



# การประเมินและการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระหว่าง โรงไฟฟ้าจากเซลล์ แสงอาทิตย์ กับ โรงไฟฟ้าชีวมวลจากแกลบ, ชานอ้อย ชานนท์ จันทร์วงศ์

## Evaluation and comparison of carbon footprint for electricity production between a solar power plant and a gasifier from rice husk and carcass of sugarcane

Chanon Junwong

นักศึกษาปริญญาโท, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering Naresuan University, Phitsanulok

\*Corresponding author. E-mail : home\_hiphop@hotmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ซึ่งจะแสดงผลอยู่ในรูปปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยการเปรียบเทียบโรงไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 1 MW ระหว่างโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Power Plant) โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Monocrystalline และ Polycrystalline และ โรงไฟฟ้าชีวมวล จากแกลบ, ชานอ้อย ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ผลและเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการสร้างวัสดุที่ใช้ในโรงไฟฟ้า การขนส่งวัสดุอุปกรณ์ กระบวนการในการสร้างไฟฟ้า ตลอดจนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการต่าง ๆ ในโรงไฟฟ้า เพื่อชี้แจงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนและชี้วัดค่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ จากการประเมินพบว่า โรงไฟฟ้าชีวมวลจากแกลบ มีค่าการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์สูงสุดที่สุด คือ 0.8063 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh โรงไฟฟ้าชีวมวลจากชานอ้อย คือ 0.4140 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh โรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ แบบ Monocrystalline มีค่า 0.0723 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh และโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ แบบ Polycrystalline มีค่าต่ำสุดคือ 0.0563 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh ตามลำดับ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยปริมาณการผลิตไฟฟ้าประเทศไทย มีค่า 0.561 KgCO<sub>2</sub>e/kWh (ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม, อินเทอร์เน็ต 2556)

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ เซลล์แสงอาทิตย์ ชีวมวล MONOCRYSTALLINE POLLYCRYSTALLINE

### Abstract

This research is intended to calculate the amount of carbon footprint, which will be expressed in terms of the amount of carbondioxide. By comparison of a power plant with the total generating capacity of 1MW between a solar power plant which using Monocrystalline solar cells and Polycrystalline solar cells, and gasification plant from husk and a carcass of sugarcane.

The results analysis are expressed by comparison of the amount of carbon footprint which be generated from the process of building materials, transportation, the process of generating electricity, including the wastes from the various processes in power plants. To clarify the details of each step and to measure carbon footprint in each process. The evaluation found that biomass power plant from rice husk have the highest carbon footprint release value is 0.8063 kgCo2-eq / kWh. The biomass from bagasse is 0.4140 kgCo2-eq / kWh. The Monocrystalline solar cells has a value of 0.0723 kgCo2-eq / kWh and electricity from Polycrystalline solar cells have the lowest value was 0.0563 kgCo2-eq / kWh, while the average was 0.561 KgCO<sub>2</sub>e / kWh. (Environmental Research and Training Center, Internet 2013)



**Keywords:** CARBON FOOTPRINT, SOLAR CELL, GASIFICATION, MONOCRYSTALLINE, POLLYCRYSTALLINE

### บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้นประมาณปีละ 1,200 เมกะวัตต์ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาโรงไฟฟ้าใหม่เพิ่มขึ้น และเนื่องจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศมีการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสูงถึงร้อยละ 70 รองลงมาได้แก่ ลิกไนท์และถ่านหิน รวมประมาณร้อยละ 20 ที่เหลือเป็นพลังงานหมุนเวียนและการซื้อไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน (กฟผ., อินเทอร์เน็ต, 2557) ดังนั้นเพื่อลดความเสี่ยงจากการพึ่งพาเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าที่มากเกินไป ในแผน PDP ฉบับปัจจุบัน จึงกำหนดให้มีการพัฒนาโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงหลักจากถ่านหินนำเข้า และพลังงานนิวเคลียร์ แต่หลังจากเกิดเหตุการณ์ที่โรงไฟฟ้าฟูกูชิม่าในประเทศญี่ปุ่นแล้ว รัฐบาลได้มีนโยบายให้เลื่อนแผนการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ออกไปก่อน กระทรวงพลังงานร่วมกับคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานจึงเกิดความตระหนักจากปัญหาดังกล่าว จึงมีนโยบายให้ประชาชนร่วมกันลดปริมาณการใช้พลังงาน และให้มีส่วนร่วมในการสร้างโรงไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนขึ้น โดยให้ภาคเอกชนสามารถสร้างโรงไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนขนาดเล็ก เช่น โรงไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล, พลังงานลม, แสงอาทิตย์ เป็นต้น

