังงานแบบต่อเข้ากับระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าหลัก ซึ่งพบว่าการผลิตพลังงานทดแทนรูปแบบเดียวแบบอิสระมีความมั่นคงทางพลังงานในระบบส่งไฟฟ้าต่ำที่สุด เนื่องจากระบบการผลิตจำเป็นต้องพึ่งพาสภาวะภูมิอากาศที่เอื้ออำนวยต่อการผลิตพลังงานและมีข้อจำกัดของชั่วโมงการใช้งาน แต่เมื่อเพิ่มเติมพลังงานทดแทนชนิดอื่นหรือระบบสำรองพลังงานทั้งจาก แบตเตอรี่ ระบบผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือระบบสายส่งหลัก ส่งผลให้ความมั่นคงในระบบสายส่งไฟฟ้านั้นเพิ่มมากขึ้นและขยายโอกาสในการใช้ไฟฟ้า แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นความมั่นคงทางพลังงานที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น (Robert, Sisodia, & Gopalan, 2019) (Elkadeem, et al., 2019) เนื่องมาจากต้องลงทุนอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบเพิ่มมากขึ้น

การเลือกลงทุนในระบบผลิตพลังงานทดแทนของชุมชนปัจจัยหลักๆ ที่รองลงมาจากความเป็นไปได้ในเชิงเทคนิคคือ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งในหลายๆ ประเทศพบว่าโครงการด้านพลังงานทดแทนในหลายๆ โครงการไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ แต่เพื่อเพิ่มการเข้าถึงพลังงานในพื้นที่ชุมชนห่างไกล ลดค่าใช้จ่ายในการลงสายส่งไฟฟ้า และมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงมีความจำเป็นต้องให้การสนับสนุนทั้งทางด้านกฎหมาย ข้อบังคับต่างๆ รวมทั้งมาตรการทางภาษีการเงิน เพื่อสนับสนุนให้โครงการทางด้านพลังงานทดแทนมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Bauwens, 2019) (Tsai & Chou, 2006) (Woo, Chung, Lee, & Huh, 2019) (Haratian, Tabibi, Sadeghi, Vaseghi, & Poustdouz, 2018) (Lozano, Querikiol, Abundo, & Bellotindos, 2019) (Ma, Xue, Liu, & Zhou, Techno-economic evaluation of a community-based hybrid renewable energy system considering site-specific nature, 2018) แต่จากการดำเนินงานที่ผ่านมาพบว่าการผลิตพลังงานทดแทนในรูปแบบผสมผสานร่วมกับแบตเตอรี่มีความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาตร์เพิ่มมากขึ้น (He, Zhang, Chen, Ren, & Li, 2018) (Blechinger, et al., 2016) (Basser, Alqahtani, & Rehman, 2019) (Chauhan & Saini, 2016) จากต้นทุนด้านพลังงานทดแทนและแบตเตอรี่ที่ต่ำลง อีกทั้งระบบดังกล่าวมีความมั่นคงทางพลังงานสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในรูปแบบเดียว (Krishan & Suhag, 2019) แต่เมื่อเปรียบเทียบในอดีตเพื่อสร้างความมั่นคงทางพลังงานนักออกแบบจะออกแบบระบบสำรองพลังงานโดยใช้การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิส (Elkadeem, Wang, Sharshir, & Atia, 2019) (Shezan, Das, & Mahmudul, 2017)

แต่ทั้งนี้อาจยังมีความจำเป็นในกรณีที่มีการใช้งานเชิงความร้อนหรือความเย็นร่วมด้วย (Ma, Xue, Liu, & Zhou, Techno-economic evaluation of a community-based hybrid renewable energy system considering site-specific nature, 2018) เนื่องมาจากการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีผลผลิตเป็นทั้งไฟฟ้า ความร้อน และความเย็น (Lamidi, Jiang, Wang, Pathare, & Roskilly, 2019) จะให้ประสิทธิภาพทางพลังงานสูงกว่าการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ซึ่งจากที่ผ่านมาได้ใช้ประโยชน์ในการเกษตรในชุมชนได้แก่ ใช้ความร้อนในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร และใช้ความเย็นในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร แต่การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลร่วมกับพลังงานทดแทนมีความเสี่ยงในเรื่องราคาเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Elkadeem, Wang, Sharshir, & Atia, 2019) (Ma, Xue, Liu, & Zhou, Techno-economic evaluation of a community-based hybrid renewable energy system considering site-specific nature, 2018) นอกจากนี้ในบางกรณียังมีระบบสำรองไฟฟ้าจากสายส่งหลัก ซึ่งหากปริมาณการผลิตพลังงานทดแทนเกินปริมาณความต้องการก็จะมีโอกาสในการขายพลังงานไฟฟ้าเหลือใช้เหล่านั้นได้ (Ahmad, et al., 2018)

ในการศึกษานี้ชนิดพลังงานทดแทนที่ได้ทำการศึกษาคือ การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล และชีวภาพ ซึ่งจะพบว่าหลักๆ เป็นการใช้การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับแบตเตอรี่ แต่ในกรณีที่พื้นที่นั้นมีศักยภาพทางพลังงานมากกว่า 1 ชนิด ก็สามารถนำพลังงานทดแทนชนิดนั้นเข้ามาร่วมได้ ซึ่งจะช่วยในการเสริมสร้างความมั่นคงทางพลังงาน (Chauhan & Saini, 2016) หรือเสริมสร้างความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบให้เพิ่มขึ้นได้ (Tiwary, Spasova, & Williams, 2019) ทั้งนี้หากมีการนำผลผลิตจากภาคเกษตกรรมร่วมในการผลิตไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงการบริหารอุปสงค์และอุปทานให้สอดคล้องกัน ซึ่งที่ผ่านมาจะใช้สัดส่วนการผลิตเพราะราคาผลผลิตที่ไม่แน่นอนอาจส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าได้ (Murugaperumal, Srinivasn, & Prasad, 2020)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานและระบบสำรองพลังงานนั้นมีหลักเกณฑ์ที่ต้องพิจารณาศึกษาเชิงพื้นที่ดังนี้ ลักษณะความต้องการพลังงานไฟฟ้าและปริมาณกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ต้องการ การศึกษาศักยภาพของพลังงานทดแทนในพื้นที่เพื่อเลือกเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมกับพื้นที่นั้น ระดับความมั่นคงทางพลังงานซึ่งจะเป็นเกณฑ์ในการกำหนดขนาดของระบบสำรองพลังงาน และจะต้องออกแบบการผลิตการสำรองพลังงานให้สอดคล้องกับความต้องการพลังงานและกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Haratian, Tabibi, Sadeghi, Vaseghi, & Poustdouz, 2018) (Shezan, Das, & Mahmudul, 2017) (Lozano, Querikiol, Abundo, & Bellotindos, 2019) (Murugaperumal, Srinivasn, & Prasad, 2020) (Murugaperumal & D Vimal Raj, 2019) (Sakehin, Ferdaous, Chowdhury, & Shithi, 2016) โดยจะต้องออกแบบให้มีการใช้พลังงานทดแทนที่ผลิตได้ให้มากที่สุดและหลีกเลี่ยงการใช้พลังงานจากระบบสำรอง (Lorestani, Gharehpetian, & Nazari, 2019) จึงจะทำให้ระบบมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพิ่มขึ้น ซึ่งในการตัดสินใจเลือกทำโครงการอาจใช้หลักเกณฑ์ Multi-Attribute Value Theory เพื่อใช้เป็นหลักการในการตัดสินใจ แสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดในเชิงศักยภาพ โดยมีหัวข้อ

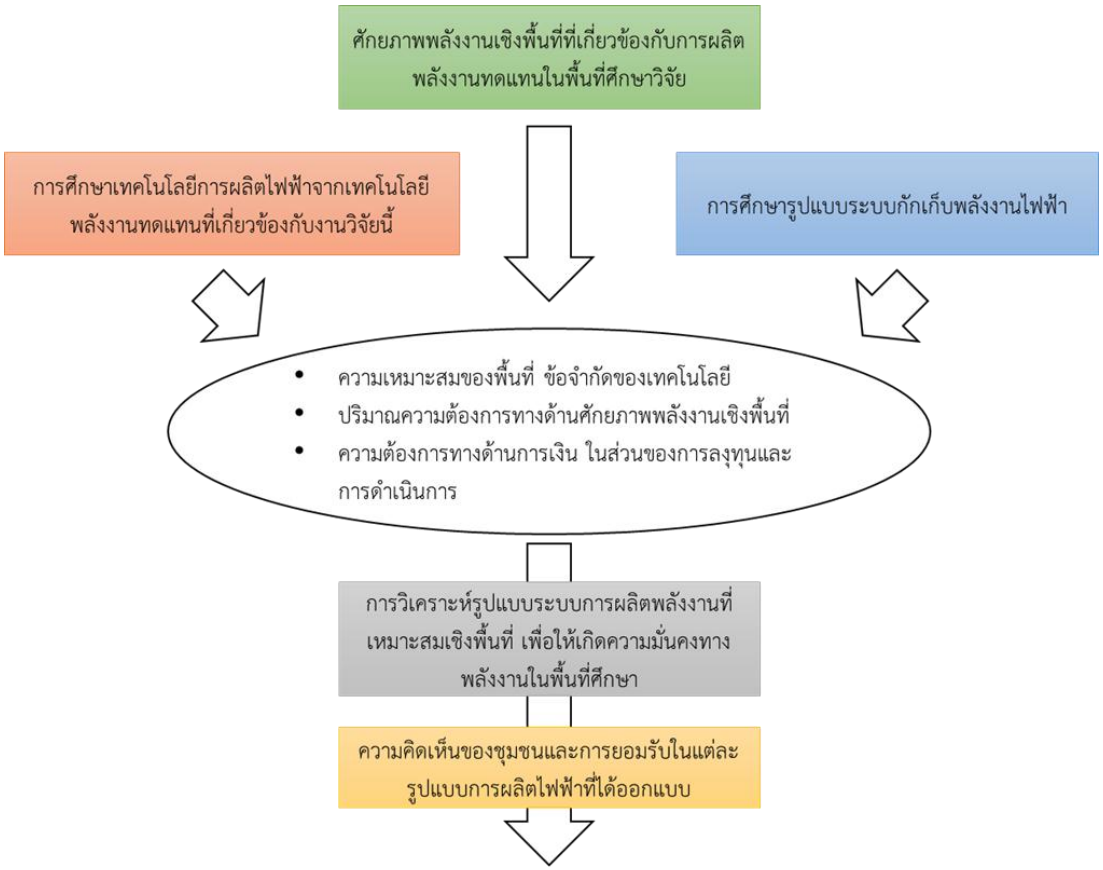
ในการพิจารณาทั้งในเชิงเทคนิค เศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม ความสามารถในการพัฒนาเพิ่มเติมในอนาคต โดยให้คะแนนแบบถ่วงน้ำหนักและแสดงให้เห็นคะแนนรวมในแต่ละเทคโนโลยี (Murrant & Radcliffe, 2018) นอกจากนี้ยังอาจใช้ Genetic Algorithm ร่วมออกแบบระบบเพื่อให้ระบบมีความแม่นยำมากขึ้นซึ่งสะท้อนถึงต้นทุนในการลงทุนระบบที่ลดลง (Javed, Song, & Ma, 2019) นอกจากนี้เพื่อป้องกันความผิดพลาดของแบบจำลองควรแยกแบบจำลองการผลิตไฟฟ้าดังกล่าวในระดับชาติและชุมชนให้แยกออกจากกัน (Ma, Xue, & Liu, Techno-economic evaluation for hybrid renewable energy system: Application and merits, 2018)

ในส่วนของระบบกักเก็บพลังงานจากที่ผ่านมาพบว่าหลักๆ เป็นการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยใช้เทคโนโลยีแบตเตอรี่ตะกั่วกรด แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีปัญหาในเรื่องอายุการใช้งานแบตเตอรี่ที่สั้นอันเนื่องมาจากรูปแบบการใช้งานที่สร้างความเค้นให้กับแบตเตอรี่ ทั้งนี้จึงได้มีการปรับปรุงกระบวนการได้แก่ แนะนำให้ติดตั้งแบตเตอรี่สำรองอีก 1 ต่อชุดขนานเข้ากับระบบเดิม (Jing, Lai, Wong, & Wong, 2018) หรือเป็นระบบขนานที่สามารถตัดต่อได้ (Jing, Lai, Ling, Wong, & Wong, 2019) แต่ในระยะยาวเทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่อาจมาทดแทนและก้าวเข้ามามีบทบาทเพิ่มมากขึ้นในระยะเวลาอันสั้น คือแบตเตอรี่ลิเทียม ตัวเก็บประจุยิ่งยวด และล้อหมุนเก็บสะสมพลังงาน (Veilleux, et al., 2020) (Liu, Chen, Cao, & Yang, 2019) มากไปกว่านี้ถ้าระบบเครือข่ายแบตเตอรี่ใช้ในระดับชุมชนหรือระดับมหภาคจะช่วยให้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนเพิ่มมากขึ้น (Pimm, Palczewski, Morris, Cockerill, & Taylor, 2020) นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีกักเก็บพลังงานที่ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะยังไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ แต่ถ้าอาศัยการพัฒนาก็จะช่วยเสริมสร้างให้มีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพิ่มมากขึ้นคือการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นมีเทนโดยใช้อิเล็กโตรไลเซอร์ในการรวมก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตจากการแปลงไฟฟ้าด้วยน้ำ ผสมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการทางอุตสาหกรรมต่างๆ (Peters, Baltruweit, Grube, Samsun, & Stolten, 2019) (Azarova, Cohen, Friedl, & Reichl, 2019) ในทางปฏิบัติโครงการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนร่วมกับระบบสำรองพลังงานภายในชุมชนถึงแม้ว่าผลตอบแทนการลงทุนจะเป็นเรื่องสำคัญในการพิจารณา แต่การยอมรับของประชากรในชุมชนนั้นก็มีส่วนร่วมในการผลักดันโครงการด้านพลังงานทดแทนให้มีความยั่งยืนได้ (Azarova, Cohen, Friedl, & Reichl, 2019) (Woo, Chung, Lee, & Huh, 2019)

สำหรับประเทศไทยที่ผ่านมาหลังจากปรับปรุงนโยบายรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนของประเทศไทยโดยจะรับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จากเดิมในปี พ.ศ.2560 ที่ 2,697.26 เมกะวัตต์ และมีเป้าหมายในปี พ.ศ.2579 ที่ 6,000 เมกะวัตต์ และกำหนดอัตราในการรับซื้อไฟฟ้าในอัตรา 2.9 บาทต่อหน่วยไฟฟ้าสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าชุมชน (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2019) และจากที่ผ่านมามีการผลิตพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์ในชุมชน (โรงเรียนชนบท, ศูนย์การเรียนรู้ชุมชน,ป่าสงวนและอุทยานฯ, โรงพยาบาลชุมชน) ในรูปแบบอิสระจำนวน 847 แห่ง กำลังการผลิตติดตั้งรวม 2,461.25 เมกะวัตต์ นอกจากนี้ยังมีการดำเนินงานติดตั้งการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์แบบไฮบริดในชุมชน ที่บ้านเกาะจิก จ.จันทบุรี ดำเนินงานแบบไมโครกริดที่ผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบเก็บสะสมพลังงาน ที่บ้านขุนแปะ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่, อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2017)

นอกจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ในเชิงการเกษตรชุมชนใน จ.เชียงใหม่ อีกด้วย (Kamching, Pattarapremcharoen, Nirunsin, & Setthapun, 2017) ซึ่งถ้าหากพิจารณาในเชิงเศรษฐศาสตร์จากนโยบายรับซื้อไฟฟ้าที่ผ่านถือว่ายังคงไม่ความคุ้มค่าในการลงทุน (Krueasuk, Bhasaputra, Pattaraprakorn, & Nirukkanaporn, 2015) ในส่วนของชีวมวลมีปริมาณการใช้เป็นพลังงานทดแทนในชุมชนที่ค่อนข้างมาก ซึ่งจากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้ชีวมวล คือ ด้านภูมิประเทศซึ่งจะเป็นตัวแปรกำหนดลักษณะและปริมาณพลังงานศักยภาพ ในด้านการขนส่ง สภาพความเป็นอยู่ ความเชื่อ ค่านิยม เศรษฐกิจ และบุคคล นั้นมีส่วนในการเลือกใช้ชนิดชีวมวลและเทคโนโลยี (พาณิชย์ และ ภู่จินดา, 2014) แนวทางปฏิบัติที่สำคัญคือ การรวบรวมชีวมวล ซึ่งในพื้นที่ทางภาคเหนือ มีชีวมวลศักยภาพคือเศษวัสดุจากข้าวโพดและอ้อย โดยอาศัยการแปรรูปเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในโรงไฟฟ้าหรืออุตสาหกรรม (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2011) จากตัวอย่างการใช้งานที่ได้ศึกษาที่เป็นไปได้ทั้งในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ คือใช้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงทดแทนก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกระบวนการผลิตเซรามิก (มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2012) หรือผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง (ตันติสัตยกุล, พงษ์เกษม, ภูหญ้า, และ ไถ้บ้านกวย, 2015)

กรอบแนวคิดของการวิจัย



สรุป

โดยสรุปหลักพิจารณาในการเลือกรูปแบบพลังงานทดแทนให้เหมาะสมกับพื้นที่ชุมชนของประเทศไทย คือ ต้องมีความพอดีกับความต้องการและมีทรัพยากรเพียงพอ สามารถหาเชื้อเพลิงหรือวัตถุดิบทดแทนได้ มีประสิทธิภาพประหยัดทรัพยากรและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม อีกทั้งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย (สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน, 2019) แต่ข้อควรระวังในการเลือกใช้ระบบคือความยั่งยืนในการดำเนินงาน โดยจะต้องสร้างการยอมรับและการมีส่วนร่วมในพื้นที่ และจะต้องสร้างบุคคลากรในพื้นที่ให้มีความสามารถในการดูและเครื่องจักรและระบบให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตามที่ควรจะเป็น (ปัญจมาตย์, นาเสงี่ยม, และ หอมหวล, 2016) (จะหวะ, 2018) ทั้งนี้จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่ได้ศึกษาถึงศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในชุมชนในจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อระบุถึงชนิดเชื้อเพลิงที่มีความเหมาะสมและรูปแบบการผลิตไฟฟ้าที่มีความเป็นไปได้ในพื้นที่ชุมชน ซึ่งมีความน่าสนใจในการค้นหารูปแบบที่เหมาะสมโดยการใช้หลักเกณฑ์ของความมีส่วนร่วมจากชุมชนที่จะผลักให้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในชุมชนของจังหวัดเชียงใหม่มีความเป็นไปได้

บทที่ ๓
การศึกษาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนและระบบกักเก็บพลังงานในระดับชุมชน

เทคโนโลยีการผลิตพลังงานทดแทนในระดับชุมชนจากการดำเนินงานที่ผ่านมามีจุดประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงาน เสริมสร้างความมั่นคงของระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพิ่มประสิทธิภาพในระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า ลดความต้องการในการลงทุนในการก่อสร้างระบบส่งไฟฟ้าเข้าสู่พื้นที่ธุรกันดารหรือพื้นที่ห่างไกล เช่น หมู่บ้านขนาดเล็กบนพื้นที่สูง ชุมชนบนเกาะขนาดเล็ก เป็นต้น โดยรูปแบบการผลิตไฟฟ้าจากเดิมมีการผลิตไฟฟ้าโดยมีรูปแบบการผลิตไฟฟ้าเพียงชนิดเดียว ได้แก่ การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ การใช้กังหันลมในการผลิตไฟฟ้า การใช้อ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในระบบชลประทานหรือการใช้น้ำจากน้ำตกในการผลิตไฟฟ้าผ่านกังหันน้ำ การผลิตไฟฟ้าจากผลิตภัณฑ์ชีวมวลจากการทำป่าไม้ เกษตรกรรม หรือปศุสัตว์ การหมักวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร น้ำเสีย และขยะ เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าโดยการเผาไหม้ในเครื่องจักรกล เป็นต้น แต่จากปัญหาที่ผ่านมาพบว่าการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนโดยมีประเด็นหลัก ๆ คือ ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าของชุมชนได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้ความมั่นคงในระบบจำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่ต่ำและมีความจำเป็นต้องรับการสนับสนุนพลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งไฟฟ้าหลักจากภายนอกพื้นที่ ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพสำหรับชุมชนในพื้นที่ห่างไกลได้รับการพัฒนาศักยภาพและประสิทธิภาพของเทคโนโลยีดังกล่าว ทำให้สามารถขจัดอุปสรรคของการผลิตและการใช้พลังงานหมุนเวียนในอดีตได้

เพื่อให้ทราบถึงเทคโนโลยีที่มีศักยภาพของพลังงานหมุนเวียนในปัจจุบัน การทบทวนการดำเนินงานที่ผ่านมาจึงมีความสำคัญ เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ของการประยุกต์พลังงานหมุนเวียนกับพื้นที่ชุมชนในพื้นที่ห่างไกลจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลัก โดยได้ศึกษาผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กที่สอดคล้องกับหลักเกณฑ์การรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2555) และมีศักยภาพที่จะเข้าร่วมโครงการโรงไฟฟ้าชุมชมเพื่อเศรษฐกิจฐานราก (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน, 2563) ตามแนวนโยบาย Energy for All ของกระทรวงพลังงาน ดังนั้นจึงจะพิจารณาการผลิตพลังงานหมุนเวียนที่มีขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน, 2559) ในเขตภาคเหนือของประเทศไทยโดยมุ่งเน้นในพื้นที่เขตจังหวัดเชียงใหม่ ทั้งนี้การพิจารณาเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนจะใช้ข้อมูลที่เป็นโครงการที่ได้ดำเนินการมาแล้วในภาคเหนือเนื่องจากลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศมีความคล้ายคลึงกัน โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตพลังงานหมุนเวียนในเชิงไฟฟ้าโดยใช้ แสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล และ ชีวภาพ ในพื้นที่ชุมชน ซึ่งจากข้อมูลของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) (คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2562) ผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในเขตภาคเหนือของประเทศไทย (ไม่รวมเขื่อนพลังน้ำขนาดใหญ่) ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 รายการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนเชิงพาณิชย์ในภาคเหนือของประเทศไทย

ชื่อสถานประกอบกิจการ	จังหวัด	ชนิดพลังงานหมุนเวียน	กำลังการผลิต (MW)	ปีที่เริ่มประกอบกิจการ
บริษัท อีเอ โซล่า พิษณุโลก จำกัด	พิษณุโลก	แสงอาทิตย์	90.18	2559
บริษัท อีเอ โซล่า ลำปาง จำกัด	ลำปาง	แสงอาทิตย์	90	2558
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน)	พิษณุโลก	พลังน้ำ แบบมีอ่างเก็บน้ำ	30	2558
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนผาจุก)	อุตรดิตถ์	พลังน้ำ แบบมีอ่างเก็บน้ำ	14.4	2561
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (โรงไฟฟ้าเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล)	เชียงใหม่	พลังน้ำ แบบมีอ่างเก็บน้ำ	10.9	2528
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (โครงการไฟฟ้าพลังน้ำแม่สะงา)	แม่ฮ่องสอน	พลังน้ำ แบบมีอ่างเก็บน้ำ	10.34	2559
บริษัท แม่กระทิง เพาเวอร์ จำกัด	แพร่	ชีวมวล (ไม้สับ, เศษไม้, ฯลฯ)	9.9	2562
บริษัท กำแพงเพชรกรีนเอ็นเนอร์ยี่ จำกัด	กำแพงเพชร	ชีวมวล (แกลบ)	9.9	2557
บริษัท แอ๊ดวานซ์ ไบโอ เอเชีย จำกัด	ลำปาง	ชีวมวล (ไม้สับ, เศษไม้, ฯลฯ)	9.9	2557
บริษัท โคลเว่อร์ พาวเว่อร์ จำกัด	แพร่	ชีวมวล (แกลบ, ฟางข้าว)	9.4	2559
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนนเรศวร)	พิษณุโลก	พลังน้ำ แบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ	8.23	2555
บริษัท โกลเด้น ไลท์ โซล่า จำกัด	สุโขทัย	แสงอาทิตย์	8.16	2557
บริษัท เชียงใหม่ รีนิวเอเบิล เอ็นเนอยี จำกัด	ตาก	แสงอาทิตย์	8.16	2557
บริษัท อินฟินิท อัลฟา แคปปิตอล จำกัด	ตาก	แสงอาทิตย์	8.16	2557

ตารางที่ 3-1 รายการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนเชิงพาณิชย์ในภาคเหนือของประเทศไทย (ต่อ)

ชื่อสถานประกอบกิจการ	จังหวัด	ชนิดพลังงานหมุนเวียน	กำลังการผลิต (MW)	ปีที่เริ่มประกอบกิจการ
บริษัท โซล่าเทค เอ็นเนอยี จำกัด	กำแพงเพชร	แสงอาทิตย์	8.16	2557
บริษัท นอร์ธเวสต์ โซล่าร์ จำกัด	กำแพงเพชร	แสงอาทิตย์	8.16	2557
บริษัท ไนน์ เอ โซล่า จำกัด	กำแพงเพชร	แสงอาทิตย์	8.16	2557
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (โครงการไฟฟ้าพลังน้ำลุ่มน้ำน่าน ตอนบน)	น่าน	พลังน้ำ แบบมีอ่างเก็บน้ำ	8	2559
บริษัท เฮลท์ แพลนเน็ท เมเนจเม้นท์ (ประเทศไทย) จำกัด (เขาทรายโซล่าร์ฟาร์ม)	พิจิตร	แสงอาทิตย์	8	2558
บริษัท เฮลท์ แพลนเน็ท เมเนจเม้นท์ (ประเทศไทย) จำกัด (วังหลุม โซล่าฟาร์ม)	พิจิตร	แสงอาทิตย์	8	2558
บริษัท เชียงราย โซล่าร์ จำกัด	เชียงราย	แสงอาทิตย์	8	2556
บริษัท พัฒนาพลังงานไฟฟ้า จำกัด	ลำพูน	แสงอาทิตย์	7.2	2558
บริษัท รางเงิน โซลูชั่น จำกัด (สาขาเตาปูน)	แพร่	แสงอาทิตย์	6.8	2559
บริษัท รางเงิน โซลูชั่น จำกัด สาขาทุ่งกว๋าว	ลำปาง	แสงอาทิตย์	6.12	2558
บริษัท มีเดียมาร์ค จำกัด (วังหลุม โซล่าร์ฟาร์ม)	พิจิตร	แสงอาทิตย์	6	2558
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนกิ่วคอหมา)	ลำปาง	พลังน้ำ แบบมีอ่างเก็บน้ำ	5.894	2559
บริษัท ซุปเปอร์ดรีมเพาเวอร์ จำกัด	ตาก	แสงอาทิตย์	5.24	2556
บริษัท เอ็น.พี.เอส.สตาร์กรุ๊ป จำกัด (โครงการ 01)	พิจิตร	แสงอาทิตย์	5.1	2558
บริษัท เวิลด์ เอ็กซ์เชนจ์ เอเชีย จำกัด (โครงการ 02)	พิจิตร	แสงอาทิตย์	5.1	2558

ตารางที่ 3-1 รายการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนเชิงพาณิชย์ในภาคเหนือของประเทศไทย (ต่อ)

ชื่อสถานประกอบกิจการ	จังหวัด	ชนิดพลังงานหมุนเวียน	กำลังการผลิต (MW)	ปีที่เริ่มประกอบกิจการ
บริษัท เวิลด์ เอ็กซ์เชนจ์ เอเชีย จำกัด (โครงการ 03)	พิจิตร	แสงอาทิตย์	5.1	2558
บริษัท เวิลด์ เอ็กซ์เชนจ์ เอเชีย จำกัด (โครงการ 01)	พิจิตร	แสงอาทิตย์	5.1	2558
บริษัท กันกุล พาวเวอร์เจน จำกัด (สาขาเนินปอ)	พิจิตร	แสงอาทิตย์	5.04	2556
บริษัท เอส.เอส.เอ็ม.อินดัสตรี จำกัด (ผู้สนับสนุน สหกรณ์เลี้ยงปลาบ้านต๋ำเมืองพะเยา จำกัด)	พะเยา	แสงอาทิตย์	5	2561
บริษัท อิเควเตอร์ โซลาร์ ทู จำกัด	ตาก	แสงอาทิตย์	4.95	2559
บริษัท พิชัยธัญชาติ จำกัด	อุตรดิตถ์	ชีวมวล (แกลบ, ฟางข้าว)	4.9	2559
บริษัท ไอคิว กู๊ด จำกัด (ผู้สนับสนุน สหกรณ์ผู้เลี้ยงผึ้งจังหวัดแพร่ จำกัด)	แพร่	แสงอาทิตย์	4.5	2561
บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด (ผู้สนับสนุน สหกรณ์การเกษตรดอยเต่า จำกัด)	เชียงใหม่	แสงอาทิตย์	4.452	2559
บริษัท ไพร์ม กรีน โซลาร์ จำกัด (ผู้สนับสนุน สหกรณ์การเกษตรนาบ่อคำพัฒนา จำกัด)	กำแพงเพชร	แสงอาทิตย์	3.84	2561
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนคลองตรอน)	อุตรดิตถ์	พลังน้ำ แบบมีอ่างเก็บน้ำ	2.5	2558
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (โรงจักรพลังน้ำแม่เทย)	เชียงใหม่	พลังน้ำ แบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ	2	2537
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (โรงจักรพลังน้ำแม่ปาย)	แม่ฮ่องสอน	พลังน้ำ แบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ	2	2537
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (โรงจักรพลังน้ำแม่เตียน)	เชียงใหม่	พลังน้ำ แบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ	1.93	2528

ตารางที่ 3-1 รายการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนเชิงพาณิชย์ในภาคเหนือของประเทศไทย (ต่อ)

ชื่อสถานประกอบกิจการ	จังหวัด	ชนิดพลังงานหมุนเวียน	กำลังการผลิต (MW)	ปีที่เริ่มประกอบกิจการ
บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (ลำปาง) จำกัด	ลำปาง	แสงอาทิตย์	1.68	2563
บริษัท ยูเอซี โกลบอล จำกัด (มหาชน)	เชียงใหม่	ก๊าซชีวภาพ (หญ้าเนเปียร์)	1.487	2558
บริษัท สแตนดาร์ด ยูนิตส์ ซัพพลาย (ไทยแลนด์) จำกัด	ลำพูน	แสงอาทิตย์	1.425	2562
บริษัท ซัน สวีท จำกัด	เชียงใหม่	ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย)	1.095	2553
บริษัท โรงไฟฟ้าบ้านตาล จำกัด	เชียงใหม่	ก๊าซชีวภาพ (ขยะชุมชน)	1.095	2555
บริษัท ท่าเชียงทอง จำกัด	เชียงใหม่	ก๊าซชีวภาพ (ขยะชุมชน)	1.094	2553
บริษัท บิน่า พูรี่ พาวเวอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด	แพร่	ชีวมวล (เศษเหลือใช้ทางการเกษตร)	1	2561
กองพลพัฒนาที่ 3 (ค่ายสมเด็จพระบรมไตรโลกนาถ)	พิษณุโลก	แสงอาทิตย์	1	2560
บริษัท สุวรรณภพรุ่งเรืองทรัพย์ จำกัด	ลำปาง	แสงอาทิตย์	1	2559
บริษัท นภัสโซลา จำกัด	แม่ฮ่องสอน	แสงอาทิตย์ (Thin Film)	1	2556
บริษัท แม่สะเรียง โซลา จำกัด (โครงการ 1)	แม่ฮ่องสอน	แสงอาทิตย์ (Thin Film)	1	2556
บริษัท ห้างฉัตร โซลา แพลนท์ จำกัด	ลำปาง	แสงอาทิตย์ (Thin Film)	1	2556
บริษัท แม่สะเรียง โซลา จำกัด (โครงการ 2)	แม่ฮ่องสอน	แสงอาทิตย์ (Thin Film)	1	2556
บริษัท แม่สะเรียง โซลา จำกัด (โครงการบ้านกาศ 3)	แม่ฮ่องสอน	แสงอาทิตย์ (Thin Film)	1	2555
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (โรงจักรพลังน้ำแม่ยะ)	เชียงใหม่	พลังน้ำ แบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ	1	2533

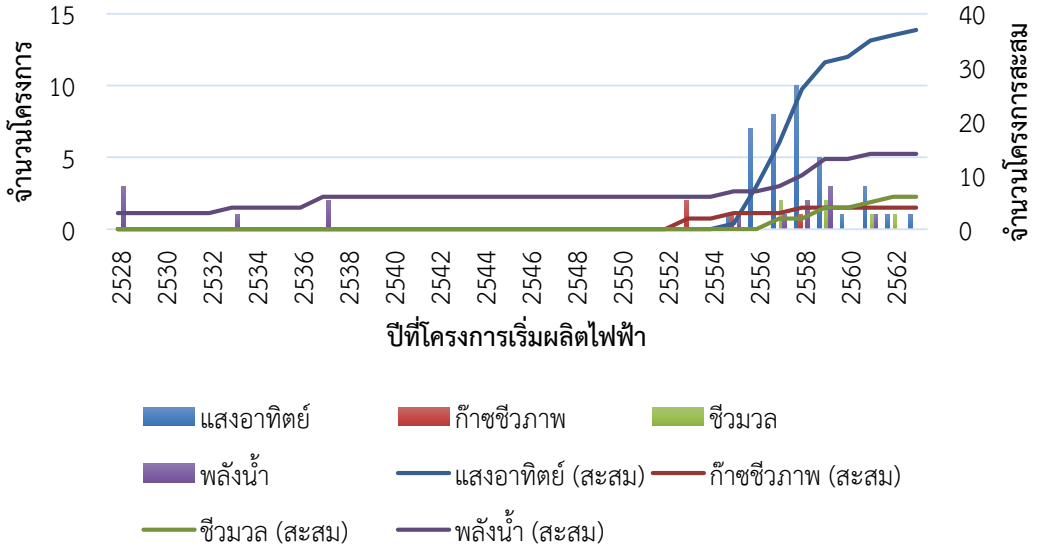
ตารางที่ 3 - 1 รายการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนเชิงพาณิชย์ในภาคเหนือของประเทศไทย (ต่อ)

ชื่อสถานประกอบกิจการ	จังหวัด	ชนิดพลังงานหมุนเวียน	กำลังการผลิต (MW)	ปีที่เริ่มประกอบกิจการ
บริษัท ไออีซี แม่ทา แม่แตง จำกัด (แม่มาลัย 1)	เชียงใหม่	แสงอาทิตย์	0.96	2557
บริษัท ไออีซี แม่ทา แม่แตง จำกัด (แม่มาลัย 2)	เชียงใหม่	แสงอาทิตย์	0.96	2557
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (โรงจักรพลังน้ำแม่ใจ)	เชียงใหม่	พลังน้ำ แบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ	0.88	2528
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (โครงการไฟฟ้าพลังน้ำแม่ฮ่องสอน)	แม่ฮ่องสอน	พลังน้ำ แบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ	0.85	2557

