

การประเมินลักษณะความเร็วลมเฉพาะแหล่งในเขตพื้นที่จังหวัดนครพนม Assessing of Wind Speed Characteristics in Nakhon Phanom Province of Thailand

พนิดา สุขสมพร้อม (Panida Suksomprom)* สุพิชชา ถวิลไพร (Supitcha Tawinprai)**
สุกชัย พลน้ำเที่ยง (Supachai Polnumtiang)** ดร.ศิริรัตน์ พัฒน์ไพโรจน์ (Dr.Sirorat Pattanpairoj) ¹***
ดร.เกียรติฟ้า ตั้งใจจิต (Dr.Kiatfa Tangchaichit)****

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะความเร็วลมเฉพาะแหล่งในเขตพื้นที่จังหวัดนครพนม โดยใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดจริงจากการติดตั้งเสาวัดลม ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยทุก ๆ 10 นาที จะถูกบันทึกไว้ที่เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) เป็นระยะเวลา 12 เดือนต่อเนื่อง เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2562 ที่ความสูง 60 และ 90 เมตรเหนือพื้นดิน ผลการศึกษาพบว่าความเร็วลมเฉลี่ยตลอดทั้งปีคือ 3.63 และ 4.17 เมตรต่อวินาที กำลังลมเท่ากับ 53 และ 77 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่ความสูง 60, 90 เมตร ตามลำดับ โดยมีทิศทางลมส่วนใหญ่กระจายตัวจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือไปยังทิศตะวันตกได้

ABSTRACT

The objective of this research was to study the wind characteristics in Nakhon Phanom Province of Thailand. Wind speed velocity and wind direction were recorded at height 60 m, 90 m above ground level, ground level is 163 m above sea level. They were recorded base on 10-min time interval recorded with 12 months from October 2018 to September 2019. The study found that the annual mean wind speed was 3.631 and 4.172 m/s and power density of 53, 77 W/m² at 60 and 90 m above ground level respectively which wind direction generally contributes from northeast (NE) to southwest (SE).

คำสำคัญ : ลักษณะลม ความเร็วลม ไวบูลล์พารามิเตอร์

Keywords: Wind characteristics, Wind speed, Weibull distribution function

¹Corresponding author: siropa@kku.ac.th

*นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

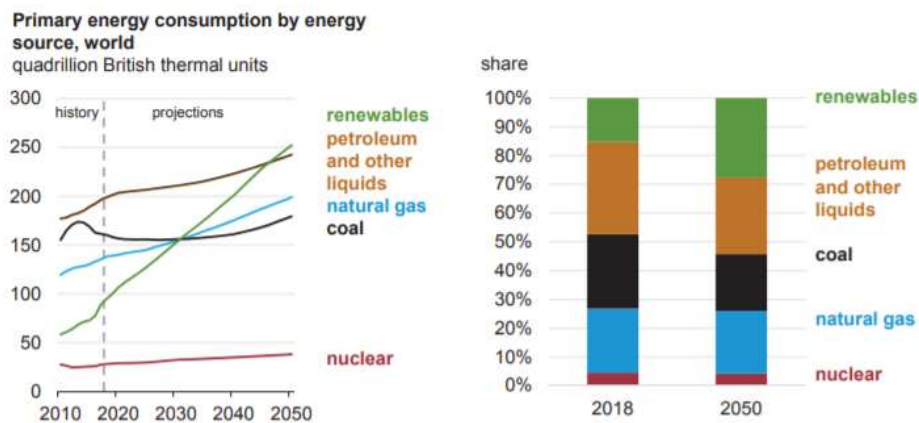
**นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

***อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

****รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยขอนแก่น (AERD-KKU)

บทนำ

เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานจากทุกประเทศทั่วโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันเนื่องมาจากจำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะการใช้พลังงานจากปิโตรเลียม (Petroleum) ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษตามมา และภายในปี ค.ศ.2050 การใช้พลังงานหมุนเวียนจาก พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานทางเลือกอื่น ๆ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมาเป็นอันดับหนึ่งแสดงดังภาพที่ 1 [1] จากนโยบายการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในประเทศไทย PDP2018 ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (peak demand) อยู่ที่ 53,997 เมกะวัตต์ (MW) และได้กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมให้ได้ถึง 1,485 เมกะวัตต์ (MW) ภายในปี ค.ศ.2037 [2]



