วช.
NRCT

รายงานการวิจัย

การประเมินศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย

Assessment of Micrositing Wind Energy Potential Along the Coasts of Southern Thailand



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จอมภพ แววศักดิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์มารีนา มะหนิ

ดร.นพนันท์ นานคงแนบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล

ดร.ฐานันดร์ศักดิ์ เทพญา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร มาแทน

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบูรณาการ
จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

(ผลงานนี้เป็นความรับผิดชอบของผู้วิจัยแต่เพียงผู้เดียว)

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นการประเมินศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยทำการติดตั้งสถานีวิจัยพลังงานลมจำนวน 18 สถานี ตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยจำนวน 14 สถานี และตามแนวชายฝั่งทะเลอันดามันอีกจำนวน 4 สถานี โดยทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลมที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m และทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 10 นาที และวิเคราะห์ข้อมูลสถิติระยะยาวจากเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2550 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2551 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป *WAsP* 9.0

นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์หาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีจากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW 1 MW 1.5 MW และ 2.0 MW ตามลำดับ โดยพิจารณาออกเป็น 2 กรณี คือ ในกรณีของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า ณ สถานีวิจัยพลังงานลม และในกรณีที่ติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในบริเวณแหล่งลมดี ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ที่ระดับความสูง 60 m มีสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยมากกว่า 6 m/s จำนวน 3 สถานี ได้แก่ ปากพนัง ท่าศาลา และระโนด ส่วนสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4-6 m/s จำนวน 5 สถานี ได้แก่ หัวไทร สทิงพระ1 สทิงพระ2 จะนะและสิงหนคร โดยในกรณีของแหล่งลมดีนั้นได้พิจารณาแบ่งออกเป็นสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง (> 8 m/s) ปานกลาง (5-8 m/s) และต่ำ (< 5 m/s) ซึ่งพบว่ามีสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงจำนวน 5 สถานี ได้แก่ ขนอม ท่าชนะ ท่าศาลา สิชลและกาญจนดิษฐ์ สำหรับสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมปานกลางจำนวน 8 สถานี ได้แก่ ระโนด ทุ่งหว้า จะนะ เกาะลันตา สทิงพระ1 ปากพนัง เหนือคลอง และหัวไทร

การผลิตไฟฟ้าโดยอาศัยกังหันลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัยพลังงานลม และป้อนไฟฟ้าที่ผลิตได้เข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสรุปได้ดังนี้

1. โรงไฟฟ้าพลังงานลมที่ผลิตไฟฟ้าป้อนเข้าสู่ระบบจำหน่ายได้มาก ได้แก่

- สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 3.23 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 3.16 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 2.98 GWh

2. โรงไฟฟ้าพลังงานลมที่ผลิตไฟฟ้าป้อนเข้าสู่ระบบจำหน่ายได้ปานกลาง ได้แก่

- สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 2.30 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 1.69 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 1.49 GWh

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมพบว่ามีโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ซึ่งทำการติดตั้ง ณ สถานีวิจัยพลังงานลม มีประสิทธิภาพดังนี้

1. โรงไฟฟ้าพลังงานลมที่มีประสิทธิภาพสูง (> 20%) ได้แก่

- สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ประสิทธิภาพ 24.6%

- สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ประสิทธิภาพ 24.1%
- สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด ประสิทธิภาพ 22.3%

2. โรงไฟฟ้าพลังงานลมที่มีประสิทธิภาพปานกลาง (10-20%) ได้แก่

- สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ประสิทธิภาพ 17.5%
- สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ ประสิทธิภาพ 12.8%
- สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า ประสิทธิภาพ 11.3%

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วยที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 1.5 MW พบว่ามีโรงไฟฟ้าต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วยต่ำ (< 7 บาท/หน่วย) ดังนี้

- สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วย 1.7 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วย 1.8 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วย 1.9 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วย 2.5 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วย 3.4 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วย 3.7 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วย 4.3 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วย 4.5 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วย 6.2 บาท/หน่วย

สำหรับกรณีของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า ณ บริเวณแหล่งลมดีนั้นพบว่าต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วยที่ผลิตได้มีค่าต่ำกว่า 3 บาท เกือบทุกสถานี ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมแสดงให้เห็นว่าในกรณีของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าบนพื้นราบหรือ ณ สถานีวิจัยพลังงานลมนั้น มีสถานีวิจัยพลังงานลมที่สามารถติดตั้งกังหันลมได้ทุกขนาดจำนวน 3 สถานี ได้แก่ ท่าศาลา ปากพนังและระโนด ส่วนสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จะนะและทุ่งหว้าสามารถติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าได้ขนาด 1.0 MW ขึ้นไป ส่วนในกรณีของสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 และสิงหนครสามารถติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW และ 2.0 MW เท่านั้น สำหรับการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในบริเวณแหล่งลมดีนั้น ผลการศึกษาวิจัยพบว่าสามารถติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าได้ทุกขนาดและทุกสถานี

โดยพบแหล่งลมดีจำนวน 55 แหล่ง และสามารถพัฒนาฟาร์มกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 55 คลัสเตอร์ ขนาดกำลังการผลิตรวมทั้งสิ้น 385 MW และอาศัยการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของการพัฒนา ผลปรากฏว่ามีโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมจำนวน 46 คลัสเตอร์ที่มีศักยภาพสูงพอสำหรับการส่งเสริมและพัฒนาต่อไป โดยมีขนาดกำลังการผลิตจำนวนทั้งสิ้น 348 MW แยกรายจังหวัดดังนี้ จ.สุราษฎร์ธานี 20 MW จ.นครศรีธรรมราช 179 MW จ.สงขลา 104 MW จ.กระบี่ 29 MW และ จ.สตูล 16 MW

บทคัดย่อ

Abstract

This research project is an assessment of micrositing wind energy potential along the coasts of southern Thailand. The 18 wind energy research stations have been installed along the coastal lines of the Gulf of Thailand and the Andaman Sea. The wind speed and direction sensors were installed at height of 20 m 30 m and 40 m. Data were logged and recorded in a 10 min interval. The statistical data of wind speed and direction between August 2007 till January 2008 were analyzed using *WAsP* 9.0.

Furthermore, the annual energy production (AEP) which is produced by a large scale wind turbine generator (WTG) with the capacity of 0.75 MW 1.0 MW 1.5 MW and 2.0 MW were investigated. In an assessment, the AEP, capacity factor (C. F.) of wind power plant and the cost of energy (CoE) were evaluated for all sites. The wind turbine generators were installed at the wind energy research station and the high potential sites or the windy sites. The results showed that at height of 60 m there were 3 stations that the mean wind speed was higher than 6 m/s, i.e., Pakphanang, Thasala, and Ranot. The stations that the mean wind speed was in the range of 4-6 m/s were Huasai, Sathingphra1, Sathingphra2, Chana and Singhanakhon. For the windy sites, they were classified into high potential (> 8 m/s), medium potential (5-8 m/s), and low potential (< 5 m/s) sites. The high potential sites were Khanom, Tha Chana, Thasala, Sichon, and Kanchanadit. The medium potential sites were Ranot, Thung Wa, Chana, Ko Lanta, Sathingphra1, Pakphanang, Nuaekhlong, and Huasai.

The power generation by a 1.5 MW WTG installed at the station could be concluded as follows:

1. The high AEP (> 2 GWh) wind power plants are composed of
   - Pakphanang AEP = 3.23 GWh
   - Thasala AEP = 3.16 GWh
   - Ranot AEP = 2.98 GWh
   - Sathingphra1 AEP = 2.30 GWh
2. The medium AEP (1-2 GWh) wind power plants are composed of
   - Chana AEP = 1.69 GWh
   - Thung Wa AEP = 1.49 GWh
   - Singhanakhon AEP = 1.03 GWh

For the capacity factor analysis of a 1.5 MW WTG installed at the station, it could be summarized as:

1. The high C. F. wind power plants (> 20%) consist of
   - Pakphanang C. F. = 24.6%
   - Thasala C. F. = 24.1%
   - Ranot C. F. = 22.3%
2. The medium C. F. wind power plants (10-20%) consist of
   - Sathingphra1 C. F. = 17.5%
   - Chana C. F. = 12.8%
   - Thung Wa C. F. = 11.3%

Results from the CoE analysis showed that for a 1.5 MW WTG installed at the station the CoE of the following stations were less than 7 Baht/kWh:

- Pakphanang CoE = 1.7 Baht/kWh
- Thasala CoE = 1.8 Baht/kWh
- Ranot CoE = 1.9 Baht/kWh
- Sathingphra1 CoE = 2.5 Baht/kWh
- Chana CoE = 3.4 Baht/kWh
- Thung Wa CoE = 3.7 Baht/kWh
- Huasai CoE = 4.3 Baht/kWh
- Sathingphra2 CoE = 4.5 Baht/kWh
- Singhanakhon CoE = 6.2 Baht/kWh

For the case of crest wind power plant, the CoE is almost less than 3 Baht/kWh. An economic analysis indicated that for the ground-based wind power plant, all capacity of WTG could be installed at Thasala, Pakphanang, and Ranot. For Sathingphra1, Chana, and Thung Wa, the WTG capacity over 1.0 MW could be installed. For Sathingphra2 and Singhanakhon, the WTG capacity of 1.0 MW and 2.0 MW could be installed. For the wind sites, it was found that all capacity of WTG could be installed.

Finally, the 55 windy sites were found and could be developed to 55 wind farm clusters totally 385 MW. However, the results from multi-criteria decision making analysis showed that there were 46 clusters of WTGs with the capacity of 348 MW which were the most suitable for promotion and development along the coasts of southern Thailand. Furthermore, those 348 MW wind farm power plants were located in the following areas: Surat Thani 20 MW, Nakhon Si Thammarat 179 MW, Songkhla 104 MW, Krabi 29 MW, and Satun 16 MW.

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ	iv
Abstract	vi
สารบัญเรื่อง	viii
สารบัญตาราง	xii
สารบัญรูป	xvi
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 ทฤษฎี	9
2.1.1 การเกิดลม	9
2.1.2 พลังงานลมและกำลังลม (Wind Energy and Wind Power)	10
2.1.4 การวัดความเร็วลม	14
2.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติของลม	16
2.1.6 การแจกแจงไวบุลล์ (Weibull Distribution)	17
2.1.7 กังหันลม	22
2.1.7.1 แบบของกังหันลม (Turbine Design)	22
2.1.7.2 ส่วนประกอบของกังหัน (Wind Turbine Component)	22
2.1.7.3 สัมประสิทธิ์กำลัง	27
2.1.7.4 เส้นโค้งกำลัง	28
2.1.7.5 การเลือกสถานที่สำหรับการติดตั้งกังหันลม (Wind Turbine Siting)	32
2.1.8 เทคโนโลยีพลังงานลม	38
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	45

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	51
3.1 การสำรวจพื้นที่ศึกษาของโครงการ	51
3.2 ส่วนประกอบของสถานีวิจัยพลังงานลม	75
3.2.1 เสาถักโครงสามเหลี่ยม (Guyed Mast Tower)	75
3.2.2 เซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลม (Wind Speed and Direction Sensor)	80
3.2.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อมและอุปกรณ์ป้องกันรังสีอาทิตย์ (Ambient Air Temperature Sensor and Radiation Shield)	81
3.2.4 อุปกรณ์บันทึกข้อมูลระบบอัตโนมัติ (Data Acquisition System)	82
3.2.5 ระบบไฟฟ้าสำรอง (Back-Up Power System)	83
3.2.6 ป้ายชื่อสถานีวิจัยพลังงานลม	84
3.2.7 สถานีวิจัยพลังงานลม	85
3.3 การจัดทำแผนที่เวกเตอร์โดยใช้ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ (Vector Mapping using GIS)	90
3.3.1 การจัดทำแผนที่เส้นชั้นความสูง (Contour Mapping)	90
3.3.2 การจัดทำแผนที่ลักษณะภูมิประเทศแบบ 3 มิติ (3-D Oblique Mapping)	94
3.3.3 การจัดทำแผนที่ดัชนีความขรุขระ (Roughness Index Mapping)	94
3.4 การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานลม	104
3.4.1 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (Annual Energy Production)	104
3.4.2 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม (Capacity Factor)	104
3.5 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis)	105
3.5.1 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (Cost of Energy: CoE)	105
3.5.2 ดัชนีทางการเงินของโครงการ	105
3.5.3 การจัดทำแผนที่ระบบจำหน่ายและแนวถนนโดยใช้ ARC GIS 9.0	108

เรื่อง	หน้า
3.6 การวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม	
ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0	112
3.6.1 ระเบียบวิธีแผนที่ลม	
(The Wind Atlas Methodology)	113
3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลลม (Wind Atlas Analysis)	114
3.6.3 การประมาณภูมิอากาศของลม	
(Wind Climate Estimation)	115
3.6.4 การจัดทำแผนที่แหล่งพลังงานลม	
(Wind Resource Mapping)	116
3.6.5 การประมาณค่าศักยภาพของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	
(Estimation of Wind Power Potential)	116
บทที่ 4 ผลและอภิปราย	117
4.1 การกระจายไวบุลล์และผังลมรายเดือน	
(Monthly Weibull Distribution and Wind Rose)	118
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม *WAsP* 9.0	191
4.2.1 สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี	192
4.2.2 สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี	197
4.2.3 สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี	198
4.2.4 สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี	202
4.2.5 สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช	206
4.2.6 สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช	214
4.2.7 สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช	215
4.2.8 สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	219
4.2.9 สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	220
4.2.10 สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา	231
4.2.11 สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา	232
4.2.12 สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา	237
4.2.13 สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา	246
4.2.14 สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา	250
4.2.15 สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่	251
4.2.16 สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.สงขลา	255
2.17 สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง	256

เรื่อง	หน้า
4.2.18 สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล	264
4.3 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี	277
4.4 ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม (Capacity Factor)	281
4.5 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยจากพลังงานลม (Cost of Energy)	285
4.6 โรงไฟฟ้าพลังงานลมแบบฟาร์มกังหันลม (Wind Farm Power Plant)	331
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	369
5.1 สรุปผล	369
5.1.1 ศักยภาพของพลังงานลม	370
5.1.2 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม	372
5.1.3 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม	374
5.1.4 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้	375
5.1.5 โรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลม	377
5.2 ข้อเสนอแนะ	380
บรรณานุกรม	383

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สเกลของอัตราเร็ว	11
2.2	ระดับของความขรุขระ (Roughness Class) และความยาวความขรุขระ (Roughness Length)	12
2.3	ค่าพารามิเตอร์ k ของลมชนิดต่างๆ	17
2.4	ข้อมูลจำเพาะของกังหันลมรุ่นต่างๆ	29
2.5	ข้อมูลผู้ผลิตกังหันลมรายใหญ่และกำลังการผลิตในปี ค.ศ. 2005	43
3.1	ดัชนีความขรุขระ (Roughness Index)	99
4.1	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ	182
4.2	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง	183
4.3	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์	183
4.4	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก	184
4.5	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมขนอม	184
4.6	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมสิชล	185
4.7	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา	185
4.8	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง	186
4.9	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร	186
4.10	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมระโนด	187
4.11	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1	187
4.12	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2	188
4.13	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร	188
4.14	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ	189
4.15	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง	189
4.16	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา	190

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.17	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ	190
4.18	ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า	191
4.19	อัตราเร็วลมเฉลี่ย ณ สถานีวิจัยพลังงานลม	273
4.20	สถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงมาก (> 7 m/s)	273
4.21	สถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพพลังงานลมสูง (5-7 m/s)	274
4.22	สถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพพลังงานลมปานกลาง (4-5 m/s)	274
4.23	สถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงต่ำ (< 4 m/s)	274
4.24	อัตราเร็วลมเฉลี่ย ณ แหล่งลมดี	275
4.25	อัตราเร็วลมเฉลี่ย ณ แหล่งลมดี (ศักยภาพพลังงานลมสูง)	276
4.26	อัตราเร็วลมเฉลี่ย ณ แหล่งลมดี (ศักยภาพพลังงานลมปานกลาง)	276
4.27	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW (ราคา 1,500 US$/kW)	315
4.28	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW (ราคา 1,400 US$/kW)	316
4.29	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW (ราคา 1,300 US$/kW)	317
4.30	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW (ราคา 1,200 US$/kW)	318
4.31	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW (ราคา 1,500 US$/kW)	319
4.32	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW (ราคา 1,400 US$/kW)	320
4.33	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW (ราคา 1,300 US$/kW)	321
4.34	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW (ราคา 1,200 US$/kW)	322
4.35	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW (ราคา 1,5C US$/kW)	323

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.36	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW (ราคา 1,400 US$/kW)	324
4.37	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW (ราคา 1,300 US$/kW)	325
4.38	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW (ราคา 1,200 US$/kW)	326
4.39	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW (ราคา 1,500 US$/kW)	327
4.40	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW (ราคา 1,400 US$/kW)	328
4.41	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW (ราคา 1,300 US$/kW)	329
4.42	ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW (ราคา 1,200 US$/kW)	330
4.43	ประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยและปริมาณหน่วยไฟฟ้ารายปี ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมบริเวณ จ.สุราษฎร์ธานี	360
4.44	ประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยและปริมาณหน่วยไฟฟ้ารายปี ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมบริเวณ จ.นครศรีธรรมราช	361
4.45	ประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยและปริมาณหน่วยไฟฟ้ารายปี ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมบริเวณ จ.สงขลา	362
4.46	ประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยและปริมาณหน่วยไฟฟ้ารายปี ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมบริเวณ จ.กระบี่	363
4.47	ประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยและปริมาณหน่วยไฟฟ้ารายปี ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมบริเวณ จ.ตรัง	363
4.48	ประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยและปริมาณหน่วยไฟฟ้ารายปี ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมบริเวณ จ.สตูล	363
4.49	การให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ต่างๆ	365
4.50	การให้คะแนนสำหรับเกณฑ์ต่างๆ	365
4.51	โรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมที่มีศักยภาพสูง บริเวณทางภาคใต้ของประเทศไทย	368

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.1	อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูงต่างๆ รายสถานี	370
5.2	สถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพพลังงานลมสูง (> 6 m/s)	371
5.3	สถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมปานกลาง (4-6 m/s)	371
5.4	สถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมต่ำ (< 4 m/s)	372
5.5	อัตราเร็วลมเฉลี่ย ณ แหล่งลมดี (ศักยภาพพลังงานลมสูง > 8 m/s)	372
5.6	อัตราเร็วลมเฉลี่ย ณ แหล่งลมดี (ศักยภาพพลังงานลมปานกลาง 5-8 m/s)	373
5.7	อัตราเร็วลมเฉลี่ย ณ แหล่งลมดี (ศักยภาพพลังงานลมต่ำ < 5 m/s)	373
5.8	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีจากกังหันลมทั้ง 4 ขนาด รายสถานี	375
5.9	ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมรายสถานี	376
5.10	ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้รายสถานี	378
5.11	สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม	379
5.12	โรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมรายสถานี	380

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ขอบเขตของโครงการวิจัยการประเมินศักยภาพของพลังงานลม เฉพาะพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย	5
1.2	ไดอะแกรมแสดงระเบียบวิธีวิจัย	8
2.1	ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้	10
2.2	พื้นที่หน้าตัดกังหันลม	13
2.3	การติดตั้งเครื่องวัดลมที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m	15
2.4	เครื่องมือวัดอัตราเร็วและทิศทางของลม	15
2.5	ผังลมชนิด 16 ส่วน (Sector)	22
2.6	กังหันลมแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine)	23
2.7	กังหันลมแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine)	24
2.8	ภาพรวมของกังหันลมและส่วนประกอบของกังหันลมขนาดใหญ่	25
2.9	กังหันลมรุ่น Nordex N80 ขนาด 2.5 MW	26
2.10	กังหันลมที่มีค่าสัมประสิทธิ์กำลัง (Cp) สูง 0.57	28
2.11	เส้นโค้งกำลังของกังหันลมรุ่น NEG-Micon 48 ขนาด 750 kW	30
2.12	เส้นโค้งกำลังของกังหันลมรุ่น Bonus ขนาด 1 MW	30
2.13	เส้นโค้งกำลังของกังหันลมรุ่น Vestas V63 ขนาด 1.5 MW	31
2.14	เส้นโค้งกำลังของกังหันลมรุ่น Vestas V80 ขนาด 2 MW	31
2.15	ฟาร์มกังหันลมที่ติดตั้งบนเนินเขา	32
2.16	อิทธิพลของสิ่งกีดขวางของลม	33
2.17	ร้อยละของการลดลงอัตราเร็วและพลังงานลมหลังสิ่งกีดขวาง	34
2.18	อิทธิพลของเวก	35
2.19	พื้นที่ที่เหลื่อมทับกันของกังหันลมเมื่อมองจากด้านหลัง	35
2.20	อิทธิพลของการจัดวางกังหันลมในฟาร์มกังหัน	37
2.21	อิทธิพลของช่องเขา	37
2.22	อิทธิพลของเนินเขา	38
2.23	ฟาร์มกังหันลมรุ่น NEG-Micon ขนาด 55 MW ที่มลรัฐแคลิฟอร์เนียร์	38
2.24	ฟาร์มกังหันลมในประเทศเดนมาร์ก	39
2.25	กังหันลมรุ่น Nordtank ขนาด 1.5 MW	39
2.26	กังหันลมรุ่น Vestas ขนาด 1.5 MW	40
2.27	กังหันลมรุ่น NEG Micon ขนาด 2 MW	40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.28	กังหันลมรุ่น Bonus ขนาด 2 MW	41
2.29	กังหันลมรุ่น Nordex ขนาด 2.5 MW	41
2.30	กังหันลมขนาดใหญ่ที่สุด 5 MW	42
2.31	ขนาดของกังหันลม	43
2.32	ลักษณะของโรงไฟฟ้าแบบฟาร์มกังหันลม (Wind Farm Power Plant)	44
2.33	ฟาร์มกังหันลมใน Castle River, Alberta ประเทศแคนาดา	44
2.34	ลักษณะของโรงไฟฟ้าแบบฟาร์มกังหันลม (Wind Farm Power Plant) 39.6 MW ประเทศสเปน	45
2.35	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน	48
2.36	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมที่ระดับความสูง 30 m โดยธนาคารโลก	49
2.37	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมที่ระดับความสูง 65 m โดยธนาคารโลก	50
3.1	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนมกราคม	51
3.2	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนกุมภาพันธ์	52
3.3	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนมีนาคม	52
3.4	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนเมษายน	52
3.5	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนพฤษภาคม	52
3.6	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนมิถุนายน	53
3.7	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนกรกฎาคม	53
3.8	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนสิงหาคม	53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.9	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนกันยายน	54
3.10	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนตุลาคม	54
3.11	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนพฤศจิกายน	54
3.12	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนธันวาคม	55
3.13	แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 50 เมตร	55
3.14	การสำรวจสถานที่ติดตั้งสถานีวิจัยพลังงานลม	56
3.15	แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาของโครงการ	57
3.16	แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม ตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยจำนวน 14 สถานี	58
3.17	แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม ตามแนวชายฝั่งทะเลอันดามันจำนวน 4 สถานี	59
3.18	แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม จ.สุราษฎร์ธานี จำนวน 4 สถานี และพื้นที่โดยรอบ 15 km	62
3.19	แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม จ.นครศรีธรรมราช จำนวน 5 สถานี และพื้นที่โดยรอบ 15 km	66
3.20	แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม จ.สงขลา จำนวน 5 สถานี และพื้นที่โดยรอบ 15 km	69
3.21	แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม จ.กระบี่ จำนวน 2 สถานี และพื้นที่โดยรอบ 15 km	71
3.22	เครื่อง GPS สำหรับวัดระดับความสูงต่ำของพื้นที่ติดตั้ง สถานีวิจัยพลังงานลม	72
3.23	แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม จ.ตรัง จำนวน 1 สถานี และพื้นที่โดยรอบ 15 km	73
3.24	แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม จ.สตูล จำนวน 1 สถานี และพื้นที่โดยรอบ 15 km	74
3.25	ความสูงต่ำของสถานีวิจัยพลังงานลมทั้ง 18 สถานี	75

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.26	แบบฐานเสา เสา แผ่นปรับสลิงและสลิง	77
3.27	แบบเสาถักโครงสามเหลี่ยม	78
3.28	การติดตั้งเสาถักโครงสามเหลี่ยมและอุปกรณ์เครื่องมือวัดของโครงการ	79
3.29	เซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลม	80
3.30	การติดตั้งเซนเซอร์ที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m	81
3.31	เซนเซอร์วัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อมและอุปกรณ์ป้องกันรังสีอาทิตย์	82
3.32	อุปกรณ์บันทึกข้อมูลระบบอัตโนมัติ	83
3.33	แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 9 วัตต์	83
3.34	อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่	84
3.35	ป้ายชื่อสถานีวิจัยพลังงานลม	84
3.36	การติดตั้งอุปกรณ์การวัดและการถ่ายโอนข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์แบบพกพา	85
3.37	สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี	86
3.38	สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี	86
3.39	สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี	86
3.40	สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี	86
3.41	สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช	87
3.42	สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช	87
3.43	สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช	87
3.44	สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	87
3.45	สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	88
3.46	สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา	88
3.47	สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา	88
3.48	สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา	88
3.49	สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา	89
3.50	สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา	89
3.51	สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่	89
3.52	สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่	89
3.53	สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง	90

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.54	สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล	90
3.55	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี	91
3.56	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี	91
3.57	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี	91
3.58	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี	91
3.59	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช	92
3.60	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช	92
3.61	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช	92
3.62	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	92
3.63	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	92
3.64	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา	92
3.65	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา	93
3.66	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา	93
3.67	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา	93
3.68	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา	93
3.69	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่	93
3.70	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่	93
3.71	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง	94
3.72	แผนที่เส้นชั้นความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล	94
3.73	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี	95
3.74	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี	95
3.75	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี	95
3.76	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี	95
3.77	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช	96

