



สถานภาพและแนวทางการวิจัย พลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย

วารุณี เตีย^๑พิมพ์พร แจ่มพลอย^๒กัณฐดา สกุลพงษ์มาลี^๓สมชาติ โสภณรณฤทธิ์^๓

ราชบัณฑิต สำนักวิทยาศาสตร์

ราชบัณฑิตยสถาน

บทคัดย่อ

การพัฒนาและขยายการใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นแนวทางพัฒนาพลังงานที่ยั่งยืนสำหรับประเทศที่ต้องนำเข้าน้ำมันดังเช่นประเทศไทย ดังนั้น ในบทความนี้จะกล่าวถึง ศักยภาพ สถานภาพ และแนวทางการวิจัยด้านพลังงานหมุนเวียนของประเทศไทย ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังน้ำขนาดเล็ก พลังงานความร้อนใต้พิภพ และพลังงานจากมหาสมุทร ยกเว้นมวลชีวภาพซึ่งได้นำเสนอในบทความที่ผ่านมาแล้ว ข้อจำกัดหลักของการใช้พลังงานหมุนเวียน คือ ความไม่แน่นอน ความไม่สม่ำเสมอของพลังงานหมุนเวียนที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ และระบบการเปลี่ยนรูปพลังงานมีประสิทธิภาพต่ำ ทำให้ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการส่วนใหญ่ไม่น่าสนใจเมื่อเทียบกับการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ ดังนั้น จึงควรมุ่งงานวิจัยทางการเพิ่มประสิทธิภาพ และการใช้งานได้อย่างสม่ำเสมอของระบบที่ใช้พลังงานหมุนเวียน รวมทั้งการลดต้นทุน และงานวิจัยเชิงนโยบาย เช่น โครงสร้างการกำหนดราคาเชื้อเพลิงที่รวมภาษีด้านสิ่งแวดล้อมด้วย

คำสำคัญ : แนวทางการวิจัย, พลังงานแสงอาทิตย์, พลังงานลม, พลังน้ำขนาดเล็ก, พลังงานความร้อนใต้พิภพ, พลังงานจากมหาสมุทร, ประเทศไทย

บทนำ

ปัจจุบันแนวโน้มของราคาน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ประเทศที่ต้องนำเข้าน้ำมันต้องประสบกับภาวะเศรษฐกิจอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ รัฐจึงมีนโยบายส่งเสริมให้มีการจัดหา และใช้พลังงานทดแทนอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีอยู่

ภายในประเทศเพื่อมาทดแทนการนำเข้าพลังงานปิโตรเลียมจึงเป็นแนวทางการพัฒนาพลังงานที่สำคัญและยั่งยืน

นอกจากนี้ พิธีสารเกียวโตซึ่งเริ่มมีผลบังคับใช้ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๔๘ ซึ่งให้เห็นว่าพลังงานหมุนเวียนจะเริ่มมีบทบาทสำคัญมากขึ้นในอนาคต แม้ว่าประเทศไทยจะยังไม่มีพันธกรณี

ที่จะต้องลดปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจก แต่การใช้พลังงานหมุนเวียนน้อย และการใช้พลังงานฟอสซิลซึ่งส่วนใหญ่นำเข้า เพิ่มขึ้นมากอย่างไม่มีการพิจารณา จะทำให้การปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่อประชากรของไทยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลกในปีฐาน (พ.ศ. ๒๕๓๓) คือ ๓.๙ ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคน

^๑ รองศาสตราจารย์ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

^๒ นักศึกษาปริญญาโท คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

^๓ ศาสตราจารย์ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



ก่อน พ.ศ. ๒๕๕๓ ซึ่งจะทำให้เสี่ยงต่อการถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มประเทศที่มีพันธกรณี^๑

บทความที่แล้ว (วารุณี เตีย และคณะ ๒๕, ๓ กรกฎาคม-กันยายน ๒๕๔๗ : ๕๕๗-๕๖๗) ได้กล่าวถึงศักยภาพการใช้และแนวทางวิจัยพลังงานจากมวลชีวภาพ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพสูงไปแล้ว ดังนั้น เพื่อพิจารณาพลังงานหมุนเวียนให้ครบทุกแหล่ง บทความนี้จะกล่าวถึงแหล่งพลังงานหมุนเวียนอื่น ๆ ที่เหลือ ซึ่งได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังน้ำขนาดเล็ก พลังงานความร้อนใต้พิภพ และพลังงานจากมหาสมุทร

วิธีดำเนินงานวิจัย

แหล่งพลังงานหมุนเวียนที่กล่าวถึงในบทความนี้ ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังน้ำขนาดเล็ก พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานจาก

มหาสมุทร และพลังงานจากน้ำขึ้น-น้ำลง ยกเว้นพลังงานจากมวลชีวภาพ ซึ่งได้ยกนำเสนอเฉพาะเรื่องนี้ในบทความที่ผ่านมาแล้ว

งานวิจัยนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ รายงาน และบทความวิจัยด้านพลังงานหมุนเวียนอื่น ๆ ยกเว้นพลังงานจากมวลชีวภาพ เพื่อนำมาศึกษาและเสนอแนวทางวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก. ศึกษาศักยภาพของแหล่งพลังงานหมุนเวียนอื่น ๆ ในประเทศไทย

ข. ศึกษาสถานภาพการใช้พลังงานหมุนเวียนของประเทศไทย

ค. ศึกษาสถานภาพงานวิจัยที่ผ่านมา

ง. วิเคราะห์ข้อมูล ศักยภาพของแหล่งพลังงาน สถานภาพการใช้และงานวิจัยพลังงานที่ผ่านมา นำมาสรุปเสนอเป็นแนวทางการวิจัยที่ควรดำเนินการต่อไป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

๑. พลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

๑.๑ ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์

พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุด อยู่ในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ช่วง ๒๐-๒๔ เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน^๒ พื้นที่ที่ได้รับความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปี ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางบางส่วน ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศมีค่าเท่ากับ ๑๘.๕ เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อคิดจากพื้นที่ร้อยละ ๑ ของพื้นที่ทั้งหมด คิดเป็น ๕๕๔,๐๗๑ พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ^๓ ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่แต่ละแห่งของประเทศแสดงได้ดังตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ ความเข้มแสงและศักยภาพเชิงพลังงานแสงอาทิตย์ตามแหล่งภูมิศาสตร์^๓

แหล่งภูมิศาสตร์	ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายปี (เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน)	ศักยภาพเชิงพลังงาน (พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)
ทั่วประเทศ	๑๘.๕	๕๕๔,๐๗๑.๖
ภาคเหนือ	๑๘.๐	๑๒๐,๓๔๕.๒
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	๑๘.๗	๒๒๙,๐๘๓.๐
ภาคกลาง	๑๘.๗	๑๑๙,๘๑๔.๓
ภาคใต้	๑๘.๘	๘๔,๘๒๘.๑



๑.๒ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ใน พ.ศ. ๒๕๕๖ ประเทศไทยมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนรวมทั้งสิ้น ๕,๗๙๙,๑๒๕ เมกะจูล และไฟฟ้า ๕,๙๑๘.๒ เมกะวัตต์ชั่วโมง^๓

ดังรายละเอียดในตารางที่ ๒ ส่วนใหญ่ใช้ทางภาคเหนือ ในสาขาเศรษฐกิจบ้านอยู่อาศัยและธุรกิจการค้า

การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้านความร้อน

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์แล้ว มีใช้ในบ้านเรือน โรงแรม โรงพยาบาล มียอดจำหน่ายประมาณ ๕,๐๐๐-๑๐,๐๐๐ ตารางเมตรต่อปี รวมพื้นที่ติดตั้งตัวรับรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบ

ตารางที่ ๒ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ตามแหล่งทางภูมิศาสตร์^๓

แหล่งทางภูมิศาสตร์	รูปแบบพลังงานที่ใช้	
	ความร้อน (เมกะจูล)	ไฟฟ้า (เมกะวัตต์ชั่วโมง)
ทั่วประเทศ	๕,๗๙๙,๑๒๕.๒	๕,๙๑๘.๒
ภาคเหนือ	๔,๖๒๗,๖๓๒.๙	๓,๓๗๗.๗
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	-	๓๒๖.๑
ภาคกลาง	๑,๑๗๑,๔๙๒.๒	๑,๒๕๘.๔
ภาคใต้	-	๙๕๖

ประมาณ ๕๐,๐๐๐ ตารางเมตร^๔ ซึ่งมีทั้งนำเข้าจากต่างประเทศและผลิตเองในท้องถิ่น แต่จำนวนยอดจำหน่ายในแต่ละปียังเพิ่มขึ้นไม่มากนัก แสดงว่าการยอมรับมีจำกัดและยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น มีราคาสูงกว่าเครื่องทำน้ำร้อนจากไฟฟ้าและแก๊สปิโตรเลียมเหลว ความไม่สม่ำเสมอของการทำน้ำร้อนต้องใช้งานควบคู่กับพลังงานชนิดอื่น เครื่องที่ผลิตในประเทศของบางบริษัทมีคุณภาพต่ำทำให้ขาดความเชื่อถือในระยะยาว บริการหลังการขายไม่ดี รวมทั้งมาตรการสนับสนุนจากภาครัฐยังไม่เพียงพอ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ยังไม่เป็นที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์ใน

ประเทศไทยแต่มีการใช้งานสำหรับการอบแห้งพืชผลทางการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ มีขนาดเล็กและการยอมรับยังอยู่ในวงจำกัด และยังไม่สามารถใช้ในเชิงอุตสาหกรรมได้ การอบแห้งผลิตภัณฑ์แต่ละครั้งทำได้ในปริมาณที่ไม่มากนัก และระยะเวลาที่ใช้ใกล้เคียงกับวิธีตากกลางแจ้งแต่มีการลงทุนสูงกว่า สำหรับเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ยังไม่มีข้อมูลการนำไปใช้งาน ประสิทธิภาพยังไม่สูงเพียงพอที่จะนำไปใช้งานได้จริงและไม่คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ รวมถึงยังไม่มีความต้องการและความจำเป็นในการนำมาใช้งานสำหรับประเทศไทย และมีปัญหาด้านคุณภาพของน้ำกลั่นที่ผลิตได้ว่าจะ

เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ด้านใด เครื่องทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยยังอยู่ในขั้นตอนของการวิจัยเพื่อศึกษาสมรรถนะเท่านั้น ยังไม่มีข้อมูลสำหรับการนำมาใช้งานจริง เนื่องจากหลักการทำงานของระบบจะค่อนข้างซับซ้อน ต้องใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานและทันสมัย รวมถึงความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่ยังไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร จึงทำให้เครื่องทำความเย็นพลังงานแสงอาทิตย์ยังมีประสิทธิภาพต่ำ มีราคาค่อนข้างสูงกว่าเครื่องทำความเย็นในระบบเดิมอยู่มาก



การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ด้านไฟฟ้า

การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในประเทศไทย ส่วนใหญ่นำไปใช้ในพื้นที่ห่างไกลที่ระบบสายส่งไปไม่ถึง เนื่องจากต้นทุนในการผลิตไฟฟ้ายังคงสูงกว่าที่ซื้อจากสายส่งอยู่มาก มีการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับงานในระบบโทรคมนาคม ระบบประจุแบตเตอรี่หมู่บ้านห่างไกล ระบบสูบน้ำในหมู่บ้านห่างไกล ระบบสอนหนังสือทางไกล ระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานในพื้นที่ห่างไกล เช่น ที่จังหวัดภูเก็ตมีระบบผลิตไฟฟ้าร่วมเซลล์แสงอาทิตย์กำลังการผลิต ๑๑.๓๔ กิโลวัตต์ และกั้นหั่นลมกำลังการผลิต ๑๗๐ กิโลวัตต์^๕ ปัจจุบันโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศ คือ โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ผาป่องซึ่งมีขนาด ๒,๔๐๐ กิโลวัตต์ ผลิตไฟฟ้าจำหน่ายไฟฟ้าให้จังหวัดแม่ฮ่องสอน^๖ นอกจากนี้ ยังมีการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในงานอื่น ๆ เช่น ไฟสัญญาณ สถานีอนามัย

สำหรับเทคโนโลยีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยนั้นมีอยู่ด้วยกัน ๓ แบบ คือ Solar Home System (SHM), Roof-top PV และ Centralised PV โดยที่ Solar Home System จะเป็นการติดตั้งที่ไม่ต่อเข้ากับระบบสายส่งของการไฟฟ้า (stand alone) ซึ่งมักจะติดตั้งในชนบทห่างไกลที่สายส่งเข้าไปไม่ถึง หรือหน่วยงานสาธิตต่าง ๆ ส่วน Roof-top PV และ Centralised PV จะเป็นการติดตั้งที่ต่อเข้ากับระบบสายส่ง โดยที่ Centralised PV จะเป็นการติดตั้ง

เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเข้าระบบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคซึ่งจะมีขนาดใหญ่กว่า Roof-top PV ซึ่งจะติดตั้งตามหน่วยงานต่าง ๆ ที่ได้รับการคัดเลือก

รัฐได้มีนโยบายสนับสนุนให้มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์โดยได้ออกระเบียบให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก ดังนั้น บ้านพักอาศัยหน่วยงาน หรือสถานประกอบการที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถขายไฟฟ้ากลับเข้าระบบสายส่งไฟฟ้าได้ ใน พ.ศ. ๒๕๔๖ มีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์รวมทั้งสิ้น ๕,๙๑๘.๒ เมกะวัตต์ชั่วโมง ปรมาณร้อยละ ๕๗ ผลิตในภาคเหนือ รองลงมา คือ ภาคกลาง ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ ๒๑.๓, ๑๖.๒ และ ๕.๕ ตามลำดับ^๗

๑.๓ สถานภาพงานวิจัยด้านพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ประเทศไทยได้มีการส่งเสริมให้มีการวิจัย พัฒนาและสาธิตการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตไฟฟ้า การผลิตน้ำร้อน การอบแห้ง การกลั่น และการทำความเย็น ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

งานวิจัยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน ประเทศไทยได้มีการวิจัยและพัฒนาระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์มาเป็นเวลานาน และทำงานวิจัยในหน่วยงานหลายหน่วยด้วยกัน ปัจจุบันสามารถพัฒนามาใช้งานใน

เชิงพาณิชย์ได้แล้ว งานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะเป็นการพัฒนาและทดสอบสมรรถนะของตัวรับรังสี^{๘-๑๐} นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ การศึกษาปัญหาและอุปสรรคของระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ภายในประเทศ

ด้านการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นั้น งานวิจัยส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งชนิดต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่นำมาทำการอบแห้ง^{๑๑-๑๔} เช่น กล้วยน้ำว่า เนื้อสัตว์ ปลา กระเทียม นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยด้านการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแหล่งพลังงานอื่นในการให้ความร้อน เช่น ไอน้ำ แก๊สปิโตรเลียมเหลว แก๊สชีวภาพ และมีงานวิจัยเกี่ยวกับตัวรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้ร่วมกับห้องอบแห้ง และการใช้หินเป็นตัวกักเก็บความร้อน ถึงแม้จะมีงานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์มากมาย แต่ยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้นถ้าต้องการควบคุมอุณหภูมิห้องอบแห้งให้ได้ตามต้องการ จะต้องใช้ควบคู่กับพลังงานจากแหล่งอื่น ทำให้มีการลงทุนสูงขึ้น

ด้านการกลั่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ มีงานวิจัยด้านสมรรถนะของเครื่องกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบต่าง ๆ^{๑๖-๑๙} เช่น แบบผิวตั้งผาครอบอะคริลิก แบบกระจกเอียง และใช้ผิวดูดความร้อนชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้



ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาตัวรับรังสีอาทิตย์แบบต่าง ๆ ที่นำมาใช้ร่วมกับเครื่องกลั่นน้ำ เพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำ^{๒๐} และมีงานวิจัยที่พัฒนาเครื่องกลั่นด้วยแสงอาทิตย์สำหรับผลิตภัณฑ์อื่น เช่น เอทานอล^{๒๑-๒๓}

ในการทำความเย็นด้วยแสงอาทิตย์ งานวิจัยด้านเครื่องทำความเย็นด้วยแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาสมรรถนะ และความเป็นไปได้ของระบบ เช่น การศึกษาเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม การศึกษาสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบดูดซับด้วยแสงอาทิตย์ที่ใช้ถ่านกัมมันต์-เมทานอลเป็นสารคู่ทำงาน^{๒๔-๒๖} พบว่าสามารถทำความเย็นได้อุณหภูมิต่ำถึง -๗.๖ องศาเซลเซียส แต่สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบยังมีค่าต่ำอยู่มากคือ ๐.๐๘๓๐ นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยด้านการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องทำความเย็นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ระบบทำความเย็นแบบดูดเกาะชนิดต่อเนื่อง การทำความเย็นแบบดูดซึม การพัฒนาตู้เย็นพลังงานแสงอาทิตย์ และการทำความเย็นด้วยน้ำแข็งหลายแบบ เช่น แบบ Intermittent^{๒๗}

ด้านการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ เนื่องจากประเทศไทยไม่ใช่ผู้นำในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบกับการวิจัยในการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์มีระบบที่ยุ่งยากและซับซ้อนและต้องใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานและทันสมัยมาก จึงทำให้งานวิจัยส่วนใหญ่เน้นการศึกษาพารามิเตอร์ คุณภาพ สมรรถนะของการนำไปใช้ในงานต่าง ๆ เช่น การศึกษาพารามิเตอร์ของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานที่ประกอบด้วย เซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้งานในพื้นที่ห่างไกล^{๒๘} การศึกษาคุณภาพของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน^{๒๙} การจัดการระบบผลิตสูบน้ำด้วยเซลล์

แสงอาทิตย์^{๓๐} ศึกษาาระบบที่เชื่อมโยงกับสายส่ง^{๓๑} การประจุแบตเตอรี่^{๓๒} อย่างไรก็ดี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ได้รับเงินสนับสนุนให้ทำวิจัยและผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นในประเทศไทย โดยคาดว่าจะสามารถผลิตเซลล์ให้มีประสิทธิภาพได้ถึงร้อยละ ๑๐^{๓๒} โดยจะพัฒนาเซลล์แบบผลึกควมคู่กันไป

จากการศึกษาสถานภาพการใช้สถานภาพด้านงานวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ และการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องทำความเย็นพลังงานแสงอาทิตย์และเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถสรุปตามสถานภาพต่าง ๆ ได้ดัง ตารางที่ ๓

ตารางที่ ๓ สรุปสถานภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ลักษณะการใช้	สถานภาพ						
	งานวิจัยพื้นฐาน	งานวิจัยและพัฒนา	การออกแบบทางวิศวกรรมและงานสาริต	คุ่มค่าทางเศรษฐศาสตร์	มีจำหน่ายแบบตามใบสั่ง	ไม่เป็นเชิงพาณิชย์	มีการใช้ในเชิงพาณิชย์
เครื่องทำน้ำร้อน		X	X	X			X
เครื่องอบแห้ง		X	X	X	X		
เครื่องกลั่นน้ำ		X		X	X		
เครื่องทำความเย็น		X				X	
เซลล์แสงอาทิตย์		X	X	X (เฉพาะพื้นที่)			X

หมายเหตุ : X หมายถึง มีสถานภาพตามหัวข้อในแนวดิ่ง



๑.๔ ข้อจำกัดและปัญหาการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

จากการศึกษาพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย พบว่า ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์เพียงพอสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ แต่ยังมี การนำไปใช้งานไม่มากเท่าที่ควร โดยสามารถสรุปปัญหาของงานวิจัยด้านพลังงานแสงอาทิตย์มีทั้งที่เป็นภาพรวมของประเทศไทยและตามสถานภาพการใช้งานของอุปกรณ์แต่ละอย่างได้ดังนี้

ด้านการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทำความร้อนเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอและความไม่แน่นอนของแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานและข้อจำกัดต่าง ๆ ดังนี้ ไม่สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามต้องการ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ สำหรับกรณีเครื่องอบแห้ง และเครื่องทำความเย็น ดังนั้น ถ้าจะแก้ไขปัญหาเหล่านี้จะต้องติดอุปกรณ์เพิ่มเพื่อใช้แหล่งพลังงานอื่นเสริม ซึ่งจะทำให้ระบบมีต้นทุนสูงขึ้น นอกจากนี้สมรรถนะของบางอุปกรณ์ยังต่ำอยู่มาก เช่น เครื่องกลั่นน้ำ และเครื่องทำความเย็น ทำให้ไม่น่าสนใจที่จะนำมาใช้งาน

สำหรับการนำแสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์นั้น มีปัญหาด้านราคาแผงเซลล์และระบบที่มีค่าสูง และประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำ ประกอบกับความไม่สม่ำเสมอ

และความไม่แน่นอนของแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ต้นทุนไฟฟ้าที่ผลิตได้ยังสูงกว่าราคาไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้ามาก ดังนั้น จึงทำให้เกิดข้อจำกัดของการนำไปใช้งาน ซึ่งส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในพื้นที่ที่ห่างไกลระบบสายส่งไปไม่ถึง จึงใช้งานได้ไม่แพร่หลาย