ภาพที่ 1 แนวโน้มการใช้พลังงานของโลก

การนำพลังงานลมมาผลิตกระแสไฟฟ้า พลังงานลมซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนรูปแบบหนึ่งที่สะอาด เป็นพลังงานที่ยั่งยืนเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติไม่ต้องซื้อ อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดมลพิษ โดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้า [3] ซึ่งก่อนที่จะนำพลังงานลมมาผลิตกระแสไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุดจำเป็นต้องมีองค์ความรู้เกี่ยวกับการประเมินศักยภาพพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ และคำนึงถึงลักษณะภูมิประเทศ สิ่งกีดขวาง ขนาดของกังหันลมที่บ่งบอกถึงศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า ความแปรปรวนของลมในพื้นที่นั้น ๆ เนื่องจากอัตราเร็วของลมมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน รอบฤดูกาล ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความเร็วและทิศทางลม ซึ่งทำการตรวจวัดอย่างน้อย 1 ปีขึ้นไป [4] และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้านทางสถิติเพื่อประเมินศักยภาพของพลังงานลม เพื่อความแม่นยำในการวัดความเร็วลม และช่วยลดความเสี่ยงในการลงทุนติดตั้งกังหันลม

สำหรับการเก็บข้อมูลที่ใช้ในทางอุตุนิยมวิทยามีความสูงเพียง 10 เมตรเหนือพื้นดิน แต่สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า จำเป็นต้องทราบศักยภาพความเร็วลมที่ความสูง 50 เมตรเหนือพื้นดิน ขึ้นไป [5] เพื่อหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางทางลม ในปัจจุบันการเก็บรวบรวมข้อมูลความเร็วลมและทิศทางลมอย่างต่อเนื่องยังมีไม่มากเท่าที่ควร โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ในจังหวัดนครพนม ซึ่งอยู่เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยเป็นพื้นที่ราบสูงและใกล้แม่น้ำโขงซึ่งอาจได้รับอิทธิพลจากลมร่องชาด้วย มีความเป็นไปได้ในการศึกษา โดยได้ตรวจวัดความเร็วลมเป็นระยะเวลา 12 เดือนต่อเนื่อง ที่ความสูง 60 และ 90 เมตรเหนือพื้นดิน นำเสนอข้อมูลเป็นรายปี รายเดือน รายวัน และทิศทางการกระจายลมส่วนใหญ่ เพื่อเป็นข้อมูล

เบื้องต้นในการประเมินศักยภาพพลังงานลมเฉพาะแหล่ง และสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประเมินลักษณะพลังงานลมเฉพาะแหล่งในเขตพื้นที่บริเวณ ตำบลน้ำกล้า อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนมของประเทศไทย

ระเบียบวิธีในการวิจัย

สถานีตรวจวัดความเร็วลม

พื้นที่ในการติดตั้งสถานีตรวจวัดความเร็วลมที่บริเวณตำบลน้ำกล้า อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม ตั้งอยู่ที่พิกัด ละติจูด N 16°86' ลองจิจูด E 104°72' เสาวัดลมแบบโครงถักสามเหลี่ยมความสูง 100 เมตร และติดตั้งเครื่องวัดความเร็วลมแบบถ้วย (Anemometer) และทิศทางลม (Wind Vane) ที่ระดับความสูง 60 และ 90 เมตรเหนือพื้นดินตามลำดับ ที่ระดับความสูงเหนือน้ำทะเล 163.0 เมตร แสดงดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดความเร็วลม



ภาพที่ 3 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมบนเสาที่ความสูง 2 ระดับ

