

วารสารวิชาการ พลังงาน ทดแทน สู่ชุมชน

ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม-สิงหาคม 2564

J-REC

JOURNAL
OF RENEWABLE
ENERGY FOR
COMMUNITY

ISSN 2773-8639 (Online)



J-REC BY TRECA



วารสารวิชาการ
**พลังงานทดแทน
สู่ชุมชน**

J-REC

JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY
FOR COMMUNITY

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นเอกสารเผยแพร่ผลงานวิชาการและงานวิจัยทางด้านพลังงานทดแทน
ในเครือข่ายพลังงานของประเทศไทย
2. เพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ และงานวิชาการใหม่ๆ
ด้านพลังงานทดแทนระหว่างนักวิจัยและผู้ใช้งานในทั้งภาครัฐและเอกชน
3. เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้คณาจารย์ บุคลากรทางการศึกษา นิสิต นักศึกษา
และผู้สนใจทำผลงานทางด้านพลังงานทดแทนที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติ
4. เพื่อเป็นเอกสารรวบรวมรายงานวิจัยและบทความทางวิชาการที่มีคุณภาพและมีคุณค่า
ทางด้านพลังงานทดแทนสู่การใช้งานจริงเพื่อความยั่งยืนทางด้านพลังงานของประเทศ



เจ้าของและลิขสิทธิ์ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

ที่ตั้งสมาคมฯ ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 ม.1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

โทร. 0-2549-3497 www.reca.or.th/jrec

วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

พิมพ์ออกเผยแพร่ 3 ฉบับต่อปี ตั้งแต่ เดือนมกราคม-เมษายน พฤษภาคม-สิงหาคม และ กันยายน-ธันวาคม

ติดต่อขอรับเป็นสมาชิกได้โดยตรงที่ สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

วัตถุประสงค์สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน แห่งประเทศไทย

- ส่งเสริมความร่วมมือ ทางด้านวิชาการระหว่างภาครัฐและภาคประชาชน ในด้านพลังงานทดแทน การอนุรักษ์พลังงานและ สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชนต่างๆในประเทศไทย
- จัดหาทุน เพื่อสนับสนุนการศึกษา วิจัย ฝึกอบรม การดำเนินโครงการด้านพลังงานทดแทน ให้กับภาครัฐและภาคประชาชน
- ไม่ดำเนินการ ส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมใดๆ ที่มุ่งไปสู่การดำเนินงานทางการเมือง
- ไม่ดำเนินการ ให้มีการกระทำการอันผิดต่อขนบธรรมเนียมและจารีตประเพณีที่ดีของสังคมไทย

หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันทั่วโลกต้องเผชิญกับปัญหาด้านพลังงานที่รุนแรงกว่าในอดีตมากอันเนื่องมาจากความต้องการใช้พลังงานและราคาพลังงานเชื้อเพลิงที่มีการปรับตัวอยู่ในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ผลกระทบที่สำคัญจากปัญหาดังกล่าวคือความมั่นคง ทางด้านการจัดหาพลังงาน ขณะเดียวกันการใช้พลังงานที่สูงขึ้นก็ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจนเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Green House Effects) ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกอย่างรุนแรง ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาด้านพลังงานดังกล่าว จึงได้มีแนวคิดในการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนกันมากขึ้น โดยเฉพาะพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีการนำมาใช้เป็นระยะเวลายาวนาน ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Green & Clean Energy) อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดสิ้น

จุดมุ่งหมายสำคัญ

การทำงานกันทั้งส่วนภาครัฐและประชาชนในการใช้พลังงานทดแทน การอนุรักษ์พลังงานและใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมของชุมชนในประเทศไทย ตลอดจนการศึกษาวิจัย ดำเนินการหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่างๆ มาใช้เป็นพลังงานทดแทนเพื่อความเหมาะสมและให้เกิดความยั่งยืนของชุมชนและประชาชนในประเทศไทย

วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY FOR COMMUNITY

คณะกรรมการจัดทำวารสาร

วิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

คณะกรรมการที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

กองบรรณาธิการ

หัวหน้ากองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช โยชนินทร์
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองบรรณาธิการ นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย (ดร.อำพล อาภาธนากร)
ผู้ช่วยกองบรรณาธิการ กรรมการสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย (ผศ.ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร)
กองบรรณาธิการ ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.จตุพร แก้วอ่อน
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี อริยะวิริยะนันท์
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิษฐ์ มณีโชติ
วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร
คณบดีวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เลขานุการ

นางสาววรรณิตา ทองพัด

ผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาววรรณิภา พงษ์ไทยสงค์

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช โยชนินทร์	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ มณีโชติ	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี อริยะวิริยะนันท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร แซมสีม่วง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญฤทธิ์ ประสาทแก้ว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมนมาลย์ เนียมกลาง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปราชญ์ อัครนารากุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ ประทุมพรรัตน์
ดร.วิเชียร อุปแก้ว
ดร.วินัย จันทรเพ็ง
ดร.สถาพร ทองวิก
ดร.อำพล อาภาธนากร
ดร.ธนวรรณ วัชรดำรงศักดิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิต เรืองรุ่งชัยกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญเรือง มะรังศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมมาส แก้วล้วน
รองศาสตราจารย์ ดร.จอมภพ แววศักดิ์
รองศาสตราจารย์ ดร.จตุพร แก้วอ่อน
ดร.นเรศ นิมเรศ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิษฐ์ มณีโชติ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพิฑาริ ธนารักษ์

ดร.บงกช ประสิทธิ์

ดร.ยอดธง เม่นสิน

ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรพงศ์

ดร.หทัยทิพย์ สินธญา

ดร.ณัฐิยา ตันตรานนท์

ดร.สุรัชย์ ณัฐ จันทรศรี

ดร.ชยานนท์ สวัสดิ์ดินถนาท

รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยภัทร บุชบาตินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สักรินทร์ แซ่ภู

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระยศ แข็งขัน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนโชติ เทียนมงคล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนิรัตน์ วงษ์ขิม
ดร.อมฤต สมพงษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิกราน หอมดวง
รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณุช แจงสว่าง
ดร.นวงศ์ ชลคูป
ดร.กัมปนาท ซื่อลาว
ดร.สาคร สร้อยสังวาลย์

ดร.ชานนท์ บุญมีพิพิธ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ

ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ

วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชนโดยความร่วมมือของเครือข่ายสมาชิกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย (TRECA) ซึ่งเป็นฉบับที่ 2 ของปีที่ 4 และนับเป็นปีแรกที่วารสารตีพิมพ์รูปแบบออนไลน์ ISSN 2773-8639 (Online) วารสารฉบับนี้เป็นเนื้อหาของบทความทางวิชาการที่มุ่งสร้างผลงานที่เด่นทางด้านวิจัย และมุ่งสู่การใช้งานจริง ซึ่งได้รวบรวมความรู้ทางวิชาการที่สามารถถ่ายทอดให้แก่สังคม ทางด้านพลังงานทดแทนในสาขาต่างๆ เพื่อให้วารสารนี้เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนวิชาการ และแนวความคิดในแวดวงวิชาการทั้งผู้วิจัยและผู้ใช้งาน อันเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างผลงานทางวิชาการสู่ชุมชนและสังคมโดยดำรงไว้ซึ่งความเป็นตัวตนทางวิชาการของผู้เขียนและวัตถุประสงค์ของสมาคมฯ ที่ทรงคุณค่า บทความในวารสารฉบับนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 10 บทความ ซึ่งในแต่ละบทความมีความเป็นไปได้ในทิศทางเดียวกันของรูปแบบพลังงานทดแทนต่างๆครอบคลุมกระบวนการในการวิจัยและการศึกษาสู่ภาคการใช้งานผู้อ่านจะได้รับความรู้ที่หลากหลายจากการอ่านวารสารฉบับนี้ในแนวทางที่จะจุดประกายความคิด หรือการต่อยอดความคิดทางด้านพลังงานทดแทนสาขาต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอ่านอย่างวิพากษ์และตั้งคำถาม เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนในทางวิชาการอย่างสร้างสรรค์ อันจะช่วยให้ความรู้และความคิดเดิมถูกแพร่ขยายออกไปได้อย่างกว้างขวาง อีกทั้งให้วารสารฉบับนี้เป็นแหล่งความรู้ในทุกระดับภาคส่วนของทุกคนในสังคมไทย โดยไม่ยึดติดตนเองและอยู่กับความรู้ความคิดเพียงบางมุมบางด้านเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เขียนและผู้อ่านมีความเป็นตัวตนทางวิชาการที่พร้อมจะพัฒนาตนเองอยู่เสมออย่างไม่หยุดนิ่ง และท้ายที่สุดแล้วความรู้ความคิดที่ถูกต่อขยายออกไปนั้น ก็จะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนกระบวนการทัศนคติทางความคิดของสังคมและชุมชนอย่างกว้างขวาง อันจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางวิชาการของสังคมเพื่อความยั่งยืนของประเทศชาติกองบรรณาธิการขอขอบพระคุณคณะทำงานทุกท่านคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิชาการ และทุกภาคส่วนที่ได้สละเวลาอันมีค่าอ่านบทความ เพื่อความถูกต้องทางวิชาการ และเป็นวารสารที่ดีต่อการพัฒนาประเทศ ทั้งนี้หากผู้อ่านมีความประสงค์จะตีพิมพ์บทความสามารถขอความกรุณาโปรดจัดเตรียมต้นฉบับให้เป็นไปตามรูปแบบของวารสารและส่งบทความทางออนไลน์ที่ www.reca.or.th/jrec เพื่อการพิจารณาและตีพิมพ์ในวารสารฉบับต่อไป

กองบรรณาธิการ

สารบัญ

พลังงานเพื่อการเกษตร

การประเมินเศรษฐศาสตร์การผลิตถ่านชีวภาพจากชังข้าวโพด	8
เพื่อใช้งานด้านเกษตรกรรม	

เชื้อเพลิงและความร้อนชุมชน

ผลของน้ำมันขยะพลาสติกจากกระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็วต่อแรงม้าเบรคต่ำสุด	14
และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคสูงสุดของเครื่องยนต์	

สิ่งแวดล้อมเพื่อชุมชน

การศึกษาผลกระทบของฝุ่นที่มีต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	21
การปรับปรุงต้นไม้โตงเพื่อใช้ในการดูดซับกลิ่นในชุมชนบ้านควนขี้แรด	28
ต.พะตง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	

ไฟฟ้าชุมชน

การศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งของอาคารอุบัติเหตุ	35
การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลที่ไหลผ่านกังหันน้ำแบบคาปลาน	41
สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก	
การศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชนในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา	50

นวัตกรรมด้านพลังงาน

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้านพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน	57
พลังงานลมและแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาโครงการอัยสวรรค์ อ.เดิมบางนางบวช จ.สุพรรณบุรี	
การประเมินการคืนสภาพทางพลังงาน กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 4.9 MW	69
การประเมินการคืนสภาพทางพลังงาน กรณีศึกษาระบบแก๊สชีวภาพ	75
พร้อมเครื่องปั่นไฟ	

การประเมินเศรษฐศาสตร์การผลิตถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดเพื่อใช้งานด้านเกษตรกรรม

Economic Evaluation of Biochar Production from Corn Cob for Agricultural

ประภัสสร รัตนไพบูลย์^{1*}, นิกราน หอมดวง¹, ณัฐวุฒิ ดุษฎี¹, ภคมน ปินตานา¹, เสริมสุข บัวเจริญ¹ และชูรัตน์ ธารารักษ์¹
Praphatsorn Rattanaphaiboon^{1*}, Nigran Homdoug¹, Natthawud Dussadee¹, Pakamon Pintana¹, Sermsuk
Buochareon¹ and Churat Thararux¹

¹ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 ม.4 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

¹School of Renewable Energy, Maejo University, 63 Moo. 4 NongHarn, Sansai, Chiang Mai 50290

Received: 10 October 2020, Revised: 28 May 2021, Accepted: 12 June 2021, Published online: 23 August 2021

Abstract

Biochar is a soil improvement material for promoting farmers into organic society and reduce the use of chemicals in cultivation. The use of biochar can reduce the cost farming as well as reduce environmental problems due to the burning of agricultural waste material in the farmland. However, to make biochar production worthwhile for investment, apply to work and as an additional income to farmers. This research was focused on analyzing the economics biochar production with using corncob as raw material. The temperature and time in slow pyrolysis process was carried out at 500 °C and 60 min and use liquefied petroleum gas (LPG) for heat source on atmospheric pressure. The cost production of biochar was obtained 50.02 baht/kg with a payback period of 1 year 10 months by setting the selling price of biochar at 80 baht/kg and it was effected on highest net present value and internal rate of return of 778,417.93 baht and 48.48 % respectively.

Keywords: Biomass, Corn cob, Biochar, Cost of production

บทคัดย่อ

ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่ช่วยส่งเสริมให้เกษตรกรเข้าสู่สังคมเกษตรอินทรีย์ ลดการใช้สารเคมีในการเพาะปลูก การใช้ถ่านชีวภาพสามารถลดต้นทุนในการทำการเกษตรได้รวมถึงลดปัญหาสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการเผาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในแปลงปลูก เพื่อให้การผลิตถ่านชีวภาพเกิดความคุ้มค่าในด้านการนำไปใช้งานและด้านการลงทุนในการผลิต และสามารถสร้างรายได้เสริมในแก่เกษตรกรคนในชุมชนได้ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการประเมินเศรษฐศาสตร์การผลิตถ่านชีวภาพโดยใช้ซังข้าวโพดเป็นวัตถุดิบ ด้วยกระบวนการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที ภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจน โดยใช้ก๊าซหุงต้มเป็นแหล่งความร้อน มีต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพต่อหน่วยอยู่ที่ 50.02 บาท/กิโลกรัม มีระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 10 เดือน เมื่อกำหนดราคาขายที่ 80 บาท/กิโลกรัม ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงสุด 778,417.93 บาท และอัตราผลตอบแทนภายในสูงสุดร้อยละ 48.48

คำสำคัญ: ชีวมวล ซังข้าวโพด ถ่านชีวภาพ ต้นทุน

*Corresponding author: Tel.: 087 015 7538 E-mail pui_p4336@hotmail.com

บทนำ

ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุในการปรับปรุงและบำรุงคุณภาพของดิน เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมทั้งเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนลงสู่ดิน จากคุณสมบัติที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงและความเป็นรูปพรุน ส่งผลให้ถ่านชีวภาพสามารถกักเก็บแร่ธาตุในดิน และกักเก็บความชื้นในดินได้นาน [1] ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ เนื่องจากการใช้สารเคมีและการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เป็นชีวมวลภายหลังการเก็บเกี่ยวด้วยการเผาในที่โล่งแจ้ง นอกจากส่งผลให้ดินเสื่อมสภาพแล้วยังก่อให้เกิดปัญหาหมอกควันซึ่งเป็นมลพิษทางอากาศและสิ่งแวดล้อม จากสถิติรายงานสถานการณ์ไฟป่าและหมอกควัน ประจำปี 2562 ประเทศไทยมีจุดความร้อนทั้งหมด 29,251 จุด โดยส่วนใหญ่เกิดในบริเวณพื้นที่ภาคเหนือตอนบนจำนวน 9,859 จุด [2] ด้วยปัญหาดังกล่าวจึงต้องมีการพัฒนาปรับปรุงและบำรุงดิน และลดปัญหาด้านการเผาไหม้ การใช้ถ่านชีวภาพเพื่อปรับปรุงคุณภาพดินเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง [3] ถ่านชีวภาพเป็นถ่านที่ได้จากกระบวนการแยกสลายทางความร้อนที่เรียกว่า ไพโรไลซิส [4] จากผลการศึกษาคุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่ช่วยให้ดินเกิดความอุดมสมบูรณ์และเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ที่ช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้นั้น เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์แก่ชุมชน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านชีวภาพ และการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การผลิตถ่านชีวภาพเพื่อเป็นองค์ความรู้และเครื่องมือในการตัดสินใจในการส่งเสริมการผลิตถ่านชีวภาพในชุมชนให้เพิ่มสูงขึ้น

วิธีการวิจัย

การผลิตถ่านชีวภาพด้วยกระบวนการไพโรไลซิส เป็นกระบวนการที่ทำให้สัดส่วนของคาร์บอนและมีความเป็นรูปพรุนเพิ่มสูงขึ้น เมื่อนำมาใช้กับดินจะช่วยในการปรับสภาพดิน สามารถดูดซับหรือจับแร่ธาตุที่เป็นประจุบวกได้ดี ช่วยทำให้ดินมีธาตุอาหารที่สมบูรณ์ [5] การทดสอบนี้จึงได้มีการเตรียมชีวมวลซึ่งข้าวโพด ดังภาพที่ 1 ขนาด (1-2 มิลลิเมตร) ด้วยเครื่องบดหยาบและบดละเอียด จากนั้นจึงนำมาผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที ด้วยเครื่องผลิตถ่านชีวภาพขนาด 40 ลิตร ภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจนที่อัตราการไหลเฉลี่ย 5 ลิตร/นาที ใช้ก๊าซหุงต้มเป็นแหล่งความร้อน ถ่านชีวภาพที่ผลิตขึ้นจะได้รับความร้อนพร้อมทั้งเกิดการหมุนของห้องเผาไหม้โดยใช้มอเตอร์ ภายหลังกระบวนการไพโรไลซิสจะได้ถ่านชีวภาพที่มีลักษณะสีดำ ดังภาพที่ 2 โดยมีร้อยละผลผลิตถ่านอยู่ที่ร้อยละ 33.94 โดยมีคุณสมบัติด้านเคมีด้วยการวิเคราะห์โดยประมาณ ได้แก่ ความชื้นร้อยละ 1.78 สารระเหยร้อยละ 33.05 ปริมาณเถ้าร้อยละ 16.13 คาร์บอนคงตัวร้อยละ 49.04 ค่าความร้อนสูง 24.85 เมกะจูล/กิโลกรัม ด้านความเป็นรูปพรุนถ่านชีวภาพมีพื้นที่ผิวรูปพรุน 8.20 ตารางเมตร/กรัม ปริมาตรรูปพรุน 0.01 ลูกบาศก์เมตร/กรัม ในด้านคุณสมบัติด้านการเกษตรถ่านชีวภาพมีค่า pH 8.59 ค่าการนำไฟฟ้า 1,340 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก 123.17 เซนติสมมูลย์/กิโลกรัม สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) 0.33 และความสามารถในการอุ้มน้ำร้อยละ 99.72



ภาพที่ 1 ชังข้าวโพด



ภาพที่ 2 ถ่านชีวภาพ

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ได้วิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PP) คือระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าลงทุนของโครงการ โดยพิจารณาจากจำนวนปีที่ได้รับผลตอบแทนคุ้มค่ากับการเงิน [6] ดังสมการที่ (1)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินสดจ่ายลงทุนสุทธิเริ่มโครงการ}}{\text{เงินสดรับสุทธิต่อปี}} \quad (1)$$

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือมูลค่าปัจจุบันของกระแสตอบแทนสุทธิหรือกระแสเงินสดของโครงการ [7] ดังสมการที่ (2)

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1-r)^t} - I \quad (2)$$

เมื่อ CF_t คือ กระแสเงินสดรับสุทธิในปีที่ t , I คือ เงินสดจ่ายลงทุนโครงการ, r คือ อัตราส่วนลด และ n คือ ระยะเวลาอายุของโครงการ

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คืออัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ เป็นอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปีที่ผู้ลงทุนจะได้รับจากการลงทุนตลอดอายุโครงการ [7] ดังสมการที่ 3

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1-IRR)^t} - I \quad (3)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพ

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การผลิตถ่านชีวภาพจากซังข้าวโพดเพื่อใช้งานด้านเกษตรกรรม ได้กำหนดราคาเครื่องมือและอุปกรณ์ผลิตถ่านชีวภาพ ประกอบด้วย เครื่องบดห่อย่อยหยาบ 25,000 บาท เครื่องบดย่อยละเอียด 12,000 บาท เครื่องผลิตถ่านชีวภาพ 30,000 บาท และถังก๊าซไนโตรเจน 5,000 บาท ในด้านวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภค ประกอบด้วย ซังข้าวโพดราคา 0.5 บาท/กิโลกรัม ค่าไฟฟ้า 4.22 บาท/หน่วย ก๊าซไนโตรเจน 0.10 บาท/ลิตร แก๊สหุงต้ม 0.03 บาท/กิโลกรัม และค่าแรงงาน 280 บาท/คน จำนวน 2 คน บางกรณีอาจทำงานเกินเวลาจะคิดรายได้เพิ่มเป็นชั่วโมง และตลอดทั้งปีจะทำงานเฉลี่ย 260 วัน ในด้านการบำรุงรักษาต่อปี 10% ของราคาเครื่องมือและอุปกรณ์ มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 5 ปี รายละเอียดดังตารางที่ 1

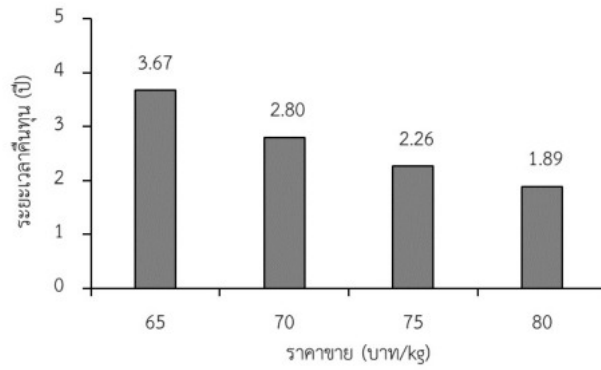
ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานการวิเคราะห์การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพ

รายการ	จำนวน
ราคาเครื่องบดหยาบ (บาท)	25,000
ราคาเครื่องบดย่อย (บาท)	12,000
ราคาเครื่องผลิตถ่านชีวภาพ (บาท)	30,000
ระยะเวลาทำงาน (วัน/ปี)	280
กำลังการผลิตถ่านชีวภาพ (กิโลกรัม/วัน)	50
ร้อยละผลิตถ่านชีวภาพ (ร้อยละ)	33.94
ซึ่งข้าวโพดที่ต้องการต่อวัน (กิโลกรัม/วัน)	147.32
อัตราการใช้ไฟฟ้า (หน่วย/กิโลกรัมถ่านชีวภาพ)	7.19
อัตราการใช้แก๊สหุงต้ม (กิโลกรัม/กิโลกรัมถ่านชีวภาพ)	2.49
อัตราการใช้แก๊สไนโตรเจน (ลิตร/นาที่)	5
คนงาน (คน)	2
ราคาซึ่งข้าวโพด (บาท/กิโลกรัม)	0.5
ราคาค่าไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	4.22
ราคาแก๊สหุงต้ม (LPG) (บาท/กิโลกรัม) (ถัง 15 กิโลกรัม)	0.03
ราคาค่าแก๊สไนโตรเจน (บาท/ลิตร)	0.10
ค่าแรงงาน (บาท/วัน)	300
อัตราส่วนลด (ร้อยละ)	10

จากข้อมูลข้างต้นเมื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพ พบว่ามีต้นทุนในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ผลิตถ่านชีวภาพอยู่ที่ 72,500 บาท ด้านวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภค อยู่ที่ 680,000 บาท โดยมีต้นทุนรวมอยู่ที่ 752,911.21 บาท ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพต่อหน่วยเฉลี่ย 50.02 บาท ในขณะที่ราคาขายตามท้องตลาดปัจจุบัน 50-65 บาท/กิโลกรัม อย่างไรก็ตามราคาถ่านชีวภาพของทั่วโลกมีค่าอยู่ที่ 81.36 บาท/กิโลกรัม [8]

ระยะเวลาคืนทุนการผลิตถ่านชีวภาพ

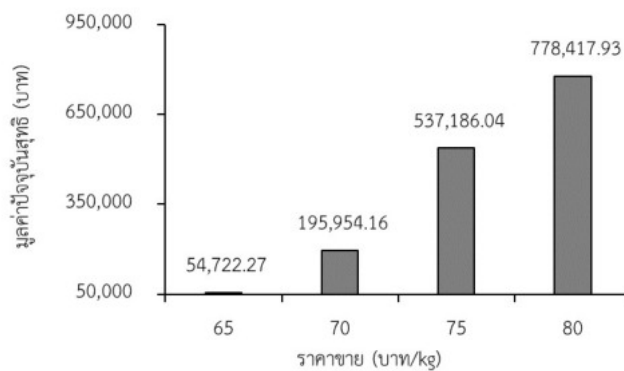
การกำหนดราคาถ่านชีวภาพไว้ที่ 65-80 บาท เพื่อนำมาพิจารณาระยะเวลาคืนทุนของการผลิตถ่านชีวภาพ พบว่าการกำหนดราคาขายสูงจะส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนการผลิตถ่านชีวภาพสั้นลง ดังภาพที่ 3 การกำหนดราคาขายที่ 80 บาท/กิโลกรัม จะมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 1.89 ปี หรือ 1 ปี 10 เดือน ทั้งนี้ระยะเวลาคืนทุนจะขึ้นอยู่กับค่าแรงงาน ระยะเวลาการทำงาน และต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตเป็นหลัก โดยทั่วไปราคาขายตามท้องตลาดปัจจุบันจะขายถ่านชีวภาพอยู่ที่ 50-65 บาท/กิโลกรัม ซึ่งการตั้งราคาขายที่ 65 บาท/กิโลกรัม จะส่งผลให้มีระยะเวลาคืนทุนนานคือ 3.67 ปี หรือ 3 ปี 8 เดือน อย่างไรก็ตามจากคุณสมบัติของถ่านชีวภาพเบื้องต้นที่มีคุณภาพสูง อาจกำหนดราคาขายที่สูงกว่าตามท้องตลาดได้ ซึ่งจะส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนสั้นลง



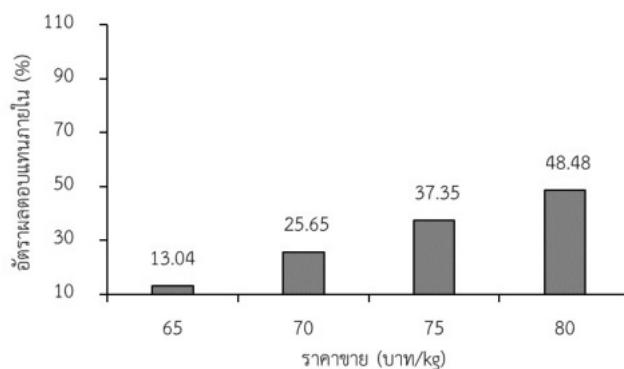
ภาพที่ 3 ระยะเวลาคืนทุนการผลิตถ่านถ่านชีวภาพ

การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนภายในของการผลิตถ่านชีวภาพ

การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิและการผลิตถ่านถ่านชีวภาพ พบว่าการกำหนดราคาขายถ่านชีวภาพที่สูงจะส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเพื่อสูงขึ้น การกำหนดราคาขายที่ 80 บาท/กิโลกรัม จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงสุดอยู่ที่ 778,417.93 บาท ดังภาพที่ 4 ซึ่งหากมูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงจะส่งผลให้ผลตอบแทนจากการลงทุนสูง โครงการเป็นที่ยอมรับมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน สอดคล้องกับอัตราผลตอบแทนเมื่อกำหนดราคาขายจะส่งผลให้อัตราผลตอบแทนภายในสูง ดังภาพที่ 5 การกำหนดราคาขายที่ 80 บาท/กิโลกรัม ส่งผลให้มีอัตราผลตอบแทนภายในสูงสุดร้อยละ 48.48%



ภาพที่ 4 มูลค่าปัจจุบันการผลิตถ่านถ่านชีวภาพ



ภาพที่ 5 อัตราผลตอบแทนภายในการผลิตถ่านถ่านชีวภาพ

สรุปผลการวิจัย

การประเมินเศรษฐศาสตร์การผลิตถ่านชีวภาพโดยใช้ซังข้าวโพดเป็นวัตถุดิบ มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยอยู่ที่ 50.02 บาท/กิโลกรัม มีระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 10 เดือน เมื่อกำหนดราคาขายที่ 80 บาท/กิโลกรัม ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงสุด 778,417.93 บาท และอัตราผลตอบแทนภายในสูงสุดร้อยละ 48.48 ซึ่งสูงกว่าราคาตามท้องตลาดเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการใช้ถ่านชีวภาพนี้จะเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรเป็นเกษตรกรอินทรีย์ ลดการใช้สารเคมีในการเพาะปลูก การใช้ถ่านชีวภาพนี้จึงสามารถลดต้นทุนในการทำการเกษตร ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมในการเผาไหม้และการใช้สารเคมี การใช้ถ่านชีวภาพจึงมีความคุ้มค่าในด้านการใช้งาน และด้านการลงทุนในการผลิตเนื่องจากจะสร้างรายได้เสริมในแก่คนในชุมชนได้อีกทางหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน และศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อมและปัญหาภัยพิบัติหมอกควัน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการศึกษา ขอขอบคุณโครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางพลังงานทดแทน ในกลุ่มประเทศอาเซียนในระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ทิวา ตันสถิตย์, สุธรรม โรจนเมฆา และธรรณ เทพวงษ์. 2559. การผลิตไบโอชาร์จากตอซังและฟางข้าวเพื่อการอุ้มน้ำในดิน. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 1. 401-410.
- [2] สำนักพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). 2562. **สรุปสถานการณ์ไฟฟ้าและหมอกควันด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม ประจำปี 2562**. กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.
- [3] Simon Shackley, Saran Sohi, Stuart Haszeldine, David Manning and Ondrej Masek. (2009). **Biochar, reducing and removing CO₂ while improving soils: A significant and sustainable response to climate.**
- [4] เบญจพร เครือทะนันทไชย. 2557. **การวิเคราะห์พารามิเตอร์และต้นทุนการผลิตถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยกระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า**. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมมหาบัณฑิต เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [5] ไวกุณี ภูทอง, สายฝน สิบสมุทไทย, นัยนา พรหมอุดม, ปัญญารัตน์ สิงห์พยัคฆ์, ภัทรมาศ มากมูล, กิติพัทธ์ โพธิ์ศรี, ศุภกร คำงาม และ จริญญา เพชรแก้ว. 2557. **เอกสารองค์ความรู้ เรื่อง ถ่านชีวภาพ. เพชรบุรี: ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.**
- [6] รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล. (2553). **การผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวและถ่านเหล่าน้ำมันสำหรับหุงต้ม**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [7] Sukhothai Thammathirat open University. (2015.). **เครื่องมือในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ** สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2563, จาก <https://www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom14/04-03.html>
- [8] Ahmed Mohammad Boshir, Zhou John L., Ngo Huu Hao and Guo Wenshan 2016. Insight into biochar properties and its cost analysis. **Biomass and Bioenergy**, 84 (2016), 76-86.

