

<http://journal.rmutp.ac.th/>

การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลมและข้อมูลลมรายปีบริเวณพื้นที่ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่

กิตติกร สาสุจิตต์* และ นิกราน หอมดวง

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

63 หมู่ที่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

รับบทความ 26 พฤศจิกายน 2563 แก้ไขบทความ 9 พฤษภาคม 2564 ตอรับบทความ 7 มิถุนายน 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาค้นลักษณะข้อมูลลมและศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมในพื้นที่อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ตรวจวัดข้อมูลอัตราเร็วลม และทิศทางลม ช่วงระยะเวลา 1 ปี เริ่มตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2554 ถึง ธันวาคม พ.ศ.2554 ที่ระดับความสูงการตรวจวัดข้อมูล 20 40 และ 80 เมตรเหนือพื้นดิน จากผลการศึกษาพบว่าค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 3.88 3.92 และ 4.30 เมตรต่อวินาที โดยทิศทางลมเฉลี่ยเคลื่อนที่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้เฉลี่ยร้อยละ 20.73 กำลังลมต่อพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 107 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งจากการแจกแจงไวบูลล์ พบว่าค่าพารามิเตอร์รูปร่างเฉลี่ย 1.715 1.633 และ 1.783 พารามิเตอร์ระดับ 3.649 3.651 และ 4.092 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ โดยค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.19 เมื่อประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม Nordex N50-800 kW และ Vestas V90-3 MW พบว่ามีศักยภาพการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 1,761,379 และ 3,772,400 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี โดยมีค่าป้าซีดีแฟกเตอร์เฉลี่ยร้อยละ 25.13 และร้อยละ 14.35 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยมีศักยภาพด้านพลังงานลมเพียงพอสำหรับการพัฒนาแหล่งพลังงานลมในอนาคต

คำสำคัญ : ศักยภาพพลังงานลม; การผลิตไฟฟ้า; เชียงใหม่; ประเทศไทย

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 9998 8203, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: k.sasujit@yahoo.com

<http://journal.rmutp.ac.th/>

Analysis of Wind Speed Data and Annual Energy Potential at Samoeng District in Thailand

Kittikorn Sasujit* and Nigran Homdoug

School of Renewable Energy, Maejo University
63 Moo. 4 Nongharn, Sansai, Chiang Mai, Thailand 50290

Received 26 November 2020; Revised 9 May 2021; Accepted 7 June 2021

Abstract

In this study, the wind speed characteristic and evaluation of wind power generation at Samoeng district, Chiang Mai were investigated using wind speed data and wind direction data, during time of January 2011 to December 2011 and measured at a height of 20, 40 and 80 m above ground level. It was found that the mean wind speed of 3.8, 3.92 and 4.30 m/s. While the mean wind direction of 20.73% and indicating from the southwest. The mean of power density of 107 W/m^2 , the shape parameter (k) was 1.715, 1.633 and 1.783, scale parameter (c) of 3.649, 3.651 and 4.092 m/s, the mean of wind shear coefficient was 0.19. The evaluation of wind energy for electricity generation by install the wind turbine of Nordex N50 from Germany and Vestas V90 from Denmark were capacity of 800 kW and 3 MW. It could produce annual electricity of 1,761,379 kWh and 3,772,400 kWh, and the capacity factor show 25.13% and 14.35%, respectively. Finally, the results showed the northern area of Thailand was suitable for wind power development in further.

Keywords : Wind Energy Potential; Electricity Generation; Chiang Mai; Thailand

* Corresponding Author. Tel.: +668 9998 8203, E-mail Address: k.sasujit@yahoo.com

1. บทนำ

จากสถานการณ์พลังงานปัจจุบันมีการใช้พลังงานฟอสซิลจำนวนมากสอดคล้องกับการเจริญเติบโตด้านอุตสาหกรรม เศรษฐกิจ และสังคม ส่งผลทำให้การใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันได้มีการส่งเสริมในการแสวงหาแหล่งพลังงานหมุนเวียนทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม เป็นต้น สอดคล้องกับแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 ได้รายงานแผนเป้าหมายการเพิ่มสัดส่วน