๑.๕ แนวทางงานวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

จากการศึกษาสถานภาพงานวิจัยด้านพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าประเทศไทยได้มีความพยายามในการทำการวิจัยด้านนี้มาเป็นเวลานาน แต่ถ้าวินิจฉัยถึงปัญหาและข้อจำกัดของการใช้งาน ความเป็นไปได้ทางเทคนิค และเศรษฐศาสตร์แล้ว พบว่าควรมีวิจัยด้านเพิ่มประสิทธิภาพ สมรรถนะ และหาแนวทางลดต้นทุนของระบบ/อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และควรพัฒนาวัสดุที่ผลิตได้ในประเทศมาใช้เพื่อลดต้นทุน ควรมีงานวิจัยหาแนวทางพัฒนาระบบที่จะสามารถเก็บความร้อนและไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้มีการใช้งานได้อย่างต่อเนื่องอย่างสม่ำเสมอ และการวิจัยที่จะหาแหล่งพลังงานอื่นที่ราคาถูกมาใช้ผสมผสานเพื่อให้การใช้งานของระบบเป็นไปได้ อย่างเสถียร และควรมีงานวิจัยทั้งทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์เพื่อขยายโอกาสที่จะพัฒนาอุปกรณ์และการประยุกต์ใช้ในงานใหม่ ๆ ต่าง ๆ ได้ อย่างเหมาะสมให้ได้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเงื่อนไขที่เหมาะสมและความคุ้มค่าของการใช้เซลล์แสงอาทิตย์

นอกจากนี้ ควรมีงานวิจัยเชิงนโยบายและมาตรการต่าง ๆ ของประเทศที่ประสบความสำเร็จในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เช่น มาตรการด้านภาษี สิ่งแวดล้อมต่าง ๆ โดยเฉพาะภาษีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

๒. พลังน้ำ

๒.๑ สถานการณ์ และการใช้พลังน้ำในประเทศไทย

การผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำเป็นการเปลี่ยนสภาพของน้ำจากสถานะพลังงานศักย์ (potential energy) เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยความแตกต่างของระดับน้ำ การเปลี่ยนพลังน้ำให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ใช้กังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ศักยภาพพลังน้ำประเมินจากเขื่อนที่ผลิตไฟฟ้าที่ดำเนินการแล้ว ในปัจจุบันมีกำลังผลิตติดตั้งรวมทั้งสิ้น ๒,๙๗๓ เมกะวัตต์^{๓๓} คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ ๑๒ ของกำลังผลิตติดตั้งโรงไฟฟ้าของภาครัฐ^{๓๔} ส่วนใหญ่กว่าร้อยละ ๘๐ อยู่ทางภาคเหนือและภาคกลางของประเทศไทย ใน พ.ศ. ๒๕๔๖ สามารถผลิตไฟฟ้าได้รวมทั้งสิ้น ๗,๒๙๙ ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง คิดเทียบเท่าพลังงานปรมาณู ๑,๖๑๖ พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ^{๓๕} ในจำนวนนี้เป็นโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่มีขนาดเล็กกว่า ๑๒ เมกะวัตต์อยู่ ๖๙ เมกะวัตต์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ๑๙๐ ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง

ปัจจุบันการหาแหล่งเพื่อพัฒนาเขื่อนขนาดใหญ่ในประเทศคง



เป็นไปได้ยาก ที่มีศักยภาพมากเป็นลุ่มน้ำระหว่างประเทศ ซึ่งในการพัฒนาเพื่อผลิตไฟฟ้าจะต้องเป็นไปในลักษณะความร่วมมือและถือกรรมสิทธิ์ร่วมระหว่างประเทศ

ดังนั้น การพัฒนาแหล่งพลังน้ำขนาดเล็กในประเทศไทยเพื่อผลิตไฟฟ้าจึงเป็นการสร้างแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญอย่างหนึ่ง กังหันพลังน้ำขนาดเล็กจะใช้น้ำในลำน้ำธรรมชาติเป็นแหล่งพลังงานโดยสร้างเขื่อนปิดกั้นแม่น้ำไว้ให้มีระดับสูงจนมีปริมาณน้ำ และแรงดันเพียงพอที่จะหมุนกังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อยู่ท้ายน้ำที่มีระดับต่ำกว่า วิธีนี้เหมาะสมกับพื้นที่แถบชนบทที่สายไฟฟ้าส่งเข้าไปไม่ถึง โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแบ่งตามปริมาณน้ำได้เป็น ๓ ประเภท^{๓๔} ได้แก่ โรงไฟฟ้าแบบมีน้ำไหลผ่านตลอดปี (run-of-river hydro plant) โรงไฟฟ้าแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ ส่วนใหญ่จะติดตั้งอยู่กับเขื่อนผันน้ำชลประทานซึ่งมีน้ำไหลผ่านตลอดปี โรงไฟฟ้าแบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก (regulating pond hydro plant) และโรงไฟฟ้าแบบสูบกลับ (pumped storage plant) ส่วนใหญ่โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กจะเป็นโรงไฟฟ้าแบบมีน้ำไหลผ่านตลอดปี โรงไฟฟ้าแบบนี้ไม่มีอ่างเก็บน้ำ และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย

จากการศึกษาเบื้องต้นด้วยแผนที่และการสำรวจภาคสนามในบางพื้นที่ รวมทั้งพิจารณาจากการศึกษาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำของหน่วยงาน

อื่น ๆ ซึ่งในการศึกษาได้พิจารณาโรงไฟฟ้า ๓ รูปแบบ พบว่าทั่วประเทศไทยมีที่ตั้งโครงการไฟฟ้าพลังน้ำที่น่าจะเป็นไปได้ ๑,๑๓๖ แห่ง^{๓๖} ปัจจุบันกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้คัดเลือกเพื่อพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กเพื่อที่จะสร้างในอนาคต ๒๔ โครงการ รวมกำลังการผลิตติดตั้งทั้งหมด ๖๖.๑๓ เมกะวัตต์ คาดว่าจะผลิตไฟฟ้าได้ ๒๙๑ ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง ประมาณการเงินลงทุนรวมทั้งสิ้น ๔,๒๙๓ ล้านบาท^{๓๗} ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ ๔

๒.๒ สถานภาพงานวิจัยด้านพลังน้ำขนาดเล็กของประเทศไทย

การวิจัยด้านพลังน้ำขนาดเล็กของประเทศไทย มีงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินเชิงเทคนิคของโครงการพัฒนาพลังน้ำขนาดเล็กในประเทศไทยที่กำลังพัฒนาและในประเทศที่พัฒนาแล้วพบว่า มีแนวโน้มที่จะเพิ่มศักยภาพมากขึ้น^{๓๖} ส่วนการศึกษาทางด้านโยธามีการศึกษาในเรื่องของวัสดุที่นำมาใช้และมาตรฐาน ปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์นั้น ๆ ขึ้นอยู่กับงบประมาณการลงทุน สภาพภูมิอากาศ ความยากง่ายในการสรรหาวัสดุอุปกรณ์มาใช้ในโครงการ การขนย้ายและการติดตั้ง มีการวิจัยด้านการจัดสรรน้ำเพื่อประโยชน์สูงสุดในการจัดการอ่างเก็บน้ำ ทั้งนี้เพื่อวางแผนและจัดการน้ำที่เหมาะสมเพื่อให้มีการใช้น้ำที่มีอยู่ตามธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด^{๓๗}

๒.๓ แนวทางการวิจัยพลังน้ำขนาดเล็กในประเทศไทย

เนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กส่วนใหญ่เป็นแบบมีน้ำไหลผ่านตลอดปี จึงควรมีการวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันที่มีความสูงของหัวน้ำที่ต่ำ ส่วนด้านวัสดุ อุปกรณ์ ควรตั้งมาตรฐานของวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กเพื่อให้เหมาะสมกับความสูงของหัวน้ำที่มีความแตกต่างกันในโครงการแต่ละโครงการ ซึ่งจะทำให้ผลิตพลังงานได้ประสิทธิภาพสูงสุด จากตารางที่ ๔ จะเห็นได้ว่าโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำใช้เงินลงทุนสูงมาก ดังนั้น ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางลดต้นทุน นอกจากนี้ ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการจัดสรรน้ำมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด และควรศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าจากเขื่อนหรือฝายน้ำขนาดเล็กที่ก่อสร้างใช้งานอยู่แล้วที่สร้างขึ้นเพื่อการชลประทานและการเกษตร ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประโยชน์การใช้ทรัพยากรให้ได้หลายวัตถุประสงค์ เช่น เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ ในโครงการพระราชดำริ ที่เริ่มสร้างขึ้นเพื่อการอุปโภค การเกษตร อุตสาหกรรม คมนาคม บรรเทาอุทกภัย ปัจจุบันกำลังดำเนินการติดตั้งกังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กกำลังผลิตสูงสุด ๖.๗ เมกะวัตต์ และคาดว่าจะเริ่มผลิตไฟฟ้าจำหน่ายได้ใน พ.ศ. ๒๕๕๘



ตารางที่ ๔ โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก จำนวน ๒๔ โครงการ ของ พพ.^{๓๓}

ชื่อโครงการ	ที่ตั้ง (จังหวัด)	กำลังการผลิต ติดตั้ง (กิโลวัตต์)	พลังงานที่ผลิตได้ (ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง ต่อปี)	ประมาณการต้นทุน ในการก่อสร้าง (ล้านบาท)
ห้วยตองก้อ	แม่ฮ่องสอน	๙๐๐	๔	๘๗
ห้วยผาปู่	ตาก	๒,๗๔๖	๗	๑๖๙
คลองฉวาง	สุราษฎร์ธานี	๖๕๕	๓	๑๓๐
แควน้อย	พิษณุโลก	๓,๕๒๐	๑๒	๒๔๖
ห้วยน้ำร้อง	พิษณุโลก	๒,๕๗๐	๙	๑๔๓
คลองเต่าดำ	กำแพงเพชร	๗,๑๖๐	๕๐	๓๖๓
คลองกรุงชิง	นครศรีธรรมราช	๖,๐๐๐	๒๕	๒๘๔
ห้วยแดนหมี่	ตรัง	๒,๖๓๕	๑๓	๑๕๕
น้ำแม่ลาน้อย	แม่ฮ่องสอน	๒,๐๑๒	๗	๑๑๓
ห้วยคลิตี้	กาญจนบุรี	๒,๖๐๐	๑๓	๒๗๓
ห้วยแม่สิงห์	เชียงใหม่	๖๕๕	๔	๙๒
ห้วยของเผาะ	กาญจนบุรี	๑,๒๘๐	๗	๑๑๕
ห้วยแม่อุสุ	ตาก	๗,๕๒๖	๓๓	๓๔๔
ห้วยน้ำปาง	เพชรบูรณ์	๑,๗๐๐	๖	๙๘
คลองละอุ่น	ระนอง	๔,๐๐๐	๑๕	๒๒๑
น้ำฟ้า	น่าน	๖,๕๐๐	๑๓	๒๗๑
คลองแอ	สุราษฎร์ธานี	๑,๙๒๐	๒๑	๑๙๐
ห้วยน้ำร้อง	พิษณุโลก	๒,๕๗๐	๙	๑๔๓
น้ำแม่วาง (แม่เตียน)	เชียงใหม่	๑,๖๐๐	๘	๑๐๑
แม่เปะ	เชียงใหม่	๖๒๘	๔	๗๒
น้ำแม่สะป๊อก	เชียงใหม่	๗๙๐	๔	๗๘
น้ำแม่หลวง	เชียงใหม่	๙๓๐	๗	๒๑๙
น้ำบัว	น่าน	๔,๓๐๐	๑๓	๒๕๘
น้ำแม่หวาน	เชียงใหม่	๙๓๐	๔	๑๒๘