ผลของน้ำมันขยะพลาสติกจากกระบวนการการไพโรไลซิสแบบเร็วต่อแรงม้าเบรกต่ำสุด
และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์

The Effect of Plastic Waste Oil from Fast Pyrolysis Process on Lowest Brake Horsepower
and Maximum Engine Brake Specific Fuel Consumption

ชินภัทร ธุระการ¹ เกยูร ดวงอุปมา^{1*} กัมปนาท ไชยเพชร¹ อภิชน มุ่งชู¹ สุพัตรา บุโรสง¹ และสุรสิทธิ์ พอค้า¹
Chinnapat Turakarn¹ Keyoon Duanguppama^{1*} Kumpanat Chaipheth¹ Aphichon Mungchu¹
Supattra Boothaisong¹ and Surasit Phokha¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ กาฬสินธุ์ 46000
¹Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology,
Kalasin University, Kalasin 46000

Received: 3 October 2020, Revised: 19 May 2021, Accepted: 20 June 2021, Published online: 23 August 2021

Abstract

The effect of plastic waste oil from fast pyrolysis process on lowest brake horsepower and maximum engine brake specific fuel consumption. Objective to study the fast pyrolysis of three types of plastic waste: plastic bags, plastic bottles, and PVC. At pyrolysis temperature of 500°C, the oils obtained were analyzed for fuel properties including heat, density, viscosity, flash point and ignition. All three types of oils were then tested for use in single-cylinder diesel engines. The research found that oil from plastic bags It has a maximum heating value of 42.7 MJ/kg, allowing the engine to have the highest brake horsepower 11.4 HP and lowest fuel consumption. While the oil from PVC plastic Has the lowest heating value 41.1 MJ/kg, resulting in the lowest engine braking horsepower and specific fuel consumption braking up to 14.5 kg/kW.hr.

Key words: Fuel, Plastic waste, Fast pyrolysis, Engine performance assessment

*Corresponding author: Tel.: 093 327 2292 E-mail address: k_duanguppama@hotmail.com

บทคัดย่อ

ผลของน้ำมันขยะพลาสติกจากกระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็วต่อแรงม้าเบรกต่ำสุดและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการไพโรไลซิสแบบเร็วของขยะพลาสติก 3 ชนิด คือ ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก และพลาสติกพีวีซี ที่อุณหภูมิไพโรไลซิส 500°C แล้วนำน้ำมันที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงประกอบด้วย ค่าความร้อน ค่าความหนาแน่น ค่าความหนืด จุดวาบไฟ และจุดติดไฟ จากนั้นนำน้ำมันทั้ง 3 ชนิด ไปทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดียว ผลการวิจัย พบว่า น้ำมันจากถุงพลาสติก มีค่าความร้อนสูงสุด 42.7 MJ/kg ช่วยให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกสูงสุด 11.4 HP และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด ขณะที่น้ำมันจากพลาสติกพีวีซี มีค่าความร้อนต่ำสุด 41.1 MJ/kg จึงส่งผลให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกต่ำสุด และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงสุด 14.5 kg/kW.hr

คำสำคัญ: น้ำมันเชื้อเพลิง ขยะพลาสติก ไพโรไลซิสแบบเร็ว การประเมินสมรรถนะเครื่องยนต์

บทนำ

ปัญหาขยะพลาสติกเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ทุกประเทศทั่วโลกต่างให้ความสำคัญ เช่น การลดใช้พลาสติก การนำขยะพลาสติกมาแปรรูปเพื่อใช้ซ้ำ แต่ปริมาณขยะพลาสติกก็ยังไม่ลดลงเท่าที่ควร เพราะขยะพลาสติกบางอย่างไม่เหมาะที่จะนำกลับมาแปรรูปเพื่อใช้ซ้ำ ดังนั้น การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นพลังงานทดแทนจึงเป็นอีกวิธีการที่สามารถช่วยให้ปริมาณขยะพลาสติกที่มีอยู่ลดลงได้ เช่น การแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงแก๊ส [1-5] และน้ำมันเชื้อเพลิง [6-10] ซึ่งการแปรรูปเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงนี้มีความน่าสนใจเพราะน้ำมันที่ได้สามารถนำไปใช้ในเครื่องยนต์ เก็บรักษาได้ และขนส่งได้ง่าย

การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถใช้หลักการไพโรไลซิสแบบเร็ว ซึ่งเป็นกระบวนการเคมีความร้อนที่ปราศจากออกซิเจนมีอุณหภูมิปฏิกิริยาประมาณ 500°C ผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ เชื้อเพลิงเหลวสูงถึง 65 wt% [11] ในปี 2014 [9] ได้ผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติกทั่วไปและพลาสติกความหนาแน่นสูงด้วยการไพโรไลซิส พบว่า มีสมบัติที่แตกต่างกัน คือ น้ำมันเชื้อเพลิงจากพลาสติกทั่วไปมีความหนาแน่น 800 kg/m³ ความหนืด 1.8 cSt และค่าความร้อน 46 MJ/kg ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงจากพลาสติกความหนาแน่นสูงมีความหนาแน่น 700 kg/m³ ความหนืด 2.3 cSt และค่าความร้อน 42 MJ/kg [9] เมื่อพิจารณางานวิจัยนี้จะเห็นว่า ชนิดของพลาสติกส่งผลต่อสมบัติของน้ำมันอย่างชัดเจน แต่ยังไม่แน่ชัดว่าขยะพลาสติกจากถุง ขวด และพีวีซี จะสมบัติอย่างไร อีกทั้งยังไม่แน่ชัดว่าน้ำมันพลาสติกที่ได้จะสามารถใช้กับเครื่องยนต์ได้หรือไม่ ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นไพโรไลซิสแบบเร็วขยะพลาสติก 3 ชนิด คือ ถุง ขวด และพีวีซี ที่อุณหภูมิ 500°C เพื่อศึกษาสมบัติของน้ำมันที่ได้และทดสอบการใช้งานในเครื่องยนต์เพื่อหาสมรรถนะ 2 ด้าน คือ แรงม้าเบรกของเครื่องยนต์ และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก ต่อไป

วิธีการวิจัย

วัตถุประสงค์สำหรับการทำวิจัย คือ ขยะพลาสติก 3 ชนิดประกอบด้วย ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก และพลาสติกพีวีซี โดยพลาสติกทั้งหมดผ่านการตากแดดจนแห้งและทำความสะอาดเบื้องต้นเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อน



ภาพที่ 1 ขยะพลาสติก (ก) ถุง (ข) ขวด (ค) พีวีซี

การไพโรไลซิสแบบเร็วของขยะพลาสติก เริ่มต้นจากนำขยะพลาสติกใส่ในตะแกรงแล้วบรรจุลงเครื่องปฏิกรณ์ดังภาพที่ 2 โดยแต่ละการทดลองจะใช้ขยะพลาสติกหนัก 1 กิโลกรัม ใส่ใยแก้วในชุดกรองไอร้อน 20 กรัม และตรวจสอบความเรียบร้อยของชุดควบคุมรวมทั้งเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์ หลังจากประกอบอุปกรณ์ทุกส่วนเรียบร้อยเริ่มเปิดการทำงานของชุดทำความเย็นให้มีอุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส โดยชุดนี้มีหลักการทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์แบบตู้แช่ภายในชุดควบคุมออกแบบเพื่อรองรับไอที่เกิดจากการสลายตัวของพลาสติก เมื่ออุณหภูมิชุดควบคุมได้ตามกำหนด เริ่มเปิดการทำงานของชุดลดความร้อนของเครื่องปฏิกรณ์ ตามเงื่อนไขของการทดลอง คือ อุณหภูมิไพโรไลซิสและอุณหภูมิกรองไอร้อน 500 องศาเซลเซียส จากนั้นเปิดการทำงานของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์



ภาพที่ 2 การไพโรไลซิสแบบเร็วของขยะพลาสติก

เมื่อการไพโรไลซิสเสร็จสิ้นน้ำมันจากขยะพลาสติกถูกนำไปวิเคราะห์สมบัติ เพื่อประเมินคุณภาพตามมาตรฐานการวิเคราะห์น้ำมันเชื้อเพลิง ดังนี้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันพลาสติก

ลำดับที่	การวิเคราะห์	มาตรฐาน
1	ค่าความร้อน	DIN 51900
2	ความหนาแน่น	ASTM D4052
3	ความหนืด	ASTM D445
4	จุดวาบไฟ	ASTM D93
5	จุดติดไฟ	ASTM D93

ขั้นตอนต่อไป คือนำน้ำมันพลาสติกไปทดสอบการใช้งานในเครื่องยนต์ เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ คือ แรงม้าเบรกเครื่องยนต์ และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก โดยงานวิจัยครั้งนี้เลือกใช้เครื่องทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดี่ยวที่ห่อคูโบต้า ขนาด 12 แรงม้า ทดสอบที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที อุณหภูมิน้ำมันเชื้อเพลิง 40 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3 ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดี่ยว

ซึ่งมีสมการการคำนวณ ดังนี้

1. กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (Engine brake power)

$$P = \frac{2\pi Tn}{60} \quad (1)$$

เมื่อ P = กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (W)
 T = แรงบิด (N-m)
 n = รอบของเครื่องยนต์ (rpm)

2. ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Combustion)

$$Q_{mf} = Q_{vf} \rho_f \quad (2)$$

เมื่อ Q_{mf} = ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/s)
 Q_{vf} = ปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิง (m^3/s)
 ρ_f = ความหนาแน่นน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/m^3)

3. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake specific fuel consumption)

$$Bsfc = \frac{3600Q_{mf}}{P} \quad (3)$$

เมื่อ $Bsfc$ = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (kg/kW.hr)
 P = กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (kW)
 Q_{mf} = ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/s)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลของชนิดน้ำมันขยะพลาสติกต่อสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

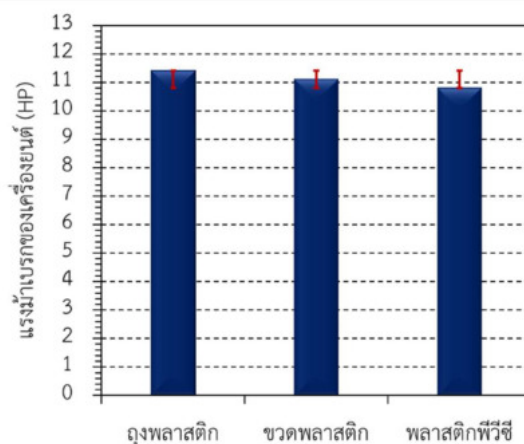
สมบัติของน้ำมันขยะพลาสติกที่แสดงในตารางที่ 2 จะเห็นว่า น้ำมันจากถุงพลาสติกมีค่าความร้อนสูงสุด 42.7 MJ/kg และน้ำมันจากขวดพลาสติกมีค่าความร้อนต่ำสุด 41.1 MJ/kg นอกจากนี้ น้ำมันจากถุงพลาสติกยังมีติดไฟได้ง่ายที่สุด ซึ่งจะเห็นได้จากจุดวาบไฟและจุดติดไฟของน้ำมันชนิดนี้มีค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ได้จากขยะอีกสองชนิดที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ แต่เมื่อพิจารณาความหนาแน่นและความหนืดแล้วจะเห็นว่า น้ำมันจากถุงพลาสติกมีค่าสูงสุด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากส่วนผสมในขยะถุงพลาสติกที่มีความแตกต่างจากขวดพลาสติกและพลาสติกพีวีซี อย่างไรก็ตามหากพิจารณาภาพรวมของสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 5 ด้าน จากขยะพลาสติก 3 ชนิด ก็แสดงให้เห็นว่า น้ำมันจากขยะถุงพลาสติกมีสมบัติที่ดีที่สุด

ตารางที่ 2 สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง

ชนิดพลาสติก	สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง				
	ค่าความร้อน (MJ/kg)	ความหนาแน่น (kg/m ³)	ความหนืด (cSt)	จุดวาบไฟ (°C)	จุดติดไฟ (°C)
ถุงพลาสติก	42.7	967.5	1.3	230.1	233.3
ขวดพลาสติก	41.4	959.4	1.3	240.6	244.7
พลาสติกพีวีซี	41.1	896.6	1.2	234.7	243.3

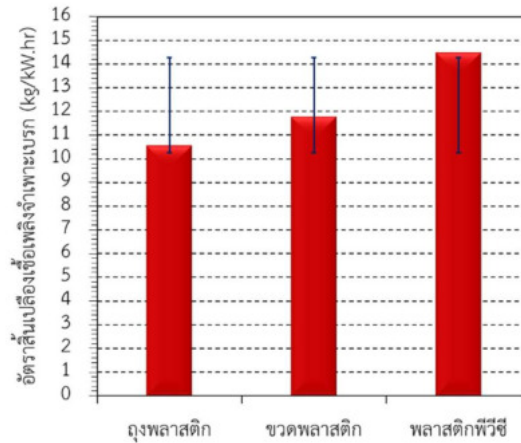
ผลของชนิดน้ำมันขยะพลาสติกต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์

ผลทดสอบน้ำมันขยะพลาสติกในเครื่องยนต์ตามภาพที่ 4 จะเห็นว่า น้ำมันจากถุงพลาสติกช่วยให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกสูงสุด 11.4 HP ขณะที่น้ำมันจากพลาสติกพีวีซีส่งผลให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกต่ำสุด 10.8 HP นั้นเป็นผลมาจากน้ำมันจากถุงพลาสติกที่มีค่าความร้อนสูงสุด 42.7 MJ/kg จึงส่งผลให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกสูงสุด และด้วยเหตุนี้ น้ำมันจากขวดพลาสติกจึงทำให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกสูงกว่าน้ำมันจากพลาสติกพีวีซี



ภาพที่ 4 ผลของน้ำมันจากชนิดขยะพลาสติกต่อแรงม้าเบรกเครื่องยนต์

เมื่อคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก จะเห็นว่าข้อมูลในภาพที่ 5 น้ำมันจากพลาสติกพีวีซีมีอัตราการสิ้นเปลืองสูงสุด 14.5 kg/kW.hr ขณะที่น้ำมันจากถุงพลาสติกมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกต่ำสุด 10.6 kg/kW.hr นั้นเป็นผลมาจากน้ำมันที่มีค่าความร้อนสูงช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เครื่องยนต์จึงมีแรงม้าสูงและอัตราการสิ้นเปลืองต่ำ ดังนั้น น้ำมันจากขยะถุงพลาสติกจึงเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีสมบัติที่สุดเหมาะสำหรับนำไปใช้กับเครื่องยนต์ เพราะช่วยให้เครื่องยนต์มีแรงม้าสูงและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับขยะจากขวดพลาสติกและพลาสติกพีวีซี



ภาพที่ 5 ผลของน้ำมันจากชนิดขยะพลาสติกต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

สรุปผลการวิจัย

การไพโรไลซิสแบบเร็วของขยะพลาสติก 3 ชนิด คือ ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก และพลาสติกพีวีซี พบว่า น้ำมันจากถุงพลาสติก มีค่าความร้อนสูงสุด 42.7 MJ/kg จุดวาบไฟต่ำสุด 230.1°C จุดติดไฟต่ำสุด 233.3°C ช่วยให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกสูงสุด 11.4 HP และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด ขณะที่น้ำมันจากพลาสติกพีวีซี มีค่าความร้อนต่ำสุด 41.1 MJ/kg จึงส่งผลให้เครื่องยนต์มีแรงม้าเบรกต่ำสุด และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงสุด 14.5 kg/kW.hr สำหรับน้ำมันจากขวดพลาสติกมีสมบัติอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันจากขยะอีก 2 ชนิด จึงทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์อยู่ในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ที่สนับสนุนทุนวิจัย ปีงบประมาณ 2562 และขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Acomb J.C., Wu C., Williams P.T. (2014). Control of steam input to the pyrolysis-gasification of waste plastics for improved production of hydrogen or carbon nanotubes. **Applied Catalysis B: Environmental**, 147, 571-584.
- [2] Acomb J.C., Wu C., Williams P.T. (2015). Effect of growth temperature and feedstock:catalyst ratio on the production of carbon nanotubes and hydrogen from the pyrolysis of waste plastics. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 113, 231-238.

- [3] Acomb J.C., Wu C., Williams P.T. (2016). The use of different metal catalysts for the simultaneous production of carbon nanotubes and hydrogen from pyrolysis of plastic feedstocks. **Applied Catalysis B: Environmental**, 180, 497-510.
- [4] Cho M.-H., Jung S.-H., Kim J.-S. (2010). Pyrolysis of Mixed Plastic Wastes for the Recovery of Benzene, Toluene, and Xylene (BTX) Aromatics in a Fluidized Bed and Chlorine Removal by Applying Various Additives. **Energy & Fuels**, 24 (2), 1389-1395.
- [5] Yun Y.M., Seo M.W., Ra H.W., Koo G.H., Oh J.S., Yoon S.J., et al. (2015). Pyrolysis characteristics of glass fiber-reinforced plastic (GFRP) under isothermal conditions. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 114, 40-46.
- [6] Devaraj J., Robinson Y., Ganapathi P. (2015). Experimental investigation of performance, emission and combustion characteristics of waste plastic pyrolysis oil blended with diethyl ether used as fuel for diesel engine. **Energy**, 85, 304-309.
- [7] Muhammad C., Onwudili J.A., Williams P.T. (2015). Catalytic pyrolysis of waste plastic from electrical and electronic equipment. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 113, 332-339.
- [8] Paraschiv M., Kuncser R., Tazerout M., Prisecaru T. (2015). New energy value chain through pyrolysis of hospital plastic waste. **Applied Thermal Engineering**, 87, 424-433.
- [9] Syamsiro M., Saptoadi H., Norsujianto T., Noviasri P., Cheng S., Alimuddin Z., et al. (2014). Fuel Oil Production from Municipal Plastic Wastes in Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Reactors. **Energy Procedia**, 47, 180-188.
- [10] Xue Y., Zhou S., Brown R.C., Kelkar A., Bai X. (2015). Fast pyrolysis of biomass and waste plastic in a fluidized bed reactor. **Fuel**, 156, 40-46.
- [11] Duanguppama K., Rueangsan K., Kraisoda P., Turakan C., Phinnarat C., Simmee K., et al. (2016). Catalytic Fast Pyrolysis of Leucaena Leucocephala in Fluidised-bed Reactor with In-situ and Ex-situ Vapors Upgrading. **7th TSME International Conference on Mechanical Engineering**, 117.

การศึกษาผลกระทบของฝุ่นที่มีต่อประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

Effect of Dust on Performance of a Solar Panel

นาวิน พุดน้อย และ อัครินทร์ อินทิเวศน์*
Navin Pudnoi and Akarin Intaniwet*

หน่วยวิจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290
Smart Energy and Environmental Research Unit, School of Renewable Energy, Maejo University,
Chiang Mai 50290

Received: 10 October 2020, Revised: 29 May 2021, Accepted: 30 June 2021, Published online: 23 August 2021

Abstract

The accumulation of dust on solar panel affects the ability of the panel to collect sunlight and hence lowering the efficiency of the solar cells. In this work, the investigation of dust accumulation on the solar panel installed on typical Chiang Mai environment is presented. The spectrophotometer was used to study the light transmission spectrum from the glass and the electrical properties were examined through the I-V curve. It was found that the efficiency of the solar panel reduced by 7.30% upon the accumulation of dust after the period of 60 days. The result from the spectrophotometer confirmed that accumulation of dust lowered the transmitted solar radiation.

Keywords: Dust, Conversion efficiency, Light transmission

บทคัดย่อ

การสะสมของฝุ่นละอองบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีผลทำให้การรับรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ส่งผลทำให้ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้านลดลง งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลฝุ่นที่สะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้สภาวะจริง รวมถึงการตรวจวัดการส่องผ่านด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เพื่อศึกษาลักษณะคลื่นแสงและศึกษาปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงระยะเวลาที่ฝุ่นตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากการศึกษาพบว่า ฝุ่นละอองที่ตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้านลดลง 7.30% ภายในระยะเวลา 60 วัน โดยฝุ่นละอองบดบังแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนตัวเซลล์ ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการส่องผ่านของกระจกตัวอย่างที่มีฝุ่นละอองเมื่อเวลาผ่านไป 60 วัน ทำให้การรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง จึงส่งผลให้การผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีฝุ่นละอองตกสะสมอยู่ลดลงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาด

คำสำคัญ: ฝุ่นละออง ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การส่องผ่านของแสง

*Corresponding author: Tel.: 088 268 7904. E-mail address: a.intaniwet@hotmail.co.th

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง ซึ่งพลังงานที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาดที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง [1] แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าทดแทนการผลิตไฟฟ้าที่มาจากฟอสซิล แผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยส่วนใหญ่จำจากสารกึ่งตัวนำ ซึ่งสารกึ่งตัวนำที่นำมาผลิตเป็นเซลล์แสงอาทิตย์จะทำมาจากซิลิกอน โดยการผลิตไฟฟ้าของระบบจะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าระหว่าง 15-20% ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบของระบบนั้นๆ

ฝุ่นละอองที่ตกลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้การแปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าลดลง โดย Ketjoy N. และ Konyu M [2] ได้ศึกษาผลกระทบของฝุ่นที่ตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝุ่นและพารามิเตอร์ที่มีผลต่อพลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 ชนิด คือ แบบผลึกเดี่ยวซิลิกอนขนาด 75 W ผลึกรวมซิลิกอนขนาด 125 W และแบบอะมอร์ฟัสซิลิกอนขนาด 40 W ซึ่งผู้วิจัยได้เปรียบเทียบกันระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาดและแผงที่มีฝุ่นละอองตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยวัดปริมาณฝุ่นละอองที่ตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในวันที่ 7, 30 และ 60 วัน พบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นอยู่ที่ 55, 260 และ 425 mg/m²·d ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์รับรังสีอาทิตย์ลดลงเฉลี่ย 3.71% และ 11.15% Yingya C. และคณะ [3] พบว่าฝุ่นละอองตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง ซึ่งที่ความหนาแน่นฝุ่นละอองบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ 10 g/m² ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลงสูงสุด 34%

ฝุ่นละอองทำให้เกิดการบดบังแสงอาทิตย์ ซึ่งแสงอาทิตย์จะส่องลงมาตกกระทบแผง จะส่งมาในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสัดส่วนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400-700 nm มีสัดส่วนสูงที่สุด Julius T. และคณะ [4] ได้ทำการศึกษารูปแบบของฝุ่นละอองที่ตกกระทบลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในสถานที่ 2 แห่งโดยศึกษาลักษณะฝุ่นละอองของแต่ละแห่ง และศึกษาเกี่ยวกับการส่องผ่านของแสงอาทิตย์เมื่อเจอกับฝุ่นละอองที่ตกสะสมลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าฝุ่นแต่ละชนิดมีผลต่อค่าการส่องผ่านต่างกัน ในขณะที่เดียวกันฝุ่นละอองของทั้ง 2 แห่ง ทำให้ค่าการส่องผ่านลดลงในช่วงความยาวคลื่น 400 – 700 nm และพบว่าไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลงเช่นกัน Mustapha D. และคณะ [5] ได้ศึกษาอิทธิพลของฝุ่นละอองที่ตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาวะอากาศแบบทะเลทราย ซึ่งผู้วิจัยทำการศึกษาจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 30 MW พบว่าฝุ่นละอองที่ตกสะสมลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้ผลิตไฟฟ้าได้ลดลง 5.71% เมื่อทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ และลดลง 8.41% เมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สะอาด และในกรณีที่เกิดพายุทะเลทราย ทำให้การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าลดลงมากถึง 32%

วิธีการวิจัย

ในการศึกษานี้จะพิจารณาเกี่ยวกับผลกระทบของฝุ่นละอองที่ตกสะสมลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยมีวิธีการศึกษาคือใช้กระจกนิรภัยเทมเปอร์ขนาด 10 x 10 cm² หนา 3 mm เพื่อจำลองกระจกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยจะใช้กระจกนี้เพื่อให้ฝุ่นตกสะสมลงบนกระจกจำลองนี้ในสภาวะจริงที่วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ (ละติจูดที่ 18°55'30.8"N, ลองจิจูดที่ 99°01'28.7"E) เป็นระยะเวลา 60 วัน เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลปริมาณของฝุ่นละออง ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยวิธีการวัดปริมาณฝุ่นละออง จะทำการชั่งน้ำหนักกระจกก่อนและหลัง เพื่อให้ได้ปริมาณฝุ่นละอองที่ตกสะสมเมื่อเวลาผ่านไป โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 4 ตำแหน่ง

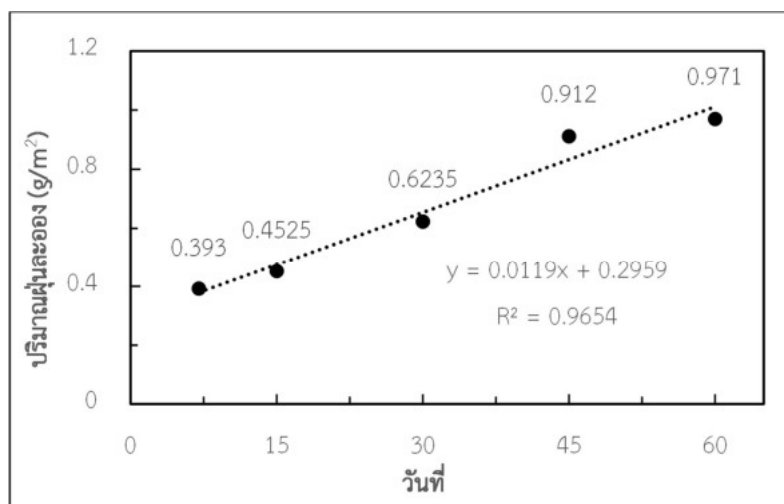


ภาพที่ 1 การเก็บข้อมูลฝุ่นละอองที่สะสมบนกระจกในสภาวะจริง

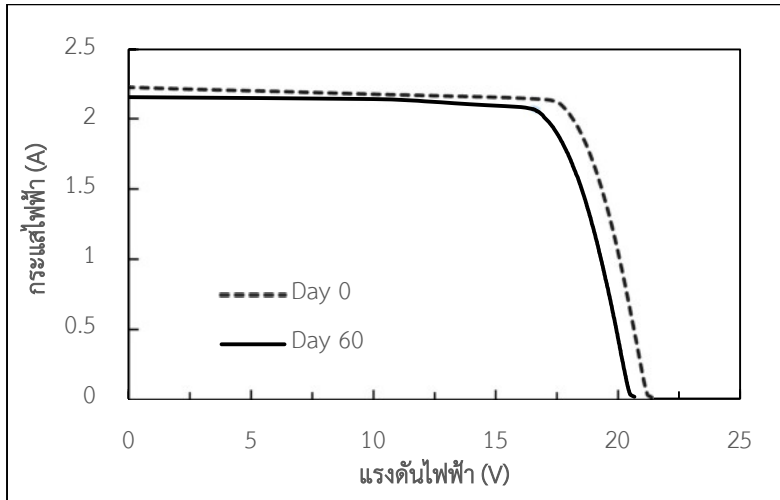
นอกจากนี้แล้วยังได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับพฤติกรรมของแสงที่ตกกระทบลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่มีฝุ่นละอองตกสะสมบนกระจก ซึ่งศึกษาโดยใช้กระจกนิรภัยเทมเปอร์ขนาด $26.5 \times 33.5 \text{ cm}^2$ หนา 3 mm และใช้เครื่องวัดสเปกตรัม (Model: UPtek รุ่น pg100n) ซึ่งวัดช่วงคลื่นแสงในช่วง 400 – 700 nm เพื่อศึกษาพฤติกรรมของคลื่นที่ตกกระทบลงบนกระจกเมื่อมีฝุ่นละอองโดยใช้แสงจากหลอดจำลองแสงอาทิตย์ (Solar Simulator) ดังแสดงในภาพที่ 1 ในการทดสอบประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะใช้แสงอาทิตย์จำลองในการทดสอบ โดยความเข้มแสงอาทิตย์ที่ใช้มีค่าเท่ากับ 800 W/m^2 แผงที่ใช้เป็นแบบผลึกรวมซิลิกอนมีขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 55 W มีพื้นที่รับแสงเท่ากับ 0.335 m^2 และทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องวิเคราะห์ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองตกสะสมบนกระจกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีการศึกษาโดยการให้ฝุ่นละอองตกใส่กระจกตัวอย่างตั้งไว้ในสภาวะจริงเพื่อเป็นการจำลองลักษณะการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นระยะเวลา 60 วัน โดยจะวัดปริมาณฝุ่นในวันที่ 7 15 30 45 และ 60 จากการทดสอบพบว่าปริมาณฝุ่นจะแปรผันตรงกับจำนวนวันที่ตั้งแผงทิ้งไว้ดังแสดงได้ในภาพที่ 2 โดยพบว่าในแต่ละวันมีปริมาณฝุ่นต่อพื้นที่เท่ากับ 0.393 0.453 0.624 0.912 และ 0.971 g/m^2 ทั้งนี้ปริมาณฝุ่นที่ทำการเก็บข้อมูลจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่ตั้งชุดทดสอบ สภาพภูมิอากาศ ความเร็วลม ณ จุดที่ทำการทดสอบ

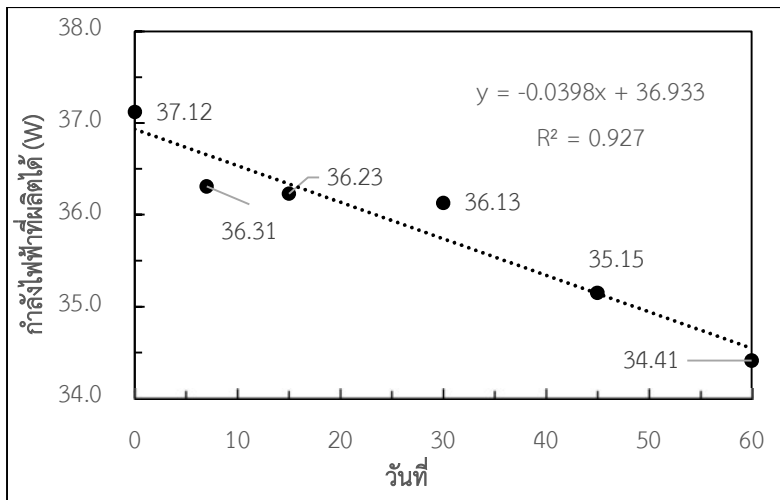


ภาพที่ 2 ปริมาณฝุ่นละอองต่อพื้นที่ในระยะเวลา 60 วัน



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของแผงที่สะอาดเทียบกับแผงที่มีฝุ่นตกสะสมในระยะเวลา 60 วัน