ที่มา : คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2562

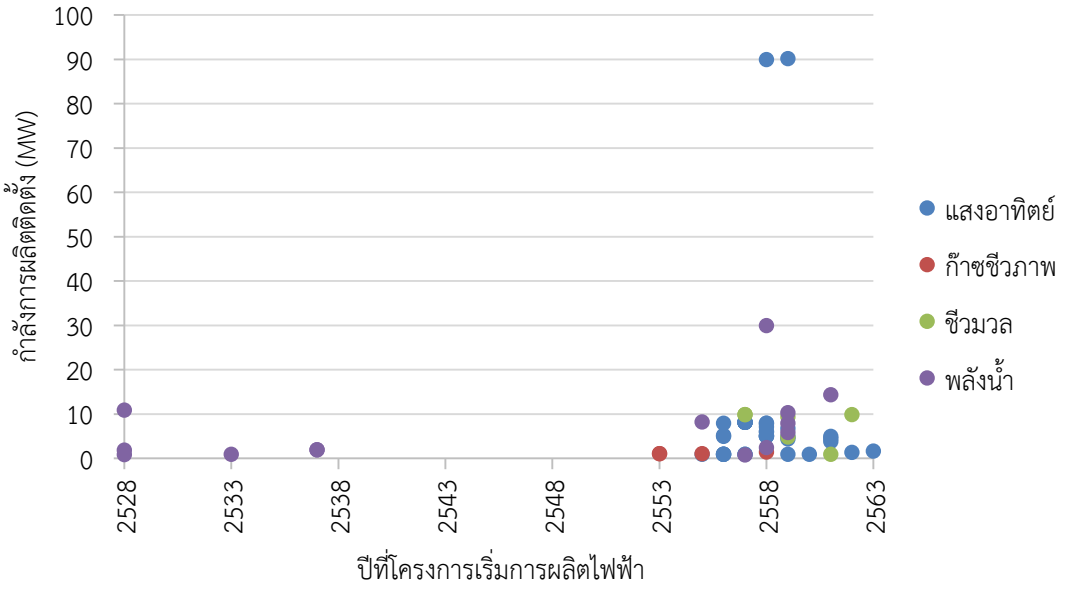
หากพิจารณาฐานข้อมูลข้างต้น พบว่าในปัจจุบันภาคเหนือมีจำนวนโครงการที่ผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์จำนวน 37 โครงการ คิดเป็นกำลังการผลิตติดตั้งรวม 344.7 เมกะวัตต์ โครงการที่ผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำจำนวน 14 โครงการ คิดเป็นกำลังการผลิตติดตั้งรวม 98.9 เมกะวัตต์ โครงการที่ผลิตไฟฟ้าด้วยชีวมวล จำนวน 6 โครงการ คิดเป็นกำลังการผลิตติดตั้งรวม 45 เมกะวัตต์ และโครงการที่ผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซชีวภาพ จำนวน 5 โครงการ คิดเป็นกำลังการผลิตติดตั้งรวม 5.77 เมกะวัตต์ ดังแผนภาพที่ 3-1 ทั้งนี้ยังไม่มีข้อมูลการผลิตไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์ในเขตภาคเหนือด้วยพลังงานลมจากการดำเนินงานที่ผ่านมา

แผนภาพที่ 3-1 จำนวนโครงการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่ภาคเหนือ



ที่มา : คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2562

แผนภาพที่ 3-2 กำลังการผลิตติดตั้งโครงการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่ภาคเหนือ



ที่มา : คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2562

เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน

พลังงานแสงอาทิตย์

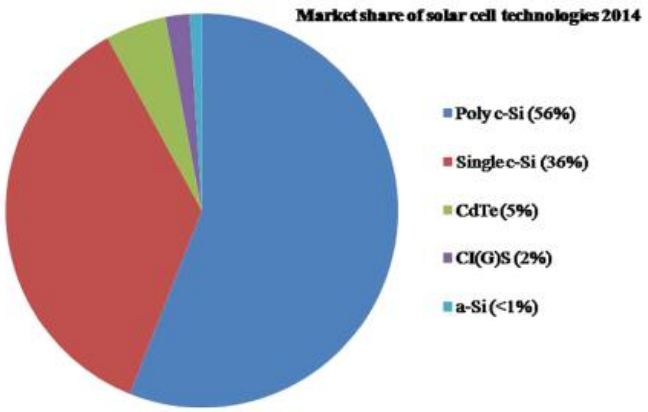
ถ้าพิจารณาในส่วนของกำลังการผลิตติดตั้งตามแผนภาพที่ 3-2 การผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ในภาคเหนือจะมีกำลังการผลิตติดตั้งส่วนใหญ่ไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ ซึ่งถ้าหากไม่คิดโครงการที่มีกำลังการผลิตติดตั้ง 90 เมกะวัตต์ การผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์จะมีกำลังการผลิตติดตั้งเฉลี่ยอยู่ที่ 4.89 เมกะวัตต์/โครงการ ที่ผ่านมาการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในเชิงพาณิชย์ในพื้นที่ภาคเหนือมีลักษณะเป็นการผลิตด้วยแผงวงจรรวมขนาดใหญ่ โดยใช้แผงโซล่าเซลล์แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มรูปแบบ คือ

๑. แผงโซล่าเซลล์แบบ Crystalline Silicon ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 รูปแบบย่อยได้คือ
   ๑.๑ Mono Crystalline
   ๑.๒ Multi Crystalline (Poly Crystalline)
๒. แผงโซล่าเซลล์แบบ Amorphous Thin Film

เมื่อเปรียบเทียบทางด้านประสิทธิภาพแล้วพบว่าแผงโซล่าเซลล์แบบ Mono Crystalline Silicon มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าแผงโซล่าเซลล์รูปแบบอื่น ๆ ในข้างต้น ประสิทธิภาพรองลงมาคือ Amorphous Thin Film และ Multi Crystalline Silicon (Poly Crystalline Silicon) ตามลำดับ แต่ด้วยต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าของแผงโซล่าแบบ Multi Crystalline Silicon เมื่อเปรียบเทียบกับแผงโซล่าเซลล์แบบอื่น ๆ จึงทำให้ได้รับความนิยมและถูกเลือกใช้สำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์โดยสัดส่วนการผลิตแผงโซล่าเซลล์มีสัดส่วนตามแผนภาพที่ 3-3 ซึ่งในเขตพื้นที่ภาคเหนือจากโครงการผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์มีเพียง 5 โครงการ

โดยในปี พ.ศ.2555 และ 2556 ที่เลือกใช้แผงโซล่าเซลล์แบบ Thin Film ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 1 เมกะวัตต์ นอกนั้นเลือกใช้แผงโซล่าเซลล์แบบ Crystalline Silicon ในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งเมื่อสำรวจการใช้พื้นที่ในการผลิตไฟฟ้าต่อเมกะวัตต์ โดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศจาก Google Map โดยเข้าสำรวจเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563 พบว่า Crystalline Silicon ที่ถูกใช้สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่ภาคเหนือมีความต้องการใช้พื้นที่ต่อกำลังการผลิตอยู่ระหว่าง 9 – 17 ไร่ต่อเมกะวัตต์ และสำหรับแผงโซล่าเซลล์แบบ Thin Film มีความต้องการใช้พื้นที่ต่อกำลังการผลิตไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 18 – 22 ไร่ต่อเมกะวัตต์ ต้นทุนก่อสร้างต่อหน่วยกำลังการผลิตติดตั้งโดยประมาณอยู่ระหว่าง 27 – 93.5 ล้านบาทต่อเมกะวัตต์ (IRENA, 2019) (คิดอัตราแลกเปลี่ยนโดยประมาณที่ 34 บาทต่อเหรียญสหรัฐ)

แผนภาพที่ 3-3 สัดส่วนของเทคโนโลยีแผงโซล่าเซลล์ในตลาดโลกของปี ค.ศ.2014



ที่มา : Ramanujam, Verma, & Gonzalez-Diaz, 2016

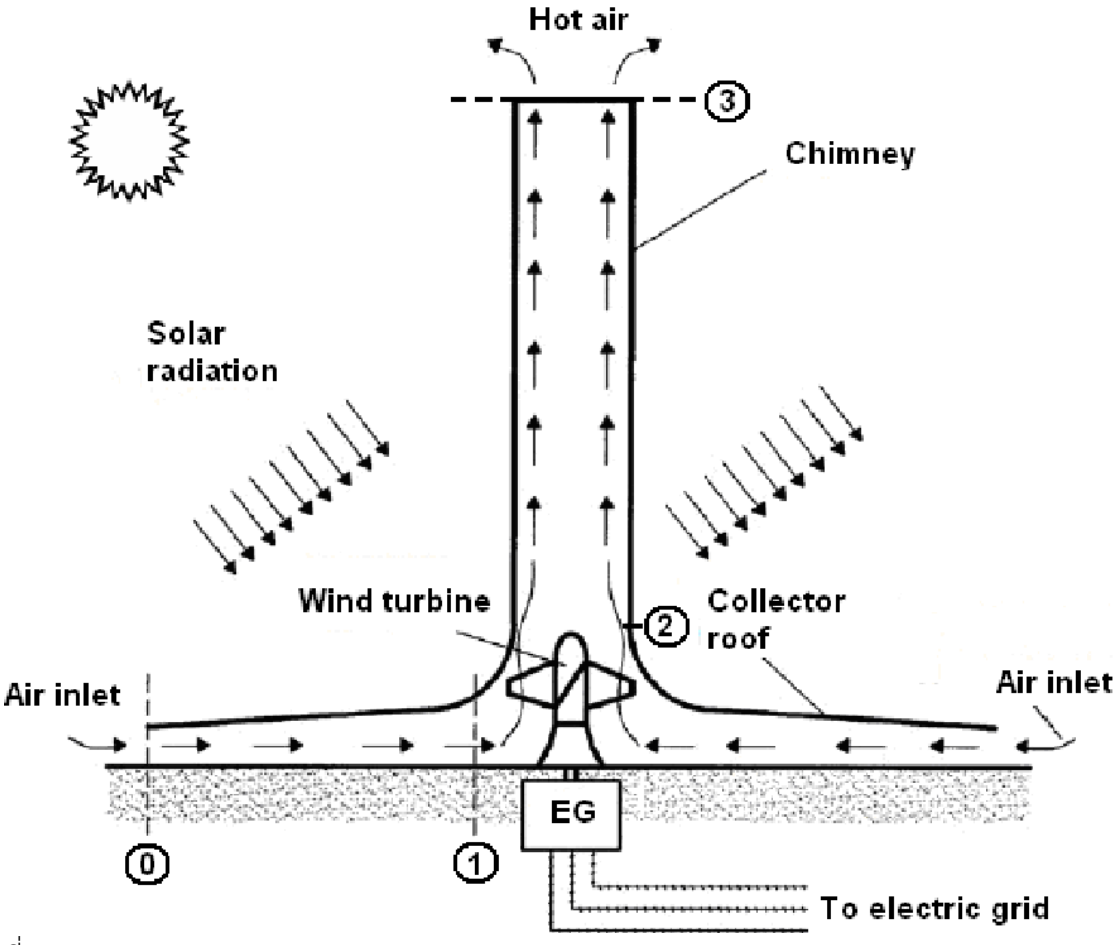
โดยแนวโน้มการใช้เทคโนโลยีแผงโซล่าเซลล์เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าในอนาคตขึ้นอยู่กับต้นทุนการผลิตที่ปรับตัวลดลงและการพัฒนาประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้า โดยในส่วนของต่างประเทศได้มุ่งเน้นการใช้แสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้าสำหรับชุมชนในพื้นที่ห่างไกลระบบไฟฟ้า และไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนสายส่งไฟฟ้าเข้าไปสู่พื้นที่นั้น ๆ (Ali, et al., 2019) (Yadav, Davies, & Sarkodie, 2019) (Bank, 2016), ในส่วนของชุมชนที่มีระบบไฟฟ้าหลักเข้าถึงได้ใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแสงอาทิตย์เพื่อลดค่าใช่จ่ายทางด้านพลังงานในแต่ละเดือน (Wang, Zhou, & Gao, 2017)

นอกจากนี้ยังมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้าในรูปแบบอื่น คือ Solar Chimney Power Plant (Okoy & Taylan, 2017) โดยอาศัยแสงอาทิตย์เพิ่มอุณหภมิอากาศเพื่อเพิ่มศักยภาพในการไหลและลอยตัวสูงขึ้น จากนั้นบังคับให้ไหลผ่านช่องแคบที่มีกังหันลมติดตั้งอยู่เพื่อถ่ายเทพลังงานให้กับกังหันลมนั้นและขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อไป ทั้งนี้เทคโนโลยีนี้ต้องการพื้นที่ในการก่อสร้างมาก ต้นทุนการก่อสร้างสูง ศักยภาพในการทำให้อากาศลอยตัวและมีอุณหภูมิสูงขึ้นขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิอากาศพื้นผิว ระดับความเข้มแสงอาทิตย์ และความเร็วลม เป็นต้น

แผนภาพที่ 3-4 การสำรวจพื้นที่โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ในเขตภาคเหนือจากภาพถ่ายทางอากาศ

ที่มา : Google Map, 2020

แผนภาพที่ 3-5 ภาพตัดขวางของโรงไฟฟ้าแสงอาทิตย์แบบหอสูง (Solar Chimney)



ที่มา : Okoy & Taylan, 2017

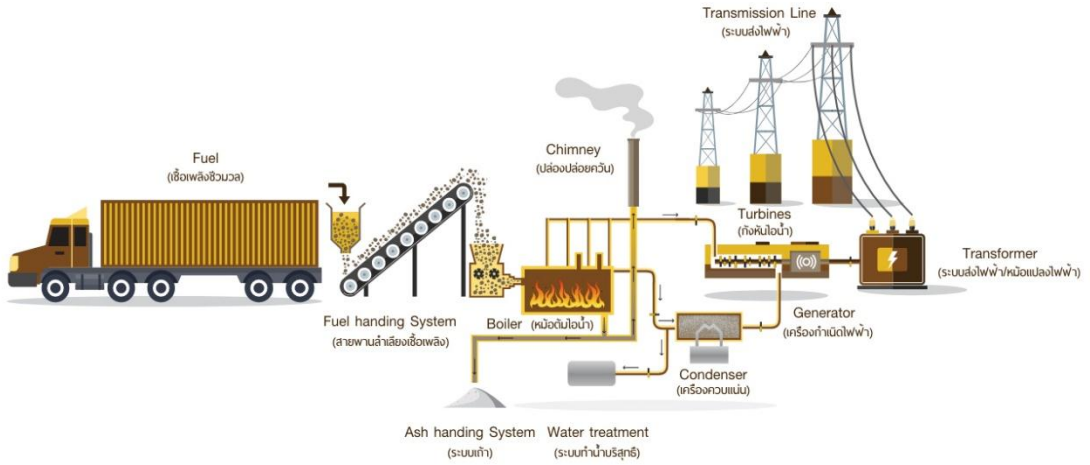
พลังงานลม

ถึงแม้ว่าจากที่ผ่านมายังไม่มีการใช้ประโยชน์จากพลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้าเชิงพาณิชย์ในพื้นที่ภาคเหนือ แต่ก็ได้มีการศึกษาถึงศักยภาพเพื่อใช้สำหรับการพัฒนาโครงการด้านพลังงานลมในพื้นที่ภาคเหนือในอนาคต ทั้งนี้จากการศึกษาของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ในปี พ.ศ.2552 โดยได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากสำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ พ.ศ.2552 (ดุษฎี และคณะ, 2552) พบว่าที่ระดับความสูง 80 เมตรมีความเร็วลมเฉลี่ย 4.7 – 7.0 เมตรต่อวินาที และบริเวณศักยภาพสูงที่สามารถติดตั้งกังหันลมแนวนอนขนาด 1 MW ได้คือพื้นที่บริเวณสถานีตรวจวัดความเร็วลม กิ่วลม ดอยม่อนล้าน และแม่แฮ โดยใช้เงินลงทุนต่อกำลังการผลิตติดตั้งโดยประมาณที่ 64 ล้านบาทต่อเมกะวัตต์

พลังงานชีวมวล

จากการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเชิงพาณิชย์ในพื้นที่ภาคเหนือที่ผ่านมาตามแผนภาพที่ 3-6 พบว่าหลัก ๆ ใช้เชื้อเพลิงที่ได้จากเศษวัสดุทางการเกษตรและกิจกรรมทางด้านการผลิตยางพารา ในที่นี้คือไม้ยาง เป็นต้น โดยใช้วัฏจักรผลิตกำลังโดยใช้ไอน้ำ ผ่านการเผาไหม้ชีวมวลที่ถูกสับย่อยให้มีขนาดเล็กและเผาไหม้กับอากาศในห้องเผาไหม้ ซึ่งไอเสียร้อนจากการเผาไหม้จะถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำในหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไปน้ำแรงดันสูงอุณหภูมิสูง และบังคับให้ไอน้ำเหล่านั้นไหลผ่านกังหันไอน้ำเพื่อถ่ายเทพลังงานโดยขับเคลื่อนกังหันให้หมุนขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อไป ที่ผ่านมามีกำลังการผลิตไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 4.9 – 9.9 เมกะวัตต์ โดยข้อดีของโรงไฟฟ้าชีวมวลคือสามารถจ่ายไฟฟ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นจะต้องมีการจัดหาเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการเผาไหม้ได้อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังต้องเตรียมน้ำสำหรับหล่อเย็นระบบผลิตไฟฟ้าอีกด้วย ในบางกรณีอาจใช้อากาศสำหรับหล่อเย็นระบบผลิตไฟฟ้าแทนได้ แต่ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าจะลดลงเนื่องจากอุณหภูมิด้านต่ำของระบบการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้นและเป็นไปตามกฎของเทอร์โมไดนามิกที่ประสิทธิภาพสูงสุดของระบบจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของระดับอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของวัฏจักรผลิตกำลัง โดยทั่วไปจากการสำรวจพื้นที่สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลในภาคเหนือ มีความต้องการพื้นที่ต่อกำลังการผลิตติดตั้งอยู่ระหว่าง 2.7 – 6 ไร่ต่อเมกะวัตต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้พื้นที่กองเก็บเชื้อเพลิง และสำรองแหล่งน้ำสำหรับโรงไฟฟ้า

แผนภาพที่ 3-6 กระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยชีวมวลแบบพลังความร้อน



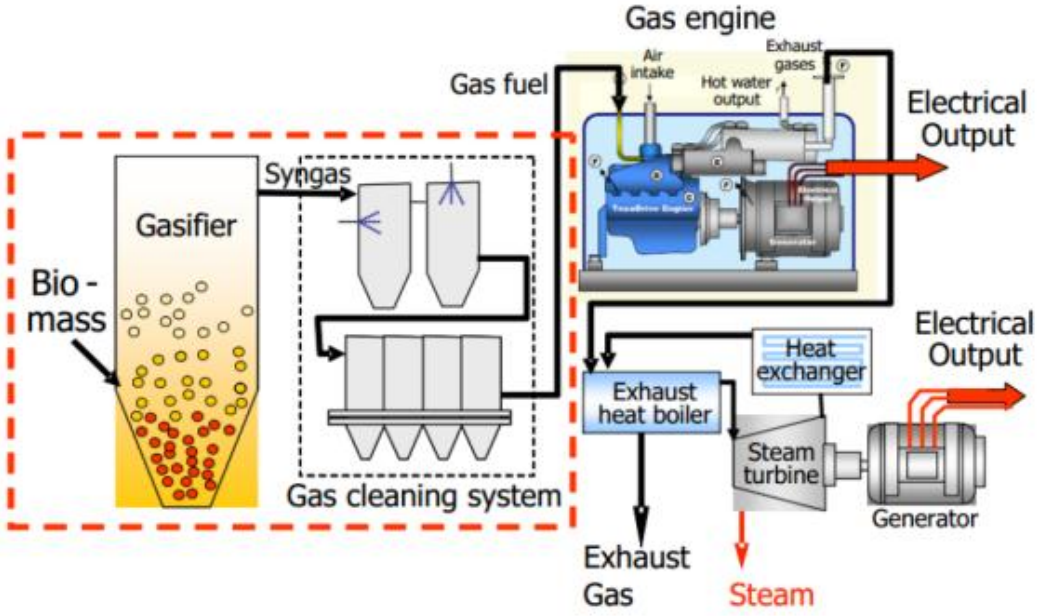
ที่มา : บริษัท สากล เอนเนอยี จำกัด (มหาชน), 2562

แผนภาพที่ 3-7 การสำรวจพื้นที่โรงไฟฟ้าชีวมวลในเขตภาคเหนือจากภาพถ่ายทางอากาศ

ที่มา : Google Map, 2020

นอกจากนี้ยังพบว่ามีการใช้เทคโนโลยี Gasification เพื่อผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวลจำพวกเศษวัสดุทางการเกษตรใน จ.แพร่ โดย บริษัท เซฟ เอนเนอร์จี (แพร่) จำกัด โดยมีกำลังการผลิตขนาด 2x500 kW โดยก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จะถูกเผาไหม้ในเครื่องยนต์ลูกสูบซึ่งต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อไป

แผนภาพที่ 3-8 การผลิตไฟฟ้าด้วยการแปลงชีวมวลในรูปแบบ Gasification



ที่มา : Access Biomass Clean Power, 2013

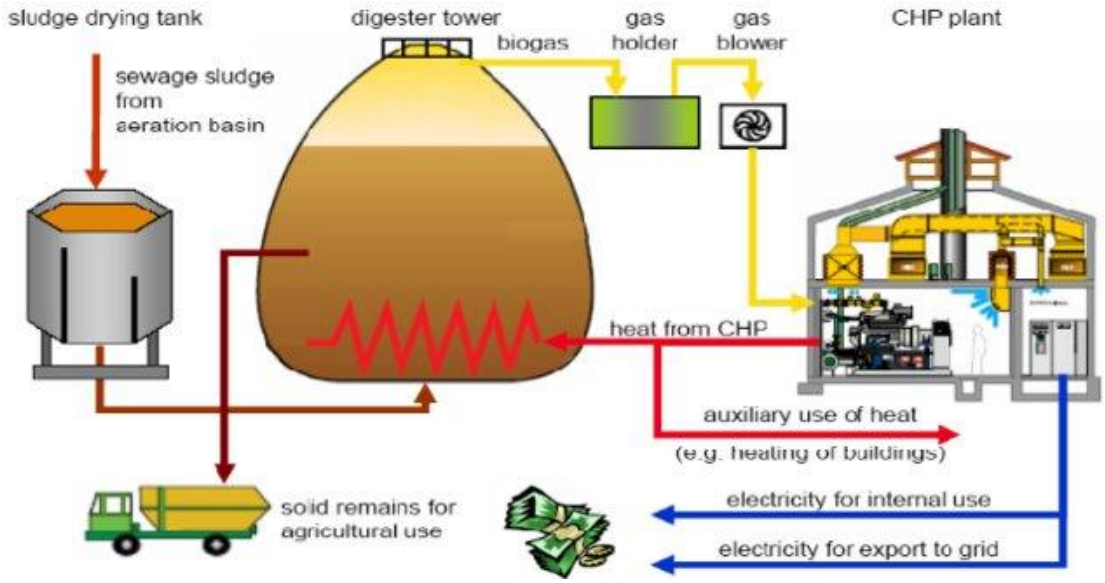
ถึงแม้ว่าการผลิตพลังงานหมุนเวียนจากชีวมวลในพื้นที่ภาคเหนือซึ่งมีแหล่งชีวมวลจำนวนมาก และเกษตรกรมักจะใช้วิธีการเผาในที่โล่งแจ้งเพื่อกำจัดเศษวัสดุดังกล่าว ซึ่งก่อให้เกิดปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมในลำดับต่อมา ดังนั้นการผลิตไฟฟ้าด้วยชีวมวลจึงอาจมีศักยภาพในเชิงเทคนิคการผลิตประเทศไทยมีการผลิตไฟฟ้าด้วยชีวมวลในหลากหลายรูปแบบเตาเผาไหม้ ได้แก่ แบบตะกรับ หรือแบบเผาไหม้ฝุ่นเชื้อเพลิง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของชีวมวล โดยเชื้อเพลิงแกลบส่วนมากจะเลือกใช้การเผาไหม้แบบฝุ่นเชื้อเพลิง แต่สำหรับเชื้อเพลิงชนิดอื่นที่ประสบปัญหาด้านความชื้นจึงเลือกใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้แบบตะกรับ เนื่องจากมีความต้องการในการลงทุนต่ำแต่ทว่ามีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ต่ำกว่าการเผาไหม้แบบฝุ่นเชื้อเพลิง แนวโน้มของการในมุมมองเชิงนโยบายพลังงานเพื่อตอบสนองกับความไม่แน่นอนในการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนตลอดเวลา เทคโนโลยี Gasification ที่ควบคู่กับเครื่องยนต์ก๊าซเชื้อเพลิงหรือกังหันก๊าซอาจมีความน่าสนใจในการตอบสนองความต้องการไฟฟ้าในแบบทันทีทันใด (Ramp Load) ได้ดี

พลังงานชีวภาพ

ในที่นี้จากการสำรวจฐานข้อมูลการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในภาคเหนือของ กกพ. พบว่ามีการใช้ก๊าซจากบ่อขยะมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าร่วม นอกจากนี้ในส่วนอื่น ๆ มีการใช้น้ำเสียจากกระบวนการอุตสาหกรรมและการหมักพืชพลังงานเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ มีกำลังการผลิตติดตั้งอยู่ระหว่าง 1 – 1.5 เมกะวัตต์ โดยนำก๊าซที่ได้จากการหมักมาเผาไหม้ในเครื่องยนต์ลูกสูบที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทั้งนี้ถ้าหน่วยผลิตนั้นอยู่ใกล้เคียงพื้นที่อุตสาหกรรมที่ต้องการความร้อนยังสามารถใช้ความร้อนทิ้งจากการเผาไหม้ในการผลิตไอน้ำให้กับอุตสาหกรรมข้างเคียงที่มีความต้องการได้ และจากการสำรวจจากภาพถ่ายทางอากาศพบว่าเทคโนโลยีการหมักจะใช้เทคโนโลยีการหมักโดยไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการหมักที่ต่อเนื่อง

จึงมีความจำเป็นต้องกจัดหาวัตถุดิบเพื่อป้อนเข้าสู่กระบวนการหมักที่สามารถจัดหาได้อย่างแน่นอน อีกทั้งยังต้องวางแผนในการบำบัดน้ำเสียและกากตะกอนที่เกิดขึ้นอีกด้วย

แผนภาพที่ 3-9 ผังการดำเนินการผลิตไฟฟ้าและความร้อนจากก๊าซชีวภาพ



ที่มา : Asadinejad, G. Varzaneh, Mohajeryami, & Abedi, 2016

แผนภาพที่ 3-10 รูปแบบการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพในภาคเหนือจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ที่มา : Google Map, 2020

แผนภาพที่ 3-11 รูปแบบการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพในภาคเหนือจากบ่อขยะ

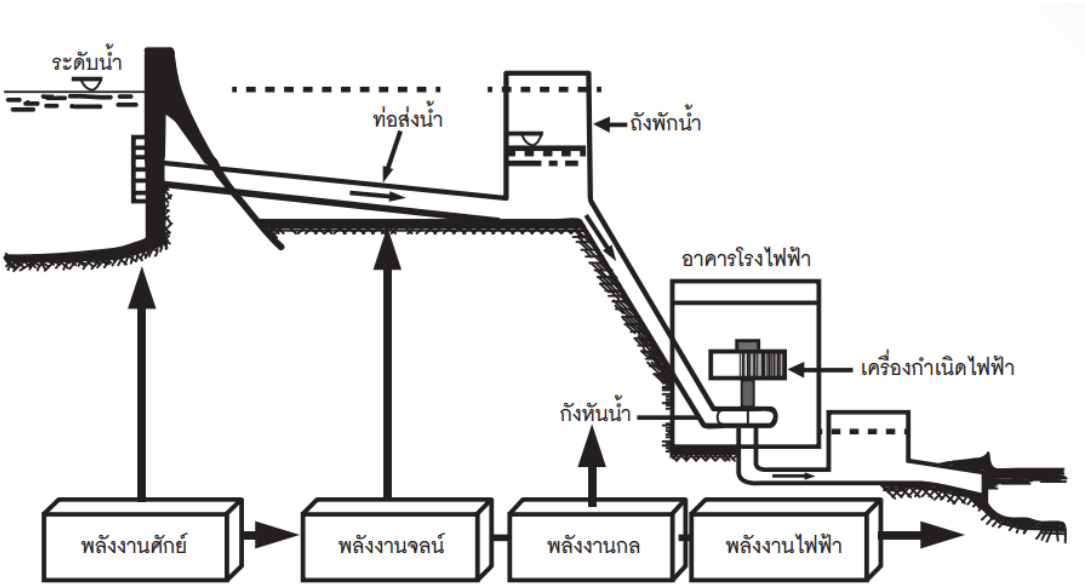
ที่มา : Google Map, 2020

ในส่วนของภาคชุมชนสำหรับครัวเรือนขนาดเล็กอาจมีการนำใช้ก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารโดยถังหมักที่มีศักยภาพมีขนาดตั้งแต่ 2.4 – 4.8 ลูกบาศก์เมตร (Ali, et al., 2019) และจากที่ผ่านมาพบว่ามูลของสัตว์ปีกสามารถสนับสนุนโดยก่อให้เกิดก๊าซชีวภาพในปริมาณที่มากกว่ามูลสัตว์ชนิดอื่น ๆ (Ali, et al., 2019) เช่นเดียวกับที่ให้ข้อคิดเห็นในเชิงนโยบายพลังงานในอนาคตของประเทศไทย เชื้อเพลิงก๊าซ สามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อตอบสนองต่อความต้องการไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วและตลอดเวลา ดังนั้นก๊าซชีวภาพจึงมีความน่าสนใจเพื่อพิจารณารูปแบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในอนาคต

พลังงานน้ำ

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำอาศัยวัฏจักรการหมุนเวียนของน้ำ โดยใช้การเปลี่ยนแปลงพลังงานศักยจากการไหลของน้ำจากที่สูงมายังพื้นที่ในระดับต่ำ เพื่อขับเคลื่อนกังหันน้ำที่ส่งผ่านกำลังเพื่อขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจากการดำเนินงานที่ผ่านมาสามารถแบ่งลักษณะรูปแบบหลัก ๆ ที่ได้ดำเนินการในเขตพื้นที่ภาคเหนือได้ 2 แบบคือ การผลิตไฟฟ้าแบบมีอ่างเก็บน้ำ และการผลิตไฟฟ้าแบบอาศัยการไหลผ่านของน้ำ ซึ่งจากทั้ง 2 รูปแบบมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันไป โดยที่การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ จะต้องอาศัยความเหมาะสมเชิงพื้นที่ในการก่อสร้าง การผลิตไฟฟ้าสามารถคาดการณ์ปริมาณพลังงานที่สามารถผลิตได้และมีความมั่นคงทางพลังงานสูง นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เช่น การชลประทานเพื่อการเกษตรกรรมหรือการทำประมงบนพื้นที่เหนืออ่างเก็บน้ำ แต่การดำเนินการในลักษณะดังกล่าวต้องแลกกับพื้นที่ทางธรรมชาติที่สูญเสียไป การเสียโอกาสในการใช้ประโยชน์จากที่ดิน และในมิติทางสังคมและสิ่งแวดล้อมซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในวงกว้าง ได้รับการต่อต้านจากชุมชนในพื้นที่ ต้องอพยพโยกย้ายประชาชนจำนวนมาก เป็นต้น โดยมีขนาดกำลังการผลิตติดตั้งอยู่ระหว่าง 2.5 – 10.34 เมกะวัตต์

แผนภาพที่ 3-12 หลักการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำ

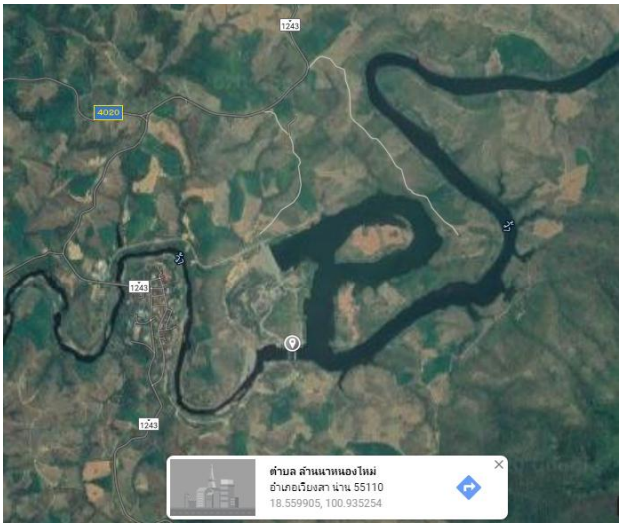


ที่มา : iEnergyGuru, 2557

แผนภาพที่ 3-13 โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนคลองตรอน อ.น้ำปาด จ.อุตรดิตถ์

ที่มา : Google Map, 2020

แผนภาพที่ 3-14 โรงไฟฟ้าพลังน้ำลุ่มน้ำน่านตอนบน อ.เวียงสา จ.น่าน



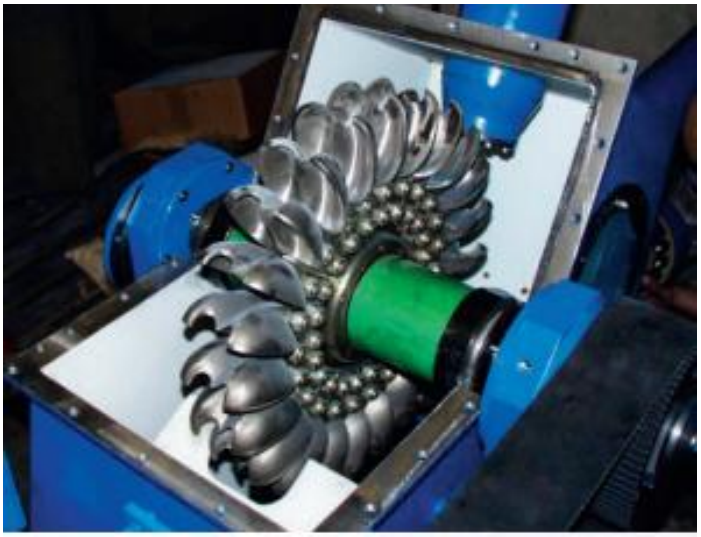
ที่มา : Google Map, 2020

ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงข้อจำกัดเชิงพื้นที่ ผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และมีความต้องการงบประมาณต่ำ การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำจึงมีความน่าสนใจในการดำเนินงานในพื้นที่ชุมชน แต่จะต้องพิจารณาชุมชนที่มีการไหลของน้ำตลอดทั้งปี ตัวอย่างโครงการเช่น โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำแม่สะงา อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน ขนาดกำลังการผลิต 0.85 เมกะวัตต์ โดยใช้เทคโนโลยีกังหันน้ำแบบวงล้อเพลตัน นอกจากนี้ในเขตพื้นที่ภาคเหนือมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำโดยมีกำลังการผลิตไม่เกิน 2 เมกะวัตต์

แผนภาพที่ 3-15 โรงไฟฟ้าพลังน้ำแม่สะงา อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน

ที่มา : River Engineering, 2018

แผนภาพที่ 3-16 กังหันน้ำแบบเพลตัน

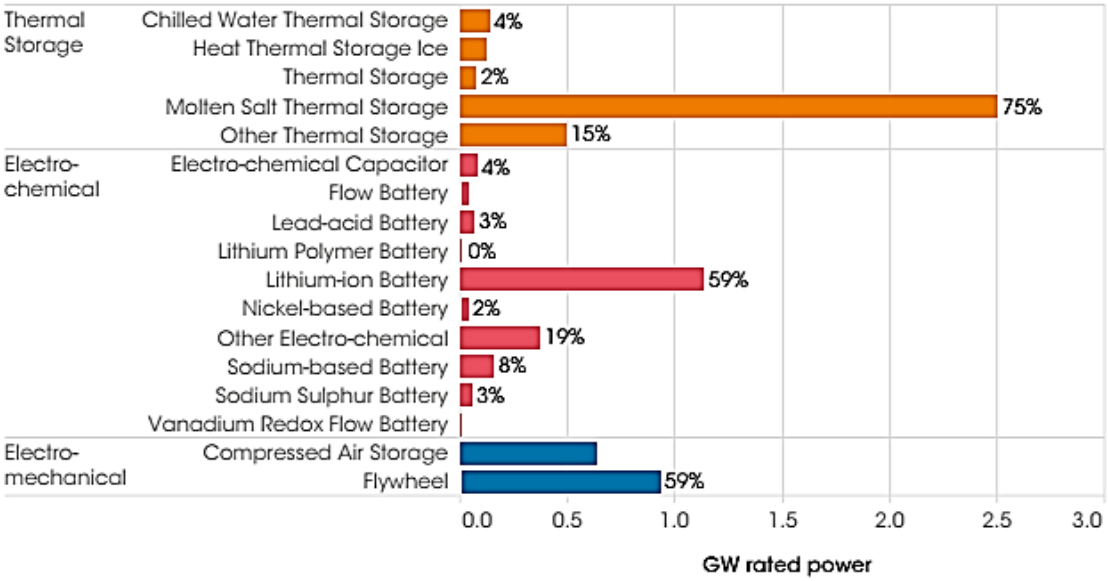


ที่มา : iEnergyGuru, 2557

เทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานในระดับชุมชน

จากการพัฒนาทางด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิตแบตเตอรี่ยุคใหม่ ทำให้ความหนาแน่นทางพลังงานเพิ่มมากขึ้น และสามารถสนับสนุนระบบจัดจำหน่ายพลังงานที่ได้มาจากการผลิตพลังงานหมุนเวียนได้เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนรูปแบบใหม่ที่เรียกว่าการผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริด โดยหนึ่งในรูปแบบนั้นคือ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนร่วมกับระบบสำรองพลังงาน ส่งผลให้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนมีขีดความสามารถในการจำหน่ายไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง (Firm PPA Contract) และสามารถทดแทนการผลิตไฟฟ้าจากฟอสซิลได้ ทั้งนี้เทคโนโลยีที่มักถูกพูดถึงมากเป็นอันดับแรก ๆ คือ แบตเตอรี่ลิเทียม ที่มีความหนาแน่นในการบรรจุพลังงานสูงเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ตะกั่วกรด และมีความสามารถในการจ่ายพลังงานเมื่อเทียบกับศักยภาพในการกักเก็บพลังงาน (Depth of Discharge) ที่สูงกว่าแบตเตอรี่ตะกั่วกรดด้วยเช่นกัน ซึ่งได้มีการสำรวจต้นทุนต่อหน่วยพลังงาน โดยแบตเตอรี่ลิเทียมมีความต้องการในการลงทุนอยู่ระหว่าง 6.8 – 28.6 ล้านบาทต่อเมกะวัตต์ชั่วโมง แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดอยู่ระหว่าง 3.4 – 17 ล้านบาทต่อเมกะวัตต์ชั่วโมง และ Flow battery อยู่ระหว่าง 13.6 – 80 ล้านบาทต่อเมกะวัตต์ชั่วโมง (IRENA, 2017) (คิดอัตราแลกเปลี่ยนที่ 34 บาทต่อเหรียญสหรัฐ)

แผนภาพที่ 3-17 สัดส่วนของระบบเก็บสะสมพลังงาน



ที่มา : IRENA, 2017

นอกจากนี้ในส่วนของระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบอื่นที่มีความน่าสนใจเนื่องจากมีสัดส่วนปริมาณการใช้งานที่มากเมื่อเทียบในสัดส่วนของกำลังการจ่ายพลังงาน คือ ระบบสำรองพลังงานความร้อนแบบสระสารละลายเกลือโดยเป็นการเติมเกลือเข้าไปในน้ำเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของของเหลวซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในการจุความร้อนของของเหลวซึ่งจะมีความสามารถในการจุความร้อนสูงกว่าน้ำโดยทั่วไป ระบบสำรองพลังงานในรูปแบบงานกลโดยใช้ล้อช่วยแรง (Fly Wheel) และการใช้เขื่อนแบบสูบกลับเพื่อสะสมน้ำบนพื้นที่สูง แต่ระบบนี้จะต้องใช้พื้นที่ที่มีความเฉพาะและมีความเหมาะสมในเชิงพื้นที่ ดังนั้นการลงทุนในระบบกักเก็บพลังงานในพื้นที่ชุมชนสามารถช่วยสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน อีกทั้งบริหารความต้องการไฟฟ้าโดยสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนได้ตรงกับความต้องการในแต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกันไป

แผนภาพที่ 3-18 รูปแบบหน่วยกักเก็บพลังงานขนาดใหญ่โดยใช้แบตเตอรี่

ที่มา : Quora, n.d.

