

บทความวิจัย

การประเมินศักยภาพของแหล่งพลังงานลมและความเป็นไปได้
ในการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.225-0.75 เมกะวัตต์ ตามแนวชายฝั่งทะเล

ของจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดสงขลา

Assessment of Wind Energy Resource and Feasibility of Installing 0.225-0.75 MW Wind Power Plants along the Coast of Nakhon Si Thammarat and Songkhla Provinces

วรพงษ์ พวงแก้ว^{1*} จอมภพ แววงศ์¹ ชูลีรัตน์ คงเรือง² ชนะ จันทร์มณี¹
นิรันดร มาแทน³ ยุทธนา ฐิระวณิชชกุล⁴ และ สุภวรรณ ฐิระวณิชชกุล⁵

Worrapong Puangkaew^{1*}, Jompob Waewsak¹, Chuleerat Kongruang², Chana Chancham¹
Nirundorn Matan³, Yutthana Tirawanichakul⁴ and Supawan Tirawanichakul⁵

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประเมินศักยภาพของแหล่งพลังงานลมและความเป็นไปได้ในการติดตั้งโรงไฟฟ้าฟาร์ม
กังหันลมขนาดกลางตามแนวชายฝั่งทะเลของจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดสงขลา โดยได้ทำการติดตั้งสถานี
ตรวจวัดลมจำนวน 10 สถานี ณ บริเวณอำเภอ ขนอม สีชล ท่าศาลา ปากพนัง และอำเภอหัวไทร ของจังหวัด
นครศรีธรรมราช และบริเวณอำเภอ ระโนด สทิงพระ¹ สทิงพระ² สิงหนคร และอำเภอจะนะ ของจังหวัดสงขลา ซึ่งได้ทำ
การติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลม และอุปกรณ์บันทึกข้อมูลอัตโนมัติกับเสาตักโครงสามเหลี่ยมสูง
45 เมตร ณ ตำแหน่ง 20 เมตร 30 เมตร และ 40 เมตร ทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 10 นาที ในระหว่างเดือนมกราคม-
ธันวาคม 2551 โดยพิจารณาการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมขนาด 0.225 เมกะวัตต์ 0.3 เมกะวัตต์ 0.5 เมกะวัตต์ และ 0.75
เมกะวัตต์ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมมีค่าอยู่ในช่วง 0.03-2.07 จิกะวัตต์ต่อปี และมี
ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าประมาณร้อยละ 0.9-51.5 โดยมีพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงและมีความเป็นไปได้ในการ
พัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมในบริเวณอำเภอ ปากพนัง หัวไทร ท่าศาลา และขนอมของจังหวัดนครศรีธรรมราช

คำสำคัญ : ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า ศักยภาพ พลังงานลม ความหนาแน่นกำลังลม

¹ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง 93110

² คณะเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดสงขลา 90000

³ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

⁴ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90110

⁵ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90110

* Corresponding author: ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานลม-แสงอาทิตย์ ศูนย์วิจัยและสาธิตระบบพลังงานทดแทน
โทร 074-693975 โทรสาร 074-693975

Abstract

This paper presents wind energy resource assessment and feasibility for power generation by medium-scale wind turbine farms along the coastal area of of Nakhon Si Thammarat and Songkhla Provinces. The 10 wind monitoring stations were installed at Khanom, Sichon, Thasala, Pak Phanang and Huasai in Nakhon Si Thammarat province and at Ranot, Sating Phra1, Sating Phra2, Singha Nakhon, and chana in Songkhla province. A set of wind sensors and data logger was installed and attached to the guyed mast tower at the heights of 20 m, 30 m, and 40 m above the ground. The 10 min sampling interval data were collected during January-December 2008. Results showed that net Annual energy production (AEP) produced by wind farm were in the range of 0.03-2.07 GWh/year corresponding to the plant factor ranging between 0.9-51.5%. It is could be concluded that Pak Phanang, Huasai, Thasala, and Khanom in Nakhon Si Thammarat province were the most interesting sites for wind power plant development because they have the high wind energy potential.

