

การจำลองแผนที่ความเร็วลมเพื่อเสาะหาแหล่งพื้นที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดตราดแห่งประเทศไทย

Wind Atlas Simulation to Find Wind Potential Area to Generate Electric Power of the Chanthaburi and Trat Provinces, Thailand

นฤวิทย์ ทองใหญ่¹ และ เกรียงไกร อัครมาศบันลือ^{2*}

¹ แผนกวิจัยพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

² สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

*E-mail naruwit.eng@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์: 080-217-9393

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อที่จะจำลองแผนที่ความเร็วลมจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดตราดเพื่อเสาะหาพื้นที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลม เนื่องจากพื้นที่จังหวัดทั้งสองมีลักษณะภูมิศาสตร์เชิงชายฝั่ง หุบเขา และภูเขาคลายคลึงกับพื้นที่ที่มีการพัฒนากังหันลมในปัจจุบัน จึงได้นำ WindSim ซึ่งเป็นแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics, CFD) เข้ามาประยุกต์ใช้จำลองแผนที่ความเร็วลมในระดับเมโสสเกลและไมโครสเกลฐานข้อมูลความเร็วลม (Reanalysis Data) และข้อมูลเชิงภูมิประเทศได้ถูกจัดเตรียมขึ้นเพื่อเป็นข้อมูลตั้งต้นในการจำลองและข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมขององค์การภายในประเทศได้ถูกนำมาสอบเทียบกับผลการจำลอง ผลจากการจำลองแสดงแหล่งความเร็วลมที่มีศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า พบพื้นที่มีศักยภาพความเร็วลมเหมาะกับกังหันลมความเร็วต่ำเฉลี่ยรายปี 5-7 เมตร/วินาทีอยู่ด้วยกัน 3 แหล่ง คือพื้นที่เขาสอยดาวจังหวัดจันทบุรี พื้นที่บริเวณเขาฉกรรจ์จังหวัดจันทบุรี และพื้นที่เกาะช้างจังหวัดตราด ผลการสอบเทียบด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมพบว่าค่าการจำลองมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

คำหลัก: แผนที่ความเร็วลม, การประเมินศักยภาพความเร็วลม, ลมในประเทศไทย, ศักยภาพพลังงานลม

Abstract

This research presents wind atlas simulation in Chanthaburi and Trat province, Thailand to find wind potential area to generate electric power with wind turbine, which geography of both provinces comprise of coast in gulf of Thailand, valley and mountain where similar with present development local wind farm in country. This research applies Computational Fluid Dynamics (CFD) WindSim to simulation wind in Mesoscale and Microscale to perform wind atlas potential area. The initial input data, Reanalysis Data and Geography were prepared to simulation. The results show wind speed atlas where suitable with low speed wind turbine in three wind potential area, which wind speed is around

5-7m/s as follows, Soy-Dao mountain in Chanthaburi, Khitchakut mountain in Chanthaburi and Chang island in Trad. The results of wind speed atlas were validated by wind data from local wind station from Thailand organization, validation results of wind speed simulation can acceptable.

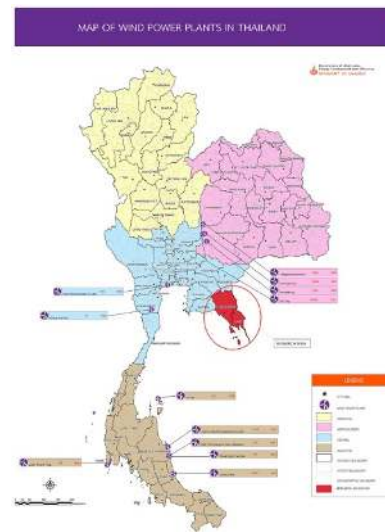
Keywords: Wind mapping, Wind resource assessment, Wind in Thailand, Wind energy potential.

1. บทนำ

จากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานเกี่ยวกับแหล่งกังหันลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทยพบว่า มีกังหันลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ในประเทศไทยหลากหลายภูมิภาค เช่น ภาคกลาง, ภาคอีสาน, และ ภาคใต้แต่ยังไม่มีการพัฒนาในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทยตามรูปที่ 1 เมื่อพิจารณาถึงพื้นที่จัดตั้งกังหันลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในประเทศไทยพบว่าพื้นที่เหล่านั้นเป็นพื้นที่มีลักษณะภูมิประเทศที่มีชายฝั่ง หุบเขา และเทือกเขา

งานวิจัยนี้จึงได้เลือกจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดตราดในการจำลองอันเนื่องมาจากมีความคล้ายคลึงกับแหล่งพื้นที่อื่นที่มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม ประกอบกับในพื้นที่ยังไม่มีการพัฒนาพลังงานลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า [1]