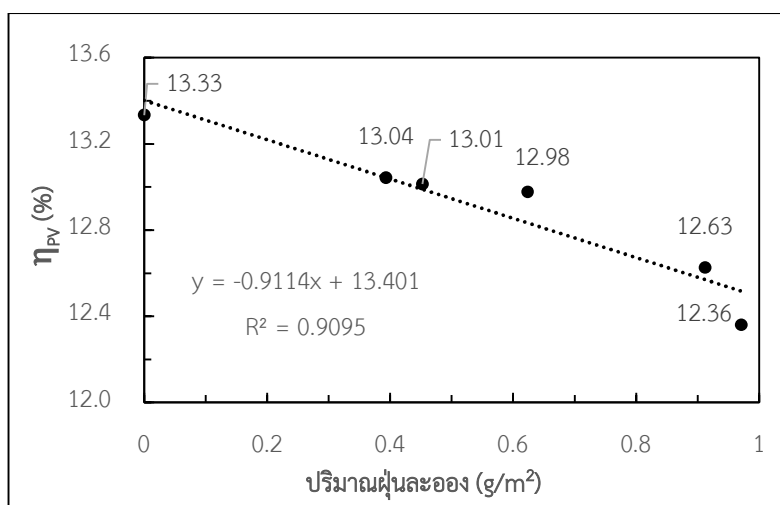
ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์วันที่ 0 และ วันที่ 60 โดยการทดสอบวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าโดยใช้แสงเทียมที่ความเข้มแสงเท่ากันที่ 800 W/m^2 จากภาพพบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลงเนื่องจากฝุ่นละอองที่ตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น จากภาพจะเห็นได้ว่าฝุ่นละอองมีผลทำให้กระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาลดลง โดยพบว่า กระแสสูงสุด (I_{max}) ลดลง 2.66% และแรงดันสูงสุด (V_{max}) ลดลง 4.77% ซึ่งจะส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลงตามไปด้วย



ภาพที่ 4 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อปล่อยให้ฝุ่นละอองตกสะสมเป็นระยะเวลาต่างๆ

จากภาพที่ 4 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อปล่อยให้ฝุ่นละอองตกสะสมเป็นระยะเวลาต่างๆ จากภาพพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าลดลงเมื่อตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทิ้งไว้ โดยจะลดลงมากที่สุด 7.30% เมื่อตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทิ้งไว้ 60 วัน เทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีฝุ่นละอองตกสะสม (วันที่ 0) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อฝุ่นละอองตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะส่งผลทำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้นั้น

ลดลงตาม ซึ่งวิธีการที่ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้นและมีประสิทธิภาพสูงขึ้นคือ การล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งนับว่าเป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวกที่สุด

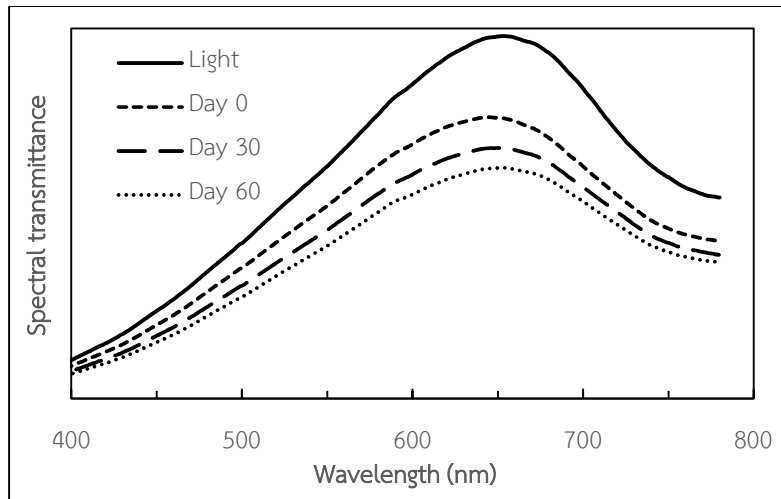


ภาพที่ 5 ปริมาณฝุ่นละอองที่ตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นละอองที่ตกสะสมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ณ ตอนเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 13.33% เมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน ประสิทธิภาพลดลงเหลือ 12.98% หรือลดลงคิดเป็น 2.67% และเมื่อเวลาผ่านไป 60 วัน ลดลงเหลือ 12.36% คิดเป็นร้อยละ 7.30% เมื่อเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในวันที่ 0 เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองเหมือนกัน ซึ่งฝุ่นมีผลทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางสรุปผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย	สภาพภูมิอากาศ	ระยะเวลา (วัน)	กำลังไฟฟ้าลดลงสูงสุด (%)
Shaharin A. S. และคณะ [10]	ในเมือง	90	2.54
Ketjoy N. และ Konyu M [2]	ชนบท	60	7.28
Mustapha D. และคณะ [5]	ทะเลทราย	60	8.41
Pudnoi N. และ Intaniwet A.	ชนบท	60	7.30
Rachid K. และ Hamid E.H. [7]	ทะเลทราย	120	10.40
Motasem S. และคณะ [8]	ในเมือง	30	14.26
Miqdam T. C. และคณะ [9]	ทะเลทราย	60	45.06



ภาพที่ 6 ลักษณะสเปกตรัมของคลื่นแสงที่ส่องผ่านกระจกครอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากภาพที่ 6 แสดงถึงลักษณะของสเปกตรัมของคลื่นแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อส่องผ่านกระจกครอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีฝุ่นละอองตกลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นระยะเวลา 60 วัน ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เป็นแบบซิลิกอนผลึกรวม ซึ่งช่วงคลื่นในการดูดซับของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นี้จะอยู่ในช่วงที่น้อยกว่า 1,100 nm [6] ซึ่งในการทดสอบนี้จะทดสอบการส่องผ่านของแสงในช่วง 380 – 780 nm ซึ่งในช่วงสเปกตรัมของแสงที่ทำการทดสอบนี้ แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถดูดซับโฟตอนซึ่งจะถูกใช้กระตุ้นให้เกิดคู่อิเล็กตรอนโฮลภายในชั้นสารกึ่งตัวนำ จากนั้นความต่างศักย์ภายในเซลล์แสงอาทิตย์จะทำการแยกคู่อิเล็กตรอนและโฮลให้เป็นอิสระจากกัน และเมื่อต่อเข้ากับโหลดทางไฟฟ้า จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุอิสระและเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ซึ่งแสงมีผลต่อความต่างศักย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งในการทดสอบผลกระทบของฝุ่นละอองที่มีต่อการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งฝุ่นเป็นอนุภาคขนาดเล็ก จากการทดสอบพบว่าเมื่อฝุ่นตกสะสมบนกระจกครอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่สามารถรับแสงได้เต็มที่อย่างที่ควรจะเป็น ซึ่งทำให้การส่องผ่านของแสงที่เข้าสู่แผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรง เป็นผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์รับแสงได้ลดลง เป็นผลทำให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าภายในลดลง แรงดันไฟฟ้าลดลงดังแสดงในภาพที่ 2 และ 3 และมีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป

สรุปผลการวิจัย

ปัจจัยที่ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้ลดลงมีหลายปัจจัยเช่น อุณหภูมิ เงาที่บดบัง ฝุ่นละออง ซึ่งฝุ่นละอองที่ตกสะสมลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลง ในบทความนี้ได้ศึกษาผลกระทบที่เกี่ยวข้องเนื่องจากฝุ่นละออง จากการศึกษารายละเอียดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อมีฝุ่นละอองตกลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระยะเวลา 60 วัน พบว่าประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าลดลงร้อยละ 7.30 ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาในขั้นต้นเพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ดีขึ้นคือการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณการสนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัยจากโครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตศึกษาทางด้านพลังงานทดแทนในประเทศกลุ่มอาเซียนในระดับบัณฑิตศึกษาวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ในการเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Jacobson, M.Z., Delucchi, M.A., (2011). Providing all global energy with wind, water, and solar power. Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. **Energy Policy**, 39, 1154–1169.
- [2] Ketjoy N. and Konyu M. (2014). Study of dust effect on photovoltaic module for photovoltaic power plant. **Energy Procedia**, 52. 431-437.
- [3] Yingya C., et al. (2019). Experiment study on effect of dust deposition on photovoltaic panels. **Energy Procedia**, 158. 483-489.
- [4] Julius T., et al. (2019). The effect of dust with different morphologies on the performance degradation of photovoltaic modules. **Sustainable energy technologies and assessments**, 31. 347-354.
- [5] Mustapha D., et al. (2020). Output power loss of crystalline silicon photovoltaic modules due to dust accumulation in Saharan environment. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 124. 109787.
- [6] William S. and Hans J. Q. (1961). Detailed balance limit of efficiency of p-n junction solar cells. **Journal of Applied Physics**, 32(3). 510-519.
- [7] Rachid K. and Hamid E. H. (2017). Solar cell performance reduction under the effect of dust in Jazan region. **Journal of Fundamentals of renewable energy and applications**, 7. 1000228.
- [8] Motasem S., et al. (2016). Experimental study on effect of dust deposition on solar photovoltaic panels in desert environment. **Renewable energy**, 92. 499-505.
- [9] Miqdam T. C., et al. (2020). The effect of dust components and contaminants on the performance of photovoltaic for the four regions in Iraq: a practical study. **Renewable energy and environmental sustainability**, 5(3). 2019009.
- [10] Shaharin A. S., et al. (2015). Real-time study on the effect of dust accumulation on performance of solar PV panels in Malaysia. **International conference on electrical and information technologies (ICEIT)**. 269-274.

การแปรรูปถ่านไม้ไผ่ตงเพื่อใช้ในการดูดซับกลิ่นในชุมชนบ้านควนซี้แรด ต.พะตง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา
Bamboo Charcoal Processing for Odor Adsorption in Ban Khuan Ki-Rad Community,
Patong Sub-district, Hatyai District, Songkhla Province

ณัฐวุฒิ สุภารัตน์^{1*} และจุฑามาศ จันทอทัย¹
Nuttawut Suparat^{1*} and Juthamas Janthothai¹

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีปิโตรเลียม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90000

¹Petroleum Technology, Faculty of Industrial Education and Technology,
Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000

Received: 10 October 2020, Revised: 27 May 2021, Accepted: 20 June 2021, Published online: 23 August 2021

Abstract

The objective of this research aimed to use waste material from the rough giant bamboo in Ban Khuan Ki-Rad community, Patong Subdistrict, Hat Yai, Songkhla Province which was obtained from the wood vinegar production to produce bamboo charcoal. First, the bamboo charcoal was grinded and extruded into rhino shape to use for odor absorption. From the Experiments, it was found that the suitable mass ratio between bamboo charcoal powder, cassava starch and water was 22 : 5 : 10 (Sample R1) The surface area of this sample was investigated by using BET analyzer which was 0.858 m²/g. In addition, the odor adsorption efficiency results were examined by using ammonia which had the effective for odor absorbing very well and the pH of the solution was 6. Moreover, the researchers also transfer the knowledge of bamboo charcoal production for odor absorption to the community, which produce the rhino shape odor absorbent products that meet the needs and the community identity.

Keywords: Rough giant bamboo, Cassava starch, Surface area, Adsorption

*Nuttawut Suparat: Tel.: 097 359 5455. E-mail address: Nuttawut.s@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือการนำเศษวัสดุเหลือใช้จากไม้ไผ่ตงในชุมชนบ้านควนซี้แรด ตำบลพะตง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำส้มควนไม้ผ่างผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นถ่านไม้ไผ่โดยการบดละเอียดและทำการร่อนตะแกรงเพื่อคัดขนาดและนำมาอัดขึ้นรูปเป็นรูปแตรเพื่อนำไปใช้ในการดูดซับกลิ่น จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนโดยมวลที่เหมาะสมระหว่างผงถ่านไม้ไผ่ แป้งมันสำปะหลัง และน้ำคือ 22 : 5 : 10 (ตัวอย่าง R1) และทำการวิเคราะห์หาค่าพื้นที่ผิวโดยใช้เครื่อง BET ซึ่งมีค่าพื้นที่ผิวเท่ากับ 0.858 ตารางเมตรต่อกรัม นอกจากนี้ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นโดยใช้แอมโมเนีย ซึ่งได้ผลของค่า pH ของสารละลายมีค่าเท่ากับ 6 ซึ่งยิ่งไปกว่านั้นทางคณะผู้วิจัยยังได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ของกระบวนการผลิตถ่านไม้ไผ่เพื่อนำไปใช้ในการดูดซับกลิ่นมาถ่ายทอดให้กับชาวบ้านในชุมชนทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ดูดซับกลิ่นรูปแตรที่ตรงตามความต้องการและเป็นไปตามอัตลักษณ์ของชุมชน อีกทั้งยังเป็นการสร้างอาชีพและรายได้จากผลิตภัณฑ์ชุมชนอีกทางหนึ่งด้วย

คำสำคัญ: ไผ่ตง แป้งมันสำปะหลัง พื้นที่ผิว การดูดซับ

บทนำ

ชีวมวล คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน [1] สารอินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากพืชและสัตว์ต่าง ๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การใช้งานชีวมวลเพื่อทำให้ได้พลังงานอาจจะทำโดยนำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าทดแทนการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน) ซึ่งข้อจำกัดในการใช้ชีวมวลทางการเกษตรเหล่านี้มาใช้เป็นเชื้อเพลิง คือ สารชีวมวลมีความหนาแน่นต่ำ ปริมาณมากและมีความยากลำบากในการขนย้าย จึงไม่เหมาะสมในการขนส่งไปในระยะทางไกล ๆ จากสถานที่ผลิต ซึ่งการนำเอาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรออกไปจากพื้นที่การเกษตรจำนวนมาก อาจส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการขนส่งที่เพิ่มขึ้น

จากงานวิจัยที่ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นของถ่านไม้ไผ่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์สำหรับบำบัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในกลิ่นที่เกิดจากแก๊สพิษอื่น ๆ รวมไปถึงกลิ่นอันไม่พึงประสงค์พบว่าถ่านที่ได้จากการนำไม้หรือวัสดุใกล้เคียงอื่นๆ เช่น กะลามะพร้าว ไม้ไผ่ มาผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชัน โดยการเผาที่อุณหภูมิสูงในสภาวะอับอากาศ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นถ่านที่มีความเป็นรูพรุนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์มากมายหลายด้าน เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับดูดซับกลิ่น เป็นต้น [2]

จากการสำรวจพื้นที่ในชุมชนหมู่ที่ 6 บ้านควนซี้แรด ตำบลพะตง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ได้มีการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนเกี่ยวกับการผลิตน้ำส้มควนไม้จากไม้ไผ่ตงซึ่งเป็นวัสดุชีวมวลจากธรรมชาติภายในชุมชน โดยไม้ไผ่ตงที่นำมาผลิตส้มควนไม้จะผ่านกระบวนการเผาเพื่อไล่ความชื้นจนกลายเป็นถ่านไม้ไผ่และไม้ไผ่ตงนำไปใช้ประโยชน์ต่อยอดจึงทำให้ถ่านไม้ไผ่เป็นวัสดุเหลืออยู่ภายในชุมชนเป็นจำนวนมาก

ดังนั้น ทางคณะผู้วิจัยได้เข้าไปลงพื้นที่เพื่อทำการศึกษาระบบการแปรรูปถ่านไม้ไผ่ที่เหลือจากการผลิตน้ำส้มควนไม้ให้เป็นวัสดุที่ใช้ในดูดซับกลิ่น โดยการหาอัตราส่วนในการขึ้นรูปที่เหมาะสม คุณสมบัติของถ่านไม้ไผ่ในการดูดซับกลิ่นและประสิทธิภาพของถ่านไม้ไผ่ที่ใช้ในการดูดซับกลิ่น นอกจากนี้ ยังได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์ในการอัดขึ้นรูปของถ่านไม้ไผ่เป็นรูปแตรเพื่อให้ตรงกับอัตลักษณ์ของชุมชนคือชุมชนบ้านควนซี้แรดและเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นดังกล่าวอีกทางหนึ่งด้วย และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการวิจัยแล้วจะมีการนำองค์ความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดให้แก่คนภายในชุมชนเพื่อสร้างอาชีพและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นสินค้าประจำชุมชนต่อไป

วิธีการวิจัย

1. ขั้นตอนในการเตรียมวัตถุดิบ

1.1 ออกแบบและขึ้นรูปถ่านไม้ไฟดูดซับกลิ่นรูปแรด

1.1.1 นำถ่านไม้ไฟที่ได้จากการเผาเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้ ที่อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส มาผ่านกระบวนการบดหยาบ

1.1.2 คัดขนาดผงถ่านไม้ไฟโดยใช้ตะแกรงร่อน

1.1.3 เตรียมผงถ่านไม้ไฟ แป้งมันสำปะหลัง และน้ำ

1.1.4 ทำการชั่งผงถ่านไม้ไฟ แป้งมันสำปะหลังและน้ำ ตามอัตราส่วนที่กำหนด (โดยใช้อัตราส่วนในรูปแบบกรั้ม คือ ตัวอย่างที่ R1 (22:5:10) R2 (22:7.5:7.5) R3 (22:10:5) R4 (25:6:6) และ R5 (28.3:4.4:4.4) ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่นำไปใช้จริงในกระบวนการอัดขึ้นรูป

1.1.5 นำผงถ่านไม้ไฟและแป้งมันสำปะหลังที่ผสมกันเข้าตู้อบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

1.1.6 นำแป้งมันสำปะหลังใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร เพื่อทำการกวนแป้งมันสำปะหลังที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่อง Hot Plate เป็นอุปกรณ์ในการให้ความร้อน

1.1.7 เทผงถ่านไม้ไฟผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการกวนแล้วให้เข้ากันโดยดูจากสีของแป้งมันสำปะหลังจะหายไปจนรวมเข้ากับผงถ่านไม้ไฟจนมีสีดำทั้งหมด

1.1.8 เทน้ำที่ตวงไว้ตามอัตราส่วนที่กำหนดลงในบีกเกอร์ที่มีถ่านไม้ไฟกับแป้งมันสำปะหลังผสมกันอยู่

1.1.9 กวนส่วนผสมทั้งสามอย่างให้เข้ากันจนได้ลักษณะที่เหนียวเกาะตัวกันดีและสามารถปั้นหรือขึ้นรูปได้

1.1.10 เตรียมชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปแรดที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ใช้จาระบีฉีดทำความสะอาดแม่พิมพ์พร้อมทั้งใช้ผ้าสะอาดเช็ดออก

1.1.11 เทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์รูปแรด และทำการอัดโดยใช้มืออัดขึ้นรูปในแม่พิมพ์รูปแรดที่จัดเตรียมไว้ ดังภาพที่ 1

1.1.12 นำตัวถ่านที่ผ่านการขึ้นรูปเป็นรูปแรดออกจากแม่พิมพ์ เข้าตู้อบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

1.1.13 นำถ่านไม้ไฟรูปแรดมาทำการตากแดดทิ้งเป็นเวลา 1 วัน เพื่อให้ตัวถ่านไม้ไฟรูปแรดคงรูป ก่อนจะนำไปใช้งาน



ภาพที่ 1 แม่พิมพ์รูปแรดสำหรับขึ้นรูปถ่านไม้ไฟ

2. ขั้นตอนการวัดค่าการแข็งตัวโดยใช้เครื่องไวแคต

2.1 หาค่าการแข็งตัวโดยใช้เครื่องไวแคตเพื่อหาอัตราส่วนของผงถ่านไม้ แป้งมันสำปะหลังและน้ำที่เหมาะสม โดยมีสัดส่วนในการทดลองตามที่กำหนดไว้

3. ขั้นตอนการทดสอบหาประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นของถ่านไม้ไผ่โดยใช้แอมโมเนีย

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นของถ่านไม้ไผ่ โดยการทดสอบการดูดซับกลิ่นก๊าซแอมโมเนีย โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้ [3]

3.1 ใช้ Syringe ขนาด 50 มิลลิลิตร จำนวน 3 หลอด พร้อมตั้งก้าน Syringe ออก

3.2 เตรียมสำลีแผ่น 6 แผ่น

3.3 ชั่งถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแตรโดยใช้อัตราส่วน R1 R2 R3 R4 และ R5 โดยใช้ผงถ่านปริมาณ 0.5 กรัม บรรจุลงในสำลีพร้อมห่อด้วยเทปใส 3 ชุด

3.4 ทำการบรรจุผงถ่านไม้ไผ่ลงใน Syringe ชุดละ 1 หลอด

3.5 หยดแอมโมเนียกับสำลีที่เหลือทั้ง 3 ชุด ชุดละ 10 หยด

3.6 วางห่อสำลีที่มีแอมโมเนียลงใน Syringe

3.7 สอดก้าน Syringe ให้อยู่ที่ระดับ 50 มิลลิลิตร

3.8 ใช้หลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ 10 มิลลิลิตร 3 หลอด และใช้ Syringe แช่วีในน้ำเป็นเวลา 20 นาที เมื่อครบ 10 นาที ให้ดัน Syringe ไปอยู่ที่ระดับ 5 มิลลิลิตร

3.9 เมื่อครบ 20 นาที ให้เทน้ำจากหลอดทดลองใส่ในปิกรเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตรเพื่อทำการวัดค่า pH โดยใช้กระดาษ Universal indicator

3.10 บันทึกผลค่า pH ของตัวถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแตรจากนั้นนำไปหาค่าเฉลี่ย

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

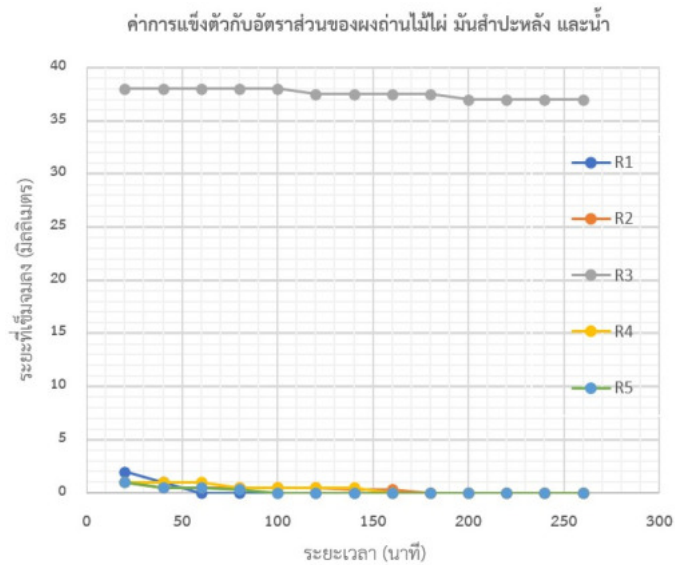
งานวิจัยนี้เป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิตน้ำส้มควันไม้ นั่นก็คือถ่านไม้ไผ่เพื่อใช้ในการดูดซับกลิ่น และมีการถ่ายทอดองค์ความรู้และกระบวนการผลิตถ่านไม้ไผ่เพื่อใช้ในการดูดซับกลิ่นให้กับชุมชน โดยที่ผลิตภัณฑ์ถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นของชุมชนจะเป็นไปตามรูปลักษณ์และตรงตามอัตลักษณ์ที่ต้องการ โดยมีขั้นตอนในการทดลองดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าความแข็งเพื่อหาสัดส่วนของผงถ่านไม้ไผ่ แป้งมันสำปะหลังและน้ำที่เหมาะสม

การทดสอบค่าความแข็งเพื่อหาสัดส่วนของผงถ่านไม้ไผ่ แป้งมันสำปะหลังและน้ำที่เหมาะสม โดยจะใช้เป็นสัดส่วนในรูปแบบกรัม คือ ตัวอย่างที่ R1 R2 R3 R4 และ R5 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ใช้ในกระบวนการอัดขึ้นรูป ซึ่งสามารถขึ้นรูปได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ถ่านไม้ไผ่อัดรูปแตรที่ผ่านกระบวนการอบไล่ความชื้น



ภาพที่ 3 ค่าการแข็งตัวของอัตราส่วนของผงถ่านไม้ไผ่ แป้งมันสำปะหลัง และน้ำ

จากภาพที่ 3 แสดงค่าการแข็งตัวของตัวอย่างที่ R1 R2 R3 R4 และ R5 โดยจับเวลาตั้งแต่ 20 ถึง 260 นาที และปล่อยเข็มลงทุก ๆ 20 นาที วัดระยะที่เข็มจมลง พบว่าตัวอย่างที่ R1 ระยะเวลาเริ่มก่อตัวของถ่านไม้ไผ่ที่ใช้ในการดูดซับกลิ่น ณ เวลา 20 นาที ค่าเข็มจมลงอยู่ที่ 2 มิลลิเมตร และระยะเวลา 60 นาที ค่าระยะเข็มที่จมลงเท่ากับ 0 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะเวลาแข็งตัวที่ก่อนตัวอย่าง R1 เกิดการแข็งตัวเร็วที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ R2 R3 R4 และ R5 เนื่องจากอัตราส่วนของผงถ่านไม้ไผ่ แป้งมันสำปะหลังและน้ำอยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสม

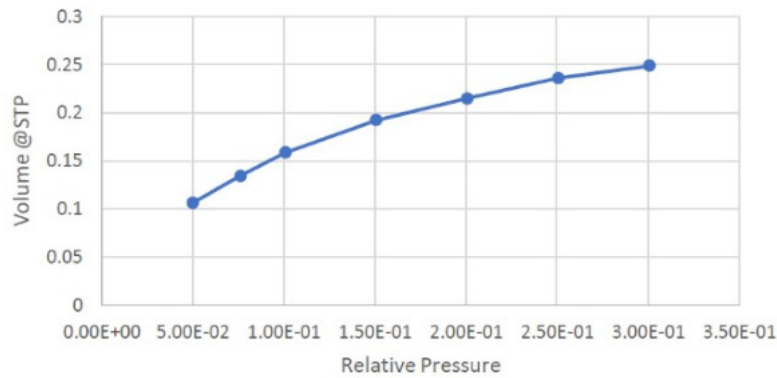
2. การหาอัตราส่วนที่สามารถขึ้นรูปได้ของถ่านไม้ไผ่รูปรูปแฉกโดยใช้แป้งมันสำปะหลัง และน้ำ

จากการศึกษาคุณสมบัติของส่วนผสมเช่น ประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นของผงถ่านไม้ไผ่ การจับตัวกันเป็นก้อนของแป้งมันสำปะหลังที่เปรียบเสมือนกาวจากธรรมชาติและน้ำ ที่ช่วยให้ส่วนผสมแต่ละอย่างขึ้นรูปได้ง่ายขึ้นในกระบวนการผลิตถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแฉก โดยมีสัดส่วนดังนี้

สรุปจากผลการทดสอบในการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมพบว่า อัตราส่วนที่ดีที่สุดในการขึ้นรูปของตัวอย่าง R1 สามารถขึ้นรูปได้ดีที่สุด หลังจากนำไปผ่านกระบวนการอบไล่ความชื้น ตัวถ่านไม้ไผ่มีลักษณะแข็งจับตัวกันเป็นก้อนดีเนื่องจากมีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และน้ำในปริมาณที่พอดีที่เข้ากับปริมาณผงถ่านไม้ไผ่ ทำให้ถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแฉกผสมกันเป็นก้อนได้ต่างจากตัวอย่าง R5 ที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้เลย เนื่องจากปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และน้ำในปริมาณที่ไม่น้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปได้ เพราะฉะนั้นยังมีปริมาณแป้งมันสำปะหลังมาก ก็ยังสามารถจับตัวในการขึ้นรูปถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแฉกได้ง่ายกว่าเมื่อใส่แป้งมันสำปะหลังในปริมาณที่น้อย เมื่อใช้ปริมาณน้ำน้อยการผสมกันของส่วนผสมจะทำไต่ยาก แต่หากปริมาณน้ำมากจนเกินไปจะทำให้ส่วนผสมเหลวจนไม่สามารถขึ้นรูปได้เช่นกัน

3. หาค่าพื้นที่ผิวที่ใช้ในการดูดซับกลิ่นโดยใช้เครื่อง BET

ในการเลือกอัตราส่วนที่ใช้ในการทดสอบค่าพื้นที่ผิว จะเลือกใช้สัดส่วนที่ผสมกันเรียบร้อยแล้วระหว่างผงถ่านไม้ไผ่ แป้งมันสำปะหลังและน้ำ โดยมีสองสัดส่วนนั้นก็คือ อัตราส่วนของตัวอย่าง R1 เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่สามารถนำไปขึ้นรูปได้เป็นรูปแฉก ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยและอัตราส่วนของผงถ่านไม้ไผ่และแป้งมันสำปะหลัง โดยผลการทดสอบหาค่าพื้นที่ผิวมีค่าเท่ากับ 0.858 ตารางเมตรต่อกรัม



ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ค่าความดันสัมพัทธ์ต่อปริมาตรระหว่างผง่านไมไฟของตัวอย่าง R1

จากภาพที่ 3 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของความดันไอเข้าใกล้ความดันไออิ่มตัวของตัวอย่าง R1 เมื่อกราฟอยู่ใกล้ 0 ประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นจะทำได้ดีมาก แต่ถ้าหากกราฟยิ่งใกล้ 1 มากเท่าไร ประสิทธิภาพในการดูดซับแก๊สจะลดลง อีกทั้งจะทำให้พื้นที่ผิวรูพรุนของถ่านกัมมันต์ลดลงตามไปด้วย ซึ่งสามารถปรับสภาพพื้นที่ผิวถ่านกัมมันต์ได้โดยใช้วิธีการออกซิไดซ์ [4]

4. ทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นโดยใช้แอมโมเนียเป็นเวลา 20 นาที

การทดสอบถ่านไมไฟดูดซับกลิ่นรูปแรม โดยจะเลือกอัตราส่วนของตัวอย่าง R1 R2 R3 R4 และ R5 มาใช้ในการทดลองการดูดซับกลิ่นกับก๊าซแอมโมเนีย โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

นำค่าจากหลอดทดลองทั้ง 3 หลอดมาหาค่าเฉลี่ยตัวอย่างอัตราส่วนที่ใช้ในการทดลอง โดยจะได้ค่า pH ของ R1 = 6 R2 = 6.7 R3 = 6.7 R4 = 6.7 และ R5 = 7.3 ซึ่ง pH เป็นปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการดูดซับ หากผลการทดลองพบว่าค่า pH ต่ำ ($\text{pH} < 4$) ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่เกิดขึ้นจะเข้ามาแย่งจับที่บริเวณพื้นผิวของตัวดูดซับทำให้ก๊าซแอมโมเนียถูกดูดซับบนผิวหน้าของตัวดูดซับได้ลดลง และเมื่อผลการทดลองค่า pH สูง ($\text{pH} > 8$) ประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นจะลดลง [4] ดังผลการทดลองตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นโดยใช้แอมโมเนีย

ตัวอย่างอัตราส่วน ที่ใช้ทดสอบ	pH ของสารละลาย			ค่าเฉลี่ย
	หลอดทดลองที่ 1	หลอดทดลองที่ 2	หลอดทดลองที่ 3	
R1	6	6	6	6
R2	7	7	6	6.67
R3	7	6	7	6.67
R4	6	7	7	6.67
R5	8	7	7	7.33

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองในการหาอัตราส่วนระหว่างผงถ่าน แป้งมันสำปะหลัง และน้ำที่สามารถดูดซับกลิ่นได้ โดยการทดลองจะทำการกำหนดอัตราส่วนของตัวอย่างที่ต่างกันไปเพื่อหาความสามารถในการดูดซับกลิ่น ซึ่งสรุปผลได้ว่า ตัวอย่าง R1 สามารถขึ้นรูปได้ดีที่สุด หลังจากนำไปผ่านกระบวนการไล่ความชื้น ถั่วถ่านไม้ไผ่ มีลักษณะแข็งจับตัวกันเป็นก้อนดีที่สุด เพราะมีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม การทดสอบค่าพื้นที่ผิวของถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่น รูปแตรของตัวอย่าง R1 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการขึ้นรูปมีค่า 0.858 ตารางเมตรต่อกรัม และหากยังมีพื้นที่ผิวมาก ประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นก็จะทำได้ดี การทดสอบหาประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นของถ่านไม้ไผ่ดูดซับกลิ่นรูปแตรโดยใช้แอมโมเนีย สรุปได้ว่าตัวอย่าง R1 มีประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นได้ดีที่สุดโดยมีค่า pH ของสารละลายแอมโมเนียเท่ากับ 6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถดูดซับสารละลายแอมโมเนียได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากหน่วยบริการวิชาการแก่สังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้โอกาสคณะผู้วิจัยในการลงพื้นที่บริการวิชาการแก่ชุมชน ต.พะตง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Vassilev et al. (2010). วารสารออนไลน์ ชีวมวล สืบค้นวันที่ 10 สิงหาคม 2562, จาก <https://ienergyguru.com/Biomass>.
- [2] สมเกียรติ กรวยสวัสดิ์. (2560). วารสารออนไลน์ ศึกษาวิจัยในการเพิ่มประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ ถ่านดูดกลิ่น ประสิทธิภาพสูง สืบค้นวันที่ 16 สิงหาคม 2562 จาก <https://www.spu.ac.th/department/spubi/aw/140>.
- [3] สัจเวย เสวกวิหารี. (2554) ผลกระทบกำจัดกลิ่นจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ จาก https://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle/123456789/997/sci_54_14.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [4] Feng W. Kwon S. Borguet E. Vidic R. (2005). วารสารออนไลน์ Adsorption of hydrogen sulfide onto activated carbon fibers : effect of pore structure and surface chemistry สืบค้นวันที่ 10 พฤศจิกายน 2562 จาก <http://www.pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es0507158?journalCode=esthag>.

การศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งของอาคารอุบัติเหตุ
โรงพยาบาลยุพราชตะพานหิน จังหวัดพิจิตร

The investigation of the Grid-connected photovoltaic system performance on the
accident building at Yuparat Taphan Hin Hospital in Phichit Province

ณัฐวุฒิ ชาวสะอาด^{1*} ศักย์ชัย เพชรสุวรรณ¹ วีระบุลย์กิตติ ชุมพรม่วง² และอนุพล อัครพิณ²
Nattawut Khaosaad^{1*} Sakchai Petsuwan¹ Veeraboonkitt Chumpornpong² and Anupon Akkapiñ²

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 65000

² คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 65000

¹ General Science Education, Faculty of Education, Pibulsongkram Rajabhat University 65000

² Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University 65000

Received: 25 September 2020, Revised: 26 May 2021, Accepted: 15 June 2021, Published online: 23 August 2021

Abstract

This paper presented the performance ratio of the Grid-connected photovoltaic system at the accident building in Yuparat Taphanhin Hospital, Phichit Province. The recorded data were current, voltage, and solar radiation. There was automatically recorded every 15 seconds from July 2020 - September 2020. After that, the data were analyzed to the system performance ratio. The results, the system performance ratio (PR) = 0.95, the array yield (Ya) = 4.65 kWh/kWp*d., the final yield (Yf) 4.43 kWh/ kWp*d, the array capture Losses (Lc) is 0.07 kWh/kWp*d and the system losses (Ls) = 0.22 kWh/kWp*d.

Keywords: performance ratio, PV system, Hospital

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งของอาคารอุบัติเหตุโรงพยาบาลยุพราชตะพานหิน จังหวัดพิจิตร โดยที่ทำการบันทึก ได้แก่ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความเข้มรังสีอาทิตย์ทุกๆ 15 วินาที โดยเครื่องบันทึกแบบอัตโนมัติตั้งแต่เดือนกรกฎาคม – เดือนกันยายน พ.ศ. 2563 หลังจากนั้นนำข้อมูลต่างๆมาวิเคราะห์หาและสมรรถนะของระบบ จากผลการวิเคราะห์และประเมินผลพบว่าสมรรถนะของระบบมีค่าประมาณ 0.95 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Yield ; Ya) โดยเฉลี่ยจะมีค่าประมาณ 4.65 kWh/kWp*d พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Final Yield ;Yf) โดยเฉลี่ยประมาณ 4.43 kWh/kWp*d พลังงานสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Capture Losses ; Lc) โดยเฉลี่ยประมาณ 0.07

*Corresponding author: Tel.: 081 717 8093 E-mail address: nattawut.kh@psru.ac.th

kWh/kWp·d และพลังงานสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (System Losses ;Ls) มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 0.22 kWh/kWp·d

คำสำคัญ: สมรรถนะ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ โรงพยาบาล

บทนำ

การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มอย่างต่อเนื่องโดย ณ สิ้นปี พ.ศ. 2562 ทั่วโลกมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์กว่า 600 GW ซึ่งเกิดจากความตื่นตัวเกี่ยวกับการนำพลังงานทดแทนมาใช้แทนพลังงานฟอสซิลซึ่งกำลังจะหมดไปและปัญหาจากสภาวะโลกร้อนที่ทวีความรุนแรงขึ้นทุกปีอันเป็นผลจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล [1] ในประเทศไทยนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526-2562 ในหน่วยงานทั้งในส่วนของภาครัฐสถาบันการศึกษาและเอกชนได้มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในหลายภาพแบบ เป็นจำนวนถึง 2,982.6 MW [2] ซึ่งโรงพยาบาลยุพราชตะพานหิน จังหวัดพิจิตรเป็นหนึ่งในหน่วยงานราชการที่มีการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง เพื่อช่วยในการส่งเสริมนโยบายพลังงานและประหยัดพลังงาน ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงการศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อเข้าสายส่งของอาคารอุบัติเหตุ โรงพยาบาลยุพราชตะพานหิน จังหวัดพิจิตร

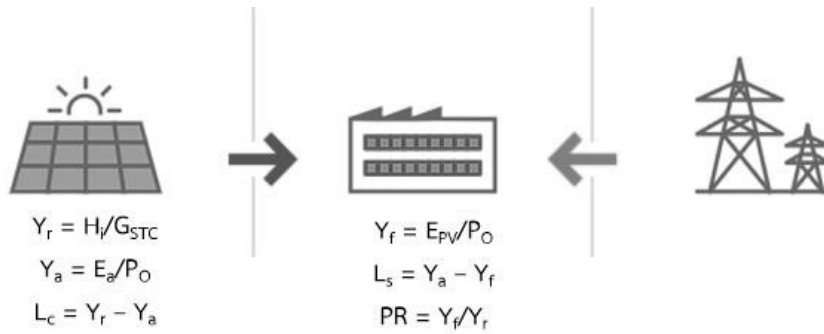
ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน	กำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้า* (เมกะวัตต์)					อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)
	2558	2559	2560	2561	2562	
พลังงานแสงอาทิตย์	1,419.6	2,446.1	2,697.2	2,962.5	2,982.6	0.7
พลังงานลม	233.9	507.0	627.8	1,102.8	1,506.8	36.6
พลังน้ำขนาดเล็ก	172.1	182.1	182.3	187.7	187.8	0.1
ชีวมวล	2,726.6	2,814.7	3,157.3	3,372.9	3,410.1	1.1
ก๊าซชีวภาพ	372.5	434.9	475.4	505.2	530.0	4.9
ขยะ	131.7	145.3	191.5	317.8	314.7	(1.0)
พลังน้ำขนาดใหญ่	2,906.4	2,906.4	2,906.4	2,919.7	2,919.7	-
พลังงานทดแทนอื่น (พลังความร้อนใต้พิภพ)	-	-	-	0.3	0.3	-
รวม	7,962.8	9,436.5	10,237.9	11,368.9	11,852.0	4.2

* รวมการผลิตไฟฟ้าจากระบบ

ภาพที่ 1 การติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526-2562 [2]

วิธีการวิจัย

การประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิค โดยการศึกษาในครั้งนี้จะใช้วิธีการที่อ้างอิงจาก IEA PVPS Task 13 – Performance, Operation and Reliability of Photovoltaic Systems (Subtask 2: Performance of Photovoltaic Systems) [3] ซึ่งทำการตรวจวัดค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งใช้งานตั้งแต่เดือนกรกฎาคม - เดือนกันยายน พ.ศ. 2563 โดยการบันทึกแบบอัตโนมัติทุกๆ 15 วินาที ตลอด 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำข้อมูลที่บันทึกมาวิเคราะห์หาค่า Ya Yf และ PR โดยจะทำการกำหนดวิธีการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ดังต่อไปนี้



พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_a = E_a/P_O \quad (1)$$

Y_a คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง (kWh/kWp)

E_a คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (kWh)

P_O คือ กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWp)

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทางทฤษฎี (Reference Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_r = H_i/G_{STC} \quad (2)$$

Y_r คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้งในทางทฤษฎี (kWh/kWp)

H_i คือ พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/m²)

G_{STC} คือ ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่สภาวะมาตรฐานการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ STC = 1 kW/m²

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Final Yield) หาได้จากสมการ

$$Y_f = E_{PV}/P_O \quad (3)$$

Y_f คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)

E_{PV} คือ พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกใช้โดยภาระทางไฟฟ้า (kWh)

P_O คือ กำลังไฟฟ้าติดตั้งสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWp)

พลังงานสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Capture Losses) หาได้จากสมการ

$$L_c = Y_r - Y_a \quad (4)$$

L_c คือ พลังงานที่สูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)

พลังงานสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (System Losses) หาได้จากสมการ

$$L_s = Y_a - Y_f \quad (5)$$

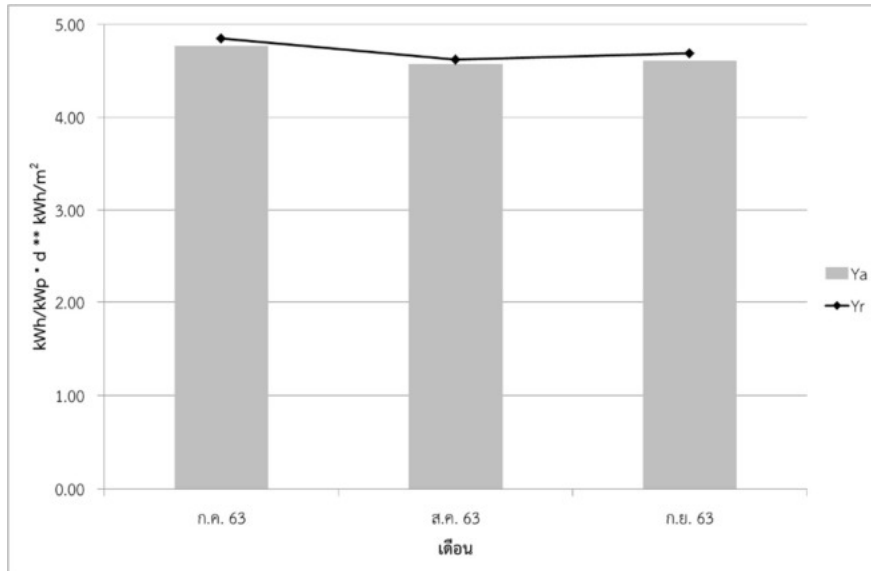
L_s คือ พลังงานที่สูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh/kWp)

สมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Performance Ratio) หาได้จากสมการ

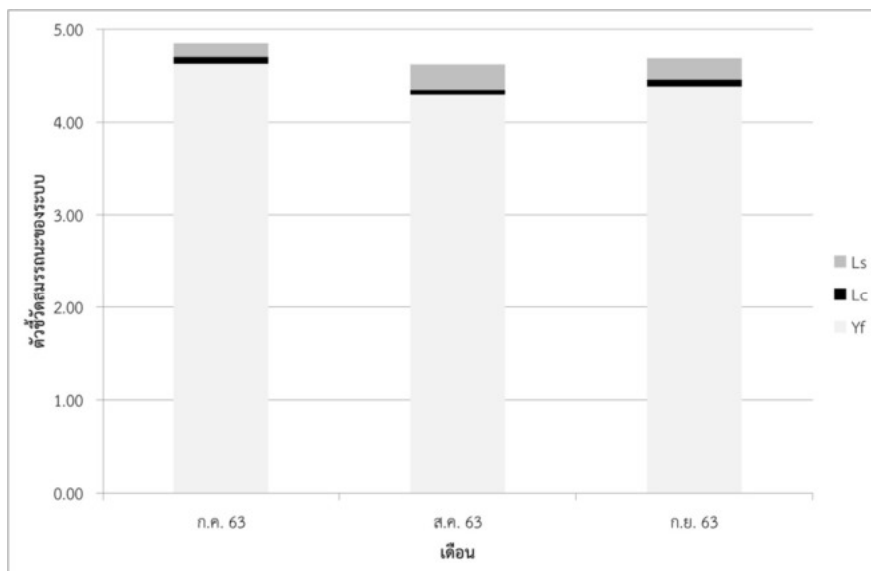
$$PR = Y_f/Y_r \quad (6)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากภาพที่ 2 แสดงค่า Y_a ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ในแต่ละเดือน เมื่อนำ Y_a มาเฉลี่ยจะมีค่าประมาณ $4.65 \text{ kWh/kWp} \cdot \text{d}$ ณ พลังงานแสงอาทิตย์ $4.72 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{d}$ และจากภาพที่ 3 แสดงตัวชี้วัดสมรรถนะของระบบ ได้แก่ Y_f , L_c และ L_s ซึ่งจากระบบที่ได้ทำการศึกษา พบว่า Y_f มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ $4.43 \text{ kWh/kWp} \cdot \text{d}$, L_c มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ $0.07 \text{ kWh/kWp} \cdot \text{d}$ และ L_s มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ $0.22 \text{ kWh/kWp} \cdot \text{d}$

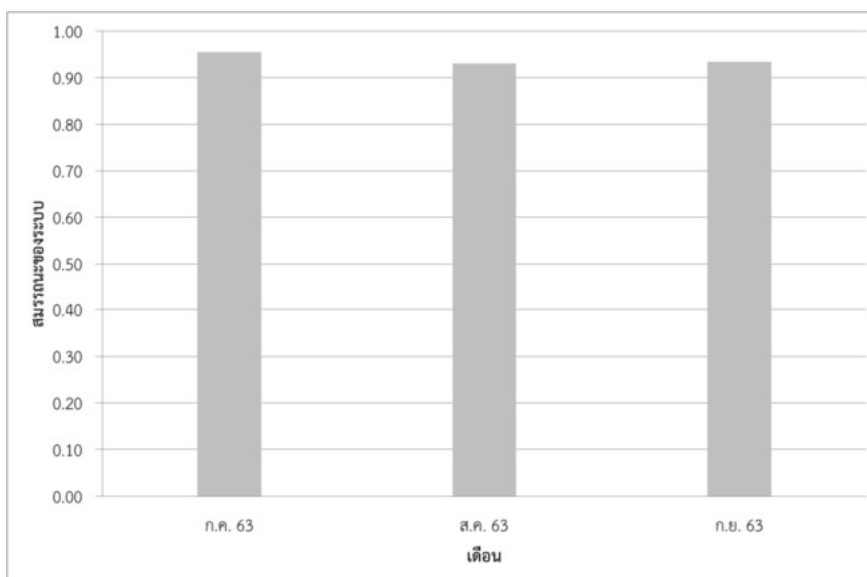


ภาพที่ 2 พลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ต่อกำลังติดตั้ง ($\text{kWh/kWp} \cdot \text{d}$)



ภาพที่ 3 ตัวชี้วัดสมรรถนะของระบบ

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละเดือน ซึ่งสมรรถนะของระบบโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณ 0.95 %



ภาพที่ 4 สมรรถนะของระบบ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า สมรรถนะของระบบ (PR) มีค่าประมาณ 0.95 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Yield ; Ya) โดยเฉลี่ยจะมีค่าประมาณ 4.65 kWh/kWp · d พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Final Yield ; Yf) โดยเฉลี่ยประมาณ 4.43 kWh/kWp · d พลังงานสูญเสียบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Array Capture Losses ; Lc) โดยเฉลี่ยประมาณ 0.07 kWh/kWp · d และพลังงานสูญเสียในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (System Losses ; Ls) มีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 0.22 kWh/kWp · d

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณงบประมาณสนับสนุนในการติดตั้งจากโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในหน่วยงานภาครัฐ และโรงพยาบาลพราชตะพานหิน อำเภอตะพานหิน จังหวัดพิจิตร ที่ขออนุญาตให้ใช้ข้อมูลเพื่อเผยแพร่ในเป็นประโยชน์แก่ประชาชนทั่วไป และคณาจารย์ นักวิจัยของวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยีที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องคำแนะนำ และข้อมูลสนับสนุนในการศึกษานี้ ทำให้การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Arnulf Jäger-Waldau. PV Status Report 2019: Research, Solar Cell Production and Market Implementation of Photovoltaic. EUR 29938 EN สืบ เมื่อวันที่ 1 กันยายน 2563. จาก https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118058/kjna29938enn_1.pdf
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2562). รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย. สรุปสถานการณ์พลังงานทดแทนของประเทศไทย ปี 2562 (ไฟฟ้า). สืบเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2564. จาก <https://www.dede.go.th/download/stat63/Thailand%20Alternative%20Energy%20Situation%202019.pdf>
- [3] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. (2018). IEA PVPS Task 13 – Performance, Operation and Reliability of Photovoltaic Systems.

[4] Muhammad Naveed Akhter, Saad Mekhilef, Hazlie Mokhlis, Lanre Olatomiwa, Munir Azam Muhammad. Performance assessment of three grid-connected photovoltaic systems with combined capacity of 6.575 kWp in Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, Volume 277, 20 December 2020, 1232421

[5] เอกพันธ์ ผัดศรี , คณภรณ์ ก้อนแก้ว และ อัครินทร์ อินทนิเวศน์. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และสมรรถนะ ของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่งขนาด 300 kW. ใน **การประชุมวิชาการครั้งที่ 3 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา**, วันที่ 30 สิงหาคมพ.ศ. 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี. หน้า 95 - 104

[6] ณัฐวุฒิ ชาวสะอาด ฐิติพร เจาะจง และนิพนธ์ เกตุจ้อย. การศึกษาพลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ รายปีภายใต้สภาวะการใช้งานจริง. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม. **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง**, ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 เมษายน 2552 – กันยายน 2552. หน้า 44 - 49

การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลที่ไหลผ่านกังหันน้ำแบบคาปลาน สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก Computational Fluid Dynamic Analysis of Flow through a Kaplan Turbine for a Small Hydropower Plant

มุฮัมมัดคอยรี หะยีบากา^{1*} อาหมัด แวบีอราเฮง² อีลีหัยยะ สนิโซ² บุญธิดา จิรรัตน์โสภา³ และจักกราวูต เตโช⁴
Muhammadkhoiri Hayibaka^{1*}, Amad Waeberaheng², Eleeyah Saniso², Boontida Jirattanatsopa³,
and Jakkrawut Techo⁴

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

²สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

³สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

⁴สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 60000

¹Renewable Energy Technology, Faculty of Science Technology and Agriculture,
Yala Rajabhat University 95000

²Physics, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University 95000

³Information Technology, Faculty of Science Technology and Agriculture,
Yala Rajabhat University 95000

⁴Energy Engineering, Faculty of Agriculture and Industrial Technology,
Nakhon Sawan Rajabhat University 60000

Received: 10 October 2020, Revised: 26 May 2021, Accepted: 15 June 2021, Published online: 23 August 2021

Abstract

A small hydropower plant is an environmentally-friendly and clean energy source that uses the kinetic and potential energy of water to generate electricity. This research aims to analyze and simulate the dynamic flow of fluid through a Kaplan turbine for small hydropower plants. The model was constructed using 3 types of Kaplan turbines, each consisting of 3, 4 or 5 blades with a radius of 180 mm as created by the Solid Works simulation program in order to define the initial conditions, goal or solution, as well as examine the solutions obtained from the analysis. The results showed that the turbulence of water and the torque of the turbine when flowing through a turbine with 5 blades, turbulence and maximum torque are achieved, where torque is 0.270 N-m. However, the torque increases when the number of blades increases, but the speed is low and the efficiency of the turbine decreases. The 4-blade propeller showed the highest efficiency at 54.6%.

Keywords: Computational Fluid Dynamic, Kaplan Turbine, Small-Hydro Power Plant

*Corresponding author: Tel.: 086 296 8790 E-mail address: muhammadkhoiri.h@yru.ac.th

บทคัดย่อ

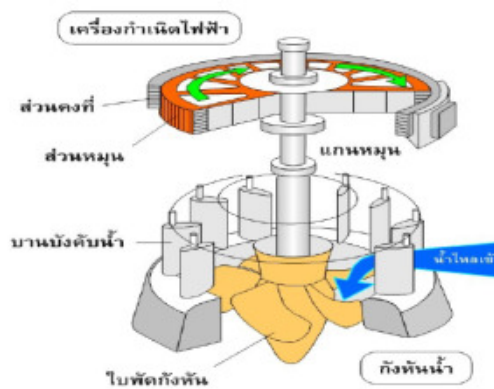
โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่ใช้พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของน้ำในการผลิตไฟฟ้า การวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลที่ไหลผ่านกังหันน้ำแบบคาปาลาน โดยการออกแบบและสร้างกังหันน้ำแบบคาปาลานจำนวน 3 ลักษณะ ได้แก่ กังหันน้ำที่มีใบพัดจำนวน 3 4 และ 5 ใบ ขนาดรัศมีกังหัน 180 mm แล้ววิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลด้วยโปรแกรม Solid Works Simulation โดยกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นการวิเคราะห์ กำหนดเป้าหมายหรือผลเฉลยที่ต้องการ และตรวจสอบเฉลยต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ ซึ่งพบว่า ความปั่นป่วนของน้ำและค่าแรงบิดของกังหันเมื่อไหลผ่านกังหันที่มีใบพัด 5 ใบ มีความปั่นป่วนและค่าแรงบิดสูงสุด โดยแรงบิดมีค่าเท่ากับ 0.270 N-m ทั้งนี้ เมื่อจำนวนใบพัดเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นแต่ความเร็วรอบต่ำและประสิทธิภาพของกังหันลดลง โดยที่ใบพัด 4 ใบ มีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 54.6%

คำสำคัญ: พลศาสตร์ของไหล กังหันน้ำแบบคาปาลาน โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก

บทนำ

ในปัจจุบันพลังงานถือว่ามีสำคัญเป็นอย่างมากต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์รวมถึงการประกอบกิจกรรมธุรกิจต่าง ๆ หลายประเทศทั่วโลกจึงให้ความสนใจในการคิดค้นพลังงานทางเลือกต่าง ๆ เพื่อนำมาทดแทนพลังงานที่ใช้ในปัจจุบัน รวมถึงประเทศไทยที่ได้มีการส่งเสริมและพัฒนาในด้านของพลังงานมาอย่างต่อเนื่อง แต่ในปัจจุบันประเทศไทยส่วนใหญ่มีการนำเข้าพลังงานประเภทเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น เชื้อเพลิงเหล่านี้เมื่อใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าแล้วจะส่งผลกระทบต่อสภาวะบรรยากาศในรูปของมลพิษทางอากาศ ซึ่งจากข้อมูลของกระทรวงพลังงานประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในไตรมาสแรกของปี 2563 มีปริมาณ 22,355 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 1.8 คิดเป็นมูลค่ากว่า 267,553 ล้านบาท การใช้พลังงานยังคงเพิ่มขึ้นตามการเติบโตทางเศรษฐกิจโดยที่น้ำมันสำเร็จรูปยังคงเป็นพลังงานที่ใช้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 45.5 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด รองลงมาประกอบด้วย ไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียน ถ่านหิน/ลิกไนต์ ก๊าซธรรมชาติและพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม คิดเป็นร้อยละ 19.1 11.7 12.4 6.1 และ 5.2 ตามลำดับ [1] ทั้งนี้กระทรวงพลังงานจึงมีนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนเพื่อลดการใช้พลังงานจากฟอสซิล โดยที่หนึ่งในเป้าหมายการพัฒนาพลังงานทดแทนของกระทรวงพลังงานคือพลังงานน้ำขนาดเล็ก

การผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก เป็นกระบวนการผลิตไฟฟ้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่ใช้พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของน้ำในการผลิตไฟฟ้า ไม่ก่อให้เกิดมลพิษและมลภาวะ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน จึงมีการสนับสนุนเพื่อให้มีการสร้างโรงไฟฟ้าหรือผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำให้มากขึ้น เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น [2] ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแบบน้ำไหลผ่านตลอด จะใช้ความแตกต่างของระดับน้ำบนพื้นที่ที่ต่างกันในการผลิตกระแสไฟฟ้าและปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถและประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า ได้แก่ ความสูงของระดับน้ำ ปริมาณการไหลของน้ำ รวมถึงชนิดของกังหันน้ำ



ภาพที่ 1 ลักษณะการทำงานของกังหันน้ำแบบคาปลาน [4]

กังหันน้ำเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ เพราะส่งผลต่อสมรรถนะของโรงไฟฟ้า ดังนั้นการออกแบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงเพื่อผลิตใช้เองในชุมชน ตลอดจนอุตสาหกรรมด้านไฟฟ้าของประเทศจึงมีความสำคัญมากในทางปฏิบัติ การทำนายประสิทธิภาพของกังหันน้ำด้วยการคำนวณทางทฤษฎีเพื่อทำนายค่าประสิทธิภาพนั้นจะได้เพียงค่าประสิทธิภาพ และไม่สามารถระบุถึงสาเหตุของประสิทธิภาพที่ไม่ดี และการทดสอบโมเดลต้องใช้งบประมาณและเวลาในการทำสูง วิธีการหนึ่งที่สามารถใช้ในการทำนายสมรรถนะของกังหันน้ำ คือวิธีการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหล CFD จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลที่ไหลผ่านกังหันน้ำแบบคาปลานสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก เพื่อทำนายรูปแบบของกังหันน้ำที่ให้ประสิทธิภาพสูง และนำไปใช้จริงในโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำต่อไป โดยกังหันน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นกังหันน้ำแบบคาปลาน มีลักษณะใบพัดดังภาพที่ 1 เหมาะกับแหล่งน้ำที่มีระดับความสูงของหัวน้ำต่ำตั้งแต่ 1-70 m และมีหลักการทำงานโดยให้น้ำจะไหลผ่านใบพัดในทิศทางกับแกนของกังหันน้ำ โดยใบพัดของกังหันน้ำแบบคาปลานสามารถปรับมุมเพื่อรับแรงฉุดของน้ำโดยอัตโนมัติทำให้สามารถควบคุมความเร็วในการหมุนของกังหันน้ำได้ [3]

วิธีการดำเนินการวิจัย

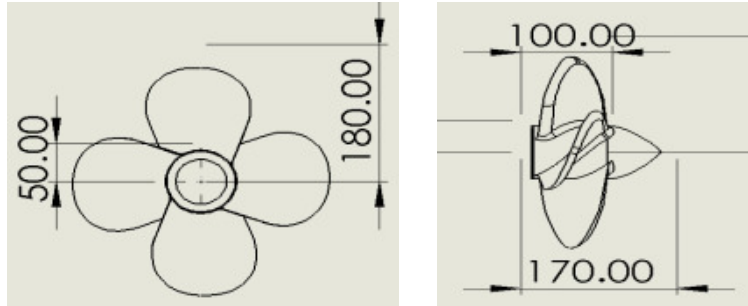
1. ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยเบื้องต้น

ศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาการออกแบบกังหันน้ำ การเขียนแบบสามมิติโดยใช้โปรแกรมในคอมพิวเตอร์ และการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหล

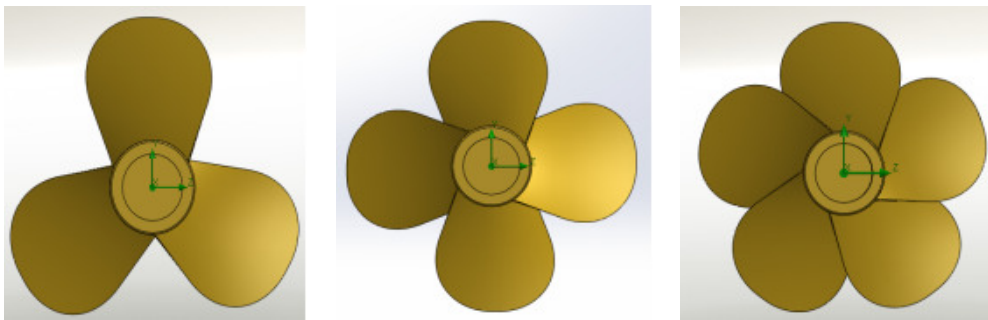
2. การออกแบบกังหันน้ำแบบคาปลาน

2.1 ออกแบบ และสร้างแบบจำลองกังหันน้ำแบบคาปลาน ขนาดรัศมีกังหัน 180 mm ดังภาพที่ 2 โดยการเขียนแบบสามมิติ ใช้โปรแกรม Solid Works V.2016

2.2 สร้างโมเดลกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวน 3 แบบ ประกอบด้วย 3 4 และ 5 ใบ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ขนาดของกังหันน้ำแบบคาปลานที่ออกแบบ



(ก) 3 ใบ

(ข) 4 ใบ

(ค) 5 ใบ

ภาพที่ 3 ลักษณะจำนวนใบต่าง ๆ (ก) 3 ใบ (ข) 4 ใบ และ (ค) 5 ใบ

3. การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหล

ขั้นตอนที่ 1 ใช้คำสั่ง Wizard ในโปรแกรม Solid Works Simulation V.2016 โดยเงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์กังหันน้ำแบบคาปลานทั้ง 3 ค่า ใช้ตัวแปรควบคุมที่เหมือนกัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์กังหันน้ำแบบคาปลาน

ระบบหน่วย	SI
ประเภทการวิเคราะห์	ภายนอก
ชนิดของของไหล	ของเหลว (น้ำ)
ความดันของของไหล	10^5 Pa
อุณหภูมิของของไหล	293.2 K
ความเร็วของของไหล	0.5 m/s

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดเป้าหมายหรือผลเฉลยที่ต้องการ การคำนวณด้วยโปรแกรม Solid Works Simulation มีลักษณะการวนลูบเพื่อหาค่าตอบ หาค่าความเมื่อค่าต่าง ๆ โดยภาพรวมมีการเปลี่ยนน้อยมาก ดังนั้นต้องมีเงื่อนไขหยุด วิเคราะห์ด้วยการใช้เป้าหมาย (Goal) [5] ที่กำหนดคือ แรง (Force) และแรงบิด (Torque)

ขั้นตอนที่ 3 การดูผลเฉลยต่าง ๆ เป็นการดูผลเฉลยที่ต้องการตรวจสอบหรือเพื่อนำเสนอ รวมทั้งตรวจสอบเป้าหมายที่ต้องการ

4. การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล

จากการทดสอบนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของกังหันน้ำ (η_T) ซึ่งเป็นอัตราส่วนกำลังงานของกังหันน้ำ (P_{Out}) กับพลังงานจลน์ของน้ำ (P_{in}) [6] ดังแสดงในสมการที่ (3) โดยในการคำนวณวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ จะกำหนดค่าต่าง ๆ ดังตารางที่ 2

$$P_{in} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

$$P_{out} = 2\pi N \tau \quad (2)$$

$$\eta_T = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (3)$$

เมื่อ η_T คือ ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ (%) P_{Out} คือ กำลังงานของกังหันน้ำ (W) P_{in} คือ พลังงานจลน์ของน้ำ (W) ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3) A คือ พื้นที่หน้าตัดที่น้ำไหลผ่าน (m^2) v คือ ความเร็วน้ำ (m/s) N คือ ความเร็วรอบ (RPS) และ τ คือ แรงบิด (N-m)

ตารางที่ 2 ค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ

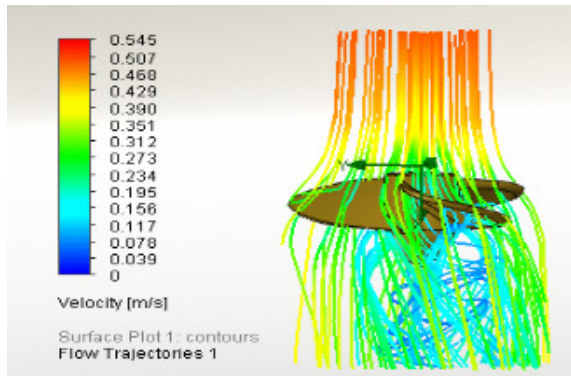
ความหนาแน่นของน้ำ		998 kg/m^3
พื้นที่หน้าตัดที่น้ำไหลผ่าน		0.35 m^2
ความเร็วน้ำ		0.5 m/s
	3 ใบ	2.5 RPS
ความเร็วรอบของกังหัน	4 ใบ	8.6 RPS
	5 ใบ	5.8 RPS

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

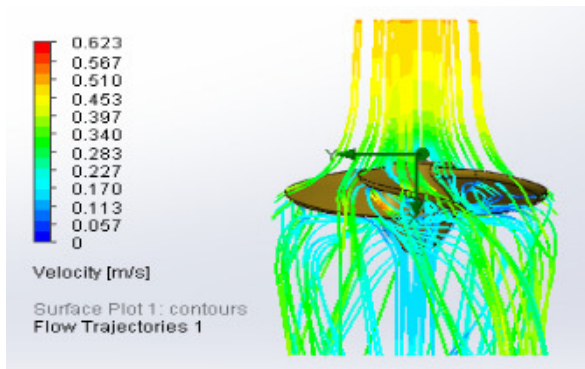
จากผลการจำลองการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันน้ำแบบคาปาลาน สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก สามารถวิเคราะห์ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านกังหัน แรงบิดของแบบจำลองกังหันน้ำแบบคาปาลาน และประสิทธิภาพของกังหันได้ดังต่อไปนี้

1. ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านกังหัน

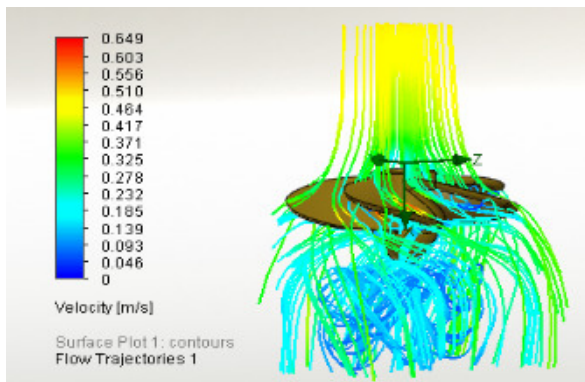
จากผลการจำลองการไหลของน้ำผ่านกังหันน้ำแบบคาปาลานทั้ง 3 แบบ พบว่าอัตราเร็วของน้ำที่ไหลมาปะทะใบพัดลดลงประมาณ 0.25 m/s จากเดิมก่อนที่น้ำจะไหลมาปะทะกังหันมีความเร็ว 0.5 m/s และเมื่อวิเคราะห์ความปั่นป่วนของน้ำ (Turbulence Flow) เมื่อไหลผ่านกังหันพบว่ากังหันน้ำที่มีใบพัด 5 ใบ จะมีความปั่นป่วนมากที่สุด เนื่องจากจำนวนใบพัดมากขึ้นพื้นที่รับแรงน้ำของใบพัดมีค่ามากกว่า ทำให้เกิดความปั่นป่วนจากการหมุนของกังหันมากกว่ากังหันน้ำที่มีใบพัด 3 ใบ และ 4 ใบ โดยผลการจำลองการไหลของน้ำผ่านกังหันดังภาพที่ 4-6



ภาพที่ 4 ลักษณะการไหลของน้ำผ่านกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวนใบพัด 3 ใบ



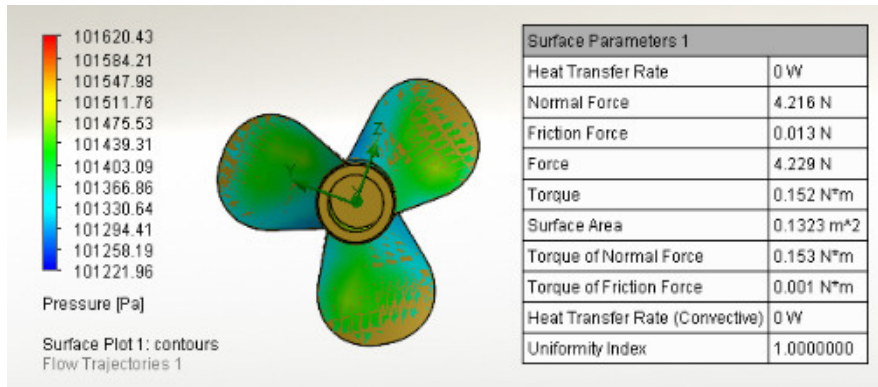
ภาพที่ 5 ลักษณะการไหลของน้ำผ่านกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวนใบพัด 4 ใบ



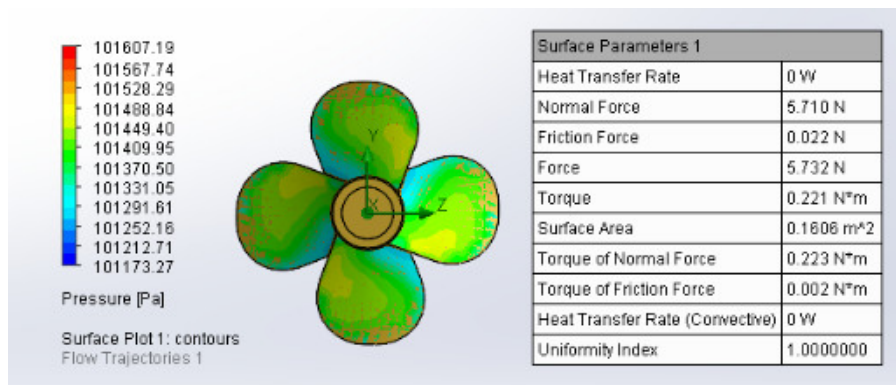
ภาพที่ 6 ลักษณะการไหลของน้ำผ่านกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวนใบพัด 5 ใบ

2. แรงบิดของกังหันน้ำ

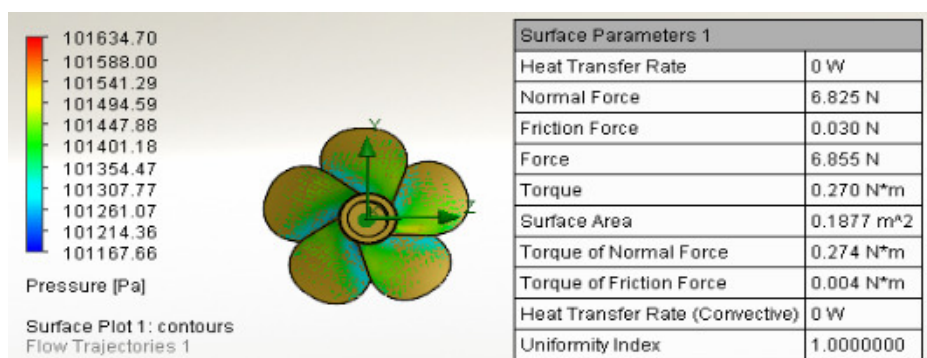
จากผลการวิเคราะห์แรงบิดของกังหันน้ำ พบว่าจำนวนใบพัดเพิ่มขึ้นทำให้แรงบิดเพิ่มขึ้น เนื่องจากจำนวนใบพัดมากขึ้นพื้นที่รับแรงน้ำของใบพัดมีค่ามากกว่า ทำให้ต้องใช้แรงบิดที่สูงในการหมุนกังหัน ทั้งนี้ค่าแรงบิดสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.270 N-m ที่จำนวนใบพัด 5 ใบ รองลงมาที่จำนวนใบพัด 4 ใบ และ 3 ใบ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.221 N-m และ 0.152 N-m ตามลำดับ โดยผลการทำนายค่าต่าง ๆ ของกังหันน้ำดังภาพที่ 7-9



ภาพที่ 7 การทำนายค่าต่าง ๆ ของกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวนใบพัด 3 ใบ



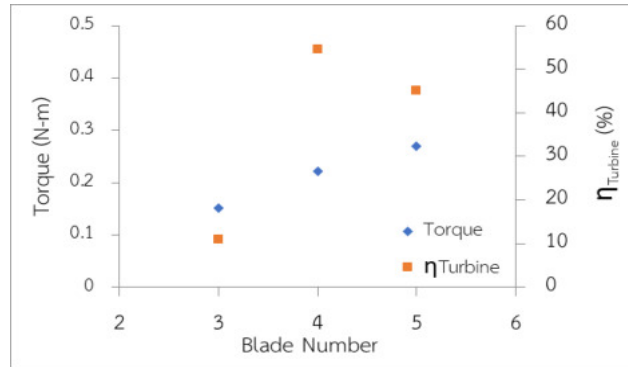
ภาพที่ 8 การทำนายค่าต่าง ๆ ของกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวนใบพัด 4 ใบ



ภาพที่ 9 การทำนายค่าต่าง ๆ ของกังหันน้ำแบบคาปลานจำนวนใบพัด 5 ใบ

3. ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ

จากผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพกังหันโดยพิจารณาที่เพลากังหันพบว่า ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 36.88% โดยประสิทธิภาพสูงสุดมีค่า 54.6% ที่ใบพัด 4 ใบ จะเห็นได้ว่าเมื่อจำนวนใบพัดมากขึ้นจะให้ค่าประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่เมื่อถึงจุดที่ค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ใบพัด 4 ใบ ค่าประสิทธิภาพมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่อจำนวนใบพัดสูงขึ้นความเร็วรอบของกังหันลดลง โดยความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบพัดกับแรงบิดและประสิทธิภาพของกังหันน้ำดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบพัดกับแรงบิดและประสิทธิภาพของกังหันน้ำ

จากข้อมูลภาพที่ 7-10 พบว่าที่จำนวนใบพัดมากจะให้ค่าแรงบิดที่สูงแต่ความเร็วรอบต่ำ ดังนั้นขึ้นอยู่กับว่าต้องการกำลังที่เพล่าไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบใด หากต้องการใช้งานที่แรงบิดสูงๆ ก็ต้องทำการออกแบบกังหันให้ทำงานที่รอบต่ำ หรือหากต้องการทำงานที่ความเร็วรอบสูงก็ต้องยอมรับในข้อด้อยเรื่องของแรงบิดที่ต่ำ

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลที่ไหลผ่านกังหันน้ำแบบคาปลาน สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความปั่นป่วนของน้ำเมื่อไหลผ่านกังหันพบว่ากังหันน้ำที่มีใบพัด 5 ใบ จะมีความปั่นป่วนมากที่สุด
2. เมื่อจำนวนใบพัดเพิ่มขึ้นทำให้แรงบิดเพิ่มขึ้น ค่าแรงบิดสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.270 N-m ที่จำนวนใบพัด 5 ใบ
3. เมื่อจำนวนใบพัดสูงขึ้นความเร็วรอบและประสิทธิภาพของกังหันลดลง โดยที่ประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าเท่ากับ 54.6% ที่ใบพัด 4 ใบ

ทั้งนี้ ขึ้นกับว่าต้องการกำลังที่เพล่าไปใช้ประโยชน์ในลักษณะใดกล่าวคือ หากต้องการใช้งานที่แรงบิดสูงก็ต้องออกแบบกังหันให้ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำในขณะเดียวกันหากต้องการทำงานที่ความเร็วรอบสูงก็ต้องออกแบบให้มีแรงบิดที่ต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากเครือข่ายการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561 (โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก เครือข่ายวิจัยภาคใต้ตอนล่าง)

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2563). **สถานการณ์พลังงานของประเทศ ไตรมาส 1/2563**. กระทรวงพลังงาน.
- [2] Green Network. (2563). **โรงไฟฟ้าชุมชน**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.greennetworkthailand.com> (25 กันยายน 2563).
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2557). **ไฟฟ้าพลังน้ำ**. สารานุกรมพลังงานทดแทน. กรุงเทพฯ: มีเดีย เอกซ์เพอร์ทีส อินเตอร์เนชั่นแนล.
- [4] Y.P. Consultants Co., Ltd. (ม.ป.ป.). **hydroelectricity** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.y.p.co.th/2010-10-03-06-35-34/88-hydroelectricity.pdf> (29 กันยายน 2563).
- [5] วสันต์ จันทร์หยวก (2559). “เทคนิคการใช้งานวิเคราะห์การไหลด้วย Solid works Flow Simulation”. หนังสือ **Solid works Flow Simulation**, กรุงเทพฯ: บริษัท แอปพลิเคชัน จำกัด.
- [6] เสาวลักษณ์ ทองดี, ชูรัตน์ ธารารักษ์, ณัฐภูมิ ดุษฎี, Rameshprabu Ramaraj และธเนศ ไชยชนะ. (2561). “อิทธิพลของจำนวนใบต่อคุณลักษณะการทำงานของกังหันลมแกนตั้งชนิดซาโวเนียส”. ใน **การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19** วันที่ 26-27 เมษายน 2561.
- [7] มูฮำหมัดนุร ยูนิ, อิสมาแอล เจ๊ะเต๊ะ, รอมซี มาหะ, ลุตฟี สือนิ และอีลีหัยะ สนิโซ. (2555). “เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่าย : นวัตกรรมสำหรับชนบท”. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 3 (1), 30-36.
- [8] วีระยุทธ หล้าอมรชัยกุล. (2561). “แบบจำลองความปั่นป่วน K-epsilon ($k-\epsilon$) และ K-omega ($k-\omega$) สำหรับการวิเคราะห์รอบการหมุนของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าแบบแกนนอนสำหรับชุมชน”. **วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. ปีที่ 11 ฉบับที่ 1**, 95-104.
- [9] กิตติพร ไป้ซิว และจิราภรณ์ อนันตชัยพัชฌนา. (2555). “การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำชนิดเพลดัน โดยการใช้เทคนิคพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ”. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชวมงคลธัญบุรี**. 11-18.
- [10] Ardalan Javadi and Hakan Nilsson. (2017). Detailed numerical investigation of a Kaplan turbine with rotor-stator interaction using turbulence-resolving simulations. **International Journal of Heat and Fluid Flow**, 63, 1-13.
- [11] Ajaz Bashir Janjua, M. Shahid Khalil, Muhammad Saeed, Fahad Sarfraz Butt and Abdul Waheed Badar. (2020). Static and dynamic computational analysis of Kaplan turbine runner by varying blade profile. **Energy for Sustainable Development**, 58, 90-99.

การศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากขยะชุมชนในพื้นที่ จังหวัดนครราชสีมา

Study of Garbage Power Plant in Nakhon Ratchasima Province

ยุทธนา คงจีน¹ ธีรภัทร ดำรงธรรม¹ รุ่งเพชร ก่องนอก^{1*} กฤติเดช บัวใหญ่¹ และกานท์ เกิดชื่น¹
Yuttana Kongjeen¹, Teerapat Dumrongthum¹, Rungphet Kongnok¹ Krittidet Buayai¹ and Kaan Kerdchuen¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

¹Electrical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,
Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima 30000

Received: 10 October 2020, Revised: 26 May 2021, Accepted: 15 June 2021, Published online: 23 August 2021

Abstract

This research study uses waste energy for conversion to the electric energy of municipal waste power plants in the education area in Nakhon Ratchasima Province. An estimation of waste thermal energy is used to estimate the size of electrical energy production. The simulation for testing the installation of municipal waste power plants using the IEEE 33 nodes. The simulation is divided into two case studies. The first case study installed at the garbage power plant at node No. 6. The second case study, the garbage waste power plant installed at node No. 18. The study results showed that the amount of waste in the Nakhon Ratchasima area could generate electricity. It found that more remarkable than the load demand of the simulated system studied. The municipal waste power plant's rated size was approximately 30% of the total load in the test system and used a comparative method of the rated capacity of the studied waste power plant. The simulation results from the model showed that it could be improved the voltage quality and reduced the total system power loss. Therefore, it is necessary to conduct an in-depth study of municipal waste to be designed to determine the optimal size and installation location of a municipal waste power plant installation in the existing power system.

Keywords: Garbage power plant, Load voltage deviation, Municipal solid waste, Power loss

*Corresponding author: Tel.: 088 344 8332. E-mail address: rungphet.ko@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการนำขยะมาใช้เป็นพลังงานเพลิงเพื่อแปลงผันเป็นพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขยะชุมชนในพื้นที่การศึกษาจังหวัดนครราชสีมา การประมาณค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากขยะถูกนำมาใช้ประเมินขนาดกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้า การจำลองเพื่อทดสอบติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนด้วยระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE 33 โหนด การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 กรณีศึกษา กรณีศึกษาแรกติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนที่โนดหมายเลข 6 และกรณีศึกษาสองติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนที่โนดหมายเลข 18 ผลจากการศึกษาพบว่าปริมาณขยะในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาสามารถที่จะนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้มีปริมาณมากกว่าปริมาณความต้องการของโหลดของระบบจำลองที่ศึกษา พิจารณาขนาดพิกัดของโรงไฟฟ้าขยะชุมชนที่ประมาณร้อยละ 30 ของพิกัดรวมของโหลดในระบบทดสอบและใช้วิธีการเทียบเคียงขนาดพิกัดกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าขยะที่ทำการศึกษา ผลการวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้าจากแบบจำลองพบว่าสามารถปรับปรุงคุณภาพแรงดันไฟฟ้าและสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบลงได้ ดังนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการศึกษาในเชิงลึกเกี่ยวกับขยะชุมชนเพื่อนำมาทำการออกแบบเพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะในระบบไฟฟ้าจริงในอนาคต

คำสำคัญ: โรงไฟฟ้าขยะชุมชน แรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลด ขยะชุมชน กำลังไฟฟ้าสูญเสีย

บทนำ

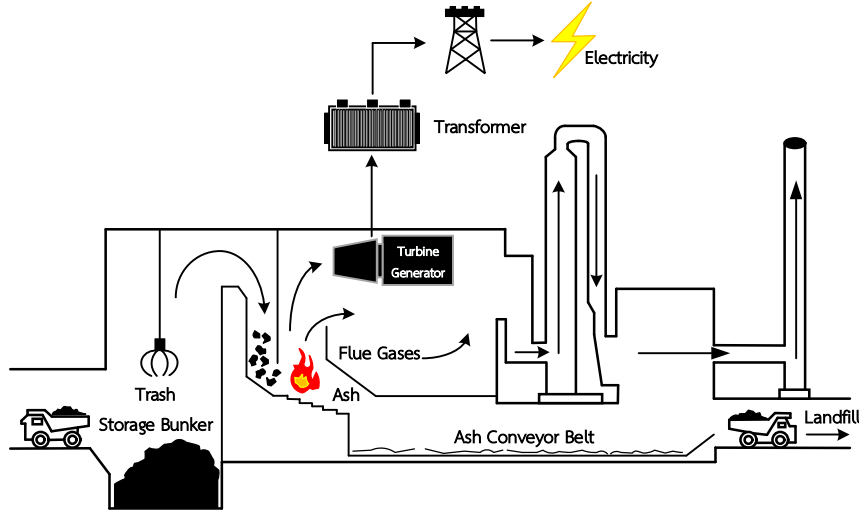
ปัจจุบันปัญหาด้านขยะเป็นสิ่งที่ทั่วโลกกำลังเผชิญการเจริญเติบโตของภาคเศรษฐกิจการเพิ่มขึ้นของประชากร ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้ปริมาณขยะเพิ่มสูงขึ้นและมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบันและอนาคตอันใกล้การจัดการปัญหาที่เกี่ยวข้องกับขยะควรให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่งรวมถึงการบริหารจัดการอย่างเหมาะสม หากปัญหาที่กล่าวมาไม่ถูกรีบแก้ไขจะส่งผลกระทบต่อสภาพความเป็นอยู่ของคนและเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมด้วยขยะบางประเภทไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ในประเทศไทยปัญหาที่เกี่ยวข้องกับขยะมีอยู่ทั่วประเทศ การจัดการปัญหาดังกล่าวมีมากมายหลายมาตรการ ซึ่งมาตรการการจัดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชน นำขยะมาแปรรูปให้เป็นพลังงานในการผลิตกำลังไฟฟ้า ซึ่งในปัจจุบันภาครัฐบาลส่งเสริมและสนับสนุนการดำเนินการเนื่องจากเป็นวิธีการที่สามารถลดปัญหาด้านขยะและได้พลังงานไฟฟ้ากลับมาใช้ [1]

การจัดการปัญหาด้านขยะในจังหวัดนครราชสีมามีการจัดการหลายรูปแบบ ทั้งการนำกลับมาใช้ใหม่ การฝังกลบ และได้มีการจัดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนขึ้นมาและนำขยะเหล่านี้มาแปรรูปเป็นพลังงานในลักษณะของขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel, RDF) คือ ขยะที่สามารถเผาไหม้ได้ โดยผ่านกระบวนการคัดแยก ขยะเชื้อเพลิงนั้นจะมีค่าความร้อนสูง ความชื้นที่ต่ำเหมาะที่จะนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า ส่วนขยะที่ไม่สามารถนำมาใช้แปรรูปเป็นขยะเชื้อเพลิงจะถูกนำไปฝังกลบเนื่องด้วยปริมาณขยะที่มีมาก การคัดกรองขยะที่สามารถนำมาผลิตเป็นขยะเชื้อเพลิงควรให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะขยะที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นขยะเชื้อเพลิงมีผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้า โรงไฟฟ้าขยะชุมชนที่จัดตั้งขึ้นกำลังการผลิตไฟฟ้าจะต้องเพียงพอสำหรับการผลิตไฟฟ้าออกสู่ชุมชน การจัดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนจึงเป็นทางออกหนึ่งในการช่วยลดปัญหาด้านขยะภายในจังหวัดนครราชสีมาและการผลิตไฟฟ้าเพื่อชุมชนในอนาคต

ในงานวิจัยนี้จะทำการจำลองการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะที่ใช้ข้อมูลจากขยะในจังหวัดนครราชสีมาในระบบทดสอบ IEEE 33 โหนด เพื่อวิเคราะห์ปริมาณและประเภทขยะที่นำมาเทียบเคียงกำลังการผลิตไฟฟ้า เพื่อผลในการปรับปรุงคุณภาพแรงดันไฟฟ้าและลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งส่วนที่ที่เกิดขึ้นจากการเลือกใช้พลังงานเชื้อเพลิงประเภทนี้

วิธีการวิจัย

ขยะมูลฝอยในเขตเทศบาล (Municipal solid waste, MSW) หรือเรียกอีกชื่อว่าขยะชุมชน ถูกนำมาแปรรูปเป็นขยะเชื้อเพลิงเพื่อนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขยะชุมชน โดยรูปแบบของโรงไฟฟ้าขยะชุมชนแสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แบบจำลองโรงไฟฟ้าขยะชุมชน

จากภาพที่ 1 จะพบว่าขยะจากชุมชนจะถูกรวบรวมที่ปริมาณเพียงพอ เพื่อนำไปเป็นขยะเชื้อเพลิงในเตาเผา ความร้อนที่เกิดขึ้นถูกนำไปให้ความร้อนกับระบบสร้างไอน้ำจากนั้นนำพลังงานไอน้ำที่ได้ไปใช้เป็นตัวต้นกำลังสำหรับเครื่องกำเนิดเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ผ่านหม้อแปลงไฟฟ้ายกระดับแรงดันเชื่อมต่อเข้ากับกริด ดังนั้นการประมาณค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาขยะเพื่อเทียบเคียงกำลังการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขยะมีดังนี้

การกำหนดองค์ประกอบค่าความร้อนของขยะ (Determination of the heating value of the waste components) [2, 3]

$$LHV^1 = \sum_1^9 W_j \times HV_j \quad (1)$$

$$HV = \beta_0 + \beta_1 C + \beta_2 H + \beta_3 N + \beta_4 S \quad (2)$$

โดย LHV^1 คือค่าความพลังงานความร้อนต่ำ HV_j คือองค์ประกอบค่าความร้อนของขยะ W_j คือเศษส่วนน้ำหนัก (ร้อยละ) สมการของ HV แสดงด้วยสมการที่ (2) โดย $\beta_0 \beta_1 \dots \beta_4$ คือค่าสัมประสิทธิ์ C คือร้อยละปริมาณคาร์บอน H คือร้อยละปริมาณไฮโดรเจน N คือร้อยละปริมาณไนโตรเจน และ S คือร้อยละปริมาณซัลเฟอร์ LHV^2 ทำการคำนวณด้วยสมการของ Dulong แสดงได้ดังสมการที่ (3) และ LHV^3 ทำการคำนวณด้วยสมการของ Steuer แสดงได้ดังสมการที่ (4)

$$LHV^2 = 81C + 342.5 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 22.5S - 6(W + 9H) \quad (3)$$

$$LHV^3 = 81 \left(C - \frac{3}{8}O \right) + 57 \frac{3}{8}O + 345 \left(H - \frac{O}{16} \right) + 25S - 6(W + 9H) \quad (4)$$

การประเมินศักยภาพกำลังไฟฟ้าของ MSW (Estimation of electrical power potential of the MSW, EPP_{MSW}) แสดงด้วยสมการที่ (5)

$$EPP_{MSW} = \frac{1000}{3.6} \times LHV_{MSW} \times \frac{W_{MSW}}{24} \times \eta \quad (5)$$

EPP_{MSW} คือศักยภาพกำลังไฟฟ้า (kW) W_{MSW} คือน้ำหนักของ MSW (ตัน) LHV_{MSW} คือค่าความร้อนต่ำของ MSW η คือประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานในโรงไฟฟ้า (ร้อยละ 20-ร้อยละ 40) ในการคำนวณนี้จะคิดที่ร้อยละ 30 และศักยภาพเครื่องกำเนิดกำลังไฟฟ้าที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าสามารถแสดงด้วยสมการที่ (6)

$$GP = EPP_{MSW} \times \eta_g \times \eta_p \times \frac{1}{1000} (MW) \quad (6)$$

โดย η_g คือศักยภาพของเครื่องกำเนิด (กำหนดที่ร้อยละ 90) η_p คือประสิทธิภาพการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (กำหนดที่ร้อยละ 75)

การวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้า (Power flow analysis)

การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าวิธีการของนิวตันราฟสัน [4] ใช้ค่าที่กำหนดให้ในบัสเป็นตัวเปรียบเทียบเพื่อคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าของแต่ละบัส เริ่มต้นพิจารณาจากสมการกระแสไหลเข้าบัส i ในเทอมของเมทริกซ์ของแอดมิตแตนซ์บัส Y_{BUS} แสดงได้ดังสมการที่ (7) และ (8) และคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ไหลระหว่างบัสได้จากสมการที่ (9) และ (10)

$$[I_{BUS}] = [Y_{BUS}][V_{BUS}] \quad (7)$$

$$I_i = \sum_{j=1}^N Y_{ij} V_j \angle(\theta_{ij} + \delta_j) \quad (8)$$

$$S_{ji} = V_j I_{ji}^* \quad (9)$$

$$S_{ij} = V_i I_{ij}^* \quad (10)$$

กำลังไฟฟ้าสูญเสียหาได้จากสมการที่ (11) และ (12)

$$S_{lossij} = S_{ij} + S_{ji} \quad (11)$$

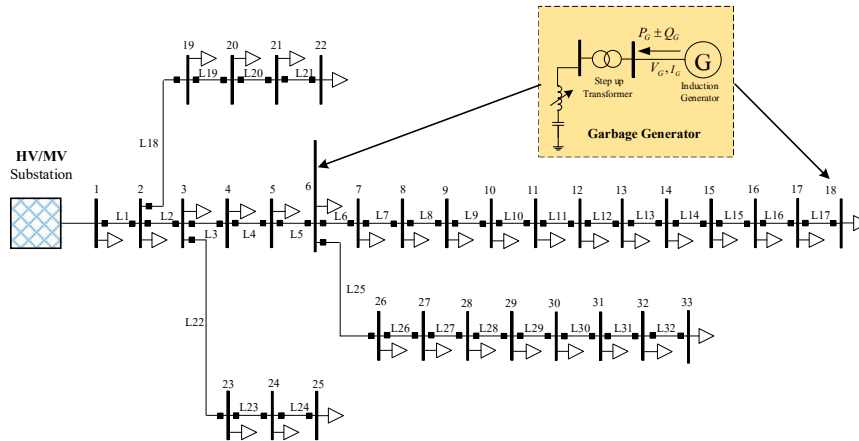
$$P_{Loss} = \text{Real}(S_{ij}) \quad (12)$$

และพิจารณาแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลด (Load Voltage Deviation, LVD) ได้จากสมการที่ (13) [5 6]

$$LVD = \sum_{k=2 \dots n} \left(\frac{V^{ref} - V^{(k)}}{V^{ref}} \right)^2 \quad (13)$$

เมื่อกำหนดให้ LVD คือแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลด V^{ref} คือแรงดันไฟฟ้าที่บัสอ้างอิง, $V^{(k)}$ คือแรงดันไฟฟ้าที่บัสใดๆ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE 33 โหนดจำลองการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนด้วยโปรแกรม DigSILENT® ไรต์ไหนดหมายเลข 6 เป็นตำแหน่งศูนย์กลางของโหลดในระบบและไหนดหมายเลข 18 เป็นตำแหน่งที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำมากที่สุดในระบบ แสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE 33 บัส เมื่อทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชน
ที่โหนดหมายเลข 6 และโหนดหมายเลข 18

