

**การประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
จากหญ้าเนเปียร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน
Carbon Dioxide Emission Assessment of Biomass Community
Based Power Plant from Napier Grass**

ประพิธาร์ ธนารักษ์, พิสิษฐ์ มณีโชติ และ วิกานต์ วันสูงเนิน
วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก 65000
*Email: prapitatt@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงจากหญ้าเนเปียร์สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนด้วยระบบแก๊สซิฟิเคชัน ขนาด 10 kW โดยการใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่ขั้นตอนเตรียมดิน ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการนำเชื้อเพลิงไปใช้กับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน วิธีการดำเนินการวิจัยนี้จะดำเนินงานตามขั้นตอนของ LCA ของ ISO 14040 ผลการวิจัยพบว่า ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ 0.32 kgCO₂eq/kWh คิดเป็นปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ เท่ากับ -0.19 kgCO₂eq/ kWh แนวทางในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมคือ ในช่วงการเพาะปลูก ซึ่งมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด ควรลดปริมาณการใช้ปุ๋ยหรือเปลี่ยนจากการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยอินทรีย์ และใช้แรงงานคนในการเพาะปลูกแทนการใช้เครื่องจักร

คำสำคัญ : การประเมินวัฏจักรชีวิต หญ้าเนเปียร์ และแก๊สซิฟิเคชัน

Abstract

The purpose of this study was to analyze the environmental impact for Biomass Community Based Power Plant (BCBPP) with gasification technology 10 kW. Life cycle assessment as the ISO 14040 was applied in this study which covered from land preparing, seed cane preparing, farming, harvesting, transportation and electricity generation. The results showed total CO₂ emission for BCBPP Gasification 10 kW was 0.32 kgCO₂eq/kWh. The net CO₂ emission was -0.19 kgCO₂eq/ kWh. The results suggest that the highest CO₂ emission in farming process can be reduce by purchase the seed cane in the community. Substitute chemical fertilizer to organic fertilizer in farming as well as use man labor instead of machine also will make environmental friendly for community.

Keywords: Life Cycle Assessment; Napier Grass and Gasification

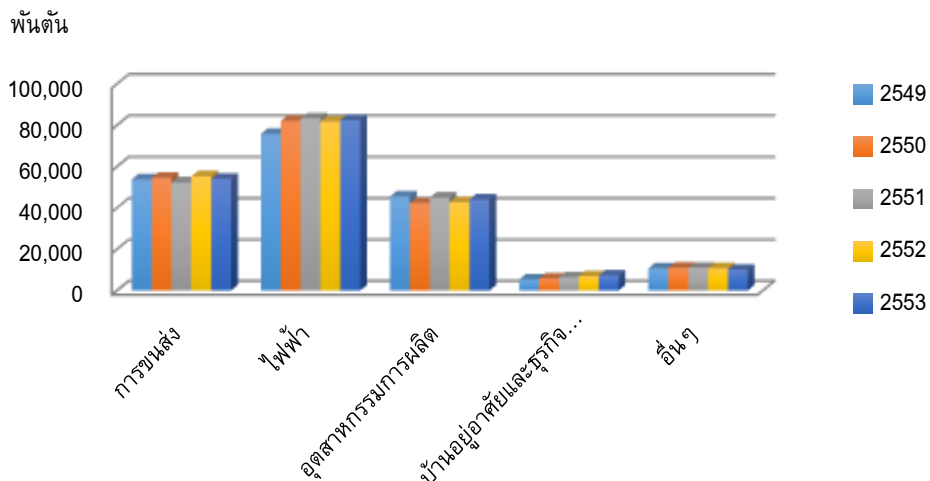
บทนำ

ปัจจุบันการดำรงชีวิตของมนุษย์ จำเป็นต้องพึ่งพาพลังงานในการผลิตสินค้าสำหรับอุปโภคและบริโภค การคมนาคมขนส่ง การประกอบธุรกิจ การทำการเกษตรต่างๆ พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuels) อันได้แก่

น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ซึ่งเชื้อเพลิงเหล่านี้ นอกจากจะมีอยู่จำกัดแล้ว การเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานเพื่อนำไปใช้ ยังก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ของโลก และยังส่งผลกระทบต่ออื่นๆ อีก เช่น ไฟไหม้ป่า น้ำท่วม ภัยแล้ง เป็น