ผลการจำลองลมในประเทศไทยนั้นได้ถูกพัฒนาขึ้นมาแล้วอย่างต่อเนื่องทั้งภาคเอกชนและภาครัฐบาล ผลการจำลอง [3-7] ลมที่ผ่านมามีโมเดลการจำลองความเร็วลมโดยส่วนใหญ่เป็นแบบลิเนียร์ (linear) ซึ่งอาจให้ผลการจำลองในบริเวณพื้นที่ซับซ้อนไม่แม่นยำเพียงพอทำให้การประเมินศักยภาพจากผลการจำลองดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนได้ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาแบบจำลองที่ไม่เป็นลิเนียร์ (non-linear) คือแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics, CFD) เข้ามาประยุกต์ใช้กับการจำลองแผนที่ลม WindSim ซึ่งถูกเลือกใช้ในงานวิจัยนี้เป็นซอฟต์แวร์การจำลองลมที่มีพื้นฐานการจำลองแบบ CFD ซึ่งสามารถแสดงผลการจำลองในพื้นที่ซับซ้อนได้ใกล้เคียงกับลมที่เกิดขึ้นจริง



รูปที่ 1 ตำแหน่งสถานที่กังหันลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2015)

ดังนั้นจุดประสงค์ของการทำวิจัยนี้เพื่อที่จะจำลองแผนที่ความเร็วลมในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี และ จังหวัดตราดเพื่อเสาะหาพื้นที่มีศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันลมโดยใช้วิธี CFD ผ่านโปรแกรม WindSim และนำผลการจำลองที่ได้เปรียบเทียบกับข้อมูลลมจากสถานีตรวจวัดลมจริง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การจำลองนี้ได้ใช้โปรแกรม WindSim ซึ่งมีพื้นฐานการจำลองอยู่บนสมการ Reynolds Average Navier-Stokes (RANS) [2] สมการจะรวมทฤษฎีทางฟิสิกส์ของกฎการอนุรักษ์มวล กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และ กฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยสมการที่เกี่ยวข้องแสดงดังต่อไปนี้

สมการต่อเนื่อง

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

สมการโมเมนตัม

$$\rho \frac{\partial U_i}{\partial t} + \rho U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} (2\mu S_{ji} - \rho \overline{u_j' u_i'}) \quad (2)$$

จากสมการ RANS ยังติดรูปการไหลแบบปั่นป่วนอยู่ จึงต้องใช้แบบจำลอง Turbulence เข้ามาช่วยแก้ไขผลเฉลย โดยโมเดลดังกล่าวคือโมเดล $k-\varepsilon$ โดยแบบจำลองดังกล่าวแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$v_T = \frac{C_\mu k^2}{\varepsilon} \quad (3)$$

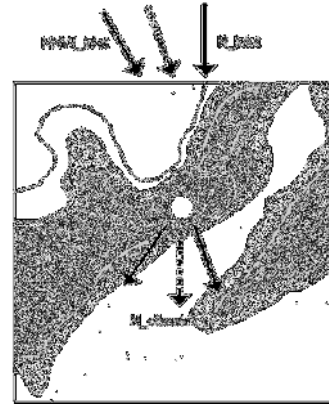
$$\frac{\partial k}{\partial t} + U_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \tau_{ij} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - \varepsilon + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(v + \frac{v_T}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \quad (4)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + U_j \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \tau_{ij} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(v + \frac{v_T}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] \quad (5)$$

โดยในสมการจะติดค่าคงที่ไว้จำนวนหนึ่งซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ปรับเปลี่ยนเพื่อให้ผลของการจำลองเข้าใกล้สภาพการจำลองมากที่สุด จากทฤษฎีดังกล่าว WindSim จะใช้การจำลองการไหลโดยการกำหนดให้ลมวิ่งเข้าจากทิศทางเริ่มต้นในมุมแนวระนาบขนานกับลักษณะภูมิประเทศและนำผลลัพธ์จากการจำลองทุกมุมคำนวณรวมกันเป็นฐานข้อมูลการไหลของข้อมูลลม จากฐานข้อมูลลมที่ได้จากการจำลองได้ถูกนำไปคำนวณรวมกับข้อมูลสถานีลมที่ใช้เพื่อดูลักษณะการเกิดลมของพื้นที่ ดังรูปที่ 2 ซึ่งผลลัพธ์หลังจากขั้นตอนนี้จะได้ออกมาเป็นแผนที่ลม

3. ขั้นตอนการทดลอง

วิธีการทดลองการทำแผนที่ความเร็วลมมีขั้นตอนการจำลองเป็นไปตามแผนผังการจำลองในรูปที่ 3



