ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม กรณีศึกษา จังหวัดสตูล

A FEASIBILITY STUDY OF WIND ENERGY FOR ELECTRIC GENERATION (SATUN)

นางสาวเกษแก้ว น้อยสิม รหัส 51380354

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 15992057
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ก781ก
2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม กรณีศึกษา จังหวัดสตูล
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวเกษแก้ว น้อยสิม รหัส 51380354
ที่ปรึกษาโครงงาน	รศ.ดร กวิน สนธิเพิ่มพูน
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2554

....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับ**นี้เป็นส่วนหนึ่ง**ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

....ที่ปรึกษา**โครงงาน**
(รศ.ดร กวิน สนธิเพิ่มพูน)

....กรรมการ
(อาจารย์ขวัญนิธิ คำเมือง)

....กรรมการ
(อาจารย์พิสุทธิ์ อภิชยกุล)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม กรณีศึกษา จังหวัดสตูล
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวเกษแก้ว น้อยสิม รหัส 51380354
ที่ปรึกษาโครงงาน	รศ.ดร กวิน สนธิเพิ่มพูน
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม ซึ่งทำการศึกษาการใช้พลังงานของจังหวัดสตูลและศึกษาความเร็วลมที่พัดผ่านในแต่ละปี จากการศึกษาผลปรากฏว่ามีแนวโน้มว่าในอนาคตปริมาณการใช้ไฟฟ้าของจังหวัดสตูลจะเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น จึงได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ทั้ง 5 ด้านด้วยกัน คือ ด้านศักยภาพของลมที่จะผลิตกระแสไฟฟ้า ด้านวิศวกรรม ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านการตลาดและด้านสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ประเภทและรุ่นของกังหันลม ให้เหมาะกับความเร็วลมและศักยภาพของลมในจังหวัดสตูล ผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการเลือกกังหันลมยี่ห้อ Southwest รุ่น whisper 200 แกนนอน 3 ใบพัด เป็นกังหันลมขนาดเล็กเหมาะกับความเร็วลมเฉลี่ย 7 เมตรต่อวินาที ใช้เงินลงทุนโครงการทั้งระบบ 368,793 บาทและมีระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 4 ปี ที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 3.75 ซึ่งเป็นดอกเบี้ยของค่าบำรุงรักษา โดยติดตั้งที่บริเวณทิศตะวันออก (E) เขาพญาวังและอุทยานแห่งชาติทะเลบัน มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 8.17 เมตรต่อวินาที ทิศตะวันตก (W) เกาะตะเกียงและท่าเรือเจ๊ะบิลัง มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 8.42 เมตรต่อวินาที และมีการรับซื้อกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ 2.75 บาทต่อกิโลวัตต์และในการรับซื้อไฟฟ้านั้น การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะมีส่วนเพิ่มราคาในการรับซื้อ (Adder) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.50 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง โครงการนี้นอกจากจะให้ผลประโยชน์ต่อผู้ลงทุนในโครงการดังกล่าวแล้ว ยังเอื้อผลประโยชน์ต่อสังคมด้วย

ผลการวิจัยนี้เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นที่จะนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจของผู้ผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลืออย่างยิ่งของ รศ.ดร กวิน สนธิเพิ่มพูน อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ อาจารย์ขวัญนิธิ คำเมืองและอาจารย์พิสุทธิ์ อภิชยกุล ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นในการทำงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ช่วยให้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าของจังหวัดสตูล รวมถึงเจ้าหน้าที่ของสถานีกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดสตูล ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเร็วลม และอาจารย์กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง ที่คอยให้คำปรึกษาและแจ้งข่าวประกาศต่างๆ ในด้านการทำปริญญานิพนธ์

สุดท้ายนี้ผู้ดำเนินโครงงานใคร่ขอกราบขอพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การดูแล อบรม สั่งสอนและให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา ตลอดการดำเนินโครงงานจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาวเกษแก้ว น้อยสิม

มีนาคม 2555

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (output)	2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (outcome)	2
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน	2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน	2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน	2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ	4
2.2 พลังงานลม	4
2.3 วิวัฒนาการการประยุกต์ใช้งานพลังงานลม	11
2.4 กังหันลม	12
2.5 การบันทึกข้อมูล	19
2.6 อุปกรณ์สำหรับแปลงพลังงานลมเป็นกระแสไฟฟ้า	20
2.7 ลักษณะทั่วไปของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลม	22
2.8 การรับซื้อไฟฟ้าจากเอกชน	31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 35

3.1 การศึกษาศักยภาพความพร้อมในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม 35

3.2 การศึกษาความเป็นไปได้ด้านวิศวกรรม 36

3.3 การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์ 36

3.4 การศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด 38

3.5 การศึกษาความเป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อม 39

3.6 สรุปผลการวิเคราะห์การผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม 39

3.7 แนวทางที่จะดำเนินการศึกษาต่อ 39

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ 40

4.1 ผลการศึกษาศักยภาพความพร้อมในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม 40

4.2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านวิศวกรรม 50

4.3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์ 55

4.4 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด 62

4.5 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อม 64

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 65

5.1 สรุปการศึกษาความเป็นไปได้ด้านศักยภาพของลม 65

5.2 สรุปการศึกษาความเป็นไปได้ด้านวิศวกรรม 65

5.3 สรุปการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์ 66

5.4 สรุปการศึกษาความเป็นไปได้ด้านตลาด 66

5.5 สรุปการศึกษาความเป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อม 66

5.6 ข้อเสนอแนะ 67

เอกสารอ้างอิง 68

ภาคผนวก 70

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แสดงขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 3
2.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของกังหันลมแบบแกนนอนและแกนตั้ง 16
2.2 แสดงการเปรียบเทียบของลักษณะและค่าต่างๆ ทั้ง 3 ชนิด 22
2.3 แสดงกังหันลมรุ่น AEROWATT 1100 FP7G 25
2.4 แสดงกังหันลมรุ่น WINDANE 12 26
2.5 แสดงกังหันลมรุ่น SVIAB 065 – 28 27
2.6 แสดงกังหันลมรุ่น DUNLITE 2000 28
2.7 แสดงกังหันลมรุ่น BWC EXCEL – R/240 29
2.8 แสดงกังหันลมรุ่น NORDTANK NTK 150 XLR 30
4.1 แสดงพื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย 41
4.2 แสดงความเร็วเฉลี่ยตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2551 – 2554 ภาคใต้ของไทย 43
4.3 แสดงความเร็วลมที่เกิดขึ้นและทิศทางลมที่พัดผ่านจังหวัดสตูล ปี พ.ศ. 2551 43
4.4 แสดงความเร็วลมที่เกิดขึ้นและทิศทางลมที่พัดผ่านจังหวัดสตูล ปี พ.ศ. 2552 44
4.5 แสดงความเร็วลมที่เกิดขึ้นและทิศทางลมที่พัดผ่านจังหวัดสตูล ปี พ.ศ. 2553 44
4.6 แสดงความเร็วลมที่เกิดขึ้นและทิศทางลมที่พัดผ่านจังหวัดสตูล ปี พ.ศ. 2554 45
4.7 แสดงความเร็ว (m/s) ที่เกิดขึ้นในทิศทางต่างๆ ของปี พ.ศ. 2551 – 2554 47
4.8 แสดงการเปรียบเทียบกังหันลมรุ่นต่างๆที่กำลังการผลิต 1000 วัตต์ 50
4.9 แสดงเงินลงทุนเบื้องต้นของกังหันลมขนาด 1000 วัตต์ 55
4.10 แสดงค่าการบำรุงรักษาในอัตราดอกเบี้ยต่างๆ 57
4.11 แสดงการไหลของเงินที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 3.75 58
4.12 แสดงการไหลของเงินที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 59
4.13 แสดงการไหลของเงินที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 7 60
4.14 แสดงการไหลของเงินที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 10 61
4.15 แสดงผลการสรุปของการวิเคราะห์กังหันลมกำลังการผลิต 1000 วัตต์ 62
4.16 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการใช้วัสดุภายในประเทศและต่างประเทศ 62
4.17 แสดงผลการสรุปของการวิเคราะห์กังหันลมกำลังการผลิต 1000 วัตต์ 66

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงการเกิด Geostrophic wind 6
2.2 แสดงการเกิด Cyclonic Motionที่ซีกโลกเหนือ 6
2.3 แสดงการเกิด Cyclonic Motionที่ซีกโลกทางใต้ 7
2.4 แสดงผลของแรงต้านและแรง Coriolis 7
2.5 แสดงลักษณะของความเร็วภายใต้ Atmosphere boundary layer 8
2.6 แสดงลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ 9
2.7 แสดงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ 9
2.8 แสดงลมบก 10
2.9 แสดงลมทะเล 10
2.10 แสดงลมหุบเขา 10
2.11 แสดงลมภูเขา 10
2.12 แสดงโรงสีข้าวพลังงานลม 12
2.13 แสดงองค์ประกอบกังหันลมแบบความเร็วคงที่ 14
2.14 แสดงองค์ประกอบกังหันลมแบบความเร็วไม่คงที่ 14
2.15 แสดงองค์ประกอบกังหันลมแบบความเร็วไม่คงที่ชนิดต่อตรง 14
2.16 แสดงกังหันลมแบบแกนนอนและแกนตั้ง 15
2.17 ส่วนประกอบของกังก้นลม 18
2.18 แสดงสถานีไฟฟ้าจากพลังงานลมร่วมกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ที่แหลมพรหม จังหวัดภูเก็ต 24
2.19 แสดงระบบการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมที่สถานีพลังงานทดแทนพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต 24
2.20 กังหันลมรุ่น AEROWATT 1100 FP7G 24 25
2.21 กังหันลมรุ่น WINDANE 12 26
2.22 กังหันลมรุ่น SVIAB 065 – 26 27
2.23 กังหันลมรุ่น DUNLITG 2000 28
2.24 กังหันลมรุ่น BWG EXCEL – R/240 29
2.25 กังหันลมรุ่น NORDTANK NTK 150 XLR 30
4.1 แสดงกลุ่ม Power Class ในระดับต่างๆ ของประเทศไทย 40
4.2 แสดงสถานที่ติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศไทย 41
4.3 แสดงกราฟความเร็วลมสูงสุดในปี พ.ศ. 2551 45
4.4 แสดงกราฟความเร็วลมสูงสุดในปี พ.ศ. 2552 46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.5 แสดงกราฟความเร็วลมสูงสุดในปี พ.ศ. 2553 ... 46
4.6 แสดงกราฟความเร็วลมสูงสุดในปี พ.ศ. 2554 ... 47
4.7 แสดงกังหันลมยี่ห้อ southwest รุ่น whisper 200 ... 51
4.8 แสดงส่วนประกอบของเสา ... 53
4.9 แสดงระบบการเชื่อมต่อแบบ grind connected ... 54
4.10 แสดงกราฟอัตรากำลังไฟฟ้า ... 54
4.11 แสดงเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดต่อเชื่อมสายส่ง ... 54
4.12 แสดงเครื่องควบคุมการทำงานของกังหันลม ... 55

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบัน ประเทศไทยกำลังประสบปัญหาทางด้านพลังงาน โดยพลังงานที่นำมาใช้ในปัจจุบัน เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และอื่นๆ ล้วนแต่เป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดสิ้นไป ต้องใช้เวลาในการสร้างพลังงานขึ้นมา จึงจำเป็นที่จะต้องหาพลังงานในรูปแบบอื่นมาทดแทน ในระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 ถึง พ.ศ. 2553 การใช้พลังงานของประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 4.4 จนในปี พ.ศ. 2553 การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (Final Energy) สูงถึง 2.32 เท่าหรือประมาณ 71,000 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) การเติบโตดังกล่าวเกิดขึ้นควบคู่กับอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 4.5 ต่อปี พลังงานเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตประจำวันการปรับปรุงคุณภาพชีวิตและการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่กำลังพัฒนามีความต้องการพลังงานเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่เนื่องจากทรัพยากรพลังงานภายในประเทศมีค่อนข้างจำกัด จึงพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศกว่าครึ่งหนึ่งและสัดส่วนการพึ่งพาก็มีแนวโน้มสูงขึ้นพร้อมกับน้ำมันที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากจะใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วยังใช้ประโยชน์ในด้านเชื้อเพลิงและก๊าซหุงต้มอีกด้วย ถึงแม้ว่าจะมีการสำรวจหาแหล่งพลังงานเพิ่มเติมใหม่ก็ตาม ด้วยเหตุนี้ ทำให้หน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนได้ศึกษาและทำการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม ซึ่งก่อนที่จะทำการวิจัยนั้นต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการเสียก่อนเพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดและเกิดความเสียหายขึ้น ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการโดยอาศัยข้อมูลประกอบจากผลการวิจัยที่เคยทำการศึกษาทดลองในด้านนี้มาแล้ว

สาเหตุที่ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมที่จังหวัดสตูล เนื่องจากจังหวัดสตูล เป็นจังหวัดที่อยู่ใกล้ทะเลและเป็นจังหวัดที่อยู่ทางด้านรับลม จึงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดผ่านมหาสมุทรอินเดียอย่างเต็มที่และจังหวัดสตูลมีลมพัดผ่านตลอดปี ระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ เป็นลมทิศตะวันออกและทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เดือนมีนาคมและเมษายนเป็นลมทิศตะวันออก เดือนพฤษภาคมเป็นลมทิศใต้ ทิศตะวันตกและทิศตะวันตกเฉียงใต้ เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคมเป็นลมทิศตะวันตก เดือนพฤศจิกายนเป็นลมทิศเหนือและทิศตะวันออก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมโดยศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านวิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ การตลาด และผลกระทบในด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆ

1.2.2 เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

เอกสารเกี่ยวกับการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม ภายในจังหวัดสตูล

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

1.4.1 สามารถนำเอกสารนี้ไปประยุกต์ใช้กับโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้พลังงานลมของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต

1.4.2 สามารถวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านวิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ การตลาด และผลกระทบในด้านสิ่งแวดล้อมได้

1.4.3 สามารถวิเคราะห์ความเหมาะสมของกังหันลมที่วางขายตามท้องตลาดให้เหมาะกับศักยภาพลมภายในจังหวัดสตูลได้

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 ศึกษาศักยภาพความพร้อมในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม

1.5.2 ศึกษาความเป็นไปได้ด้านวิศวกรรม

1.5.3 ศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์

1.5.4 ศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด

1.5.5 ศึกษาความเป็นไปได้ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

1.6.1 หอสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6.2 การไฟฟ้าฝ่ายผลิต

1.6.3 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ระยะเวลาดำเนินการเป็นเวลา 8 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2554 - เดือนมกราคม 2555

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา							
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1.8.1 ศึกษาศักยภาพความพร้อมในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม	←→	←→						
1.8.2 ศึกษาความเป็นไปได้ในด้านวิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ การตลาดและสิ่งแวดล้อม			←→	←→				
1.8.3 วิเคราะห์ข้อมูลในด้านศักยภาพความพร้อมในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม ด้านวิศวกรรม ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านการตลาดและด้านสิ่งแวดล้อม					←→	←→	←→	
1.8.4 สรุปผลการทดลอง								←→
1.8.5 จัดทำรูปเล่มรายงาน								←→

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

ในปัจจุบัน การที่คิดจะลงทุนทำโครงการใดนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาหาข้อมูลให้ถูกต้องและแน่นอนก่อนที่จะดำเนินโครงการนั้น เพื่อที่จะได้ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์มากที่สุดและคุ้มค่ากับการลงทุน ดังนั้น การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการนับว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เพื่อที่จะนำมาใช้ประกอบกับการวางแผนโครงการ อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่จะช่วยให้การตัดสินใจของผู้ลงทุนง่ายขึ้น นอกจากนี้ ผู้ลงทุนยังสามารถมองเห็นได้ว่าโครงการที่คิดจะทำนั้นมีแนวโน้มเป็นอย่างไรในอนาคตและให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าหรือไม่กับการลงทุน การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ ก็จะต้องมีปัจจัยหลายๆ อย่างมาพิจารณาไม่ว่าจะเป็นในเรื่องเงินลงทุนที่เมื่อจะมีการลงทุนแล้ว ต้องทำการลงทุนในปริมาณเท่าใด และโครงการนั้นจะต้องเป็นโครงการแบบใด ซึ่งนับว่าเป็นการพิจารณาที่ต้องอาศัยความรอบคอบ ปัจจัยในเรื่องของพื้นที่ ขอบเขตหรือระยะเวลาของโครงการ รวมถึงเมื่อได้โครงการที่ต้องการแล้ว จะต้องคิดว่าโครงการนั้นจะส่งผลกระทบในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านสิ่งแวดล้อมต่อคน สัตว์ หรือแม้กระทั่งโลกของเรา ซึ่งนับว่าจะเพิ่มทวีขึ้นเรื่อยๆ การศึกษาความเป็นไปได้ของทรัพยากรของโครงการที่สามารถใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด เกิดส่วนที่เสียน้อยที่สุดหรือในขณะที่เกิดของเสียก็ต้องหาแนวทางที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ หาแนวทางแก้ไข โครงการที่คิดจะลงทุนนั้นนับว่าเป็นโครงการที่ต้องลงทุนมหาศาล ฉะนั้นการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการนับว่าเป็นเรื่องที่ดีและมีความสำคัญมากเพราะจะทำให้สามารถตัดสินใจเลือกโครงการนั้นได้ง่ายและมีความรู้ที่เพียงพอ แล้วยังสามารถเป็นรายงานที่ช่วยให้ผู้ตัดสินใจทราบถึงลักษณะที่สำคัญของโครงการ ค่าใช้จ่าย ผลตอบแทนและผลประโยชน์ตอบแทน หากตัดสินใจลงทุนหรือดำเนินงานตามโครงการและช่วยจัดหาสิ่งที่ต้องการทั่วๆ ไปโดยระบุรายละเอียดในรูปของวัสดุที่ใช้ ราคาของวัสดุ ปริมาณของวัสดุ ตลอดจนเกณฑ์สำคัญในการประมาณผลสำเร็จของโครงการ

2.2 พลังงานลม

พลังงานลม คือ พลังงานจลน์ชนิดหนึ่งเกิดจากการที่อากาศเคลื่อนที่ ที่เรียกว่า กระแสลม เมื่อนำกระแสลมมาพัดผ่านใบกังหันจะเกิดการถ่ายทอดพลังงานจลน์ไปสู่ใบกังหัน ทำให้กังหันหมุนรอบแกน ซึ่งสามารถนำพลังงานจากการหมุนของกังหันนี้ถ่ายทอดต่อไปใช้งานได้ เช่น การหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การเกิดกระแสลมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยในเวลากลางวันดวงอาทิตย์ส่งพลังงานความร้อนมายังพื้นดิน เมื่อพื้นดินมีการคายตัวเกิดการกดอากาศขึ้นและความกดอากาศ ความแตกต่างของอากาศทำให้ลมเคลื่อนที่ (นายสมชาย ภูพงษ์ไพบูลย์, 2544) การเกิดลมและการเคลื่อนที่

ของลมเป็นผลมาจากความแตกต่างของความกดอากาศซึ่งสามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีทางฟิสิกส์ นอกจากนี้ยังเกี่ยวกับความทรงตัวของสภาพอากาศความแตกต่างของอุณหภูมิสิ่งกีดขวางและสภาพความขรุขระของพื้นผิวฯลฯ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.2.1 ความสัมพันธ์ของลมกับความกดอากาศ

2.2.1.1 กลศาสตร์ของการเคลื่อนที่ของลม

ความแตกต่างของความดัน ทำให้เกิดแรงที่ผลักให้อากาศเคลื่อนที่จากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำลมสามารถเคลื่อนที่ทั้งแนวดิ่งและแนวนอนแต่มักจะเคลื่อนที่ในแนวนอนมากกว่า หากให้ P คือ ความดันในแนวนอนที่อัดอากาศอยู่ด้านหนึ่ง (หน่วย N/m^2) และ P + ΔP คือ ความดันที่อัดอากาศอยู่ด้านหนึ่ง แรงที่ผลักดันให้อากาศเคลื่อนไหว คือ ΔP โดยสามารถเขียนสมการกลศาสตร์ของการเคลื่อนที่ของลมในแนวนอนได้ดังนี้คือ

$$F_x = -\left(\frac{1}{\rho}\right)\left(\frac{\Delta P_x}{\Delta x}\right) \tag{2.1}$$

โดยที่ F_x คือ แรงต่อหน่วยที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ (Pressure Gradient Force), N/kg

Δx คือ ระยะทางเคลื่อนที่ในแนวนอน, m

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ kg/m^3

สำหรับสมการกลศาสตร์ของการเคลื่อนที่ของลมในแนวดิ่งเขียนได้ดังนี้คือ

$$\Delta P_z = -\rho g \Delta z \tag{2.2}$$

โดยที่ P_z คือ ความดันที่เกิดจากมวลอากาศ

Δz คือ ระยะทางเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

g คือ ค่าคงที่แรงโน้มถ่วงของโลก

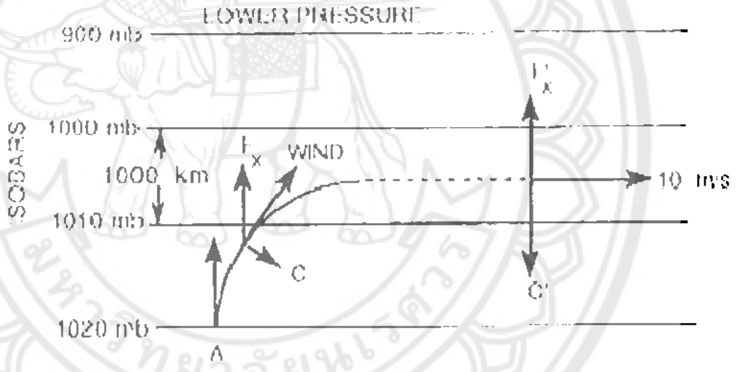
การเคลื่อนที่ของลมในแนวดิ่งจะถูกต้านและทำให้เกิดสมดุลโดยแรงโน้มถ่วง ยกเว้นลมที่พื้นผิวจะมีความสัมพันธ์กับระดับความสูงของภูมิประเทศ (Topography) ซึ่งลมจะไม่มีสภาพสมดุลและเคลื่อนที่ในแนวดิ่งตามอิทธิพลความคงตัวของความร้อน (Thermal Stability)

2.2.1.2 GEOSTROPHIC WIND

ลมจะถูกต้านทานจากแรงอื่นๆเพื่อให้เกิดสภาวะสมดุลซึ่งแรงอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมุนของโลก คือ แรงคอริออริส (Coriolis) แรงดังกล่าวจะเกิดขึ้นที่ซีกโลกทางเหนือและซีกโลกทางใต้ แต่ที่เส้นศูนย์สูตรแรงคอริออริสจะเป็นศูนย์ลมจะเกิดจากความแตกต่างของ

แรงกดอากาศโดยมีแรงต้านจากแรงฝืด (Friction) เท่านั้น ลมจะเกิดจากความกดอากาศสูงไหลมายังความกดอากาศต่ำและการไหลของลมจำทำให้ความดันอากาศลดลงจนกลายเป็นศูนย์ ดังนั้น ศูนย์กลางความกดอากาศทั้งสูงและต่ำจะไม่เกิดใกล้เส้นศูนย์สูตร

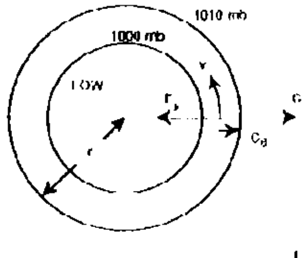
ในบริเวณที่เส้นศูนย์สูตรเกิดความแตกต่างของความกดอากาศ ลมจะไหลเป็นเส้นโค้ง (รูปที่ 2.1) ซึ่งอธิบายได้ คือ อากาศที่ถูกผลักโดยแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความดันจะพยายามเคลื่อนที่ตั้งฉากกับเส้นความกดอากาศเท่า (Isobar) ซึ่งถือเป็นเส้นระดับแนวนอนที่มีความกดอากาศคงที่ เมื่ออากาศเคลื่อนที่แรงคอริออริส (Coriolis) จะพยายามตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของลม ทำให้ลมเบี่ยงเบนไปทางขวาของเส้นทางเดิม เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางจะมีเฉพาะแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศเท่านั้นที่กระทำเสริมในทิศทางเดิม ทำให้ลมมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้นขณะที่ทิศทางที่เปลี่ยนไปแรงลมก็จะมีความเร็วในการเคลื่อนที่เท่าปรากฏการณ์ดังกล่าว สามารถอธิบายตามกฎของ Buys - Bollot กล่าวคือ ถ้ายืนที่ซีกโลกเหนือโดยหันหลังให้กับลมความกดอากาศสูงจะอยู่ทางขวามือและความกดอากาศต่ำจะอยู่ทางซ้ายมือ แต่ถ้ายืนอยู่ที่ซีกโลกใต้ทิศทางจะสลับกัน ลมที่ทำให้เกิดจุดสมดุล เรียกว่า ลม Geostrophic Wind



รูปที่ 2.1 การเกิด GEOSTROPHIC WIND

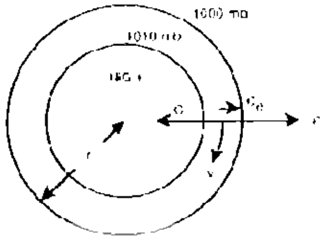
2.2.1.3 GRADIENT WIND

ในกรณีที่ลมจะไหลไปตามเส้นโค้งที่แสดงในรูปที่ 2.2 ด้วยความเร็ว V เมตรต่อวินาที และกำหนดให้เส้นโค้งดังกล่าวมีรัศมีความโค้ง เท่ากับ r จะเกิดแรงหนีศูนย์กลาง C_e เท่ากับ V^2/r



รูปที่ 2.2 การเกิด Cyclonic Motion ที่ซีกโลกเหนือ

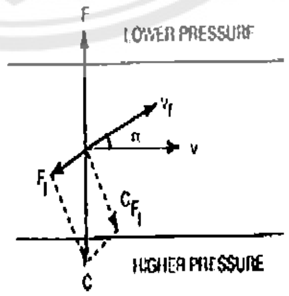
ในกรณีที่แรงเกิดขึ้นจากความแตกต่างของแรงกดอากาศไหลเข้าหาความกดอากาศต่ำ ซึ่งอยู่ภายใน ตามรูปที่ 2.3 โดยหลักของความสมดุลแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความดัน (Fx) จะเท่ากับ แรงคอริออลิส (Coriolis) รวมกับแรงหนีศูนย์กลาง