ผลกระทบของก๊าซเรือนกระจกกำลังทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยภัยพิบัติจากธรรมชาติที่แสดงถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมและภูมิอากาศโลก ที่มีสาเหตุหลักสำคัญซึ่งคาดการณ์ว่าเกิดจากอุณหภูมิความร้อนของโลกที่สูงขึ้น เนื่องจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) และก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ สู่ชั้นบรรยากาศ จากโรงงานอุตสาหกรรม การตัดไม้ทำลายป่า การเผาไร่เพื่อเตรียมพื้นที่การเพาะปลูกในฤดูกาลหน้า รวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ ในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ในแต่ละวัน ดังนั้นการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นหน้าที่ของผู้เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน ทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรมในฐานะผู้ผลิต ภาคบริการในฐานะผู้ขับเคลื่อนกิจกรรม รวมถึงภาคประชาชนในฐานะผู้บริโภคที่จะร่วมกันลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศและโลก

สำหรับงานวิจัยนี้ทำการศึกษาการประเมินและการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระหว่าง โรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ กับ โรงไฟฟ้าชีวมวลจากแกลบ, ชานอ้อย โดยมุ่งเน้นศึกษาองค์ประกอบ ขั้นตอนการสร้างโรงไฟฟ้า กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าและเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จากโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า 1MW และ โรงไฟฟ้าชีวมวล จากแกลบ, ชานอ้อย ขนาดกำลังการผลิต 1MW โดยกำหนดให้ที่ตั้งของโรงไฟฟ้าดังกล่าวคือ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก จากสมมุติฐาน โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนดังกล่าวสามารถลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทยได้ คือมีปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าประเทศไทย ( $0.561 \text{ KgCO}_2\text{e/kWh}$ )ซึ่งปัจจุบันมีการตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กในปริมาณที่เพิ่มขึ้นของทั้ง 2 โรงไฟฟ้าดังกล่าวนี้ และเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งซึ่งนอกจากสามารถสร้างรายได้ให้แก่ภาคเอกชน ผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศแล้ว ยังช่วยการลดการปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ กล่าวคือช่วยลดสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันได้อีกด้วย ตามนโยบายของภาครัฐบาล

### วิธีการ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ มาตรฐาน PAS 2050(ISO 14067) วิธีการดำเนินการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และคำนวณตามขั้นตอนประกอบด้วย จัดทำ Life Cycle Flow Chart, เก็บข้อมูลของกระบวนการ, นำข้อมูลมาเปลี่ยนเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจก, รวบรวมค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากทุกกระบวนการ (พิชัย ถิ่นสันติสุข, อินเทอร์เน็ต, หน้า 68-69) โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ระบบ คือ

- 1 ประเมินในส่วนโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า 1MW โดยใช้ผลิตภัณฑ์ตั้งต้นคือเซลล์แสงอาทิตย์ 2 แบบที่แตกต่างกัน (Polycrystalline, Monocrystalline)



2 ประเมินในส่วนโรงไฟฟ้า ชีวมวล ขนาดกำลังการผลิต 1MW โดยใช้ผลิตภัณฑ์ตั้งต้นคือวัสดุเชื้อเพลิง 2 แบบที่แตกต่างกัน (แกลบ, ชานอ้อย)

หลังจากการประเมิน งานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวิเคราะห์ จากผลการประเมินของโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และ โรงไฟฟ้าจากชีวมวล

