

พลังงานชีวมวลจากวัสดุเกษตรเหลือใช้ทางเลือกใหม่เพื่อพัฒนาในประเทศไทย

Biomass Energy for Sustainable Development in Thailand

วิศิษฐ์ศรี วิยะรัตน์¹

Wisitsree Wiyaratn¹

บทคัดย่อ

ฟอสซิล ถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียม เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่มีอยู่ในปริมาณจำกัด ทำให้เกิดปัญหาภาวะขาดแคลนได้ในอนาคตซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมและการพัฒนาประเทศไทย ดังนั้นการแสวงหาพลังงานทดแทนในรูปแบบอื่น ๆ จึงจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อนำมาใช้ทดแทนหรือลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานด้านเชื้อเพลิงลง พลังงานชีวมวลเป็นพลังงานด้านหนึ่งที่ได้รับการสนใจเป็นอย่างมากในการใช้แทนที่ฟอสซิล และถ่านหิน โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนา ซึ่งเป็นประเทศที่มีผลผลิตการเกษตรกรรมสูงทำให้มีวัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตรกรรมหลายอย่างที่สามารนำมาใช้เพื่อเป็นแหล่งผลิตพลังงานร้อนและพลังงานไฟฟ้าโดยผ่านระบบแก๊สซิฟิเคชันซึ่งเป็นระบบการเผาไหม้ที่มีการใช้ความร้อนและควบคุมปริมาณอากาศทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะได้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และแก๊สไฮโดรเจน (H₂) เป็นหลัก แก๊สที่ผลิตได้เรียกว่าโปรดิวซ์เซอร์แก๊สโดยนำไปใช้ให้ความร้อนโดยตรง เช่น การอบแห้ง และนำไปใช้ขับเคลื่อนเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ทำให้ลดค่าใช้จ่ายพลังงานและช่วยลดผลกระทบของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่อสิ่งแวดล้อม นำไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจแบบยั่งยืน

คำสำคัญ: ชีวมวล แก๊สซิฟิเคชัน พลังงานทดแทน

ว วิทย เทคโนโลยี มมส 2552;28(1):106-115

Abstract

Fuel such as fossil, coal and petroleum is a limited nonrenewable energy resource. It will meet a shortage in the future. The industrial and economic sectors in Thailand may face a problem from the energy crisis. Therefore, alternative energy is necessary to solve this problem. Reduction of energy consumption is one possible way. Biomass energy is one of the alternative energy sources that can readily replace fossil fuel and coal especially in developing countries because abundant biomass resources are commonly available. The agricultural residues are used as fuel to produce heat or electricity via gasification technology. Gasification is a process that uses heat, and control oxygen to convert materials directly into a gas composed primarily of carbon monoxide and hydrogen as so called producer gas. The producer gas is used as fuel for drying and is suitable for powering a diesel engine for electricity production. Gasification can readily reduce the energy expense, while helping reduce greenhouse gas emissions and promotion of sustainable rural development.

Keywords: biomass gasification renewable energy

J Sci Technol MSU 2009;28(1):106-115

¹ อาจารย์, ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10120

¹ Lecturer, Department of Industrial Education, Faculty of Industrial Education and Technology, KMUTT, Bangkok, 10120.

* Corresponding author: Wisitsree Wiyaratn, Fortune Condo 315/175, Satrupadit Soi 19, Satrupadit Rd., Chongnong-sri, Yannawa., Bangkok, 10120. E-mail: wisitsree@gmail.com, Received: 26 December 2007; Accepted: 3 March 2008.

บทนำ

พลังงานและสสารต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่อการอยู่อาศัยของมนุษย์ พลังงานมีความจำเป็นต่อทั้งทางเศรษฐกิจ สังคมและการเมือง จากสถานการณ์ความต้องการใช้พลังงานของนานาประเทศพบว่าความต้องการพลังงานเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น กลุ่มประเทศกำลังพัฒนาในเอเชีย โดยเฉพาะ จีน อินเดีย มีการเติบโตและขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว เป็นกลุ่มประเทศที่ต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยร้อยละ 32 ของความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในโลกจะมาจากภูมิภาคนี้ ที่สำคัญคือ ประชาชนและภาคธุรกิจอุตสาหกรรมต้องใช้ไฟฟ้าและพลังงานเชื้อเพลิง ทำให้ทุกประเทศมีความตระหนักถึงความจำเป็นที่ต้องมีการลงทุนในกิจการไฟฟ้าให้เพียงพอ ประเทศไทยความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ในปี 2550 อยู่ที่ระดับ 1,636 พันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปี 2549 ร้อยละ 5.1 โดยความต้องการพลังงานเกือบทุกชนิดเพิ่มขึ้น ความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ในปี 2551 คาดว่าน่าจะอยู่ที่ระดับ 1,800 - 2,000 พันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน) ส่งผลให้ราคาของเชื้อเพลิงมีราคาเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องรวมทั้งมีแนวโน้มเกิดวิกฤตการณ์การขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงในอนาคต และในแง่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมพบว่ามนุษย์ชาติต้องเผชิญกับปัญหาโลกร้อนเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่มากขึ้นส่งผลทำให้โลกเกิดสภาวะเรือนกระจกเพิ่มขึ้นซึ่งจะนำไปสู่การที่โลกมีอุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้น แสดงใน Figure 1 รวมทั้งปริมาณที่ลดลงของน้ำแข็งที่ทะเลอาร์ตติค โดยเปรียบเทียบจากภาพถ่ายดาวเทียมในเดือนกันยายนปี 2005 และ 2007 แสดงใน Figure 2 ดังนั้นนานาประเทศต้องหามาตรการที่จะเข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยในส่วนของประเทศไทยรัฐบาลได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศ เช่น กำหนดให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.5 ของพลังงานทั้งหมดในปัจจุบันเป็นร้อยละ 8 โดยตั้งเป้าหมายในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยจะต้องมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนไม่ต่ำกว่า 1,700 เมกะวัตต์