บทที่ ๔
การศึกษาศักยภาพพลังงานทดแทนในพื้นที่ และความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้า

ด้วยความแตกต่างของภูมิอากาศและภูมิประเทศในแต่ละพื้นที่ ส่งผลให้ลักษณะทางกายภาพและชีวภาพของแต่ละพื้นที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งทำให้ความสามารถในการผลิตพลังงานทดแทนแต่ละชนิดในพื้นที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นเพื่อให้การผลิตไฟฟ้าจากกพลังงานทดแทนในพื้นที่ชุมชนมีความเหมาะสม จึงต้องพิจารณาดำเนินการตามลำดับดังนี้

๑. การประเมินทางด้านเทคนิค

๑.๑ การประเมินศักยภาพทางพลังงานทดแทนในพื้นที่ เพื่อศึกษาถึงความมีอยู่ของพลังงานเพื่อให้ทราบถึงความสามารถสูงสุดในการผลิตไฟฟ้า และปริมาณพลังงานทดแทนที่เกิดขึ้นตลอดทั้งปีที่อาจมีความแตกต่างกันไปในแต่ละฤดูกาล หรือกิจกรรมต่าง ๆ ในพื้นที่

๑.๒ การเลือกรูปแบบการผลิตพลังงานทดแทนและระบบกักเก็บพลังงานที่มีความเหมาะสมกับศักยภาพพลังงานทดแทนในพื้นที่ชุมชนตามที่ได้ศึกษามาแล้วในบทที่ 3 โดยจะต้องสอดคล้องกับความต้องการพลังงานในชุมชนนั้น ๆ

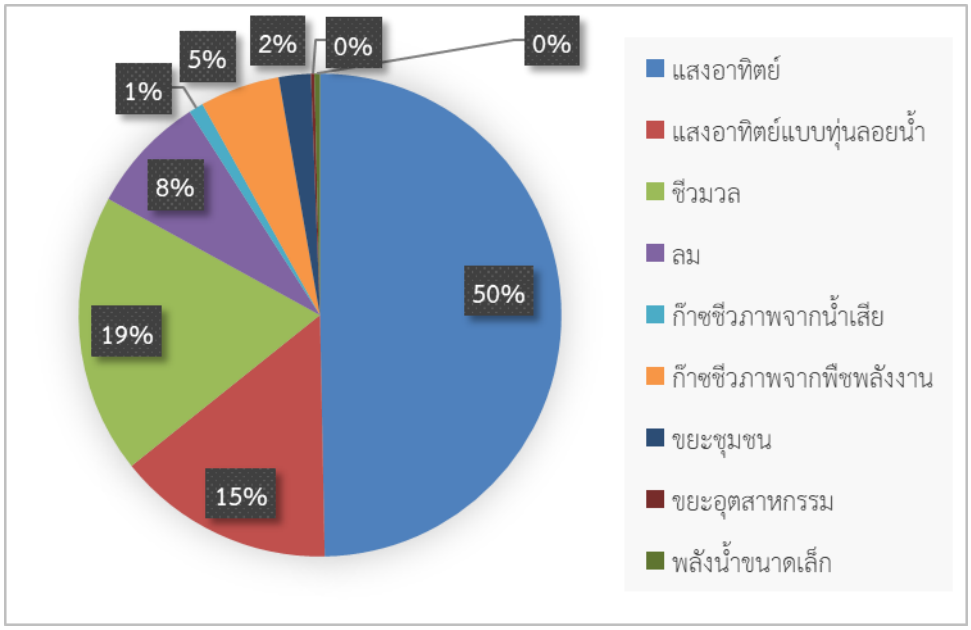
๒. การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในการประเมินในด้านนี้จะประกอบไปด้วย เงินลงทุนที่ต้องการใช้สำหรับติดตั้งโครงการ ค่าใช้จ่ายดำเนินโครงการในแต่ละปี ซึ่งจะสามารถใช้ในการประเมินต้นทุนต่อหน่วยผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนประเภทนั้น ๆ ทั้งนี้เพื่อศึกษาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในรูปแบบของระยะเวลาคืนทุน หรืออัตราผลตอบแทนภายใน จึงต้องใช้อัตราการรับซื้อไฟฟ้าที่ประกาศไว้ประกอบการประเมินในที่นี้ด้วย

การประเมินศักยภาพพลังงานทดแทนเชิงพื้นที่

จากแผนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2561 – 2580 มีเป้าหมายกำลังการผลิตไฟฟ้าจำนวนรวมทั้งสิ้น 18,696 เมกะวัตต์ โดยร้อยละ 65 เป็นกำลังการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ (ทั้งแบบติดตั้งบนพื้นและทุ่นลอยน้ำ) ร้อยละ 19 เป็นกำลังการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ร้อยละ 8 เป็นกำลังการผลิตไฟฟ้าจากลม ร้อยละ 6 เป็นกำลังการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ (ทั้งจากน้ำเสียและพืชพลังงาน) นอกจากนั้นเป็นกำลังการผลิตไฟฟ้าจากขยะและพลังงานน้ำขนาดเล็กตามลำดับ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2563) ดังแผนภาพที่ 4-1

แผนภาพที่ 4-1 สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากกพลังงานทดแทนฯ ตามแผน AEDP 2018



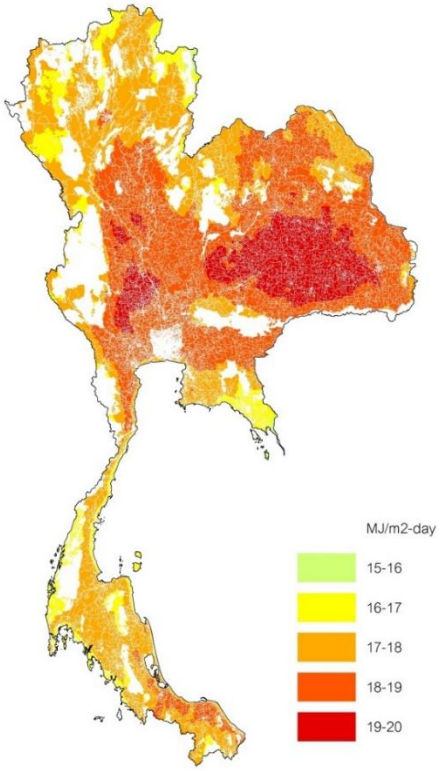
ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.), 2562

พลังงานแสงอาทิตย์

จากการสำรวจศักยภาพรังสีอาทิตย์ของประเทศไทย พ.ศ.2560 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2560) พบว่าประเทศไทยมีศักยภาพรังสีอาทิตย์รายวันโดยเฉลี่ยทั้งประเทศตลอดทั้งปีที่ 17.6 เมกะจูลต่อตารางเมตรวัน โดยบริเวณที่มีค่าศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ โดยมีค่าศักยภาพรังสีอาทิตย์รายวันอยู่ระหว่าง 18 – 20 เมกะจูลต่อตารางเมตรวัน โดยมีค่าศักยภาพสูงสุดในเดือนเมษายน ปัจจัยหลัก ๆ ที่ทำให้ค่าศักยภาพรังสีอาทิตย์มีความผันแปรไปคือ อิทธิพลของลมมรสุมและสภาพภูมิประเทศในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย รายละเอียดศักยภาพเชิงพื้นที่เฉลี่ยตลอดทั้งปี (เว้นพื้นที่อนุรักษ์และพื้นที่หวงห้าม) ดังแผนภาพที่ 4-2

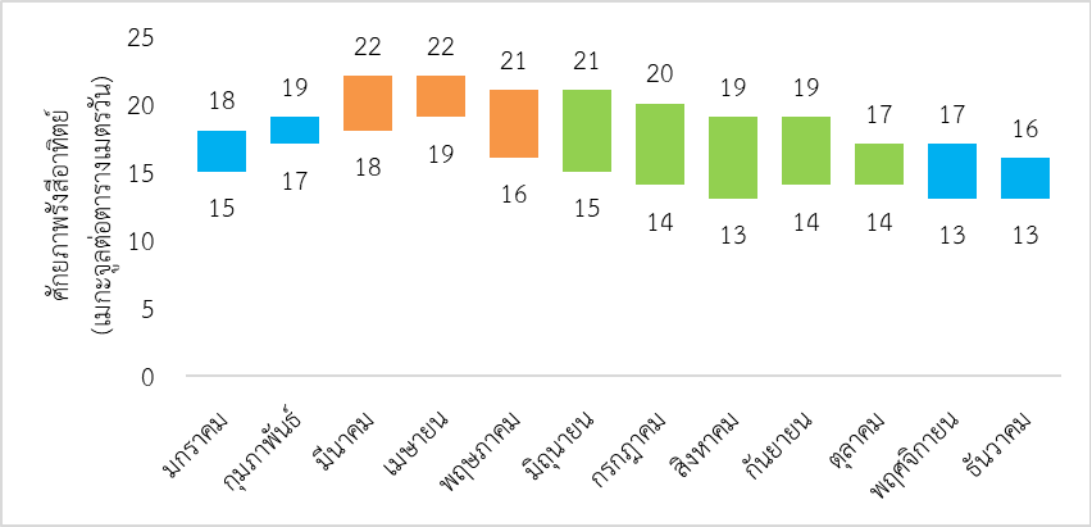
ในส่วนของภาคเหนือถึงแม้ว่าจะไม่ได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของลมมรสุมและมีปริมาณเมฆบนท้องฟ้าโดยเฉลี่ยน้อยกว่าภูมิภาคอื่น แต่ผลของลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่อยู่ไกลจากเส้นศูนย์สูตรมากกว่าภาคอื่นส่งผลให้มุมตกกระทบของรังสีอาทิตย์และระยะเวลาของการมีแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปีเมื่อเทียบกับภูมิภาคอื่น มีปริมาณที่น้อยกว่า ส่งผลให้ค่าศักยภาพรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยตลอดเดือนอยู่ในช่วงระหว่าง 15 – 18 เมกะจูลต่อตารางเมตรวัน โดยในช่วงฤดูหนาวจะมีศักยภาพรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วงระหว่าง 13 - 19 เมกะจูลต่อตารางเมตรวัน ฤดูร้อนจะมีศักยภาพรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วงระหว่าง 16 - 22 เมกะจูลต่อตารางเมตรวัน และในฤดูมรสุมจะมีศักยภาพรังสีอาทิตย์อยู่ในช่วงระหว่าง 13 - 21 เมกะจูลต่อตารางเมตรวัน ดังแผนภาพที่ 4-3

แผนภาพที่ 4-2 แผนภาพแสดงศักยภาพรังสีอาทิตย์ของประเทศไทยเฉลี่ยทั้งปีในพื้นที่ที่ไม่ใช้พื้นที่หวงห้ามหรือพื้นที่สงวน



ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2560

แผนภาพที่ 4-3 ศักยภาพรังสีอาทิตย์ในพื้นที่ภาคเหนือ ฤดูหนาว (พ.ย. – ก.พ.) ฤดูร้อน (มี.ค. – พ.ค.) ฤดูมรสุม (มิ.ย. – ต.ค.)



ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2560

เมื่อพิจารณาศักยภาพรังสีอาทิตย์ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่จากฐานข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ ระดับตำบล ปี 2560 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2560) พบว่าเมื่อนำข้อมูลศักยภาพรังสีอาทิตย์ในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มาพิจารณาตามแผนภาพที่ 4-4 พบว่ามีค่าเฉลี่ยรายตำบลตลอดทั้งปีอยู่ในช่วงระหว่าง 15.15 – 17.61 เมกะจูลต่อตารางเมตรวัน โดยในช่วงฤดูต่าง ๆ จะมีรายละเอียดศักยภาพแตกต่างกันไปดังนี้

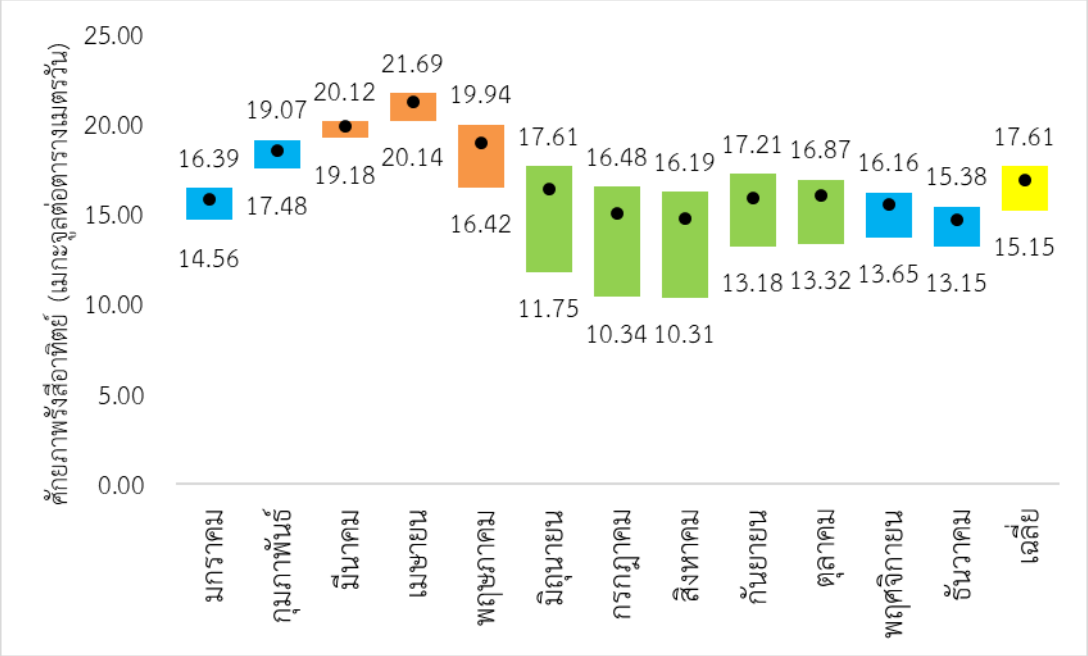
1. ฤดูหนาว (พ.ย. – ก.พ.) จะมีศักยภาพรังสีอาทิตย์รายตำบลในจังหวัดเชียงใหม่อยู่ในช่วงระหว่าง 13.15 – 19.07 เมกะจูลต่อตารางเมตรวัน และมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งฤดูกาลที่ 16.10 เมกะจูลต่อตารางเมตรวัน

2. ฤดูร้อน (มี.ค. – พ.ค.) จะมีศักยภาพรังสีอาทิตย์รายตำบลในจังหวัดเชียงใหม่อยู่ในช่วงระหว่าง 16.42 – 21.69 เมกะจูลต่อตารางเมตรวัน และมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งฤดูกาลที่ 19.97 เมกะจูลต่อตารางเมตรวัน

3. ฤดูมรสุม (มิ.ย. – ต.ค.) จะมีศักยภาพรังสีอาทิตย์รายตำบลในจังหวัดเชียงใหม่อยู่ในช่วงระหว่าง 10.13 – 17.61 เมกะจูลต่อตารางเมตรวัน และมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งฤดูกาลที่ 15.59 เมกะจูลต่อตารางเมตรวัน

จากการสำรวจพบว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพรังสีอาทิตย์สูงสุดในจังหวัดเชียงใหม่อยู่ที่ ตำบลสันทราย อำเภอสารภี ในเดือนเมษายน และมีศักยภาพรังสีอาทิตย์ต่ำสุดในจังหวัดเชียงใหม่อยู่ที่ตำบลสบโขง อำเภออมก่อย ในเดือนสิงหาคม

แผนภาพที่ 4-4 ศักยภาพรังสีอาทิตย์ในพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่ ฤดูหนาว (พ.ย. – ก.พ.) ฤดูร้อน (มี.ค. – พ.ค.) ฤดูมรสุม (มิ.ย. – ต.ค.)



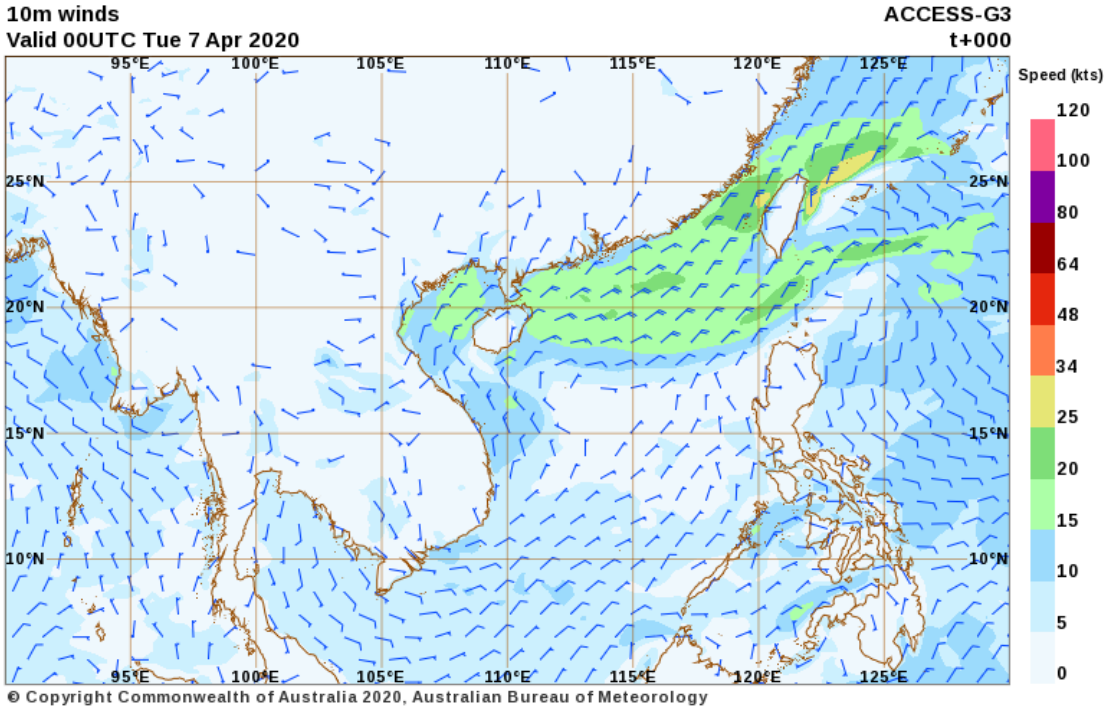
ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2560

พลังงานลม

จากการศึกษาแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยพบว่า การไหลของมวลอากาศที่ก่อให้เกิดศักยภาพมาจากการไหลของอากาศผ่านทะเลจีนใต้ เลียบชายฝั่งประเทศเวียดนามลงมาทางทิศใต้ ไหลวกกลับเข้าสู่อ่าวไทยเปลี่ยนทิศทางมุ่งขึ้นไปยังทิศเหนือ และไหลเข้าสู่แผ่นดินบริเวณอ่าวไทยรูปตัวกอไก่ ดังแผนภาพที่ 4-5 ทำให้ประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานลมเฉลี่ย 6 เมตรต่อวินาที ที่ระยะความสูง 90 เมตร (IRENA, 2017) ซึ่งมีปริมาณศักยภาพพลังงานลมมากอยู่ในบริเวณภาคใต้ ชายฝั่งอ่าวไทยตั้งแต่จังหวัดนครศรีธรรมราชลงไป และบริเวณพื้นที่ชายฝั่งโดยรอบอ่าวไทยรูปตัวกอไก่ ดังแผนภาพที่ 4-6 โดยมีศักยภาพพลังงานลมอยู่ระหว่าง 10 – 50 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยมีระดับความเร็วลมที่ระยะความสูง 10 เมตร อยู่ระหว่าง 5 – 8 เมตรต่อวินาที และพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามันบริเวณจังหวัดภูเก็ตและพังงา โดยมีศักยภาพพลังงานลมอยู่ระหว่าง 10 – 40 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยมีระดับความเร็วลมที่ระยะความสูง 10 เมตร อยู่ระหว่าง 2.5 – 5 เมตรต่อวินาที

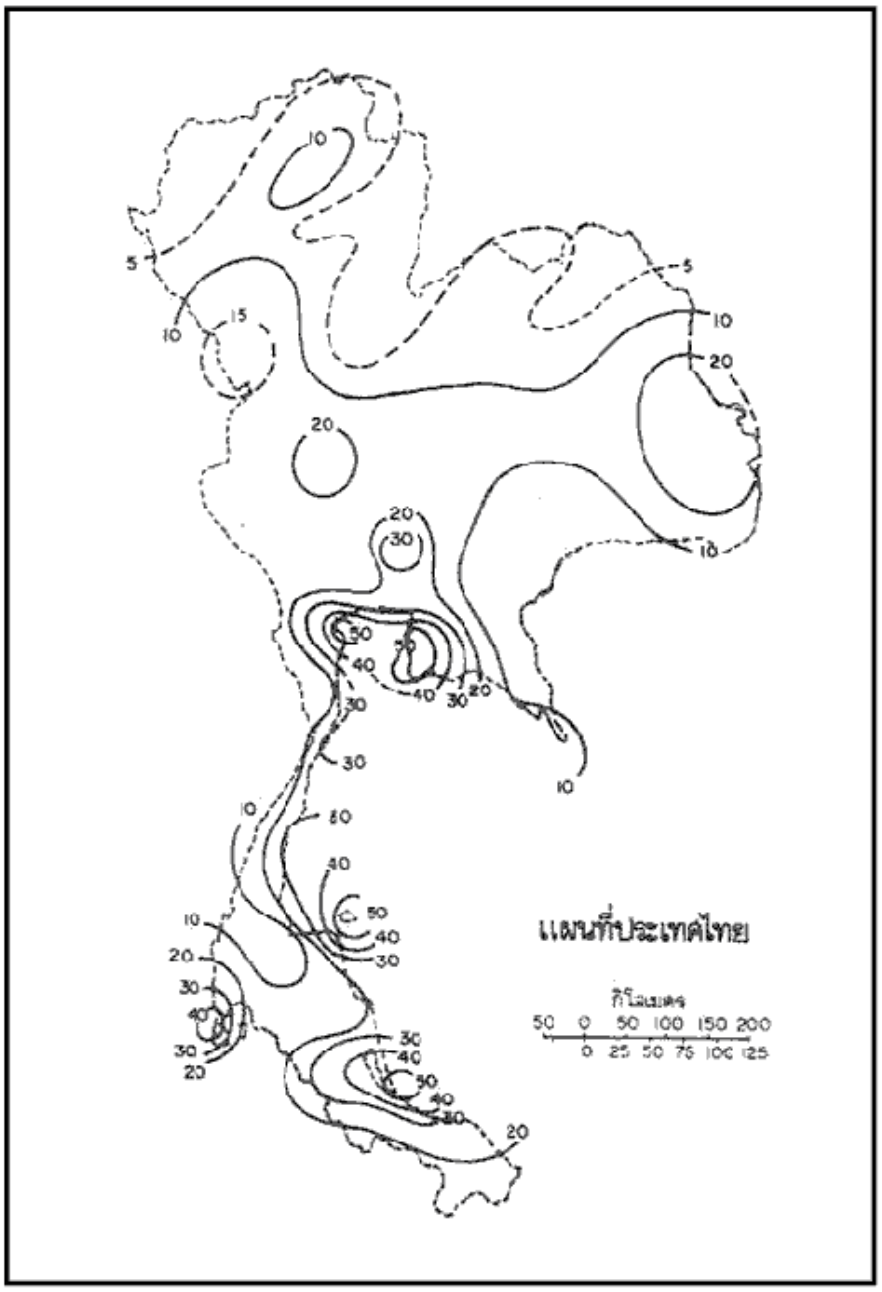
ในส่วนของพื้นที่ภาคเหนือจากการตรวจวัดค่าศักยภาพพลังงานลมที่ระดับ 40 เมตร (Sasujit & Dussadee, 2016) พบว่ามีศักยภาพพลังงานลมอยู่ระหว่าง 3.36 – 5.03 เมตรต่อวินาที และมีทิศทางลมพัดไปยังทิศตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหลัก จึงมีความเหมาะสมกับกังหันลมที่มีความเร็ว Cut – in ต่ำ โดยมีศักยภาพพลังงานลมอยู่ระหว่าง 5 – 10 วัตต์ต่อตารางเมตรที่ระดับความสูง 10 เมตร และเนื่องด้วยภูมิประเทศที่มีลักษณะเป็นภูเขาทำให้ความสามารถในการไหลของลมผ่านจากทะเลมายังพื้นที่ในเขตภาคเหนือมีปริมาณที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับภูมิภาคอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาศักยภาพพลังงานลมในเขตจังหวัดเชียงใหม่ตามแผนที่ในแผนภาพที่ 4-9 พบว่ามีพื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมมีเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่ทั้งหมด โดยพื้นที่ที่มีศักยภาพจะมีความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5 – 6 เมตรต่อวินาที แต่ทว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพหลัก ๆ อยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ 1A ซึ่งเป็นพื้นที่สงวนไม่สามารถใช้ในการติดตั้งกังหันลม อีกทั้งยังอยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้าหลักด้วย โดยพื้นที่ศักยภาพนอกเขตพื้นที่สวงนที่มีศักยภาพพลังงานลมอยู่ในเขตอำเภอแม่วาง อำเภอจอมทอง อำเภอเชียงดาว และอำเภอแม่อาย โดยเมื่อพิจารณาจากลักษณะภูมิประเทศและพื้นที่ศักยภาพดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากการไหลของมวลอากาศระหว่างเวลากลางวันและกลางคืนจากยอดภูเขาโดยรอบ

แผนภาพที่ 4-5 แผนภาพแสดงทิศทางและระดับความเร็วลมที่ระยะความสูง 10 เมตรในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้



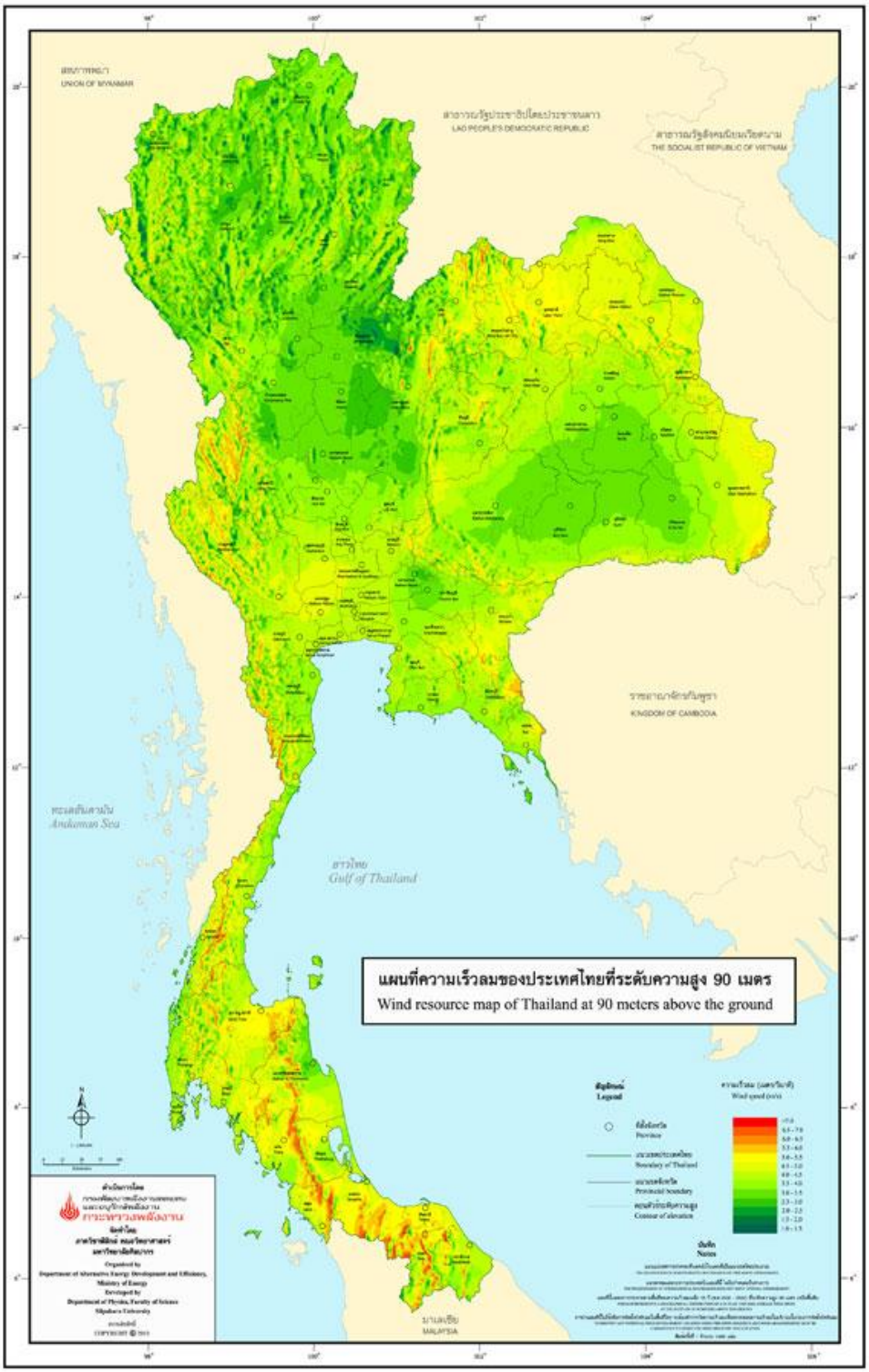
ที่มา : Australian Bureau of Meteorology, 2020

แผนภาพที่ 4-6 แผนภาพแสดงศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยที่ระยะความสูง 10 เมตร (วัตต์/ตารางเมตร)



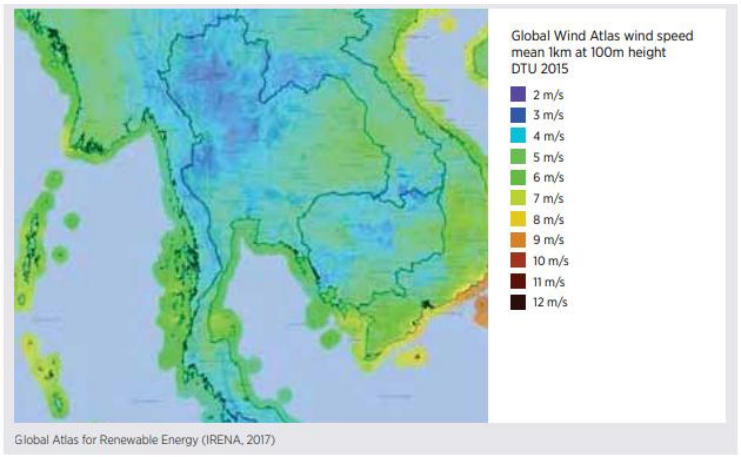
ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, ม.ป.ป.