การใช้พลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายร้อยละ 30 ในปี พ.ศ.2579 โดยเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมปี พ.ศ.2557 กำหนดเป้าหมายที่ 224.47 เมกกะวัตต์ และในปี พ.ศ. 2579 กำหนดเป้าหมายเพิ่มขึ้นที่กำลังการผลิต 3,002 เมกกะวัตต์ [1] พลังงานลมถือว่าเป็นพลังงานหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้ามีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วทั้งภายในและต่างประเทศ นอกจากนั้นยังคงเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรงปราศจากมลภาวะที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ช่วงการผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งแตกต่างจากพลังงานอื่น ๆ แต่ทั้งนี้ในการนำพลังงานลมมาผลิตกระแสไฟฟ้านั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาถึงลักษณะภูมิประเทศ อัตราเร็วลม ทิศทางลม และปัจจัยอื่น ๆ เช่น การใช้ประโยชน์ของพื้นที่ เป็นต้น พื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงสลับด้วยช่องเขา ซึ่งถือว่าได้รับอิทธิพลจากลมหุบเขา และลมภูเขาเป็นส่วนใหญ่ ประกอบกับการได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมบางส่วนตามช่วงฤดูกาล อย่างไรก็ตามการนำเทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้ามาใช้งานจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาถึงคุณลักษณะข้อมูลลมในพื้นที่เสียก่อน เพื่อยืนยันถึงศักยภาพด้านพลังงานลม โดยทั่วไปแล้วจะทำการติดตั้งเสาตรวจวัดข้อมูลลมที่มีความสูงอย่างน้อย 40 เมตรเหนือพื้นดินขึ้นไป จากนั้นนำข้อมูลลมที่ตรวจวัดในพื้นที่วิเคราะห์คุณลักษณะข้อมูลลม และประเมินศักยภาพด้านการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าอัตราเร็วลมในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ณ บริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีศักยภาพอัตราเร็วลมเฉลี่ยทั้งปีอยู่ในช่วง 7.00-7.50 เมตรต่อวินาที [2] ขณะเดียวกัน พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณจังหวัดหนองคาย พบว่ามีอัตราเร็วลมเฉลี่ย 2.84 3.41 และ 3.96 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 60 90 และ 120 เมตรเหนือพื้นดิน [3] นอกจากนี้พื้นที่ภาคใต้ จังหวัดสงขลาของประเทศไทย พบว่ามีศักยภาพพลังงานลมสูง โดยมีอัตราเร็วลมเฉลี่ย 3.39 – 5.06 เมตรต่อวินาที คิดเป็นกำลังลมเฉลี่ย 81 วัตต์ต่อตารางเมตร [4] จากข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมาเห็นได้ว่าพื้นที่บริเวณภาคใต้ของประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานลมสูง ซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมบกลมทะเล เช่นเดียวกับพื้นที่ภูเขาสูงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยนั้น พบว่ามีศักยภาพด้านอัตราเร็วลมที่ตีเช่นกันซึ่งได้รับผลจากอิทธิพลของลมหุบเขา และลมภูเขา

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาและประเมินศักยภาพด้านพลังงานลมในพื้นที่อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงและลมพัดผ่านตลอดทั้งปี โดยทำการตรวจวัดข้อมูลอัตราเร็วลม ทิศทางลม บนเสาสูง 80 เมตรเหนือพื้นดิน จากนั้นนำข้อมูลลมมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลลมโดย

วิธีการทางสถิติ การแจกแจงข้อมูลลมในรอบปี นำเสนอข้อมูลในรูปแบบของอัตราเร็วลมเฉลี่ยในรอบเดือน นอกจากนี้วิเคราะห์หาค่าไวบูลล์ด้วยระเบียบวิธีทางกราฟ และวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลมเพื่อใช้ในการประมาณค่าอัตราเร็วลมสูงเหนือพื้นดินขึ้นไป การวิเคราะห์หาค่ากำลังลมต่อพื้นที่ และทำการประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมผลิตไฟฟ้าเฉพาะพื้นที่ต่อไป

2. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาวิเคราะห์หาศักยภาพพลังงานลมในพื้นที่เฉพาะแหล่ง โดยเก็บข้อมูลลมจากสถานีตรวจวัดข้อมูลลมในรอบปี ตั้งแต่เดือน 1 มกราคม พ.ศ.2554 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2554 ที่ระดับความสูงของเสาตรวจวัดข้อมูลลม 80 เมตรเหนือพื้นดิน โดยคัดเลือกพื้นที่ดังกล่าวโดยใช้วิธีการสำรวจและตรวจวัดข้อมูลลมในภาคสนามที่ระดับความสูง 6 เมตรเหนือพื้นดิน พบว่ามีอัตราเร็วลมเฉลี่ย 2.61 เมตรต่อวินาที และประเมินอัตราเร็วลมที่ระดับ 30 เมตรเหนือพื้นดิน พบว่ามีค่าเฉลี่ย 3.77 เมตรต่อวินาที นอกเหนือวิธีการดังกล่าวนี้ได้สอบถามชุมชนในพื้นที่พบว่าความถี่ของการเคลื่อนที่ของลมในพื้นที่ดังกล่าวมีอย่างต่อเนื่องในรอบปี ประกอบไปด้วยความเป็นไปได้ในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ติดตั้งกังหันลมในอนาคต ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงเลือกพื้นที่ดังกล่าวในการติดตั้งเสาตรวจวัดข้อมูลลม ได้แก่อัตราเร็วลม และทิศทางลม ดังมีรายละเอียดผลการศึกษาต่อไปนี้

2.1 ขั้นตอนการวิจัย

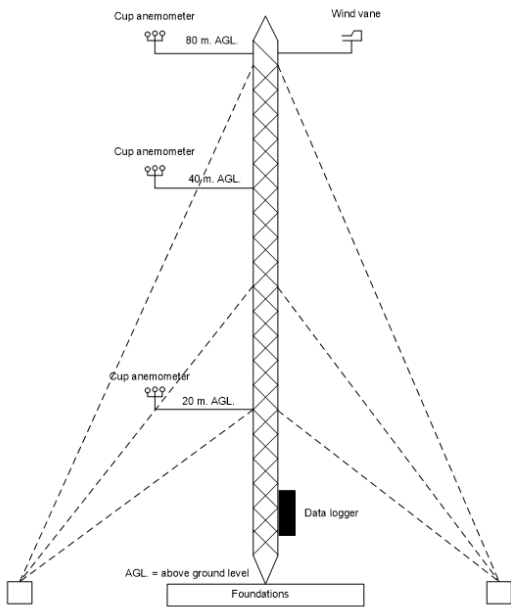
2.1.1 สถานีตรวจวัดและอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลลม

สถานีตรวจวัดข้อมูลลมติดตั้งบนพื้นที่เชิงเขาเหนือจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,391 เมตร พิกัดภูมิศาสตร์ 18°47'16.9"N 98°33'43.4"E พื้นที่หมู่บ้านห้วยน้ำจาง อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ดังรูปที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดข้อมูลลมประกอบไปด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดอัตราเร็วลมแบบลูกถ้วย ยี่ห้อ NRG #40C, USA ติดตั้งบนเสาโครงถักเหล็กยึดสลิงที่ระดับความสูง 20 40 และ 80 เมตรเหนือพื้นดิน ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยที่ระดับความสูง 80 เมตรเหนือพื้นดิน จะทำการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดทิศทางลม ยี่ห้อ NRG #200P, USA ข้อมูลลมจะถูกบันทึกเก็บไว้ที่หน่วยความจำสำรอง

ผ่านเครื่องบันทึกข้อมูลลม (Data Logger) ยี่ห้อ NRG model: SymphoniePRO, USA ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลต่อเนื่องยาวนาน 1 ปี โดยทำการบันทึกข้อมูลเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ข้อมูลจะถูกจัดเตรียมไฟล์เพื่อนำไปวิเคราะห์การแจกแจงความถี่ของข้อมูลลมต่อไป



รูปที่ 1 สถานีตรวจวัดข้อมูลลมพื้นที่อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 2 อุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลลมบนเสาโครงถัก

2.1.2 การแจกแจงอัตราเร็วลมเฉลี่ย

จากการตรวจวัดข้อมูลลมตามช่วงเวลาสามารถวิเคราะห์หาอัตราเร็วลมเฉลี่ยโดยการแจกแจงความถี่ข้อมูลลม [5] ตามสมการที่ (1)

$$V_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{\infty} n_i v_i \tag{1}$$

โดยที่

V_m = อัตราเร็วลมเฉลี่ยตามช่วงเวลา (เมตรต่อวินาที)

v_i = ค่าช่วงกึ่งกลางอัตราเร็วลม (เมตรต่อวินาที)

n_i = จำนวนชั่วโมง (ชั่วโมง)

N = จำนวนชั่วโมงรวมทั้งหมด (ชั่วโมง)

2.1.3 การวิเคราะห์ทิศทางลมเฉลี่ย

การวิเคราะห์ทิศทางลมเฉลี่ยใช้วิธีการแจกแจงความถี่ของข้อมูลทิศทางลมเช่นเดียวกับวิธีการข้างต้น ทั้งนี้ทิศทางลมจะบอกเป็นค่ามุมทิศทางเคลื่อนที่ของลม โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2)

$$WD_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{\infty} n_i d_i \tag{2}$$

โดยที่

WD_m = ทิศทางลมเฉลี่ยตามช่วงเวลา (มุมมองศา)

d_i = ค่าช่วงกึ่งกลางทิศทางลม (มุมมองศา)

2.1.4 การแจกแจงไวบูลล์พารามิเตอร์

ไวบูลล์เป็นพารามิเตอร์ประกอบไปด้วย 2 พารามิเตอร์ได้แก่ พารามิเตอร์ระดับ (c-scale) พารามิเตอร์รูปร่าง (k-shape) โดยสมการไวบูลล์สามารถวิเคราะห์ได้ตามสมการที่ (3) [5-7]

$$f(V) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^k\right] \tag{3}$$

ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม ตามสมการที่ (4)

$$F(V) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^k\right] \tag{4}$$

โดยที่

V = อัตราเร็วลม (เมตรต่อวินาที)

k = ค่าพารามิเตอร์รูปร่าง

c = ค่าพารามิเตอร์ระดับ (เมตรต่อวินาที)

จากสมการที่ (4) จัดรูปสมการใหม่ได้สมการที่ (5) [5]

$$\ln[-\ln(1-F(V))] = k \ln V - k \ln c \quad (5)$$

จัดรูปสมการที่ (5) ให้อยู่ในรูปแบบสมการเส้นตรง จะได้สมการ $Y_i = kX_i + k \ln c$ โดยที่ $Y_i = \ln[-\ln(1-F(V))]$ และ $X_i = \ln V$ ทั้งนี้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลการแจกแจงอัตราเร็วลมจากค่า $i=1$ ถึง n จะได้ตามสมการที่ (6) และจัดรูปแบบสมการหาค่า k และ c ได้ตามสมการที่ (7) และ (8)

$$\sum_{i=1}^n Y_i X_i = k \sum_{i=1}^n X_i^2 - k \sum_{i=1}^n X_i \ln c \quad (6)$$

$$k = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \quad (7)$$

$$c = \exp \left[- \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 \sum_{i=1}^n Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n X_i Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i} \right] \quad (8)$$