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.78	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช	96
3.79	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช	96
3.80	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	96
3.81	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	97
3.82	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา	97
3.83	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ 1 จ.สงขลา	97
3.84	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ 2 จ.สงขลา	97
3.85	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา	98
3.86	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา	98
3.87	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่	98
3.88	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่	98
3.89	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง	99
3.90	แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล	99
3.91	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี	101
3.92	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี	101
3.93	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี	101

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.94	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี	101
3.95	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช	101
3.96	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช	101
3.97	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช	102
3.98	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	102
3.99	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	102
3.100	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา	102
3.101	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา	102
3.102	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา	102
3.103	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา	103
3.104	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา	103
3.105	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่	103
3.106	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่	103
3.107	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง	103
3.108	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล	103
3.109	โรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 250 kW (พพ.)	107
3.110	การเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	107
3.111	แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี	109
3.112	แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี	109
3.113	แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี	109
3.114	แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี	109
3.115	แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช	109

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.116 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช	109
3.117 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช	110
3.118 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	110
3.119 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	110
3.120 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา	110
3.121 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา	110
3.122 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา	110
3.123 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา	111
3.124 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา	111
3.125 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่	111
3.126 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่	111
3.127 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง	111
3.128 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล	111
3.129 สีแดงแสดงประเทศที่ได้ใช้ *WAsP* จัดทำแผนที่ลมระดับประเทศ ส่วนสีน้ำเงินแสดงประเทศที่ใช้ *WAsP* วิเคราะห์ข้อมูลในระดับท้องถิ่น	112
3.130 แนวความคิดในการประมาณภูมิอากาศของลม	114

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.131	ระเบียบวิธีในการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม	115
4.1	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี	119
4.2	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี	120
4.3	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี	121
4.4	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี	122
4.5	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี	123
4.6	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี	124
4.7	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี	125
4.8	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี	126
4.9	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี	127
4.10	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี	128
4.11	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี	129
4.12	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี	130
4.13	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช	131
4.14	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช	132

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.15	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช	133
4.16	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช	134
4.17	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช	135
4.18	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช	136
4.19	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช	137
4.20	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช	138
4.21	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช	139
4.22	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	140
4.23	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	141
4.24	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	142
4.25	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	143
4.26	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	144
4.27	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	145
4.28	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา	146
4.29	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา	147

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.30	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา	148
4.31	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา	149
4.32	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา	150
4.33	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา	151
4.34	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา	152
4.35	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา	153
4.36	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา	154
4.37	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา	155
4.38	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา	156
4.39	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา	157
4.40	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา	158
4.41	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา	159
4.42	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา	160
4.43	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่	161
4.44	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ. กระบี่	162

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.45	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ. กระบี่	163
4.46	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่	164
4.47	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่	165
4.48	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่	166
4.49	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง	167
4.50	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง	168
4.51	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง	169
4.52	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล	170
4.53	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล	171
4.54	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล	172
4.55	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี	173
4.56	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี	173
4.57	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี	174
4.58	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี	174
4.59	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช	175

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.60	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช	175
4.61	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช	176
4.62	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	176
4.63	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม สิงหาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	177
4.64	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม สิงหาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา	177
4.65	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม สิงหาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา	178
4.66	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม สิงหาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา	178
4.67	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม สิงหาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา	179
4.68	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม สิงหาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา	179
4.69	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม ตุลาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่	180
4.70	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม ตุลาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่	180
4.71	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม ตุลาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง	181
4.72	การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม ตุลาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล	181
4.73	การพัฒนาพื้นที่ทำงานในโปรแกรม *WAsP* 9.0	192
4.74	แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ	194
4.75	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ	194

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.76	แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ ที่ระดับความสูง 45 m	194
4.77	แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ ที่ระดับความสูง 50 m	194
4.78	แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ ที่ระดับความสูง 60 m	195
4.79	แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ ที่ระดับความสูง 67 m	195
4.80	แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ ที่ระดับความสูง 45 m	195
4.81	แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ ที่ระดับความสูง 50 m	195
4.82	แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ ที่ระดับความสูง 60 m	196
4.83	แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ ที่ระดับความสูง 67 m	196
4.84	แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	196
4.85	แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	196
4.86	แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	197
4.87	แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	197
4.88	แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง	199
4.89	แผนที่ดัชนีความขรุขระสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง	199
4.90	แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง ที่ระดับความสูง 45 m	199
4.91	แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง ที่ระดับความสูง 50 m	199
4.92	แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง ที่ระดับความสูง 60 m	200
4.93	แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง ที่ระดับความสูง 67 m	200

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.94	แผนที่ความหนาแน่นกำลังลมสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง ที่ระดับความสูง 45 m	200
4.95	แผนที่ความหนาแน่นกำลังลมสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง ที่ระดับความสูง 50 m	200
4.96	แผนที่ความหนาแน่นกำลังลมสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง ที่ระดับความสูง 60 m	201
4.97	แผนที่ความหนาแน่นกำลังลมสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง ที่ระดับความสูง 67 m	201
4.98	แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	201
4.99	แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	201
4.100	แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	202
4.101	แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	202
4.102	แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์	203
4.103	แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์	203
4.104	แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ ที่ระดับความสูง 45 m	203
4.105	แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ ที่ระดับความสูง 50 m	203
4.106	แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ ที่ระดับความสูง 60 m	204
4.107	แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ ที่ระดับความสูง 67 m	204
4.108	แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ ที่ระดับความสูง 45 m	204
4.109	แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ ที่ระดับความสูง 50 m	204
4.110	แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ ที่ระดับความสูง 60 m	205
4.111	แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ ที่ระดับความสูง 67 m	205

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.112 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	205
4.113 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	205
4.114 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	206
4.115 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	206
4.116 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก	207
4.117 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก	207
4.118 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก ที่ระดับความสูง 45 m	207
4.119 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก ที่ระดับความสูง 50 m	207
4.120 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก ที่ระดับความสูง 60 m	208
4.121 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก ที่ระดับความสูง 67 m	208
4.122 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก ที่ระดับความสูง 45 m	208
4.123 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก ที่ระดับความสูง 50 m	208
4.124 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก ที่ระดับความสูง 60 m	209
4.125 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก ที่ระดับความสูง 67 m	209
4.126 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	209
4.127 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	209
4.128 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	210
4.129 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	211
4.130 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมขนอม	211
4.131 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม	211
4.132 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม ที่ระดับความสูง 45 m	211

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.133 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม ที่ระดับความสูง 50 m	211
4.134 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม ที่ระดับความสูง 60 m	212
4.135 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม ที่ระดับความสูง 67 m	212
4.136 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม ที่ระดับความสูง 45 m	212
4.137 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม ที่ระดับความสูง 50 m	212
4.138 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม ที่ระดับความสูง 60 m	213
4.139 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม ที่ระดับความสูง 67 m	213
4.140 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	213
4.141 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	213
4.142 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	214
4.143 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	214
4.144 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมสิชล	216
4.145 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล	216
4.146 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล ที่ระดับความสูง 45 m	216
4.147 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล ที่ระดับความสูง 50 m	216
4.148 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล ที่ระดับความสูง 60 m	217
4.149 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล ที่ระดับความสูง 67 m	217
4.150 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล ที่ระดับความสูง 45 m	217

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.151 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล ที่ระดับความสูง 50 m	217
4.152 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล ที่ระดับความสูง 60 m	218
4.153 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล ที่ระดับความสูง 67 m	218
4.154 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	218
4.155 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	218
4.156 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	219
4.157 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	219
4.158 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบ สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา	221
4.159 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา	221
4.160 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ที่ระดับความสูง 45 m	221
4.161 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ที่ระดับความสูง 50 m	221
4.162 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ที่ระดับความสูง 60 m	222
4.163 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ที่ระดับความสูง 67 m	222
4.164 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ที่ระดับความสูง 45 m	222
4.165 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ที่ระดับความสูง 50 m	222
4.166 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ที่ระดับความสูง 60 m	223
4.167 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ที่ระดับความสูง 67 m	223
4.168 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	223
4.169 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	223

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.170 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	224
4.171 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	224
4.172 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง	224
4.173 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง	224
4.174 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ที่ระดับความสูง 45 m	225
4.175 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ที่ระดับความสูง 50 m	225
4.176 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ที่ระดับความสูง 60 m	225
4.177 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ที่ระดับความสูง 67 m	225
4.178 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ที่ระดับความสูง 45 m	226
4.179 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ที่ระดับความสูง 50 m	226
4.180 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ที่ระดับความสูง 60 m	226
4.181 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ที่ระดับความสูง 67 m	226
4.182 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	227
4.183 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	227
4.184 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	227
4.185 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	227
4.186 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร	228
4.187 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร	228
4.188 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร ที่ระดับความสูง 45 m	228
4.189 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร ที่ระดับความสูง 50 m	228

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.190 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร ที่ระดับความสูง 60 m	229
4.191 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร ที่ระดับความสูง 67 m	229
4.192 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร ที่ระดับความสูง 45 m	229
4.193 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร ที่ระดับความสูง 50 m	229
4.194 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร ที่ระดับความสูง 60 m	230
4.195 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร ที่ระดับความสูง 67 m	230
4.196 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	230
4.197 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	230
4.198 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	231
4.199 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	231
4.200 แผนที่ระดับความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด	233
4.201 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด	233
4.202 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด ที่ระดับความสูง 45 m	233
4.203 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด ที่ระดับความสูง 50 m	233
4.204 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด ที่ระดับความสูง 60 m	234
4.205 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด ที่ระดับความสูง 67 m	234
4.206 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด ที่ระดับความสูง 45 m	234
4.207 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด ที่ระดับความสูง 50 m	234

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.208 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด ที่ระดับความสูง 60 m	235
4.209 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด ที่ระดับความสูง 67 m	235
4.210 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	235
4.211 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	235
4.212 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	236
4.213 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	236
4.214 แผนที่ระดับความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1	239
4.215 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1	239
4.216 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ที่ระดับความสูง 45 m	239
4.217 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ที่ระดับความสูง 50 m	239
4.218 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ที่ระดับความสูง 60 m	240
4.219 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ที่ระดับความสูง 67 m	240
4.220 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ที่ระดับความสูง 45 m	240
4.221 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ที่ระดับความสูง 50 m	240
4.222 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ที่ระดับความสูง 60 m	241
4.223 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ที่ระดับความสูง 67 m	241
4.224 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	241
4.225 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	241
4.226 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	242

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.227 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	242
4.228 แผนที่ระดับความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2	242
4.229 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2	242
4.230 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 ที่ระดับความสูง 45 m	243
4.231 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 ที่ระดับความสูง 50 m	243
4.232 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 ที่ระดับความสูง 60 m	243
4.233 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 ที่ระดับความสูง 67 m	243
4.234 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 ที่ระดับความสูง 45 m	244
4.235 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 ที่ระดับความสูง 50 m	244
4.236 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 ที่ระดับความสูง 60 m	244
4.237 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 ที่ระดับความสูง 67 m	244
4.238 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	245
4.239 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	245
4.240 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	245
4.241 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	245
4.242 แผนที่ระดับความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร	247
4.243 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร	247

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.244 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร ที่ระดับความสูง 45 m	247
4.245 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร ที่ระดับความสูง 50 m	247
4.246 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร ที่ระดับความสูง 60 m	248
4.247 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร ที่ระดับความสูง 67 m	248
4.248 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลมสถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร ที่ระดับความสูง 45 m	248
4.249 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลมสถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร ที่ระดับความสูง 50 m	248
4.250 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลมสถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร ที่ระดับความสูง 60 m	249
4.251 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลมสถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร ที่ระดับความสูง 67 m	249
4.252 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	249
4.253 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	249
4.254 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	250
4.255 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	250
4.256 แผนที่ระดับความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ	252
4.257 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ	252
4.258 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ ที่ระดับความสูง 45 m	252
4.259 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ ที่ระดับความสูง 50 m	252
4.260 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ ที่ระดับความสูง 60 m	253
4.261 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ ที่ระดับความสูง 67 m	253

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.262 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ ที่ระดับความสูง 45 m	253
4.263 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ ที่ระดับความสูง 50 m	253
4.264 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ ที่ระดับความสูง 60 m	254
4.265 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ ที่ระดับความสูง 67 m	254
4.266 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	254
4.267 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	254
4.268 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	255
4.269 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	255
4.270 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง	257
4.271 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง	257
4.272 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง ที่ระดับความสูง 45 m	257
4.273 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง ที่ระดับความสูง 50 m	257
4.274 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง ที่ระดับความสูง 60 m	258
4.275 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง ที่ระดับความสูง 67 m	258
4.276 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง ที่ระดับความสูง 45 m	258
4.277 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง ที่ระดับความสูง 50 m	258
4.278 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง ที่ระดับความสูง 60 m	259
4.279 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง ที่ระดับความสูง 67 m	259

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.280 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	259
4.281 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	259
4.282 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	260
4.283 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	260
4.284 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา	260
4.285 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา	260
4.286 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 45 m	261
4.287 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 50 m	261
4.288 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 60 m	261
4.289 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 67 m	261
4.290 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 45 m	262
4.291 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 50 m	262
4.292 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 60 m	262
4.293 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 67 m	262
4.294 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	263
4.295 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	263
4.296 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	263
4.297 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	263
4.298 แผนที่ระดับความสูง ของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ	265
4.299 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ	265
4.300 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ ที่ระดับความสูง 45 m	265

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.301 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ ที่ระดับความสูง 50 m	265
4.302 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ ที่ระดับความสูง 60 m	266
4.303 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ ที่ระดับความสูง 67 m	266
4.304 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ ที่ระดับความสูง 45 m	266
4.305 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ ที่ระดับความสูง 50 m	266
4.306 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ ที่ระดับความสูง 60 m	267
4.307 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ ที่ระดับความสูง 67 m	267
4.308 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	267
4.309 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	267
4.310 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	268
4.311 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	268
4.312 แผนที่ระดับความสูง สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า	268
4.313 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า	268
4.314 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า ที่ระดับความสูง 45 m	269
4.315 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า ที่ระดับความสูง 50 m	269
4.316 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า ที่ระดับความสูง 60 m	269

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.317 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า ที่ระดับความสูง 67 m	269
4.318 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า ที่ระดับความสูง 45 m	270
4.319 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า ที่ระดับความสูง 50 m	270
4.320 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า ที่ระดับความสูง 60 m	270
4.321 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า ที่ระดับความสูง 67 m	270
4.322 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า (กังหันลมขนาด 0.75 MW)	271
4.323 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า (กังหันลมขนาด 1.0 MW)	271
4.324 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า (กังหันลมขนาด 1.5 MW)	271
4.325 แผนที่ AEP สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า (กังหันลมขนาด 2.0 MW)	271
4.326 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม	279
4.327 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม	279
4.328 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม	279
4.329 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม	280
4.330 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW ณ บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง	280
4.331 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW ณ บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง	280
4.332 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW ณ บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง	281
4.333 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW ณ บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง	281

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.334 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 0.75 MW) ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม	283
4.335 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 1.0 MW) ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม	283
4.336 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 1.5 MW) ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม	283
4.337 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 2.0 MW) ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม	284
4.338 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 0.75 MW) บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง	284
4.339 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 1.0 MW) บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง	284
4.340 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 1.5 MW) บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง	285
4.341 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 2.0 MW) บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพพลังงานลมสูง	285
4.342 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 0.75 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม	287
4.343 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 1.0 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม	287
4.344 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 1.5 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม	287
4.345 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 2.0 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม	288
4.346 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 0.75 MW บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง	288
4.347 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 1.0 MW บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง	288

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.348 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 1.5 MW บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง	289
4.349 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 2.0 MW บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง	289
4.350 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี	290
4.351 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี	290
4.352 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี	290
4.353 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี	291
4.354 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช	291
4.355 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช	291
4.356 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช	292
4.357 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	292
4.358 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	292
4.359 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา	293
4.360 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา	293
4.361 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา	293
4.362 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา	294
4.363 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา	294
4.364 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่	294
4.365 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่	295

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.366 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง	295
4.367 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล	295
4.368 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัยพลังงานลม	297
4.369 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัยพลังงานลม	297
4.370 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัยพลังงานลม	297
4.371 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัยพลังงานลม	297
4.372 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี	298
4.373 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี	298
4.374 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี	298
4.375 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี	298
4.376 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	299
4.377 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	299
4.378 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	299
4.379 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	299
4.380 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	300
4.381 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	300

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.382 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	300
4.383 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	300
4.384 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	301
4.385 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	301
4.386 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	301
4.387 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	301
4.388 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	302
4.389 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	302
4.390 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	302
4.391 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)	302
4.392 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	303
4.393 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	303
4.394 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	303
4.395 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	303
4.396 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	304

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.397 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	304
4.398 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	304
4.399 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	304
4.400 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	305
4.401 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	305
4.402 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	305
4.403 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	305
4.404 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	306
4.405 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	306
4.406 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	306
4.407 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)	306
4.408 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	307
4.409 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	307
4.410 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	307
4.411 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	307

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.412 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	308
4.413 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	308
4.414 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	308
4.415 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	308
4.416 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	309
4.417 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	309
4.418 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	309
4.419 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	309
4.420 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	310
4.421 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	310
4.422 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	310
4.423 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)	310
4.424 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	311
4.425 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	311
4.426 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	311

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.427 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	311
4.428 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	312
4.429 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	312
4.430 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	312
4.431 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	312
4.432 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	313
4.433 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	313
4.434 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	313
4.435 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	313
4.436 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	314
4.437 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	314
4.438 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	314
4.439 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)	314
4.440 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี	334
4.441 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี	335

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.442 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี	335
4.443 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี	336
4.444 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอขนอม จ.นครศรีธรรมราช	336
4.445 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอสิชล จ.นครศรีธรรมราช	337
4.446 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช	337
4.447 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	338
4.448 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	338
4.449 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอกระแสสินธุ์ จ.สงขลา	339
4.450 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอสิงหนคร จ.สงขลา	339
4.451 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอจะนะ จ.สงขลา	340
4.452 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่	340
4.453 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่	341
4.454 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอหาดสำราญ จังหวัดตรัง	341
4.455 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล	342
4.456 ท่าชนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 4 MW (Resolution 10 m)	343
4.457 ท่าชนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)	343

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.458 ท่าชนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์3 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)	343
4.459 ท่าชนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์4 ขนาด 2 MW (Resolution 10 m)	343
4.460 ท่าฉางวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)	344
4.461 กาญจนดิษฐ์วินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)	344
4.462 กาญจนดิษฐ์วินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)	344
4.463 ดอนสักวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)	344
4.464 ดอนสักวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)	345
4.465 ดอนสักวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์3 ขนาด 2 MW (Resolution 10 m)	345
4.466 ดอนสักวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์4 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)	345
4.467 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 7 MW (Resolution 10 m)	345
4.468 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 6 MW (Resolution 10 m)	346
4.469 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์3 ขนาด 2 MW (Resolution 10 m)	346
4.470 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์ 4 ขนาด 2 MW (Resolution 10 m)	346
4.471 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์5 ขนาด 5 MW (Resolution 10 m)	346
4.472 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์6 ขนาด 9 MW (Resolution 10 m)	347
4.473 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์7 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)	347
4.474 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์8ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)	347
4.475 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์9ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)	347
4.476 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์ 10 ขนาด 9 MW (Resolution 10 m)	348
4.477 สิชลวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)	348
4.478 สิชลวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 6 MW (Resolution 10 m)	348
4.479 สิชลวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์3 ขนาด 2 MW (Resolution 10 m)	348
4.480 สิชลวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์4 ขนาด 4 MW (Resolution 10 m)	349
4.481 สิชลวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์5 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)	349
4.482 สิชลวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์6 ขนาด 2 MW (Resolution 10 m)	349
4.483 ท่าศาลาวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 10 MW (Resolution 10 m)	349
4.484 ปากพนังวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 10 MW (Resolution 10 m)	350
4.485 ปากพนังวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 10 MW (Resolution 10 m)	350
4.486 ปากพนังวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์3 ขนาด 20 MW (Resolution 10 m)	350
4.487 หัวไทรวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 8 MW (Resolution 10 m)	350

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.488 หัวไทรวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 4 MW (Resolution 10 m)	351
4.489 หัวไทรวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์3 ขนาด 9 MW (Resolution 10 m)	351
4.490 หัวไทรวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์ 4 ขนาด 10 MW (Resolution 10 m)	351
4.491 หัวไทรวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์ 5 ขนาด 15 MW (Resolution 10 m)	351
4.492 หัวไทรวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์6 ขนาด 20 MW (Resolution 10 m)	352
4.493 สทิงพระวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 15 MW (Resolution 10 m)	352
4.494 สิงหนครวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์ 1 ขนาด 8 MW (Resolution 10 m)	352
4.495 สิงหนครวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 7 MW (Resolution 10 m)	352
4.496 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 12 MW (Resolution 10 m)	353
4.497 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 7 MW (Resolution 10 m)	353
4.498 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์3 ขนาด 12 MW (Resolution 10 m)	353
4.499 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์ 4 ขนาด 12 MW (Resolution 10 m)	353
4.500 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์5 ขนาด 10 MW (Resolution 10 m)	354
4.501 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์6 ขนาด 8 MW (Resolution 10 m)	354
4.502 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์7 ขนาด 8 MW (Resolution 10 m)	354
4.503 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์8 ขนาด 5 MW (Resolution 10 m)	354
4.504 เหนือคลองวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 7 MW (Resolution 10 m)	355
4.505 เกาะลันตาวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 7 MW (Resolution 10 m)	355
4.506 เกาะลันตาวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์3 ขนาด 16 MW (Resolution 10 m)	355
4.507 เกาะลันตาวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์ 2 ขนาด 16 MW (Resolution 10 m)	355
4.508 หาดสำราญวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)	356
4.509 ทุ่งหว้าวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 4 MW (Resolution 10 m)	356
4.510 ทุ่งหว้าวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 12 MW (Resolution 10 m)	356
4.511 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลม ของแต่ละคลัสเตอร์	357
4.512 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลม ของแต่ละคลัสเตอร์	358
4.513 ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วยที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม ชนิดฟาร์มกังหันลมของแต่ละคลัสเตอร์	359

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

พลังงานลม (Wind Energy) เป็นพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ที่มีอยู่ตามธรรมชาติและจัดเป็นพลังงานที่สะอาด (Clean Energy) ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดสิ้นและยั่งยืน โดยสามารถนำพลังงานลมมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ (Wind Power) ด้วยการอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้า (Wind Turbine Generator, WTG) ดังนั้นก่อนที่จะนำพลังงานลมมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุดจึงจำเป็นต้องมีการประเมินศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ (Micrositing) โดยการวิเคราะห์ทางด้านสถิติ การแจกแจงความถี่ ผังลม (Wind Rose) และลักษณะทางสถิติของลม รวมทั้งความหนาแน่นกำลัง (Power Density) ของลมที่เปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงรวมถึงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ของบริเวณที่จะนำพลังงานลมมาประยุกต์ใช้ เช่น ระดับความสูง (Elevation) และความขรุขระ (Roughness) เป็นต้น

การที่จะเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงเพียงพอที่จะนำไปพัฒนาเป็นแหล่งพลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้าให้ได้ประสิทธิภาพสูงนั้นจำเป็นจะต้องมีทั้งข้อมูลอัตราเร็วของลม (Wind Speed) และทิศทางของลม (Wind Direction) ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะของลม (Characteristic of Wind) ในพื้นที่นั้นๆ ก่อน เนื่องจากอัตราเร็วของลมมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรอบวันและตามฤดูกาลในรอบปี บางช่วงของระยะเวลาและฤดูกาลลมอาจจะมีค่าต่ำและบางช่วงเวลาอาจจะมีค่าสูง ลมในแต่ละพื้นที่ยังมีความแตกต่างกันอีกด้วยทั้งในแง่ของการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วและทิศทางของลม กล่าวโดยรวมลมมีการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่และเวลานั่นเอง (Spatial and Temporal Variation) นอกจากนี้ลมในบริเวณพื้นที่นั้นๆ จะมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ (Terrain) และสิ่งกีดขวาง (Obstacle) รอบพื้นที่นั้นๆ

พลังงานลมมีค่าแปรผันโดยตรงกับค่ากำลังสามของอัตราเร็วลม ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของอัตราเร็วลมเพียงสองเท่าก็จะทำให้กำลังงานของลมเพิ่มขึ้นถึงแปดเท่าตัว การประมาณอัตราเร็วลมที่มากเกินไปจะทำให้ได้กำลังงานจากกังหันลมและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมน้อยกว่า ส่วนการประมาณอัตราเร็วที่ต่ำเกินจริงจะก่อให้เกิดผลเสียหายต่อตัวกังหันลมด้วยเช่นกัน เพราะฉะนั้นไม่ว่าจะประเมินสูงหรือต่ำเกินไปก็เกิดผลเสียด้วยกันทั้งสิ้น ดังนั้นการตรวจวัดและศึกษาอัตราเร็วของลมที่เปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงจากระดับพื้นผิวภายในระยะเวลาในรอบฤดูกาลเพื่อประเมินศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่จึงเป็นสิ่งสำคัญมากและจะหลีกเลี่ยงไม่ได้โดยเด็ดขาด

การตรวจวัดอัตราเร็วและทิศทางของลมเฉพาะพื้นที่ในระยะเวลารอบฤดูกาล (1 ปี) และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อประเมินศักยภาพของพลังงานลมสำหรับการผลิตไฟฟ้าจึงเป็นแนวทางที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาพลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าต่อการลงทุน ทั้งนี้เพื่อรองรับนโยบายการส่งเสริมด้าน RPS (Renewable Portfolio Standard; RPS) และ Feed-in Tariff ต่อไป