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน



๓. พลังงานลม

๓.๑ ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้จัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมมา ตั้งแต่ พ.ศ. ๒๕๑๘ และได้มีการจัดทำใหม่ใน พ.ศ. ๒๕๔๔^{๑๑} ซึ่งสรุปได้ว่า ประเทศไทยได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านประเทศไทยจากทะเลจีนใต้ในเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม และอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านประเทศไทยในเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลทั้งลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นบริเวณที่อกเขาทอดยาวขวางทิศทางลม ทำให้เป็นพื้นที่ที่มีลมพัดแรงเกือบตลอดทั้งปี ที่ยอดเขามีความเร็วลมประมาณ ๗.๐ เมตร/วินาทีขึ้นไป ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี พังงา กระบี่ นครศรีธรรมราช

พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีทิศทางลมพัดจากทะเลเข้าสู่ฝั่งความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปี ๖.๔ เมตร/วินาที (ที่ความสูง ๕๐ เมตรจากพื้นดิน) ขึ้นไป ในพื้นที่ภาคใต้บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช สงขลา และปัตตานี ส่วนพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ กำลังลมแรงบนยอดเขามีความเร็วลมประมาณ ๖.๔ เมตร/วินาที ขึ้นไป ได้แก่ พื้นที่บนเทือกเขาด้านทิศตะวันตกตั้งแต่จังหวัดเพชรบุรี กาญจนบุรี และจังหวัดตาก ส่วน

อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ก็ได้รับอิทธิพลจากความกดอากาศสูงจากสาธารณรัฐประชาชนจีน และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทำให้มีความเร็วลมประมาณ ๖.๔ เมตร/วินาทีขึ้นไป

ส่วนแหล่งที่มีศักยภาพพลังงานลมรองลงมา ได้แก่ ความเร็วลมเฉลี่ย ๔.๔ เมตร/วินาทีขึ้นไป (ที่ความสูง ๕๐ เมตรจากพื้นดิน) ซึ่งเกิดจากอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า อยู่ที่อำเภอไทยฝั่งตะวันตก ตั้งแต่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี และบริเวณที่สูงบนยอดเขาในภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดเพชรบูรณ์ และเลย และแหล่งที่มีศักยภาพรองลงมาซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ ภาคใต้ฝั่งตะวันตกตั้งแต่จังหวัดสตูล ตรัง กระบี่ ภูเก็ต พังงา และอำเภอไทยฝั่งตะวันออก จังหวัดชลบุรี และระยอง

๓.๒ การใช้พลังงานลมในประเทศไทย

เนื่องจากพลังงานลมขึ้นอยู่กับความเร็วและมวลของอากาศ ดังนั้นการนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์จะต้องเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพความเร็วลมสูงจึงจะได้พลังงานมาก พลังงานลมสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานกลหรือพลังงานไฟฟ้าได้ โดยใช้กังหันลมเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงาน ทั้งนี้ สามารถจำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ได้เป็น ๒ ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ กังหัน

ลมเพื่อการสูบน้ำ และกังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า

กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ

ประเทศไทยมีการใช้กังหันลม ๓ แบบ^{๑๒} ได้แก่ กังหันลมใบเรือ กังหันลมใบพัด และกังหันลมหลายใบ กังหันลม ๒ ชนิดแรกเป็นแบบดั้งเดิมที่ใบพัดของกังหันทำด้วยเสื่อลำแพน ผ้าใบ ไม้ และสังกะสี กังหันลมชนิดใบเรือส่วนใหญ่ใช้ในนาเกลือ ส่วนกังหันลมชนิดใบพัดส่วนใหญ่ใช้ในนาข้าว กังหันลมทั้ง ๒ ชนิดนี้มีความสามารถในการยกระดับน้ำไม่เกิน ๒ เมตร สามารถสร้างเองได้ สำหรับกังหันลมชนิดหลายใบส่วนใหญ่ใช้ในการสูบน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค มีความสามารถในการยกระดับน้ำได้สูงกว่า ๒ ชนิดแรก ราคากังหันลมชนิดนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนใบกังหันลม และจะมีราคาสูงกว่ากังหันลม ๒ แบบแรก สำหรับเครื่องสูบน้ำที่ใช้คู่กับกังหันลมมีใช้อยู่ ๒ แบบ คือ แบบระทัดและแบบสูบน้ำ โดยเครื่องสูบน้ำแบบระทัดจะทำจากไม้ ใช้ร่วมกับกังหันลมชนิดใบเรือและใบพัด เพื่อวิดน้ำเข้านาเกลือและนาข้าว ส่วนเครื่องสูบน้ำแบบสูบน้ำทำจากโลหะใช้ร่วมกับกังหันลมชนิดหลายใบ กรรมวิธีการผลิตใช้เทคนิคค่อนข้างซับซ้อนและยุ่งยากกว่าแบบระทัด ส่วนใหญ่บริษัทจำหน่ายกังหันลมคู่กับเครื่องสูบน้ำ

กังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า ใน พ.ศ. ๒๕๔๖ ประเทศไทยกำลังผลิตติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น ๑๙๕.๗ กิโลวัตต์^{๑๓} ซึ่งส่วน



ใหญ่อยู่ในภาคใต้ (๑๙๒.๓ กิโลวัตต์) มีส่วนน้อยอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (๒.๕ กิโลวัตต์) และภาคใต้ (๐.๙ กิโลวัตต์) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้สร้างสถานีผลิตพลังงานทดแทนที่แหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต ซึ่งผลิตไฟฟ้าร่วมระหว่างพลังงานลม ๑๙๒ กิโลวัตต์ กับเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด ๑๑.๓๔ กิโลวัตต์

๓.๓ สถานภาพงานวิจัยด้านพลังงานลมของประเทศไทย

จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยด้านพลังงานลมของประเทศไทยสามารถแบ่งงานวิจัยออกเป็น ๒ ประเภท ได้แก่ งานวิจัยด้านสมรรถนะของกังหันลมเพื่อการสูบน้ำ และงานวิจัยด้านสมรรถนะของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม

ด้านงานวิจัยด้านสมรรถนะของกังหันลมเพื่อการสูบน้ำ มีการทดสอบกังหันลม ๘ ใบ ศึกษาสมรรถนะกังหันลมหลายใบ การศึกษาความเค้นในใบของกังหันลมแกนหมุนแนวตั้ง การศึกษาแบบจำลองไฟไนท์เอลิเมนต์ของใบพัดกังหันลมแบบดาร์เรียม และการศึกษา Laminar Separation Bubble บนใบพัดของกังหันลม^{๕๐-๕๓} การทดสอบสมรรถนะของโรเตอร์กังหันลมที่มีข้ออยู่ในประเทศไทย ๖ แบบ ได้แก่ กังหันลมหลายใบ กังหันลมล้อจักรยาน กังหันลมนาข้าว ๒ ใบ กังหันลมนาข้าว ๔ ใบ กังหันลมนาเกลือ ๖ ใบ และกังหันลม

ปัตตานี ๒ ใบ โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาอัตราส่วนความเร็วปลายใบที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานสูงสุดของกังหันแต่ละแบบ จากผลการทดสอบที่ได้ทำให้สามารถเลือกใช้กังหันลมแต่ละแบบให้เหมาะสมกับศักยภาพลมของพื้นที่แต่ละแห่ง

ด้านงานวิจัยด้านสมรรถนะการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม มีการทดสอบแบบจำลองกังหันลมแบบโรโร-โรเตอร์ชนิดไปตรง^{๕๔} ศึกษาสมรรถนะของกังหันลมแบบดาร์เรียม^{๕๕} ซึ่งเป็นกังหันลมแบบแนวตั้ง

การพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานลม^{๕๖} เป็นการพัฒนางานวิจัยที่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้กังหันลมเป็นตัวขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจากการทดสอบใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในรถยนต์เนื่องจากหาง่ายและมีราคาถูก ทนทานต่อสภาพการใช้งานในภาวะต่าง ๆ นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาพารามิเตอร์ของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานที่ประกอบด้วย พลังงานลม เซลล์แสงอาทิตย์ และเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้งานในพื้นที่ห่างไกล^{๕๗}

ระบบผลิตและสำรองไฟฟ้าด้วยพลังงานลม^{๕๘} งานวิจัยนี้เป็นการดัดแปลงกังหันนาเกลือแบบหมุนรับลมตามทิศทางมาใช้สำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้า ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความ

เร็วลมกับรอบการหมุนของกังหันลม

กังหันลมเป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้มานานอย่างแพร่หลายและคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับพื้นที่ที่มีศักยภาพความเร็วลมเพียงพอ เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่แปลงพลังงานลมมาเป็นพลังงานกลแล้วนำพลังงานกลไปขับเครื่องสูบน้ำ ดังนั้น ค่าการลงทุนจึงขึ้นกับราคากังหันลมกับราคาเครื่องสูบน้ำ และไม่มีค่าเชื้อเพลิง

ประเทศไทยมีการใช้กังหันลมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยการนำเข้าจากต่างประเทศ เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีโรงงานผลิตกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าภายในประเทศ ดังนั้น ราคาลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานลม จึงสามารถอ้างอิงราคาลังงานของต่างประเทศได้ แต่จะมีราคาสูงกว่าเพราะต้องรวมค่าขนส่ง ค่าติดตั้ง อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา ภาษีนำเข้า อุปกรณ์ของประเทศไทย รวมถึงค่าอะไหล่ที่ต้องนำเข้าและการซ่อมแซมบำรุงรักษา จากข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย^{๕๙}