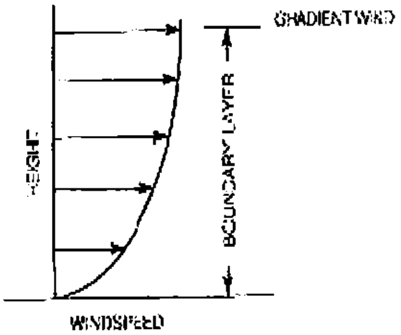
รูปที่ 2.3 การเกิด Cyclonic Motion ที่ซีกโลกทางใต้

2.2.2 ลมผิวพื้น (SURFACE WIND)

ลมผิวพื้น (Surface Wind) คือ ลมที่พัดในบริเวณผิวพื้นโลกภายใต้ความสูงประมาณ 1 กิโลเมตรเหนือพื้นดิน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการคลุกเคล้าของอากาศและมีแรงฝืดอันเกิดจากการปะทะกับสิ่งกีดขวางร่วมกระทำด้วยในระดับต่ำแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศในแนวนอนจะไม่สมดุลกับแรงคอริออลิส (Coriolis) ลมผิวพื้นจะไม่พัดขนานกับเส้นความกดอากาศเท่า(Isobar) แต่พัดข้ามเส้นความกดอากาศเท่า (Isobar) จากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำและทำมุมกับเส้นความกดอากาศเท่า (Isobar) (รูปที่ 2.4) การทำมุมนั้นขึ้นอยู่กับความขรุขระของผิวพื้นถ้าเป็นทะเลที่ราบเรียบจะทำมุม 10 องศา ถึง 20 องศา แต่ที่พื้นดิน (ระดับความสูง 10 เมตร) จะทำมุม 20 - 40 องศา ส่วนบริเวณที่เป็นป่าไม้หนาทึบอาจทำมุมถึง 90 องศา แต่ที่ระดับความสูงมากกว่า 10 เมตรขึ้นไป แรงต้านจะลดลงและความเร็วลมจะเพิ่มขึ้น (รูปที่ 2.5) และมุมที่ทำกับเส้นความกดอากาศเท่า (Isobar) จะเล็กลงส่วนที่ระดับความสูงใกล้ 1 กิโลเมตร เกือบไม่มีแรงฝืด ดังนั้น ลมจึงพัดขนานกับเส้นความกดอากาศเท่า



รูปที่ 2.4 ผลของแรงต้านและแรง Coriolis

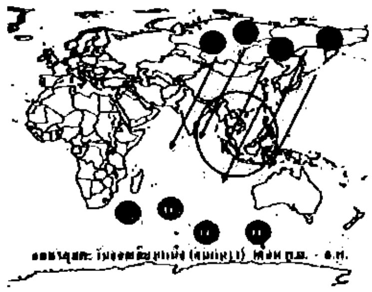


รูปที่ 2.5 ลักษณะของความเร็ว Atmosphere Boundary Layer

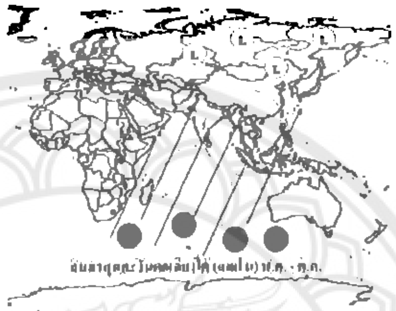
2.2.3 ลมสำคัญที่เกิดขึ้นในประเทศไทย

2.2.3.1 ลมมรสุม

เนื่องจากแกนโลกเอียงทำมุม 23 ½ องศา และโลกมีการหมุนรอบตัวเองในระหว่างการโคจรรอบดวงอาทิตย์ อีกทั้งมีการหันเข้าหาดวงอาทิตย์ ทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ สำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรเป็นเขตร้อน อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม หรือลมประจำฤดู ซึ่งเป็นลมที่พัดเปลี่ยนทิศทางไปตามฤดูกาลเป็นช่วงระยะเวลาประมาณทุกครึ่งปีและมีทิศทางการพัดที่แน่นอน ลมมรสุมในประเทศไทย ได้แก่ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นลมที่พัดผ่านประเทศไทยในฤดูหนาว ประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ เกิดขึ้นเนื่องจากสภาพพื้นผิวโลกที่ประกอบไปด้วยพื้นดินและพื้นน้ำ ในช่วงเดือนดังกล่าวเป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์ส่องแสงตรงกับพื้นมหาสมุทร ทำให้อากาศเหนือพื้นน้ำมีอุณหภูมิสูง อากาศจึงลอยตัวสูงขึ้น ขณะที่อากาศเย็นกว่าบริเวณทวีปเคลื่อนที่ออกไปแทนที่อากาศร้อนในมหาสมุทรที่ลอยตัวขึ้น ขณะที่อากาศเย็นกว่าบริเวณทวีปเคลื่อนที่ออกไปแทนที่อากาศร้อนในมหาสมุทรที่ลอยตัวสูงขึ้น จึงทำให้กระแสลมพัดผ่านจากภาคพื้นทวีปสู่มหาสมุทร เกิดเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ หรือลมหนาวที่พัดผ่านความหนาวเย็นผ่านพื้นทวีปสู่มหาสมุทร ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เป็นลมมรสุมฤดูร้อนเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม รวมระยะเวลา 5 เดือน ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่พื้นดินได้รับแสงจากดวงอาทิตย์เต็มที่ ทำให้พื้นดินได้รับความร้อนมากกว่าพื้นน้ำ อากาศบนพื้นดินจึงลอยตัวสูงขึ้น อากาศเย็นจากท้องมหาสมุทรจะเคลื่อนตัวนำพาความชุ่มชื้นและไอน้ำเข้ามาสู่ภาคพื้นดิน เกิดเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นช่วงฤดูฝนในประเทศไทย



รูปที่ 2.6 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 2.7 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

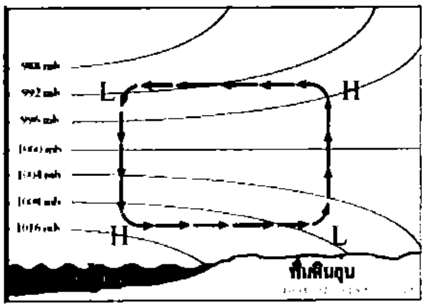
2.2.3.2 ลมประจำถิ่น

ลมประจำถิ่นเป็นลมที่เกิดขึ้นภายในท้องถิ่นเนื่องจากอิทธิพลของภูมิประเทศและความเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศลมประจำถิ่นแบ่งแยกออกเป็นประเภทใหญ่ๆดังนี้

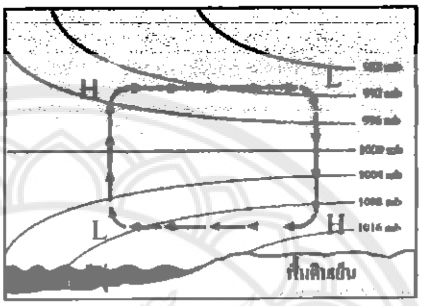
ก. ลมบกและลมทะเล คือ ลมประจำถิ่นซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศระหว่างทะเลกับแผ่นดินคือ

ก.1 ลมบก (Land Breeze) เกิดขึ้นในเวลากลางคืนเมื่อพื้นดินคายความร้อนโดยการแผ่รังสี การคายความร้อนออกจะเร็วกว่าพื้นน้ำทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นน้ำอากาศเหนือพื้นน้ำซึ่งร้อนกว่าพื้นดินจะลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบนอากาศเหนือพื้นดินซึ่งเย็นกว่าจะไหลเข้าไปแทนที่เกิดเป็นลมพัดจากฝั่งไปสู่ทะเล เรียกว่า ลมบก (รูปที่ 2.8) ซึ่งลมบกจะมีความแรงของลมอ่อนกว่าลมทะเลจึงไม่สามารถพัดเข้าสู่ทะเลได้ระยะทางไกลเหมือนลมทะเลโดยลมบกสามารถพัดเข้าสู่ทะเลมีระยะทางเพียง 8 – 10 กม. ลมชนิดนี้จะพัดตั้งแต่เวลา 22.00 น.จนกระทั่งถึงเวลา 10.00 น.ของวันรุ่งขึ้น

ก.2 ลมทะเล (Sea Breeze) เกิดขึ้นในฤดูร้อนตามชายฝั่งทะเลในเวลากลางวันเมื่อพื้นดินได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นน้ำและอากาศเหนือพื้นดินเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวลอยขึ้นสู่เบื้องบนอากาศเหนือพื้นน้ำซึ่งเย็นกว่าจะไหลเข้าไปแทนที่ เกิดลมจากทะเลพัดเข้าหาฝั่ง เรียกว่า ลมทะเล (รูปที่ 2.9) ซึ่งจะเริ่มพัดในเวลาประมาณ 10.00 น. และมีกำลังแรงสุดในตอนบ่ายจะสิ้นสุดลงเมื่อดวงอาทิตย์ตกประมาณเวลา 21.00 น.ลมทะเลสามารถพัดเข้าหาฝั่งมีระยะไกลถึง 16 - 48 กิโลเมตรและความแรงของลมจะลดลงเมื่อเข้าถึงฝั่งลมทะเลมีความสำคัญต่ออุณหภูมิของอากาศในบริเวณชายฝั่งทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลง



รูปที่ 2.8 ลมบก

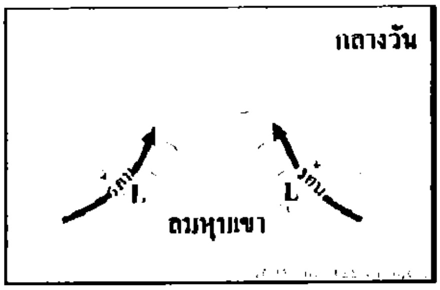


รูปที่ 2.9 ลมทะเล

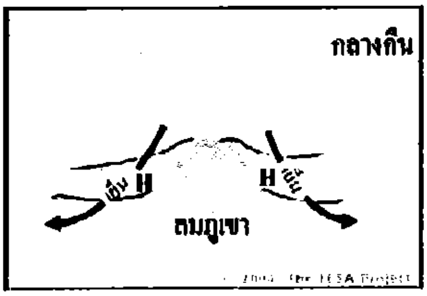
ข. ลมภูเขาและลมหุบเขา เป็นลมประจำถิ่นอีกชนิดหนึ่งเกิดขึ้นประจำวันเช่นเดียวกับลมบกและลมทะเลซึ่งเกิดขึ้นเองจากความแตกต่างของความกดอากาศคือ

ข.1 ลมหุบเขา (Valley - Mountain Breeze) เกิดขึ้นในเวลากลางวันคืออากาศตามภูเขาและลาดเขาร้อน เพราะได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เต็มที่ส่วนอากาศที่หุบเขาเบื้องล่างมีความเย็นกว่าจึงไหลเข้าแทนที่ทำให้มีลมเย็นจากหุบเขาเบื้องล่างพัดไปตามลาดเขาขึ้นสู่เบื้องบน เรียกว่า ลมหุบเขา

ข.2 ลมภูเขา (Mountain - Valley Breeze) เกิดขึ้นในเวลากลางคืนอากาศตามภูเขาและลาดเขาจะเย็นลงอย่างรวดเร็วด้วยการคายความร้อนออกอากาศตามลาดเขาที่เย็นและหนักกว่าอากาศบริเวณใกล้เคียงจึงไหลออกมาทำให้มีลมพัดมาตามลาดเขาสู่หุบเขาเบื้องล่าง เรียกว่า ลมภูเขา



รูปที่ 2.10 ลมหุบเขา



รูปที่ 2.11 ลมภูเขา

ค. ลมตะเภา เป็นลมท้องถิ่นในประเทศไทยโดยลมตะเภาเป็นลมที่พัดมาจากทิศใต้ไปยังทิศเหนือคือพัดจากอ่าวไทยเข้าสู่ภาคกลางตอนล่างพัดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนซึ่งเป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะเปลี่ยนเป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นลมที่นำความชื้นมาสู่ภาคกลางตอนล่าง

ง. ลมว่าว เป็นลมที่พัดจากทิศเหนือไปยังทิศใต้เกิดในระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนเป็นลมเย็นที่พัดมาตามลำน้ำเจ้าพระยาและพัดในช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะเปลี่ยนเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือหรืออาจจะ เรียกว่า ลมข้าวเบา

2.3 วิวัฒนาการการประยุกต์ใช้งานพลังงานลม

มีการค้นพบบันทึกเกี่ยวกับโรงสีข้าวพลังงานลม (Wind Mills) โดยใช้ระบบเครื่องโม่ในแกนตั้งซึ่งเป็นเครื่องโม่แบบง่ายๆ นิยมใช้กันในพื้นที่ภูเขาสูงของ Afghan เพื่อการสีเมล็ดข้าวเปลือกในช่วงศตวรรษที่ 7 ก่อนคริสตกาล ส่วนโรงสีข้าวพลังงานลมแบบแกนหมุนแนวนอนพบครั้งแรกแถบเปอร์เซีย ทิเบตและจีนประมาณคริสต์ศักราชที่ 1000 โรงสีข้าวพลังงานลมชนิดแกนหมุนในแนวนอนได้แพร่หลายไปจนถึงประเทศแถบเมดิเตอร์เรเนียนและประเทศยุโรปตอนกลาง โรงสีข้าวแบบแกนหมุนแนวนอน พบครั้งแรก ในประเทศอังกฤษ ประมาณปี ค.ศ. 1150 พบในฝรั่งเศสปี ค.ศ. 1180 พบในเบลเยียม ปี ค.ศ. 1190 พบในเยอรมัน ปีค.ศ. 1222 และ พบในเดนมาร์กปี ค.ศ. 1259 การพัฒนาและแพร่หลายอย่างรวดเร็วของโรงสีข้าวแบบแกนหมุนแนวนอนมาจากอิทธิพลของนักรบครูเซด ซึ่งเป็นผู้นำความรู้เกี่ยวกับโรงสีข้าวพลังงานลมจากเปอร์เซียมาสู่หลายพื้นที่ของยุโรป

ในยุโรปโรงสีข้าวพลังงานลมได้รับการพัฒนาสมรรถนะอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะระหว่างช่วงศตวรรษที่ 12 และศตวรรษที่ 19 ในปี ค.ศ. 1800 ในประเทศฝรั่งเศส มีโรงสีข้าวพลังงานลมแบบยุโรปใช้งานอยู่ประมาณ 20,000 เครื่อง ในประเทศเนเธอแลนด์ พลังงานที่ใช้ในอุตสาหกรรมในช่วงเวลานั้นมาจากพลังงานลมถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 โรงสีข้าวพลังงานลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแกนหมุน (Rotor) 25 เมตร ตัวอาคารมีความสูงถึง 30 เมตร ซึ่งในช่วงเวลานั้นการใช้พลังงานลมไม่ได้มีเพียงแค่การสีข้าว แต่ยังมีการประยุกต์ใช้สำหรับการสูบน้ำอีกด้วย ต่อมาในยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมโรงสีข้าวพลังงานลมเริ่มมีการใช้งานลดลง อย่างไรก็ตามในปี ค.ศ. 1904 การใช้

พลังงานจากลมยังมีอัตราส่วนถึง 11 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานในภาคอุตสาหกรรมของประเทศเนเธอแลนด์ และในประเทศเยอรมันยังมีโรงสีข้าวชนิดนี้ติดตั้งอยู่กว่า 18,000 เครื่อง

ในช่วงเวลาเดียวกับที่โรงสีข้าวพลังงานลมในยุโรปเริ่มเสื่อมความนิยม เทคโนโลยีนี้กลับได้รับการเผยแพร่ในทวีปอเมริกาเหนือโดยผู้ที่ไปตั้งถิ่นฐานใหม่มีการใช้กังหันลมสูบน้ำขนาดเล็กสำหรับงานปศุสัตว์ซึ่งได้รับความนิยมมาก กังหันลมชนิดนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อ American Wind Mill ซึ่งใช้ระบบการทำงานแบบ Fully Self - Regulated โดยสามารถปรับความเร็วของแกนหมุนได้เมื่อความเร็วลมสูงในขณะที่โรงสีข้าวพลังงานลมของยุโรปสามารถเบี่ยงตัวใบพัดออกจากทิศทางลมได้หรือสามารถม้วนใบพัดเก็บได้หากความเร็วลมสูงจนเกินไป เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับตัวโรงสีข้าว ความนิยมของกังหันลมแบบอเมริกันเพิ่มขึ้นสูงมากระหว่างปี ค.ศ. 1920 - 1930 มีกังหันลมประมาณ 600,000 ตัวถูกติดตั้งเพื่อใช้งานกังหันลมแบบอเมริกันหลายแบบยังคงถูกใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์ทางการเกษตรด้านต่างๆ ทั่วโลก

สำหรับประเทศไทยผู้เชี่ยวชาญทางด้านพลังงานลมได้ประเมินการใช้งานกังหันลมแบบใบพัดที่ทำด้วยไม้ซึ่งใช้ในนาข้าวมีจำนวนอยู่ประมาณ 2,000 ตัว และกังหันลมแบบเสื่อลำแพนหรือแบบผ้าใบซึ่งใช้ในนาเกลือหรือนากุ้งมีจำนวนอยู่ประมาณ 3,000 ตัว ต่อมาได้พบว่าจำนวนกังหันลมดังกล่าวลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงการพัฒนาพื้นที่เกษตรกรรมให้เป็นพื้นที่อุตสาหกรรม ในปี พ.ศ 2531 มีการสำรวจจำนวนกังหันลมเฉพาะในบริเวณ 20 ตารางกิโลเมตร ของจังหวัดสมุทรสาครและสมุทรสงครามพบว่ามีกังหันลมเหลืออยู่เพียง 667 ตัว กังหันลมดังกล่าวถือได้ว่าเป็นชนิดดั้งเดิมจากภูมิปัญญาชาวบ้านแต่สามารถใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้าเพื่อการสูบน้ำได้เป็นอย่างดี (ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2544)

รูปที่ 2.12 โรงสีข้าวพลังงานลมแบบยุโรป
สถานที่ : Potsdam, Germany

2.4 กังหันลม

กังหันลม (Wind Turbine) คือ เครื่องจักรกลอย่างหนึ่งที่สามารถรับพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกลจากนั้นนำพลังงานกลมาใช้ประโยชน์โดยตรงเช่นการบดสีเมล็ดพืช การสูบน้ำ

ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมเพื่อใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง หลายประเทศทั่วโลกได้ให้ความสนใจ โดยเฉพาะในทวีปยุโรป เช่น ประเทศเดนมาร์ก กังหันลมที่ได้มีการพัฒนากันขึ้นมานั้นจะมีลักษณะและรูปร่างแตกต่างกันออกไป แต่ถ้าจำแนกตามลักษณะแนวแกนหมุนของกังหันจะได้ 2 แบบ คือ

2.4.1 ชนิดของกังหันลม

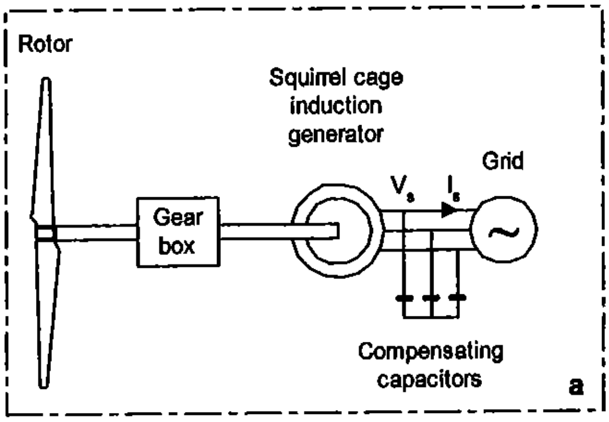
2.4.1.1 กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine)

เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับทิศทางของลมโดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลมมีอุปกรณ์ควบคุมกังหันให้หันไปตามทิศทางของกระแสลมเรียกว่าหางเสือ ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายส่วนมากออกแบบให้เป็นชนิดที่ขับใบกังหันด้วยแรงยก เช่น กังหันลมพรอเพลเลอร์ (Propeller) กังหันลมหลายใบ (Multi - Bladed) กังหันลมวงล้อจักรยาน (Bicycle Wheel) และกังหันลมที่ใช้ตามนาเกลือในประเทศไทย คือ แบบใบพัดเป็นรูปใบลำแพน (Sailrotor) กังหันลมแบบใบกังหันไม้ที่ใช้กันมากในจังหวัดฉะเชิงเทรา จัดอยู่ในชนิดพรอเพลเลอร์ ลักษณะการทำงานของกังหันลมแบบนี้ที่นิยมใช้กันสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ

ก. กังหันลมแบบความเร็วคงที่ (Fixed Speed Turbine) กังหันลมชนิดนี้ประกอบไปด้วยใบพัดกล่องเกียร์ซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ (Squirrel Cage Induction Generator) ชุดสเตเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อเชื่อมเข้ากับระบบสายส่งไฟฟ้าดังแสดงในภาพที่ 2.13 ในความเป็นจริงแล้วกังหันลมแบบนี้มีค่าสลิปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Slip) ไม่คงที่ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของกำลังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงนี้มีค่าน้อยมากเพียง 1 - 2 เปอร์เซ็นต์ จึงเรียกกังหันลมแบบนี้ว่า เป็นแบบความเร็วคงที่

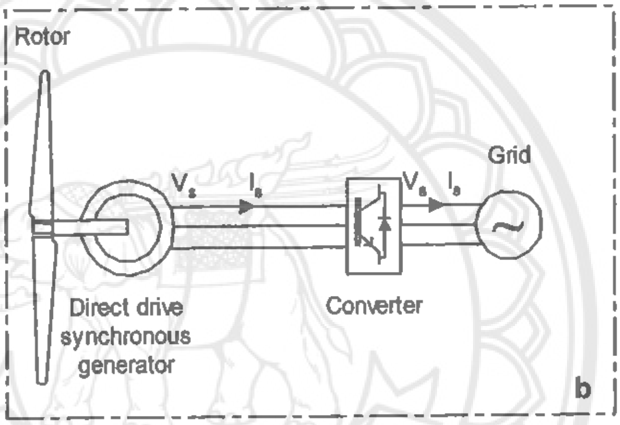
ข. กังหันลมแบบความเร็วไม่คงที่ (Variable Speed Turbine) กังหันลมชนิดนี้ประกอบไปด้วย ใบพัดกล่องเกียร์เชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำแบบดับเบิลเฟด (Doubly Fed Induction Generator) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชุดสเตเตอร์ต่อเชื่อมเข้ากับระบบสายส่งไฟฟ้ากังหันลมชนิดนี้ ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ดังนั้น จึงสามารถปรับความเร็วรอบและความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตออกมาได้องค์ประกอบของกังหันลมแบบความเร็วไม่คงที่ดังแสดงในภาพที่ 2.14

ค. กังหันลมแบบความเร็วไม่คงที่ชนิดต่อตรง (Variable Speed With Direct Drive) กังหันลมชนิดนี้ประกอบไปด้วยใบพัดเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัสโดยตรงและมีเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสำหรับการควบคุมความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าองค์ประกอบของกังหันลมแบบความเร็วไม่คงที่ชนิดต่อตรงดังแสดงในภาพที่ 2.15



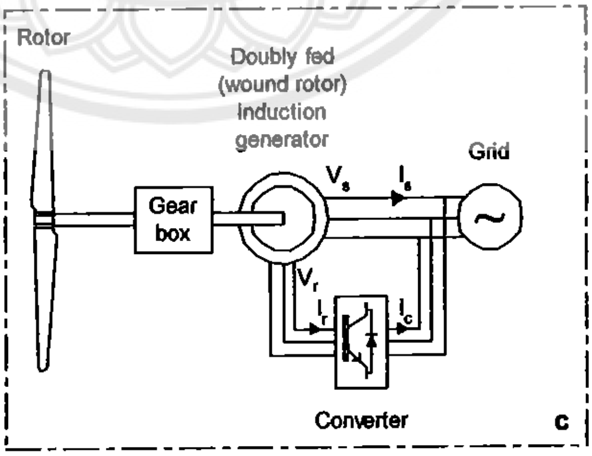
รูปที่ 2.13 แสดงองค์ประกอบกังหันลมแบบความเร็วคงที่

ที่มา : นิพนธ์ เกตุจ้อย และอชิตพล ศศิธรานุวัฒน์. 2547 : 68 – 69



รูปที่ 2.14 แสดงองค์ประกอบกังหันลมแบบความเร็วไม่คงที่

ที่มา : นิพนธ์ เกตุจ้อย และอชิตพล ศศิธรานุวัฒน์. 2547 : 68 – 69

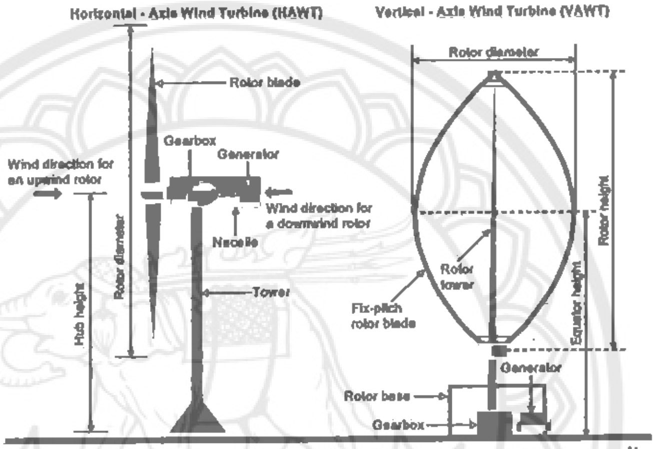


รูปที่ 2.15 แสดงองค์ประกอบกังหันลมแบบความเร็วไม่คงที่ชนิดต่อตรง

ที่มา : นิพนธ์ เกตุจ้อย และอชิตพล ศศิธรานุวัฒน์. 2547 : 68 – 69

2.4.1.2 กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine)

เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ ซึ่งทำให้สามารถรับลมในแนวราบได้ทุกทิศทางและติดตั้งอยู่ในระดับต่ำได้ กังหันลมแบบนี้ที่รู้จักกันดีคือ กังหันลมแบบแดร์เรียส (Darrieus) ซึ่งออกแบบโดยวิศวกรชาวฝรั่งเศสในปี ค.ศ. 1920 ข้อดีของกังหันลมแกนตั้ง คือ สามารถรับลมได้ทุกทิศทาง มีชุดปรับความเร็ว (Gear Box) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถติดตั้งอยู่ที่ระดับพื้นล่างได้ นอกจากนี้ตัวเสาของกังหันลมยังไม่สูงมากนัก แต่มีข้อเสีย คือ ประสิทธิภาพต่ำเมื่อเทียบกับกังหันลมที่มีแกนเพลาแบบแกนนอน ดังนั้น ในปัจจุบันจึงมีการใช้งานอยู่น้อย



รูปที่ 2.16 กังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบแกนนอนและแบบแกนตั้ง

ที่มา : EIA. 2004e. On – line

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของกังหันลมแบบแกนนอนและแกนตั้ง

