

พลังงานหมุนเวียน

Renewable Energy

อนิรุทธิ์ ต่ายขาว

บทคัดย่อ

พลังงานมีความสำคัญต่อสรรพสิ่งในโลก เป็นรากฐานสำคัญที่ทำให้สิ่งมีชีวิตเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโลกปัจจุบัน มนุษย์สามารถนำพลังงานต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดสิ่งอำนวยความสะดวก เพื่อความเป็นอยู่ของมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่ผ่านมามีประเทศไทยใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ากว่าร้อยละ 90 เชื้อเพลิงต่างๆ เหล่านี้นอกจากจะมีปริมาณน้อยลงทุกวันแล้ว ราคาของเชื้อเพลิงดังกล่าวยังมีความผันผวนไปในแนวทางที่สูงขึ้นตามสถานการณ์ทางเศรษฐกิจและการเมืองของโลก ปัจจุบันประเทศไทยจึงเริ่มหันมาใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งพลังงานที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไม่หมดไป เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล หรือแม้แต่ขยะมูลฝอย ซึ่งเทคโนโลยีเกี่ยวกับพลังงานหมุนเวียนนี้ได้รับการพัฒนาไปอย่างมาก รวมถึงการเปลี่ยนรูปพลังงานหมุนเวียนเหล่านี้เป็นพลังงานไฟฟ้า ประโยชน์ที่ได้จากพลังงานหมุนเวียนมีหลาย ๆ ด้าน ทั้งการรักษาสิ่งแวดล้อมลดมลพิษจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล จำพวกผลิตถ่านหินปิโตรเลียมต่างๆ อีกทั้งลดการนำเข้าเชื้อเพลิงพวกนี้จากต่างประเทศ และพลังงานเชื้อเพลิงยังให้ผลตอบแทนการลงทุนที่น่าสนใจอีกด้วย ซึ่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้ และถือว่าเป็นการสร้างประโยชน์จากสิ่งค้ด้อยค่าให้กลับมาใช้ใหม่ในการพัฒนาประเทศได้ นอกจากนี้ยังช่วยบรรเทาปัญหาการเพิ่มการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่จะนำไปสู่การเกิดปฏิกิริยาเรือนกระจกและจะทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น

คำสำคัญ: พลังงานหมุนเวียน, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ก๊าซธรรมชาติ, น้ำมันเชื้อเพลิง, ปฏิกิริยาเรือนกระจก

Abstract

Energy is the fundamental essential thing that moves the world more forward. Especially nowadays, human power can cause various useful things. Facilitate To the well-being of human beings effectively. Thailand's past oil, coal and gas to generate electricity and fuel more than 90 percent of its power. In addition to these amounts every day. Fuel prices also fluctuate daily. The higher the economic and political situation of the world, therefore the adoption of renewable energy sources that do not depend continuously out of order, such as solar wind. Biomass or waste about renewable energy technologies have been developed greatly. The deformation of these renewable energy into electrical energy. The benefits of renewable energy are many ways to protect the environment and reduce pollution from the production of electricity from fossil fuels. Various petroleum products such as the reduction in oil import them from abroad. Fuel and power also make an attractive return on investment as well. The material,

agricultural residues can be used as fuel to generate electricity. And benefits of what constitutes impairment to their value in developing countries. It also helps to alleviate the accumulation of carbon dioxide in the atmosphere. To contribute to the greenhouse effect, and will cause global temperatures to rise.

Keywords: renewable energy, carbon dioxide, natural gas, fuel, greenhouse effect

ความนำ

พลังงานมีความสำคัญต่อสรรพสิ่งในโลก เป็นรากฐานสำคัญที่ทำให้ชีวิตเจริญเติบโตเคลื่อนไหวทำงานได้ ไม่มีอะไรในโลกที่ไม่เกี่ยวข้องกันกับพลังงาน ดังนั้นหากขาดพลังงาน มนุษย์ก็จะต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่เลวร้ายอย่างใหญ่หลวงก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม พลังงานจากดวงอาทิตย์ พลังงานจากน้ำและพลังงานจากลมเป็นแหล่งพลังงานที่มนุษย์ชาติรู้จักนำมาใช้ แสงอาทิตย์ช่วยสร้างอาหารสำหรับพืช แสงอาทิตย์มีประโยชน์ต่อมวลมนุษย์อย่างมากมาย ตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ 5,000 ปีที่ผ่านมา มนุษย์รู้จักใช้เรือที่แล่นโดยใช้พลังงานลม ต่อมาอีก 2,000 ปี รู้จักใช้กังหันลม กังหันน้ำมารู้จักหลังจากนั้น ถ่านหินก็มาใช้เมื่อไม่กี่ร้อยปีที่ผ่านมา ส่วนน้ำมันและก๊าซเป็นพลังงานที่ใช้กันมาเมื่อ 100 กว่าปีมานี้ นับได้ว่าพลังงานเป็นสิ่งจำเป็นของมนุษย์ในโลกปัจจุบันและทวีความสำคัญขึ้น เมื่อโลกยังพัฒนามากขึ้น แหล่งพลังงานเริ่มค่อย ๆ เปลี่ยนไปเป็นแหล่งพลังงานที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีในการผลิตมากยิ่งขึ้น จากน้ำมันปิโตรเลียมไปเป็นพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเป็นต้น ประเทศไทยมีแหล่งพลังงานหลายประเภทด้วยกัน แต่อาจจะมิในปริมาณที่ค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับหลายประเทศ ซึ่งบางครั้งวิกฤตการณ์ของโลกทำให้ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้สำหรับสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย ณ เดือนกุมภาพันธ์ 2557 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานในช่วง 2 เดือนแรกของปี 2557 มีปริมาณ 12,390 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปี

ก่อนร้อยละ 0.7 คิดเป็นมูลค่ากว่า 311,755 ล้านบาท การใช้พลังงานยังคงเพิ่มขึ้นตามการเติบโตทางเศรษฐกิจโดยที่น้ำมันสำเร็จรูปยังคงเป็นพลังงานที่ใช้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 49.5 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด รองลงมาประกอบด้วย ไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม พลังงานหมุนเวียน ถ่านหิน/ลิกไนต์ และก๊าซธรรมชาติ คิดเป็นร้อยละ 16.7 11.1 8.0 7.6 และ 7.1 ตามลำดับ จากรายงานภาวะเศรษฐกิจเดือนกุมภาพันธ์ 2557 ของธนาคารแห่งประเทศไทย เศรษฐกิจโดยภาพรวมหดตัวจากเดือนก่อนจากสถานการณ์ทางการเมืองที่ยืดเยื้อส่งผลให้ครัวเรือนและธุรกิจระมัดระวัง การใช้จ่ายทั้งเพื่อบริโภคและลงทุน สอดคล้องกับการนำเข้าสินค้าและภาวะการผลิตภาคอุตสาหกรรมที่หดตัว ขณะที่ภาคการท่องเที่ยวได้รับผลกระทบจากสถานการณ์ทางการเมืองมากขึ้น ส่วนการส่งออกปรับตัวดีขึ้นตามแนวโน้มอุปสงค์ต่างประเทศ ด้านเสถียรภาพเศรษฐกิจโดยรวม อัตราเงินเฟ้อปรับสูงขึ้นตามการส่งผ่านต้นทุนไปยังราคาอาหารสำเร็จรูปที่มากขึ้น การวางงานอยู่ในระดับต่ำ อัตราเงินเฟ้อสูงขึ้นตามราคาอาหารสดและอาหารสำเร็จรูปส่วนดุลการค้าและดุลบัญชีเดินสะพัดเกินดุลจากการนำเข้าที่หดตัวเป็นสำคัญ ขณะที่เงินทุนเคลื่อนย้ายขาดดุลจากการชำระคืนเงินกู้ระยะสั้นจากต่างประเทศของสถาบันรับฝากเงินและการขายหลักทรัพย์ของนักลงทุนต่างชาติรวมถึงการลงทุนในตราสารหนี้ต่างประเทศของนักลงทุนไทย โดยรวมดุลการชำระเงินขาดดุล อย่างไรก็ตามการใช้พลังงานยังคงเพิ่มขึ้นเกือบทุกสาขาเศรษฐกิจ โดยพบว่า สาขา

เกษตรกรรม อุตสาหกรรม บ้าน ที่อยู่อาศัย สาขาธุรกิจ การค้าและขนส่งเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 0.3, 0.3, 0.2, 1.7 และ 1.1 ตามลำดับ โดยสาขา อุตสาหกรรม ยังคงเป็นสาขาที่มี การใช้พลังงานใน สัดส่วนที่สูงกว่าสาขาอื่น โดยมีสัดส่วนการใช้ร้อยละ 37.1 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด รองลงมา เป็นสาขาขนส่ง บ้านอยู่อาศัย ธุรกิจการค้า และ เกษตรกรรม โดยมีการใช้ร้อยละ 35.4 15.1 7.2 และ 5.2 ตามลำดับ

ประเภทของแหล่งพลังงาน

พลังงานสามารถจำแนกประเภทตามลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. จำแนกตามแหล่งที่ได้มา แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 แหล่งพลังงานปฐมภูมิ (primary energy resources) หมายถึง แหล่งพลังงานต้นกำเนิด เป็นแหล่งพลังงานที่เกิดขึ้นหรือมีอยู่ตามธรรมชาติ สามารถนำมาใช้โดยตรง ได้แก่ น้ำ แสงแดด ลม เชื้อเพลิงตามธรรมชาติ เช่น น้ำมันดิบ ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ พลังงาน

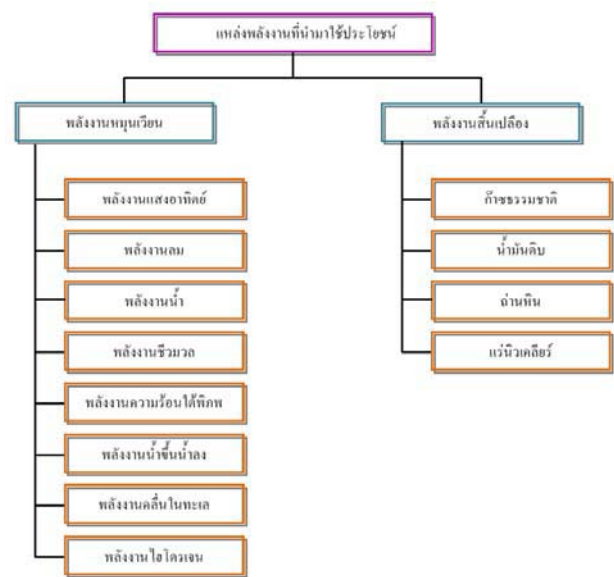
1.2 แหล่งพลังงานทุติยภูมิ (secondary energy resources) หมายถึง แหล่งพลังงาน แปรรูปซึ่งเป็นพลังงานที่ได้มาโดยการนำพลังงานต้นกำเนิดมาแปรรูปให้อยู่ในรูปที่ใช้ประโยชน์ ในลักษณะต่าง ๆ ได้ เช่น พลังงานไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ปิโตรเลียมเหลว ถ่านไม้ เป็นต้น