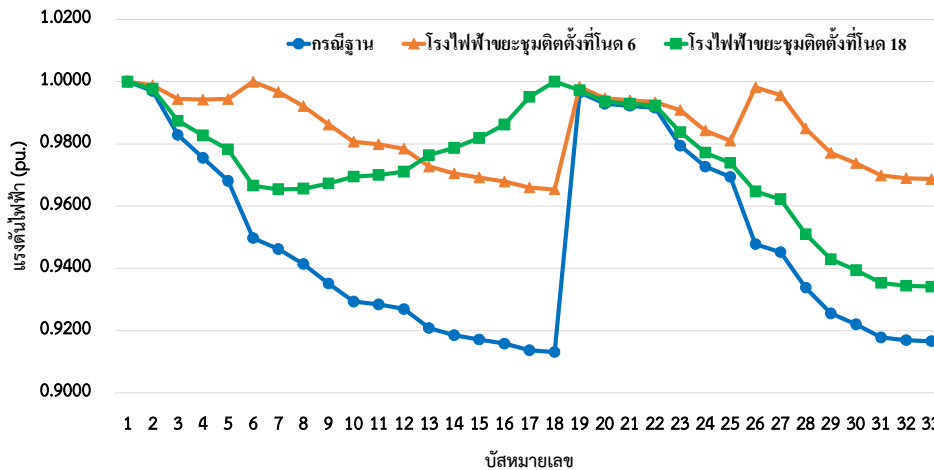
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณขยะในจังหวัดนครราชสีมาพบว่าปริมาณขยะประมาณ 464.35 ตันต่อวัน [7] และจำแนกประเภทของขยะชุมชนสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประเภทขยะชุมชนในจังหวัดนครราชสีมา

ประเภทขยะ	ร้อยละ
เศษอาหาร	39.74
ไม้	0.87
กระดาษ	8.46
ผ้า	0.54
พลาสติก/ถุง	33.51

ผลจากการคำนวณจากสมการที่ (1) (2) และ (3) ค่าตัวเลข LHV^1 , LHV^2 และ LHV^3 ได้ 22.23, 25.29 และ 25.08 MJ/kg ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 24.22 MJ/kg และหากนำค่าที่ได้จากสมการที่ (4) มาประมาณการศักยภาพกำลังไฟฟ้าที่ 39.05 MW และจากสมการที่ (6) ได้ค่าศักยภาพเครื่องกำเนิด เทียบเคียงกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ 26.36 MW นั้นแสดงให้เห็นว่าปริมาณขยะชุมชนในจังหวัดนครราชสีมาสามารถที่จะนำมาผลิตกำลังไฟฟ้าเพื่อจ่ายไฟภายในจังหวัดได้ แต่ด้วยพิกัดโหลดของระบบทดสอบมีขนาดโหลดที่ 3.72 MW คิดเป็นร้อยละ 14.11 ของค่ากำลังการผลิต เทียบเคียงที่ประเมินได้จากโรงไฟฟ้าขยะชุมชน จึงกำหนดค่าการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขยะชุมชนที่ 1 MW ทำการจำลองเปรียบเทียบกับกรณีฐานและกรณีติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนที่โหนด 6 และโหนด 18 ผลจากการจำลองแสดงได้ดังภาพที่ 3 ดังนี้



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบรูปแบบแรงดันไฟฟ้าที่บัส กรณีฐานและกรณีติดตั้งโรงไฟฟ้าชุมชนที่โนด 6 และโนด 18

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสีย

กรณีศึกษา	LVD		กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Ploss)	
	LVD	ร้อยละ	kW	ร้อยละ
กรณีฐาน	0.12	0	202.51	0
โรงไฟฟ้าชุมชนติดตั้งที่โนดหมายเลข 6	0.01	-89.17	169.11	-16.49
โรงไฟฟ้าชุมชนติดตั้งที่โนดหมายเลข 18	0.04	-69.07	130.09	-35.76

จากภาพที่ 3 และตารางที่ 2 พบว่าเมื่อทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าชุมชนที่โนดหมายเลข 6 และโนดหมายเลข 18 ทำให้แรงดันไฟฟ้าในระบบทดสอบมีค่าที่ดีขึ้น กรณีฐานมีค่าแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 0.12 และ 202.51 kW เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสียระหว่างกรณีฐานและติดตั้งที่โนดหมายเลข 6 มีค่าแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 0.01 และ 169.11 kW มีค่าลดลงจากกรณีฐานคิดเป็นร้อยละ 89.17 และ 16.49 กรณีติดตั้งที่โนดหมายเลข 18 มีค่าแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 0.04 และ 130.09 kW เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐานมีค่าลดลงคิดเป็นร้อยละ 69.07 และ 35.76 ตามลำดับ นั้น แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งโรงไฟฟ้าชุมชนจากระบบที่จำลองนั้นสามารถปรับปรุงคุณภาพแรงดันไฟฟ้าและลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบไฟฟ้าลงได้

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการนำขยะชุมชนมาใช้เป็นพลังงานจากขยะเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชุมชนพบว่าปริมาณขยะที่นำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า จากข้อมูลที่น่าเสนอพบว่าสามารถเทียบเคียงขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้าได้ที่ 26.36 MW เนื่องด้วยพิกัดโหลดของระบบทดสอบมีขนาดไม่สูงมากคิดเป็นร้อยละ 14.11 ในการศึกษาการจำลองการติดตั้งโรงไฟฟ้าชุมชนในระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE 33 โหนด จึงกำหนดขนาดติดตั้งโรงไฟฟ้าที่ 1 MW โดยทำการทดสอบติดตั้งในตำแหน่งที่โนดหมายเลข 6 และโนดหมายเลข 18 ผลการจำลองพบว่าในกรณีติดตั้งโรงไฟฟ้าชุมชนที่โนดหมายเลข 6 ซึ่งเป็นศูนย์กลางโหลดในระบบมีค่าแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 0.01 และ 169.11 kW มีค่าลดลงจากกรณีฐานคิดเป็นร้อยละ 89.17 และ 16.49 ตามลำดับ กรณีติดตั้งที่โนดหมายเลข 18 เป็นตำแหน่งที่มีแรงดันต่ำมากที่สุดในระบบมีค่าแรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนของโหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 0.04 และ 130.09

kW เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐานมีค่าลดลงคิดเป็นร้อยละ 69.07 และ 35.76 ในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนในระบบทดสอบสามารถที่จะปรับปรุงคุณภาพแรงดันไฟฟ้าและลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบได้ จากการศึกษาในเบื้องต้นนั้น โรงไฟฟ้าขยะชุมชนสามารถนำมาประยุกต์เพื่อใช้ในการปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้ดีขึ้นได้ ในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขยะชุมชนกับพื้นที่จริงควรคำนึงถึงการคัดแยกประเภทขยะเพื่อให้ไม่ต้องเสียเวลาคัดแยกในขั้นตอนสุดท้าย สามารถนำขยะไปใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงสำหรับขบวนการผลิตของโรงไฟฟ้าขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] นิชชา บุรสิงห์. (2562). โรงไฟฟ้าพลังงานขยะ : ทางแก้ปัญหาขยะล้นเมือง หรือเพิ่มมลพิษให้ชุมชน สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2563, จาก: https://library2.parliament.go.th/ejournal/content_af/2562/jan2562-2.pdf.
- [2] Ibikunle, R.A., Titiladunayo, I.F., Akinnuli, B.O., Lukman, A.F., Ikubanni, P.P., Agboola, O.O. (2018). Modelling the energy content of municipal solid waste and determination of its physiochemical correlation using multiple regression analysis. *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, 9 (10), 1–14.
- [3] H. Saadat. (1999). *Power System Analysis* McGraw-Hill: New York.
- [4] Y. Kongjeen and K. Bhummkittipich (2016). Modeling of electric vehicle loads for power flow analysis based on PSAT. *13th International Conference on Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, 2016, 1-6.
- [5] Y. Kongjeen and K. Bhummkittipich (2016). Modeling of electric vehicle loads for power flow analysis based on PSAT. *13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, 2016, 1-6.
- [6] Y. Kongjeen and K. Bhummkittipich (2018). Impact of Plug-in Electric Vehicles Integrated into Power Distribution System Based on Voltage-Dependent Power Flow Analysis. *Energies*, 11, 6.
- [7] รายงานการสำรวจและประเมินระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวมชุมชนและระบบกำจัดขยะมูลฝอย, สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 11 (นครราชสีมา) สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้านพลังงานทดแทนแบบผสมผสานพลังงานลมและแสงอาทิตย์
กรณีศึกษาโครงการอัยสวรร์ย์ อ.บางนางบัว จ.สุพรรณบุรี
The Economic Analysis of a Case Study of Hybrid System Wind-Solar Energy of
Issawan Resort Project at Suphanburi Province

วิรัชย์ โยชนรินทร์^{1*} วงศกร วิเศษสัจจา² นฤมล แสนเสนา² สุเทพ สีมาลา² และอำพล อากาศนกร³
Wirachai Roynarin^{1*} Wongsakorn Wisatesajja² Narumol Sansena² Suthep Simala²
and Amphol Aphathanakorn³

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
39 หมู่ที่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110

² สาขาวิศวกรรมพลังงานและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110
39 หมู่ที่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110

³ สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) 73/2 ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

¹Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Thecnology Thanyaburi,
39 Moo 1, Klong 6, Khlong Luang, Pathum Thani 12110

²Energy and Materials Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Thecnology
Thanyaburi, 39 Moo 1, Klong 6, Khlong Luang, Pathum Thani 12110

³National Innovation Agency (Public Organization) 73/2 Rama VI Road, Rajadhevee, Bangkok 10400

Received: 25 September 2020, Revised: 27 April 2021, Accepted: 28 May 2021, Published online: 23 August 2021

ABSTARCT

This paper shows the result of the study of the analysis system in hybrid renewable energy to concern the economies result at the resort and building integration pilot project. The project is to use wind and solar energy to the ISSAWAN project located at Bangnangbuach district Suphanburi province. The results of this study using the site analysis of wind and solar energy potential of average wind velocity and solar energy density analysis technique. The result of energy density calculation of wind and solar, takes to calculate the installation of hybrid capacity for return investment target. From the study shown that the system of using PV 100 KW that consist of solar roof top, solar float and solar car pot with low wind speed wind machine of 10 KW. The total hybrid system will produce 185,430 units of the electricity to the grid and will be the cost of electricity about 932,985 Bath per year. Consequently, to the project return investment of about 7.34 years. In additionally, this project also will reduce CO₂ emission about 100 Ton annually to the atmosphere. The result of this study shown that, this project has high potential and valuable to initiate at Supanburi province for the learning centers of renewable energy.

Keywords: hybrid renewable energy, wind energy, solar energy

*Corresponding author: Tel.: 089 771 4294. E-mail: wirachai.r@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้แสดงผลการสำรวจออกแบบระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานเพื่อทำการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมและการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทำการติดตั้งให้กับโครงการอัยสวรร์ย์ อำเภอบางนางบัว จังหวัดสุพรรณบุรี โดยการนำข้อมูลการสำรวจจากพื้นที่จริงมาทำการวิเคราะห์ค่าพลังงานในพื้นที่ ทั้งความเข้มของแสงแดดและศักยภาพพลังงานลมในพื้นที่ที่จะติดตั้งเพื่อให้สามารถมองเห็นว่าหากต้องการติดตั้งระบบพลังงานทดแทนเพื่อลดค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าแล้วสมควรจะติดตั้งระบบที่มีการผลิตเท่าใดที่จะเหมาะสมต่อการลงทุนเพื่อประกอบการตัดสินใจ จากการสำรวจพื้นที่และข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางด้านพลังงานจากการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ในโครงการ พบว่า มีความเป็นไปได้ของการติดตั้งระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานในโครงการที่พัก อัยสวรร์ย์ อำเภอบางนางบัว จังหวัดสุพรรณบุรี และพื้นที่นั้นสมควรมีการใช้ความเหมาะสมของเทคโนโลยีพลังงานทดแทน 2 รูปแบบ คือ โซลาร์เซลล์และกังหันลมความเร็วลมต่ำ โดยผลการวิเคราะห์ ควรจะดำเนินการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 100 กิโลวัตต์ บนหลังคาโครงการ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์แบบฟูลลอยน้ำ ขนาด 5 กิโลวัตต์ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์หลังคาที่จ่อตรง ขนาด 5 กิโลวัตต์และกังหันลมความเร็วลมต่ำ ขนาด 10 กิโลวัตต์ ซึ่งจะสามารถลดพลังงานไฟฟ้าจากสายส่งรวมกันได้ถึง 185,430 หน่วยไฟฟ้าต่อปี คิดเป็นเงินโดยประมาณ 932,985 บาทต่อปี โดยจะมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 7.34 ปี ซึ่งถือว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุน และยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศได้ประมาณ 100 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี สามารถตอบสนองการใช้พลังงานทดแทนอย่างมีประสิทธิภาพและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในประเทศอีกทั้งเป็นสถานที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ทางพลังงานทดแทนที่เป็นเชิงสัญลักษณ์ในการใช้เป็นต้นแบบการพัฒนาที่ยั่งยืนของจังหวัดสุพรรณบุรีได้ต่อไป

คำสำคัญ: พลังงานทดแทนแบบผสมผสาน ระบบพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์

บทนำ

แนวคิดในการดำเนินโครงการต้นแบบการใช้พลังงานทดแทนเพื่อลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ในธุรกิจโรงแรมที่พักและสถานที่ท่องเที่ยว โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะนำพลังงานทดแทนแบบสะอาด ที่มีศักยภาพในพื้นที่มาใช้ประโยชน์ แก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมและพลังงาน เพื่อสนองนโยบายของภาครัฐบาล เป็นศูนย์การเรียนรู้ โรงแรมที่พัก และสถานที่ท่องเที่ยว ในพื้นที่อำเภอบางนางบัว โดยมีลักษณะเป็นพื้นที่เปิดโล่ง ในพื้นที่แบบเนินเขาเตี้ยๆ และเขาโดดกระจายตัวอยู่และมีศักยภาพในการนำทรัพยากรทางพลังงานในพื้นที่มาผลิตไฟฟ้าและใช้ประโยชน์ภายในองค์กร รายงานการศึกษา สำนวจวิจัยนี้ มุ่งเน้นการใช้พลังงานทดแทนที่สะอาด คือ พลังงานลมร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ทำงานผสมผสานกันโดยใช้ศักยภาพพลังงานที่มีอยู่ในพื้นที่ และสามารถเป็นจุดเด่น (Land mark) ซึ่งประกอบด้วย การสำรวจความเร็วลม การสำรวจความเข้มแสงอาทิตย์ รูปแบบระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแบบผสมผสานพร้อมด้วยระบบกักเก็บพลังงาน รวมถึงการคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมและผลศึกษาการลงทุนเบื้องต้นให้กับพื้นที่เดิมหรือเป็นแหล่งเรียนรู้การใช้พลังงานทดแทนได้ ซึ่งพื้นที่ศึกษาบริเวณโครงการอัยสวรร์ย์ ตำบลเขาพระ อำเภอบางนางบัว จังหวัดสุพรรณบุรี นั้น มีศักยภาพของพื้นที่ในด้านลมและความเข้มแสงอาทิตย์ที่ดีแห่งหนึ่งของประเทศ โดยจะเป็นที่พักและสถานที่ท่องเที่ยวแห่งแรกของจังหวัดสุพรรณบุรี ที่นำพลังงานทดแทนเข้ามาใช้โครงการเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้โครงการดังกล่าว

หลักการและเหตุผล

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เราใช้พลังงานเพื่อการผลิตไฟฟ้าให้กับภาคคมนาคมขนส่ง การบริการ การผลิตทั้งในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม และเพื่อการอยู่อาศัย เป็นต้น โดยแหล่งวัตถุดิบที่เป็นต้นกำเนิดของพลังงานไฟฟ้านั้นจะใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่นน้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน มาป้อนให้ภาคการผลิตคือโรงงานไฟฟ้า ซึ่งล้วนแต่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ดังนั้นเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ โครงการอัยสววรรษ เป็นองค์กรที่เน้นการให้บริการต่อประชาชน นักท่องเที่ยว จึงได้มองเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าว พร้อมได้หาแนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างยั่งยืนถาวร มุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่ไม่ส่งผลกระทบต่อภาคการผลิตไฟฟ้าเดิม และการใช้ทรัพยากรพลังงานที่เหมาะสมในพื้นที่ด้วยพลังงานทดแทนที่สะอาดและสามารถเป็นจุดเด่น (Land mark) เพิ่มเติมให้กับพื้นที่เดิมหรือเป็นแหล่งเรียนรู้การใช้พลังงานทดแทนได้ ซึ่งพื้นที่ตั้งโครงการอัยสววรรษ มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลม ความเร็วลมต่ำและโซลาร์เซลล์ ตลอดถึงสามารถเป็นสถานที่ต้นแบบของแหล่งท่องเที่ยวและที่พักอาศัยสำหรับการศึกษาดูงานทางพลังงานทดแทน ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านพลังงานลมและแสงอาทิตย์ จึงได้เข้ามาศึกษาวิจัยถึงความเป็นไปได้ในสำรวจและวิเคราะห์การใช้พลังงานทดแทนอย่างยั่งยืน

ศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย

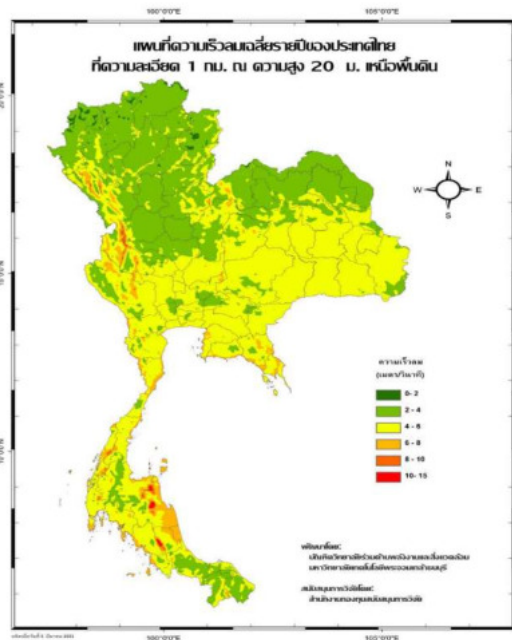
สำหรับศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทยจากรายงานการศึกษาของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พบว่า แหล่งศักยภาพพลังงานลมที่ดีของประเทศไทย มีศักยภาพกำลังลมเฉลี่ยทั้งปีอยู่ประมาณระดับ 1-5 (Wind Power Classes 1-5) ซึ่งเท่ากับค่าความเร็วลมประมาณ เฉลี่ยประมาณ 6.4 เมตร/วินาที โดยบริเวณที่พบค่าความเร็วสูงสุดโดยมากอยู่บริเวณภาคใต้บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกและเห็นได้ว่าพื้นที่โดยทั่วไปแล้วประเทศไทยมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 4-5 เมตรต่อวินาที นอกจากนี้ยังมีการสำรวจพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมเพียงพอ เช่น บริเวณยอดเขาหรือเทือกเขาต่างๆ เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 1 [1]

จากรายงานการวิจัยการศึกษาศักยภาพลมเพื่อผลิตไฟฟ้าของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ได้อ้างอิงถึงรายงานการสำรวจความเร็วลมของธนาคารโลก เมื่อปี พ.ศ. 2544 ได้มีรายงานผลการศึกษาแผนที่แหล่งพลังงานลมของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Wind Energy Resource Atlas of South East Asia) รายงานนี้ได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ พลังงานลมในภาพแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งรวมถึงประเทศไทยด้วย ในรายงานนี้ที่กล่าวในส่วนประเทศไทย พบว่า พื้นที่บริเวณภาคกลางของประเทศไทยจะมีลมปานกลางที่ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ 4.4 เมตรต่อวินาที ต่อมาในปี พ.ศ. 2548 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สังเกตพบว่าบริเวณภาคกลาง โดยเฉพาะตอนล่างและบริเวณข้างเคียงมีศักยภาพพลังงานลมเพียงพอทำให้มีความเป็นไปได้สูงถึงความเหมาะสมต่อการติดตั้งกังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า [2]

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแผนที่ลม ศึกษาโดยบัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปี พ.ศ.2550-2552 [3] มีแนวโน้มสอดคล้องกับการศึกษารายงานของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) แนวโน้มเชิงปริมาณของข้อมูลความเร็วลมสอดคล้องตรงกัน โดยแสดงให้เห็นว่าศักยภาพทางพลังงานลมในเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยนั้นมีความเร็วลมค่อนข้างดีโดยทั่วไป จะมีความเร็วลมที่สูงอยู่ในแถบจังหวัดทางด้านตะวันตกของภาคกลาง เช่น จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดราชบุรี จังหวัดตาก จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดนครปฐม และในจังหวัดแถบขอบตะวันออกของภาคกลางในบางจังหวัด เช่น จังหวัดสระบุรี จังหวัดลพบุรี และจังหวัดเพชรบูรณ์

โดยในการวิเคราะห์ครั้งนี้กังหันลมขนาด 10kW และใบกังหันลมที่ผลิตในประเทศที่ใช้รูปร่างหยดน้ำ R1235 มาสร้างใบกังหันลมเพื่อใช้กับความเร็วลมเฉลี่ย 4-5 เมตรต่อวินาที ที่อยู่ในแผนข้อเสนอเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการนั้นถือได้ว่าเป็นกังหันที่อยู่ในกังหันลมขนาดเล็ก ที่พบกันในส่วนใหญ่ในต่างประเทศนั้นเป็นกังหันลมขนาดใหญ่ ทำให้ต้องใช้กำลังลมสูงในการผลิตไฟฟ้า และยังมีการดึงไฟฟ้าจากสายส่งเข้ามาในระบบเพื่อเริ่มทำการหมุนตลอดเวลา ทำให้ในบางครั้งอาจพบได้ว่ากังหันลมนั้นจะมีการใช้ไฟฟ้ามากกว่าการผลิตไฟฟ้าในช่วงของความเร็วเฉลี่ยที่ต่ำกว่า 3 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีอยู่ในบางช่วงเวลาในการทำงานของระบบ [4]

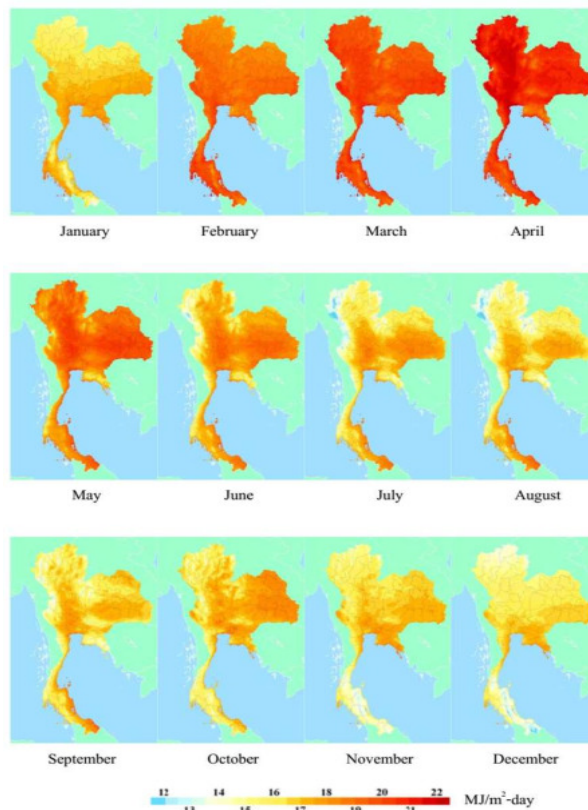
สำหรับกังหันลมที่ทางศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงานนำเสนอเป็นกังหันความเร็วลมต่ำขนาด 10 kW จำนวน 1 ชุด โดยการทำงานนั้นจะไม่มีการดึงกระแสไฟฟ้าจากสายส่งมาเพื่อเริ่มต้นการหมุน เนื่องจากระบบกังหันจะเริ่มต้นหมุนด้วยตัวเองที่ความเร็วลมเริ่มต้น 2.5 เมตรต่อวินาที เป็นกังหันลมที่พัฒนาออกแบบและผลิตขึ้นโดยนักวิจัยไทย เพื่อให้เกิดเป็นเทคโนโลยีและนวัตกรรมของคนไทยที่มีการจัดสร้างกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าความเร็วลมต่ำขนาด 10kW โดยจะทำการออกแบบของกังหันลม ประกอบด้วย ใบกังหัน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบควบคุมการทำงานของกังหันเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าเข้าสู่สายส่ง และควบคุมการทำงานของระบบในช่วงความเร็วลมต่างๆ ให้เกิดประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการทำงานสูงสุด ทนต่อกระแสลมที่ผันผวน รุนแรงในช่วงความเร็วลมต่างๆ และหยุดหมุนในช่วงลมกระโชกและมีพายุลูกอย่างรุนแรง เกินกว่าความเร็วลม 12 เมตรต่อวินาที ให้กลับมาเริ่มต้นการทำงานใหม่ได้โดยอัตโนมัติ และวัสดุต่างๆ ที่นำมาผลิตใบพัดกังหันซึ่งเป็นหัวใจหลักของชุดกังหันลมนั้นต้องมีคุณภาพที่เหมาะสมต่อสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศ เป็นต้น เนื่องจากประเทศไทยนั้นตั้งอยู่ในแถบบริเวณเส้นศูนย์สูตร จึงมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ ต้องการกังหันลมมีประสิทธิภาพที่ดีในการทำงาน และเหมาะสมกับลักษณะการเคลื่อนที่ของลมในประเทศไทย ประกอบกับการผลิตไฟฟ้าแบบฟาร์มกังหันลมขนาดใหญ่ ต้องใช้พื้นที่ติดตั้งเป็นจำนวนมาก และส่งผลกระทบต่อชุมชนใกล้เคียงจากขนาดที่โตมากเกินไปและไม่เหมาะสมกับบริบทวิถีทางสังคมเกษตรในประเทศไทย [5-6]



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงความเร็วลมเฉลี่ยที่ความสูง 20 เมตรขึ้นไป

ศักยภาพด้านพลังงานแสงอาทิตย์

การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันกำลังเป็นที่นิยมและให้ความสนใจจากหน่วยงาน องค์กรและภาคประชาชน จากข้อมูลพัฒนาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ ปีพ.ศ.2560 ฉบับใหม่สำหรับประเทศไทยซึ่งจัดทำโดยมหาวิทยาลัยศิลปากร ได้ทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม แบบจำลอง ดังกล่าวคำนึงถึงการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของโอโซน ไอน้ำ และการลดทอนของฝุ่นละออง ข้อมูล ดาวเทียมที่ใช้เป็นข้อมูลจากดาวเทียม GMS5 GOES9 และ MTSAT1R รวมระยะเวลา 15 ปี (ค.ศ. 2001-2015) โดยได้นำแบบจำลองดังกล่าวไปคำนวณรังสีดวงอาทิตย์ทั่วประเทศ และนำผลที่ได้ไปจัดแสดงในภาพแผนที่รายเดือน และรายปี จากแผนที่รายเดือน พบว่า การกระจายตามพื้นที่ของรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละเดือนได้รับอิทธิพลของลมมรสุมและลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ โดยเดือนเมษายนเป็นช่วงเวลาที่พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด สำหรับการกระจายตามพื้นที่รังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด (18-20MJ/m²day) จะอยู่ในบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ ดังภาพที่ 2 โดยบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศมีพื้นที่ซึ่งมีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์สูงอยู่ในช่วง 20-22 MJ/m²-day ปรากฏอยู่เป็นบริเวณกว้างครอบคลุมพื้นที่จังหวัดสิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง สุพรรณบุรี สุรินทร์ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ ร้อยเอ็ด และ บริเวณใกล้เคียง เมื่อพิจารณาความเข้มรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อเดือน สำหรับประเทศไทยจะเห็นว่ามีความสูงเหมาะสมแก่การใช้งานเป็นพลังงานทางเลือก



ภาพที่ 2 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของเดือนต่างๆในประเทศไทย

วิธีการวิจัย

ขอบเขตของงานในการดำเนินการวิจัยและวิเคราะห์และในการดำเนินโครงการนี้ได้กำหนดไว้ในข้อกำหนดรายละเอียดประกอบด้วย

1. งานศึกษาและจัดหาข้อมูลที่เป็นสำเนาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลประกอบ โดยอาศัยกระบวนการตามหลักวิชาการที่เชื่อถือได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม และความเข้มแสงอาทิตย์

2. งานสำรวจพื้นที่และการตรวจวัด ทำการสำรวจพื้นที่ที่คัดเลือกไว้เพื่อตรวจวัด ดูทิศทางที่ตั้ง ความเร็วลม ความเหมาะสมระยะห่างของกังหันลมและสำรวจความเข้มแสง ขนาดและพื้นที่สำหรับการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

3. งานวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม จากแหล่งจากข้อมูล นำข้อมูลจากฐานข้อมูลจากระบบประมวลผลความเร็วลม มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของลมโดยศึกษาและจัดทำรายงานความเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมแต่ละช่วงเวลา ภายในรอบวัน เดือน

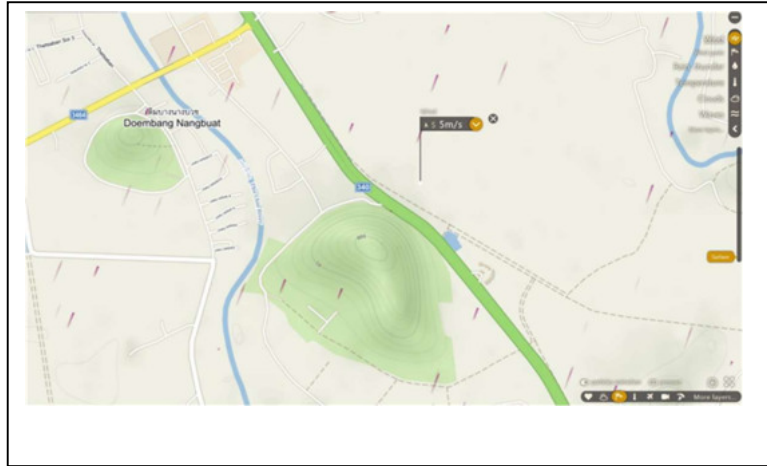
4. งานวิเคราะห์ข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ ด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ซึ่งได้รับการรับรองจาก World bank ซึ่งสามารถแสดงความเข้มแสงอาทิตย์ ปริมาณรังสีตกกระทบ และความสามารถในการผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ในพื้นที่ศึกษาได้การสำรวจผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นภายในพื้นที่โครงการ

5. การคัดเลือกเทคโนโลยีพลังงานทางเลือกที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ศึกษาและผลศึกษาการลงทุนเบื้องต้นพร้อมจัดทำแผนที่ลมเพื่อนำมาวิเคราะห์ความเร็วลมที่สามารถผลิตได้จากกังหันความเร็วลมต่ำขนาด ขนาด 10 kW จำนวน 1 ตัว

ในกรณีที่ตรวจสอบและวิเคราะห์แล้วว่าพื้นที่ดังกล่าวมีศักยภาพและเหมาะสมในการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วลมต่ำ ขนาด 10 kW และโซลาร์เซลล์ ทางศูนย์วิจัยฯ ทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ และกังหันลมความเร็วลมต่ำ คำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าและระยะเวลาคืนทุน รวมทั้งประเมินผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นจากการติดตั้งกังหันลม และแผงโซลาร์เซลล์