ลักษณะการวางแกนหมุน	ข้อดี	ข้อเสีย
กังหันลมแบบแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine – HAWT)	- พื้นที่รับลมมากกว่าเมื่อน้ำหนักเท่ากัน - มีประสิทธิภาพสูง - มีแรงบิดรอบแกนสูง - มีความเร็วรอบสูงกว่าเมื่อมีความเร็วลมเท่ากัน - ความเร็วรอบคงที่กว่า	- ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมให้กังหันลมหันหน้าเข้าหาลมเพื่อจะได้รับพลังงานลมมากที่สุด - มีปัญหาในการประกอบใบพัดกับฐาน
กังหันลมแบบแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine – VAWT)	- รับลมได้ทุกทิศทาง - ไม่ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมให้กังหันลมหันหน้าเข้าหาลมเพื่อที่จะรับพลังงานลมมากที่สุด - น้ำหนักที่ฐานรับมีความสมดุลเริ่มต้นหมุนเองได้เมื่อความเร็วลมต่ำ - ระบบการผลิต ส่งกำลัง ทำได้ง่ายและราคาถูก	- มีแรงต้านการหมุนจากใบพัดที่ไม่ได้รับลม - ไม่สามารถรับลมได้ทุกใบพัด

2.4.2 ส่วนประกอบของระบบกังหัน

กังหันลมผลิตไฟฟ้าโดยทั่วไปมีส่วนประกอบหลักดังแสดงในรูปที่ 2.15 โดยอุปกรณ์ในแต่ละส่วนมีหน้าที่การทำงานที่แตกต่างกันออกไปดังต่อไปนี้

2.4.2.1 ใบพัด (Blades) ทำหน้าที่ เป็นตัวลมพลังงานลมและเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกลใบพัดจะยึดติดกับดุมที่เป็นชุดแกนหมุนและส่งแรงไปยังเพลาแกนหมุนความเร็วต่ำซึ่งต่อแกนร่วมกัน

2.4.2.2 โรเตอร์ (Rotor) เป็นส่วนที่สามารถหมุนได้ ซึ่งประกอบด้วย ใบพัดและดุมยึดใบพัด (Hub) โดยดุมยึดใบพัด ทำหน้าที่ จับยึดใบพัดเข้ากับชุดแกนหมุนที่ต่อร่วมแกนกับเพลาแกนหมุนความเร็วต่ำ

2.4.2.3 ตัวปรับใบพัด (Pitch) ทำหน้าที่ เป็นตัวปรับองศาของใบพัดให้เหมาะกับลมเพื่อประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

2.4.2.4 เบรก (Brake) ทำหน้าที่ ควบคุมการหยุดหมุนของใบพัดและเพลาแกนหมุนของกังหันลม เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉินและในระหว่างการซ่อมบำรุงรักษา

2.4.2.5 เพลาแกนหมุนความเร็วต่ำ (Low – Speed Shaft) ทำหน้าที่ รับแรงจากการหมุนของใบพัด และส่งผ่านกำลังไปยังเพลาแกนหมุนความเร็วสูงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.4.2.6 ชุดเกียร์ (Gear Box) ทำหน้าที่ ควบคุมและปรับเปลี่ยนอัตราส่วนการทดสอบระหว่างเพลาแกนหมุนความเร็วต่ำและเพลาแกนหมุนความเร็วสูงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้เหมาะสมและมีความสัมพันธ์กัน

2.4.2.7 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ทำหน้าที่ เปลี่ยนพลังงานกลจากเพลาแกนหมุนความเร็วสูงไปเป็นพลังงานไฟฟ้า

2.4.2.8 อุปกรณ์ควบคุม (Controller) ทำหน้าที่ ควบคุมให้ตัวกังหันลมหันหน้าเข้าหาทิศทางลมตลอดเวลา และควบคุมเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายเนื่องจากความเร็วลมที่สูงเกินกว่าที่กังหันลมสามารถทำงานได้

2.4.2.9 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ทำหน้าที่ วัดความเร็วลมและส่งข้อมูลไปที่เครื่องควบคุม เพื่อการควบคุมกังหันลมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.2.10 เครื่องวัดทิศทางลม (Wind Vane) ทำหน้าที่ ตรวจสอบทิศทางลมและส่งข้อมูลไปที่เครื่องควบคุม เพื่อควบคุมทิศทางการรับลมของกังหันลม

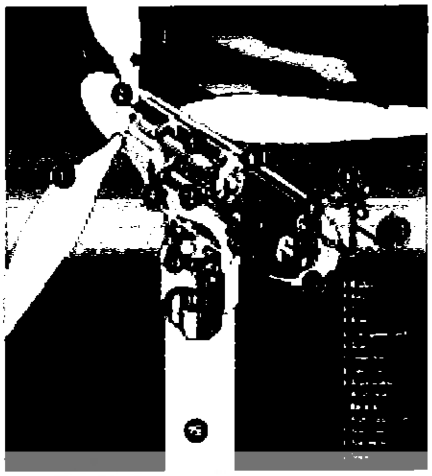
2.4.2.11 ห้องเครื่อง (Nacelle) เป็นส่วนที่ใช้บรรจุอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบไปด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เกียร์บล็อก, เพลาแกนหมุนความเร็วต่ำ, เพลาแกนหมุนความเร็วสูง, เบรก, อุปกรณ์ควบคุม, แกนคอหมุนรับทิศทางลม, มอเตอร์ขับแกนคอหมุน นอกจากนี้ภายในของห้องเครื่องยังเป็นที่ติดตั้งเครื่องวัดความเร็วและทิศทางลม

2.4.2.12 เพลาแกนหมุนความเร็วสูง (High – Speed Shaft) ทำหน้าที่ เป็นเพลาแกนหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยจะได้รับการส่งผ่านกำลังมาจากเพลาแกนหมุนความเร็วต่ำ

2.4.2.13 แกนคอหมุนรับทิศทางลม (Yaw Drive) ทำหน้าที่เป็นตัวหมุนกังหันลมเพื่อให้กังหันลมสามารถรับลมได้ดีที่สุด เมื่อลมเปลี่ยนทิศทาง

2.4.2.14 มอเตอร์ขับแกนคอหมุน (Yaw Motor) ทำหน้าที่ ปรับแกนคอหมุนรับทิศทางลม

2.4.2.15 เสา (Tower) ทำหน้าที่ ยึดตัวกังหันลมให้อยู่ในระดับสูงเพื่อรับกระแสลมได้มากขึ้นทุกทิศทาง โดยอาจเป็นท่อตรงที่มีสายยึดหรืออาจเป็นโครงสร้างเหล็ก (หรือไม้) ที่สามารถรับน้ำหนักและการสะเทือนเนื่องจากตัวกังหันลมได้ รวมทั้งต้องสามารถใช้ในการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ภายในห้องเครื่องได้ด้วย



รูปที่ 2.17 ส่วนประกอบของกังหันลมผลิตไฟฟ้า

2.4.3 สถานภาพการวิจัยกังหันลมผลิตไฟฟ้า

2.4.3.1 สหรัฐอเมริกา

ก. การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม

ข. การศึกษาความเหมาะสมทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

ค. การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่วางขายในท้องตลาด

ง. การทดสอบกังหันลมแบบแดร์เรียสขนาดกำลังผลิต 2 - 32 กิโลวัตต์

จ. การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ 100 kWMod0 ขนาด 200 kWMod0 A จำนวน 3 ชุดและขนาด 2,000 kW

ฉ. การติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในลักษณะ Wind Farm รวมกำลังผลิตมากกว่า 600,000 kW

2.4.3.2 แคนนาดา

ก. การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม

ข. การติดตั้งทดสอบกังหันลมแดร์เรียสขนาดกำลังผลิต 200 kW

ค. การศึกษาระบบกังหันลมพรอเพลเลอร์ขนาดกำลังผลิต 2,000 kW

2.4.3.3 สวีเดน

ก. การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงาน

ข. การทดสอบกังหันลมพรอเพลเลอร์ขนาดกำลังผลิต 65 kW

2.4.3.4 เดนมาร์ค

ก. การปรับปรุงทดสอบกังหันลมขนาดกำลังผลิต 200 kW

ข. การติดตั้งทดสอบกังหันลมพรอเพลเลอร์ขนาดกำลังผลิต 2,000 kW

2.4.3.5 ฮอลแลนด์

ก. การวิเคราะห์ศักย์ภาพพลังงานลม

ข. การศึกษาการใช้ประโยชน์กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่

ค. การทดสอบติดตั้งกังหันลมแดร์เรียสขนาดผ่าศูนย์กลาง 25 เมตร

2.4.3.6 เยอรมัน

ก. การวิเคราะห์ศักย์ภาพพลังงานลม

ข. การพัฒนากังหันลมผลิตไฟฟ้าพรอเพลเลอร์ขนาดผ่าศูนย์กลาง 52 เมตร

ค. การทดสอบกังหันลมแกนตั้งขนาดกำลังผลิต 20 kW

2.4.3.7 ฝรั่งเศส

ก. การวิเคราะห์ศักย์ภาพพลังงานลม

ข. การติดตั้งทดสอบกังหันลมพรอเพลเลอร์ขนาดกำลังผลิต 100 - 1,000 kW

ค. การติดตั้งทดสอบกังหันลมแบบแกนตั้ง

2.5 การบันทึกข้อมูล

การที่จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ได้ต้องอาศัยการบันทึกข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีสถานที่ตรวจอากาศหลายแห่งในตอนแรกตั้งสถานีใหม่นั้นก็อาจถูกต้องตามหลักการของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งต้องการพื้นที่โล่งไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ แต่ปัจจุบันบริเวณนั้นส่วนมากกลายเป็นชุมชนที่มีอาคารหรือต้นไม้สูงอยู่ล้อมรอบ ทำให้ข้อมูลที่วัดได้เกิดความคลาดเคลื่อนนอกจากนี้อุปกรณ์การวัดความเร็วลมควรมีการตรวจสอบเทียบมาตรฐานอย่างน้อยปีละ 1 ครั้งแต่ในทางปฏิบัติจริงๆ แล้วมักจะไม่มีการตรวจสอบหลังการติดตั้งเลยปัจจุบันกรมอุตุนิยมวิทยาได้รับความช่วยเหลือทางด้านการเก็บข้อมูลพลังงานหมุนเวียนเช่นพลังงานแสงอาทิตย์และลมจาก USIAD ทำให้ได้รับอุปกรณ์ที่ทันสมัยหลายชนิดพร้อมทั้งอุปกรณ์สอบเทียบมาตรฐานของเครื่องวัดด้วย

2.5.1 ข้อมูลลม

เกณฑ์ที่สำคัญสำหรับพิจารณาสภาพของลม ณ ตำแหน่งที่ต้องการมี 2 อย่าง ได้แก่ความเร็วลมและทิศทางของลม ถึงแม้ว่าทิศทางของกระแสลมจะมีความสำคัญน้อยกว่า เนื่องจากไม่มีความเปลี่ยนแปลงมากนัก ในช่วงเวลาสั้นๆความเร็วลม v_1 จะเปลี่ยนแปลงเป็นช่วงกว้าง ดังนั้นสภาพการณ์ของลมสามารถอธิบายได้จากวิธีทางสถิติ คือ

2.5.1.1 จุดประสงค์การเก็บข้อมูลลมก็เพื่อจะทราบ

ก. แบบแผนลม รายวัน รายเดือน รายปี

ข. ช่วงเวลาที่ลมอ่อนและลมแรง

ค. ความเร็วสูงสุดของพายุ

ง. พลังงานลมที่ผลิตได้ต่อเดือนและต่อปี

2.5.1.2 การหาความเร็วลมในรายชั่วโมงหาได้ด้วยวิธี

ก. ค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่บันทึกทุกชั่วโมง

ข. ค่าเฉลี่ยจากกราฟทุกชั่วโมง

ค. ค่าเฉลี่ยจากกราฟสิบนาทีสุดท้าย

ง. ค่าเฉลี่ยจากการวัดความเร็วช่วงๆ ในหนึ่งนาที

2.5.2 เครื่องมือในการวัดลม

2.5.2.1 มาตรวัดความเร็วลมแบบหมุน

ก. มาตรวัดลมแบบถ้วย (Cup Anemometer) มีลักษณะเป็นถ้วยกลมครึ่งซีก 3 - 4 ใบ ติดอยู่ที่ปลายก้านซึ่งต่อกับแกนกลาง เมื่อลมพัดจะทำให้ลูกถ้วยหมุนไปรอบๆแกนกลาง จำนวนรอบที่หมุนแสดงถึงความเร็วของลม

ข. มาตรวัดลมแบบปรอเพลเลอร์ (Propellor) มีลักษณะคล้ายกังหันลม

ค. มาตรวัดลมแบบวินด์มิลล์ (Wind Mill)

2.5.2.2 มาตรวัดลมแบบหลอดความกดอากาศ

โดยอาศัยแรงของลมพัดเข้าไปในหลอด เพื่อให้แรงของลมกดลงไปบนพื้นผิวโลหะที่มีแขนต่อไปยังหน้าปัดที่บอกสเกลความเร็ว การทำงานเหมือนกันแอนนิรอยด์ ซึ่งวัดความกดอากาศ มาตรวัดลมแบบนี้ได้พัฒนาไปจนสามารถบอกความเร็วของลมได้ตลอดเวลา มีกระดาษกราฟเป็นม้วนหมุนได้อย่างช้าๆ ซึ่งขับเคลื่อนด้วยระบบไขลานแบบนาฬิกา จึงเป็นมาตรวัดลมแบบอัตโนมัติ เรียกว่า อะนิโมกราฟ (Anemograph) ในการวัดความเร็วลมนั้น ต้องทราบทิศทางที่ลมพัดด้วย ซึ่งใช้อุปกรณ์ในการวัดทิศทางของลม เรียกว่า ศรลม (Wind Vane) ลักษณะจะเป็นลูกศรที่มีหางเป็นแผ่นใหญ่กว่าลูกศรมาก เมื่อลมพัดมาหางลูกศรจะถูกผลักแรงกว่าหัวลูกศร หัวลูกศรจึงชี้ไปทางที่ลมพัด

2.5.2.3 แอโรเวน (Aerovane)

เป็นเครื่องมือที่วัดได้ทั้งทิศทางลมและความเร็วลม ส่วนในการวัดทิศทางและความเร็วของลมนั้นในที่สูงๆต้องใช้เครื่องมือที่ เรียกว่า ไพลอทบอลลูน ซึ่งบางครั้งอาจใช้เครื่องเรดาห์ กล้องส่องทางไกลหรือกล้องโทรทัศน์ตรวจสอบจากบอลลูน

2.6 อุปกรณ์สำหรับแปลงพลังงานลมเป็นกระแสไฟฟ้า

2.6.1 การผลิตไฟฟ้าแรงต้นต่ำ (Low - Voltage Electricity)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ขนาดแรงดัน 12 และ 24 โวลต์ ใช้สำหรับช่วงแรงดันไฟฟ้าต่ำ อาจใช้มอเตอร์ที่ใช้ในยานพาหนะทั่วไปนำมาดัดแปลงใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าแรงดันต่ำนี้ได้ด้วย ถึงแม้ว่าปกติจะไม่สามารถดัดแปลงให้เข้ากับกังหันได้ดีและยังมีประสิทธิภาพต่ำ (0.5 - 0.7) สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Diserotor มีประสิทธิภาพมากกว่า 0.9 เนื่องจาก เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำเป็นต้องให้ความเร็วรอบสูง โดยทั่วไปจึงอาจเป็นไปไม่ได้ที่จะขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำๆ จะมีน้ำหนักมาก เพราะน้ำหนักเหล่านั้นต้องถูกกำจัด การปรับทิศทางลมโดยรวมจึงทำได้ไม่ดี

2.6.2 การเก็บพลังงานไฟฟ้า

การเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรรี่ ทำได้เพียงเฉพาะไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับจะต้องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเสียก่อน สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงต้องการการดูแลรักษาเป็นอย่างดี เนื่องจากแปรงถ่านของคอมมูเตเตอร์ (ชุดอุปกรณ์สำหรับแปลงกระแสไฟฟ้าให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง) ชำรุดได้ง่าย

ข้อดี คือ การนำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบขนานเป็นวิธีง่ายๆ ในการเพิ่มความจุของการเก็บขึ้นอยู่กับการออกแบบ ซึ่งเหมาะกับการใช้แบบกระจายศูนย์ (Decentralized Usage)

ข้อเสีย คือ การลงทุนสูง อายุการใช้งานสั้น ต้องการการดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ ความจุของการเก็บจำกัด และมีน้ำหนักมาก

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบของลักษณะและค่าต่างๆของแบตเตอรี่ทั้ง 3 ชนิด

คุณลักษณะ	แบตเตอรี่ตะกั่ว	แบตเตอรี่ นิเกิล - แคดเมียม	แบตเตอรี่ อัลคาไลน์ - ซัลเฟอร์
ขนาดความจุ (Max Capacity)	20 - 40 MWh	20 - 40 MWh	40 - 60 MWh
กำลังส่งสูงสุด (Max Output)	10 - 20 MWh	10 - 20 MWh	10 - 20 MWh
พลังงานจำเพาะ (Specific Energy)	30 W/kg	25 W/kg	102 - 150 MW/kg
กำลังส่งจำเพาะ (Specific Output)	20 W/kg	30 - 40 W/kg	30 - 40 W/kg
เวลาในการอัดไฟ (Charging Time)	2 - 8 ชั่วโมง	3 - 8 ชั่วโมง	2 - 8 ชั่วโมง
เวลาการใช้งาน (Discharge Time)	3 - 10 ชั่วโมง	4 - 10 ชั่วโมง	5 - 14 ชั่วโมง
ประสิทธิภาพ	80 %	80 %	80 %
อุณหภูมิการทำงาน	บรรยากาศ	บรรยากาศ	บรรยากาศ
จำนวนไซเคิล	1500 - 2000	1500 - 2000	1500
อายุการใช้งาน	2 - 5 ปี	2 - 5 ปี	2 - 5 ปี

2.7 ลักษณะทั่วไปของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลม

หลักการทั่วไปในการนำพลังงานลมมาใช้คือ เมื่อมีลมพัดมาปะทะกับใบพัดของกังหันลม กังหันลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมที่อยู่ในรูปของพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานกลโดยการหมุนของใบพัด แรงจากการหมุนของใบพัดนี้จะถูกส่งผ่านแกนหมุนทำให้เฟืองเกียร์ที่ติดอยู่กับแกนหมุนเกิด

การหมุนตามไปด้วยพลังงานกลที่ได้จากการหมุนของเฟืองเกียร์จะถูกประยุกต์ใช้ประโยชน์ตามความต้องการเช่นในกรณีที่ต้องการใช้กังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้าจะต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าไปซึ่งเมื่อเฟืองเกียร์ของกังหันลมเกิดการหมุนจะไปขับเคลื่อนให้แกนหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนตามไปด้วยหลักการนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้ส่วนในกรณีของการใช้กังหันลมในการสูบน้ำหรือสีข้าวสามารถนำเอาพลังงานกลจากการหมุนของเฟืองเกียร์นี้ไปประยุกต์ใช้ได้โดยตรง

2.7.1 กฟผ.กับการดำเนินโครงการพลังงานลม

ในขั้นแรก การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานลมทั่วประเทศ โดยได้รับความร่วมมือจากกรมอุตุนิยมวิทยาผลการศึกษาสรุปได้ว่าความเร็วลมในประเทศไทยโดยเฉลี่ยจัดอยู่ในระดับปานกลาง - ต่ำ คือ ต่ำกว่า 4 เมตร/วินาที โดยส่วนที่ความเร็วลมสูงสุดจะอยู่ในบริเวณชายฝั่งบริเวณเกาะต่าง ๆ ในอ่าวไทยและทางภาคใต้ของประเทศ เมื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานลมแล้ว กฟผ. ได้ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีและมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ในการสนับสนุนทุนวิจัยเพื่อออกแบบสร้างกังหันลมขึ้นและนำไปติดตั้งทดลองใช้งาน ผลปรากฏว่ายังมีปัญหาเกี่ยวกับระบบส่งกำลัง และความแข็งแรงของใบกังหันขณะเดียวกัน กฟผ. ก็ได้ออกแบบสร้างกังหันลมแบบล้อจักรยาน นำไปติดตั้งทดสอบใช้งานที่ชายฝั่งทะเล บริเวณบ้านอ่าวไผ่ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ซึ่งปรากฏว่ายังคงมีปัญหาเรื่องระบบส่งกำลังเช่นกัน

2.7.2 สถานีพลังงานทดแทนพรหมเทพ จ.ภูเก็ต

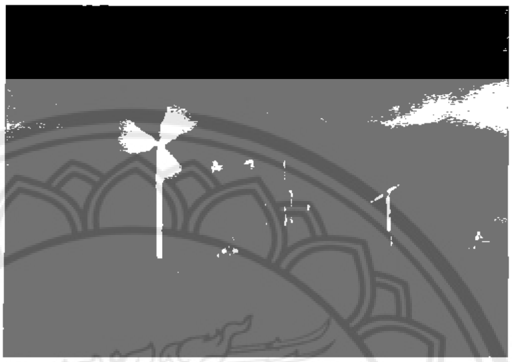
ในปี พ.ศ. 2526 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้เลือกบริเวณแหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต ซึ่งเป็นจุดที่มีข้อมูลบ่งชี้ว่ามีความเร็วลมเฉลี่ยตลอดปี ประมาณ 5 เมตรต่อวินาที เป็นสถานที่ตั้งของสถานีทดลองการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมใช้ชื่อว่า สถานีพลังงานทดแทนพรหมเทพ โดยตั้งอยู่ทางทิศเหนือของแหลมพรหมเทพ ประมาณ 1 กิโลเมตรและเหตุผลในการเลือกสถานที่แห่งนี้ คือ อยู่ติดกับทะเลได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือนับว่าเป็นตำแหน่งที่รับลมได้เกือบทั้งปีแล้วได้รับความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากส่วนราชการจังหวัดภูเก็ต ให้ใช้พื้นที่ตลอดมา

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 - 2535 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้เริ่มติดตั้งกังหันลมขนาดเล็ก เพื่อทดสอบการใช้งานที่สถานีแห่งนี้ จำนวน 6 ชุด พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์บันทึกข้อมูลคือ Digital Data Logger และ Strip Chart Recorder ไว้อย่างครบถ้วน สำหรับไฟฟ้าที่ผลิตได้ ก็นำมาใช้ให้แสงสว่างในบริเวณสถานีทดลองฯ โดยใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นสรุปได้ว่า การใช้กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่บริเวณสถานีพลังงานทดแทนพรหมเทพนี้มีผลเป็นที่น่าพอใจ และได้เพิ่มกังหันลมขนาดกำลังผลิต 10 กิโลวัตต์เพิ่มอีก 2 ชุดโดยเชื่อมโยงเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วยทำให้

สถานีพลังงานทดแทนพรหมเทพแห่งนี้มีกำลังผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมรวม 42 กิโลวัตต์และทำให้กฟผ. มีความพร้อมที่จะติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่ขึ้น

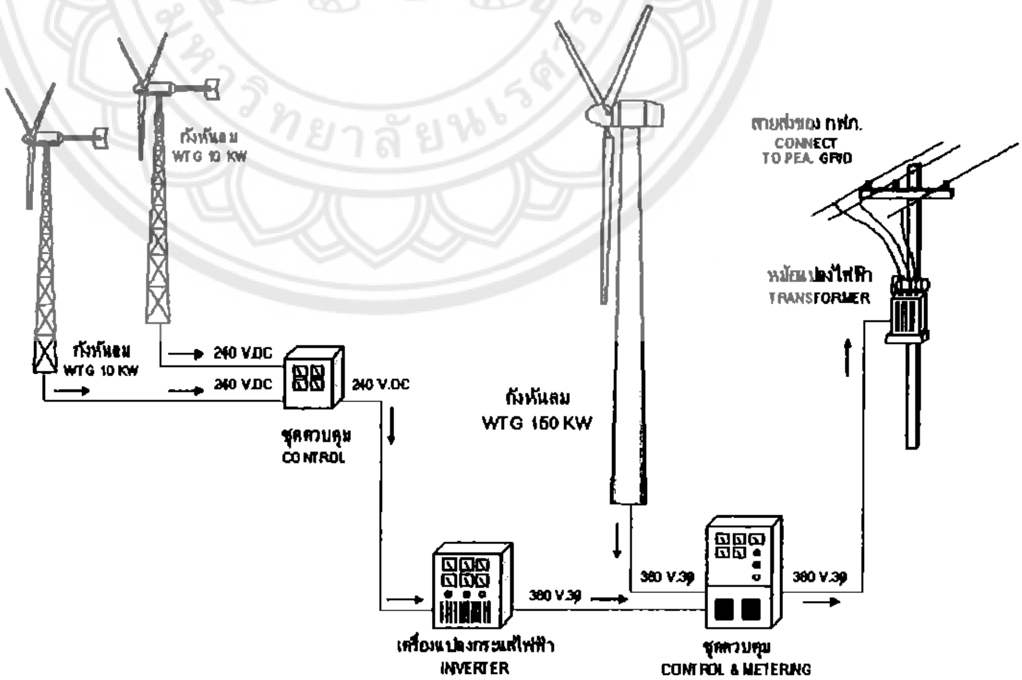
ในปี พ.ศ. 2539 จึงติดตั้งกังหันลมขนาดกำลังผลิต 150 กิโลวัตต์ซึ่งเป็นกังหันลมขนาดใหญ่ที่สุดที่เคยติดตั้งมาในประเทศไทยทำให้กังหันลมมีกำลังผลิตไฟฟ้ารวม 170 กิโลวัตต์

ในปี พ.ศ.2541 ได้ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มเติมอีกรวมกำลังผลิต ทั้งสิ้น 180.124 กิโลวัตต์ (ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)



รูปที่ 2.18 สถานีผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมร่วมกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตที่แหลมพรหมเทพจังหวัดภูเก็ต

ที่มา : Siripuekpong et al. 2002 : 58



รูปที่ 2.19 ระบบการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมที่สถานีพลังงานทดแทนพรหมเทพ จ.ภูเก็ต