### วิธีการประเมิน

วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ มี 7 ขั้นตอน ดังนี้

#### 1 การกำหนดวัตถุประสงค์และเลือกผลิตภัณฑ์

กำหนดวัตถุประสงค์ในการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกวิธีการผลิตเพื่อประกอบการพิจารณาออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่

#### 2 กำหนดขอบเขตการประเมิน

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตการใช้งานและการกำจัดซากผลิตภัณฑ์

#### 3 การสร้างแผนที่การผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์เป้าหมาย

กระบวนการและวัสดุต่างๆตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป็นขั้นตอนที่จำเป็นในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนนี้จะต้องระบุสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับแต่ละกระบวนการโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

#### 4 การเก็บข้อมูลมลพิษทั้งทางตรงและทางอ้อม

การเก็บรวบรวมข้อมูลคือขั้นตอนที่เป็นหัวใจสำคัญในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยเก็บข้อมูลกิจกรรม (Activity data) และค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG Emission Factor) ในงานวิจัยนี้รวบรวมข้อมูลของผลิตภัณฑ์ตั้งต้น 4 ประเภทคือ เซลล์แสงอาทิตย์ Polycrystalline, เซลล์แสงอาทิตย์ Monocrystalline, แกลบ, ชานอ้อย และวัสดุที่ใช้ในโรงไฟฟ้า กระบวนการในการผลิตกระแสไฟฟ้าและของเสียที่เกิดขึ้นจากโรงไฟฟ้าดังกล่าว โดยกำหนดให้โรงไฟฟ้าทั้ง 4 ประเภทดังกล่าว มีที่อยู่คือ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก และใช้รถบรรทุก 10 ล้อ 16 คัน ในการขนส่งวัสดุอุปกรณ์ในโรงไฟฟ้า

#### 5 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

วิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์โดยคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณคือผลรวมของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องตามมาตรฐาน PAS 2050

##### 5.1 การคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จากค่าสัมประสิทธิ์ ของแต่ละกิจกรรม

ค่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของระบบคือผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละกิจกรรม



ค่าสัมประสิทธิ์ <sup>๓</sup> ของแต่ละ กิจกรรม (kg CO <sub>2</sub> /หน่วย)	= ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรม 1 (kg GHG <sub>1</sub> /หน่วย)	× GWP (kg CO <sub>2</sub> e/kg GHG <sub>1</sub> )
	+ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรม 2 (kg GHG <sub>2</sub> /หน่วย)	× GWP (kg CO <sub>2</sub> e/kg GHG <sub>2</sub> )
	+ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรม 3 (kg GHG <sub>3</sub> /หน่วย)	× GWP (kg CO <sub>2</sub> e/kg GHG <sub>3</sub> )

หรือ ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของระบบ =  $\sum_{n=1}^i x$  (1)

กำหนดให้ x = ค่าสัมประสิทธิ์ ของกิจกรรม

i = จำนวนของกิจกรรมในระบบ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2554, หน้า 13)

### 6 การทำรายงานพร้อมให้คำแนะนำในการลดการปลดปล่อยมลพิษ

การรายงานข้อมูลเป็นการเปิดเผยข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณและแหล่งที่มาของข้อมูลทั้งที่ใช้ในการประเมินและไม่ใช้ในการประเมิน

### 7 การลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์

หาแนวทางที่เหมาะสมในการลดการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

### ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินและเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ระหว่างโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า 1MW และโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาดกำลังการผลิต 1MW โดยการแยกพิจารณาออกเป็น 2 ระบบตามส่วนประกอบของแต่ละโรงไฟฟ้า

#### 1 ผลการประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของระบบโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า 1MW