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้กำหนดยุทธศาสตร์พลังงานทดแทน โดยมีเป้าหมายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนจากร้อยละ 0.5 ในปี 2545 เป็นร้อยละ 8 ในปี พ.ศ. 2554 เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าวจึงได้กำหนดนโยบายการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศว่าจะผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนไว้สองประการ คือ กำหนดสัดส่วนการผลิตหรือจัดหาไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานทดแทนในสัดส่วนร้อยละ 5 ของการจัดตั้งโรงไฟฟ้าใหม่ที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล หรือที่เรียกว่า RPS และการกำหนดมาตรการจูงใจและสนับสนุนอื่นๆ เช่น กำหนดราคารับซื้อไฟฟ้า จัดตั้งกองทุนและลดภาษี เพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน โดยมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม 45 MW เป็นเป้าหมายหลักของการกำหนดสัดส่วนการผลิตหรือจัดหาไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานทดแทน (RPS)

ปัจจุบันประเทศไทยได้ให้ความสำคัญและสนใจในการพัฒนาด้านพลังงานหมุนเวียนมากขึ้นเพื่อทดแทนการนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับการผลิตไฟฟ้า พลังงานลมเป็นพลังงานหมุนเวียนอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจและมีเป้าหมายในการส่งเสริมและพัฒนาการติดตั้งเพื่อผลิตไฟฟ้าให้ได้ไม่ต่ำกว่า 100 MW ดังนั้น การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ในฐานะของฝ่ายปฏิบัติการจึงได้จัดทำแผนพัฒนาการผลิตพลังงานไฟฟ้า ฉบับปี พ.ศ. 2550 (PDP 2007) โดยตั้งเป้าหมายของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมไม่ต่ำกว่า 115 MW อย่างไรก็ตามการที่จะพัฒนาพลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมขนาดใหญ่จำเป็นต้องมีการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลอัตราเร็วและทิศทางของลมในระดับความสูงต่างๆ จากพื้นดิน ที่ระดับความสูง 50 m ถึง 90 m เป็นต้น ในบริเวณเฉพาะพื้นที่ที่คาดว่าจะมีศักยภาพพลังงานลมสูง รวมทั้งยังต้องมีการศึกษาลักษณะของภูมิประเทศ การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment, EIA) ความต้องการและการมีส่วนร่วมของภาคประชาชน การรับฟังความคิดเห็นของประชาชนหรือประชาพิจารณ์ (Public Hearing) ตลอดจนปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประเมินและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมอย่างยั่งยืนต่อไป

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการประเมินศักยภาพของแหล่งพลังงานลมที่คาดว่าจะมีศักยภาพสูง โดยเป็นพื้นที่ราบโล่งไม่มีสิ่งกีดขวาง การคมนาคมสะดวกและอยู่ใกล้แนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูง โดยอาศัยข้อมูลปฐมภูมิของแหล่งพลังงานลมดีที่เสนอแนะโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานหรือจากการวิเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเพื่อให้ได้ข้อมูลในการสนับสนุนและส่งเสริมการจัดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าเป็นไปตามเป้าหมายดังกล่าวข้างต้น

จากการศึกษาแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย ซึ่งพัฒนาโดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (เดิม) พบว่าบริเวณทางภาคใต้ของประเทศไทยตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดสงขลาและจังหวัดนครศรีธรรมราชและบริเวณข้างเคียง รวมทั้งชายฝั่งทะเลอันดามันโดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดกระบี่ จังหวัดตรังและจังหวัดสตูล มีศักยภาพพลังงานลมสูง โดยมีความเป็นไปได้สูงและมีความเหมาะสมต่อการติดตั้งกังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของอัตราเร็วลมในพื้นที่บริเวณทางภาคใต้ของประเทศไทยพบว่า เกาะลันตา จังหวัดกระบี่เป็นสถานีที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงที่สุด ดังนั้นในการศึกษาวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการสำรวจพื้นที่ที่คาดว่าจะมีศักยภาพสูงเพื่อดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลมเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินศักยภาพของพลังงานลมในบริเวณที่ติดตั้งอุปกรณ์วัดลมสำหรับนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าต่อไป

ปัจจุบันมีหน่วยงานหลายแห่งได้ให้ความสนใจศึกษาและประเมินศักยภาพของพลังงานลมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตไฟฟ้า หน่วยงานดังกล่าวได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ดังจะเห็นได้จากมีการติดตั้งสถานีตรวจวัดอัตราเร็วและทิศทางของลมในสถานที่ต่างๆ ทางภาคใต้ของประเทศไทยรวมกันประมาณ 34 สถานี โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่คาดว่าจะมีศักยภาพของพลังงานลมสูง นอกจากนี้ก่อนการส่งเสริมและสนับสนุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลมโดยอาศัยกังหันลมขนาดใหญ่ซึ่งเป็นเทคโนโลยีจากต่างประเทศควรจะมีการตรวจวัดอัตราเร็วและทิศทางของลมในบริเวณพื้นที่ที่คาดว่าจะมีศักยภาพสูงก่อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทยซึ่งเป็นบริเวณที่มีลมดีสำหรับประเมินศักยภาพของแหล่งพลังงานลมและการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตไฟฟ้าต่อไป ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ (Micrositing) ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทยสำหรับการผลิตไฟฟ้าโดยใช้กังหันลมขนาดใหญ่โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังหัวข้อต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อประเมินศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทยที่คาดว่าจะมีศักยภาพสูงพอสำหรับการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่

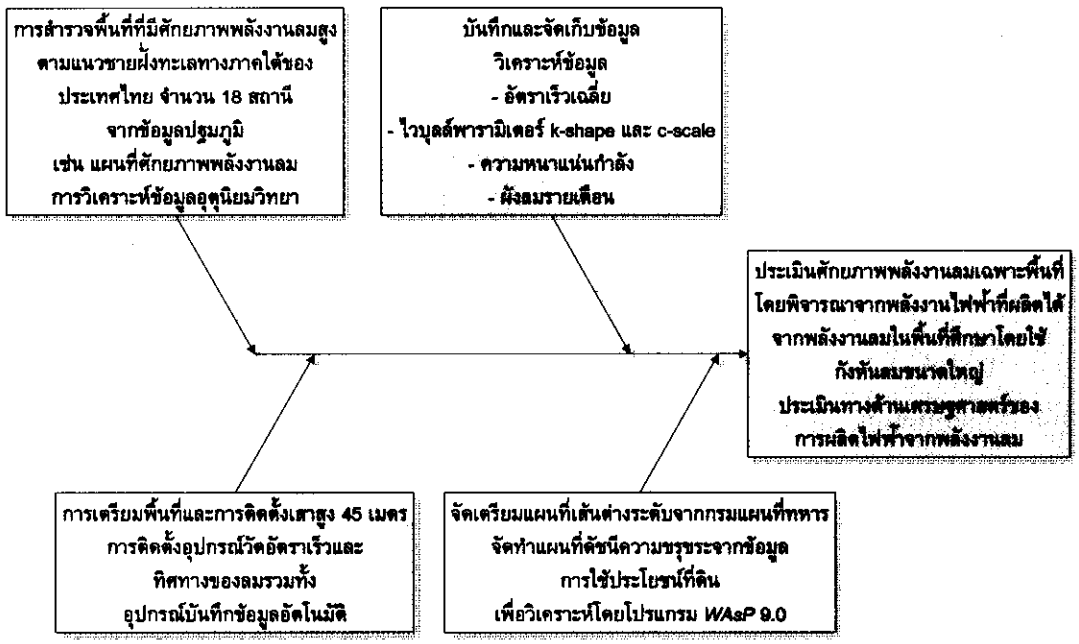
1.2.2 เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลอัตราเร็วและทิศทางของลมเฉพาะพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์ในการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมขนาดใหญ่

1.2.3 เพื่อประเมินทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

1.2.4 เพื่อจัดเตรียมข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ความเหมาะสมสำหรับการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่บนพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการประเมินศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยทำการประเมินศักยภาพของแหล่งพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ (Micrositing) ที่คาดว่าจะมีศักยภาพสูงจำนวน 18 แห่งด้วยกันโดยอาศัยข้อมูลปฐมภูมิจากแผนที่ศักยภาพของพลังงานลมที่พัฒนาโดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (เดิม) และการวิเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สำหรับพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทยจำนวน 18 แห่งด้วยกัน โดยแบ่งออกเป็นพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยจำนวน 14 แห่ง และพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลอันดามันอีกจำนวน 4 แห่งด้วยกัน โดยทำการติดตั้งเสาสูงขนาด 45 m และทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลมที่ระดับ 20 m 30 m และ 40 m รวมทั้งทำการวัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดระยะยาวมาทำการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ ผลจากการประเมินจะนำมาทำการระบุพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงสำหรับการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่ในการผลิตไฟฟ้าต่อไป โดยมีรายละเอียดของขอบเขตของโครงการวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ขอบเขตของโครงการวิจัยการประเมินศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย

1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาเอกสารงานวิจัยและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ประสานงานในการเข้าสำรวจพื้นที่และขอใช้พื้นที่

1.4.3 ออกสำรวจพื้นที่และรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของพื้นที่ เช่น ตำแหน่งพิกัด ละติจูด ลองจิจูด ความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยและสภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

1.4.4 ออกแบบเสาถักโครงสามเหลี่ยมสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร็วลม

1.4.5 วางแผนในการติดตั้งเสาสูงสำหรับการตรวจวัดความเร็วลม คัดเลือกและจัดซื้ออุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดอัตราเร็วและทิศทางของลมและโปรแกรม *WAsP* 9.0

1.4.6 เตรียมพื้นที่ฐานรากเพื่อติดตั้งเสาสูง 45 m

1.4.7 ทำการติดตั้งเสาสูง เครื่องมือวัดอัตราเร็วและทิศทางของลมที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m บันทึกและจัดเก็บข้อมูลภาคสนาม

- อัตราเร็วของลม เก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที และหาค่าเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที
- ทิศทางของลม เก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที และหาค่าเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที เพื่อวิเคราะห์หาความถี่

- อุณหภูมิอากาศแวดล้อม เก็บข้อมูลทุกๆ 1 นาที และหาค่าเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที

1.4.8 วิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยหลักสถิติเพื่อคำนวณหา
- อัตราเร็วของลมเฉลี่ยรายเดือนและเฉลี่ยรายปี
- ทิศทางของลม การแจกแจงความถี่
- อัตราเร็วลมรวมช่วงลมสงบ อัตราเร็วลมไม่รวมช่วงลมสงบ ที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m
- วิเคราะห์หาไวบุลล์พารามิเตอร์ (K-Shape C-Scale)

1.4.9 จัดทำผังลมรายเดือนของพื้นที่ศึกษา 18 แห่ง โดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป *WAsP* 9.0

1.4.10 จัดเตรียมแผนที่เส้นชั้นความสูงโดยใช้โปรแกรม ARC GIS 9.0 จากแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ชุด L7018 โดยอาศัยแผนที่จากกรมแผนที่ทหารของพื้นที่ศึกษาจำนวน 18 สถานี

1.4.11 จัดทำแผนที่ดัชนีความขรุขระโดยอาศัยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษาจำนวน 18 สถานี โดยใช้โปรแกรม ARC GIS 9.0

1.4.12 จัดทำแผนที่เวกเตอร์โดยรวมแผนที่เส้นชั้นความสูงและแผนที่ดัชนีความขรุขระในโปรแกรม *WAsP* Utility 3.0 สำหรับเป็นอินพุทให้กับโปรแกรม *WAsP* 9.0

1.4.13 ศึกษาแนวทางและเทคโนโลยีที่เหมาะสมของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม ทำการเลือกขนาดของกังหันลมโดยพิจารณาจากเส้นโค้งกำลัง (Power Curve) ที่เหมาะสมกับอัตราเร็วลมเริ่มต้น (Cut-in Wind Speed) ของพื้นที่ศึกษาและทิศทางในการติดตั้งกังหันลม

1.4.14 วิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตได้รายปี (Net Annual Energy Production, Net AEP) จากกังหันลมขนาดใหญ่โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป *WAsP* 9.0

1.4.15 ประเมินศักยภาพของพลังงานลมและระบุพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงพอสำหรับการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่และการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลม

1.4.16 วิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

1.4.17 สรุปผลโครงการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำให้ทราบถึงศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ที่คาดว่าจะมีศักยภาพสูง โดยเฉพาะพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย

1.5.2 สามารถระบุพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงพอสำหรับการผลิตไฟฟ้าซึ่งสามารถติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่ต่อไปได้

1.5.3 ทำให้ทราบถึงแนวทางและเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการนำพลังงานลมไปประยุกต์ใช้ในการผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่ง

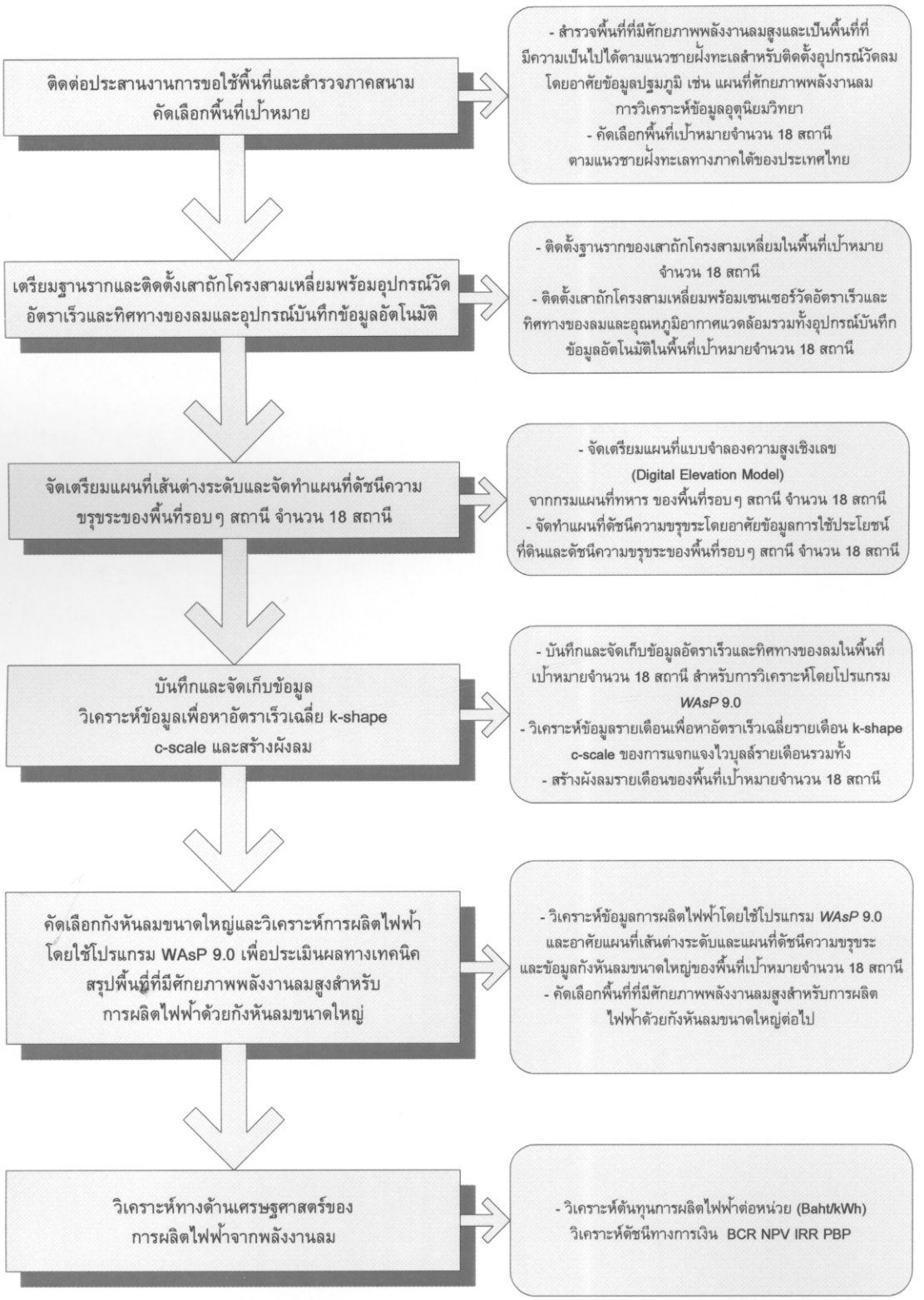
1.5.4 สร้างองค์ความรู้ทางด้านการประเมินศักยภาพพลังงานลมและการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

1.5.5 สามารถนำผลการประเมินไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการตัดสินใจให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเช่น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (พพ.) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ในการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่เพื่อสาธิตและเพื่อการผลิตไฟฟ้า

1.5.6 เป็นข้อมูลสนับสนุนให้กับภาคเอกชน นักลงทุน เช่น ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (IPP) ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) และผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (VSPP)

1.5.7 เป็นข้อมูลประกอบการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมในประเทศไทย

1.5.8 ส่งเสริมนโยบายการใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามพิธีสารเกียวโต



รูปที่ 1.2 ไดอะแกรมแสดงระเบียบวิธีวิจัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 การเกิดลม

การเกิดกระแสลมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยในเวลากลางวันดวงอาทิตย์แผ่รังสีอาทิตย์มายังพื้นดิน เมื่อพื้นดินมีการคายความร้อนเกิดความกดอากาศขึ้น ทำให้ลมเคลื่อนที่ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ

การพาความร้อน (Convection) ของบรรยากาศทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของอากาศทั้งแนวตั้งและแนวราบ

แนวตั้ง อากาศร้อนยกตัวขึ้น อากาศเย็นจะเคลื่อนเข้ามาแทนที่ การเคลื่อนตัวของอากาศในแนวตั้งทำให้เกิดเมฆ ฝน และความแห้งแล้ง

แนวราบ อากาศจะเคลื่อนตัวจากหย่อมความกดอากาศสูง (H) ไปยังหย่อมความกดอากาศต่ำ (L) ทำให้เกิดการกระจายและหมุนเวียนอากาศไปยังตำแหน่งต่างๆ บนผิวโลก เราเรียกอากาศซึ่งเคลื่อนตัวในแนวราบว่า “ลม” (Wind)

ความแตกต่างของความดันทำให้เกิดแรงที่ผลักให้อากาศเคลื่อนที่จากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ ลมสามารถเคลื่อนที่ทั้งในแนวดิ่งและแนวนอนแต่มักจะเคลื่อนที่ในแนวนอนมากกว่า แรงที่ผลักดันให้อากาศเคลื่อนไหว คือ ผลต่างความดัน โดยสามารถเขียนสมการกลศาสตร์ของการเคลื่อนที่ของลมในแนวนอนได้ดังนี้

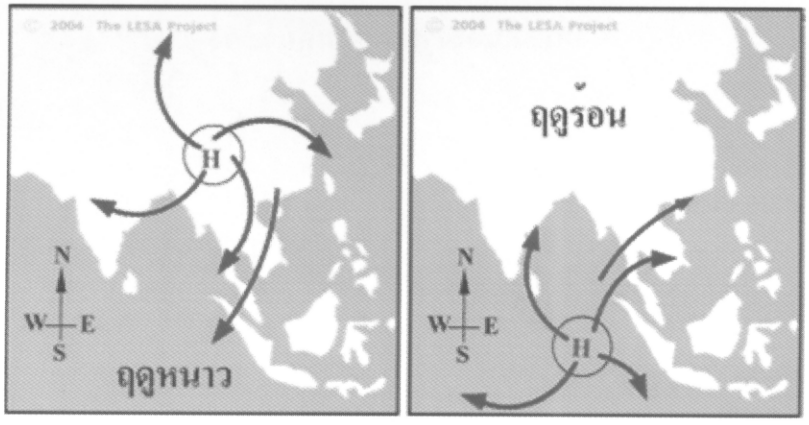
$$F_x = -\frac{1}{\rho}\frac{\Delta P_x}{\Delta x} \qquad (2.1)$$

โดยที่ F_x คือ แรงต่อหน่วยที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ (N/kg)

Δx คือ ระยะทางเคลื่อนที่ในแนวนอน (m)

ρ คือ ความหนาแน่นอากาศ (kg/m^3)

ลมมรสุมเกิดขึ้นในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีความเกี่ยวเนื่องมาจากอุณหภูมิพื้นผิวและสภาพภูมิศาสตร์ คล้ายกับการเกิดลมบกลมทะเลแต่มีสเกลใหญ่กว่ามาก



รูปที่ 2.1 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ในช่วงเดือน พฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ อากาศแห้งบริเวณตอนกลางของทวีปมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศชื้นเหนือมหาสมุทรอินเดีย กระแสลมพัดจากหย่อมความกดอากาศสูงในเขตไซบีเรียในลักษณะตามเข็มนาฬิกา (แอนติไซโคลน) มายังหย่อมอากาศต่ำในมหาสมุทรอินเดียทำให้เกิด “ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ” พัดผ่านประเทศไทย

ในช่วงเดือนมีนาคม–ตุลาคม อากาศบริเวณตอนกลางทวีปมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศเหนือมหาสมุทรอินเดีย อากาศร้อนยกตัวพัดเข้าหาแผ่นดินใจกลางทวีปในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา (ไซโคลน) ทำให้เกิด “ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้” พัดผ่านประเทศไทย

2.1.2 พลังงานลมและกำลังลม (Wind Energy and Wind Power)

อัตราเร็วของลมที่วัดได้จากแอนิโมมิเตอร์มีหน่วยและตัวแปลงดังต่อไปนี้

1 m/s = 3.6 km/h = 2.237 mph = 1.944 knots

1 knot = 1 nautical mile per hour = 0.5144 m/s = 1.852 km/h = 1.125 mph

พลเรือเอก เซอร์ฟรานซิส โบฟอร์ต (Admiral Sir Francis Beaufort) เป็นผู้คิดค้นมาตราโบฟอร์ต โดยได้นำเสนอเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาแสดงดังตารางที่ 2.1

จากการที่อัตราเร็วของลมมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ซึ่งขึ้นอยู่กับความขรุขระ (Roughness) ดังนั้นจึงได้มีการพิจารณาสเกลของความขรุขระ (Roughness Scale) แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 สเกลของอัตราเร็ว

Wind Speed at 10 m height		Beaufort Scale (outdated)	Wind
m/s	Knots		
0.0-0.4	0.0-0.9	0	Calm
0.4-1.8	0.9-3.5	1	Light
1.8-3.6	3.5-7.0	2	
3.6-5.8	7-11	3	
5.8-8.5	11-17	4	Moderate
8.5-11	17-22	5	Fresh
11-14	22-28	6	Strong
14-17	28-34	7	
17-21	34-41	8	Gale
21-25	41-48	9	
25-29	48-56	10	Strong Gale
29-34	56-65	11	
>34	>65	12	Hurricane

การคำนวณพลังงานและกำลังลมที่ได้ สามารถใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณและวิเคราะห์ศักยภาพกำลังลม (P) ทั้งหมดที่ไหลผ่านพื้นที่ตั้งฉากคำนวณจากสมการที่ 2.2

$$P = \frac{KE}{t} = 0.5\rho A u^3 \qquad (2.2)$$

* เมื่อ KE คือ พลังงานจลน์ (J)

P คือ กำลังลมทั้งหมด (W)

t คือ เวลา (s)

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

u คือ ความเร็วลม (m/s)

A คือ พื้นที่ตั้งฉากกับทิศทางลม (m^2)

กำลังของลมทั้งหมดที่ได้ต่อหน่วยพื้นที่คำนวณจากสมการที่ 2.3

$$\frac{P}{A} = 0.5\rho u^3 \qquad (2.3)$$

ตารางที่ 2.2 ระดับของความขรุขระ (Roughness Class) และความยาวความขรุขระ (Roughness Length)

Rough-ness Class	Roughness Length (m)	Energy Index (per cent)	Landscape Type
0	0.0002	100	Water surface
0.5	0.0024	73	Completely open terrain with a smooth surface, e.g. concrete runways in airports, mowed grass, etc.
1	0.03	52	Open agricultural area without fences and hedgerows and very scattered buildings. Only softly rounded hills
1.5	0.055	45	Agricultural land with some houses and 8 m tall sheltering hedgerows with a distance of approx. 1250 m
2	0.1	39	Agricultural land with some houses and 8 meter tall sheltering hedgerows with a distance of approx. 500 m
2.5	0.2	31	Agricultural land with many houses, shrubs and plants, or 8 m tall sheltering hedgerows with a distance of approx. 250 m
3	0.4 *	24	Villages, small towns, agricultural land with many or tall sheltering hedgerows, forests and very rough and uneven terrain
3.5	0.8	18	Larger cities with tall buildings
4	1.6	13	Very large cities with tall buildings and skycrapers

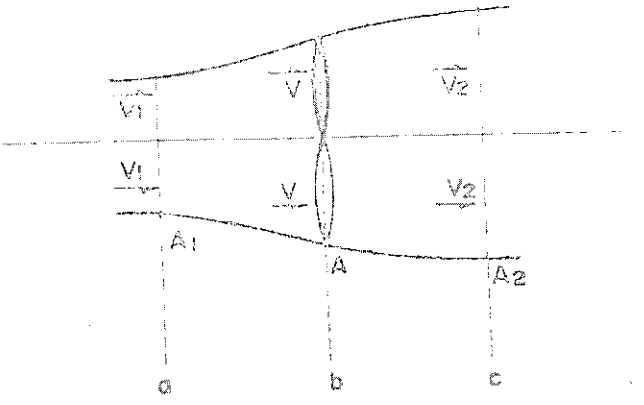
การที่จะนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์ได้จะต้องมีอุปกรณ์ที่เปลี่ยนรูปพลังงานจลน์ของกระแสลมให้อยู่ในรูปของพลังงานกล อุปกรณ์ดังกล่าวนี้เรียกว่ากังหันลม (Wind Turbine) พิจารณากระแสลมที่มีความหนาแน่นและมีความเร็วลม V พัดผ่านพื้นที่หน้าตัด A ในช่วงหนึ่งหน่วยเวลา จะมีกำลังลม P ที่ได้จากพลังงานจลน์ ดังนี้

$$P = \frac{1}{2}\rho A V^3 \qquad (2.4)$$

กังหันลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานที่มีอยู่ในกระแสลมมาใช้ประโยชน์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น กำหนดให้ C_p เป็นสัมประสิทธิ์กำลังงาน (Power Coefficient) ซึ่ง C_p จะเป็นตัวบ่งชี้สัดส่วนของกำลังงานที่กังหันจะสามารถนำไปใช้ได้จากกระแสลม ถ้า P แทนกำลังงานที่ได้จากกังหันลม ดังนั้น

$$P = \frac{1}{2}.C_p \rho A V^3 \qquad (2.5)$$

พิจารณากังหันลมที่มีพื้นที่หน้าตัดรับลม A ตั้งรับกระแสลมซึ่งมีความเร็วลม V_1 ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 พื้นที่หน้าตัดกังหันลม