ต้น อย่างไรก็ตาม พลังงานมีความจำเป็นต่อการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและความสะดวกสบายในการดำรงชีพ ดังนั้นการแสวงหาเชื้อเพลิงใหม่เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลโดยไม่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความสำคัญ เป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิตและการพัฒนาประเทศ ปัจจุบันนี้การผลิตไฟฟ้าส่วนใหญ่มาจากก๊าซธรรมชาติ ซึ่งมีขีดจำกัดในการผลิตและไม่

เพียงพอต่อการใช้งาน สำหรับประเทศไทยมีปริมาณการใช้พลังงานของประเทศมีมากกว่าพลังงานที่ผลิตได้ โดยเฉพาะไฟฟ้าปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงกว่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ ดังนั้นการหาแหล่งพลังงานหรือเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลการผลิตหรือศักยภาพการผลิตไฟฟ้า ให้เพียงพอต่อการใช้งาน เป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก



รูปที่ 1 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) แต่ละภาคเศรษฐกิจ [1]

การใช้พลังงานไฟฟ้านั้นมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดในกระบวนการใช้งานด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดแนวคิดในการวิจัยเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล เพื่อให้ทราบการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจก ในช่วงขั้นตอนก่อนการใช้งาน แม้ว่ากระบวนการชีวมวลที่เหลือทิ้งทางการเกษตรมาผลิตไฟฟ้านั้น ทำให้ลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะมลพิษทางอากาศได้ส่วนหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลนั้น มีขั้นตอนต่างๆ มากมาย ซึ่งโดยภาพรวมนั้นอาจจะลดปัญหาด้านมลพิษทางอากาศ เนื่องจากลดการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรลง แต่ขั้นตอนระหว่างกระบวนการผลิตไฟฟ้านั้นอาจก่อให้เกิดมลพิษในด้าน

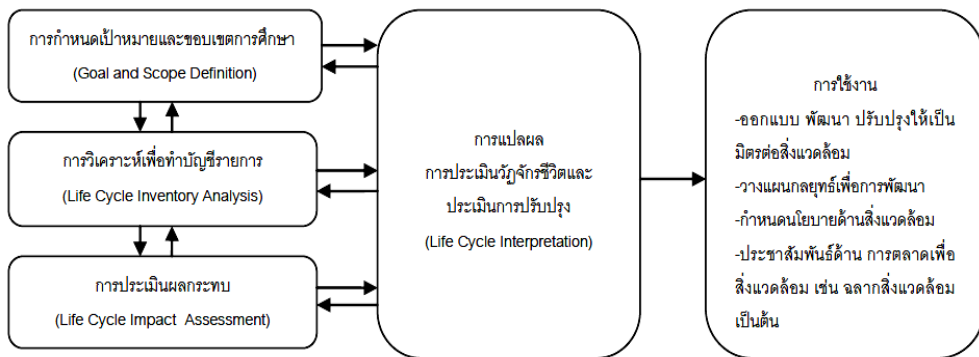
อื่น ซึ่งการประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน ใช้กระถินยักษ์เป็นเชื้อเพลิง พบว่าใช้พลังงาน 24.03 MJ ในการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 kWh และเก็บข้อมูลในทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการแปรรูปไม้ และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro ด้วยวิธี EDIP/UMIP 97 ได้ผลกระทบที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 1.66×10^{-4} Pt ต่อไฟฟ้าปริมาณ 1 kWh ที่ผลิตขึ้น [2]. การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินเพื่อใช้กับเตาเผาเหล็กในประเทศไทย โดยมีขอบเขตตั้งแต่ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบไปยังโรงงาน ขั้นตอนการผลิตก๊าซ