รายละเอียดกังหันลม ที่ติดตั้งใช้งานที่สถานีพลังงานทดแทนแหลมพรหมเทพ จ.ภูเก็ต

2.7.1.1 กังหันลมรุ่น AEROWATT 1100 FP7G

2.7.1.2 กังหันลมรุ่น WINDANE 12

2.7.1.3 กังหันลมรุ่น SVIAB 065 - 28

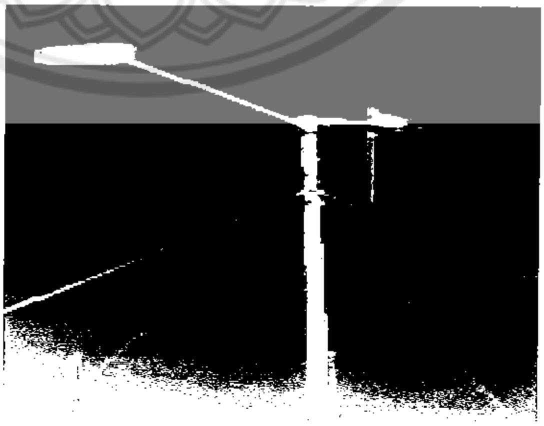
2.7.1.4 กังหันลมรุ่น DUNLITE 2000

2.7.1.5 กังหันลมรุ่น BWC EXCEL - R/240

2.7.1.6 กังหันลมรุ่น NORDTANK NTK150XLR

ตารางที่ 2.3 กังหันลมรุ่น AEROWATT 1100 FP7G

ขนาดกำลังผลิต 1.0 กิโลวัตต์		
จำนวนใบกังหัน	2	ใบ
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบกังหัน	5	m
กำลังผลิต 1 กิโลวัตต์ที่ความเร็วลม	7	m/s
ความเร็วลมเริ่มจ่ายไฟ	2	m/s
ความเร็วรอบสูงสุดของเพลากังหันลม	178	rps
อัตราเฟืองทดส่งกำลัง	1 : 16.88	
ความสูงของเสากังหันลม	15	m
ติดตั้งใช้งานเมื่อ ปี พ.ศ. 2526		



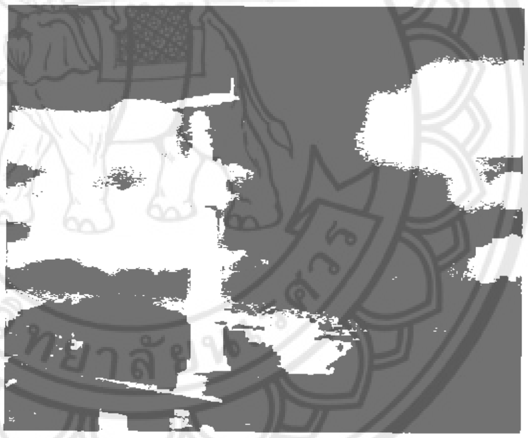
รูปที่ 2.20 กังหันลมรุ่น AEROWATT 1100 FP7G

ที่มา : www.region1.m-energy.go.th

15922057
ฝร.
ก781ก
2554

ตารางที่ 2.4 กังหันลมรุ่น WINDANE 12

ขนาดกำลังผลิต 18.5 กิโลวัตต์		
จำนวนใบกังหัน	2	ใบ
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบกังหัน	12	m
กำลังผลิต 18.5 กิโลวัตต์ที่ความเร็วลม	11.5	m/s
ความเร็วลมเริ่มจ่ายไฟ	4.5	m/s
ความเร็วรอบสูงสุดของเพลากังหันลม	83	rps
อัตราเฟืองทดส่งกำลัง	1 : 18.41	
ความสูงของเสากังหันลม	18	m
ติดตั้งใช้งานเมื่อ ปี พ.ศ. 2528		



รูปที่ 2.21 กังหันลมรุ่น WINDANE 12
ที่มา : www.region1.m-energy.go.th

ตารางที่ 2.5 กังหันลมรุ่น SVIAB 065 - 28

ขนาดกำลังผลิต 0.85 กิโลวัตต์		
จำนวนใบกังหัน	3	ใบ
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบกังหัน	2.8	m
กำลังผลิต 0.85 กิโลวัตต์ที่ความเร็วลม	13	m/s
ความเร็วลมเริ่มจ่ายไฟ	3	m/s
ความเร็วรอบสูงสุดของเพลากังหันลม	1,000	rps
อัตราเฟืองทดส่งกำลัง	-	
ความสูงของเสากังหันลม	12	m
ติดตั้งใช้งานเมื่อ ปี พ.ศ. 2528		

รูปที่ 2.22 กังหันลมรุ่น SVIAB 065 – 28

ที่มา : www.region1.m-energy.go.th

ตารางที่ 2.6 กังหันลมรุ่น DUNLITE 2000

ขนาดกำลังผลิต 2.00 กิโลวัตต์		
จำนวนใบกังหัน	3	ใบ
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบกังหัน	3.7	m
กำลังผลิต 2 กิโลวัตต์ ที่ความเร็วลม	11	m/s
ความเร็วลมเริ่มจ่ายไฟ	4.5	m/s
ความเร็วรอบสูงสุดของเพลากังหันลม	255	rps
อัตราเฟืองทดส่งกำลัง	1:5	
ความสูงของเสากังหันลม	18	m
ติดตั้งใช้งานเมื่อ ปี พ.ศ. 2530		

รูปที่ 2.23 กังหันลมรุ่น DUNLITE 2000
ที่มา : www.region1.m-energy.go.th

ตารางที่ 2.7 กังหันลมรุ่น BWC EXCEL - R/240

ขนาดกำลังผลิต 10 กิโลวัตต์		
จำนวนใบกังหัน	3	ใบ
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบกังหัน	7	m
กำลังผลิต 10 กิโลวัตต์ที่ความเร็วลม	12.1	m/s
ความเร็วลมเริ่มจ่ายไฟ	3.1	m/s
ความเร็วรอบสูงสุดของเพลากังหันลม	350	rps
อัตราเฟืองทดส่งกำลัง	-	
ความสูงของเสากังหันลม	24	m
ติดตั้งใช้งานเมื่อ ปี พ.ศ. 2536		

รูปที่ 2.24 กังหันลมรุ่น BWC EXCEL - R/240

ที่มา : www.region1.m-energy.go.th

ตารางที่ 2.8 กังหันลมรุ่น NORDTANK NTK 150 XLR

ขนาดกำลังผลิต 150 กิโลวัตต์		
จำนวนใบกังหัน	3	ใบ
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบกังหัน	24	m
กำลังผลิต 150 กิโลวัตต์ ที่ความเร็วลม	13	m/s
ความเร็วลมเริ่มจ่ายไฟ	4	m/s
ความเร็วรอบสูงสุดของเพลากังหันลม	38	rps
อัตราเฟืองทดส่งกำลัง	1 : 39	
ความสูงของเสากังหันลม	31	m
ติดตั้งใช้งานเมื่อ ปี พ.ศ. 2539		

รูปที่ 2.25 กังหันลมรุ่น NORDTANK NTK 150 XLR

ที่มา : www.region1.m-energy.go.th

การประเมิน

ข. การประเมินและคัดเลือกผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระได้ดำเนินการประเมิน และคัดเลือกโครงการ IPP มีหลักเกณฑ์การประเมินดังนี้

ข.1 ปัจจัยทางด้านราคา (Price Factor) ให้น้ำหนักร้อยละ 60 ในการประเมิน พิจารณาจากค่าความพร้อมจ่ายและค่าพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงกับระบบส่งของ กฟผ. (Connection Cost)

ข.2 ปัจจัยอื่นที่ไม่เกี่ยวกับราคา (Non – Price Factors) ให้น้ำหนักร้อยละ 40 ของการประเมิน โดยพิจารณาจากความเป็นไปได้ ของโครงการ เชื้อเพลิงและการกระจายแหล่งเชื้อเพลิงและและปัจจัยอื่นๆ

ค. โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าในการรับซื้อจากผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ เนื่องจากไฟฟ้าที่ IPP ผลิตได้จะต้องจำหน่ายไฟฟ้าให้แก่ กฟผ. ทั้งหมด และ กฟผ. เป็นผู้สั่งให้เดินเครื่องโรงไฟฟ้าแต่ละโรงเพื่อความมั่นคงของระบบไฟฟ้าและเพื่อให้ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าของระบบโดยรวมอยู่ในระดับต่ำสุด สัญญาซื้อขายไฟฟ้าจึงต้องจัดทำเป็นสัญญาซื้อขายไฟฟ้าระยะยาว และการกำหนดโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า จึงกำหนดเป็นสองส่วน (Two Part Tariff) ดังนี้

ค.1 ค่าความพร้อมจ่าย (Availability Payment : AP) ซึ่งผู้สนใจลงทุนจะเสนออัตราโดยคำนึงถึงต้นทุนในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าของตนเอง และค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆ (Fixed Cost) เนื่องจาก IPP จะต้องเตรียมความพร้อมของโรงไฟฟ้าให้พร้อมที่จะจ่ายไฟฟ้าได้ตลอดเวลาเมื่อ กฟผ. สั่งเดินเครื่องโรงไฟฟ้า

ค.2 ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Payment : EP) ซึ่งผู้ลงทุนจะเสนออัตราและสูตรปรับ โดยคำนึงถึงค่าเชื้อเพลิง และค่าใช้จ่ายผันแปรอื่นๆ ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายเข้าระบบของ กฟผ.ค่าความพร้อมจ่ายเป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายไม่ว่า กฟผ. จะสั่งเดินเครื่องจากผู้ผลิตเอกชนหรือไม่ แต่ค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้น เมื่อมีการสั่งให้โรงไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าส่งเข้าระบบของ กฟผ. และจะผันแปรไปตามราคาเชื้อเพลิงเป็นหลัก ซึ่งในกรณีที่เป็นโรงไฟฟ้าของ กฟผ. เองแม้ว่าโรงไฟฟ้าจะไม่เดินเครื่อง กฟผ. ก็ต้องจ่ายค่าดอกเบี้ย เงินต้น และค่าใช้จ่ายคงที่อื่นๆเช่นกัน โดยค่าใช้จ่ายดังกล่าวได้รวมอยู่ในค่าไฟฟ้าฐานที่เรียกเก็บกับประชาชนแล้วดังนั้นการจ่ายค่าความพร้อมจ่ายให้ IPP จึงอยู่บนหลักการเดียวกัน

2.8.3.2 ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP)

ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) หมายถึง โครงการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ระบบการผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้าร่วมกัน (Cogeneration) หรือการผลิตไฟฟ้าโดยใช้กากหรือเศษวัสดุเหลือใช้เป็นเชื้อเพลิง โครงการ SPP แต่ละโครงการจะจำหน่ายไฟฟ้าให้ กฟผ. ไม่เกิน 90 เมกะวัตต์ (MW) แต่เนื่องจาก SPP แต่ละแห่งสามารถขายไฟฟ้าให้ผู้บริโภค ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงได้โดยตรง กำลังการผลิตของ SPP มักจะอยู่ในระดับ 120 - 150 MW SPP บางโครงการมีขนาดใกล้เคียงกับ IPP แต่ใช้รูปแบบการผลิตเป็นระบบ Cogeneration

ก. วัตถุประสงค์ของการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก

2.8 การรับซื้อไฟฟ้าจากเอกชน

กิจการไฟฟ้าเป็นสาธารณูปโภคที่สำคัญของประเทศและแต่เดิมให้ภาครัฐเป็นผู้ดำเนินการแต่ฝ่ายเดียวโดยมีรัฐวิสาหกิจที่เกี่ยวข้องอยู่ 3 แห่งคือ

2.8.1 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เป็นผู้ผลิตและจัดส่งไฟฟ้าไปตามสายไฟฟ้าแรงสูง เพื่อขายให้การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2.8.2 การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) เป็นผู้จำหน่ายไฟฟ้าให้ผู้ใช้ในกรุงเทพฯ นนทบุรี และสมุทรปราการ

2.8.3 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) เป็นผู้จำหน่ายไฟฟ้าให้ผู้ใช้ในส่วนที่เหลือของประเทศ ผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตบริการของ กฟน. ต้องซื้อไฟฟ้าจาก กฟน. แต่เพียงผู้เดียวโดยไม่สามารถเลือกซื้อจากผู้อื่นได้ เช่นเดียวกับผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตของ กฟภ.ที่ต้องซื้อจาก กฟภ. เท่านั้น

การปรับโครงสร้างกิจการไฟฟ้าของประเทศไทยได้มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องมากว่า 10 ปี โดยเริ่มต้นจากการส่งเสริมให้มีผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนเข้ามาผลิตไฟฟ้าได้ เพื่อลดภาระการลงทุนของภาครัฐและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า ในประเทศไทยผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนสามารถแบ่งออกเป็นสามประเภทใหญ่ๆดังนี้

2.8.3.1 ผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ (IPP)

2.8.3.2 ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP)

2.8.3.3 ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก (VSPP)

2.8.3.1 ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (IPP)

ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (Independent Power Producer หรือ IPP) คือ ผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ที่มีกำลังการผลิตเป็นปริมาณมาก ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระจะเป็นผู้ผลิตเอกชนที่ใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ (ไม่รวมนิวเคลียร์) เช่นก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน (ทั้งที่ผลิตในประเทศและนำเข้า) ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระมีกำลังการผลิตตั้งแต่ 350 - 1,400 เมกะวัตต์

ก. เงื่อนไขในการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ กฟผ. จะประกาศการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระเป็นงวดๆ โดยจะกำหนดปริมาณพลังไฟฟ้าที่จะรับซื้อทั้งหมดและมีรูปแบบเป็นการเปิดประมูล โดยมีเงื่อนไขที่มีลักษณะสากลที่ใช้กันทั่วโลก โดยมีสาระสำคัญ

ก.1 ให้ผู้ผลิตเอกชนเป็นผู้เสนอพลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า โดยให้ความสำคัญกับเชื้อเพลิงที่สะอาดเป็นที่ยอมรับของประชาชน ราคามีเสถียรภาพ มีความแน่นอนในการจัดหาและส่งเสริมนโยบายของรัฐในการกระจายแหล่งพลังงานของประเทศ ได้แก่พลังงานนอกรูปแบบ (ไม่รวมนิวเคลียร์) ก๊าซธรรมชาติทั้งที่ผลิตในประเทศและนำเข้า ถ่านหิน และออริมัลชั่น

ก.2 ให้ผู้ผลิตเอกชนเป็นผู้เสนอสถานที่ตั้ง โดยกำหนดลำดับความสำคัญ
ของพื้นที่ในภาพกว้างเบื้องต้นสอดคล้องตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติในการพัฒนาเมืองหลักเมืองรอง เพื่อการกระจายความเจริญไปสู่ภูมิภาค ประกอบกับการพิจารณาแหล่งผู้ใช้ไฟฟ้าปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต และระยะห่างจากระบบสายส่งของ กฟผ.

ก.3 ให้ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนเสนออัตราค่าไฟฟ้า พร้อมสูตรการปรับราคาโดย

ก.1 เพื่อส่งเสริมให้ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กเข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า

ก.2 เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้ต้นพลังงานพลอยได้ในประเทศและพลังงานนอกรูปแบบในการผลิตไฟฟ้า

ก.3 เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานในการผลิตไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ก.4 เพื่อช่วยแบ่งเบาภาระทางด้านการลงทุนของรัฐในระบบการผลิตและระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ข. ลักษณะกระบวนการผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก กฟผ.จะรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่ผลิตไฟฟ้าตามลักษณะกระบวนการผลิตดังต่อไปนี้

ข.1 การผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่ใช้พลังงานนอกรูปแบบ เช่น พลังลม พลังแสงอาทิตย์ พลังน้ำขนาดเล็ก (Mini Hydro) เป็นต้น ซึ่งต้องไม่ใช่การใช้น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และพลังนิวเคลียร์โดยในการผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กโดยใช้เชื้อเพลิงดังต่อไปนี้

ข.1.1 กากจากการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือการเกษตร

ข.1.2 ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปมาจากกากหรือเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรหรือจากการผลิต

ข.1.3 ขยะมูลฝอย

ข.1.4 ไม้จากการปลูกป่าเป็นเชื้อเพลิง

ข.2 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานที่ได้มาจากกระบวนการผลิตการใช้หรือการขนส่งเชื้อเพลิง พลังงานที่เหลือทิ้ง เช่น ไอน้ำที่เหลือจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือการเกษตรและพลังงานสูญเสียเช่นความร้อนจากไอเสียเครื่องยนต์

ค. ประเภทของสัญญาซื้อขายไฟฟ้า

Firm หมายถึง การทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้า ตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป

Non - Firm หมายถึง การทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้าไม่เกิน 5 ปี และจะได้รับเฉพาะพลังงานไฟฟ้า (Energy Payment)

ง. เงื่อนไขการปฏิบัติการผลิตไฟฟ้า เงื่อนไขการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมีดังนี้

ง.1 กฟผ. เป็นผู้รับซื้อไฟฟ้าแต่เพียงผู้เดียว

ง.2 กฟผ.จะรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่มีลักษณะกระบวนการผลิตไฟฟ้าตามปริมาณพลังไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กแต่ละรายที่จ่ายเข้าระบบของการไฟฟ้าจะต้องไม่เกิน 90 เมกะวัตต์ ณ จุด เชื่อมโยงระบบไฟฟ้า โดยการไฟฟ้าจะคำนึงถึงความสามารถและความมั่นคงของระบบไฟฟ้าที่จะรับได้

ง.3 ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กจะต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยต้องนำผลมาแสดงกับ กฟผ. ล่วงหน้าไม่น้อยกว่า 5 วัน ทำการ ก่อนวันลงนามในสัญญาซื้อขาย

ง.4 กฟผ. สงวนสิทธิเป็นผู้กำหนดวันเริ่มต้นซื้อขายไฟฟ้าเข้าระบบจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก

ง.5 การไฟฟ้าเป็นผู้ปฏิบัติต่ออุปกรณ์ตัดตอนที่เชื่อมต่อกับการไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก และสงวนสิทธิที่จะมอบหมายให้ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กเป็นผู้ปฏิบัติเองก็ได้ ซึ่งในกรณีหลังผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กจะต้องปฏิบัติการต่ออุปกรณ์ตัดตอนที่เชื่อมต่อกับการไฟฟ้าตามคำสั่งการ (Switching Order) ของการไฟฟ้าที่รับผิดชอบโดยเคร่งครัด ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กและการไฟฟ้า

ง.6 เพื่อความมั่นคงของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า การไฟฟ้ามีสิทธิตรวจสอบ และ/หรือขอให้ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กตรวจสอบ แก้ไข ปรับปรุงอุปกรณ์การจ่ายไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าเมื่อใดก็ได้ตามความจำเป็น

ง.7 ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กจะต้องทำสัญญาซื้อไฟฟ้าสำรองจากการไฟฟ้าก่อนวันเริ่มต้นซื้อขายไฟฟ้าในปริมาณไม่ต่ำกว่าหนึ่งในสามของกำลังการผลิตติดตั้งหักด้วยปริมาณพลังไฟฟ้าที่ขายเข้าระบบของการไฟฟ้า

ง.8 หากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมีความประสงค์จะจ่ายไฟฟ้าโดยเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า (Tie Bus) กับโรงไฟฟ้าที่อยู่นอกสัญญาซื้อขายไฟฟ้า กฟผ. จะพิจารณาให้มีการเชื่อมต่อกันได้โดยผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมและปฏิบัติตามเงื่อนไขที่ กฟผ. กำหนด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาศักยภาพความพร้อมในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม

พลังงานลมเป็นพลังงานธรรมชาติที่สะอาดและบริสุทธิ์ใช้แล้วไม่มีวันหมดสิ้นไปจากโลก ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่เติบโตเร็วที่สุดในโลก เป็นเทคโนโลยีที่ลวงตาว่าเรียบง่ายมีค่าใช้จ่ายไม่แพงเมื่อเทียบกับพลังงานถ่านหินและน้ำมันหรือพลังงานจากเขื่อนขนาดใหญ่

ประเทศไทยซึ่งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร เป็นเขตร้อน อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม หรือลมประจำฤดู ซึ่งเป็นลมที่พัดเปลี่ยนทิศทางไปตามฤดูกาลเป็นช่วงระยะเวลาประมาณทุกครึ่งปีและมีทิศทางการพัดที่แน่นอน และเกิดขึ้นตลอดทั้งปีไม่มีหมดสิ้น ตราบใดที่ยังมีพระอาทิตย์และโลกยังหมุนอยู่ก็จะเกิดลมขึ้นอยู่ตลอดเวลา

3.1.1 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1.1.1 ประเมินค่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศ สนามบิน หรืออื่นๆ

3.1.1.2 ทำการบันทึกเกี่ยวกับสภาพอากาศปกติ พายุและอิทธิพลทางอากาศอื่นๆ เช่น พายุ ทะเลทราย การระบาดของตั๊กแตน เป็นแหล่งรวมของหมู่นกหรืออื่นๆ ด้วยการพูดคุยกับเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยในบริเวณนั้น เจ้าหน้าที่สนามบินและนักอุตุนิยมวิทยา

3.1.1.3 การหาค่าเฉลี่ยความเร็วลมและค่าเฉลี่ยกำลังลมจากข้อมูลที่มีอยู่

3.1.2 ข้อจำกัด

3.1.2.1 แม้ว่าประเทศไทยจะตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรซึ่งถ้าหากเทียบกับประเทศที่อยู่ในยุโรปและสหรัฐ ประเทศเหล่านี้มีอัตราความเร็วลมสูงกว่าที่ตั้งของไทย

3.1.2.2 แหล่งพลังงานลมที่เหมาะสม มีอยู่จำกัดซึ่งอาจอยู่ห่างจากพื้นที่ที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้า

3.1.2.3 พลังลมจะมีเฉพาะบางช่วงเวลาหรือฤดูกาลเท่านั้น

3.1.2.4 ปัญหาเรื่องเสียงรบกวน และปัญหาด้านทัศนียภาพ

3.1.3 จำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

จำนวนไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละวันของแต่ละอำเภอที่ได้ทำการเลือกไว้ จะขึ้นอยู่กับกระแสลมที่พัดผ่านว่ามีความเร็วลมมากน้อยเพียงใด เพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าที่ได้ออกมานั้นจะเพียงพอกับความต้องการในการใช้ไฟฟ้าของจังหวัดสตูลหรือไม่ ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบกับการใช้ไฟฟ้าทางด้านต่างๆ เช่น ทางด้านอุตสาหกรรม ด้านบ้านเรือนบ้านพักที่อยู่อาศัย ทางด้านการค้าและบริการ เป็นต้น

3.1.4 การเลือกที่ตั้ง

การศึกษาการเลือกที่ตั้งนั้นเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพของสิ่งที่เราจะทำการศึกษาโดยการเลือกที่ตั้งของแต่ละโครงการนั้นก็ไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผลิตภัณฑ์ว่าต้องการอะไร สำหรับการวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม ดังนั้น ในการเลือกที่ตั้งต้องมีหลักในการเลือก ดังนี้

3.1.4.1 สถานที่ตั้ง สถานที่ตั้งที่จะได้รับพลังงานลมอย่างเต็มที่ไม่มีสิ่งก่อสร้าง ตึก อาคาร หรือต้นไม้ไปบดบังแรงลมไม่ว่าจะเวลาใดก็ตาม

3.1.4.2 บริเวณที่ตั้ง ต้องเป็นบริเวณที่มีทิศทางลมและความเร็วลมสม่ำเสมอตลอดทั้งปี

3.1.4.3 สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิอากาศ เช่น ฝน พายุ ซึ่งสร้างความเสียหายและปัญหาสำหรับกังหันลมเป็นอย่างมาก

3.2 การศึกษาความเป็นไปได้ด้านวิศวกรรม

การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อนำพลังงานลมมาใช้จะต้องพิจารณาถึงทางเลือกที่ดีที่สุด เพื่อวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ทั้งนี้จะต้องพิจารณาความเหมาะสมที่เป็นความสมดุลระหว่างอุปกรณ์ ค่าใช้จ่าย ระบบที่ซับซ้อนและประสิทธิภาพในการติดตั้งหรือแม้กระทั่งในเวลาที่จะทำการบำรุงรักษาก็ต้องการบุคลากรที่มีประสบการณ์และความเชี่ยวชาญ

พลังงานลมที่ใช้เพื่อผลิตพลังงานนี้ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายของการผลิตพลังงาน (ราคาต่อกิโลวัตต์) เป็นแหล่งพลังงานที่น่าเชื่อถือและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เนื่องจากลมที่ใช้ขับเคลื่อนกังหันลมไม่มีค่าใช้จ่ายและไม่ถูกกระทบโดยราคาของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ขึ้นๆ ลงๆ นอกจากนี้ยังไม่ต้องอาศัยการทำเหมืองขุดเจาะหรือขนส่งไปยังสถานีจ่ายไฟฟ้า ในขณะที่ราคาเชื้อเพลิงฟอสซิลสูงขึ้นคุณค่าของพลังงานลมก็สูงขึ้นเช่นกัน ทำให้ค่าใช้จ่ายของการผลิตไฟฟ้าโดยพลังงานลมมีแต่จะลดลง แต่จะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการพัฒนาที่จะตั้งค่าอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ รวมถึงค่าบำรุงรักษาตลอดระยะเวลาการใช้งานเท่านั้น

3.3 การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์

เป็นการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของโครงการหรือเงินลงทุนและผลตอบแทน เพื่อวิเคราะห์ว่าโครงการที่จัดทำมีความคุ้มทุนหรือไม่โดยทั่วไปค่าใช้จ่ายที่ควรนำมาพิจารณา คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายผันแปรและค่าใช้จ่ายของระบบทางเลือกอื่นๆ

3.3.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Investment Costs)

3.3.1.1 ต้นทุนกังหันลม

กรณีผลิตกังหันลมในเชิงพาณิชย์ ราคากังหันลมผลิตไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 600,000 บาท/kW (ขนาดกำลังผลิต ประมาณ 30 วัตต์) ถึง 30,000 บาท/kW (ขนาดกำลังผลิต 10 - 15 kW)

กรณีกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่จะเป็นกังหันลมทดลองต้นแบบในขนาดกำลังผลิต 100 - 1,000 kW ซึ่งราคาอยู่ระหว่าง 20,000 - 30,000 บาท/kW ราคาที่ลดลงตามขนาดของกังหันลมที่โตขึ้นก็ยังไม่สามารถจะกำหนดได้แน่นอน

3.3.1.2 ค่าดำเนินการ

ค่าดำเนินการจะอยู่ในส่วนของค่าแรงในการปฏิบัติงาน เพื่อทำการติดตั้งกังหันลม โดยทำการจ้างผู้ที่มีความเชี่ยวชาญหรือชำนาญในการติดตั้งกังหันมาเป็นที่ปรึกษาในแต่ละครั้งและบุคลากรในด้านต่างๆ

3.3.1.3 ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อมแซม

เมื่อได้ทำการติดตั้งกังหันลมแล้ว ก็จะมีการบำรุงรักษาและซ่อมแซมระบบกลไกต่างๆ ภายในกังหันลมไม่ว่าจะเป็นล้างทำความสะอาด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานหรือแม้แต่การตรวจสอบอุปกรณ์และส่วนประกอบของกังหันลม และเปลี่ยนชิ้นส่วนต่างๆ เมื่อกังหันลมได้รับความเสียหายในการรับลมหรือพายุที่แรงจนเกินกำลัง ทำให้เกิดความเสียหายขึ้น ในการบำรุงรักษาและซ่อมแซมก็จะมีทั้งแบบรายเดือนและรายปี แล้วแต่กรณีที่จะนำไปใช้โดยแต่ละครั้งจะต้องวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นว่ามีผลกระทบตามมามากหรือน้อยแค่ไหน