แผนภาพที่ 4-7 แผนภาพแสดงระดับความเร็วลมที่ระยะความสูง 90 เมตรในประเทศไทย



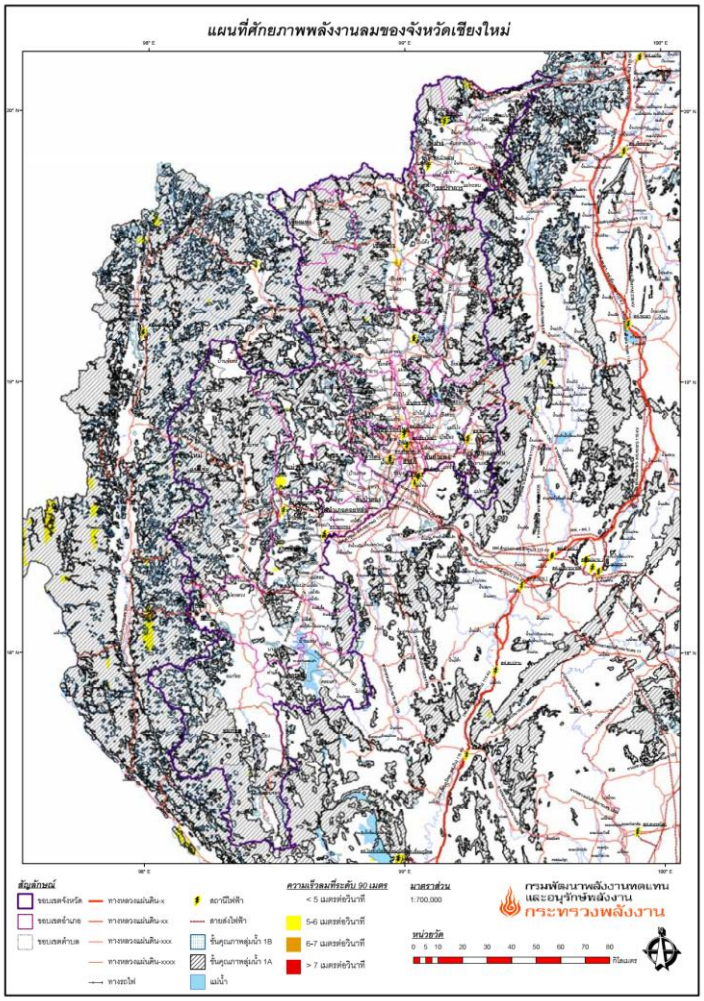
ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2553

แผนภาพที่ 4-8 แผนภาพแสดงระดับความเร็วลมที่ระยะความสูง 100 เมตรในประเทศไทย



ที่มา : IRENA, 2017

แผนภาพที่ 4-9 แผนภาพแสดงระดับความเร็วลมที่ระยะความสูง 90 เมตรของจังหวัดเชียงใหม่



ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2553

ชีวมวล

จากการประเมินของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทยในปี พ.ศ.2560 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2563) พบว่ายังคงมีเชื้อเพลิงคงเหลือภายหลังจากการเก็บเกี่ยววัสดุทางการเกษตรที่มีศักยภาพทางพลังงาน ได้แก่ เหง้ามันสำปะหลัง ฟางข้าว ยอดและใบอ้อย ตอและรากไม้ของยางพารา เป็นต้น รายละเอียดศักยภาพดังตารางที่ 4-1 แต่ที่ผ่านมาปัญหาจากการใช้เชื้อเพลิงดังกล่าวคือต้นทุนในการเก็บรวบรวมเชื้อเพลิงดังกล่าวมีต้นทุนที่สูง จึงไม่สามารถนำเชื้อเพลิงดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการผลิตพลังงานได้

ตารางที่ 4-1 ชีวมวลคงเหลือที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2560

ประเภทชีวมวล	ชีวมวลคงเหลือ	
	(ตัน/ปี)	(ktoe/ปี)
ฟางข้าว	27,685,245	6,993
ยอดและใบอ้อย	45,194,485	11,802
เหง้ามันสำปะหลัง	5,964,933	2,363
ยอด ใบ และลำต้นมันสำปะหลัง	15,214,725	1,738
ลำต้นปาล์มน้ำมัน	30,155,059	5,431
ใบ ละยอดไม้ยางพารา	2,400,519	924
รากไม้ยางพารา	16,414,619	7,100
ลำต้นและใบข้าวโพด	14,779,405	5,581

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2563

กรรมวิธีในการประเมินค่าศักยภาพทางพลังงานของชีวมวลสามารถทำได้โดยนำปริมาณผลผลิตทางการเกษตรที่เกิดขึ้นคูณกับอัตราส่วนการเกิดชีวมวลในแต่ละประเภท และคูณด้วยค่าความร้อนของชีวมวลในแต่ละประเภท โดยอ้างอิงระเบียบวิธีการของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2556) ทั้งนี้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ทำการประเมินศักยภาพชีวมวลในปี พ.ศ.2556 ในพื้นที่ภาคเหนือมีศักยภาพชีวมวล

จากฐานข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรของพืชเศรษฐกิจระหว่างปี พ.ศ.2558 – 2561 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ทำให้ทราบถึงปริมาณผลผลิตทางการเกษตรที่ก่อให้เกิดเชื้อเพลิงชีวมวลและศักยภาพชีวมวลในเขตพื้นที่ภาคเหนือ และในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ดังแสดงในตารางที่ 4-2 และตารางที่ 4-3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-2 ข้อมูลปริมาณผลผลิตทางการเกษตรและศักยภาพชีวมวลในพื้นที่ภาคเหนือ

ข้อมูลศักยภาพชีวมวลในพื้นที่ภาคเหนือ				
ปี	**2558**	**2559**	**2560**	**2561**
ปริมาณผลผลิตทางการเกษตร (ตัน)				
ข้าว	9,062,594	8,282,284	2,805,927	3,139,889
ข้าวโพด	2,822,625	3,016,333	3,300,762	3,432,546
อ้อยส่งโรงงาน	29,338,263			
มันสำปะหลังโรงงาน	7,177,595	6,662,330	6,552,242	6,480,715
ปาล์มน้ำมัน	42,004	55,570	77,419	97,353
ยางพารา	102,574	111,646	158,927	196,177
พื้นที่เก็บเกี่ยวยางพารา (ไร่)	661,989	693,078	820,408	1,077,267
ปริมาณชีวมวลศักยภาพ (ตัน)				
ฟางข้าว	4,440,671.06	4,058,319.16	1,374,904.23	1,538,545.61
ยอดและใบอ้อย	4,987,504.71	-	-	-
เหง้ามันสำปะหลัง	1,435,519.00	1,332,466.00	1,310,448.40	1,296,143.00
ยอด ใบ และลำต้นมันสำปะหลัง	2,009,726.60	1,865,452.40	1,834,627.76	1,814,600.20
ลำต้นปาล์มน้ำมัน	42,004.00	55,570.00	77,419.00	97,353.00
ใบ ละยอดไม้ยางพารา	7,943,868.00	8,316,936.00	9,844,896.00	12,927,204.00
รากไม้ยางพารา	3,309,945.00	3,465,390.00	4,102,040.00	5,386,335.00
ลำต้นและใบข้าวโพด	5,193,630.00	5,550,052.72	6,073,402.08	6,315,884.64
ปริมาณพลังงานชีวมวลที่มีศักยภาพ (ktoe)				
ฟางข้าว	1,320.00	1,206.34	408.69	457.34
ยอดและใบอ้อย	1,861.30	-	-	-
เหง้ามันสำปะหลัง	190.00	176.36	173.44	171.55
ยอด ใบ และลำต้นมันสำปะหลัง	72.19	67.01	65.90	65.18
ลำต้นปาล์มน้ำมัน	7.64	10.10	14.07	17.70
ใบและยอดไม้ยางพารา	1,258.23	1,317.32	1,559.33	2,047.53
รากไม้ยางพารา	524.26	548.88	649.72	853.14
ลำต้นและใบข้าวโพด	1,230.80	1,315.26	1,439.29	1,496.75

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562

ตารางที่ 4-3 ข้อมูลปริมาณผลผลิตทางการเกษตรและศักยภาพชีวมวลในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่

ข้อมูลศักยภาพชีวมวลในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่				
ปี	**2558**	**2559**	**2560**	**2561**
ปริมาณผลผลิตทางการเกษตร (ตัน)				
ข้าว	333,824	308,718	85,642	86,089
ข้าวโพด	96,535	121,665	128,447	134,310
อ้อยส่งโรงงาน	25,384			
มันสำปะหลังโรงงาน	7,172	6,994	4,562	5,183
ปาล์มน้ำมัน	1,320	1,406	1,708	1,166
ยางพารา	1,634	1,596	3,454	4,141
พื้นที่เก็บเกี่ยวยางพารา (ไร่)	14,401	14,378	19,872	23,394
ปริมาณชีวมวลศักยภาพ (ตัน)				
ฟางข้าว	163,573.76	151,271.82	41,964.58	42,183.61
ยอดและใบอ้อย	4,315.28	-	-	-
เหง้ามันสำปะหลัง	1,434.40	1,398.80	912.40	1,036.60
ยอด ใบ และลำต้นมันสำปะหลัง	2,008.16	1,958.32	1,277.36	1,451.24
ลำต้นปาล์มน้ำมัน	1,320.00	1,406.00	1,708.00	1,166.00
ใบ ละยอดไม้ยางพารา	172,812.00	172,536.00	238,464.00	280,728.00
รากไม้ยางพารา	72,005.00	71,890.00	99,360.00	116,970.00
ลำต้นและใบข้าวโพด	177,624.40	223,863.60	236,342.48	247,130.40
ปริมาณพลังงานชีวมวลที่มีศักยภาพ (ktoe)				
ฟางข้าว	48.62	44.97	12.47	12.54
ยอดและใบอ้อย	1.61	-	-	-
เหง้ามันสำปะหลัง	0.19	0.19	0.12	0.14
ยอด ใบ และลำต้นมันสำปะหลัง	0.07	0.07	0.05	0.05
ลำต้นปาล์มน้ำมัน	0.24	0.26	0.31	0.21
ใบและยอดไม้ยางพารา	27.37	27.33	37.77	44.46
รากไม้ยางพารา	11.40	11.39	15.74	18.53
ลำต้นและใบข้าวโพด	42.09	53.05	56.01	58.57

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562

จากการประเมินศักยภาพชีวมวลในขั้นต้นพบว่ามีชีวมวลที่น่าสนใจและมีศักยภาพคงเหลืออยู่ในปริมาณมากได้แก่ ฟางข้าวที่เหลือจากการผลิตข้าวสาร ยอดและใบอ้อยที่เหลือจากการผลิตอ้อยเพื่อป้อนเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ใบและยอดไม้ยางพาราที่เหลือจากการผลิตน้ำยางพารา ลำต้นและใบข้าวโพดที่เหลือจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มีชีวมวลที่มีศักยภาพทางพลังงานในปริมาณที่มากเรียงตามลำดับได้แก่ ฟางข้าว ลำต้นและใบข้าวโพด และของเหลือใช้จากอุตสาหกรรมยางพารา แต่จากข้อมูลการผลิตข้าวของภาคเหนือมีปริมาณลดลงในปี พ.ศ.2560 – 2561 เนื่องจากได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง ซึ่งถ้าในกรณีปกติจะมีการผลิตข้าวโดยประมาณ 150,000 ตัน/ปี ซึ่งก่อให้เกิดศักยภาพชีวมวลของฟางข้าวในภูมิภาคเหนือมากกว่า 1,200 ktoe/ปี และในเขตจังหวัดเชียงใหม่มากกว่า 45 ktoe/ปี การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มปริมาณการผลิตส่งผลทำให้เกิดปริมาณชีวมวลจำพวกลำต้นและใบข้าวโพดที่มีศักยภาพทางพลังงานในเขตภาคเหนือ 1,200 – 1,400 ktoe/ปี และในเขตจังหวัดเชียงใหม่ 42 – 58 ktoe/ปี การปลูกยางพาราเพื่อผลิตน้ำยางพาราดิบส่งผลให้เกิดการใช้ประโยชน์จากไม้ยางพาราจำพวก ลำต้น ยอด และตอไม้ยางพารา ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์จากไม้ยางพารามีศักยภาพทางพลังงานในเขตภาคเหนือ 1,700 – 2,800 ktoe/ปี และในเขตจังหวัดเชียงใหม่ 38 – 62 ktoe/ปี นอกจากนี้การนำเข้าจากพื้นที่จังหวัดข้างเคียงก็มีความเป็นไปได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะทางในการขนส่งซึ่งจะกระทบต่อความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการเลือกใช้เชื้อเพลิงชีวมวลนั้น

ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยปราศจากอากาศโดยจุลินทรีย์ ซึ่งจะย่อยสลายสารสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงและแปรสภาพให้กลายเป็นก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซมีเทนเป็นก๊าซที่สามารถติดไฟได้และให้ความร้อน จากผลประโยชน์ดังกล่าวจึงสามารถนำมาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ โดยทั่วไปวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจะต้องมีลักษณะ ย่อยสลายง่าย มีปริมาณสารอินทรีย์สูง ความชื้นสูง และมีความเหมาะสมต่อการย่อยสลายแบบไร้อากาศ ซึ่งในที่นี้ได้เล็งเห็นถึงศักยภาพของเหลือใช้จากพื้นที่ชุมชนได้แก่ ขยะอินทรีย์ในพื้นที่ชุมชน น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจำพวกโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โรงงานผลไม้กระป๋อง โรงงานน้ำมันปาล์ม โรงงานน้ำตาล และของเสียจากการเกษตร ได้แก่ น้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.))

จากการศึกษาของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ในปี พ.ศ.2557 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2557) พบว่าประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ 18,700.24 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือเป็นความสามารถในการผลิตไฟฟ้าเทียบเท่า 2,226.22 เมกะวัตต์ พื้นที่ภาคเหนือมีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ 2,157.77 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือเป็นความสามารถในการผลิตไฟฟ้าเทียบเท่า 256.88 เมกะวัตต์ และในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ 224.31 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือเป็นความสามารถในการผลิตไฟฟ้าเทียบเท่า 2,226.22 เมกะวัตต์ โดยอำเภอที่มีศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพมาก ได้แก่ สันกำแพง, สันทราย, หางดง, เมืองเชียงใหม่, ดอยเต่า, เชียงดาว, สารภี, เวียงแหง, ดอยสะเก็ด, แม่ริม ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 4-4

จากปริมาณศักยภาพก๊าซชีวภาพดังตารางที่ 4-5 ทำให้ทราบว่าปริมาณศักยภาพที่ได้มาจากภาคส่วนการผลิตพืชพลังงานตามพื้นที่รกร้างและทุ่งหญ้า ในส่วนของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีน้ำเสียจากกระบวนการผลิตปัจจุบันได้มีโครงการที่จะนำน้ำเสียมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพแล้ว ตามที่ได้ศึกษาในบทที่ 3 ซึ่งในการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ชุมชนอาจไม่สามารถนำน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ได้ ดังนั้นในภาคส่วนของชุมชนมีความเป็นไปได้ในการใช้น้ำเสียจากการปศุสัตว์ (ชำนาญ, 2554) ขยะอินทรีย์ เศษอาหารและสิ่งปฏิกูลจากชุมชน (สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน กระทรวงพลังงาน, 2561) (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์, 2559) โดยแหล่งน้ำเสียข้างต้นเป็นแหล่งที่มีปริมาณที่แน่นอนคาดการณ์ได้ ในส่วนของการใช้พืชพลังงานนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ ประเภทของพืชพลังงานที่นำมาปลูกในพื้นที่นั้น เพื่อให้เกิดความมั่นคงของระบบการผลิตพลังงานอีกทั้งป้องกันการรุกล้ำพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่สงวนหรือพื้นที่หวงห้าม ซึ่งหากชุมชนใดมีความเหมาะสมเชิงพื้นที่ในการปลูกพืชพลังงานอาจพิจารณาใช้พืชพลังงานในการสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าเพิ่มเติมได้

ตารางที่ 4-4 ศักยภาพก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ในอำเภอของจังหวัดเชียงใหม่ที่มีศักยภาพสูง

อำเภอในจังหวัดเชียงใหม่	**ศักยภาพก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (ลูกบาศก์เมตร)**	**ปริมาณเทียบเท่า CBG (ตัน)**	**ปริมาณเทียบเท่าไฟฟ้า (MW)**
สันกำแพง	22060397.00	10027.45	2.63
สันทราย	18448635.00	8385.74	2.20
หางดง	17485050.00	7947.75	2.08
เมืองเชียงใหม่	16809151.00	7640.52	2.00
ดอยเต่า	15092602.00	6860.27	1.80
เชียงดาว	13567122.00	6166.87	1.62
สารภี	12764667.00	5802.12	1.52
เวียงแหง	11996108.00	5452.78	1.43
ดอยสะเก็ด	11931018.00	5423.19	1.42
แม่ริม	10866463.00	4939.30	1.29

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2557

ตารางที่ 4-5 ศักยภาพก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ของจังหวัดเชียงใหม่

ภาคส่วนการผลิต	ศักยภาพก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (ลูกบาศก์เมตร)	ปริมาณเทียบเท่า CBG (ตัน)	ปริมาณเทียบเท่าไฟฟ้า (MW)	สัดส่วนของศักยภาพ
โรงงานอุตสาหกรรม	**4703000.30**	**2137.73**	**0.56**	**0.02**
กระดาษ	74511.00	33.87	0.01	0.00
ยางพารา	47163.00	21.44	0.01	0.00
อาหาร	3348818.50	1522.19	0.40	0.01
แป้งมันสำปะหลัง	265159.80	120.53	0.03	0.00
อื่นๆ	967348.00	439.70	0.12	0.00
ปศุสัตว์	**22671179.84**	**10305.08**	**2.70**	**0.10**
สุกร	20150867.92	9159.49	2.40	0.09
โค	127019.12	57.74	0.02	0.00
ไก่	2393292.80	1087.86	0.28	0.01
สถานประกอบการและชุมชน	**7169543.80**	**3258.88**	**0.85**	**0.03**
ขยะอินทรีย์	4051463.80	1841.57	0.48	0.02
เศษอาหาร	457500.00	207.95	0.05	0.00
สิ่งปฏิกูล	2660580.00	1209.35	0.32	0.01
พืชพลังงานและพื้นที่ว่าง	**188009150.00**	**85458.70**	**22.38**	**0.84**
ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	73479200.00	33399.64	8.75	0.33
นาร้าง	66857400.00	30389.73	7.96	0.30
ไร่ร้าง	47672550.00	21669.34	5.68	0.21
ของเหลือทิ้งทางการเกษตร	**1762891.63**	**801.31**	**0.21**	**0.01**
ข้าว	1194326.24	542.88	0.14	0.01
ข้าวโพด	484463.80	220.21	0.06	0.00
ถั่ว	404.52	0.18	0.00	0.00
มันสำปะหลัง	958.36	0.44	0.00	0.00

ตารางที่ 4-5 ศักยภาพก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ของจังหวัดเชียงใหม่ (ต่อ)

ภาคส่วนการผลิต	ศักยภาพก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (ลูกบาศก์เมตร)	ปริมาณเทียบเท่า CBG (ตัน)	ปริมาณเทียบเท่าไฟฟ้า (MW)	สัดส่วนของศักยภาพ
อ้อย	82738.71	37.61	0.01	0.00

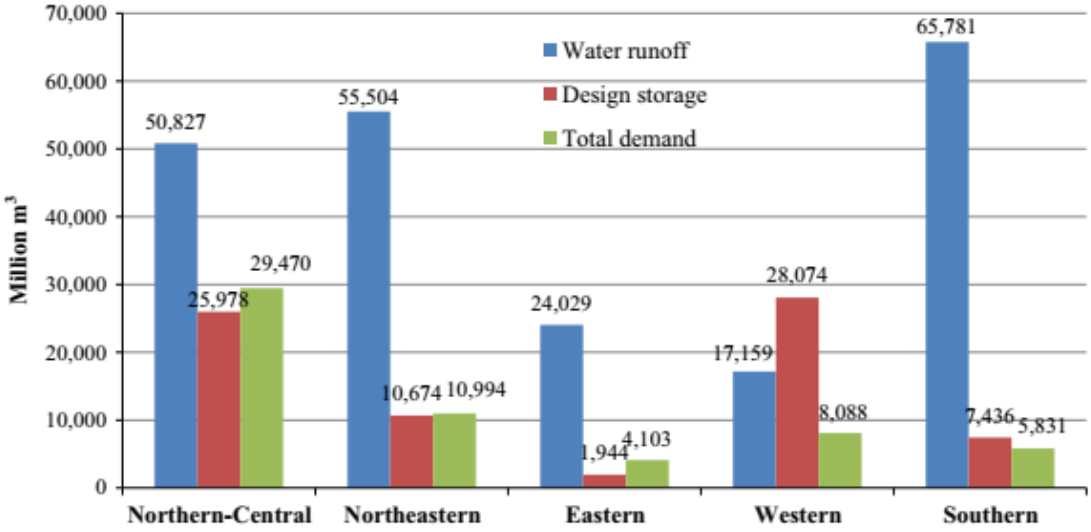
ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2557

พลังน้ำ

ที่ผ่านมาประเทศไทยสามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำโดยมีกำลังการผลิตติดตั้งในปี พ.ศ.2561 เท่ากับ 2,919 เมกะวัตต์ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2563) ซึ่งจากการประเมินในปี พ.ศ.2556 ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำได้มากถึง 15,155 เมกะวัตต์ ซึ่งปัจจุบันโครงการเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ไม่สามารถดำเนินโครงการใหม่ได้ ดังนั้นเพื่อให้สามารถในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำได้เพิ่มมากขึ้น จึงได้เน้นการเพิ่มโอกาสในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำในพื้นที่ชุมชนในลักษณะเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

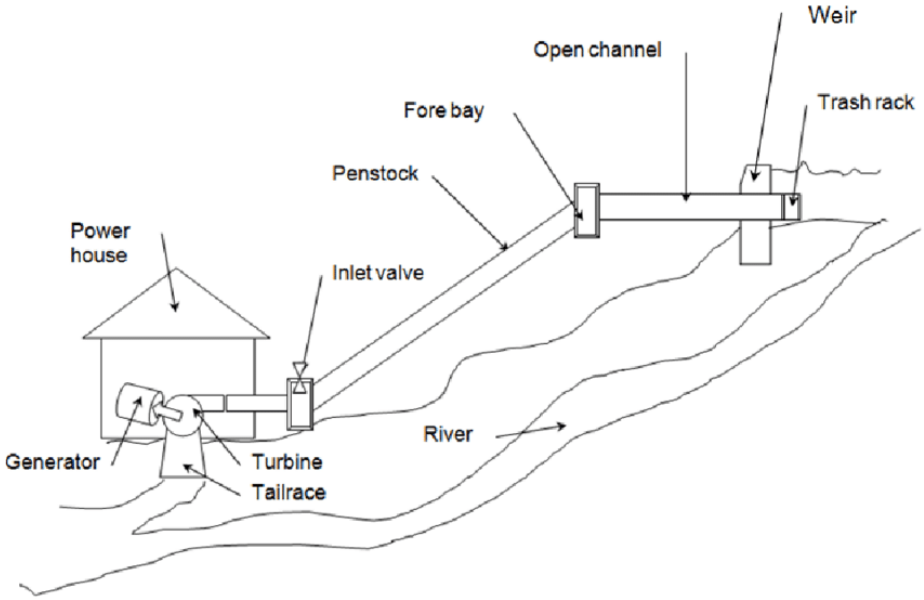
ในลุ่มน้ำที่ไหลจากภาคเหนือมายังพื้นที่ภาคกลางมีปริมาณน้ำที่ยังคงเหลือใช้ที่จะสามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ในปริมาณ 50,827 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งในลุ่มน้ำปิงมีปริมาณน้ำที่สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้ 14,423 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยสามารถติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กขนาดกำลังการผลิตติดตั้งตั้งแต่ 100 กิโลวัตต์ โดยมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงสุดที่ 211 เมกะวัตต์ คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 720 ล้านหน่วยไฟฟ้า (Aroonrat & Wongwises, 2015) นอกจากนี้อาจยังใช้การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำแบบ Run-off River ได้ดังแผนภาพที่ 4-11 เพื่อลดผลกระทบจากการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่

แผนภาพที่ 4-10 ปริมาณน้ำที่ไหล ปริมาตรพื้นที่กักเก็บ และปริมาณความต้องการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำของประเทศไทย



ที่มา : Aroonrat & Wongwises, 2015

แผนภาพที่ 4-11 ลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำขนาดเล็กแบบ Run-off River



ที่มา : Sarip, Kamarudin, Razakak, & Mohd, 2016

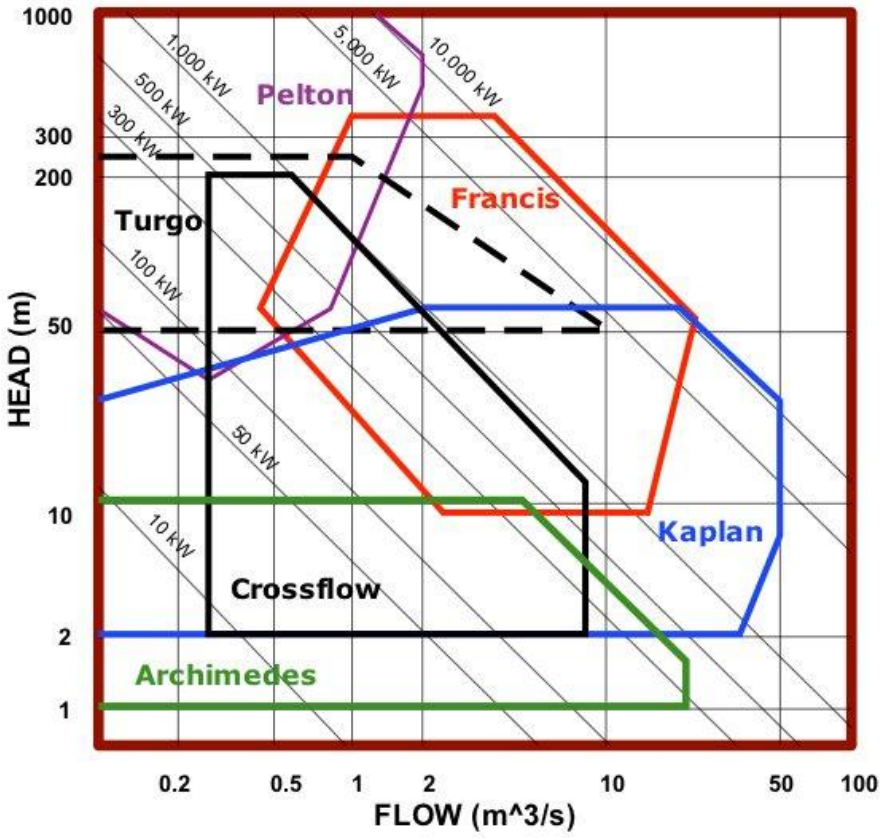
เพื่อให้การออกแบบขนาดของระบบการผลิตไฟฟ้ามีความเหมาะสม ดังนั้นข้อพิจารณาในการเลือกผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำโดยใช้รูปแบบกังหันน้ำขนาดเล็กมีดังนี้ (Lakshmi & Sarvani, 2018)

๑. ปริมาณน้ำที่ไหลตลอดทั้งปี โดยจะต้องพิจารณาปริมาณน้ำและอัตราการไหลที่ต่ำที่สุดและสูงที่สุดของปี

๒. ปริมาณน้ำฝนในแต่ละเดือนของปี
๓. ระดับความสูงของน้ำถึงกังหันน้ำ
๔. ชนิดของดินในพื้นที่ที่ติดตั้ง
๕. ลักษณะความสูงชันและลักษณะพื้นที่บริเวณใกล้เคียง
๖. ผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน

โดยที่ปริมาณน้ำและระดับความสูงจะเป็นตัวแปรหลักที่บ่งบอกถึงศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความแม่นยำจึงต้องอาศัยการสำรวจในแต่ละพื้นที่ที่มีลำธาร ห้วย คลอง หรือแม่น้ำ เพื่อประเมินถึงศักยภาพเชิงพื้นที่ในการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำ โดยมีแนวทางในการพิจารณาเลือกกังหันน้ำที่เหมาะสมกับศักยภาพตามแผนภาพที่ 4-12 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับความสูงของระดับน้ำในแนวระดับถึงกังหันน้ำ เพื่อเลือกชนิดของกังหันน้ำให้มีความเหมาะสมกับศักยภาพทางพลังงานของอัตราการไหลและระดับความสูงของน้ำ

แผนภาพที่ 4-12 แนวทางการเลือกกังหันน้ำที่เหมาะสมกับปริมาตรการไหลและระดับความสูงของน้ำในแต่ละพื้นที่



ที่มา : Sarip, Kamarudin, Razakak, & Mohd, 2016

บทที่ ๕
การศึกษาและวิเคราะห์ต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในชุมชน

เพื่อให้การดำเนินการผลิตไฟฟ้าจากกพลังงานทดแทนมีความเป็นไปได้เพื่อสนองต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าของชุมชน ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าเป็นปัจจัยหลักในการตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยีนั้นในการผลิตไฟฟ้า ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงความต้องการในการลงทุน ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อจัดทำรูปแบบการประเมินต้นทุนของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนที่จะต้องออกแบบในการศึกษานี้

ความต้องการไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษา

ความต้องการปริมาณไฟฟ้าเป็นตัวแปรหนึ่งที่จะกำหนดขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้า ซึ่งในเขตชุมชนระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนจะถูกออกแบบให้ตอบสนองต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน ซึ่งจากบทวิเคราะห์เรื่อง “ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือนไทยจากฐานข้อมูลการใช้ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค” แสดงให้เห็นถึงปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าสำหรับประเภทครัวเรือนขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิเฉลี่ย รายได้ของประชากร และลักษณะกิจกรรมเสริมสร้างรายได้ครัวเรือนในพื้นที่ชุมชน (วิบุลผลประเสริฐ และ อภัยทาน, 2018) ทั้งนี้มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 90 – 140 หน่วยต่อเดือนต่อครัวเรือน ในปี พ.ศ.2560 ซึ่งจากการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีทำให้ครัวเรือนมีความสะดวกสบายเพิ่มมากขึ้นและการเข้าสู่สังคมดิจิตัล ส่งผลให้มีอัตราความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นในเขตภาคเหนือเฉลี่ยร้อยละ 2% ต่อปีโดยประมาณ (กองเศรษฐกิจพลังไฟฟ้า ฝ่ายนโยบายเศรษฐกิจพลังงาน กฟภ., 2563) ดังนั้นการคาดการณ์ปริมาณความต้องการไฟฟ้าในพื้นที่ที่ศึกษารายละเอียดตามตารางที่ 5-1 และใช้ในการออกแบบระบบการผลิตพลังงานทดแทนเป็นไปตามสมการที่ 5-1

สมการที่ 5-1 คาดการณ์ปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่อวันในพื้นที่ศึกษา

$$E_{EE} = \frac{n \times \left[\dot{E}_{EE} \times (1 + i_{EE})^{L}\right]}{30}$$

สมการที่ 5-2 คาดการณ์ปริมาณความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษา

$$P_{EE} = n \times \dot{P}_{EE}$$

สมการที่ 5-3 ความต้องการขั้นต่ำในการออกแบบกำลังการผลิตไฟฟ้า

$$P_{EE,D} = (P_{EE} \times (1 + i_{EE})^{L}) \times (1 + p_{reserve})$$

เมื่อ E_{EE} คือ ปริมาณความต้องการไฟฟ้าต่อวันในพื้นที่ศึกษา (kWh/วัน)

$\dot{E}_{EE}$ คือ อัตราความต้องการไฟฟ้าต่อครัวเรือน ในที่นี้คือ 180 kWh/เดือน/ครัวเรือน

i_{EE} คือ อัตราความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นต่อปี ในที่นี้คือ 2% ต่อปี

L คือ จำนวนอายุของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน (ปี)

n คือ จำนวนครัวเรือนในพื้นที่ศึกษา (ครัวเรือน)

P_{EE} คือ ปริมาณความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในพื้นที่ศึกษา (kWh)

$P_{EE,D}$ คือ ปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษา (kWh)

$\dot{P}_{EE}$ คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้าต่อครัวเรือน ในที่นี้คือ 1.654 kW/ครัวเรือน

$p_{reserve}$ คือ อัตรากำลังการผลิตไฟฟ้าสำรอง ในที่นี้คือ 15% (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.), ม.ป.ป.)

โดยจากตารางที่ 5-1 พบว่าต่อครัวเรือนมีความต้องการกำลังไฟฟ้าขั้นต่ำตลอด 24 ชั่วโมงเท่ากับ 0.194 kWh/ครัวเรือน และมีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 1.654 kWh/ครัวเรือน ระหว่างเวลา 17.00 – 18.00

ในการศึกษานี้การผลิตไฟฟ้าจะต้องตอบสนองต่อความต้องการไฟฟ้าในพื้นที่ชุมชนในลักษณะ Off-grid โดยมีแหล่งที่มาจากการผลิตพลังงานทดแทน ระบบเก็บสะสมพลังงานที่ได้จากการผลิตพลังงานทดแทนนั้น โดยไม่มีการนำเข้าหรือส่งออกไฟฟ้าจากระบบผลิตพลังงานทดแทนไปยังสายส่งหลัก ซึ่งพลังงานที่ผลิตได้จะต้องตอบสนองทั้งในด้านความต้องการพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากที่ได้คำนวณในข้างต้น จึงสามารถจัดความสัมพันธ์ในเชิงพลังงานไฟฟ้า และความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 สมมุติฐานความต้องการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือน

ชั่วโมงเริ่มต้น						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	รวมความต้องการพลังงานไฟฟ้า (kWh/ครัวเรือน)
ชั่วโมงเริ่มสิ้นสุด						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (kW/ครัวเรือน)						0.269	0.269	0.269	0.269	0.269	1.616	0.526	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.344	1.654	1.276	0.526	0.526	0.401	0.329	0.269	
รวมพลังงานไฟฟ้า (kWh/ครัวเรือน)						0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.657	0.429	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.247	0.695	0.654	0.429	0.429	0.304	0.232	0.172	5.98
ชื่อเครื่องใช้ไฟฟ้า	วัตต์/หน่วย	หน่วย	วัตต์	Duty	ชั่วโมงรวม	การเปิด/ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้า																								
หลอดไฟฟ้า LED	18	4	72	1	6						1	1												1	1	1	1			0.432
พัดลม																														
- พัดลม 1	75	1	75	1	15	1	1	1	1	1	1	1										1	1	1	1	1	1	1	1	1.125
- พัดลม 2	75	1	75	1	7						1	1										1	1	1	1	1				0.525
หม้อหุงข้าว	450	1	450	0.25	2						1												1							0.225
ปั๊มน้ำ	150	1	150	0.5	3						1												1	1						0.225
เครื่องรับโทรทัศน์ ทีวี	110	1	110	1	5							1											1	1	1	1				0.55
กระติกน้ำร้อน	600	1	600	0.25	3						1												1	1						0.45
ตู้เย็น	194	1	194	0.5	24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2.328
อุปกรณ์ชาร์จมือถือ	30	2	60	1	2																						1	1		0.12

ที่มา : อัตราความต้องการกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนจาก Solar-Thailand, ม.ป.ป.