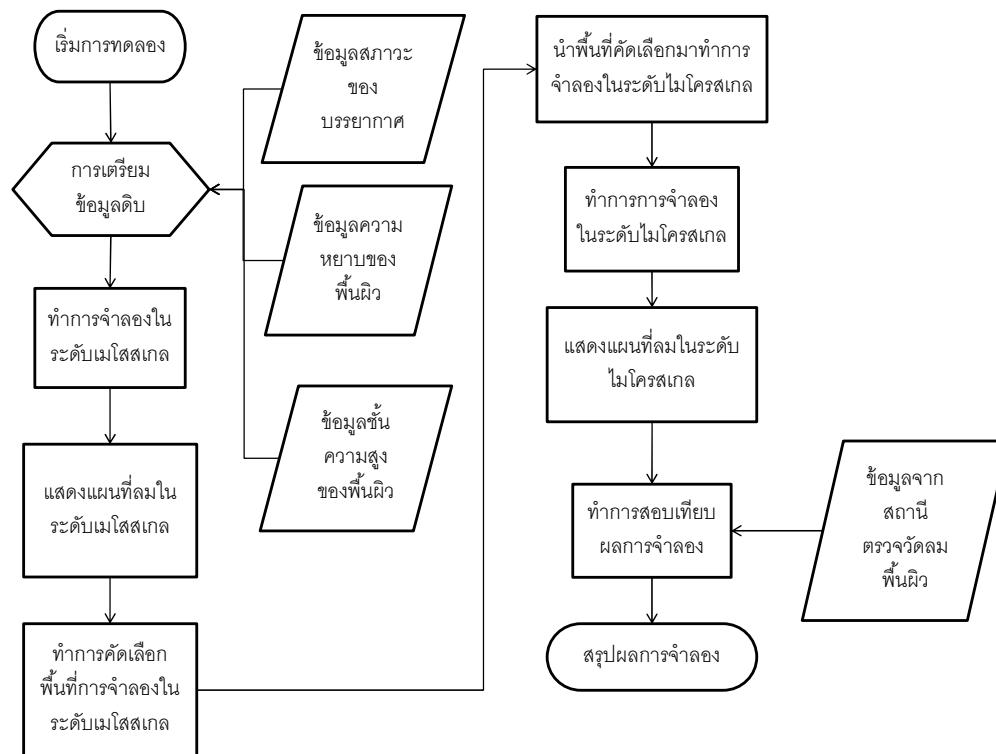
รูปที่ 2 ภาพตัวอย่างแสดงการจำลองลมในแนวระนาบผสานกับข้อมูลสถานีลม

ในขั้นตอนการเริ่มการจำลองโดยโปรแกรม WindSim จำเป็นต้องมีการจัดเตรียมข้อมูลพื้นฐานตั้งต้นการจำลองใช้ข้อมูลพื้นฐานดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลชั้นความสูงภูมิประเทศ
2. ข้อมูลสภาพพื้นผิวภูมิประเทศ
3. ข้อมูลลมเป็นระยะเวลา 5 ปี (2008-2012)

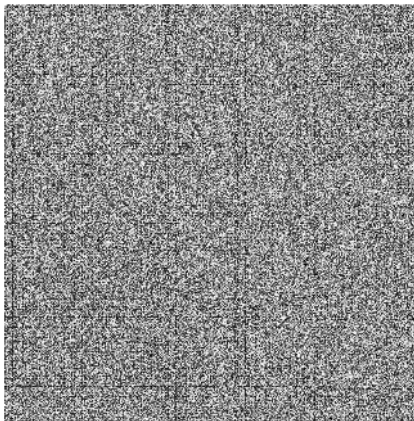
ข้อมูลชั้นความสูงภูมิประเทศจะถูกใช้เพื่อสร้างขอบเขตการจำลองเชิง 3 มิติภายในบริเวณที่จะทำการจำลอง โดยข้อมูลการจำลองดังกล่าวจะเก็บค่าเป็นจุดโดยมีการระบุละติจูดและลองจิจูด และตำแหน่งดังกล่าวจะมีข้อมูลเชิงความสูงของพื้นที่ ณ จุดนั้นด้วย โดยในการจำลองนี้ได้ใช้ข้อมูลชั้นความสูงภูมิประเทศจาก ASTER GDEM [8] ดังรูปที่ 5