3.3.1.4 การติดตั้งเสาไฟฟ้า

เสาไฟฟ้าที่ดีจะต้องมีความแข็งแรงและสามารถที่จะรับลมมรสุมได้ดี การติดตั้งเสาไฟฟ้าเพื่อเชื่อมโยงกับกระบวนการในการเปลี่ยนกระแสลมที่ปะทะกับใบกังหันลมให้เป็นกระแสไฟฟ้าออกมาจะต้องติดตั้งเสาให้มีอยู่ในบริเวณแถวๆ นั้นและในการติดตั้งก็จะมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งไม่ว่าจะเป็นในด้านบุคลากรที่ทำการติดตั้ง อุปกรณ์ต่างๆ ที่จะใช้หรือแม้แต่อุปกรณ์ที่เสริมความปลอดภัย

3.3.1.5 การวางแผน

การวางแผนที่ดีจะทำให้งานออกมาราบรื่นและประสบความสำเร็จแต่ในการวางแผนจะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญและผู้มีความสามารถมีประสบการณ์ในการทำงาน

3.3.1.6 วิธีการวัดลมและเก็บข้อมูล

วิธีวัดลมที่ดีและเป็นมาตรฐานจะทำให้ข้อมูลมีความถูกต้อง แม่นยำและน่าเชื่อถือ แต่อุปกรณ์ต่างๆ ก็ต้องมีการสั่งซื้อแล้วนำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งราคานั้นนับว่ามีมูลค่าไม่น้อย และในการเก็บข้อมูลก็จะต้องมีคนดูแล บริหารงาน เพื่อให้งานออกมามีประสิทธิภาพ เมื่อมีเหตุขัดข้องก็สามารถแก้ไขปัญหาได้ ซึ่งนับว่าเป็นค่าใช้จ่ายอีกด้านหนึ่งที่ไม่ควรมองข้ามไป

3.3.2 ค่าใช้จ่ายแปรผัน (Variable Costs)

ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบการบริการการซ่อมแซมซึ่งเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละสถานที่ เป็นการยากที่จะประเมินค่าใช้จ่ายทั่วไป เนื่องจากเวลางานการก่อสร้างในแต่ละท้องถิ่นไม่สามารถตีค่าได้โดยปกติการประมาณค่าใช้จ่ายจะประมาณจากร้อยละต่อปีของค่าใช้จ่ายเริ่มต้น

3.3.3 ค่าใช้จ่ายของระบบทางเลือกอื่นๆ

การพิจารณาประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบกับทางเลือกอื่นๆ เป็นสิ่งที่ควรกระทำเสมอ เช่น ในโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าควรทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันกับระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ในการวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกที่จะลงทุนโครงการที่ต้องการแล้ว นอกจากจะพิจารณาจุดคุ้มทุน บางครั้งยังต้องการทราบว่าจะคืนทุนด้วยระยะเวลากี่ปี ซึ่งระยะเวลาที่ผลตอบแทนจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนตามโครงการการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม กรณีศึกษา จังหวัดสตูล โดยพิจารณาถึงระยะเวลาที่จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนว่าคุ้มค่ากับเงินที่ได้ลงทุนไปหรือไม่

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทน}} \qquad (3.1)$$

$$\text{ผลตอบแทนในการลงทุน (ROI)} = \frac{\text{กำไรเฉลี่ย / ปี}}{\text{เงินลงทุน}} \times 100 \qquad (3.2)$$

3.4 การศึกษาความเป็นไปได้ในด้านการตลาด

การผลิตกังหันลมใช้เองภายในท้องถิ่น นับว่าเป็นทางเลือกที่ดีและมีคุณค่า ซึ่งอุปกรณ์ในการทำก็หาง่ายภายในท้องถิ่นและยังเป็นการสร้างศักยภาพของพลังงานลมที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งลมเป็นพลังงานที่สะอาดไม่มีวันหมดสิ้นและจะได้นำมาใช้ได้อย่างเพียงพอ อย่างไรก็ตาม การผลิตกังหันลมได้เองภายในท้องถิ่น ก็ต้องขึ้นอยู่กับศักยภาพทางการตลาดที่มีอยู่หรือความสามารถในการรวมเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้าด้วยกันให้เกิดความทันสมัย และแปลกใหม่ในทางปฏิบัติ คือ การศึกษาความเป็นไปได้โดยทราบจำนวนความต้องการของกังหันและค่าผลตอบแทน รวมทั้งมีการวางขั้นตอนและวางกลยุทธ์ต่างๆในการกระตุ้นตลาด เช่น มีโฆษณาเกี่ยวกับการนำกังหันลมไปใช้ประโยชน์ในการสูบน้ำเข้านาไร่ หรือมีโครงการเงินช่วยเหลือจากกังหันลม เมื่อเป็นเช่นนั้นแล้วความต้องการกังหันลมภายในท้องถิ่นก็จะเพิ่มมากขึ้น ควรที่จะมีความพยายามในการผลิตไม่ว่าจะเป็นแค่บางส่วน เพื่อรองรับความต้องการที่เกิดขึ้นภายในประเทศและการพัฒนาที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

3.4.1 ศึกษาการตลาดเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์

ศึกษาการตลาดว่าอุปกรณ์และวัสดุที่จะใช้ในการผลิตกังหันลมแต่ละขนาดนั้นมีราคาเท่าไรสามารถใช้วัสดุอื่นทดแทนในเวลาที่วัสดุที่ต้องการไม่มีได้หรือไม่ หาได้ง่ายตามท้องตลาดหรือไม่

3.4.2 ศึกษาความเป็นไปได้ในด้านการตลาด

ศึกษาความเป็นไปได้ในด้านการตลาดของโครงการในเรื่องความต้องการตัวสินค้า ระยะเวลาคืนทุนและจุดคุ้มทุน

3.5 การศึกษาความเป็นได้ด้านสิ่งแวดล้อม

3.5.1 ผลกระทบด้านเสียง

เนื่องจากการหมุนของใบพัดกังหันลมจะส่งผลกระทบให้มีเสียงดังเกิดขึ้น เสียงดังกล่าวจะเกิดอยู่ตลอดเวลา หากในช่วงเวลากลางวันอาจจะมีเสียงจากกิจกรรมต่างๆมากลมกลืนเสียงจากกังหันลมไปบ้างหรือในกรณีที่มีลมแรงอาจจะมีเสียงอื่นๆร่วมเช่นเสียงลมกระทบต้นไม้และอาคาร ทำให้เสียงจากกังหันลมอาจจะลดความเด่นลงไปบ้าง แต่อย่างไรก็ตามผลกระทบด้านเสียงส่วนใหญ่มักเกิดในเวลากลางคืน จึงทำให้เสียงจากกังหันมีความเด่นและเกิดการรบกวนต่อชุมชนในการพักผ่อน

3.5.2 ผลกระทบด้านธรรมชาติ

โครงสร้างของกังกันลมเป็นโครงสร้างที่ใหญ่มักจะอยู่ในพื้นที่เปิดโล่งสามารถมองเห็นได้จากระยะทางที่ไกลออกไปเรื่องของทัศนียภาพเป็นมุมมองที่แตกต่างกันออกไปของแต่ละบุคคล

3.5.3 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

หากมีการดำเนินโครงการในพื้นที่ป่าผลกระทบต่อระบบนิเวศบนบกอาจจะอยู่ในพื้นที่ตั้งของกังหันลมและพื้นที่โดยรอบการศึกษาให้ชัดเจนถึงผลกระทบต่อสัตว์ที่เคยอยู่มาก่อนเป็นสิ่งที่ควรพิจารณาและผลกระทบทางอ้อมที่อาจจะมีการทำให้สัตว์ต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการอยู่อาศัย

3.6 สรุปผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม

ขั้นตอนนี้จะนำเอาผลที่หามาได้จากขอบเขตที่ตั้งไว้มาวิเคราะห์ว่ามีความเหมาะสมที่จะติดตั้งกังหันผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมในจังหวัดสตูลหรือไม่ ทั้งในด้านการเลือกสถานที่ตั้ง บริเวณที่ตั้ง สภาพภูมิอากาศและค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ ผลกระทบไม่ว่าจะเป็นด้านเสียง ด้านทัศนียภาพและด้านสิ่งแวดล้อม คำนวณจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุนของโครงการ

3.7 แนวทางที่จะดำเนินการศึกษาต่อ

3.7.1 เก็บรวบรวมข้อมูลของโครงการที่จะศึกษาในด้านต่างๆ

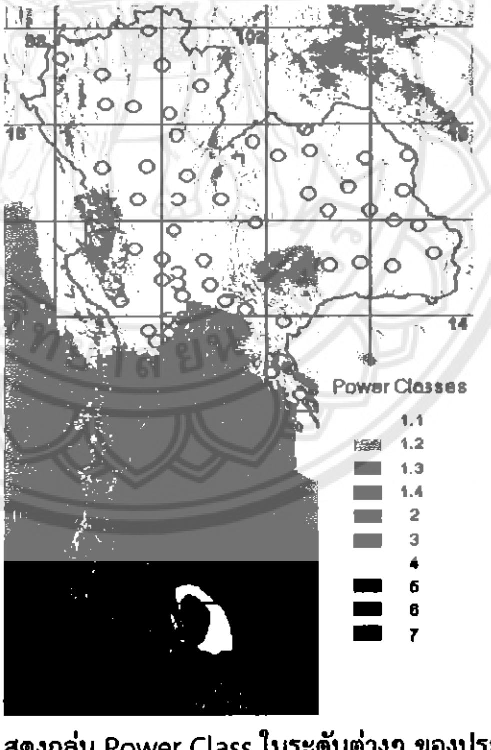
3.7.2 วิเคราะห์จากการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.7.3 สรุปผลการวิเคราะห์ว่ามีความเหมาะสมที่จะตั้งกังหันลมในจังหวัดสตูลเพียงใด เพื่อทำการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมของประเทศไทย

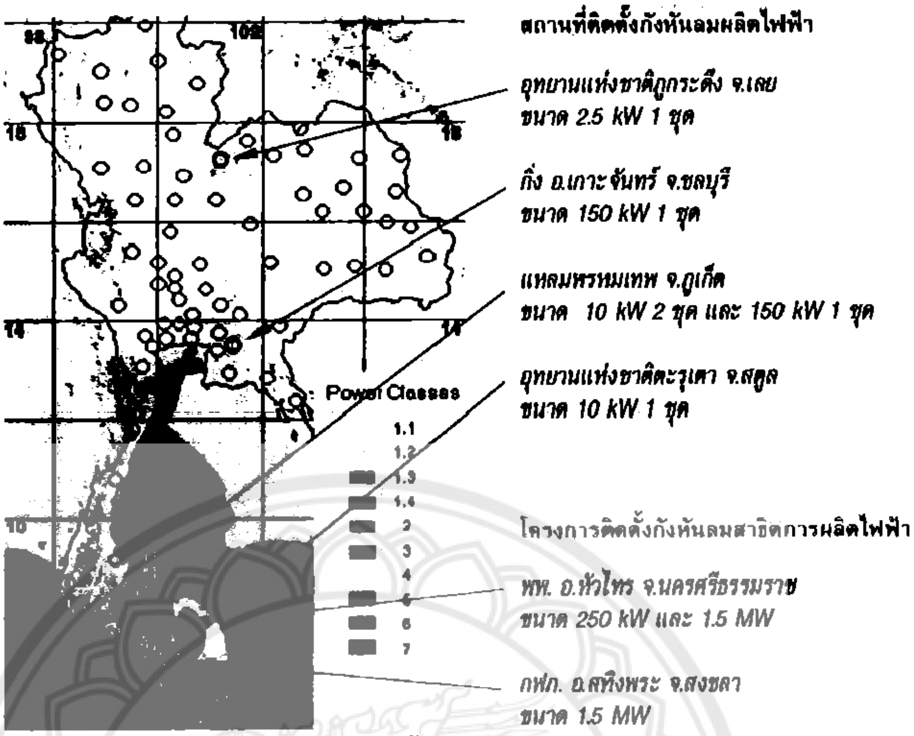
บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านศักยภาพความพร้อมของลม

ความเร็วลมเฉลี่ยของประเทศไทยอยู่ในระดับปานกลาง – ต่ำ การใช้พลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้า ความเร็วลมจะต้องสม่ำเสมอหรือกำลังลมเฉลี่ยทั้งปีควรไม่น้อยกว่า 5 เมตรต่อวินาทีขึ้นไป โดยผู้ดำเนินโครงงานนี้ ได้ทำการศึกษาศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทยที่มีทั้งหมด 76 จังหวัด และทำการวิเคราะห์จังหวัดที่มีศักยภาพของลมในการที่จะใช้ผลิตกระแสไฟฟ้ามากที่สุดและเป็นจังหวัดที่ยังไม่มีผู้ทำการศึกษาและวิจัยมาก่อน ซึ่งพบว่าจังหวัดดังกล่าวต้องอยู่ทางบริเวณชายฝั่งทะเลของภาคใต้และมีลมพัดผ่านตลอดทั้งปี โดยได้ทำการเลือกวิเคราะห์ที่จังหวัดทางภาคใต้ของไทย ซึ่งติดกับทะเลประกอบด้วยทั้งหมด 4 จังหวัด คือ จังหวัดนครศรีธรรมราช อำเภอหัวหินจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดสตูลและจังหวัดสุราษฎร์ธานี ทั้ง 4 จังหวัดนี้จะได้รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นจังหวัดที่มีระบบหมุนเวียนของลมมีความชัดเจนดีและลมพัดผ่านตลอดทั้งปี



รูปที่ 4.1 แสดงกลุ่ม Power Class ในระดับต่างๆ ของประเทศไทย



รูปที่ 4.2 แสดงสถานที่ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย

ที่มา : "ทิศทางพลังงานไทย" กระทรวงพลังงาน

ตารางที่ 4.1 แสดงพื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	Power Class
- พื้นที่บริเวณชายฝั่งภาคใต้ด้านอ่าวไทย ตั้งแต่จังหวัดนครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี	6.4	3
- เทือกเขาในจังหวัดเพชรบุรี กาญจนบุรี และตาก ที่เป็นรอยต่อประเทศพม่า	5.6	2
- บริเวณพื้นที่สูงที่เป็นเทือกเขาในภาคใต้	5.6	2
- พื้นที่สูงในเขตอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่	5.1	2
- พื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย จังหวัดชลบุรี ระยอง เพชรบุรี	4.4	1
- ภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่	4.4	1
- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ จังหวัดเพชรบูรณ์ และเลย	4.4	1

ที่มา : "ทิศทางพลังงานไทย" กระทรวงพลังงาน

4.1.1 การวิเคราะห์ปัญหาที่สำคัญในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

ประเทศไทยมีความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง – ต่ำ โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่า 4 เมตร/วินาที และความเร็วลมในประเทศไทยไม่สม่ำเสมอ โอกาสทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุดของกังหันลมตามค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ออกแบบไว้จะมีเพียงไม่กี่ชั่วโมง

4.1.2 การวิเคราะห์ข้อดีและข้อจำกัดของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

4.1.2.1 ข้อดี

ก. เป็นแหล่งพลังงานที่ได้จากธรรมชาติ ไม่มีต้นทุน

ข. เป็นแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมดสิ้น

ค. เป็นพลังงานสะอาด

ง. สามารถใช้ระบบไฮบริดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด คือ กลางคืนใช้พลังงานลม กลางวันใช้พลังงานแสงอาทิตย์

4.1.2.2 ข้อจำกัด

ก. ลมในประเทศไทยมีความเร็วค่อนข้างต่ำ

ข. พื้นที่ที่เหมาะสมมีจำกัด

ค. ขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศ บางฤดูอาจไม่มีลม

ง. ขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับศักยภาพลมในประเทศ และขาดบุคคลากรผู้เชี่ยวชาญ

4.1.3 การวิเคราะห์ความเร็วลม

ผู้ดำเนินโครงงานได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการศึกษาเกี่ยวกับความเร็วและทิศทางลม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 – 2554 จากกรมอุตุนิยมวิทยาของประเทศไทย กรุงเทพมหานคร และได้เลือกทำการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วลมของกรมอุตุนิยมวิทยาอำเภอฉวาง จังหวัดนครศรีธรรมราช กรมอุตุนิยมวิทยาของสำนักงานเกษตรอำเภอ (สกษ) จังหวัดสุราษฎร์ธานี กรมอุตุนิยมวิทยาอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์และกรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสตูล ซึ่งข้อมูลทั้งหมดนี้เป็นข้อมูลเกี่ยวกับความเร็วลมของภาคใต้ที่ติดกับทะเล และสถานที่ดังกล่าวยังไม่มีผู้ทำการศึกษาและวิจัย ประกอบด้วยทั้งหมด 4 จังหวัด คือ คือ จังหวัดนครศรีธรรมราช อำเภอหัวหินจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดสตูล และจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญและจำเป็นในการที่จะนำมาวิเคราะห์หาทิศทางลมและความเร็วลม (m/s) เพื่อที่จะเลือกจุดที่มีทิศทางลมพัดผ่านตลอดทั้งปีในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 4.2 แสดงความเร็วลมเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 – 2554 ภาคใต้ของไทย

จังหวัด	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)
จังหวัดสตูล	7.88
อำเภอฉวาง จังหวัดนครศรีธรรมราช	5.55
สำนักงานเกษตรอำเภอ จังหวัดสุราษฎร์ธานี	5.95
อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	6.50

จากข้อมูลในตารางที่ 4.2 ทุกจังหวัดสามารถที่จะเลือกทำการติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าได้ เนื่องจากทุกที่มีความเร็วลมเฉลี่ยเกิน 5 เมตรต่อวินาที แต่ในการที่จะเลือกลงทุนในโครงการนั้น ก็สามารถเลือกจังหวัดที่มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด เพื่อจะผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้มากที่สุด ได้ระยะเวลาคืนทุนและอัตราผลตอบแทนในโครงการนี้เร็วที่สุด ซึ่งช่วยให้ผู้ลงทุนสามารถตัดสินใจได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ดังนั้น จังหวัดที่เลือกเพื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์ คือ **จังหวัดสตูล** ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงความเร็วลมและทิศทางลมที่พัดผ่านจังหวัดสตูล ปี พ.ศ. 2551

เดือน	ทิศทาง	ความเร็วลม (m/s)
มกราคม	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)	7.73
กุมภาพันธ์	ทิศตะวันออก (E)	7.73
มีนาคม	ทิศตะวันออก (E)	7.73
เมษายน	ทิศใต้ (S)	7.73
พฤษภาคม	ทิศตะวันตก (W)	7.21
มิถุนายน	ทิศตะวันตก (W)	9.72
กรกฎาคม	ทิศตะวันตก (W)	9.72
สิงหาคม	ทิศตะวันตก (W)	6.69
กันยายน	ทิศตะวันตก (W)	8.76
ตุลาคม	ทิศตะวันตก (W)	6.69
พฤศจิกายน	ทิศตะวันออก (E)	7.21
ธันวาคม	ทิศตะวันออก (E)	12.36

ตารางที่ 4.4 แสดงความเร็วลมและทิศทางลมที่พัดผ่านจังหวัดสตูล ปี พ.ศ. 2552

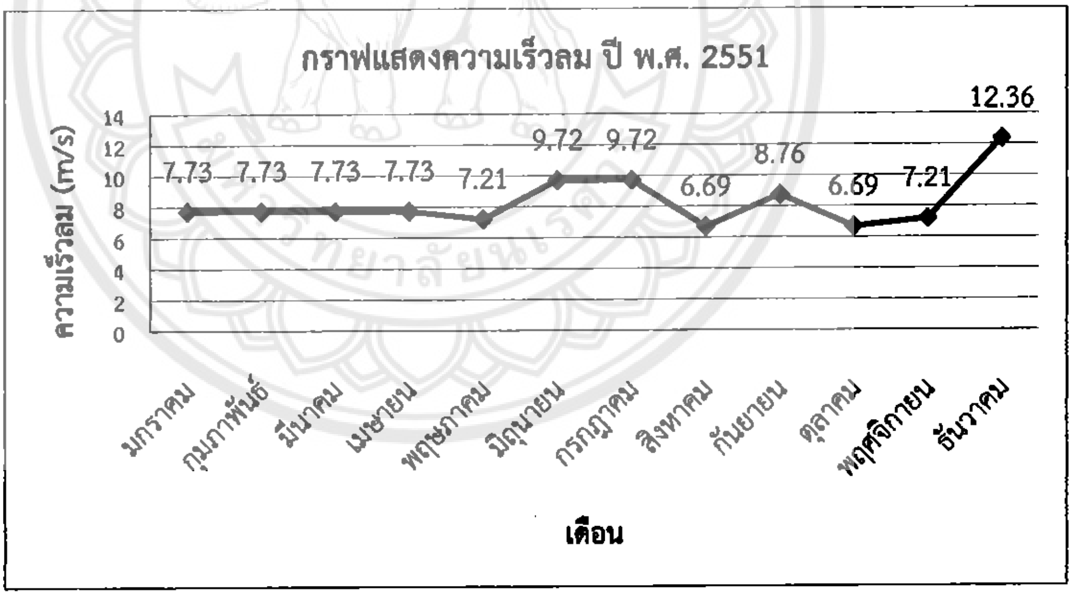
เดือน	ทิศทาง	ความเร็วลม (m/s)
มกราคม	ทิศตะวันออก (E)	7.73
กุมภาพันธ์	ทิศตะวันออก (E)	8.24
มีนาคม	ทิศตะวันออก (E)	8.76
เมษายน	ทิศตะวันตก (W)	7.21
พฤษภาคม	ทิศตะวันตก (W)	7.73
มิถุนายน	ทิศตะวันตก (W)	8.76
กรกฎาคม	ทิศตะวันตก (W)	8.24
สิงหาคม	ทิศตะวันตก (W)	13.91
กันยายน	ทิศตะวันตก (W)	9.72
ตุลาคม	ทิศตะวันตก (W)	8.76
พฤศจิกายน	ทิศตะวันออก (E)	6.69
ธันวาคม	ทิศตะวันออก (E)	9.72

ตารางที่ 4.5 แสดงความเร็วลมและทิศทางลมที่พัดผ่านจังหวัดสตูล ปี พ.ศ. 2553

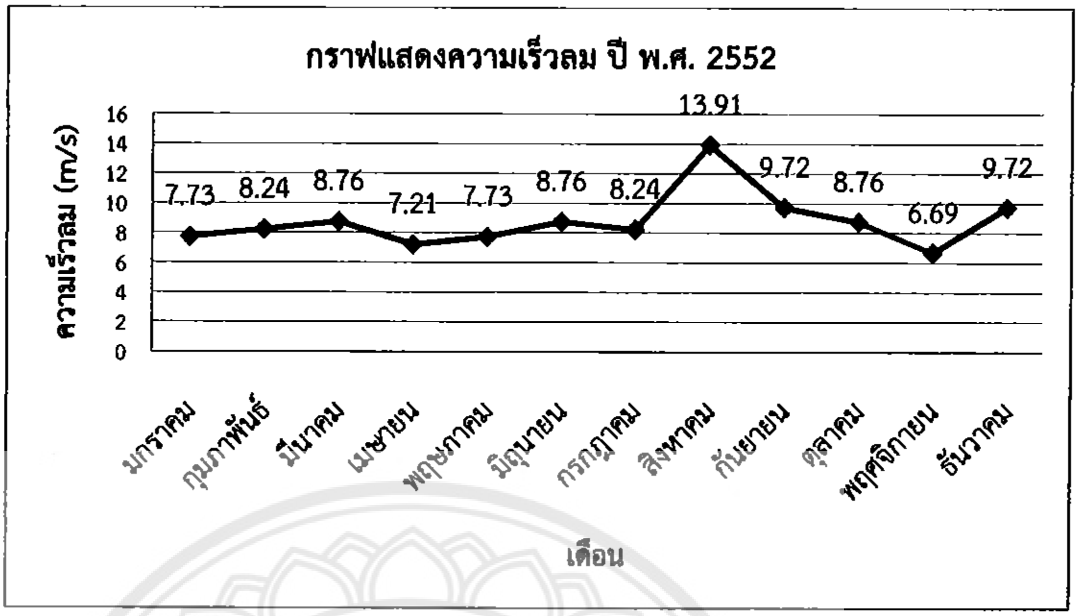
เดือน	ทิศทาง	ความเร็วลม (m/s)
มกราคม	ทิศตะวันออก (E)	7.21
กุมภาพันธ์	ทิศตะวันออก (E)	7.21
มีนาคม	ทิศตะวันออก (E)	7.73
เมษายน	ทิศตะวันออก (E)	7.21
พฤษภาคม	ทิศตะวันตก (W)	7.73
มิถุนายน	ทิศตะวันตก (W)	7.73
กรกฎาคม	ทิศตะวันตก (W)	9.79
สิงหาคม	ทิศตะวันตก (W)	6.18
กันยายน	ทิศตะวันตก (W)	9.72
ตุลาคม	ทิศตะวันตก (W)	8.24
พฤศจิกายน	ทิศตะวันออก (E)	7.73
ธันวาคม	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)	6.18

ตารางที่ 4.6 แสดงความเร็วลมและทิศทางลมที่พัดผ่านจังหวัดสตูล ปี พ.ศ. 2554

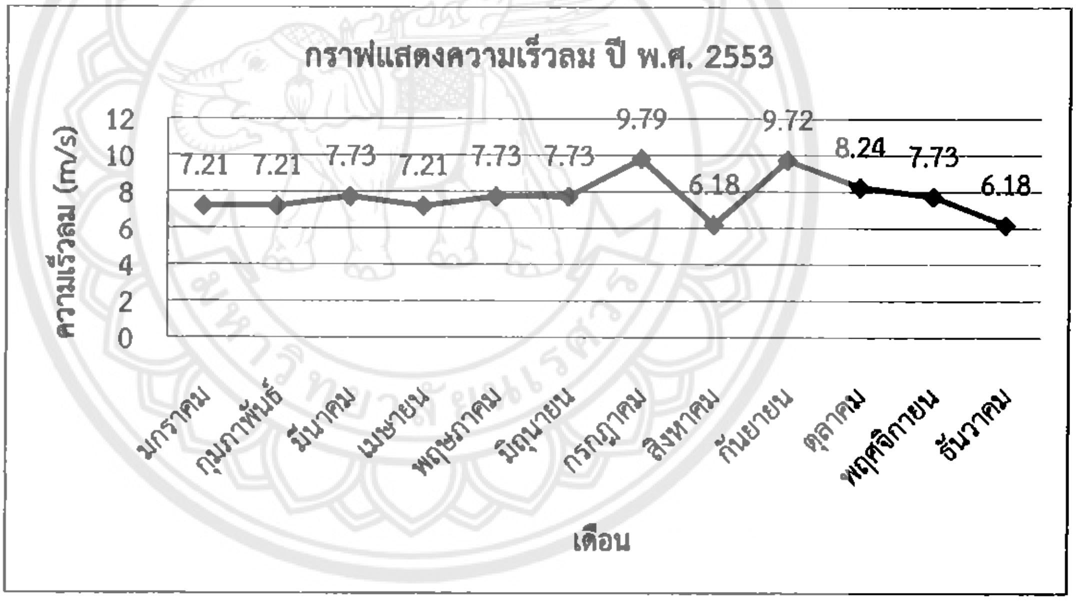
เดือน	ทิศทาง	ความเร็วลม (m/s)
มกราคม	ทิศตะวันออก (E)	8.76
กุมภาพันธ์	ทิศตะวันออก (E)	8.24
มีนาคม	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)	6.69
เมษายน	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)	6.69
พฤษภาคม	ทิศตะวันตก (W)	6.18
มิถุนายน	ทิศตะวันตก (W)	9.79
กรกฎาคม	ทิศตะวันตก (W)	7.73
สิงหาคม	ทิศตะวันตก (W)	8.24
กันยายน	ทิศตะวันตก (W)	8.24
ตุลาคม	ทิศตะวันตก (W)	7.73
พฤศจิกายน	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)	7.73
ธันวาคม	ทิศตะวันออก (E)	8.76