คณะกรรมการนโยบายแห่งชาติ (สพช.) ได้ใช้เงินจาก “กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน” เพื่อสนับสนุน

ให้มีการรณรงค์การใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นและมีการรับซื้อกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเอกชนรายเล็ก (Small Power Producers: SPP) ในช่วง 5 ปี ที่ผ่านมา ประเทศไทยมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน เช่น แสงแดด ลม น้ำ และชีวมวล โดยหนึ่งในพลังงานหมุนทดแทนที่มีมากในประเทศไทยคือพลังงานชีวมวลเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงทำให้มีวัสดุเหลือใช้จากเกษตรกรรมจำพวกแกลบ ฟางข้าว ปาล์ม มะพร้าว ชานอ้อย ชังข้าวโพด เศษไม้ยางพาราและเศษไม้อื่น ๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่เกษตรกรนำมาใช้เป็นปุ๋ยสำหรับการเพาะปลูกเช่น “ชานอ้อยเหลือทิ้งปีละ 13 ล้านตัน แกลบปีละ 5 ล้านตัน และเหง้ามันสำปะหลัง 1.7 ล้านตัน” เกษตรกรมักเผาฟางข้าวทิ้ง ดังนั้นวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมในทุกวันนี้จึงยังไม่มี การนำมาใช้เป็นประโยชน์อย่างจริงจังทั้งที่ของเหลือใช้พวกนี้คือพลังงานชีวมวลซึ่งคาดว่าศักยภาพพลังงานชีวมวลมีมากถึง 810 เพตะจูล ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการให้ความร้อนและการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยในบทความนี้จะกล่าวถึงการใช้ชีวมวลเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าเนื่องจากจะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนเชื้อเพลิงซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญในปัจจุบันและอนาคต

พลังงานชีวมวล

พลังงานชีวมวล คือ พลังงานหมุนเวียนที่มีความสำคัญกับการพัฒนาของประเทศไทยในอนาคต เชื้อเพลิงชีวมวลได้มาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น แกลบ ฟางข้าว ชังข้าวโพด เป็นต้น พลังงานชีวมวลนี้ “ไม่เป็นภัยต่อชีวิตและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม” โดยไม่ทำให้เกิดการสะสมของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพราะมีความสมดุลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไม่เพิ่มแก๊สเรือนกระจก

รัฐบาลจึงได้หันมาส่งเสริมการใช้พลังงานชีวมวล โดยเฉพาะด้านการผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น การรณรงค์สร้างโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวลโดยเป็น “โครงการส่งเสริมผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กไว้ใช้เอง” และเมื่อเหลือใช้ก็นำมาขายให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ซึ่งมีผู้เข้าร่วมสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลแล้วอย่างมากมาย เช่น ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง 12 แห่ง ชานอ้อย 7 แห่ง ชานอ้อยผสมเชื้อเพลิงอื่น 2 แห่ง เหง้ามันและสำปะหลัง 1 แห่ง เปลือกไม้ผสมกะลาปาล์ม 1 แห่ง และ น้ำมันยางดำ 1 แห่ง