2.1.5 กำลังลมต่อพื้นที่

กำลังลมต่อพื้นที่เป็นค่าที่บ่งบอกถึงศักยภาพกำลังลม โดยวิเคราะห์ได้ตามสมการที่ (9) [3], [7]

$$P_{wind} = \frac{1}{2} \rho V_m^3 \quad (9)$$

โดยที่

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ เลือกใช้ค่าเท่ากับ

1.225 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.1.6 สัมประสิทธิ์แรงเฉือนลม (α)

ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลมเป็นค่าที่ใช้สำหรับการประเมินอัตราเร็วลมที่ระดับความสูงเหนือจากจุดตำแหน่งที่ตรวจวัด โดยใช้กฎเพาเวอร์ (Power Law Exponent) ตามสมการที่ (10) [5-7]

$$V_z = V_r \left(\frac{z}{z_r} \right)^\alpha \quad (10)$$

ทั้งนี้สามารถเขียนเป็นสมการเพื่อประเมินหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลม ได้ตามสมการที่ (11) [5]

$$\alpha = \frac{\ln \left(\frac{V_z}{V_r} \right)}{\ln \left(\frac{z}{z_r} \right)} \quad (11)$$

โดยที่

V_z = อัตราเร็วลมที่ระดับความสูง z (เมตร)

V_r = อัตราเร็วลมที่อ้างอิงที่ระดับความสูง z_r (เมตร)

2.1.7 คาปาซิตีแฟคเตอร์

คาปาซิตีแฟคเตอร์จะบ่งบอกถึงสมรรถนะของกังหันลมผลิตไฟฟ้า โดยสามารถคำนวณตามสมการที่ (12) [5], [7]

$$C_f = \frac{E_{out}}{E_r} \times 100 \quad (12)$$

โดยที่

C_f = คาปาซิตีแฟคเตอร์ (ร้อยละ)

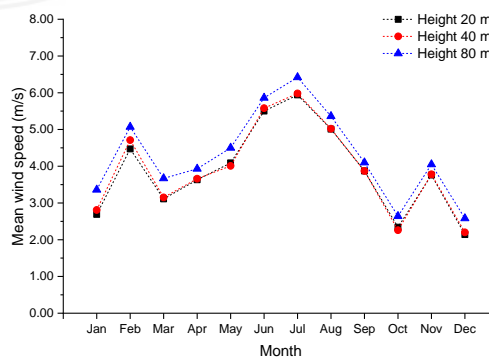
P_r = กำลังการผลิตไฟฟ้าของกังหันลม (กิโลวัตต์)

E_{out} = พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (กิโลวัตต์ชั่วโมง)

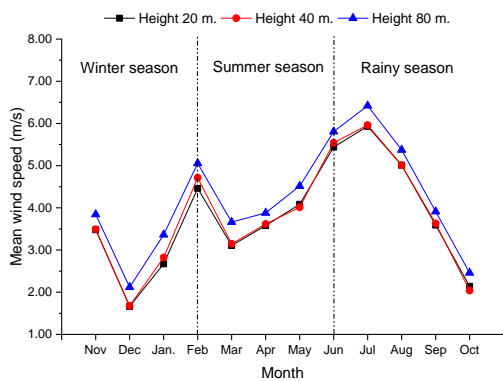
โดยที่ $E_r = 8760P_r$

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

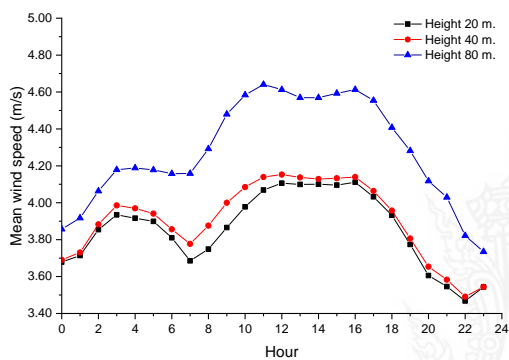
การประเมินศักยภาพพลังงานลมเลือกวิเคราะห์ข้อมูลในรอบปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2554 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2554 โดยผลการศึกษามีดังต่อไปนี้