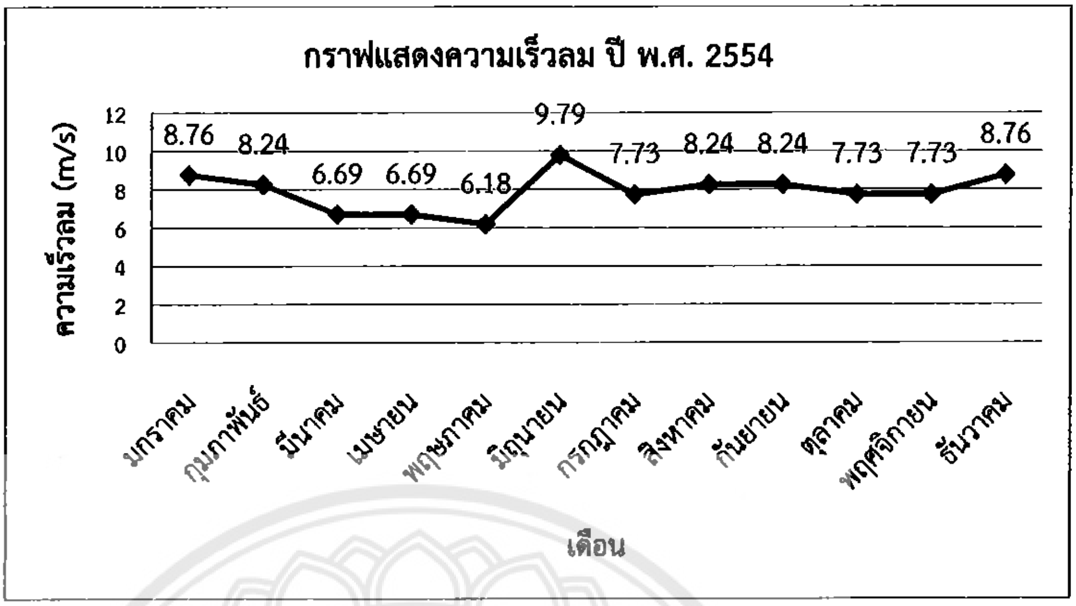
รูปที่ 4.3 แสดงกราฟความเร็วลมสูงสุดในปี พ.ศ. 2551



รูปที่ 4.4 แสดงกราฟความเร็วลมสูงสุดในปี พ.ศ. 2552



รูปที่ 4.5 แสดงกราฟความเร็วลมสูงสุดในปี พ.ศ. 2553



รูปที่ 4.6 แสดงกราฟความเร็วลมสูงสุดในปี พ.ศ. 2554

ตารางที่ 4.7 แสดงความเร็วลม (m/s) ที่เกิดขึ้นในทิศทางต่างๆ ของปี พ.ศ. 2551 – 2554

ทิศ	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
			7.73		7.73			
			8.24		7.21			
			6.69		8.76			
			6.69		7.73			
			7.73		8.24			
			6.18		7.21			
					7.73			
					8.76			
					7.73			
					7.21			
					7.21			
					6.69			
					7.73			
					12.36			
					9.72			
					8.76			
เฉลี่ย			**7.21**		**8.17**			

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) แสดงความเร็วลม (m/s) ที่เกิดขึ้นในทิศทางต่างๆ ของปี พ.ศ. 2551 – 2554

ทิศ	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
	7.73				8.76			
					9.72			
					9.72			
					8.24			
					6.69			
					8.76			
					8.24			
					7.73			
					6.69			
					13.91			
					6.18			
					8.24			
					9.72			
					8.24			
					9.79			
					7.73			
					9.72			
					8.76			
					7.73			
					9.79			
					7.21			
					7.73			
					7.73			
					6.18			
					7.21			
เฉลี่ย	**7.73**				**8.42**			

ผู้ดำเนินโครงงาน ได้ทำการวิเคราะห์การพัดผ่านของกระแสลมในทิศทางต่างๆ จากตารางที่ 4.7 ซึ่งมีความเร็วเฉลี่ยโดยประมาณ 7.88 เมตรต่อวินาที จากนั้นนำความเร็วลมของแต่ละทิศไปเปรียบเทียบกับแผนที่ของจังหวัดสตูล แต่โครงงานนี้ได้รับความช่วยเหลือจากเจ้าหน้าที่ของกรมอุตุนิยมวิทยาสตูล ที่ได้ให้คำปรึกษาในด้านการเปรียบเทียบหาตำแหน่งและทิศทางของลม จึงทำให้

ข้อมูลมีความถูกต้องและแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการที่จะนำข้อมูลไปทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการติดตั้งกังหันลม

4.1.3.1 อำเภอในจังหวัดสตูล

ก. อำเภอเมืองสตูล

ข. อำเภอควนโดน

ค. อำเภอท่าแพ

ง. อำเภอละงู

จ. อำเภอทุ่งหญ้า

ฉ. อำเภอมะนัง

4.1.3.2 อาณาเขตติดต่อในจังหวัดสตูล

ก. ทิศเหนือ ติดต่อกับอำเภอท่าแพและอำเภอควนโดน

ข. ทิศตะวันออก ติดต่อกับรัฐปะลิส ประเทศมาเลเซีย

ค. ทิศใต้ติดต่อกับ ติดต่อกับรัฐปะลิส ประเทศมาเลเซีย

ง. ทิศตะวันตก จรดกับทะเลอันดามัน

4.1.3.3 เลือกสถานที่จากการวิเคราะห์

ก. ทิศตะวันออก (E) เขาพญาวังและอุทยานแห่งชาติทะเลบัน มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 8.17 เมตรต่อวินาที

ข. ทิศตะวันตก (W) เกาะตะเกียงและท่าเรือเจ๊ะบิลัง มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 8.42 เมตรต่อวินาที

สถานที่ที่ได้เลือกในการติดตั้งกังหันลม อาจจะต้องมีการขออนุญาตเพื่อที่จะเข้าไปทำการติดตั้งกังหันลม เนื่องจากเป็นสถานที่เขตหวงห้ามและเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ต่างๆและพืชพันธุ์ธรรมชาตินานาชนิด

4.1.4 การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า

ในการที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้นั้น ก่อนอื่นจะต้องมีการเปรียบเทียบกังหันลมแต่ละชนิดเพื่อที่จะกำหนดและให้ทราบถึงคุณลักษณะที่ใช้ โดยจะมีค่าที่สำคัญ ได้แก่

4.1.4.1 สัมประสิทธิ์การใช้งาน (Performance Coefficient : Cp)

$$C_p = \frac{1}{2} \times \rho_a \times A \times V_1^3 \qquad (4.1)$$

โดยที่ ρ_a คือ ความหนาแน่นของอากาศ ณ อุณหภูมิ 27 °C มีค่าเท่ากับ 1.225 kg/m^3

A คือ พื้นที่หน้าตัดของกังหันลม มีค่าเท่ากับ $\frac{\pi D^2}{4}$

V คือ ความเร็วลมเฉลี่ยของแต่ละอำเภอ

4.1.4.2 สัมประสิทธิ์โดยรวมของกังหันลม (Toal Efficient : η_{tot})

$$\eta_{tot} = C_p \times \eta_{tr} \times \eta_{mo} = \frac{16}{27} \tag{4.2}$$

4.1.4.3 พลังงานที่ได้จากกังหันลม

$$P_{out} = C_p \times \frac{1}{2} \times \rho_a \times A \times V_1^3 \tag{4.3}$$

สามารถคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าโดยนำความเร็วลมที่มีแนวโน้มว่าจะพัดผ่านมาแทนในสูตรข้างต้น ได้ดังนี้

$$P_{out} = C_p \times \frac{1}{2} \times \rho_a \times A \times V_1^3$$

$$P_{out} = C_p \times \frac{1}{2} \times \rho_a \times \frac{\pi D^2}{4} \times V_1^3$$

D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของใบกังหัน

4.2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านวิศวกรรม

4.2.1 การวิเคราะห์ชนิดของกังหันลม

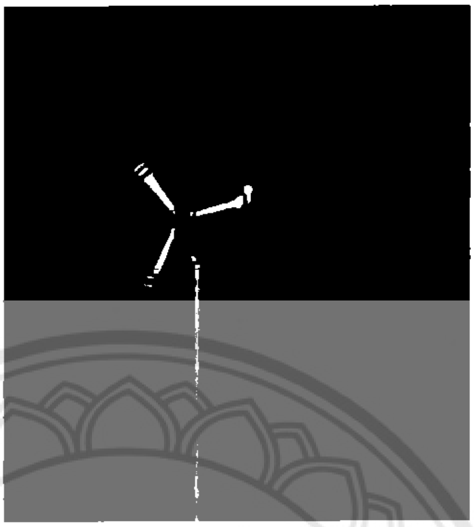
ทำการศึกษาและวิเคราะห์กังหันลมประเภทต่างๆ ที่ได้วางขายในท้องตลาดต่างประเทศ และนำมาเปรียบเทียบกับศักยภาพของลมที่บริเวณเขาพญาวัง อุทยานแห่งชาติทะเลบัน เกาะตะเกียง และท่าเรือเจ๊ะบิลัง สามารถจะสรุปความเหมาะสมและความน่าจะเป็นในการเลือกกังหันลมที่ใช้สำหรับที่จะผลิตกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบกังหันลมรุ่นต่างๆ ที่กำลังการผลิต 1000 วัตต์

รุ่นของกังหัน	ความเร็วลมเริ่มต้น (m/s)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (m)
Southwest Whisper 200	3.1	2.7
Soma	3.5	2.7
Kestrel e300	2.5	3
Jetstream II SP1000	2.8	2.8

จากผลการวิเคราะห์ ผู้ดำเนินโครงงานได้เลือกกังก้นลมยี่ห้อ Southwest รุ่น Whisper 200 ขนาด 3 ใบพัด แบบแนวแกนนอนของประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากเส้นผ่าศูนย์กลางของกังหันลมรุ่นนี้มีขนาดเล็ก ทำให้ความสามารถในการรับลมมีโอกาสเป็นไปได้สูงและอัตราการหมุนทดรอบสั้น

และความเร็วลมเริ่มต้นที่จะทำให้ใบพัดหมุนอยู่ในช่วงของความเร็วลมที่เหมาะสมกับความเร็วลมของประเทศไทย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4.7 แสดงกังหันลมยี่ห้อ Southwest รุ่น Whisper 200
ที่มา : www.windenergy.com

4.2.1.1 รายละเอียดทั่วไป

ก. ใบพัดเริ่มทำงานที่ 3.1 เมตรต่อวินาที

ข. ความเร็วลมที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า 7.0 เมตรต่อวินาที

ค. ความเร็วสูงสุดที่รับได้ 55 เมตรต่อวินาที

ง. เส้นผ่าศูนย์กลางใบพัด 2.7 เมตร

จ. ผลิตไฟฟ้าได้ 158 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน ที่ 5.4 เมตรต่อวินาที

ฉ. ผลิตไฟฟ้าได้ 1,000 Watt ขึ้นไป

ช. มี 3 ใบพัด รับประกันใบพัด 5 ปี

ซ. อายุการใช้งานของกังหันลม 20 ปี

4.2.1.2 คุณสมบัติ

ก. ปรับหาทิศทางลมด้วยตัวเองโดยอัตโนมัติและมีการเพิ่มพื้นที่ของใบพัดให้สามารถกวาดลมได้มาก

ข. หยุดการทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อความเร็วลมสูงเกินกว่าที่กำหนด

ค. มีระบบป้องกันลมพายุที่ทำงานคู่กันกับระบบควบคุมอัตโนมัติและสามารถเปลี่ยนมุมในการปะทะกับลมที่เข้ามา หากเกิดแรงกระทำมากกว่า

ง. มีหน้าจอ LCD ทำให้ได้รับข้อมูลทันที

จ. เป็นกังหันลมที่มีศักยภาพสูงแม้ว่าอยู่ในระดับลมที่ต่ำหรือปานกลาง

4.2.1.3 ส่วนประกอบของกังหันลม

ก. กังหันลมประกอบด้วยแกนหมุน 4 ตัว ทำให้การทำงานราบลื่นและมีอายุการใช้งานยาวนาน

ข. มีสเตเตอร์ที่ช่วยในการแปลงแรงดันไฟฟ้า

ค. ใช้แรงดันไฟฟ้า 12 V, 24 V, 36 V DC ก็ได้

ง. ใช้หางเสือในการควบคุมกังหัน

จ. ตัวกังหันทำจากอลูมิเนียมหล่อและ Marine

ฉ. ตัวใบพัดทำจากคาร์บอนเสริมใยแก้ว

ช. ขนาดในการขนส่ง 1295 x 508 x 330 mm น้ำหนัก 39.46 kg

4.2.1.4 รายละเอียดของเสา

ก. ลวดยึดด้านบนเสา กลางเสาและด้านล่างอย่างละ 1 เส้น

ข. ฐานของเสา 1 ตัว

ค. น็อตตัวผู้ $\frac{3}{8}$ นิ้ว x 2 นิ้ว 10 ตัว

ง. น็อตตัวผู้ $\frac{3}{8}$ นิ้ว x $3\frac{1}{2}$ นิ้ว 6 ตัว

จ. น็อตตัวผู้ $\frac{3}{8}$ นิ้ว 24 ตัว

ฉ. สาย Thimbles 12 เส้น

ช. สาย Clamps 36 เส้น

ซ. น็อตตัวผู้หกเหลี่ยม 8 ตัว

ฌ. สายเชื่อมโยงเครือข่าย 1 เส้น

ญ. สายเชื่อมโยงทางตรง 1 เส้น

ฎ. สายล่อฟ้า

ฏ. สายไฟฟ้า

4.2.1.5 รายละเอียดเครื่องมือและอุปกรณ์ในการติดตั้ง

ก. ประแจ $\frac{9}{16}$ นิ้ว

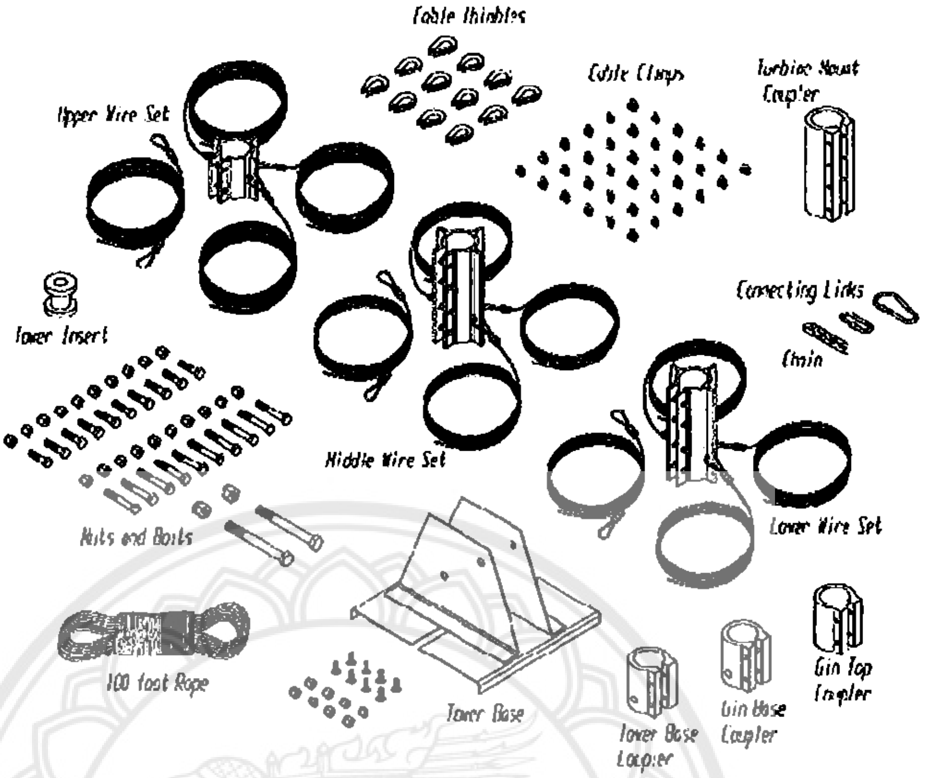
ข. ค้อน

ค. ประแจ $\frac{15}{16}$ นิ้ว

ง. บันได 10 ฟุต

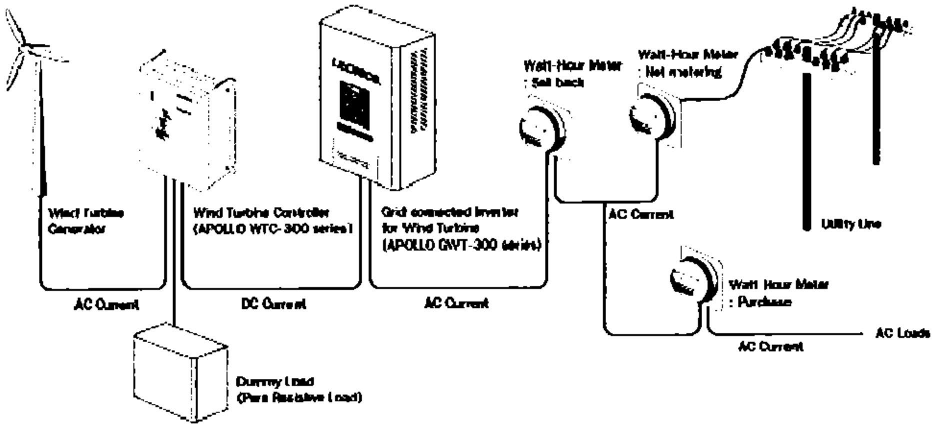
จ. มอเตอร์เจาะไม้ $\frac{3}{8}$ นิ้ว

ฉ. เครื่องตัดเหล็ก $\frac{3}{8}$ นิ้ว



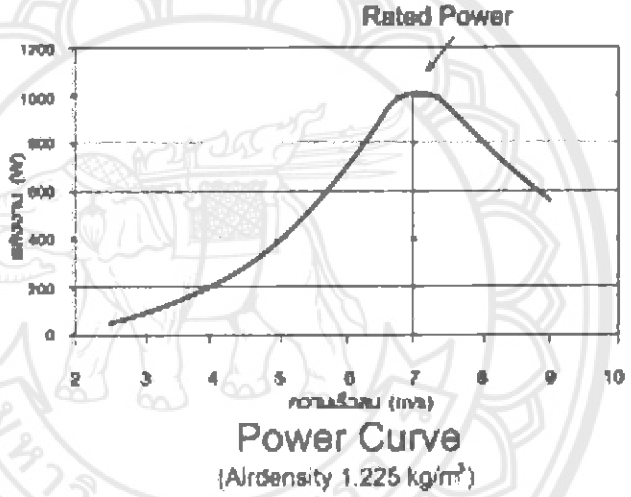
รูปที่ 4.8 แสดงส่วนประกอบของเสา
ที่มา : Southwest Windpower

ผู้ดำเนินโครงการได้เลือกที่จะติดตั้งกังหันลมยี่ห้อ Southwest Whisper 200 กับระบบการติดตั้งแบบเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบสายส่ง (Grid Connected System) เนื่องจากว่า เป็นการติดตั้งแบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง จะไม่มีชุดเก็บพลังงานหรือแบตเตอรี่ (Battery Bank) ซึ่งระบบนี้ได้มีการใช้ APOLLO GWT – 300 Series เป็นเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดต่อเชื่อมสายส่งสำหรับกังหันลม เหมาะสำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Generator) ซึ่งถูกขับเคลื่อนด้วยกังหันลมโดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากเครื่องควบคุมการทำงานของกังหันลม (APOLLO WTC – 300 Series) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) และจ่ายไปยังระบบสายส่งการไฟฟ้า



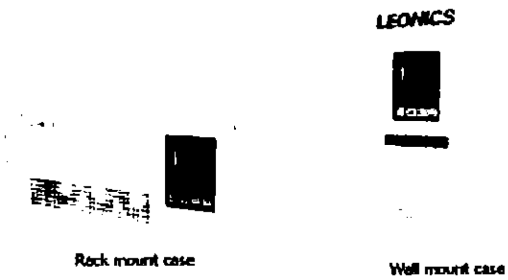
รูปที่ 4.9 แสดงระบบการเชื่อมต่อแบบ Grid Connected ของกังหันลม Southwest Whisper 200

ที่มา : www.leonics.com



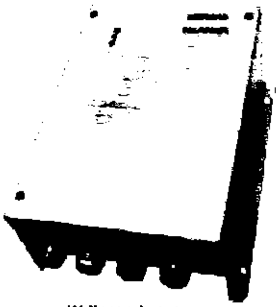
รูปที่ 4.10 แสดงกราฟอัตราการผลิตไฟฟ้า

ที่มา : www.windpower.com



รูปที่ 4.11 แสดงเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดต่อเชื่อมสายส่ง APOLLO GWT - 300

ที่มา : www.leonics.com



รูปที่ 4.12 แสดงเครื่องควบคุมการทำงานของกังหันลม APOLLO WTC - 300

ที่มา : www.leonics.com

4.3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์หาอัตราผลตอบแทนของโครงการและระยะเวลาคืนทุน รวมถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุนไม่ว่าจะเป็นเกี่ยวกับต้นทุนของกังหันลม ค่าดำเนินการในการติดตั้งเสาและใบพัด ค่าบำรุงรักษากังหันลมและการซ่อมบำรุงในเวลาที่เกิดความเสียหายหรืออาจมีการทำความสะอาดระบบกลไกต่างๆ เพื่อให้กังหันลมมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน มีการกำหนดหน่วยค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายแปรผัน

4.3.1 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ตารางที่ 4.9 แสดงเงินลงทุนเบื้องต้นของกังหันลมขนาด 1000 วัตต์

เงินลงทุนเบื้องต้น	จำนวนเงิน (บาท)
ชุดกังหัน	38,700
เสา	38,924
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	3,336
เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดต่อเชื่อมสายส่ง	28,000
เครื่องควบคุมการทำงานของกังหันลม	37,000
ค่าติดตั้ง	158,875
ค่าขนส่ง	5,000
ค่าซ่อมบำรุงต่อปี	5,958
ค่าใช้จ่ายในการทดสอบระบบ	11,000
บุคลากร	44,000
มูลค่าสินทรัพย์	368,793
ที่ดิน	-
รวมเงินลงทุนเบื้องต้น	**368,793**

4.3.2 การวิเคราะห์พลังงานที่ผลิตได้ของกังหันลมขนาด 1000 วัตต์

4.3.2.1 พลังงานที่ผลิตได้ (หน่วยต่อปี)

พลังงานที่ผลิตได้ (หน่วยต่อปี) = ขนาดกังหันลม x plant factor 20 % x จำนวนชั่วโมง 1 ปี

= 1 kW x 20 % x 8,760

= 1,752 หน่วยต่อปี

4.3.2.2 หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวัน

หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวัน = ขนาดกังหันลม x กำลังการผลิตเฉลี่ย x ระยะเวลาลมเฉลี่ย

= 1000 x 100 % x 24

= 24,000 กิโลวัตต์ชั่วโมง

4.3.2.3 รายได้จากการขายกระแสไฟฟ้า

รายได้จากการขายกระแสไฟฟ้า = ราคาไฟฟ้าที่ขาย + Adder

= 2.75 + 2.50

= 5.25 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง

4.3.2.4 รายได้ต่อปี

รายได้ต่อปี = 5.25 x 24,000 x 365

= 126,365 บาทต่อปี

4.3.2.5 ค่าบำรุงรักษาต่อปี

ค่าบำรุงรักษาต่อปี = ต้นทุนกังหัน (A/P , 3.75 % , 20)

= 143,960 (0.0720)

= 10,365.12 บาทต่อปี

4.3.2.6 ค่าเสื่อมราคาต่อปี

เงินลงทุน = 368,793 บาท

คิดที่ 30 % ของเงินลงทุน = 110,638 บาท

ค่าเสื่อมราคาตลอดอายุการใช้งาน = 368,793 - 110,638

= 258,155 บาท

ค่าเสื่อมราคาต่อปี = 258,155 / 20

= 12,908 บาท

4.3.2.7 อัตราผลตอบแทน (ROI)

$$\text{อัตราผลตอบแทน (ROI)} = \frac{\text{กำไรเฉลี่ยต่อปี}}{\text{เงินลงทุน}} \times 100$$

$$\text{กำไรเฉลี่ยต่อปี} = \frac{\text{เงินลงทุนเบื้องต้น}}{\text{ปี}}$$

$$= \frac{368,793}{20}$$

$$= 18,439.65$$

$$= \frac{18,439.65}{368,793} \times 100$$

= ร้อยละ 5

4.3.3 การวิเคราะห์การไหลของเงิน

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าการบำรุงรักษาในอัตราดอกเบี้ยต่างๆ

ดอกเบี้ย (ร้อยละ)	ดอกเบี้ยเฉลี่ย 20 ปี	ค่าบำรุงรักษา (บาท)	ต้นทุนกังหันลม (บาท)
3.75	0.0720	10,365.12	143,960
5.00	0.0802	11,545.59	143,960
7.00	0.0944	13,589.82	143,960
10.00	0.1175	16,915.30	143,960

ตารางที่ 4.11 แสดงการไหลของเงินที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 3.75