สมการที่ 5-4 โครงการพลังงานที่ผลิตได้ในพื้นที่ศึกษาพื้นที่ศึกษา

$$E_{EE} \leq E_{EE,RE}$$

$$E_{EE,RE} = E_{EE,PV} + E_{EE,W} + E_{EE,BM} + E_{EE,BG} + E_{EE,SH}$$

เมื่อ $E_{EE,RE}$ คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานทดแทน (kWh/วัน)

$E_{EE,PV}$ คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแสงอาทิตย์ (kWh/วัน)

$E_{EE,W}$ คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากลม (kWh/วัน)

$E_{EE,BM}$ คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากชีวมวล (kWh/วัน)

$E_{EE,BG}$ คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากก๊าซชีวภาพ (kWh/วัน)

$E_{EE,SH}$ คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำ (kWh/วัน)

การประเมินความต้องการกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในพื้นที่ศึกษา

พลังงานแสงอาทิตย์

ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์เชิงพื้นที่สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5-5 และสมการที่ 5-6

สมการที่ 5-5 ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (1)

$$E_{EE,PV} = \eta_{solar} \times \dot{E}_{solar} \times A_{install}$$

สมการที่ 5-6 ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (2)

$$E_{EE,PV} = P_{PV,peak} \times F_{CF,solar} \times 24$$

เมื่อ $A_{install}$ คือ พื้นที่ติดตั้งแผง Solar PV (m^2)

$E_{EE,PV}$ คือ ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ต่อวัน (kWh/วัน)

$P_{PV,peak}$ คือ กำลังการผลิตติดตั้งของ Solar PV (kW)

$\dot{E}_{solar}$ คือ อัตราการแผ่รังสีอาทิตย์ในพื้นที่ภาคเหนือเฉลี่ยในที่นี้เท่ากับ 4.767 (kWh/m^2/วัน)

$F_{CF,solar}$ คือ Capacity Factor ; การผลิตไฟฟ้าจาก

แสงอาทิตย์ เท่ากับ 18% (ชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้/ชั่วโมงทั้งปี) (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน, 2562) (IRENA, 2019)

η_{solar} คือ ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ในที่นี้เท่ากับ 15% (Narayanan, Mets, Strobbe, & Develder, 2019)

ในส่วนของต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ.2553 พบว่าราคาแผง Solar PV ลดลงอย่างรวดเร็วจาก 2.5 – 3.4 เหรียญสหรัฐ/วัตต์ (IRENA, 2019) หรือ 79.25 – 107.78 บาท/วัตต์ (อัตราแลกเปลี่ยน 31.7 บาท/เหรียญสหรัฐ (จริงจิตร, ๒๕๕๔)) มาสู่ 0.20 – 0.42 เหรียญสหรัฐ/วัตต์ (IRENA, 2019) หรือ 6.574 – 13.805 บาท/วัตต์ (อัตราแลกเปลี่ยนเดือน ธ.ค.61 32.87 บาท/เหรียญสหรัฐ (ธนาคารแห่งประเทศไทย (ธปท.), 2563)) โดยสามารถสรุปความต้องการเงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 เงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของ Solar PV ในปี พ.ศ.2561

รายการ	หน่วย	จำนวน	หมายเหตุ/ที่มา
เงินลงทุน $(\dot{C}_j)$	บาท/kW	28,892.73 36,584.31	จีน เยอรมนี (IRENA, 2019)
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ/ซ่อมบำรุง$(\dot{O}_j)$	บาท/kW/ปี	657.4	(The National Renewable Energy Laboratory is a national laboratory (NREL), 2017)
ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	บาท/kWh	1.906 – 7.199 เฉลี่ย : 2.794	(IRENA, 2019)

พลังงานลม

ถึงแม้ว่าในภาคเหนือจะมีศักยภาพเชิงพื้นที่ แต่ด้วยข้อจำกัดของการเข้าใช้ประโยชน์พื้นที่ ส่งผลให้พลังงานลมมีความเป็นไปได้ในภาคเหนือค่อนข้างน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการสำรวจศักยภาพลมในพื้นที่ที่สามารถเข้าใช้ประโยชน์ได้ในแต่ละชุมชนนั้น ๆ ซึ่งความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากศักยภาพของพลังงานลมสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5-7 และสมการที่ 5-8

สมการที่ 5-7 ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม (Murugaperumal & D Vimal Raj, 2019)

$$E_{EE,W} = \frac{1}{2} \times \eta_{gen+tran} \times C_p \times \rho_a \times A_{swept} \times v_a^3$$

$$\lambda = \frac{v_{tip}}{v_a}$$

สมการที่ 5-8 ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากลม (2)

$$E_{EE,W} = E_{W,peak} \times F_{CF} \times 24$$

เมื่อ A_{swept} คือ พื้นที่ตัดขวางของการกวาดของใบกังหัน (m^2)

$E_{EE,W}$ คือ ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากลมต่อวัน (kWh/วัน)

C_p คือ Wind Turbine Power Coefficient ตามแผนภาพที่ 5-1

ρ_a คือ ความหนาแน่นของอากาศตามแผนภาพที่ 5-2

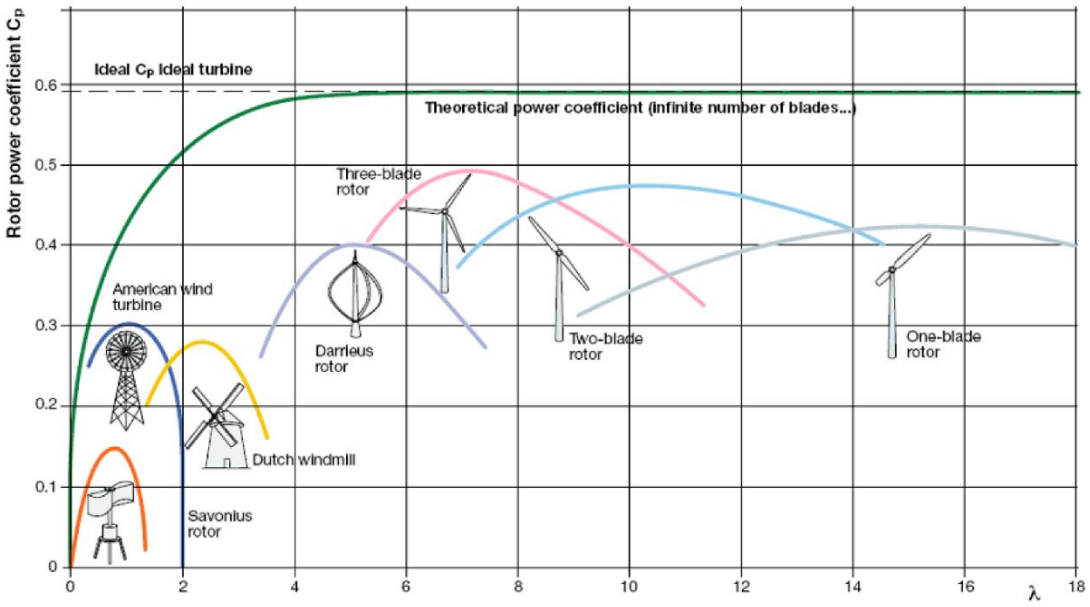
v_a คือ ความเร็วลมที่ผ่านเข้าสู่กังกัน

$E_{W,peak}$ คือ กำลังการผลิตติดตั้งของกังหันลม (kW)

$\dot{P_{EE}}$ คือ อัตราความต้องการกำลังไฟฟ้าต่อครัวเรือน ในที่นี้คือ 1.8 kW/ครัวเรือน

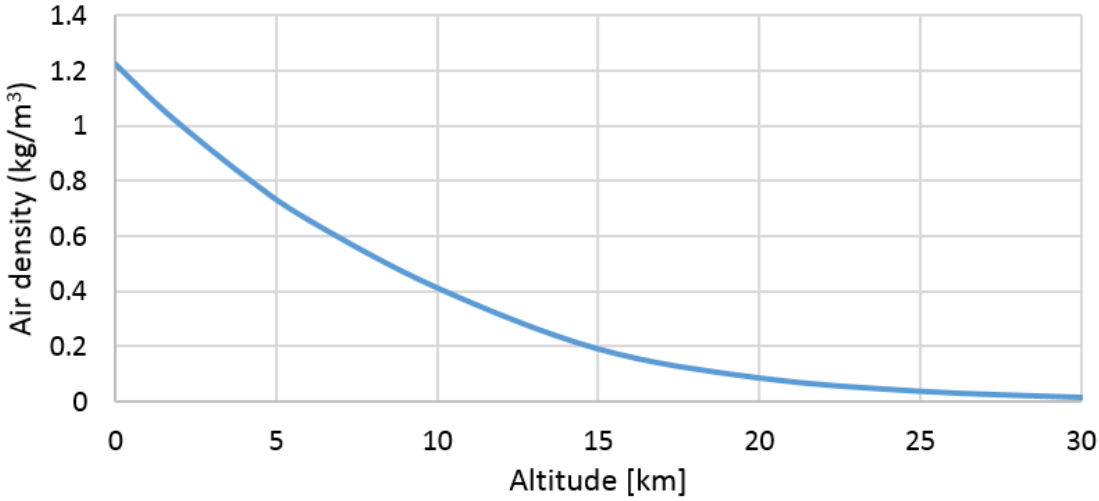
$\eta_{gen+tran}$ คือ ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานกล เป็นพลังงานไฟฟ้า ในที่นี้เท่ากับ 95%

แผนภาพที่ 5-1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Tip Speed ratio (λ) กับ C_p



ที่มา : Ebrahimpour, Shafaghat, Alamian, & Shadloo, 2019

แผนภาพที่ 5-2 ระดับความสูงกับความหนาแน่นของอากาศ



ที่มา : Alsahlani & Rahulan, 2017

ในส่วนของต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม (บนพื้นดิน) เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ.2553 พบว่ามีขนาดกำลังการผลิตเพิ่มจาก 1.9 MW เป็น 3.5 MW โดยสามารถสรุปความต้องการเงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าได้ดังตารางที่ ๕-๓

ตารางที่ 5-3 เงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของกังหันลม (บนบก) ในปี พ.ศ.2561

รายการ	หน่วย	จำนวน	หมายเหตุ
เงินลงทุน $(\dot{C}_j)$	บาท/kW	39,444 54,564 – 73,957 49,305	จีน, อินเดีย ที่อื่น ๆ เฉลี่ย
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ/ซ่อมบำรุง $(\dot{O}_j)$	บาท/kW/ปี	657.4 – 1,972	มีแนวโน้มลดลง เนื่องจาก Capacity Factor มีแนวโน้มปรับตัวเพิ่มขึ้น
ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	บาท/kWh	1.643 – 2.30 จีน : 1.643	

ที่มา : IRENA, 2019

ชีวมวล

จากศักยภาพทางพลังงานเชิงพื้นที่ตามที่ได้ศึกษาในข้างต้นพบว่าจังหวัดเชียงใหม่มีศักยภาพในการนำเอาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และการทำปศุสัตว์ มาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ อีกทั้งยังสามารถพื้นที่รกร้างว่างเปล่าในการปลูกพืชพลังงานเพื่อเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักก๊าซชีวภาพอีกด้วย ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจึงสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5-10

สมการที่ 5-9 การประเมินปริมาณชีวมวลศักยภาพที่สามารถจัดหาได้

$$\dot{m}_{B,i} = \frac{\dot{m}_{BP,i} \times \dot{r}_{BP}}{F_{CF,BM} \times 8760}$$

สมการที่ 5-10 ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล (Murugaperumal & D Vimal Raj, 2019)

$$E_{EE,BM} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\dot{m}_{B,i} \times HV_{BM,i}\right) \times \eta_{BM} \times 24}{3.6}$$

สมการที่ 5-11 การออกแบบกำลังการผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวล

$$P_{EE,BM} = \frac{E_{EE,BM}}{24}$$

เมื่อ HV_{BG} คือ ค่าความร้อนของชีวมวลแต่ละชนิด (MJ/kg) ดังตารางที่ 5-5

$\dot{m}_{BP,i}$ คือ อัตราการเกิดชีวมวลแต่ละชนิดที่มีอยู่ในพื้นที่ (kg/ปี)

$\dot{m}_{B,i}$ คือ อัตราการป้อนชีวมวลแต่ละชนิด (kg/ชั่วโมง)

$\dot{r}_{BP}$ คือ ความสามารถในการจจัดหาชีวมวลแต่ละชนิด (%)

η_{BM} คือ ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ในที่นี้เท่ากับ 20% (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.))

$F_{CF,BM}$ คือ Capacity Factor ; การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล คือ 70% (ชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้/ชั่วโมงทั้งปี) (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน, 2562) (IRENA, 2019)

$P_{EE,BM}$ คือ กำลังการผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวล (kW)

ในส่วนของต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลในส่วนของเงินลงทุนแตกต่างไปตามเทคโนโลยีการเผาไหม้และระดับความดันไอน้ำสูงสุดของระบบ โดยสามารถสรุปความต้องการเงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-4 เงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของชีวมวลในปี พ.ศ.2561

รายการ	**หน่วย**	**จำนวน**	**หมายเหตุ**
เงินลงทุน $(\dot{C}_j)$	บาท/kW	59,166 – 69,027	
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ/ซ่อมบำรุง $(\dot{O}_j)$	บาท/kW/ปี	1,893.31 – 2,208.86	
ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	บาท/kWh	0.986 – 3.287	

ที่มา : IRENA, 2019

ตารางที่ 5-5 ค่าความชื้นและความร้อนของชีวมวลแต่ละชนิด

ชนิดชีวมวล	ค่าความชื้น (%)	ค่าความร้อน (MJ/kg)
1. ฟางข้าว	10	12.33
2. แกลบ	12	13.52
3. ใบและยอดอ้อย	9.2	15.48
4. ชานอ้อย	50.73	7.37
5. ยอด ใบและลำต้นข้าวโพด	42	9.83
6. ซังข้าวโพด	40	9.62
7. เหง้ามันสำปะหลัง	40	5.49
8. กากมันสำปะหลัง	59.4	1.47
9. เปลือกมันสำปะหลัง	59.4	1.49
10. ลำต้นปาล์มน้ำมัน	48.4	7.54
11. ใบและทางปาล์ม	78	1.76
12. ทะลายปาล์มเปล่า	58.6	7.24
13. เส้นใยปาล์ม	38.5	11.4
14. กะลาปาล์ม	12	16.9
15. ถั่วเขียว ถั่วลิสง	10.93	16.23
16. ตอ รากและกิ่งก้านไม้ยางพารา	55	6.57
17. ปลายไม้ยางพารา	55	6.57
18. ปีกไม้ยางพารา	55	6.57
19. ขี้เลื่อยและเศษไม้ยางพารา	55	6.57
20. จั่นและทะลายมะพร้าว	12	15.4
21. เปลือกและกาบมะพร้าว	12	16.23
22. กะลามะพร้าว	12	17.93
23. เปลือกมะม่วงหิมพานต์	6.6	5.49

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2556

ก๊าซชีวภาพ

จากศักยภาพทางพลังงานเชิงพื้นที่ตามที่ได้ศึกษาในข้างต้นพบว่าจังหวัดเชียงใหม่มีศักยภาพในการนำเอาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และการทำปศุสัตว์ มาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ อีกทั้งยังสามารถพื้นที่รกร้างว่างเปล่าในการปลูกพืชพลังงานเพื่อเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักก๊าซชีวภาพอีกด้วย ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจึงสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5-13

สมการที่ 5-12 การประเมินอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ

$$\dot{y} = \sum_{i=1}^{n} \left(\dot{m}_{BP,i} \times \dot{r}_{BP} \times \dot{r}_{BG} \right)$$

สมการที่ 5-13 ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ (Murugaperumal & D Vimal Raj, 2019)

$$E_{EE,BG} = \frac{\dot{y} \times HV_{CH_4} \times \eta_{BG} \times \eta_{BG-EE} \times 24}{F_{CF,BG} \times 8760 \times 3.6}$$

สมการที่ 5-14 การออกแบบกำลังการผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ

$$P_{EE,BG} = \frac{E_{EE,BG}}{24}$$

เมื่อ $\dot{y}$ คือ อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ (m^3/ปี)

HV_{CH_4} คือ ค่าความร้อนของก๊าซมีเทน 39.4 (MJ/m^3) (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน)

$\dot{m}_B$ คือ อัตราการป้อนวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพ (ตัน/วัน)

η_{BG} คือ ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ ในที่นี้เท่ากับ 55% (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน)

η_{BG-EE} คือ ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ ในที่นี้เท่ากับ 34.2% (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน)

$\dot{r}_{BG}$ คือ อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพของชีวมวลแต่ละชนิด (m^3/kg) (Achinas, Achinas, & Euverink, A Technological Overview of Biogas Production from Biowaste, 2017) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2556)

$F_{CF,BG}$ คือ Capacity Factor ; การผลิตไฟฟ้าจากชีวภาพ คือ 70% (ชั่วโมงที่ผลิตไฟฟ้าได้/ชั่วโมงทั้งปี) (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน, 2562) (IRENA, 2019)

$P_{EE,BG}$ คือ กำลังการผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ (kW)

ในส่วนของต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม (บนพื้นดิน) เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ.2553 พบว่ามีขนาดกำลังการผลิตเพิ่มจาก 1.9 MW เป็น 3.5 MW โดยสามารถสรุปความต้องการเงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5-6 เงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของก๊าซชีวภาพ ในปี พ.ศ.2561

รายการ	หน่วย	จำนวน	หมายเหตุ
เงินลงทุน $(\dot{C}_j)$	บาท/kW	83,949.98	
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ/ซ่อมบำรุง$(\dot{O}_j)$	บาท/kW/ปี	1,930.85 – 5,876.50 3,805.36	(Pattanapongchai & Limmeechokchai, 2011)
ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	บาท/kWh	3.85 – 5.60	

ที่มา : IRENA, 2019 และ KOST, SHAMMUGAM, JÜLCH, NGUYEN, & SCHLEGL, 2018

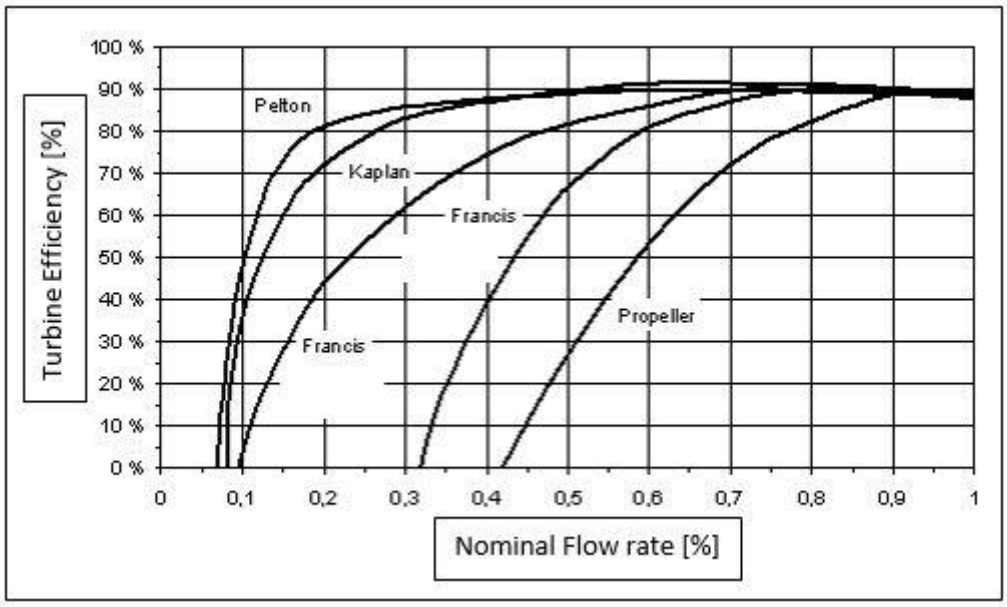
พลังน้ำ

จากลักษณะภูมิประเทศในภาคเหนือและจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำและมีลักษณะภูเขาสูง ในบางพื้นที่ชุมชนอาจมีศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการสำรวจลักษณะการไหลของธารน้ำในพื้นที่ ทั้งนี้ได้มุ่งเน้นการใช้กังหันขนาดเล็กในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากศักยภาพของพลังน้ำสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5-15

สมการที่ 5-15 ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ (Murugaperumal & D Vimal Raj, 2019)

$$E_{EE,SH} = \frac{1}{2} \times \eta_{gen+tran} \times \eta_{turbine} \times \rho_w \times g \times H \times Q$$

แผนภาพที่ 5-3 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของอัตราการไหลกับประสิทธิภาพกังหัน $(\eta_{turbine})$



ที่มา : Tidal Barrage, Isle of Whithorn, 2015

เมื่อ	H	คือ	ระดับความสูงศักยภาพ [ทางเข้าน้ำถึงกังหัน] (m)
	g	คือ	ความเร่งเนื่องจากแรกโน้มถ่วงของโลก ในที่นี้คือ 9.81 m/s^2
	ρ_w	คือ	ความหนาแน่นของน้ำ ในที่นี้คือ 1000 kg/m^3
	Q	คือ	อัตราการไหลของน้ำ (m^3/s)
	$\eta_{gen+tran}$	คือ	ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ในที่นี้เท่ากับ 95%
	$\eta_{turbine}$	คือ	ประสิทธิภาพกังหันน้ำ ขึ้นอยู่กับชนิดของกังหันน้ำและสัดส่วนของอัตราการไหล รายละเอียดตามแผนภาพที่ 5-3

ในส่วนของต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็ก แบ่งได้ 2 กรณีคือ ดำเนินโครงการใหม่ในพื้นที่กับติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าเข้ากับอ่างเก็บน้ำเดิมที่มีอยู่ โดยสามารถสรุปความต้องการเงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 5-7

ตารางที่ 5-7 เงินลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำในปี พ.ศ.2561

รายการ	หน่วย	จำนวน	หมายเหตุ
เงินลงทุน $(\dot{C}_j)$	บาท/kW	42,731 – 262,960 14,791	- สำหรับโครงการใหม่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการเข้าถึงพื้นที่ติดตั้ง - ปรับปรุงอ่างเก็บน้ำเดิมเพื่อติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า
ค่าใช้จ่ายดำเนินการ/ซ่อมบำรุง $(\dot{O}_j)$	บาท/kW/ปี	427.31 – 10,518.4 147.91 – 887.46	- สำหรับโครงการใหม่ - ปรับปรุงอ่างเก็บน้ำเดิมเพื่อติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า
ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	บาท/kWh	0.9861 – 3.780	

ที่มา : IRENA, 2012

การประเมินความต้องการระบบกักเก็บพลังงาน

ที่ผ่านมาการผลิตพลังงานหมุนเวียนประสบปัญหากับความไม่สมดุลย์กันระหว่างห้วงเวลาที่สามารถผลิตพลังงานหมุนเวียนเหล่านั้นได้กับความต้องการใช้งานพลังงานเหล่านั้น ส่งผลให้ไม่สามารถเสริมสร้างความมั่นคงของระบบการผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้นระบบเก็บสะสมพลังงานเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถปรับปรุงระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนให้สามารถส่งจ่ายพลังงานได้สอดคล้องกับความต้องการได้

ที่ผ่านมาระบบเก็บสะสมพลังงานถูกคิดค้นเพื่อให้สอดคล้องกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ซึ่งมีการใช้งานในหลากหลายรูปแบบได้แก่ ระบบเขื่อนพลังน้ำแบบสูบกลับ, แบตเตอรี่ไฟฟ้าแบบอิเล็กโตรเคมีคอล, การกักเก็บในรูปแบบความร้อน เป็นต้น ซึ่งในที่นี้ระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบแบตเตอรี่ไฟฟ้าอิเล็กโตรเคมีคอล จึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษาด้านการลงทุน เนื่องจากใช้เงินลงทุนต่ำเมื่อเทียบกับระบบเขื่อนพลังน้ำแบบสูบกลับ มีความสูญเสียในระบบไฟฟ้าต่ำกว่าการแปลงพลังงานระหว่างไฟฟ้าและความร้อน และมีความเหมาะสมกับระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งแบตเตอรี่ไฟฟ้าแบบอิเล็กโตรเคมีคอลที่มีความแพร่หลายได้แก่ แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด แบตเตอรี่แบบลิเทียมอิออน และโฟล์วแบตเตอรี่ โดยมีรายละเอียดของคุณลักษณะและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่มีความเหมาะสมกับสถานีผลิตไฟฟ้าดังตารางที่ 5-8 จะพบว่าแบตเตอรี่ที่มีความเหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้าได้แก่ แบตเตอรี่ลิเทียมอิออน แบบ Lithium Manganese Oxide และ Lithium Iron Phosphate, โฟล์วแบตเตอรี่ทั้งแบบ Vanadium Redox และ Zince Bromine ซึ่งแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีความเหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้าใช้ในครัวเรือน แต่สำหรับโฟล์วแบตเตอรี่เหมาะสำหรับการเก็บสะสมพลังงานในสถานีผลิตไฟฟ้า ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนในสถานีระดับชุมชนจึงเลือกใช้โฟล์วแบตเตอรี่ในการออกแบบระบบการผลิตพลังงาน โดยจะเห็นได้ว่าโฟล์วแบตเตอรี่แบบ Vanadium Redox มีจำนวนครั้ง

ในการประจุมีค่า 10,000 ครั้งโดยประมาณ และมีต้นทุนค่าติดตั้งและดำเนินการต่อหน่วยไฟฟ้าต่ำกว่าแบบ Zince Bromine ซึ่ง Vanadium Redox มีความหนาแน่นกำลังที่ 2 W/L (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2020) ดังนั้นจึงสามารถออกแบบลักษณะของแบตเตอรี่ได้ดังนี้

สมการที่ 5-16 ความต้องการขั้นต่ำในการออกแบบความสามารถในการจ่ายกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่

$$P_{Batt,D} = P_{EE,D}$$

$$P_{Batt,D} = P_{EE} \times (1 + p_{reserve})$$

สมการที่ 5-17 ความต้องการขั้นต่ำในการออกแบบความสามารถในการกักเก็บพลังงานของแบตเตอรี่

$$E_{Batt,D} = \max[E_{Batt}(t)]$$

$$E_{Batt}(t+1) = \begin{cases} \left(\left(E_{EE,RE}(t) - E_{EE}(t)\right) \times \eta_{round}\right) + E_{Batt}(t); E_{EE,RE}(t) > E_{EE}(t) \\ E_{EE,RE}(t) - E_{EE}(t) + E_{Batt}(t); E_{EE,RE}(t) \leq E_{EE}(t) \end{cases}$$

เมื่อ $P_{Batt,D}$ คือ ปริมาณความสามารถในการจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด (kW)

$E_{Batt,D}$ คือ ปริมาณความสามารถในการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุด (kWh)

$E_{EE,RE}(t)$ คือ ปริมาณพลังงานหมุนเวียนที่ผลิตได้ ณ ชั่วโมงนั้น (kWh)

$E_{EE}(t)$ คือ ปริมาณพลังงานที่ต้องการ ณ ชั่วโมงนั้น (kWh)

$E_{Batt}(t)$ คือ สถานะระดับความจุไฟฟ้า ณ ชั่วโมงนั้น (kWh)

$E_{Batt}(t+1)$ คือ สถานะระดับความจุไฟฟ้า ณ ชั่วโมงต่อไป (kWh)

η_{round} คือ ประสิทธิภาพ Round-Trip

ตารางที่ 5-8 รายละเอียดคุณลักษณะของแบตเตอรี่ที่ได้ศึกษาในงานศึกษานี้

เทคโนโลยี	ความหนาแน่นพลังงาน		เงินลงทุน $(\dot{C}_z)$		ค่าดำเนินการ $(\dot{O}_z)$		Depth of Charge	Round – Trip Efficiency	จำนวนครั้งในการประจุตลอดอายุ	รูปแบบความเหมาะสมการใช้งาน
	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ	หน่วย				
ลิเทียมอิออน										
- Lithium Manganese Oxide	470	Wh/Liter	11,142	บาท/kWh	263	บาท/kWh	90%	92%	ไม่เกินกว่า 3,500 ครั้ง	ครัวเรือน
- Lithium Cobalt Aluminium	410	Wh/Liter	9,335	บาท/kWh	263	บาท/kWh	90%	92%	ไม่เกินกว่า 1,500 ครั้ง	ยานยนต์ไฟฟ้า
- Lithium Iron Phosphate	410	Wh/Liter	15,317	บาท/kWh	197	บาท/kWh	900%	86%	ไม่เกินกว่า 3,500 ครั้ง	ครัวเรือน
- Lithium Titanate	410	Wh/Liter	28,925	บาท/kWh	263	บาท/kWh	95%	96%	ไม่เกินกว่า 10,000 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิใช้งาน โดยจะต้องความคุมให้อยู่ระหว่าง 20 ถึง 30 องศาเซลเซียส	-

ตารางที่ 5-8 รายละเอียดคุณลักษณะของแบตเตอรี่ที่ได้ศึกษาในงานศึกษานี้ (ต่อ)

เทคโนโลยี	ความหนาแน่นพลังงาน		เงินลงทุน $(\dot{C}_z)$		ค่าดำเนินการ $(\dot{O}_z)$		Depth of Charge	Round – Trip Efficiency	จำนวนครั้งในการประจุตลอดอายุ	รูปแบบความเหมาะสมการใช้งาน
	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ	หน่วย	ปริมาณ	หน่วย				
ตะกั่วกรด										
- แบบเปียก	50 - 100	Wh/Liter	3,451 ถึง 15,613	บาท/kWh	N/A	บาท/kWh	50 - 60%	82%	250 – 2,500 ครั้ง	ยานยนต์
- แบบแห้ง (ไม่เติมน้ำกลั่น)	75	Wh/Liter	7,428	บาท/kWh	99	บาท/kWh	50%	81%	ไม่เกินกว่า 500 ครั้ง	ยานยนต์
โฟล์ว										
- Vanadium Redox	42.5	Wh/Liter	8,809	บาท/kWh	362	บาท/kWh	100%	72%	ไม่เกินกว่า 10,000 ครั้ง	สถานีไฟฟ้า
- Zince Bromine	45	Wh/Liter	22,877	บาท/kWh	493	บาท/kWh	100%	72%	ไม่เกินกว่า 4,000 ครั้ง	สถานีไฟฟ้า

ที่มา : International Renewable Energy Agency (IRENA), 2017 และ International Renewable Energy Agency (IRENA), 2020

การประเมินความต้องการลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของระบบ

เนื่องจากชุมชนในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มีความหลากหลายทางด้านศักยภาพที่แตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ แต่ทว่าต้นทุนในการผลิตไฟฟ้ามีส่วนสำคัญต่อการดำเนินการผลิตพลังงานทดแทน ดังนั้นหลักการในการเลือกรูปแบบการผลิตไฟฟ้า (Portfolio) จะคำนึงถึงต้นทุนต่อหน่วยในแต่ละรูปแบบการผลิตไฟฟ้าตามแต่ละเทคโนโลยีเป็นอันดับแรก ต่อมาข้อจำกัดทางด้านพื้นที่และระเบียบข้อบังคับทางด้านกฎหมายในแต่ละพื้นที่จะใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณาปริมาณกำลังการผลิตติดตั้งของระบบการผลิตไฟฟ้าในแต่ละชนิดในลำดับต่อไป ซึ่งเมื่อจัดทำรูปแบบการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่พิจารณาและความต้องการระบบสำรองพลังงานแล้วเสร็จจึงสามารถประเมินต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของระบบการผลิตไฟฟ้าได้ดังนี้

ความต้องการเงินลงทุน

สมการที่ 5-18 ความต้องการลงทุนในระบบการผลิตพลังงานหมุนเวียน

$$C_{EE,RE} = \sum_{j=1}^{n} \left(P_{EE,j} \times \dot{C}_j \right)$$

สมการที่ 5-19 ความต้องการลงทุนในระบบเก็บสะสมพลังงาน

$$C_{Batt} = \sum_{z=1}^{n} \left(E_{Batt,D,z} \times \dot{C}_z \right)$$

สมการที่ 5-20 ความต้องการลงทุนในระบบเก็บสะสมพลังงาน

$$C_{total} = C_{EE,RE} + C_{Batt}$$

เมื่อ $C_{EE,RE}$ คือ ความต้องการเงินลงทุนติดตั้งระบบผลิตพลังงานหมุนเวียน (บาท)

$P_{EE,j}$ คือ กำลังการผลิตติดตั้งของแต่ละชนิดพลังงานหมุนเวียน j (kW)

$\dot{C}_j$ คือ อัตราความต้องการเงินลงทุนแต่ละชนิดพลังงานหมุนเวียน j (บาท/kW)

C_{Batt} คือ ความต้องการเงินลงทุนติดตั้งระบบเก็บสะสมพลังงาน (บาท)

$E_{Batt,D,z}$ คือ ปริมาณความสามารถในการกักเก็บพลังงานติดตั้งของแบตเตอรี่แต่ละชนิด z (kWh)

$\dot{C}_z$ คือ อัตราความต้องการเงินลงทุนแต่ละชนิดระบบเก็บสะสมพลังงาน z (บาท/kWh)

C_{total} คือ ความต้องการเงินลงทุนติดตั้งรวม (บาท)

ค่าใช้จ่ายดำเนินการและซ่อมบำรุง

สมการที่ 5-21 ค่าใช้จ่ายดำเนินการของระบบการผลิตพลังงานหมุนเวียนตลอดอายุโครงการ

$$O_{EE,RE} = \sum_{j=1}^{m} \left(E_{EE,j} \times \dot{O}_j \right)$$

สมการที่ 5-22 ค่าใช้จ่ายดำเนินการของระบบเก็บสะสมพลังงานตลอดอายุโครงการ

$$O_{Batt} = \sum_{z=1}^{m} \left(E_{Batt,D,z} \times \dot{O}_z \right)$$

สมการที่ 5-23 ความต้องการลงทุนในระบบเก็บสะสมพลังงาน

$$O_{total} = O_{EE,RE} + O_{Batt}$$

เมื่อ $O_{EE,RE}$ คือ ค่าใช้จ่ายดำเนินการและซ่อมบำรุงของระบบผลิตไฟฟ้า (บาท)

$E_{EE,j}$ คือ ปริมาณพลังงานของแต่ละชนิดพลังงานหมุนเวียน j (kWh)

$\dot{O}_j$ คือ อัตราค่าใช้จ่ายดำเนินการและซ่อมบำรุงของระบบผลิตไฟฟ้า j (บาท/kWh)

O_{Batt} คือ ค่าใช้จ่ายดำเนินการและซ่อมบำรุงของระบบเก็บสะสมพลังงาน (บาท)

$\dot{O}_z$ คือ อัตราค่าใช้จ่ายดำเนินการและซ่อมบำรุงของระบบเก็บสะสมพลังงาน z (บาท/kWh)

O_{total} คือ ค่าใช้จ่ายดำเนินการและซ่อมบำรุงรวม (บาท)

ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของระบบ

สมการที่ 5-24 ค่าใช้จ่ายดำเนินการของระบบการผลิตพลังงานหมุนเวียนตลอดอายุโครงการ

$$LCOE = \frac{C_{total} + \sum_{L=1}^{k} \left(\frac{O_{total,L}}{(1+i)^L} \right)}{\sum_{L=1}^{k} E_{EE,L}}$$

เมื่อ $LCOE$ คือ ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วยของระบบการผลิตไฟฟ้าฯ (บาท/kWh)

$O_{total,L}$ คือ ค่าใช้จ่ายดำเนินการและซ่อมบำรุงในแต่ละปี (บาท/ปี)

$E_{EE,L}$ คือ ปริมาณพลังงานของแต่ละชนิดพลังงานหมุนเวียน (kWh/ปี)

i คือ Discount rate ในที่นี้คือ 7%

บทที่ ๖
การจัดทำรูปแบบการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานในพื้นที่ชุมชน