จากการศึกษาศักยภาพสถานภาพการใช้ สถานภาพงานวิจัยและการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของพลังงานลมที่นำมาใช้สำหรับการสูบน้ำและผลิตไฟฟ้า สามารถสรุปสถานภาพได้ตารางที่ ๕



ตารางที่ ๕ สรุปสถานภาพของพลังงานลมในประเทศไทย

ลักษณะการใช้งาน	สถานภาพ			
	ศักยภาพทางเทคนิค	มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย	โครงการสาธิต	มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์
กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ	X	X		X
กังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า	X		X	

หมายเหตุ : X หมายถึง มีสถานภาพตามหัวข้อในแนวดิ่ง

๓.๔ แนวทางงานวิจัยด้านพลังงานลมในประเทศไทย

ข้อจำกัดสำคัญของการใช้ประโยชน์จากพลังงานลม คือ ค่าความเร็วลม สำหรับการใช้พลังงานเพื่อการสูบน้ำ ถึงแม้จะต้องความเร็วลมไม่สูงมากนัก แต่ในพื้นที่ที่มีความเร็วลมต่ำมาก ก็ไม่สามารถทำได้เช่นกัน และที่สำคัญจะต้องเป็นพื้นที่ที่ไม่มีสิ่งกีดขวางเส้นทางลมและห่างจากชุมชนพอสมควร ส่วนกังหันลมเพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้พื้นที่ที่มีศักยภาพความเร็วลมสูง เช่น ชายฝั่งทะเล จึงทำให้สามารถติดตั้งได้เฉพาะบางพื้นที่เท่านั้น

จากการศึกษาข้างต้นพบว่า สิ่งสำคัญของการนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน ได้แก่ ค่าความเร็วลมของพื้นที่นั้น ๆ ต้องเหมาะสมกับการใช้งาน เนื่องจากกังหันลมแต่ละชนิดแต่ละแบบจะมีค่าความเร็วเริ่มต้นของการทำงานต่างกัน ดังนั้น การติดตั้งกังหันลมในพื้นที่แต่ละแห่งจะต้องศึกษาศักยภาพความเร็วลมก่อนเป็นอันดับแรก และจากการศึกษาข้อมูล

ด้านศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยพบว่า ประเทศไทยมีการใช้กังหันลมเพื่อการสูบน้ำเพื่อการเกษตรทั้งในนาข้าวและนาเกลือมาเป็นเวลานาน กังหันลมเพื่อการสูบน้ำนี้ต้องการความเร็วลมไม่มากนักก็สามารถทำงานได้ จึงมีพื้นที่หลายแห่งของประเทศไทยที่มีการใช้กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ การติดตั้งกังหันลมจะเหมาะสมกับงานและพื้นที่ที่มีค่าความเร็วลมตรงกับช่วงทำงานซึ่งอาจมีปัญหาในช่วงลมสงบทำให้ไม่สามารถทำงานได้ พื้นที่ที่มีการใช้กังหันส่วนใหญ่จะเป็นทุ่งกว้างมีสิ่งกีดขวางทางลมน้อย สำหรับสถานภาพของงานวิจัยด้านพลังงานลมเพื่อการสูบน้ำของประเทศไทย ส่วนใหญ่จะเน้นไปในด้านงานวิจัยเพื่อทดสอบสมรรถนะของกังหันลม เนื่องจากกังหันลมมีหลายแบบซึ่งเหมาะสมกับการทำงานแต่ละแบบไม่เหมือนกัน ดังนั้น แนวทางงานวิจัยพลังงานลมเพื่อการสูบน้ำควรมุ่งงานวิจัยด้านการประยุกต์ใช้กังหันลมกับอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานกล การเก็บรวบรวมข้อมูลสถานภาพการใช้กังหันลมเพื่อการสูบน้ำ ณ ภาวะ

ปัจจุบัน เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นเพียงการศึกษาสถานภาพซึ่งใช้ข้อมูลจากหน่วยงานที่เคยทำการสำรวจไว้แล้ว จึงอาจจะคลาดเคลื่อนจากสภาพปัจจุบัน ข้อมูลสถานภาพการใช้งานจริงในปัจจุบันจะมีประโยชน์อย่างมากต่อการกำหนดแผนพัฒนาและส่งเสริมการใช้กังหันลมเพื่อการสูบน้ำต่อไป

ควรมุ่งงานวิจัยเชิงนโยบายด้านมาตรการส่งเสริมการนำกังหันลมมาใช้ประโยชน์ให้มากขึ้นกว่าในปัจจุบัน โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งและการนำพลังงานจากกังหันลมไปใช้ประโยชน์ และควรจะอนุรักษ์การใช้กังหันลมเพื่อการสูบน้ำในนาข้าวเดิมให้มีการใช้งานต่อไปและเพิ่มปริมาณจำนวนกังหันลมให้มากขึ้น

แนวทางด้านงานวิจัยพลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย จากการศึกษาการใช้กังหันลมสำหรับการผลิตไฟฟ้า พบว่า ต้องใช้ความเร็วลมสูงมากกว่า ๔ เมตร/วินาที กังหันลมจึงจะเริ่มทำงานได้ ดังนั้น การเลือกพื้นที่ที่มีความเร็วลมสูงจะมีความสำคัญ



มากสำหรับการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า จากการศึกษาศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยพบว่า หลายจังหวัดทางภาคใต้ของประเทศไทยมีศักยภาพความเร็วลมสูงสามารถติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ แต่ปัจจุบันประเทศไทยมีการติดตั้งกังหันลมผลิตพลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังผลิตน้อยมาก

ดังนั้น จึงควรมีงานวิจัยด้านการศึกษาคือความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์สำหรับการติดตั้งกังหันลมในพื้นที่ที่มีความเร็วลมสูง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของกังหันลม เนื่องจากประเทศไทยไม่ใช่ผู้ผลิตกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าจึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ยังคงมีปัญหาทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการนำมาใช้งาน จึงควรมีการศึกษาคือความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าภายในประเทศในอนาคต

นอกจากนี้ ควรมีงานวิจัยเชิงนโยบายด้านมาตรการจูงใจและส่งเสริมการผลิต และติดตั้งกังหันเพื่อการสูบน้ำและเพื่อการผลิตไฟฟ้า เช่น การให้คำปรึกษาด้านเทคนิคและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับกังหันลม การลดภาษีนำเข้าวัสดุอุปกรณ์ การกำหนดพื้นที่ที่มีศักยภาพเพื่อให้มีการลงทุนของภาคเอกชนในการผลิตไฟฟ้าจำหน่ายเข้าระบบการส่งเสริมการลงทุนสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตกังหันลมเพื่อการสูบน้ำและเพื่อผลิตไฟฟ้า

๔. พลังงานความร้อนใต้พิภพ

พลังงานความร้อนใต้พิภพ หมายถึง พลังงานธรรมชาติที่เกิดจากความร้อนที่ถูกกักเก็บอยู่ภายใต้ผิวโลกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยอุณหภูมิใต้ผิวโลกจะเพิ่มขึ้นตามความลึกตามปรกติแหล่งพลังงานนี้จะอยู่ในรูปของน้ำพุร้อน หรือน้ำร้อนจากใต้ดิน แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่พบในโลกแบ่งตามลักษณะการเกิดได้ ๓ ลักษณะ^{๔๔} คือ

- แหล่งที่เป็นไอน้ำส่วนใหญ่ (steam dominated) เป็นแหล่งกักเก็บความร้อนที่ประกอบด้วยไอน้ำมากกว่าร้อยละ ๙๕ โดยทั่วไปมักเป็นแหล่งที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับหินหลอมเหลวร้อนที่แทรกดันขึ้นมาอยู่ในระดับตื้น ๆ โดยอุณหภูมิของไอน้ำร้อนสูงกว่า ๒๔๐ องศาเซลเซียส แหล่งที่เป็นไอน้ำส่วนใหญ่พบน้อยมาก แต่สามารถนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุด เช่น The Geysers Field ในมลรัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา และ Larderello ประเทศอิตาลี

- แหล่งที่เป็นน้ำร้อนส่วนใหญ่ (hot water dominated) เป็นแหล่งกักเก็บสะสมความร้อนที่ประกอบไปด้วยน้ำร้อนเป็นส่วนใหญ่ อุณหภูมิน้ำร้อนจะมีตั้งแต่ ๑๐๐ องศาเซลเซียสขึ้นไป ระบบนี้จะพบมากที่สุด เช่น Cerro prieto ประเทศเม็กซิโก Hatchobaru ประเทศญี่ปุ่น และ Wairakei ในประเทศนิวซีแลนด์

- แหล่งหินร้อนแห้ง (hot dry

rock) เป็นแหล่งสะสมความร้อนที่เป็นหินเนื้อแน่น แต่ไม่มีน้ำร้อนหรือไอน้ำไหลหมุนเวียนอยู่ ดังนั้น ถ้าจะนำมาใช้จำเป็นต้องทำชั้นหินร้อนให้มีรอยแตก แล้วจึงอัดน้ำเย็นลงไปทางหลุมเจาะให้น้ำได้รับความร้อนจากหินร้อน โดยไหลหมุนเวียนภายในรอยแตกที่กระทำขึ้น จากนั้นก็สูบน้ำขึ้นมาจากหลุมเจาะอีกหลุมหนึ่ง

๔.๑ ศักยภาพของพลังงานความร้อนใต้พิภพที่พบในประเทศไทย

แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพของประเทศไทย จัดอยู่ในแหล่งกักเก็บอุณหภูมิต่ำ คือ มีอุณหภูมिन้อยกว่า ๑๒๕ องศาเซลเซียส โดยแหล่งเก็บสะสมความร้อนจะประกอบไปด้วยน้ำร้อนเป็นส่วนใหญ่ อุณหภูมิน้ำร้อนจะมีค่ามากกว่า ๘๐ องศาเซลเซียส สรุปผลจากการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพของประเทศไทย^{๔๕} พบว่ามีแหล่งส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือและอุณหภูมิต่ำกว่า ๑๐๐ องศาเซลเซียส และประเทศไทยมีศักยภาพเชิงความร้อนรวมทั้งสิ้น ๕๒๗ พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ ๖ เกณฑ์การพิจารณาศักยภาพพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยที่สามารถนำมาผลิตไฟฟ้า ได้แก่