2. จำแนกตามแหล่งที่นำมาใช้ประโยชน์ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 แหล่งพลังงานหมุนเวียน (renewable energy resources) หมายถึง แหล่ง พลังงานที่ได้จากธรรมชาติ รอบ ที่นำใช้ได้ไม่มีวันหมด ซึ่งสามารถสร้างทดแทนได้ ในช่วงเวลาสั้นๆ โดยธรรมชาติหลังจากมีการใช้ไป จึงมีหลายชื่อที่ใช้เรียก เช่น พลังงานทดแทน พลังงานใช้ไม่

หมด พลังงานสะอาดและพลังงานสีเขียว เนื่องจากไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมนั่นเอง ได้แก่ พลังงาน แสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังน้ำ

2.2 แหล่งพลังงานสิ้นเปลือง (non-renewable energy resources) หมายถึง แหล่ง พลังงานที่ไม่สามารถ สร้างขึ้นมาใหม่หรือหามาทดแทนได้ทันความต้องการมี แต่จะน้อยลงไปหรือ หมดสิ้น ไปได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันดิบ ถ่านหิน และพลังงานนิวเคลียร์



ภาพ 1 แสดงแหล่งพลังงานที่นำมาใช้ประโยชน์

หมุนเวียน

2.1.1 พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ พลังงานนี้เป็นต้นกำเนิดของวัฏจักรของสิ่งมีชีวิต ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำและธาตุต่างๆ เช่น คาร์บอน พลังงานแสงอาทิตย์ จึงจัดเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูง ปราศจากมลพิษอีกทั้งเกิดใหม่ได้ไม่สิ้นสุดรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลกก่อให้เกิดพลังงานความร้อนและแสงสว่าง สามารถ นำไปใช้โดยเป็นแหล่งกำเนิด พลังงานทั้งทางตรงและทางอ้อม พลังงานที่ดวงอาทิตย์ ให้อกับโลกทางตรงคือ แสงสว่างซึ่งมีผลทำให้เกิดความร้อน สร้างความอบอุ่นให้กับโลก พลังงานทางอ้อมคือ

ดวงอาทิตย์ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีพอยู่ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชเจริญเติบโตโดยอาศัยการสังเคราะห์แสงจากแสงอาทิตย์ และมนุษย์ได้อาศัยพลังงานจากต้นไม้ที่สำคัญๆคือ ฟืน ถ่าน และเมื่อพืชและสัตว์ตายทับถมกันเป็นเวลานานๆจะกลายเป็นถ่านหินปิโตรเลียมรวมทั้งการนำหลักการย่อยสลายของพืชมาทำเป็นก๊าซชีวภาพ ดวงอาทิตย์ให้พลังงานแสงสว่างแก่โลกโดยการแผ่รังสีเมื่อวัตถุต่าง ๆ บนผิวโลกได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและกระจายความร้อนออกมา ซึ่งอยู่ในรูปของรังสีอินฟราเรดเราจึงรู้สึกร้อนขณะที่แสงอาทิตย์เดินทางมาถึงเราส่วนหนึ่งของแสงอาทิตย์จะเดินทางผ่านบรรยากาศที่หุ้มห่อ โลกและมาสู่ดิน ทั้งอากาศและน้ำ จะเป็นกับดักพลังงานความร้อน ต่อมา ดินและน้ำจะคายความร้อนให้อากาศ เราจึงรู้สึกร้อน อากาศจึงเป็นที่กักความร้อนครั้งสุดท้ายของโลก

ประโยชน์พลังงานแสงอาทิตย์

1. ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ทางตรง เช่น การทำนาเกลือ การตากผ้า การทำอาหารตากแห้ง การฆ่าเชื้อโรคในน้ำดื่ม หรือระบบผลิตน้ำร้อนต้องอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์ การแสดงหนัง ตะลุง และภาพยนตร์ ต้องใช้แสงเพื่อทำให้เกิดเงาบนจอ การมองเห็นก็ถือเป็นการใช้ประโยชน์จาก แสงทางตรง
2. ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ทางอ้อม เช่น ทำให้เกิดวัฏจักรของน้ำ (การเกิดฝน) พืชและ สัตว์ที่เรารับประทาน ก็ได้รับการถ่ายทอดพลังงานมาจากแสงอาทิตย์
3. การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้า โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) ดังแสดงที่ภาพ 2 เป็นตัวกลางในการเปลี่ยนพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เช่น บ้านใช้พลังงานแสงอาทิตย์ หรือไฟให้สัญญาณตามอาคารหรือถนน



ภาพ 2 แผงโซลาร์เซลล์ (Solar Cell)

ที่มา จาก Solar Cell, โดย ซีเอ็ด, ค้นจาก <http://se-ed.net/winyou/kato/solarcell.htm>

2.1.2 พลังงานลมเป็นแหล่งพลังงานปรากฏการณ์ทางธรรมชาติซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ที่มีต้นกำเนิดมาจากการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยอากาศในส่วนที่ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ จะมีความหนาแน่นลดลง จึงเบาและลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน ในขณะที่เดียวกันอากาศที่เย็นกว่าจะมีน้ำหนักมากกว่า จึงเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่และก่อให้เกิดกระแสลมพัดผ่านกระจายอยู่ทั่วไปในชั้นบรรยากาศ ที่เติบโตเร็วที่สุดในโลก เป็นเทคโนโลยีที่ลวงตาว่าเรียบง่าย เบื้องหลังอาคารสูง เปรี้ยว และใบพัดที่หมุนอย่างสม่ำเสมอ คือ วัสดุ น้ำหนักเบาที่ทำงานร่วมกันอย่างซับซ้อน การออกแบบด้านการเคลื่อน ไหวของอากาศ และ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ พลังงานถูกส่งถ่ายจากปีก หมุนผ่านเกียร์ ซึ่งบางครั้งปฏิบัติงานในความเร็วที่ไม่แน่นอน จากนั้นส่งไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (กังหันลมบางตัวไม่ส่งผ่านเกียร์แต่ใช้การขับเคลื่อนโดยตรงแทน) การนำกระแสลมมาหมุนกังหันเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้านั้นได้รับความนิยมอย่างมากในทวีปยุโรป และทวีปอเมริกา ซึ่งมีกระแสลมแรงสม่ำเสมอ และได้บอกประโยชน์ของพลังงานลมว่าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยลดระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่

ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน นี่เป็นประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่สุดของการผลิตพลังงานลม นอกจากนี้พลังงานลมยังปราศจากสารก่อมลพิษอื่นๆ ที่เกิดจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและโรงไฟฟ้านิวเคลียร์อีกด้วย

ประโยชน์พลังงานลม

สถานภาพการนำพลังงานลมมาประยุกต์ใช้งานในประเทศไทย จัดแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ ได้แก่

1. กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ การใช้กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ ปัจจุบันได้มีการใช้งานในประเทศไทยอยู่ตามภูมิภาคต่าง ๆ

2. กังหันลมเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลมในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก เนื่องจากความเร็วลมมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ และต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจาก พลังงานลมยังมีราคาสูง เมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานที่มาจากฟอสซิล



ภาพ 3 โรงไฟฟ้ากังหันลมที่ลำตะคอง จ.นครราชสีมา ที่มา จาก โรงไฟฟ้ากังหันลม, โดย pakchong, ค้นจาก <http://www.pakchong.com/go/61>

3. การใช้พลังงานลมเพื่อการระบายอากาศ ปัจจุบันได้มีการติดตั้งกังหันลมระบายอากาศบนหลังคาของโรงงาน และบ้านพักอาศัย สำหรับการ

ระบายอากาศร้อนภายในตัวอาคาร โรงงานหรือบ้านพักออกสู่ภายนอก

2.1.3 พลังงานน้ำเป็นรูปแบบหนึ่งการสร้างกำลังโดยการอาศัยพลังงานของน้ำที่เคลื่อนที่ ใน ปัจจุบันพลังงานน้ำส่วนมากจะถูกใช้เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้แล้วพลังงานน้ำยังใช้ในการชลประทาน พลังงานของมวลน้ำที่เคลื่อนที่ได้ถูกมนุษย์นำมาใช้มานานแล้วนับศตวรรษเป็นพลังงานที่ได้จากการไหลของน้ำจากที่สูงมายังที่ต่ำ เป็นพลังงานที่สะอาด ไม่ปล่อยก๊าซพิษออกมา ใช้ปั่นไฟได้โดยการปล่อยน้ำให้ไหลผ่านกังหัน ทำให้กังหันหมุน และผลิตเป็นไฟฟ้า ซึ่งพลังน้ำมีข้อดีคือเปิดปิดตักปล่อยน้ำไหลไปหมุนกังหันเมื่อใดก็ได้พลังงานออกมาทันที จึงนิยมสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำสำหรับกรณีที่ต้องการไฟทันทีและเร่งด่วน จึงมักใช้ปั่นไฟตั้งแต่หลังเที่ยงวันจนถึงเที่ยงคืน ซึ่งเป็นช่วงที่ประชาชนและโรงงานต้องการใช้ไฟฟ้ามามากที่สุด ซึ่งการนำพลังน้ำมาใช้จะต้องมีการสร้างเขื่อนเพื่อกักเก็บน้ำและยกระดับของน้ำให้สูงขึ้นเหนือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การยกระดับน้ำให้สูงขึ้นเพื่อผลิตไฟฟ้าได้มาก ต้องมีการสร้างเขื่อนขนาดใหญ่มาก อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมอย่างมาก ในการสร้างเขื่อนต้องสร้างเขื่อนในพื้นที่ที่ขวางทางเดินน้ำเพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้ามามากที่สุด ซึ่งการสร้างเขื่อนต้องมีการใช้พื้นที่ในการก่อสร้างเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดการสูญเสียพื้นที่ในการใช้ประโยชน์ ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ป่าไม้, พื้นที่เกษตรกรรม หรือแหล่งที่อยู่อาศัยของชาวบ้าน (เนื่องจากบางครั้งชาวบ้านรุกพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่ต้นน้ำ) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระบบนิเวศและสมดุลทางธรรมชาติ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบในการดำเนินชีวิตของชาวบ้าน หรือแม้กระทั่งการต่อต้านจากชาวบ้านที่ได้รับผลกระทบจากการสร้างเขื่อนอีกด้วย



ภาพ 4 กังหันแบบเบรสต์
ที่มา. จาก กังหันแบบเบรสต์, โดย terragalleria, ค้นจาก
<http://www.terragalleria.com/images/china/chin>

2.1.4 พลังงานชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญมากในปัจจุบัน ซึ่งเป็นการนำพลังงานจากมวลของสิ่งมีชีวิต เช่น พืชหรือสัตว์ มาใช้ให้เป็นประโยชน์ สามารถเป็นได้ทั้งเชื้อเพลิงแข็ง เช่น วัสดุเศษเหลือทางการเกษตร(ฟาง, แกลบ, ชานอ้อย) หรือก๊าซ เช่น ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการเปลี่ยนรูปของชีวมวล นอกจากนี้ของเหลือจากอุตสาหกรรมและชุมชน (waste streams) เช่น กากน้ำตาลและชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล แกลบจากโรงสีข้าวที่เหลือจากโรงงานแปรรูปไม้ เส้นใย ปาล์มและกะลาปาล์ม นอกจากนั้นยังรวมถึงขยะอินทรีย์ชุมชน น้ำมันบริโภคน้ำมันใช้แล้วจากพืชและสัตว์ และน้ำเสียจากชุมชนหรืออุตสาหกรรมเกษตรที่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ด้วยพลังชีวมวลคล้ายกับเชื้อเพลิงฟอสซิลตรงที่เป็นพลังงานที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิตเหมือนกันแต่ต่างกันที่พลังชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้จากสิ่งมีชีวิตโดยตรงไม่ต้องผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ในขณะที่เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นซากของสิ่งมีชีวิตที่ผ่านการทับถมภายใต้ความกดดัน ความร้อนเป็นเวลานานพลังงานจากชีวมวลแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป เช่น แกลบ จะให้ค่าความร้อนสูงเนื่องจากมีความชื้นต่ำ และไม่ต้องผ่านการบดย่อยก่อนนำไปเผาไหม้ โดยเชื้อเพลิงที่เกิดจากการเผาแกลบสามารถ

นำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กและแก้วได้ ส่วนชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ที่เผาไหม้แล้วมีปริมาณขี้เถ้าต่ำ จึงมีปัญหาในการจัดการน้อย และขี้เถ้าดังกล่าวยังสามารถนำไปใช้ปรับปรุงสภาพดินในไร่อ้อยได้อีกน้อย การใช้พลังงานชีวมวลมีข้อดีคือ เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย เนื่องจากมีปริมาณกำมะถันต่ำกว่าเชื้อเพลิงประเภทอื่นมาก และไม่ก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจก นอกจากนี้การนำแหล่งวัตถุดิบที่มีอยู่ภายในประเทศมาใช้ ถือเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งเกษตรกรยังมีรายได้เพิ่มจากการขายวัสดุทางการเกษตรที่เหลือใช้อีกด้วย



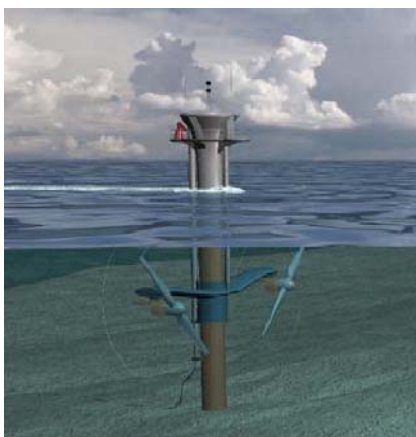
ภาพ 5 ตัวอย่างการผลิตเชื้อเพลิงจากพลังงานชีวมวล
ที่มา. จาก การผลิตเชื้อเพลิง, โดย sugarzone, ค้นจาก
<http://www.sugarzone.in.th/news/apr47.htm#apr2>

2.1.5 พลังความร้อนใต้พิภพเป็นพลังงานที่ได้จากใจกลางโลก สามารถนำมาใช้ได้โดยการฝังท่อในใต้ดินลึกลงไป 2-3 กิโลเมตร เพื่ออัดน้ำลงไปตามท่อที่ลงไปสุดท่อจะแตกตัวไปตามรอยร้าวของหินใต้ผิวโลก และได้รับการถ่ายเทความร้อนจากหินที่มีอุณหภูมิสูงกว่า จากนั้นน้ำร้อนดังกล่าวจะถูกสูบกลับมาทางท่ออีกท่อหนึ่งที่ถูกฝังคู่ขนานกับท่อแรก เพื่อนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า หรือใช้เป็นน้ำร้อนที่ส่งไปตามบ้านเรือน อุณหภูมิภายใต้ผิวโลกจะสูงขึ้นตามความลึก ที่ความลึกประมาณ 25-30 กิโลเมตร อุณหภูมิจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ

250-1000 องศาเซลเซียส ที่ศูนย์กลางของโลกอุณหภูมิอาจสูงประมาณ 3500-4000 องศาเซลเซียสบางครั้งความร้อนใต้ผิวโลกไม่ได้ไหลกระจายอยู่ใต้ผิวโลกเท่านั้น แต่ไหลขึ้นมาบนผิวโลกด้วย เช่น การเกิดภูเขาไฟระเบิด, น้ำพุร้อน เป็นต้น ที่ประเทศไทยมีการทดลองใช้ที่อำเภอฝาง เชียงใหม่

2.1.6 พลังงานน้ำขึ้นน้ำลงในมหาสมุทร

พลังงานน้ำขึ้นน้ำลงที่เกิดขึ้นในมหาสมุทร เกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์มากกว่าดวงอาทิตย์และเป็นแหล่งพลังงานเดียวที่เกิดจากดวงจันทร์เป็นหลักและมีอิทธิพลถึงโลกเรานี้ ปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลงนี้เกิดขึ้นเมื่อดวงอาทิตย์ โลก และดวงจันทร์โคจรมาอยู่ในแนวเดียวกัน แรงดึงดูดของดวงจันทร์ซึ่งอยู่ใกล้โลกเรามากกว่านั้นจะดึงให้น้ำตามบริเวณเขตศูนย์สูตรในมหาสมุทรสูงขึ้น และเมื่อการโคจรนี้ทำให้อัตราการขึ้นลงของน้ำขึ้นน้ำลงต่างกันก็จะทำให้น้ำบริเวณศูนย์สูตรนี้ลดลง วงจรการขึ้นลงของน้ำในมหาสมุทรนี้จะสอดคล้องระยะเวลาการโคจรของดวงจันทร์รอบโลกเราเองซึ่งจะสังเกตได้ว่าน้ำจะขึ้นสูงเมื่อใกล้วันข้างขึ้นและข้างแรมตามปฏิทินจันทรคติ ความแตกต่างของน้ำทะเลระหว่างช่วงที่ขึ้นสูงและช่วงที่ต่ำถือได้ว่าเป็นพลังงานศักย์อันหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้



ภาพ 6 การผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำขึ้นน้ำลง

2.1.7 พลังงานไฮโดรเจน ก๊าซไฮโดรเจน (hydrogen, H₂) ถือได้ว่าเป็นเชื้อเพลิงอนาคต ทั้งนี้

เนื่องจากไม่ส่งผล กระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อเกิดการเผาไหม้กับก๊าซออกซิเจน โดยจะมีเพียงไอน้ำเป็นผลพลอยได้ ซึ่ง แตกต่างจากเชื้อเพลิงอื่นๆ ที่ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลพลอยได้ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการทำให้โลกร้อนขึ้น (global warming) นอกจากนี้ยังสามารถนำก๊าซไฮโดรเจนไปผลิตกระแสไฟฟ้าโดยป้อนเข้าเซลล์เชื้อเพลิง (fuel cell) ซึ่งขณะนี้ นักวิจัยทั่วโลกให้ความสนใจเป็นอย่างมากในการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงมาประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เนื่องจากประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงมีค่าสูงกว่าอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าแบบอื่นๆ มาก ดังนั้นพลังงาน ไฮโดรเจนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานดั้งเดิมได้

2.1.8 พลังงานคลื่นเป็นกระแสคลื่นในทะเล

หรือมหาสมุทรสามารถที่จะนำมาผลิตไฟฟ้าได้โดยอาศัยอุปกรณ์ที่ดึงพลังงานจากคลื่นมาใช้โดยตรง ซึ่งจะทำการแปลงการเคลื่อนไหวในแนวตั้งของกระแสคลื่นและการพองตัวของพองอากาศไปผลักดันให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานคลื่นสามารถที่จะทำได้ทั้งแบบระบบที่ติดตั้งไปตามชายฝั่งและระบบนอกฝั่งน้ำลึกมากกว่า 40 เมตรพลังงานคลื่นเป็น พลังงานที่ไม่มีวันหมด รูปแบบหนึ่ง การผลิตไฟฟ้าจากคลื่นยังไม่ใช้เทคโนโลยีที่แพร่หลาย และยังไม่มีการสร้างฟาร์มคลื่นเชิงพาณิชย์

การใช้พลังงานและแหล่งสำรองของประเทศไทย

ในปี 2540 ประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานปฐมภูมิโดยรวม 93 พันล้านลิตรเทียบเท่า น้ำมันดิบ โดยมีสัดส่วนการใช้ น้ำมันสูงเป็นอันดับหนึ่ง ถึงร้อยละ 42 อันดับสองคือ พลังงานหมุนเวียนร้อยละ 26 รองลงมาคือ ก๊าซธรรมชาติร้อยละ 17 ลิกไนต์ร้อยละ 9 และถ่านหินนำเข้าและซื้อไฟฟ้าสัดส่วนเท่ากันคือร้อยละ 3 จะเห็นได้ว่าสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียน ของไทยค่อนข้างสูง พลังงานหมุนเวียนที่นิยมใช้กันมากได้แก่ ไม้ฟืน ถ่าน

กากอ้อย และแกลบ โดยส่วนใหญ่ใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มของครัวเรือนในชนบทและในอุตสาหกรรมอาหาร สัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (final energy) ในสาขาการผลิตต่างๆ ของไทย แบ่งเป็น 4 สาขา ใหญ่ ๆ คือ สาขาเกษตรกรรม สาขาอุตสาหกรรม สาขาที่อยู่อาศัย และธุรกิจ และสาขาคมนาคมขนส่ง ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า รัฐได้มีการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น พลังลมพลังงานแสงอาทิตย์ พลังน้ำขนาดเล็ก และพลังงานจากกาก หรือเศษวัสดุเหลือใช้ในการเกษตร หรือ กากจากการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือ การเกษตร ขยะมูลฝอย ไม้จากการปลูกป่า เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า โดย กฟผ. ได้มีการประกาศรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (small power producers) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 เป็นต้นมา ซึ่ง ณ ปัจจุบัน มีผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ที่ได้รับการตอบรับซื้อไฟฟ้าแล้ว จำนวน 56 ราย คิดเป็นปริมาณไฟฟ้าที่เสนอขาย 2,366 เมกะวัตต์ ในจำนวนนี้เป็นผู้ผลิตรายเล็ก ที่ขายไฟฟ้าเข้าระบบแล้ว จำนวน 37 ราย เป็นปริมาณ ไฟฟ้าที่เสนอขาย 1,220 เมกะวัตต์ นอกจากพลังน้ำ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแล้ว ยังมีการส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนอื่นๆ ในการผลิตไฟฟ้าด้วย แต่ทั้งนี้ส่วนใหญ่เป็น โครงการทดลอง เช่น การผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน แสงอาทิตย์ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม การผลิตไฟฟ้า จากพลังงานความร้อนใต้พิภพ และ โครงการสาธิตเซลล์เชื้อเพลิง เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบัน กฟผ. ได้ดำเนินโครงการทดลองที่ผลิต ไฟฟ้าและจ่ายไฟฟ้าขนานเข้าระบบจำหน่ายของ กฟผ. แล้ว ดังนี้

1. โครงการผลิต ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ รวมกำลังผลิตประมาณ 70 กิโลวัตต์ โดยจ่ายไฟฟ้า ร่วมกับ โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่คลองช่อเกล้า จังหวัดสระแก้ว ที่สถานีพลังงานทดแทน แหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต และที่สถานีพลังงานแสงอาทิตย์ อำเภอ สันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่

2. โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม รวมกำลังผลิตประมาณ 192 กิโลวัตต์ ที่แหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต

3. โครงการไฟฟ้าสาธิตจากพลังงานความร้อนใต้พิภพ ขนาดกำลังผลิต 300 กิโลวัตต์ ที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

4. โครงการโรงไฟฟ้าสาธิตเซลล์เชื้อเพลิง ขนาดกำลังผลิต 50 กิโลวัตต์ โดยใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงที่โรงไฟฟ้าบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา

5. โครงการติดตั้งระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ อุณหภูมิปานกลาง ด้วยระบบที่รับความร้อนแสงอาทิตย์ ขนาด 50 กิโลวัตต์ เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ ในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยโรงไฟฟ้าระบบ 2 วงจร ที่บริเวณโรงไฟฟ้าบางปะกง

6. โครงการสาธิตระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน ในเขตกรุงเทพฯ รวม 10 หลัง โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึก ขนาด 2.25 กิโลวัตต์สำหรับบ้าน จำนวน 8 หลัง และใช้เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอน ขนาด 2.88 กิโลวัตต์ สำหรับบ้าน จำนวน 2 หลัง เพื่อพัฒนาสาธิตเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์ใช้เอง ภายในบ้าน และขายไฟฟ้าส่วนเกินให้กับ กฟผ. ซึ่งโครงการสาธิตดังกล่าว จะช่วยสนับสนุนให้เกิด อุตสาหกรรม การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย พลังงานหมุนเวียน ที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าง่ายๆข้างต้น เป็นพลังงานที่สะอาด อย่างไรก็ตามการผลิตพลังงานไฟฟ้า จากพลังงานหมุนเวียนเหล่านี้ ยังไม่สามารถเป็น แหล่งพลังงานขนาดใหญ่ได้ รวมทั้ง ราคาที่สูงมากอีกด้วย การพัฒนาเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้า จากพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงที่ผ่านมา มีความก้าวหน้าไปมาก ต้นทุนลดลงมากเช่นกัน แต่ก็ยังสูงอยู่เมื่อเทียบกับการผลิต ไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ดังนั้นคงต้อง ใช้ระยะเวลากว่า 10 ปีขึ้นไป ในการพัฒนา มาใช้ในเชิง

พาณิชย์ ต้นทุนจึงจะต่ำลง จนสามารถแข่งขันกับพลังงานฟอสซิลได้

บทสรุป

สิ่งมีชีวิตต้องอาศัยพลังงานในการดำรงชีวิตมนุษย์ได้ใช้พลังงานมาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ แหล่งพลังงานหมุนเวียน ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวล พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง พลังงานคลื่นในทะเล พลังงานไฮโดรเจน ส่วนแหล่งพลังงานสิ้นเปลือง ได้แก่ พลังงานฟอสซิล พลังงานนิวเคลียร์ ดังนั้น ในการใช้พลังงานต้องคำนึงถึงแหล่งพลังงานที่มีอยู่ รวมทั้งผลกระทบต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น ในทุก ๆ ด้าน ประโยชน์ที่ได้จากพลังงานหมุนเวียนมีหลาย ๆ ด้าน ทั้งการรักษาสิ่งแวดล้อมลดมลพิษจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล จำพวกผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมต่าง ๆ อีกทั้งลดการนำเข้าเชื้อเพลิงพวกนี้จากต่างประเทศ และพลังงานเชื้อเพลิงยังให้ผลตอบแทนการลงทุนที่น่าสนใจอีกด้วย ซึ่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้ และถือว่าเป็นการสร้างประโยชน์จากสิ่งด้อยค่าให้กลับมามีค่าในการพัฒนาประเทศได้ นอกจากนี้ยังช่วยบรรเทาปัญหาการเพิ่มการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ที่จะนำไปสู่การเกิดปฏิกิริยาเรือนกระจกและจะทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ภาพรวมปัจจัยในการพิจารณาเลือกใช้เชื้อเพลิงของประเทศจะต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญ ๆ คือ การกระจาย ของแหล่งเชื้อเพลิง ราคา และต้นทุนในการผลิต ความมั่นคงในการจัดหาผลกระทบที่จะมีต่อ สิ่งแวดล้อม และประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรประเทศไทยมีแหล่งพลังงานของตนเองน้อยมากต้องพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศถึงร้อยละ 60 ของความต้องการพลังงานพาณิชย์ทั้งหมด และก๊าซ

ธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศก็มีอยู่ ไม่เพียงพอกับความ ต้องการใช้ภายในประเทศในระยะยาว ดังนั้น การใช้ ทรัพยากรพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด ควรให้มีการใช้อย่าง มีประสิทธิภาพมากที่สุด และหากพิจารณาปริมาณ เชื้อเพลิงที่มี อยู่ทั่วโลก ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่มีปริมาณ สำรองมากกว่าก๊าซธรรมชาติและน้ำมัน กล่าวคือ หากมี การใช้ถ่านหินในระดับปัจจุบันและไม่มี การค้นพบเพิ่มเติม โลกเราสามารถใช้อ่านหินต่อ ไปได้อีกถึง 220 ปี ในขณะที่ก๊าซธรรมชาติมีเหลือใช้ได้ 64 ปี ส่วนน้ำมันนั้น มีเหลือใช้อีกเพียง 42 ปี เท่านั้น ดังนั้นราคาถ่านหินจึง ค่อนข้างต่ำและมีเสถียรภาพค่อนข้างมากสัดส่วนการผลิต ไฟฟ้าของ กฟผ. สูงมาก หากมีการส่งเสริมให้ใช้เพิ่มมากขึ้น จะก่อให้เกิดความเสี่ยง ต่อระบบไฟฟ้าของประเทศ เพราะระบบการผลิตไฟฟ้า จะพึ่งพาก๊าซธรรมชาติมาก เกินไป ซึ่งการพึ่งพาพลังงานชนิดใดชนิดหนึ่ง มากเกินไป จะก่อให้เกิดความเสี่ยง ในการจัดหาพลังงานของ ประเทศ เช่น หากเกิดกรณีปัญหา ความขัดแย้งทาง การเมืองระหว่างประเทศ เกิดสงคราม ระบบท่อส่งก๊าซ ขัดข้อง หรือ ปริมาณ สำรองเหลือน้อย เป็นต้น อาจทำให้ การจัดหาพลังงานจากแหล่งอื่น หรือ ชนิดอื่นมาทดแทน ได้ไม่ทันกับความต้องการ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความ มั่นคงของประเทศ โดยอาจทำให้เกิดการ หยุดชะงักใน ระบบผลิตไฟฟ้า และระบบการผลิตของ ภาคอุตสาหกรรม รวมทั้ง การดำเนิน กิจกรรมต่าง ๆ ต้อง หยุดชะงักไปด้วย ดังนั้น นโยบายพลังงานจึงให้ ความสำคัญต่อการกระจาย แหล่งพลังงานเพื่อความ มั่นคง ในการจัดหาพลังงานของประเทศ ถ่านหินน่าจะ เป็นเชื้อเพลิง ในการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยใน อนาคต

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน. (2553). *เทคโนโลยีพลังงานชีวมวลและ ก๊าซชีวภาพ*. ค้นจาก

<http://www.energy.go.th/index.php?q=node/378>

กลุ่มสถิติและข้อมูลพลังงานศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.(2557). *สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม-กุมภาพันธ์ 2557*. ค้นจาก

http://www.dede.go.th/dede/images/stories/stat_dede/sit_57/frontpage_feb.pdf

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2553). *พลังงานทดแทน*. ค้นจาก <http://www2.egat.co.th/re>

คณะกรรมการการพลังงาน. (2545). *พลังงานทดแทนเอทานอลและไบโอดีเซล*. กรุงเทพฯ: คณะกรรมการการพลังงาน สถาผู้แทนราษฎร.

มัชฌิมาปกร. (2552). *กัณฑ์ลมหผลิตไฟฟ้าที่ ลำตะคอง การบ้านข้อใหญ่*. ค้นจาก

<http://www.oknation.net/blog/kintaro/2009/09/15/entry-1>

คันสนีย์ กิรติวิริยาภรณ์ และจิรพล สิ้นธนูวา. (2544). *เปิด โลกพลังงาน*. กรุงเทพฯ: สมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม.

คันสนีย์ กิรติวิริยาภรณ์ และจิรพล สิ้นธนูวา. (2544). *ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงาน*. กรุงเทพฯ: สมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม.

ศิรินุช จินดารักษ์. (2546). *พลังงานแสงอาทิตย์*. พิษณุโลก: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สมพจน์ วรรณนุช. (2545). *การจัดการพลังงาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. (2557). *พลังงานและทางเลือกการใช้เชื้อเพลิงของประเทศไทย*.

ค้นจาก <http://www.eppo.go.th/doc/doc-alterfuel.html>

อนิรุทธิ์ ต่ายขาว.(2548). *การออกแบบเครื่องอบแห้งกระดาษสาพลังงานแสงอาทิตย์*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