การจำลองด้วย CFD มีหลักการและพื้นฐานในการจัดวางรูปแบบกริด WindSim เองก็มีลักษณะการจัดวางกริดที่เหมือนกับการใช้ CFD อื่นๆเช่นเดียวกัน WindSim ใช้การจัดวางกริดแบบ Body Fitted Coordinates (BFC) ซึ่งมีลักษณะการจัดวางแนบลงไปกับลักษณะภูมิประเทศซึ่งมีโดเมนเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมต่อกันเป็นผืนเดียวกัน และเส้นกริดทั้งแนวตั้งและแนวนอนตั้งฉากซึ่งกันและกัน โดยการจัดวางกริดลักษณะดังกล่าวทำให้กริดนั้นเข้ากับขอบเขตของภูมิประเทศที่ทำการจำลองแสดงดังรูปที่ 4



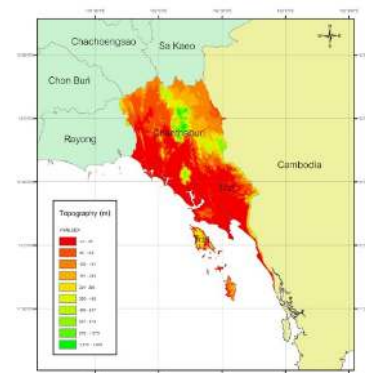
รูปที่ 3 แผนผังการทำงานวิจัย

แปลงเป็นสภาพพื้นผิวและนำไปรวมกับข้อมูลชั้นความสูงภูมิประเทศ

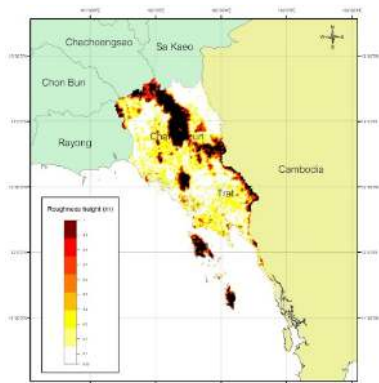


รูปที่ 4 การจัดวางกริดแบบ Body Fitted Coordinates (BFC) บนพื้นที่การจำลอง

ข้อมูลสภาพพื้นผิวภูมิประเทศเป็นตัวเลขระบุพื้นที่ผิวบริเวณนั้นมีลักษณะภูมิประเทศเป็นอย่างไร ภูมิประเทศที่มีลักษณะเป็นผืนป่าก็จะมีค่าสภาพ Roughness length ที่มากกว่าพื้นผิวทะเลหรือผืนน้ำสงบนิ่ง ข้อมูลสภาพภูมิประเทศที่ใช้ในการทดลองนี้ได้ใช้ข้อมูลจาก VCF Tree Cover Worldwide 2005 conversion [9] แสดงดังรูปที่ 6 ข้อมูลดังกล่าวจะถูก



รูปที่ 5 แผนที่ชั้นความสูงภูมิประเทศของจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด



รูปที่ 6 แผนที่สภาพพื้นผิวภูมิประเทศของจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด

ชุดข้อมูลความเร็วลมที่นำมาใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการจำลองนั้นใช้ข้อมูลชุดข้อมูล Reanalysis Data ประกอบไปด้วย ข้อมูลความเร็วลม ข้อมูลแหล่งที่ตั้งของสถานีในลักษณะพิกัด ข้อมูลทิศทางความเร็วลม ช่วงเวลาของการตรวจวัด เป็นต้น ซึ่งในการจำลองได้เลือกใช้ฐานข้อมูล Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications (MERRA) [10] เพื่อนำมาเป็นข้อมูลตั้งต้น ชุดข้อมูล MERRA นั้นเป็นข้อมูลที่เกิดจากกระบวนการ Numerical model เพื่อทำนายสภาพอากาศรอบโลกโดยใช้การเก็บข้อมูลจากดาวเทียม มาเป็นข้อมูลเพื่อป้อนให้การจำลอง ข้อมูลดังกล่าวมาจากหน่วยงาน Global modeling and Assimilation Office (GMAO) ขององค์การ NASA โดยชุดข้อมูล MERRA มีความละเอียดของจุดเก็บข้อมูลทุกๆ $\frac{1}{2}$ ละติจูด $\times$ $\frac{2}{3}$ ลองจิจูด 72 ชั้นความสูงเก็บค่าไว้ทุกๆ 6 ชั่วโมงในแต่ละวัน

ผลของการจำลองจะต้องถูกนำมาสอบเทียบด้วยแหล่งข้อมูลสำหรับสอบเทียบซึ่งเป็นข้อมูลจากสถานีตรวจวัดลมที่จัดหาจากองค์กรภายในประเทศเป็นในท้องที่ทำการจำลอง ในชุดข้อมูลที่ได้มาได้มีข้อมูลบางส่วนที่ไม่สมบูรณ์ เช่น ความไม่ต่อเนื่องของข้อมูล สถานีที่ตั้งของแหล่งตรวจวัดข้อมูลมีสิ่งรบกวนจากภายนอก การจัดการการวัดคุณสมบัติที่ทำการวัด เป็นต้น สิ่งเหล่านี้อาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการสอบเทียบ จึงต้องมีการคัดเลือกข้อมูลที่สามารถสอบเทียบที่สมบูรณ์เพียงพอมาใช้ในการทำการการศึกษา ข้อมูลสอบเทียบที่สามารถนำมาสอบเทียบในการจำลองในพื้นที่ได้มีเพียง 4 สถานี

การทำการจำลองโดยใช้ข้อมูล Reanalysis จะได้ผลใกล้เคียงกับสภาพลมที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุดในช่วงข้อมูล 5-10 ปี [11] เนื่องจากสภาพลมที่ปรับเปลี่ยนไปทุกๆ ช่วงปีและด้วยชุดข้อมูลที่มีมากนั้นส่งผลต่อทรัพยากรการประมวลผลและระยะเวลาในการจำลอง ดังนั้นในการจำลองนี้จึงใช้ช่วงข้อมูล 5 ปี ในการจำลอง

3.1 การจำลองระดับเมโสสเกล

หลังจากที่ข้อมูลตั้งต้นได้ถูกจัดเตรียมเพื่อป้อนให้แก่ซอฟต์แวร์ WindSim จึงสามารถเริ่มขั้นตอนการจำลองในระดับเมโสสเกลได้ โดยมีการปรับตั้งกริดการจำลองที่ 1,000 กิโลเมตรต่อกริดทั้งระยะแนวตั้งและแนวนอน โดยการจำลองในระดับดังกล่าวจะสามารถประเมินสภาพลมโดยภาพรวมของพื้นที่ที่มีศักยภาพที่มีความเร็วลมได้

ในการจำลองต้องมีการกำหนดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศการจำลองในพื้นที่ โดยพื้นที่ดังกล่าวกำหนดให้มีอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวที่ 32.15 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยความดันบรรยากาศที่พื้นผิวอยู่ที่ 1.203 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยข้อมูลดังกล่าวมาจากข้อมูลระดับนำทะเลของชุดข้อมูล MERRA การกำหนดค่าดังกล่าวส่งผลต่อเสถียรภาพของลมที่เกิดขึ้นในแนวดิ่งและรวมถึงทิศทางของลมในแนวราบด้วย ในการจำลองนี้ทำการจำลองและนำผลช่วงความสูง ระดับ 100 เมตร เหนือระดับพื้น (Above Ground Level, AGL) มาแสดง

ในการจำลองได้เลือกใช้โมเดล $k-\epsilon$ เนื่องจากมีความเหมาะสมต่อลักษณะพื้นที่ [12] โดยมีการปรับใช้ค่าคงที่ดังตารางที่ 1 ค่าดังกล่าวได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้กับการจำลองและถูกพัฒนาโดย Duynkerke P.G. [13] ตามตารางที่ 1 ตารางที่ 1 ค่าคงที่สำหรับแบบจำลอง $k-\epsilon$

c_μ	σ_k	σ_ϵ	$c_{\epsilon 1}$	$c_{\epsilon 2}$
0.0324	1	1.85	1.44	1.95

ขอบเขตเหนือชั้นบรรยากาศการจำลองด้านบนในการจำลองของ WindSim นั้นจะมีลักษณะเป็นลมในระดับ Geostrophic ซึ่งจะใช้ลักษณะลมเป็นค่าคงที่และปรับตั้งความสูงให้เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศของแบบจำลอง โดยสถานะขอบเขตด้านบนถูกปรับตั้งให้ใช้ Fixed pressure condition ซึ่งเหมาะกับพื้นที่ที่มีความซับซ้อน เหมาะสมกับลักษณะภูมิ

ประเทศที่ศึกษา ผลการจำลองที่ได้แสดงออกมาในลักษณะแผนที่ความเร็วลมในระดับเมโสสเกลเพื่อนำไปคัดเลือกพื้นที่ต่อไป

3.2 การคัดเลือกพื้นที่

หลังจากได้ผลการจำลองแผนที่ความเร็วลมระดับเมโสสเกลจึงนำมาคัดเลือกพื้นที่ โดยเกณฑ์การคัดเลือกนั้นกำหนดให้พื้นที่นั้นต้องมีความเร็วลม 5-7 m/s ซึ่งเป็นช่วงความเร็วลมที่เพียงพอต่อการนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลมความเร็วต่ำ [7] ด้วยข้อกำหนดดังกล่าวพบว่า 3 พื้นที่ที่มีความเร็วลมคือ พื้นที่เขาสอยดาวในจังหวัดจันทบุรี พื้นที่เขาคิชฌกูฏในจังหวัดจันทบุรี พื้นที่เกาะช้างในจังหวัดตราด พื้นที่เหล่านี้จะถูกนำไปทำการจำลองในระดับไมโครสเกลในขั้นตอนต่อไป

3.3 การจำลองในระดับไมโครสเกล

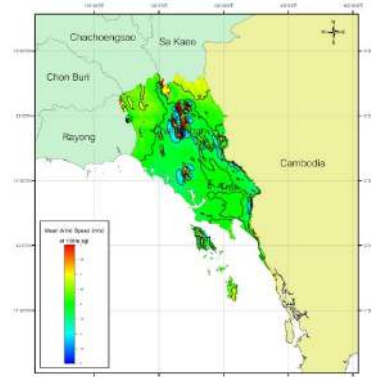
โดยทั่วไปการจำลองในระดับไมโครสเกลในพื้นที่ขนาดใหญ่จะต้องใช้การประมวลผลและเวลาที่มากเนื่องจากความละเอียดในระดับไมโครสเกลนั้นจะมีกริดที่ความละเอียดสูงกว่าในระดับเมโสสเกลมาก ซึ่งในการจำลองนี้ได้ใช้ความละเอียดในการจำลองในระดับไมโครสเกลที่ 200 เมตรต่อกริดและเพื่อที่จะให้ผลการจำลองนั้นมีฐานการจำลองเทียบกับการจำลองเดิมในระดับเมโสสเกลจึงได้มีการนำเทคนิคการทำ Nesting เข้ามาประยุกต์ใช้กับการจำลองนี้ [14] เทคนิคการ Nesting คือการจำลองโดยสามารถกำหนดพื้นที่ที่ต้องการให้มีความละเอียดกริดมากขึ้นทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งของผลลัพธ์จุดที่ต้องการศึกษา ซึ่งการใช้เทคนิคนี้ช่วยลดทรัพยากรการประมวลผล เวลาการประมวลผล และข้อจำกัดของซอฟต์แวร์ลงได้เมื่อเทียบกับการจำลองในขนาดพื้นที่เดียวกันโดยใช้ความละเอียดกริดสูงตลอดทั้งพื้นที่การจำลอง

หลังจากตั้งค่ากริดเพื่อที่จะจำลองในระดับไมโครสเกลแล้วในการจำลองนี้ได้ใช้ค่าการจำลองและชุดข้อมูล เดียวกับการจำลองในระดับเมโสสเกลเนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวยังเป็นพื้นที่เดิม

4. ผลการทดลอง

ผลการทดลองจากการจำลองได้ถูกแสดงออกเป็นแผนที่ความเร็วลมระดับเมโสสเกลและระดับไมโครสเกลที่ระดับความสูง 100 เมตรซึ่งเป็นระดับความสูงหวังผลโดยทั่วไปในการผลิตกระแสไฟฟ้า

4.1 แผนที่ความเร็วลม (เมโสสเกล)

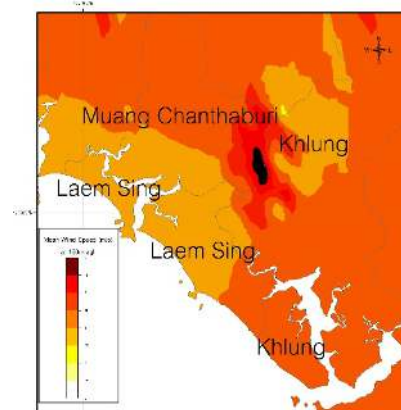


รูปที่ 7 แผนที่ลมในระดับเมโสสเกล (100 เมตร AGL)

แผนที่ความเร็วลมซึ่งแสดงระดับความสูง 100 เมตรในระดับเมโสสเกลในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดตราดดังแสดงดังผลการจำลองนั้นพบว่าแหล่งพื้นที่ที่มีศักยภาพมี 3 แหล่งในบริเวณพื้นที่จังหวัดคือ พื้นที่เขาสอยดาวในจังหวัดจันทบุรี พื้นที่เขาคิชฌกูฏในจังหวัดจันทบุรี และพื้นที่เกาะช้างในจังหวัดตราด นอกเหนือจากพื้นที่เหล่านี้เป็นพื้นที่ที่มีความเร็วลมไม่เข้าข่าย โดยพื้นที่ดังกล่าวพบว่ามีความเร็วลมระดับปานกลาง [7] สามารถนำไปพัฒนาในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ เพื่อการแสดงผลแผนที่ความเร็วลมโดยละเอียดของพื้นที่จึงได้นำพื้นที่ดังกล่าวไปทำการจำลองต่อในระดับไมโครสเกล

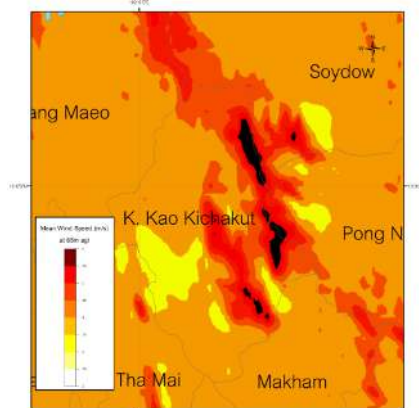
4.2 แผนที่ความเร็วลม (ไมโครสเกล)

(1) พื้นที่เขาสอยดาวในจังหวัดจันทบุรี



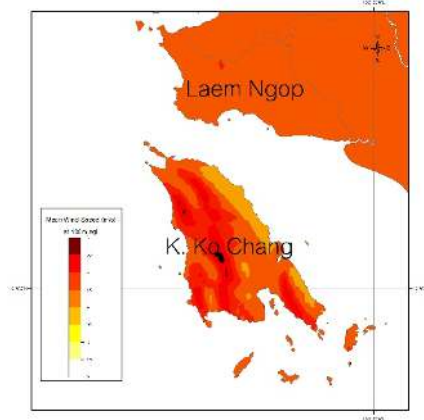
รูปที่ 8 แผนที่ลมในระดับไมโครสเกล (100 เมตร AGL) บริเวณพื้นที่เขาสอยดาวในจังหวัดจันทบุรี

(2) พื้นที่เขาคิชฌกูฏในจังหวัดจันทบุรี



รูปที่ 9 แผนที่ลมในระดับไมโครสเกล (100 เมตร AGL) บริเวณพื้นที่เขาฉกรรจ์ในจังหวัดจันทบุรี

(3) พื้นที่เกาะช้างในจังหวัดตราด

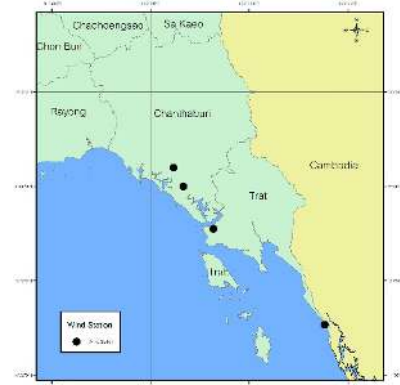


รูปที่ 10 แผนที่ลมในระดับไมโครสเกล (100 เมตร AGL) บริเวณพื้นที่เกาะช้างในจังหวัดตราด

ผลการจำลองในระดับไมโครสเกลแสดงแหล่งพื้นที่ที่มีความเข้มของลมในพื้นที่การจำลองได้ละเอียดมากขึ้นจากการเพิ่มจำนวนกริดที่เพิ่มมากขึ้นเหมาะต่อการนำไปประเมินศักยภาพพลังงานลมในพื้นที่ได้ภายในอนาคต

4.3 การสอบเทียบผลการจำลอง

การวิจัยนี้ได้ทำการสอบเทียบผลการจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลจากสถานีตรวจวัดลมจากการเก็บข้อมูลขององค์กรภายในประเทศ ชุดข้อมูลดังกล่าวมี 4 สถานีภายในบริเวณพื้นที่การจำลอง ตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูลที่นำมาสอบเทียบแสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีที่ทำการตรวจวัด

จากข้อมูลของสถานีตรวจวัดลมที่มีอยู่นั้นพบว่าค่าความสูงของจุดตรวจวัดมีความแตกต่างกันจึงต้องนำผลการจำลองที่ระดับความสูงเดียวกันมาทำการเปรียบเทียบ โดยผลการจำลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าจากการตรวจวัดเป็นไปดังข้อมูลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการสอบเทียบค่าการจำลองและค่าจากการตรวจวัด

ชื่อสถานี	ความสูง สถานี (เมตร)	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)		ค่า ความคลาด เคลื่อน (%)
		สถานี ตรวจวัด	การ จำลอง	
สถานีอุตุนิยมวิทยา จันทบุรี	11m	2.32	2.28	-1.7
สถานีอุตุนิยมวิทยา จันทบุรี กลุ่มงาน อากาศเกษตรพลี	12m	2.66	2.99	12.4
สถานีตรวจอากาศ คลองใหญ่	14m	2.8	3.29	17.5
สถานีตรวจอากาศท่า อากาศยานตราด	32m	3.99	3.4	-14.8

ผลการสอบเทียบการจำลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความเร็วลมอยู่ในช่วง -14.8%-17.5% ผลการจำลองมีค่ามากกว่าค่าลมที่ได้จากการตรวจวัดสองสถานีคือที่สถานีตรวจอากาศท่าอากาศยานตราดและสถานีอุตุนิยมวิทยาจันทบุรีซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในการจำลองนี้ ส่วนในอีกสองสถานีคือสถานีอุตุนิยมวิทยาจันทบุรี กลุ่มงานอากาศเกษตรพลีและสถานีตรวจอากาศคลองใหญ่ไม่มีผลการจำลองลมที่ต่ำกว่าค่าการตรวจวัดลม ซึ่งผลความแตกต่างนี้ขึ้นอยู่กับหลาย

ปัจจัย เช่น สภาพแวดล้อมของจุดตรวจวัด ลักษณะภูมิประเทศของจุดตรวจวัด เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด ลักษณะการตรวจวัด และลักษณะลมภายในช่วงปีที่ตรวจวัด ซึ่งล้วนส่งผลต่อการสอบเทียบ อย่างไรก็ตามผลความแตกต่างของความเร็วในการจำลองดังกล่าวยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้สำหรับการประเมินแหล่งพื้นที่ที่มีศักยภาพ [15-17]

5. สรุป

การศึกษาความเร็วลมในจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดตราดภายในประเทศไทยโดยใช้การจำลองเชิง CFD เข้ามาประยุกต์ใช้นั้นพบว่าความเร็วลมส่วนใหญ่ในพื้นที่การจำลองจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดตราดมีความเร็วต่ำ มีเพียงพื้นที่ 3 แหล่งที่มีความเร็ว 5-7m/s คือพื้นที่เขาสอยดาวจังหวัดจันทบุรี พื้นที่บริเวณเขาศิขภูมิจังหวัดจันทบุรี และพื้นที่เกาะช้างจังหวัดตราด ซึ่งเหมาะต่อการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมความเร็วต่ำ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, Thailand (2014), Energy in Thailand Fact, URL: http://weben.dede.go.th/webmax/sites/default/files/factsq1_2014.pdf, access on 5/03/2015
- [2] Arne R. Gravdahl. (1998). Meso Scale Modeling with a Reynolds Averaged Navier-Stokes Solver Assessment of wind resources along the Norwegian coast, 31th IEA Experts Meeting State of the Art on Wind Resource Estimation Risø 1998, Denmark.
- [3] สมชาย และคณะ (2544). แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย, ISBN: 974-229-126-8, เซ็นทรัลการพิมพ์
- [4] รัตเกล้า และคณะ (2553). การประเมินศักยภาพพลังงานลมเบื้องต้นของประเทศไทย, วารสารวิจัยและพัฒนา มจร., ปีที่ 33 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน 2553, หน้า 75 - 88.
- [5] เกษมสันต์ และคณะ (2553). โครงการการประเมินศักยภาพแหล่งพลังงานลมด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการวิเคราะห์ด้านภูมิศาสตร์สารสนเทศ, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สวก.)
- [6] เสริม และคณะ (2554). การพัฒนาแผนที่ลมสำหรับประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองบรรยากาศระดับสเกลปานกลาง. สาขาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [7] Robert Putnam. (2001). *Wind energy resource atlas of Southeast Asia*, TrueWind Solutions, LLC., Albany New York.
- [8] National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2009). ASTER GDEM, URL: www.gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/, access on 10/11/2009.
- [9] Global Land Cover Facility (2005). MODIS Vegetation Continuous fields, VCF Tree Cover Worldwide 2005, URL: www.glcfc.umd.edu/data/vcf, access on 3/3/2014.
- [10] National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2008). MERRA, The Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Available, URL: www.gmao.gsfc.nasa.gov/merra, access on 4/3/2014.
- [11] Brower, M.C. (2006). *The Use of Reanalysis Data for Climate Adjustments*, AWS Truewind Research Note #1, AWS Truepower, LLC.
- [12] Semih Özdede (2013). Wind Resource Assessment and Wind Farm Modeling in Complex Terrain: Bodrum Peninsula Case Study Using Computational Fluid Dynamics, Graduate school of natural and applied sciences of Middle East Technical University.
- [13] Duynkerke P.G. (1988). Application of the k- ϵ turbulence closure model to the neutral and stable atmospheric boundary layer, *Journal of the atmospheric sciences*, 45th, issue 5, March 1988, pp.865-880.
- [14] WindSim (2011), WindSim Technical Basics, URL: <http://www.windsim.com/products/windsim---technical-basics.aspx>; access on January 2011.

[15] Tristan Wallbank (2008). WindSim Validation Study, CFD validation in Complex terrain.

[16] Gökem Teneler (2011). Wind Flow Analysis on a Complex Terrain, Department of Wind Energy, Master of Science Thesis, Gotland University.

[17] Nikolaos Simisioglou (2012). Wind Resource Assessment Comparison On a Complex Terrain Emploting WINDPRO and WindSim, Gotland University.