- อุณหภูมิ อยู่ในช่วง ๑๐๐-๑๕๐ องศาเซลเซียส

- ขนาดของแหล่งกักเก็บจะต้องมีความลึกไม่เกิน ๐-๒๐๐ เมตรจากพื้นดิน



- ความดันของไอน้ำ
- ลักษณะของแหล่งประกอบไปด้วยน้ำร้อนเป็นส่วนใหญ่หรือไอน้ำเป็นส่วนใหญ่

๔.๒ การนำความร้อนใต้พิภพมาใช้ประโยชน์ในประเทศไทย

ด้านการผลิตไฟฟ้า มีการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ มีอยู่เพียงที่เดียวซึ่งเป็นโครงการสาธิตของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต คือที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ มีกำลังการผลิตคือ ๓๐๐ กิโลวัตต์ ซึ่งเป็น

โรงไฟฟ้าระบบ ๒ วงจร^{๕๑} ที่ใช้แหล่งพลังงานความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ ใช้ความร้อนจากหลุมเจาะระดับตื้นที่มีอุณหภูมิ ๑๓๐ องศาเซลเซียส ผลิตได้ประมาณปีละ ๑.๒ ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง จะถูกส่งเข้าสู่ระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเพื่อจ่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าต่อไป และได้นำน้ำร้อนที่ผ่านการใช้งานในระบบผลิตไฟฟ้าแล้วไปใช้ให้ความร้อนในการอบแห้งห้องเย็น กิจการกายภาพบำบัด และเป็นสถานที่ท่องเที่ยว

ส่วนแหล่งพลังงานความ

ร้อนใต้พิภพอื่น ๆ ที่มีศักยภาพ เช่นที่สันกำแพงนั้น ได้มีการเจาะสำรวจแต่ยังไม่มีการติดตั้งกำลังการผลิต ส่วนแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่อำเภอป่าแป๋และเทพพนม ยังพบปัญหาหลายอย่างคือ อยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติ ดังนั้น การพัฒนาแหล่งความร้อนใต้พิภพจะเป็นไปได้ยาก ส่วนที่อำเภอแม่จันนั้น อยู่ในพื้นที่ที่มีการจ่ายไฟฟ้าถึงอยู่แล้ว ต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อนใต้พิภพจะมีค่าสูงกว่า ดังนั้นจึงยังไม่มีการพัฒนา

ตารางที่ ๖ ศักยภาพเชิงพลังงานความร้อนใต้พิภพ ตามแหล่งทางภูมิศาสตร์

แหล่งทางภูมิศาสตร์	ศักยภาพเชิงพลังงาน (พินตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)
ทั่วประเทศ	๕๒๗.๐
ภาคเหนือ	๕๐๖.๓
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	-
ภาคกลาง	๓.๑
ภาคใต้	๑๗.๖

ด้านความร้อน แหล่งความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นแหล่งกักเก็บที่มีอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นควรพิจารณานำมาใช้ประโยชน์ เป็นแหล่งให้ความร้อนโดยตรง ความร้อนที่ใช้อยู่ในช่วงประมาณไม่เกิน ๑๕๐ องศาเซลเซียส^{๕๒} สามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้ เช่น สามารถนำไปใช้ในการอบแห้ง และเป็นแหล่งให้พลังงานแก่ห้องเย็นสำหรับเก็บรักษาพืชผลทางการเกษตรได้ นำไปใช้ในกิจการเพื่อ

กายบำบัด

ปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของการใช้งานคือ น้ำพุร้อนที่ไหลขึ้นมาให้เห็นตามผิวดิน อาจไม่ได้อยู่เหนือแหล่งที่กำเนิดและกักเก็บพลังงาน ดังนั้น จึงไม่สามารถประเมินถึงศักยภาพของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพได้อย่างแน่ชัดว่ามีปริมาณเท่าไร และจะหมดเมื่อไร จึงอยากที่จะประเมินว่าเหมาะสม คุ่มค่าที่จะนำมาใช้หรือไม่

๔.๓ แนวทางวิจัยพลังงาน

ความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย

ข้อจำกัดของการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพ คือ จะมีการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และมีเทน และไนโตรเจนประกอบด้วยสารละลายซิลิกา โลหะหนัก (heavy metal) โซเดียมและโพแทสเซียมคลอไรด์ บางครั้งอาจมีคาร์บอนेटด้วย ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และอาจมีการทรุดตัวของพื้นดินในแหล่งพลังงานความร้อนใต้



พิภพที่มีน้ำเป็นส่วนใหญ่ จากศักยภาพ แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย จะเห็นได้ว่าเป็นแหล่งกักเก็บที่มีอุณหภูมิต่ำ ดังนั้น ควรมีแนวทางวิจัยในการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำความร้อนจากน้ำร้อน ไปใช้ประโยชน์โดยตรงแทน โดยพัฒนาแหล่งพลังงานและศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วย

๕. พลังงานจากมหาสมุทร

มหาสมุทรสามารถผลิตพลังงานได้ ๒ รูปแบบ คือ พลังงานความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์ และพลังงานกลที่ได้จากน้ำขึ้นน้ำลง และคลื่น

๕.๑ ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากมหาสมุทรในประเทศไทย (OTEC)^{๕๓}

พื้นผิวโลกกว่าร้อยละ ๗๐ เป็นมหาสมุทร ดังนั้น มหาสมุทรจึงเป็นเสมือนตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (solar collector) ขนาดใหญ่ การผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากมหาสมุทร จะอาศัยความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิหน้าทะเลส่วนบนที่มีความลึกไม่เกิน ๕๐ เมตร ซึ่งเป็นส่วนที่สะสมพลังงานจากแสงอาทิตย์ มีอุณหภูมิ

ประมาณ ๒๕-๓๐ องศาเซลเซียส กับอุณหภูมิของน้ำทะเลส่วนล่างที่มีความลึกประมาณ ๑,๐๐๐ เมตร มีอุณหภูมิประมาณ ๕ องศาเซลเซียส

บริเวณที่เหมาะสม ในการพัฒนาระบบ OTEC^{๕๔} ได้แก่

๑. ชายฝั่งที่มีความลาดชันสูง
๒. ท้องมหาสมุทรลึกมากกว่า ๑,๐๐๐ เมตร และอยู่ใกล้ชายฝั่ง
๓. ระยะห่างจากที่ตั้งชายฝั่งถึงที่ตั้งโรงไฟฟ้าแบบลอยน้ำ ไม่ควรเกิน ๔๐ กิโลเมตร

นอกจากนี้ กระแสลมและกระแสน้ำก็มีอิทธิพลต่อการพัฒนาด้วย กล่าวคือ กระแสน้ำที่มีความเร็วมากกว่า ๑.๙๒ กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือบริเวณที่มีกระแสลมที่มีความเร็วสูงกว่า ๔๖.๔ กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะไม่เหมาะสมต่อการติดตั้งโรงไฟฟ้า OTEC

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนจากมหาสมุทร (OTEC) มีวัฏจักรการทำงาน แบ่งออกได้เป็น ๓ ระบบ คือ^{๕๓} ระบบวัฏจักรเปิด (open cycle) ระบบวัฏจักรปิด (closed cycle) และแบบลูกผสม (hybrid system) ซึ่ง

ทั้ง ๓ ระบบจะมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ ๓ ส่วน คือ เครื่องระเหย (evaporator) เครื่องควบแน่น (condenser) กังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (turbine and generator)

การทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากมหาสมุทร (OTEC) จะคล้ายคลึงกับโรงไฟฟ้าทั่วไป แต่ต่างกันที่ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง เนื่องจากใช้ความร้อนจากน้ำมหาสมุทรส่วนบนเป็นต้นกำเนิดพลังงาน จึงไม่มีต้นทุนของค่าเชื้อเพลิง โรงไฟฟ้าแบบนี้จะใช้ผลิตไฟฟ้าในช่วงภาระฐาน (base load) แต่ประสิทธิภาพของระบบการผลิตจะต่ำ ประมาณร้อยละ ๖.๘-๘.๐ ซึ่งขึ้นกับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในระบบ ปัจจุบันการออกแบบโรงไฟฟ้ามี ๒ ลักษณะ คือ แบบที่ตั้งบนชายฝั่ง (shore base type) และแบบลอยน้ำ (floating type of ship type)

จากข้อมูลของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ในด้านของอุณหภูมิของน้ำทะเลที่ระดับผิวน้ำ และที่ความลึกในระดับต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ ๗

ตารางที่ ๗ อุณหภูมิของน้ำทะเลในบริเวณอ่าวไทย

ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	ผิว	ลึก ๓๐ ม.	ลึก ๕๐ ม.
มีนาคม - เมษายน	๒๙.๐๐	๒๘.๑๗	๒๗.๙๔
พฤษภาคม - กันยายน	๓๐.๐๔	๒๙.๔๘	๒๘.๕๔
พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์	๒๘.๓๕	๒๘.๒๔	๒๗.๙๖

ที่มา : โครงการศึกษาเบื้องต้นศักยภาพและความเหมาะสมในการพัฒนาพลังงานจากทะเล^{๕๕}



พื้นที่ของทะเลอ่าวไทยมีลักษณะคล้ายแอ่งน้ำ ส่วนที่ลึกสุดอยู่ตรงกลาง และมีความลึกประมาณ ๘๓ เมตร เมื่อน้ำลงต่ำสุด ความลึกเฉลี่ยของอ่าวตอนกลางและตอนล่าง ประมาณ ๕๐ เมตร บริเวณปากอ่าวไทยที่ต่อกับทะเลจีนใต้ ลึกประมาณ ๔๐ เมตร^{๕๖} และด้านฝั่งทะเลอันดามัน พบว่าในระดับความลึก ๑,๐๐๐ เมตร อยู่ห่างชายฝั่ง ๒๒๐-๓๒๐ กิโลเมตร ซึ่งอยู่ในเขตน่านน้ำสากล และอยู่ห่างจากชายฝั่งมาก

เมื่อพิจารณาข้อมูลด้านพลังงานความร้อนจากมหาสมุทรดังแสดงในตารางที่ ๗ จะพบว่าประเทศไทยไม่มีศักยภาพเพียงพอในการพัฒนาระบบพลังงานความร้อนจากมหาสมุทร ทั้งในด้านความเหมาะสมของอุณหภูมิระหว่างผิวน้ำ และอุณหภูมิใต้ผิวน้ำที่ความลึกของท้องมหาสมุทร รวมถึงลักษณะชายฝั่งของประเทศไทยที่ไม่มีความลาดชันที่เพียงพอที่จะทำให้ท้อง

มหาสมุทรมีความลึกในระดับที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

๕.๒ พลังงานจากน้ำขึ้น-น้ำลง (Tidal Energy)