ณ พื้นที่หน้าตัด A_1, A และ A_2 ของตำแหน่ง a, b, และ c มีค่าความเร็วลม V_1, V และ V_2 ตามลำดับ สามารถเขียนความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ต่อเนื่อง (Continuity Equations) ได้ดังนี้

$$A_1 V_1 = AV = A_2 V_2 \qquad (2.6)$$

การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของกระแสลม ณ หน่วยเวลา t

$$P = \frac{1}{2}.\rho AV\left(V_1^2 - V_2^2\right)$$

และปริมาณการเปลี่ยนแปลงของกระแสลมที่มีต่อกังหัน โดยแรง F

$$F = \rho AV\left(V_1 - V_2\right)$$

คิดเป็นกำลังงาน

$$P = FV = \rho AVPV^2\left(V_1 - V_2\right)$$

ดังนั้น

$$\rho AV^2\left(V_1-V_2\right)=\frac{1}{2}.\rho AV\left(V_1^2-V_2^2\right)$$

และ

$$V=\frac{1}{2}.\left(V_1+V_2\right)$$

Betz เสนอแนวทางการหาค่าสูงสุดของการใช้กำลังงานจากกระแสลมให้ได้สูงสุด โดยพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ของความเร็วลม V_1 และ V_2

ถ้ากำหนดให้ $V_2=d.V_1$ แทนค่าลงในสมการกำลัง จะได้ว่า

$$P=\frac{1}{2}.\rho A\left\{\frac{1}{2}.\left(V_1+dV_1\right)\right\}\left(V_1^2-d^2V_1^2\right)$$

$$=\frac{1}{4}.\rho AV_1^3\left(1+d\right)\left(1-d^2\right)$$

ค่า P มีค่าสูงสุดเมื่อ $\partial P/\partial d=0$ และ ณ จุดนี้พบว่า $d=\frac{1}{3}$

ดังนั้น

$$P_{\max}=\frac{1}{4}.\rho AV_1^3\left(1+\frac{1}{3}\right)\left(1-\frac{1}{9}\right)$$

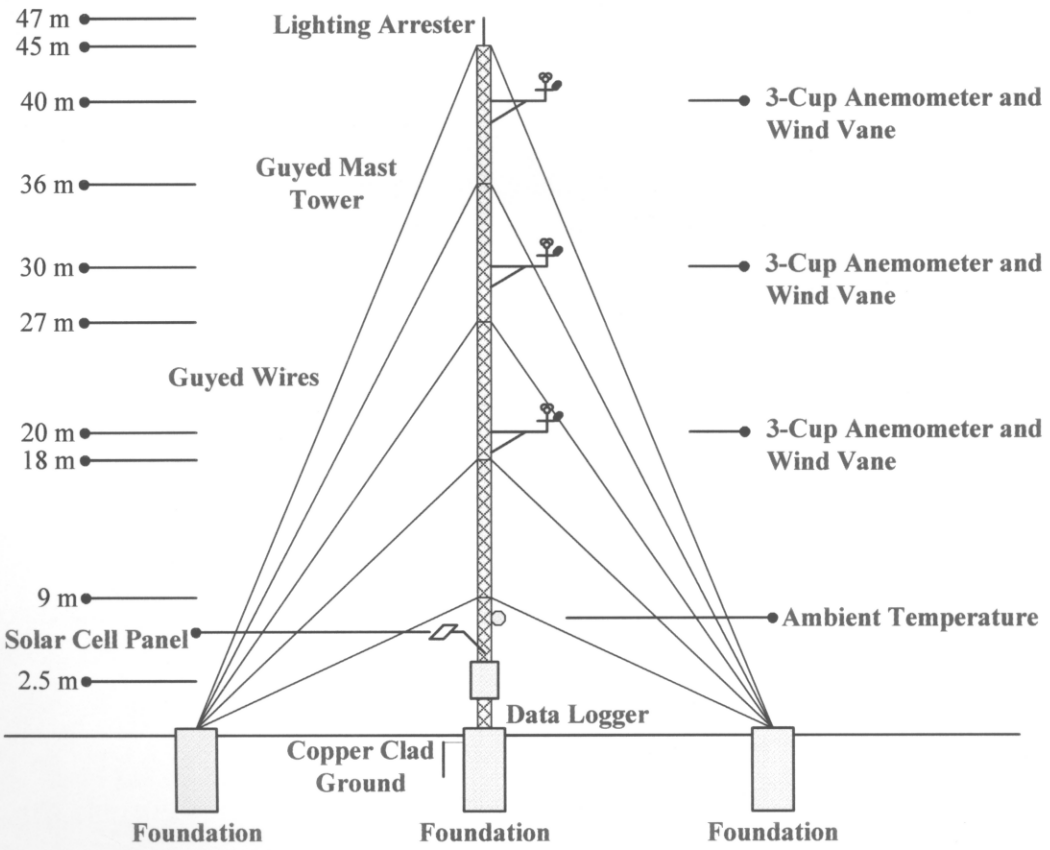
หรือ

$$=\frac{1}{2}.\left(\frac{16}{27}\right)\rho AV_1^3$$

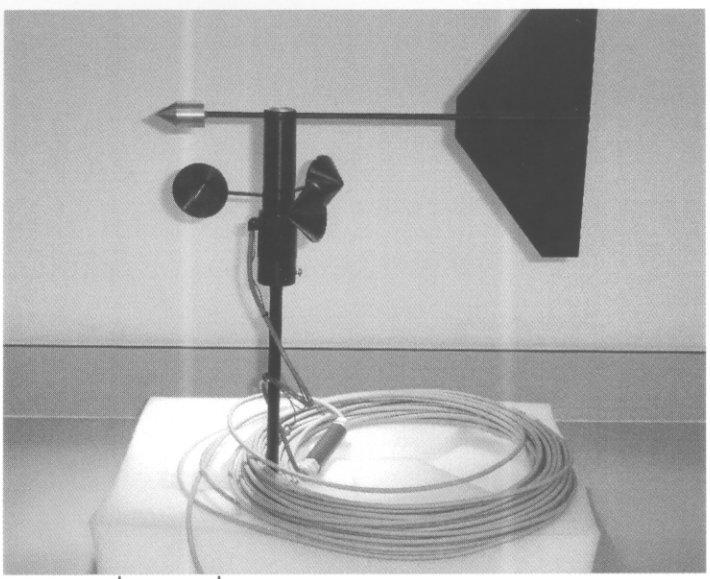
ค่า $\left(\frac{16}{27}\right)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานสูงสุด $C_{p\max}$ เรียกว่า Betz Coefficient

2.1.3 การวัดความเร็วลม

การวัดอัตราเร็วและทิศทางของลมสามารถทำได้โดยการติดตั้งเครื่องวัดลม (Anemometer) กับเสาสูงทั้งชนิดยกขึ้นลงได้ (Tilt-up Tower) หรือเสาถักโครงสามเหลี่ยม (Guyed Mast Tower) ที่ระดับความสูงต่างๆ พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องบันทึกและเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Data Logger) และทำการตรวจวัดทุก 10 นาที การติดตั้งเครื่องวัดลมที่ระดับความสูง 10 m เป็นการตรวจวัดตามมาตรฐานของกรมอุตุนิยมวิทยา ส่วนรูปที่ 2.3 แสดงการติดตั้งเครื่องวัดลมที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m สำหรับการประเมินศักยภาพพลังงานลมในโครงการวิจัยนี้ และรูปที่ 2.4 แสดงเครื่องวัดอัตราเร็ว (Wind Speed) และศรลมสำหรับวัดทิศทางลม (Wind Vane)



รูปที่ 2.3 การติดตั้งเครื่องวัดลมที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m



รูปที่ 2.4 เครื่องมือวัดอัตราเร็วและทิศทางของลม

อุปกรณ์วัดอัตราเร็วลม (Anemometer) มีรูปร่างเหมือนกรวยดักลม มีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อกระแสลมพัดมาปะทะใบพัด (กรวยดักลม) จะทำให้แกนหมุนและส่งสัญญาณจำนวนรอบมาให้เครื่องคำนวณเป็นค่าอัตราเร็วลมอีกทีหนึ่ง โดยมีหน่วยวัดเป็น m/s

เครื่องวัดทิศทางลม มีรูปร่างคล้ายลูกศร กระแสลมปะทะเข้ากับแผ่นหางเสือที่ปลายลูกศรทำให้หัวลูกศรชี้เข้าหาทิศทางที่กระแสลมพัดมาตลอดเวลา

2.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติของลม

ในการวิเคราะห์ข้อมูลลมสามารถแบ่งการวิเคราะห์ออกได้เป็นดังนี้

1. อัตราเร็วลมรวมช่วงลมสงบ (Wind Speed Including Calm) ที่ความสูงของเครื่องวัดลม (H_0)

$$V_{avg} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} V_i \qquad (2.7)$$

2. อัตราเร็วลมไม่รวมช่วงลมสงบ (Wind Speed Excluding Calm) ที่ความสูงของเครื่องวัดลม (H_0)

$$V_1 = V_{avg}\frac{N_0 + N_1}{N_1} \qquad (2.8)$$

3. กำลังลมรวมช่วงลมสงบ (Power Density Including Calm) ที่ความสูงของเครื่องวัดลม (H_0)

$$P_{avg} = \frac{1}{2N}\sum_{i=1}^{N} V_i^3 \rho \qquad (2.9)$$

โดยที่ V_1 คือ อัตราเร็วลมไม่รวมช่วงลมสงบ

N คือ จำนวนครั้งของการตรวจวัด (เท่ากับจำนวน $N_0 + N_1$)

N_0 คือ จำนวนครั้งของลมสงบ

N_1 คือ จำนวนครั้งของลมที่ตรวจวัดได้ (>0 m/s)

H_0 คือ ความสูงของเครื่องตรวจวัดลม

ρ คือ ค่าคงที่ของความหนาแน่นอากาศ (Air Density) ที่ผิวพื้น เท่ากับ 1.225 kg/m^3

ค่าคงที่ของความหนาแน่นของอากาศที่ผิวพื้นหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Air Density} = 1.2929\frac{(P_r - V_p)}{760}\frac{273}{T} \qquad (2.10)$$

โดยที่ P_r คือ ความดันบรรยากาศ (mmHg)

V_p คือ ความดันไอ (mmHg)

T คือ อุณหภูมิ (K)

ถ้า V_p มีค่าน้อย สามารถตัดทิ้งได้ ดังนั้นจะได้สมการใหม่ที่ความหนาแน่นของอากาศสัมพันธ์กับความสูง คือ

$$\text{Air Density} = 1.226 - \frac{(-1.194)}{10000} Z \qquad (2.11)$$

เมื่อ Z คือ ความสูงจากระดับน้ำทะเล (m)

2.1.5 การแจกแจงไวบุลล์ (Weibull Distribution)

การแจกแจงไวบุลล์เป็นการแจกแจงแบบหนึ่งทางสถิติ ประกอบด้วยพารามิเตอร์ 2 ตัว ที่สามารถใช้แทนลักษณะการกระจายลม และเป็นการแจกแจงที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลลม การแจกแจงไวบุลล์ประกอบด้วยพารามิเตอร์ 2 ตัว ได้แก่

1. พารามิเตอร์รูปร่าง (Shape Parameter, k)

เป็นพารามิเตอร์ที่แสดงลักษณะการกระจายของลม ในบริเวณที่มีค่า k ต่ำ แสดงว่าในบริเวณนั้นมีความเร็วลมต่ำพัดโดยความถี่ที่บ่อยครั้งกว่าความเร็วลมสูง และในกรณีที่ค่า k สูง ก็จะแสดงถึงผลที่ตรงกันข้ามกัน โดยค่า k ตามโซนต่างๆ ของโลกตามลักษณะของพื้นผิว แสดงดังตารางที่ 2.3

2. พารามิเตอร์สเกล (Scale Parameter, c)

เป็นพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วลมเฉลี่ย เมื่ออัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าสูง c จะมีค่าสูง และเมื่ออัตราเร็วลมเฉลี่ยต่ำค่า c จะมีค่าต่ำด้วย

ตารางที่ 2.3 ค่าพารามิเตอร์ k ของลมชนิดต่างๆ

k	ชนิดของลม
1.0	ลมที่ขั้วโลก ลมที่พัดในที่มีสิ่งปกคลุม
1.5	ลมแถบเมดิเตอร์เรเนียน ลมพัดบริเวณทะเลทราย
2.0	ลมพัดบนพื้นดินและทะเลบริเวณอบอุ่น
2.5	ลมพัดบริเวณละติจูดที่ 40 องศา
4.0	ลมสินค้า

การแจกแจงไวบุลล์เป็นฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function) แบบหนึ่งที่สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 2.12

$$f(V) = \frac{k}{c}\left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^{k}\right] \qquad (2.12)$$

อัตราเร็วลมเฉลี่ยพิจารณาได้จากสมการที่ 2.13

$$\overline{V} = \int_0^\infty V f(V) dV \tag{2.13}$$

จะได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมกับไวบุลล์พารามิเตอร์ คือ

$$\overline{V} = c\int_0^\infty \left(\frac{V}{c}\right)\exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)\right] d\left(\frac{V}{c}\right)^k \tag{2.14}$$

จากสมการดังกล่าว สามารถเขียนสมการใหม่ให้อยู่ในรูปแกมมาฟังก์ชัน (Gamma Function, Γ) โดยรูปแบบทั่วไปของแกมมาฟังก์ชัน คือ

$$\Gamma(n) = \int_0^\infty X^{n-1}\exp[-X]dX \tag{2.15}$$

แทนค่า $X = \left(\frac{V}{c}\right)^k$ และ $n = (1+\frac{1}{k})$ ในสมการที่ 2.14 สามารถเขียนใหม่เป็น

$$\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right) = \int_0^\infty \left\{\left(\frac{V}{c}\right)^k\right\}^{\frac{1}{k}} \exp\left[-c\left(\frac{V}{c}\right)^k\right] d\left(\frac{V}{c}\right)^k$$

$$\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right) = \int_0^\infty \frac{V}{c}\exp\left[-c\left(\frac{V}{c}\right)^k\right] d\left(\frac{V}{c}\right)^k$$

แทนค่าสมการที่ 2.15 ลงในสมการ

$$\overline{V} = c\Gamma(1+\frac{1}{k})$$

เมื่อนำสมการการแจกแจงไวบุลล์ มาคำนวณเป็นสมการแจกแจงสะสมของอัตราเร็วลม $\{F(V)\}$ จะได้

$$F(V) = \int_0^V f(V)dV \tag{2.16}$$

$$F(V) = \int_0^V \frac{k}{c}(\frac{V}{c})^{k-1}\exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^k\right] dV$$

$$F(V) = \int_0^V \frac{k}{c}(\frac{V}{c})^{k-1}\exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^k\right] d\frac{V}{c}$$

$$F(V) = \int_0^V \frac{k\left(\frac{V}{c}\right)^{k-1}\exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^k\right] d\frac{V}{c}}{k\left(\frac{V}{c}\right)^k d\left(\frac{V}{c}\right)^{k-1}}$$

$$F(V) = \int_0^V \exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^k\right]_0^V$$

$$F(V) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^k\right] \quad (2.17)$$

จากสมการที่ 2.16

$$c = \frac{\overline{V}}{\Gamma\left(1+\frac{1}{k}\right)} \quad (2.18)$$

แทนค่า c ลงในสมการที่ 2.14 และสมการที่ 2.18 จะได้

$$F(V) = \frac{k}{V}\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)\Gamma^k\left(1+\frac{1}{k}\right)\exp\left[-\Gamma^k\left(1+\frac{1}{k}\right)\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)^k\right] \quad (2.19)$$

$$F(V) = 1 - \exp\left[-\Gamma^k\left(1+\frac{1}{k}\right)\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)^k\right] \quad (2.20)$$

เนื่องจาก $F(V)$ เป็นฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น เมื่ออินทิเกรตแล้วจะมีค่าเท่ากับ 1 ดังสมการ

$$\int_0^\infty f(V)dV = 1 \quad (2.21)$$

ถ้าเขียนให้อยู่ในรูปฟังก์ชันไร้หน่วย (Dimensionless) จะเขียนได้เป็น $f = \left(\frac{V}{\overline{V}}\right)$ ซึ่ง

เมื่อทำการปริพันธ์ $f\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)d\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)$ จะพบว่ามีค่าเท่ากับ 1

$$\int_0^\infty f\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)d\left(\frac{V}{\overline{V}}\right) = 1 \quad (2.22)$$

จากสมการที่ 2.21 และ 2.22 จะได้

$$\int_0^\infty f(V)dV = \int_0^\infty f\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)d\left(\frac{V}{\overline{V}}\right) = 1 \quad (2.23)$$

$$\int_0^\infty f(V)dV = \frac{1}{\overline{V}}\int_0^\infty f\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)dV \quad (2.24)$$

$$\int_0^\infty \overline{V} f(V)\,dV = \int_0^\infty f\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)dV \quad (2.25)$$

จากสมการที่ 2.25 สามารถสรุปได้ว่า

$$f\left(\frac{V}{\overline{V}}\right) = \overline{V} f(V)$$

และสามารถเขียนได้เป็น

$$f\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)=\overline{V}f(V)=\overline{V}\frac{k}{V}\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)^{k}\Gamma^{k}\left(1+\frac{1}{k}\right)\exp\left[-\Gamma^{k}\left(1+\frac{1}{k}\right)\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)^{k}\right]$$

$$f\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)=k\Gamma^{k}\left(1+\frac{1}{k}\right)\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)^{k-1}\exp\left[-\Gamma^{k}\left(1+\frac{1}{k}\right)\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)^{k}\right] \qquad (2.26)$$

เราสามารถนำสมการดังกล่าวมาเขียนกราฟ ระหว่าง $f\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)$ กับ $\left(\frac{V}{\overline{V}}\right)$ ในกรณีค่า k มีค่าต่างๆ ได้

การหาค่าไวบุลล์พารามิเตอร์สำหรับข้อมูลลม สามารถทำได้หลายวิธี ทั้งนี้จะพิจารณาจากสมการแจกแจงสะสมของอัตราเร็วลม

$$F(V)=1-\exp\left[-\left(\frac{V}{c}\right)^{k}\right] \qquad (2.27)$$

เมื่อ V คือ อัตราเร็วลม (m/s)

k คือ พารามิเตอร์รูปร่าง

c คือ พารามิเตอร์สเกล

จัดรูปสมการใหม่ โดยการใส่ค่า ln ทั้ง 2 ข้างของสมการ จะได้

$$\ln\left[-\ln\left(1-F(V)\right)\right]=k\ln V-k\ln c \qquad (2.28)$$

พิจารณาให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรง

$$Y_i=kX_i+K\ln c \qquad (2.29)$$

เมื่อ

$$Y_i=\ln\left[-\ln\left(1-F(V)\right)\right]$$

$$X_i=\ln V$$

รวบรวมข้อมูลของการแจกแจงอัตราเร็วลมจาก $i=1$ ถึง n จะได้

$$\sum_{i=1}^{n}Y_i=k\sum_{i=1}^{n}X_i-nk\ln c \qquad (2.30)$$

$$\ln c=\frac{k\sum_{i=1}^{n}X_i-\sum_{i=1}^{n}Y_i}{nk} \qquad (2.31)$$

จากสมการที่ 2.31 ทำให้ได้ว่า

$$Y_iX_i=k\left(X_i\right)^2+X_ik\ln c \qquad (2.32)$$

รวบรวมข้อมูลของการแจกแจงอัตราเร็วลมจาก $i=1$ ถึง n จะได้

$$\sum_{i=1}^{n}Y_iX_i=k\sum_{i=1}^{n}X_i^2-k\sum_{i=1}^{n}X_i lnc \qquad (2.33)$$

แทนค่า $\ln c$ ในสมการที่เกี่ยวข้อง จะได้

$$k = \frac{n\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} Y_i}{n\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2} \quad (2.34)$$

เมื่อได้ค่า k ทำการแทนค่าลงในสมการที่ 2.28 สำหรับหาค่า c ได้โดย

$$c = \exp\left[-\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 \sum_{i=1}^{n} Y_i - \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i}{n\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} Y_i} \right] \quad (2.35)$$

นอกจากการหาค่า c และ k จากสมการที่ 2.34 และ 2.35 สามารถพิจารณาได้ว่าสมการที่ 2.28 เป็นสมการเส้นตรง ดังนั้นสามารถนำค่าไปพล็อตกราฟเมื่อกำหนดให้ $Y = \ln\left[-\ln\left(1-F\left(V\right)\right)\right]$ และ $X = k\ln(V)$, $b = -k\ln(c)$ ซึ่งความชันของกราฟที่ได้คือค่า k และค่า $c = \exp\left(-\frac{b}{k}\right)$

นอกจากนี้แล้ว Christoffereson and Gillette ได้เสนอการประเมินพารามิเตอร์ k และ c โดยใช้สมการดังนี้

$$[k] = \frac{\pi}{\sqrt{6}}\left[\frac{n(n-1)}{n\left(\sum \ln^2 Vi\right) - (\sum \ln Vi)^2}\right]^{0.5} \quad (2.36)$$

$$c = \left(\sum \ln V_i^k\right)^{1/k} \quad (2.37)$$

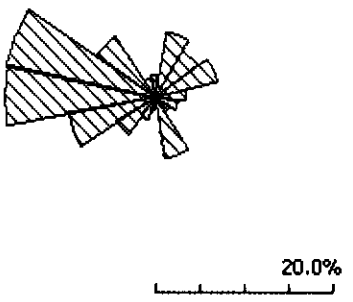
เมื่อ $V_i (i = 1,2,3...,n)$ คือ อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน

E. K. Akpinar and S. Akpinar จากค่าไวบุลล์พารามิเตอร์ k และ c สามารถนำไปหาค่าความเร็วลมสูงสุดและความเร็วลมที่ให้พลังงานมากสุด ได้จากความสัมพันธ์ดังสมการต่อไปนี้คือ

$$V_{MP} = c\left(\frac{k-1}{k}\right)^{1/k} \quad (2.38)$$

$$V_{MaxE} = c\left(\frac{k+2}{k}\right)^{1/k} \quad (2.39)$$

ค่าความเร็วลมที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะถูกนำมาสร้างผังลมโดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป *WAsP* 9.0 โดยมีตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ผังลมชนิด 16 ส่วน (Sector)

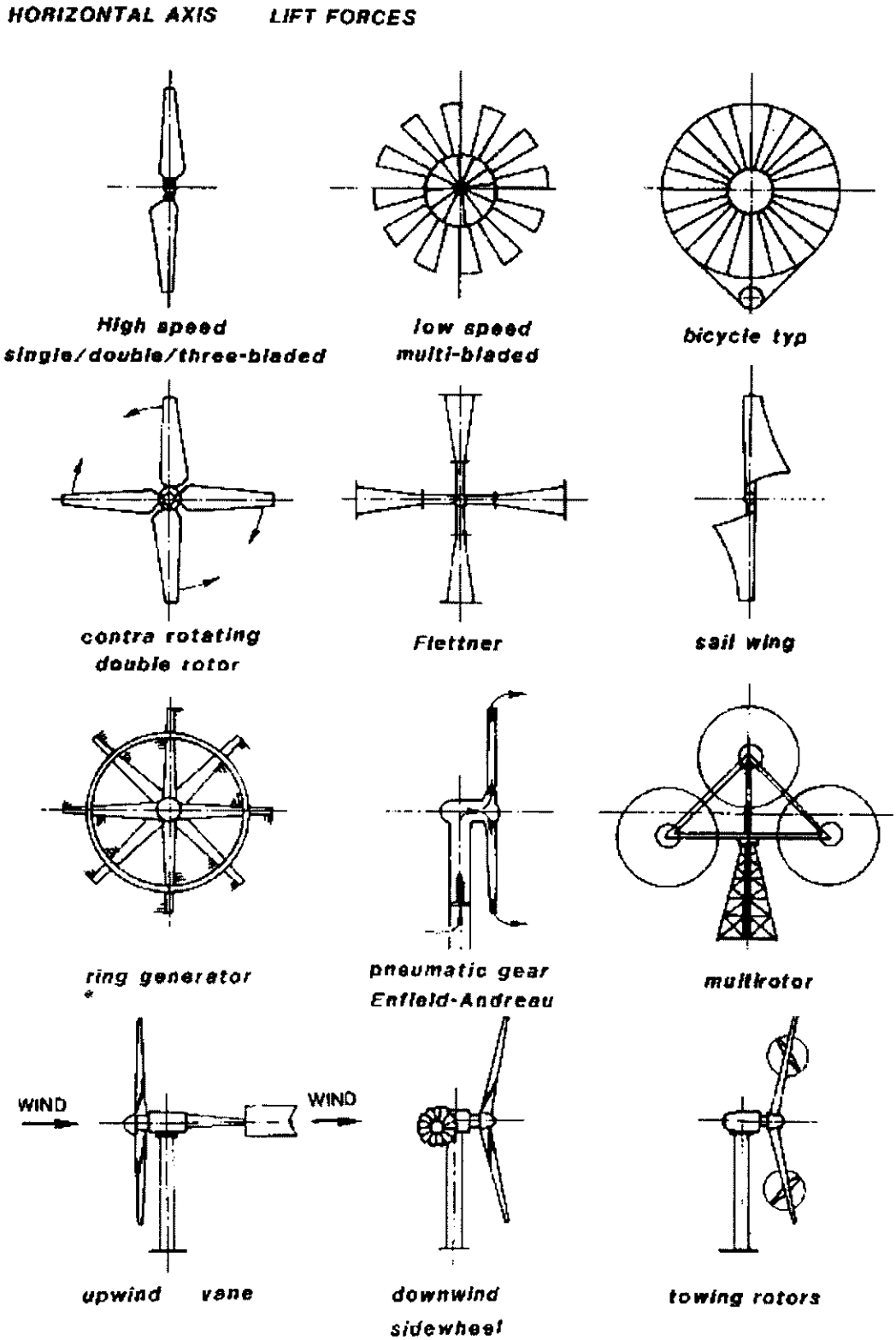
2.1.6 กังหันลม

2.1.6.1 แบบของกังหันลม (Turbine Design)

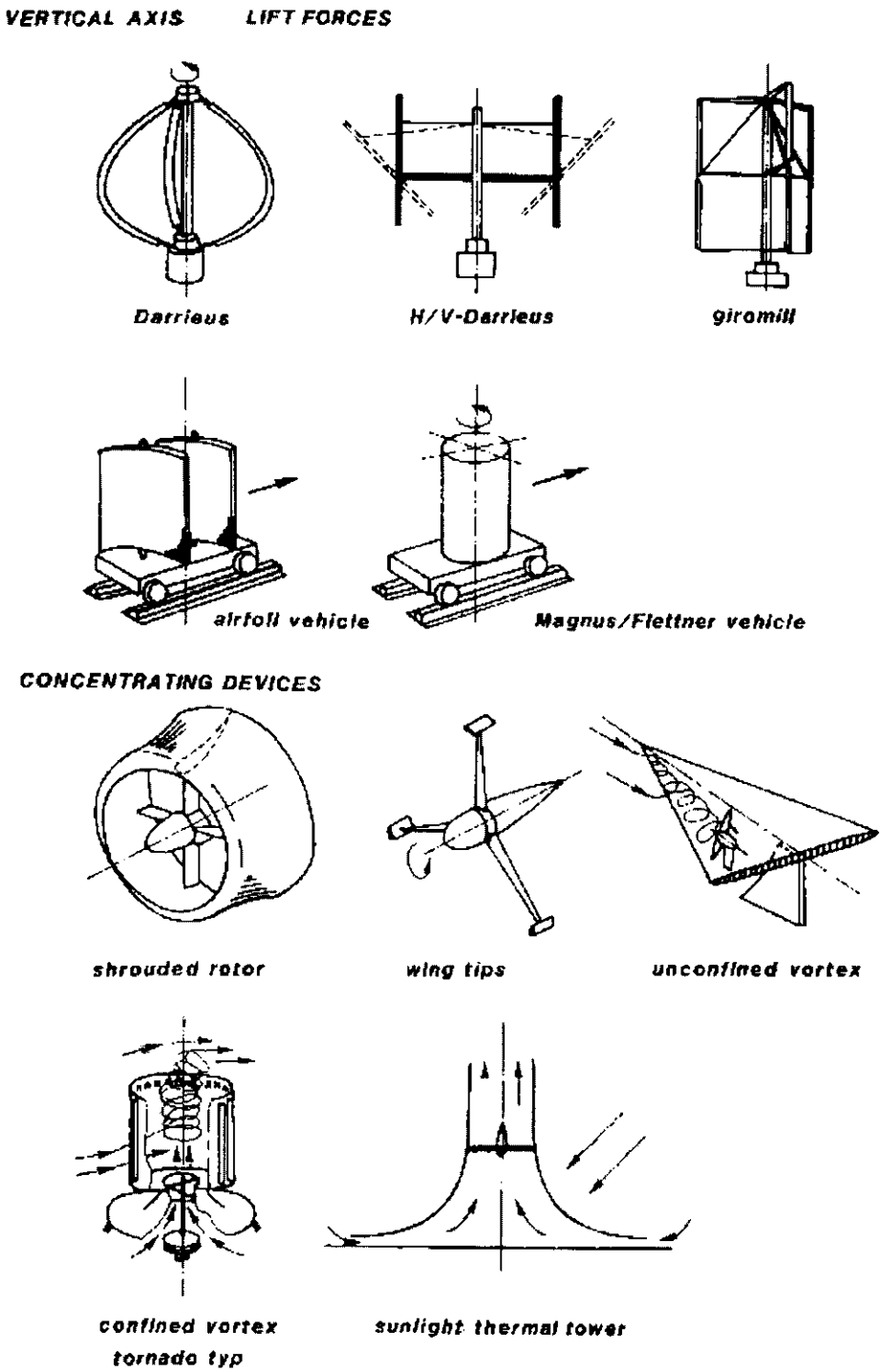
กังหันลมสามารถแบ่งออกได้เป็นแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine: VAWT) และกังหันลมแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine: HAWT) โดยมีรูปแบบของกังหันลมแต่ละแบบแสดงดังรูปที่ 2.6-2.7

2.1.6.2 ส่วนประกอบของกังหัน (Wind Turbine Component)

ภาพรวมของกังหันลมขนาดใหญ่แสดงดังรูปที่ 2.8-2.9



รูปที่ 2.6 กังหันลมแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine)



รูปที่ 2.7 กังหันลมแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine)

Overall views of a wind turbine

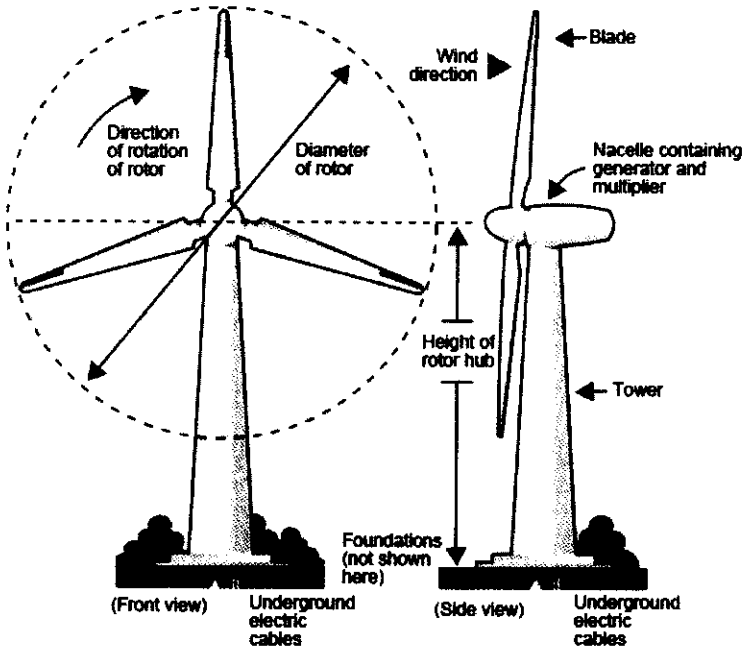
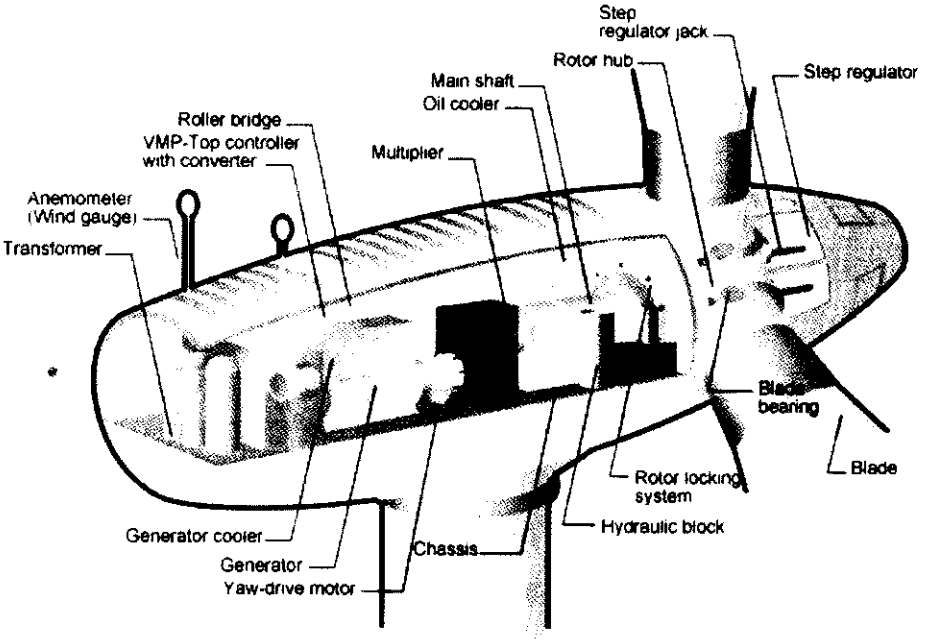
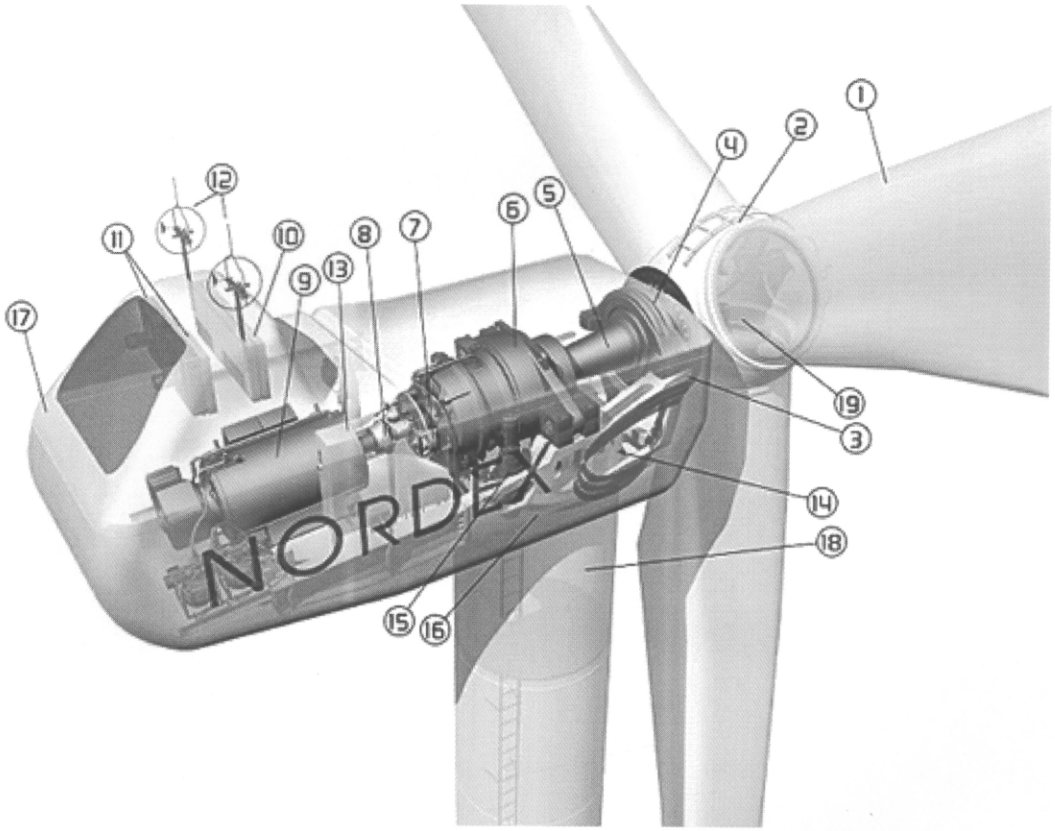


Diagram showing typical nacelle structure



รูปที่ 2.8 ภาพรวมของกังหันลมและส่วนประกอบของกังหันลมขนาดใหญ่

แหล่งข้อมูล : http://www.planete-energies.com/content/renewable-energies/wind-power-energy/windmills.html



รูปที่ 2.9 กังหันลมรุ่น Nordex N80 ขนาด 2.5 MW

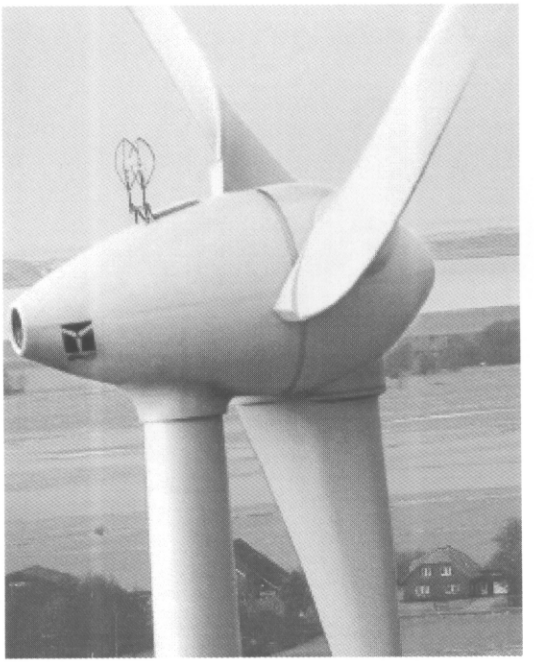
กังหันลมขนาดใหญ่แสดงดังรูปที่ 2.9 มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1. ใบพัด (Rotor Blades) ทำจากไฟเบอร์กลาสผสมพลาสติก
2. ศูนย์กลางใบพัด (Hub) ทำจากเหล็กหล่อ (Cast Iron)
3. ห้องเครื่องของกังหัน (Turbine Frame) มีลักษณะเป็นท่อซึ่งทำจากเหล็กหล่อซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง ทนทานต่อการสั่นและมีลักษณะลดการเกิดเสียง
4. ตลับลูกปืนของส่วนหมุน (Rotor Bearing) เป็นตลับลูกปืนทรงกลมแข็งสองชั้นมีลักษณะของกล่องเป็นท่อ
5. เพลาของส่วนหมุน (Rotor Shaft) มีลักษณะเป็นท่อทำจากเหล็กหล่อ
6. กล่องเกียร์ (Gearbox) เป็นแบบเกียร์ทดรอบ 2 ขั้น
7. จานเบรก (Disk Brake) ประกอบไปด้วยเบรกแบบปากคีบอยู่ที่เพลาความเร็วรอบสูงของกล่องเกียร์
8. ส่วนคู่ควบของตัวกำเนิดไฟฟ้า (Generator Coupling)

9. ตัวกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ขนาด 2,500 kW มีระบบระบายความร้อนด้วยของเหลวและมีตัวกำเนิดไฟฟ้าแบบอะซิงโครนัสแบบป้อนสองทาง
10. ตัวระบายความร้อน (Cooling Radiator) เป็นส่วนของระบบทำความเย็นสำหรับกล่องเกียร์
11. พัดลมระบายความร้อน (Fan Coolers) สำหรับการระบายความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
12. ระบบวัดลม (Wind Measuring System) ประกอบไปด้วยแอนิโมมิเตอร์และศรลม ซึ่งสามารถวัดเงื่อนไขของลมและส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุมกังหัน
13. ระบบควบคุม (Control System) ทำหน้าที่ติดตามและควบคุมการทำงานของกังหันลม
14. ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic System) จะรักษาและควบคุมความดันไฮดรอลิกของจานเบรกและระบบเบรกการขับเคลื่อนกังหัน
15. ระบบขับเคลื่อนกังหัน (Yaw Drive) ประกอบไปด้วยเกียร์ 2 ตัว ขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้าที่ควบคุมด้วยความถี่
16. ตลับลูกปืนของตัวขับเคลื่อน (Yaw Bearing) เป็นแบบ 4-point ball-bearing with outer teething และมีระบบจานเบรกของตัวขับเคลื่อน
17. ส่วนครอบนัคเซลล์ (Nacelle Cover) ทำจากไฟเบอร์กลาสผสมด้วยพลาสติกวางอยู่บนโครงสร้างเหล็ก
18. หอคอย (Tower) มีโครงสร้างแบบท่อทำจากเหล็กมีหลายระดับความสูง
19. ระบบพิช (Pitch System) ประกอบด้วยเกียร์พิชอิสระกัน 3 ตัว ซึ่งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

2.1.6.3 สัมประสิทธิ์กำลัง (Power Coefficient)

บริษัท Enercon ได้รายงานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์กำลัง (Cp) ของกังหันลมขนาดใหญ่ที่มีรูปร่างลักษณะแสดงดังรูปที่ 2.10 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์กำลังเท่ากับ 0.57 ซึ่งมากกว่า 0.43 ในอดีต

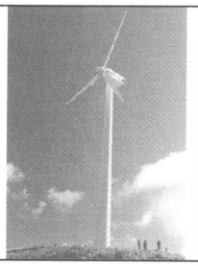


รูปที่ 2.10 กังหันลมที่มีค่าสัมประสิทธิ์กำลัง (Cp) สูง 0.57

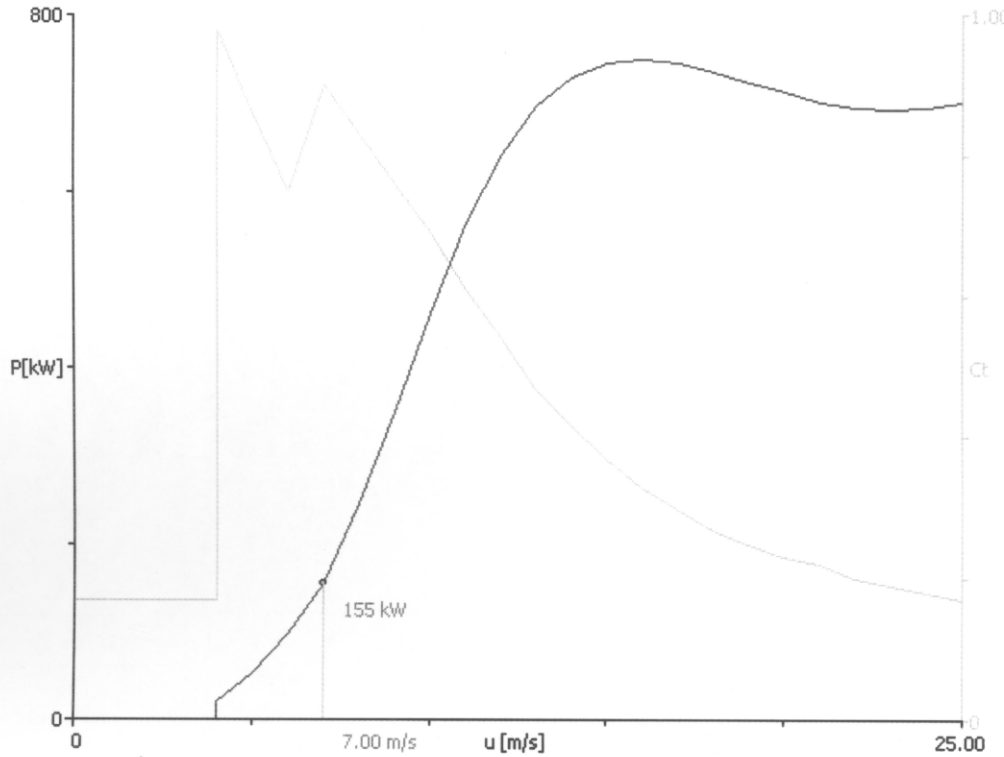
2.1.6.4 เส้นโค้งกำลัง (Power Curve)

โครงการวิจัยนี้ได้พิจารณาขนาดของกังหันลมสำหรับผลิตไฟฟ้าจำนวน 4 ขนาด ดังนี้ ขนาด 0.75 MW รุ่น NEG–Micon48 ขนาด 1.0 MW รุ่น Bonus ขนาด 1.5 MW รุ่น Vestas V63 และขนาด 2.0 MW รุ่น Vestas V80 ตามลำดับ ตารางที่ 2.4 แสดงข้อมูลจำเพาะของกังหันลมขนาดพิกัดดังกล่าว โดยเป็นกังหันลมจากผู้ผลิตต่างกัน เนื่องจากกังหันลมที่ขนาดพิกัดเดียวกันจะมีรุ่นต่างๆ ที่ผลิตโดยผู้ผลิตต่างกัน ดังนั้นในการเลือกกังหันลมขนาดใหญ่ในการผลิตไฟฟ้าจึงพิจารณาจากเส้นโค้งกำลังของกังหันลม โดยเส้นโค้งกำลังของกังหันลมรุ่นต่างๆ ดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 2.11-2.14

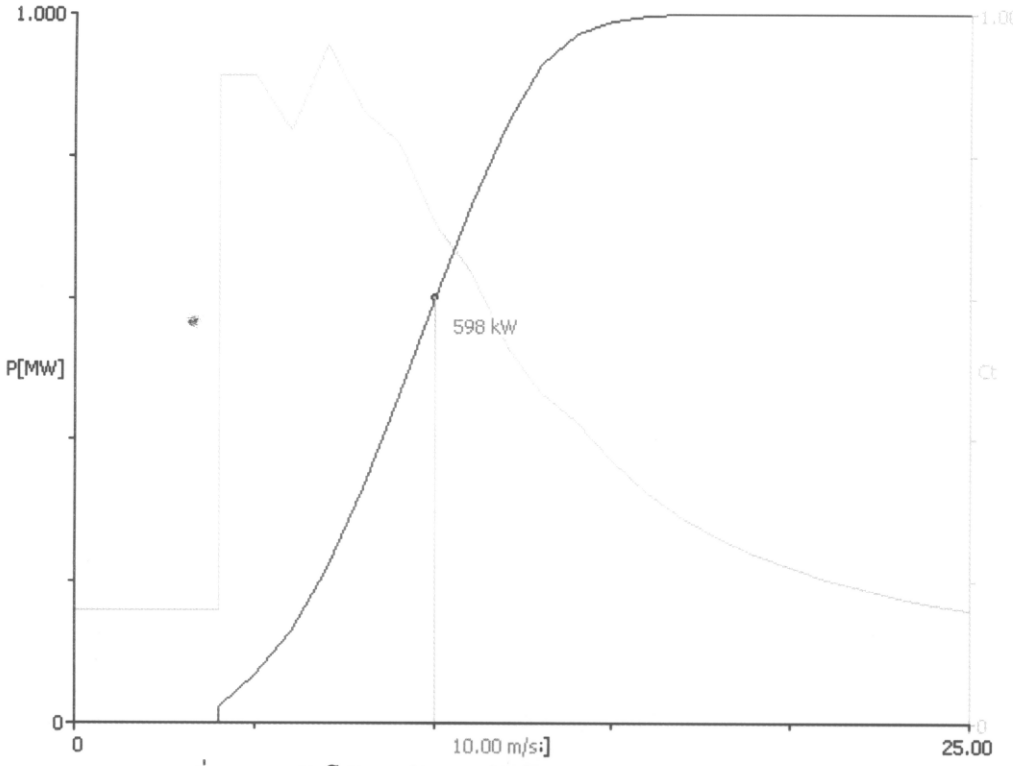
ตารางที่ 2.4 ข้อมูลจำเพาะของกังหันลมรุ่นต่างๆ

รายละเอียด	0.75 MW	1 MW	1.5 MW	2 MW
ผู้ผลิต	NEG-Micon A/S	Siemens Wind Power A/S	Vestas Wind System A/S Denmark	Vestas Wind System A/S Denmark
รูป				
รุ่น	NEG-Micon 48	Bonus 1 MW	Vestas V63	Vestas V80
Rotor				
Rotor Diameter	48.2 m	54.2 m	63 m	80 m
Area Swept	1,824 m^2	2,306 m^2	3,115 m^2	5,025 m^2
Speed of Revolution	22/14 rpm	22 rpm	22.9 rpm	16.7 rpm
No. of Blade	3	3	3	3
Tower				
Hub Height	45 m	50 m	60 m	67 m
Generator				
Generator Type	Asynchronous	Asynchronous	Asynchronous	Asynchronous
Name Plate Rating	750/200 kW	1,000 kW	1,500 kW	2,000 kW
Nominal Frequency	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Operational Data				
Cut in Wind Speed	4 m/s	4 m/s	4 m/s	4 m/s
Cut out Wind Speed	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s
Power Regulation	Stall	Stall	Blade Pitch	Blade Pitch

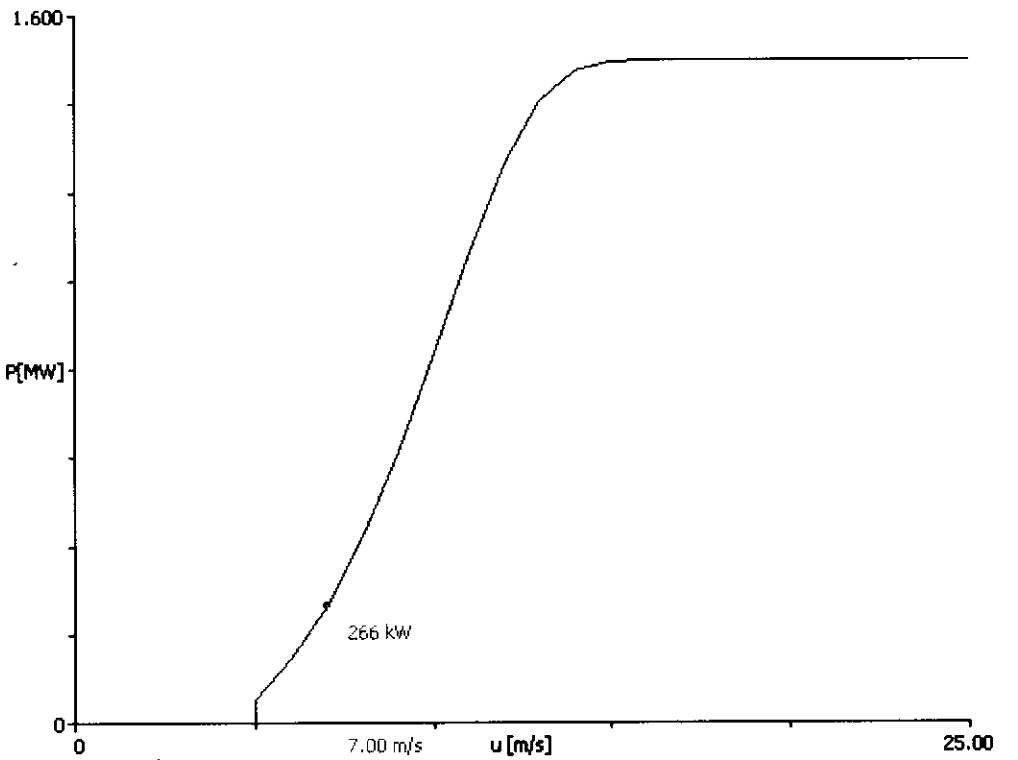
- http://www.creswindfarm.gr/sites1/tech_specs.htm
- http://www.afm.dtu.dk/wind/smep/bonus.htm



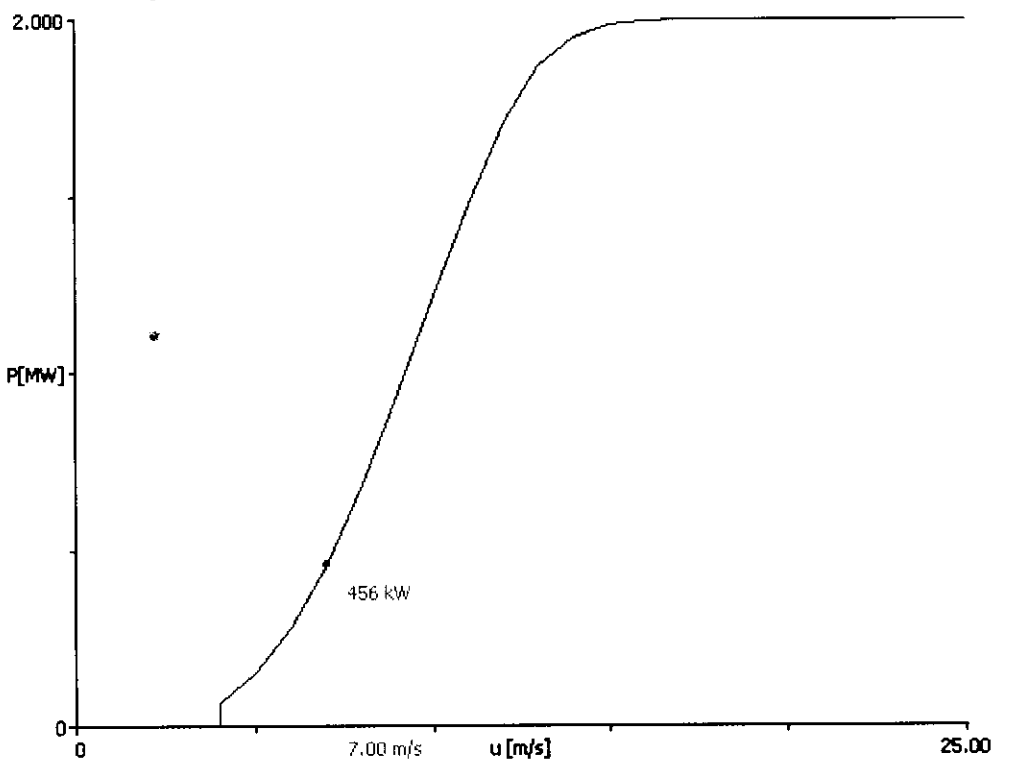
รูปที่ 2.11 เส้นโค้งกำลังของกังหันลมรุ่น NEG-Micon48 ขนาด 750 kW



รูปที่ 2.12 เส้นโค้งกำลังของกังหันลมรุ่น Bonus ขนาด 1 MW



รูปที่ 2.13 เส้นโค้งกำลังของกังหันลมรุ่น Vestas V63 ขนาด 1.5 MW



รูปที่ 2.14 เส้นโค้งกำลังของกังหันลมรุ่น Vestas V80 ขนาด 2 MW

2.1.6.5 การเลือกสถานที่สำหรับการติดตั้งกังหันลม (Wind Turbine Siting)

การเลือกสถานที่สำหรับการติดตั้งกังหันลมจะพิจารณาถึงปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ความขรุขระและแรงเฉือน (Roughness and Shear)

ที่ระดับความสูงเหนือพื้นผิวโลกไม่เกิน 1 km ลักษณะของพื้นผิวหรือความขรุขระของภูมิประเทศ (Roughness of Terrain) จะมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของลมหรือต่ออัตราเร็วลม ซึ่งมักจะเกิดขึ้นเนื่องจากแรงเสียดทาน (Friction) ดังนั้นจึงควรพิจารณาถึงอิทธิพลดังกล่าวด้วย นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงอิทธิพลของสิ่งกีดขวาง (Obstacle) อิทธิพลของความต่างระดับ ซึ่งจะส่งผลต่ออัตราเร็วของลม (Speed Up Effect) เช่นอิทธิพลของช่องเขา (Tunnel Effect) และอิทธิพลของเนินเขา (Hill Effect) เป็นต้น

2. ความลาดชันของพื้นที่ (Escarpment)

ในการวิเคราะห์อัตราเร็วลมมักจะมีการเข้าใจผิดเกี่ยวกับลักษณะของภูมิประเทศโดยการรวมเอาระดับความสูงของรูปประเทศ เช่น หน้าผา เข้าไปใช้ในการคำนวณความสูงประสิทธิผล (Effective Height) ความเข้าใจผิดดังกล่าวจะส่งผลเสียหายอย่างมากเนื่องจากเมื่ออากาศเดินทางมาถึงบริเวณหน้าผาก็จะเกิดการปั่นป่วน (Turbulence) และอากาศจะลดระดับความเร็วลง ดังนั้นลักษณะภูมิประเทศที่เหมาะสมต่อการติดตั้งกังหันลมควรจะเป็นเนินเขาเตี้ยๆ (Rounded Hill)

รูปที่ 2.15 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของฟาร์มกังหันลมที่ตั้งอยู่บริเวณหน้าผาที่มีความสูง 10 m ถ้าหากเราเลือกได้สถานที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกังหันลมควรจะเป็นเนินเขา



รูปที่ 2.15 ฟาร์มกังหันลมที่ติดตั้งบนเนินเขา

3. สิ่งกีดขวางลม (Wind Obstacle)

รูปที่ 2.16 แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของสิ่งกีดขวางของลม โดยลมจะเคลื่อนที่มาจากทางด้านขวามือแต่แทนที่กังหันลมตัวขวามือสุดจะเริ่มหมุนก่อนปรากฏว่าที่อัตราเร็วลมเดียวกันนั้นกังหันลมตัวที่สองและตัวที่สามกลับหมุน



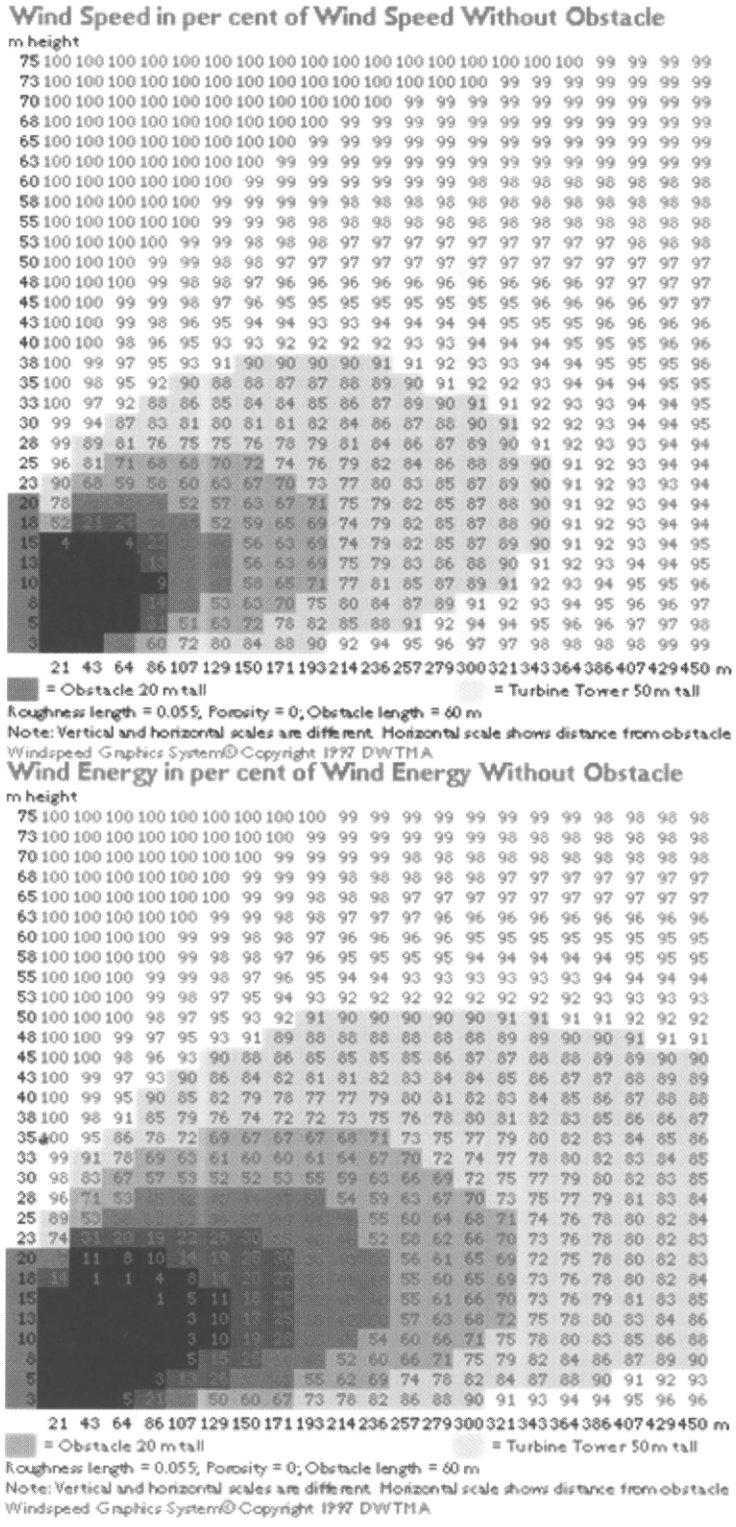
รูปที่ 2.16 อิทธิพลของสิ่งกีดขวางของลม

4. เงาของลม (Wind Shade)

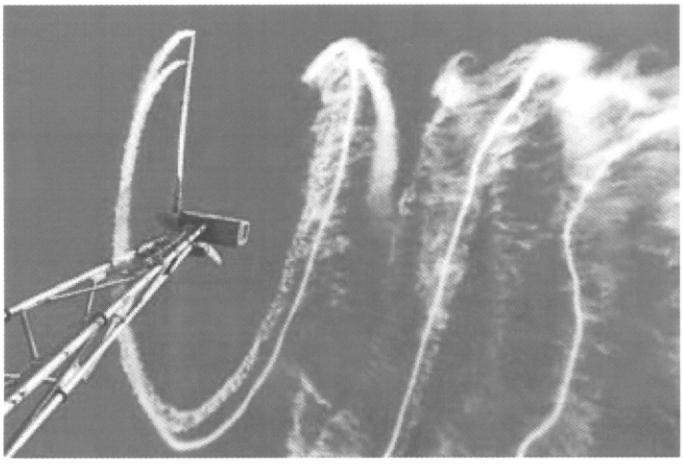
กราฟในรูปที่ 2.17 (บน) แสดงให้เห็นถึงการลดลงของอัตราเร็วของลมหลังจากเคลื่อนที่ผ่านสิ่งกีดขวาง โดยสิ่งกีดขวางที่ใช้ในการพิจารณานี้เป็นอาคารสูง 60 m กว้าง 20 m อยู่ห่างจากกังหันลมที่มีความสูงของ Hub 50 m ในระยะทาง 300 m ที่ระดับสูงสุดของแท่งสีเหลืองจะเห็นได้ว่าอัตราเร็วของลมมีค่าลดลงร้อยละ 3 เหลือ 97 เปอร์เซ็นต์เมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง ซึ่งจะทำให้พลังงานลมมีค่าลดลงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์แสดงดังรูปที่ 2.17 (ล่าง)

5. อิทธิพลของเวก (Wake Effect)

ลมที่เคลื่อนที่ผ่านกังหันจะมีพลังงานลดลงซึ่งเป็นไปตามกฎของอนุรักษ์พลังงาน ลมที่เคลื่อนที่ผ่านกังหันจะมีอัตราเร็วลดลงและเกิดเป็นกลุ่มลมด้านหางและมีความปั่นป่วนเมื่อเปรียบเทียบกับลมด้านหน้ากังหัน ดังนั้นการจัดวางกังหันลมสำหรับฟาร์มกังหันจึงมักจะจัดวางให้ห่างกันเป็นระยะ 7 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดเพื่อหลีกเลี่ยงความปั่นป่วนทางด้านหลังของกังหันลมซึ่งอาจจะเป็นด้านหน้าของกังหันลมตัวอื่นๆ นั่นเอง อิทธิพลของเวกแสดงดังรูปที่ 2.18



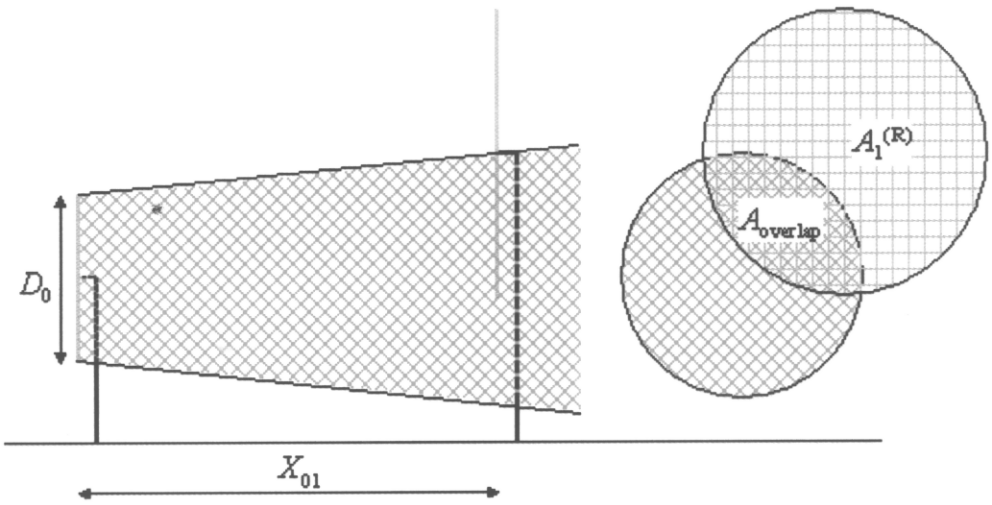
รูปที่ 2.17 ร้อยละของการลดลงอัตราเร็วและพลังงานลมหลังสิ่งกีดขวาง



รูปที่ 2.18 อิทธิพลของเวก

การคำนวณ Wake Effect ระหว่างกังหันลมในฟาร์มกังหันลมมีพื้นฐานมาจากแบบจำลองซึ่งถูกอธิบายในบทความทางวิชาการในการประชุมวิชาการ Europe Wind Energy Association 1986 (EWEA 1986)

สนามการไหล (Flow Field) ที่ใช้ในแบบจำลองสำหรับการคำนวณเอาท์พุทของกังหันลม อาศัยการคำนวณพื้นที่ที่เหลื่อมทับกันของกังหันลมแสดงดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 พื้นที่ที่เหลื่อมทับกันของกังหันลมเมื่อมองจากด้านหลัง

อัตราเร็วลมประสิทธิผลที่ลดลง (Effective Wind Speed Deficit) เมื่อไหลผ่านทางด้านหลังของกังหันตัวหน้าสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.40

$$\delta V_{01} = U_0\left(1-\sqrt{1-C_t}\right)\left(\frac{D_0}{D_0+2kx_{01}}\right)^2 \frac{A_{overlap}}{A_1^{(R)}} \qquad (2.40)$$

เมื่อ U_0 คือ อัตราเร็วลมที่ไม่ถูกรบกวนทางด้านหน้าของกังหันลม

D_0 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของส่วนหมุน

C_t คือ สัมประสิทธิ์ของทรัสต์ (Trust Coefficient)

x_0 คือ ระยะทางในแนวราบระหว่างกังหันลมสองตัว

k คือ ค่าคงที่การสลายตัวของเวก (Wake Decay Constant)

สัมประสิทธิ์ของทรัสต์มีความสัมพันธ์กับแรง F_T และความหนาแน่นของอากาศดังนี้

$$C_t = \frac{2F_T}{\rho\frac{\pi}{4}D_0^{\,2}U_0^{\,2}} \qquad (2.41)$$

การลดลงของอัตราเร็วลมเริ่มต้นจาก U_0 จนมีค่าเท่ากับ V เมื่ออากาศไหลผ่านแนวระนาบการหมุน (Rotor Plane) มีความสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์ของทรัสต์ดังนี้

$$1-C_t = (V/U_0)^2 \qquad (2.42)$$

โดยที่ค่าคงที่ของการสลายตัวของเวกมีค่า $k = 0.075$ ซึ่งเป็นค่าสำหรับการใช้งานบนพื้นทวีป ในกรณีของนอกชายฝั่งค่าดังกล่าวมีค่าประมาณ $k = 0.04$

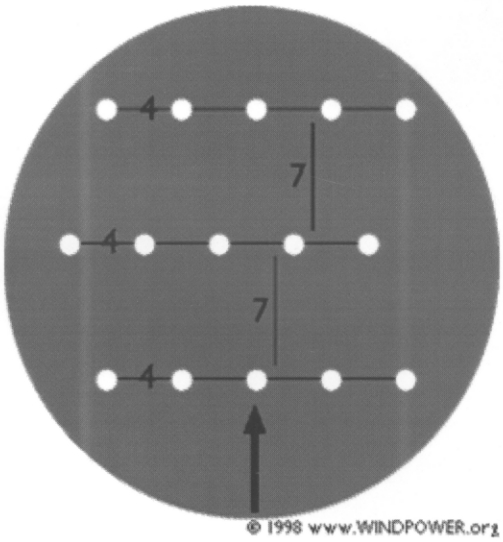
6. อิทธิพลของการวางตำแหน่งของกังหันลม (Park Effect)

ตามหลักทฤษฎีแล้วกังหันลมมักจะวางอยู่ห่างกันประมาณ 5-9 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดในทิศทางเดียวกันกับทิศของลม และมักจะวางอยู่ห่างกันประมาณ 3-5 เท่าในทิศทางตั้งฉากกับลม

รูปที่ 2.20 แสดงให้เห็นถึงการจัดวางกังหันลมโดยวางห่างกัน 7 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดในทิศทางเดียวกันกับทิศของลม และมักจะวางอยู่ห่างกันประมาณ 4 เท่าในทิศทางตั้งฉากกับลม

7. อิทธิพลของช่องเขา (Tunnel Effect)

อากาศจะเกิดการอัดตัวบริเวณช่องเขาทำให้อัตราเร็วของลมมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก ระหว่างสิ่งกีดขวางทางลม เราเรียกอิทธิพลดังกล่าวว่าอิทธิพลของช่องเขาแสดงดังรูปที่ 2.21 เราอาจจะกล่าวได้ว่าถ้าหากลมมีอัตราเร็ว 6 m/s และเคลื่อนที่มาถึงช่องเขาลมดังกล่าวจะมีความเร็วสูงขึ้นถึง 9 m/s



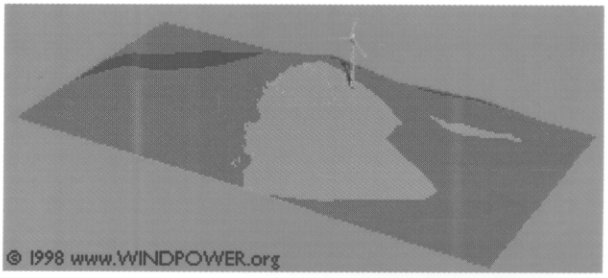
รูปที่ 2.20 อิทธิพลของการจัดวางกังหันลมในฟาร์มกังหัน



รูปที่ 2.21 อิทธิพลของช่องเขา

8. อิทธิพลของเนินเขา (Hill Effect)

วิธีการพื้นฐานสำหรับการหาตำแหน่งของกังหันลมก็คือการวางบนเนินเขาซึ่งบนเนินเขาจะมีอัตราเร็วสูงกว่าพื้นที่รอบๆ ความเร็วที่เพิ่มขึ้นเกิดขึ้นเนื่องจากการกดตัวของอากาศด้านหน้าเขาและเมื่ออากาศเดินทางมาถึงสันเขาจะเกิดการขยายตัวและมีความดันต่ำบริเวณด้านลี (Lee Side) ของเนินเขา



รูปที่ 2.22 อิทธิพลของเนินเขา

9. การพิจารณาสถานที่ติดตั้งกังหัน (Selecting a Wind Turbine Site)

ในการพิจารณาสถานที่ติดตั้งกังหันลมจะพิจารณาจากเงื่อนไขของลมโดยจะพิจารณาอัตราเร็วและทิศทางของลม ถนน การเชื่อมต่อกับระบบสายส่ง (Grid Connection) และเงื่อนไขของดิน (Soil Condition)

2.1.7 เทคโนโลยีพลังงานลม

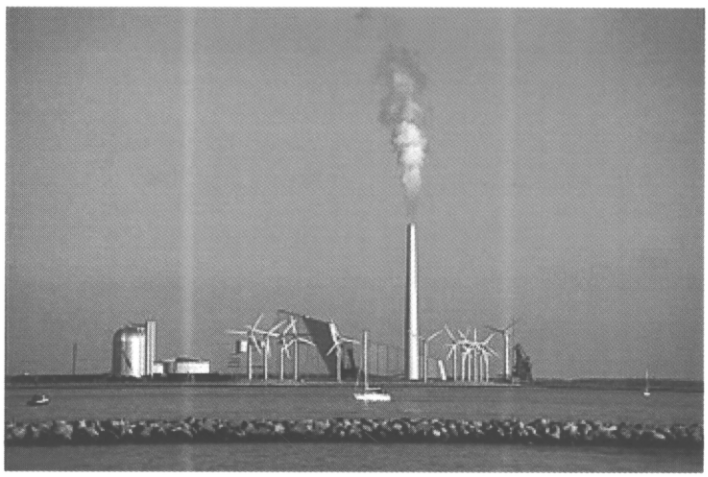
การพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมเริ่มต้นขึ้นอย่างจริงจังเมื่อมีการประยุกต์ใช้กังหันลมกันอย่างมากในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีการติดตั้งกังหันลมขนาด 55 MW ที่มลรัฐแคลิฟอร์เนีย แสดงดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 ฟาร์มกังหันลมรุ่น NEG-Micon ขนาด 55 MW ที่มลรัฐแคลิฟอร์เนีย

จากผลการตื่นตัวดังกล่าวทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมในขณะนั้นลดลงถึงร้อยละ 50

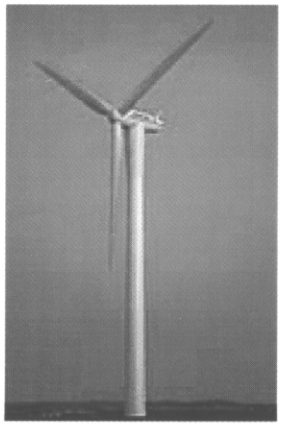
รูปที่ 2.24 แสดงให้เห็นถึงฟาร์มกังหันลมซึ่งอยู่ห่างจากเมืองโคเปนเฮเกนเพียง 5 km โดยมีการติดตั้งกังหันลมรุ่น Bonus 300 kW จำนวน 12 ตัว และ 1,000 kW จำนวน 1 ตัว



รูปที่ 2.24 ฟาร์มกังหันลมในประเทศเดนมาร์ก

ฟาร์มกังหันลมที่ Rejsby Hede ประกอบไปด้วยกังหันลมรุ่น Bonus 600 kW 40 ตัว มีกำลังการผลิตทั้งหมด 24 MW ปัจจุบันฟาร์มกังหันลมที่ใหญ่ที่สุดในประเทศเดนมาร์กตั้งอยู่ที่ Sylthome ซึ่งอยู่บนเกาะทางตอนใต้ของประเทศ โดยประกอบไปด้วยกังหันลมรุ่น Micon 750 kW จำนวน 35 ตัว และมีกำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งสิ้น 26.25 MW

ในปี 1995 กังหันลมขนาดใหญ่ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อผลิตไฟฟ้าโดยมีขนาดความยาวของใบพัด 60 m และมีตัวกำเนิดไฟฟ้าขนาด 750 kW ต่อขนานกัน 2 ตัว



รูปที่ 2.25 กังหันลมรุ่น Nordtank ขนาด 1.5 MW

ต้นแบบกังหันลมรุ่น Vestas 1.5 MW แสดงดังรูปที่ 2.26 โดยมีขนาดความยาวของใบพัด 63 m และมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 1.5 MW ด้านหลังของหอคอยของกังหันเป็นกังหันรุ่น NEW Micon 1.5 MW และด้านหลังเป็นกังหันรุ่น Bonus 750 kW



รูปที่ 2.26 กังหันลมรุ่น Vestas ขนาด 1.5 MW

ต้นแบบของกังหันลมขนาดใหญ่รุ่น NEG Micon 2 MW แสดงดังรูปที่ 2.27 ซึ่งผลิตขึ้นในปี 1999 โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด 72 m หอคอยสูง 68 m ส่วนต้นแบบของกังหันลมรุ่น Bonus ขนาด 2 MW แสดงดังรูปที่ 2.28 ซึ่งผลิตขึ้นในปี 1998 โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัด 73 m และถูกติดตั้งบนหอคอยสูง 60 m



รูปที่ 2.27 กังหันลมรุ่น NEG Micon ขนาด 2 MW



รูปที่ 2.28 กังหันลมรุ่น Bonus ขนาด 2 MW

ต้นแบบของกังหันลมรุ่น Nordex ขนาด 2.5 MW ถูกผลิตขึ้นในปี ค.ศ. 2000 ใบพัดมีหอคอยสูง 80 m แสดงดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 กังหันลมรุ่น Nordex ขนาด 2.5 MW

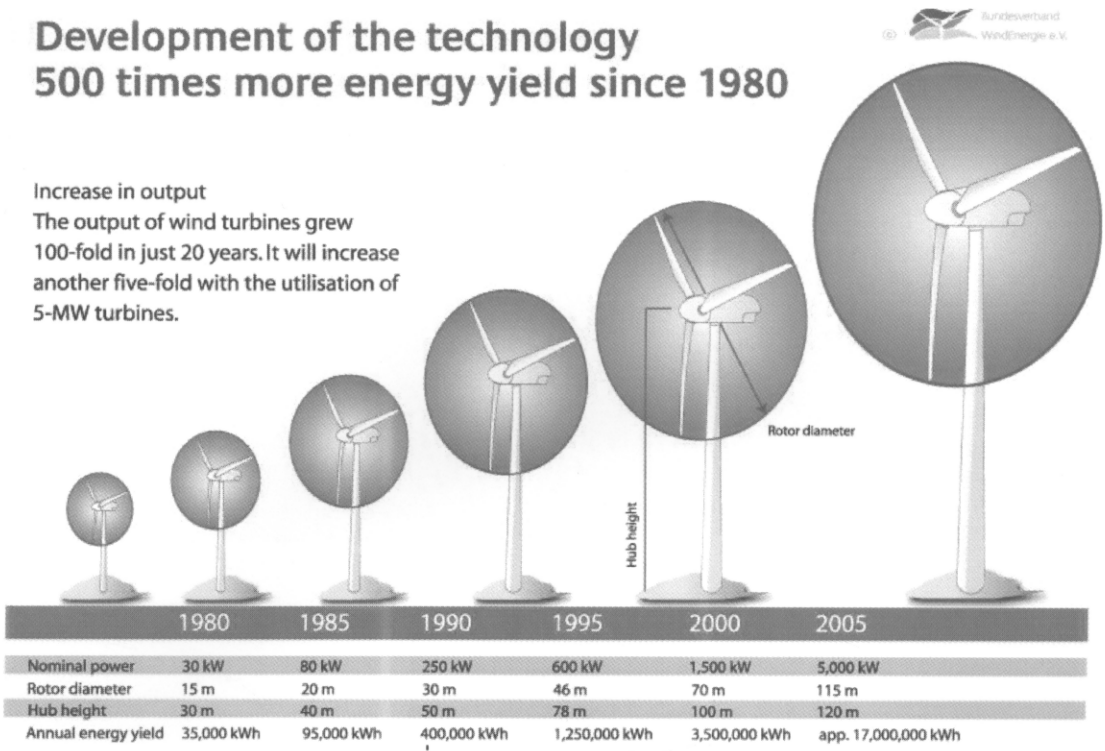
ปัจจุบันกังหันลมผลิตไฟฟ้ามีขนาดใหญ่ที่สุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด 120 m มีกำลังการผลิตไฟฟ้า 5 MW แสดงดังรูปที่ 2.30 กังหันลมดังกล่าวผลิตโดยบริษัท REpower และได้ถูกติดตั้งและเชื่อมต่อเข้ากับระบบสายส่งในประเทศเยอรมัน

ขนาดของกังหันมีวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่องโดยจะเห็นได้จากขนาดของใบพัดที่มีขนาดใหญ่ขึ้นในแต่ละปี โดยปัจจุบันกังหันลมที่มีขนาดใหญ่ที่สุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด 120 m แสดงดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.30 กังหันลมขนาดใหญ่ที่สุด 5 MW

ตารางที่ 2.5 แสดงข้อมูลผู้ผลิตกังหันลมรายใหญ่และกำลังการผลิตติดตั้งในปี ค.ศ. 2005



รูปที่ 2.31 ขนาดของกังหันลม

แหล่งข้อมูล : http://www.renewables-made-in-germany.com/en/wind-energy/

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลผู้ผลิตกังหันลมรายใหญ่และกำลังการผลิตในปี ค.ศ. 2005

Suppliers	Installed MW	%
Vestas, Denmark	3,183	27.9
GE Wind, US etc	2,019	17.7
Enercon, Germany	1,506	13.2
Gamesa, Spain	1,472	12.9
Suzlon, India	696	6.1
Siemens, Denmark	627	5.5
REpower, Germany	354	3.1
Nordex, Germany	297	2.6
Ecotecnia, Spain	240	2.1
Mitsubishi, Japan	228	2.0
Others	570	5.0



รูปที่ 2.32 ลักษณะของโรงไฟฟ้าแบบฟาร์มกังหันลม (Wind Farm Power Plant)
แหล่งข้อมูล: http://www.gepower.com/businesses/ge_wind_energy/en/index.htm



รูปที่ 2.33 ฟาร์มกังหันลมใน Castle River, Alberta ประเทศแคนาดา
Photo Courtesy of Vision Quest Windelectric Inc.



