

สถานภาพและแนวทางการวิจัยพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย STATUS AND RESEARCH TRENDS ON RENEWABLE ENERGY IN THAILAND

วารุณี เตีย พิมพร แจ้งพลอย กังสดาล สกุลพงษ์มาลี และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์
คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
91 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 โทร.0-2470-8613 โทรสาร.0-2427-9062

Warunee Tia, Pimporn Changploy, Kangsadan Sagulpongmalee, and Somchart Soponronnarit
School of Energy and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi
Bangmod, Tungkr, Bangkok 10140, Thailand, Tel.0-2470-8613 Fax.0-2427-9062

บทคัดย่อ

พิธีสารเกียวโตเริ่มมีผลบังคับใช้ ประเทศไทยเสี่ยงต่อการถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มประเทศที่มีพันธกรณีจะต้องลดปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก เนื่องจากการใช้พลังงานไม่มีประสิทธิภาพ ไม่ประหยัด และใช้พลังงานหมุนเวียนน้อย ทำให้การปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่อประชากรของไทยมีค่าเข้าใกล้ค่าเฉลี่ยของโลกในปีฐาน (พ.ศ. ๒๕๓๓) ในบทความนี้จะกล่าวถึงพลังงานหมุนเวียนประเภทต่างๆ เช่น พลังงานมวลชีวภาพ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังน้ำขนาดเล็ก พลังงานความร้อนใต้พิภพ และพลังงานจากมหาสมุทร โดยลำดับจาก ศักยภาพ สถานภาพการใช้ และแนวทางวิจัยในอนาคต
คำสำคัญ: ประเทศไทย, พลังงานหมุนเวียน, ศักยภาพ, สถานภาพ, งานวิจัย

Abstract

Since Kyoto Protocol has come into effect. Thailand risks to be listed in the Kyoto Protocol as one of the countries which has to reduce greenhouse gas emissions. Because of inefficient energy use and less renewable energy utilization in Thailand, the amount of greenhouse gas emissions per capita approached to the average value of the world in 1990 which was used as a basis. Thus this paper presents the potential, status and research trends of renewable energy in Thailand, namely biomass, solar, wind, small-hydro, geothermal, and ocean energy.
Keywords: potential, renewable energy, research, status, Thailand

บทนำ

การใช้พลังงานหมุนเวียนในโลกจะเพิ่มมากขึ้นร้อยละ ๖๐ ในอีก ๒๕ ปีข้างหน้า (พ.ศ. ๒๕๗๓) แต่สัดส่วนของพลังงานหมุนเวียนเมื่อเทียบกับพลังงานทั้งหมดจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก มวลชีวภาพดั้งเดิมจะมีสัดส่วนร้อยละ ๖ ในขณะที่มวลชีวภาพอื่นร้อยละ ๕ พลังงานจากแหล่งน้ำร้อยละ ๒ ส่วนพลังงานจากลมแสงอาทิตย์ ความร้อนใต้พิภพ น้ำขึ้นน้ำลง และคลื่น รวมกันแล้วร้อยละ ๒ โดยเฉพาะพลังงานจากน้ำขึ้นน้ำลงและคลื่นอาจจะมีบทบาทไม่มากนัก

ในแง่ของการผลิตกำลัง กำลังงานเขียว (Green power) จะมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นร้อยละ ๑๘ ในปี พ.ศ. ๒๕๔๕ เป็นร้อยละ ๑๙ ในปี พ.ศ. ๒๕๗๓ ส่วนใหญ่จะได้จากพลังน้ำ, ลม และมวลชีวภาพ

มวลชีวภาพหนึ่งในพลังงานหมุนเวียนเพื่อการผลิตกำลังในอนาคตแยกได้เป็น ๓ ประเภท ตามกระบวนการผลิตเรียงลำดับความสำคัญดังนี้ ๑) กระบวนการหมัก ๒) แก๊สจากการกลบฝัง และ ๓) แก๊สชีวภาพ ซึ่งคาดว่าจะมีการติดตั้งในโลกนี้ระหว่างปี พ.ศ. ๒๕๔๗-๒๕๕๖ รวม ๑๒,๑๗๒, ๑,๖๘๐ และ ๕๗๕ MW ตามลำดับ ประเทศในยุโรปตะวันตก อเมริกาเหนือและเอเชีย จะมีกำลังการผลิตติดตั้งจากสูงไปต่ำตามลำดับสำหรับภูมิภาคอื่นจะมีการติดตั้งไม่มากนัก

พิธีสารเกียวโตเริ่มมีผลบังคับใช้ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๔๘ ซึ่งเห็นว่าพลังงานหมุนเวียนจะเริ่มมีบทบาทสำคัญมากขึ้นในอนาคต แม้ว่าประเทศไทยจะยังไม่มีความพร้อมที่จะลดปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก แต่จากการใช้พลังงานหมุนเวียนน้อย และการใช้พลังงานฟอสซิลซึ่งส่วนใหญ่นำเข้า เพิ่มขึ้นมากอย่างไม่มีประสิทธิภาพ จะทำให้การปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่อประชากรของไทยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลกในปีฐาน (พ.ศ. ๒๕๓๓) คือ ๓.๙ ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนก่อนปี ๒๕๕๓ ซึ่งจะทำให้เสี่ยงต่อการถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มประเทศที่มีพันธกรณี

ในบทความนี้จะกล่าวถึง ศักยภาพ การใช้และแนวทางวิจัย พลังงานมวลชีวภาพ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังน้ำขนาดเล็ก พลังงานความร้อนใต้พิภพ และพลังงานจากมหาสมุทร

วิธีดำเนินการวิจัย

แหล่งพลังงานหมุนเวียนที่กล่าวถึงในบทความนี้ ได้แก่ พลังงานมวลชีวภาพ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังน้ำขนาดเล็ก พลังงานความร้อนใต้พิภพ และพลังงานจากมหาสมุทร

งานวิจัยนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ รายงาน และบทความวิจัย เพื่อนำมาศึกษาและเสนอแนวทางวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก. ศึกษาศักยภาพของแหล่งพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย ศักยภาพของแหล่งพลังงานหมุนเวียน ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่

ข. ศึกษาสถานภาพการใช้พลังงานหมุนเวียนของประเทศไทย

ค. ศึกษาสถานภาพงานวิจัยที่ผ่านมา

ง. วิเคราะห์ข้อมูล ศักยภาพของแหล่งพลังงาน สถานภาพการใช้ และงานวิจัยพลังงานที่ผ่านมา นำมาสรุปเสนอเป็นแนวทางการวิจัยที่ควรดำเนินการต่อไป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

๑. พลังงานมวลชีวภาพ

๑.๑ ศักยภาพมวลชีวภาพของประเทศไทย

ปริมาณมวลชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรขึ้นอยู่กับ ผลผลิตทางการเกษตรและการใช้ในแต่ละปี ในปี ๒๕๔๓ ได้มีการ ประเมินศักยภาพมวลชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร^๓ ๑๐ ชนิด ดังแสดงในตารางที่ ๑ จะเห็นได้ว่ามีปริมาณมวลชีวภาพเหลือใช้ ทางเกษตรที่ยังไม่ได้นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงยังมีอยู่มากคิดเป็น พลังงานรวมทั้งสิ้น ๖๐๔,๘๒๒×๑๐^{๑๒} จูล

มูลสัตว์ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และขยะ สามารถนำมา ผลิตเป็นแก๊สชีวภาพได้ ในปี ๒๕๔๓ ได้มีการประเมินศักยภาพ ศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ ๖ ชนิดดังแสดงในตารางที่ ๒ มีศักยภาพรวมทั้งสิ้น ๑๑,๗๕๐×๑๐^{๑๒} จูล (คิดที่ค่าความร้อนแก๊ส ชีวภาพผลิตจากมูลสัตว์เท่ากับ ๒๑ เมกะจูลต่อลบ.ม.) สำหรับน้ำเสียใน โรงงานอุตสาหกรรม ๑๑ ประเภท ดังแสดงในตารางที่ ๓ มีศักยภาพ รวมทั้งสิ้น ๑๐,๔๕๖×๑๐^{๑๒} จูล (คิดที่ค่าความร้อนแก๊สชีวภาพผลิตจาก น้ำเสียเท่ากับ ๒๔ เมกะจูลต่อลบ.ม.) จะเห็นได้ว่าโรงงานแปรงมันและ โรงงานน้ำตาลมีศักยภาพสูงมาก ในส่วนของการผลิตแก๊สชีวภาพจาก การฝังกลบขยะมีศักยภาพรวมทั้งสิ้น ๒๓,๐๘๒×๑๐^{๑๒} จูล (คิดที่ค่า ความร้อนแก๊สชีวภาพผลิตจากขยะเท่ากับ ๑๙.๕ เมกะจูลต่อลบ.ม.) ดัง แสดงในตารางที่ ๔ ศักยภาพรวมของการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และขยะที่ได้จากการฝังกลบรวม ทั้งหมดเท่ากับ ๔๕,๒๘๘×๑๐^{๑๒} เมกะจูลต่อปี ถึงแม้ว่าศักยภาพที่ได้จาก การฝังกลบจะมีค่ามาก แต่ในปัจจุบันการรวบรวมทำได้ยาก ดังนั้นจึงจะ พิจารณาการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ น้ำเสียจากโรงงาน อุตสาหกรรม เป็นสำคัญ

มวลชีวภาพสำหรับการผลิตไบโอดีเซล ประเทศไทยมีพืชน้ำมันที่ ทำการเกษตรอย่างเป็นระบบและเชิงพาณิชย์ ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ปาล์มน้ำมัน งามะพร้าว ละหุ่ง ซึ่งมีผลผลิตดังแสดงในตารางที่ ๕ จะ เห็นได้ว่าปาล์มน้ำมันมีศักยภาพสูงที่สุด การนำน้ำมันพืชมาใช้มีปัญหา หลักคือ ความหนืด การนำน้ำมันพืชมาสังเคราะห์เป็นเอสเทอร์หรือไบโอดีเซล จะทำให้ความหนืดลดลง มีความคงตัวมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิ เปลี่ยน จุดวาบไฟของไบโอดีเซลสูงกว่าน้ำมันดีเซล จึงมีความปลอดภัย ในการใช้และการขนส่ง^๕ นอกจากนี้ไบโอดีเซลยังมีค่าซีเทนสูงกว่า น้ำมันดีเซล กลั่นรงค์ ศรีรอด และคณะ^๖ ได้ศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสม และพื้นที่ปลูกจริงของปาล์มน้ำมัน พบว่า สามารถขยายพื้นที่เพาะปลูก ได้อีก ๑๑,๙๙๓,๒๑๔ ไร่ ต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลอยู่ในช่วง ๘.๐๐- ๑๙.๕๐ บาทต่อลิตร ขึ้นกับราคาวัตถุดิบ ต้นทุนสำหรับกระบวนการ Transesterification อยู่ในช่วง ๒.๕๐- ๓.๐๐ บาทต่อลิตร^๖

สำหรับเอทานอลสามารถผลิตได้จากผลผลิตทางการเกษตรและวัสดุ เหลือใช้ทางการเกษตร^๗ ได้แก่ วัตถุดิบประเภทแป้ง เช่น มันสำปะหลัง

วัตถุดิบประเภทน้ำตาล เช่น อ้อย กากน้ำตาล และเศษวัสดุที่เป็น เซลลูโลส เช่น ฟางข้าว ชีเลื่อย เป็นต้น สำหรับประเทศไทยวัตถุดิบที่ เหมาะสมและสามารถนำมาผลิตเอทานอล ได้แก่ มันสำปะหลัง กากน้ำตาล และอ้อย พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย ประมาณ ๖.๕ ล้านไร่ จะผลิตมันสำปะหลังได้ ๒๐ ล้านตันต่อปี (เมื่อคิด ที่ปริมาณผลผลิต ๓ ตันต่อไร่) หัวมันสำปะหลังได้นำมาใช้ใน ภาคอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังประมาณ ๘ ล้านตันต่อปี ผลิต มันเส้น/มันอัดเม็ดอีกประมาณ ๘ ล้านตันต่อปี จะทำให้มีหัวมัน สำปะหลังเหลืออยู่ประมาณ ๔ ล้านตันต่อปี สามารถนำไปผลิตเป็น เอทานอลได้ ๑.๘๓ ล้านลิตรต่อวัน^๘ การใช้มันสำปะหลังควรใช้ในรูปแบบ ของมันเส้นเพราะสามารถแปรรูปได้ง่าย และสามารถเก็บไว้ใช้ได้ตลอด ปี ต้นทุนการผลิตเอทานอลจากมันสดอยู่ในช่วง ๑๑.๙ ถึง ๑๔.๓ บาท ต่อลิตร (ที่ราคามันสำปะหลังในช่วง ๑,๐๐๐-๑,๔๐๐ บาท/ตัน) และจาก มันเส้น ๑๑.๕๕-๑๒.๕๕ บาทต่อลิตร^๘ (ที่ราคามันสำปะหลังเส้นอยู่ใน ช่วง ๒,๕๐๐-๒,๙๐๐ บาท/ตัน) ปัจจุบันสามารถใช้เทคโนโลยีการผลิตเอทานอลโดยวิธี Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) สามารถลดต้นทุนการผลิตเอทานอลลงได้ร้อยละ ๒๕ ในส่วนของต้นทุนการหมักปกติ

การใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลนั้นไม่เหมาะสม เนื่องจากปริมาณอ้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรม น้ำตาล กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาล ในการผลิต น้ำตาลจากอ้อยประมาณ ๕๐ ล้านตันต่อปี จะได้กากน้ำตาลประมาณ ร้อยละ ๕ หรือประมาณ ๒.๕ ล้านตันต่อปี กากน้ำตาลนำไปใช้ใน อุตสาหกรรมอาหารภายในประเทศประมาณ ๑.๕ ล้านตัน และส่งออก ประมาณ ๑ ล้านตัน กากน้ำตาลมีราคาต่ำกว่าราคาของเอทานอลมาก กากน้ำตาล ๑ ล้านตันสามารถผลิตเอทานอลได้ประมาณ ๘๐๐,๐๐๐ ลิตรต่อวัน ต้นทุนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลอยู่ในช่วง ๑๑.๓ - ๑๕.๓ บาทต่อลิตร^๘ (ที่ราคากากน้ำตาลอยู่ในช่วง ๑,๕๐๐-๒,๕๐๐ บาทต่อตัน)