Keywords: Plant Factor, Potential, Wind Energy, Wind Power Density

คำนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ และเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตของประชาชน การเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานให้ประเทศมีพลังงานใช้อย่างเพียงพอและมีประสิทธิภาพ ภายใต้สถานการณ์ทางด้านพลังงานที่นับวันจะมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง และมีความผันผวนทางด้านราคาของเชื้อเพลิง โดยกำหนดแนวทางการส่งเสริมให้มีการคิดค้นแหล่งพลังงานใหม่ที่สะอาดราคาถูก และไม่มีวันหมดสิ้นบางชนิดถูกนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ชีวมวล น้ำขึ้น-น้ำลง คลื่นทะเล แสงอาทิตย์ ลม และความร้อนใต้พิภพเป็นงานพื้นฐานหลักในการพัฒนาพลังงานของประเทศและสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ด้านพลังงานทดแทน

พลังงานลมเป็นพลังงานสะอาดชนิดหนึ่งที่นานาประเทศมุ่งพัฒนาให้เกิดประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากมีศักยภาพในการผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากลมไม่ปล่อยของเสียที่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม ปัจจุบันการวิจัยและพัฒนาทางด้านพลังงานลมมีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม

ก็ตามการพัฒนาแหล่งพลังงานลมในทางปฏิบัติยังต้องประสบปัญหาด้านการวางแผนและการบริหารจัดการ ซึ่งต้องทำการประเมินศักยภาพแหล่งพลังงานลมอย่างแม่นยำและการหาตำแหน่งที่ตั้งของกังหันลมอย่างเหมาะสม ในการพัฒนาโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมนั้นได้มีการประเมินศักยภาพพลังงานลมก่อน ดังเช่น ในประเทศจอร์แดน [1] สหรัฐอเมริกา [2] สเปน [3] และ เวียดนาม [4] เป็นต้น สำหรับประเทศไทยได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อประเมินศักยภาพของแหล่งพลังงานลมในช่วง 10 กว่าปีที่ผ่านมาจากหน่วยงานต่างๆ โดยเริ่มจากการอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา การจัดทำแผนที่พลังงานลมและการประเมินพลังงานลมเฉพาะแหล่ง [5-8] จากการที่กระทรวงพลังงานได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนสำหรับผลิตไฟฟ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากพลังงานลมโดยมีกำลังการผลิต 150 เมกะวัตต์ ในปี พ.ศ. 2554 และในปัจจุบันจากการศึกษาทางด้านพลังงานลมพบว่าประเทศไทยมีศักยภาพของพลังงานลมในการผลิตไฟฟ้าสูงกว่า 1,600 เมกะวัตต์ โดยในการส่งเสริมและสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากภาครัฐได้มีการตั้งราคารับซื้อส่วนเพิ่ม (Adder) ในราคา 3.5 บาทต่อหน่วย

(บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง) สำหรับกำลังการผลิตมากกว่า 50 กิโลวัตต์ และสำหรับ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ในราคา 4.5 บาทต่อหน่วย โดยในการวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลมสามารถดำเนินการภายใต้แผนงานผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก (Very Small Power Producer; VSPP) นอกจากนี้ในการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมยังสามารถขอรับการสนับสนุนการจัดทำกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism; CDM) ซึ่งสามารถซื้อขายปริมาณคาร์บอนเครดิตในตลาดรับซื้อได้อีกประมาณ 6-8 ดอลลาร์สหรัฐต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมสำหรับประเทศไทย ได้รับอิทธิพลจากลมท้องถิ่น เช่น ลมบก-ลมทะเล ลมภูเขา-ลมภูเขา ซึ่งจำเป็นต้องหาแหล่งที่มีศักยภาพสูงพอสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม ดังนั้นการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟาร์มกังหันลม จึงควรมีการวิเคราะห์ศักยภาพของแหล่งพลังงานลมและวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการก่อนเพื่อประกอบการตัดสินใจในการพัฒนาโครงการ ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอส่วนหนึ่งของผลการศึกษาวิจัยของโครงการ “การศึกษาศักยภาพโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย” โดยได้นำเสนอผลการศึกษาศักยภาพไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.225-0.75 เมกะวัตต์ตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยของจังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดสงขลา

ทฤษฎี

1. การประมาณค่าอัตราเร็วลม (Extrapolation of Wind Speed)