น้ำขึ้น-น้ำลง (tides) เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหนึ่งของโลก ซึ่งการเกิดจากการเพิ่มขึ้นและลดลงของระดับน้ำ^{๕๗} เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงโดยแรงดึงดูด (gravitational force) และแรงจลน์ (kinetic force) ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์และโลกเปลี่ยนไปเมื่อโคจรมาอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ กัน โดยเมื่อดวงอาทิตย์และดวงจันทร์เข้าใกล้โลกและโคจรอยู่ในแนวเดียวกันจะทำให้เกิดน้ำขึ้น และเมื่อแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ทำมุม ๙๐ องศา เมื่อเปรียบเทียบกับโลก จะทำให้เกิดน้ำลง

การประเมินค่าพลังงานที่ได้จากพลังงานน้ำขึ้น-น้ำลง

การผลิตไฟฟ้าจากความสูงของระดับน้ำที่แตกต่างกันโดยอาศัยลักษณะธรรมชาติของชายฝั่ง พบว่าบริเวณที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบพลังงานน้ำขึ้น-น้ำลง^{๕๘} คือ

- ลักษณะของภูมิประเทศที่เหมาะสมกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการขึ้นและลงของน้ำทะเลนั้น จะอยู่ที่แนวเส้นรุ้งที่ ๕๐-๖๐ องศา
- ลักษณะของชายฝั่งทะเลบริเวณปากอ่าว ควรมีความลาดชันสูง เพื่อสามารถสร้างเป็นอ่างเก็บน้ำได้
- ความแตกต่างของระดับน้ำขึ้น-น้ำลง มีค่า ๕-๑๑ เมตร
- พื้นที่ของอ่างเก็บน้ำประมาณ ๒๕ ตารางเมตร

จากข้อมูลของกรมอุทกศาสตร์ ใน พ.ศ. ๒๕๒๕-๒๕๓๖ สามารถสรุปเป็นข้อมูลของระดับน้ำขึ้น-น้ำลงสูงสุด และข้อมูลของระดับน้ำขึ้น-ลงต่ำสุดได้ดังตารางที่ ๘

ตารางที่ ๘ ความแตกต่างของระดับน้ำขึ้น-น้ำลงของทะเล

ช่วงเวลา	ความแตกต่างของระดับน้ำขึ้น-น้ำลง สูงสุด		ความแตกต่างของระดับน้ำขึ้น-น้ำลง ต่ำสุด	
	สถานี	ความแตกต่าง (เมตร)	สถานี	ความแตกต่าง (เมตร)
อ่าวไทย	มหาชัย	๒.๕๘	สงขลา	๐.๘๔
	มหาชัย	๒.๗๖	สงขลา	๐.๘๕
	หัวหิน	๒.๗๔	สงขลา	๑.๐๒
ทะเลอันดามัน	เกาะตะพานน้อย	๒.๙๗	ทับละมุ	๒.๗๗
	เกาะตะรุเตา	๒.๙๑	ทับละมุ	๒.๖๕
	เกาะตะรุเตา	๒.๙๓	เกาะตะพานน้อย	๒.๔๑

ที่มา : โครงการศึกษาเบื้องต้นศักยภาพและความเหมาะสมในการพัฒนาพลังงานจากทะเล^{๕๕}



เมื่อพิจารณาข้อมูลระดับน้ำขึ้น-น้ำลง จะเห็นได้ว่าค่าความแตกต่างของระดับน้ำขึ้น-น้ำลง ยังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยค่าของความแตกต่างของระดับน้ำขึ้น-น้ำลง ทั้งในบริเวณอ่าวไทย และฝั่งทะเลอันดามันนั้นอยู่ในเกณฑ์ต่ำและสภาพภูมิประเทศของไทยในบริเวณปากแม่น้ำจะมีลักษณะราบเรียบ ไม่เอื้ออำนวยในการสร้างอ่างเก็บน้ำได้ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าประเทศไทยไม่มีศักยภาพเพียงพอในการพัฒนาระบบพลังงานน้ำขึ้น-น้ำลง

๕.๓ พลังงานจากคลื่น

คลื่น เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติในทะเลที่เกิดขึ้นตลอดเวลา โดยคลื่นเกิดจากลมที่พัดผ่านผิวมหาสมุทรและทะเล ขนาดของคลื่นจะใหญ่หรือเล็ก จะขึ้นอยู่กับความเร็วลม และระยะทางของลมที่พัดผ่านเหนือผิวน้ำ

การประเมินค่าพลังงานที่ได้จากพลังงานคลื่นทะเล

เทคโนโลยีการแปลงพลังงานจากคลื่นทะเลเพื่อผลิตพลังงานนั้น ใช้หลักการแปลงพลังงานจลน์ (kinetic energy) ของคลื่นทะเลเพื่อผลิตพลังงาน^{๕๕}

พลังงานที่อยู่ในคลื่นทะเลจะประกอบไปด้วยพลังงาน ๒ ส่วน ได้แก่ พลังงานศักย์ และพลังงานจลน์ พลังงานศักย์จะเป็นพลังงานเกี่ยวข้องกับรูปแบบของคลื่น หรือความสูงของคลื่น ส่วนพลังงานจลน์จะเป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของคลื่น หรือความเร็วของน้ำทะเลที่ประกอบกันเป็นคลื่น

จากข้อมูลของกรมอุทกศาสตร์ใน พ.ศ. ๒๕๒๕-๒๕๓๖ สามารถสรุปเป็นข้อมูลของระดับความสูงของคลื่น และคาบคลื่นของฝั่งอ่าวไทย และฝั่งทะเลอันดามันได้ดังตารางที่ ๙

ตารางที่ ๙ ระดับความสูงของคลื่นและคาบคลื่น

ช่วงเวลา	ความสูงคลื่น (เมตร)	คาบคลื่น (วินาที)
อ่าวไทย		
มีนาคม - เมษายน	๐.๑ - ๐.๗	๒-๔
พฤษภาคม - กันยายน	๐.๑ - ๑.๒	๒-๖
พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์	๐.๑ - ๑.๗	๒-๖
ทะเลอันดามัน		
พฤษภาคม - กันยายน	๐.๑ - ๐.๓	๒-๕
พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์	๐.๕ - ๔.๕	๔-๗

ที่มา : โครงการศึกษาเบื้องต้นศักยภาพและความเหมาะสมในการพัฒนาพลังงานจากทะเล^{๕๕}

จากการพิจารณาความสูงของคลื่นและคาบคลื่น รวมถึงเทคโนโลยีที่จะนำมาผลิตพลังงานจากคลื่น โดยฝั่งอ่าวไทยมีความสูงของคลื่นไม่เกิน ๒ เมตร และฝั่งทะเลอันดามันมีความสูงของคลื่นไม่เกิน ๕ เมตร ซึ่งไม่เพียงพอแก่การนำมาใช้ประโยชน์ และจากสภาพของเทคโนโลยีในการนำพลังงานคลื่นมาผลิตเป็นไฟฟ้า ยังไม่มีเทคโนโลยี

ที่รองรับการผลิตพลังงานจากความสูงคลื่นเพียง ๒-๕ เมตร

สรุป

ด้านพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่ามีการทำงานวิจัยด้านนี้มาเป็นเวลานาน แต่มีข้อจำกัดของการใช้งาน เนื่องจากมีประสิทธิภาพต่ำและความไม่แน่นอน ความไม่สม่ำเสมอของพลังงานหมุนเวียน

ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้น ควรมีวิจัยด้านเพิ่มประสิทธิภาพ สมรรถนะการใช้งานได้อย่างสม่ำเสมอและหาแนวทางลดต้นทุนของระบบ/อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ควรมีงานวิจัยทั้งทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ เพื่อขยายโอกาสที่จะพัฒนาอุปกรณ์และการประยุกต์ใช้ในงานใหม่ ๆ ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมให้ได้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น



โดยเฉพาะเงื่อนไขที่เหมาะสมและความคุ้มค่าของการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากนี้ ควรมีงานวิจัยเชิงนโยบายและมาตรการต่าง ๆ ของประเทศที่ประสบความสำเร็จในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เช่น มาตรการภาษีสิ่งแวดล้อมด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะภาษีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ด้านไฟฟ้าพลังน้ำ พบว่า การสร้างเขื่อนขนาดใหญ่เป็นไปได้ยาก ควรเน้นพลังน้ำขนาดเล็ก นอกจากนี้ ควรมีงานวิจัยเชิงนโยบายในความร่วมมือกับประเทศเพื่อนบ้าน

ด้านพลังงานลม พบว่า ข้อมูลด้านความเร็วลมที่ระดับความสูงมากกว่า ๕๐ เมตรจากพื้นดินยังไม่มี ดังนั้น จึงควรสนับสนุนให้มีการศึกษาที่ระดับความสูงนี้ รวมถึงการศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ สำหรับการติดตั้งกังหันลมในพื้นที่ที่มีความเร็วลมสูง รวมทั้งหาแนวทางลดต้นทุนของระบบ/อุปกรณ์ นอกจากนี้ ควรมีงานวิจัยเชิงนโยบายด้านมาตรการจูงใจและส่งเสริมการผลิตและติดตั้งกังหันเพื่อการสูบน้ำและเพื่อการผลิตไฟฟ้า

พลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยมีศักยภาพต่ำ ส่วนพลังงานจากมหาสมุทรไม่น่าจะมีศักยภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนใคร่ขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