๑.๒ สถานภาพการใช้พลังงานมวลชีวภาพของประเทศไทย

ในปี ๒๕๔๖ ประเทศไทยได้จัดหามวลชีวภาพของแข็งมาใช้ใน พลังงานขั้นต้น รวมทั้งสิ้น ๑๔,๘๑๘ พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ^๙ คิดเป็นร้อยละ ๑๖.๐ ของการจัดหาพลังงานขั้นต้นทั้งหมดของประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตได้ภายในประเทศ รวมทั้งสิ้น ๑๔,๘๐๔ พันตัน เทียบเท่าน้ำมันดิบ^๙ ได้แก่ไม้พืชร้อยละ ๖๘.๓ ที่เหลือเป็น ชานอ้อย และแกลบ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ ๒๒.๒ และ ๙.๕ ตามลำดับ ประมาณร้อยละ ๖๔.๑ ของไม้พืชนำไปใช้ในการแปรรูปเป็นถ่านไม้^๙ มีการนำเข้าถ่านไม้และฟืน เล็กน้อยรวมทั้งสิ้น ๑๗ พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ^๙ และมีการส่งออกถ่านไม้รวมทั้งสิ้น 3 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ^๙ รัฐได้สนับสนุนให้มีการใช้มวลชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงในการ ผลิตไฟฟ้า โดยรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตรายเล็กและเล็กมากที่ใช้พลังงาน นอกในรูปแบบเป็นเชื้อเพลิง ในปี ๒๕๔๖ มีการใช้แกลบ ชานอ้อย ฟืน ขยะ และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอื่นๆ เป็นเชื้อเพลิงในการผลิต ไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น ๓,๐๖๗ พันตัน^๙ ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากโรงงานน้ำตาล นอกจากนี้ยังมีการใช้แบล็คลิเคอ ๙,๔๐๔×๑๐^{๑๒} จูล^{๑๐} ในโรงงาน

กระดาษ และแก๊สเหลือใช้จากกระบวนการผลิตปิโตรเคมี อีกประมาณ ๖๙๙×๑๐^๖ จูล^{๑๐} มาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า สำหรับการ ใช้มวลชีวภาพของแข็งในพลังงานขั้นสุดท้ายในสาขาเศรษฐกิจต่างๆ รวมทั้งสิ้น ๙,๗๕๑ พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ^{๑๑} ได้แก่ ไม้ (ร้อยละ ๓๕.๘) ถ่านไม้ (ร้อยละ ๒๔.๒) ชานอ้อย (ร้อยละ ๒๙.๘) และแกลบ (ร้อยละ ๑๐.๒) ซึ่งใช้ในครัวเรือนประมาณร้อยละ ๕๒.๖ ส่วนใหญ่ใช้ ไม้และถ่านไม้ ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ ๔๗.๔ ใช้ในภาคอุตสาหกรรมซึ่ง ส่วนใหญ่ใช้ชานอ้อย แกลบ และไม้

สำหรับไบโอดีเซล ในปี ๒๕๔๖ ประเทศไทยมีกำลังผลิตติดตั้ง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบภายในประเทศรวมทั้งสิ้น ๘๗๘,๘๘๑.๘ ตัน เกือบทั้งหมดถูกใช้ไปเพื่อการบริโภค มีศักยภาพเพื่อมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ได้ ๑๗,๔๓๕.๖ ตัน หรือ เท่ากับ ๑๖.๓ พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ^{๑๒}

สำหรับเอทานอล ปัจจุบันมีโรงงานผลิตเอทานอลที่ได้รับ อนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการเอทานอลแห่งชาติรวม ๒๔ โรง มี กำลังการผลิตรวม ๔,๑๑๐,๐๐๐ ลิตรต่อวัน^{๑๓} ซึ่งเริ่มเดินระบบแล้ว ๒ โรง มีกำลังผลิตรวม ๑๒๕,๐๐๐ ลิตรต่อวัน^{๑๔}

สำหรับแก๊สชีวภาพ ในปี ๒๕๔๖ ประเทศไทยมีระบบผลิตแก๊ส ชีวภาพจากการเลี้ยงสัตว์มีทั้งประเภทครัวเรือนและเพื่อการค้า รวม ๑๒๒,๘๕๔ ลบ.ม. ส่วนน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมจากข้อมูลของ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สามารถผลิตแก๊ส ชีวภาพได้ประมาณ ๖๑,๓๒๐ ลบ.มต่อวัน^{๑๕} ที่ค่าความร้อนของแก๊ส ชีวภาพจากน้ำเสียมีค่าเท่ากับ ๒๔ เมกะจูลต่อลบ.ม. จะได้เป็นพลังงาน รวมประมาณ ๑,๔๗๑,๖๘๐ เมกะจูลต่อวัน

๑.๓ สถานภาพงานวิจัยด้านพลังงานมวลชีวภาพของประเทศไทย

งานวิจัยด้านเชื้อเพลิงมวลชีวภาพของแข็ง ได้มีการปรับปรุง เตาเผาไหม้มวลชีวภาพเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น เตาถ่านไม้^{๑๖} เตาเผาแกลบแบบไซโคลน^{๑๗} เตาฟลูอิดไคซ์เบด^{๑๘} เนื่องจากมวล ชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงแข็งจึงได้มีการวิจัยเพื่อเปลี่ยนให้เป็นเชื้อเพลิง ก๊าซก่อนที่จะมีการเผาไหม้เพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้กว้างมากขึ้น^{๑๙} สำหรับการนำมวลชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าได้มี งานวิจัยที่ประเมินหาค่าศักยภาพด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของการใช้ ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม^{๒๐} โรงสี ข้าว^{๒๑} โรงงานน้ำตาล^{๒๒} โรงงานไม้ยางพารา^{๒๓} ถ้าพบว่าเดิมโรงงาน บางแห่งได้มีการผลิตกำลังงานจากมวลชีวภาพอยู่แล้ว แต่ใช้น้ำที่ ความดันไม่สูงมากนัก ก็พิจารณาปรับปรุงระบบให้ใช้น้ำที่ความดัน สูงขึ้นเพื่อจะผลิตกำลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเพื่อ นำความร้อนจากการเผาไหม้ไปใช้ประโยชน์ เช่น การอบแห้ง ข้าวเปลือก^{๒๔}

งานวิจัยด้านไบโอดีเซล มีการวิจัยด้านกระบวนการผลิตไบโ อีเซลจากน้ำมันพืชชนิดต่างๆเช่นน้ำมันปาล์ม^{๒๕} น้ำมันพืชใช้แล้ว^{๒๖} พบว่าไบโอดีเซลมีสมบัติสามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ และมี งานวิจัยที่ทดสอบการใช้งานน้ำมันไบโอดีเซลกับเครื่องยนต์เพื่อ ดู สมรรถนะและปัญหาต่างๆที่อาจจะเกิดได้ นอกจากนี้มีการทดลองนำ น้ำมันดีเซลไปผสมกับน้ำมันพืชชนิดต่างๆโดยตรงในสัดส่วนต่างๆ^{๒๗} แล้วไปทดสอบเดินเครื่องยนต์ พบว่า ปริมาณควันดำขึ้นอยู่กับสัดส่วน

น้ำมันพืชที่ผสม อย่างไรก็ตามก็มีการทดสอบกับเครื่องยนต์ส่วนใหญ่เป็นการ ทดสอบระยะสั้น

งานวิจัยด้านเอทานอล มีการวิจัยหาแนวทางลดต้นทุนใน กระบวนการผลิตในการกลั่นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาเสริม^{๒๘} และ การหมัก^{๒๙} การประเมินความเป็นไปได้ในการผลิตเอทานอลจาก ผลผลิตทางเกษตร^{๓๐,๓๑} และนำเอทานอลไปใช้เป็นเชื้อเพลิงใน เครื่องยนต์ก๊าซโซลีนเพื่อทดสอบสมรรถนะและการสึกหรอของ เครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยด้านบูรณาการกระบวนการผลิตเอ ทานอลกับโรงน้ำตาล และโรงงานแป้งมันสำปะหลัง^{๓๒} สามารถลด ต้นทุนค่าขนส่งวัตถุดิบ ส่วนการบูรณาการด้านพลังงานสามารถลด ต้นทุนด้านพลังงานได้

งานวิจัยด้านแก๊สชีวภาพ ได้มีการวิจัยระบบผลิตแก๊สชีวภาพจาก มูลสัตว์ และนำเสียจากอุตสาหกรรมทั้งระบบเดี่ยวๆของแต่ละแห่ง และ ระบบบำบัดรวมขนาดใหญ่^{๓๓,๓๔} รวมถึงการใช้ประโยชน์จากแก๊ส ชีวภาพ และการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินของการลงทุน

๑.๔ แนวทางวิจัยพลังงานมวลชีวภาพของประเทศไทย

ปัญหาโดยทั่วไปของการใช้มวลชีวภาพ คือ แหล่งมวลชีวภาพที่ นำมาใช้ได้มีไม่สม่ำเสมอ เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลโดยเฉพาะจาก อุตสาหกรรมเกษตร โดยส่วนใหญ่มวลชีวภาพแต่ละชนิดจะปลูกและมี ผลผลิตตามฤดูกาล และยังมีขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับ ราคา และความต้องการของตลาดซึ่งส่งผลให้เกษตรกรเปลี่ยนชนิด ของพืชที่เพาะปลูก และการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การเกษตรไปใช้ ประโยชน์ด้านอื่นอีกด้วย เนื่องจากมวลชีวภาพมีอยู่อย่างกระจัด กระจาย ทำให้รวบรวมได้ยาก และมีปริมาณมาก ทำให้ค่าขนส่งสูง ดังนั้นการพัฒนาเพื่อนำมวลชีวภาพที่ยังไม่ได้ใช้มาผลิตพลังงานได้ เพิ่มขึ้นจึงควรมีการวิจัยด้านการจัดการมวลชีวภาพที่ใช้เป็นวัตถุดิบ เช่น การจัดหา รวบรวม และจัดเก็บ เพื่อสามารถนำมาผลิตพลังงานได้ ต่อเนื่องไม่ขาดช่วง และมีต้นทุนวัตถุดิบต่ำ นอกจากนี้ควรมีการวิจัย เชิงนโยบายเพื่อหามาตรการส่งเสริม เพื่อจูงใจให้มีการใช้มวลชีวภาพ เป็นพลังงานทดแทนมากขึ้น

ในการใช้มวลชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงควรทำการวิจัยเพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพเตาหรือห้องเผาไหม้มวลชีวภาพและควรใช้กับเชื้อเพลิง มวลชีวภาพได้หลายๆ ประเภท เนื่องจากเตาเผามวลชีวภาพแต่ละเตา จะออกแบบมาเพื่อใช้กับมวลชีวภาพแต่ละชนิด ดังนั้นถ้ามวลชีวภาพ ชนิดดังกล่าวมีปริมาณไม่เพียงพอจำเป็นต้องพึ่งพาพลังงานประเภท อื่น ก็จะทำให้ได้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ต่ำ นอกจากนี้ควรมี การศึกษาการเผาไหม้มวลชีวภาพร่วมกับเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์บางชนิด เช่น ถ่านหิน เพื่อหาแนวทางเสริมการให้ใช้เชื้อเพลิงมวลชีวภาพ ทดแทน ถึงแม้จะมีเชื้อเพลิงมวลชีวภาพไม่เพียงพออย่างต่อเนื่องตลอด ช่วงความต้องการใช้งาน และควรมีการศึกษาความเป็นไปได้ของการ ผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงมวลชีวภาพที่ยังไม่ได้นำมาใช้ให้มากขึ้น

สำหรับไบโอดีเซลจากการศึกษาพบว่า ปาล์มน้ำมันมีศักยภาพ มากที่สุด ประเทศไทยถึงแม้จะมีพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกปาล์ม น้ำมันหลายพื้นที่ แต่มีข้อจำกัดบางประการทำให้ไม่ได้ใช้พื้นที่เหล่านั้น ในการเพาะปลูก และเมื่อเปรียบเทียบกับต่างประเทศ ประเทศไทยยังมี

ผลผลิตต่อไร่ต่ำทำให้ต้นทุนการผลิตมีค่าสูง เนื่องจากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวยังไม่ดีพอจึงทำให้คุณภาพปาล์มน้ำมันที่สกัดได้ยังไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นควรมีงานวิจัยด้านการเกษตรเพื่อใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกที่เหมาะสม การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ปาล์ม เพื่อหาวิธีขยายพันธุ์ที่ดี การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชาวไร่ เทคโนโลยีการเก็บเกี่ยว และหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อควบคุมคุณภาพของปาล์มน้ำมัน ทั้งหมดนี้เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้มีค่าสูงขึ้น ลดต้นทุนของวัตถุดิบ และให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ นอกจากนี้ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากไบโอดีเซลที่ผลิตมาจากวัตถุดิบหลายชนิดที่มีคุณภาพและต้นทุนการผลิตแตกต่างกัน จึงควรมีการศึกษาเพื่อกำหนดมาตรฐานคุณภาพของไบโอดีเซล และควรมีการศึกษาผลกระทบระยะยาวของเครื่องยนต์ที่ใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

การวิจัยด้านเอทานอล จากการศึกษาข้อมูล พบว่าวัตถุดิบที่เหมาะสมจะนำมาผลิตเอทานอล ได้แก่ มันสำปะหลัง และกากน้ำตาล เพราะไม่มีผลกระทบต่อการใช้ปุ๋ย สำหรับมันสำปะหลังควรศึกษาวิธีการวางแผนการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกเพื่อให้เก็บเกี่ยวผลผลิตได้อย่างต่อเนื่อง และควรมีการวิจัยเพื่อกำหนดมาตรฐานอัตราส่วนผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันเบนซิน และควรมีการศึกษาผลกระทบระยะยาวของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินผสมนี้ด้วย

สำหรับแก๊สชีวภาพ ยังมีโรงงานและฟาร์มเป็นจำนวนมากที่มีศักยภาพ แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์การผลิตแก๊สชีวภาพ จึงควรมีงานวิจัยด้านการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตและประยุกต์ใช้แก๊สชีวภาพในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้ได้รูปแบบ ขนาดระบบ และการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์บางแห่งยังพบว่ามีปัญหาในด้านความเสียหายของอุปกรณ์ที่ใช้เนื่องจากเกิดการกัดกร่อนที่เกิดจากไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เมื่อรวมกับน้ำจะเป็นกรดซัลฟิวริกมีฤทธิ์สามารถกัดกร่อนโลหะได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของแก๊สชีวภาพที่ได้จากมูลสัตว์หรือน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม จึงควรมีแนวทางวิจัยของระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในแก๊สชีวภาพด้วย

นอกจากนี้ควรมีงานวิจัยเชิงนโยบายและมาตรการต่างๆ ของประเทศที่ประสบความสำเร็จในการใช้พลังงานมวลชีวภาพ เช่น มาตรการภาษีด้านต่างๆ โดยเฉพาะภาษีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

๒. พลังงานแสงอาทิตย์

๒.๑ ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุด อยู่ในช่วงเดือนเมษายน และพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ช่วง ๒๐ - ๒๔ เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน^{๓๔} พื้นที่ที่ได้รับความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปี ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางบางส่วน ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศมีค่าเท่ากับ ๑๘.๕ เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน^{๓๕} ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อคิดจากร้อยละ ๑ ของพื้นที่ทั้งหมด คิดเป็น ๕๕๔,๐๗๑ พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ^{๓๖}