ปี	เงินเข้า	เงินออก	เงินสุทธิ	มูลค่าปัจจุบัน	มูลค่าปัจจุบันสะสม
0	0.00	368,793	-368,793	-368,793	-368,793
1	126,365.00	10,365.12	115,999.88	115,611.19	-253,181.81
2	126,365.00	10,365.12	115,999.88	120,889.11	-132,292.70
3	126,365.00	10,365.12	115,999.88	122,648.07	-9,644.64
4	126,365.00	10,365.12	115,999.88	123,525.99	113,881.36
5	126,365.00	10,365.12	115,999.88	124,052.54	237,933.90
6	126,365.00	10,365.12	115,999.88	124,403.92	362,337.82
7	126,365.00	10,365.12	115,999.88	124,653.72	486,991.54
8	126,365.00	10,365.12	115,999.88	124,841.33	611,832.86
9	126,365.00	10,365.12	115,999.88	124,986.44	736,819.30
10	126,365.00	10,365.12	115,999.88	125,102.53	861,921.83
11	126,365.00	10,365.12	115,999.88	125,197.89	987,119.72
12	126,365.00	10,365.12	115,999.88	125,276.66	1,112,396.38
13	126,365.00	10,365.12	115,999.88	125,343.00	1,237,739.38
14	126,365.00	10,365.12	115,999.88	125,400.01	1,363,139.39
15	126,365.00	10,365.12	115,999.88	125,448.72	1,488,588.11
16	126,365.00	10,365.12	115,999.88	125,492.26	1,614,080.37
17	126,365.00	10,365.12	115,999.88	125,529.57	1,739,609.94
18	126,365.00	10,365.12	115,999.88	125,562.74	1,865,172.68
19	126,365.00	10,365.12	115,999.88	125,592.80	1,990,765.48
20	126,365.00	10,365.12	115,999.88	125,618.71	2,116,384.19

ตารางที่ 4.12 แสดงการไหลของเงินที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5

ปี	เงินเข้า	เงินออก	เงินสุทธิ	มูลค่าปัจจุบัน	มูลค่าปัจจุบันสะสม
0	0.00	368,793	-368,793	-368,793	-368,793
1	126,365.00	11,545.59	114,819.41	114,242.13	-254550.87
2	126,365.00	11,545.59	114,819.41	120,155.78	-134395.09
3	126,365.00	11,545.59	114,819.41	122,125.46	-12269.63
4	126,365.00	11,545.59	114,819.41	123,109.14	110839.52
5	126,365.00	11,545.59	114,819.41	123,697.97	234,537.48
6	126,365.00	11,545.59	114,819.41	124,090.52	358,628.00
7	126,365.00	11,545.59	114,819.41	124,369.92	482,997.92
8	126,365.00	11,545.59	114,819.41	124,578.90	607,576.82
9	126,365.00	11,545.59	114,819.41	124,740.54	732,317.36
10	126,365.00	11,545.59	114,819.41	124,869.85	857,187.20
11	126,365.00	11,545.59	114,819.41	124,974.91	982,162.11
12	126,365.00	11,545.59	114,819.41	125,062.66	1,107,224.77
13	126,365.00	11,545.59	114,819.41	125,135.39	1,232,360.17
14	126,365.00	11,545.59	114,819.41	125,198.90	1,357,559.06
15	126,365.00	11,545.59	114,819.41	125,253.16	1,482,812.22
16	126,365.00	11,545.59	114,819.41	125,299.34	1,608,111.56
17	126,365.00	11,545.59	114,819.41	125,340.91	1,733,452.47
18	126,365.00	11,545.59	114,819.41	125,377.85	1,858,830.32
19	126,365.00	11,545.59	114,819.41	125,410.18	1,984,240.50
20	126,365.00	11,545.59	114,819.41	125,439.04	2,109,679.55

ตารางที่ 4.13 แสดงการไหลของเงินที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 7

ปี	เงินเข้า	เงินออก	เงินสุทธิ	มูลค่าปัจจุบัน	มูลค่าปัจจุบันสะสม
0	0.00	368,793	-368,793	-368,793	-368,793
1	126,365.00	13,589.82	112,775.18	111,823.89	-256,969.11
2	126,365.00	13,589.82	112,775.18	118,848.47	-138,120.64
3	126,365.00	13,589.82	112,775.18	121,185.92	-16,934.72
4	126,365.00	13,589.82	112,775.18	122,353.29	105,418.57
5	126,365.00	13,589.82	112,775.18	123,050.44	228,469.01
6	126,365.00	13,589.82	112,775.18	123,513.86	351,982.87
7	126,365.00	13,589.82	112,775.18	123,842.73	475,825.60
8	126,365.00	13,589.82	112,775.18	124,088.71	599,914.30
9	126,365.00	13,589.82	112,775.18	124,278.96	724,193.26
10	126,365.00	13,589.82	112,775.18	124,429.81	848,623.07
11	126,365.00	13,589.82	112,775.18	124,552.12	973,175.19
12	126,365.00	13,589.82	112,775.18	124,654.04	1,097,829.23
13	126,365.00	13,589.82	112,775.18	124,738.30	1,222,567.53
14	126,365.00	13,589.82	112,775.18	124,811.68	1,347,379.22
15	126,365.00	13,589.82	112,775.18	124,872.84	1,472,252.05
16	126,365.00	13,589.82	112,775.18	124,925.84	1,597,177.89
17	126,365.00	13,589.82	112,775.18	124,973.40	1,722,151.29
18	126,365.00	13,589.82	112,775.18	125,014.17	1,847,165.47
19	126,365.00	13,589.82	112,775.18	125,049.51	1,972,214.97
20	126,365.00	13,589.82	112,775.18	125,082.12	2,097,297.09

ตารางที่ 4.14 แสดงการไหลของเงินที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 10

ปี	เงินเข้า	เงินออก	เงินสุทธิ	มูลค่าปัจจุบัน	มูลค่าปัจจุบันสะสม
0	0.00	368,793	-368,793	-368,793	-368,793
1	126,365.00	16,915.30	109,449.70	107,758.17	-261034.83
2	126,365.00	16,915.30	109,449.70	116,618.40	-144416.43
3	126,365.00	16,915.30	109,449.70	119,563.36	-24853.07
4	126,365.00	16,915.30	109,449.70	121,028.22	96,175.15
5	126,365.00	16,915.30	109,449.70	121,902.74	218,077.90
6	126,365.00	16,915.30	109,449.70	122,481.25	340,559.15
7	126,365.00	16,915.30	109,449.70	122,890.60	463,449.74
8	126,365.00	16,915.30	109,449.70	123,195.07	586,644.82
9	126,365.00	16,915.30	109,449.70	123,428.50	710,073.32
10	126,365.00	16,915.30	109,449.70	123,612.88	833,686.20
11	126,365.00	16,915.30	109,449.70	123,760.04	957,446.24
12	126,365.00	16,915.30	109,449.70	123,881.83	1,081,328.08
13	126,365.00	16,915.30	109,449.70	123,983.33	1,205,311.40
14	126,365.00	16,915.30	109,449.70	124,069.59	1,329,381.00
15	126,365.00	16,915.30	109,449.70	124,140.64	1,453,521.64
16	126,365.00	16,915.30	109,449.70	124,203.22	1,577,724.86
17	126,365.00	16,915.30	109,449.70	124,255.66	1,701,980.52
18	126,365.00	16,915.30	109,449.70	124,303.02	1,826,283.55
19	126,365.00	16,915.30	109,449.70	124,343.62	1,950,627.17
20	126,365.00	16,915.30	109,449.70	124,377.45	2,075,004.62

ตารางที่ 4.15 แสดงผลสรุปของการวิเคราะห์กังหันลมกำลังการผลิต 1000 วัตต์

รายการ	จำนวน
รวมเงินลงทุนเบื้องต้น (บาท)	368,793
พลังงานที่ผลิตได้ (หน่วยต่อปี)	1,752
หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวัน (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	24,000
รายได้ในการขายกระแสไฟฟ้า (บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)	5.25
รายได้ต่อปี (บาท)	126,365
ค่าบำรุงรักษา (บาท) (ร้อยละ 3.75)	10,365.12
ค่าเสื่อมราคาต่อปี (บาท)	12,908
อัตราผลตอบแทน (ร้อยละ)	5
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	4
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	2,116,384.19

4.4 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด

4.4.1 การวิเคราะห์ทางด้านวัสดุอุปกรณ์

ตารางที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการใช้วัสดุภายในประเทศและต่างประเทศ

วัสดุที่ใช้	ข้อดี	ข้อเสีย
ใช้วัสดุภายในประเทศ	- วัสดุ อะไหล่และอุปกรณ์หาได้ง่ายทั่วไปในท้องตลาด	- วัสดุอาจจะไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร - ปัญหาเรื่องความคงทนของวัสดุ - อายุการใช้งานของวัสดุ - ความน่าเชื่อถือและความเป็นมาตรฐาน
	- วัสดุราคาถูกและมีการประหยัดงบประมาณการซื้อ	- คุณภาพของวัสดุ
	- มีความซับซ้อนน้อย ติดตั้งง่าย ใช้บุคลากรในพื้นที่มาเรียนรู้อบรมให้ปฏิบัติงานและแก้ไขงานได้ ลดค่าใช้จ่ายในการจ่ายบุคลากร	

ตารางที่ 4.16 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการใช้วัสดุภายในประเทศและต่างประเทศ

วัสดุที่ใช้	ข้อดี	ข้อเสีย
ใช้วัสดุภายในประเทศ	- สามารถที่จะตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษาในเวลาที่เกิดปัญหาได้	
	- สามารถพัฒนาวัสดุที่เหมาะสมกับความเร็วลมในสภาพแวดล้อมภูมิอากาศของไทย	
ใช้วัสดุที่มาจากต่างประเทศ	- การทำงานของกังหันลมมีประสิทธิภาพสูงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน	- เมื่อเกิดปัญหาในเรื่องอะไหล่ก็ต้องมีการสั่งจากต่างประเทศและเกิดปัญหาในเรื่องการรออะไหล่กังหันลมที่มาจากต่างประเทศเหมาะกับลมค่อนข้างสูง
	- ใช้วัสดุที่เป็นมาตรฐาน มีการรองรับคุณภาพ	- ต้นทุนวัสดุมีราคาแพงอะไหล่เป็นรูปแบบเฉพาะทาง
	- กังหันลมมีการทำงานที่เป็นระบบและมีการติดตั้งด้วยช่างผู้เชี่ยวชาญ	- มีความซับซ้อนการระบบและต้องใช้ช่างผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง
	- กังหันลมมีการทำงานที่เป็นระบบและมีการติดตั้งด้วยช่างผู้เชี่ยวชาญ	- มีความซับซ้อนการระบบและต้องใช้ช่างผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง

4.4.2 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในด้านการตลาด

กระทรวงพลังงาน ได้มีนโยบายให้การสนับสนุนและสร้างแรงจูงใจด้วยการกำหนดนโยบายให้ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (Adder) กับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ซึ่งส่วนเพิ่มที่ให้นั้นจะบวกจากค่าไฟฟ้าที่ผู้ผลิตจำหน่ายเข้าระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) โดยคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) ได้มีมติเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2550 กำหนดให้ส่วนเพิ่มราคารับซื้ออีก 2.50 บาทต่อหน่วย และขยายเวลาในส่วนเพิ่มจาก 7 ปี เป็น 10 ปี หากเป็นการผลิตในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ ให้ส่วนเพิ่มอีก 1.50 บาทต่อหน่วย

4.5 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อม

4.5.1 การวิเคราะห์ผลกระทบด้านเสียง

การติดตั้งกังหันลมรุ่น Southwest Whisper 200 จะต้องมีระดับของเสียงในการหมุนของใบพัด ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบในด้านการได้ยินและรบกวนประสาทหู การได้รับเสียงเกินวันละ 8 ชั่วโมงจะต้องมีระดับของเสียงติดต่อกันไม่เกิน 80 เดซิเบลเอ มิฉะนั้นแล้วก็จะทำให้เกิดความเครียด นอนไม่หลับและควรมีการติดตั้งกังหันลมให้ห่างออกไปจากแหล่งชุมชนและเป็นพื้นที่โล่งไม่มีต้นไม้และสิ่งต่างๆ มาบดบังกระแสม

4.5.2 การวิเคราะห์ผลกระทบด้านธรรมชาติ

กังหันลมรุ่น Southwest Whisper 200 เป็นกังหันลมขนาดเล็กที่ติดตั้งกับลมขนาดปานกลาง ประมาณ 7 เมตรต่อวินาทีและความสูงของเสา อาจเป็นอุปสรรคและส่งผลกระทบต่อทัศนียภาพของบางคนที่ไม่ชอบมีสิ่งใดมาบดบังความสวยงาม และชอบมองธรรมชาติไกลๆ แต่อีกแง่หนึ่งในการติดตั้งกังหันก็เป็นการเพิ่มสีสันและความสวยงามให้กับธรรมชาติ เป็นการเพิ่มในเรื่องจินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์

4.5.3 การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

การติดตั้งกังหันในบริเวณที่มีสัตว์และพืชอาศัยอยู่หรือเป็นบริเวณที่เป็นอุทยานและเขตหวงห้าม ทำให้มีผลต่อการผสมพันธุ์ของสัตว์ การอยู่อาศัยและการหากิน เนื่องจากสัตว์ต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลง และการผสมเกสรของดอกไม้การเจริญเติบโต เนื่องจากกระแสลมได้พัดพาออกไปในที่ต่างๆ อาจทำให้การขยายพันธุ์ในบริเวณแห่งนั้นเบาบางลง

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการศึกษาความเป็นไปได้ด้านศักยภาพของลม

ผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับความเร็วและทิศทางลม ของปี พ.ศ. 2551 – 2554 แล้ว และได้เลือกทำการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วลมของกรมอุตุนิยมวิทยาอำเภอฉวาง จังหวัดนครศรีธรรมราช กรมอุตุนิยมวิทยาของสำนักงานเกษตรอำเภอ (สกษ) จังหวัดสุราษฎร์ธานี กรมอุตุนิยมวิทยาอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์และกรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสตูล ผลการวิเคราะห์ คือ ทุกจังหวัดสามารถที่จะทำการติดตั้งกังหันลมได้ เนื่องจากทุกที่มีความเร็วลมเฉลี่ยเกิน 5 เมตรต่อวินาที แต่จังหวัดสตูล มีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 7.88 เมตรต่อวินาที และบริเวณที่จะทำการติดตั้งกังหันนั้น คือ ทิศตะวันออก (E) เขาพญาวังและอุทยานแห่งชาติทะเลบัน มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 8.17 เมตรต่อวินาที ทิศตะวันตก (W) เกาะตะเกียงและท่าเรือเจ๊ะบิลัง มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 8.42 เมตรต่อวินาที

5.2 สรุปการศึกษาความเป็นไปได้ด้านวิศวกรรม

ผู้ดำเนินโครงงานได้เลือกกังกันลมยี่ห้อ Southwest รุ่น Whisper 200 ขนาด 3 ใบพัด แบบแนวแกนนอนของประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากเส้นผ่าศูนย์กลางของกังหันลมรุ่นนี้มีขนาดเล็ก ทำให้ความสามารถในการรับลมมีโอกาสเป็นไปได้สูงและอัตราการหมุนทดรอบสั้น และความเร็วลมเริ่มต้นที่จะทำให้ใบพัดหมุนอยู่ในช่วงของความเร็วลมที่เหมาะสมกับความเร็วลมของประเทศไทย และได้เลือกติดตั้งกับระบบการติดตั้งแบบเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบสายส่ง (Grid Connected System) เนื่องจากว่า เป็นการติดตั้งแบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง จะไม่มีชุดเก็บพลังงานหรือแบตเตอรี่ (Battery Bank) ซึ่งระบบนี้ได้มีการใช้ APOLLO GWT – 300 Series เป็นเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดต่อเชื่อมสายส่งสำหรับกังหันลม เหมาะสำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Generator) ซึ่งถูกขับเคลื่อนด้วยกังหันลมโดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากเครื่องควบคุมการทำงานของกังหันลม (APOLLO WTC – 300 Series) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) และจ่ายไปยังระบบสายส่งการไฟฟ้า

5.3 สรุปการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์

โครงการนี้สามารถช่วยในการตัดสินของผู้ประกอบการที่คิดจะลงทุนเกี่ยวกับพลังงานหมุนเวียนจากลมได้ดังนี้

ตารางที่ 4.17 แสดงผลสรุปของการวิเคราะห์กังหันลมกำลังการผลิต 1000 วัตต์

รายการ	จำนวน
รวมเงินลงทุนเบื้องต้น (บาท)	368,793
พลังงานที่ผลิตได้ (หน่วยต่อปี)	1,752
หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อวัน (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	24,000
รายได้ในการขายกระแสไฟฟ้า (บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)	5.25
รายได้ต่อปี (บาท)	126,365
ค่าบำรุงรักษา (บาท) (ร้อยละ 3.75)	10,365.12
ค่าเสื่อมราคาต่อปี (บาท)	12,908
อัตราผลตอบแทน (ร้อยละ)	5
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	4
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	2,116,384.19

5.4 สรุปการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด

วัสดุที่จะใช้ในการทำกังหันลม ผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ อายุการใช้งาน ความคงทนของวัสดุ ความคุ้มค่าและลดค่าใช้จ่าย รวมถึงประสิทธิภาพของวัสดุ กระทรวงพลังงาน และในด้านของการตลาดที่กระทรวงพลังงานได้มีนโยบายให้การสนับสนุนและสร้างแรงจูงใจด้วยการกำหนดนโยบายให้ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (Adder) กับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ซึ่งส่วนเพิ่มที่ให้นั้นจะบวกจากค่าไฟฟ้าที่ผู้ผลิตจำหน่ายเข้าระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) โดยคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) ได้มีมติเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2550 กำหนดให้ส่วนเพิ่มราคารับซื้ออีก 2.50 บาทต่อหน่วย และขยายเวลาในส่วนเพิ่มจาก 7 ปี เป็น 10 ปี หากเป็นการผลิตในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ให้ส่วนเพิ่มอีก 1.50 บาทต่อหน่วย

5.5 สรุปการศึกษาความเป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อม

การติดตั้งกังหันลมรุ่น Southwest Whisper 200 จะต้องมีระดับของเสียงในการหมุนของใบพัด ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบในด้านการได้ยินและรบกวนประสาทหู การได้รับเสียงเกินวันละ 8 ชั่วโมง จะต้องมีระดับของเสียงติดต่อกันไม่เกิน 80 เดซิเบลเอ มีการติดตั้งกังหันลมให้ห่างออกไปจากแหล่งชุมชน เป็นกังหันลมขนาดเล็กที่เหมาะกับลมขนาดปานกลาง ประมาณ 7 เมตรต่อวินาที ความสูงของเสา อาจเป็นอุปสรรคและส่งผลกระทบต่อทัศนียภาพและบดบังความสวยงาม แล้วยังส่งผลต่อการผสมพันธุ์ของสัตว์ การหากิน และการผสมเกสรของดอกไม้การเจริญเติบโต

5.6 ข้อเสนอแนะ

5.6.1 ข้อมูลที่ได้รับเกี่ยวกับกังหันลมและเสา ส่วนมากเป็นข้อมูลที่มาจากต่างประเทศ

5.6.2 การนำผลการวิจัยโครงงานเรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมที่จังหวัดสตูลไปใช้ ต้องได้รับความร่วมมือและการสนับสนุนจากผู้ชำนาญการหลายฝ่าย เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและศักยภาพของกังหันลมและเกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุด

5.6.3 ไม่สามารถที่จะสำรวจสถานที่ตั้งของกังหันลมและวัดระดับความสูงของลมที่จะติดตั้งกังหันลม เนื่องจากไม่สะดวกที่จะเดินทางไปจังหวัดสตูล

5.6.4 ในการเลือกทำเลที่ตั้งควรจะคำนึงถึงพื้นที่ที่เหมาะสม เพราะอาจเกิดปัญหาในเรื่องเสียงและผลกระทบต่างๆ ตามมา โดยผู้ดำเนินโครงงานยังไม่ได้เข้าไปศึกษาจริง แต่เป็นปัญหาในภาพรวม

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสตูล

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน โครงการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย

กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายพัฒนาและแผนงานโรงไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง (2552). **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Economics).** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดสตูล

ทรงกฤษณ์ ประภักดี. **บทความกังหันลมผลิตไฟฟ้า : มุมมองด้านสิ่งแวดล้อม.** สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิพนธ์ เกตุจ้อยและอชิตพล ศศิธรานุวัฒน์. **เทคโนโลยีพลังงานลม.** Naresurn University Jourrnal 2004 ; 12(2) : 57 – 73

http://www2.egat.co.th

http://www.altestore.com

http://www.bangkokbank.com

http://www.efe.or.th

http://www.egat.co.th

http://www.energysavingmedia.com

http://www.eppo.go.th

http://www.eric.chula.ac.th

http://www.greenpower.9nha.com

http://www.gsb.or.th

http://www.marine.tmd.go.th

http://www.teenet.tei.or.th

http://www.thaienergydata.in.th

http://www.thaigoodview.com

http://www.thaiwindy.com

http://www.thunhoon.com

http://www.vcharkarn.com

http://www.wholesalesolar.com

ภาคผนวก

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสตูล

แผนที่จังหวัดสตูล

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ความเร็วลมสูงสุด(น็อต)
รายเดือน

รหัสสถานี-สถานี-จังหวัด	ปี	เดือน ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
500201-ประจวบคีรีขันธ์ จ.ประจวบคีรีขันธ์	2008	16	18	20	28	18	20	22	20	18	15	22	22
500201-ประจวบคีรีขันธ์ จ.ประจวบคีรีขันธ์	2009	18	12	19	20	17	12	20	15	20	13	22	17
500201-ประจวบคีรีขันธ์ จ.ประจวบคีรีขันธ์	2010	25	20	20	25	23	18	17	20	59	20	20	22
500201-ประจวบคีรีขันธ์ จ.ประจวบคีรีขันธ์	2011	18	19	30	17	25	30	26	22	25	17	27	22
500202-หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์	2008	17	13	14	12	18	12	15	12	10	10	16	12
500202-หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์	2009	14	10	20	12	12	11	12	12	12	12	14	10
500202-หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์	2010	12	10	13	12	12	10	10	10	10	14	12	12
500202-หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์	2011	12	12	20	10	10	11	10	12	9	12	12	15
500301-หนองพลับ สกษ. จ.ประจวบคีรีขันธ์	2008	30	26	20	20	20	20	20	25	20	30	25	20
500301-หนองพลับ สกษ. จ.ประจวบคีรีขันธ์	2009	30	20	26	40	50	36	50	26	30	20	30	22
500301-หนองพลับ สกษ. จ.ประจวบคีรีขันธ์	2010	32	30	40	30	28	30	22	26	30	26	26	20
500301-หนองพลับ สกษ. จ.ประจวบคีรีขันธ์	2011	24	24	35	28	25	30	30	20	30	35	20	26
517201-ชุมพร จ.ชุมพร	2008	28	22	17	30	40	36	40	28	33	17	22	28
517201-ชุมพร จ.ชุมพร	2009	24	17	19	23	21	23	22	22	21	23	24	20
517201-ชุมพร จ.ชุมพร	2010	20	15	19	16	23	21	21	24	22	18	19	20
517201-ชุมพร จ.ชุมพร	2011	20	19	21	17	22	22	22	20	22	19	22	23
517301-สวี สกษ. จ.ชุมพร	2008	20	20	15	15	20	20	35	20	16	10	15	15
517301-สวี สกษ. จ.ชุมพร	2009	15	15	16	15	10	15	20	20	15	20	20	15
517301-สวี สกษ. จ.ชุมพร	2010	15	12	12	15	10	15	15	15	15	15	15	20
517301-สวี สกษ. จ.ชุมพร	2011	18	15	20	16	10	12	14	12	16	10	20	16
532201-ระนอง จ.ระนอง	2008	20	33	22	21	32	25	32	19	30	22	20	19
532201-ระนอง จ.ระนอง	2009	24	15	26	22	22	25	32	25	21	21	18	22
532201-ระนอง จ.ระนอง	2010	26	18	24	23	23	26	22	24	24	24	24	17
532201-ระนอง จ.ระนอง	2011	17	21	23	28	32	29	27	30	27	25	22	30
551201-สุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี	2008	18	23	22	29	25	24	24	26	23	20	21	20
551201-สุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี	2009	28	19	25	26	26	22	29	22	23	24	25	17
551201-สุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี	2010	18	23	20	28	26	32	25	25	24	25	24	17
551201-สุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี	2011	19	20	25	19	21	26	21	25	25	25	30	24
551203-เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี	2008	18	18	18	17	17	17	25	30	30	25	27	20
551203-เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี	2009	20	15	20	25	18	22	23	25	18	22	22	20
551203-เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี	2010	20	15	22	20	28	15	27	18	17	25	26	22
551203-เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี	2011	20	17	25	18	15	17	25	28	21	30	40	26
551301-สุราษฎร์ธานี สกษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2008	10	15	15	15	20	18	15	20	17	15	8	8
551301-สุราษฎร์ธานี สกษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2009	10	10	10	15	15	14	11	12	12	12	10	9
551301-สุราษฎร์ธานี สกษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2010	15	10	10	11	12	15	12	13	12	10	15	21
551301-สุราษฎร์ธานี สกษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2011	12	10	13	10	12	12	12	24	14	11	8	8
551401-พระแสง สกษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2008	14	15	18	20	16	20	18	14	18	18	12	12
551401-พระแสง สกษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2009	15	13	18	20	18	15	15	18	18	18	20	12
551401-พระแสง สกษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2010	12	12	20	15	18	22	20	18	25	20	25	10
551401-พระแสง สกษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2011	15	15	38	25	15	18	22	13	15	18	18	15
552201-นครศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช	2008	30	18	15	20	25	15	18	20	23	17	24	17
552201-นครศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช	2009	18	15	16	18	26	16	27	27	20	17	20	15
552201-นครศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช	2010	16	19	22	17	24	23	20	30	26	24	20	18