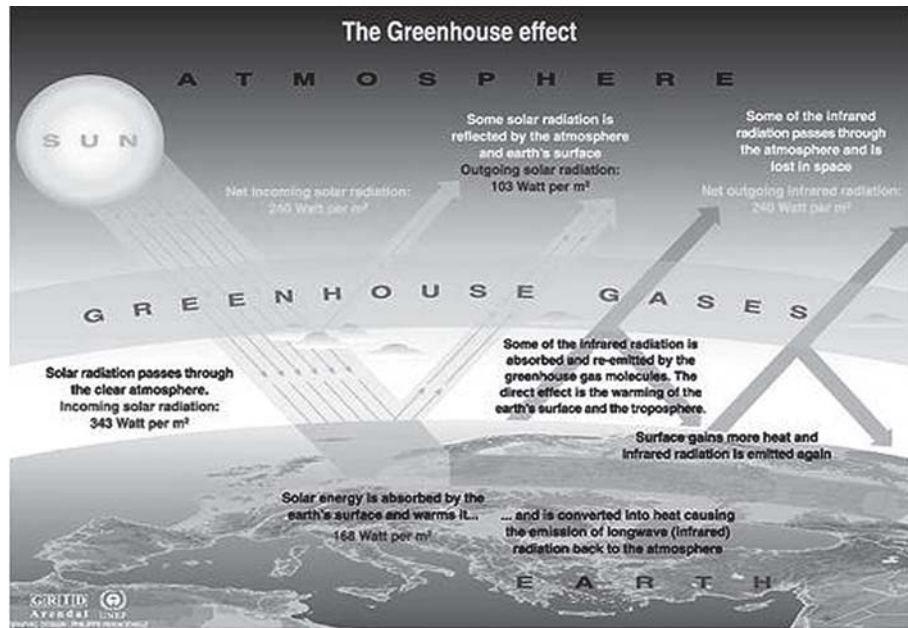


Figure 1 Greenhouse effect²

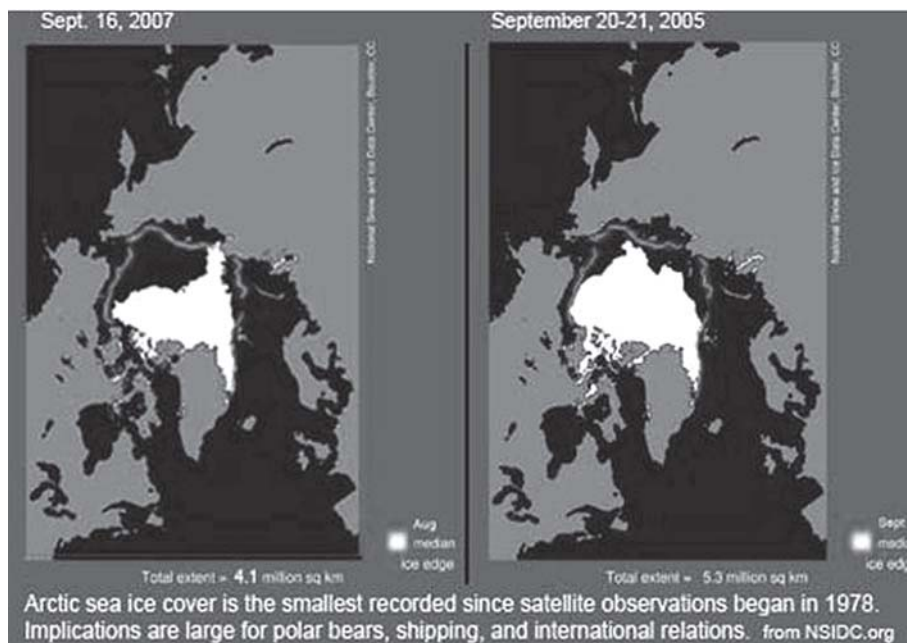


Figure 2 Global warming in the Arctic³

ตัวอย่างของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่มีอยู่ในประเทศไทยเช่น
 - โรงไฟฟ้าที่ ต.ลำภูรา อ.ห้วยยอด จ.ตรัง ซึ่งบริษัท
 กัลฟ์อิเล็กทริกเป็นเจ้าของโครงการ ใช้เศษไม้ยางพาราและ
 กะลาปาล์มเป็นเชื้อเพลิงทำให้ชาวสวนยางและชาวสวน

ปาล์มในพื้นที่ อ.ห้วยยอด ชายเศษไม้ยางพาราที่เหลือทิ้งพวกนี้
 ในราคาสูงถึงตันละ 250 บาท ส่วนกะลาปาล์ม ราคาก็จะขึ้น
 อยู่ที่ถูกกว่าจะมีเหลืออย่างน้อยแค่ไหน
 - โรงไฟฟ้า เอทีไบโอพาวเวอร์ จำกัด จ.พิจิตร ใช้

เชื้อเพลิงจากแกลบ พลังงานไฟฟ้าขายเข้าระบบ 20 เมกะวัตต์ต่อปี

1.1 การคำนวณหาปริมาณชีวมวลคงเหลือ ปริมาณคงเหลือ = ผลผลิต x อัตราส่วนคงเหลือ x อัตราส่วนชีวมวล ความหมายของแต่ละตัวแปรอธิบายดังนี้

ผลผลิต คือ ปริมาณผลิตผลทางการเกษตรมีหน่วยเป็นน้ำหนัก “ตัน” อ้างอิงจากข้อมูลของศูนย์สารสนเทศการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์⁴ ยกเว้นเศษไม้ยางพาราใช้พื้นที่โค่นสวนยางในการคำนวณ มีหน่วยเป็น “ไร่” ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลของสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง⁵

อัตราส่วนคงเหลือ หมายถึง “อัตราส่วนที่ยังไม่ได้นำมาใช้งาน” นำมาจากฐานข้อมูลจากการสำรวจของศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม⁶

อัตราส่วนชีวมวล คือ อัตราส่วนชีวมวลต่อผลผลิตทางการเกษตร อ้างอิงจากข้อมูลของ “กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน”⁷ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ยกเว้นเศษไม้ยางพารา อ้างอิงข้อมูลของศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม⁶ มีหน่วยเป็น “ตัน/ไร่”

1.2 การวัดค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล มีวิธีการวัด 3 แบบคือ

1. ค่าความร้อนต่ำ หรือ lower heating value (LHV) หมายถึง การนำชีวมวลหนัก 1 กิโลกรัม มาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้คือ ค่าความร้อนต่ำ (LHV) ต่อ กิโลกรัม

2. ค่าความร้อนสูง หรือ higher heating value (HHV) หมายถึงการนำชีวมวลหนัก 1 กิโลกรัม มาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นนำมาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้คือ ค่าความร้อนสูง (HHV) ต่อ กิโลกรัม และมีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนต่ำดังสมการ 1.1

$$HHV = LHV + 5.72(9H + M) \text{ kcal/kg} \quad (1.1)$$

เมื่อ H เท่ากับปริมาณเปอร์เซ็นต์ของธาตุไฮโดรเจนในชีวมวล และ M เท่ากับปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้นใน ชีวมวล

3. ค่าความร้อนแห้ง หรือ dry heating value หมายถึง การนำชีวมวลจำนวนหนึ่งมาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นแบ่งมา 1 กิโลกรัม เพื่อนำมาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้คือค่าความร้อนแห้งต่อกิโลกรัม และมี

ความสัมพันธ์กับค่าความร้อนสูงดังสมการ 1.2

$$\text{dry heating value} = HHV/(1-M/100) \quad (1.2)$$

เมื่อ M เท่ากับปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในชีวมวล โดยอ้างอิงวิธีการวัดจากศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม⁶

แก๊สซิพีเคชั่น

แก๊สซิพีเคชั่น เป็นระบบการเผาไหม้ที่มีการจำกัดปริมาณอากาศทำให้เกิดกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งจะได้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรเจน (H₂) เป็นหลัก และมีปริมาณแก๊สมีเทน (CH₄) เกิดขึ้นปริมาณเล็กน้อย แก๊สที่เกิดขึ้นจะเรียกว่าโปรดิวเซอร์แก๊ส ซึ่งจะนำไปใช้ให้ความร้อนโดยตรง เช่น การอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร หรือการให้ความร้อนแก่ม้อไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อที่ผลิตไฟฟ้า เชื้อเพลิงส่วนใหญ่ที่จะป้อนให้แก่เตาผลิตแก๊สชีวมวล ส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือใช้จากการผลิตนั้น ๆ อาทิ โรงสีข้าวจะมีแกลบเป็นวัสดุที่เหลือ จึงนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ดังแสดงใน Figure 3