๒.๒ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ในปี ๒๕๔๖ ประเทศไทยมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนรวมทั้งสิ้น ๕,๗๘๘,๑๒๕ เมกะจูล และไฟฟ้า ๕,๗๑๘.๒ เมกะวัตต์

ชั่วโมง^{๓๗} ส่วนใหญ่ใช้ในภาคเหนือ ในสาขาเศรษฐกิจ บ้านอยู่อาศัยและธุรกิจการค้า

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์แล้ว มีใช้ในบ้านเรือน โรงแรม โรงพยาบาล มียอดจำหน่ายประมาณ ๕,๐๐๐-๑๐,๐๐๐ ตารางเมตรต่อปี รวมพื้นที่ติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบประมาณ ๕๐,๐๐๐ ตารางเมตร^{๓๘} ซึ่งมีทั้งนำเข้าจากต่างประเทศและผลิตเองในท้องถิ่น แต่จำนวนยอดจำหน่ายในแต่ละปียังเพิ่มขึ้นไม่มากนัก แสดงว่าการยอมรับมีจำกัดและยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น มีราคาสูงกว่าเครื่องทำน้ำร้อนจากไฟฟ้าและแก๊สหุงต้ม ความไม่สม่ำเสมอของการใช้งานหรือต้องใช้งานควบคู่กับพลังงานชนิดอื่น เครื่องที่ผลิตในประเทศของบางบริษัทมีคุณภาพต่ำ ทำให้ขาดความเชื่อถือในระยะยาว บริการหลังการขายยังไม่ดี รวมทั้งมาตรการสนับสนุนจากภาครัฐยังไม่มีความจริงจังไม่เพียงพอ

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ยังไม่เป็นที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์มีการใช้งานสำหรับอบแห้งพืชผลทางการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ มีขนาดเล็กและการยอมรับยังอยู่ในวงจำกัด และยังไม่สามารถใช้ในเชิงอุตสาหกรรมได้ การอบแห้งผลิตภัณฑ์แต่ละครั้งได้ปริมาณที่ไม่มากนัก และระยะเวลาที่ใช้ใกล้เคียงกับวิธีตากกลางแจ้งแต่มีการลงทุนสูงกว่า

สำหรับเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ยังไม่มีข้อมูลการนำไปใช้งาน ประสิทธิภาพยังไม่สูงเพียงพอที่จะนำไปใช้งานได้จริงและไม่คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ รวมถึงยังไม่มีความต้องการและความจำเป็นในการนำมาใช้งานสำหรับประเทศไทย และยังมีปัญหาด้านคุณภาพของน้ำกลั่นที่ผลิตได้ว่าจะเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ด้านใด

เครื่องทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยยังอยู่ในขั้นตอนของการวิจัยเพื่อศึกษาสมรรถนะเท่านั้น ยังไม่มีข้อมูลสำหรับการนำมาใช้งานจริง เนื่องจากหลักการการทำงานของระบบจะค่อนข้างซับซ้อนต้องใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานและทันสมัย รวมถึงความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่ยังไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร จึงทำให้เครื่องทำความเย็นพลังงานแสงอาทิตย์ยังมีประสิทธิภาพต่ำ มีราคาค่อนข้างสูงกว่าเครื่องทำความเย็นในระบบเดิมอยู่มาก

การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในประเทศไทยส่วนใหญ่นำไปใช้ในพื้นที่ยังคงสูงกว่าที่ซื้อจากสายส่งอยู่มาก มีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับงานในระบบโทรคมนาคม ระบบประจุแบตเตอรี่หมู่บ้านห่างไกล ระบบสูบน้ำในหมู่บ้านห่างไกล ระบบสอนหนังสือทางไกล ระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานในพื้นที่ห่างไกล เช่น ที่ภูเก็ตมีระบบผลิตไฟฟ้าร่วม เซลล์แสงอาทิตย์กำลังผลิต ๑๑.๓๔ กิโลวัตต์และกังหันลมกำลังการผลิต ๑๗๐ กิโลวัตต์^{๓๙} ปัจจุบันโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศ คือ โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ผาบ่องที่มีขนาด ๒,๔๐๐ กิโลวัตต์ ผลิตเพื่อจำหน่ายไฟฟ้าให้จังหวัดแม่ฮ่องสอน^{๔๐} นอกจากนี้ยังมีการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในงานอื่นๆ เช่น ไฟสัญญาณ สถานีอนามัย

สำหรับเทคโนโลยีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีอยู่ด้วยกัน ๓ แบบ คือ Solar home system (SHM), Roof-top PV และ

Centralised PV โดย Solar home system จะเป็นการติดตั้งที่ไม่ต่อเข้ากับระบบสายส่งของการไฟฟ้า (Stand alone) ซึ่งมักจะติดตั้งในชนบทห่างไกลที่สายส่งเข้าไปไม่ถึงหรือหน่วยงานสาธิตต่างๆ ส่วน Roof-top PV และ Centralised PV จะเป็นการติดตั้งที่ต่อเข้ากับระบบสายส่ง โดย Centralised PV จะเป็นการติดตั้งเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเข้าระบบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งจะมีขนาดใหญ่กว่า Roof-top PV ซึ่งจะติดตั้งตามหน่วยงานต่างๆ ที่ได้รับการคัดเลือก

รัฐได้มีนโยบายสนับสนุนให้มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โดยได้ออกระเบียบให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก ดังนั้นบ้านพักอาศัย หน่วยงาน หรือ สถานประกอบการที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถขายไฟฟ้ากลับเข้าสายส่งไฟฟ้าได้ ในปี ๒๕๔๖ มีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งสิ้น ๕,๙๑๘.๒ เมกกะวัตต์ชั่วโมง ประมาณร้อยละ ๕๗ ผลิตในภาคเหนือ รองลงมาคือ ภาคกลาง ภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ ๒๑.๓, ๑๖.๒ และ ๕.๕ ตามลำดับ^{๓๔}

๒.๓ สถานภาพงานวิจัยด้านพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

มีการวิจัยและพัฒนาการผลิตน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์มาเป็นเวลานาน ปัจจุบันมีใช้งานในเชิงพาณิชย์ งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการพัฒนาและทดสอบสมรรถนะของตัวรับรังสี^{๓๕,๓๖,๓๗,๓๘,๓๙,๔๐,๔๑,๔๒} นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์และการศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการใช้งาน งานวิจัยด้านการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งชนิดต่างๆ ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่นำมาทำการอบแห้ง^{๔๓,๔๔,๔๕,๔๖} เช่น กล้วยน้ำว่า เนื้อสัตว์ ปลา กระเทียม นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยด้านการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแหล่งพลังงานอื่นในการให้ความร้อน เช่น ไอน้ำ, แก๊ส, บีโตรเลียมเหลว, แก๊สชีวภาพ และมีงานวิจัยเกี่ยวกับตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้ร่วมกับห้องอบแห้ง และการใช้หินเป็นตัวกักเก็บความร้อน ถึงแม้จะมีงานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มากมาย แต่ยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้นถ้าต้องการควบคุมอุณหภูมิจะต้องใช้ร่วมกับแหล่งพลังงานอื่น ทำให้มีการลงทุนสูงขึ้น

มีงานวิจัยด้านสมรรถนะของเครื่องกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบต่างๆ^{๔๗,๔๘,๔๙,๕๐} เช่น แบบผิวตั้งฉากรอบครีติก แบบกระจกเอียง และใช้ผิวดูดความร้อนชนิดต่างๆ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาตัวรับรังสีอาทิตย์แบบต่างๆ ที่นำมาใช้ร่วมกับเครื่องกลั่นน้ำเพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำ^{๕๑} และมีงานวิจัยที่พัฒนาเครื่องกลั่นด้วยแสงอาทิตย์สำหรับผลิตภัณฑ์อื่น เช่น เอทานอล^{๕๒,๕๓,๕๔}

งานวิจัยด้านเครื่องทำความเย็นด้วยแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาสมรรถนะและความเป็นไปได้ของระบบ เช่น การศึกษาเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม การศึกษาสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบดูดซับด้วยแสงอาทิตย์ที่ใช้ถ่านกัมมันต์-เมทานอลเป็นสารคู่ทำงาน^{๕๕,๕๖,๕๗} พบว่าสามารถทำความเย็นได้อุณหภูมิต่ำถึง - ๗.๖ องศา

เซลเซียส แต่สมรรถนะการทำความเย็นของระบบยังมีค่าต่ำอยู่มากคือ ๐.๐๘๓๐

เนื่องจากประเทศไทยไม่ใช่ผู้นำในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบกับการวิจัยในการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์มีระบบที่ยุ่ยยากและซับซ้อน และต้องใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานและทันสมัยมาก จึงทำให้งานวิจัยส่วนใหญ่จะเน้นการศึกษาพารามิเตอร์ คุณภาพ สมรรถนะของการนำไปใช้ในงานต่างๆ เช่น การศึกษาพารามิเตอร์ของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานที่ประกอบด้วย เซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้งานในพื้นที่ห่างไกล^{๕๘} การศึกษาคุณภาพของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน^{๕๙} การจัดการระบบผลิตสูบน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์^{๖๐} ศึกษาแบบที่เชื่อมโยงกับสายส่ง^{๖๑} การประยุกต์เครื่อง^{๖๒} อย่างไรก็ดี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ได้รับเงินสนับสนุนให้ทำวิจัยและผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นในประเทศไทย โดยคาดว่าจะสามารถผลิตเซลล์แบบอะมอร์ฟัสซิลิกอนให้มีประสิทธิภาพได้ถึง 10%^{๖๓} โดยจะพัฒนาเซลล์แบบผลึกควบคู่กันไป

จากการศึกษาสถานภาพการใช้ สถานภาพด้านงานวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ และการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องทำความเย็นพลังงานแสงอาทิตย์และเซลล์แสงอาทิตย์ จึงสามารถสรุปตามสถานภาพต่างๆ ได้ดังตารางที่ ๖

๒.๔ ข้อจำกัดและปัญหาการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์เพียงพอสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ แต่ยังมีการใช้งานไม่มากเท่าที่ควร ปัญหาของงานวิจัยด้านพลังงานแสงอาทิตย์มีทั้งที่เป็นภาพรวมของประเทศและตามสถานภาพการใช้งานของอุปกรณ์แต่ละอย่าง

การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้านความร้อน เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอและความไม่แน่นอนของแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานและข้อจำกัดต่างๆ ดังนี้ ไม่สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามต้องการ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์สำหรับกรณีเครื่องอบแห้งและเครื่องทำความเย็น ดังนั้นถ้าจะแก้ไขปัญหาเหล่านี้จะต้องคิดอุปกรณ์เพิ่มเพื่อใช้แหล่งพลังงานอื่นเสริมซึ่งจะทำให้ระบบมีต้นทุนสูงขึ้น นอกจากนี้สมรรถนะของบางอุปกรณ์ยังต่ำอยู่มากเช่น เครื่องกลั่นน้ำ และเครื่องทำความเย็น ทำให้ไม่น่าสนใจที่จะนำมาใช้งาน

สำหรับการนำแสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ มีปัญหาด้านราคาแผงเซลล์และระบบที่มีค่าสูง และประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำ ประกอบความไม่สม่ำเสมอและความไม่แน่นอนของแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ต้นทุนไฟฟ้าที่ผลิตได้ยิ่งสูงกว่าราคาไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้ามามาก ดังนั้นจึงทำให้เกิดข้อจำกัดของการนำไปใช้งาน ซึ่งส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในพื้นที่ที่ห่างไกลระบบสายส่งไปไม่ถึง จึงทำการใช้งานได้ไม่อย่างแพร่หลาย

๒.๕ แนวทางงานวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

จากการศึกษาสถานภาพงานวิจัยด้านพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าประเทศไทยมีการทำงานวิจัยด้านนี้มาเป็นเวลานาน แต่ถ้าพิจารณาถึงปัญหาและข้อจำกัดของการใช้งาน ความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์แล้ว พบว่า ควรมีวิจัยด้านเพิ่มประสิทธิภาพ สมรรถนะ และหาแนวทางลดต้นทุนของระบบ/อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และควรพัฒนาวัสดุที่ผลิตได้ในประเทศมาใช้เพื่อลดต้นทุน ควรมีงานวิจัยหาแนวทางพัฒนาระบบที่จะสามารถเก็บความร้อนและไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้งานการใช้งานได้อย่างต่อเนื่องอย่างสม่ำเสมอ และการวิจัยที่จะหาแหล่งพลังงานอื่นที่ราคาถูกมาใช้ผสมผสานเพื่อให้การใช้งานของระบบเป็นไปได้อย่างเสถียร และควรมีงานวิจัยทั้งทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์เพื่อขยายโอกาสที่จะพัฒนาอุปกรณ์และการประยุกต์ใช้ในงานใหม่ๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้ได้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเงื่อนไขที่เหมาะสมและความคุ้มค่าของการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากนี้ควรมีงานวิจัยเชิงนโยบายและมาตรการต่างๆ ของประเทศที่ประสบความสำเร็จในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เช่น มาตรการภาษีด้านต่างๆ โดยเฉพาะภาษีแก๊สคาร์บอนได้ออกไซด์

๓. พลังน้ำ

๓.๑ สถานการณ์ และ การใช้พลังน้ำในประเทศไทย

ศักยภาพพลังน้ำประเมินจากเขื่อนที่ผลิตไฟฟ้าที่ดำเนินการแล้วในปัจจุบันมีกำลังผลิตติดตั้งรวมทั้งสิ้น ๒,๙๗๓ เมกกะวัตต์^{๑๐} คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ ๑๒ ของกำลังผลิตติดตั้งโรงไฟฟ้าของภาครัฐ^{๑๑} ส่วนใหญ่กว่าร้อยละ ๘๐ อยู่ทางภาคเหนือและภาคกลางของประเทศ ในปี พ.ศ. ๒๕๔๖ สามารถผลิตไฟฟ้าได้รวมทั้งสิ้น ๗,๒๙๙ ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง คิดเทียบเท่าพลังงานปรมาณูมี ๑,๖๑๖ พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ^{๑๒} ในจำนวนนี้เป็นโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่มีขนาดเล็กกว่า ๑๒ เมกกะวัตต์อยู่ ๖๙ เมกกะวัตต์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ๑๙๐ ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง

ปัจจุบันการหาแหล่งเพื่อพัฒนาเขื่อนขนาดใหญ่ในประเทศคงเป็นไปได้ยาก ที่มีศักยภาพมากเป็นลุ่มน้ำระหว่างประเทศ ซึ่งในการพัฒนาเพื่อผลิตไฟฟ้าจะต้องเป็นไปในลักษณะความร่วมมือและถือกรรมสิทธิ์ร่วมระหว่างประเทศ ดังนั้นการพัฒนาแหล่งพลังน้ำขนาดเล็กในประเทศไทยเพื่อผลิตไฟฟ้าจึงเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญอย่างหนึ่ง การใช้แหล่งพลังน้ำขนาดเล็กในการผลิตไฟฟ้าเป็นการใช้น้ำในลุ่มน้ำธรรมชาติเป็นพลังงานโดยสร้างเขื่อนปิดกั้นแม่น้ำไว้ให้มีระดับสูงจนมีปริมาณน้ำและแรงดันเพียงพอที่จะหมุนกังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อยู่ท้ายน้ำที่มีระดับต่ำกว่า วิธีนี้เหมาะสมกับพื้นที่แถบชนบทที่สายไฟฟ้าส่งเข้าไปไม่ถึง โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแบ่งตามปริมาณน้ำได้เป็น ๓ ประเภท^{๑๓} ได้แก่ โรงไฟฟ้าแบบมีน้ำไหลผ่านตลอดปี (Run-of-river hydro plant) โรงไฟฟ้าแบบมีอ่างเก็บน้ำ ส่วนใหญ่จะติดตั้งอยู่กับเขื่อนผันน้ำชลประทานซึ่งมีน้ำไหลผ่านตลอดปี โรงไฟฟ้าแบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก (Regulating pond hydro plant) และโรงไฟฟ้าแบบสูบกลับ (Pumped storage plant) ส่วนใหญ่โครงการ

ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กจะเป็นโรงไฟฟ้าแบบมีน้ำไหลผ่านตลอดปี โรงไฟฟ้าแบบนี้ไม่มีอ่างเก็บน้ำ และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย

จากการศึกษาเบื้องต้น ด้วยแผนที่และการสำรวจภาคสนามในบางพื้นที่ รวมทั้งพิจารณาจากการศึกษาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำของหน่วยงานอื่นๆ ซึ่งในการศึกษาได้พิจารณาโรงไฟฟ้า ๓ รูปแบบ พบว่าทั่วประเทศไทยมีที่ตั้งโครงการไฟฟ้าพลังน้ำที่จะเป็นไปได้ ๑,๑๓๖ แห่ง^{๑๔} ปัจจุบันกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้คัดเลือกเพื่อพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กเพื่อที่จะสร้างในอนาคต ๒๔ โครงการ รวมกำลังการผลิตติดตั้งทั้งหมด ๖๖.๑๓ เมกกะวัตต์คาดว่าจะผลิตไฟฟ้าได้ ๒๙๑ ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง ประมาณการเงินลงทุนรวมทั้งสิ้น ๔,๒๙๓ ล้านบาท^{๑๕}

๓.๒ สถานภาพงานวิจัยด้านพลังน้ำขนาดเล็กของประเทศไทย

การวิจัยด้านพลังน้ำขนาดเล็กของประเทศไทย มีงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินเชิงเทคนิคของโครงการพัฒนาพลังน้ำขนาดเล็กในประเทศที่กำลังพัฒนาและในประเทศที่พัฒนาแล้ว พบว่า มีแนวโน้มที่จะเพิ่มศักยภาพมากขึ้น^{๑๖} ส่วนการศึกษาทางด้านโद्यามีการศึกษาในเรื่องของวัสดุที่นำมาใช้และมาตรฐาน บัณฑิตสำคัญในการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์นั้นๆขึ้นอยู่กับงบประมาณการลงทุน สภาพภูมิอากาศ ความยากง่ายในการสรรหาวัสดุอุปกรณ์มาใช้ในโครงการ การขนย้ายและการติดตั้ง มีการวิจัยด้านการจัดสรรน้ำเพื่อประโยชน์สูงสุดในการจัดการอ่างเก็บน้ำ ทั้งนี้เพื่อวางแผนและจัดการน้ำที่เหมาะสมเพื่อให้มีการใช้น้ำที่มีอยู่ตามธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด^{๑๗}

๓.๓ แนวทางงานวิจัยพลังน้ำขนาดเล็กในประเทศไทย

การสร้างเขื่อนขนาดใหญ่เป็นไปได้ยาก ควรเน้นพลังน้ำขนาดเล็กเนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กส่วนใหญ่เป็นแบบมีน้ำไหลผ่านตลอดปี (Run-of-river hydro power plant) ควรมีการวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันที่มีความสูงของหัวน้ำที่ต่ำ ส่วนด้านวัสดุอุปกรณ์ ควรตั้งมาตรฐานของวัสดุอุปกรณ์ต่างๆของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก เพื่อให้เหมาะสมกับความสูงของหัวน้ำที่มีความแตกต่างกันในแต่ละโครงการ ซึ่งจะช่วยให้ผลิตพลังงานได้ประสิทธิภาพสูงสุด การก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำใช้เงินลงทุนสูงมาก ดังนั้นควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางลดต้นทุน นอกจากนี้ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการจัดสรรน้ำมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด และควรศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าจากเขื่อนหรือฝายน้ำขนาดเล็กที่ก่อสร้างใช้งานอยู่แล้ว ที่สร้างขึ้นเพื่อการชลประทานและการเกษตร ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประโยชน์การใช้ทรัพยากรให้ได้หลายวัตถุประสงค์ เช่น เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ ในโครงการพระราชดำริ ที่เริ่มสร้างขึ้นเพื่อการอุปโภค การเกษตร อุตสาหกรรม คมนาคม บรรเทาอุทกภัย ปัจจุบันกำลังดำเนินการติดตั้งกังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาดกำลังผลิตสูงสุด ๖.๗ เมกกะวัตต์ และคาดว่าจะเริ่มผลิตไฟฟ้าจำหน่ายได้ในปี พ.ศ. ๒๕๔๘ นอกจากนี้ควรมีงานวิจัยเชิงนโยบายในความร่วมมือกับประเทศเพื่อนบ้าน

๔. พลังงานลม

๔.๑ ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้จัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมมาตั้งแต่ปี ๒๕๑๘ และได้มีการจัดทำใหม่ในปี ๒๕๔๕^{๖๗} ซึ่งสรุปได้ว่า ประเทศไทยได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านประเทศไทยจากทะเลจีนใต้ ในเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม และอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านประเทศไทยในเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลทั้งลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นบริเวณเทือกเขาทอดยาวทางทิศทางลม ทำให้เป็นพื้นที่ที่มีลมพัดแรงเกือบตลอดทั้งปี ที่ยอดเขามีความเร็วลมประมาณ ๗.๐ เมตร/วินาที ขึ้นไป ได้แก่ จังหวัด สุราษฎร์ พังงา กระบี่ นครศรีธรรมราช

สำหรับพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีทิศทางลมพัดจากทะเลเข้าสู่ฝั่งความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปี ๖.๔ เมตร/วินาที (ที่ความสูง ๕๐ เมตร จากพื้นดิน) ขึ้นไป ในพื้นที่ภาคใต้บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช สงขลา และปัตตานี ส่วนพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ กำลังลมแรงบนยอดเขามีความเร็วลมประมาณ ๖.๔ เมตร/วินาที ขึ้นไป ได้แก่ พื้นที่บนเทือกเขาด้านทิศตะวันตก ตั้งแต่จังหวัดเพชรบุรี กาญจนบุรี และจังหวัดตาก ส่วนอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ก็ได้รับอิทธิพลจากความกดอากาศสูงจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทำให้มีความเร็วลมประมาณ ๖.๔ เมตร/วินาที ขึ้นไป

ส่วนแหล่งที่มีศักยภาพพลังงานลมรองลงมา ได้แก่ ความเร็วลมเฉลี่ย ๔.๔ เมตร/วินาที ขึ้นไป (ที่ความสูง ๕๐ เมตร จากพื้นดิน) ซึ่งเกิดจากอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า อยู่ที่ อ่าวไทยฝั่งตะวันตก ตั้งแต่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี และบริเวณที่สูงบนยอดเขาในภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดเพชรบูรณ์ และ เลย และแหล่งที่มีศักยภาพรองลงมาซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ ภาคใต้ฝั่งตะวันตก ตั้งแต่ จังหวัดสตูล ตรัง กระบี่ ภูเก็ต พังงา และอ่าวไทยฝั่งตะวันออก จังหวัดชลบุรี และระยอง

๔.๒ การใช้พลังงานลมในประเทศไทย

เนื่องจากพลังงานลมขึ้นอยู่กับความเร็วและมวลของอากาศ ดังนั้นการนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์จะต้องเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพความเร็วลมสูงจึงจะได้พลังงานมาก พลังงานลมสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานกล หรือพลังงานไฟฟ้าได้โดยใช้กังหันลมเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงาน ทั้งนี้สามารถจำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ได้เป็น ๒ ประเภทหลักๆได้แก่ กังหันลมเพื่อการสูบน้ำและกังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า

ประเทศไทยมีการใช้กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ ๓ แบบ^{๖๘} ได้แก่ กังหันลมใบเรือ กังหันลมใบพัด และกังหันลมหลายใบ กังหันลมสองชนิดแรกเป็นแบบดั้งเดิมที่ใบพัดของกังหันทำด้วยเสื่อลำแพน ผ้า ใบไม้ และสังกะสี ซึ่งกังหันลมชนิดใบเรือส่วนใหญ่ใช้ในนาเกลือ กังหันลมชนิดใบพัดส่วนใหญ่ใช้ในนาข้าว กังหันลมทั้งสองชนิดนี้มีความสามารถในการยกกระต๋บน้ำไม่เกิน 2 เมตร สามารถผลิตสร้างเองได้และราคาไม่

แพง สำหรับกังหันลมชนิดหลายใบส่วนใหญ่ใช้ในการสูบน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค มีความสามารถในการยกกระต๋บน้ำได้สูงกว่าสองชนิดแรก ราคากังหันลมชนิดนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนใบกังหันลม และจะมีราคาแพงกว่ากังหันลมสองแบบแรก สำหรับเครื่องสูบน้ำที่ใช้คู่กับกังหันลมมีการใช้อยู่ ๒ แบบ คือ แบบระหัดและแบบสูบชัก โดยเครื่องสูบน้ำแบบระหัดจะทำจากไม้ใช้ร่วมกับกังหันลมชนิดใบเรือและใบพัด เพื่อวิดน้ำเข้านาเกลือและนาข้าว ส่วนเครื่องสูบน้ำแบบสูบชักทำจากโลหะใช้ร่วมกับกังหันลมชนิดหลายใบ กรรมวิธีการผลิตใช้เทคนิคค่อนข้างซับซ้อนและยุ่งยากกว่าแบบระหัด ส่วนใหญ่บริษัทจำหน่ายกังหันลมคู่กับเครื่องสูบน้ำ

ในปีพ.ศ. ๒๕๔๖ ประเทศไทยมีกำลังผลิตติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น ๑๙๕.๗ กิโลวัตต์^{๖๙} ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้ (๑๙๒.๓ กิโลวัตต์) มีส่วนน้อยอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (๒.๕ กิโลวัตต์) และภาคใต้ (๐.๙ กิโลวัตต์) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้สร้างสถานีผลิตพลังงานทดแทนที่แหลมพรหมเทพ จ.ภูเก็ต ซึ่งเป็นการผลิตไฟฟ้าร่วมระหว่างพลังงานลม ๑๙๒ กิโลวัตต์ และเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด ๑๑.๓๔ กิโลวัตต์

๔.๓ สถานภาพงานวิจัยด้านพลังงานลมของประเทศไทย

จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยด้านพลังงานลมของประเทศไทย สามารถแบ่งงานวิจัยออกเป็น ๒ ประเภท ได้แก่ งานวิจัยด้านสมรรถนะของกังหันลมเพื่อการสูบน้ำ และงานวิจัยด้านสมรรถนะของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม

ด้านการสูบน้ำ มีการทดสอบสมรรถนะกังหันลม ๘ ใบ กังหันลมหลายใบ การศึกษาความเค้นในใบของกังหันลมแกนหมุนแนวตั้ง การศึกษาแบบจำลองไฟไนท์เอลเมนต์ของใบพัดกังหันลมแบบดาร์เรียม และการศึกษา Laminar separation bubble บนใบพัดของกังหันลม^{๖๙-๗๒} การทดสอบสมรรถนะของโรเตอร์กังหันลมที่มีไข้อยู่ในประเทศไทย ๖ แบบ ได้แก่ กังหันลมหลายใบ กังหันลมล้อจักรยาน กังหันลมนาข้าว ๒ ใบ กังหันลมนาข้าว ๔ ใบ กังหันลมนาเกลือ ๖ ใบ และกังหันลมปัตตานี ๒ ใบ โดยแบบสร้างจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาอัตราส่วนความเร็วปลายใบที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานสูงสุดของกังหันแต่ละแบบ จากผลการทดสอบที่ได้ทำให้สามารถเลือกใช้กังหันลมแต่ละแบบให้เหมาะสมกับศักยภาพลมของแต่ละพื้นที่

ด้านการผลิตไฟฟ้า มีการทดสอบแบบจำลองสมรรถนะกังหันลมแบบโรเตอร์ชนิดใบตรง^{๗๓} ศึกษาสมรรถนะของกังหันลมแบบดาร์เรียม^{๗๔} ซึ่งเป็นกังหันลมแบบแนวตั้ง มีการทดสอบโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในรถยนต์กับกังหันลม^{๗๕} เนื่องจากหาง่ายและมีราคาถูก นอกจากนี้มีการศึกษาพารามิเตอร์ของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานที่ประกอบด้วย พลังงานลม เซลล์แสงอาทิตย์ และเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้งานในพื้นที่ห่างไกล^{๗๖} นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยระบบผลิตและสำรองไฟฟ้าด้วยพลังงานลม^{๗๖} โดยดัดแปลงกังหันนาเกลือแบบหมุนรับลมตามทิศทางมาใช้สำหรับผลิตไฟฟ้า ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมรอบของกังหันลม

ประเทศไทยมีการใช้กังหันลมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยการนำเข้าจากต่างประเทศ เนื่องประเทศไทยยังไม่มีโรงงานผลิตกังหันลม

เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าภายในประเทศ ดังนั้นราคาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานลมจึงสามารถอ้างอิงราคาพลังงานของต่างประเทศได้ จะมีราคาสูงกว่าเพราะต้องรวมค่าขนส่ง ค่าติดตั้ง อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราภาณินำเข้าอุปกรณ์ของประเทศไทย รวมถึงค่าอะไหล่ที่ต้องนำเข้าและการซ่อมแซมบำรุงรักษา จากข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย^{๗๗} เกี่ยวกับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม พบว่าบริเวณที่มีความเร็วลมเฉลี่ย ๔.๕ เมตร/วินาที ขึ้นไปมีแนวโน้มว่าต้นทุนไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถแข่งขันกับการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนตดีเซล หรือการขยายสายส่งเป็นระยะทางไกล

จากการศึกษาศักยภาพ สถานภาพการใช้ สถานภาพงานวิจัย และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ของพลังงานลมที่นำมาใช้สำหรับเพื่อการสูบน้ำและผลิตไฟฟ้า สามารถสรุปสถานภาพได้ตารางที่ ๗