ข้อมูลอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร 30 เมตร และ 40 เมตร จากการวัดและการวิเคราะห์สามารถนำมาประมาณค่าอัตราเร็วลมที่ระดับความสูงที่ต้องการศึกษาได้จากสมการที่ 1

$$V(z) = V_r \left(\frac{z}{z_r} \right)^\alpha \quad (1)$$

- เมื่อ z คือ ระดับความสูงที่ต้องการทราบค่าอัตราเร็วลมเหนือพื้นดิน (เมตรต่อวินาที)
 z_r คือ ระดับความสูงที่ทราบค่าอัตราเร็วลมเหนือพื้นดิน (เมตร)
 V_r คือ อัตราเร็วลมที่ระดับความสูง Z_r (เมตรต่อวินาที)
 $V(z)$ คือ อัตราเร็วลมที่ต้องการทราบค่าที่ระดับความสูง z (เมตรต่อวินาที)
 α คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (ไร้หน่วย)

2. ความหนาแน่นกำลังลม (Wind Power Density)

ความหนาแน่นกำลังลมสามารถคำนวณหาได้จากอัตราความเร็วลมดังสมการต่อไปนี้

$$P = \frac{1}{2} \rho_a V^3 \quad (2)$$

- เมื่อ P คือ ความหนาแน่นกำลังลม (วัตต์ต่อตารางเมตร)
 V_r คือ อัตราเร็วลมที่ระดับความสูง Z_r (เมตรต่อวินาที)
 ρ_a คือ ความหนาแน่นของอากาศ (มีค่าเท่ากับ 1.225 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

3. ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า

ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าพลังงานลม (Capacity Factor; CF) สามารถพิจารณาได้จากอัตราส่วนของปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (Annual Energy Production; AEP) จากกังหันลมต่อกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุดของกังหันลม (Wind Turbine Generator; WTG) ในรอบปีดังสมการที่ 3

$$CF = \left(\frac{AEP}{Rated\ Capacity \times 8,760} \right) \times 100\% \quad (3)$$

เมื่อ *Rated Capacity* คือ ขนาดกำลังผลิตไฟฟ้าของกังหันลม (กิโลวัตต์)

Thaksin.J., Vol.12 (3) October 2009 - January 2010

วิธีดำเนินการ

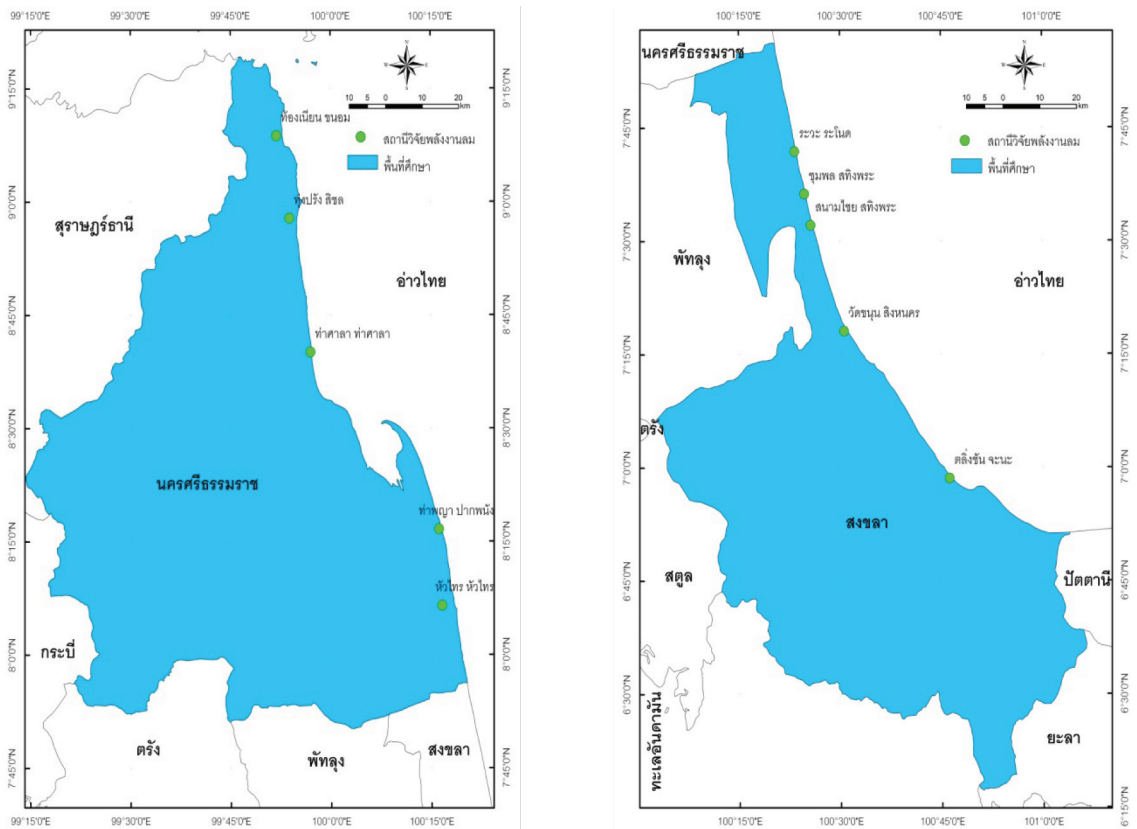
1. ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของสถานีตรวจวัดลม

พื้นที่ศึกษาของโครงการประกอบไปด้วยพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยของจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดสงขลา โดยทำการติดตั้งสถานีตรวจวัดลมในพื้นที่ของอำเภอขนอม สิชล ท่าสาละ ปากพนัง และอำเภอหัวไทร ของจังหวัดนครศรีธรรมราช และทำการติดตั้งสถานีตรวจวัดลมในเขตพื้นที่ของอำเภอระโนด สทิงพระ1 สทิงพระ2 สิงหนคร และอำเภอจะนะ ของจังหวัดสงขลา รวมทั้งสิ้น 10 สถานี มีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์แสดงดังรูปที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของ

สถานีตรวจวัดลมอำเภอขนอม ท่าสาละ ปากพนัง ระโนด สทิงพระ1 สทิงพระ2 สิงหนคร และ อำเภอจะนะ มีพื้นที่โดยรอบสถานีวัดลมเป็นที่ราบชายฝั่งทะเลมีแนวต้นสนและต้นไม้บริเวณสถานีวัด ตัวสถานีวัดห่างจากทะเลประมาณ 50 เมตร ส่วนสถานีตรวจวัดลมอำเภอหัวไทรและ สิชลมีพื้นที่โดยรอบเป็นทุ่งนา มีต้นไม้ขึ้นกระจัดกระจาย

2. อุปกรณ์และเครื่องมือวัด

ในการวิเคราะห์ศักยภาพของพลังงานลมได้ทำการติดตั้งเสาสูง 45 เมตร โดยทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลมที่ระดับความสูง 20 เมตร 30



รูปที่ 1 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของสถานีตรวจวัดลมของจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดสงขลา

เมตร และ 40 เมตร เช่นเซอร์วัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม อุปกรณ์บันทึกข้อมูลอัตโนมัติพร้อมระบบไฟฟ้าสำรอง จากเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทเตอร์รี เช่นเซอร์วัดอัตราเร็ว และทิศทางลมยี่ห้อ HOBO ซึ่งสามารถวัดอัตราเร็วลมได้ในย่าน 0-44 เมตรต่อวินาที มีความละเอียดในการวัด 0.19 เมตรต่อวินาที ค่าความผิดพลาดน้อยกว่าร้อยละ 3 ที่ความเร็วลม 17-30 เมตรต่อวินาที วัดทิศทางได้ 0-360 องศา มีความละเอียด 1.4 องศา โดยทำการวัดทุกๆ 1 นาทีและบันทึกข้อมูลทุก 10 นาที รายละเอียดของอุปกรณ์วัดแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 เซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทาง อุณหภูมิอากาศ เซลล์แสงอาทิตย์ประเภทเตอร์รีและอุปกรณ์บันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

3. กังหันลม

กังหันลมผลิตไฟฟ้าที่พิจารณาในการวิเคราะห์นี้ใช้กังหันลมขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 0.225 เมกะวัตต์ 0.3 เมกะวัตต์ 0.5 เมกะวัตต์ และ 0.75 เมกะวัตต์ ตามลำดับ โดยกังหันลมทั้ง 4 ขนาด มีค่าอัตราเร็วลมที่กังหันลม