ผู้วิจัยได้เลือกใช้ข้อมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตภัณฑ์ Suntech รุ่น STP305/Vem (Polycrystalline) กำลังการผลิต 305 W/cell และรุ่น STP295s-20/Wew (Monocrystalline), Inverter ผลิตภัณฑ์ Growatt ระบบ 22 kv กำลังการผลิต 1,000 kW และ Transformer กำลังการผลิต 1 MVA ผลิตภัณฑ์ ไทยเอกรัฐ (M.J.de wild-Scholten, 2013 , p.296-305) เป็นอุปกรณ์หลักในการใช้งานในโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังการผลิต 1 MW กำหนดให้โรงไฟฟ้าที่อยู่คือ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก และใช้รถบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน ในการขนส่ง ทำการประเมินหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของระบบ ได้ผลการประเมินดังแสดงค่าในตารางที่ 1



ตาราง 1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดในการสร้าง Solar Farm ขนาดกำลังการผลิต 1MW

ประเภท	Polycrystalline ประเมิน คาร์บอนฟุต พริ้นท์ (kgCO <sub>2</sub> -eq)	Monocrystalline ประเมิน คาร์บอนฟุต พริ้นท์ (kgCO <sub>2</sub> -eq)	หมายเหตุ
การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์	1,587,130	2,878,760	(M.J.de wild-Scholten, 2013 , p.296-305)
การผลิต Inverter	124,000	124,000	(M.J.de wild-Scholten, 2013 , p.296-305)
การผลิต Transformer	124,000	124,000	(M.J.de wild-Scholten, 2013 , p.296-305)
การขนส่งเซลล์แสงอาทิตย์	519,506.736	538,513.08	คำนวณ
การขนส่ง Inverter	24,114	24,114	คำนวณ
การขนส่ง Transformer	4,278.56	4,278.56	คำนวณ
รวม	2,383,029.296	3,693,665.64	คำนวณ

จากตารางที่ 1 แสดง ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดในการสร้าง Solar Farm ขนาดกำลังการผลิต 1MW พบว่า Polycrystalline คิดเป็นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 2,383,029.296 kgCO<sub>2</sub>-eq/42,326,410.28 kWh มีค่าคิดเป็น 0.0563 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh และ Monocrystalline คิดเป็นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 3,693,665.64 kgCO<sub>2</sub>-eq/51,083,598 kWh มีค่าคิดเป็น 0.0723 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh

## 2 ผลการประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของระบบโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาดกำลังการผลิต 1MW

ผู้วิจัยได้เลือกใช้ข้อมูลของสารตั้งต้น 2 ประเภท คือ แกลบและชานอ้อย เป็นเชื้อเพลิงหลักในการใช้งานในโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาดกำลังการผลิต 1MW กำหนดให้โรงไฟฟ้าที่อยู่คือ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก และใช้รถบรรทุก 10 ล้อ 16 คัน ในการขนส่ง ทำการประเมินหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของระบบ ได้ผลการประเมินดังแสดงค่าในตารางที่ 2



ตาราง 2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาดกำลังการผลิต 1MW

ประเภท	วัตถุดิบข้าวเปลือก ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์- (kgCo <sub>2</sub> -eq)	วัตถุดิบขานอ้อยประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kgCo <sub>2</sub> -eq)	หมายเหตุ
การผลิตวัตถุดิบ	71,010,535.5	25,075,500	พลังงานทดแทน, กระทบพลังงาน
การผลิต Transformer	124,000	124,000	(M.J.de wild-Scholten, 2013 , p.296-305)
การผลิต Downdraft Gasifier	124,000	124,000	(M.J.de wild-Scholten, 2013 , p.296-305)
การขนส่งวัตถุดิบ	119,558.144	192,721.408	คำนวณ
การขนส่ง Transformer	4,278.56	4,278.56	คำนวณ
การขนส่ง Downdraft Gasifier	39,568.5	39,568.5	คำนวณ
ของเสียจากกระบวนการ Gasifier	16,871,666.43	19,779,210.35	โครงการวิจัยระบบผลิตพลังงานชีวมวล , กรมพลังงานทดแทน
รวม	88,293,607.13	45,339,278.82	

