

บทที่ 5

พลังงานลมสุดคูล! แรงแลมสร้างไฟฟ้าได้ยังไง

คำถามสำคัญ

1. ลมเกิดขึ้นได้อย่างไรและมีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อความเร็วและทิศทางของลม
2. กังหันลมผลิตไฟฟ้ามีหลักการทำงานและองค์ประกอบสำคัญอะไรบ้าง
3. การติดตั้งกังหันลมส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านใดบ้าง และมีแนวทางใดในการลดผลกระทบต่อเหล่านั้น
4. ประเทศไทยมีศักยภาพในการใช้พลังงานลมในพื้นที่ใดบ้าง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับพลังงานลม โดยเข้าใจหลักการเกิดลม องค์ประกอบและหลักการทำงานของกังหันลม รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของพลังงานลม
2. เข้าใจประโยชน์และข้อจำกัดของการใช้พลังงานลม เพื่อประเมินความเหมาะสมของการนำพลังงานลมมาใช้ในบริบทต่าง ๆ พร้อมเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียที่เกี่ยวข้อง
3. เข้าใจผลกระทบต่อด้านสิ่งแวดล้อมของพลังงานลม ทั้งในด้านการใช้พื้นที่ ระบบนิเวศ และแนวทางการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการติดตั้งกังหันลม





“ลม” มีประโยชน์กับ
ชีวิตประจำวันของเรา
อย่างไร





พลังงานลม

พลังงานสะอาดไม่มีวันหมด



ลมคืออะไร



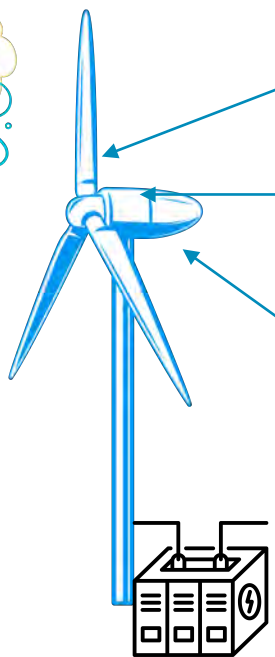
ลม (WIND)

เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากอากาศที่เคลื่อนที่ไปบนผิวโลกตามแนวอนในทิศทางต่างๆ และด้วยความเร็วต่าง ๆ กันทิศทางของลมทราบได้จากทิศทางลมพัดเข้าหาตัวเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิของพื้นที่สองแห่ง โดยอากาศจะไหลจากอากาศที่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ (ความกดอากาศสูง) ไปยังอากาศที่บริเวณที่มีอุณหภูมิสูง (ความกดอากาศต่ำ)



รู้ไหมว่า "ลม" ที่เราสัมผัสกันอยู่ทุกวัน สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ด้วยนะ!

กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม



ใบพัดไปหมุนเพลลา (กล่องเกียร์)

การหมุนของใบพัดจะส่งไปไปยังเพลลาทำให้เพลลาหมุนโดยเพลลาจะต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ลมหมุนใบพัดและหางเสือ

ลมจะพัดผ่านใบพัดของกังหันลม หางเสือทำหน้าที่หันหน้ากังหันเพื่อรับลม

เพลลาหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เพลลาจะหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้เกิดไฟฟ้า

ชุดเก็บพลังงานไฟฟ้า

ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกเก็บหรือส่งไปใช้งาน

อนาคตของพลังงานลม

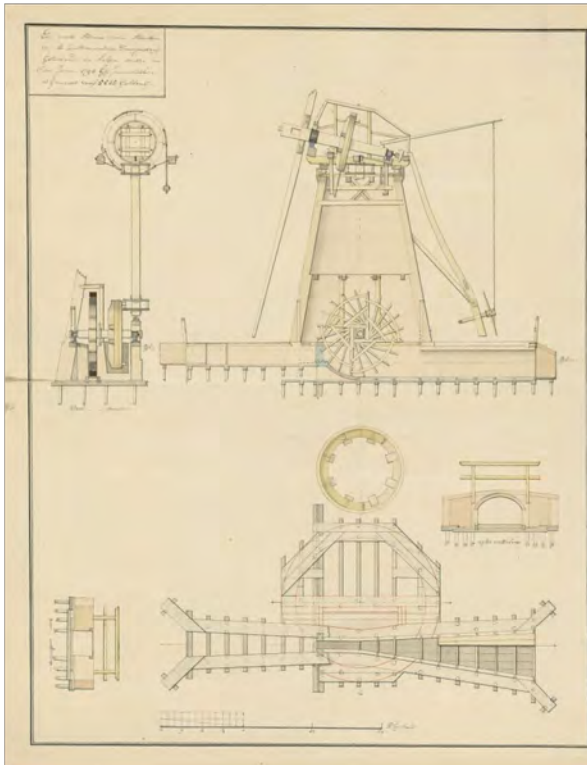
พลังงานลมมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนผ่านสู่พลังงานสะอาด และเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องส่งผลให้การผลิตไฟฟ้ามีประสิทธิภาพและถูกลง ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมสูง โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้





พลังงานลม มีประวัติความเป็นมาอย่างไร

ลม เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีประวัติศาสตร์ยาวนานย้อนกลับไปถึง 5,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช เมื่อชาวอียิปต์ใช้ลมในการขับเคลื่อนเรือในแม่น้ำไนล์ ต่อมาในช่วง 200 ปีก่อนคริสต์ศักราช ชาวจีนและชาวตะวันออกกลางนำลมมาใช้ในการป้อนน้ำและบดเมล็ดพืช จนในช่วง ค.ศ. 1180 ชาวยุโรปได้พัฒนากังหันลมแนวตั้งเพื่อบดแป้งในแถบยุโรปตะวันตกเฉียงเหนือ พลังงานลมได้รับการพัฒนาสู่การใช้งานเชิงพาณิชย์ ในปี ค.ศ. 1850 โดยนายเดเนียล ฮัลลาเดย์ และนายจอห์น เบอร์แนม ได้ก่อตั้งบริษัทผลิตกังหันลมในสหรัฐฯ ต่อมาในปี ค.ศ. 1883 นายโจเซฟ ฟร็ดแลนเดอร์ ได้ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานลมเป็นครั้งแรกในงานนิทรรศการไฟฟ้าที่กรุงเวียนนา พัฒนาการนี้นำไปสู่การติดตั้งฟาร์มกังหันลมแห่งแรกในโลกที่รัฐนิวแฮมป์เชียร์ สหรัฐฯ ในปี ค.ศ. 1980