2.1 ปฏิกริยาเคมีทางความร้อนของการเกิดแก๊สชีวมวล กระบวนการเกิดแก๊สชีวมวลภายในเตาเผาได้ถูกทำการศึกษาอย่างแพร่หลาย โดยตามฤษฎีทั่ว ๆ ไปสามารถแบ่งบริเวณการเกิดแก๊สตามปฏิกริยาทางเคมีเป็น 4 ชั้น^{8,9,10} (Figure 4) ดังนี้

1. ชั้นลดความชื้น (drying zone)
2. ชั้นไพโรไลซิส (pyrolysis zone)
3. ชั้นเผาไหม้ (oxidation zone)
4. ชั้นรีดักชั่น (reduction zone)

1. ชั้นลดความชื้น ในชั้นนี้จะมีอุณหภูมิประมาณ 100 - 200 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของสารระเหยต่าง ๆ ความร้อนที่ได้รับทำได้แค่ให้ความชื้นในเชื้อเพลิงแห้งชีวมวลเกิดการระเหยตัวออกมาเป็นไอน้ำ

2. ชั้นไพโรไลซิส ความร้อนจากชั้นรีดักชั่น จะแพร่กระจายเข้ามาเพื่อที่จะเผาไหม้สารอินทรีย์ ทำให้ได้เมทธานอล กรดน้ำส้ม น้ำมันดิบ และ แก๊สที่เผาไหม้ได้ และไม่ได้ อุณหภูมิในชั้นนี้จะมีค่าประมาณ 150 - 700 องศาเซลเซียส ปฏิกริยา

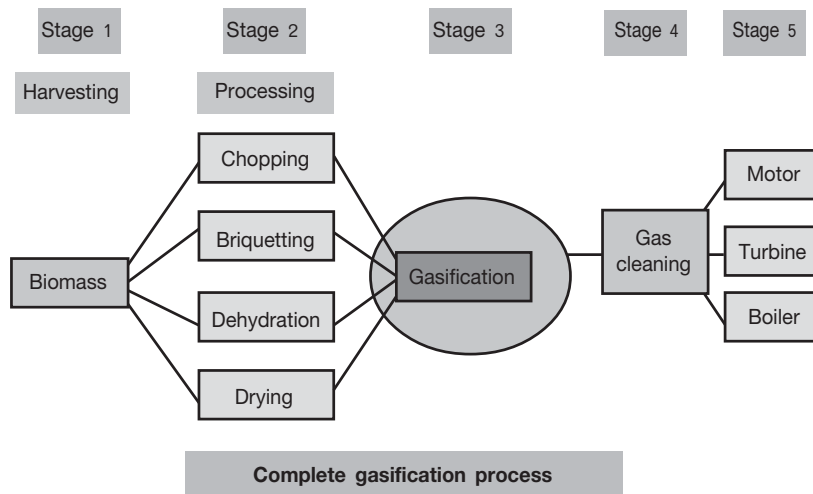


Figure 3 Gasification process⁷

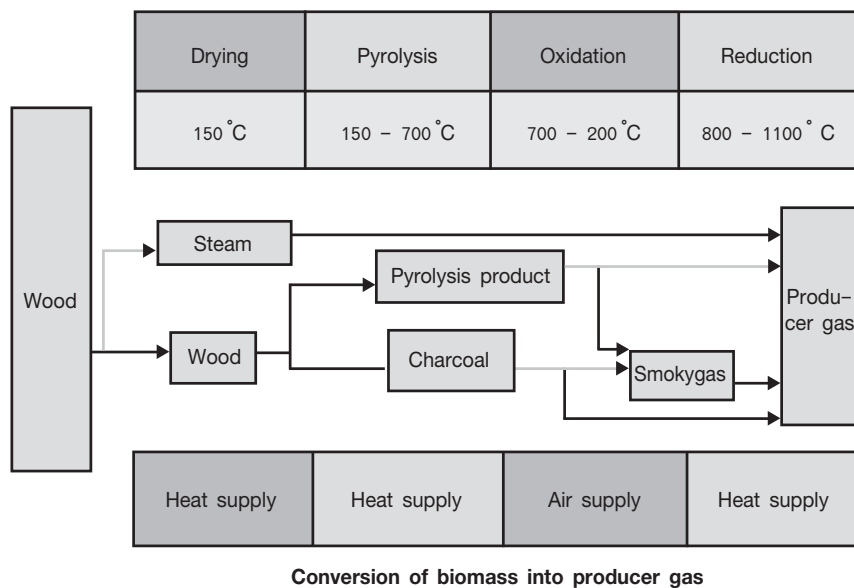
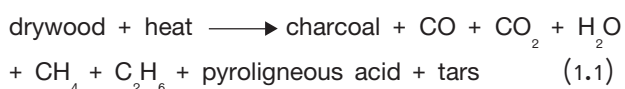


Figure 4 The biomass conversion to producer gas by gasification process⁷

ที่ได้ในขั้นตอนนี้อาจเขียนให้อยู่ในรูปของสมการทางเคมี ดังสมการที่ 1.1



แก๊สออกซิเจนที่อยู่ในอากาศกับคาร์บอนและไฮโดรเจน เกิดเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ดังสมการที่ 1.2 และ 1.3