๔.๔ แนวทางงานวิจัยด้านพลังงานลมในประเทศไทย

ข้อจำกัดสำคัญของการใช้ประโยชน์จากพลังงานลม คือ ค่าความเร็วลม สำหรับการนำพลังงานลมเพื่อการสูบน้ำ ถึงแม้จะต้องความเร็วลมไม่สูงมากนักแต่ในพื้นที่ที่ความเร็วลมต่ำมากก็ไม่สามารถทำได้เช่นกัน และที่สำคัญจะต้องเป็นพื้นที่ที่ไม่มีสิ่งกีดขวางเส้นทางลมและห่างจากชุมชนพอสมควร ส่วนกังหันลมเพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้พื้นที่ที่มีศักยภาพความเร็วลมสูง เช่น ชายฝั่งทะเล จึงทำให้สามารถติดตั้งได้เฉพาะบางพื้นที่เท่านั้น

จากการศึกษาข้างต้นพบว่า สิ่งสำคัญของการนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน ได้แก่ ค่าความเร็วลมของพื้นที่นั้นๆ ต้องเหมาะสมสำหรับการใช้งาน เนื่องจากกังหันลมแต่ละชนิดแต่ละแบบจะมีค่าความเร็วเริ่มต้นของการทำงานต่างกัน ดังนั้นการติดตั้งกังหันลมในแต่ละพื้นที่จะต้องทำการศึกษาศักยภาพความเร็วลมก่อนเป็นอันดับแรกเนื่องจากข้อมูลด้านความเร็วลมที่ระดับความสูงมากกว่า ๕๐ เมตรจากพื้นดินยังไม่มี ดังนั้นจึงควรสนับสนุนให้มีการศึกษา รวมถึงการศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ สำหรับการติดตั้งกังหันลมในพื้นที่ที่มีความเร็วลมสูง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของกังหันลม เนื่องจากประเทศไทยไม่ใช่ผู้ผลิตกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าจึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จึงทำให้ยังคงมีปัญหาทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการนำมาใช้งาน ดังนั้นควรมีการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าภายในประเทศในอนาคต

จากสถานภาพของงานวิจัยด้านพลังงานลมเพื่อการสูบน้ำของประเทศไทย ส่วนใหญ่จะเน้นไปในด้านงานวิจัยเพื่อทดสอบสมรรถนะของกังหันลม เนื่องจากกังหันลมมีหลายแบบซึ่งเหมาะสมกับการทำงานแต่ละแบบไม่เหมือนกัน ดังนั้นควรมีงานวิจัยด้านการประยุกต์ใช้กังหันลมกับอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานลม การเก็บรวบรวมข้อมูลสถานภาพการใช้กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ ณ สภาวะปัจจุบันจะมีประโยชน์อย่างมากต่อการกำหนดแผนพัฒนาและส่งเสริมการใช้กังหันลมเพื่อการสูบน้ำต่อไป

นอกจากนี้ควรมีงานวิจัยเชิงนโยบายด้านมาตรการจูงใจและส่งเสริมการผลิตและติดตั้งกังหันเพื่อการสูบน้ำและเพื่อการผลิตไฟฟ้า เช่น การให้คำปรึกษาด้านเทคนิคและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับกังหันลม

การลดภาณินำเข้าวัสดุ อุปกรณ์ การกำหนดพื้นที่ที่มีศักยภาพเพื่อให้มีการลงทุนของภาคเอกชนในการผลิตไฟฟ้าจำหน่ายเข้าระบบ

๕. พลังงานความร้อนใต้พิภพ

พลังงานความร้อนใต้พิภพ หมายถึง พลังงานธรรมชาติที่เกิดจากความร้อนที่ถูกกักเก็บอยู่ภายในผิวโลก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยอุณหภูมิใต้ผิวโลกจะเพิ่มขึ้นตามความลึก ตามปกติแหล่งพลังงานนี้จะอยู่ในรูปของ น้ำพุร้อน หรือน้ำร้อนจากใต้ดิน โดยแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่พบในโลกแบ่งตามลักษณะการเกิดได้ ๓ ลักษณะ^{๗๘} คือ

- แหล่งที่เป็นไอน้ำส่วนใหญ่ (Steam dominated) เป็นแหล่งกักเก็บความร้อนที่ประกอบด้วยไอน้ำมากกว่าร้อยละ ๙๕ โดยทั่วไปมักจะเป็นแหล่งที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับหินหลอมเหลวร้อนที่แทรกดันขึ้นมาอยู่ในระดับตื้นๆ โดยอุณหภูมิของไอน้ำร้อนสูงกว่า ๒๔๐ องศาเซลเซียส แหล่งที่เป็นไอน้ำส่วนใหญ่พบน้อยมาก แต่สามารถนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุด เช่น The Geyser Field ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา และ Larderello ประเทศ อิตาลี เป็นต้น

- แหล่งที่เป็นน้ำร้อนส่วนใหญ่ (Hot water dominated) เป็นแหล่งกักเก็บสะสมความร้อนที่ประกอบไปด้วยน้ำร้อนเป็นส่วนใหญ่ อุณหภูมิ น้ำร้อนจะมีตั้งแต่ ๑๐๐ องศาเซลเซียส ขึ้นไป ระบบนี้จะพบมากที่สุด เช่น Cerro prieto ประเทศเม็กซิโก Hatchobaru ประเทศญี่ปุ่น และ Wairakei ในประเทศนิวซีแลนด์

- แหล่งหินร้อนแห้ง (Hot dry rock) เป็นแหล่งสะสมความร้อนที่เป็นหินเนื้อแน่น แต่ไม่มีน้ำร้อนหรือไอน้ำไหลหมุนเวียนอยู่ ดังนั้นถ้าจะนำมาใช้จำเป็นต้องทำชั้นหินร้อนให้มีย่อยแตกแล้วจึงอัดน้ำเย็นลงไปทางหลุมเจาะ ให้น้ำได้รับความร้อนจากหินร้อน โดยไหลหมุนเวียนภายในรอยแตกที่กระทำขึ้น จากนั้นก็ทำการสูบน้ำนี้ขึ้นมาทางหลุมเจาะอีกหลุมหนึ่ง

๕.๑ ศักยภาพของพลังงานความร้อนใต้พิภพที่พบในประเทศไทย

แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพของประเทศไทย จัดอยู่ในแหล่งกักเก็บอุณหภูมิต่ำ คือ มีอุณหภูมิมีน้อยกว่า ๑๒๕ องศาเซลเซียส โดยแหล่งเก็บสะสมความร้อนจะประกอบไปด้วยน้ำร้อนเป็นส่วนใหญ่ อุณหภูมิ น้ำร้อนจะมีค่ามากกว่า ๘๐ องศาเซลเซียส สรุปผลจากการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพของประเทศไทย^{๗๙} พบว่า มีแหล่งส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือและอุณหภูมิต่ำกว่า ๑๐๐ องศาเซลเซียส และประเทศไทยมีศักยภาพเชิงความร้อนรวมทั้งสิ้น ๕๒๗ พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ จากเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยที่สามารถนำมาผลิตไฟฟ้า ได้แก่ อุณหภูมิ อยู่ในช่วง ๑๐๐-๑๕๐ องศาเซลเซียส ขนาดของแหล่งกักเก็บจะต้องมีความลึกไม่เกิน ๐-๒๐๐ เมตรจากพื้นดิน ความดันของไอน้ำ และลักษณะของแหล่งประกอบไปด้วยน้ำร้อนหรือไอน้ำเป็นส่วนใหญ่

๕.๒ การนำความร้อนใต้พิภพมาใช้ประโยชน์ในประเทศไทย

ความร้อนใต้พิภพที่นำมาใช้ประโยชน์ในประเทศไทย มีอยู่เพียงที่เดียว ซึ่งเป็นโครงการสาธิตของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต คือ ที่อำเภอฝาง จ. เชียงใหม่ เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้ามีกำลังการผลิตตั้ง ๓๐๐ kW ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าระบบ ๒ วงจร^{๑๑} ที่ใช้แหล่งพลังงานความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ ใช้น้ำร้อนจากหลุมเจาะระดับตื้นที่มีอุณหภูมิ ๑๓๐ องศาเซลเซียส ผลิตได้ประมาณปีละ ๑.๒ ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง จะถูกส่งเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเพื่อจ่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าต่อไป และได้นำน้ำร้อนที่ผ่านการใช้งานในระบบผลิตไฟฟ้าแล้วไปใช้ให้ความร้อนในการอบแห้ง ห้อยยีน กิจการเพื่อกายบำบัด และเป็นสถานที่ท่องเที่ยว ส่วนแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพอื่นๆ ที่มีศักยภาพ เช่น ที่สันกำแพงนั้น ได้มีการเจาะสำรวจแต่ยังไม่มีการติดตั้งกำลังการผลิต ส่วนแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่อำเภอป่าแป๋และเทพพนม ยังพบปัญหาหลายอย่าง คือ อยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติ ดังนั้นการพัฒนาแหล่งพัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพจะเป็นไปได้ยาก ส่วนที่อำเภอแม่จันนั้น อยู่ในพื้นที่ที่มีการจ่ายไฟฟ้าถึงอยู่แล้ว ต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อนใต้พิภพจะมีค่าสูงกว่า ดังนั้นจึงยังไม่มีการพัฒนา

แหล่งความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นแหล่งกักเก็บที่มีอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นควรพิจารณาในการนำมาใช้ประโยชน์โดยตรงเป็นแหล่งให้ความร้อน ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์ของความร้อนจากน้ำร้อนโดยตรง ความร้อนที่ใช้อยู่ในช่วงประมาณ ๒๐-๑๕๐ องศาเซลเซียส^{๑๒} สามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้ เช่น สามารถนำไปใช้ในการอบแห้ง และเป็นแหล่งให้พลังงานแก่ห้องเย็นสำหรับเก็บรักษาพืชผลทางการเกษตรได้ นำไปใช้ในกิจการเพื่อกายบำบัด

ปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของการใช้งานคือ น้ำพุร้อนที่ไหลขึ้นมาให้เห็นตามผิวดิน อาจไม่ได้อยู่เหนือแหล่งที่กำเนิดและกักเก็บพลังงาน ดังนั้นจึงไม่สามารถประเมินถึงศักยภาพของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพได้อย่างแน่ชัดว่ามีปริมาณเท่าไรและจะหมดเมื่อไร จึงยากที่จะประเมินว่าเหมาะสม คู่คุณค่าที่จะนำมาใช้หรือไม่

๕.๓ แนวทางวิจัยพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย

ข้อจำกัดของการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพ คือ จะมีการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และมีเทน ในน้ำแร่ร้อนยังประกอบด้วยสารละลายซิลิกา โลหะหนัก โซเดียมและโพแทสเซียมคลอไรด์ บางครั้งอาจมีคาร์บอนเนตด้วย ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อาจมีการทรุดตัวของพื้นดินในแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่มีน้ำเป็นส่วนใหญ่ จากศักยภาพแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย จะเห็นได้ว่าเป็นแหล่งกักเก็บที่มีอุณหภูมิต่ำ ดังนั้น ควรมีแนวทางวิจัยในการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำความร้อนจากน้ำร้อนไปใช้ประโยชน์โดยตรงแทน โดยพัฒนาแหล่งพลังงานและศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วย

๖. พลังงานจากมหาสมุทร

มหาสมุทรสามารถผลิตพลังงานได้ ๒ รูปแบบ คือ พลังงานความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์ และพลังงานกลที่ได้จากน้ำขึ้นน้ำลง และคลื่น

๖.๑ ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากมหาสมุทรในประเทศไทย (OTEC)^{๑๓}

พื้นผิวโลกกว่าร้อยละ ๗๐ เป็นมหาสมุทร ดังนั้นมหาสมุทรจึงเป็นเสมือนตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ขนาดใหญ่ การผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากมหาสมุทร จะอาศัยความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำทะเลส่วนบนที่มีความลึกไม่เกิน ๕๐ เมตร ซึ่งเป็นส่วนที่สะสมพลังงานจากแสงอาทิตย์ มีอุณหภูมิประมาณ ๒๕-๓๐ องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของน้ำทะเลส่วนล่างที่มีความลึกประมาณ ๑,๐๐๐ เมตร มีอุณหภูมิประมาณ ๕ องศาเซลเซียส

บริเวณที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบ OTEC^{๑๔} คือ ชายฝั่งที่มีความลาดชันสูง ลึกมากกว่า ๑,๐๐๐ เมตร และไม่ควรถูกอยู่ห่างจากชายฝั่งเกิน ๔๐ กิโลเมตร นอกจากนี้กระแสลมและกระแสน้ำก็มีอิทธิพลต่อการพัฒนาด้วย กล่าวคือ กระแสน้ำที่มีความเร็วมากกว่า ๑.๙๒ กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือบริเวณที่มีกระแสลมที่มีความเร็วสูงกว่า ๔๖.๔ กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะไม่เหมาะสมต่อการติดตั้งโรงไฟฟ้า OTEC

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนจากมหาสมุทร (OTEC) มีระบบวัฏจักรการทำงาน แบ่งออกได้เป็น ๓ ระบบ คือ^{๑๕} ระบบวัฏจักรเปิด ระบบวัฏจักรปิด และแบบลูกผสม ซึ่งทั้ง ๓ ระบบจะมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ ๓ ส่วน คือ เครื่องระเหย เครื่องควบแน่น กังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากมหาสมุทร OTEC จะคล้ายคลึงกับโรงไฟฟ้าทั่วไป แต่ต่างกันที่ไม่มีกาเผาไหม้เชื้อเพลิงเนื่องจากใช้ความร้อนจากน้ำมหาสมุทรส่วนบนเป็นต้นกำเนิดพลังงาน จึงไม่มีต้นทุนของค่าเชื้อเพลิง โรงไฟฟ้าแบบนี้จะผลิตไฟฟ้าในช่วงภาระฐาน แต่ประสิทธิภาพของระบบการผลิตจะต่ำประมาณร้อยละ ๖.๘-๘.๐ ซึ่งขึ้นกับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในระบบ ปัจจุบันการออกแบบโรงไฟฟ้ามี ๒ ลักษณะ คือ แบบที่ตั้งบนชายฝั่ง และแบบลอยน้ำ

จากข้อมูลของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ในด้านของอุณหภูมิของน้ำทะเลที่ระดับผิวน้ำ และที่ความลึกในระดับต่างๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ ๘