552201-นครศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช	2011	24	20	23	15	24	21	19	28	26	24	26	23
552202-ขนอม จ.นครศรีธรรมราช	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
552202-ขนอม จ.นครศรีธรรมราช	2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
552202-ขนอม จ.นครศรีธรรมราช	2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
552202-ขนอม จ.นครศรีธรรมราช	2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
552301-นครศรีธรรมราช สกษ. จ.นครศรีธรรมราช	2008	15	20	20	10	20	16	16	16	18	24	12	10
552301-นครศรีธรรมราช สกษ. จ.นครศรีธรรมราช	2009	12	10	10	16	30	14	20	20	16	16	20	7
552301-นครศรีธรรมราช สกษ. จ.นครศรีธรรมราช	2010	8	8	8	6	8	11	10	10	6	8	10	6
552301-นครศรีธรรมราช สกษ. จ.นครศรีธรรมราช	2011	8	6	10	6	14	16	20	20	20	20	20	20
552401-ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช	2008	8	8	15	10	15	14	8	14	15	10	10	10
552401-ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช	2009	10	7	50	10	10	10	10	18	15	10	9	8
552401-ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช	2010	8	9	10	8	11	12	16	10	15	10	8	8
552401-ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช	2011	10	8	8	10	8	15	10	20	10	10	10	10
560301-พัทลุง สกษ. จ.พัทลุง	2008	20	17	13	17	29	23	30	25	25	31	17	12
560301-พัทลุง สกษ. จ.พัทลุง	2009	15	10	22	23	25	24	25	25	30	26	18	22
560301-พัทลุง สกษ. จ.พัทลุง	2010	13	12	15	15	18	24	29	25	21	19	60	17
560301-พัทลุง สกษ. จ.พัทลุง	2011	21	20	25	12	20	25	20	19	24	22	25	16
561201-ตะกั่วป่า จ.พังงา	2008	13	12	15	13	20	22	19	22	22	27	15	15
561201-ตะกั่วป่า จ.พังงา	2009	17	10	12	16	15	22	25	18	23	18	13	12
561201-ตะกั่วป่า จ.พังงา	2010	15	10	20	18	15	21	28	20	18	22	18	15
561201-ตะกั่วป่า จ.พังงา	2011	13	10	18	12	22	18	26	30	25	23	12	18
564201-ภูเก็ต จ.ภูเก็ต	2008	10	12	12	12	15	12	12	22	12	15	19	15
564201-ภูเก็ต จ.ภูเก็ต	2009	18	15	18	20	26	27	27	27	26	17	20	20
564201-ภูเก็ต จ.ภูเก็ต	2010	15	16	20	19	18	20	22	32	23	21	20	17
564201-ภูเก็ต จ.ภูเก็ต	2011	17	16	26	15	26	21	26	23	24	20	19	20
564202-ภูเก็ต (ศูนย์ฯ) จ.ภูเก็ต	2008	17	26	17	25	23	50	23	30	19	25	18	21
564202-ภูเก็ต (ศูนย์ฯ) จ.ภูเก็ต	2009	25	17	24	32	22	22	30	25	22	20	16	18
564202-ภูเก็ต (ศูนย์ฯ) จ.ภูเก็ต	2010	23	21	30	16	27	25	47	38	20	41	16	25
564202-ภูเก็ต (ศูนย์ฯ) จ.ภูเก็ต	2011	26	20	30	19	36	35	52	60	37	23	25	27
566201-เกาะลันตา จ.กระบี่	2008	18	18	24	19	40	27	41	30	30	21	16	18
566201-เกาะลันตา จ.กระบี่	2009	18	20	20	22	25	24	35	29	35	35	16	17
566201-เกาะลันตา จ.กระบี่	2010	16	20	16	14	20	25	32	33	25	54	24	20
566201-เกาะลันตา จ.กระบี่	2011	23	18	29	15	24	30	35	38	38	25	20	25
566202-กระบี่ จ.กระบี่	2008	16	16	33	19	19	17	20	25	18	21	18	18
566202-กระบี่ จ.กระบี่	2009	20	19	12	15	17	14	15	32	23	15	23	18
566202-กระบี่ จ.กระบี่	2010	16	15	19	15	15	15	18	20	18	15	15	13
566202-กระบี่ จ.กระบี่	2011	15	15	20	17	15	24	15	19	15	15	18	17
567201-ตรัง จ.ตรัง	2008	17	18	18	20	18	19	20	18	20	22	15	17
567201-ตรัง จ.ตรัง	2009	24	20	16	21	21	27	23	26	29	29	23	21
567201-ตรัง จ.ตรัง	2010	21	22	23	18	17	15	18	22	32	20	25	19
567201-ตรัง จ.ตรัง	2011	26	23	20	25	15	19	25	25	19	19	21	21
568301-คอหงส์ สกษ. จ.สงขลา	2008	79	16	14	12	11	14	10	12	29	15	15	16
568301-คอหงส์ สกษ. จ.สงขลา	2009	18	21	20	21	21	24	20	22	22	23	20	21
568301-คอหงส์ สกษ. จ.สงขลา	2010	20	19	18	12	12	13	14	25	16	20	22	24
568301-คอหงส์ สกษ. จ.สงขลา	2011	27	24	25	25	27	34	23	31	29	30	28	28
568401-สะเดา จ.สงขลา	2008	17	18	18	22	22	28	21	31	25	18	16	16
568401-สะเดา จ.สงขลา	2009	18	18	21	20	22	21	29	25	23	19	17	18
568401-สะเดา จ.สงขลา	2010	18	19	19	19	28	20	19	23	23	23	15	17

568401-สะเดา จ.สงขลา	2011	25	16	28	14	21	22	17	21	21	26	25	20
568501-สงขลา จ.สงขลา	2008	16	17	18	13	21	20	23	22	16	20	15	23
568501-สงขลา จ.สงขลา	2009	17	14	15	19	20	18	22	25	18	15	19	15
568501-สงขลา จ.สงขลา	2010	17	13	20	12	17	16	21	18	19	16	28	15
568501-สงขลา จ.สงขลา	2011	16	13	26	15	16	17	23	19	18	16	17	15
568502-หาดใหญ่ จ.สงขลา	2008	19	19	27	19	23	24	20	29	23	25	17	16
568502-หาดใหญ่ จ.สงขลา	2009	16	13	14	20	20	30	26	20	30	22	19	19
568502-หาดใหญ่ จ.สงขลา	2010	16	13	20	18	25	16	25	16	21	20	17	16
568502-หาดใหญ่ จ.สงขลา	2011	21	14	20	21	18	24	21	23	31	21	25	22
570201-สตูล จ.สตูล	2008	15	15	15	15	14	18	18	13	17	13	14	24
570201-สตูล จ.สตูล	2009	15	16	17	14	15	17	16	27	18	17	13	18
570201-สตูล จ.สตูล	2010	14	14	15	14	15	15	19	12	18	16	15	12
570201-สตูล จ.สตูล	2011	17	16	13	13	12	19	15	16	16	15	15	17
580201-ปัตตานี จ.ปัตตานี	2008	13	18	15	15	20	25	18	18	25	18	15	18
580201-ปัตตานี จ.ปัตตานี	2009	18	18	18	21	24	19	19	25	29	21	15	16
580201-ปัตตานี จ.ปัตตานี	2010	18	16	19	17	16	20	20	20	23	20	20	14
580201-ปัตตานี จ.ปัตตานี	2011	20	20	19	16	22	23	22	25	25	22	21	22
581301-ยะลา สกษ. จ.ยะลา	2008	10	10	14	10	15	14	16	12	12	23	23	34
581301-ยะลา สกษ. จ.ยะลา	2009	36	33	30	36	40	38	33	42	34	42	31	23
581301-ยะลา สกษ. จ.ยะลา	2010	23	20	29	19	27	27	29	22	24	23	23	29
581301-ยะลา สกษ. จ.ยะลา	2011	19	19	33	28	29	25	23	26	27	28	24	23
583201-นราธิวาส จ.นราธิวาส	2008	15	15	14	12	13	14	14	12	13	14	14	18
583201-นราธิวาส จ.นราธิวาส	2009	15	15	14	14	13	13	14	15	14	15	16	16
583201-นราธิวาส จ.นราธิวาส	2010	14	13	17	14	17	16	16	26	15	18	22	15
583201-นราธิวาส จ.นราธิวาส	2011	22	13	22	16	17	18	17	20	21	24	23	27

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ทิศทางลมเฉลี่ย()
รายเดือน

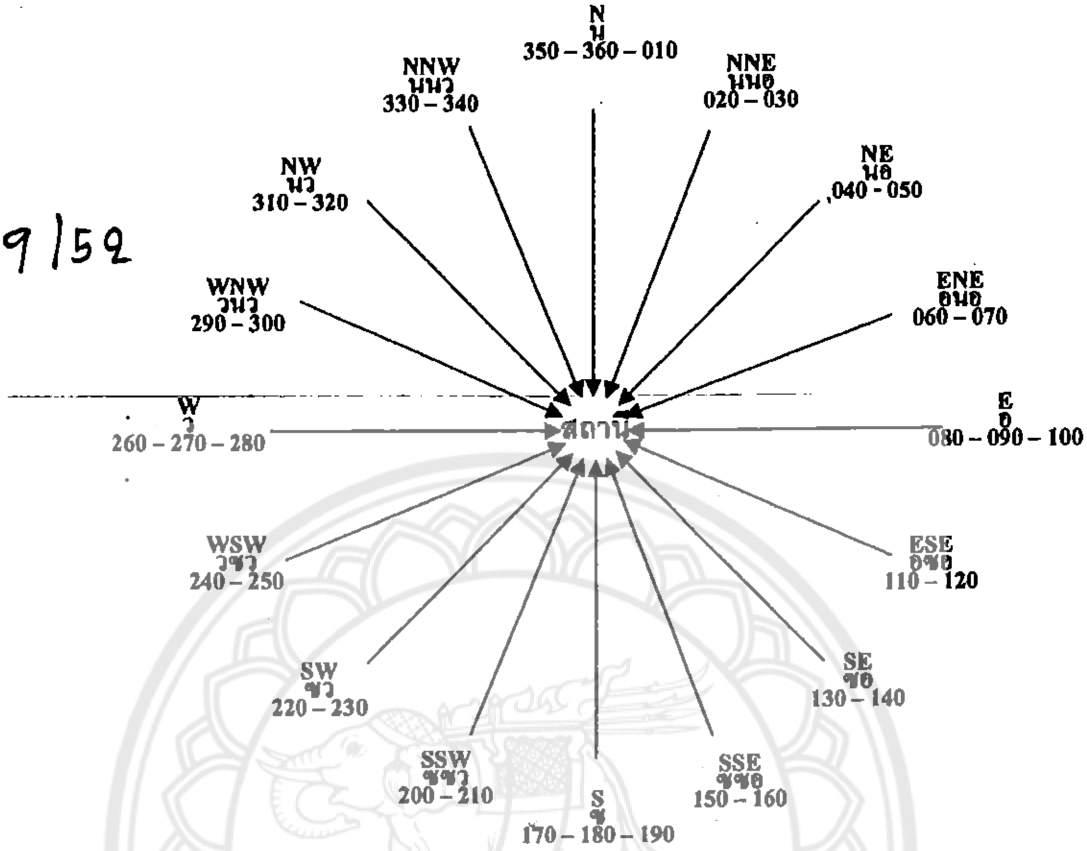
รหัสสถานี-สถานี-จังหวัด	ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
		เดือน											
500201-ประจวบคีรีขันธ์ จ.ประจวบคีรีขันธ์	2008	N	SE	SE	SE	SW	SW	SW	SW	SW	N	N	N
500201-ประจวบคีรีขันธ์ จ.ประจวบคีรีขันธ์	2009	N	E	E	W	SE,SW	SW	SW,W	W	SW	NE,SW	NW	NW
500201-ประจวบคีรีขันธ์ จ.ประจวบคีรีขันธ์	2010	Vary	SE	SE	SE	SE	SW	SE	SW	E	NE,W	N	N
500201-ประจวบคีรีขันธ์ จ.ประจวบคีรีขันธ์	2011	NE	SE	NW	SE	W	SW	SW	SW	SW	NE	N,NE	NW
500202-หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์	2008	E	SE	SE	SE	W	W	W	W	W	E	N	NE
500202-หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์	2009	NE	E	SE	E	S	W	W	W	W	E	NE	NE
500202-หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์	2010	E	SE	SE	SE	SE	SE	E	W	E	E	NE	NE
500202-หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์	2011	NE	SE	N	E	E	W	W	W	SW	E	NE	NE
500301-หนองพลับ กษ. จ.ประจวบคีรีขันธ์	2008	N	E	E	SE	SW,W	SW	SW	W	SW	N	N	N
500301-หนองพลับ กษ. จ.ประจวบคีรีขันธ์	2009	N	W	E	W	S	SW	SW	SW	SW	N	N	N
500301-หนองพลับ กษ. จ.ประจวบคีรีขันธ์	2010	E	E	E	SE	SW	S	SW	SW	N,W	N	N	N
500301-หนองพลับ กษ. จ.ประจวบคีรีขันธ์	2011	N	E	N	E	S	SW	SW	SW	SW	N	N	N
517201-ชุมพร จ.ชุมพร	2008	E	SE	E	E	SW	SW	W	W	W	NE,E	NE	NE
517201-ชุมพร จ.ชุมพร	2009	NE	SE	SE	W	W	W	W	W	W	W	NE	NE
517201-ชุมพร จ.ชุมพร	2010	E	E	E	E	E,SE	W	W	W	W	W	NE	NE
517201-ชุมพร จ.ชุมพร	2011	NE	E	E	E	W	W	W	W	W	W	NE	NE
517301-สวี กษ. จ.ชุมพร	2008	NE	NE	NE	E	SW	SW	SW	SW	SW	W	N	NE
517301-สวี กษ. จ.ชุมพร	2009	NE	E	E	W	W	W	W	W	SW	SW	NE	NE
517301-สวี กษ. จ.ชุมพร	2010	E	E	E	E	E,W	W	W	W	W	W	NE	E
517301-สวี กษ. จ.ชุมพร	2011	NE	E	NE	E	W	W	W	W	W	NE,W	NE	NE
532201-ระนอง จ.ระนอง	2008	NE	NE	NE	NE	W	SW	S	SW	S	NE	NE	NE
532201-ระนอง จ.ระนอง	2009	NE	NE	NE	NE	NE	S	S	S	S	S	NE	NE
532201-ระนอง จ.ระนอง	2010	NE	NE	NE	NE	NE	S	S	S	NE	S	NE	NE
532201-ระนอง จ.ระนอง	2011	NE	NE	NE	NE	W	S	SW	S	S	NE	NE	NE
551201-สุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี	2008	N,NE	N	NE	N	SW	SW	S	SW	SW	SW	N	N
551201-สุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี	2009	N	N	NE	NE	SW	W	SW	SW	S,SW	S	NE	NE
551201-สุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี	2010	NE	NE	NE	NE	NE	S	S	S	SW	SW	N	NE
551201-สุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี	2011	NE	NE	N	N	SW	SW	SW	S	SW	SW	NE	NE
551203-เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี	2008	E	SE	E	E	W	W	W	W	W	W	NE	NE
551203-เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี	2009	NE	SE	E	W	W	W	W	W	W	W	NE	SE
551203-เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี	2010	SE	SE	SE	E	SE	NW	Vary	NW	NW	NW	E	NE,SE
551203-เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี	2011	E	SE	E	SE	W	NW	NW	NW	W,NW	E	E	E
551301-สุราษฎร์ธานี กษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2008	NE	E	E	NE	SW	SW	SW	SW	W	W	NW	NE
551301-สุราษฎร์ธานี กษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2009	E,SE	SE	SE	SE	W	SW	SW	SW	SW	W	E	E
551301-สุราษฎร์ธานี กษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2010	E	E	E	SE	SW	SW	SW	SW,W	SW,W	W	E	E
551301-สุราษฎร์ธานี กษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2011	SE	E	E	E	SW	SW	SW	SW	SW	SW	E	E
551401-พระแสง สกษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2008	NW	E	SE	SE	S	S	S	S	S	Vary	NE	NE
551401-พระแสง สกษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2009	NE	NE	NE	S,NW	W	W	W	SW	W	W	N	E
551401-พระแสง สกษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2010	E	E	N	SE	S	SW	SW	SW	S	SW	N	N
551401-พระแสง สกษ. จ.สุราษฎร์ธานี	2011	N	E	N	N	SW	SW	SW	SW	SW,W	W	N	N
552201-นครศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช	2008	E	E	E	NE	NE	S	SW	Vary	NE	NE	NE	NE
552201-นครศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช	2009	NE	E	E	E	NE	SW	NE	W,NW	NE	NE,E	NE	E
552201-นครศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช	2010	E	E	E	E	E	E	NE,NW	W	NE,E	E	NE	E
552201-นครศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช	2011	E,SE	SE	SE	E	Vary	SE,S	S	NE,NW	SW	NE	NE	NE
552202-ขนอม จ.นครศรีธรรมราช	2008	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm
552202-ขนอม จ.นครศรีธรรมราช	2009	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm
552202-ขนอม จ.นครศรีธรรมราช	2010	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm
552202-ขนอม จ.นครศรีธรรมราช	2011	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm	Calm
552301-นครศรีธรรมราช กษ. จ.นครศรีธรรมราช	2008	NE	NE	NE	Calm	Vary	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE
552301-นครศรีธรรมราช กษ. จ.นครศรีธรรมราช	2009	NE	E	E	NE	SW	SW	SW	SW	SW	SW	NE	E
552301-นครศรีธรรมราช กษ. จ.นครศรีธรรมราช	2010	E	E	E	E	NE	SW	SW	SW	NE,E	SW	Vary	NE
552301-นครศรีธรรมราช กษ. จ.นครศรีธรรมราช	2011	NE	E	E	E	SW	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE
552401-ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช	2008	NE	S	SE	NE	SW	SW	SW	SW	SW	SW	Vary	NE
552401-ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช	2009	N	NE	NE	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	NE	NE
552401-ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช	2010	SE	S	SE	SE	SW	SW	SW	SW	S	S	NW	SE
552401-ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช	2011	NE	NE,S	SE	SW	S	SW	Vary	SW	SW	SW	N,NE	NE
560301-พัทลุง กษ. จ.พัทลุง	2008	E	E	E	E	W	W	SW	SW	W	W	N	E
560301-พัทลุง กษ. จ.พัทลุง	2009	E	E	E	W	W	W	W	W	W	W	NE	E
560301-พัทลุง กษ. จ.พัทลุง	2010	E	E	E	E	E	W	SW	W	W	W	NE	NE
560301-พัทลุง กษ. จ.พัทลุง	2011	E	E	E	E	W	W	W	W	W	E	E	E
561201-ตะกั่วป่า จ.พังงา	2008	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	E	E
561201-ตะกั่วป่า จ.พังงา	2009	E	W	W	W	W	S	S	W	W	W	N	SW
561201-ตะกั่วป่า จ.พังงา	2010	SW	SW	SW	W	S	SW	S	SW	SW	SW	E	W
561201-ตะกั่วป่า จ.พังงา	2011	NW	SW	W	W	W	SW	SW	SW	SW	W	NE	E
564201-ภูเก็ต จ.ภูเก็ต	2008	NE	NE	SE	E	W	SW,W	W	W	W	W,NW	NE	NE
564201-ภูเก็ต จ.ภูเก็ต	2009	NE	NW	NW	W	W	W	W	W	W	W	NE	E
564201-ภูเก็ต จ.ภูเก็ต	2010	NE	E	Vary	NW	W,NW	W	W	W	NW	NW	NE	NE
564201-ภูเก็ต จ.ภูเก็ต	2011	E	E	E	E,SE	NW	W	Vary	W	W	NW	NE	Vary

มหาวิทยาลัยนเรศวร

564202-ภูเก็ต ([illegible]) จ.ภูเก็ต	2008	E	E	E	SE	W	NW	W	NW	NW	NW	E	E
564202-ภูเก็ต ([illegible]) จ.ภูเก็ต	2009	E	NW	NW	NW	NW	W	W	W	W	W	E	E
564202-ภูเก็ต ([illegible]) จ.ภูเก็ต	2010	Vary	E	E	NW	W,NW	W	W	W	W	W	E	E
564202-ภูเก็ต ([illegible]) จ.ภูเก็ต	2011	E	E	E	W	W	W	W	W	W	W	E	E
566201-เกาะลันตา จ.กระบี่	2008	NE	NE	NE	E,W	W	W	W	W	W	W	NE	NE
566201-เกาะลันตา จ.กระบี่	2009	NE	W	W	W	W	W	W	W	W	W	E	NE
566201-เกาะลันตา จ.กระบี่	2010	NE	NE	NE	E	W	W	W	W	W	W	NE	NE
566201-เกาะลันตา จ.กระบี่	2011	NE	NE	E	E	W	W	W	W	W	W	NE	NE
566202-กระบี่ จ.กระบี่	2008	NE	E	NE,E	N	SW	SW	SW	SW,W	W	SW	NE	NE
566202-กระบี่ จ.กระบี่	2009	NE	E	NE	NE	SW	W	W	W	W	W	NE	NE
566202-กระบี่ จ.กระบี่	2010	NE	NE	NE	E	SW	W	W	W	Vary	W	NE	NE
566202-กระบี่ จ.กระบี่	2011	E	E	NE	NE	W	W	W	W	W	NE	NE	NE
567201-ตรัง จ.ตรัง	2008	NE	NE	NE	NE	W	SW	SW	W	W	SW	NE	NE
567201-ตรัง จ.ตรัง	2009	NE	NE	NE	NE	SW,W	W	W	W	W	W	NE	NE
567201-ตรัง จ.ตรัง	2010	NE	NE	NE	NE	SW	SW	SW,W	W	SW	W	NE	NE
567201-ตรัง จ.ตรัง	2011	NE	NE	NE	NE	SW	W	SW	SW	SW	NE	NE	NE
568301-คอหงส์ สกษ. จ.สงขลา	2008	NE	NE	NE	NE,E	SW	SW	SW	SW	SW	S	N	NE
568301-คอหงส์ สกษ. จ.สงขลา	2009	NE	NE,E	NE	S,SW	E	SW	SE	SW	W	W	NE	E
568301-คอหงส์ สกษ. จ.สงขลา	2010	E	NE	NE	NE	E	SW	S,SW	W	Vary	SW	NE	NE
568301-คอหงส์ สกษ. จ.สงขลา	2011	NE	NE	E	NE	SW,W	SW	S,SW	W	SW	NE	NE	N
568401-สงขลา จ.สงขลา	2008	NE	E	E	NE	SW	SW	SW	SW	SW	S	NE	NE
568401-สงขลา จ.สงขลา	2009	NE	E	E	SW	S,SW	W	SW	W	W	SW	NE	E
568401-สงขลา จ.สงขลา	2010	NE	NE	NE	E	SW	SW,W	SW	SW,W	Vary	SW	N,NW	NE,NW
568401-สงขลา จ.สงขลา	2011	NE	NE	E	E	NW	S	W	SW,W	SW	W	NE	NE
568501-สะเดา จ.สงขลา	2008	E	E	E	NE	W	W	SW	SW	W	SW	NE	E
568501-สะเดา จ.สงขลา	2009	E	E	NE,E	W	W	W	SW	W	SW	SW	NE	E
568501-สะเดา จ.สงขลา	2010	E	E	E	E	NE	W	SW	SW	SW	SW	NE	E
568501-สะเดา จ.สงขลา	2011	E	E	E	NE	SW	SW	W	SW,W	W	E	E	E
568502-หาดใหญ่ จ.สงขลา	2008	NE	NE	NE	NE	SW	S	S	S	SW	S	NE	NE
568502-หาดใหญ่ จ.สงขลา	2009	NE	NE	NE	S	S,SW	W	S	Vary	SW	SW	NE	NE
568502-หาดใหญ่ จ.สงขลา	2010	NE	NE	NE	NE	NE	SW	S	SW	SW	SW	NE	NE
568502-หาดใหญ่ จ.สงขลา	2011	NE	NE	NE	NE	SW	SW	S,SW	SW	SW	NE	NE	NE
570201-สตูล จ.สตูล	2008	NE	E	E	S	W	W	SW,W	W	W	W	E	E
570201-สตูล จ.สตูล	2009	E	E	E	W	W	W	W	W	W	W	NE,E	E
570201-สตูล จ.สตูล	2010	E	E	E	E	W	W	W	W	W	W	E	NE
570201-สตูล จ.สตูล	2011	E	NE	NE	NE	W	W	W	W	W	W	NE	E
580201-ปัตตานี จ.ปัตตานี	2008	E	E	NE	NE	SW,W	SW	SW	NE,SW	SW,W	N,SW	NE	E
580201-ปัตตานี จ.ปัตตานี	2009	E	E	Vary	N,W	SW	W	SW	W	W	SW	E	E
580201-ปัตตานี จ.ปัตตานี	2010	E	E	NE	N	N	SW	SW	SW	SW	N	N	Vary
580201-ปัตตานี จ.ปัตตานี	2011	E	E	Vary	NE,E	NW	W	SW,W	W	W	NE,W	NE	Vary
581301-ยะลา สกษ. จ.ยะลา	2008	E	E	E	SE	SW	SW	SW	SW	SW	SW,W	E	E
581301-ยะลา สกษ. จ.ยะลา	2009	E	E	E	SW	SW	W	SW	SW	SW	SW	E	E
581301-ยะลา สกษ. จ.ยะลา	2010	E	E	E	E	W	SW	W	SW	SW	SW	N	SW
581301-ยะลา สกษ. จ.ยะลา	2011	E	E	E	E	SW	SW	SW	SW	SW	SW	E	E
583201-นราธิวาส จ.นราธิวาส	2008	E	E	E	E	NE	NE	NE	NE	SW	NE	NE	NE
583201-นราธิวาส จ.นราธิวาส	2009	NE	NE	E	NE	NE	NE	SW	SW	SW	NE	NE	E
583201-นราธิวาส จ.นราธิวาส	2010	NE	E	NE	NE	NE	NE	SW	NE	NE	N	NE	NE,E
583201-นราธิวาส จ.นราธิวาส	2011	E	E	E	NE	NE	NE	NE	NE,SW	SW	NE,E	NE	NE

ทิศลมที่ใช้ในการตรวจอากาศผิวพื้นทุก 10 องศา
ทิศทางของลมผิวพื้นที่ตรวจได้เป็นทิศทางที่ลมพัดเข้าหาสถานีและแบ่งเป็น 16 ทิศ ดังนี้

19/09/52



อักษรย่อ		ความหมาย	ทิศเป็นองศา
น	N	ทิศเหนือ	350 – 010
นนอ	NNE	ทิศเหนือค่อนไปทางตะวันออก	020 – 030
นอ	NE	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	040 – 050
อนอ	ENE	ทิศตะวันออกค่อนไปทางเหนือ	060 – 070
อ	E	ทิศตะวันออก	080 – 100
อซอ	ESE	ทิศตะวันออกค่อนไปทางใต้	110 – 120
ซอ	SE	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	130 – 140
ซซอ	SSE	ทิศใต้ค่อนไปทางตะวันออก	150 – 160
ซ	S	ทิศใต้	170 – 190
ซซว	SSW	ทิศใต้ค่อนไปทางตะวันตก	200 – 210
ซว	SW	ทิศตะวันตกเฉียงใต้	220 – 230
วซว	WSW	ทิศตะวันตกค่อนไปทางใต้	240 – 250
ว	W	ทิศตะวันตก	260 – 280
วนว	WNW	ทิศตะวันตกค่อนไปทางเหนือ	290 – 300
นว	NW	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	310 – 320
นนว	NNW	ทิศเหนือค่อนไปทางตะวันตก	330 – 340

หมายเหตุ ความเร็วลม 1 นอต (knot) = 1.853 กม./ชม.
= 0.515 เมตร/วินาที