๑. นิรนาม ๒๕๔๗ สถานภาพปัจจุบันและข้อเสนอสู่อากาศ ด้านเชื้อเพลิงและเทคโนโลยีเชื้อเพลิง หน้า ๔.
๒. เสริม จันทร์ฉาย และจตุรงค์ ลักษณ์บุญส่ง, แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลดาวเทียมสำหรับประเทศไทย, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, หน้า ๘๒-๘๕.
๓. รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย ๒๕๔๖, กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.
๔. <http://www.nepo.go.th/vrs/VRS44-07-Solar.html>, 2001
๕. <http://www.egat.or.th/rdo/energy/phuket.html>, 2005.
๖. <http://www.egat.co.th/information/powerplant/solarcell.htm>, 2005.
๗. คณะทำงานพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน, ๒๕๔๐, รายงานการประชุมคณะทำงานพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน, คณะอนุกรรมการประสานงานการวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, หน้า ๒-๔.
๘. สุรสิทธิ์ ประสารปราน, ๒๕๓๐, ระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ที่มีตัวรับรังสีแบบฮีทไปป์-เทอร์มัลไดโอด, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
๙. สุกนธ์ อาจฤทธิ์, ๒๕๒๔, ตัวรับแสงอาทิตย์แผ่นราบแบบเพิ่มผิวโค้งสะท้อนแสง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๕๓ หน้า.
๑๐. ประวิทย์ ถิระแก้ว, ๒๕๒๕, สมรรถภาพของระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ที่ใช้ชุดรับรังสีแผ่นราบกระจก ๒ ชั้น, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๐๔ หน้า.
๑๑. สมนึก บุญญาศาสตร์พันธุ์, ๒๕๒๗, ระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิสูงด้วยตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๗๔ หน้า.
๑๒. สุขฤดี สุขใจ, ๒๕๓๕, สมรรถนะของเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยแสงอาทิตย์แบบหมุนเวียนและแบบต่อเนื่อง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๘๔ หน้า.
๑๓. วรวิทย์ รุ่งจิราภรณ์, ๒๕๓๘, การศึกษาระบบอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยแสงอาทิตย์ขนาดอุตสาหกรรม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๘๔ หน้า.
๑๔. ณัฐวุฒิ คุชฎี, ๒๕๓๔, การพัฒนาระบบอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๐๗ หน้า.
๑๕. พงนา วงษ์ศิริ, ๒๕๒๘, การอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารโดยใช้เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบมีตัวรับรังสี, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๗๕ หน้า.
๑๖. อานนท์ โพธิ์หอม, ๒๕๒๐, เครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงอาทิตย์, โครงการปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๕๘ หน้า.
๑๗. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, ๒๕๒๓, การศึกษาเครื่องกลั่นน้ำแสงอาทิตย์แบบรีเจนเนอเรทีฟ, วารสารวิจัยและพัฒนา สจธ., ฉบับที่ ๔, เล่มที่ ๒, หน้า ๑-๘.
๑๘. ศิริชัย เทพา, ๒๕๓๒, เครื่องกลั่นน้ำผิวดังฝากรอบอคริลิก, วารสารวิจัยและพัฒนา สจธ., ฉบับที่ ๑๒, เล่มที่ ๑, หน้า ๑๖-๑๙.
๑๙. 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.



๒๐. สมชาย โสภณศิริกุล, ๒๕๔๓, การปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๐๕ หน้า.
๒๑. มานะ คงดีจันทร์, ๒๕๓๔, การกลั่นเอธานอลจากวัตถุดิบการเกษตรโดยพลังงานแสงอาทิตย์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๑๐ หน้า.
๒๒. จีระศักดิ์ จีระวารี และวีระชัย แก่นทรัพย์, ๒๕๒๓, การกลั่นแอลกอฮอล์ด้วยตัวรับรังสีแผ่นราบ, โครงการปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๘๔ หน้า.
๒๓. ณัฐ วยศ, ๒๕๔๔, การศึกษาความเป็นไปได้ในการกลั่นเอธานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์, เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องศักยภาพของประเทศไทยในการผลิตเอธานอลเพื่อทดแทนการนำเข้า, กลุ่มงานเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร กองโครงการและประสานงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, หน้า E-1-E-6.
๒๔. ทวีศักดิ์ ศรีภูสิตโต และคณะ, ๒๕๓๑, Solar Adsorption Refrigeration, โครงการปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๗๕ หน้า.
๒๕. พิทยา กิ่งชม และคณะ, ๒๕๓๒, การศึกษาเครื่องทำความเย็นแบบดูดเกาะ, โครงการปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๖๖ หน้า.
๒๖. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, ๒๕๓๕, การศึกษาสมรรถนะของระบบทำความเย็นแสงอาทิตย์ที่ใช้ถ่านกัมมันต์-เมธานอลเป็นสารทำงาน, วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, ฉบับที่ ๓, เล่มที่ ๑, หน้า ๖๑-๖๕.
๒๗. 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.
๒๘. 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.
๒๙. 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.
๓๐. 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.
๓๑. 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.
๓๒. คณะอนุกรรมการส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน, ๒๕๔๔, เอกสารประกอบการประชุม เรื่องแผนพัฒนาพลังงานหมุนเวียนในช่วงปี ๒๕๔๕-๒๕๔๙, สำนักงานคณะกรรมการนโยบายแห่งชาติ.
๓๓. รายงานไฟฟ้าของประเทศไทย ๒๕๔๖, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.
๓๔. รายงานการใช้พลังงานของประเทศไทย ๒๕๔๖, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.
๓๕. แผนปฏิบัติการเทคโนโลยีไฟฟ้าพลังงานขนาดเล็ก ๕ ปี (๒๕๔๕-๒๕๔๙) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.
๓๖. ทวีป ชัยสมบัติ และจักรี คูปต์อักษรวิญญู, ๒๕๔๖, "การประเมินเชิงเทคโนโลยีของโครงการพัฒนาพลังงานขนาดเล็กในประเทศที่กำลังพัฒนาและในประเทศที่พัฒนาแล้ว", การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัยด้านพลังงานทดแทน, วันที่ ๒๕ กันยายน ๒๕๔๖, โรงแรมรามารการ์เดนส์, หน้า ๑๓๘-๑๔๗.
๓๗. ธนะ บุญญศิริกุล, ๒๕๔๔, "การออกแบบนโยบายจัดสรรน้ำเพื่อประโยชน์สูงสุดในการจัดการอ่างเก็บน้ำ", การประชุมสัมมนาวิชาการและนิทรรศการด้านพลังงาน, ครั้งที่ ๑, วันที่ ๖-๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๔๔, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, หน้า ๓-๑๓, ๓-๑๕.
๓๘. กรมพัฒนาส่งเสริมพลังงาน, ๒๕๔๔, เอกสารโครงการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย.
๓๙. คณะทำงานพลังงานลม, ๒๕๔๑, นโยบายแผนและแนวทางการวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน : พลังงานลม, คณะอนุกรรมการประสานงานการวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, ๑๕ หน้า.
๔๐. อองอาจ กงฤทธิ์ และคณะ, ๒๕๒๕, การนำอุโมงค์มาทดสอบกังหันลม ๘ ใบ, โครงการปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๔๒ หน้า.
๔๑. ประจัญ เพชรไวญญู, ๒๕๓๐, การศึกษาความเค้นในใบของกังหันลมแกนหมุนแนวตั้ง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๓๕ หน้า.
๔๒. สมชาย ชูชีพกุล, ๒๕๓๓, แบบจำลองไฟฟไนท์เอเลเมนต์ของใบพัดกังหันลมแบบคาร์เรียส, "วารสารวิจัยและพัฒนา สจร.", ฉบับที่ ๑๓, เล่มที่ ๒, หน้า ๑-๑๖.
๔๓. สุกฤษณ์ โรจนวิไลกุล สุทธิชัย ศิริพรอดุลศิลป์ และเอกภพ จันทร์ศุภมงคล, ๒๕๔๒, การศึกษา Laminar Separation Bubble บนใบพัดของกังหันลม, โครงการปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๕๕๑ หน้า.
๔๔. เกรียงศักดิ์ ขุนไชย, ๒๕๒๗, ระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมแบบไฮโดร-โรเตอร์ (ระยะ ๒), วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบัน



- เทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี, ๑๕๒ หน้า.
๔๕. มนชัย เหลืองวัฒนวิไล และคณะ, ๒๕๓๔, กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าแบบคาร์เรียส, โครงการปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ๕๔ หน้า.
๔๖. อนุวัตต์ จางวนิชเลิศ และประภาย ไพรสสุวรรณ, ๒๕๓๕, การพัฒนาเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานลม, พลังงานลม เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ไฟฟ้ารถยนต์ Electric generators, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๒๐ เล่ม ๓, หน้า ๓๘๖-๓๘๙.
๔๗. อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ และประภาย ไพรสสุวรรณ, ๒๕๔๑, “ระบบผลิตและสำรองกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานลม”, วิศวกรรมลาดกระบัง, ปีที่ ๑๔, ฉบับที่ ๑, หน้า ๑-๘.
๔๘. กองพัฒนาพลังงานทดแทน, สำนักงานวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิต, ๒๕๔๒, การผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม, “วารสารประสิทธิภาพพลังงาน”, ฉบับที่ ๔๖, หน้า ๓๑, ๓๔.
๔๙. กองพัฒนาพลังงานทดแทน, ๒๕๔๒, “พลังงานความร้อนใต้พิภพ”, พลังงานความร้อนใต้พิภพ, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
๕๐. <http://www.dmr.go.th/HOTSPING/THAIHOTSP.htm>, 2002.
๕๑. http://www.egat.or.th/rdo/energy/gerothermal_plant.htm, 2002.
๕๒. มานพ รักษาสกุลวงศ์และศิริพร สูงปานเขา, ๒๕๔๕, “พลังงานความร้อนใต้พิภพ”, ข่าวสารการธรณี, ปีที่ ๔๗, ฉบับที่ ๒, หน้า ๔๑-๔๕.
๕๓. http://www.nrel.gov/clean_energy/ocean.html, 2005
๕๔. สุรัชย์ ประเสริฐวิทย์, ๒๕๔๐, “พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร...สำคัญที่ผลพลอยได้”, วารสารการไฟฟ้าฝ่ายผลิต, ปีที่ ๖, เล่มที่ ๓, หน้า ๓๘-๔๔.
๕๕. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ๒๕๔๑, รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาเบื้องต้น ศักยภาพและความเหมาะสมในการพัฒนาพลังงานจากทะเล, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ๖๒ หน้า.
๕๖. มนุวดี หังสพฤกษ์, ๒๕๔๓, “สมุทรศาสตร์กายภาพของอ่าวไทย”, วารสารราชบัณฑิตยสถาน, ปีที่ ๒๕, หน้า ๑๖๕-๑๖๘.
๕๗. ประวิทย์ ถิระแก้ว, ๒๕๒๒, “พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง”, พลังงาน, หน้า ๒๕๓-๒๖๑.

Abstract**Status and Research Trends on Renewable Energy in Thailand***Warunee Tia**Pimporn Jangploy**Kangsadan Sakunpongmalee**Somchart Soponronnarit**Fellow of the Academy of Science, The Royal Institute, Thailand*

The development and expansion of the utilization on renewable energy are the sustainable way of energy development of oil imported country as Thailand. Thus this paper presents the potential, status and research trends on renewable energy in Thailand, namely solar, wind, small-hydro, geothermal, and ocean energy, except biomass which had already been reported in the our previous publication. The main limitations of using renewable energy were unreliable of resource and inefficient conversion. These appeared to be perceived poor economics of renewable energy compared to commercial energy. The research on system-efficiency and reliability improvement, cost reduction, and policy research such as pricing structure of fuel with environmental taxes should be conducted.

Key words : research trend, solar energy, wind energy, small-hydro power, geothermal energy, ocean energy, Thailand