<https://ancientengrtech.wisc.edu/the-netherlands-windmill/#aboutnetherland>

แบบวาดกังหันลมในปี ค.ศ. 1703 หลักฐานแสดงเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานลมในประเทศประเทศเนเธอร์แลนด์

ประเทศไทย

โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ใช้พลังงานลมเพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าในช่วงปี พ.ศ. 2526 ต่อมาในปี พ.ศ. 2539 ได้ติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่ที่สุดในขณะนั้น ที่กำลังผลิตไฟฟ้า 150 กิโลวัตต์ ที่สถานีพลังงานทดแทนแหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต การพิจารณาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งกังหันลมต้องมีความเร็วลมเฉลี่ยมากกว่า 6 เมตรต่อวินาที เช่น พื้นที่ชายฝั่งทะเลหรือภูเขาสูง ต่อมาในปี พ.ศ. 2552 ได้ติดตั้งกังหันลมขนาด 1.25 เมกะวัตต์ จำนวน 2 ต้น และเพิ่มเป็น 12 ต้น ขนาด 2 เมกะวัตต์ ในปี พ.ศ. 2559 ที่โรงไฟฟ้ากังหันลมลำตะคองชลภาวัฒนา จังหวัดนครราชสีมา ปัจจุบันการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมทั้งแหลมพรหมเทพ และลำตะคองยังคงผลิตไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้าสีเขียวของประเทศไทย เป็นตัวอย่างของการใช้พลังงานลมอย่างยั่งยืนและการพัฒนาพลังงานสะอาดในประเทศไทย



กังหันลมเพื่อเป็นต้นแบบในการศึกษา
กังหันลมที่สถานีพลังงานทดแทนแหลม
พรหมเทพ กฟผ. จังหวัดภูเก็ต



โรงไฟฟ้ากังหันลมลำตะคองชลภาวัฒนา จังหวัดนครราชสีมา มีการติดตั้งกังหันลม 14 ต้น
ประกอบด้วยกังหันลมขนาด 1.25 เมกะวัตต์ จำนวน 2 ต้น
และกังหันลมขนาด 2 เมกะวัตต์ จำนวน 12 ต้น

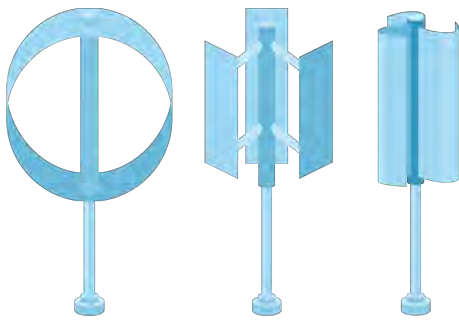


กังหันลม เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้า

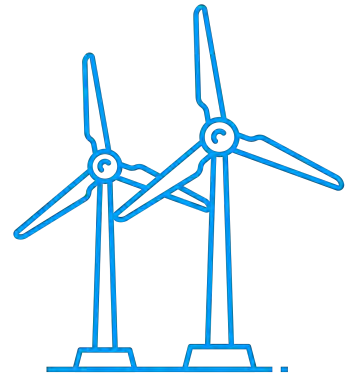
ในหัวข้อนี้เราจะเรียนรู้ถึง ประเภทของกังหันลม หลักการทำงานของกังหันลม ประเภทการติดตั้งกังหันลม รวมถึงความท้าทายและโอกาสในการพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมในอนาคต การเข้าใจถึงเทคโนโลยีกังหันลมจะช่วยให้เราเห็นถึงบทบาทสำคัญของพลังงานลมในการสร้างอนาคตที่ยั่งยืน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ประเภทของ กังหันลม

กังหันลมแกนตั้ง หรือ (VERTICAL AXIS WIND TURBINE : VAWT) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ ซึ่งทำให้ สามารถรับลมในแนวราบได้ทุกทิศทาง กังหันลมประเภทนี้ มีเพียง 2 แบบ คือ กังหันลมแดร์ริเยส (DARRIEUS) และกังหันลมซาโวเนียส (SAVONIUS)



กังหันลมแนวแกนนอน (HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับทิศทางของลม โดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลมมีอุปกรณ์ควบคุมกังหันให้หันไปตามทิศทางของกระแสลม เรียกว่าหางเสือ และมีอุปกรณ์ป้องกันกังหันชำรุดเสียหายขณะเกิดลมพัดแรง เช่น ตั้งอยู่บนเสาที่แข็งแรงกักกันลม ประเภทนี้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก



กังหันลมแนวแกนนอนเป็นแบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตามกังหันลมแนวแกนตั้งในระยะหลังก็ได้รับความนิยมมากขึ้นเช่นกัน เนื่องจากกังหันลมแนวแกนตั้งมีข้อดีที่ไม่ว่าลมจะเข้ามาทิศไหนก็ยังหมุนได้ โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมให้กังหันหันหน้าเข้าหาลม นอกจากนี้แล้วกังหันลมแนวแกนตั้งนั้นสามารถวางเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบการส่งกำลังไว้ใกล้พื้นดินมากกว่าแบบแกนนอนเมื่อเวลาเกิดปัญหาที่ต้องแก้ไข สามารถดำเนินการแก้ไขได้ง่ายกว่าแบบแกนนอนที่ติดอยู่บนหอคอยสูง



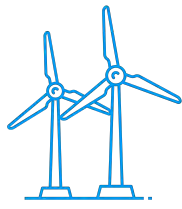
กังหันลมผลิตไฟฟ้า

มีหลักการทำงานอย่างไร

กังหันลม

ผลิตไฟฟ้าทำงานโดยการเปลี่ยนพลังงานจากลมให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเมื่อมีลมพัดผ่านใบกังหันพลังงานจลน์ที่เกิดจากลมจะทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุนและได้เป็นพลังงานกลออกมา พลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันลมจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของกังหันลม จะจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านระบบควบคุมไฟฟ้า และจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบไฟฟ้าหลักของการไฟฟ้าต่อไป โดยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของลม ความยาวของใบพัด และสถานที่ติดตั้งกังหันลม กังหันลมเป็นเทคโนโลยีพลังงานสะอาดที่ช่วยผลิตไฟฟ้าโดยไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม





ส่วนประกอบของ กังหันลมผลิตไฟฟ้า

1. **ใบพัด (BLADE)** - ทำหน้าที่รับพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลม และหมุนแกนหมุนเพื่อส่งถ่ายกำลังไปยังเพลากลไกหลัก
2. **เพลากลไก (SHAFT)** - มีอยู่ 2 ตำแหน่งด้วยกัน ได้แก่
 - *เพลากลไกหลัก (MAIN SHAFT หรือ LOW SPEED SHAFT) ทำหน้าที่รับแรงจากแกนหมุนใบพัด และส่งผ่านเข้าสู่ห้องปรับเปลี่ยนทดรอบกำลังเพื่อเพิ่มรอบ
 - *เพลากลไกเล็ก (SHALL SHAFT หรือ HIGH SPEED SHAFT) ทำหน้าที่รับแรงที่มีความเร็วรอบสูงของห้องทดรอบกำลังเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
3. **ห้องทดรอบกำลัง (GEAR BOX)** - ทำหน้าที่ในการปรับเปลี่ยนและควบคุมความเร็วในการหมุนระหว่างเพลากลไกหลักกับเพลากลไกเล็ก
4. **เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (GENERATOR)** - ทำหน้าที่แปลงพลังงานกลที่ได้รับเป็นพลังงานไฟฟ้า
5. **ระบบเบรก (BRAKE)** - ทำหน้าที่เป็นระบบกลไกเพื่อใช้ควบคุมและช่วยให้ใบพัดหยุดหมุนเมื่อต้องการให้กังหันลมหยุดหมุนและในระหว่างการซ่อมบำรุง
6. **ระบบควบคุมไฟฟ้า (CONTROLLER SYSTEM)** - ทำหน้าที่เป็นระบบควบคุมการทำงานและการจ่ายกระแสไฟฟ้า
7. **แกนคอกหมุนรับทิศทางลม (YAW DRIVE)** - ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการหมุนห้องเครื่องเพื่อให้ใบพัดรับทิศทางลมโดยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ที่เชื่อมต่อให้มีความสัมพันธ์กับหางเสือรับทิศทางลมที่อยู่ด้านบนของเครื่อง
8. **เครื่องวัดความเร็วและทิศทางลม (ANEMOMETER AND WIRED VANE)** - ทำหน้าที่วัดความเร็วและทิศทางลมด้วยการเชื่อมต่อเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์
9. **เสา (TOWER)** - ทำหน้าที่เป็นตัวรับส่วนที่เป็นชุดแกนหมุนใบพัดและตัวห้องเครื่องที่อยู่ด้านบน
10. **ฐานราก (FOUNDATION)** ทำหน้าที่รับน้ำหนักเสาและยึดกับพื้นดิน
11. **ระบบแปลงไฟฟ้า** เพื่อส่งไฟฟ้าเข้าระบบหลักของการไฟฟ้า



ส่วนประกอบของกังหันลมผลิตไฟฟ้า



การติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า ในประเทศไทย

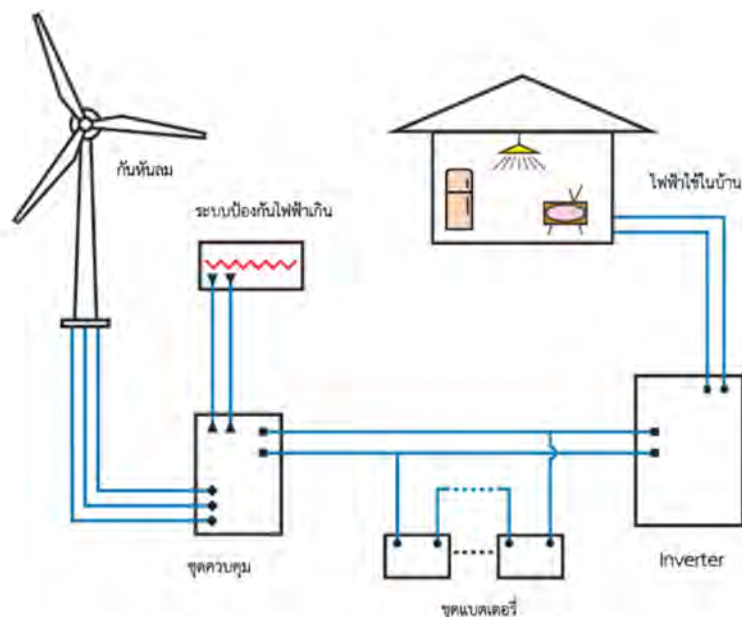
ระบบการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบหลัก ได้แก่ ระบบติดตั้งแบบเดี่ยว (STAND ALONE SYSTEM) และ ระบบติดตั้งแบบต่อเข้าสู่ระบบสายส่ง (GRID CONNECTED SYSTEM) โดยแต่ละระบบมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ซึ่งการติดตั้งกังหันลมผลิตพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยนั้นจะต้องขออนุญาตทำการติดตั้งให้ถูกต้องตามที่กฎหมายกำหนด เพื่อประโยชน์สูงสุดของผู้ขอติดตั้งและของประเทศ



ระบบติดตั้งแบบเดี่ยว (STAND ALONE SYSTEM)

ระบบนี้เหมาะสำหรับใช้งานในพื้นที่ห่างไกล เช่น ชุมชนบนเกาะ บนเขา หรือพื้นที่ ที่สายส่งไฟฟ้าเข้าไม่ถึงเป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้กับพื้นที่นั้นโดยตรง ในระบบจะมีชุดเก็บประจุไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่ สำหรับเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลม พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมในระบบนี้มักมีแรงดันไฟฟ้าในช่วง 12 - 48 โวลต์ โดยชุดแบตเตอรี่จะทำงานควบคู่กับระบบควบคุมไฟฟ้าซึ่งชุดควบคุมไฟฟ้ามีหน้าที่ควบคุมแรงดันและกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งาน เพื่อความปลอดภัยของระบบจะทำการติดตั้งชุดควบคุมป้องกันเพื่อไม่ให้กังหันลมหมุนเร็วเกินไป ซึ่งระบบจะทำงานคู่กันระหว่างระบบทางกลและระบบไฟฟ้า การใช้งานไฟฟ้าในระบบผลิตไฟฟ้าแบบเดี่ยวนี้ เราสามารถเลือกได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ หากต้องการใช้งานไฟฟ้ากระแสสลับจำเป็นจะต้องติดตั้งอุปกรณ์เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับหรือที่เรียกว่า อินเวอร์เตอร์ ระบบติดตั้งแบบเดี่ยวมีส่วนประกอบหลักสำคัญดังนี้

- 1.ชุดกังหันลมผลิตไฟฟ้า โดยมากแล้วจะเป็นกังหันลมประเภทแนวแกนนอน
- 2.ชุดควบคุมการผลิตไฟฟ้า สำหรับควบคุมแรงดันไฟฟ้า
- 3.ระบบป้องกันไฟฟ้าเกิน ป้องกันไม่ไห้ระบบได้รับความเสียหายจากไฟฟ้าที่มีแรงดันหรือกระแสเกินกว่าที่ออกแบบไว้
- 4.ชุดแบตเตอรี่เก็บไฟฟ้า ที่ผลิตได้เพื่อใช้ในเวลาที่ลมเบาหรือไม่มีลม
- 5.ชุดอินเวอร์เตอร์สำหรับแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแบตเตอรี่ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) สำหรับใช้งานในอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป

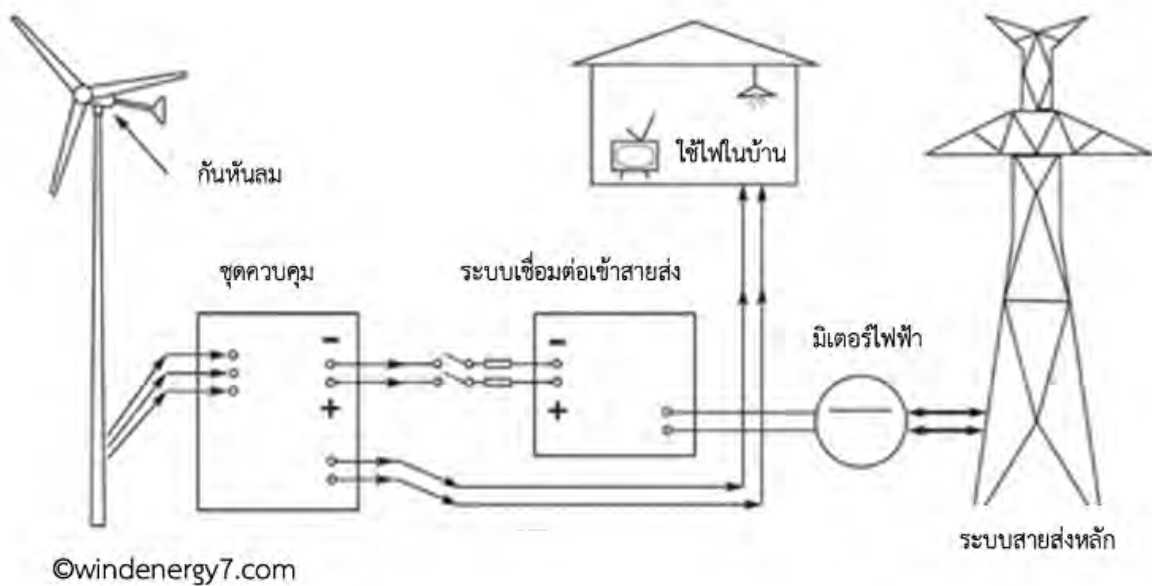


ที่มา: DOI:10.20508/ijrer.v8i3.7974.g7485



ระบบติดตั้งแบบต่อเข้าสู่ระบบสายส่ง (GRID CONNECTED SYSTEM)

ระบบนี้เหมาะสำหรับกังหันลมขนาดใหญ่ที่ออกแบบมาเพื่อผลิตไฟฟ้าปริมาณมากและเชื่อมต่อเข้ากับระบบสายส่งไฟฟ้าหลัก ในระบบนี้ไม่จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่หรือชุดเก็บพลังงาน เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกส่งเข้าสู่สายส่งทันที โดยมีอินเวอร์เตอร์เป็นตัวแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ ซึ่งอินเวอร์เตอร์นี้มีราคาสูงกว่าชุดแปลงไฟทั่วไปเนื่องจากต้องมีระบบควบคุมที่ซับซ้อน รองรับการเชื่อมต่อกับระบบสายส่ง และสามารถควบคุมแรงดันและความถี่ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับมาตรฐานของระบบไฟฟ้าหลัก นอกจากนี้อินเวอร์เตอร์ยังมีความสามารถในการป้องกันกริดกระแสไฟฟ้านาน (PARALLEL CURRENT) เพื่อป้องกันปัญหาในระบบสายส่ง ระบบติดตั้งแบบเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบสายส่งสำหรับกังหันลม มีส่วนประกอบสำคัญดังนี้



1.ระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม

2.อินเวอร์เตอร์ (GRID-TIE INVERTER) ทำหน้าที่สำคัญในระบบ ON-GRID โดยแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) หรือปรับคุณภาพไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จากกังหันลมให้เหมาะสมสำหรับการเชื่อมต่อกับระบบสายส่งไฟฟ้าที่แปลงแล้วจะต้องมีแรงดันและความถี่สอดคล้องกับมาตรฐานของสายส่งอินเวอร์เตอร์แบบกริดยังมีระบบควบคุมและป้องกันเพื่อรักษาความเสถียรของไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสายส่ง

3.หม้อแปลงไฟฟ้า (TRANSFORMER) ปรับแรงดันไฟฟ้าจากกังหันลมหรืออินเวอร์เตอร์ให้ตรงกับแรงดันไฟฟ้าของสายส่งไฟฟ้าหลัก

- 4.ระบบป้องกันไฟฟ้าเกิน (PROTECTION SYSTEM) ป้องกันกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าเกิน รวมถึงปัญหาที่อาจเกิดจากการเชื่อมต่อกับสายส่ง
- 5.ระบบวัดและตรวจสอบพลังงาน (MONITORING AND METERING SYSTEM) ใช้ตรวจสอบและบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้า รวมถึงการส่งไฟฟ้าสู่ระบบสายส่ง
- 6.ระบบเชื่อมต่อเข้าสายส่ง (GRID CONNECTION SYSTEM) เชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจากกังหันลมเข้าสู่สายส่งหลัก โดยต้องใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อที่ได้มาตรฐาน เช่น เบรกเกอร์ รีเลย์ และระบบป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร
- 7.ระบบสำรอง (BACKUP SYSTEM - OPTIONAL) แม้ว่าระบบ ON-GRID มักไม่จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่ แต่ในบางกรณีอาจมีระบบสำรอง เช่น การเชื่อมต่อกับแหล่งพลังงานอื่น เพื่อเพิ่มความมั่นคงในการจ่ายไฟฟ้า



พลังงานลม เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพและได้รับความสนใจอย่างมาก เพราะลมเป็นทรัพยากรที่ธรรมชาติมอบให้เราโดยไม่มีวันหมด อีกทั้งเทคโนโลยีผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม ยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ มีการใช้พลังงานลมเพื่อการผลิตไฟฟ้าในประเทศเดนมาร์ก เยอรมนี และสเปน ซึ่งเป็นประเทศตัวอย่างที่มีการใช้พลังงานลมที่โดดเด่น โดยเฉพาะฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่ง (OFFSHORE WIND FARMS) ซึ่งตั้งอยู่ในทะเล มีการใช้พลังงานลมผลิตไฟฟ้าในเขตเขตมิดเวสต์ (MIDWEST) ของสหรัฐอเมริกาที่มีลมพัดแรงตลอดทั้งปี ขณะที่ในเอเชียประเทศจีนและอินเดียได้มีการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่ โดยเฉพาะจีนที่มีฟาร์มกังหันลมใหญ่ที่สุดในโลก

การเติบโตของพลังงานลมในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาเป็นผลมาจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่ช่วยลดต้นทุนการผลิตและติดตั้งกังหันลมลงได้อย่างมาก อีกทั้งยังได้รับการสนับสนุนจากนโยบายพลังงานสะอาดในหลายประเทศ ส่งผลให้พลังงานลมกลายเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญและมีบทบาทมากขึ้นในการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ทั้งนี้พลังงานลมไม่ได้เป็นเพียงแค่ทางเลือกแต่ยังเป็นแนวทางสำคัญในการสร้างความยั่งยืนทางพลังงานสำหรับอนาคตของโลก



ฟาร์มกังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้าปายหยางเหอ (BAIYANGHE) ตั้งอยู่ที่เมืองถูหลู่ฟานหรือเมืองเทอร์ปิ่น เขตปกครองตนเองซินเจียงอุยกูร์ทางตะวันตกเฉียงเหนือของจีน
ที่มา: [HTTPS://WWW.XINHUATHAI.COM/CHINA/15795_20190708](https://www.xinhua.com/china/15795_20190708)



▲ An offshore wind farm in the North Sea
Mischa Keijser/Getty Images

ฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่ง บริเวณทะเลเหนือ
ของบริษัท NATIONAL GRID ของสหราชอาณาจักร

ที่มา: <https://www.newscientist.com/article/2293043-uk-national-grid-in-talks-to-build-an-energy-island-in-the-north-sea/>



ศักยภาพพลังงานลม สำหรับผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้จัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย พบว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานลมในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันออกไปซึ่งมีพื้นที่ที่มีแรงลมเหมาะสมกับการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า ได้แก่ ในพื้นที่ภาคใต้บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกและตะวันตก ในจังหวัดสงขลา จังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดกระบี่ พื้นที่ภาคเหนือบนยอดเขาสูง บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ และในพื้นที่ภาคตะวันตกบริเวณพื้นที่ใน จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดตาก ซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 6.4 เมตรต่อวินาที เพียงพอสำหรับการผลิตไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น ลมพัดไม่สม่ำเสมอ ต้นทุนการติดตั้งสูง โดยเฉพาะอุปกรณ์เทคโนโลยี เช่น กังหันลม อินเวอร์เตอร์ และแบตเตอรี่ แต่ด้วยการพัฒนาเทคโนโลยีและการสนับสนุนจากภาครัฐ เช่น การส่งเสริมระบบพลังงานหมุนเวียนแบบผสมผสาน (HYBRID RENEWABLE ENERGY SYSTEMS) พลังงานลมจึงยังคงเป็นแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพและสามารถพัฒนาให้ตอบโจทย์ความต้องการพลังงานในประเทศไทยได้อย่างยั่งยืนในอนาคต

ตัวอย่างแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในประเทศไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมจำนวน 2 แหล่งใหญ่ ได้แก่ กังหันลมผลิตไฟฟ้าบริเวณแหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต และกังหันลมผลิตไฟฟ้าบริเวณอ่างพักน้ำตอนบนโรงไฟฟ้าลำตะคองชลภาวัฒนา อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา นอกจากนี้ยังมีเอกชนที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลมทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่รวม 23 แห่ง (ข้อมูลจาก กฟผ., สิงหาคม 2564) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการขยายตัวของการใช้พลังงานลมในประเทศไทย และความสำคัญของแหล่งพลังงานหมุนเวียนในการสร้างความมั่นคงทางพลังงานในระยะยาว

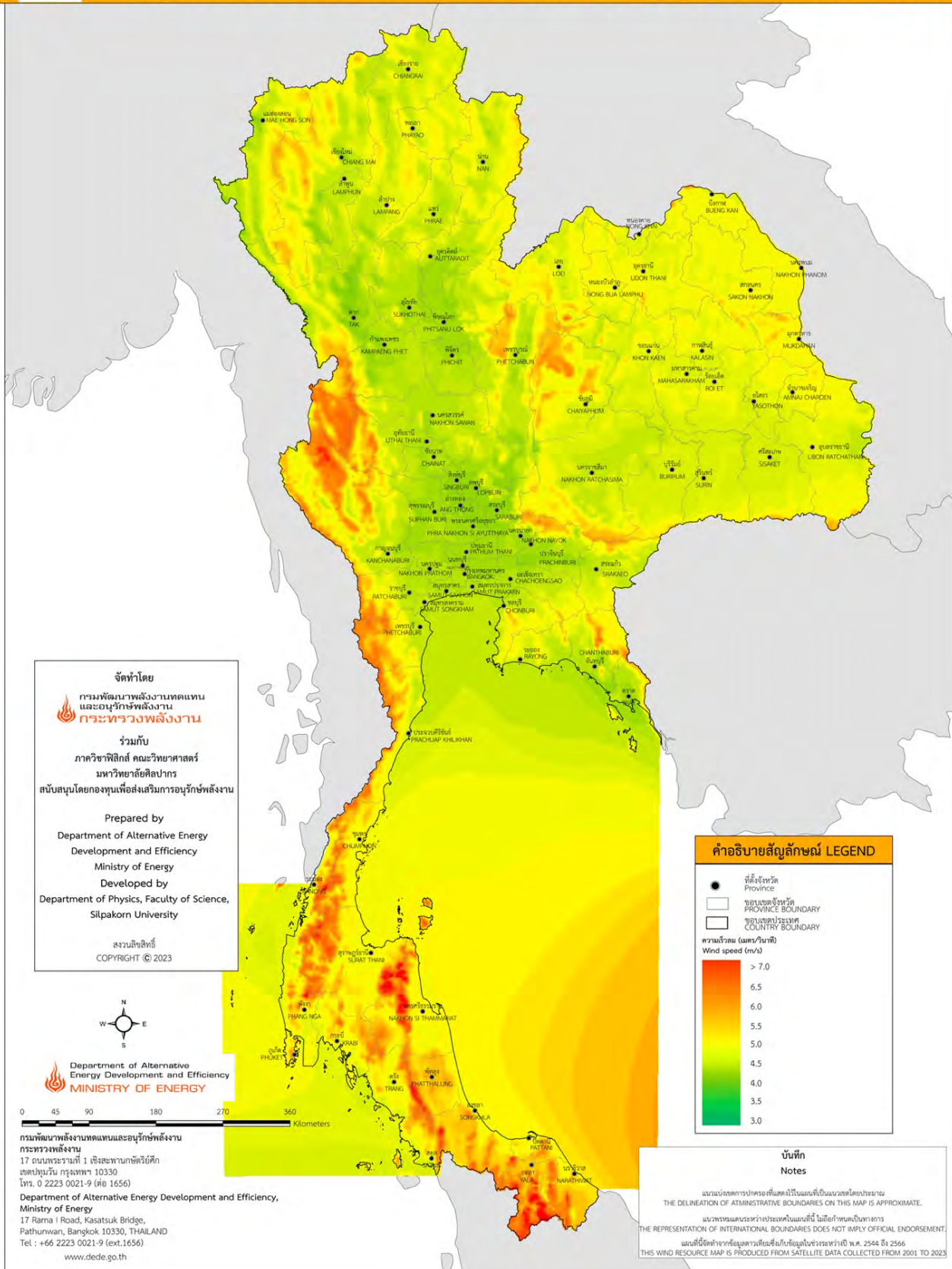


กังหันลมผลิตไฟฟ้าบริเวณแหลมพรหมเทพ กังหันลมผลิตไฟฟ้าบริเวณอ่างพักน้ำตอนบนโรงไฟฟ้าลำตะคองชลภาวัฒนา ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย



แผนที่ศักยภาพลมของประเทศไทยระดับความสูง 90 เมตรในปี 2566

WIND RESOURCE MAP FOR THAILAND 90 METERS ABOVE THE GROUND 2023



จัดทำโดย
**กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
 และอนุรักษ์พลังงาน
 กระทรวงพลังงาน**
 ร่วมกับ
 ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยศิลปากร
 สนับสนุนโดยกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

Prepared by
 Department of Alternative Energy
 Development and Efficiency
 Ministry of Energy
 Developed by
 Department of Physics, Faculty of Science,
 Silpakorn University

สงวนลิขสิทธิ์
 COPYRIGHT © 2023



Department of Alternative
 Energy Development and Efficiency
MINISTRY OF ENERGY



กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน
 17 ถนนพระรามที่ 1 เชียงสะพานคดวิจิตร
 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
 โทร. 0 2223 0021-9 (ต่อ 1656)
 Department of Alternative Energy Development and Efficiency,
 Ministry of Energy
 17 Rama I Road, Kasatsuk Bridge,
 Pathumwan, Bangkok 10330, THAILAND
 Tel : +66 2223 0021-9 (ext.1656)
 www.dede.go.th

คำอธิบายสัญลักษณ์ LEGEND

- ที่ตั้งจังหวัด Province
- ขอบเขตจังหวัด PROVINCE BOUNDARY
- ขอบเขตประเทศ COUNTRY BOUNDARY

ความเร็วลม (เมตร/วินาที)
 Wind speed (m/s)

> 7.0
6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0

บันทึก Notes

แนวแบ่งเขตการปกครองที่แสดงในแผนที่เป็นแนวเขตโดยประมาณ
 THE DELINEATION OF ADMINISTRATIVE BOUNDARIES ON THIS MAP IS APPROXIMATE.
 แนวทรวงและระหว่างประเทศในแผนที่นี้ ไม่ถือกันเป็นการ
 THE REPRESENTATION OF INTERNATIONAL BOUNDARIES DOES NOT IMPLY OFFICIAL ENDORSEMENT
 แผนที่นี้จัดทำจากข้อมูลดาวเทียมซึ่งมีข้อมูลในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง 2566
 THIS WIND RESOURCE MAP IS PRODUCED FROM SATELLITE DATA COLLECTED FROM 2001 TO 2023

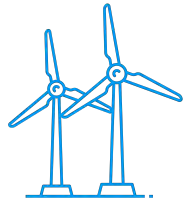


✓ ข้อดีของกังหันลมต่อสิ่งแวดล้อม

- ✓ **ลดมลพิษทางอากาศ** – กังหันลมไม่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) หรือก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน
- ✓ **ใช้พลังงานธรรมชาติที่ไม่มีวันหมด** – ลมเป็นทรัพยากรที่มีอยู่ตลอด ไม่ต้องขุดเจาะหรือเผาไหม้เชื้อเพลิง
- ✓ **ไม่สร้างของเสียหรือสารพิษ** – ไม่ทำให้น้ำเสียหรือเกิดสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม
- ✓ **ลดการใช้พลังงานฟอสซิล** – ทำให้เราพึ่งพาน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติน้อยลง