จากตารางที่ 2 แสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาดกำลังการผลิต 1MW กรณีใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบคิดเป็นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 88,293,607.13 kgCO<sub>2</sub>eq/109,500,000 kWh มีค่าคิดเป็น 0.8063 kgCO<sub>2</sub>-eq/kW กรณีใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบคิดเป็นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 45,339,278.82kgCO<sub>2</sub>-eq/109,500,000kWh มีค่าคิดเป็น 0.4140 kgCO<sub>2</sub>-eq/kW

### 3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาดกำลังการผลิต 1MW และ โรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังการผลิต 1MW

ตาราง 1 การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาดกำลังการผลิต 1MW และ โรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังการผลิต 1MW

ประเภท	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kgCo <sub>2</sub> -eq)	กำลังการผลิต (Unit) หรือ kWh	ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์/Unit
Solar Farm Polycrystalline	2,383,029.296	42,326,410.28	0.0563
Solar Farm Monocrystalline	3,693,665.64	42,326,410.28	0.0723
Gasification แกลบ	88,293,607.13	109,500,000	0.8063
Gasification ขาน	42,431,734.90	109,500,000	0.4140

จากตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาดกำลังการผลิต 1MW และ โรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลังการผลิต 1MW เมื่อคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อกำลังการผลิต 1 หน่วย(kWh) แล้วมีผลการคำนวณของกรณี Solar Farm ประเภท Polycrystalline คือ 0.0563 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh Solar Farm ประเภท Monocrystalline คือ 0.0723 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh Gasification จากแกลบ คือ



0.8063 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh และ Gasification จากชานอ้อย คือ 0.4140 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh เมื่อค่าเฉลี่ยปริมาณการผลิตไฟฟ้าประเทศไทยมีค่า 0.561 KgCO<sub>2</sub>e/kWh (ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม, อินเทอร์เน็ต 2556)

### อภิปรายผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยเพื่อประเมินและเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งแบบ Polycrystalline และ Monocrystalline กับ โรงไฟฟ้าชีวมวล ทั้งจากแกลบและชานอ้อยขนาดกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 MW ซึ่งงานวิจัยในลักษณะใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ส่วนมากจะกล่าวถึงปริมาณปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์เฉพาะส่วนผลิตภัณฑ์ของสารตั้งต้นที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานเช่น หนุ่ยงานเปียร์(ประพิธาร์ธนา รัช, เบญจมาภรณ์ ฌนอมณั่ม, พิสิษฐ ฌณีโชต, 2557, น.72-82) เซลล์แสงอาทิตย์(M.J.de wild-Scholten, 2013 , p.296-305) เท่านั้น ไม่มีการคำนวณถึงปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์การผลิตไฟฟ้าประเทศไทย

ผลการประเมินโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ แบบ Polycrystalline และ Monocrystalline มีค่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อ1 หน่วยการผลิตกระแสไฟฟ้าน้อย(0.0563และ0.0723kgCO<sub>2</sub>-eq/1unit ตามลำดับ)เมื่อเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าชีวมวล ทั้งจากแกลบและชานอ้อย (0.806334 และ0.414057kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh ตามลำดับ) โดยโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Polycrystalline มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อ1 หน่วยการผลิตกระแสไฟฟ้า ต่ำที่สุด คือ 0.0563kgCO<sub>2</sub>-eq/1unit และโรงไฟฟ้าชีวมวล ทั้งจากแกลบ มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อ1 หน่วยการผลิตกระแสไฟฟ้า สูงที่สุด คือ 0.806334kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh โดยค่าเฉลี่ยปริมาณการผลิตไฟฟ้าประเทศไทยมีค่า 0.561 KgCO<sub>2</sub>e/kWh (ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม, อินเทอร์เน็ต 2556)โดยสามารถเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จากปัจจัยหลักแบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้ดังนี้

### 1.วัตถุดิบ

ตาราง 4 การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาดกำลังการผลิต 1MW และ โรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังการผลิต 1MW ประเภท วัตถุดิบ

ประเภท	SolarFarm Polycrystalline (kgCO <sub>2</sub> -eq)	SolarFarm Monocrystalline (kgCO <sub>2</sub> -eq)	Gasification แกลบ (kgCO <sub>2</sub> -eq)	Gasification ชานอ้อย (kgCO <sub>2</sub> -eq)
สารตั้งต้น	1,587,130	2,878,760	71,010,535.5	25,075,500
Transformer	124,000	124,000	-	-
Downdraft Gasifier	-	-	124,000	124,000
Inverter	124,000	124,000	124,000	124,000
รวม	1,835,130	3,126,760	71,258,535.5	25,323,500

จากตารางที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เฉพาะส่วนวัตถุดิบจากโรงไฟฟ้าทั้ง 4 ประเภท พบว่าโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ แบบ Polycrystalline มีการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์หรือเทียบเท่าที่น้อยที่สุดคือปริมาณ 1,835,130kgCO<sub>2</sub>-eq สาเหตุจากการใช้วัตถุดิบSilicon และ crystal ในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ในปริมาณที่น้อยกว่า Solar FarmแบบMonocrystalline และโรงไฟฟ้าชีวมวล จากแกลบมีการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์หรือเทียบเท่ามากที่สุดคือปริมาณ 71,258,535.5kgCO<sub>2</sub>-eqสาเหตุจากการใช้ทรัพยากรที่มากในการปลูกข้าวมันเอง





## 2. การขนส่ง

ตาราง 5 การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาดกำลังการผลิต 1MW และโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดกำลังการผลิต 1MW ประเภท การขนส่ง

ประเภท	SolarFarm Polycrystalline (kgCO <sub>2</sub> -eq)	SolarFarm Monocrystalline (kgCO <sub>2</sub> -eq)	Gasification แก๊ส (kgCO <sub>2</sub> -eq)	Gasification ขานอ้อย (kgCO <sub>2</sub> -eq)
สารตั้งต้น	519,506.736	538,513.08	119,558.144	192,721.408
Transformer	4,278.56	4,278.56	4,278.56	4,278.56
Downdraft Gasifier	-	-	39,568.5	39,568.5
Inverter	24,114	24,114	-	-
รวม	547,899.296	566,905.64	163,405.204	236,568.468

เมื่อเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เฉพาะส่วนการขนส่งจากโรงไฟฟ้าทั้ง 4 ประเภท พบว่า โรงไฟฟ้า Gaชีวมวล จากแก๊สมีการปลดปล่อยปริมาณฟุตพริ้นท์น้อยที่สุดคือปริมาณ 163,405.204 kgCO<sub>2</sub>-eq สาเหตุจากการขนส่งที่มีระยะทางใกล้ที่สุดแม้ว่าค่าแพคเตอร์ผลิตภัณฑ์ขนส่ง(ปริมาณ KgCO<sub>2</sub>-eq ของผลิตภัณฑ์ / น้ำหนัก Kg ผลิตภัณฑ์)มีค่า 0.0753 Kg/Kg ซึ่งมากกว่าอ้อยคือ 0.0229 Kg/Kg ก็ตาม และโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Monocrystallineมีการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดคือปริมาณ 566,905.64kgCO<sub>2</sub>-eq สาเหตุจากแพคเตอร์ผลิตภัณฑ์ขนส่งมีค่ามากที่สุดนั่นเอง

## 3. กระบวนการในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ตาราง 6 การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดในการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาดกำลังการผลิต 1MW และโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดกำลังการผลิต 1MW ประเภทกระบวนการในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ประเภท	Solar Farm Polycrystalline (kgCO <sub>2</sub> -eq)	Solar Farm Monocrystalline (kgCO <sub>2</sub> -eq)	Gasification แก๊ส (kgCO <sub>2</sub> -eq)	Gasification ขานอ้อย (kgCO <sub>2</sub> -eq)
ของเสียจากกระบวนการผลิต	-	-	16,871,666.43	19,779,210.35
รวม	-	-	16,871,666.43	19,779,210.35

เนื่องจากการคำนวณของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล จากแก๊สและขานอ้อยเป็นการคำนวณโดยคำนวณจากปริมาณการใช้จากสารตั้งต้น ส่วนโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณค่าของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการน้อยมากมีค่าใกล้เคียง 0

## สรุปผลการศึกษา

ผู้วิจัยจะกล่าวสรุปผลจากการวิเคราะห์และประเมินผลจากการประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการสร้างโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Polycrystalline และ Monocrystalline กับโรงไฟฟ้าชีวมวล จากแก๊สและขานอ้อยขนาดกำลังการผลิต 1MW สามารถสรุปได้ตามประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

ผลจากการประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ การสร้างโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Polycrystalline มีค่าการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยที่สุดคือ 0.0563 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh เนื่องจากมีค่าการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยในทั้งส่วนการผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในโรงไฟฟ้าและในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการสร้างพลังงานไฟฟ้าจึงไม่มีปริมาณของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

ผลจากการประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ การสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล จากแก๊ส มีค่าการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุด คือ 0.8063 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh เนื่องจากมีค่าการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาก





ที่สุดในส่วนของการปลูกข้าว และในกระบวนการ Gasification เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ เถ้าและน้ำมันทาร์ ถึงแม้ว่าค่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในการขนส่งจะมีค่าน้อยก็ตาม

ในปัจจุบันประเทศไทยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 0.561 KgCO<sub>2</sub>e/kWh หมายถึงค่าเฉลี่ยในการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ทั้งจากถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ เชื้อเพลิงและซื้อไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล จากแกลบและกากอ้อย มีค่าการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ใกล้เคียงค่าสัมประสิทธิ์ของการผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศไทย กล่าวคือ การสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล จากแกลบ, ชานอ้อย ไม่ได้ช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ แต่โรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีค่าต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ของการผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศไทยมาก กล่าวคือ การสร้างโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศ

การประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพียงปัจจัยเดียวอาจไม่ใช่เหตุผลสำคัญสำหรับแรงจูงใจในการเลือกสร้างโรงไฟฟ้า อีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญในการสร้างแรงจูงใจคือรายรับ รายจ่าย แม้ว่าการสร้างโรงไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศ แต่กำลังการผลิตในการผลิต มีค่าเฉลี่ย 5.04 ชม./วัน ใช้พื้นที่ในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ 15 ไร่/1MW ใช้งบประมาณในการลงทุน มีค่าประมาณ 70 ล้านบาท/1MW สร้างรายได้ประมาณ 239 ล้านบาท ในระยะเวลา 25 ปีที่ภาครัฐทำสัญญากับโรงไฟฟ้านั้น แต่โรงไฟฟ้าชีวมวล จากชานอ้อย สามารถสร้างกำไรได้สูงที่สุด คือกำลังการผลิตในการผลิต มีค่าเฉลี่ย 8 ชม./วัน ใช้พื้นที่ในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ 5 ไร่/1MW ใช้งบประมาณในการลงทุน มีค่าประมาณ 120 ล้านบาท/1MW สร้างรายได้ประมาณ 642 ล้านบาท

#### เอกสารอ้างอิง

- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2557). *Emission Factor CFP*. วันที่ค้นข้อมูล 18 สิงหาคม พ.ศ.2558, เข้าถึงได้จาก <http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/carbonfootprint/index.php?page=9>
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2556). *Emission Factor for CFO*. วันที่ค้นข้อมูล 18 สิงหาคม พ.ศ.2558, เข้าถึงได้จาก <http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/carbonorg/index.php?page=8>
- M.J. (Mariska) de Wild-Scholten. (2013). *Energy payback time and carbon footprint of commercial photovoltaic systems*. *Journal of Solar Energy Materials & Solaar Cells*. 296–305
- British Standards (2008). *Guide to PAS 2050 – How to assess the carbon footprint of goods and services*, Chiswick High Road, London. 1–55
- Sate Sampattagul, Pranee Nutongkaew and Tanongkiat Kiatsiroat (2011). *Life cycle assessment of palm oil biodiesel production in Thailand*. *International Journal of Renewable Energy* 6(1), 1–14.
- ISO 14064-1:2006, *Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*, from <https://www.iso.org/standard/38498.html>