พื้นที่ของทะเลอ่าวไทยมีลักษณะคล้ายแอ่งน้ำ ส่วนที่ลึกสุดอยู่ตรงกลางและมีความลึกประมาณ ๘๓ เมตร เมื่อน้ำลงต่ำสุด ความลึกเฉลี่ยของอ่าวตอนกลางและตอนล่าง ประมาณ ๕๐ เมตร บริเวณปากอ่าวไทยที่ต่อกับทะเลจีนใต้ลึกประมาณ ๔๐ เมตร^{๑๖} และด้านฝั่งทะเลอันดามัน พบว่าในระดับความลึก ๑,๐๐๐ เมตร อยู่ห่างชายฝั่ง ๒๒๐-๓๒๐ กิโลเมตร ซึ่งอยู่ในเขตน่านน้ำสากล และอยู่ห่างจากชายฝั่งมาก

เมื่อพิจารณาข้อมูลด้านพลังงานความร้อนจากมหาสมุทรดังแสดงในตารางที่ ๘ พบว่าประเทศไทยไม่มีศักยภาพเพียงพอในการพัฒนาระบบพลังงานความร้อนจากมหาสมุทร ทั้งในด้านความเหมาะสมของของอุณหภูมิระหว่างผิวน้ำ และอุณหภูมิใต้ผิวน้ำที่ความลึกของท้องมหาสมุทร รวมถึงลักษณะชายฝั่งของประเทศไทยที่ไม่มี

ความลาดชันที่เพียงพอจะทำให้ท้องมหาสมุทรมีความลึกในระดับที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

๖.๒ พลังงานน้ำขึ้น-น้ำลง (Tidal Energy)

น้ำขึ้น-น้ำลง เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหนึ่งของโลก ซึ่งการเกิดจากการเพิ่มขึ้นและลดลงของระดับน้ำ^{๓๖} เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงแรงโน้มถ่วงและแรงจลน์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์และโลก เมื่อโคจรมาอยู่ในตำแหน่งต่างๆกัน โดยเมื่อดวงอาทิตย์และดวงจันทร์เข้าใกล้โลกและโคจรอยู่ในแนวเดียวกันจะทำให้เกิดน้ำขึ้น และเมื่อแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ทำมุม ๙๐ องศา เมื่อเปรียบเทียบกับโลก จะทำให้เกิดน้ำลง

บริเวณที่เหมาะสมในการผลิตไฟฟ้าจากพัฒนาระบบพลังงานน้ำขึ้น-น้ำลง^{๓๗} อยู่ที่แนวเส้นรุ้งที่ ๕๐-๖๐ องศา โดยลักษณะของชายฝั่งทะเลบริเวณปากอ่าวควรมีลาดชันสูงเพื่อสามารถสร้างเป็นอ่างเก็บน้ำได้ ความแตกต่างของระดับน้ำขึ้น-น้ำลง มีค่า ๕-๑๑ เมตร

จากข้อมูลของกรมอุทกศาสตร์ในปี พ.ศ. ๒๕๒๕-๒๕๓๖ สามารถสรุปเป็นข้อมูลของระดับน้ำขึ้น-น้ำลงสูงสุด และข้อมูลของระดับน้ำขึ้น-น้ำลง ต่ำสุด ได้ดังตารางที่ ๙

เมื่อพิจารณาข้อมูลระดับน้ำขึ้น-น้ำลง จะเห็นได้ว่าค่าความแตกต่างของระดับน้ำขึ้น-น้ำลง ยังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยค่าของความแตกต่างของระดับน้ำขึ้น-น้ำลง ทั้งในบริเวณอ่าวไทย และฝั่งทะเลอันดามันนั้นอยู่ในเกณฑ์ต่ำ และสภาพภูมิประเทศของไทย ในบริเวณปากแม่น้ำจะมีลักษณะราบเรียบ ไม่เอื้ออำนวยในการสร้างอ่างเก็บน้ำได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าประเทศไทยไม่มีศักยภาพเพียงพอในการพัฒนาระบบพลังงานน้ำขึ้น-น้ำลง

๖.๓ พลังงานจากคลื่น

คลื่น เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติในทะเลที่เกิดขึ้นตลอดเวลา โดยคลื่นเกิดจากลมที่พัดผ่านผิวมหาสมุทรและทะเล ขนาดของคลื่นจะใหญ่หรือเล็ก จะขึ้นอยู่กับความเร็วลม และระยะทางของลมที่พัดผ่านเหนือผิวน้ำ

เทคโนโลยีการแปลงพลังงานจากคลื่นทะเลเพื่อผลิตพลังงานนั้น ใช้หลักการแปลงพลังงานจลน์ของคลื่นทะเลเพื่อผลิตพลังงาน^{๓๘} โดยพลังงานที่อยู่ในคลื่นทะเลจะประกอบไปด้วย พลังงาน ๒ ส่วน ได้แก่ พลังงานศักย์และพลังงานจลน์ พลังงานศักย์เป็นพลังงานเกี่ยวข้องกับรูปแบบของคลื่นหรือความสูงของคลื่น ส่วนพลังงานจลน์เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของคลื่น หรือความเร็วของน้ำทะเลที่ประกอบกันเป็นคลื่น

จากข้อมูลของกรมอุทกศาสตร์ในปี พ.ศ. ๒๕๒๕-๒๕๓๖ สามารถสรุปเป็นข้อมูลของระดับความสูงของคลื่น และคาบคลื่น ของฝั่งอ่าวไทย และฝั่งทะเลอันดามัน ได้ดังตารางที่ ๑๐

จากการพิจารณาความสูงของคลื่นและคาบคลื่น รวมถึงเทคโนโลยีที่จะนำมาผลิตพลังงานจากคลื่น โดยฝั่งอ่าวไทยมีความสูงของคลื่นไม่เกิน ๒ เมตร และฝั่งทะเลอันดามันมีความสูงของคลื่นไม่เกิน ๕ เมตร ซึ่งไม่เพียงพอในการนำมาใช้ประโยชน์และจากสถานภาพของ

เทคโนโลยีในการนำพลังงานคลื่นมาผลิตเป็นไฟฟ้า ยังไม่มีเทคโนโลยีที่รองรับการผลิตพลังงานจากความสูงคลื่นเพียง ๒-๕ เมตร

สรุป

ด้านพลังงานมวลชีวภาพ พบว่า ยังมีแหล่งมวลชีวภาพอีกมากที่ยังไม่ได้นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ข้อจำกัดโดยทั่วไปของการใช้มวลชีวภาพ คือ แหล่งวัตถุดิบที่นำมาใช้มีปริมาณเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล เก็บรวมยาก และมีต้นทุนสูง ดังนั้นเพื่อลดข้อจำกัดของแหล่งพลังงานมวลชีวภาพ ควรมีแนวทางการวิจัยด้านการจัดการแหล่งวัตถุดิบและการลดต้นทุนวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตพลังงาน การเพิ่มประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานมวลชีวภาพ รวมทั้งหาแนวทางเพิ่มการใช้มวลชีวภาพที่ยังไม่มีการพัฒนานำมาใช้ผลิตพลังงาน นอกจากนี้ควรมีงานวิจัยเชิงนโยบายและมาตรการต่างๆ โดยเฉพาะมาตรการภาษีด้านต่างๆ โดยเฉพาะภาษีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ด้านพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า มีการทำงานวิจัยด้านนี้มาเป็นเวลานาน แต่ข้อจำกัดของการใช้งาน ควรมีวิจัยด้านเพิ่มประสิทธิภาพสมรรถนะ และหาแนวทางลดต้นทุนของระบบ/อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ควรมีงานวิจัยทั้งทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์เพื่อขยายโอกาสที่จะพัฒนาอุปกรณ์และการประยุกต์ใช้ในงานใหม่ๆต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมให้ได้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเงื่อนไขที่เหมาะสมและความคุ้มค่าของการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากนี้ควรมีงานวิจัยเชิงนโยบายและมาตรการต่างๆของประเทศที่ประสบความสำเร็จในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เช่น มาตรการภาษีด้านต่างๆ โดยเฉพาะภาษีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ด้านไฟฟ้าพลังน้ำ พบว่า การสร้างเขื่อนขนาดใหญ่เป็นไปได้ยาก ควรเน้นพลังน้ำขนาดเล็ก นอกจากนี้ควรมีงานวิจัยเชิงนโยบายในความร่วมมือกับประเทศเพื่อนบ้าน

ด้านพลังงานลม พบว่า ข้อมูลด้านความเร็วลมที่ระดับความสูงมากกว่า ๕๐ เมตรจากพื้นดินยังไม่มี ดังนั้นจึงควรสนับสนุนให้มีการศึกษา รวมถึงการศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ สำหรับการติดตั้งกังหันลมในพื้นที่ที่มีความเร็วลมสูง นอกจากนี้ควรมีงานวิจัยเชิงนโยบายด้านมาตรการจูงใจและส่งเสริมการผลิตและติดตั้งกังหันเพื่อการสูบน้ำและเพื่อการผลิตไฟฟ้า

พลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยมีศักยภาพต่ำ ส่วนพลังงานจากมหาสมุทรไม่น่าจะมีศักยภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนใคร่ขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

๑. Anon, 2004. Refocus, Nov./Dec., pp. 4, 42-44.
๒. นิรนาม ๒๕๔๗ สถานภาพปัจจุบันและข้อเสนอสู่อุตสาหกรรมด้านเชื้อเพลิงและเทคโนโลยีเชื้อเพลิง หน้า ๔.
๓. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ศักยภาพพลังงานชีวมวล, http://203.150.24.8/dede/renew/bio_p.htm , เมษายน ๒๕๔๗.
๔. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก พ.ศ. ๒๕๔๔-๒๕๔๕, <http://oae.go.th/statistic/yearbook/2001-02/> , เมษายน ๒๕๔๗.
๕. สุภักดี ศรีกุล, สุนีย์ นิเทศพัตรพงศ์ และ ชาย โฆรวิส., เอกสารประกอบการประชุมระดมความคิด เรื่อง แนวทางการวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลสู่เชิงพาณิชย์, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, ๒๕๔๔, หน้า B-๑-B-๑๘.
๖. กล้านรงค์ ศรีรอด , พูนสุข ประเสริฐสรรพ , สมพร อิศวิลานนท์ และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, รายงานการวิจัยการศึกษาสถานภาพวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไบโอดีเซล, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ, ๒๕๔๔, ๑๑๒ หน้า.
๗. คณะกรรมการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร, วัตถุดิบสำหรับผลิตเอทานอล, พลังงานทดแทน เอทานอล และไบโอดีเซล, กรุงเทพฯ, ๒๕๔๕, หน้า ๑๓๗-๑๓๘.
๘. กล้านรงค์ ศรีรอด , เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ , เอ็จสโรบล , พิพัฒน์ วีระถาวร และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, รายงานการวิจัยการศึกษาสถานภาพวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแก๊สโซฮอล์, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ, ๒๕๔๔, ๑๑๔ หน้า.
๙. รายงานพลังงานของประเทศไทย ๒๕๔๖, กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และ อนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.
๑๐. รายงานไฟฟ้าของประเทศไทยปี ๒๕๔๕, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรุงเทพฯ, ๒๕๔๖.
๑๑. รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย ๒๕๔๖, กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์ พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.
๑๒. <http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=172>, 2005.
๑๓. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, สถานภาพการใช้พลังงานชีวมวล:น้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม, มกราคม ๒๕๔๖, <http://203.150.24.8/dede/renew/status.asp>.
๑๔. ภาณุวัฒน์ คล้ายวงศ์วาลย์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ., ๒๕๔๖.
๑๕. บุญเรือง ศรีสวัสดิ์, การปรับปรุงสมรรถนะเตาเผาแกลบ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, ๒๕๔๑.
๑๖. สุวิทย์ เตีย , ภัทวดี พุกอมรพันธ์ , พรเทพ จิตวุฒิไกร , แสง แซ่เล่า และ ทนงค์ ฉายาวัฒน์, "การเผาไหม้เชื้อเพลิงในเตาฟลูอิดไดซ์เบด", วารสารวิจัยและพัฒนา มจร., ๒๕๔๒, ปีที่ ๒๒, ฉบับที่ ๒, หน้า ๔๗-๖๓.
๑๗. นิรมล ชูลิเลศวิทยากรณ์ และคณะ, ๒๕๓๗, การหาสภาวะที่ผลิตก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่ดีที่สุดของเครื่องผลิตก๊าซชีวมวลแบบไหลขึ้นโดยวิธีการค้นหาแบบ Simplex, รายงานการประชุมทางวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๙-๑๑ พฤษภาคม ๒๕๓๗, หน้า๘๗.
๑๘. สุรศักดิ์ สุรนนท์ชัย., การวิเคราะห์ระบบผลิตพลังงานร่วมในโรงงานปาล์มน้ำมัน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, ๒๕๓๕.
๑๙. วารุณี เตีย , สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และ ยุติ เรื่องเดช, "ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมในโรงสีข้าวขาวของประเทศไทย", วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา, ๒๕๔๕, ปีที่ ๑๓, ฉบับที่ ๒, หน้า ๕๐-๕๗.
๒๐. จิระพันธ์ เนื่องจากนิล, บูรณาการระบบพลังงานความร้อนและไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาล, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, ๒๕๔๒.
๒๑. สุธีระ ประเสริฐสรรพ, การจำลองโรงจักรผลิตพลังงานร่วม ความร้อนและไฟฟ้าโดยชีวมวล, สำนักงานคณะกรรมการนโยบายแห่งชาติ, ๒๕๔๒, ๑๕๓ หน้า.
๒๒. เอกรินทร์ โษษกรนัญ, สมชาติโสภณรณฤทธิ์, และ วารุณี เตีย, การอบแห้งข้าวหนึ่งด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบด, รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๔, ๒๕๔๖, หน้า ๒๘๗-๓๐๕.
๒๓. กนกอร รจนากิจ , พงษ์ศักดิ์ คำมูล และ จินดา เจริญพรพาณิชย์, การทำไบโอดีเซลจากไขมันปาล์มบริสุทธิ์เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด, รายงานการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๑๖, ๒๕๔๕, หน้า ๖๖-๗๑.
๒๔. วัชร ลอยสมุทร , อุพารวิศว์ ครอบยุทธ์ , สุรัชย์ ผั้นแก้ว และ ศิริกุล จันท์สว่าง, การปรับปรุงน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล, RSU JET, ๒๕๔๒, ฉบับที่ ๓, เล่มที่ ๓, หน้า ๓๔-๓๗.
๒๕. สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา, "ผลกระทบของการใช้น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช ต่อเครื่องยนต์และมลพิษทางอากาศ", เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาไบโอดีเซลไปสู่เชิงพาณิชย์, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, ๒๕๔๔, หน้าF-๑-F-๗.