รูปที่ 3 อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนในรอบปี



รูปที่ 4 อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายฤดูกาลในรอบปี



รูปที่ 5 อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงในรอบปี

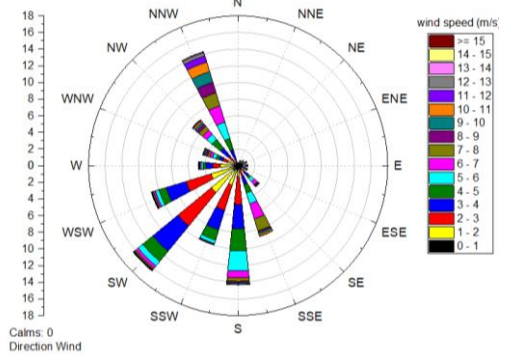
3.1 ผลของอัตราเร็วลมเฉลี่ย

ผลการแจกแจงอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 20 40 และ 80 เมตรเหนือพื้นดิน พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.88 3.92 และ 4.30 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ดังรูปที่ 3 ทั้งนี้พบว่าอัตราเร็วลมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม เนื่องจากช่วงนี้เป็นช่วงฤดูฝนทำให้ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมต่าง ๆ ที่พัดผ่านประเทศไทย และมีแนวโน้มลดลงช่วงฤดูหนาว ในเดือนกันยายนจนถึงเดือนมกราคม ขณะเดียวกันพบว่าเดือนกุมภาพันธ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นซึ่งอาจเป็นเพราะได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือส่งผลให้อัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนช่วงเดือนมีนาคมจนถึงพฤษภาคม พบว่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังรูปที่ 4 แต่เมื่อพิจารณาอัตราเร็วลมรายชั่วโมงพบว่าช่วงเวลา 10.00–16.00 น. อัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าสูงกว่า 4.30 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 80 เมตรเหนือพื้นดิน ขณะเดียวกันที่ระดับความสูง 20

และ 40 เมตรเหนือพื้นดิน พบว่าช่วงเวลาดังกล่าวอัตราเร็วลมเฉลี่ย 4.0-4.10 เมตรต่อวินาที ซึ่งเห็นได้ว่าอัตราเร็วลมมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความสูง ดังรูปที่ 5

3.2 ผลของการแจกแจงทิศทางลมเฉลี่ย

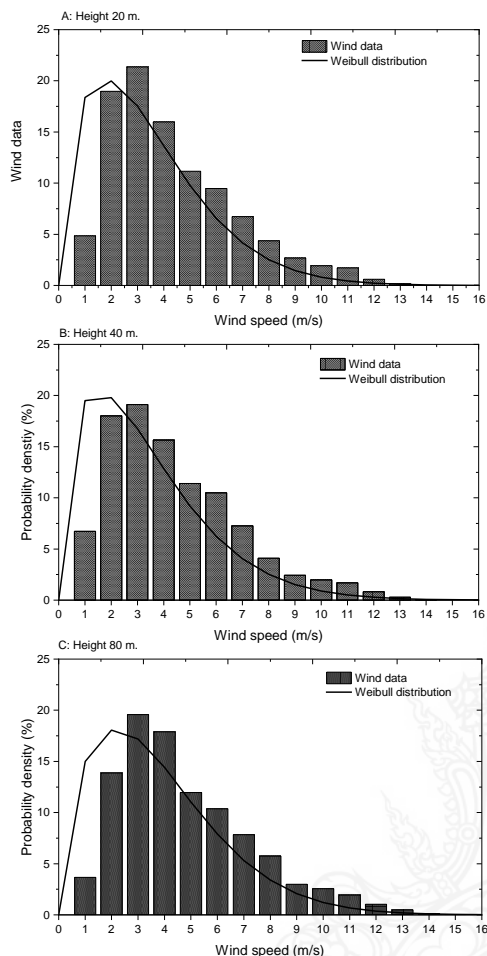
การแจกแจงความถี่ทิศทางลมเคลื่อนที่ของลมที่พบว่ามีค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของลมเฉลี่ยในรอบปีพัดผ่านมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 20.73 ดังแสดงแผนผังการเคลื่อนที่ของลม ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนผังการแจกแจงทิศทางลมในรอบปี

3.3 ผลของการแจกแจงไวบูลล์พารามิเตอร์

ผลการแจกแจงไวบูลล์พารามิเตอร์ พบว่าการกระจายของข้อมูลในรอบปีมีค่าพารามิเตอร์รูปร่างใกล้เคียงกันในแต่ละเดือน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.715 1.633 และ 1.783 ส่วนค่าพารามิเตอร์ระดับในรอบปีพบว่ามีค่าสอดคล้องกับอัตราเร็วลมเฉลี่ยดังแสดงไว้ในรูปที่ 7 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.649 3.651 และ 4.092 เมตรต่อวินาที ทั้งนี้วิเคราะห์การกระจายข้อมูลลมที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับการแจกแจงความน่าจะเป็นโดยใช้สมการไวบูลล์ พบว่าค่าที่ได้จากการประเมินโดยวิธีแจกแจงไวบูลล์ให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีโดยมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจากการตรวจวัดจริงที่ความสูง 20 40 และ 80 เมตรเหนือพื้นดิน ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ J. N. Touafio et al. [8]



รูปที่ 7 การแจกแจงไวบูลล์กับข้อมูลลมที่ตรวจวัดจริง

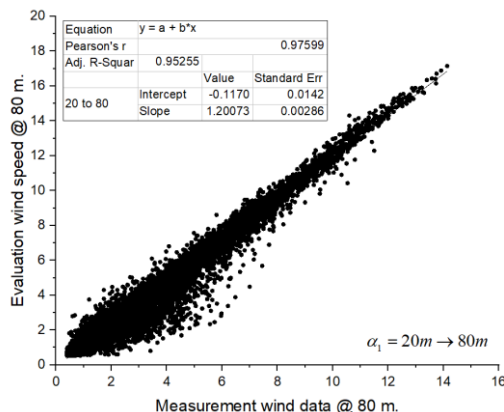
3.4 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์แรงเฉือนลม

ผลวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลม (α) ซึ่งเป็นค่าสำหรับการประเมินอัตราเร็วลมที่สูงขึ้นไปในกรณี ที่ทราบค่าอัตราเร็วลม 2 ระดับความสูง ผลการวิเคราะห์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลมของพื้นที่นี้ เท่ากับ 0.190 ดังตารางที่ 1 นอกจากนั้นเมื่อนำข้อมูล อัตราเร็วลมตรวจวัด 20 เมตร ประเมินไปที่ 80 เมตร เหนือพื้นดิน พร้อมเปรียบเทียบกับข้อมูลการตรวจวัด จริง พบว่ามีค่าระดับความเชื่อมั่นของข้อมูลมากกว่า ร้อยละ 95 ดังรูปที่ 8 (ก) เช่นเดียวกับกับกราฟที่ 8 (ข)

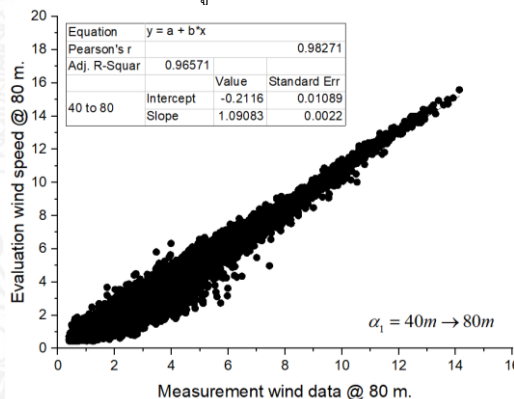
ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนของลม

Details	Height of wind speed (m.)		
	20&40 m.	20&80 m.	40&80 m.
Data	1,653	2,248	3,012

α	0.182	0.194	0.193
S.D.	0.072	0.082	0.082



ก) การประเมินอัตราเร็วลมระดับความสูง 20 เมตรไปที่ระดับ ความสูง 80 เมตรเหนือพื้นดิน

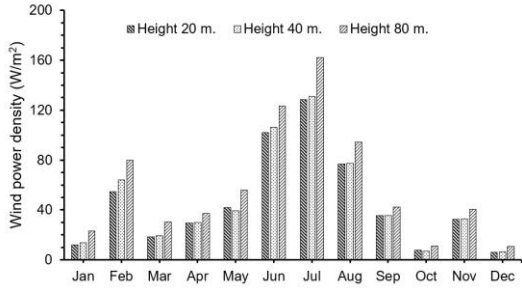


ข) การประเมินอัตราเร็วลมระดับความสูง 40 เมตรไปที่ระดับ ความสูง 80 เมตรเหนือพื้นดิน

รูปที่ 8 ผลการเปรียบเทียบอัตราเร็วลมที่ประเมินได้กับ ค่าตรวจวัดจริงที่ระดับความสูง 80 เมตรเหนือพื้นดิน

3.5 ผลของกำลังลมต่อพื้นที่

จากข้อมูลอัตราเร็วลมที่ทำการตรวจวัดราย ชั่วโมงในรอบปีพบว่าประเมินเป็นกำลังลมต่อพื้นที่เฉลี่ย เท่ากับ 83.78 88.39 และ 106.99 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งประเมินการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ย 734 774 และ 937 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี ที่ระดับความสูงการ ตรวจวัดข้อมูลลม 20 40 และ 80 เมตรเหนือพื้นดิน ตามลำดับ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 กำลังลมต่อพื้นที่รายเดือนในรอบปี

3.6 ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม

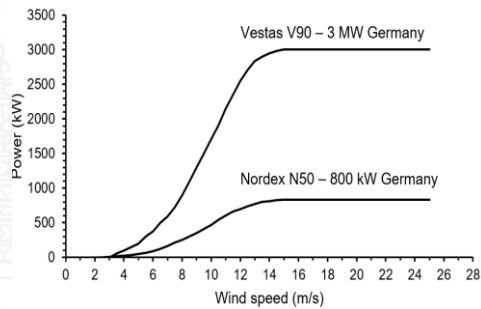
การประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมผลิตไฟฟ้านั้น งานวิจัยนี้เลือกที่กำลังการผลิตแตกต่างกันเพื่อเปรียบเทียบศักยภาพ โดยใช้กังหันลม Nordex N50 กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด 800 กิโลวัตต์ จากประเทศเยอรมนี มีค่าเริ่มต้นการหมุน (Cut-in) เท่ากับ 2.50 เมตรต่อวินาที จุดส่วนหมุนกังหันลม (Hub Height) เท่ากับ 70 เมตรเหนือพื้นดิน โดยเป็นกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบพัด พื้นที่โรเตอร์เท่ากับ 1,964 ตารางเมตร [9] สำหรับกังหันลมขนาดใหญ่ที่มีการใช้งานในปัจจุบันซึ่งมีขนาดกำลังการผลิตที่สูงโดยงานวิจัยนี้เลือกกังหันลม Vestas V90 กำลังการผลิต 3 เมกกะวัตต์ จากประเทศเดนมาร์ก มีจุดเริ่มต้นการหมุนเท่ากับ 3.5 เมตรต่อวินาที ที่ระดับจุดส่วนหมุนกังหันลมเท่ากับ 80 เมตรเหนือพื้นดิน [10] โดยการประเมินค่าพลังงานใช้วิธีทางสถิติในการแจกแจงอัตราเร็วลมสอดคล้องกับกังหันลมและเส้นโค้งกำลังการผลิตไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 10-12



รูปที่ 10 กังหันลมผลิตไฟฟ้ายี่ห้อ Nordex N50 ขนาดกำลังการผลิต 800 กิโลวัตต์ [9]



รูปที่ 11 กังหันลมผลิตไฟฟ้ายี่ห้อ Vestas V90 ขนาดกำลังการผลิต 3 เมกกะวัตต์ [10]



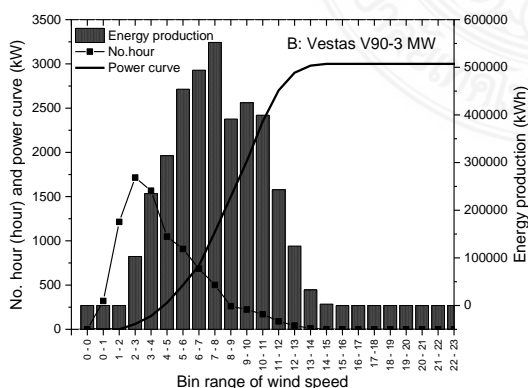
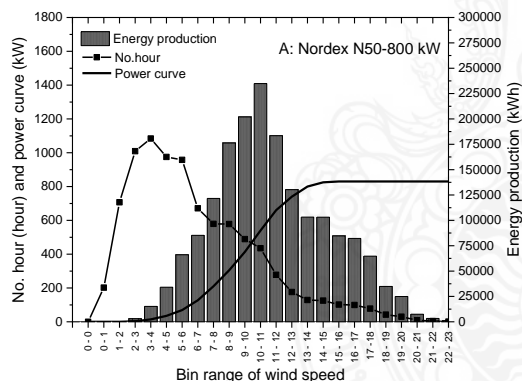
รูปที่ 12 เส้นโค้งกำลังกังหันลม Nordex N50 ขนาดกำลังการผลิต 800 กิโลวัตต์ [10], [11]

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม พบว่ากังหันลมผลิตไฟฟ้า Nordex N50 และ Vestas V90 ให้ศักยภาพการผลิตไฟฟ้ารวมแตกต่างกันเนื่องจากมีกำลังการผลิตที่ต่างกัน โดยให้พลังงานไฟฟ้ารวม 1,761,379 และ 3,772,400 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี แต่เมื่อพิจารณาค่าคาปาซิตีแฟคเตอร์ของการเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าของกังหันลม พบว่ามีค่าร้อยละ 25.13 และร้อยละ 14.35 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากังหันลม Nordex N50 นั้นให้ผลการเปลี่ยนรูปพลังงานเมื่อเทียบกับกำลังการผลิตสูงสุดของกังหันลมดีกว่า กังหันลมขนาดใหญ่ของ Vestas V90 อย่างไรก็ตามกังหันลมขนาดใหญ่จะเหมาะสมสำหรับพื้นที่มีค่ากำลังลมที่สูงกว่าพื้นที่งานวิจัยนี้ สอดคล้องกับการศึกษาการผลิตไฟฟ้า จากกังหันลมขนาดใหญ่ตามแนวชายฝั่งทะเล ที่มีกำลังการผลิตสูงกว่า 1 เมกกะวัตต์ โดยมีค่าอัตราเร็วเฉลี่ยมากกว่า 9 เมตรต่อวินาที [11] ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมข้างต้น

แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย การใช้กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 1 เมกกะวัตต์ จะเหมาะสมกับพื้นที่ดังกล่าว เนื่องจากให้ค่าค่าปาซีดีแฟคเตอร์ที่ดี นอกเหนือจากปัจจัยราคาต้นทุนของกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ต่ำกว่า และปัจจัยในเรื่องการขนส่งอุปกรณ์ติดตั้งในพื้นที่ที่เป็นพื้นที่เชิงเขาและมีขนาดถนนที่ไม่เหมาะสมกับการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์กังหันลมผลิตไฟฟ้า ซึ่งผลการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมตามช่วงของอัตราเร็วลมต่าง ๆ กับค่าเส้นโค้งกำลังกังหันลมผลิตไฟฟ้า และจำนวนชั่วโมงที่ลมพัดผ่านตามช่วงอัตราเร็วลมต่าง ๆ ของงานวิจัยนี้ แสดงได้ดังรูปที่ 13

ตารางที่ 2 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีจากกังหันลม

Wind Turbine	Nordex N50	Vestas V90
Capacity	800 kW	3 MW
Annual energy production (kWh/year)		
- Gross energy production	1,761,379	3,772,400
- Net. energy production	442,702	541,515
Capacity factor ($\%C_f$)	25.13%	14.35%



รูปที่ 13 การแจกแจงอัตราเร็วลมต่อจำนวนชั่วโมงลมที่พัดผ่านและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

4. สรุป

จากการประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม และการวิเคราะห์คุณลักษณะข้อมูลลมในรอบปี พ.ศ. 2554 พบว่ามีอัตราเร็วลมเฉลี่ยในรอบปีมีค่าเท่ากับ 3.88 3.92 และ 4.30 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 20 40 และ 80 เมตรเหนือพื้นดิน ตามลำดับ โดยทิศทางลมเฉลี่ยพัดผ่านมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ เป็นส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 20.73 กำลังลมต่อพื้นที่เฉลี่ย 107 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าไวบูลล์พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์สามารถนำไปคำนวณหาค่าความหนาแน่นพลังงานและศักยภาพการผลิตไฟฟ้าได้ รวมไปถึงการแจกแจงความถี่ของข้อมูลลม ขณะเดียวกันค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลมของพื้นที่งานวิจัยนี้ พบว่ามีค่าเฉลี่ย 0.19 สามารถนำค่าไปคำนวณหาอัตราเร็วลมสูงขึ้นไปในพื้นที่นี้ได้ และจากการวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม Nordex N50 เปรียบเทียบกังหันลมขนาดใหญ่ Vestas V90 พบสามารถผลิตไฟฟ้ารวม 1,761,379 และ 3,772,400 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าการเปลี่ยนรูปพลังงานเทียบกับกำลังการผลิตไฟฟ้าของกังหันลม พบว่ากังหันลม Nordex N50 นั้นจะให้ผลที่ดีกว่าโดยมีค่าร้อยละ 25.13 ซึ่งบ่งบอกถึงพื้นที่ภาคเหนือที่มีลักษณะเป็นภูเขาสูงพื้นที่เชิงเขาลาดชัน ในจังหวัดเชียงใหม่ มีศักยภาพพลังงานลมเพียงพอที่จะนำเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลของประเทศได้ อย่างไรก็ตามควรจะนำข้อมูลอย่างน้อย 3-5 ปี มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงข้อมูลลมตามช่วงเวลา และเพื่อยืนยันถึงศักยภาพที่เป็นไปได้ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ การใช้ประโยชน์ในพื้นที่ คมนาคมด้านการขนส่งอุปกรณ์ แนวทางการสร้างความเข้าใจของชุมชน และการจัดทำแผนที่กังหันลมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมทั้งตำแหน่ง ขนาดกังหันลมผลิตไฟฟ้า และความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และวิทยาลัยพลังงานทดแทนมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Energy Policy and Planning Office. (2015). Alternative Energy Development Plan: AEDP 2015. [Online]. Available: https://www.dede.go.th/download/files/AEDP2015_Final_version.pdf
- [2] D. Thakur and N. Mithulananthan. "Wind Energy in Thailand to Enhance Energy Security: Potential, Status and Barriers," *International Energy Journal*, vol. 11, pp. 203-212, Dec. 2010.
- [3] S. Polnumtiang and K. Tangchaichit, "Wind Energy Data Analysis in Nong Khai, Thailand," *Ladkrabang Engineering Journal*, vol. 34, pp. 29-36, Jun. 2017.
- [4] S. Luankaeo and Y. Tirawanichakul, "Assessment of Wind Energy Potential in Prince of Songkla University (South Part of Thailand): Hatyai campus," *Energy Procedia*, vol. 138, pp. 704-709, Oct. 2017.
- [5] K. Sasujit and N. Dussadee, "Evaluation of Wind Energy Potential and Electricity Generation in Northern of Thailand," *Naresuan University Journal: Science and Technology*, vol. 24, pp. 41-54, Oct. 2016.
- [6] F. Arefi, J. Moshtagh and M. Moradi, "The Wind Energy Potential of Kurdistan, Iran," *International Scholarly Research Notices*, Article ID 323620, pp. 1-9, Oct. 2014.
- [7] S. O. Oyedepo, M. S. Adaramola and S. S. Paul, "Analysis of wind speed data and wind energy potential in three selected locations in south-east Nigeria," *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, vol. 3, no. 7, pp. 1-11, May. 2012.
- [8] J. N. Touafio, O. Sanda, S. Malenguinza, J. M. Boliguipa and R. M. Mouangue, "Analysis of a wind turbine project in the city of Bouar (Central African Republic)," *Scientific African*, vol. 8, pp. 1-15.
- [9] Wind-turbine-models.com. (2011). Nordex N50. [Online]. Available: <https://en.wind-turbine-models.com/turbines/392-nordex-n50>
- [10] wind-turbine.com. (2020). Vestas V90 3 MW Brochure. [Online]. Available: <https://wind-turbine.com/download/46782/v90broschn-everusedvestasv903mwbroschure.pdf>
- [11] S. M. Boudia and O. Guerri, "Investigation of Wind Power Potential at Oran, Northwest of Algeria," *Energy Conversion and Management*, vol. 105, pp. 81-92, Nov. 2015.