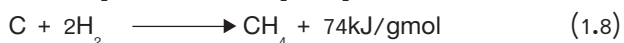
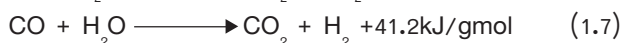
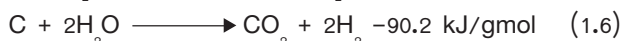
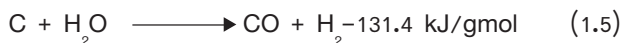
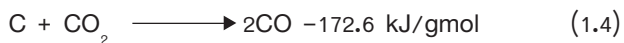


3. ชั้นเผาไหม้ เป็นบริเวณที่อากาศและเชื้อเพลิง ชีวมวลเกิดการสัมผัสกัน ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่าง

ปฏิกิริยาในสมการที่ 1.2 และ 1.3 เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน โดยความร้อนที่ปล่อยออกมาในปฏิกิริยาที่ 1.2

และ 1.3 คือ 393.8 กิโลจูล/กรัม-โมล และ 285.6 กิโลจูล/กรัม-โมล ตามลำดับ ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะนำไปใช้ในปฏิกิริยาดูดความร้อนในชั้นรีดักชัน และชั้นไพโรไลซิส อุณหภูมิในชั้นเผาไหม้ จะมีค่าระหว่าง 700-2,000 องศาเซลเซียส

4. ชั้นรีดักชัน ปฏิกิริยาสำคัญที่เกิดขึ้นคือ ปฏิกิริยารีดักชัน อุณหภูมิในชั้นนี้มีค่าระหว่าง 500-1000 องศาเซลเซียส และไม่มีอากาศ ในชั้นนี้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำที่เกิดขึ้นจากโซนการเผาไหม้ จะผ่านคาร์บอนที่กำลังไหม้ ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน ดังสมการที่ 1.4-1.8



ปฏิกิริยาในสมการที่ 1.4 เรียกว่า Boundard reduction reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน (endothermic reaction) และในกรณีที่ต้องการเพิ่มปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ สามารถทำได้โดยฉีดไอน้ำร้อนเข้าไป ซึ่งไอน้ำจะไปทำปฏิกิริยากับคาร์บอนดังสมการที่ 1.5 ได้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรเจนเพิ่มขึ้น ปฏิกิริยาในสมการที่ 1.6 เรียกว่า watergas reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 800-1100 องศาเซลเซียสโดยความร้อนที่ดูดเข้าไปในปฏิกิริยาที่ 1.4 และ 1.5 คือ 172.6 กิโลจูล/กรัม-โมล และ 131.4 กิโลจูล/กรัม-โมล ตามลำดับ

สำหรับปฏิกิริยาในสมการที่ 1.6 จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 500-600 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยานี้ทำให้ส่วนผสมของไฮโดรเจนในโปรดิวซ์เซอร์แก๊สมากขึ้น ส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนของแก๊สสูงขึ้น แต่ถ้าแก๊สร้อนจากชั้นเผาไหม้มีไอน้ำมากเกินไป ซึ่งจะส่งผลให้ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนมอนอกไซด์ ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนดังปฏิกิริยาในสมการที่ 1.7 ปฏิกิริยานี้เรียกว่า water shift reduction ทำให้ค่าความร้อนของแก๊สที่ผลิตได้มีค่าลดลง¹⁰ ดังนั้นชีวมวลที่ใช้จะต้องไม่มีความชื้นมากเกินไป ปริมาณของไฮโดรเจนจะสูงสุดเมื่ออุณหภูมิของชั้นรีดักชันอยู่ประมาณ 700-800 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นภายใต้ความดันสูงจะพบว่าบางส่วนของแก๊ส

ไฮโดรเจนอาจทำปฏิกิริยากับคาร์บอนเกิดแก๊สมีเทนดังปฏิกิริยาในสมการที่ 1.8 เรียกว่าการผลิตแก๊สมีเทน (methane production)

จากสมการที่ 1.4 และ 1.5 ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส จะทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 90 เปลี่ยนเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ และถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่า 1,100 องศาเซลเซียส จะทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดเปลี่ยนเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์⁹ ดังนั้นประสิทธิภาพของเตาเผาจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในชั้นของรีดักชัน ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าปฏิกิริยารีดักชันที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเร็วของแก๊สที่สัมผัสกับเชื้อเพลิงแข็งและพื้นที่ในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างแก๊สกับผิวของเชื้อเพลิง ดังนั้นขนาดและปริมาณของเชื้อเพลิงแข็งที่ป้อนเข้าไปยังเตาเผาจะมีผลต่อการผลิตแก๊สชีวมวล

ชีวมวลที่เหมาะสมจะนำไปเป็นเชื้อเพลิงต้องมีขนาดที่พอเหมาะ ความชื้นไม่ควรเกินร้อยละ 50 หากเชื้อเพลิงมีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้อากาศไหลผ่านไม่ได้เพราะเกิดการอุดตันและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงหรือหากเชื้อเพลิงมีขนาดใหญ่เกินไปจะเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่หมดและจะมีช่องให้อากาศเข้าไปได้มาก ทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นได้น้อยเนื่องจากระบบแก๊สซิฟิเคชันเป็นระบบที่ต้องการให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์⁶

2.2 ระบบการเผาไหม้ของแก๊สซิฟิเคชันแบ่งออกหลายแบบคือ

1. แบบอากาศไหลลง (downdraft) เช่น เตาแก๊สซิฟิไฟเออร์ชนิดไหลลงแบบกลับทาง (invert downdraft gasifier)