๒๖. อภิชาติ เสมศรี , มณฑล ใจกุล และ จินดา เจริญพร พาณิชย์, การใช้น้ำมันพืชผสมสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กแบบฉีดตรงเข้าห้องเผาไหม้, รายงานการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๑๖, ๒๕๔๕, หน้า ๑๓๙-๑๔๓.
๒๗. ชีระพงษ์ ว่องรัตนไพศาล , ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ และ ณัฐ วยศ, เอกสารประกอบการสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัยด้านพลังงานทดแทน เรื่อง การผลิตเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, ๒๕๔๖, หน้า B-๑-B-๑๓.
๒๘. เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ , กล้านรงค์ ศรีรอด , สุวิทย์ เตีย , มณฑิธร นิตวรัตน์ , เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ , สุทธิพันธ์ แก้วสมพงษ์ และ สิทธิโชค วัลลภาทิพย์., เอกสารประกอบการสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัยด้านพลังงานทดแทน เรื่อง โครงการศึกษาด้านแบบโรงงานเอทานอลโดยการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตจากมันเส้น, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, ๒๕๔๖, หน้า A-๑-A-๕
๒๙. สุวิทย์ เตีย , บุญยพัตร สุภานิช และ สุทธิดา สาย, แบบสรุปผลการวิจัย เรื่อง โครงการประเมินความเป็นไปได้ของการผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลจากผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, ๒๕๔๔, ๖ หน้า.
๓๐. สุวิทย์ เตีย, การสัมมนาเรื่องศักยภาพของประเทศไทยในการผลิตเอทานอลเพื่อทดแทนการนำเข้า, กลุ่มงานเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร, กองโครงการและประสานงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, ๒๕๔๔, หน้า D-๑ – D-๑๙.
๓๑. บุญยพัตร สุภานิช , สุวิทย์ เตีย และปณิตดา ภูอากาศ, เอกสารประกอบการสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัยด้านพลังงานทดแทน เรื่อง การบูรณาการกระบวนการผลิตเอทานอลกับโรงงานน้ำตาลและโรงงานแปรงมันสำปะหลัง และการประเมินเทคโนโลยีในการทำเอทานอลให้บริสุทธิ์, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, ๒๕๔๖, หน้า C-๑-C-๑๓
๓๒. อาณัติ มีป้อม, การศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียรวมเพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพในจังหวัดนครปฐม ๑) ของเสียที่เกิดจากฟาร์มเลี้ยงสุกรและโรงงานอุตสาหกรรมอาหารขนาดกลางและเล็ก, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, ๒๕๔๔.
๓๓. นันทินิตย์ ทศน์เอี่ยม, การเปรียบเทียบการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำบิบเปลือกสับประรดในถังปฏิกรณ์แบบชั้นกรองระหว่างกระบวนการหมักแบบชั้นตอนเดียวและสองชั้นตอน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, ๒๕๓๑.
๓๔. เสริม จันทร์ฉาย และจรุงแสง ลักษณะบุญส่ง, แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลดาวเทียมสำหรับประเทศไทย, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานร่วมกับภาควิชาชีพลิสิก คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, หน้า ๘๒-๘๙.
๓๕. <http://www.nepo.go.th/vrs/VRS44-07-Solar.html>, 2001.
๓๖. <http://www.egat.or.th/rdo/energy/phuket.html>, 2005.
๓๗. <http://www.egat.co.th/information/powerplant/solarcell.htm>, 2005.
๓๘. คณะทำงานพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน, ๒๕๔๐, รายงานการประชุมคณะทำงานพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน, คณะอนุกรรมการประสานงานการวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, หน้า ๒-๔.
๓๙. สุรสิทธิ์ ประสารปราน, ๒๕๓๐, ระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ที่มีตัวรับรังสีแบบฮีทไปป์-เรอรัลล์ไดโอด, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
๔๐. สุนทร อัจฉฤทธิ์, ๒๕๒๔, ตัวรับแสงอาทิตย์แผ่นราบแบบเพิ่มผิวโค้งสะท้อนแสง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๙๓ หน้า.
๔๑. ประวิทย์ ธีตะแก้ว, ๒๕๒๕, สมรรถภาพของระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ที่ใช้ชุดรับรังสีแผ่นราบกระจก ๒ ชั้น, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๐๔ หน้า.
๔๒. สมนึก บุญญศาสตร์พันธุ์, ๒๕๒๗, ระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิสูงด้วยตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๗๔ หน้า.
๔๓. สุขฤดี สุขใจ, ๒๕๓๕, สมรรถนะของเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยแสงอาทิตย์แบบหมุนเวียนและแบบต่อเนื่อง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๘๔ หน้า.
๔๔. วรวิทย์ รุ่งจิราภักษ์, ๒๕๓๘, การศึกษาระบบอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยแสงอาทิตย์ขนาดอุตสาหกรรม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๘๔ หน้า.
๔๕. ณัฐวุฒิ ดุษฎี, ๒๕๓๔, การพัฒนาระบบอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน

- คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๐๗ หน้า.
๔๖. พงณา วงษ์ศิริ, ๒๕๒๘, การอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบมีตัวรับรังสี, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๗๙ หน้า.
๔๗. อานนท์ โพธิ์หอม, ๒๕๒๐, เครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์, โครงการปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๙๘ หน้า.
๔๘. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, ๒๕๒๓, การศึกษาเครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์แบบรีเจนเนอเรทีฟ, วารสารวิจัยและพัฒนา สจร., ฉบับที่ ๔, เล่มที่ ๒, หน้า ๑-๘.
๔๙. ศิริชัย เทพา, ๒๕๓๒, เครื่องกลั่นน้ำผิวดังผาคอบคิริลิก, วารสารวิจัยและพัฒนา สจร., ฉบับที่ ๑๒, เล่มที่ ๑, หน้า ๑๖-๓๙.
๕๐. อานนท์ โพธิ์หอม, ๒๕๒๑, เครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่, Seminar on Solar Energy and Applications, Technological Promotion Association (Thai-Japan) and King Mongkut's Institute of Technology, Thailand, หน้า ๗.
๕๑. สมชาย โสภณศิริกุล, ๒๕๔๓, การปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๐๙ หน้า.
๕๒. มานะ คงดีจันทร์, ๒๕๓๔, การกลั่นเอธานอลจากวัตถุดิบการเกษตรโดยพลังงานแสงอาทิตย์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๑๐ หน้า.
๕๓. จีระศักดิ์ จิระวารี และวีระชัย แก่นทรัพย์, ๒๕๒๓, การกลั่นแอลกอฮอล์ด้วยตัวรับรังสีแผ่นราบ, โครงการปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๘๔ หน้า.
๕๔. ณัฐ วยศ, ๒๕๔๔, การศึกษาความเป็นไปได้ในการกลั่นเอธานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์, เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องศักยภาพของประเทศไทยในการผลิตเอธานอลเพื่อทดแทนการนำเข้า, กลุ่มงานเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร กองโครงการและประสานงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, หน้า E-๑-E-๖.
๕๕. ทวีศักดิ์ ศรีภูสิตโต และคณะ, ๒๕๓๑, Solar Adsorption Refrigeration, โครงการปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๗๕ หน้า.
๕๖. พิทยา กิ่งชม และคณะ, ๒๕๓๒, การศึกษาเครื่องทำความเย็นแบบดูดเกาะ, โครงการปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๖๖ หน้า.
๕๗. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, ๒๕๓๕, การศึกษาสมรรถนะของระบบทำความเย็นแสงอาทิตย์ที่ใช้ถ่านกัมมันต์-เมธานอลเป็นสารคู่ทำงาน, วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, ฉบับที่ ๓, เล่มที่ ๑, หน้า ๖๑-๖๘.
๕๘. Boonbumroong, U., et al., Suwannakum, T., Pongchawee, D., Pengma, S., Kitikara, K., and Sripadungtum, P., 2004, Parametric Study of a PV/Wind/Diesel Hybrid System for Kohjik Island, 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, 26-30 January, Chulalongkorn University, Bangkok, pp.841-842.
๕๙. Somsak, T., Boonbumroong, U., Tanchareon, S., Jeenkaokam, N., and Jivacate, C., 2004, PV-Diesel Stand Alone Hybrid System at Royal Project Research Station: Observations on Power Quality, 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, 26-30 January, Chulalongkorn University, Bangkok, pp.843-846.
๖๐. Thianphu, A., 2004, Management of PV Water Pumping system, 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, 26-30 January, Chulalongkorn University, Bangkok, pp.889-890.
๖๑. Sangpanich, U., Thongpron, J., Kitikara, K., and Jivacate, C., 2004, Power Quality of Four Rooftop Grid-Connected Photovoltaic System in Thailand, 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, 26-30 January, Chulalongkorn University, Bangkok, pp.139-140.
๖๒. Buranasajja, S. and Seingsanor, S., 2004, Photovoltaic Battery Charging System in Thailand: a Case Study of Ban Bon Khao Kangriang, 14th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, 26-30 January, Chulalongkorn University, Bangkok, pp.945-946.
๖๓. คณะอนุกรรมการส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน, ๒๕๔๔, เอกสารประกอบการประชุม เรื่องแผนพัฒนาพลังงานหมุนเวียนในช่วงปี ๒๕๔๕-๒๕๔๙, สำนักงานคณะกรรมการนโยบายแห่งชาติ.
๖๔. แผนปฏิบัติการเทคโนโลยีไฟฟ้าพลังงานขนาดเล็ก ๕ ปี (๒๕๔๕-๒๕๔๙) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

๖๕. ทวีป ชัยสมภพ และจักรี คุปต์อักษรภิญโญ, ๒๕๔๖, "การประเมินเชิงเทคโนโลยีของโครงการพัฒนาพลังงานขนาดเล็กในประเทศที่กำลังพัฒนาและในประเทศที่พัฒนาแล้ว", การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัยด้านพลังงานทดแทน, วันที่ ๒๕ กันยายน ๒๕๔๖, โรงแรมรามารการ์เดนส์, หน้า ๑๓๘-๑๔๗.
๖๖. ธนะ บุญญสิริกุล, ๒๕๔๔, "การออกแบบนโยบายจัดสรรน้ำเพื่อประโยชน์สูงสุดในการจัดการอ่างเก็บน้ำ", การประชุมสัมมนาวิชาการและนิทรรศการด้านพลังงาน, ครั้งที่ ๑, วันที่ ๖-๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๔๔, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, หน้า ๓-๑๓ - ๓-๑๕.
๖๗. กรมพัฒนาส่งเสริมพลังงาน, 2544, เอกสารโครงการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมในประเทศ.
๖๘. คณะทำงานพลังงานลม, ๒๕๔๑, นโยบายแผนและแนวทางการวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน : พลังงานลม, คณะอนุกรรมการประสานงานการวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, ๑๕ หน้า.
๖๙. องอาจ คงฤทธิ์ และคณะ, ๒๕๒๕, การนำอุโมงค์มาทดสอบกังหันลม ๘ ใบ, โครงการงาน ปรึญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๔๒ หน้า.
๗๐. ประจัญ เพชรไวภูณัฐ, ๒๕๓๐, การศึกษาความเค้นในใบของกังหันลมแกนหมุนแนวตั้ง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๓๙ หน้า.
๗๑. สมชาย ชูชีพกุล, ๒๕๓๓, แบบจำลองไฟไนท์เอลเมนต์ของใบพัดกังหันลมแบบดาร์เรียม, "วารสารวิจัยและพัฒนา สจธ.", ฉบับที่ ๑๓, เล่มที่ ๒, หน้า ๑-๑๖.
๗๒. สุกฤษณ์ โรจนวิไลกุล สุทธิชัย ศิริพรอดุลศิลป์ และเอกภพ จันทรศุภมงคล, ๒๕๔๒, การศึกษา Laminar Separation Brbble บนใบพัดของกังหันลม, โครงการงานปรึญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๕๑ หน้า.
๗๓. เกียรติศักดิ์ ขุนไชย, ๒๕๒๗, ระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมแบบใจโร-โรเตอร์(ระยะ๒), วิทยานิพนธ์ปรึญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๕๒ หน้า.
๗๔. มนชัย เหลืองวัฒนวิไล และคณะ, ๒๕๓๔, กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าแบบดาร์เรียม, โครงการงานปรึญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๕๕ หน้า.
๗๕. อนุวัตต์ จางวนิชเลิศ และประภาส ไพรสวรรณ, ๒๕๓๙, การพัฒนาเครื่องกำเนิด กระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานลม, พลังงานลม เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ไฟฟารถยนต์ Electric generators, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๒๐ เล่ม ๓, หน้า ๓๖๖-๓๗๑.
๗๖. อนุวัตน์ จางวนิชเลิศ และประภาส ไพรสวรรณ, ๒๕๔๑, "ระบบผลิตและสำรองกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานลม, "วิศวกรรมลาดกระบัง, ปีที่ 14, ฉบับที่ ๑, หน้า ๑-๘.
๗๗. กองพัฒนาพลังงานทดแทน, สำนักงานวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิต, ๒๕๔๒, การผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม, "วารสารประสิทธิภาพพลังงาน," ฉบับที่ ๔๖, หน้า ๓๓๖-๓๔๑.
๗๘. กองพัฒนาพลังงานทดแทน, ๒๕๔๒, "พลังงานความร้อนใต้พิภพ", พลังงานความร้อนใต้พิภพ, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
๗๙. <http://www.dmr.go.th/HOTSPING/THAIHOTSP.htm>, 2002.
๘๐. http://www.egat.or.th/rdo/energy/gerohermal_plant.htm, 2002.
๘๑. มานพ รักษาสกุลวงศ์ และศิริพร สูงปานเขา, ๒๕๔๕, "พลังงานความร้อนใต้พิภพ", ข่าวสารการธรณี, ปีที่ ๔๗, ฉบับที่ ๒, หน้า ๔๑-๔๙.
๘๒. http://www.nrel.gov/clean_energy/ocean.html, 2005.
๘๓. สุรัชย์ ประเสริฐวิทย์, ๒๕๔๐, "พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร...สำคัญที่ผลพลอยได้", วารสารการไฟฟ้าฝ่ายผลิต, ปีที่ ๖, เล่มที่ ๓, หน้า ๓๘-๔๔.
๘๔. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ๒๕๔๑, รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาเบื้องต้น ศักยภาพและความเหมาะสมในการพัฒนาพลังงานจากทะเล, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ๖๒ หน้า.
๘๕. มนุดี หังสพฤกษ์, ๒๕๔๓, "สมุทรศาสตร์กายภาพของอ่าวไทย", วารสารราชบัณฑิตยสถาน, ปีที่ ๒๕, หน้า ๑๖๘-๑๗๙.
๘๖. ประวิทย์ ถีตะแก้ว, ๒๕๒๒, "พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง", พลังงาน, หน้า ๒๕๓-๒๖๑.