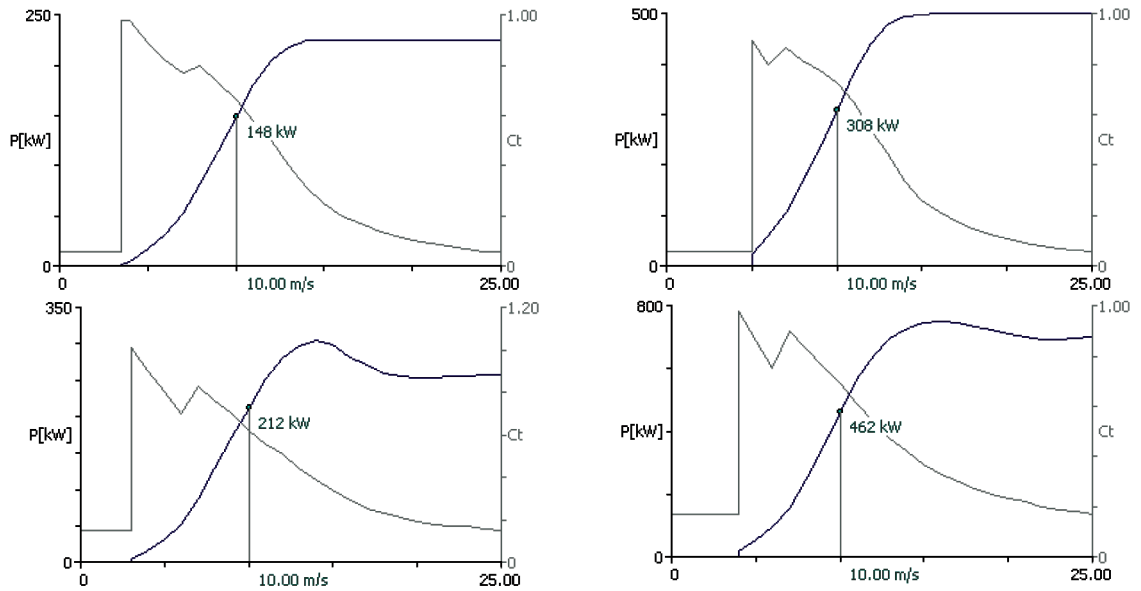
เริ่มต้นผลิตกระแสไฟฟ้า (Cut in Wind Speed) เท่ากับ 3.5 เมตรต่อวินาที 3.0 เมตรต่อวินาที 5.0 เมตรต่อวินาที 4.0 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และค่าอัตราเร็วลมที่กังหันลมหยุดผลิตกระแสไฟฟ้า (Cut off Wind Speed) เท่ากับ 25 เมตรต่อวินาที โดยมีเส้นโค้งกำลังแสดงดังรูปที่ 3

ผลการวิจัยและอภิปราย

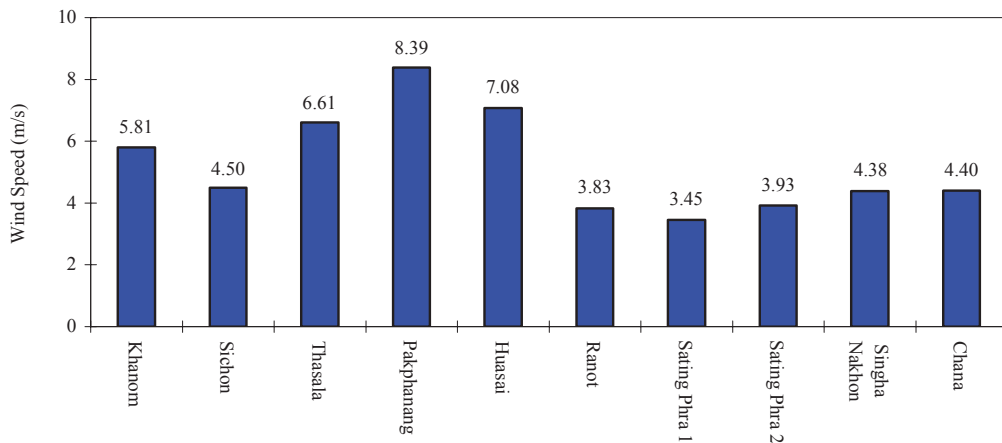
ผลจากการวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ย ความหนาแน่นกำลัง ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (AEP) และประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า (C.F.) จากการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.225 เมกะวัตต์ 0.3 เมกะวัตต์ 0.5 เมกะวัตต์ และ 0.75 เมกะวัตต์ ณ สถานีตรวจวัดลมตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยทั้ง 10 สถานี แสดงดังรูปที่ 4-7

จากการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า ณ สถานีตรวจวัดลม ผลการศึกษาพบว่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยรายปีที่ระดับความสูง 50 เมตรเหนือพื้นดินมีค่าอยู่ในช่วง 3.45-8.39 เมตรต่อวินาที แสดงดังรูปที่ 4 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีจากการติดตั้งกังหันลมขนาด 0.225 เมกะวัตต์ 0.3 เมกะวัตต์ 0.5 เมกะวัตต์ และ 0.75 เมกะวัตต์ ในพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยของจังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดสงขลา มีค่าอยู่ในช่วง 0.03-2.07 จิกะวัตต์ต่อปี แสดงดังรูปที่ 5 โดยมีประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.9-51.5 แสดงดังรูปที่ 6 และจากการพิจารณาการกระจายแบบไวบูลล์ โดยมีพารามิเตอร์รูปร่าง (k-Shape) ที่บ่งบอกถึงลักษณะของการกระจายตัวของไวบูลล์ ส่วนพารามิเตอร์สเกล (A-scale) เป็นพารามิเตอร์ที่แสดงความสัมพันธ์กับอัตราเร็วลมเฉลี่ย นอกจากนี้เมื่อสร้างไฟล์ด้วยโปรแกรม WAsP 9.0 โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าความหนาแน่นกำลังลม ซึ่งมีความหนาแน่นกำลังลมอยู่ในช่วง 51-759 วัตต์ต่อตารางเมตร แสดงดังรูปที่ 7 โดยสถานีตรวจวัดลมปากพนังมีศักยภาพพลังงานลมสูงสุด โดยมีค่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีอยู่ในช่วง 0.88-2.07 จิกะวัตต์ต่อปี มีประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 31.5-51.5 และ ความหนาแน่นกำลังลม

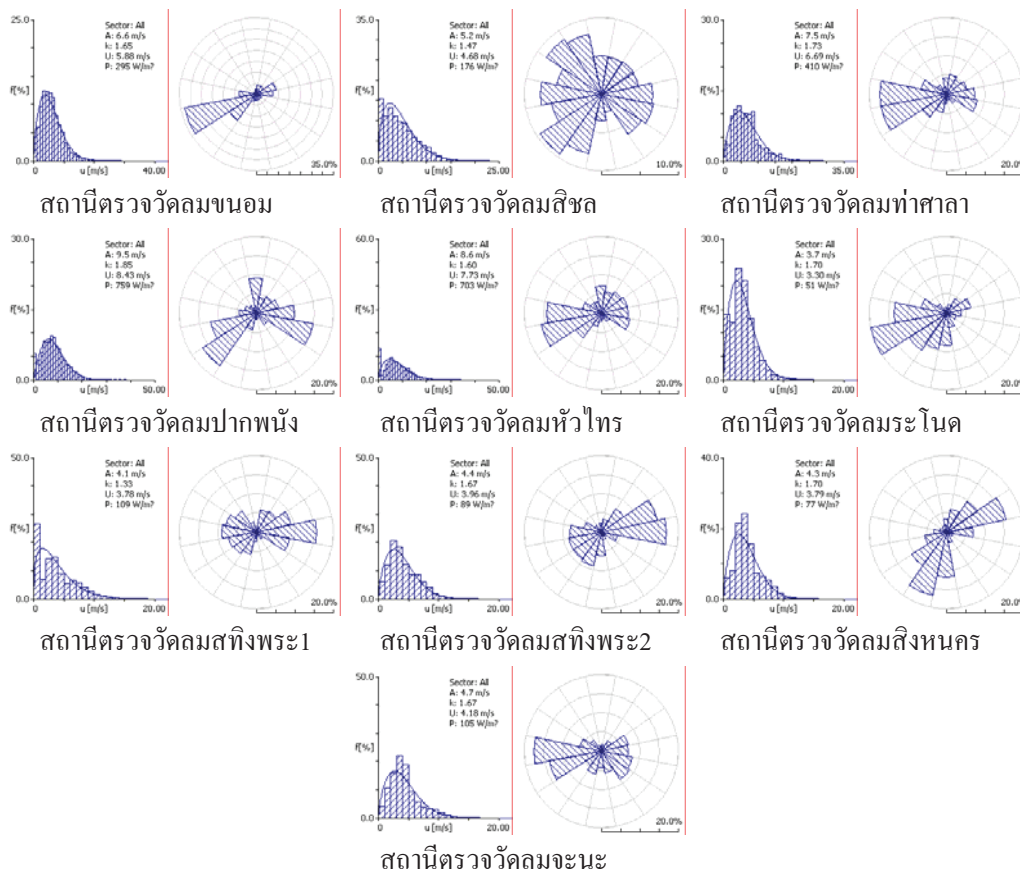
Thaksin.J., Vol.12 (3) October 2009 - January 2010