✗ ผลกระทบของกังหันลมต่อสิ่งแวดล้อม

- ⚠ **1. อันตรายต่อนกและค้างคาว** เนื่องจากใบพัดของกังหันลมที่หมุนเร็ว อาจทำให้นกและค้างคาวชนและได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิต แต่อย่างไรก็ตามในการติดตั้งกังหันลมผู้เชี่ยวชาญจะติดตั้งในพื้นที่ ที่ไม่มีนกอพยพผ่าน หรือใช้เทคโนโลยีตรวจจับสัตว์ปีกเพื่อลดความเสี่ยง
- ⚠ **2. การเปลี่ยนแปลงทัศนียภาพของธรรมชาติ** เนื่องจากกังหันลมมีขนาดใหญ่อาจทำให้ภูมิทัศน์เปลี่ยนไปและกระทบกับแหล่งท่องเที่ยว ในการติดตั้งผู้เชี่ยวชาญจะคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมโดยรวมและทำการออกแบบกังหันลมให้เข้ากับสภาพแวดล้อม หรือเลือกติดตั้งในพื้นที่ห่างไกล
- ⚠ **3. เสียงรบกวนจากกังหันลม** เสียงเกิดจากการหมุนของใบพัด ซึ่งอาจรบกวนชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง มีการแก้ไขปัญหาโดยการติดตั้งกังหันลมให้ห่างจากพื้นที่ชุมชน หรือใช้เทคโนโลยีใบพัดกังหันลมลดเสียง
- ⚠ **4. การใช้พื้นที่ขนาดใหญ่** การติดตั้งกังหันลมจำเป็นต้องใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ เนื่องจากขนาดใบพัดและระบบมีขนาดใหญ่ อาจส่งผลต่อพื้นที่เกษตรกรรมหรือพื้นที่ป่าไม้
- ⚠ **5. ผลกระทบต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า** การติดตั้งกังหันลมอาจมีผลต่อ สัญญาณโทรทัศน์ วิทยุ และเรดาร์ เพราะใบพัดที่หมุนสามารถสะท้อนหรือรบกวนคลื่นสัญญาณได้ ลดผลกระทบได้โดยการออกแบบใบพัดหรือการเลือกตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสม



เทคโนโลยีกังหันลม กับความท้าทายและโอกาส

พลังงานลมเป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่ช่วยให้โลกของเรามีพลังงานใช้โดยไม่สร้างมลภาวะ และไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม แต่การพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมในอนาคต ยังมีทั้งความท้าทายที่สำคัญในด้านต่าง ๆ เช่น

⚠ **ความไม่แน่นอนของพลังงานลม** เนื่องจากลมมีความแปรปรวนไม่สามารถกำหนดทิศทางหรือปริมาณลมตลอดจนความแรงของลมได้ ซึ่งทำให้การผลิตไฟฟ้าไม่เสถียรการใช้งานร่วมกับโครงข่ายไฟฟ้าจึงมีความจำเป็นเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด

⚠ **ระบบการจัดเก็บพลังงาน** พลังงานลมเป็นพลังงานที่ไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นการเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ยังคงเป็นความท้าทาย เนื่องจากเทคโนโลยีการจัดเก็บพลังงานที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าทางเศรษฐกิจยังอยู่ในขั้นพัฒนา

⚠ **ความทนทานต่อสภาพอากาศรุนแรง** ปัจจุบันโลกเราเจอกับปัญหาสภาพอากาศรุนแรงซึ่งในบางภูมิภาค เช่น ทวีปเอเชีย การเกิดพายุไต้ฝุ่นที่มีความรุนแรงและความถี่สูงเป็นอุปสรรคต่อการติดตั้งกังหันลมนอกชายฝั่ง เนื่องจากกังหันลมต้องสามารถทนทานต่อความเร็วลมที่สูงมาก

⚠ **การรีไซเคิลใบพัดกังหันลม** ใบพัดกังหันลมที่หมดอายุการใช้งานมักถูกฝังกลบ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ยากต่อการรีไซเคิล ซึ่งเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้ในอนาคต

ความท้าทายในการใช้เทคโนโลยีกังหันลมมีทั้งจากสิ่งที่เราควบคุมได้และความคุมไม่ได้จากปรากฏการณ์ธรรมชาติ ถึงอย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์ก็ยังมองเห็นโอกาสในการพัฒนาเพื่อสนับสนุนเทคโนโลยีกังหันลมให้ยั่งยืน

- ✓ **การพัฒนาเทคโนโลยีการจัดเก็บพลังงาน** เช่น ระบบ WIND HYDROGEN HYBRID SYSTEM ที่นำพลังงานลมมากักเก็บในรูปแบบไฮโดรเจน และแปลงกลับเป็นไฟฟ้าเมื่อจำเป็น ช่วยให้การใช้พลังงานลมมีเสถียรภาพมากขึ้น
- ✓ **การพัฒนากังหันลมแบบทึนลอย** ช่วยให้ผู้สามารถติดตั้งกังหันลมในทะเลที่มีความลึกมากกว่า 60 เมตร ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมักมีความเร็วลมสูงและสม่ำเสมอ เพื่อให้การผลิตไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น
- ✓ **การพัฒนาเทคโนโลยีกันหันสำหรับพื้นที่ที่มีแรงลมต่ำ** เช่นการพัฒนากังหันลมแนวแกนตั้ง สำหรับการติดตั้งบนหลังคาบ้านเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้ภายในบ้าน
- ✓ **การพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานลมผลิตไฟฟ้าสมัยใหม่** ที่มีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูง มีขนาดเล็กและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรอบข้าง
- ✓ **การพัฒนาเทคโนโลยีรีไซเคิลใบพัดกังหันลม** นักวิจัยกำลังพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถรีไซเคิลใบพัดกังหันลมเก่าให้กลับมาใช้งานใหม่ได้ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการฝังกลบและส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียน



ชวนคิด.....

คล้ายข้อสงสัยกับ 3 คำถามในใจที่ไม่รู้จะ
ถามใคร เรามีคำตอบให้.....



ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในบ้านต้องทำอะไร

1. หากติดตั้ง **กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก** ที่มีกำลังการผลิตไม่เกิน 1,000 กิโลวัตต์แอมแปร์ (KVA) **ไม่จำเป็นต้องขอใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า** จากคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) และต้องแจ้งให้ **กกพ. ทราบ**
2. หากติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าเกินกว่า **1,000 KVA** ต้องขอใบอนุญาตประกอบกิจการไฟฟ้า **จาก กกพ.**
3. **ขออนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร** การติดตั้งกังหันลมอาจถือเป็นการก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร ควรติดต่อ เทศบาล หรือ องค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) ในพื้นที่ของคุณ เพื่อขออนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารตาม พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
4. **หากต้องการจำหน่ายไฟฟ้าเข้าระบบ** ต้องประสานงานกับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย เพื่อการเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า ควรติดต่อ การไฟฟ้านครหลวง หรือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในพื้นที่อาศัยอยู่ เพื่อปฏิบัติตามข้อกำหนดการเชื่อมต่อโครงข่าย
5. **ต้องปฏิบัติตามกฎหมายและข้อบังคับอื่น ๆ** เช่น การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม แม้ว่าการติดตั้งกังหันลมขนาดเล็กอาจไม่จำเป็นต้องทำ การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) แต่ควรตรวจสอบข้อกำหนดในพื้นที่ที่อาศัย ปฏิบัติควบคุมความปลอดภัยและมาตรฐานการติดตั้ง ควรปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยในการติดตั้งและการใช้งาน เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

ลมก็เป็นของธรรมชาติทำไมต้องดำเนินการเยอะขนาดนี้

แม้ว่าพลังงานลมเป็นของธรรมชาติ แต่กังหันลมเป็นอุปกรณ์ที่มีผลกระทบต่อชุมชน สิ่งแวดล้อม และระบบไฟฟ้า การขออนุญาตเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้การติดตั้งเป็นไปตามมาตรฐานด้านความปลอดภัย กฎหมาย และไม่ก่อปัญหาให้กับผู้อื่น การมีกฎระเบียบ ช่วยให้พลังงานลมถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นประโยชน์สูงสุดต่อทุกคน

กังหันลมไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจริงหรือไม่

มีทั้งจริง และ ไม่จริง

จริงที่พลังงานไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและยังช่วยดูแลสิ่งแวดล้อมด้วย เนื่องจาก

- ✓ กังหันลมไม่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) หรือก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นก๊าซที่ส่งผลกระทบต่อโลกของเรา
- ✓ ลมเป็นทรัพยากรที่มีอยู่ตลอด ไม่ต้องขุดเจาะหรือเผาไหม้เชื้อเพลิง
- ✓ ทำให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม เช่นไม่ทำให้น้ำเสียหรือเกิดสารเคมีอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม
- ✓ ลดการพึ่งพาน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ น้อยลงที่เป็นต้นตอของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโลก

ไม่จริง บางส่วนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเหมือนกัน

- ⚠ 1. อันตรายต่อสิ่งมีชีวิตโดยรอบที่ติดตั้งโดยเฉพาะนก ค้างคาวและสัตว์ป่า เนื่องใบพัดของกังหันลมที่หมุนเร็ว อาจทำให้รบกวนสัตว์ป่าโดยรอบได้
- ⚠ 2. การเปลี่ยนแปลงทัศนียภาพของธรรมชาติ กังหันลมมีขนาดใหญ่และเป็นสิ่งที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นส่งผลกระทบต่อทัศนียภาพของธรรมชาติโดยตรง
- ⚠ 3. เสียงรบกวนจากกังหันลม การส่งผลก่อให้เกิดความรำคาญต่อชุมชนใกล้เคียง
- ⚠ 4. การใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ อาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรมหรือพื้นที่ป่าไม้
- ⚠ 5. ผลกระทบต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กส่งผลต่อ สัญญาณโทรทัศน์ วิทยุ และเรดาร์

แต่อย่างไรก็ตามผลกระทบเหล่านี้ยังเป็นผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่สามารถแก้ไขได้ในระยะเวลาอันสั้น จึงไม่น่าเป็นกังวล

สรุปเนื้อหาท้ายบทเรียน

- พลังงานลมเป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่มีความสำคัญในยุคปัจจุบัน เนื่องจากสามารถนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าได้โดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ลมเกิดขึ้นจากความแตกต่างของอุณหภูมิและความกดอากาศของพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งส่งผลให้มวลอากาศเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วและทิศทางของลม ได้แก่ ภูมิประเทศ อุณหภูมิ และการหมุนของโลก
- การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมมีหลักการทำงานโดยใช้ใบพัดรับพลังงานจากลมและเปลี่ยนเป็นพลังงานกล จากนั้นจะถูกส่งผ่านไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อนำพลังงานกลมาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า กังหันลมมีอยู่สองประเภทหลัก ได้แก่ กังหันลมแกนตั้งและกังหันลมแกนนอน โดยแต่ละประเภทมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับพื้นที่การใช้งาน
- ข้อดีของพลังงานลม ได้แก่ ลมเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสามารถช่วยลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัด เช่น ความไม่แน่นอนของลม ต้นทุนการติดตั้งที่สูง และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น เสียงรบกวน ทัศนวิสัย และผลกระทบต่อนกและสัตว์ป่า
- สำหรับประเทศไทย พื้นที่ที่มีศักยภาพในการใช้พลังงานลม ได้แก่ ชายฝั่งทะเลภาคใต้ และพื้นที่บนภูเขาสูง เช่น บริเวณภาคเหนือ ซึ่งมีลมพัดแรงต่อเนื่องตลอดทั้งปี การนำพลังงานลมมาใช้ในประเทศต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของพื้นที่และแนวทางลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรนี้ได้อย่างยั่งยืน



ตรวจสอบความรู้พื้นฐานท้ายบท

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ถูกต้อง หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ผิด

ข้อที่	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	พลังงานลมเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	
2	อุณหภูมิและความกดอากาศที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเกิดลม	
3	การใช้พลังงานลมสามารถช่วยลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลได้	
4	ประเทศไทยสามารถติดตั้งกังหันลมได้ทุกพื้นที่เนื่องจากมีความเร็วลมสูงเฉลี่ยตลอดปี	
5	ขณะที่กังหันลมหยุดหมุนกังหันลมยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้	
6	การใช้พลังงานลมไม่สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	
7	ประเทศไทยมีนโยบายสนับสนุนการใช้พลังงานลมเพื่อลดการใช้พลังงานฟอสซิล	
8	ใบพัดของกังหันลมสามารถออกแบบให้รองรับความเร็วลมที่แตกต่างกันได้	
9	การวางแผนการติดตั้งกังหันลมต้องคำนึงถึงระยะห่างระหว่างกังหันเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด	
10	ผลกระทบด้านเสียงจากกังหันลมสามารถส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ได้	