

## ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมของประเทศไทย

## Wind Power Potential in Thailand

ชนะ จันทร์จำ<sup>1</sup>\*, จอมภพแวตศักดิ์ และธเนศ ไชยชนะ

<sup>1</sup> ศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานลม-แสงอาทิตย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ (วิทยาเขตพัทลุง)  
222 หมู่ 2 ตำบล บ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93110  
\*E-mail : 501995054@tsu.ac.th โทรศัพท์ 074-693-975 โทรสาร 074-693-975

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมของประเทศไทย โดยอาศัยแหล่งพลังงานลมจากแผนที่ลมความละเอียด 9 km ซึ่งทำการประมาณค่าจากแบบจำลองบรรยากาศระดับภูมิภาค และอาศัยข้อมูลนำเข้าในช่วงเวลาปี ค.ศ. 2009-2011 จากนั้นทำการคัดสรรพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า ด้วยข้อมูลข้อจำกัดในการใช้พื้นที่ของประเทศไทยโดยอาศัยโปรแกรม ARC GIS 10.1 ในการประมวลศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ที่มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่า 3.5 m/s 287,162 km<sup>2</sup> คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 51.39 ของประเทศ เมื่อคัดสรรพื้นที่ที่มีข้อจำกัดออกพบว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 27,713 km<sup>2</sup> คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 4.97 ของประเทศ ซึ่งมีกำลังการผลิตติดตั้ง 11,550 MW ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยเพื่อสอดคล้องกับนโยบายและแผนด้านพลังงานลมต่อไป

**คำหลัก:** พลังงานลม ศักยภาพพลังงานลม ศักยภาพกำลังการผลิตเชิงเทคนิค

**Abstract**

The purpose of this study was to assess the wind power potential in Thailand by using 9 km resolution wind resource map. Regional Atmospheric Modeling System (RAMS) was employed using NCAR/NCEP global reanalysis database in 200-2011 as an input data. Furthermore, the potential area was selected by considering the restricted and constraint area using Arc GIS 10.1. The results showed that the potential area with wind speed more than 4.0 m/s was 287,162 km<sup>2</sup> accounted of 51.39% of Thailand's total area. The windy area with wind speed in the range of 6.0-7.0 m/s was 27,713 km<sup>2</sup> accounted of 4.97% of total area corresponding to the technical power potential of 11,550 MW. Finally, it was found that the wind resource has high potential to develop wind power generation towards the national renewable energy policy of Thailand.

**Key Word :** Wind Energy Wind Energy Potential and Technical Power Potential

## 1. บทนำ

วิกฤติพลังงานเป็นประเด็นปัญหาที่สำคัญในระดับต้นๆ ของเศรษฐกิจโลกในปัจจุบันการแก้ไขปัญหาวิกฤติพลังงานส่งผลกระทบต่อตรงต่อปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ ปัจจุบันวิกฤติพลังงานมีผลกระทบต่อประเทศไทยเป็นอย่างมาก เพราะประเทศไทยมีแหล่งพลังงานภายในประเทศที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน เมื่อพิจารณาปริมาณการผลิตไฟฟ้าในปี ค.ศ. 2012 ซึ่งเป็นปริมาณสูงถึง 176,973 GWh โดยร้อยละ 6 เป็นการนำเข้าและร้อยละ 88 เป็นพลังงานที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล [1] ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยเชื้อเพลิงฟอสซิลได้แก่ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน การใช้พลังงานทดแทนเป็นการทูลาปัญหาวิกฤติพลังงานและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การใช้พลังงานทดแทนซึ่งถือได้ว่ามีส่วนที่น้อยมากหากสามารถส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนตามที่ประเทศไทยมีศักยภาพอยู่ให้สูงขึ้นได้จะไม่เป็นเพียงการช่วยลดสภาวะโลกร้อนแต่ยังเป็นการช่วยลดการนำเข้าพลังงานและสร้างเสถียรภาพทางพลังงานของประเทศให้มีความมั่นคงเพิ่มขึ้นอีกด้วย จากแผนนโยบายการปรับปรุงแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (Power Development Plan: PDP) ปี พ.ศ. 2554 ฉบับปรับปรุง ซึ่งเป็นแนวทางการพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยระยะยาว 20 ปี ที่มุ่งเน้นให้ความสำคัญกับความมั่นคงของระบบไฟฟ้าและให้มีการกระจายแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อลดความเสี่ยงในการผลิตไฟฟ้า โดยเป็นแผน Green PDP ที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี ของกระทรวงพลังงานซึ่งพลังงานลมเป็นอีกหนึ่งในทางเลือกที่สำคัญในการบรรลุเป้าหมายเชิงนโยบายดังกล่าวข้างต้น ซึ่งในปัจจุบันการประยุกต์ใช้พลังงานลมมีอย่างแพร่หลายทั่วโลก จากข้อมูลกำลังการผลิตติดตั้งถึงปี ค.ศ. 2012 มีสูงถึง 28,430 MW [2] ซึ่งการที่จะนำพลังงานลมไปใช้ประโยชน์นั้นควรทำการศึกษา

อย่างถ่วงถ่วง ซึ่งการศึกษาศักยภาพพลังงานลมมีการศึกษากันอย่างแพร่หลายทั่วโลก [3-5] นอกจากนี้การนำแบบจำลองสภาพภูมิอากาศมาใช้ในการประเมินพลังงานลมยกตัวอย่างเช่น แบบจำลอง fifth-generation of mesoscale model (MM5), Mesoscale Compressible Community (MC2) and Karlsruhe Atmospheric Mesoscale Modeling (KAMM) เพื่อให้เป็นการสอดคล้องกับแผนนโยบายและสถานการณ์ในปัจจุบันดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานลมของประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าของประเทศต่อไป

## 2. ระเบียบวิธีวิจัย

### 2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้ตั้งอยู่บนพิกัด 5.564-20.467 °N และ 95.641-106.24 °E มีขนาด 1,712X1,193 km<sup>2</sup> ซึ่งครอบคลุมประเทศไทยทั้งประเทศพิกัดทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษาและเสาวัดลมที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ลมแสดงรายละเอียดดังรูป 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาและตำแหน่งติดตั้งเสาดตรวจวัดลมของกรมควบคุมมลพิษและเสาดตรวจวัดลมของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

## AEC-2044

### 2.2 พลังงานลม

พลังงานลมเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่งที่มีต้นกำเนิดจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อม กล่าวคือ พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบในภาคตัดขวางของโลกประมาณ 178,000 GW มีเพียง ร้อยละ 0.2 เท่านั้นที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของอากาศที่เรียกว่า พลังงานลม และส่วนนี้ก็ยังก่อให้เกิดคลื่นในมหาสมุทรด้วย ลมในชั้นบรรยากาศโลก (Planetary Boundary Layer) สามารถอธิบายการกระจายทางตั้งของอัตราเร็วลมในแนวราบเหนือพื้นดินได้โดยอาศัยสมการกึ่งทดลอง (Semi-Empirical Relationship) ที่เรียกว่าสมการโปรไฟล์ลมแบบลอการิทึม (Log Wind Profile) แสดงดังสมการที่ 1 ซึ่งมักจะจำกัดอยู่ในระดับความสูงไม่เกิน 100 m จากพื้นดิน ในบรรยากาศอิสระ (Free Atmosphere) เรามักจะใช้ความสัมพันธ์ของลมจีโอสโทรฟิก (Geostrophic Wind) ซึ่งมีสมการสำหรับการประมาณอัตราเร็วลม ( $u$ ) ที่ระดับความสูง  $z$  (m) เหนือพื้นดินดังนี้ [6]

$$u_z = \frac{u}{k} \left[ \ln \left( \frac{z-d}{z_0} \right) \right] \quad (1)$$

เมื่อ  $u$  คือ ความเร็วเสียดทาน (Friction Velocity) หรือ ความเร็วเฉือน (Shear Velocity)

$k$  คือ ค่าคงที่ของ Von Karman (0.41)

$d$  คือ การกระจัดแนวราบค่าศูนย์ (Zero Plane Displacement)

$z_0$  คือ ความขรุขระของพื้นผิว (Surface Roughness)

รูปแบบโดยทั่วไปของพลังงานจลน์แสดงรายละเอียดดังสมการที่ 2 [7]

$$E = \frac{1}{2} m V^2 \quad (2)$$

เมื่อ  $E$  คือ พลังงานจลน์ (J)

$m$  คือ มวลของอากาศ (air parcel) (kg)

$v$  คือ ความเร็วของอากาศ (m/s)

พิจารณาสวนหมุน (rotor) ของกังหันลมที่มีพื้นที่ภาคตัดขวาง (cross sectional area)  $A$  พลังงานจลน์ของกระแสอากาศที่กังหันลมสามารถนำไปเปลี่ยนรูปได้แสดงดังสมการที่ 3 [7]

$$E = \frac{1}{2} \rho_a v^2 A \quad (3)$$

เมื่อ  $\rho_a$  คือ ความหนาแน่นของอากาศ ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )

$v$  คือ ปริมาตรของมวลอากาศ (air parcel) ที่พัดผ่านส่วนหมุน ( $\text{m}^3$ )

$v$  คือ ความเร็วของอากาศ (m/s)

ก้อนมวลอากาศที่พัดผ่านส่วนหมุนต่อหนึ่งหน่วยเวลาซึ่งมีพื้นที่ภาคตัดขวางเท่ากับพื้นที่ภาคตัดขวางของส่วนหมุน ( $A_r$ ) และความหนาแน่นค่าเท่ากับความเร็วลม ดังนั้นพลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลา ( $E/t$ ) หรือกำลัง (power) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4 [8]

$$P_{wt} = P_w C_p = \frac{1}{2} \rho_a A_r v^3 C_p \quad (4)$$

เมื่อ  $P_{wt}$  คือ กำลังของกังหันลม (W)

$A_r$  คือ พื้นที่ภาคตัดขวางของส่วนหมุน ( $\text{m}^2$ )

จากสมการที่ 4 จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกำลังของกระแสลมได้แก่ ความหนาแน่นอากาศ พื้นที่ส่วนหมุนของกังหันและความเร็วลม โดยที่อิทธิพลของลมค่อนข้างส่งผลกระทบต่อกำลังลมเนื่องจากมีค่ายกกำลังสาม

### 2.3 แบบจำลองบรรยากาศท้องถิ่น (Regional Atmospheric Modeling System, RAMS)

สมการทั่วไป

สมการทั่วไปสำหรับ RAMS ซึ่งเป็นสมการมาตรฐาน hydrostatic หรือ non-hydrostatic สมการพื้นฐานค่าเฉลี่ย Reynolds ตัวแปรทั้งหมดนอกจากจะแสดงในทางตรงกันข้ามปริมาตร กริดเฉลี่ยในระดับแนวนอน ซึ่งกริดมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบเป็น omitted ในกลุ่มย่อย สัญลักษณ์ดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ต่างๆ ของสมการทั่วไป

Symbol	Definition	Unit
$u$	ส่วนประกอบของลมทางทิศตะวันออก - ตะวันตก	m/s
$v$	ส่วนประกอบของลมทางทิศเหนือ - ใต้	m/s
$w$	ส่วนประกอบของลมในทิศตั้งฉาก	m/s
$f$	แรง Coriolis	Nm
$K_m$	สัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่โมเมนตัม	
$K_h$	สัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่พลังงานความร้อนและความชื้น	
$\theta_{ii}$	อุณหภูมิความต่างศักย์	K
$r_n$	อัตราส่วนของน้ำทั้งหมด ตั้งแต่ น้ำ น้ำฝน น้ำแข็ง และหิมะ	
$\rho$	ความหนาแน่น	Kg/m <sup>3</sup>
$con$	เครื่องหมายที่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการพาความร้อน	-
$rad$	เครื่องหมายที่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการแผ่รังสี	-
$res$	เครื่องหมายที่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน	-
$g$	แรงโน้มถ่วง	Nm
$r_t$	อัตราส่วนผลรวมของน้ำทั้งหมด	-
$r_v$	อัตราส่วนไอน้ำทั้งหมด	
$\pi$	สมการ Exner	-
$\pi'$	ฟังก์ชัน Exner	-
$\theta_v$	อุณหภูมิความต่างศักย์	K
$p$	ความดัน	mmHg

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - w \frac{\partial u}{\partial z} - \theta \frac{\partial \pi'}{\partial x} + fv + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_m \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_m \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_m \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (5)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - w \frac{\partial v}{\partial z} - \theta \frac{\partial \pi'}{\partial y} + fu + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_m \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_m \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_m \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (6)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -u \frac{\partial w}{\partial x} - v \frac{\partial w}{\partial y} - w \frac{\partial w}{\partial z} - \theta \frac{\partial \pi'}{\partial z} - \frac{g\theta'_v}{\theta_0} + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_m \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_m \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_m \frac{\partial w}{\partial z} \right) \quad (7)$$

สมการ Thermodynamics

$$\frac{\partial \theta_{ii}}{\partial t} = -u \frac{\partial \theta_{ii}}{\partial x} - v \frac{\partial \theta_{ii}}{\partial y} - w \frac{\partial \theta_{ii}}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_h \frac{\partial \theta_{ii}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_h \frac{\partial \theta_{ii}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_h \frac{\partial \theta_{ii}}{\partial z} \right) + \left( \frac{\partial \theta_{ii}}{\partial t} \right)_{rad} \quad (8)$$

สมการ Water species mixing ratio

continuity equation

$$\frac{\partial r_n}{\partial t} = -u \frac{\partial r_n}{\partial x} - v \frac{\partial r_n}{\partial y} - w \frac{\partial r_n}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_h \frac{\partial r_n}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_h \frac{\partial r_n}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_h \frac{\partial r_n}{\partial z} \right) \quad (9)$$

สมการ Mass continuity equation

$$\frac{\partial \pi'}{\partial z} = - \frac{R\pi_0}{c_v \rho_0 \theta_0} \left( \frac{\partial \rho_0 \theta_0 u_0}{\partial x} + \frac{\partial \rho_0 \theta_0 v_0}{\partial y} + \frac{\partial \rho_0 \theta_0 w_0}{\partial z} \right) \quad (10)$$

การเคลื่อนที่แบบ hydrostatic แทนที่ใน RAMS ซึ่งตั้งฉากกับสมการการเคลื่อนที่และสมการต่อเนื่องมวล

สมการ Hydrostatic

$$\frac{\partial \pi}{\partial z} = - \frac{g}{\theta_v} + g(r_t - r_v) \quad (11)$$

$$\frac{\partial p u}{\partial x} + \frac{\partial p v}{\partial y} + \frac{\partial p w}{\partial z} = 0 \quad (12)$$

2.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ลม

การตรวจสอบความถูกต้องของค่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการประมาณค่าจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากจากการตรวจวัดจากเสาวัดลม โดยอาศัยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยยกกำลังสอง (Mean Square Error, MSE) เป็นตัววัดชี้ในการตรวจสอบความถูกต้อง [9]

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 \quad (13)$$

เมื่อ  $P_i$  คือ อัตราเร็วลมที่ได้จากการประมาณค่าจากแบบจำลอง RAMS, (m/s)

$O_i$  คือ อัตราเร็วลมที่ได้จากการตรวจวัด, (m/s)

$N$  คือ จำนวนข้อมูล

3.ผลและการอภิปรายผล

## AEC-2044

แผนที่แหล่งลมที่ได้จากการประมาณค่าโดยอาศัยแบบจำลองบรรยากาศระดับท้องถิ่น (Regional Atmospheric Modeling System, RAMS) ร่วมกับฐานข้อมูลนำเข้า NCEP/NCAR ช่วงปี ค.ศ. 2009-2011 และการย่อยส่วน Nesting จำนวน 2 โดเมน (Domain) ได้แก่ โดเมนที่ 1 ความแยกชัด 110 km โดเมนที่ 2 ความแยกชัด 9 km เนื้อพื้นที่ศึกษาของโครงการ พบว่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยรายปีมีค่าอยู่ในช่วง 1.6-5.83 m/s แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 2 เมื่อทำการประมาณค่าความหนาแน่นกำลังลมจากความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกำลังลมกับค่ายกกำลังสามของอัตราเร็วลมรายปีและค่าความหนาแน่นของอากาศพบว่าที่ระดับความสูง 120 m เนื้อระดับพื้นดินมีค่าความหนาแน่นกำลังลมอยู่ในช่วง 1-199 W/m<sup>2</sup> การกระจายเชิงพื้นที่เนื้อพื้นที่ศึกษาของความหนาแน่นกำลังลมแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3 อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนมีค่าอยู่ในช่วง 0.97-9.67 m/s แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายเชิงพื้นที่ของแหล่งลมดีในพื้นที่ต่างๆได้แก่ในเขตพื้นที่ภาคตะวันตก ภาคใต้ตอนบนถึงตอนกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากผลจากการประมาณค่าอัตราเร็วลมด้วยแบบจำลองภูมิอากาศท้องถิ่นข้างต้นมีความสำคัญในการนำข้อมูลที่ได้ออกไปใช้ในการประเมินศักยภาพพลังงานลมเพื่อใช้ประโยชน์ในการพัฒนาในลำดับต่อไปจึงมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยในที่นี้ได้อาศัยข้อมูลจากเสาตรวจวัดลมที่ระดับความสูง 100 m ของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และ เสาตรวจวัดลมที่ระดับความสูง 120 m ของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ การตรวจสอบความถูกต้องของค่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการประมาณค่าจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการตรวจวัดจากเสาวัดลม โดยอาศัยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยยกกำลังสอง (Mean Square Error, MSE) เป็นดัชนีในการตรวจสอบความถูกต้อง ผลการตรวจสอบความถูกต้องพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยยกกำลังสองมีค่าอยู่ในช่วง 0.5-4.38 m/s แสดง

รายละเอียดดังตารางที่ 2 นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ศักยภาพทางเทคนิคเชิงพื้นที่ (Technical Potential Area) โดยอาศัยอัตราเร็วลมเป็นหลักเกณฑ์ในการจัดโซนของแหล่งลมโดยมีเกณฑ์ดังต่อไปนี้คือ พื้นที่ I (Zone I) กำหนดให้อัตราเร็วลมอยู่ในช่วง 3.5-5.0 m/s พื้นที่ II (Zone II) กำหนดให้อัตราเร็วลมอยู่ในช่วง 5.0-6.0 m/s และ พื้นที่ III (Zone III) กำหนดให้อัตราเร็วลมมีค่ามากกว่า 6.0 m/s และทำการพิจารณาร่วมกับเกณฑ์คัดออกและระยะกันชน (Buffer Zone) ซึ่งเป็นข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศ (Geography Information System, GIS) ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ 1) กลุ่มสิ่งแวดลอม เช่น อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เขตห้ามล่าสัตว์ป่า เป็นต้น 2) กลุ่ม สิ่งปลูกสร้างและสาธารณูปโภค เช่น ถนน ทางรถไฟ สนามบิน พื้นที่อาศัยย่านชุมชนเป็นต้น และ 3) ภูมิศาสตร์ เช่น ที่ลุ่มชื้นแฉะเป็นต้น [10] ผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่พบว่าพื้นที่ I (Zone I, 3.5-5.0 m/s) ที่ผ่านเกณฑ์คัดออกเท่ากับ 16,014 km<sup>2</sup> คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 2.87 ของพื้นที่ประเทศไทย โดยคิดเป็นกำลังผลิตติดตั้งทางทฤษฎีเท่ากับ 6,674 MW พื้นที่ II (Zone II, 5.0-6.0 m/s) ที่ผ่านเกณฑ์คัดออกเท่ากับ 10,520 km<sup>2</sup> คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 1.89 ของพื้นที่ประเทศไทย โดยคิดเป็นกำลังผลิตติดตั้งทางทฤษฎีเท่ากับ 4,384 MW และพื้นที่ III (Zone III, <6.0 m/s) ที่ผ่านเกณฑ์คัดออกเท่ากับ 1,179 km<sup>2</sup> คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 0.21 ของพื้นที่ประเทศไทย โดยคิดเป็นกำลังผลิตติดตั้งทางทฤษฎีเท่ากับ 291 MW รวมเป็นพื้นที่ 27,713 km<sup>2</sup> คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 4.97 คิดเป็นกำลังผลิตติดตั้งทางทฤษฎีเท่ากับ 11,550 MW แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3 นอกจากนี้อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนที่ระดับความสูง 120 m แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4-6



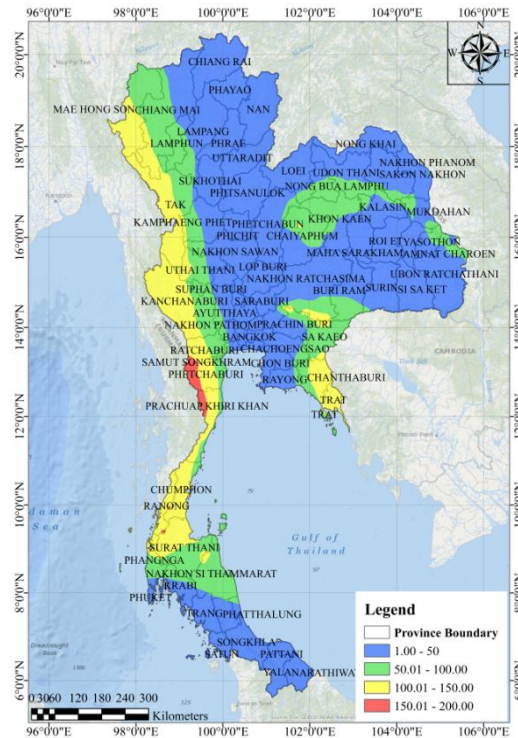
**AEC-2044**

ตารางที่ 2 ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยยกกำลังสองของอัตราเร็วลมเฉลี่ย

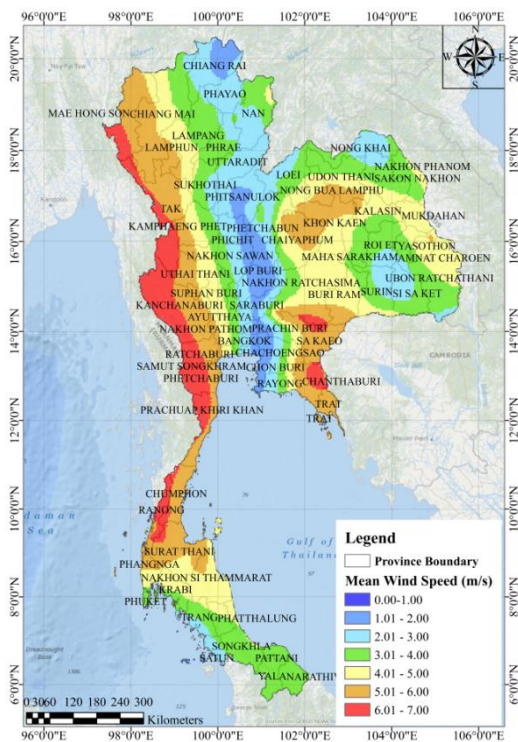
No.	Station Name	OMS	PMS	MSEr
		(m/s)	(m/s)	
1	Chiang-Mai	3.41	4.19	2.87
2	Khon-Kan	4.42	4.77	0.50
3	Jatujak	3.95	2.63	1.95
4	Phangan	4,11	4.86	4.38
5	Pak-Phanang	4,97	4.65	3.76
6	Hatyai	4.19	3.49	1.08

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพทางเทคนิคเชิงพื้นที่ของพลังงานลม

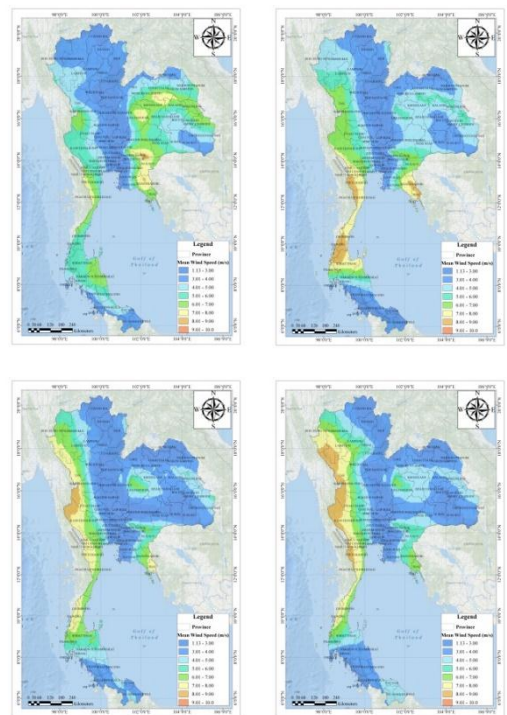
Zone	Technical Potential (km <sup>2</sup> )	Technical Potential (%)	Installed Capacity (MW)
I	16,014	2.87	6,674
II	10,520	1.89	4,384
III	1,179	0.21	491
<b>Total</b>	<b>27,713</b>	<b>4.97</b>	<b>11,550</b>



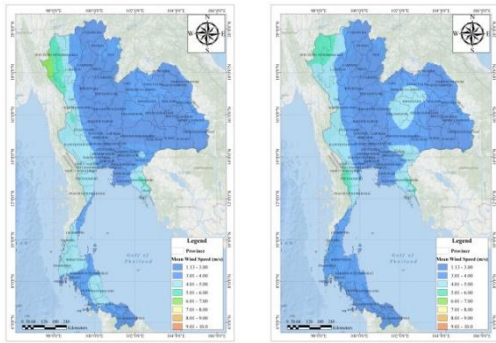
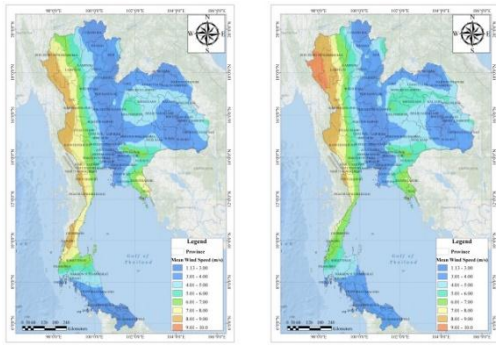
รูปที่ 3 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 120 m ช่วงปี 2009-2011



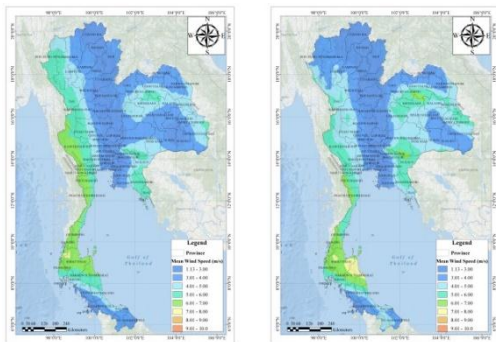
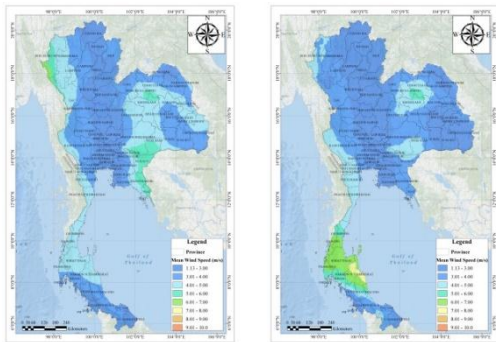
รูปที่ 2 อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายปีที่ระดับความสูง 120 m ช่วงปี 2009-2011



รูปที่ 4 อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนที่ระดับความสูง 120 m ช่วงเดือนมกราคม-เมษายน ฐานข้อมูล NCEP ปี 2009-2011



รูปที่ 5 อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนที่ระดับความสูง 120 m ช่วงเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม ฐานข้อมูล NCEP ปี 2009-2011



รูปที่ 6 อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนที่ระดับความสูง 120 m ช่วงเดือนกันยายน-ธันวาคม ฐานข้อมูล NCEP ปี 2009-2011