รูปที่ 3 เส้นโค้งกำลังของกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.225 เมกะวัตต์ 0.3 เมกะวัตต์ 0.5 เมกะวัตต์ และ 0.75 เมกะวัตต์ ตามลำดับ



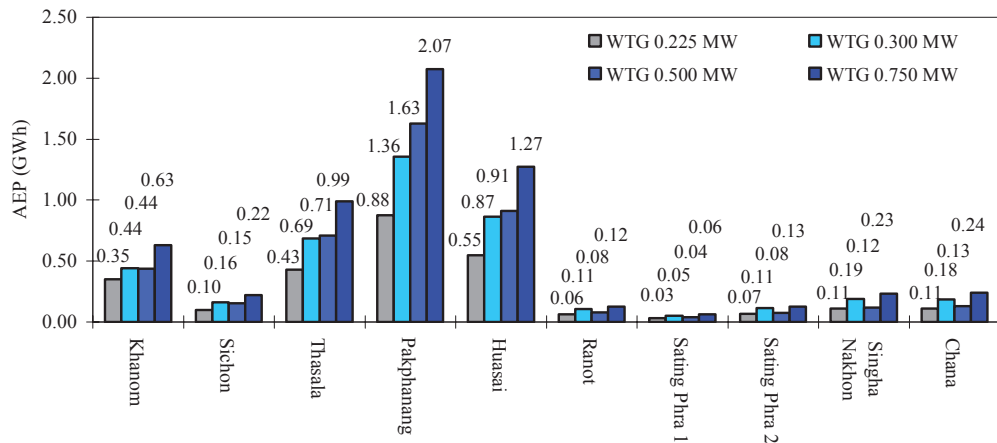
รูปที่ 4 อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายปีในระดับความสูง 50 เมตร เหนือพื้นดิน



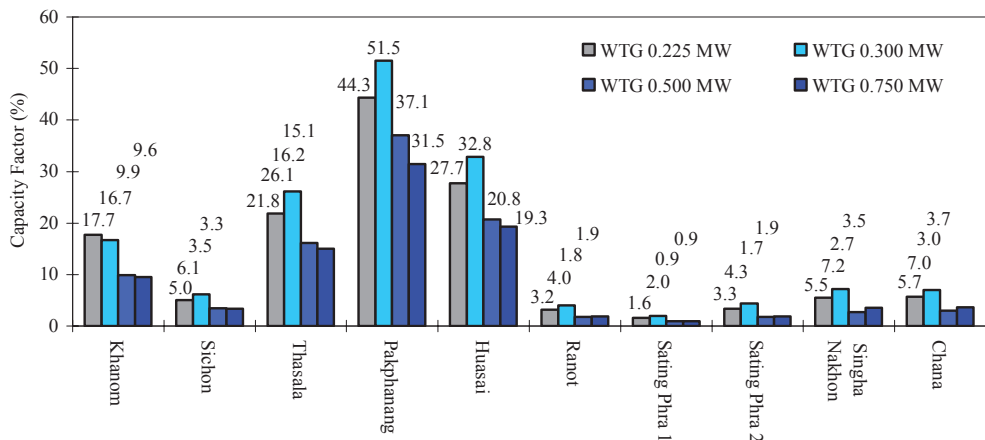
รูปที่ 5 การแจกแจงไวบูลล์และฟังก์ชันของอัตราเร็วลมของสถานีตรวจวัดลมตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทย

มีค่าเท่ากับ 759 วัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ ภายใต้
 สถานการณ์ทางด้านพลังงานและเศรษฐกิจในปัจจุบัน
 พบว่าโรงไฟฟ้าพลังงานลมทั้ง 4 ขนาดมีความเป็นไปได้
 ในการพัฒนาโดยมีพื้นที่เป้าหมายบริเวณอำเภอ ปากพนัง

หัวไทร ท่าศาลา และ อำเภอกขนอม ของจังหวัดนครศรี-
 ธรรมราช เนื่องจากมีศักยภาพของพลังงานลมเพียงพอ
 สำหรับการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดดังกล่าว



รูปที่ 6 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลม



รูปที่ 7 ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าพลังงานลม

สรุปผลการวิจัย

ผลการประเมินและศึกษาความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมของกังหันลมขนาด 0.225 เมกะวัตต์ 0.3 เมกะวัตต์ 0.5 เมกะวัตต์ และ 0.75 เมกะวัตต์ ตามแนวชายฝั่งทะเลของจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัด

สงขลา สามารถบ่งชี้ให้เห็นว่าบริเวณที่มีศักยภาพของพลังงานลมและมีความเป็นไปได้สูง ได้แก่บริเวณพื้นที่อำเภอ ปากพนัง หัวไทร ท่าศาลา และอำเภอขนอม ของจังหวัดนครศรีธรรมราชโดยมีค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้อยู่ในช่วง 0.35-2.07 จิกะวัตต์ต่อปี มีประสิทธิภาพของ

โรงไฟฟ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 9.6-51.5 และความหนาแน่นกำลังลมมีค่าเท่ากับ 759 วัตต์ต่อตารางเมตร 703 วัตต์ต่อตารางเมตร 410 วัตต์ต่อตารางเมตร และ 295 วัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งพบว่าสามารถติดตั้งโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมขนาดดังกล่าวได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัยของโครงการ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Hrayshat E.S.(2007). Wind Resource Assessment of the Jordanian Southem Region. **Renewable Energy**. **32**, 1948-1960.
- [2] Acker T.L., William S.K., Duque E.P.N., Brummels G. and Buechler J. (2007). Wind Resource Assessment in the State of Arizona; Inventory, Capacity Factor and Cost. **Renewable Energy**. **32**, 1453-1466.
- [3] Migoya E., Crespo A., Jeminez A., Garcia J. and Manuel F. (2007). Wind Energy Resource Assessment in Madrid Region. **Renewable Energy**. **32**, 1467-1483.
- [4] Wind Energy in Vietnam: Resource Assessment, Development Status and Future Implication. (2007). **Energy Policy**. **35**, 1405-1413.
- [5] จอมภพ แวศักดิ์ มารีนา มะหิ นพนันท์ นานคงเนบฐานันครศักดิ์ เทพญา ยุทธนา ฐิระวณิชย์กุล สุภวรรณ ฐิระวณิชย์กุล และ นิรันดร มาแทน. (2551). การประเมินศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย. รายงานวิจัย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.).
- [6] ธเนศ ไชยชนะ ณัฐวุฒิ คุชฎี กิตติกร สาสุจิตต์ และ ทะนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ .2552. การวิเคราะห์ลักษณะและศักยภาพพลังงานลมของสถานีวัดลมกิวลม จังหวัดแม่ฮ่องสอน การประชุมทางวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5 29 เมษายน-1พฤษภาคม 2552
- [7] พินิจ ศิริพฤกษ์พงษ์ บุญชัย เงินสวัสดิ์ บันเทิง สุวรรณตระกูล และ กวีาน สีตะธานี. (2552). การประเมินศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 3 เรื่อง Non-Conventional Energy and Applications 3-5 พฤศจิกายน 2524
- [8] รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.2550. การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในเขตภาคเหนือตอนบน