

# ผลของความเร็วลมและอุณหภูมิต่อความเข้มเสียงของกังหันลมผลิตไฟฟ้า ในจังหวัดนครศรีธรรมราช

## Effect of Wind Speed and Air Temperature on Sound Intensity Level of Wind Turbines in Nakhon Si Thammarat

จินดา คงเจริญ\*, ณัฐจิต อ้นเมฆ, นลินี ณสุย และ อรณลิน มรรคาเขต

Jinda Kongcharoen\*, Nutthajit Onmek, Nalinee Nasui and Onnalin Mancaket

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี

Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus

Received : 25 November 2018

Revised : 25 January 2019

Accepted : 1 March 2019

### บทคัดย่อ

กังหันลมเป็นเทคโนโลยีพลังงานลมจากธรรมชาติใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความเข้มเสียงที่เกิดจากกังหันลม และผลกระทบของเสียงกังหันลมกับประชาชน ในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ตั้งกังหันลมของจังหวัดนครศรีธรรมราช ตลอดจนศึกษาผลของความเร็วมและอุณหภูมิต่อระดับความเข้มเสียง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลความเข้มเสียง (Type A และ Type C), ความเร็วม และอุณหภูมิโดยใช้เครื่องตรวจวัดเสียงและเครื่องวัดความเร็วม ประเมินผลกระทบของกังหันลมจากประชาชนโดยใช้แบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและการวิเคราะห์ถดถอยพหุ ผลการศึกษา พบว่า ระดับเสียงของ Type C โดยเฉลี่ยสูงกว่าใน Type A ในทุกช่วงเวลา แต่อย่างไรก็ตามเสียงดังที่เกิดจากกังหันลมมีค่าไม่เกินค่าพระราชบัญญัติสิ่งแวดล้อมฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) และมาตรฐานของ NIOSH ตลอดจนไม่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของประชาชนในบริเวณดังกล่าวและส่วนใหญ่เห็นดีกับการติดตั้งกังหันลม นอกจากนี้พบว่า อุณหภูมิมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเข้มเสียงในระดับมาก และความเร็วมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเข้มเสียงในระดับปานกลาง โดยอุณหภูมิและความเร็วมร่วมทำนายความเข้มเสียงได้ร้อยละ 45.39 (Type A) และร้อยละ 68.66 (Type C) ซึ่งการทราบถึงระดับอุณหภูมิและความเร็วมที่ส่งผลต่อการเกิดเสียงของกังหันลม เพื่อนำไปใช้วางแผนเพื่อพัฒนาพลังงานลมในพื้นที่ให้เหมาะสม

**คำสำคัญ** : ความเข้มเสียง, กังหันลม, ความเร็วม, อุณหภูมิ, การวิเคราะห์ถดถอยพหุ

\*Corresponding author. E-mail: jinda.suv@psu.ac.th

## Abstract

A wind turbine was a device converting the wind's kinetic energy into electrical energy without emitting pollution. The purposes of this research were to investigate the levels of noise generated by wind turbines and their impacts to people living in the vicinity of the wind turbines in Nakhon Si Thammarat province. The effects of wind speed, air temperature and the levels of noise were investigated. The noise level was measured by the sound level meter. The wind speed and air temperature were measured by anemometer (TSI Incorporated). In addition, the impact assessments of wind turbines on people were investigated using the questionnaire. Statistical analysis used in this study included one-way ANOVA, Pearson's correlation coefficient and multiple regression analysis. The results showed the average of sound intensity level caused by wind turbines in Type C was higher than Type A. All measurements of sound intensity levels from wind turbines did not exceed the standard limit of the Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act B.E.2540 and NIOSH. Moreover, sound intensity levels did not affect the quality of life in people. Thus, people agreed with the installation of wind turbines for electric generation. Air temperature was found to be positively associated with the sound intensity level. Furthermore, the moderate level of a significant relationship between wind speed and sound intensity was observed. By using air temperature and wind speed to predict the sound intensity level, the predicted values for Type A and Type C were 45.39.0% and 68.66% respectively. These relationships found in this study might be used to plan the improvement of wind energy in appropriate areas.

**Keywords:** sound intensity level, wind turbine, wind speed, air temperature, multiple regression

## บทนำ

กังหันลม (Wind turbine) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่นำพลังงานลมมาใช้เพื่อการผลิตไฟฟ้า ลมเป็นพลังงานธรรมชาติที่สะอาด ไม่มีต้นทุน ไม่ปล่อยของเสียที่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่จำกัด กังหันลมมีหลักการทำงานคือเมื่อมีลมพัดผ่านใบพัดกังหันลม พลังงานจลน์ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของลมจะทำให้ใบพัดของกังหันลมเกิดการหมุนและได้เป็นพลังงานกล ต่อมาพลังงานกลจะถูกเปลี่ยนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วลม ความยาวของใบพัดในการติดตั้งกังหันลม ซึ่งความเร็วลมหรือกำลังลมเฉลี่ยทั้งปีควรไม่น้อยกว่าระดับ 3 นั่นคือความเร็วลม 6.4 เมตร/วินาทีขึ้นไป (Ketjoy & Sasitharanuwat, 2004; Sirinam, 2016; Department of Alternative Energy Development, 2009) พลังงานลมเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลได้ (Suwanprinya *et al.*, 2011)

การติดตั้งกังหันลมอาจจะก่อให้เกิดผลกระทบจากระดับเสียงที่ไม่เหมาะสมกับประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง อย่างเช่น เสียงที่ได้ยินจากการหมุนของปลายใบพัดติดกับอากาศ จากใบพัดหมุนผ่านเสากังหันลม ความผันผวนของลม บริเวณใบพัดกังหันลม และจากตัวเครื่องจักรกลภายในกังหันลมโดยเฉพาะส่วนของเกียร์ (Ketjoy & Sasitharanuwat, 2004) ซึ่งงานวิจัยของ Salt & Hullar (2010) พบว่า เสียงที่เกิดขึ้นจากกังหันลมมีผลกระทบต่อคนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงใน

ประเทศโปรตุเกส โดยรบกวนการนอนหลับ ปวดหัว ไม่มีสมาธิ หงุดหงิด ทำให้เกิดความเมื่อยล้ามีปัญหาที่เกี่ยวกับการได้ยิน และอาจมีการย้ายที่อยู่อาศัย แต่งานวิจัยของ Fauville & Moiny (2015) กลับพบว่าเสียงที่เกิดขึ้นจากกังหันลมในประเทศเบลเยียมไม่ได้มีระดับที่สูงกว่าค่ามาตรฐานกำหนด 55 dB(A) นอกจากนี้ยังพบรายงานถึงความรำคาญต่าง ๆ มาจากการได้ยินเสียงกังหันลม โดยความรำคาญเหล่านั้นมักมาจากคนที่ทัศนคติที่ไม่ดีต่อกังหันลม แต่เสียงจากกังหันลมไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพและการเจ็บป่วย (Arezes *et al.*, 2014) โดยงานวิจัยของ Waye & Ohrstrom (2002) พบว่ามีบางส่วนอาจเกิดความหงุดหงิด รำคาญใจจากการมองเห็นกังหันลม ซึ่งทัศนียภาพที่มองเห็น เป็นมุมมองที่แตกต่างกันออกไปของแต่ละบุคคล ขึ้นกับปัจจัยที่นำมาประกอบการมองเห็นอาจจะมีประเด็นด้านบวกและลบมาร่วมตัดสินใจ การติดตั้งกังหันลมนอกเหนือจากผลกระทบต่อเสียง ยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อทัศนียภาพ หรือแม้กระทั่งแสงและเงา ผลกระทบด้านสุขภาพ (Pedersen & Waye, 2004; Prapagdee, 2010)

ประเทศไทยได้นำกังหันลมผลิตไฟฟ้ามาใช้เป็นพลังงานทดแทนในหลายพื้นที่ โดยครั้งแรกในปี พ.ศ. 2526 ที่บริเวณแหลมพรหมเทพ อำเภอเมืองจังหวัดภูเก็ต เนื่องจากบริเวณดังกล่าวอยู่ติดกับทะเลได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นับว่าเป็นตำแหน่งที่รับลมได้เกือบทั้งปี ต่อมาในปี พ.ศ. 2552 ได้ดำเนินโครงการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าลำตะคองชลภาวัฒนา จังหวัดนครราชสีมา ในปัจจุบันยังมีอีกหลายโครงการที่กำลังก่อสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย (Prapagdee, 2010; Department of Alternative Energy Development, 2009; Choosuk *et al.*, 2017) ในภาคใต้จังหวัดนครศรีธรรมราชได้มีการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า เนื่องจากลักษณะสภาพภูมิประเทศที่ตั้งใกล้เส้นศูนย์สูตร มีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้อยู่ในช่วงประมาณเดือนพฤษภาคม - ตุลาคม และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนืออยู่ในช่วงประมาณเดือนพฤศจิกายน - มกราคม ทั้งยังมีพายุหมุนเขตร้อน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่น่าสนใจที่จะทำการศึกษาผลกระทบจากเสียงดังที่เกิดจากกังหันลมต่อคนที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงในพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้น การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจวัดระดับความเข้มเสียง และศึกษาผลกระทบที่มีต่อพื้นที่ใกล้เคียงกังหันลมผลิตไฟฟ้า ตลอดจนวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิและความเร็วลมที่มีต่อระดับความเข้มเสียง กรณีศึกษาในจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยทั่วไปแต่ละพื้นที่จะมีรูปแบบของความเร็วลมและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไปในลักษณะแต่ละแห่ง การทราบถึงข้อมูลเหล่านั้นสามารถนำไปใช้ในการคำนวณกำลังลม เพื่อหาศักยภาพของพลังงานลมในพื้นที่ต่อไป

## วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยวิธีดำเนินการวิจัยมีดังนี้

### 1. การตรวจวัดเสียงจากกังหันลม, ความเร็วลม และอุณหภูมิ

การเก็บรวบรวมข้อมูลความเข้มเสียง Type A (ระดับเสียงที่ใกล้เคียงกับการได้ยินของมนุษย์), Type C (ระดับเสียงที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ), ความเร็วลม และอุณหภูมิ จำนวน 5 จุด โดยแต่ละจุดที่ทำการตรวจวัดห่างจากกังหันลม 180 เมตร ทำการตรวจวัดเสียงแบบพื้นที่ ระดับการได้ยินของมนุษย์ 1.5 เมตร (Fauville & Moiny, 2015) การตรวจวัดระดับเสียง Type A และ Type C โดยใช้เครื่องวัดระดับเสียงแบบ Dosimeter ตรวจวัดความเร็วลมและอุณหภูมิโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม TSI ติดกับขาตั้งอุปกรณ์ ตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ย (LAeq) จุดละ 5 นาที ทำการตรวจวัดเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 3 วันๆ ละ 4 ช่วงเวลา ได้แก่ เช้า: 6.00 น., เที่ยงวัน : 12.00 น., เย็น : 18.00 น. และเที่ยงคืน : 24.00 น. ซึ่งวิธีการตรวจวัดแสดงดังภาพที่ 1

การวัดความเร็วลมที่พื้นดินสามารถอธิบายความเร็วลมที่ความสูงระดับกึ่งกันได้โดยกำหนดกึ่งกันลมที่ตรวจวัดที่ระดับความสูง 80 เมตร ซึ่งความเร็วลมที่วัดได้ที่ 1 เมตรได้กึ่งกันลมนั้นสามารถคำนวณและแปลผลเป็นความเร็วลมที่ระดับกึ่งกันลมได้ (Puangkaew *et al.*, 2010; Giuliano, 1984) โดยทั่วไปสามารถเก็บข้อมูลทุก 3 ชั่วโมงได้ เพื่อสังเกตความเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมในแต่ละช่วงเวลา เนื่องจากอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ระยะห่างมีผลกับค่าพลังงานเสียงที่ส่งผ่านทำให้ความดังเสียงลดลงตามระยะห่างที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการตรวจวัดพบว่าเสียงได้ลดลงจนไม่แตกต่างจากระดับเสียงพื้นฐานจากธรรมชาติมากนัก ซึ่งการที่ประชาชนยังอยู่ห่างจากกังหันลมมากเท่าไร ก็จะได้รับผลกระทบจากเสียงดังลดลงเท่านั้น



ภาพที่ 1 วิธีการตรวจวัดในพื้นที่

2. การศึกษาผลกระทบของกังหันลมโดยวัดความเครียดและสอบถามความคิดเห็นต่อการมองเห็นและได้ยินเสียงดังจากกังหันลม

กลุ่มเป้าหมายคือประชาชนในพื้นที่ทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในรัศมี 1 กิโลเมตรจากจุดที่ตั้งกังหันลม เครื่องมือในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม ซึ่งแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ โรคประจำตัว และการมีส่วนเกี่ยวข้องกับธุรกิจกังหันลม

ส่วนที่ 2 ความเครียดจากการมองเห็นและได้ยินเสียงดังจากกังหันลม (Arezes *et al.*, 2014; Pedersen & Waye, 2004) ประกอบด้วยข้อคำถามเกี่ยวกับอาการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการมองเห็นและได้ยินเสียงดังจาก

กัณฑ์ล้มจำนวน 10 ข้อ โดยแบ่งระดับความถี่ของการเกิดอาการออกเป็น 4 ระดับ คือ 0=ไม่เคยเลย, 1 = เป็นครั้งคราว (1-2ครั้ง/เดือน), 2 = เป็นบ่อยๆ (3-4ครั้ง/เดือน) และ 3 = เป็นประจำ (ทุกสัปดาห์)  
เกณฑ์การแปลผลของความเครียดจำนวน 10 ข้อ มีคะแนนรวมไม่เกิน 30 คะแนน โดยผลรวมที่ได้แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

คะแนน 0-5: ผู้ตอบไม่แน่ใจในคำถาม; คะแนน 6-17: ไม่เครียดหรือปกติ

คะแนน 18-25: เครียดสูงกว่าปกติเล็กน้อย; คะแนน 26-29: เครียดปานกลาง; คะแนน 30: เครียดมาก

ส่วนที่ 3 ผลกระทบจากเสียงดังกัณฑ์ล้มต่อคนที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง ประกอบด้วยข้อคำถามเกี่ยวกับผลกระทบจากกัณฑ์ล้ม จำนวน 10 ข้อ โดยมีคำตอบคือใช่ กับ ไม่ใช่

ซึ่งแบบสอบถามดังกล่าวได้ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือโดยนำไปทดลองใช้กับประชาชนที่มีลักษณะคล้ายกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่าครอนบาคของแบบสอบถามเท่ากับ 0.838 ซึ่งแปลผลได้ว่าแบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือ

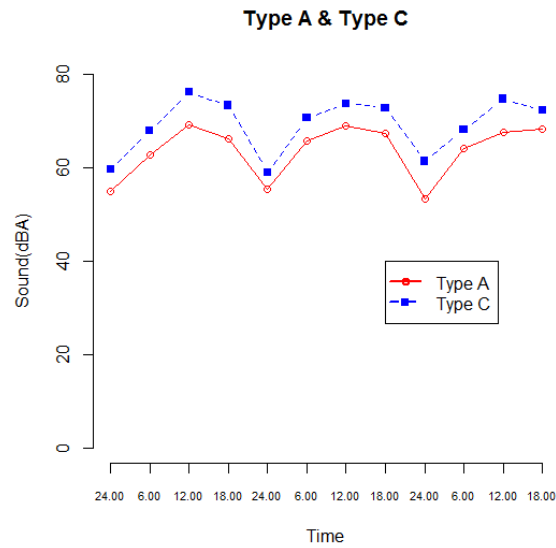
### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ความเข้มเสียง (Type A และ Type C) วิเคราะห์โดยคำนวณค่าเฉลี่ย (mean) การเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับเสียง Type A, Type C จำแนกตามเวลาและจุดที่ทำการตรวจวัดโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ตลอดจนศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความเร็วลมกับความเข้มเสียงใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (pearson's product moment correlation) และวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) โดยใช้โปรแกรม R

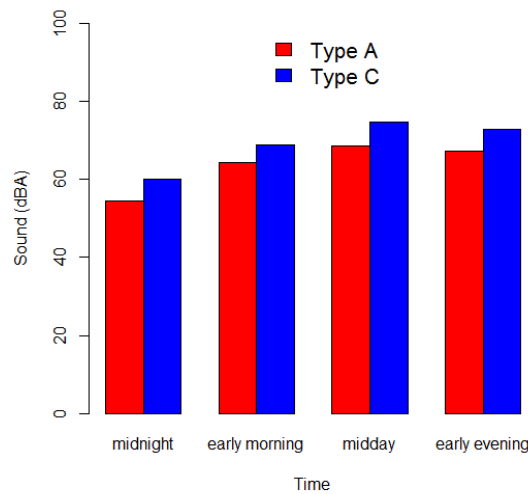
## ผลการวิจัย

### 1. การตรวจวัดความเข้มเสียงของกัณฑ์ล้ม และผลกระทบที่มีต่อพื้นที่ใกล้เคียงกัณฑ์ล้มผลิตไฟฟ้า

ผลการตรวจวัดความเข้มเสียงใน 3 วัน ๆ ละ 4 ช่วงเวลา ทั้งหมด 5 จุดตรวจวัด พบระดับเสียง Type A มีค่าอยู่ในช่วง 53.44 – 69.68 dB(A) และ Type C มีค่าอยู่ในช่วง 59.00 – 76.14 dB(C) โดยระดับเสียง Type A มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.68 dB(A) ต่ำกว่าใน Type C ที่มีค่าเฉลี่ย 69.15 dB(C) จากภาพที่ 2 พบระดับเสียงที่เกิดขึ้นมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 12.00 น. มีค่าต่ำที่สุดในช่วงเวลา 24.00 น. และพบระดับเสียง Type C สูงกว่าใน Type A ในทุก ๆ ช่วงเวลา เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับเสียง Type A และ Type C โดยเฉลี่ยจำแนกตามเวลา พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ANOVA; Sig. < 0.05) หากใช้ Duncan ในการเปรียบเทียบรายคู่พบว่าเสียง Type A และ Type C ในช่วงกลางวัน 12.00 น. (midday) ไม่แตกต่างกับในช่วงเย็น 18.00 น. (early evening) แต่จะแตกต่างกับช่วงเที่ยงคืน (midnight) และช่วงเช้า (early morning) แสดงดังภาพที่ 3 นอกจากนี้ยังพบระดับเสียง Type C สูงกว่า Type A ในทุกๆ จุดที่ทำการตรวจวัด แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของความเข้มเสียงจำแนกตามจุดที่ทำการตรวจวัด 5 จุด (Sig. > 0.05)

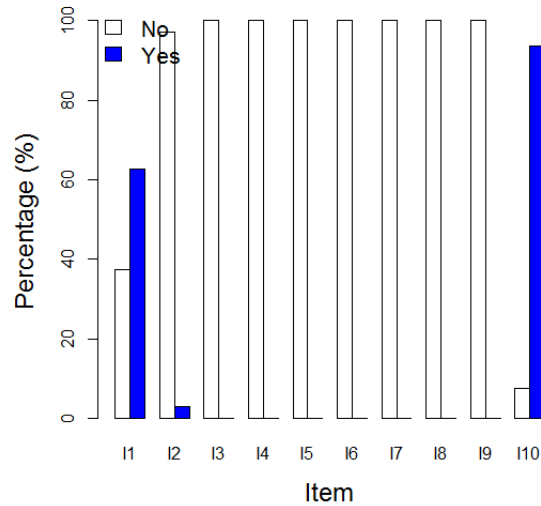


ภาพที่ 2 ความเข้มเสียงโดยเฉลี่ยของ Type A และ Type C



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบความแตกต่างของความเข้มเสียงเฉลี่ยจำแนกตามเวลา

การศึกษาผลกระทบจากเสียงก่้างันลมของประชาชนที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ตั้งก่้างันลมจำนวน 67 คน พบเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 62.7 มีอายุ 15 - 30 ปี (40.3%) มีระดับการศึกษาอยู่ในช่วงมัธยมศึกษาตอนปลาย (44.8%) ประกอบอาชีพธุรกิจส่วนตัว (40.3%) และร้อยละ 86.9 เป็นผู้ที่ไม่มีโรคประจำตัว ซึ่งผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับธุรกิจก่้างันลม หรือได้รับผลประโยชน์จากก่้างันลม แสดงว่ากลุ่มเป้าหมายดังกล่าวสามารถตอบคำถามได้ดีและมีความคิดเห็นเป็นส่วนตัว (Pedersen *et al.*, 2009) เมื่อวัดความเครียดจากการมองเห็นและได้ยินเสียงก่้างันลมของกลุ่มเป้าหมาย พบว่าทุกคนมีคะแนนความเครียดรวมน้อยกว่า 17 คะแนน สรุปได้ว่าไม่เครียดหรือปกติ ซึ่งถือได้ว่าประชาชนที่อาศัยบริเวณดังกล่าวเห็นว่าก่้างันลมไม่ก่อให้เกิดความเครียด

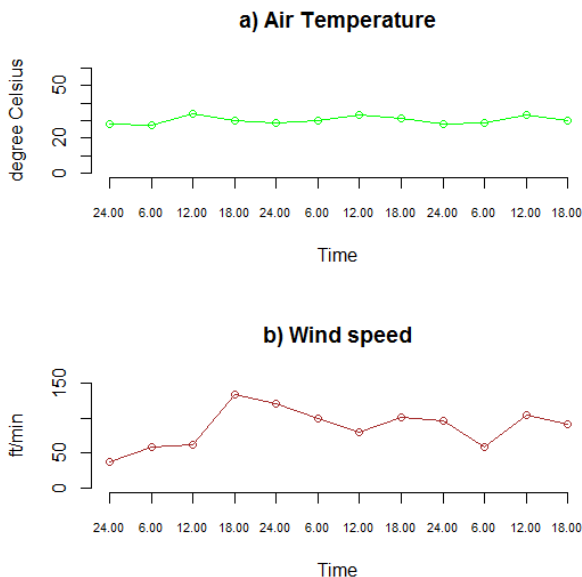


**ภาพที่ 4** ข้อคำถามของผลกระทบจากเสียงดังกังหันลมต่อคนที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง

ผลกระทบจากการมองเห็นและได้ยินเสียงดังของกังหันลมโดยสอบถามความคิดเห็นของประชาชนที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงกังหันลมแสดงดังภาพที่ 4 โดยพบว่าร้อยละ 62.7 ได้ยินเสียงดังที่เกิดจากกังหันลม (I1), มีร้อยละ 3 มองเห็นกังหันลมทำให้เกิดความวิตกกังวล (I2) สำหรับข้อคำถาม I3 ถึง I9 กลุ่มเป้าหมายมีคำตอบเป็นไม่ใช่ทั้งหมด (I3: การมีกังหันลมใกล้บ้านเรือนทำให้เกิดความรำคาญใจและรู้สึกว่าการติดตั้งกังหันลมมีความกีดขวาง, I4: มีทัศนคติที่ไม่ดีต่อกังหันลม, I5: สัตว์เลี้ยงมีนิสัยเปลี่ยนแปลงไปตั้งแต่มีการติดตั้งกังหันลม, I6: บริเวณที่ติดตั้งมีป้ายสัญลักษณ์อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับกังหันลม, I7: มีการติดตามตรวจสอบเสียงดังที่เกิดจากกังหันลมจากบริษัทผู้ผลิต, I8: มีการตรวจสอบ บำรุงรักษากังหันลมอย่างต่อเนื่อง และ I9: การติดตั้งกังหันลมส่งผลกระทบต่อการประกอบอาชีพ) และร้อยละ 92.5 เห็นด้วยกับการติดตั้งกังหันลม (I10)

## 2. ผลของอุณหภูมิและความเร็วลมกับเสียง Type A และ Type C

ผลจากการตรวจวัดอุณหภูมิและความเร็วลมในบริเวณรอบ ๆ พื้นที่ตั้งกังหันลม แสดงดังภาพที่ 5 โดยพบอุณหภูมิเฉลี่ย  $30.2^{\circ}\text{C}$  และมีความเร็วลมเฉลี่ย  $129\text{ ft/min}$  โดยบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของจังหวัดนครศรีธรรมราชจะได้รับอิทธิพลชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงเหนือเหมาะสมเป็นแหล่งศักยภาพพลังงานลม โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ของอุณหภูมิ, ความเร็วลม และระดับเสียงดังที่เกิดจากกังหันลมแสดงดังตารางที่ 1



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ (a) และความเร็วลม (b) กับเวลา

ตารางที่ 1 สหสัมพันธ์ (Correlation) ของอุณหภูมิ, ความเร็วลม และระดับเสียง Type A และ Type C

	อุณหภูมิ	ความเร็วลม	Type A	Type C
อุณหภูมิ	1.000	0.070	0.6256**	0.7941**
ความเร็วลม		1.000	0.3867**	0.4120**
Type A			1.000	0.8322**
Type C				1.000

\*\* Correlation is significant at 0.01

\* Correlation is significant at 0.05

จากตารางที่ 1 พบว่า อุณหภูมิมีความสัมพันธ์ทางบวกกับ Type A ในระดับปานกลาง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.6256 และอุณหภูมิมีความสัมพันธ์ทางบวกกับ Type C ในระดับมาก (r = 0.7941) โดยช่วงกลางวันอากาศเหนือพื้นดินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศบริเวณด้านบนเสียงจะหักเหขึ้นสู่อากาศทำให้ในช่วง 12.00 น. มีเสียงดังที่สุดและในส่วนตอนกลางคืนนั้น อากาศเหนือพื้นดินจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศบริเวณด้านบนเสียงจะหักเหลงสู่พื้นดินในช่วง 18.00 น. (Chatwong, 2016) นอกจากนี้ยังพบความเร็วลมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับเสียง Type A (r = 0.3867) และ Type C (r = 0.4120) ในระดับปานกลาง เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นย่อมส่งผลให้ระดับเสียงเพิ่มตาม ความเร็วลมไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอาจเนื่องจากหลักการเรื่องการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความดันอากาศจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศ และทำให้เกิดความเร็วลมที่แตกต่างกัน แต่เนื่องจากพื้นที่ตรวจวัดเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ อยู่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย มีความร้อนแฝงอยู่ในน้ำและพื้นดิน ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนที่ของมวลอากาศและความเร็วลมที่มีความเปลี่ยนแปลงมากกว่าอุณหภูมิอากาศที่บริเวณกึ่งหันลม ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ตามช่วงเวลาของวัน



เนื่องจากอุณหภูมิและความเร็วลมมีความสัมพันธ์ต่อความชื้นเสียง จึงสร้างตัวแบบเพื่อแสดงผลของตัวแปรดังกล่าว โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ซึ่งตัวแบบจำลองของความชื้นเสียงมีดังนี้

$$\text{เสียง Type A} = 33.0982 + 1.0422(\text{อุณหภูมิ}) + 0.0099(\text{ความเร็วลม}) \quad (2)$$

$$\text{เสียง Type C} = 23.9855 + 1.5139(\text{อุณหภูมิ}) + 0.0104(\text{ความเร็วลม}) \quad (3)$$

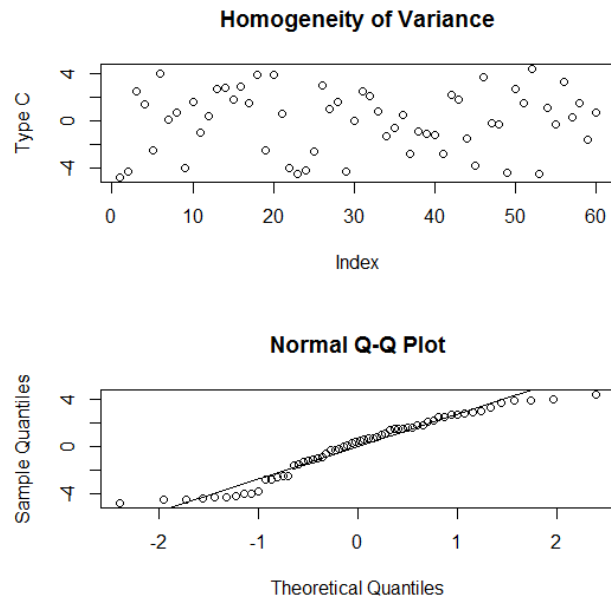
**ตารางที่ 2** ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวพยากรณ์มาตรฐาน (beta), ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (SE) ประมาณเสียง Type A และ Type C

Independent Variables	Type A			Type C		
	beta	SE	Sig.	beta	SE	Sig.
ค่าคงที่	33.0982	5.5075	1.39x10 <sup>-7**</sup>	23.9855	4.6514	3.29 x10 <sup>-6**</sup>
อุณหภูมิ	1.0422	0.1849	5.61x10 <sup>-7**</sup>	1.5139	0.1562	1.16x10 <sup>-13**</sup>
ความเร็วลม	0.0099	0.0039	0.0133*	0.0104	0.0033	0.00231**
	R <sup>2</sup> = 0.4539, Sig. F = 3.252x10 <sup>-8**</sup>			R <sup>2</sup> = 0.6866, Sig. F = 4.367x10 <sup>-15**</sup>		

\*\* Sig. < 0.01; \* Sig. < 0.05

จากตารางที่ 2 พบว่าตัวแปรอุณหภูมิและความเร็วลม (ตัวแปรอิสระ) สามารถอธิบายความแปรปรวนของเสียง Type A และ Type C (ตัวแปรตาม) ได้ร้อยละ 45.39 และร้อยละ 68.66 ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิและความเร็วลมจะส่งผลต่อระดับเสียงในทิศทางเดียวกัน เมื่อพิจารณาน้ำหนักของตัวแปรอิสระในการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามจากค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวพยากรณ์มาตรฐานพบอิทธิพลของอุณหภูมิมิมีผลต่อระดับเสียงที่เกิดจากกังหันลมมากกว่าอิทธิพลของความเร็วลม

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ของตัวแบบการถดถอยที่ได้ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตารางที่ 1 ของอุณหภูมิกับความเร็วลมพบว่ามีค่าสัมสัมพันธ์กันในระดับต่ำ จึงไม่พบปัญหาตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน (Multicollinearity) การตรวจสอบความคงที่ของความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนในภาพที่ 6 แสดงตัวอย่างของ Type C พบว่าการกระจายระหว่างค่าคลาดเคลื่อนกับค่าประมาณของตัวแปรตามมีการกระจายรอบศูนย์ ถือได้ว่าค่าคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนคงที่ (Homogeneity of Variance) หากพิจารณาการแจกแจงปกติของค่าคลาดเคลื่อน พบว่า normal probability plot ของค่าคลาดเคลื่อนมีลักษณะใกล้เคียงเส้นตรง และจากการทดสอบโดยใช้ Kolmogorov-Smirnov ได้ค่า Sig. เท่ากับ 0.150 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ถือได้ว่าค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของตัวแบบการถดถอย



ภาพที่ 6 การตรวจสอบข้อสมมติของตัวแบบการถดถอย

### วิจารณ์ผลการวิจัย

ในการศึกษานี้พบว่าระดับเสียง Type C สูงกว่าใน Type A ในทุก ๆ ช่วงเวลา และทุก ๆ จุดที่ทำการตรวจวัด อาจเนื่องด้วยเสียงใน Type A มีการปรับระดับการถ่วงน้ำหนักเป็นความถี่เสียงที่ใกล้เคียงกับการตอบสนองต่อเสียงของมนุษย์ ทำให้ระดับเสียงใน Type C ที่มีการปรับระดับการถ่วงน้ำหนักน้อยกว่า Type A จึงทำให้ Type C จะมีค่าเสียงที่มากกว่าทุกช่วงเวลา (Suadee, 2003) แต่อย่างไรก็ตามเสียงดังที่เกิดจากกังหันลมเฉลี่ยไม่เกินค่าพระราชบัญญัติสิ่งแวดล้อมฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) 70 dB(A) และไม่เกินมาตรฐาน OSHA กับ NIOSH 116 dB(C) ตามที่กฎหมายกำหนด นอกจากนี้พบความเข้มเสียงช่วงเวลากลางคืนต่ำกว่าในช่วงเวลากลางวัน อาจเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิที่มีผลต่อการหักเหของเสียงและเสียงจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นในตอนกลางวันทำให้ในช่วง 12.00 น. มีระดับเสียงสูงสุด ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Stephen *et al.*, 2016 ที่กล่าวว่าพื้นดินสามารถดูดซับเสียงได้ จึงทำให้เสียงในตอนกลางคืนมีค่าน้อยกว่าตอนกลางวัน อย่างไรก็ตามระดับของเสียงจากใบพัดของกังหันลมอาจจะมียกระดับเสียงคล้ายกับกิจกรรมต่างๆ ที่จัดขึ้นในเมืองใหญ่

ผลกระทบที่มีต่อพื้นที่ใกล้เคียงกังหันลมผลิตไฟฟ้า พบว่าประชาชนที่อาศัยในบริเวณดังกล่าวเห็นว่ากังหันลมไม่ก่อให้เกิดความเครียด โดยส่วนใหญ่ประชาชนได้ยินเสียงที่เกิดจากกังหันลม และบางส่วนเกิดความวิตกกังวลใจจากการมองเห็นกังหันลม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fauville & Moiny, 2015; Pedersen & Waye, 2004 พบว่ากังหันลมเป็นต้นเหตุของความน่ารำคาญของเสียงโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการได้ยินของมนุษย์ แต่ในภาพรวมของประชาชนที่อาศัยบริเวณใกล้เคียงกังหันลมในจังหวัดนครศรีธรรมราชให้ความเห็นว่าเสียงที่เกิดขึ้นจากกังหันลมไม่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตประจำวัน และส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการติดตั้งกังหันลม

อุณหภูมิและความเร็วลมกับความเข้มเสียงมีรูปแบบความสัมพันธ์ในทิศทางตามกัน โดยพบอิทธิพลของอุณหภูมิที่ส่งผลกระทบต่อเสียงของกังหันลมมากกว่าอิทธิพลของความเร็วม ซึ่งปัจจัยด้านอุณหภูมิในอากาศก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความเข้มเสียง (Deelaman *et al.*, 2014) โดยเครื่องวัดความเร็วลมที่ใช้ขณะตรวจวัดไม่มีอุปกรณ์ช่วยลดความ

คลาดเคลื่อน เมื่อลมพัดแรงในขณะเก็บข้อมูลอาจทำให้ความเร็วลมมีค่าสูงในบางครั้ง แต่เครื่องวัดเสียงมีการใช้ฟองน้ำกันลมเพื่อลดระดับเสียงรบกวนที่ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อน ซึ่งการออกแบบกังหันลมที่เหมาะสม ควรมีความเหมาะสมกับความเร็วมในพื้นที โดยความเร็วลมที่มาปะทะใบกังหันลมจะเป็นความเร็วลมที่ใช้เพื่อผลักให้กังหันผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้มากที่สุด

### สรุปผลการวิจัย

ผลการตรวจวัดพบระดับความเข้มเสียง Type C สูงกว่าใน Type A และพบระดับความเข้มเสียงในช่วงกลางวันมีค่าสูงกว่าในช่วงกลางคืน ซึ่งประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ติดตั้งกังหันลมโดยส่วนใหญ่เห็นว่ากังหันลมไม่ก่อให้เกิดความเครียด แต่มีบางส่วนเกิดความรำคาญจากการมองเห็นกังหันลม และมีความเห็นว่ากังหันลมผลิตไฟฟ้าไม่ส่งผลกระทบต่อด้านเสียงและไม่ส่งผลกระทบต่อด้านทัศนียภาพ นอกจากนี้พบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความเร็วลมแปรผันตามความเข้มเสียง (Type A และ Type C) กล่าวคือ หากอุณหภูมิและความเร็วลมมีค่าสูงขึ้น จะทำให้เกิดเสียงดังขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิและความเร็วลมมีค่าลดลง ส่งผลให้ปริมาณความเข้มเสียง Type A และ Type C มีค่าลดลงเช่นกัน โดยตัวแปรอุณหภูมิจะมีอิทธิพลต่อความเข้มเสียงที่เกิดจากกังหันลม ซึ่งตัวแปรการถดถอยที่ได้สามารถนำไปใช้ทำนายระดับความเข้มเสียงเพื่อเป็นข้อมูลในการหาวิธีลดและป้องกันไม่ให้ความเข้มเสียงของกังหันลมมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดได้ การวิจัยในครั้งนี้ใช้ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) โดยมีข้อจำกัดเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยาจึงมีเฉพาะตัวแปรอุณหภูมิและความเร็วลมในการศึกษาเท่านั้น ในครั้งต่อไปควรมีการศึกษาถึงตัวแปรอื่น ๆ ทางด้านสภาพภูมิศาสตร์, ด้านมลพิษทางอากาศ เป็นต้น จากผลการตรวจวัดพบว่า ระยะที่ห่างจากกังหันลมที่ 180 เมตร นั้นไม่มีจุดใดที่ความดังเสียงเกินกว่าระดับการสัมผัสที่จะส่งผลกระทบต่อได้ยินของมนุษย์ได้ โดยการติดตั้งกังหันลมส่วนใหญ่ในพื้นที่มักห่างจากที่อยู่อาศัยของคนในชุมชนมากกว่า 200 เมตรขึ้นไป จึงไม่น่าจะเกิดผลกระทบใด ๆ จากเสียงกังหันลม แต่ทั้งนี้การติดตั้งเสาไฟฟ้าแรงสูงที่มีกำลังไฟฟ้ามากถึง 100,000 volt ผ่านพื้นที่ชุมชนนั้น เป็นเรื่องที่น่าเป็นห่วงทั้งอันตรายจากกระแสไฟฟ้าแรงสูงและสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อคนในชุมชนตลอดระยะทางเดินสายไฟได้ จึงควรมีการศึกษาถึงผลกระทบต่อชุมชนต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานีที่ให้อุปกรณ์โครงการวิจัยนี้

### เอกสารอ้างอิง

- Arezes, P. M., Bernardo, C. A., Ribeiro, E., & Dias, H. (2014). Implications of Wind Power Generation: Exposure to Wind Turbine Noise. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 390-395.
- Chatwong, A. (2016). *Physics*. Amnatcharoen: Amnatcharoen School. (in Thai)

- Choosuk, A., Intaprom, W., Horadan, P., & Chatput, S. (2017). Managerial Model for Electricity Generated by Wind Turbines in Government. *PhranakhoRajabhat Research Journal (Humanities and Social Sciences)*, 12(1), 123-137.
- Deelaman, W., Chaochanchaikul, K., & Pankeaw, P. (2014). *Measurement and Mapping of Noise Level for Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, North Phra Nakhon Campus*. Thailand: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai)
- Department of Alternative Energy Development. (2009). *Report of electricity of Thailand*. Bangkok: Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (in Thai)
- Fauville, B., & Moyny, F. (2015). Detection of wind Turbine Noise in Immission Measurements. *EuroNoise*, 1429-1432.
- Giuliano, A. (1984). *Probabilistic Methods in Structural Engineering*. London: Chapman and Hall. p. 85. ISBN 978-0-412-22230-6.
- Ketjoy, N., & Sasitharanuwat, A. (2004). Wind Energy Technology. *Naresuan University Journal*, 12(2), 57-73. (in Thai)
- Pedersen, E., Van den Berg, F., Bakker, R., & Bouma, J. (2009). Response to noise from modern wind farms in The Netherlands. *J. Acoust. Soc. Am.*, 126(2), 634-643.
- Pedersen, E., & Waye, K. P. (2004). Perception and annoyance due to wind turbine noise - a dose-response relationship. *J. Acoust. Soc. Am.*, 116(6), 3460-3470.
- Prapagdee, S. (2010). Wind Turbine for Electric. *Environmental Journal*, 13(3), 42-48. (in Thai)
- Puangkaew, W., Waewsak, J., Kongruang, C., Chancham, C., Matan, N., Tirawanichakul, Y., & Tirawanichakul, S. (2010). Assessment of Wind Energy Resource and Feasibility of Installing 0.225-0.75 MW Wind Power Plants along Coast of Nakhon Si Thammarat & Songkhla Provinces. *Thaksin.J.*, 12(3), 129-137. (in Thai)
- Salt, A. N., & Hullar, T. E. (2010). Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines. *Hear Res*, 268(1-2), 12-21.
- Sirinam, S. (2016). The future of energy. *Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal*, 2(2), 68-78. (in Thai)
- Stephen, K. E., Katya, F., Sonia, V. A., & Victor, S. (2016). Wind turbine sound power measurements. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(3).
- Suadee, W. (2003). *Air pollution*. The Department of Environmental Science at Thammasat University. (in Thai)
- Suwanprinya, T., Eamsir, A., Hincheeranan, P., & Sansayawichai, P. (2011). Factors Influencing Occurrence of Shadow Flicker from Wind Turbine Generator. *The 12th Khon Kaen University Graduate Reserach Conference (pp. 276-284)*. Khon Kaen : Khon Kaen University. (in Thai)
- Waye, K. P., & Ohrstrom, E. (2002). Psycho-acoustic characters of relevance for annoyance of wind turbine noise. *Article in Journal of Sound and Vibration*, 250(1), 65-73.