2. แบบอากาศไหลขึ้น (updraft) เป็นต้น

1. แบบอากาศไหลลง (down draft) เตาผลิตแก๊สชีวมวลแบบอากาศไหลลงจะทำหน้าที่ในการเผาไหม้ชีวมวลตามกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน วัสดุดิบจะถูกป้อนเข้าเตาทางด้านบนขณะที่อากาศจะถูกจำกัดปริมาณการไหลเข้ามาในเตาเผาโดยการปรับวาล์ว อากาศจะถูกดูดเข้าจากด้านบนและลงสู่ด้านล่างผ่านหัวฉีดเรียกบริเวณนี้ว่าชั้นเผาไหม้หรือบริเวณออกซิเดชัน ดังแสดงใน Figure 5 จากนั้นแก๊สจะผ่านเข้าสู่ชั้นรีดักชันและนำไปใช้ประโยชน์ โดยเตาผลิตแก๊สชีวมวลแบบอากาศไหลลงจะมีตะแกรงรองรับถ้ำถ้ำอยู่

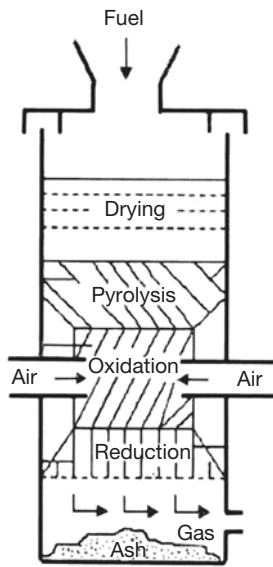


Figure 5 Downdraft gasifier¹¹

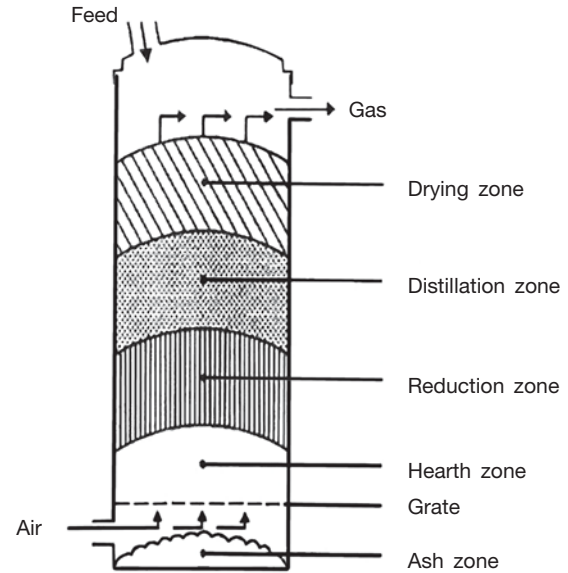


Figure 6 Updraft gasifier¹¹

ข้างล่างทำให้แก๊สที่ผลิตได้จึงมีการปนเปื้อนของเถ้าถ่านน้อยมาก^{6,8,9}

เตาแก๊สซีไฟเออร์ชนิดไหลลงแบบกลับทาง (invert downdraft gasifier) ได้ถูกพัฒนาในปี 1996 โดย Reed และ Ronal¹² ต่อมาในปี 1999 Reed และคณะ¹³ ได้ทำการทดสอบกับเชื้อเพลิงไม้และถ่านซึ่งเตาเผาแก๊สซีไฟเออร์ชนิดไหลลงแบบกลับทางมีประสิทธิภาพสูงและไม่จำเป็นต้องมีกลไกการลำเลียงซึ่งเถ้าออกจากเตาซึ่งน่าจะเหมาะกับการนำมาใช้กับเชื้อเพลิงที่มีขี้เถ้าสูง เช่น แกลบ เป็นต้น

2. แบบอากาศไหลขึ้น เตาผลิตแก๊สชีวมวลแบบอากาศไหลขึ้นวัตถุดิบจะถูกป้อนเข้าเตาทางด้านบน อากาศจะถูกดูดเข้าจากด้านล่างสู่ด้านบนดัง Figure 6 การเผาไหม้เกิดขึ้นที่ชั้นเผาไหม้หรือชั้นออกซิเดชัน จากนั้นจะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ซึ่งจะผ่านเข้าสู่ชั้นรีดักชันเกิดปฏิกิริยากับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำได้เป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน จากนั้นจะไหลผ่านชั้นไพโรไลซิสและชั้นลดความชื้นขึ้นสู่ด้านบน

ข้อเด่นและข้อด้อยระบบแก๊สซีไฟเออร์ที่มีความเหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่ไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ เหมาะกับหมู่บ้านตามชนบทที่การไฟฟ้าเข้าไปไม่ถึง ข้อด้อย คือมีน้ำมันดิน (tar) ผสมในแก๊สชีวมวลที่ผลิตได้ ซึ่งหากจะนำแก๊สที่ผลิตได้ไปใช้ต้องหากำจัดหรือทำให้น้อยลงเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์

3. ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากอดีตถึงปัจจุบันพบว่างานวิจัยทางด้านแก๊สซีไฟเออร์ชั้นส่วนมากจะนำแก๊สที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์ด้านการให้ความร้อน เช่น การอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร การเผาขยะ ดังตัวอย่างงานวิจัยต่อไปนี้

ดวงฤดี ศุภติมัสโร¹⁴ ศึกษาการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากเหง้ามันสำปะหลังเพื่อนำมาใช้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงสำหรับการเผาขยะเปียก ผลการทดลองเมื่อใช้เหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตแก๊สจำนวน 35 กิโลกรัม/ชั่วโมง สามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงได้ 83,404.20 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง (ประสิทธิภาพของเตาเผาร้อยละ 55.63) และความร้อนจำนวนนี้สามารถเผาขยะเปียกได้ถึง 40 กิโลกรัม โดยเสียค่าเชื้อเพลิงคิดเป็นเงิน 17 บาท (ราคาเหง้ามัน กิโลกรัมละ 0.50 บาท) และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเผาขยะโดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ต้องใช้น้ำมัน 11.2 ลิตร จะเสียค่าเชื้อเพลิง 156.80 บาท (ราคาน้ำมันดีเซลลิตรละ 14 บาท) และหากใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงต้องใช้ LPG จำนวน 19 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 190 บาท (ราคา LPG กิโลกรัมละ 10 บาท)¹⁵ ดังนั้นเมื่อต้องการเผาขยะวันละ 1 ตัน จะสามารถประหยัดน้ำมันได้ถึงวันละ 280 ลิตร หรือ LPG ได้ถึงวันละ 475 กิโลกรัม และสามารถประหยัดเงินได้ไม่น้อยกว่าวันละ 4,000 บาท สินเดิม ดีโต และคณะ¹⁶ ศึกษาการอบแห้งชาเขียวหม่อนโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลโดย

อาศัยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันเพื่อผลิตแก๊สทดแทนการใช้แก๊สหุงต้มในกระบวนการผลิตชาเขียวใบหม่อนเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายจากการใช้แก๊สหุงต้มซึ่งเป็นเชื้อเพลิงคิดเป็นร้อยละ 80 ของการใช้พลังงานทั้งหมด จากการทดลองพบว่าการอบแห้งชาเขียวใบหม่อนที่ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 75.02 มาตรฐานเปียก (ร้อยละ 271.06 มาตรฐานแห้ง) ลดลงเหลือความชื้นสุดท้ายร้อยละ 3.87 มาตรฐานเปียก (ร้อยละ 4.03 มาตรฐานแห้ง) ภายในระยะเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิอบแห้ง 100 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการใช้แก๊สหุงต้มและโปรโตคิวเซอร์แก๊สประมาณ 5.56 และ 10.61 เมกะจูล/กิโลกรัม ตามลำดับ ต้นทุนการอบแห้งชาเขียวใบหม่อนมี ค่าประมาณ 1.25 และ 0.99 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าระยะเวลาการคืนทุนของการใช้ระบบแก๊สซิฟิเคชันในกระบวนการอบแห้งชาเขียวใบหม่อนจะคืนทุนภายใน 2.43 ปี หรือ 2 ปี 5 เดือน 4 วัน ซึ่งเป็นการคืนทุนในช่วงระยะเวลาอันสั้นนวัตกรรมพงษ์ รัชวีร์เชียร และคณะ¹⁰ ได้พัฒนาส่งเสริมและเผยแพร่การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ เพื่อแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร โดยแก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้ในการอบแห้งได้มาจากระบบแก๊สซิฟิเคชัน ผลการทดสอบพบว่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งสูงถึง 50 องศาเซลเซียส สามารถใช้อบอาหารได้หลายอย่างเนื่องจากมีแหล่งพลังงานเสริมจากแสงอาทิตย์

ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการนำชีวมวลมาใช้ในการผลิตแก๊สโดยผ่านระบบแก๊สซิฟิเคชัน เพื่อที่จะนำแก๊สที่ได้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อผลิตไฟฟ้า หรือนำไปใช้ไปผลิตไอน้ำเพื่อหมุงกึ่งแห้งไอน้ำผลิตกระแสไฟฟ้างดังตัวอย่างงานวิจัยต่อไปนี้

Pletka¹⁷ ประเมินความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ใน 10 แห่ง ในเมืองไทย ผลการศึกษาพบว่าปริมาณชีวมวลที่มีอยู่สามารถนำมาใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมได้ คาดว่าขนาดไฟฟ้าอยู่ในช่วง 2 ถึง 10 เมกะวัตต์ นายเทียนทอน คำภีเดช¹⁸ ทำการสร้างระบบตัวอย่างของระบบแก๊สซิฟิเคชัน ที่อาคารพลังงานจังหวัดนครราชสีมา โดยนำแก๊สไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อผลิตไฟฟ้า รวมทั้งเพื่อผลิต

ความร้อนได้ ระบบแก๊สซิฟิเคชันที่สร้างขึ้นจะเสียค่าใช้จ่าย 400,000 บาท และผลิตความร้อนได้ไม่น้อยกว่า 5 เมกะวัตต์ แต่การผลิตกระแสไฟฟ้านั้นจะขึ้นกับความสามารถของเครื่องยนต์ดีเซล

Ahiduzzaman¹⁹ รายงานถึงปริมาณข้าวที่มีมากถึงร้อยละ 76 ในประเทศบังคลาเทศ ซึ่งจะมีกลบเป็นผลพลอยได้ ทำให้มีการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 106.1 เพตะจูล

Abe²⁰ ศึกษาศักยภาพของชีวมวลของประเทศกัมพูชาเพื่อนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าเนื่องจากร้อยละ 77 ของหมู่บ้านในประเทศกัมพูชายังไม่มีไฟฟ้าใช้ จากการศึกษาพบว่าวัสดุเหลือจากการเกษตรที่มีมาก เช่น กลบ และเปลือกถั่วลิสง จะถูกใช้เป็นชีวมวลในการเผาไหม้เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากระบบแก๊สซิฟิเคชันจะถูกกว่าการใช้ถ่านหินดีเซลก็ต่อเมื่อสามารถผลิตแก๊สเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลมากกว่าร้อยละ¹³ ปัจจุบันความสามารถของระบบแก๊สซิฟิเคชันที่ขายตามท้องตลาดสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 4 กิโลวัตต์

Islas²¹ ศึกษาการใช้พลังงานชีวมวลในประเทศเม็กซิโก เพื่อเป็นแหล่งพลังงานสำรองในปี ค.ศ. 2030 จากการศึกษาโดยใช้รูปแบบโปรแกรม Long range Energy Alternatives Planning system (LEAP) ทำนายพบว่าพลังงานชีวมวลจะช่วยเพิ่มความสามารถในการผลิตไฟฟ้าได้ร้อยละ 6.68 และช่วยลดแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ได้ร้อยละ 17.84 ของแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากการใช้ฟอสซิลเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