จากการออกแบบแนวทางการจัดทำระบบผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ชุมชนในบทที่ 5 ซึ่งได้แสดงถึงความเชื่อมโยงของการผลิตพลังงานหมุนเวียนแต่ละชนิดทั้งในแง่มุมของการดำเนินการทางเทคนิคที่สอดคล้องกับศักยภาพพลังงานเชิงพื้นที่นั้น ๆ กับต้นทุนของระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งในที่นี้ได้รวมถึงการใช้ Flow Battery ในการเสริมสร้างความมั่นคงของระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับชุมชน แต่เนื่องจากชุมชนในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มีความหลากหลายทางด้านศักยภาพพลังงานเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกันไปตามที่ได้ศึกษาในบทที่ 4 ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้เลือกพื้นที่ในการศึกษาเพื่อให้สามารถนำกรรมวิธีการออกแบบระบบผลิตพลังงานหมุนเวียนแบบไฮบริดที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ชุมชนได้ จึงได้พิจารณาเลือกพื้นที่ในการศึกษาคือ หมู่บ้านหนองบัวคำ (หมู่ 4) ต.แม่คะ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ โดยมีรายละเอียดของจำนวนครัวเรือนและประชากรในหมู่บ้านในปี พ.ศ.2562 ดังตารางที่ 6-1

ตารางที่ 6-1 จำนวนครัวเรือนและประชากรของ ม.หนองบัวคำ (หมู่ 4) ต.แม่คะ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ พ.ศ.2562

เรื่อง	หน่วย	ปริมาณ	หมายเหตุ
จำนวนครัวเรือน	ครัวเรือน	261	
จำนวนประชากร	คน	700	

ที่มา : สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง, 2562

ความต้องการไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษา

กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือนโดยมีสมมุติฐานของปริมาณ ลักษณะเครื่องใช้ไฟฟ้า และรูปแบบการทำงาน (Load Duty) ดังตารางที่ 6-2 ซึ่งใช้สมการที่ 5-1 ถึง 5-3 ในการประเมิน จะเห็นได้ว่าในหมู่บ้านที่ทำการศึกษามีระดับความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในปีที่คือ 432 kW ในช่วงเวลา 17.00 – 18.00 น. และมีความต้องการพลังงานไฟฟ้ารวม 1,561 kWh/วัน ซึ่งถ้าระดับความต้องการไฟฟ้ามีความต้องการเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 ต่อปี ทั้งในส่วนของกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า และมีระดับกำลังการผลิตไฟฟ้าสำรองร้อยละ 15 ของความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดดังนั้นตลอดอายุโครงการ 20 ปี จึงออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนแบบไฮบริดให้สามารถรองรับความต้องการกำลังไฟฟ้าได้ไม่ต่ำกว่า 738 kW และสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ไม่ต่ำกว่า 2,319 kWh/วัน

ตารางที่ 6-2 ผลการคำนวณความต้องการไฟฟ้าตามลักษณะการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า ความต้องการกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงของหมู่บ้านที่ได้ศึกษา

ชั่วโมงเริ่มต้น						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	รวมความต้องการพลังงานไฟฟ้า (kWh/ครัวเรือน/
ชั่วโมงเริ่มสิ้นสุด						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (kW/ครัวเรือน)						0.269	0.269	0.269	0.269	0.269	1.616	0.526	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.344	1.654	1.276	0.526	0.526	0.401	0.329	0.269	
ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (kWh/ครัวเรือน)						0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.657	0.429	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.247	0.695	0.654	0.429	0.429	0.304	0.232	0.172	5.98
ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (kW)						70	70	70	70	70	422	137	51	51	51	51	51	51	51	51	51	90	432	333	137	137	105	86	70	
ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (kWh)						45	45	45	45	45	171	112	25	25	25	25	25	25	25	25	25	64	181	171	112	112	79	61	45	1561
ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดออกแบบ (kW)						120	120	120	120	120	721	235	87	87	87	87	87	87	87	87	87	153	738	569	235	235	179	147	120	
ความต้องการพลังงานไฟฟ้าออกแบบ (kWh)						67	67	67	67	67	255	166	38	38	38	38	38	38	38	38	38	96	269	254	166	166	118	90	67	2319
ชื่อเครื่องใช้ไฟฟ้า	วัตต์/หน่วย	หน่วย	วัตต์	Duty	ชั่วโมงรวม	การเปิด/ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้า (ครัวเรือน)																								
หลอดไฟฟ้า LED	18	4	72	1	6						1	1												1	1	1	1			0.432
พัดลม																														
- พัดลม 1	75	1	75	1	15	1	1	1	1	1	1	1										1	1	1	1	1	1	1	1	1.125
- พัดลม 2	75	1	75	1	7						1	1										1	1	1	1	1				0.525
หม้อหุงข้าว	450	1	450	0.25	2						1												1							0.225
ปั๊มน้ำ	150	1	150	0.5	3						1												1	1						0.225
เครื่องรับโทรทัศน์ ทีวี	110	1	110	1	5							1											1	1	1	1				0.55
กระติกน้ำร้อน	600	1	600	0.25	3						1												1	1						0.45
ตู้เย็น	194	1	194	0.5	24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2.328
อุปกรณ์ชาร์จเครื่องมือสื่อสาร	30	2	60	1	2																						1	1		0.12

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๓

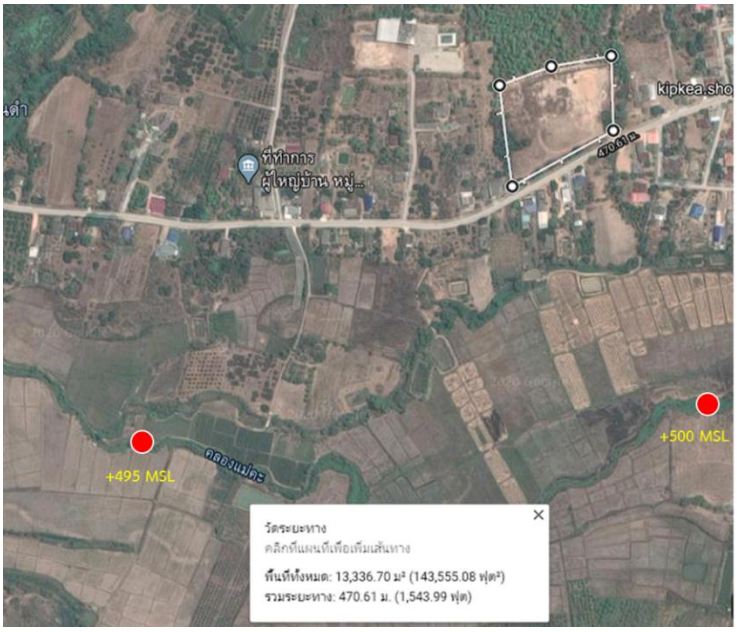
การประเมินศักยภาพกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่ศึกษา

จากการประเมินเชิงพื้นที่ในเบื้องต้นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการดำเนินโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนในชุมชนของพื้นที่หมู่บ้านหนองบัวคำ (หมู่ 4) ต.แม่คะ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ บริเวณริมทางหลวงหมายเลข 109 โดยมีพื้นที่โดยประมาณ 13,000 ตารางเมตร หรือ 8.125 ไร่ และห่างจากที่ทำการผู้ใหญ่บ้านเป็นระยะทาง 300 เมตรโดยประมาณ ดังแผนภาพที่ 6-1 ซึ่งจากข้อมูลศักยภาพพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่ตามที่ได้ศึกษาในบทที่ 4 พบว่า พลังงานที่อาจมีศักยภาพในพื้นที่ดังกล่าวได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ ชีวมวล และชีวภาพ ในส่วนของพลังงานลมจากแผนที่ความเร็วลมในรูปที่ 4-9 มีศักยภาพความเร็วลมต่ำกว่า 5 เมตร/วินาที ซึ่งมีความเร็วลมต่ำและอาจไม่คุ้มค่ากับการลงทุนสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้า ในส่วนของพลังงานน้ำ ในเขตพื้นที่ดังกล่าวมีคลองแม่คะซึ่งเป็นลำรางสาธารณะไหลผ่านในพื้นที่ดังแผนภาพที่ 6-2 โดยมีความกว้างคลองโดยเฉลี่ย 10 เมตร และมีระดับความลึกเฉลี่ย 4 เมตร มีความเร็วในการไหลเฉลี่ย 1 เมตร/นาที โดยมีทิศทางการไหลจากทิศตะวันออกไปยังตะวันตก และมีความต่างระดับความสูงโดยประมาณ 5 เมตร ในระยะทาง 777 เมตร หรือมีระดับความชันร้อยละ 0.64 ซึ่งสามารถประเมินปริมาณศักยภาพได้ 32 kW แต่ทว่าคลองดังกล่าวมีจุดประสงค์เพื่อใช้ในกิจกรรมการเกษตรเป็นหลัก อีกทั้งในฤดูแล้งปริมาณน้ำในคลองอาจมีไม่เพียงพอต่อวัตถุประสงค์เพื่อการผลิตไฟฟ้า ดังนั้นจึงไม่อาจพิจารณาการใช้พลังงานน้ำเพื่อร่วมกันผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในชุมชนได้

แผนภาพที่ 6-1 พื้นที่ที่สามารถดำเนินโครงการระบบพลังงานหมุนเวียนของหมู่บ้าน

ที่มา : Google Map, 2020

แผนภาพที่ 6-2 ลักษณะลำรางสาธารณะในพื้นที่ศึกษา



ที่มา : Google Map, 2020

พลังงานแสงอาทิตย์

จากในข้างต้นพื้นที่ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ภายในโครงการโดยประมาณ 13,000 ตารางเมตร หรือ 8.125 ไร่ ซึ่งจะสามารถคำนวณความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สูงสุดจากพื้นที่ของโครงการได้ตามสมการที่ 5-5 และสามารถคำนวณกำลังการผลิตติดตั้งสูงสุดได้จากสมการที่ 5-6 ซึ่งผลการคำนวณเป็นไปตามตารางที่ 6-3 ซึ่งจากการคำนวณพบว่าในพื้นที่ศึกษามีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สูงสุด 9,296 kWh/วัน และโดยคิดเป็นกำลังการผลิตติดตั้งสูงสุดเท่ากับ 2,152 kW

ตารางที่ 6-3 ผลการคำนวณศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ศึกษา

เรื่อง	หน่วย	ปริมาณ	หมายเหตุ
แสงอาทิตย์			
พื้นที่ติดตั้งแผง Solar PV	m^2	13,000	
อัตราการแผ่รังสีอาทิตย์ในพื้นที่ภาคเหนือเฉลี่ย	kWh/m^2/วัน	4.767	
Capacity Factor ของการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์	%	18%	
ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า	%	15%	
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Solar PV เฉลี่ย	kWh/วัน	9,296	
กำลังการผลิตติดตั้งของ Solar PV สูงสุด	kW	2,152	

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๓

พลังงานชีวมวล

ใน อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ มีการผลิตพืชเศรษฐกิจทางการเกษตรได้แก่ ข้าว และมันสำปะหลัง ซึ่งเศษวัสดุที่เกิดจากกระบวนการผลิตพืชเศรษฐกิจดังกล่าวที่สามารถนำมาใช้ในการเผาไหม้เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า คือ ฟางข้าว, แกลบ, เหง้ามันสำปะหลัง, กากมันสำปะหลัง และเปลือกมันสำปะหลัง ซึ่งจากข้อมูลปริมาณผลผลิตทางการเกษตรใน อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ในปี พ.ศ.2559 ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และใช้แนวทางการคำนวณค่าศักยภาพพลังงานชีวมวลโดยใช้กรรมวิธีของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ทั้งนี้ในการประเมินครั้งนี้มีสมมุติฐานในการจัดหาเชื้อเพลิงชีวมวลที่ร้อยละ 50 ของปริมาณชีวมวลศักยภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละชนิด ดังนั้นปริมาณพลังงานชีวมวลศักยภาพในการประเมินครั้งนี้ดังตารางที่ 6-4 ซึ่งมีปริมาณ 7,115,692.43 MJ/ปี

ปริมาณพลังงานศักยภาพในข้างต้นสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยผ่านกระบวนการทางความร้อนในโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งในที่นี้มีประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าสุทธิร้อยละ 20 และมี Capacity Factor ร้อยละ 70 โดยใช้สมการที่ 5-9 และ 5-10 ในการคำนวณเพื่อหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้ และกำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลสูงสุดที่สามารถติดตั้งได้และเหมาะสมกับปริมาณศักยภาพในข้างต้น ซึ่งจากการคำนวณพบว่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้คือ 1547.23 kWh/วัน และกำลังการผลิตติดตั้งสูงสุดมีค่าเท่ากับ 64.47 kW รายละเอียการคำนวณดังตารางที่ 6-๕

จากผลการคำนวณดังกล่าวพบว่าความสามารถของกำลังการผลิตติดตั้งสูงที่สุดคือ 64.47 kW ซึ่งมีขนาดค่อนข้างเล็กเมื่อเทียบกับกำลังการผลิตติดตั้งในท้องตลาด ซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถจัดหาเครื่องจักรที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลตามกำลังการผลิตติดตั้งในข้างต้นได้ ดังนั้นการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่ศึกษาจึงมีความเป็นไปได้ค่อนข้างน้อย นอกจากนี้จากปัญหาเรื่องการขาดแคลนน้ำในข้างต้นอาจส่งผลให้ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำไม่สามารถใช้งานทำให้ต้องหยุดเดินเครื่องจักรผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลาขาดแคลนน้ำได้ อีกทั้งข้อจำกัดของปริมาณชีวมวลที่มีลักษณะมีปริมาณมากในบางฤดู จึงมีความจำเป็นต้องจัดเตรียมพื้นที่กองเก็บให้สามารถเป็นแหล่งเชื้อเพลิงใช้ในโรงไฟฟ้าชีวมวลได้ตลอดทั้งปี มากไปกว่านี้มลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ได้แก่ ฝุ่นละออง อาจส่งผลกระทบต่อการยอมรับของคนในชุมชนได้ ในทางกลับกันการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลอาจช่วยส่งเสริมรายได้ให้กับประชากรในท้องถิ่นได้จากการรับซื้อเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า

ตารางที่ 6-4 ผลการคำนวณศักยภาพพลังงานจากชีวมวลในพื้นที่ศึกษา

เรื่อง	หน่วย	ปริมาณ	อัตรา	หมายเหตุ/ที่มา
ชีวมวล				
ผลผลิตทางการเกษตรที่มีศักยภาพ				
ข้าว	ตัน/ปี	1,658		(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2562)
มันสำปะหลัง	ตัน/ปี	2,628		
ปริมาณชีวมวลศักยภาพ				
ฟางข้าว	ตัน/ปี	812.42	0.49	(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2556) $kg_{ชีวมวล}/kg_{ผลผลิต}$
แกลบ	ตัน/ปี	0.0378	0.21	
เหง้ามันสำปะหลัง	ตัน/ปี	525.6	0.2	
กากมันสำปะหลัง	ตัน/ปี	157.68	0.06	
เปลือกมันสำปะหลัง	ตัน/ปี	735.84	0.28	
ความสามารถในการจัดหา	%	50%		
ปริมาณชีวมวลศักยภาพจริง				
ฟางข้าว	ตัน/ปี	406.21		
แกลบ	ตัน/ปี	0.0189		
เหง้ามันสำปะหลัง	ตัน/ปี	262.8		
กากมันสำปะหลัง	ตัน/ปี	78.84		
เปลือกมันสำปะหลัง	ตัน/ปี	367.92		
ปริมาณพลังงานชีวมวลศักยภาพ				
ฟางข้าว	MJ/ปี	5,008,569.30	12.33	(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2556) $MJ/kg_{ชีวมวล}$
แกลบ	MJ/ปี	255.53	13.52	
เหง้ามันสำปะหลัง	MJ/ปี	1,442,772.00	5.49	
กากมันสำปะหลัง	MJ/ปี	115๙894.80	1.47	
เปลือกมันสำปะหลัง	MJ/ปี	548,200.80	1.49	
ศักยภาพพลังงานชีวมวลรวม	**MJ/ปี**	**7,115,692.43**		

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๓

ตารางที่ 6-5 ผลการคำนวณศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่ศึกษา

เรื่อง	หน่วย	ปริมาณ	หมายเหตุ
Capacity Factor ของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล	%	70%	
ชั่วโมงการเดินโรงไฟฟ้าต่อปี	ชั่วโมง/ปี	6132	
ความสามารถในการป้อนพลังงานชีวมวลสูงสุด	kJ/ชั่วโมง	1,160,419.51	
ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวลเฉลี่ย	%	20%	
ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล	kWh/วัน	1547.23	
กำลังการผลิตติดตั้งออกแบบของโรงไฟฟ้าชีวมวล	kW	64.47	

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๓

พลังงานชีวภาพ

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวภาพในที่นี้จะติดจากการหมักชีวมวลที่ได้จากกิจกรรมการผลิตทางการเกษตร ซึ่งชีวมวลที่สามารถใช้ในกระบวนการหมักได้คือ ฟางข้าว และกากมันสำปะหลัง นอกจากนี้ยังพบว่าขยะมูลฝอยชุมชนยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการหมักได้เช่นกัน จากรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี พ.ศ.2560 โดยกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีอัตราการเกิดขยะต่อประชากรเฉลี่ย 1.13 กิโลกรัม/คน/วัน (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561) ทั้งนี้สามารถประเมินปริมาณพลังงานศักยภาพได้จากสมการที่ 5-12 โดยผลการคำนวณดังตารางที่ 6-6 ทั้งนี้พบว่าในพื้นที่ศึกษามีศักยภาพพลังงานจากก๊าซชีวภาพ 2,600,506.58 MJ/ปี

ปริมาณพลังงานศักยภาพในข้างต้นสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยผ่านเครื่องยนต์สันดาปภายใน ซึ่งในที่นี้มีประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าสุทธิร้อยละ 34.2 และมี Capacity Factor ร้อยละ 70 โดยใช้สมการที่ 5-13 และ 5-14 ในการคำนวณเพื่อหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้ และกำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพสูงสุดที่สามารถติดตั้งได้และเหมาะสมกับปริมาณศักยภาพในข้างต้น ซึ่งจากการคำนวณพบว่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้คือ 966.92 kWh/วัน และกำลังการผลิตติดตั้งสูงสุดมีค่าเท่ากับ 40.29 kW หรือเครื่องยนต์ขนาดไม่เกินกว่า 54 แรงม้า รายละเอียดการคำนวณดังตารางที่ 6-7

เนื่องจากเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในทั่ว ๆ ไป ซึ่งมีขนาดเล็กและอาจสอดคล้องกับกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดตามศักยภาพของพลังงานในพื้นที่ อีกทั้งในกระบวนการผลิตไฟฟ้าไม่มีความยุ่งยากซับซ้อนในกระบวนการนำก๊าซเข้าเผาไหม้ในเครื่องยนต์ จึงมีความเป็นไปได้ในการจัดทำระบบการผลิตไฟฟ้าดังกล่าวภายในชุมชน อีกทั้งในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมีความจำเป็นต้องอาศัยชีวมวลที่ได้จากท้องถิ่นซึ่งสามารถจัดซื้อได้จากเกษตรกร ซึ่งอาจช่วยส่งเสริมรายได้ให้กับประชากรในท้องถิ่นได้จากการรับซื้อเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าอีกทั้งยังลดผลกระทบจากการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรในพื้นที่เปิดได้

ตารางที่ 6-6 ผลการคำนวณศักยภาพพลังงานจากก๊าซชีวภาพในพื้นที่ศึกษา

เรื่อง	หน่วย	ปริมาณ	อัตราการแปลง	หมายเหตุ/ที่มา
ชีวภาพ				
ปริมาณชีวมวลศักยภาพจริง				
ฟางข้าว	ตัน/ปี	406.21		
กากมันสำปะหลัง	ตัน/ปี	78.84		
ขยะมูลฝอย	ตัน/ปี	288.715		
ปริมาณศักยภาพก๊าซชีวภาพ			m^3/ตัน$_{ชีวมวล}$	
ฟางข้าว	m^3/ปี	81,132.32	199.73	(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2556)
กากมันสำปะหลัง	m^3/ปี	9,568.02	121.36	
ขยะมูลฝอย	m^3/ปี	29,304.57	101.5	(Achinas, Achinas, & Euverink, A Technological Overview of Biogas Production from Biowaste, 2017)
ศักยภาพก๊าซชีวภาพรวม	m^3/ปี	120,004.92		
ปริมาณก๊าซมีเทนในกาซชีวภาพ	%	55%	MJ/m^3	
ศักยภาพก๊าซชีวภาพรวม	**MJ/ปี**	**2,600,506.58**	39.4	

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๓

ตารางที่ 6-7 ผลการคำนวณศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลในพื้นที่ศึกษา

เรื่อง	หน่วย	ปริมาณ	หมายเหตุ
Capacity Factor ของการผลิตไฟฟ้าจากชีวภาพ	%	70%	
ชั่วโมงการเดินโรงไฟฟ้าต่อปี	ชั่วโมง/ปี	6132	
ความสามารถในการป้อนพลังงานชีวภาพสูงสุด	kJ/ชั่วโมง	424.09	
ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพเฉลี่ย	%	34.20%	
ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ	kWh/วัน	966.92	
กำลังการผลิตติดตั้งออกแบบของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ	kW	40.29	

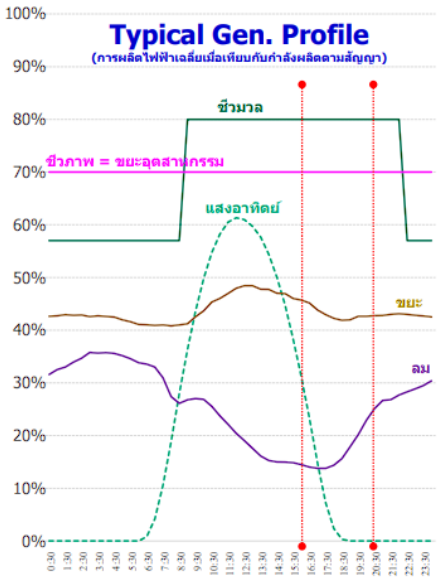
ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๓

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริด

ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละประเภทของพลังงานหมุนเวียนนั้นมีความสามารถในการผลิตไฟฟ้าเพื่อตอบสนองต่อความต้องการได้แตกต่างกันไปซึ่งจากการศึกษาแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2561-2580 โดยมีรายละเอียดดังแผนภาพที่ 6-3 ดังนั้นในการศึกษานี้จึงกำหนดให้ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแต่ละชนิดโดยคิดเป็นสัดส่วนของกำลังการผลิตติดตั้งตามตารางที่ 6-8

แผนภาพที่ 6-3 ลักษณะความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของพลังงานหมุนเวียนแต่ละชนิด

โรงไฟฟ้า	ตัวแทนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่		
	Typical Gen. Profile (%)		PF (%)
	14:30	19:30	
ระบบ 3 กฟฟ.			
1. แสงอาทิตย์	50	-	18
2. ลม	15	20	25
3. ชีวมวล	80	80	70
4. ชีวภาพ	70	70	70
5. ขยะ	47	43	44
6. ขยะอุตสาหกรรม	70	70	70



ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน, 2562

ตารางที่ 6-8 ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าเทียบกับกำลังการผลิตติดตั้ง

ชั่วโมงเริ่มต้น	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**
ชั่วโมงสิ้นสุด	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
ร้อยละของความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของกำลังการผลิตติดตั้ง																								
แสงอาทิตย์	0%						1%	12%	30%	40%	50%	59%	61%	58%	49%	38%	24%	6%	0.5%	0%				
ชีวมวล	70%																							
ชีวภาพ	70%																							

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน, 2562

จะเห็นได้ว่าการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลและชีวภาพสามารถผลิตไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งมีศักยภาพที่จะใช้ผลิตเป็นกำลังผลิตไฟฟ้าพื้นฐานได้ (Base Load) ในส่วนของการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์มีความสามารถในการผลิตไฟฟ้าได้ระหว่างเวลา 07.00 – 18.00 น. และมีปริมาณไม่เท่ากัน โดยจะมีความสามารถในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นจนถึงช่วงเวลา 12.00 ถึง 13.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีความสามารถในการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุด และจะค่อย ๆ ปรับตัวลดลงจนหมดศักยภาพในเวลา 18.00 น. ทั้งนี้เนื่องจากระดับของความเข้มรังสีอาทิตย์ และมุมตกกระทบของรังสีอาทิตย์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลา แต่เนื่องจากความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลไม่คิดเป็นศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าของงานวิจัยนี้ ดังนั้นจึงคงเหลือศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และชีวภาพ เมื่อพิจารณาในส่วนศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าของก๊าซชีวภาพนั้นพบว่าไม่กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดและปริมาณพลังงานที่สามารถผลิตได้ต่ำกว่าระดับที่ชุมชนต้องการดังนั้นจึงต้องใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาเสริมศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าให้สอดคล้องกับความต้องการในชุมชน ในส่วนของศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์พบว่ามีศักยภาพเพียงพอต่อความต้องการกำลังและพลังงานไฟฟ้าในชุมชนในพื้นที่ศึกษา แต่เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ไม่อาจสามารถตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาตั้งแต่ 16.00 – 07.00 น. ได้ดังแผนภาพที่ 6-4 จึงต้องอาศัยระบบกักเก็บพลังงานแบบ Vanadium Redox Flow มาเก็บสะสมพลังงานซึ่งมี Round Trip Efficiency เท่ากับ 72% ซึ่งหมายความว่าพลังงานที่ถูกประจุเข้าสู่แบตเตอรี่จะสามารถจ่ายกลับคืนมาได้เพียงร้อยละ 72 ของพลังงานที่ประจุเข้าไปทั้งหมด ซึ่งเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการพลังงานของชุมชนได้จึงต้องเพิ่มขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เพื่อชดเชยความสูญเสียในข้างต้น โดยใช้สมการที่ 5-4, 5-15 และ 5-16 ในการออกแบบ ทั้งนี้ระดับพลังงานในแบตเตอรี่ในแต่ละช่วงเวลาจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ เพื่อป้องกันการสูญเสียเสถียรภาพของระบบการผลิตไฟฟ้า จึงอาจสรุปในเบื้องต้นได้ว่ารูปแบบพลังงานหมุนเวียนที่สามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อตอบสนองความต้องการไฟฟ้าของชุมชนในพื้นที่ศึกษามี 2 รูปแบบคือ

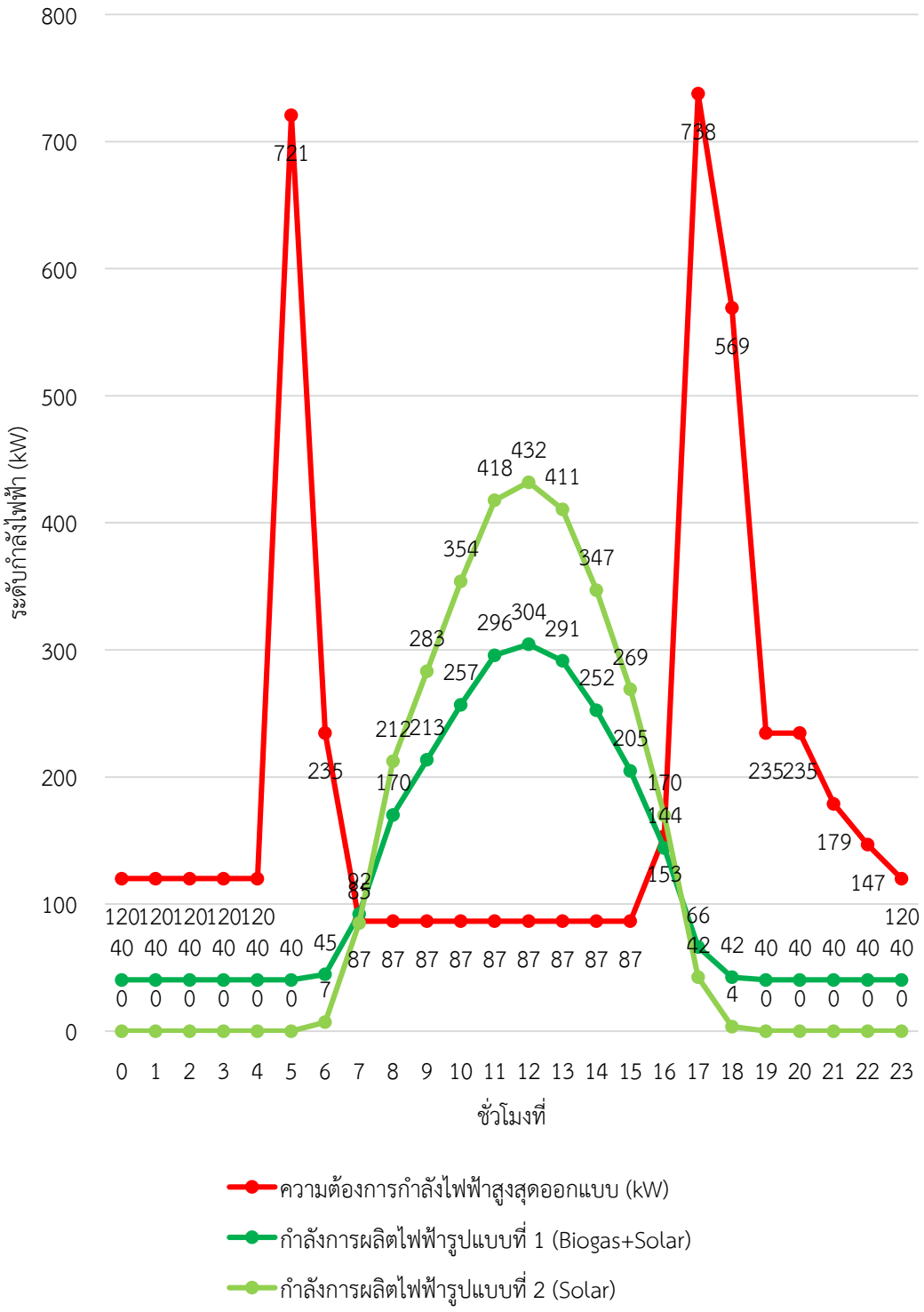
1. การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพและแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน

โดยคิดเป็นกำลังการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ 40.29 kW แต่เนื่องจากกำหนดลักษณะการเดินเครื่องที่ร้อยละ 70 ของกำลังการผลิตติดตั้ง ดังนั้นกำลังการผลิตติดตั้งจะเท่ากับ 57.55 kW โดยที่เหลือจะเป็นกำลังการผลิตจากแสงอาทิตย์ โดยจากผลกระทบที่เกิดจากความสูญเสียของแบตเตอรี่จึงต้องติดตั้งกำลังการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ขนาดไม่ต่ำกว่า 433 kW ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานขนาดความจุอย่างน้อย 1,290 kWh ที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ 738 kW เป็นอย่างต่ำ ซึ่งระบบการผลิตไฟฟ้านี้สามารถผลิตไฟฟ้าได้รวมกัน 2,822.32 kWh/วันโดยมีลักษณะการจ่ายพลังงานและระดับพลังงานในแบตเตอรี่ตามแผนภาพที่ 6-5

2. การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน

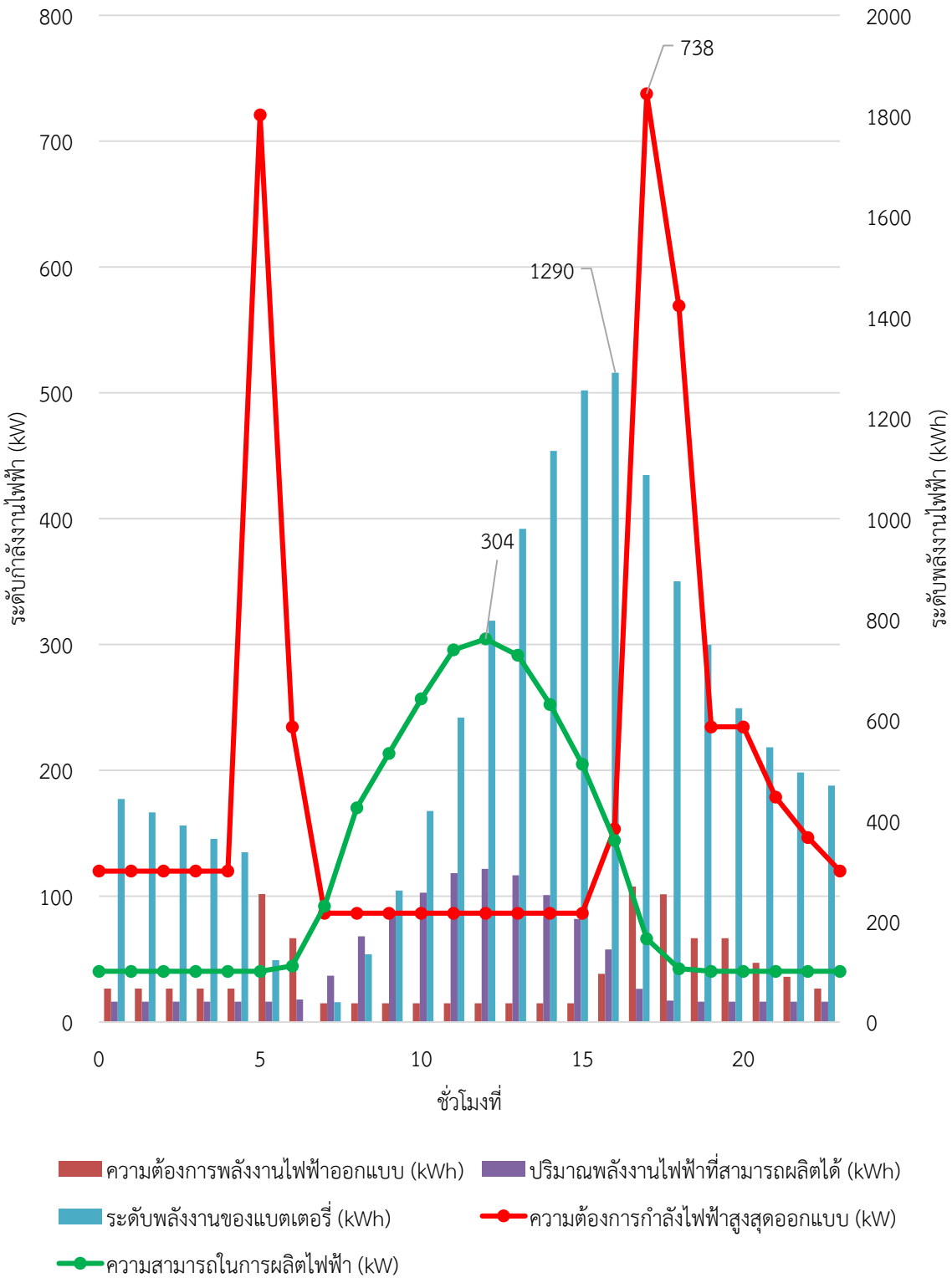
จากผลกระทบที่เกิดจากความสูญเสียของแบตเตอรี่จึงต้องติดตั้งกำลังการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ขนาดไม่ต่ำกว่า 708 kW ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานขนาดความจุอย่างน้อย 1,833 kWh ที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ 738 kW เป็นอย่างต่ำ ซึ่งระบบการผลิตไฟฟ้านี้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3,033.78 kWh/วัน โดยมีลักษณะการจ่ายพลังงานและระดับพลังงานในแบตเตอรี่ตามแผนภาพที่ 6-6

แผนภาพที่ 6-4 ผลการคำนวณความต้องการกำลังไฟฟ้าของชุมชนกับความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน



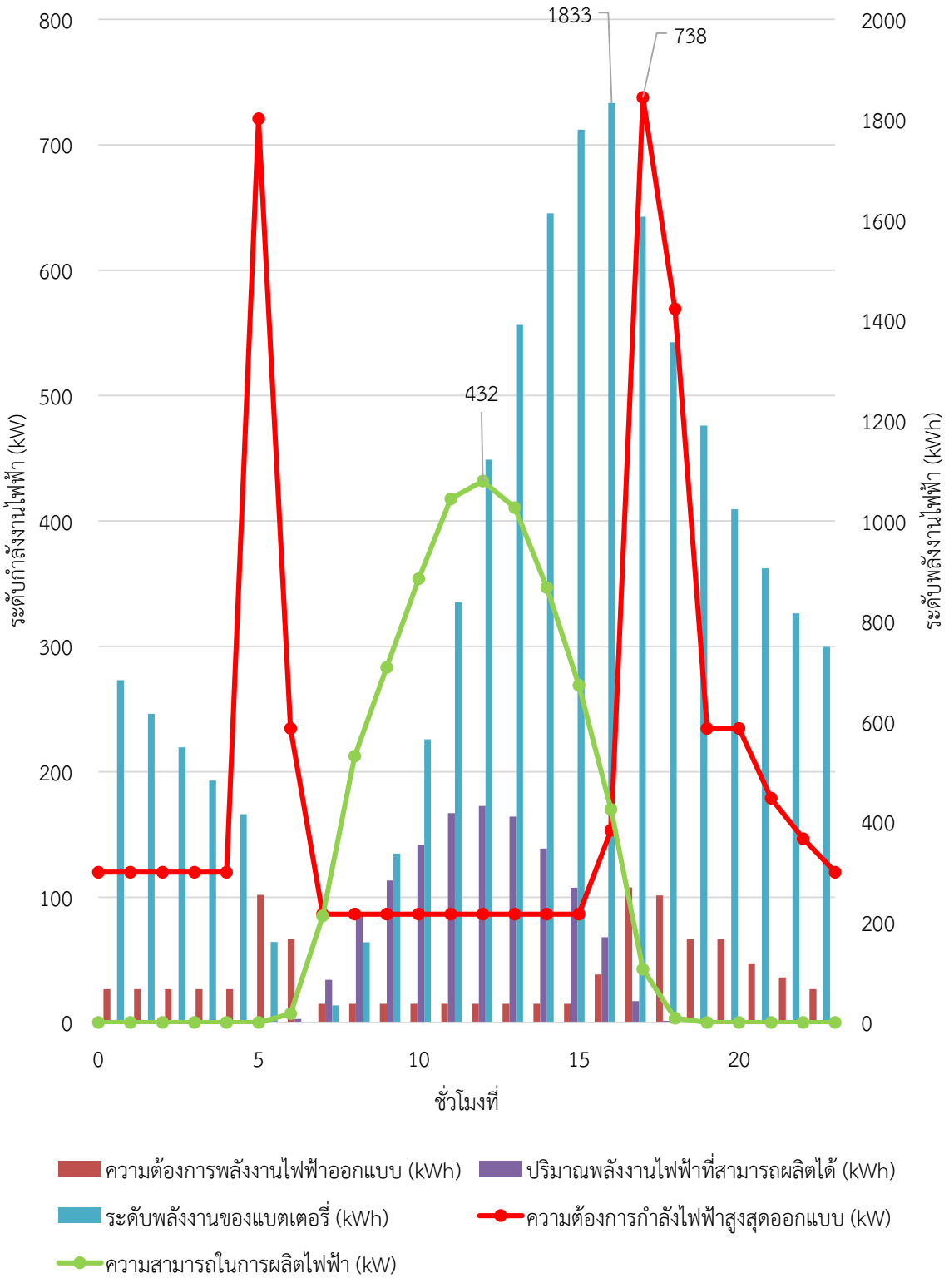
ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๓

แผนภาพที่ 6-5 ผลการคำนวณลักษณะการทำงานในแต่ละชั่วโมงของระบบผลิตพลังงานแบบไฮบริด รูปแบบที่ 1



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๓

แผนภาพที่ 6-6 ผลการคำนวณลักษณะการทำงานในแต่ละชั่วโมงของระบบผลิตพลังงานแบบไฮบริด รูปแบบที่ 2



ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๓

การประเมินความต้องการการลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า

การประเมินความต้องการการลงทุนและต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของระบบการผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริดสำหรับชุมชนในพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 รูปแบบข้างต้นจะใช้สมมุติฐานราคาต่อหน่วยและค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่าง ๆ เป็นไปตามตารางที่ 6-9 ซึ่งการคำนวณเชิงเศรษฐศาสตร์จะใช้สมการที่ 5-17 ถึง 5-23 โดยในแต่ละรูปแบบของระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบไฮบริดเพื่อสามารถตอบสนองต่อความต้องการไฟฟ้าของชุมชนในพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้คิดอัตราลดร้อยละ 7 ต่อปี โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพและแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน (รูปแบบที่ 1)

มีความต้องการลงทุนเริ่มต้นโครงการ 30.3 ล้านบาท (แสงอาทิตย์ 13.86 ล้านบาท, ชีวภาพ 4.83 ล้านบาท, ระบบกักเก็บพลังงาน 11.61 ล้านบาท) มีค่าใช้จ่ายดำเนินการตลอดโครงการเทียบกับปีเริ่มต้นลงทุนคิดเป็น 20.68 ล้านบาท และคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อหน่วยไฟฟ้าตลอดอายุโครงการ 20 ปี เท่ากับ 2.497 บาท/kWh รายละเอียดการคำนวณดังตารางที่ 6-10

2. การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน (รูปแบบที่ 2)

มีความต้องการลงทุนเริ่มต้นโครงการ 39.16 ล้านบาท (แสงอาทิตย์ 22.66 ล้านบาท, ระบบกักเก็บพลังงาน 16.50 ล้านบาท) มีค่าใช้จ่ายดำเนินการตลอดโครงการเทียบกับปีเริ่มต้นลงทุนคิดเป็น 4.93 ล้านบาท และคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อหน่วยไฟฟ้าตลอดอายุโครงการ 20 ปี เท่ากับ 2.021 บาท/kWh รายละเอียดการคำนวณดังตารางที่ 6-11

ตารางที่ 6-9 สมมุติฐานราคาต่อหน่วยและค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่าง ๆ

เรื่อง	หน่วย	ปริมาณ	หมายเหตุ
แสงอาทิตย์			
ความต้องการการลงุทนระบบผลิตไฟฟ้า	บาท/kW	32000	
ค่าดำเนินการผลิตไฟฟ้า	บาท/kW/ปี	657.4	
ชีวมวล			
ความต้องการการลงุทนระบบผลิตไฟฟ้า	บาท/kW	65000	
ค่าดำเนินการผลิตไฟฟ้า	บาท/kWh	2.1365	
ชีวภาพ			
ความต้องการการลงุทนระบบผลิตไฟฟ้า	บาท/kW	84000	
ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า	บาท/kWh	4.725	
Vanadium Redox Flow แบตเตอรี่			
ความต้องการการลงุทน	บาท/kWh	9,000	
ค่าดำเนินการระบบเก็บสะสมพลังงาน	บาท/kWh	362	
Discount rate	%	7%	

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๓

ตารางที่ 6-10 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าชุมชนรูปแบบที่ 1

เรื่อง	หน่วย	ปริมาณ	หมายเหตุ
แสงอาทิตย์			
กำลังการผลิตติดตั้ง	kW	433.00	
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	kWh/วัน	1855.41	
ความต้องการการลงทุน	ล้านบาท	13.86	
ค่าดำเนินการผลิตไฟฟ้า	ล้านบาท/ปี	0.28	
ชีวภาพ			
กำลังการผลิตติดตั้ง	kW	57.55	
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	kWh/วัน	966.92	
ความต้องการการลงทุน	ล้านบาท	4.83	
ค่าดำเนินการผลิตไฟฟ้า	ล้านบาท/ปี	1.67	
Vanadium Redox Flow แบตเตอรี่			
ขนาดความสามารถในการจ่ายกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่	kW	738	
ขนาดความจุพลังงานไฟฟ้าของแบตเตอรี่	kWh	1290	
ความต้องการการลงทุน	ล้านบาท	11.61	
ค่าดำเนินการของระบบ	ล้านบาท	0.47	
ต้นทุนระบบเก็บสะสมพลังงาน	บาท/วัน	1654.17	
เงินลงทุนรวม	**ล้านบาท**	**30.30**	
ค่าใช้จ่ายดำเนินการตลอดโครงการ	**ล้านบาท**	**20.68**	(ปีปัจจุบัน)
ต้นทุนรวม	**บาท/kWh**	**2.497**	

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๓

ตารางที่ 6-11 ผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าชุมชนรูปแบบที่ 2

เรื่อง	หน่วย	ปริมาณ	หมายเหตุ
แสงอาทิตย์			
กำลังการผลิตติดตั้ง	kW	708.00	
พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	kWh/วัน	3033.78	
ความต้องการการลงทุน	ล้านบาท	22.66	
ค่าดำเนินการผลิตไฟฟ้า	ล้านบาท/ปี	0.47	
Vanadium Redox Flow แบตเตอรี่			
ขนาดความสามารถในการจ่ายกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่	kW	738	
ขนาดความจุพลังงานไฟฟ้าของแบตเตอรี่	kWh	1833	
ความต้องการการลงทุน	ล้านบาท	16.50	
ค่าดำเนินการของระบบ	ล้านบาท	0.66	
ต้นทุนระบบเก็บสะสมพลังงาน	บาท/วัน	2351.20	
เงินลงทุนรวม	**ล้านบาท**	**39.16**	
ค่าใช้จ่ายดำเนินการตลอดโครงการ	**ล้านบาท**	**4.93**	(ปีปัจจุบัน)
ต้นทุนรวม	**บาท/kWh**	**2.021**	

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๓

การมีส่วนร่วมและการยอมรับของชุมชน

จากรูปแบบการผลิตพลังงานในข้างต้นพบว่ารูปแบบของการผลิตพลังงานทดแทนในข้างต้นมีข้อได้เปรียบและเสียเปรียบซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 6-12 และตารางที่ 6-13 จะเห็นได้ว่าถึงแม้ว่าการส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนจะสามารถเสริมสร้างความมั่นคงทางพลังงานของประเทศ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและบรรเทาภาวะโลกร้อนได้ ถึงแม้ว่าระบบการผลิตพลังงานหมุนเวียนในการศึกษานี้จะมีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าต่ำกว่าราคาจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.), 2561) แต่ในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่เกี่ยวข้องกับชีวมวล ชุมชนอาจได้รับผลกระทบกล่าวคือ ฝุ่นละอองจากการเผาไหม้และการกองเก็บ น้ำเสียที่เกิดจากการไหลชะของน้ำฝนเข้าสู่พื้นที่ของชุมชนและกลิ่นไม่พึงประสงค์จากการเน่าเสียของชีวมวลและน้ำเสียจากการกองเก็บวัตถุดิบ เป็นต้น ในส่วนของการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ถึงแม้ว่าจะมีต้นทุนที่ต่ำกว่าการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ แต่ทว่าไม่สามารถส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนได้ และไม่สามารถลดผลกระทบจากการเผาทำลายเศษวัสดุทางการเกษตรซึ่งก่อให้เกิดปัญหาฝุ่นละอองขนาดจิ๋วและส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชากรในพื้นที่และในระดับภูมิภาค จากข้อขัดแย้งในเบื้องต้นจึงควรสำรวจความคิดเห็นเพื่อเสริมสร้างการรับรู้และการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจของชุมชนเพื่อพิจารณาความเหมาะสมของโครงการผลิตพลังงานหมุนเวียนที่เหมาะสมกับชุมชนนั้น

ตารางที่ 6-12 การเปรียบเทียบข้อได้เปรียบ-เสียเปรียบของระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนรูปแบบที่ 1

รูปแบบ	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพแลแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน (รูปแบบที่ 1)	● สามารถผลิตไฟฟ้าในลักษณะ base load ได้จึงสามารถตอบสนองต่อการใช้ไฟฟ้าพื้นฐานในแต่ละชั่วโมงได้ ● สามารถคาดการณ์ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าขั้นต่ำในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินได้เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพสามารถประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าได้จากปริมาณก๊าซชีวภาพในบ่อกักเก็บที่มีอยู่ได้ ● มีความต้องการเงินลงทุนที่ต่ำกว่าเนื่องจากไม่จำเป็นต้องลงทุนในระบบกักเก็บพลังงานในปริมาณมาก ● สามารถเสริมสร้างรายได้ให้กับชุมชนและท้องถิ่นได้จากการรับซื้อผลิตภัณฑ์ชีวมวลที่เกิดจากผลผลิตทางการเกษตร และขยะมูลฝอยจากชุมชน ● สามารถลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเผาทำลายชีวมวลที่เกิดขึ้นจากการผลิตผลผลิตทางการเกษตรและปัญหาขยะที่เกิดขึ้นจากชุมชนได้	● ต้องพึ่งพาวัตถุดิบจากกระบวนการเกษตร และขยะมูลฝอยในครัวเรือน มาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งต้องอาศัยการบริหารวัตถุดิบดังกล่าวให้มีใช้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี ● ต้องอาศัยพื้นที่ในการกองเก็บชีวมวลจากการเกษตรเนื่องจากฤดูกาลผลิตผลผลิตทางการเกษตร ● มีความต้องการใช้น้ำในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งในพื้นที่ศึกษามีความเสี่ยงต่อภาวะขาดแคลนน้ำ ● อาจเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งในด้าน ฝุ่นละอองจากการกองเก็บชีวมวล น้ำเสียจากน้ำฝนที่ไหลชะกองเก็บชีวมวลกลิ่นไม่พึงประสงค์ และมีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยของกองเก็บชีวมวล ● ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าสูงกว่าเนื่องจากค่าดำเนินการผลิตก๊าซชีวภาพสูงกว่าการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ ● ปริมาณและเสียงรบกวนจากการจราจรที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากกิจกรรมการขนส่งชีวมวลหรือขยะมูลฝอยเข้าสู่พื้นที่กองเก็บหรือกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากวัตถุดิบในข้างต้น

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, 2๕๖๓

ตารางที่ 6-13 การเปรียบเทียบข้อได้เปรียบ-เสียเปรียบของระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทนรูปแบบที่ 2

รูปแบบ	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน (รูปแบบที่ 2)	● มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยต่ำกว่าการผลิตไฟฟ้าในรูปแบบที่ 1 เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์มีค่าใช้จ่ายดำเนินการผลิตที่ต่ำกว่าก๊าซชีวภาพ ● ไม่มีผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมในด้าน ฝุ่นละออง น้ำเสีย หรือกลิ่นไม่พึงประสงค์ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า	● มีความต้องการการลงทุนสูงกว่าแบบที่ 1 เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ในช่วงระยะเวลาจำกัด จึงต้องอาศัยปริมาณกำลังการผลิตที่สูงเพื่อผลิตพลังงานเพื่อกักเก็บไว้ในแบตเตอรี่และจ่ายกระแสไฟฟ้าตอบสนองต่อความต้องการตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งขนาดของแบตเตอรี่ก็มีขนาดใหญ่กว่าด้วยเช่นกัน และมีปริมาณความสูญเสียที่แบตเตอรี่สูงกว่าแบบที่ 1 ด้วยเช่นกัน ● ไม่สามารถเสริมสร้างการมีส่วนร่วม และรายได้เสริมให้กับชุมชนได้ ● ไม่สามารถลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการเผาทำลายชีวมวลในพื้นที่และขยะของชุมชนได้ ● ปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและไม่สามารถคาดการณ์ศักยภาพขั้นต่ำในกรณีฉุกเฉินได้

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, ๒๕๖๓

หัวข้อการสอบถามความคิดเห็นของชุมชนที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตพลังงานหมุนเวียนในชุมชนที่ควรจะสอบถามเพื่อให้ทราบแนวทางการยอมรับข้อขัดแย้งเชิงเทคนิคและการเงินในเบื้องต้น คือ ระดับของการยอมรับราคาจำหน่ายไฟฟ้าของระบบผลิตพลังงานหมุนเวียนฯ ระดับของความมั่นคงทางพลังงาน ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าระบบการผลิตพลังงานหมุนเวียนฯ ระดับความสามารถในการกระจายรายได้แก่ประชากรในพื้นที่

แบบสอบถามที่ได้ออกแบบแบ่งเป็น 3 ส่วน ประกอบไปด้วย ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม, ระดับการยอมรับได้ต่อรูปแบบการผลิตพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่ชุมชน และข้อเสนอแนะอื่น ๆ เกี่ยวกับระบบการผลิตพลังงานหมุนเวียนในพื้นที่ชุมชน ซึ่งจากผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 70 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 10 ของประชากรในชุมชน ซึ่งสามารถแปรผลแบบสอบถามได้ดังนี้

๑. ร้อยละ 61 ของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิง

๒. ส่วนใหญ่ของผู้ตอบแบบสอบถามมีอายุมากกว่า 40 ปี

๓. กึ่งหนึ่งของผู้ตอบแบบสอบถามมีรายได้เฉลี่ยครัวเรือนมากกว่า 5,000 แต่ไม่เกิน 10,000 บาท/เดือน

๔. โดยส่วนใหญ่ของผู้ตอบแบบสอบถามประกอบอาชีพเกษตรกร และค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัวในลำดับรองลงมา

๕. ร้อยละ 28 มีความเห็นว่าระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์มีความเหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้าของชุมชน ร้อยละ 25 มีความเห็นว่าระบบกักเก็บพลังงานมีความเหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้าของชุมชน และร้อยละ 20 ความเห็นว่าระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยลมมีความเหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้าของชุมชน

๖. ผู้ตอบแบบสอบถามโดยส่วนใหญ่สามารถยอมรับได้เพียงเล็กน้อยถึงปานกลาง หากราคาจำหน่ายต่อหน่วยไฟฟ้าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตพลังงานหมุนเวียนในชุมชนรูปแบบอื่นแต่สามารถลดผลกระทบจากการกำจัดขยะมูลฝอยในชุมชนได้

๗. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่สามารถยอมรับได้เพียงเล็กน้อย หากราคาจำหน่ายต่อหน่วยไฟฟ้าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตพลังงานหมุนเวียนในชุมชนรูปแบบอื่น แต่สามารถเสริมสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรจากการรับซื้อเศษวัสดุทางการเกษตรได้ และสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องสอดคล้องกับความต้องการของชุมชนได้

๘. ผู้ตอบแบบสอบถามกึ่งหนึ่งสามารถยอมรับได้เพียงเล็กน้อย หากราคาจำหน่ายต่อหน่วยไฟฟ้าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตพลังงานหมุนเวียนในชุมชนรูปแบบอื่น แต่สามารถแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองจากการเผาไหม้เศษวัสดุทางการเกษตรได้

๙. ผู้ตอบแบบสอบถามโดยส่วนใหญ่ไม่สามารถยอมรับได้ หากรูปแบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในชุมชนมีราคาต่อหน่วยไฟฟ้าสูงกว่าราคาจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

๑๐. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นว่าไม่สามารถยอมรับได้ในกรณีที่การผลิตไฟฟ้าของชุมชนส่งผลกระทบต่อการใช้น้ำเพื่อการเกษตร

๑๑. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นว่า สามารถยอมรับได้ แต่ต้องมีมาตรเฝ้าระวังป้องกัน และการรับมือเหตุฉุกเฉิน ในกรณีการผลิตไฟฟ้าในชุมชนส่งผลกระทบในด้าน ฝุ่นละออง

จากกิจกรรมการผลิตไฟฟ้าของชุมชนและปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้น, น้ำเสียและกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าชุมชนและการกองเก็บวัตถุดิบ

๑๒. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นว่า สามารถยอมรับได้ แต่ต้องมีมาตรเฝ้าระวังและป้องกัน หรือมาตรการรับมือเหตุฉุกเฉินในบางกรณี สำหรับผลกระทบในด้านแสงสะท้อน, การบดบังทัศนียภาพทางสายตา และเสียงดังจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง

๑๓. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นด้วยว่าระบบการผลิตไฟฟ้าในชุมชนสามารถเสริมสร้างการเรียนรู้ของประชากรในพื้นที่ ส่งเสริมการเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำและลดภาวะโลกร้อน เป็นต้นแบบและเป็นแหล่งเรียนรูทางด้านพลังงานสะอาดให้กับชุมชนข้างเคียงถึงระดับประเทศ และสร้างโอกาสในการประกอบอาชีพรูปแบบใหม่ในชุมชน แต่เกินกึ่งหนึ่งของผู้ตอบแบบสอบถามเห็นด้วยว่าสามารถเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านรายได้ประชากรในพื้นที่

เนื่องจากประชากรในพื้นที่มีรายได้เฉลี่ยของครัวเรือนที่ต่ำ ถึงแม้ว่าการผลิตพลังงานหมุนเวียนที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นจะสามารถเสริมสร้างรายได้ให้กับประชากรในพื้นที่ ลดปัญหามลพิษทางด้านสิ่งแวดล้อม และสามารถส่งเสริมความมั่นคงของระบบไฟฟ้าได้ ยังคงได้รับการยอมรับเพียงเล็กน้อยหากระดับราคาจำหน่ายไฟฟ้าสูงกว่าการผลิตไฟฟ้าในอีกเทคโนโลยีหนึ่ง แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าที่ใช้จะต้องมีต้นทุนและราคาจำหน่ายไฟฟ้าไม่เกินไปกว่าราคาจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในส่วนของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจจะเกิดขึ้น โดยภาพรวมสามารถยอมรับปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นหากได้รับผลกระทบจากการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ แต่จะต้องจัดเตรียมมาตรการเฝ้าระวัง ป้องกัน และรองรับเหตุฉุกเฉินที่อาจจะเกิดขึ้นและส่งผลกระทบต่อประชาชนในชุมชน ในส่วนของผลประโยชน์ทางสังคมในด้านการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ประชาชนในชุมชนมีทัศนคติในเชิงบวกต่อผลประโยชน์ทางอ้อมที่ได้จากโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในชุมชนที่ส่งเสริมการพัฒนาชุมชนในหลากหลายมิติ

ดังนั้นรูปแบบการผลิตไฟฟ้าตามที่ได้เสนอมาทั้ง 2 รูปแบบจึงมีแนวโน้มที่จะได้รับการยอมรับจากประชาชนในพื้นที่ ซึ่งการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับก๊าซชีวภาพ ร่วมกับระบบสำรองพลังงาน ถึงแม้ว่าจะมีต้นทุนที่สูงกว่าแต่สามารถเสริมสร้างการมีส่วนร่วมของประชากรในพื้นที่ได้ ทั้งนี้จะต้องได้รับการควบคุมต้นทุนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและไม่ให้สูงกว่าราคาจำหน่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และต้องควบคุมไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนด้วย

บทที่ ๗
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาศักยภาพพลังงานในพื้นที่ชุมชนจังหวัดเชียงใหม่พบว่ามีศักยภาพพลังงานที่หลากหลาย และแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ชุมชน โดยศักยภาพพลังงานในพื้นที่ชุมชนหลัก ๆ ของจังหวัดเชียงใหม่ที่อาจมีศักยภาพในการนำมาผลิตไฟฟ้าได้แก่ แสงอาทิตย์ ชีวมวล และชีวภาพ ในส่วนของพลังงานลมนั้นขึ้นอยู่กับพื้นที่ในแต่ละชุมชนแต่โดยส่วนมากจะมีศักยภาพน้อย เช่นเดียวกับพลังงานน้ำในพื้นที่นั้นจะต้องมีแม่น้ำลำคลองไหลผ่าน อีกทั้งยังต้องมีปริมาณเพียงพอตลอดทั้งปี และมีความต่างของระดับความสูงเพียงพอต่อศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า ทั้งนี้จะต้องไม่กระทบต่อการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค และการผลิตเพื่อการเกษตร ซึ่งจากพื้นที่ชุมชนที่ได้ศึกษา หมู่บ้านหนองบัวคำ (หมู่ 4) ต.แม่คะ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ พบว่ามีศักยภาพพลังงานหมุนเวียนเชิงพื้นที่จากแสงอาทิตย์ ชีวมวล และก๊าซชีวภาพ โดยสามารถนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 9,296 1,547 และ 966 kWh/วัน ตามลำดับ แต่เนื่องจากชีวมวลมีกำลังการผลิตไฟฟ้าต่ำกว่าขนาดเชิงพาณิชย์ ส่งผลให้มีรูปแบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในชุมชนเหลือเพียงการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และชีวภาพ และเพื่อเสริมสร้างระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้มีความมั่นคงทางพลังงานจึงได้ผนวกระบบเก็บสะสมพลังงานแบบ Vanadium Redox Flow ให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ตลอดเวลาและสอดคล้องกับความต้องการของชุมชน โดยจะต้องออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแบบไฮบริดให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ไม่ต่ำกว่า 738 kW และมีความสามารถในการผลิตพลังงานได้ไม่ต่ำกว่า 2,319 kWh/วัน ตลอดอายุโครงการ 20 ปี ทั้งนี้จากความเหมาะสมเชิงเทคนิคในเบื้องต้นจึงสามารถสรุปรูปแบบการผลิตไฟฟ้าได้ 2 รูปแบบคือ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และก๊าซชีวภาพร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานเป็นรูปแบบการผลิตพลังงานหมุนเวียนในชุมชนที่พิจารณา ซึ่งจากทั้งสองรูปแบบมีกำลังการผลิตติดตั้งรวม 490.55 และ 708 kW ตามลำดับ มีความต้องการระบบกักเก็บพลังงานที่สามารถรองรับกำลังไฟฟ้าได้ไม่ต่ำกว่า 738 kW และมีขนาดความจุพลังงานไม่ต่ำกว่า 1,290 และ 1,833 kWh ตามลำดับ มีความต้องการเงินลงทุน 30.30 และ 39.16 ล้านบาท ตามลำดับ และมีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย 2.497 และ 2.021 บาท/kWh ตามลำดับ และจากการสำรวจความคิดเห็นของประชากรในชุมชนพบว่าระบบการผลิตพลังงานหมุนเวียนทั้งสองเป็นที่ยอมรับของชุมชน โดยระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่ใช้ก๊าซชีวภาพถึงแม้ว่าจะมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าและอาจก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมแต่ก็ได้รับการยอมรับจากประชากรในพื้นที่เนื่องจากสามารถส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ถึงแม้ว่าจะมีต้นทุนสูงกว่าระบบการผลิตไฟฟ้าอีกรูปแบบหนึ่ง แต่ต้นทุน

การผลิตไฟฟ้านั้นจะต้องมีต้นทุนต่ำกว่าราคาจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จึงจะเป็นที่ยอมรับของประชากรในชุมชนที่ได้ศึกษา

ข้อเสนอแนะ

จากรูปแบบการผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริดในชุมชนที่ได้เสนอนั้น ในเชิงเทคนิคค่อนข้างมีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ในระดับหนึ่ง แต่ทั้งนี้รัฐควรให้ความรู้และประชาสัมพันธ์ความรู้เชิงเทคนิค ในเรื่องของข้อจำกัดการผลิตไฟฟ้าในแต่ละเทคโนโลยีในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งในการออกแบบในครั้งนี้มีแนวโน้มที่จะสามารถตอบสนองความต้องการไฟฟ้าของชุมชนได้ตลอดเวลา ทำให้ความมั่นคงของระบบไฟฟ้าในชุมชนเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังมีแนวโน้มที่สามารถลดผลกระทบจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้ ในเชิงเศรษฐศาสตร์ในบางเทคโนโลยียังต้องอาศัยการแทรกแทรงของรัฐทั้งในด้านการเงินและการบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เหมาะสมให้มีเพียงพอต่อการใช้เป็นพลังงานต้นทุนในพื้นที่นั้น ๆ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่ารูปแบบการผลิตพลังงานหมุนเวียนในชุมชนที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้มีต้นทุนที่ต่ำกว่าราคาจำหน่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยมีส่วนต่างโดยประมาณ 1 บาท/kWh ซึ่งเป็นช่องว่างในการส่งเสริมหรือให้การสนับสนุนในการจัดหาเชื้อเพลิงชีวมวลจากพื้นที่การเกษตรเข้ามาสู่กระบวนการผลิตพลังงานหมุนเวียนของชุมชน แต่ทั้งนี้จะต้องไม่ก่อให้เกิดภาระทางด้านค่าใช้จ่ายไฟฟ้าต่อผู้ใช้ไฟฟ้ามากเกินไปหรือมีมูลค่าสูงกว่าราคาจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งจะส่งผลให้ระบบการผลิตไฟฟ้าไม่สามารถแข่งขันได้และไม่เป็นที่น่าสนใจต่อการเลือกใช้ของประชาชนในพื้นที่ ในส่วนของอัตราความต้องการเงินลงทุนของระบบกักเก็บพลังงานแบบ Vanadium Redox Flow มีความจำเป็นที่จะต้องสอบเทียบกับข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ เพิ่มเติม เนื่องจากจากการสำรวจราคาในท้องตลาดในเบื้องต้นซึ่งมีความหลากหลายทางด้านราคาและอาจส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนของชุมชน ในส่วนของการรับรู้ด้านเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนจากผลสำรวจพบว่าประชาชนในพื้นที่มีทัศนคติเชิงบวกต่อการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และลม แต่ทว่าในส่วนของชีวมวลและก๊าซชีวภาพถึงแม้ว่าจะมีศักยภาพในพื้นที่และมีระดับความมั่นคงทางพลังงานที่สูงกว่าพลังงานแสงอาทิย์และลม แต่ยังขาดการรับรู้ที่ดีและการจัดการที่เหมาะสมเพื่อเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อเทคโนโลยีทั้งสองซึ่งมีศักยภาพของประเทศไทย ซึ่งจะต้องอาศัยการสื่อสารและการเข้าถึงประชาชนในพื้นที่ให้ครอบคลุมและทั่วถึงต่อไป

เพื่อสนับสนุนการดำเนินการให้เป็นรูปธรรมการเสริมสร้างความรู้ทางเทคนิคและการมีส่วนร่วมภาคชุมชนจะช่วยส่งเสริมการดำเนินงานในช่วงเริ่มต้น ในด้านเริ่มต้นการลงทุนโดยส่งเสริมการร่วมลงทุนระหว่างรัฐและเอกชน และให้ชุมชนมีส่วนร่วมโดยผ่านการจ้างงานในพื้นที่เพื่อเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจในลักษณะ On the Job Training : OJT และขยายความร่วมมือไปชุมชนข้างเคียง ซึ่งท้ายที่สุดจะสามารถนำศักยภาพพลังงานเชิงพื้นที่ที่มีอยู่มาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าตอบสนองชุมชนได้ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการดำเนินงานและมีการจัดการที่เหมาะสมภาครัฐควรเป็นผู้บริหารการจัดตั้งโครงการเพื่อป้องกันการติดตั้งกำลังการผลิตไฟฟ้าที่เกินความจำเป็น นอกจากนี้ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะยังสามารถนำมาใช้ร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าดังกล่าวระหว่างหมู่บ้านได้ ซึ่งสามารถสร้าง Trading

Platform ของพลังงานไฟฟ้าได้ในอนาคต และสามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชนอีกทางหนึ่งอย่างเท่าเทียมกันระหว่างชุมชน โดยที่ไม่เกิดการรบกวนระบบนิเวศและผลกระทบสิ่งแวดล้อม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

วารสารและหนังสือพิมพ์

ณิชยารัตน์ พาณิชย์ และ วิสาขา ภู่จินดา. “แนวทางการบริหารจัดการพลังงานทดแทน ในระดับชุมชนของประเทศไทย” วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม. ๒๕๕๗. หน้า 55 - 76.

ธนาพล ตันติสัตยกุล, สุริฉาย พงษ์เกษม, ปรีย์ปวีณ ภูหญ้า และ ภานุวัฒน์ ไถ้บ้านกวย. “พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากทางมะพร้าว” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ๒๕๕๘. หน้า 418 - 431.

ภัทรวรรณ จะหวะ. “การใช้พลังงานทดแทนในกลุ่มชาติพันธุ์ อำเภอแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่” วารสาร มจร พุทธปัญญาปริทรรศน์. ๒๕๖๑. หน้า 351 - 362.

สายชล ปัญจมาตย์, ทองม้วน นาเสงี่ยม และ ศักดิ์พงศ์ หอมหวล. “ชุมชนช่างพลังงานทดแทน กรณีศึกษากลุ่มเกษตรกร บ้านเหล่าเหนือ ตำบลห้วยแก อำเภอชนบท จังหวัดขอนแก่น” มนุษยสังคมสาร. ๒๕๕๙. หน้า 157 - 164.

วิทยานิพนธ์ รายงานการวิจัย เอกสารวิจัย

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. “แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561 - 2580 (AEDP2018)”. กระทรวงพลังงาน, ๒๕๖๓.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. “การติดตามสถานภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย”. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ๒๕๖๐.

ณัฐวุฒิ ดุษฎี, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, นิรันดร์ สุวรรณสิทธิ์, เสรี กังวานกิจ, อภิชาติ สวนคำกอง และ พชร เกตุเชื้อจีน. “การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในเขตภาคเหนือตอนบน : ระยะที่ 2 การคัดเลือกแหล่งพัฒนาฟาร์มกังหันลม”. ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, ๒๕๕๒.

เทคโนโลยีสุรนารี, มหาวิทยาลัย. “โครงการการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อ ใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), ๒๕๕๔.

อุบลราชธานี, มหาวิทยาลัย. “โครงการนำร่องเพื่อผลิตพลังงานทดแทนจากชีวมวลในระดับชุมชน”. สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน), ๒๕๕๕.

ราชวณิชย์ ชำนาญ. “ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพชุมชนจากมูลสุกรร่วมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร : กรณีศึกษาจังหวัดชัยภูมิ”. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บัณฑิตวิทยาลัย, ๒๕๕๔.

นโยบายและแผนพลังงาน, สำนักงาน. “แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.๒๕๖๑ – ๒๕๘๐”. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.), ๒๕๖๒.

ฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

ควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรม. “รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี 2560” . (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.pcd.go.th/file/02-03-60.pdf, 2561.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. “แผนที่ความเร็วลมของประเทศไทยที่ระดับความสูง 90 เมตร”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www2.dede.go.th/km_it/windmap53/windmap90m.html, 2553.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. “แผนที่พลังงานลมของจังหวัดเชียงใหม่”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://www2.dede.go.th/km_it/windmap53/530913%20Windmap_Changmai_ov5ms_70.pdf, 2553.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. “คู่มือการลงทุนโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A5%E0%B8%87%E0%B8%97%E0%B8%B8%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%9F%E0%B8%9F%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B, 2556.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. “คู่มือการลงทุนโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A5%E0%B8%87%E0%B8%97%E0%B8%B8%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%9F%E0%B8%9F%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B, 2556.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. “ฐานข้อมูลศักยภาพชีวมวลในประเทศไทยประจำปีเพาะปลูก พ.ศ. 2556”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/%E0%B8%90%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B8%A8%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A2%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%9E%E0%B8%8A%E0%B8%B5%E0%B8%A7%E0%B8%A1%E0%B8%A7%E0%B8%A5%E0%B, 2556.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. “ศักยภาพชีวมวล”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html , 2556.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. “แผนที่ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพของประเทศไทย”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://biogas.dede.go.th/biogas/u/webmax/, 2557.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. “โครงการปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตยจากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย ปี 2560”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.dede.go.th/article_attach/developed_solarmap60%20-%20Copy.pdf, 2560.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. “โครงการศึกษาศักยภาพพื้นที่ที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานอาทิตย์ของประเทศไทย”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=46925&filename=index, 2560.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. “ฐานข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ ระดับตำบล ปี 2560”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.dede.go.th/article_attach/solar_radiation_database60.xlsx, 2560.

กองเศรษฐกิจพลังไฟฟ้า ฝ่ายนโยบายเศรษฐกิจพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.). “รายงานสถานการณ์การจำหน่ายไฟฟ้าประจำเดือน มกราคม 2563”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://peaoc.pea.co.th/ped/files/analyst_need_jan_63.pdf, 2563.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.). “กำลังผลิตสำรอง: หลักประกันความมั่นคงของระบบไฟฟ้า”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=357&Itemid=217, ม.ป.ป.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.). “ศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www4.egat.co.th/re/egat_wind/wind_thailand.htm, ม.ป.ป.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.). “อัตราค่าไฟฟ้า”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.pea.co.th/Portals/0/demand_response/Rate2015Update.pdf?ver=2018-10-02-111212-590, 2561.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.). “ประกาศ กฟภ. เรื่อง กำหนดแนวทางการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.pea.co.th/Portals/0/Document/Purchasingprocess.pdf, 2555.

คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.). “รายชื่อผู้ได้รับใบอนุญาตผลิตไฟฟ้า”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://app04.erc.or.th/ELicense/Licenser/05_Reporting/504_ListLicensing_Columns_New.aspx?LicenseType=1, 2562.

ธนาคารแห่งประเทศไทย (ธปท.). “อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศย้อนหลัง”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.bot.or.th/thai/_layouts/application/exchangerate/exchangerateago.aspx, 2563.

บริษัท สากล เอนเนอยี จำกัด (มหาชน). “ธุรกิจโรงไฟฟ้าชีวมวลแม่กระทิง”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.sakolenergy.com/th/our-business/mae-krating-power-plant, 2562.

ฤทัยชนก จริงจิตร. “บทวิเคราะห์แนวโน้มอัตราแลกเปลี่ยนปี 2554 และผลกระทบต่อเศรษฐกิจพาณิชย์”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.tpso.moc.go.th/sites/default/files/news_20042011040025.pdf, 2554.

วิชสิณี วิบุลผลประเสริฐ และ ทศพล อภัยทาน. “ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าของครัวเรือนไทยเข้าถึงได้จากฐานข้อมูลการใช้ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. aBRIDGEd(16)”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.pier.or.th/wpcontent/uploads/2018/09/aBRIDGEd_2018_016.pdf, 2561.

วิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์, สถาบัน. “ศักยภาพด้านการผลิตก๊าซชีวภาพ และก๊าซ CBG ในประเทศไทย”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.erdi.cmu.ac.th/index_main.php/news/1552?category=11, 2559.

เศรษฐกิจการเกษตร, สำนักงาน. “ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://mis-app.oae.go.th/, 2562.

นโยบายและแผนพลังงาน, สำนักงาน. “ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer VSPP)”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.eppo.go.th/index.php/th/electricity/private/vspp, 2559.

นโยบายและแผนพลังงาน, สำนักงาน. “แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561 - 2580 (PDP2018)”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.eppo.go.th/images/policy/PDF/PDP2018.pdf, 2562.

นโยบายและแผนพลังงาน, สำนักงาน. “มติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติครั้งที่ 2/2562 (ครั้งที่ 149) ”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: http://www.eppo.go.th/index.php/th/eppo-intranet/itemlist/category/429-resolutions-nepc#a2, 2563.

นโยบายและแผนพลังงาน, สำนักงาน. “พลังงานก๊าซชีวภาพ”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.eppo.go.th/images/Power/renewable-energy/15.pdf, ม.ป.ป.

นโยบายและแผนพลังงาน, สำนักงาน. “รายงานผลการประชุม กพช. 16 ธ.ค 62”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/15363-news-161262, 2562.

นโยบายและแผนพลังงาน, สำนักงาน. “รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2561”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://drive.google.com/file/d/1WcNsEWr93CmhqQpMJMVbdHRNaQVwr_d4/view, 2561.

นโยบายและแผนพลังงาน, สำนักงาน. “สถานการณ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคพลังงานรายปี 2561”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/situationco2/peryear?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1, 2561.

สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. “ระบบสถิติทางการทะเบียน”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statTDD/, 2562.

สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน. “เทคโนโลยีพลังงานทดแทนในชุมชนยอดนิยม 5 อันดับ”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://ppp.energy.go.th/%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B9%82%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%A5%E0%B8%A2%E0%B8%B5%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%94%E0%B9%81%E0%B8%97%E0%B8%99/, 2562.

สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน กระทรวงพลังงาน. “ระบบก๊าซชีวภาพแบบฝาครอบลอย จังหวัดพิจิตร”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://ppp.energy.go.th/%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%81%E0%B9%8A%E0%B8%B2%E0%B8%8B%E0%B8%8A%E0%B8%B5%E0%B8%A7%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%9E%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%9D%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%AD/, 2561.

ไทยรัฐออนโลน์. “กฟผ. แจงเหตุขัดข้อง หลัง "ไฟดับ" หลายจังหวัดภาคเหนือตอนบน”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.thairath.co.th/news/society/1675280, 2562.

Access Biomass Clean Power. “Biomass Gasification Power Plant”. (Online). Available : https://sites.google.com/site/accessbiomasscleanpower/financials-products/biomass-gasifier-power-plant, 2013.

Australian Bureau of Meteorology. “10m winds”. (Online). Available : http://www.bom.gov.au/charts_data/IDY20104/current/windbarb/10m/IDY20104.windbarb-10m.000.png, 2020.

Bank, T. W. “Solar Program Brings Electricity to Off-the-Grid Rural Areas in Bangladesh”. (Online). Available : https://www.worldbank.org/en/news/feature/2016/10/10/solar-program-brings-electricity-off-grid-rural-areas, 2016.

CHRISTOPH KOST, SHIVENES SHAMMUGAM, VERENA JÜLCH, HUYEN-TRAN NGUYEN & THOMAS SCHLEGL. “LEVELIZED COST OF ELECTRICITY RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES”. (Online). Available : https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/EN2018_Fraunhofer-ISE_LCOE_Renewable_Energy_Technologies.pdf, 2018.

Google Map. (Online). Available : https://www.google.com/maps, 2020.

iEnergyGuru. “องค์ประกอบของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://ienergyguru.com/2015/10/hydroelectric-power-plant-configurations/, 2557.

IRENA. “Hydro Power In RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES: COST ANALYSIS SERIES”. (Online). Available : https://www.irena.org/documentdownloads/publications/re_technologies_cost_analysis-hydropower.pdf, 2012.

IRENA. “Renewable Energy Outlook: Thailand”. (Online). Available : https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Nov/IRENA_Outlook_Thailand_2017.pdf, 2017.

IRENA. “Hydropower”. (Online). Available : https://www.irena.org/costs/Power-Generation-Costs/Hydropower, n.d.

Quora. “What area is required for a 49.5 MW battery storage project using Li-ion”. (Online). Available : https://www.quora.com/What-area-is-required-for-a-49-5-MW-battery-storage-project-using-Li-ion, n.d.

River Engineering. “Project Reference”. (Online). Available : http://www.river.co.th/2018/11/09/%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%8B%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%82%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%AB%E0%B8%B1/, 2018.

Solar-Thailand. “อัตราการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.solar-thailand.com/TM/electrical-usage.asp, ม.ป.ป.

The National Renewable Energy Laboratory is a national laboratory (NREL). “PV O&M Cost Model and Cost Reduction”. (Online). Available : https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/68023.pdf, 2017.

Tidal Barrage, Isle of Whithorn. “Tidal Barrage as an Application for Flood Defence on the Isle of Whithorn”. (Online). Available : http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/14-15/Tidal_barrage/turbine.html, 2015.

ภาษาต่างประเทศ

Journals and Newspapers

Achinas, S., Achinas, V., & Euverink, G. W. “A Technological Overview of Biogas Production from Biowaste”, Engineering. 2017, p.299-307.

Ahmad, J., Imran, M., Khalid, A., Iqbal, W., Ashraf, S. R., Adnan, M., Khokhar, K. S. “Techno economic analysis of a wind-photovoltaic-biomass hybrid renewable energy system for rural electrification: A case study of Kallar Kahar”, Energy. 2018, p.208-234.

Alsahlani, A., & Rahulan, T. “A Mathematical Model of a Conceptual Design Approach of High Altitude Solar Powered Unmanned Aerial Vehicles”, International Review of Aerospace Engineering. 2017.

Aroonrat, K., & Wongwises, S. “Current status and potential of hydro energy in Thailand: a review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015, p.70-78.

Arun Narayanan, Kevin Mets, Matthias Strobbe และ Chris Develder. “Feasibility of 100% renewable energy-based electricity production for cities with storage and flexibility”, Renewable Energy. 134, 2019, p.698-709.

Asadinejad, A., G. varzaneh, M., Mohajeryami, S., & Abedi, M. “Using Biomass in Power Generation for Supplying Electrical and Thermal Energy in Iran and Evaluation of Environmental Pollution Spread”, Journal of Power and Energy Engineering. 1 (10), 2016.

Azarova, V., Cohen, J., Friedl, C., & Reichl, J. “Designing local renewable energy communities to increase social acceptance: Evidence from a choice experiment in Austria, Germany, Italy, and Switzerland”, Energy Policy. 132, 2019, p.1176-1183.

Basser, M., Alqahtani, A., & Rehman, S. “Techno-economic design and evaluation of hybrid energy systems for residential communities: Case study of Jubail industrial city”, Journal of Cleaner Production. 237, 2019.

Bauwens, T. “Analyzing the determinants of the size of investments by community renewable energy members: Findings and policy implications from Flanders”, Energy Policy. 129, 2019, p.841-852.

Blechinger, P., Cader, C., Bertheau, P., Huyskens, H., Seguin, R., & Breyer, C. “Global analysis of the techno-economic potential of renewable energy hybrid systems on small islands”, Energy Policy. 98, 2016, p.674-687.

Chauhan, A., & Saini, R. “Techno-economic feasibility study on Integrated Renewable Energy System for an isolated community of India”, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 59, 2016, p.388-405.

Ebrahimpour, M., Shafaghat, R., Alamian, R., & Shadloo, M. S. “Numerical Investigation of the Savonius Vertical Axis Wind Turbine and Evaluation of the Effect of the Overlap Parameter in Both Horizontal and Vertical Directions on Its Performance”, Symmetry. 11 (6), 2019, p.821.

Elkadeem, M., Wang, S., Azmy, A. M., Atiya, E. G., Ullah, Z., & Sharshir, S. W. “A systematic approach for planning and design of hybrid renewable energy-based microgrid with techno-economic optimization: A case study on an urban community in Egypt”, Sustainable Cities and Society. 2019.

Elkadeem, M., Wang, S., Sharshir, S. W., & Atia, E. G. “Feasibility analysis and techno-economic design of grid-isolated hybrid renewable energy system for

electrification of agriculture and irrigation area: A case study in Dongola, Sudan", Energy Conversion and Management. 196, 2019, p.1453-1478.

Haratian, M., Tabibi, P., Sadeghi, M., Vaseghi, B., & Poustdouz, A. "A renewable energy solution for stand-alone power generation: A case study of KhshU Site-Iran", Renewable Energy. 125, 2018, p.926-935.

He, L., Zhang, S., Chen, Y., Ren, L., & Li, J. "Techno-economic potential of a renewable energy-based microgrid system for a sustainable large-scale residential community in Beijing, China", Renewable and Sustainable Energy Reviews. 93, 2018, p.631-641.

Javed, M. S., Song, A., & Ma, T. "Techno-economic assessment of a stand-alone hybrid solar-wind-battery system for a remote island using genetic algorithm", Energy. 176, 2019, p.704-717.

Jing, W., Lai, C. H., Ling, D. K., Wong, W. S., & Wong, M. D. "Battery lifetime enhancement via smart hybrid energy storage plug-in module in standalone photovoltaic power system", Journal of Energy Storage. 21, 2019, p.586-598.

Jing, W., Lai, C. H., Wong, W. S., & Wong, M. D. "A comprehensive study of battery-supercapacitor hybrid energy storage system for standalone PV power system in rural electrification", Applied Energy. 224, 2018, p.340-356.

Kamching, R., Pattarapremcharoen, M., Nirunsin, S., & Setthapun, W. "Spatial Mapping Analysis for Renewable Energy Agricultural Water System of Small Community Farm", International Journal of Renewable Energy. 12 (2), 2017, p.39-51.

Krishan, O., & Suhag, S. "Techno-economic analysis of a hybrid renewable energy system for an energy poor rural community", Journal of Energy Storage. 23, 2019, p.305-319.

Krueasuk, W., Bhasaputra, P., Pattaraprakorn, W., & Nirukkanaporn, S. "Renewable Energy for Rural Electrification in Thailand: A Case Study of Solar PV Rooftop Project", GMSARN International Journal. 9 (2), 2015, p.55-58.

Lakshmi, V., & Sarvani, R. "SELECTION OF SUITABLE SITES FOR SMALL HYDROPOWER PLANTS USING GEO-SPATIAL TECHNOLOGY", International Journal of Pure and Applied Mathematics. 119 (17), 2018, p.217-240.

Lamidi, R. O., Jiang, L., Wang, Y., Pathare, P. B., & Roskilly, A. "Techno-economic analysis of a biogas driven poly-generation system for postharvest loss reduction in a Sub-Saharan African rural community", Energy Conversion and Management. 196, 2019, p.591-604.

Liu, J., Chen, X., Cao, S., & Yang, H. "Overview on hybrid solar photovoltaic-electrical energy storage technologies for power supply to buildings", Energy Conversion and Management. 187, 2019, p.103-121.

Lorestani, A., Gharehpetian, G., & Nazari, M. H. "Optimal sizing and techno-economic analysis of energy- and cost-efficient standalone multi-carrier microgrid", Energy. 178, 2019, p.751-764.

Lozano, L., Querikiol, E. M., Abundo, M. S., & Bellotindos, L. M. "Techno-economic analysis of a cost-effective power generation system for off-grid island communities: A case study of Gilutongan Island, Cordova, Cebu, Philippines", Renewable Energy. 140, 2019, p.905-911.

Ma, W., Xue, X., & Liu, G. "Techno-economic evaluation for hybrid renewable energy system: Application and merits", Energy. 159, 2018, p.385-409.

Ma, W., Xue, X., Liu, G., & Zhou, R. "Techno-economic evaluation of a community-based hybrid renewable energy system considering site-specific nature", Energy Conversion and Management. 171, 2018, p.1737-1748.

Mirzania, P., Ford, A., Andrews, D., Ofori, G., & Maidment, G. "The impact of policy changes: The opportunities of Community Renewable Energy projects in the UK and the barriers they face", Energy Policy. 129, 2019, p.1282-1296.

Murrant, D., & Radcliffe, J. "Assessing energy storage technology options using a multi-criteria decision analysis-based framework", Applied Energy. 231, 2018, p.788-802.

Murugaperumal, K., & D Vimal Raj, P. "Feasibility design and techno-economic analysis of hybrid renewable energy system for rural electrification", Solar Energy. 188, 2019, p.1068-1083.

Murugaperumal, K., Srinivasn, S., & Prasad, G. S. "Optimum design of hybrid renewable energy system through load forecasting and different operating strategies for rural electrification", Sustainable Energy Technologies and Assessments. 37, 2020.

Okoy, C. O., & Taylan, O. "Performance analysis of a solar chimney power plant for rural areas in Nigeria", Renewable Energy. 104, 2017, p.96-108.

Pattanapongchai, A., & Limmeechokchai, B. "Least cost energy planning in Thailand: A case of biogas upgrading in palm oil industry", Songklanakarin Journal of Science and Technology. 33 (6), 2011, p.705-715.

Peters, R., Baltruweit, M., Grube, T., Samsun, R. C., & Stolten, D. "A techno economic analysis of the power to gas route", Journal of CO_2 Utilization. 34, 2019, p.646-634.

Pimm, A. J., Palczewski, J., Morris, R., Cockerill, T. T., & Taylor, P. G. “Community energy storage: A case study in the UK using a linear programming method”, Energy Conversion and Management. 205, 2020.

Ramanujam, J., Verma, A., & Gonzalez-Diaz, B. “Inorganic Photovoltaics - Planar and Nanostructured Devices”. Progress in Materials Science(82). 2016, p.294-404.

Robert, F. C., Sisodia, G. S., & Gopalan, S. (2019). Sustainable trade-off between reliability and electricity prices for geographically isolated communities. Energy Reports, 5, 1399-1407.

Sakehin, S., Ferdaous, M. T., Chowdhury, R. M., & Shithi, S. S. “Assessment of renewable energy systems combining techno-economic optimization with energy scenario analysis”, Energy. 112, 2016, p.729-741.

Sasujit, K., & Dussadee, N. “Evaluation of Wind Energy Potential and Electricity Generation in Northern of Thailand”, Naresuan University Journal: Science and Technology. 24 (3), 2020.

Shezan, S., Das, N., & Mahmudul, H. “Techno-economic Analysis of a Smart-grid Hybrid Renewable Energy System for Brisbane of Australia”, Energy Procedia. 110, 2017, p.340-345.

Tiwary, A., Spasova, S., & Williams, I. D. “A community-scale hybrid energy system integrating biomass for localised solid waste and renewable energy solution: Evaluations in UK and Bulgaria”, Renewable Energy. 139, 2019, p.960-967.

Tsai, W., & Chou, Y. “An overview of renewable energy utilization from municipal solid waste (MSW) incineration in Taiwan”, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2020, p.491-502.

Veilleux, G., Potisat, T., Pezim, D., Ribback, C., Ling, J., Krysztofiński, A., . . . Chucherd, S. “Techno-economic analysis of microgrid projects for rural electrification: A systematic approach to the redesign of Koh Jik off-grid case study”, Energy for Sustainable Development. 54, 2020, p.1-13.

Woo, J., Chung, S., Lee, C.-Y., & Huh, S.-Y. “Willingness to participate in community-based renewable energy projects: A contingent valuation study in South Korea”, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 112, 2019, p.643-652.

Yadav, P., Davies, P. J., & Sarkodie, S. A. “The prospects of decentralized solar energy home systems in rural communities: User experience, determinants, and impact of free solar power on the energy poverty cycle”, Energy Strategy Reviews. 26, 2019.

Research, Report and Thesis

International Renewable Energy Agency (IRENA). "Electricity Storage and Renewables: Cost and Markets to 2030". Report, International Renewable Energy Agency (IRENA), 2017.

International Renewable Energy Agency (IRENA). "Electricity Storage Valuation Framework: Assessing system value and ensuring project viability". Report, International Renewable Energy Agency (IRENA), 2020.

International Renewable Energy Agency (IRENA). "ELECTRICITY STORAGE AND RENEWABLES: COSTS AND MARKETS TO 2030". Report, International Renewable Energy Agency (IRENA), 2017.

International Renewable Energy Agency (IRENA). "Renewable Power Generation Costs in 2018". Report, International Renewable Energy Agency (IRENA), 2019.

Non-Published Document

Ali, M., Hassan, M., Rahman, M., Kafy, A.-A., Ara, I., Javed, A., & Rahman, M. "Life cycle energy and cost analysis of small scale biogas plant and solar PV system in rural areas of Bangladesh". Paper presented at the 2nd International Conference on Energy and Power (ICEP2018), Australia : Sydney, February 2019.

Sarip, S., Kamarudin, K. H., Razakak, K. A., & Mohd, M. Y. "The Potential of Micro-Hydropower Plant for Orang Asli Community in Royal Belum State Park", Paper presented at the SYMPOSIUM ON THE 4TH ROYAL BELUM SCIENTIFIC EXPEDITION, Malaysia : Perak, 2016.

Wang, Q., Zhou, Y., & Gao, S. "Feasibility analysis of solar water heating system in rural areas". Paper presented at the 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning (ISHVAC2017), China : Jinan, 2017.

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ พลโท กานต์ กลัมพะสุต

วัน เดือน ปีเกิด ๒๕ กันยายน พ.ศ.๒๕๐๘

การศึกษา

พ.ศ.๒๕๓๒ ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

พ.ศ.๒๕๓๗ ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา Florida Institute of Technology มลรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา

ประวัติการทำงานโดยย่อ

พ.ศ.๒๕๓๒ - ๒๕๓๓ ผู้บังคับหมวดปืนเล็กอาวุธเบา กองพันทหารราบที่ ๒๓

พ.ศ.๒๕๓๔ - ๒๕๓๕ อาจารย์ภาควิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

พ.ศ.๒๕๓๘ - ๒๕๔๔ อาจารย์ภาควิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

พ.ศ.๒๕๔๕ - ๒๕๔๙ รองผู้อำนวยการกองนโยบายและแผน กรมการพลังงานทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร

พ.ศ.๒๕๕๐ - ๒๕๕๒ รองผู้อำนวยการกองส่งกำลังและบริการ กรมการพลังงานทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร

พ.ศ.๒๕๕๓ - ๒๕๕๔ นายทหารปฏิบัติการ กรมเสมียนตรา สำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม

พ.ศ.๒๕๕๔ - ๒๕๕๗ ผู้อำนวยการกองส่งกำลังและบริการ กรมการพลังงานทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร

พ.ศ.๒๕๕๗ - ๒๕๕๘ รองผู้อำนวยการศูนย์พัฒนาปิโตรเลียมภาคเหนือ กรมการพลังงานทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร

พ.ศ.๒๕๕๙ - ๒๕๖๑ ผู้อำนวยการศูนย์พัฒนาปิโตรเลียมภาคเหนือ กรมการพลังงานทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร

พ.ศ.๒๕๖๑ - ๒๕๖๒ รองเจ้ากรมการพลังงานทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร ลำดับที่ (๑)

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ทรงคุณวุฒิ สำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม
กรรมการการ นิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
และ กรรมการ ธนาคารเพื่อเกษตรกรและสหกรณ์การเกษตร

สรุปย่อ

ลักษณะวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรื่อง การใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมกับชุมชนในการผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ

ผู้วิจัย พลโท กานต์ กลัมพะสุต **หลักสูตร** วปอ. **รุ่นที่** ๖๒

ตำแหน่ง ผู้ทรงคุณวุฒิ สำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติคิดเป็นร้อยละ ๖๐ ถ่านหิน/ลิกไนต์ คิดเป็นร้อยละ ๑๘ ไฟฟ้านำเข้าคิดเป็นร้อยละ ๑๒ พลังงานหมุนเวียนคิดเป็นร้อยละ ๘ พลังน้ำคิดเป็นร้อยละ ๒ และน้ำมันคิดเป็นร้อยละ ๐.๒ จากข้างต้นทำให้ประเทศไทยต้องมีการนำเข้าก๊าซธรรมชาติคิดเป็นร้อยละ ๒๗ และมีการนำเข้าถ่านหิน/ลิกไนต์ คิดเป็นร้อยละ ๘๐ ของการผลิตพลังงานทั้งหมด นอกจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงดังกล่าวประเทศไทยยังนำเข้าไฟฟ้าจากต่างประเทศ เนื่องจากมีการพึ่งพาเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งในการนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าที่มากเกินไปและยังมีการนำเข้าเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าในปริมาณมาก (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2561) จากข้อมูลดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่าประเทศไทยต้องพึ่งพาพลังงานจากแหล่งภายนอกประเทศเป็นหลัก ซึ่งสะท้อนถึงความไม่มั่นคงทางพลังงานและอาจส่งผลกระทบต่อการพัฒนาประเทศ นอกจากนี้การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงดังกล่าวในการผลิตพลังงานไฟฟ้ายังก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศมากถึงร้อยละ ๓๖ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2561) ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่ส่งผลทำให้เกิดภาวะต่อมลภาวะทางอากาศ นอกจากนั้นไฟฟ้าที่ผลิตได้จากก๊าซธรรมชาติหรือถ่านหินจะถูกส่งตรงต่อผู้ใช้ไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ผลิตได้ต้องมีปริมาณมากกว่าความต้องการใช้ไฟฟ้าจึงทำให้มีการสำรองไฟฟ้าและสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าสำรอง หากไม่ผลิตไฟฟ้าเผื่อสำรองไฟฟ้าจึงเสี่ยงต่อการเกิดไฟตกหรือไฟฟ้าดับ จากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ ๕ จังหวัดภาคเหนือ ได้แก่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง และพะเยา เมื่อวันที่ ๔ ตุลาคม ๒๕๖๒ เป็นเวลานานถึง ๖๐ นาที สืบเนื่องจากระบบผลิตไฟฟ้าโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปางขัดข้อง จากเหตุการณ์ดังกล่าวเป็นสัญญาณเตือนถึงปัญหาของระบบผลิตไฟฟ้าที่อาจจะกระทบถึงความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้าในอนาคต เหตุนี้จึงมีความจำเป็น ที่จะทำการวิจัยการสร้างความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนและระบบกักเก็บพลังงานประสิทธิภาพสูงเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้า งานวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาวิจัยหาศักยภาพในการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนจากพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มาใช้ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานประสิทธิภาพสูง เกิดเป็นโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) เพื่อสนองตอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของประชาชนในพื้นที่ชุมชนต่างๆ โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงการวิจัยนี้จะสามารถนำมาใช้เป็น

แนวทางในการพัฒนาประเทศชาติทั้งในด้านความมั่นคงต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของประชาชนในประเทศโดยการสร้างโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ สนองตอบต่อนโยบายโรงไฟฟ้าชุมชนจากพลังงานทดแทนของรัฐบาล และในด้านของการรักษาสิ่งแวดล้อมโดยการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

๑. เพื่อศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนที่เหมาะสมของพื้นที่ชุมชน

๒. เพื่อเสนอรูปแบบ แบบจำลองการแก้ไขปัญหาวิกฤต ด้านความมั่นคงด้านพลังงานในชุมชน

ขอบเขตของการวิจัย

๑. ศึกษาการผลิตพลังงานทดแทนด้วยจากแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในชุมชน คือ แสงอาทิตย์ ลม ก๊าซชีวภาพ ชีวมวล และพลังน้ำ ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานที่มีประสิทธิภาพ

๒. การผลิตพลังงานทดแทนที่ใช้ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน เป็นพลังงานทุติยภูมิในรูปแบบไฟฟ้า

๓. พื้นที่ทำการศึกษาอยู่ในเขตพื้นที่ชุมชนในจังหวัดเชียงใหม่

๔. กลุ่มประชากรในการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ คือ ประชากรจากกลุ่มตัวอย่างจากชุมชน วิสาหกิจชุมชน, เจ้าหน้าที่หน่วยงานของรัฐที่ดูแลพื้นที่ในชุมชน (อบต.) และผู้ประกอบการเกษตรกรรมที่มีวัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงานทดแทน

วิธีการดำเนินการวิจัย

๑. ศึกษา ทบทวน ข้อมูลการดำเนินการที่ผ่านมาและมีความเกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานทดแทนในชุมชนในประเทศไทย และต่างประเทศ จากเอกสารที่เกี่ยวข้องเช่น เอกสารวิจัย บทความวิชาการทั้งในและต่างประเทศ นโยบายและแผนด้านพลังงาน หนังสือทั้งในและต่างประเทศ และแหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

๒. ศึกษาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนชนิดต่าง ๆ โดยมุ่งเน้นศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ก๊าซชีวภาพ ชีวมวล และพลังน้ำ โดยประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าหลัก โดยศึกษาจากตัวอย่างการใช้งานจริงจากที่ผ่านมาทั้งในและต่างประเทศ เพื่อประเมินแนวโน้มในอนาคตของการผลิตพลังงานทดแทนภายในชุมชน

๓. ศึกษาเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีศักยภาพ และสามารนำมาประยุกต์ใช้ภายในชุมชน โดยศึกษาจากตัวอย่างการใช้งานจริงจากที่ผ่านมาทั้งในและต่างประเทศ เพื่อประเมินแนวโน้มในอนาคตของการประยุต์ใช้งานระบบกักเก็บพลังงานกับการผลิตพลังงานทดแทนในชุมชน

๔. ประเมินศักยภาพทางพลังงานและความเป็นไปได้ ในแต่ละเทคโนโลยีการผลิตพลังงานทดแทนและระบบกักเก็บพลังงานที่มีความเหมาะสมกับชุมชน

๕. ออกแบบรูปแบบการผลิตพลังงานทดแทนร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานที่มีศักยภาพซึ่งมีความเหมาะสมกับชุมชนในพื้นที่ที่ได้ศึกษา โดยใช้ตัวแปรในการเปรียบเทียบคือ ราคาต่อหน่วยของพลังงาน

๖. เพื่อให้การผลิตพลังงานทดแทนรูปแบบนั้นเป็นที่ยอมรับของชุมชน และมีความยั่งยืนในการผลิตพลังงาน ผู้ศึกษาจึงได้ออกแบบแบบสอบถามเพื่อประเมินรูปแบบการผลิตพลังงานทดแทนที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของชุมชน ตามรูปแบบการดำเนินการในข้อ ๕

๗. เก็บข้อมูลตามที่ได้ออกแบบแบบสอบถามในข้อ ๖ โดย กลุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูลจากชุมชน คือ วิสาหกิจชุมชน, เจ้าหน้าที่หน่วยงานของรัฐที่ดูแลพื้นที่ในชุมชน (อบต.) และผู้ประกอบการเกษตรกรรมที่มีวัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงานทดแทน

๘. วิเคราะห์ผลการศึกษารูปแบบการผลิตพลังงานทดแทนร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานที่มีความเป็นไปได้ในการดำเนินงานในชุมชน โดยเปรียบเทียบในเชิงเศรษฐศาสตร์ ความคิดเห็นจากชุมชนที่ได้ศึกษา เพื่อสะท้อนถึง ปัญหา อุปสรรค และแนวทางการประยุกต์ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน และระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

๙. สรุปผลและคำแนะนำ

ผลการวิจัย

จากการศึกษาศักยภาพพลังงานในพื้นที่ชุมชนจังหวัดเชียงใหม่พบว่ามีศักยภาพพลังงานที่หลากหลาย และแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ชุมชน โดยศักยภาพพลังงานในพื้นที่ชุมชนหลัก ๆ ของจังหวัดเชียงใหม่ที่อาจมีศักยภาพในการนำมาผลิตไฟฟ้าได้แก่ แสงอาทิตย์ ชีวมวล และชีวภาพ ในส่วนของพลังงานลมนั้นขึ้นอยู่กับพื้นที่ในแต่ละชุมชนแต่โดยส่วนมากจะมีศักยภาพน้อย เช่นเดียวกับพลังงานน้ำในพื้นที่นั้นจะต้องมีแม่น้ำลำคลองไหลผ่าน อีกทั้งยังต้องมีปริมาณเพียงพอตลอดทั้งปีและมีความต่างของระดับความสูงเพียงพอต่อศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า ทั้งนี้จะต้องไม่กระทบต่อการใช้น้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค และการผลิตเพื่อการเกษตร ซึ่งจากพื้นที่ชุมชนที่ได้ศึกษาหมู่บ้านหนองบัวคำ (หมู่ 4) ต.แม่คะ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ พบว่ามีศักยภาพพลังงานหมุนเวียนเชิงพื้นที่จากแสงอาทิตย์ ชีวมวล และก๊าซชีวภาพ โดยสามารถนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 9,296 1,547 และ 966 kWh/วัน ตามลำดับ แต่เนื่องจากชีวมวลมีกำลังการผลิตไฟฟ้าต่ำกว่าขนาดเชิงพาณิชย์ ส่งผลให้มีรูปแบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในชุมชนเหลือเพียงการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และชีวภาพ และเพื่อเสริมสร้างระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้มีความมั่นคงทางพลังงานจึงได้ผนวกระบบเก็บสะสมพลังงานแบบ Vanadium Redox Flow ให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ตลอดเวลาและสอดคล้องกับความต้องการของชุมชน โดยจะต้องออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแบบไฮบริดให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ไม่ต่ำกว่า 738 kW และมีความสามารถในการผลิตพลังงานได้ไม่ต่ำกว่า 2,319 kWh/วัน ตลอดอายุโครงการ 20 ปี ทั้งนี้จากความเหมาะสมเชิงเทคนิคในเบื้องต้นจึงสามารถสรุปรูปแบบการผลิตไฟฟ้าได้ 2 รูปแบบคือ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และก๊าซชีวภาพร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน กับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน เป็นรูปแบบการผลิตพลังงานหมุนเวียนในชุมชนที่พิจารณา

ซึ่งจากทั้งสองรูปแบบมีกำลังการผลิตติดตั้งรวม 490.55 และ 708 kW ตามลำดับ มีความต้องการระบบกักเก็บพลังงานที่สามารถรองรับกับกำลังไฟฟ้าได้ไม่ต่ำกว่า 738 kW และมีขนาดความจุพลังงานไม่ต่ำกว่า 1,290 และ 1,833 kWh ตามลำดับ มีความต้องการเงินลงทุน 30.30 และ 39.16 ล้านบาท ตามลำดับ และมีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย 2.497 และ 2.021 บาท/kWh ตามลำดับ และจากการสำรวจความคิดเห็นของประชากรในชุมชนพบว่าระบบการผลิตพลังงานหมุนเวียนทั้งสองเป็นที่ยอมรับของชุมชน โดยระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่ใช้ก๊าซชีวภาพถึงแม้ว่าจะมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าและอาจก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมแต่ก็ได้รับการยอมรับจากประชากรในพื้นที่เนื่องจากสามารถส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ ถึงแม้ว่าจะมีต้นทุนสูงกว่าระบบการผลิตไฟฟ้าอีกรูปแบบหนึ่ง แต่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้านั้นจะต้องมีต้นทุนต่ำกว่าราคาจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จึงจะเป็นที่ยอมรับของประชากรในชุมชนที่ได้ศึกษา

ข้อเสนอแนะ

จากรูปแบบการผลิตพลังงานหมุนเวียนในชุมชนที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้มีต้นทุนที่ต่ำกว่าราคาจำหน่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยมีส่วนต่างโดยประมาณ 1 บาท/kWh ซึ่งเป็นช่องว่างในการส่งเสริมหรือให้การสนับสนุนในการจัดหาเชื้อเพลิงชีวมวลจากพื้นที่การเกษตรเข้ามาสู่กระบวนการผลิตพลังงานหมุนเวียนของชุมชน แต่ทั้งนี้จะต้องไม่ก่อให้เกิดภาระทางด้านค่าใช้จ่ายไฟฟ้าต่อผู้ใช้ไฟฟ้ามากเกินไปหรือมีมูลค่าสูงกว่าราคาจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งจะส่งผลให้ระบบการผลิตไฟฟ้าไม่สามารถแข่งขันได้และไม่เป็นที่น่าสนใจต่อการเลือกใช้ของประชาชนในพื้นที่ ในส่วนของอัตราความต้องการเงินลงทุนของระบบกักเก็บพลังงานแบบ Vanadium Redox Flow มีความจำเป็นที่จะต้องสอบเทียบกับข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ เพิ่มเติม เนื่องจากจากการสำรวจราคาในท้องตลาดในเบื้องต้นซึ่งมีความหลากหลายทางด้านราคาและอาจส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนของชุมชน ในส่วนของการรับรู้ด้านเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนจากผลสำรวจพบว่าประชาชนในพื้นที่มีทัศนคติเชิงบวกต่อการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และลม แต่ทว่าในส่วนของชีวมวลและก๊าซชีวภาพถึงแม้ว่าจะมีศักยภาพในพื้นที่และมีระดับความมั่นคงทางพลังงานที่สูงกว่าพลังงานแสงอาทิย์และลม แต่ยังขาดการรับรู้ที่ดีและการจัดการที่เหมาะสมเพื่อเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อเทคโนโลยีทั้งสองซึ่งมีศักยภาพของประเทศไทย ซึ่งจะต้องอาศัยการสื่อสารและการเข้าถึงประชาชนในพื้นที่ให้ครอบคลุมและทั่วถึงต่อไป