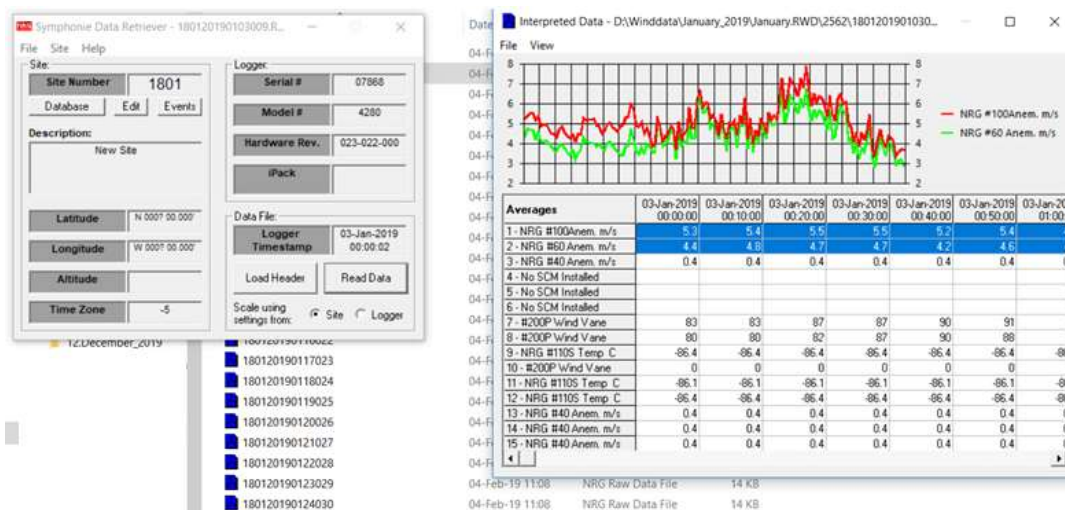
วิธีการเก็บข้อมูล

เมื่อติดตั้งเสาวัดลมและอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลเรียบร้อยแล้ว โดยอุปกรณ์ที่ใช้วัดความเร็วลมใช้ยี่ห้อ NRG System ของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งได้มาตรฐานที่ทั่วโลกให้การยอมรับ แสดงดังภาพที่ 4 และตารางที่ 1 เก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 12 เดือนต่อเนื่อง ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2562 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยทุก ๆ

10 นาที จะถูกบันทึกไว้ที่เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) และข้อมูลที่ได้จะถูกบันทึกลงในแผ่นบันทึกข้อมูล (MMC Memory Card) ไฟล์ที่ได้เป็นไฟล์ NRG นามสกุล .RWD จากนั้นแปลงไฟล์เป็นนามสกุล .TXT โดยใช้โปรแกรม NRG Symphonie Data Retriever แสดงภาพที่ 5 ซึ่งข้อมูลที่ได้คือ ความเร็วลม ทิศทางลม ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลตามช่วงเวลาทำการตรวจวัดของความสูง 60 และ 90 เมตรเหนือพื้นดิน จากนั้นนำไปจัดเรียงข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Excel และโปรแกรม WAsP 10.0 นำมาวิเคราะห์หาค่าศักยภาพพลังงานลมโดยใช้หลักการทางสถิติ ได้แก่ ความเร็วลมเฉลี่ยรายปี รายเดือน รายชั่วโมง รวมทั้งการกระจายตัวของข้อมูลแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution Function) ในแต่ละระดับความสูง เพื่อหาพารามิเตอร์รูปร่าง พารามิเตอร์ระดับ และการประเมินกำลังลม



ภาพที่ 4 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) (ซ้าย) เครื่องวัดทิศทางลมหรือศรลม (Wind Vane) (ขวา)



ภาพที่ 5 แสดงการจัดการข้อมูล

ตารางที่ 1 อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนเสาวัดลม

อุปกรณ์	รายละเอียด	ผู้ผลิต
เสาวัดลม 100 เมตร	โครงถักสามเหลี่ยม	
Anemometer NRG#40C	- ชนิด 3 ถ้วย - ช่วงความเร็วลมทำงาน 1-96 m/s - ความถี่ (Hz)แปรผันกับความเร็วลม - $TF (m/s) = (Hz * 0.765) + 0.35$	NRG System
Wind Vane NRG#200P	- Measuring Rang 0-360° - ช่วงทำงาน -55 ถึง 60 °C - ช่วงทำงาน 0 ถึง 100% RH	

ผลการวิจัยและอภิปราย

จากการเก็บข้อมูลความเร็วลมเป็นระยะเวลา 12 เดือนต่อเนื่อง (1 รอบปี) ตั้งแต่ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2562 โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความสูงสองระดับ คือ 60 และ 90 เมตรเหนือพื้นดิน (ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 163.0 เมตร) พบว่าความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณสถานีตรวจวัดความเร็วลมในเขตพื้นที่จังหวัดนครพนมมีค่าอยู่ในช่วง 3.63–4.17 เมตรต่อวินาที และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52, 0.44 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับความสูงสองระดับ แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าที่ความสูง 90 เมตร มีความเร็วลมสูงสุดและลดลงตามระดับที่ความสูง 60 เมตร

ตารางที่ 2 ความเร็วลมเฉลี่ยรายปี (เมตรต่อวินาที) (ตุลาคม 2561- กันยายน 2562)

ความสูง (m)	เดือน												ความเร็วลมเฉลี่ย ตลอดทั้งปี (m/s)
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	
60	3.36	3.89	4.51	4.17	4.03	3.56	3.23	2.99	3.40	3.67	3.47	3.31	3.63
90	3.85	4.40	5.28	4.93	4.38	3.90	3.79	3.49	3.90	4.39	3.98	3.76	4.17

การวิเคราะห์ข้อมูลลม

การวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลาที่พิจารณา ที่ระดับความสูง 60 และ 90 เมตรเหนือพื้นดิน หาได้จากสมการที่ (1) โดยที่ V คือความเร็วลมเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาที่ตรวจวัด v_n ความเร็วลมที่ตำแหน่งกึ่งกลางของ Bins range และ N_n คือจำนวนชั่วโมงรวมใน Bins Range

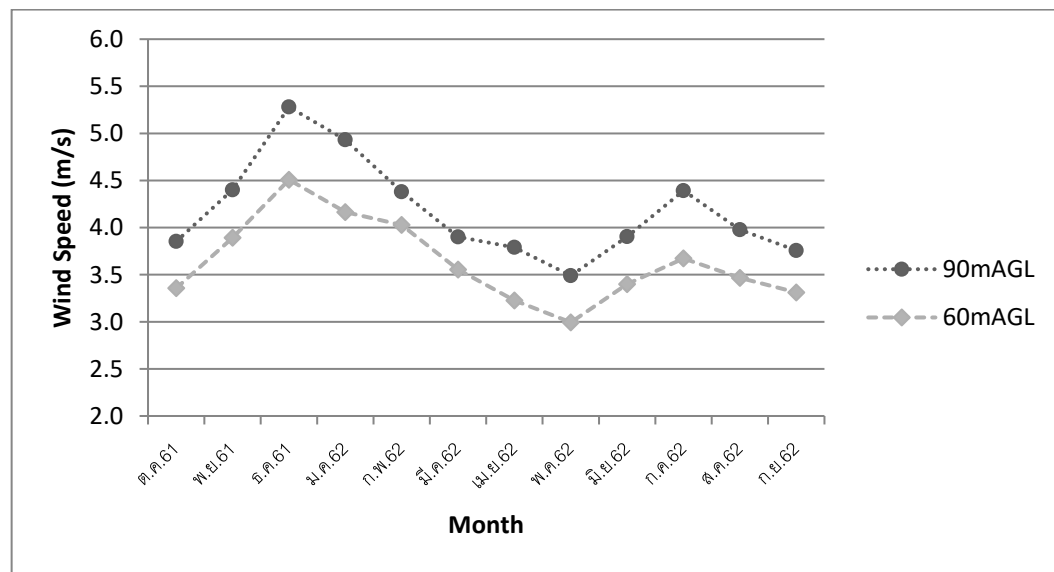
$$V = \frac{v_1 N_1 + v_2 N_2 + \dots + v_n N_n}{N_1 + N_2 + \dots + N_n} \quad (1)$$

ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน

ความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนตลอดการเก็บข้อมูล 12 เดือนต่อเนื่อง (1 รอบปี) แสดงดังภาพที่ 6 ความเร็วลมเฉลี่ยจะมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูหนาวเท่ากับ 4.87 เมตรต่อวินาที เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม และความเร็วลมมีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูร้อน โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 3.89 เมตรต่อวินาที ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม โดยในเดือนพฤษภาคมมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำสุดในรอบปี และความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนเท่ากับ 3.98 เมตรต่อวินาที มีความเร็วลมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากฤดูร้อนจนถึงเดือนกรกฎาคมจากนั้นจะลดลงจนถึงเดือนกันยายน ดังแสดงในตารางที่ 3 ที่ความสูง 90 เมตรเหนือพื้นดิน และพบความเร็วลมเฉลี่ยจะมีพฤติกรรมคล้ายกันที่ความสูง 60 เมตรเหนือพื้นดิน

ตารางที่ 3 ความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละฤดูกาล (เมตรต่อวินาที) (ตุลาคม 2561- กันยายน 2562)

ฤดูกาล	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	
	60mAGL	90mAGL
ฤดูหนาว (พ.ย.-ม.ค.)	4.19	4.87
ฤดูร้อน (ก.พ.-พ.ค.)	3.45	3.89
ฤดูฝน (มิ.ย.-ต.ค.)	3.44	3.98



ภาพที่ 6 ความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน

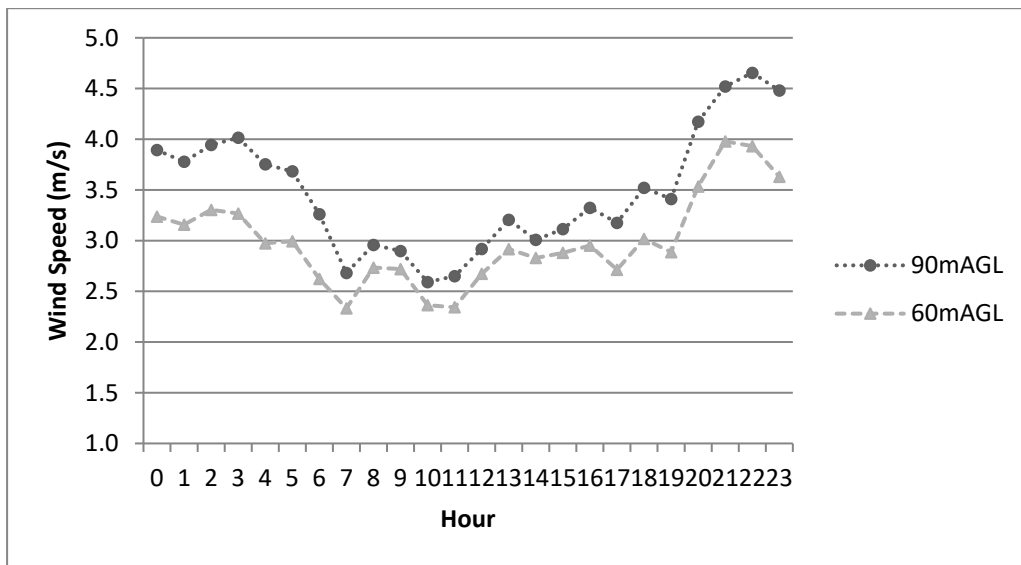
ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยรายวัน

ช่วงความเร็วลมเฉลี่ยรายวันตลอด 1 ปี ที่ความสูง 60 และ 90 เมตรเหนือพื้นดิน ในช่วงเวลากลางคืน (18.00-06.00 น.) จะมีความเร็วลมมากกว่าช่วงเวลากลางวัน (06.00-18.00 น.) ในช่วงกลางวันลมจะค่อนข้างเสถียร แสดงดังภาพที่ 7 และค่าสัมประสิทธิ์แรงลมเฉือน WSC (Wind Shear Coefficient) เฉลี่ยของบริเวณสถานีตรวจวัดความเร็วลมระหว่าง 60-90 เมตร คือ 0.38 ค่า WSC (α) มีค่ามากเนื่องจากได้รับอิทธิพลของความขรุขระของพื้นผิว นอกจากนี้ยัง

สามารถหาความเร็วลมนอกช่วงที่นอกเหนือจากความสูง 90 เมตรเหนือพื้นดินที่ได้ทำการวัดจริงได้ โดยใช้สมการที่ (2) เมื่อใช้ค่า WSC (α) เท่ากับ 0.38 และ h คือระดับความสูง

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^\alpha \quad (2)$$

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจวัดความเร็วลมที่ระดับความสูง 60 และ 90 เมตรเหนือพื้นดิน และจากค่า WSC (α) ที่ได้ สามารถคำนวณหาความเร็วลมที่ความสูง 150 เมตรเหนือพื้นดินได้อีกด้วย ซึ่งจะได้เท่ากับ 5.07 เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 7 ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมง

การแจกแจงไวบูลล์ (Weibull Distribution Function)

การแจกแจงไวบูลล์เป็นการแจกแจงทางสถิติประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ 2 ตัว ใช้แทนลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลลมทางสถิติ เป็นการแจกแจงที่ได้รับการยอมรับกันอย่างแพร่หลาย [6] คือ Shape Parameter (k) และ Scale Parameter (c) การหาค่า k , c และการแจกแจงความถี่สะสม (Cumulative distribution, $F(v)$) [7] สามารถหาได้จากสมการที่ (3-7) ค่าพารามิเตอร์รูปร่าง k มีความสัมพันธ์กับทิศทางและความเร็วลมของลม ถ้า k มีค่าต่ำแสดงว่ามีความเร็วลมต่ำ และ พารามิเตอร์ระดับ c สัมพันธ์กับอัตราเร็วลมเฉลี่ย ถ้าความเร็วลมเฉลี่ยมีค่าสูง c ค่าจะสูงตามไปด้วย

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

$$k = \left(\frac{\sigma}{V}\right)^{-1.086} \quad (4)$$

$$c = \frac{V}{\Gamma(1+1/k)} \quad (5)$$

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} \exp(-t) dt \quad (6)$$

$$F(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (7)$$

เมื่อ Γ คือ Gamma Function

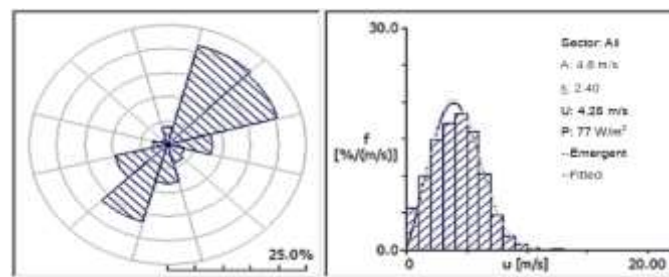
k คือ พารามิเตอร์รูปร่างของไวบูลล์

c คือ พารามิเตอร์ระดับของไวบูลล์ (m/s)

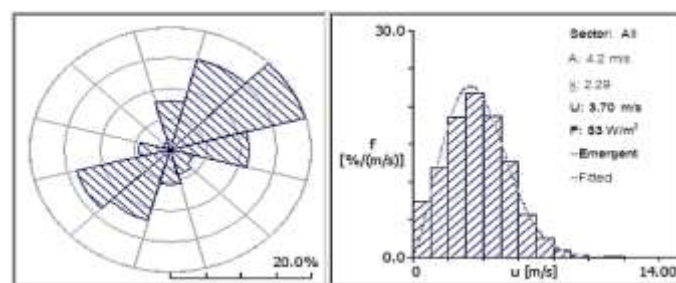
v คือ ความเร็วของลม (m/s)

ทิศทางลม (Wind Rose) และไวบูลล์พารามิเตอร์

ข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัดความเร็วลมนำมาวิเคราะห์การกระจายตัวของทิศทางลม โดยใช้โปรแกรม WAsP 10.0 ซึ่งพัฒนาโดย มหาวิทยาลัยเทคนิค ประเทศเดนมาร์ก [8] จากโปรแกรมดังกล่าวจะบอกอัตราส่วนของลมโดยทิศทางลมส่วนใหญ่เคลื่อนที่จากทิศตะวันออกเฉียงเหนือไปยังทิศตะวันตกได้ ที่ความสูง 60 และ 90 เมตรเหนือพื้นดิน คิดเป็น 20% และ 25% ความเร็วลมเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ที่ 3.70, 4.25 ตามลำดับ ดังภาพที่ 8-9 ค่าไวบูลล์พารามิเตอร์ ดังตารางที่ 4



ภาพที่ 8 การกระจายตัวทิศทางลมและการแจกแจงไวบูลล์เฉลี่ยทั้งปี (ตุลาคม 2561- กันยายน 2562)
ที่ระดับความสูง 90 เมตรเหนือพื้นดิน



ภาพที่ 9 การกระจายตัวทิศทางลมและการแจกแจงไวบูลล์เฉลี่ยทั้งปี (ตุลาคม 2561- กันยายน 2562)
ที่ระดับความสูง 60 เมตรเหนือพื้นดิน

ตารางที่ 4 ความเร็วลมเฉลี่ย ไวนูล์พารามิเตอร์ และ กำลังลม (ตุลาคม 2561- กันยายน 2562)

เดือน	ความสูงระดับ (m)					
	90			60		
	v (m/s)	k	c (m/s)	v (m/s)	k	c (m/s)
ตุลาคม	3.85	2.05	4.35	3.36	1.92	3.78
พฤศจิกายน	4.40	2.14	4.97	3.89	2.24	4.40
ธันวาคม	5.28	3.80	5.84	4.51	2.08	5.09
มกราคม	4.93	3.49	5.48	4.17	3.12	4.66
กุมภาพันธ์	4.38	2.18	4.95	4.03	2.11	4.55
มีนาคม	3.90	2.14	4.41	3.56	2.13	4.02
เมษายน	3.79	1.99	4.28	3.23	2.07	3.64
พฤษภาคม	3.49	2.02	3.94	2.99	2.11	3.38
มิถุนายน	3.90	2.41	4.40	3.40	2.54	3.83
กรกฎาคม	4.39	2.59	4.95	3.67	2.67	4.13
สิงหาคม	3.98	2.04	4.49	3.47	2.04	3.91
กันยายน	3.76	2.28	4.24	3.31	2.28	3.74
เฉลี่ยรายปี	4.17	2.43	4.69	3.63	2.28	4.09

การประเมินความหนาแน่นกำลังลม (Wind Power Density, W/m^2)

กำลังลมเป็นปริมาณต่อพื้นที่หน้าตัด ความหนาแน่นกำลังลมจะแปรผันกำลังสามกับความเร็วลม สิ่งที่มีผลต่อความเร็วลม คือ ความเร็ว (V) และความหนาแน่นของอากาศ (ρ_{Air}) ดังสมการที่ (8) โดยใช้ความหนาแน่นของอากาศมาตรฐานเท่ากับ 1.225 kg/m^3

$$WPD = \frac{1}{2} \rho_{Air} V^3 \quad (8)$$

ความหนาแน่นกำลังลมเฉลี่ยที่ความสูงต่าง ๆ ดังแสดงใน ตารางที่ 4 ความหนาแน่นกำลังลมที่ความสูง 90 เมตร สูงกว่าที่ความสูง 60 เมตร คือ $77 \text{ (W/m}^2\text{)}$ และ $53 \text{ (W/m}^2\text{)}$ ตามลำดับ ความหนาแน่นกำลังลมจะแปรผันกำลังสามกับความเร็วลม ซึ่งเป็นสมการไม่เชิงเส้น (Non-Linear) เมื่อลมมีความเร็วมาก ความหนาแน่นกำลังลมก็จะมีค่ามากตามไปด้วย อีกประการหนึ่งคือ ความหนาแน่นกำลังลมจะแปรผันตรงกับความหนาแน่นของอากาศพื้นที่บนภูเขาสูงค่าความหนาแน่นของอากาศจะเบาบางซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อความหนาแน่นกำลังลมที่ได้

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงลักษณะความเร็วลมเฉพาะแหล่งในเขตพื้นที่ในเขตพื้นที่จังหวัดนครพนมของประเทศไทย เป็นระยะเวลา 12 เดือนต่อเนื่อง (1 รอบปี) ตั้งแต่ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2562 เพื่อนำมาวิเคราะห์หาศักยภาพพลังงานลมโดยใช้หลักการทางสถิติ ได้แก่ ความเร็วลมเฉลี่ยรายปี รายเดือน รายชั่วโมง

รวมทั้งการกระจายตัวของข้อมูลลมแบบไวบูลล์ในแต่ละระดับความสูง เพื่อหาพารามิเตอร์รูปร่าง พารามิเตอร์ระดับ และการประเมินกำลังลม พบว่าที่ความสูง 90 เมตร มีความเร็วลมเฉลี่ยตลอดทั้งปีสูงสุด คือ 4.17 เมตรต่อวินาที และลดลงมาตามระดับที่ความสูง 60 เมตร คือ 3.63 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ในขณะที่ทิศทางลมส่วนใหญ่กระจายตัวจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือไปยังทิศตะวันตกได้ การแจกแจงการกระจายตัวพารามิเตอร์รูปร่าง (k) เท่ากับ 2.27-2.42 พารามิเตอร์ระดับ (c) เท่ากับ 4.09-4.69 เมตรต่อวินาที ในส่วนของกำลังลมมีค่าอยู่ระหว่าง 53 และ 77 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่ความสูง 60, 90 เมตร ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความเร็วลมและกำลังลมที่วัดได้ในเขตพื้นที่บริเวณตำบลน้ำกล่ำ อำเภอหาดุพนม จังหวัดนครพนม ถือได้ว่าความเร็วลมอยู่ในระดับปานกลาง และยังมีค่าความเร็วลมสูงกว่าจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยบางจังหวัด เช่น จังหวัดกาฬสินธุ์และหนองคาย [9-10] และมากกว่าค่า cut-in speed (3 m/s) ของกังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้าส่วนใหญ่ ซึ่งศักยภาพของพลังงานลมที่วัดได้นี้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 0.5 ไมโครวัตต์ [11] และเมื่อคำนวณประเมินหาความเร็วลมนอกช่วงที่ความสูง 150 เมตรเหนือพื้นดิน มีค่าเท่ากับ 5.066 เมตรต่อวินาที ซึ่งถือว่ามีความเหมาะสมทางด้านพลังงานลมที่เพียงพอสำหรับการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า เนื่องจากความเร็วลมที่เหมาะสมที่จะติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์ควรมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 5 เมตรต่อวินาที ที่ความสูง 50 เมตรเหนือพื้นดินขึ้นไป [12] ซึ่งสามารถนำข้อมูลนี้ประกอบการตัดสินใจในการติดตั้งกังหันลมที่มีขนาดเหมาะสมในช่วงความเร็วลมสำหรับพื้นที่นี้ต่อไป หรือนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับการประเมินศักยภาพลมนี้เป็นการประเมินเบื้องต้น ดังนั้นควรจะทำการศึกษาการประเมินการผลิตไฟฟ้า และควรมีการศึกษาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพิ่มเติมเพื่อความแม่นยำยิ่งขึ้นในการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนมหาวิทยาลัยขอนแก่น (AERD-KKU) สำหรับการสนับสนุนทุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ และผู้ที่มีส่วนร่วมในการดำเนินงาน ในงานวิจัยนี้ทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

1. International Energy Outlook [Internet] 2019 Dec 31 [updated 2020 Jan 1; cited 2020 Apr 11]. Available from: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf>.
2. Thailand Power Development Plan [Internet] 2018 Dec 31 [updated 2019 May 3; cited 2020 Apr 11]. Available from: http://www.eppo.go.th/images/Infomation_service/public_relations/PDP2018/PDP2018.pdf
3. Ketjoy N, Sasitharanuwat A. Wind Energy Technology. Naresuan University Journal 2004; 12(2): 57-73. Thai.
4. Thailand Renewable Energy of Community Association. Wind Energy [Internet] 2012 Dec 31 [updated 2014 Jan 1; cited 2020 Apr 11]. Available from: <http://www.reca.or.th/library-wind-power.aspx>.
5. Ienergyguru. Wind Energy [Internet] 2015 Jul 1 [updated 2018 Apr 24; cited 2020 Apr 13]. Available from: <https://ienergyguru.com/2015/07/windenergy>.
6. Weawseang J, Mahin M, Nankongnab N, Thappaya T, Thirawanichayakorn Y, Thirawanichayakorn S, et al. Assessment of Micro-siting Wind Energy Potential Along the Coasts of Southern Thailand. The National Research Council of Thailand (Wor Chor). 2008.



7. Xiao Y, Hang Q. Wind power in china Opportunity goes with challenge. Ludong University, Chaina. 2010; 14: 2232-2237.
8. Alawaji SH, Eugenio NN, Elani UA. Wind Energy Resource Assessment in Saudi Arabia. Energy Research Institute. 1996; 9(1-4): 818-821.
9. Polnumtiang S, Tangchaichit K. Wind Energy Data Analysis in Nong Khai, Thailand. Ladkrabang Engineering Journal 2017; 34(2): 29-36. Thai.
10. Poonnoi M, Tangchaichit K. Assessing the Wind Potential in Northeastern Thailand. KKU Res. J. 2013; 18(5): 803-810. Thai.
11. Polnumtiang S, Tangchaichit K. Wind speed and power characteristics of Kalasin province, Thailand. the 8th International conference on Future Environment and Energy (ICFEE) 2018; 1-7.
12. Janon A, Wongwuttanasatian T, Faikaow G, Srinor P. An investigation of the Low Performance of the First Wind Farm in Thailand: a case of poor Wind Turbine-Site Matching. Advanced Materials Research. 2103; 724: 469-475.