Skoulou²² ศึกษาศักยภาพของชีวมวลของประเทศกรีซเพื่อนำไปในการผลิตกระแสไฟฟ้า จากการศึกษาพบว่าชีวมวล เช่น ช้างข้าวโพด ไม้มะกอก ฟางข้าว ได้นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในการเผาไหม้เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า 35 บริษัทได้ลงทุนผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลผ่านระบบแก๊สซิฟิเคชัน โดยมีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้ามากกว่า 828 เมกะวัตต์

สรุป

การใช้ประโยชน์จากพลังงานชีวมวลเป็นพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจในการนำมาใช้ในประเทศไทย สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในรูปแบบของพลังงานความร้อนและกระแสไฟฟ้า โดยระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากชีวมวลจะเป็นส่วนหนึ่งของการเพิ่มศักยภาพความมั่นคงให้กับการส่งไฟฟ้าในเขตภูมิภาค เนื่องจากชีวมวลจะมีอยู่มากและหาได้ง่าย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อชุมชนภูมิภาค ทำให้เกิดการพึ่งพาพลังงานภายในชุมชนมากขึ้น รวมทั้งพลังงานชีวมวลสามารถนำไปใช้งานกับภาคอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง ส่งผลทำให้ลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ทำให้เป็นทางเลือกในการผลิตพลังงานเพื่อใช้สำหรับภายในประเทศ นอกจากนี้ข้อดีของระบบการใช้พลังงานชีวมวลจะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภาวะเป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาด

เอกสารอ้างอิง

- สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. สถานการณ์พลังงานไทยปี 2550 และ แนวโน้มปี 2551 พลังงานเชิงพาณิชย์. ได้จาก <http://www.eppo.go.th/info/report-2550/press-energy2550.ppt>
- Rekacewicz P. United Nations Environment Programme/grid-arendal/maps and graphic/green house effect. Available from <http://maps.grida.no/go/graphic/greenhouse-effect>. Accessed December 8, 2007.
- Brassch G. The photographic documentation of climate change. Available from <http://www.worldviewofglobalwarming.org>. Accessed December 1, 2007.
- ศูนย์สารสนเทศ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ปริมาณชีวมวลคงเหลือ (พ.ศ. 2547) กรุงเทพฯ: ศูนย์สารสนเทศ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2547.
- สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง. ข้อมูลผลผลิตของยางพารา 2547. ได้จาก: http://www.thailandrubber.thaigov.net/index_home.php.
- ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานสิ่งแวดล้อม. ชีวมวล. กรุงเทพฯ: คิว พรินท์ แทเนจเม้นท์ บจก; 2549.
- Turare. C. Biomass gasification technology and utilization. Available from <http://members.tripod.com/~cturare/bio.htm> Accessed December 1, 2007.
- วิภาวรรณ แสงสว่าง. การเปรียบเทียบการผลิตเซราลิกส์โดยใช้พลังงานความร้อนจากเตาเผาแก๊สซีพีเออร์แบบไหลขึ้น และไหลลง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย สาขาพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี: 2544.
- อนุตร จำลองกุล. พลังงานหมุนเวียน. กรุงเทพฯ: โอเอสพริ้นติ้งเฮ้าส์; 2545. หน้า 129-140.
- วัฒนพงษ์ รัชวิเชียร บงกช ประสิทธิ์ สุขฤดี นาถกรณกุล และพิสิษฐ์ มณีโชติ. การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์เพื่อการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรร่วมกับระบบแก๊สซีพีเออร์. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ 2548;12(3):1-16.
- Forestry Department. Wood gas engine. Available from <http://www.fao.org/docrep/T0512E/T0512e00.htm> Accessed 1986.
- Reed TB, Ronal L. A wood-gas stove for developing countries. Energy sustainable Development 1996; 3:34-37.
- Reed TB, Wah R, Ellis S, Das A, Deuth S. Superficial velocity-the key to downdraft gasification. 4th Biomass conferences of Americas;1999, Oakland, California, United State.
- ดวงฤดี สุภติมโน. การผลิตเชื้อเพลิงจากเห้้ำมันสำปะหลังเพื่อนำมาใช้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงสำหรับการเผาขยะเปียก. 2545 ได้จาก <http://www.cri.rmutt.ac.th/thory.asp>.
- ประทีป เด็ดแก้ว และอำพร บุครังษี. ราคา LPG.2540 ได้จาก http://www.environment.in.th/evdb/thai/save/general/general_02.html
- สินเดิม ดีโต ศิรินุช จินดารักษ์ และจอมภพ แวศักดิ์. การอบแห้งชาเขียวใบหม่อนโดยใช้โปรโตวซ์เซอร์แก๊ส. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ 2548; 1(12): 91-103.

17. Pletka R. Biomass-based power generation and cogeneration within small rural industries of Thailand.2004. Available from: <http://www.nrbp.org/papers/037.pdf>.
18. เทียงทอน คำภีเดช. ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยชีวมวล. 2545 ได้จาก <http://www.ata.or.th/projects/ashram/ash-biomass.html>.
19. Ahiduzzarman M. Rice husk energy technologies in Bargladesh. Available from <http://members.tripod.com/~cturare/bio.html> Accessed December 1, 2007.
20. Abe H, Katayama A, Sah BP, Toriu T, Samy S, Pheach P et al. Biomass & Bioenergy 2007;31: 656-664.
21. Islas J. Manzini F. Maserd O. A prospective study of bioenergy use in Mexcio. Energy 2007;32: 2306-2320.
22. Skoulou V. Zabaniotou A. Investigation of aqricultural and animal wastes in Greece and their allocation to potential application for energy production. Renewable & sustainable energy reviews 2007; 11:1698-1719.