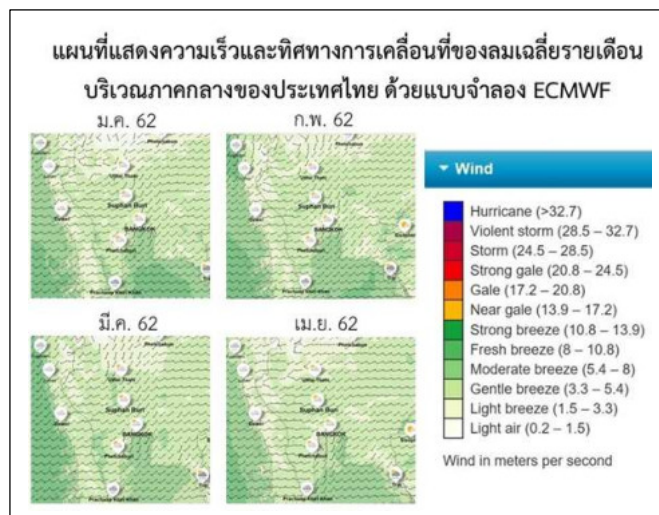
1. การตรวจวัดพลังงานลม

จากการวิเคราะห์ความเร็วลมบริเวณที่ตั้งโครงการอัยสวรรค์ ตำบลเขาพระ อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี โดยศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สามารถแสดงได้ดังภาพความเร็วลมเฉลี่ยซึ่งประมวลผลด้วยโปรแกรม Windy ที่ความเร็วเฉลี่ยของลมในพื้นที่บริเวณที่ตั้งโครงการอัยสวรรค์ อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี อยู่ที่ประมาณ 5 m/s ที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 10 เมตร ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภูมิความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณพื้นที่ตั้งโครงการ

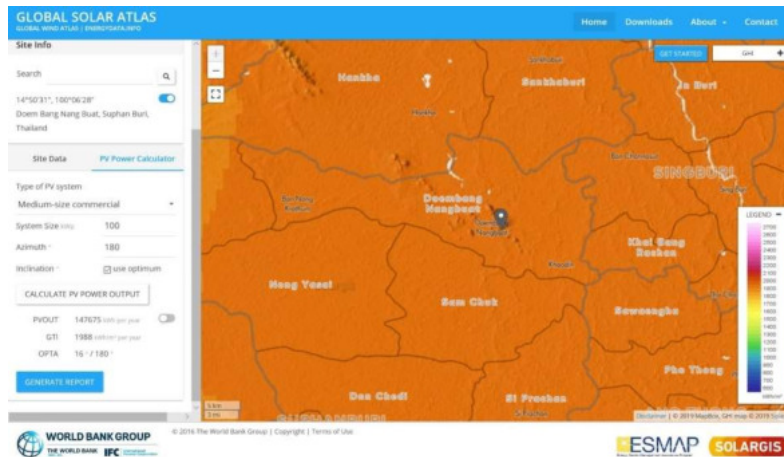
การวิเคราะห์ความเร็วลม พบว่า บริเวณที่ตั้งโครงการอัยสวรร์ยนั้นสามารถติดตั้งกังหันลมเพื่อทำการผลิตไฟฟ้า ความเร็วลมต่ำขนาด 5 กิโลวัตต์ และ 10 กิโลวัตต์ได้ เนื่องจากว่าความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่นั้น อยู่ที่ประมาณ 4 เมตรต่อวินาทีที่ความสูง 10 เมตร แต่ตัวกังหันลมความเร็วลมต่ำนั้น เริ่มทำการผลิตไฟฟ้าที่ความเร็วลม 2.5 เมตรต่อวินาที และตัวของเสากังหันก็มีความสูงถึง 18 เมตร จากข้อมูลที่ได้ คณะผู้ศึกษาได้ทำการเปรียบเทียบผลความเร็วลมที่จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Windy กับแบบจำลองความเร็วลม ของ European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) พบว่า แบบจำลอง ECMWF ได้ทำการวิเคราะห์ความเร็วลมบริเวณพื้นที่ตั้งโครงการที่อยู่ในจังหวัดสุพรรณบุรี นั้นมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ที่ 3.3 – 5.4 เมตรต่อวินาที และจะมีบางช่วงเวลาที่มีความเร็วลมถึง 5.4–8 เมตรต่อวินาที ดังภาพที่ 4 ซึ่งความเร็วลมทั้งสองช่วงจะอยู่ในพิสัยการผลิตไฟฟ้าของกังหันลมความเร็วลมต่ำ ที่สามารถเริ่มผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ความเร็วลม 2.5 เมตรต่อวินาที



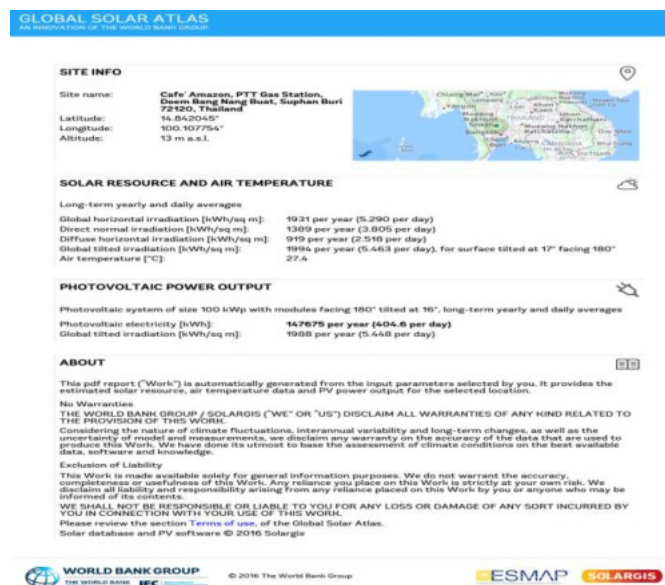
ภาพที่ 4 แผนที่แสดงความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของลมเฉลี่ยรายเดือนบริเวณภาคกลางของประเทศไทย

2. การตรวจวัดพลังงานแสงอาทิตย์

การวิเคราะห์ค่าความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายปี และการคาดการณ์พลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์โดยโปรแกรม Global Solar Atlas ที่พัฒนาขึ้นโดยธนาคารโลก พบว่า ความเข้มแสงอาทิตย์บริเวณพื้นที่ตั้งโครงการอัยสวรย์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1931 kWh/m² และคาดว่าจะสามารถผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ได้ 404.6 หน่วยไฟฟ้าต่อวัน หรือประมาณ 147,675 หน่วยไฟฟ้าต่อปี ดังภาพที่ 5 และ 6 จากโปรแกรมการวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 5 แสดงความเข้มแสงอาทิตย์ ณ บริเวณโครงการอัยสวรย์



ภาพที่ 6 รายงานการคาดการณ์ความเข้มแสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการติดตั้งโซลาร์เซลล์ ขนาดกำลังการผลิต 100 กิโลวัตต์

3. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การออกแบบระบบไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนแบบผสมผสานสำหรับโครงการอัยสวรรค์ โดยมีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหลังคาโครงการ พลังงานแสงอาทิตย์แบบทุ่นลอยน้ำสำหรับการหมุนเวียนของน้ำและไฟฟ้าฉุกเฉิน พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับหลังคาที่จอดรถ พลังงานลมสำหรับใช้ไฟฟ้าภายในโครงการ รวมทั้งมีระบบกักเก็บพลังงานไว้ใช้สำรอง ในกรณีที่สายส่งไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขัดข้อง เพื่อเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการติดตั้งและพัฒนาระบบการใช้พลังงานในโครงการฯ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

สำหรับระบบไฟฟ้าพลังงานทดแทนแบบผสมผสานนี้จะใช้วัดจุดประสงค์ของการลงทุนเป็นระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Payback Period) นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์อัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน (Greenhouse Gas Emission Removals)

เกณฑ์การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานคือระยะเวลาที่โครงการติดตั้งจะผลิตไฟฟ้า เพื่อนำมาใช้งานกับโหลดอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคารและอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอกอาคาร หากต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานได้ภายในระยะเวลาที่ปี หากค่า Payback Period, PB มีค่าน้อย หมายถึงระยะเวลาของระบบฯ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อมาชดเชยราคาต้นทุนการติดตั้งได้เร็วขึ้น และสามารถใช้เวลาที่เหลือของอายุการใช้งานของอุปกรณ์ระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานโดยไม่มีต้นทุนได้นานขึ้น

การคำนวณอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการติดตั้งระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน เพื่อประเมินผลประโยชน์ที่ได้จากการใช้ไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ โดยใช้ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยปี พ.ศ.2555 เท่ากับ 43.33 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์หรือคิดเป็น 0.54 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยไฟฟ้า

โดยผลการศึกษาอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้ แสดงถึงปริมาณอัตราการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้งานระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าได้ระยะเวลา 1 ปี ซึ่งอายุการใช้งานของทั้งเซลล์แสงอาทิตย์และกังหันลมความเร็วลมต่ำจะอยู่ที่ประมาณ 25 ปี ดังนั้น แสดงให้เห็นว่า ถ้ากำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานมีปริมาณมากเท่าใดก็จะส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นตามไปด้วย

การคำนวณระยะเวลาคืนทุนกรณีฐาน

เป็นการคำนวณผลจากระยะเวลาที่ได้รับผลตอบแทนในภาพของกระแสเงินสด โดยมีได้คำนึงถึงเรื่องมูลค่าของเงินตามระยะเวลาที่เกี่ยวข้อง การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนจึงมองที่กระแสเงินสดเท่านั้น ไม่ใช่ตัวกำไรหรือขาดทุนของกิจการ โดย ณ จุดที่ได้ผลสะสมของกระแสเงินสดรับเท่ากับเงินลงทุนในครั้งแรกก็จะได้ระยะเวลาคืนทุนเท่านั้นเอง ทำให้การวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุนจึงเหมาะสมกับการวิเคราะห์โครงการลงทุนที่มีระยะค่อนข้างนาน ดังตารางที่ 1 ประมาณการค่าการลงทุนในโครงการ

ตารางที่ 1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

รายการที่	ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน	ขนาดกำลังการผลิต (กิโลวัตต์)	ราคาติดตั้งพร้อมอุปกรณ์ (บาท/วัตต์)	ราคาประมาณการ (บาท)
1	ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์บนหลังคาอาคาร	100	40	4,000,000
2	ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์แบบทุ่นลอยน้ำ	5	60	300,000
3	ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์บนหลังคาที่จอดรถ	5	40	200,000
4	ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมความเร็วลมต่ำ	10	200	2,000,000
5	ระบบกักเก็บพลังงานพร้อมอุปกรณ์	10	25	250,000
6	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (LED) บนท้องถนน 10 ชุดๆ ละ 10,000 บาท			100,000
รวมค่าใช้จ่ายของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนแบบผสมผสาน				6,850,000

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ คัดที่ ได้รับแสง 5 ชั่วโมงต่อวัน จากประมวผลของระบบคาดการณ์ทางพลังงานแสงอาทิตย์ Global Solar Atlas ขนาด 100 กิโลวัตต์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 147,675 หน่วยไฟฟ้าต่อปี หรือเท่ากับ 404.6 หน่วยไฟฟ้าต่อวัน คัดที่ค่าไฟ 5 บาทต่อหน่วยตลอดโครงการ ดังนั้น จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าได้เท่ากับ 738,375 บาทต่อปี ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ คัดที่ ได้รับแสง 5 ชั่วโมงต่อวัน จากประมวผลของระบบคาดการณ์ทางพลังงานแสงอาทิตย์ Global Solar Atlas ขนาดระบบ 5 กิโลวัตต์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 7,192 หน่วยไฟฟ้าต่อปี หรือเท่ากับ 19.7 หน่วยไฟฟ้าต่อวัน คัดที่ค่าไฟ 5 บาทต่อหน่วยตลอดโครงการ ดังนั้น จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าได้เท่ากับ 35,960 บาทต่อปี สำหรับโครงการอัยสววรรษ ทางคณะผู้ศึกษาได้วางระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จากโซลาร์เซลล์ขนาด 5 กิโลวัตต์ 2 ระบบคือ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์แบบทุ่นลอยน้ำและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์บนหลังคาที่จอดรถ ทำให้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 14,384 หน่วยไฟฟ้าและสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าได้เท่ากับ 71,920 บาทต่อปี

จากผลของแบบจำลองกังหันลมความเร็วลมต่ำ พบว่า ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมด้วยกังหันลมความเร็วลมต่ำขนาด 10 กิโลวัตต์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 23,241.98 หน่วยไฟฟ้าต่อปี คัดที่ค่าไฟ 5 บาทต่อหน่วยตลอดโครงการ ดังนั้น จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าได้เท่ากับ 116,210 บาทต่อปี สำหรับการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบไฟฟ้าแสงสว่างขนาด 30 วัตต์ต่อ 1 ชุด ในกรณีที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 10 ชั่วโมงต่อวันนั้น จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ดังนี้ ชุดโคมไฟ LED ขนาด 30 วัตต์ สามารถคำนวณค่าไฟฟ้าได้เท่ากับ $(30 \text{ วัตต์} \times 12 \text{ ชั่วโมง} \times 30 \text{ วัน}) / 1,000 = 10.8$ หน่วยต่อเดือน (129.6 หน่วยไฟฟ้าต่อปี) คัดเป็นค่าไฟฟ้าเท่ากับ 54 บาทต่อเดือน (648 บาทต่อปี) ดังนั้น ระบบไฟฟ้าแสงสว่างบนถนนจำนวน 10 ชุด จะประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 6,480 บาทต่อปี

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าการทำงานของระบบผลิตพลังงานแบบผสมผสานสามารถทำงานได้จริงโดยเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับพื้นที่ หากติดตั้งโครงการสรุปคิดเป็นมูลค่าเงินจากการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อปี เท่ากับ 932,985 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุน = $6,850,000 / 932,985 = 7.34$ ปี (คิดรวมค่าติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานเรียบร้อยแล้ว) การคำนวณระยะเวลาคืนทุนกรณีที่การวิเคราะห์มีการบำรุงรักษาระบบเพิ่มเติม หรือสถานะทางพลังงานทดแทนเปลี่ยนไป

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมในกรณีที่พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมแตกต่างกันไปจากการคาดการณ์ 5% (ในกรณีที่ไม่มีแดดหรือลมในบางช่วงเวลาปกติ) หรือตลอดจนในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของราคาอุปกรณ์สูงขึ้น 5% เปรียบเทียบกับกรณีฐาน โดยสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนกรณีที่การวิเคราะห์คลาดเคลื่อนไปจากผลที่ได้

กรณีศึกษา	ต้นทุน (บาท)	ผลประโยชน์ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
กรณีฐาน	6,850,000	932,985	7.34
กรณีที่การลงทุนมีต้นทุนเพิ่มขึ้น 5%	7,192,500	932,985	7.70
กรณีการผลิตพลังงานต่ำกว่าที่คาดไว้ 5%	6,850,000	886,335.75	7.72

จากตารางการคำนวณระยะเวลาคืนทุนกรณีที่การวิเคราะห์คลาดเคลื่อน จะเห็นได้ว่าในการศึกษาความเป็นไปได้แล้ว แม้ว่าจะมีการวิเคราะห์ในการลงทุน หรือคาดการณ์พลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์หรือลมลดลงไป 5% จากกรณีฐาน ก็จะทำให้ความคุ้มค่าในการลงทุนอยู่ภายในระยะเวลาไม่เกิน 8 ปี ซึ่งทำให้มีความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อเทียบกับอายุการใช้งานของอุปกรณ์ในโครงการ สำหรับผลจากการศึกษาความเป็นไปได้โครงการอัยสวรร์ย์ นอกจากจะลดค่า Peak สูงสุดของกำลังไฟฟ้า และช่วยในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดของอาคารแล้ว ยังส่งผลที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย โดยโครงการดังกล่าวจะสามารถช่วยลดอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่างๆ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตลงได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ Emission} &= 185,430.58 \text{ หน่วยไฟฟ้าต่อปี} \times 0.54 \text{ กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยไฟฟ้า} \\ &= 100,132.513 \text{ กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี} \end{aligned}$$

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยและข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์พลังงานที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้วยร่วมพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ในโครงการ พบว่า มีความเป็นไปได้สูงในการติดตั้งระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานโครงการอัยสวรร์ย์ อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี และพื้นที่นั้นมีควมการใช้ความเหมาะสมของเทคโนโลยีพลังงานทดแทน 2 รูปแบบ คือ โซลาร์เซลล์และกังหันลมความเร็วลมต่ำ โดยจะดำเนินการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 100 กิโลวัตต์ บนหลังคาโครงการอัยสวรร์ย์ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์แบบพุนลอยน้ำ ขนาด 5 กิโลวัตต์ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์บนหลังคาที่จ่อรด ขนาด 5 กิโลวัตต์ และระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมความเร็วลมต่ำ ขนาด 10 กิโลวัตต์ สามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 185,430.58 หน่วยไฟฟ้าต่อปี คิดเป็นเงินเท่ากับ 932,985 บาทต่อปี โดยจะมีระยะเวลาคืนทุน 7.34 ปี ซึ่งถือว่ามีความคุ้มค่าสูง เนื่องจากอยู่ในระยะเวลาอายุการใช้งานของเทคโนโลยีพลังงานทดแทนทั้งสองระบบและยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศได้ถึง 100.13 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี สามารถตอบสนองการใช้พลังงานทดแทนอย่างมีประสิทธิภาพของรัฐบาลที่ได้มีแนวทางส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในประเทศและสามารถเป็นสถานที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ทางพลังงานทดแทนที่มีประสพผลสำเร็จและยังเป็นจุดสังเกต (Landmark) ของจังหวัดสุพรรณบุรี อีกทั้งเป็นต้นแบบการใช้พลังงานสะอาดอย่างยั่งยืนของโครงการต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและทีมงานโครงการอัยสวรร์ย์ทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนให้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาพื้นที่โครงการฯ และสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการนี้ ขอคุณกรรมการศูนย์วิจัยพลังงานฯและนักศึกษา ปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมพลังงาน ทุกๆท่านที่ได้ดำเนินโครงการด้วยดี ทีมผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] พลังงานลม, กองพัฒนาพลังงานทดแทนฝ่ายพัฒนาและแผนโรงไฟฟ้า, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
- [2] กองพัฒนาพลังงานทดแทนฝ่ายพัฒนาและแผนโรงไฟฟ้า, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน. (<https://www.dede.go.th/main.php?filename=index>)
- [3] เกษมสันต์ มโนมัยพิบูลย์. (2552), “การศึกษภาพพลังงานลมในประเทศไทยด้วยเทคนิค mesomapping”, ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศคู่มือด้านศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย, บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [4] วิรัชย์ โธมอินทร์, อภิชาติ ไชยจันทร์ และ ภาณุ ประทุมพนรัตน์. (2556). “การออกแบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 10 กิโลวัตต์เข้าสู่สายส่ง (Design of 10 kW Wind Machine fir Grid Connected System)”, ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9, วันที่ 8-10 พฤษภาคม 2556 จังหวัดนครนายก.
- [5] วิรัชย์ โธมอินทร์, สว่าง ขาดทอง และ ศิลปชัย เพิ่มพูล. (2558). “กังหันลมชนิดผลิตไฟฟ้าชนิด 2 ชุดโรเตอร์บนเสาเดี่ยว ขนาด 2 กิโลวัตต์ (2kW Wind Generator of Two Rotors on a Single-Tower)”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [6] สว่าง ขาดทอง, วิรัชย์ โธมอินทร์. (2553). “การออกแบบระบบทางกลสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 20 กิโลวัตต์, Mechanical Design Systems of 20 kW Wind Machine”, ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 6, วันที่ 5-7 พฤษภาคม 2553 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

การประเมินการคืนสภาพทางพลังงาน: กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 4.9 MW

Energy Resilience Assessment: Case Study of a 4.9-MW Biomass Power Plant

กัมปนาท ทับมณี¹ ภูมิอานันท์ นิชมนนา¹ พิสิษฐ์ มณีโชติ² นูวงศ์ ชลคุป¹ และกัมปนาท ซิลวา^{1*}
Kampanat Thapmanee¹ Phumanan Niyomna¹ Pisit Maneechot² Nuwong Chollacoop¹
and Kampanart Silva^{1*}

¹ ทีมวิจัยพลังงานทดแทนและประสิทธิภาพพลังงาน ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

² วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ทกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Renewable Energy and Energy Efficiency Research Team, National Energy Technology Center (ENTEC),
National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Pathumthani 12120

²School of Renewable Energy and Smart Grid Technology, Naresuan University, Phitsanulok 65000

Received: 22 September 2020, Revised: 7 May 2021, Accepted: 30 May 2021, Published online: 23 August 2021

Abstract

Energy Resilience is a modern concept that can help power plants cope with various threats. The purpose of this study was to assess energy resilience capacity of biomass power plants against disasters or other incidents that could result in production interruptions or power outages, and propose resilience measures. A community power plant using 4.9 MW of biomass was selected as a case study to be in line with the BCG Model, a new concept introduced in Thailand to contribute to economic development. According to the plant survey, most natural disasters do not affect the power plant, except for the prolonged rainy season, which leads to a lack of logging and consequently insufficient fuel to generate electricity. The power plants tackle this threat by reserving fuel during the dry season. However, there was no record of fuel reserve, which made it difficult to determine the appropriate reserve volume. An energy resilience measure to record and compile fuel reserve statistics and use the information to ensure adequate fuel reserve for continuous power generation was proposed to avoid unnecessary expense on fuel reserve.

Keywords: BCG Model, energy resilience, threats, biomass power plant, community power plants

* Corresponding author: Tel.: 087 812 0502. E-mail address: kampanart.sil@entec.or.th

บทคัดย่อ

การคืนสภาพทางพลังงานเป็นแนวคิดใหม่ที่สามารถใช้ในการรับมือกับภัยคุกคามต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับโรงไฟฟ้า การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการประเมินการคืนสภาพทางพลังงานของโรงไฟฟ้าชีวมวลจากภัยพิบัติหรือเหตุการณ์อื่น ๆ ที่ส่งผลให้เกิดการหยุดผลิตหรือหยุดจ่ายไฟฟ้า และนำเสนอมาตรการที่จะช่วยเสริมสร้างศักยภาพการคืนสภาพทางพลังงาน โดยเลือกประเมินศักยภาพของโรงไฟฟ้าชุมชนที่ใช้ชีวมวลขนาด 4.9 MW เพื่อให้สอดคล้องกับ BCG Model ซึ่งเป็นโมเดลการพัฒนาเศรษฐกิจใหม่ที่สำคัญของประเทศไทย จากการลงพื้นที่พบว่าภัยธรรมชาติส่วนใหญ่ไม่ส่งผลกระทบต่อโรงไฟฟ้า ยกเว้นฤดูฝนที่ยาวนานขึ้นซึ่งจะทำให้ไม่สามารถเข้าไปตัดไม้ได้ และอาจทำให้มีเชื้อเพลิงไม่เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้า โรงไฟฟ้ารับมือภัยคุกคามนี้โดยสำรองเชื้อเพลิงในช่วงฤดูแล้งเพื่อไว้ใช้ในฤดูฝน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากยังไม่มีระบบบันทึกข้อมูลการสำรองเชื้อเพลิง จึงทำให้ไม่ทราบปริมาณเชื้อเพลิงสำรองที่เหมาะสม โดยได้เสนอมาตรการเสริมสร้างศักยภาพการคืนสภาพทางพลังงานของโรงไฟฟ้า ให้มีการจัดทำระบบบันทึกและรวบรวมสถิติการสำรองเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการจัดเก็บสำรองเชื้อเพลิงให้เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง โดยที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการสำรองเชื้อเพลิงเกินจำเป็น

คำสำคัญ: BCG Model การคืนสภาพทางพลังงาน ภัยคุกคาม โรงไฟฟ้าชีวมวล โรงไฟฟ้าชุมชน

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยริเริ่มปรับเปลี่ยนรูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมไทยไปสู่รูปแบบใหม่ที่เรียกว่า BCG Model ซึ่งเป็นการบูรณาการการพัฒนาเศรษฐกิจ 3 มิติ คือ เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) ไปพร้อมกัน โดยนำองค์ความรู้ทุกแขนงมาต่อยอดฐานความเข้มแข็งภายในของประเทศไทย คือ ความหลากหลายทางชีวภาพและผลผลิตทางการเกษตรที่อุดมสมบูรณ์ เพื่อปรับเปลี่ยนระบบการผลิตไปสู่การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และรักษาความมั่นคงทางวัตถุดิบและสมดุลของสิ่งแวดล้อม [1]

การนำเชื้อเพลิงชีวภาพมาใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่ช่วยเสริมในการขับเคลื่อน BCG Model ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำเชื้อเพลิงชีวภาพ เช่น ไม้ หรือ ของเหลือจากการเกษตรจากชุมชนโดยรอบ มาใช้ในการผลิตไฟฟ้าในรูปแบบวิสาหกิจชุมชนหรือวิสาหกิจที่ชุมชนมีส่วนร่วมโดยสมบูรณ์ ซึ่งการรับมือความเสี่ยงจากภัยคุกคามต่าง ๆ ในโรงไฟฟ้าเหล่านี้ จะตกเป็นหน้าที่ความรับผิดชอบของเจ้าของโรงไฟฟ้าและชาวบ้านในชุมชนโดยรอบที่เข้ามามีส่วนร่วม ซึ่งในการรับมือจากภัยคุกคามต่าง ๆ นั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ภัยธรรมชาติ ภัยคุกคามทางเทคโนโลยี และภัยคุกคามโดยมนุษย์

การคืนสภาพทางพลังงาน (energy resilience) [2] เป็นแนวคิดหนึ่งในการรับมือกับภัยคุกคามที่อาจเกิดขึ้นกับโรงไฟฟ้า การคืนสภาพทางพลังงานยังไม่มีนิยามที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วกัน แต่มักจะหมายถึงการเตรียมตัว (prepare) ของระบบผลิตพลังงานเพื่อรับมือเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้น ออกแบบระบบให้สามารถดูดกลืน (absorb) การรบกวนการพัฒนา ศักยภาพในการฟื้นตัว (recover) และปรับตัว (adapt) ให้สามารถรับมือการรบกวนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยไม่ได้หมายถึงศักยภาพของตัวระบบเองเท่านั้น แต่ยังหมายรวมถึงการตอบสนองของสิ่งแวดล้อมรอบข้างด้วย

เนื่องจากการประเมินการคืนสภาพพลังงานสามารถช่วยเสริมศักยภาพในการรับมือภัยคุกคามให้โรงไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ได้ ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาวิจัยแนวทางการประเมินการคืนสภาพทาง

[†] Corresponding author: Tel.: 08-78120502. E-mail address: kampanart.sil@entec.or.th

พลังงานในโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนแต่ละประเภท ทั้งนี้ เพื่อให้สอดคล้องกับ BCG Model ซึ่งจะช่วยการพัฒนาโรงไฟฟ้าชุมชนในประเทศไทย การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการประเมินศักยภาพในการคืนสภาพทางพลังงานของโรงไฟฟ้าชุมชนพลังงานสะอาด จำกัด ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 4.9 MW และนำผลการประเมินที่ได้มาพิจารณามาตรการเสริมสร้างศักยภาพดังกล่าวให้โรงไฟฟ้าสามารถรับมือภัยคุกคามต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

วิธีการวิจัย

การศึกษานี้มีขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อให้ได้มาซึ่งผลการประเมินการคืนสภาพทางพลังงานของโรงไฟฟ้าชุมชนพลังงานสะอาด จำกัด รวมทั้งมาตรการเสริมสร้างศักยภาพในการคืนสภาพทางพลังงานของโรงไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดแนวทางและขอบเขตการประเมิน ซึ่งในการประเมินในครั้งนี้เลือกโรงไฟฟ้าชุมชนพลังงานสะอาด จำกัด ในกลุ่ม ศบง (Sbang Group) ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 4.9 MW ที่ใช้ไม้สับเป็นเชื้อเพลิง ตั้งอยู่ที่ 243 หมู่ที่ 5 ต.ดงประคำ อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก โดยจะหารือกับผู้มีส่วนได้เสียทั้งตัวแทนจากโรงไฟฟ้าและตัวแทนจากชุมชนโดยรอบ การประเมินนี้จะเน้นการประเมินเชิงคุณภาพเป็นหลัก เพื่อให้ผู้มีส่วนได้เสียสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย

2. รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิที่จำเป็นต่อการประเมินการคืนสภาพทางพลังงานของโรงไฟฟ้า ดังนี้

2.1 ข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับโรงไฟฟ้า เช่น กำลังการผลิต เชื้อเพลิงหลักที่ใช้ รัศมีเส้นทางขนส่งวัตถุดิบในการผลิตกระแสไฟฟ้า

2.2 สถิติข้อมูลการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น พายุ น้ำท่วม แผ่นดินไหว ภัยแล้ง ไฟป่า ในบริเวณรอบโรงไฟฟ้า และบริเวณที่ใช้ในการรวบรวมวัตถุดิบ

2.3 สถิติข้อมูลการเกิดภัยคุกคามจากเทคโนโลยี เช่น การรั่วไหลของสารเคมี เชื้อปนแตก

2.4 สถิติข้อมูลการเกิดภัยคุกคามจากมนุษย์ เช่น อุบัติเหตุ การก่อการร้าย การโจมตีทางไซเบอร์ การเปลี่ยนแปลงทางการเมือง

2.5 ข้อมูลเชื้อเพลิงที่ใช้ เช่น ระยะเวลาการเจริญเติบโตของไม้ โรคต้นไม้ที่อาจจะส่งผลทำให้ต้นไม้เจริญเติบโตช้าหรือตาย

2.6 ข้อมูลอื่น ๆ เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่อาจส่งผลให้เกิดการหยุดผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น การต่อต้านจากชุมชนโดยรอบ

3. สรุปข้อมูล และนำข้อมูลทุติยภูมิที่ได้มาประเมินการคืนสภาพทางพลังงานเบื้องต้น ตามขั้นตอนต่อไปนี้ [3]

3.1 ระบุหรือคาดการณ์ภัยคุกคามทางธรรมชาติ ทางเทคโนโลยีและโดยมนุษย์ที่อาจเกิดขึ้น และประเมินคะแนนโอกาสในการเกิดภัยคุกคามเหล่านั้น

3.2 คาดการณ์ผลกระทบของภัยคุกคามดังกล่าวต่อการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า

3.3 ระบุความเปราะบางในโรงไฟฟ้า ซึ่งอาจจะเป็นการขาดอุปกรณ์ในการป้องกันหรือบรรเทาผลกระทบจากภัยคุกคาม หรือเป็นการขาดมาตรการในการบริหารจัดการที่เหมาะสมก็ได้ แล้วจึงประเมินคะแนนความรุนแรงของผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีความเปราะบางดังกล่าว

3.4 ประเมินคะแนนความเสี่ยงโดยการคูณคะแนนภัยคุกคามกับคะแนนความเปราะบาง และเลือกความเสี่ยงที่สำคัญจากคะแนนความเสี่ยงที่ได้

3.5 กำหนดมาตรการในการคืนสภาพทางพลังงานที่สามารถใช้ในการป้องกันและบรรเทาความเสี่ยงในข้อ 3.4

4. สัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้เสียเพื่อเก็บข้อมูลปฐมภูมิ และเพื่อพิจารณาความเหมาะสมของผลการประเมินจากข้อมูลทุติยภูมิที่ได้ในข้อ 3 โดยสัมภาษณ์ตัวแทนจากบริษัทที่รับไม้จากชุมชนมาแปรรูปเป็นไม้สับเพื่อส่งให้กับโรงไฟฟ้าเพื่อ

รับทราบถึงปัญหาและความเสี่ยงที่จะส่งผลให้ขาดวัตถุดิบหลักเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้า (ภาพที่ 1) และสัมภาษณ์ตัวแทนจาก โรงไฟฟ้า (ภาพที่ 2) เพื่อรับทราบถึงปัญหาและความเสี่ยงที่จะส่งผลให้มีการหยุดการผลิตไฟฟ้า แล้วทำการปรับปรุงผลการ ประเมินในข้อ 3 ให้สอดคล้องกับข้อมูลปฐมภูมิและความเห็นของผู้มีส่วนได้เสีย

5. เลือกมาตรการที่เหมาะสมและนำเสนอมาตรการที่เลือกให้ผู้มีส่วนได้เสียพิจารณา

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการประเมินการคืนสภาพทางพลังงานของโรงไฟฟ้าชุมชนพลังงานสะอาด จำกัด ตามหัวข้อการประเมินในข้อ 3 ของวิธีการวิจัย สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ภัยธรรมชาติ เช่น พายุ ภัยแล้ง และไฟป่า มีโอกาสเกิดขึ้นบ้างแต่ไม่บ่อย ในขณะที่น้ำท่วม และแผ่นดินไหว แทบจะไม่มีโอกาสเกิดขึ้นเลย ในส่วนของการต่อต้านชุมชนโดยรอบ เนื่องจากโรงไฟฟ้าจ้างงานคนในชุมชน และมีการ



ภาพที่ 1 บรรยากาศการสัมภาษณ์ตัวแทนบริษัท บีบี กรีน เอ็นเนอร์ยี จำกัด ซึ่งเป็นวิสาหกิจชุมชนที่แปรรูปไม้สัก



ภาพที่ 2 โรงไฟฟ้าชีวมวล บริษัท ชุมชนพลังงานสะอาด จำกัด ผู้จัดการโรงไฟฟ้า และตัวแทนคณะผู้วิจัย

แบ่งปันผลประโยชน์ให้ชุมชนในรูปของกองทุน จึงทำให้การต่อต้านเกิดขึ้นได้ยากมาก นอกจากนี้ พบว่าฤดูฝนที่ยาวนานก็เป็นภัยคุกคามที่สามารถทำให้โรงไฟฟ้าหยุดกระบวนการผลิตไฟฟ้าได้

2. พายุสามารถทำให้เชื้อเพลิงเปียกชื้นหรือสูญหายได้ ซึ่งอาจจะลดประสิทธิภาพของการผลิต และไฟฟ้าสามารถทำลายเชื้อเพลิงได้ ในขณะที่ภัยแล้งจะไม่ส่งผลกระทบต่อ ๆ ของโรงไฟฟ้า ส่วนฤดูฝนที่ยาวนานจะส่งผลให้ไม่สามารถเข้าไปตัดไม้ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า และอาจทำให้เชื้อเพลิงไม่เพียงพอจนต้องลดกำลังการผลิตหรือหยุดการผลิตไฟฟ้า

3. จากข้อ 2 จะเห็นได้ว่าผลกระทบส่วนใหญ่เกิดกับเชื้อเพลิงเป็นหลัก ความแปรปรวนที่คณะผู้วิจัยสนใจจึงเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิง โดยในส่วนของไฟฟ้า ทางโรงไฟฟ้าได้ทำแนวกันไฟไว้รอบโรงไฟฟ้าแล้ว และมี SOP (Standard Operating Procedure) สำหรับการรับมือเหตุเพลิงไหม้ จึงไม่มีความแปรปรวนที่น่าเป็นห่วง ในส่วนของปัญหาเชื้อเพลิงที่เปียกชื้น หรือการไม่สามารถจัดหาเชื้อเพลิงได้ โรงไฟฟ้าได้สำรองเชื้อเพลิงในช่วงหน้าแล้งเทียบเท่ากับกำลังการผลิต 25 วัน อย่างไรก็ตาม ในวันที่เข้าสัมภาษณ์ ซึ่งอยู่กลางฤดูฝน (เดือนสิงหาคม) ไม้ที่สำรองไว้เหลือเทียบเท่ากับกำลังการผลิตเพียง 6-7 วันเท่านั้น นอกจากนี้ โรงไฟฟ้ายังไม่มีการจัดทำข้อมูลสถิติการเก็บสำรองไม้สับและการใช้ไม้สับสำรองในอดีต จึงทำให้ไม่ทราบว่าการสำรองไม้สับปริมาณเท่าใดจึงจะเหมาะสม

4. จากภัยคุกคามรวมกับความแปรปรวนข้างต้นสรุปได้ว่าความเสี่ยงที่สำคัญ คือ หากทางโรงไฟฟ้ามีการสำรองเชื้อเพลิงในปริมาณน้อยเกินไป อาจส่งผลให้เชื้อเพลิงที่ทำการสำรองไว้หมดลงก่อนที่จะผ่านช่วงฤดูฝน ซึ่งในกรณีนี้ ทางโรงไฟฟ้าอาจต้องชะลอการผลิต หรือในกรณีร้ายแรง อาจทำให้โรงไฟฟ้าต้องถึงขั้นหยุดการผลิตไฟฟ้า ในทางกลับกันหากโรงไฟฟ้ามีการสำรองเชื้อเพลิงในปริมาณมากเกินความจำเป็น ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าอาจสูญเสียไปกับการสำรองเชื้อเพลิง

5. มาตรการในการคืนสภาพทางพลังงานที่คณะผู้วิจัยจะนำเสนอต่อโรงไฟฟ้าคือการจัดทำข้อมูลสถิติการสำรองเชื้อเพลิง ข้อมูลดังกล่าวนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการอ้างอิงปริมาณการเก็บสำรองเชื้อเพลิงให้เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง โดยที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการสำรองเชื้อเพลิงเกินจำเป็น

จากการประเมินด้วยข้อมูลทุติยภูมิ สรุปว่าปัญหาการต่อต้านจากชุมชน และปัญหาการไม่สามารถจัดหาเชื้อเพลิงจากภัยแล้งหรือไฟฟ้าจะเป็นความเสี่ยงที่สำคัญที่สุด อย่างไรก็ตาม การสัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้เสียทำให้ทราบว่า โรงไฟฟ้าได้ทำแนวกันไฟไว้เรียบร้อยแล้ว จึงไม่ต้องกังวลเรื่องไฟฟ้า และภัยแล้งไม่เป็นปัญหาต่อการจัดหาเชื้อเพลิง ในทางกลับกัน ช่วงหน้าแล้งจะจัดหาเชื้อเพลิงได้ง่ายกว่า เนื่องจากสามารถเข้าไปตัดไม้ได้ง่าย ในส่วนการสร้างความสัมพันธ์กับชุมชน โรงไฟฟ้าให้ความสำคัญอย่างมากในการสร้างความเข้าใจรวมถึงสร้างรายได้ให้กับชุมชน ทำให้การต่อต้านจากชุมชนไม่เป็นปัญหาใด ๆ สำหรับโรงไฟฟ้าแห่งนี้ โรงไฟฟ้าชุมชนพลังงานสะอาด จำกัด สามารถเป็นต้นแบบที่ดีในการทำให้โรงไฟฟ้าชุมชนสามารถอยู่ร่วมกับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

สรุปผลการวิจัย

จากการประเมินศักยภาพการคืนสภาพทางพลังงานของโรงไฟฟ้าชุมชนพลังงานสะอาด จำกัด โดยประเมินภัยคุกคาม ผลกระทบ ความแปรปรวน ความเสี่ยง และมาตรการคืนสภาพทางพลังงานโดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิมาก่อนแล้วจึงเข้าไปเก็บข้อมูลปฐมภูมิและสัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้เสียเพื่อนำผลที่ได้มาปรับปรุงผลการประเมิน ภัยคุกคามที่มีความสำคัญคือฤดูฝนที่ยาวนาน ซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถจัดหาเชื้อเพลิงได้อย่างเพียงพอ โรงไฟฟ้าได้สำรองไม้สับไว้จำนวนหนึ่งแล้ว แต่ยังคงมีความแปรปรวนในส่วนของจัดการการสำรองไม้สับ กล่าวคือ ไม่มีการเก็บข้อมูลสถิติการสำรองไม้สับและสถิติการนำไม้สับมาใช้ในช่วงฤดูฝน คณะผู้วิจัยจึงเสนอมาตรการคืนสภาพทางพลังงาน โดยให้มีการจัดทำข้อมูลสถิติการสำรองเชื้อเพลิง ข้อมูลดังกล่าวนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการอ้างอิงปริมาณการเก็บสำรองเชื้อเพลิงให้เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง โดยที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการสำรองเชื้อเพลิงเกินจำเป็น

ผลการประเมินโดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิกับผลประเมินหลังจากการลงพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันอย่างมาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการเข้าไปประเมินในพื้นที่จริง และการเข้าหาหรือกับผู้มีส่วนได้เสีย

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำการประเมินสำรวจการคืนสภาพทางพลังงานในครั้งนี้อาจสำเร็จไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก โรงไฟฟ้าชุมชนพลังงานสะอาด จำกัด และบริษัท บีบี กรีน เอ็นเนอร์ยี จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการประเมินการคืนสภาพทางพลังงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประชาคมวิจัยด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียนและเศรษฐกิจสีเขียว. (2561). **สมุดปกขาว BCG in Action.** การพัฒนาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมของประเทศไทยเพื่อเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียนและเศรษฐกิจสีเขียว Bio – Circular – Green Economy
- [2] Roege, P. E., et al. (2014). Metrics for energy resilience. **Energy Policy.** 72:249–56.
- [3] Resilient Energy Platform. (2019). **Power Sector Resilience Planning Guidebook: A Self-Guided Reference for Practitioners.** National Renewable Energy Laboratory : Colorado.

การประเมินการคืนสภาพทางพลังงาน: กรณีศึกษาระบบผลิตแก๊สชีวภาพพร้อมเครื่องปั่นไฟ
Energy Resilience Assessment: Case Study of a Biogas Production System with
a Generator

ภูมิอนันท์ นิยมนา¹ กัมปนาท ทับมณี¹ ปรีชา ศรีประภาคาร² นววงศ์ ชลคุป¹ และกัมปนาท ซิลวา^{1*}
Phumanan Niyomna¹ Kampanat Thapmanee¹ Preecha Sriprapakhan² Nuwong Chollacoop¹ and
Kampanart Silva^{1*}

¹ทีมวิจัยพลังงานทดแทนและประสิทธิภาพพลังงาน ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

²ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44130

¹Renewable Energy and Energy Efficiency Research Team, National Energy Technology Center (ENTEC),
National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Pathumthani 12120

²Department of Physics, Faculty of Science, Mahasarakham University, Mahasarakham 44130

Received: 25 September 2020, Revised: 7 May 2021, Accepted: 30 May 2021, Published online: 23 August 2021

Abstract

Biofuel is one of the important drivers of the new economic model: BCG model. However, there are several challenges in biofuel utilization, including the management of various types of threats, whether natural disasters or man-made disasters. Energy resilience is a concept that can help energy generating systems prepare for threats and recover after being disrupted by threats. This study aimed to assess and build energy resilience capacity of a biogas generation system with a generator in a swine farm at Mayura Farm, Manjakiri, Khon Kaen. It was found that the most important threat was the extreme weather, and the major vulnerabilities were lack of records of biogas and electricity generation, lack of repairing skills, and inexistence of maintenance planning. Three energy resilience measures were proposed including introduction of biogas information record system, training of fabric repairing, and monitoring and maintenance planning. These measures could enhance the capability of the biogas production system in coping with threats and support continuous gas production and distribution.

Keywords: energy resilience, threats, biogas, swine farm, Manjakiri

* Corresponding author: Tel.: 087 812 0502. E-mail address: kampanart.sil@entec.or.th

บทคัดย่อ

เชื้อเพลิงชีวภาพเป็นกลไกสำคัญอย่างหนึ่งที่จะช่วยขับเคลื่อนโมเดลเศรษฐกิจใหม่ BCG Model อย่างไรก็ดี การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพมีความท้าทายหลายอย่าง โดยหนึ่งในนั้นคือเรื่องการรับมือภัยคุกคามประเภทต่าง ๆ เช่น ภัยธรรมชาติหรือภัยพิบัติที่มนุษย์สร้างขึ้น การคืนสภาพพลังงานเป็นแนวคิดหนึ่งที่จะช่วยเตรียมความพร้อมให้ระบบผลิตพลังงานทั้งในการรับมือภัยคุกคามและฟื้นฟูระบบที่อาจเสียหายจากภัยคุกคาม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประเมินและพัฒนาศักยภาพการคืนสภาพทางพลังงานของระบบผลิตแก๊สชีวภาพพร้อมเครื่องปั่นไฟในฟาร์มสุกร ณ มยุราฟาร์ม อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น จากการประเมิน พบว่า ภัยคุกคามที่สำคัญคือสภาพอากาศที่รุนแรง และความเปราะบางที่สำคัญคือการขาดการเก็บสถิติที่เกี่ยวข้องกับแก๊สชีวภาพและไฟฟ้า การขาดทักษะการซ่อมแซมอุปกรณ์ในบ่อหมัก และการขาดแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ คณะผู้วิจัยเสนอมาตรการคืนสภาพทางพลังงาน 3 มาตรการ คือ การติดตั้งระบบเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแก๊สชีวภาพและหมักจนบัดนี้ข้อมูล การฝึกอบรมให้ความรู้การปะผ่ายาง และการวางแผนตรวจตราและบำรุงรักษาอุปกรณ์ มาตรการเหล่านี้จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการรับมือภัยคุกคามต่างๆ ให้ระบบผลิตแก๊สชีวภาพ และสนับสนุนให้สามารถผลิตและจ่ายแก๊สชีวภาพได้อย่างสม่ำเสมอ

คำสำคัญ: การคืนสภาพทางพลังงาน ภัยคุกคาม แก๊สชีวภาพ ฟาร์มสุกร มัญจาคีรี

บทนำ

การนำเชื้อเพลิงชีวภาพมาใช้ในการผลิตความร้อนและไฟฟ้าในชุมชนเป็นการเพิ่มความมั่นคงทางพลังงานและสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจให้กับชุมชน เชื้อเพลิงชีวภาพเป็นกลไกสำคัญอย่างหนึ่งที่จะช่วยขับเคลื่อนโมเดลเศรษฐกิจใหม่ BCG Model ซึ่งบูรณาการการพัฒนาเศรษฐกิจใน 3 มิติ คือ เศรษฐกิจชีวภาพ (bioeconomy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) และเศรษฐกิจสีเขียว (green economy) โดยการนำองค์ความรู้ในด้านต่าง ๆ มาต่อยอดฐานความเข้มแข็งของประเทศไทยที่มีความหลากหลายทางชีวภาพและวัฒนธรรม [1] นอกจากนี้ การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพยังเป็นการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 [2] อีกด้วย อย่างไรก็ตาม การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพมีความท้าทายหลายอย่าง เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต การจัดหาเชื้อเพลิงให้เพียงพอ การอยู่ร่วมกับชุมชน ฯลฯ ภัยคุกคามต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภัยธรรมชาติ ภัยพิบัติทางเทคโนโลยี หรือภัยพิบัติที่มนุษย์สร้างขึ้น ก็เป็นความท้าทายที่สำคัญอย่างหนึ่งของการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพที่จำเป็นจะต้องมีการศึกษาให้ทราบถึงรายละเอียด เพื่อให้สามารถกำหนดมาตรการในการป้องกันและรับมือได้

การคืนสภาพทางพลังงาน (energy resilience) เป็นแนวคิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาแนวทางในการป้องกันและรับมือภัยคุกคามต่างๆ ที่อาจเกิดกับระบบผลิตพลังงาน โดยมากหมายถึงศักยภาพของระบบผลิตพลังงานในการเตรียมการ (prepare) ดูดกลืน (absorb) ฟื้นตัว (recover) และปรับตัว (adapt) เพื่อให้ระบบผลิตพลังงานและชุมชนโดยรวมสามารถรับมือกับภัยคุกคามทั้งในปัจจุบันและอนาคตได้ [3-4]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประเมินการคืนสภาพทางพลังงานของระบบผลิตแก๊สชีวภาพ ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการใช้งานเชื้อเพลิงชีวภาพ และเสนอมาตรการเพื่อเพิ่มศักยภาพในการคืนสภาพทางพลังงานให้กับระบบผลิตแก๊สชีวภาพนั้น คณะผู้วิจัยเลือกประเมินระบบผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสุกร ณ มยุราฟาร์ม บ้านคำปากดาว ต.คำแคน อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น เนื่องจากเป็นระบบผลิตแก๊สชีวภาพที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อรับมือกับปัญหาการต่อต้านฟาร์มสุกรจากชุมชนโดยการผลิตแก๊สชีวภาพเพื่อส่งให้ชาวบ้านในชุมชนใช้งาน ทั้งยังเป็นระบบที่มีการติดตั้งเครื่องปั่นไฟขนาด 50 kW 60 kVA เพื่อนำแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้มากกว่าความต้องการไปผลิตเป็นไฟฟ้าเพื่อใช้ในฟาร์มสุกรอีกด้วย ทำให้เป็นระบบที่มีความน่าสนใจทั้งในมุมมองของการอยู่ร่วมกับชุมชน และการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ การเพิ่มศักยภาพในการคืนสภาพทาง

พลังงานจะทำให้ระบบนี้สามารถรับมือกับภัยคุกคามรูปแบบต่างๆ ได้ และทำให้สามารถใช้เป็นตัวอย่างของระบบผลิตแก๊สชีวภาพที่ประสบความสำเร็จในการรับมือความท้าทายได้หลายรูปแบบ

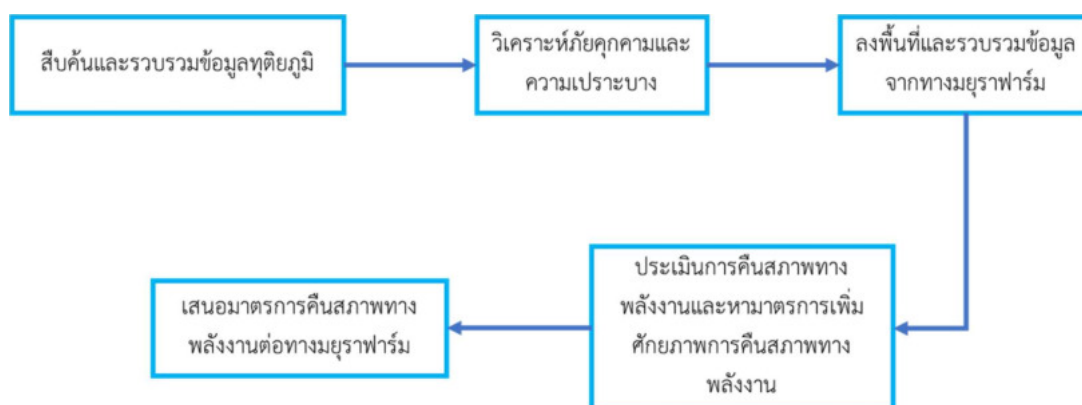
วิธีการวิจัย

ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการประเมินการคืนสภาพทางพลังงานของระบบผลิตแก๊สชีวภาพพร้อมเครื่องปั่นไฟของมยุราฟาร์ม จ.ขอนแก่น คณะผู้วิจัยเริ่มต้นการประเมินโดยการสืบค้นและรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิเกี่ยวกับระบบการผลิตแก๊สชีวภาพและผลิตไฟฟ้า ภัยคุกคามที่เกิดขึ้นในบริเวณ อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น และความเปราะบางของระบบผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสุกร เครื่องปั่นไฟ และชุมชนโดยรอบ หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์โอกาสในการเกิดภัยคุกคามต่างๆ และระดับของผลกระทบที่อาจเกิดจากความเปราะบางแต่ละอย่างของระบบผลิตแก๊สชีวภาพ เมื่อวิเคราะห์เสร็จเรียบร้อยแล้วจึงลงพื้นที่เพื่อรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิผ่านการเยี่ยมชมมยุราฟาร์มและการสัมภาษณ์เจ้าของมยุราฟาร์ม ข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงผลการวิเคราะห์โอกาสการเกิดภัยคุกคามและความเปราะบางของระบบ แล้วจึงประเมินการคืนสภาพทางพลังงาน โดยพิจารณาศักยภาพของระบบในการกลับคืนสู่สภาพเดิมหากเกิดภัยคุกคามแต่ละรูปแบบภายใต้ความเปราะบางต่างๆ ที่มี คณะผู้วิจัยจะพิจารณามาตรการคืนสภาพทางพลังงานที่จะช่วยแก้ความเปราะบางของระบบการผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อให้สามารถรับมือภัยคุกคามได้ และขั้นตอนสุดท้ายคือการนำเสนอมาตรการคืนสภาพทางพลังงานที่เหมาะสมต่อมยุราฟาร์ม

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการลงพื้นที่และสัมภาษณ์

จากการลงพื้นที่และสัมภาษณ์เจ้าของมยุราฟาร์มดังที่แสดงในภาพที่ 2 พบว่า ระบบผลิตแก๊สชีวภาพนี้มีบ่อหมักมูลสุกร 2 บ่อ ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร และ 400 ลูกบาศก์เมตร รวมเป็น 500 ลูกบาศก์เมตร ดังที่แสดงในภาพที่ 3 สามารถส่งแก๊สชีวภาพให้ชุมชนใช้ได้ 130 คริวเรือน และมีเครื่องปั่นไฟขนาด 50 KW 60 KVA ที่ใช้แก๊สชีวภาพที่เหลือจากการส่งให้ชุมชนเป็นเชื้อเพลิง ดังที่แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย



ภาพที่ 2 บรรยากาศการลงพื้นที่และสัมภาษณ์เจ้าของมยุราฟาร์ม



ภาพที่ 3 บ่อหมักมูลสุกร ขนาด 400 ลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 4 เครื่องปั่นไฟขนาด 50 kW 60 KVA

ภัยคุกคามและผลกระทบ

ภัยคุกคามหลายอย่างที่พบใน จ.ขอนแก่น จะไม่พบในมยุราฟาร์ม เช่น จะไม่มีเหตุการณ์น้ำท่วมเพราะทำเลที่ตั้งของฟาร์มอยู่บริเวณที่ราบสูงจึงไม่มีน้ำท่วมหรือน้ำป่าไหลหลาก และจะไม่ได้รับผลจากภัยแล้งเพราะมีแหล่งน้ำอยู่บริเวณใกล้เคียง นอกจากนี้ โอกาสในการเกิดไฟฟ้าหรือแผ่นดินไหวก็น้อยมาก ปัญหาการต่อต้านจากชุมชนซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในระบบผลิตแก๊สชีวภาพหลายแห่งก็เกิดขึ้นได้ยากในมยุราฟาร์ม เนื่องจากชุมชนได้ใช้แก๊สชีวภาพโดยไม่เสียค่าแก๊ส โดยจะเสียเงินเข้ากองทุนเพียงเดือนละเล็กน้อยเพื่อเป็นค่าบำรุงรักษาเท่านั้น อย่างไรก็ตามที่อาจส่งผลกระทบต่อมยุราฟาร์มคือสภาพอากาศที่รุนแรง (extreme weather) เช่น อากาศเย็นจัดหรืออากาศร้อนจัด โดยอากาศเย็นจัดจะผลิตแก๊สชีวภาพได้น้อย และอาจจะไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ในทางกลับกัน อากาศร้อนจะส่งผลให้ผลิตแก๊สชีวภาพมากเกินไปจนความจุของบ่อหมัก

ความแปรปรวน

ระบบผลิตแก๊สชีวภาพในมยุราฟาร์มยังไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศที่รุนแรงหรือสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ เนื่องจากไม่มีระบบตรวจวัดการอัตราการผลิตแก๊ส ปริมาณแก๊สที่อยู่ในบ่อหมัก ปริมาณแก๊สที่ถูกส่งไปใช้ และปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยปัจจุบัน ทางมยุราฟาร์มจะสังเกตปริมาณแก๊สที่มีอยู่จากการพองตัวของฝ้ายางที่คลุมบ่อหมักมูลสุกรเท่านั้น ความแปรปรวนนี้ทำให้ฝ้ายางเป็นรูรั่วหรือเกิดการฉีกขาดมาแล้วหลายครั้ง โดยหากเป็นรูรั่วคนงานในฟาร์มมยุราสามารถซ่อมแซมได้เอง แต่หากเป็นรอยฉีกขาดขนาดใหญ่ จะต้องให้ช่างที่มีความชำนาญมาช่วยซ่อมแซมให้ ทำให้ต้องรอการซ่อมแซมเป็นเวลานาน นอกจากนี้ การไม่มีแผนการบำรุงรักษาระบบ ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ในสถานีจ่ายแก๊สชีวภาพ ช่วงที่คณะผู้วิจัยลงพื้นที่ ฟาร์มมยุราจึงไม่สามารถส่งแก๊สชีวภาพให้ชุมชนได้ แม้จะมีแก๊สชีวภาพในบ่อหมัก ความแปรปรวนอีกอย่างหนึ่ง คือการต้องกำหนดรอบการเลี้ยงสุกรให้ตรงกันทั้งฟาร์มเพื่อหลีกเลี่ยงการติดโรคของลูกสุกรจากสุกรที่โตเต็มวัย ทำให้มีช่วงพักคอกเป็นเวลา 1 เดือน รวม 2 ครั้งต่อปี ที่ฟาร์มจะไม่สามารถผลิตแก๊สชีวภาพให้ชุมชนได้ อย่างไรก็ตาม ทางฟาร์มได้แจ้งให้ชุมชนทราบแล้วว่า จะมีช่วงที่ไม่สามารถใช้อุปกรณ์แก๊สชีวภาพได้ ทำให้ชาวบ้านในชุมชนมีเชื้อเพลิงสำรอง เช่น แก๊สหุงต้มหรือฟืน อยู่ในครัวเรือนแล้ว และฟาร์มจะแจ้งชุมชนผ่านเสียงตามสายทุกครั้งที่เริ่มและหยุดจ่ายแก๊สชีวภาพ ทำให้ชุมชนทราบว่าเมื่อใดบ้างที่จะมีแก๊สชีวภาพใช้งาน

มาตรการคืนสภาพทางพลังงาน

คณะผู้วิจัยนำเสนอมาตรการคืนสภาพทางพลังงาน 3 มาตรการ ดังนี้

1. เก็บรวบรวมสถิติการผลิตแก๊สชีวภาพ ปริมาณแก๊สชีวภาพคงเหลือในบ่อหมัก การจ่ายแก๊สชีวภาพ และการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพ โดยอาจจะเก็บเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น ดูจากความสูงของฝ้ายางที่คลุมบ่อหมัก หรือ อาจจะติดตั้งอุปกรณ์ง่าย ๆ เพื่อเก็บข้อมูลเชิงปริมาณด้วย เช่น ดิสมิเตอร์เพื่อวัดแก๊สตามจุดเชื่อมต่อต่างๆ เช่น บริเวณท่อที่ลำเลียงแก๊สจากบ่อหมักสู่สถานีจ่ายแก๊ส หรือบริเวณท่อขาออกจากสถานีจ่ายแก๊ส หรือ เก็บข้อมูลปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากหน้าจอของระบบผลิตไฟฟ้า ส่วนสำคัญของมาตรการนี้คือการหมั่นจดบันทึกข้อมูลอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้มีสถิติในระยะยาวที่จะใช้ในการวางแผนจ่ายแก๊สให้เหมาะสม ไม่ให้เกิดรูรั่วหรือการฉีกขาดของฝ้ายาง และยังเป็นประโยชน์ในการวางแผนการผลิตและจ่ายแก๊ส และประเมินความคุ้มค่าของระบบอีกด้วย
2. ให้มีการฝึกอบรมให้ความรู้การปะฝ้ายาง โดยให้ผู้เชี่ยวชาญมาฝึกให้คนงานในฟาร์มสุกร เพื่อให้สามารถซ่อมแซมได้ด้วยตนเองแม้จะเกิดรอยฉีกขาดขนาดใหญ่
3. ให้มีแผนการตรวจตราและบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ เช่น อุปกรณ์ต่างๆ ในสถานีจ่ายแก๊ส ข้อต่อของท่อต่าง ๆ เพื่อให้ระบบส่งจ่ายแก๊สสามารถใช้งานได้เสมอเมื่อมีการผลิตแก๊สชีวภาพ

สรุปผลการวิจัย

คณะผู้วิจัยประเมินการคืนสภาพทางพลังงานของระบบผลิตแก๊สชีวภาพพร้อมเครื่องปั่นไฟของมยุราฟาร์ม บ้านคำปากดาว ต.คำแคน อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น จากการประเมิน พบว่า ภัยคุกคามที่สำคัญคือสภาพอากาศที่รุนแรงหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างรวดเร็ว และความแปรปรวนที่อาจเป็นเหตุให้เกิดความเสี่ยงคือ การขาดการเก็บสถิติการผลิต จ่าย และใช้งานแก๊สชีวภาพและไฟฟ้า การขาดทักษะการซ่อมแซมรอยขาดขนาดใหญ่บนฝ้ายางคลุมบ่อหมัก และการขาดแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ คณะผู้วิจัยเสนอมาตรการคืนสภาพทางพลังงาน 3 มาตรการ คือ การติดตั้งระบบเก็บข้อมูลเกี่ยวกับแก๊สชีวภาพและหมั่นจดบันทึกข้อมูล การฝึกอบรมให้ความรู้การปะฝ้ายาง และการวางแผนตรวจตราและบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแก๊สชีวภาพ มาตรการเหล่านี้จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการรับมือภัยคุกคามต่าง ๆ ให้ระบบผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อให้สามารถผลิตและจ่ายแก๊สชีวภาพได้อย่างสม่ำเสมอภายใต้ทุกสถานการณ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทางมยุราฟาร์ม ที่อนุเคราะห์ข้อมูลปฐมภูมิเกี่ยวกับระบบผลิตแก๊สชีวภาพพร้อมเครื่องปั่นไฟในฟาร์ม และข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับฟาร์ม ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการประเมินศักยภาพการคืนสภาพทางพลังงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประชาคมวิจัยด้านเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียนและเศรษฐกิจสีเขียว, (2561), **สมุดปกขาว BCG in Action**, การพัฒนาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมของประเทศไทยเพื่อเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว Bio – Circular – Green Economy.
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (2560), **แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 - 2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015)**.
- [3] Mazur C., et al., (2019), A holistic resilience framework development for rural power systems in Emerging economies, **Applied Energy**, 235:219–32.
- [4] Roegel P. E., et al., (2014), Metrics for energy resilience, **Energy Policy**, 72:249–56.

วารสารวิชาการ
**พลังงานทดแทน
สู่ชุมชน**



J-REC

JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY
FOR COMMUNITY

สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 อีเมล : treca.2012@gmail.com โทร : 02 549 3497