ตารางที่ ๑ ศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร พ.ศ. ๒๕๔๓

ชนิด	ผลผลิต/ปี (พันตัน)	วัสดุเหลือใช้	ปริมาณ วัสดุเหลือใช้ (พันตัน)	แพคเตอร์ วัสดุเหลือใช้ ที่ยังไม่มีการ ใช้	ปริมาณวัสดุ เหลือใช้ที่ยัง ไม่มีการใช้ (พันตัน)	ค่าพลังงาน ความร้อน (MJ/kg)	ศักยภาพ พลังงาน (*10 ⁶ MJ)
อ้อย	๕๓,๔๖๔	ชานอ้อย ส่วนยอดและใบ	๑๕,๕๖๗ ๑๖,๑๕๕	๐.๒๐๗ ๐.๙๕๖	๓,๒๒๒ ๑๕,๙๒๙	๑๔.๔๐ ๑๗.๓๙	๔๖,๔๐๑ ๒๗๗,๐๐๖
ข้าว	๒๔,๑๗๒	แกลบ ฟาง (ส่วนบน)	๕,๕๖๐ ๑๐,๙๐๕	๐.๔๙๓ ๐.๖๙๔	๒,๗๔๑ ๗,๓๙๑	๑๔.๒๗ ๑๐.๒๔	๓๙,๑๑๒ ๗๕,๖๗๙
ปาล์ม น้ำมัน	๓,๒๕๖	ทะลายเปล่า เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม ก้าน ทะลายตัวผู้	๑,๓๙๔ ๔๗๙ ๑๖๐ ๙,๔๗๙ ๗๕๙	๐.๕๕๔ ๐.๑๓๔ ๐.๐๓๗ ๑.๐๐๐ ๑.๐๐๐	๘๑๔ ๖๔ ๖ ๙,๔๗๙ ๗๕๙	๑๗.๙๖ ๑๗.๖๒ ๑๙.๔๖ ๙.๙๓ ๑๖.๓๓	๑๔,๕๓๕ ๑,๑๓๐ ๑๐๙ ๙๓,๓๔๕ ๑๒,๓๙๙
มันสำปะหลัง	๑๙,๐๖๔	ลำต้น	๑,๖๗๙	๐.๔๐๗	๖๙๓	๑๙.๔๒	๑๒,๕๗๗
ข้าวโพด	๔,๒๙๖	ซังข้าวโพด	๑,๑๗๐	๐.๖๗๐	๗๙๔	๑๙.๐๔	๑๔,๑๔๒
มะพร้าว	๑,๔๐๐	เปลือก กะลา ทะลาย ทางมะพร้าว	๕๐๗ ๒๒๗ ๖๙ ๓๑๕	๐.๕๙๕ ๐.๓๗๙ ๐.๙๔๓ ๐.๙๐๙	๓๐๒ ๙๕ ๕๙ ๒๕๕	๑๖.๒๓ ๑๗.๙๓ ๑๕.๔๐ ๑๖.๐๐	๔,๙๙๔ ๑,๕๑๙ ๙๙๑ ๓,๐๗๗
ถั่วเหลือง	๓๑๙	ลำต้น, ใบ, เปลือก	๙๔๙	๐.๗๖๐	๖๘๖	๑๙.๔๔	๑๒,๕๕๑
ข้าวฟ่าง	๑๔๒	ใบ, ต้น	๑๗๙	๐.๖๔๙	๑๑๕	๑๙.๒๓	๒,๒๑๕
ฝ้าย	๓๖	ลำต้น	๑๑๖	๑.๐๐๐	๑๑๖	๑๔.๔๙	๑,๖๙๖
ถั่วลิสง	๑๓๙	เปลือก	๔๕	๑.๐๐๐	๔๕	๑๒.๖๖	๕๖๔
รวม							๖๐๔,๙๒๒

ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน^๓

ตารางที่ ๒ ศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ ปี พ.ศ. ๒๕๔๓

ชนิดสัตว์	จำนวน (ตัว)	ปริมาณมูล สัตว์ (กก./ตัว/ วัน)	อัตรา ส่วนมูล ที่เก็บได้	อัตราส่วน ของแข็ง ระเหย (%)	อัตราส่วนแก๊ส ชีวภาพที่ผลิตได้ (ลบ.ม./กก. ของแข็งระเหย)	ปริมาณแก๊ส ชีวภาพ (10 ⁶ ลบ.ม./ปี)	ศักยภาพ พลังงาน (*10 ⁶ MJ)
สุกร	๗,๗๖๑,๐๕๖	๒.๐	๐.๙	๒๔.๙๔	๐.๒๑๗	๑๓๔.๖๗	๒,๙๒๙
โคเนื้อ	๔,๙๐๐,๖๑๔	๕.๐	๐.๕	๑๓.๓๗	๐.๓๐๗	๑๙๓.๕๕	๓,๙๕๕
โคนม	๓๐๗,๙๒๗	๑๕	๐.๙	๑๓.๓๗	๐.๓๐๗	๕๕.๓๖	๑,๑๖๓
กระบือ	๑,๗๐๒,๒๒๓	๙.๐	๐.๕	๑๓.๖๔	๐.๒๙๖	๙๖.๙๕	๒,๐๓๖
ไก่	๑๗๒,๒๔๗,๕๖๑	๐.๐๓	๐.๙	๒๒.๓๔	๐.๒๔๒	๙๖.๕๗	๑,๗๑๓
เป็ด	๒๗,๙๙๔,๐๔๑	๐.๐๓	๐.๔	๑๗.๔๔	๐.๓๑๐	๖.๖๐	๑๓๙
ช้าง	๒,๑๗๙	๔๐	๐.๕	๒๑.๖๑	๐.๒๔๑	๐.๙๓	๑๗
รวม						๕๕๙.๕๕	๑๑,๗๕๐

ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน^๓

ตารางที่ ๓ ตักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมปี ๒๕๔๓

ประเภทอุตสาหกรรม	หน่วย	ผลผลิต (หน่วย/ปี)	น้ำเสีย/ผลผลิต (ลบ.ม./ตัน)	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./ปี)	แก๊สชีวภาพ (ลบ.ม./ปี)	ศักยภาพพลังงาน (*10 ⁶ MJ)
โรงฆ่าสัตว์	ตัน	๒๒๕,๘๔๖	๗๕.๕๕	๑๖,๘๓๔,๕๖๑	๑๕,๓๓๐,๐๕๕	๓๖๙
โรงงานน้ำตาล	ตัน	๖,๔๔๗,๐๐๐	๑๑.๘๒	๗๖,๒๐๓,๕๕๐	๘๙,๓๗๑,๕๑๒	๒,๑๔๕
โรงงานสุรา	ลิตร	๗๕,๓๘๐,๐๐๐	๓.๔๐	๒๕๖,๒๙๒	๒,๕๕๓,๖๗๕	๖๒
โรงงานเบียร์	ลิตร	๑,๑๖๕,๐๐๐,๐๐๐	๔.๑๒	๔,๗๙๙,๘๐๐	๔,๕๔๖,๓๗๑	๑๐๙
โรงงานนํ้ามันดิบ	ตัน	๔๙๑,๓๗๐	๔.๐๕	๑,๙๙๐,๐๔๙	๑,๐๑๔,๙๒๕	๒๔
โรงงานสับปะรดกระป๋อง	ตัน	๓๙๑,๒๘๒	๔.๙๘	๑,๙๔๘,๕๘๔	๑๒,๘๔๙,๗๔๕	๓๐๘
โรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง	ตัน	๔๙๕,๑๗๔	๓๑.๑๔	๑๕,๔๑๙,๗๑๘	๑๖,๐๓๖,๕๐๗	๓๘๕
โรงงานอาหารทะเลกระป๋อง	ตัน	๕๕๘,๒๙๗	๓๑.๑๔	๑๗,๓๘๕,๓๖๙	๔๗,๒๙๕,๑๕๗	๑,๑๓๕
โรงงานนํ้าอัดลม	ตัน	๑,๓๘๑,๐๐๐	๙.๓๐	๑๒,๘๔๓,๓๐๐	๑๒,๒๔๗,๓๗๑	๒๙๔
โรงงานแป้งมัน	ตัน	๒,๒๒๕,๑๒๕	๒๔.๗๒	๕๕,๐๐๕,๐๙๐	๑๖๖,๒๖๙,๓๙๖	๓,๙๙๐
โรงงานนํ้ามันปาล์ม	ตัน	๓,๒๕๖,๐๐๐	๑.๐๐	๓,๒๕๖,๐๐๐	๖๗,๗๒๔,๘๐๐	๑,๖๒๕
รวม					๔๓๕,๓๒๙,๕๐๒	๑๐,๔๔๖

ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน^๓

ตารางที่ ๔ ตักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากขยะที่ได้จากการฝังกลบ ปี ๒๕๔๓

ภูมิภาค	ปริมาณขยะ (ตัน/ปี)	สัดส่วนขยะที่ฝังกลบ(%)	ปริมาณขยะที่ฝังกลบ (ตัน/ปี)	ปริมาณแก๊สชีวภาพจากการฝังกลบ (*10 ⁶ ลบ.ม.)	พลังงานจากแก๊สชีวภาพจากการฝังกลบ (*10 ⁶ MJ)
กรุงเทพและปริมณฑล	๓,๓๓๒,๔๕๐	๘๕	๒,๘๓๒,๕๘๓	๒๘๓.๒๖	๕,๕๒๓.๓๔
เขตเทศบาลและเมืองพัทยา					
-ภาคกลางและตะวันออก	๑,๘๖๘,๘๐๐	๘๕	๑,๕๘๘,๔๘๐	๑๕๘.๘๕	๓,๐๙๗.๕๔
-ภาคเหนือ	๗๓๗,๖๖๕	๘๕	๖๒๗,๐๑๕	๖๒.๗๐	๑,๒๒๒.๖๘
-ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	๙๘๙,๑๕๐	๘๕	๘๔๐,๗๗๘	๘๔.๐๘	๑,๖๓๙.๕๒
-ภาคใต้	๗๐๕,๙๑๐	๘๕	๖๐๐,๐๒๔	๖๐.๐๐	๑,๑๗๐.๐๕
นอกเขตเทศบาล	๖,๒๙๘,๐๗๕	๘๕	๕,๓๕๓,๓๖๔	๕๓๕.๓๔	๑๐,๔๓๙.๐๖
รวม	๑๓,๙๓๒,๐๕๐		๑๑,๘๔๒,๓๖๔	๑,๑๘๔	๒๓,๐๙๒.๓๗

ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน^๓

ตารางที่ ๕ พื้นที่และผลผลิตของพืชน้ำมันที่สำคัญของไทย ปีเพาะปลูก ๒๕๔๔/๒๕๔๕

พืชน้ำมัน	พื้นที่เพาะปลูก (*พันไร่)	ผลผลิต (พันตัน)	ผลผลิต/ไร่ (กก./ไร่)
ปาล์มน้ำมัน	๑,๔๕๗	๔,๐๘๙	๒,๘๐๗
มะพร้าว	๒,๐๓๗	๑,๓๙๖	๖๘๕
ถั่วเหลือง	๑,๓๒๔	๒๙๒	๒๒๗
ถั่วลิสง	๕๒๑	๑๒๙	๒๔๒
งา	๓๙๔	๓๙	๙๙
ละหุ่ง	๘๔	๙	๑๐๗

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร^๔

ตารางที่ ๖ สรุปสถานภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ลักษณะการใช้	สถานภาพ						
	งานวิจัย พื้นฐาน	งานวิจัย และ พัฒนา	การออกแบบ ทางวิศวกรรม และงานสาริต	คุ่มค่าทาง เศรษฐ ศาสตร์	มีจำหน่าย แบบตาม ใบสั่ง	ไม่เป็น เชิง พาณิชย์	มีการใช้ใน เชิงพาณิชย์
เครื่องทำน้ำร้อน		X	X	X			X
เครื่องอบแห้ง		X	X	X	X		
เครื่องกลั่นน้ำ		X		X	X		
เครื่องทำความเย็น		X				X	
เซลล์แสงอาทิตย์		X	X	X (เฉพาะ พื้นที่)			X

หมายเหตุ : X หมายถึง มีสถานภาพตามหัวข้อในแนวดิ่ง

ตารางที่ ๗ สรุปสถานภาพของพลังงานลมของประเทศไทย

ลักษณะการใช้งาน	สถานภาพ			
	ศักยภาพทาง เทคนิค	มีการใช้งาน อย่างแพร่หลาย	โครงการ สาริต	มีจำหน่ายเชิง พาณิชย์
กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ	X	X		X
กังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า	X		X	

หมายเหตุ X หมายถึง มีสถานภาพตามหัวข้อในแนวดิ่ง

ตารางที่ ๘ อุณหภูมิของน้ำทะเลในบริเวณอ่าวไทย

ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	ผิว	ลึก ๓๐ ม.	ลึก ๕๐ ม.
มี.ค. – เม.ย.	๒๙.๐๐	๒๘.๑๗	๒๗.๙๔
พ.ค. – ก.ย.	๓๐.๐๔	๒๙.๔๘	๒๘.๕๔
พ.ย. – ก.พ.	๒๘.๓๕	๒๘.๒๔	๒๗.๙๖

ที่มา : โครงการศึกษาเบื้องต้นศักยภาพและความเหมาะสมในการพัฒนาพลังงานจากทะเล^{๕๔}

ตารางที่ ๙ ความแตกต่างของระดับน้ำขึ้น-น้ำลงของทะเล

ช่วงเวลา	ความแตกต่าง ของระดับน้ำขึ้น-น้ำลง สูงสุด		ความแตกต่าง ของระดับน้ำขึ้น-น้ำลง ต่ำสุด	
	สถานี	ความแตกต่าง (เมตร)	สถานี	ความแตกต่าง (เมตร)
อ่าวไทย				
มี.ค. – เม.ย.	มหาชัย	๒.๕๘	สงขลา	๐.๘๔
พ.ค. – ก.ย.	มหาชัย	๒.๗๖	สงขลา	๐.๘๕
พ.ย. – ก.พ.	หัวหิน	๒.๗๔	สงขลา	๑.๐๒
ทะเลอันดามัน				
มี.ค. – เม.ย.	เกาะตะพานน้อย	๒.๙๗	ทับละมุ	๒.๗๗
พ.ค. – ก.ย.	เกาะตะรุเตา	๒.๙๑	ทับละมุ	๒.๖๕
พ.ย. – ก.พ.	เกาะตะรุเตา	๒.๙๓	เกาะตะพานน้อย	๒.๔๑

ที่มา : โครงการศึกษาเบื้องต้นศักยภาพและความเหมาะสมในการพัฒนาพลังงานจากทะเล^{๕๔}

ตารางที่ ๑๐ ระดับความสูงของคลื่นและคาบคลื่น

ช่วงเวลา	ความสูงคลื่น (เมตร)	คาบคลื่น (วินาที)
อ่าวไทย		
มี.ค. – เม.ย.	๐.๑ – ๐.๗	๒-๔
พ.ค. – ก.ย.	๐.๑ – ๑.๒	๒-๖
พ.ย. – ก.พ.	๐.๑ – ๑.๗	๒-๖
ทะเลอันดามัน		
พ.ค. – ก.ย.	๐.๑ – ๐.๓	๒-๕
พ.ย. – ก.พ.	๐.๕ – ๔.๕	๔-๗

ที่มา : โครงการศึกษาเบื้องต้นศักยภาพและความเหมาะสมในการพัฒนาพลังงานจากทะเล^{๕๔}