#### 4.สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมของประเทศไทย โดยอาศัยแหล่งพลังงานลมจากแผนที่ลมความละเอียด 9 km ซึ่งทำการประมาณค่าจากแบบจำลองบรรยากาศระดับภูมิภาค และอาศัยข้อมูลนำเข้าในช่วงเวลาปี ค.ศ. 2009-2011 จากนั้นทำการคัดสรรพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า ด้วยข้อมูลข้อจำกัดในการใช้พื้นที่ของประเทศไทยโดยอาศัยโปรแกรม ARC GIS 10.1 ผลการศึกษาพบว่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยรายปีของแผนที่แหล่งลมที่ระดับความสูง 120 m เหนือระดับพื้นดิน มีค่าอยู่ในช่วง 5.83-6.0 m/s การตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่แหล่งลมพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยยกกำลังสองมีค่าอยู่ในช่วง 0.5-4.38 m/s และผลการวิเคราะห์ศักยภาพทางเทคนิคเชิงพื้นที่โดยอาศัยการจัดสรรพื้นที่และเกณฑ์การคัดออกด้วยข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศ พบว่า พื้นที่โซน I II และ III มีพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า 16,014 km<sup>2</sup> 10,520 km<sup>2</sup> และ 1,179 km<sup>2</sup> คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 2.87 1.89 และร้อยละ 0.21 ของพื้นที่ประเทศไทย โดยคิดเป็นกำลังผลิตติดตั้งทางเทคนิคได้ 6,674 MW 4,384 MW และ 291 MW รวมเป็นพื้นที่ 27,713 km<sup>2</sup> คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 4.97 คิดเป็นกำลังผลิตติดตั้งทางเทคนิคเท่ากับ 11,550 MW จากการอาศัยแหล่งลมจากแผนที่ความแยกซัด 9 km การตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ลม การจัดสรรพื้นที่ และหลักเกณฑ์การคัดออกด้วยข้อมูลที่ครอบคลุมทางด้านสิ่งแวดล้อมส่งผลให้ข้อมูลข้างต้นสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดทำเป็นแผนที่ความละเอียดสูง Micro-Siting สำหรับพัฒนาเป็นฟาร์มกังหันลมในพื้นที่ที่มีศักยภาพต่อไป

#### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณห้องปฏิบัติการพลังงานลม-แสงอาทิตย์ วิจัยศูนย์วิจัยพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และกรม

## AEC-2044

ควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ทช.) สำหรับการสนับสนุนข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ลม นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำหรับการให้การสนับสนุนข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศในงานวิจัยนี้

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Thailand. (2013) *Energy Statistic*. [http://www.eppo.go.th/info/5electricity\\_stat.htm](http://www.eppo.go.th/info/5electricity_stat.htm)
- [2] Global Wind Energy Council. (2013). *Global Wind Statistic | 2012* <http://www.gwec.net>.
- [3] Carina P., Kasemsan M. (2011) *Enhanced Urban Mapping for Bangkok City Using 1-km Mesoscale Modeling* Proc. AEDCEE , Hatyai (Thailand), May, 25-28 2011, pp. 323-326.
- [4] Jompob W., Mathieu L., Yves G., (2013). *Height Resolution Wind Atlas for Nakhon Si Thammarat and Songkhla Province, Thailand*. Renewable Energy, Vol. 53, pp. 101-110.
- [5] Promsen W., Masiri I., Janjai S., (2012). *Development of Microscale Wind Maps for Phaluay Island, Thailand* Procedia Engineering, Vol. 32, pp. 367-375.
- [6] J. F. Manwell., J. G. McGowan., and A. L. Rogers. (2002). *Wind Energy Explained*: John Wiley & Sons; Baffins Lane, Chic Hester, West Sussex PO19 1UD, England.
- [7] รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ) .2551). *การศึกษาความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย*.
- [8] Mitchell S.J., Lanquaye-Opoku N., Modzelewski H., Shen Y., Stull R., Jackson P., Murphy B., Ruel J.-C., (2008). *Comparison of Wind Speeds Obtained Using Numerical Weather Prediction Models and Topographic Exposure Indices for Predicting Wind throw in Mountainous Terrain*. Forest Ecology and Management, Vol. 254, pp.193–204
- [9] Amy H.I.Lee, Hsing H. C.and H.-Y. Kang (2009). *Multi-criteria decision making on strategic selection of wind farms*. Renewable Energy. Vol. 34, pp.120-126.
- [10] เกษมสันต์ มโนมัยพิบูล อริยวัฒน์ พระบำรุง วันวิชา ชนะประเสริฐ นัฏฐิ์ ราชปรีชา และฟ้า ทานทุง (2553). รายงานการวิจัยเรื่อง : การประเมินศักยภาพพลังงานลมทางคณิตศาสตร์และการวิเคราะห์ด้านภูมิศาสตร์สารสนเทศ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย หน้า 56