เชื้อเพลิง และขั้นตอนการนำก๊าซเชื้อเพลิงไปใช้พบว่าขั้นตอนการนำก๊าซเชื้อเพลิงไปใช้กับเตาเผาเหล็ก มีปริมาณการใช้พลังงานมากที่สุด ปลอยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา 2922.81 กรัม ส่วนขั้นตอนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบสูงถึง 70.9% เมื่อเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ [3] การนำการประเมินวัฏจักรชีวิตมาประยุกต์ใช้กับโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยใช้ไม้ที่เหลือทิ้งเป็นแหล่งเชื้อเพลิง วัตถุประสงค์เพื่อทำการเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมระหว่างขนาดโรงไฟฟ้า 2 MW กับ 10 MW และการผลิตไฟฟ้าที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล รวมทั้งพิจารณาเชื้อเพลิงที่มีความแตกต่างกัน จากงานวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 10 MW กับ 2 MW และที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล คือ 19% และ 16.2% ตามลำดับ แต่โรงไฟฟ้าชีวมวลมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพน้อยกว่าแบบที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล โรงไฟฟ้าชีวมวลไม่มีส่วนที่ใช้เชื้อเพลิงจากแหล่งฟอสซิล รวมถึงเป็นการลดภาวะโลกร้อนเนื่องจากเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นพืชในระหว่างที่ทำการเพาะปลูกพืชได้มีการดึงคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมาใช้ [4] หยูเนเปียร์ เป็นพืชพลังงานที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจากแหล่งพลังงานที่สะอาด โดยกระทรวงพลังงาน มีเป้าหมายในการใช้หยูเนเปียร์เพื่อผลิตไฟฟ้าและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดภาวะโลกร้อน งานวิจัยนี้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และพลังงานของหยูเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก และการเก็บเกี่ยว โดยทำการศึกษพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 105 ไร่ ณ ตำบลดงประคา อำเภอพรมพริมา จังหวัดพิษณุโลก พบว่า หยูเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณ การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 38.23 kgCO₂eq/ตันผลผลิต หรือ 0.04 kgCO₂eq/kg [5]

อย่างไรก็ตาม เชื้อเพลิงต่างๆ ที่นำมาใช้ผลิตไฟฟ้าส่วนใหญ่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่ต่างกัน เพื่อการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าชีวมวลชุมชนจากพืชพลังงานเป็นไปอย่างยั่งยืน จึงควรทำการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน การประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนเพื่อให้ทราบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณเท่าใดของแต่ละกระบวนการได้มาซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต วิเคราะห์ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการขนส่งหรือลำเลียง ขั้นตอนการนำเชื้อเพลิง (หญ้า เนเปียร์) ไปใช้กับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน เพื่อนำมาพัฒนา และเพิ่มศักยภาพในการผลิตโรงไฟฟ้าชีวมวลให้มีประสิทธิภาพ ลดการใช้พลังงาน ลดปัญหาภาวะโลกร้อน เพื่อความมั่นคงด้านพลังงานและการพัฒนาอย่างยั่งยืนทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

วัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการวิจัย

การประเมินการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาตั้งแต่การเกิดขึ้นและหมดอายุของผลิตภัณฑ์ (Cradle to Grave) มีการระบุปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้รวมถึงผลเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อหาวิธีลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ตามมาตรฐาน ISO 14040 การประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วย 4 ขั้นตอน [6] ได้แก่ 1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition) 2. การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis: LCI) 3. การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) 4. การแปลผล การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Interpretation) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กรอบการดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิต

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

เป้าหมายของการศึกษาเพื่อวิเคราะห์พลังงานรวมและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของหน่วยเนเปียร์ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น กำลังผลิตไฟฟ้า 10 kW อายุโครงการ 20 ปี ว่าขั้นตอนใดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมากที่สุด โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การขนส่ง และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ซึ่งการประเมินวัฏจักรในงานวิจัยนี้เป็นแบบ Cradle to gate คือการประเมินตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบถึงกระบวนการผลิตไฟฟ้าโดยไม่รวมขั้นตอนการใช้งานและการกำจัดซากหน่วยการทำงาน (Functional Unit) ผลิตไฟฟ้าจากหน่วยเนเปียร์ 1 kWh

2. การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการ

จัดทำบัญชีรายการข้อมูลและเก็บข้อมูลชนิดและปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกที่เกิดขึ้นในระบบ โดยเริ่มจากกระบวนการเตรียมดินซึ่งใช้น้ำมันดีเซลและสารปรับสภาพดิน โดยมีสารขาออกเป็นมลพิษจากการใช้น้ำมันดีเซลและสารปรับสภาพดิน กระบวนการเตรียมท่อนพันธุ์มีการใช้น้ำมันดีเซลในการขนส่งท่อนพันธุ์ โดยมีสารขาออกเป็นมลพิษจากการใช้น้ำมันดีเซลและได้ท่อนพันธุ์ กระบวนการเพาะปลูกมีการใช้น้ำ ปุ๋ย น้ำมันดีเซล

และท่อนพันธุ์ โดยมีสารขาออกเป็นมลพิษจากการใช้ปุ๋ย น้ำมันดีเซลและได้ท่อนพันธุ์ กระบวนการเก็บเกี่ยวใช้น้ำมันดีเซล โดยมีสารขาออกเป็นมลพิษจากการใช้น้ำมันดีเซลและได้ท่อนพันธุ์ กระบวนการขนส่งใช้น้ำมันดีเซลและไม่เชื่อเพลิง โดยมีสารขาออกเป็นมลพิษจากการใช้น้ำมันดีเซลและได้ไม่เชื่อเพลิง การผลิตก๊าซชีววมวลมีการใช้น้ำ ไฟฟ้าและไม่เชื่อเพลิง มีสารขาออกเป็นมลพิษจากการใช้ไฟฟ้าและน้ำ กระบวนการผลิตไฟฟ้า มีสารขาเข้าคือก๊าซชีววมวล และได้ไฟฟ้าออกมา ดังรูปที่ 3

3. การประเมินผลกระทบ

การประเมินวัฏจักรชีวิตของหน่วยเนเปียร์สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนในงานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะประเด็นการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้นไม่มาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในประเด็นอื่นมาร่วมประเมินด้วย โดยแปรข้อมูลจากบัญชีรายการ ให้อยู่ในรูปของผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการคำนวณจากสมการ 1 โดยแสดงปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO₂eq)

$$\text{CO}_2 \text{ Emission} = (\text{EF} \times \text{AD}) \quad (1)$$

โดยที่ CO₂ Emission = ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂

EF (Emission factor) = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO₂

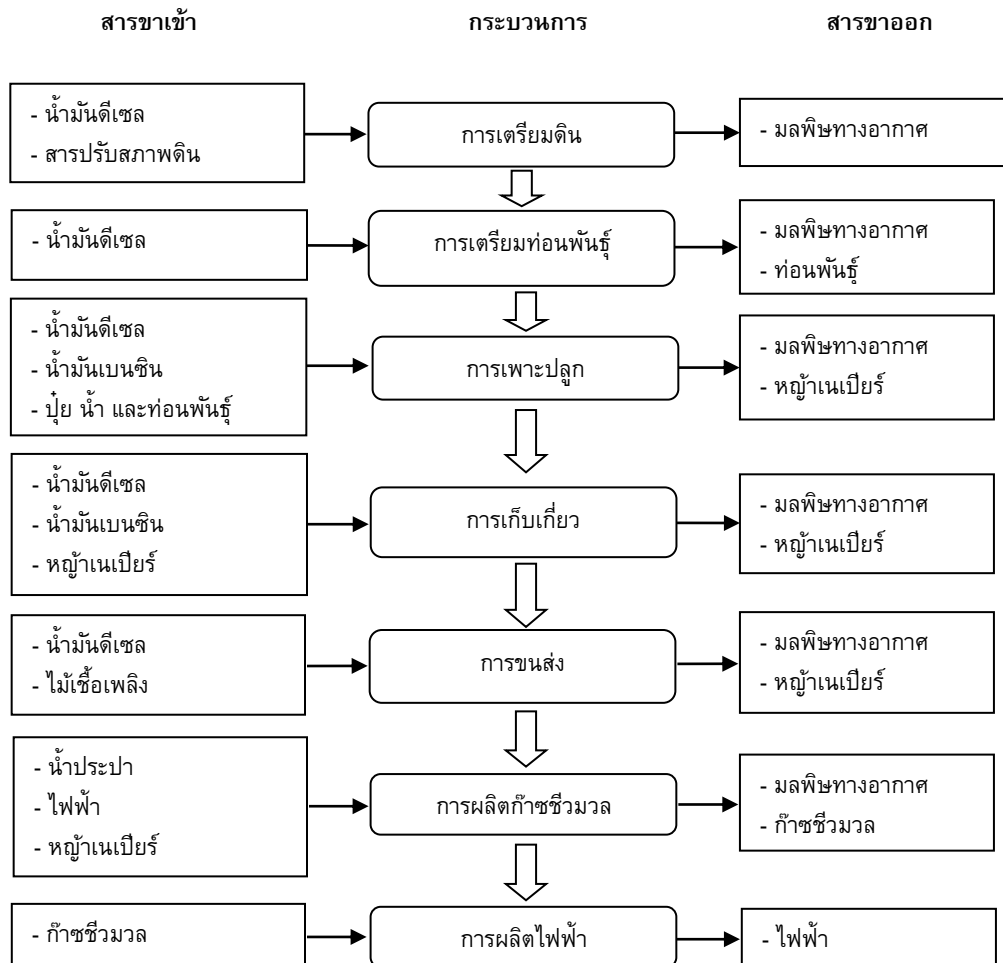
AD (Activity data) = ข้อมูลกิจกรรมการปล่อยก๊าซ CO₂

โดยค่า Emission Factor ใช้ฐานข้อมูลจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) [7]

4. การแปลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต

เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชี แล้วทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมา สรุป รวบรวม

ตีความหมาย และแปลค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ซึ่งข้อมูลที่ได้ทำให้ทราบว่าในช่วงใดของวัฏจักรชีวิตที่เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด โดยผลการประเมินวัฏจักรชีวิตแสดงในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO_2eq)



รูปที่ 3 ชนิดและปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออก

ผลการวิจัย

การศึกษาเพื่อวิเคราะห์การประเมินผลกระทบจากการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับโรงไฟฟ้าชีววมวลชุมชนด้วย

เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน กำลังผลิตไฟฟ้า 10 kW อายุโครงการ 20 ปี โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมดิน
- ขั้นตอนการเตรียมดินเป็นการปรับสภาพดินให้มีความเหมาะสมพร้อมในการเพาะปลูก มีขั้นตอนย่อยหลายขั้นตอน ประกอบด้วย ผานบุกเบิก ผานพรวน ปั่นดิน และปรับสภาพดิน
- ซึ่งปริมาณผลการเก็บข้อมูลของบัญชีรายการ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการเตรียมดิน ดังแสดงในตารางที่ 1
- ตารางที่ 1** บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการเตรียมดิน

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่า EF (kgCO ₂ eq/หน่วย)
ผานบุกเบิกและผานพรวน			
น้ำมันดีเซล (ผลิต)	kg	0.00061	0.3282
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	litre	0.00072	2.7446
ปั่นดิน น้ำมันดีเซล (ผลิต)	kg	0.00024	0.3282
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	litre	0.00029	2.7446
โดโลไมท์ (การผลิต)	kg	0.01416	0.0265
(การใช้งาน)	kg	0.01416	0.4773

2. ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์
- ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ใช้ท่อนพันธุ์ในการเพาะปลูก 0.5 ตัน/ไร่ โดยซื้อท่อนพันธุ์แหล่งเพาะพันธุ์หญ้าจากจังหวัดนครราชสีมาและได้รับการสนับสนุนพันธุ์หญ้าเนเปียร์จากสถานีพัฒนาอาหารสัตว์พิจิตร อำเภอดงหลวง จ. พิจิตร ซึ่ง
- การเก็บข้อมูลเพื่อทำบัญชีรายการ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่า EF (kgCO ₂ eq/หน่วย)
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.00015	0.4892
รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ วิ่งปกติ 100% Loading	tkm	0.00167	0.0610
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งสมบุกสมบัน 0% Loading	km	0.00006	0.3726
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก วิ่งสมบุกสมบัน 100% Loading	tkm	0.00039	0.1616

3. ขั้นตอนการเพาะปลูก
- ขั้นตอนการเพาะปลูกแบ่งเป็นขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นตอนการปลูก ทำการเพาะปลูกด้วยเครื่องยนต์ Ford New Holland 6610 และเครื่องปลูกย่อย SP920 ใช้ท่อนพันธุ์ 0.5 ตันต่อไร่ และขั้นตอนการดูแลรักษา บำรุงหญ้าเนเปียร์ด้วยการใส่ปุ๋ย และเครื่องหว่านปุ๋ยใช้น้ำมัน
- เบนซิน ถ้ามีแหล่งน้ำใกล้เคียง ทำการสูบน้ำโดยใช้เครื่องสูบน้ำ ซึ่งการเก็บข้อมูลเพื่อทำบัญชีรายการ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการเพาะปลูก ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการเพาะปลูก

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่า EF (kgCO ₂ eq/หน่วย)
รถปลูก น้ำมันดีเซล (ผลิต)	kg	0.00061	0.3282
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	litre	0.00073	2.7446
เครื่องสูบน้ำ น้ำมันดีเซล (ผลิต)	kg	0.00035	0.3282
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	litre	0.00042	2.7446
เครื่องสูบน้ำ น้ำมันเบนซิน (ผลิต)	kg	0.00010	0.7069
น้ำมันเบนซิน (เผาไหม้)	litre	0.00011	2.2376
เครื่องหว่านปุ๋ย น้ำมันเบนซิน(ผลิต)	kg	0.00003	0.7069
น้ำมันเบนซิน (เผาไหม้)	litre	0.00003	2.2376
ปุ๋ยยูเรีย	kg	0.01211	5.53
ปุ๋ย N	kg	0.00358	2.6
ปุ๋ย P	kg	0.00290	0.252
ปุ๋ย K	kg	0.00261	0.252
ปุ๋ย 15-15-15	kg	0.00710	2.05

4. ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว
- ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวประกอบด้วย ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และขั้นตอนหลังจากการเก็บเกี่ยว ทำการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องตัดหญ้าโดยเครื่องจะทำการตัดหญ้าให้มีขนาดเล็ก หลังจากนั้น จะทำการตีต่อหญ้าเนเปียร์ เพื่อให้หญ้าเนเปียร์ เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ ด้วยเครื่องตัดหญ้าสะพายไหล่ ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งรายละเอียดการเก็บข้อมูลของขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ในแต่ละกระบวนการแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่า EF (kgCO ₂ eq/หน่วย)
รถตัดหญ้า น้ำมันดีเซล (ผลิต)	kg	0.01325	0.3282
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	litre	0.01559	2.7446
เครื่องตัดหญ้า น้ำมันเบนซิน(ผลิต)	kg	0.00110	0.7069
น้ำมันเบนซิน (เผาไหม้)	litre	0.00129	2.2376
รถพรวนดิน น้ำมันเบนซิน(ผลิต)	kg	0.00040	0.7069
น้ำมันเบนซิน (เผาไหม้)	litre	0.00047	2.2376

5. ขั้นตอนการขนส่ง
- ขั้นตอนการขนส่ง จากการเก็บเกี่ยว ผลผลิตแล้วขนส่งไปยังโรงไฟฟ้า มีระยะทางในการขนส่งจากแหล่งเพาะปลูกถึงสถานที่เก็บหญ้าเนเปียร์สำหรับโรงไฟฟ้า มีระยะทางไม่เกิน 5 กิโลเมตร ระยะทางไม่มากนักเนื่องจากเป็น โรงไฟฟ้าชุมชนอยู่ใกล้กับแหล่งเพาะปลูก ในการขนส่งใช้รถเก๋ง ขนาด 4 ล้อ ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งรายละเอียดการเก็บข้อมูลของขั้นตอนการขนส่งในแต่ละกระบวนการแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการขนส่ง

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่า EF (kgCO ₂ eq/หน่วย)
รถเกะตร (บรรทุกของ) (ขาไป) น้ำมันดีเซล (ผลิต)	kg	0.0032	0.3282
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	litre	0.0038	2.7446
รถเกะตร (ไม่บรรทุกของ) (ขากลับ) น้ำมันดีเซล (ผลิต)	kg	0.0016	0.3282
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	litre	0.0019	2.7446

6. ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า

ในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าใช้ข้อมูลจากการศึกษาการผลิตก๊าซชีววมวลจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ในระดับระบบต้นแบบ (Pilot scale) สำหรับโรงไฟฟ้าชีววมวลชุมชนด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน กำลังผลิตไฟฟ้า 10 kW ซึ่งการเก็บข้อมูลเพื่อทำบัญชีรายการ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจากเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่า EF (kgCO ₂ eq/หน่วย)
ผ้าทอผ้า (ผ้ากรองดิบ)	kg	0.00002	18.2400
Blower (754W)	kWh	0.07540	0.5813
Cooling Tower (377W)	kWh	0.03770	0.5813
Water Pumping (377W)	kWh	0.03770	0.5813
น้ำประปา	kg	0.00253	0.0007

สรุปผล

1. ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

ตลอดวัฏจักรชีวิตของหญ้าเนเปียร์สำหรับโรงไฟฟ้าชีววมวลชุมชน

ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์พบว่า ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการเตรียมดิน เตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การขนส่งมาที่โรงไฟฟ้า และการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 0.0102 0.0003 0.0961 0.0521 0.0093 และ 0.15335 kgCO₂eq/kWh ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 7

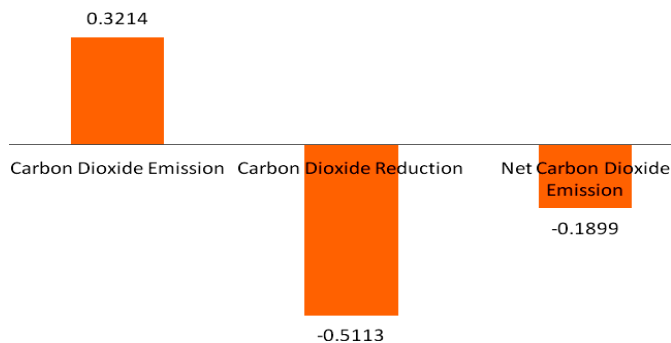
ตารางที่ 7 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิต

ขั้นตอน	ปริมาณ (kgCO ₂ eq/kWh)	ตลอดวัฏจักรชีวิต (kgCO ₂ eq/kWh)
การเตรียมดิน	0.0102	0.3214
การเตรียมท่อนพันธุ์	0.0003	
การเพาะปลูก	0.0961	
การเก็บเกี่ยว	0.0521	
การขนส่ง	0.0093	
การผลิตไฟฟ้า	0.15335	

2. ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ

การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าประจำปี 2553 โดยใช้วิธีการคำนวณตาม Methodological Tool (Version 02.2.1) "Tool to calculate the emission factor for an electricity

system" มีค่าเท่ากับ 0.5113 kgCO₂/ kWh ดังนั้น ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิพีเคชั่น ขนาด 10 kW เท่ากับ - 0.1899 kgCO₂eq/ kWh นั่นคือการใช้หญ้าเนเปียร์ สำหรับเทคโนโลยีแก๊สซิพีเคชั่นช่วยลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ดังแสดงดังภาพที่ 4



รูปที่ 4 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเทคโนโลยีแก๊สซิพีเคชั่น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย เรื่อง การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน (ระยะที่ 2) โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2558. รายงานการอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย 2555. http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=1841%3A2010-09-22-07-02-07&catid=128&lang=th. 14 กุมภาพันธ์.

- [2] ชนาภา วรณศรี. 2551. การประเมินวัฏจักรชีวิต และต้นทุนของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟเคชั่นของไม้โตเร็ว. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- [3] วิภาศรี เรืองเนตรม, พงษ์ธร จริญญาภรณ์ และ ณัฐเดช เพ็องวรวงศ์. 2554. การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินเพื่อใช้กับเตาเผาเหล็ก. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5 ณ จังหวัดกระบี่. 19-21 ตุลาคม 2554. หน้า ETM31.
- [4] C.Perilhon, D.Alkadee, G.Descombes, S.lacour. 2012. **Life cycle assessment applied to electricity generation from renewable biomass.** Energy Procedia. 18(2012), 165-176.
- [5] เบญจมาภรณ์ ถนอมน้อม ประพิริทธิ์ ธนารักษ์และ พิสิษฐ์ มณีโชติ. 2558. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และพลังงานของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 20 (1) มกราคม – มิถุนายน พ.ศ. 2558.
- [6] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2551. LCA: เครื่องมือสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์สีเขียว. "กรณีศึกษา LCA ในกลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้และอุตสาหกรรมโลหะที่มีใช้เหล็ก". กรุงเทพฯ: ส.เจริญการพิมพ์; 20-26.
- [7] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2556. ค่า **emission factor**. <http://www.tgo.or.th/> 16 สิงหาคม.