รูปที่ 2.34 ลักษณะของโรงไฟฟ้าแบบฟาร์มกังหันลม (Wind Farm Power Plant) 39.6 MW ประเทศสเปน

แหล่งข้อมูล: http://www.ecpe.nu.ac.th/download/DG%20Tecnologies.pdf

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานลมทั่วประเทศ โดยได้รับความร่วมมือจากกรมอุตุนิยมวิทยา ผลการศึกษาสรุปได้ว่าความเร็วลมในประเทศไทยโดยเฉลี่ยจัดอยู่ในระดับปานกลาง-ต่ำ คือ ต่ำกว่า 4 m/s โดยส่วนที่ความเร็วลมสูงสุดจะอยู่ในบริเวณชายฝั่งบริเวณเกาะต่างๆ ในอ่าวไทยและทางภาคใต้ของประเทศ เมื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานลมแล้ว กฟผ. ได้ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ในการศึกษาเพื่อออกแบบสร้างกังหันลมขึ้น และนำไปติดตั้งทดลองใช้งาน ผลปรากฏว่ายังมีปัญหาเกี่ยวกับระบบส่งกำลัง และความแข็งแรงของใบกังหัน ขณะเดียวกัน กฟผ. ก็ได้ออกแบบสร้างกังหันลมแบบล้อจักรยาน นำไปติดตั้งทดสอบใช้งานที่ชายฝั่งทะเล บริเวณบ้านอ่าวไผ่ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ซึ่งปรากฏว่ายังคงมีปัญหาเรื่องระบบส่งกำลังเช่นกัน

ในปี พ.ศ. 2526 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้เลือกบริเวณแหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต ซึ่งเป็นจุดที่มีข้อมูลบ่งชี้ว่า มีความเร็วลมเฉลี่ยตลอดปี ประมาณ 5 m/s เป็นสถานที่ตั้งของสถานีทดลองการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม ใช้ชื่อว่า สถานีพลังงานทดแทนพรหมเทพ โดยตั้งอยู่ทางทิศเหนือของแหลมพรหมเทพ ประมาณ 1 km

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526-2535 กฟผ. ได้เริ่มติดตั้งกังหันลมขนาดเล็กเพื่อทดสอบการใช้งานที่สถานีแห่งนี้ จำนวน 6 ชุด พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์บันทึกข้อมูลคือ Digital Data Logger และ

Strip Chart Recorder ไว้อย่างครบถ้วน สำหรับไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็นำมาใช้ให้แสงสว่างในบริเวณสถานีทดลองฯ โดยใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นสรุปได้ว่าการใช้กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่บริเวณสถานีพลังงานทดแทนพรหมเทพนี้มีผลเป็นที่น่าพอใจ แต่ยังคงมีปัญหาเรื่องชิ้นส่วนบางชนิด เช่น ใบกังหัน และตลับลูกปืนชำรุด นอกจากนี้ในบางกรณียังมีปัญหาเรื่องการจัดซื้ออะไหล่จากต่างประเทศอีกด้วย

ดังนั้น ในปี พ.ศ. 2531 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จึงได้กำหนดแผนงานเชื่อมโยงระบบกังหันลมมาผลิตไฟฟ้าเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ในลักษณะของการใช้งานจริง และเพื่อศึกษาหาประสบการณ์ในการเชื่อมต่อเข้าระบบไปพร้อมๆ กัน โครงการดังกล่าวดำเนินไปด้วยดีตามแผนงาน โดยได้รับความร่วมมือจาก กฟภ. และสามารถจ่ายไฟเข้าสู่ระบบได้เมื่อต้นเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2533 นับเป็นครั้งแรกในประเทศไทยที่สามารถนำไฟฟ้าจากพลังงานลมมาใช้งานได้โดยเชื่อมโยงเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

การตรวจวัดกระแสลมในอดีตจะอยู่ภายใต้การดำเนินการของกรมอุตุนิยมวิทยา แต่เป็นการตรวจวัดเพื่อวัตถุประสงค์ทางอุตุนิยมวิทยาเท่านั้น ดังนั้นการวัดจึงกระทำที่ระดับ 10 m โดยทำการตรวจวัดวันละ 8 ครั้ง ห่างกันช่วงละสามชั่วโมง แต่การวัดดังกล่าวไม่เที่ยงตรงมากนักสำหรับใช้ประเมินกระแสลมเพื่อพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลม ซึ่งต้องอาศัยการตรวจวัดอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาด้วยอัตราเฉลี่ยทุกนาที สิบนาที และทุกหนึ่งชั่วโมงตลอด 24 ชั่วโมง

อย่างไรก็ตามการศึกษาศักยภาพของพลังงานลมในประเทศไทยได้มีการศึกษากันอย่างเป็นทางการจำนวน 6 ครั้ง สรุปได้ดังนี้

1. ปี พ.ศ. 2518 กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ใช้ความเร็วลมเฉลี่ยจากกรมอุตุนิยมวิทยาเพื่อแสดงศักยภาพพลังงานลมที่มีกำลังสูงและกำลังปานกลางทั่วประเทศไทย แต่ข้อมูลที่ได้ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากจำนวนสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยามีจำนวนจำกัดไม่ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ของประเทศ
2. ปี พ.ศ. 2524 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยร่วมมือกับ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในการจัดทำข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยของกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 53 สถานี ที่มีการเก็บบันทึกข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2509-2521 และปรับระดับความสูงให้เป็นความสูงมาตรฐานที่ 10 m โดยอาศัยกฎของกำลัง (Power Law)
3. ปี พ.ศ. 2527 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้รับทุนสนับสนุนจาก USAID ในการจัดทำข้อมูลความเร็วลมจากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 62 สถานี ที่มีระยะเวลาเก็บข้อมูล 17 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2509-2525 และจัดทำแผนที่ศักยภาพของพลังงานลมแสดงความเร็วและกำลังลมซึ่งปรับระดับโดยใช้กฎลอการิธึม (Logarithmic

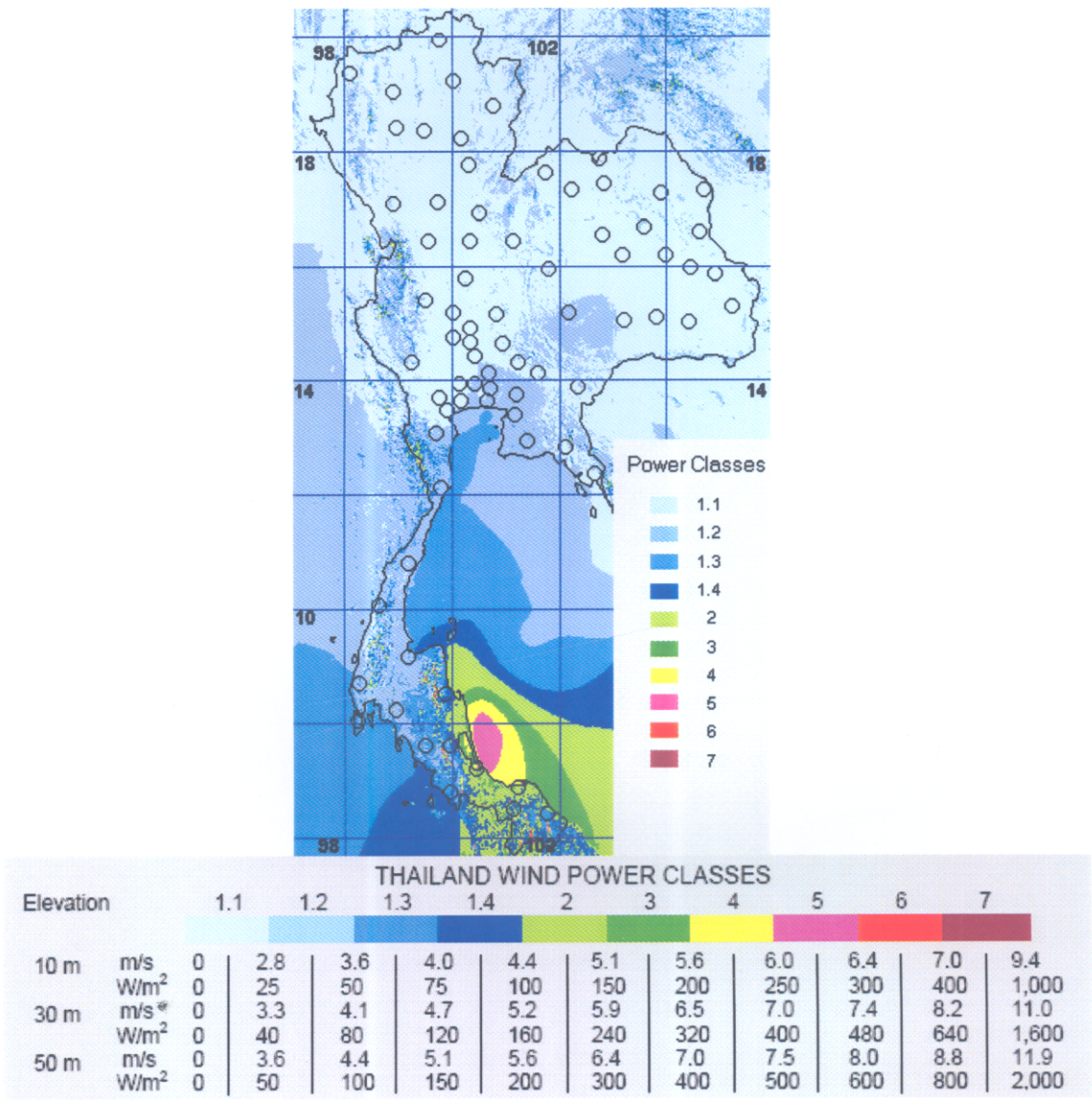
Law) ที่ความสูง 10 m รวมช่วงลมสงบและไม่รวมช่วงลมสงบ รวมทั้งตารางแสดงค่า K-Shape และ C-Scale ของสถานีตรวจวัดต่างๆ

จากแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย (พ.ศ. 2527) โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยบริเวณชายฝั่งทะเลของอ่าวไทย และมหาสมุทรอินเดีย มีค่าค่อนข้างสูงและอัตราเร็วลมเฉลี่ยในเขตพื้นที่ทางภาคเหนือมีค่าต่ำมาก ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความเร็วลมเฉลี่ยในกรณีรวมช่วงเวลาลมสงบ อยู่ระหว่าง 2 - 7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีอัตราเร็วลมเฉลี่ยกรณีไม่รวมช่วงเวลาลมสงบ อยู่ระหว่าง 6-10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในเขตพื้นที่ภาคใต้ มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยในกรณีรวมช่วงเวลาลมสงบ อยู่ระหว่าง 6-10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีอัตราเร็วลมเฉลี่ยกรณีไม่รวมช่วงเวลาลมสงบอยู่ระหว่าง 9-17 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

4. ปี พ.ศ. 2544 กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน โดยกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานได้จัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยโดยอาศัยข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กองทัพอากาศ ศูนย์ศึกษาสมุทรศาสตร์ บริษัท Unocal (Thailand), Ltd. เนื่องจากในการศึกษาที่ผ่านมามีข้อจำกัดด้านปริมาณข้อมูลโดยเฉพาะข้อมูลในทะเล โดยเตรียมข้อมูลความเร็วลมพื้นผิวเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลความถี่ทิศทางความเร็วลม (Wind Rose) ในรูปของกราฟและสถิติ ซึ่งจากการศึกษาศักยภาพของพลังงานลมของประเทศไทยทำให้ได้
   - แผนที่รายเดือนและเฉลี่ยทั้งปีของกำลังลมและอัตราเร็วลมรวมช่วงลมสงบและไม่รวมช่วงลมสงบ
   - ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์กำลังลม

   โดยมีตัวอย่างแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยแสดงดังรูปที่ 2.35
5. ในปี พ.ศ. 2544 ธนาคารโลกได้ทำการประเมินศักยภาพพลังงานลมในเขตพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้และได้รายงานผลการศึกษาศักยภาพพลังงานลมที่ระดับความสูง 30 m และที่ระดับความสูง 65 m โดยพบว่าที่ระดับความสูง 65 m ลมมีอัตราเร็วสูงกว่า 6.4 m/s ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวได้รับอิทธิพลของลมมรสุม ผลการศึกษาของธนาคารโลกแสดงดังรูปที่ 2.36-2.37
6. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ทำการศึกษาศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ในจังหวัดสงขลาและพัทลุงโดยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งได้ทำการตรวจวัดอัตราเร็วและทิศทางของลมที่ระดับความสูง 10 m 30 m และ 40 m และใช้โปรแกรม *WAsP* 8.3 สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาว 1 ปี พบว่าบริเวณเกาะใหญ่ อ.กระแสสินธุ์ จ. สงขลา เป็นบริเวณที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงพอสำหรับการติดตั้งกังหันลมผลิต

ไฟฟ้าขนาดใหญ่ โดยได้ทำการเสนอการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลมแบบฟาร์มกังหันลมขนาด 5 MW



รูปที่ 2.35 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน



รูปที่ 2.36 แผนที่ศักยภาพพลังงานที่ระดับความสูง 30 m โดยธนาคารโลก

แหล่งข้อมูล http://www.worldbank.org/astae/werasa/werasapdf.htm



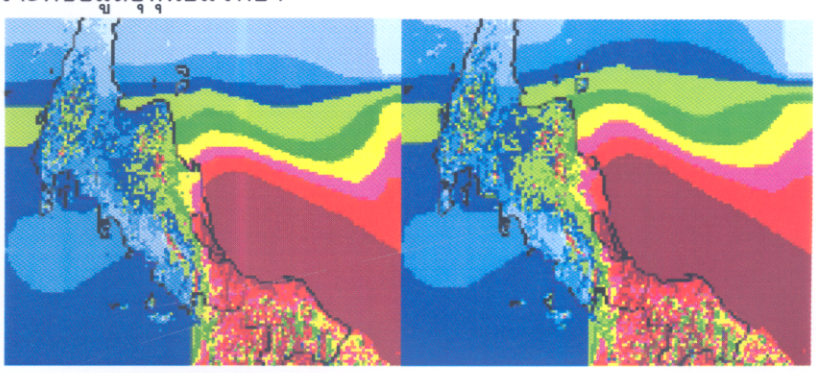
รูปที่ 2.37 แผนที่ศักยภาพพลังงานที่ระดับความสูง 65 m โดยธนาคารโลก

แหล่งข้อมูล http://www.worldbank.org/astae/werasa/werasapdf.htm

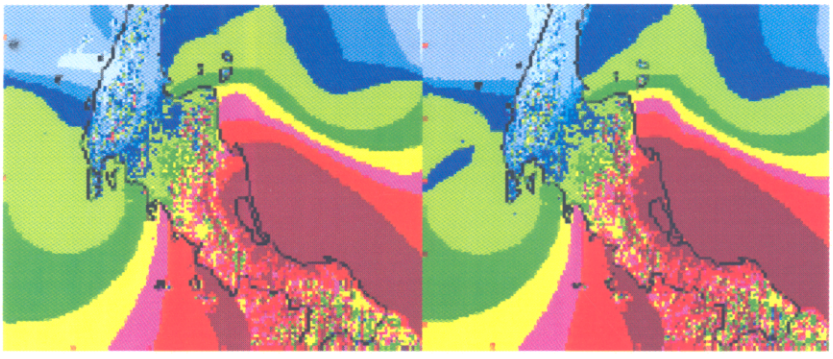
บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การสำรวจพื้นที่ศึกษาของโครงการ (The Survey of Area Study)

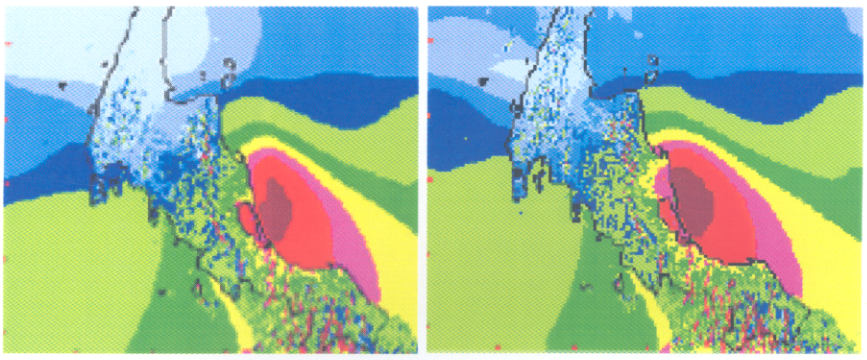
จากแผนที่ศักยภาพของพลังงานลมซึ่งพัฒนาโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน แสดงให้เห็นถึงบริเวณที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ได้แก่จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดสงขลา โดยบริเวณที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน ได้แก่ จังหวัดกระบี่ จังหวัดตรังและจังหวัดสตูล แสดงดังรูปที่ 3.1-3.12 นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาพบว่าบริเวณเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ เป็นอีกแหล่งพลังงานลมหนึ่งที่มีศักยภาพสูงเช่นเดียวกัน รูปที่ 3.13 แสดงศักยภาพของพลังงานลมจากการวิเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



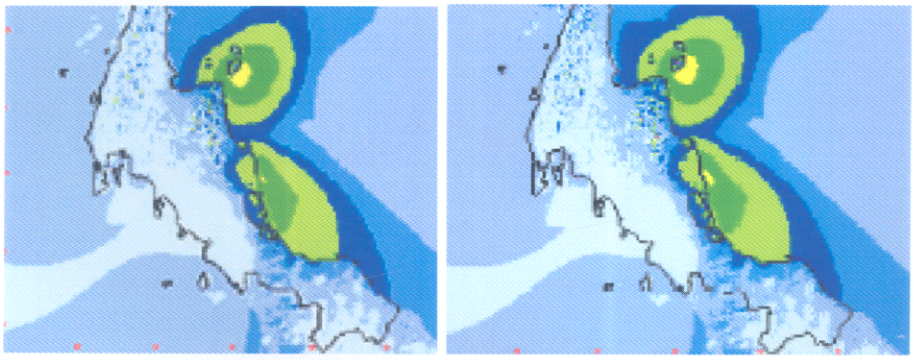
รูปที่ 3.1 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนมกราคม



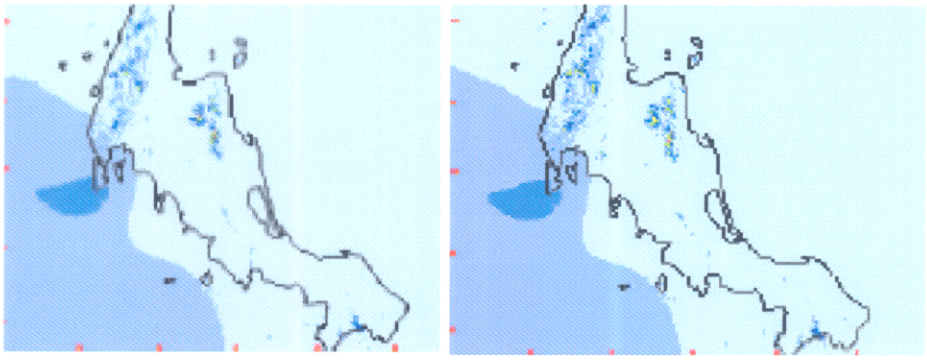
รูปที่ 3.2 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนกุมภาพันธ์



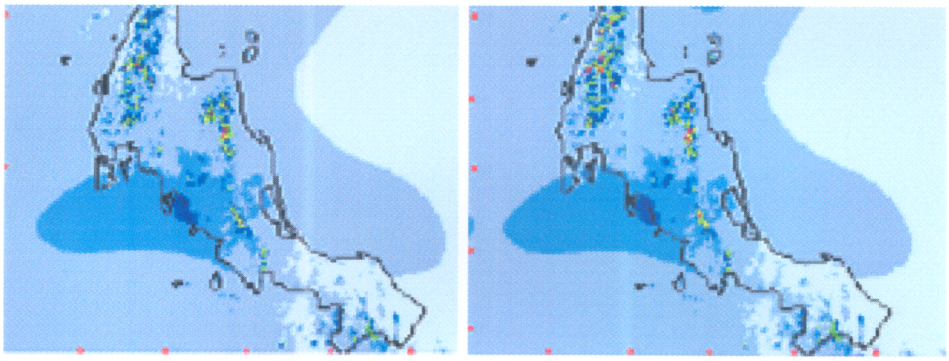
รูปที่ 3.3 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนมีนาคม



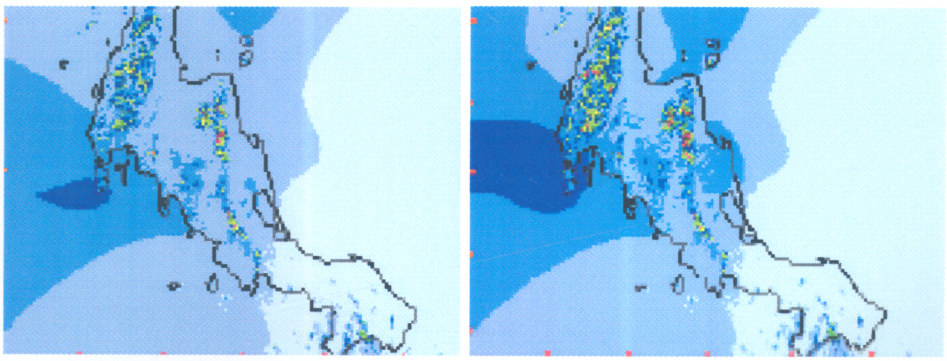
รูปที่ 3.4 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนเมษายน



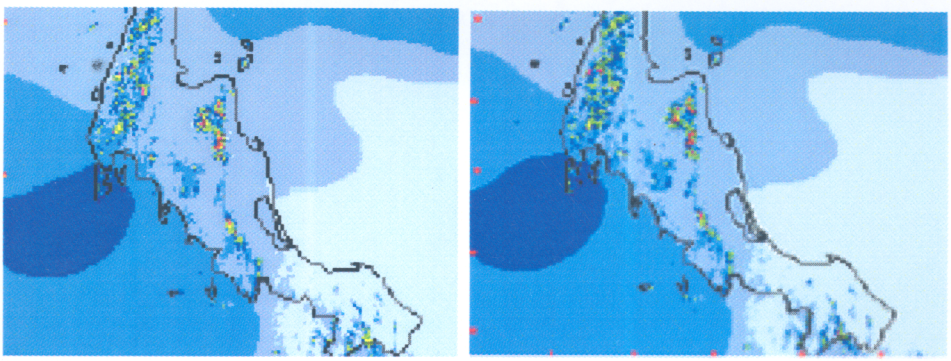
รูปที่ 3.5 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนพฤษภาคม



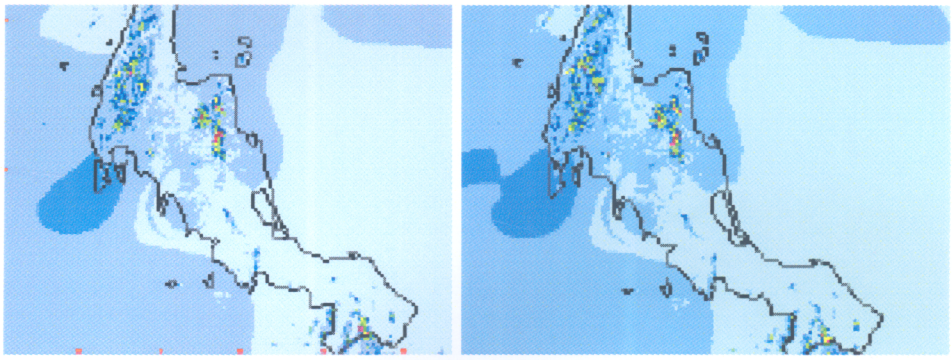
รูปที่ 3.6 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนมิถุนายน



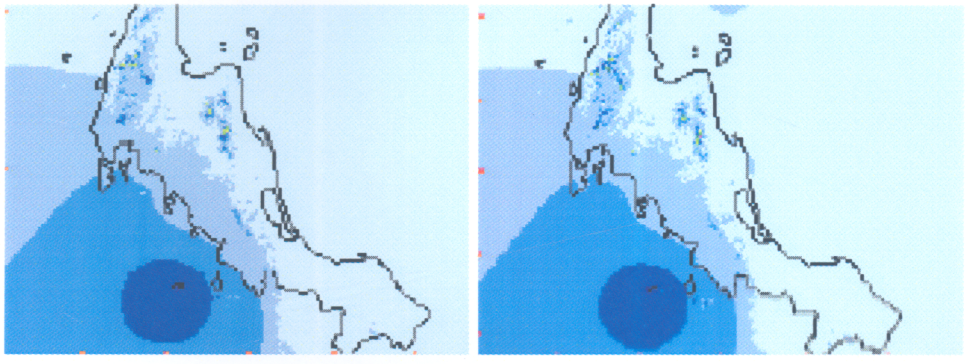
รูปที่ 3.7 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนกรกฎาคม



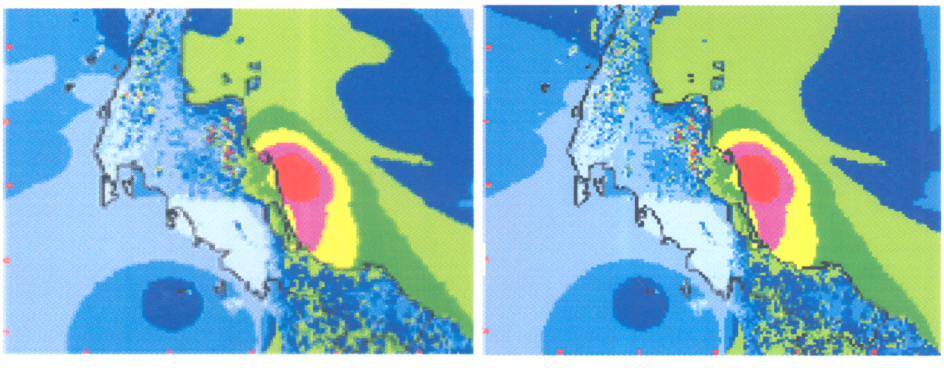
รูปที่ 3.8 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนสิงหาคม



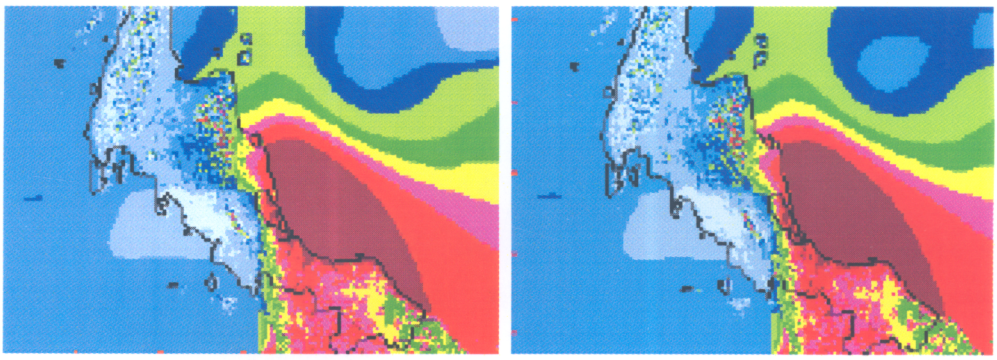
รูปที่ 3.9 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนกันยายน



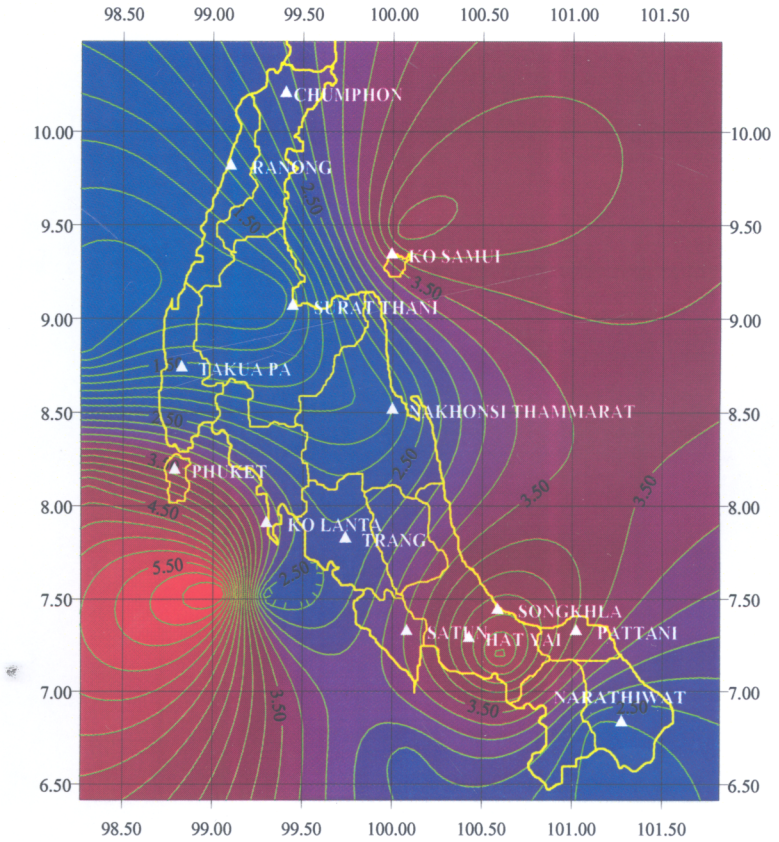
รูปที่ 3.10 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนตุลาคม



รูปที่ 3.11 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนพฤศจิกายน



รูปที่ 3.12 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมรวมช่วงลมสงบ (รูปซ้าย) ไม่รวมช่วงลมสงบ (รูปขวา) ตามแนวชายฝั่งภาคใต้ของประเทศไทยเดือนธันวาคม



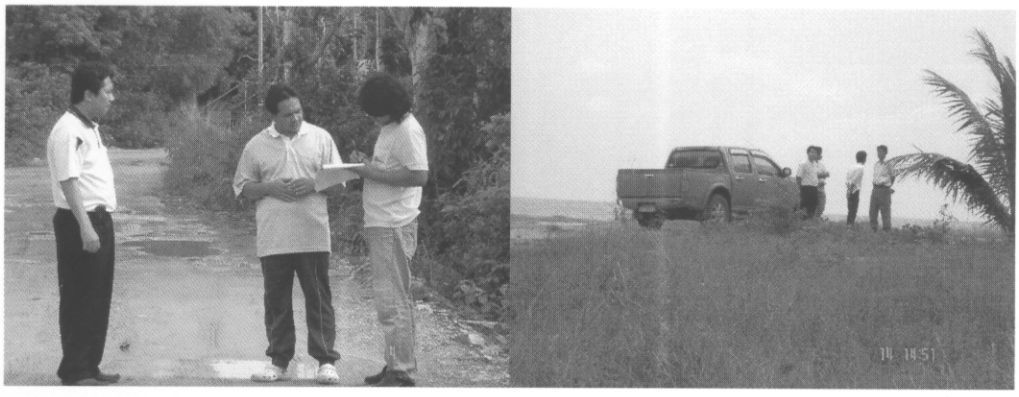
รูปที่ 3.13 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 50 เมตร

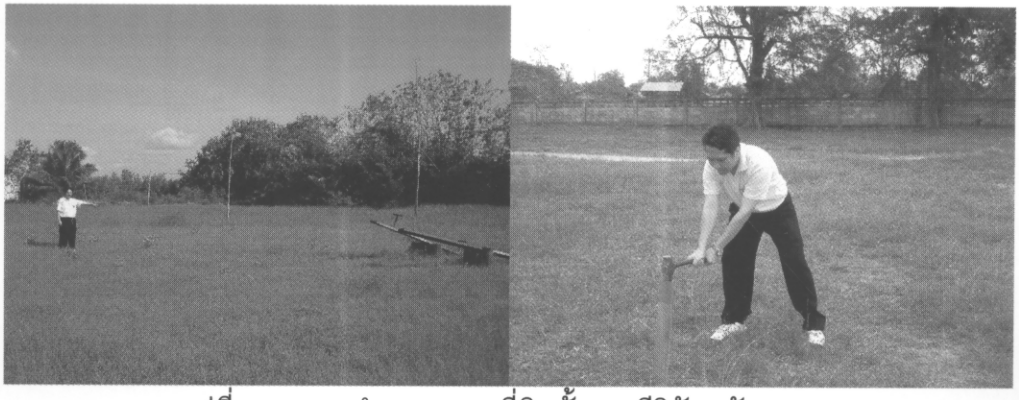
ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการสำรวจสถานที่สำหรับการติดตั้งสถานีวิจัยพลังงานลมตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย จำนวน 18 สถานี โดยแบ่งออกเป็นตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยจำนวน 14 สถานี และตามแนวชายฝั่งทะเลอันดามันจำนวน 4 สถานี

จากการลงพื้นที่สำรวจสถานที่ติดตั้งสถานีวิจัยพลังงานลมโดยทางรถยนต์และจากการประสานกับองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นสำหรับการขอความอนุเคราะห์ใช้ที่ดินสาธารณประโยชน์และการประสานกับผู้อำนวยการโรงเรียนสำหรับใช้พื้นที่ภายในบริเวณโรงเรียน ทำให้ได้บริเวณที่สามารถติดตั้งสถานีวิจัยพลังงานลมในจังหวัดสุราษฎร์ธานีจำนวน 4 สถานี จังหวัดนครศรีธรรมราชจำนวน 5 สถานี จังหวัดสงขลาจำนวน 5 สถานี จังหวัดกระบี่จำนวน 2 สถานี จังหวัดตรังจำนวน 1 สถานี และจังหวัดสตูลจำนวน 1 สถานี

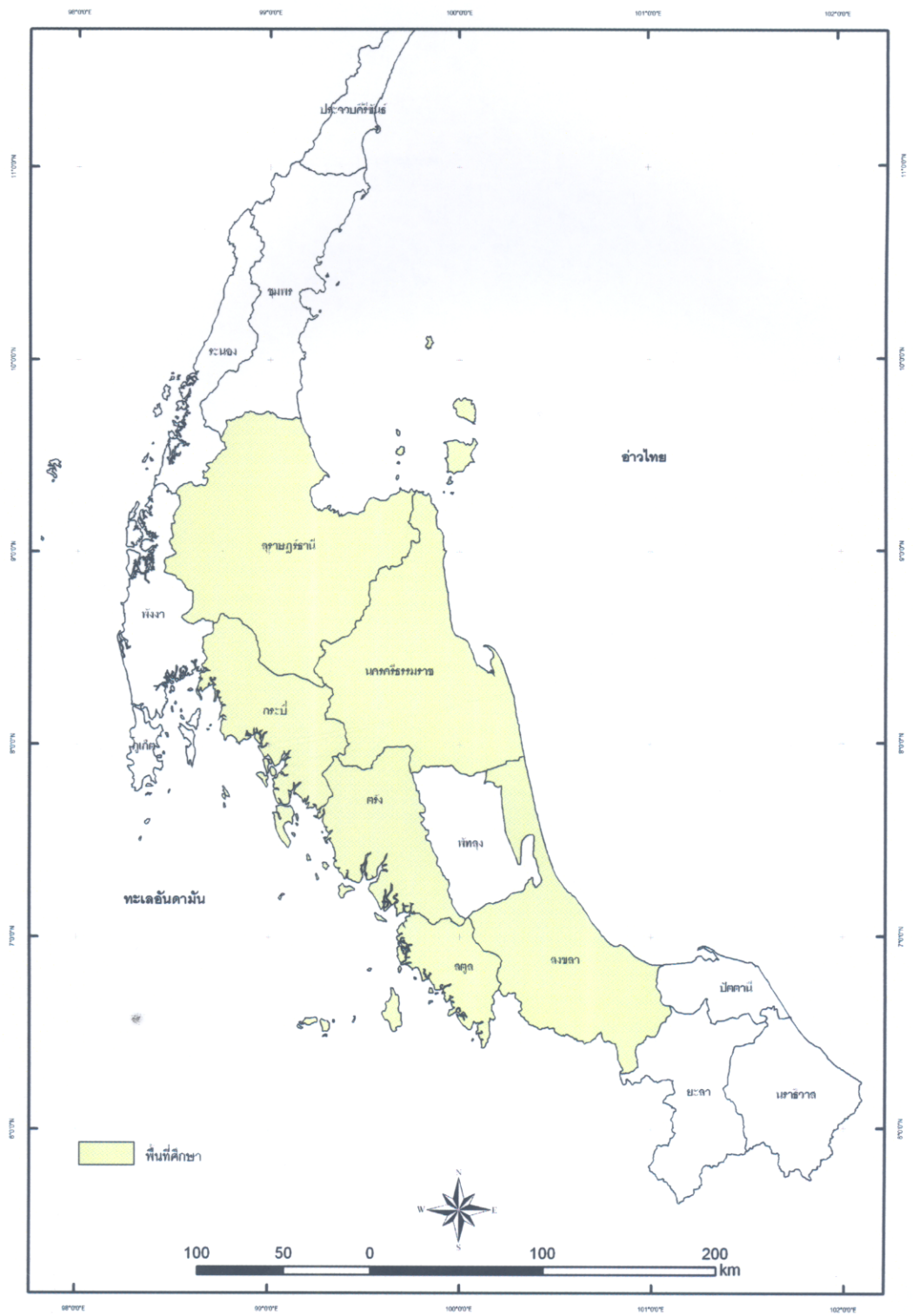
รูปที่ 3.14 แสดงรถยนต์ที่ใช้ในการสำรวจบริเวณที่จะทำการติดตั้งสถานีวิจัยพลังงานลม โดยพื้นที่ศึกษาของโครงการแสดงดังรูปที่ 3.15 และการกระจายตัวของสถานีวิจัยพลังงานลมแสดงดังรูปที่ 3.16-3.24 โดยรูปที่ 3.25 แสดงความสูงต่ำของพื้นที่ติดตั้งสถานีวิจัยพลังงานลม



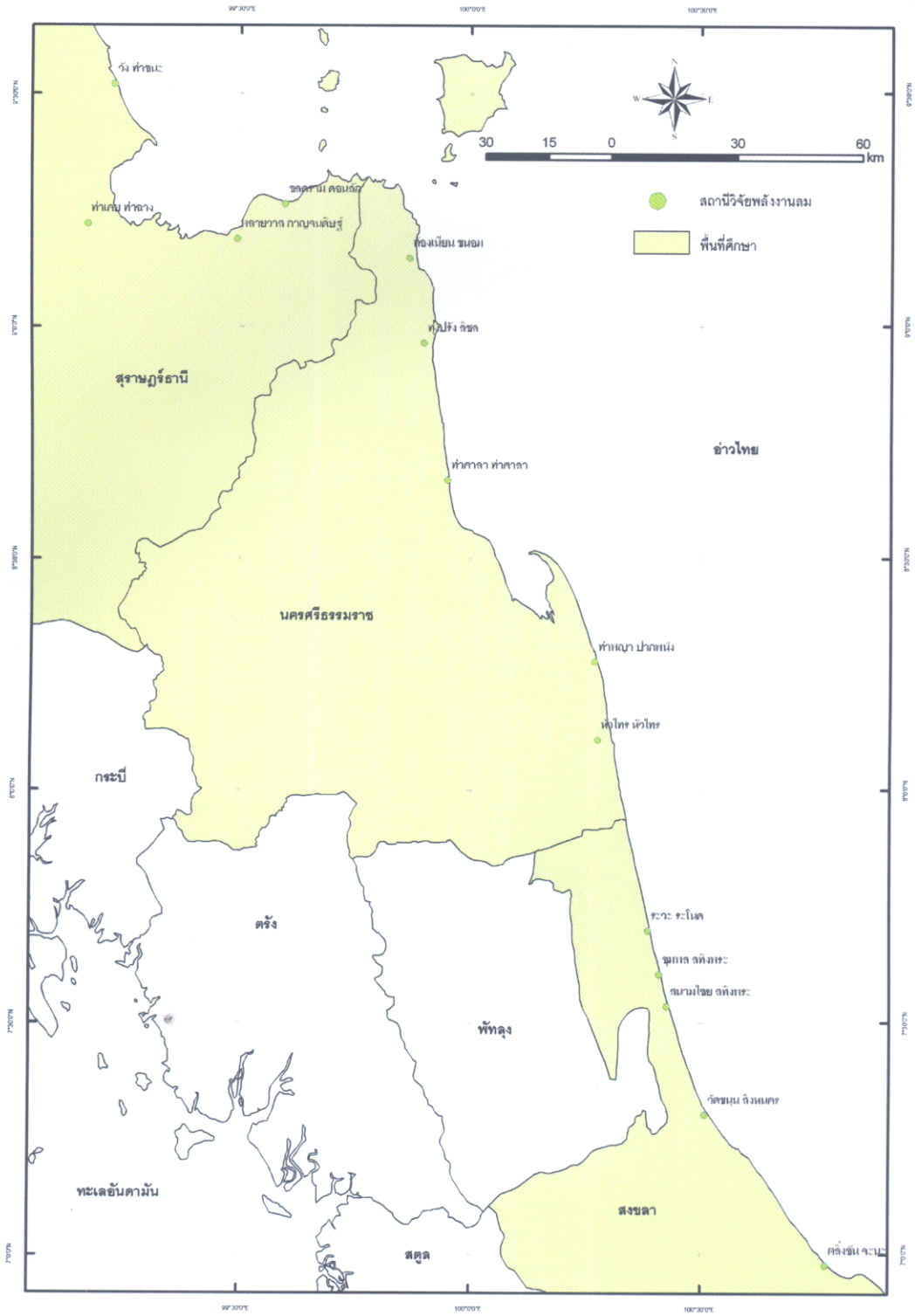




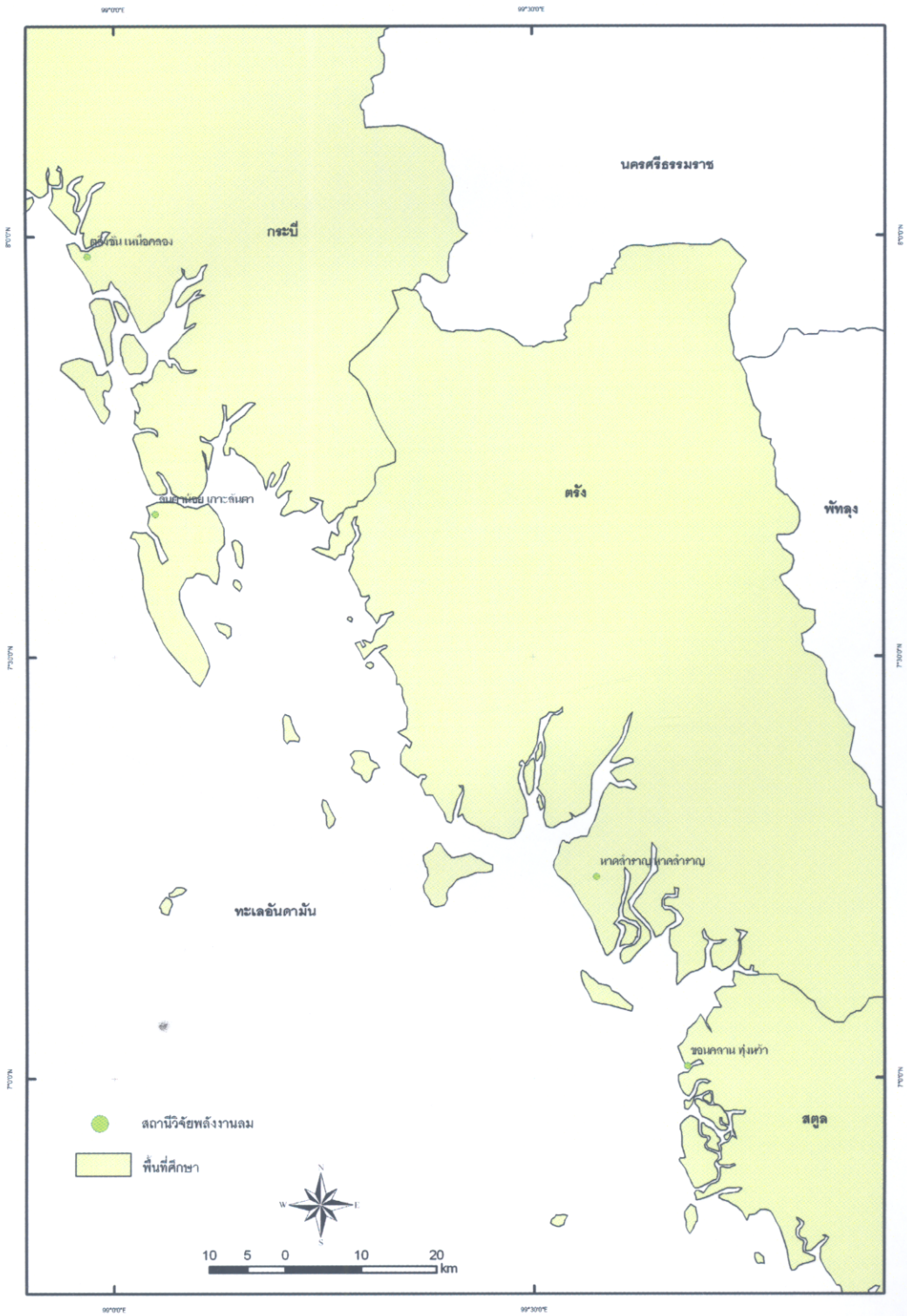
รูปที่ 3.14 การสำรวจสถานที่ติดตั้งสถานีวิจัยพลังงานลม



รูปที่ 3.15 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาของโครงการ



รูปที่ 3.16 แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม
ตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยจำนวน 14 สถานี



รูปที่ 3.17 แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม
ตามแนวชายฝั่งทะเลอันดามันจำนวน 4 สถานี

สถานีวิจัยพลังงานลมในจังหวัดสุราษฎร์ธานีประกอบได้สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ อ. ท่าชนะ สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง อ.ท่าฉาง สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ อ.กาญจนดิษฐ์ และ สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก อ.ดอนสัก โดยมีรายละเอียดของสถานีที่ตั้งของสถานีวิจัยพลังงานลมแต่ละสถานีดังนี้

สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ

ที่ตั้ง ตำบลวัง อ. ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี

สภาพทั่วไป

ตำบลวัง มีพื้นที่ 33.704 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 21,065 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบลุ่มชายฝั่ง ตั้งแต่แนวเขตรถไฟไปทางทิศเหนือใต้ ทางทิศตะวันออกติดต่อกับชายฝั่งทะเลอ่าวไทย พื้นที่ติดต่อชายฝั่งจำนวน 2 หมู่บ้าน คือหมู่บ้านหาดสมบูรณ์ และ หมู่บ้านปากน้ำท่าม่วง ความยาวชายฝั่งทะเลในเขตพื้นที่ ประมาณ 4 km โดยมีลำคลองไหลออกสู่ทะเล จำนวน 2 สาย คือ คลองท่าม่วง และคลองปากกิ่ว

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือติดต่อกับองค์การบริหารส่วนตำบลท่าชนะ
- ทิศใต้ ติดต่อกับตำบลตะกรบ อำเภอไชยา
- ทิศตะวันออก ติดต่อกับทะเลอ่าวไทย
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับภูเขาประสงค์ ตำบลประสงค์ และบางส่วนจดตำบลป่าเว

จำนวนประชากร

ตำบลวังมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 3,832 คน เป็นชาย 1,863 คน หญิง 1,969 คน

สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง

ที่ตั้ง ตำบลท่าเคย อ. ท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี

สภาพทั่วไป

มีเนื้อที่ทั้งหมด 135 ตารางกิโลเมตร หรือ 84,375 ไร่ พื้นที่มี 3 ลักษณะ คือ พื้นที่ราบชายฝั่งทะเลอ่าวไทย พื้นที่ราบลุ่ม และพื้นที่ราบสูงเนินเขา

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือติดต่อกับตำบลท่าฉาง และ ตำบลเสวียด
- ทิศใต้ ติดต่อกับตำบลคลองไทร อำเภอท่าฉาง
- ทิศตะวันออก ติดต่อตำบลลีเล็ด อำเภอพุนพิน ทะเลอ่าวไทย
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับตำบลเสวียด และตำบลปากฉลุย อำเภอท่าฉาง

จำนวนประชากร

ตำบลท่าเคยมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 3,832 คน

สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์

ที่ตั้ง ตำบลพลายวาส อ. กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี

สภาพทั่วไป

ตำบลพลายวาส มีเนื้อที่ประมาณ 92 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 57,500 ไร่ พื้นที่ตำบลพลายวาส เป็นพื้นที่ราบลุ่มติดชายฝั่งทะเลสู่อ่าวบ้านดอน และมีภูเขาขาด ภูเขาง่าม และภูเขาน้อย ในพื้นที่บางส่วนเป็นพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ และพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือ ติดต่อกับ อ่าวบ้านดอน และตำบลท่าทอง อำเภอกาญจนดิษฐ์
- ทิศใต้ ติดต่อกับตำบลกรูด อำเภอกาญจนดิษฐ์
- ทิศตะวันออก ติดต่อกับ ตำบลท่าทอง และตำบลท่าอุแท อำเภอกาญจนดิษฐ์
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับเทศบาลตำบลกาญจนดิษฐ์ อำเภอกาญจนดิษฐ์

จำนวนประชากร

ตำบลพลายวาสมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 6,469 คน

สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก

ที่ตั้ง ตำบลชลคราม อ.ดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี

สภาพทั่วไป

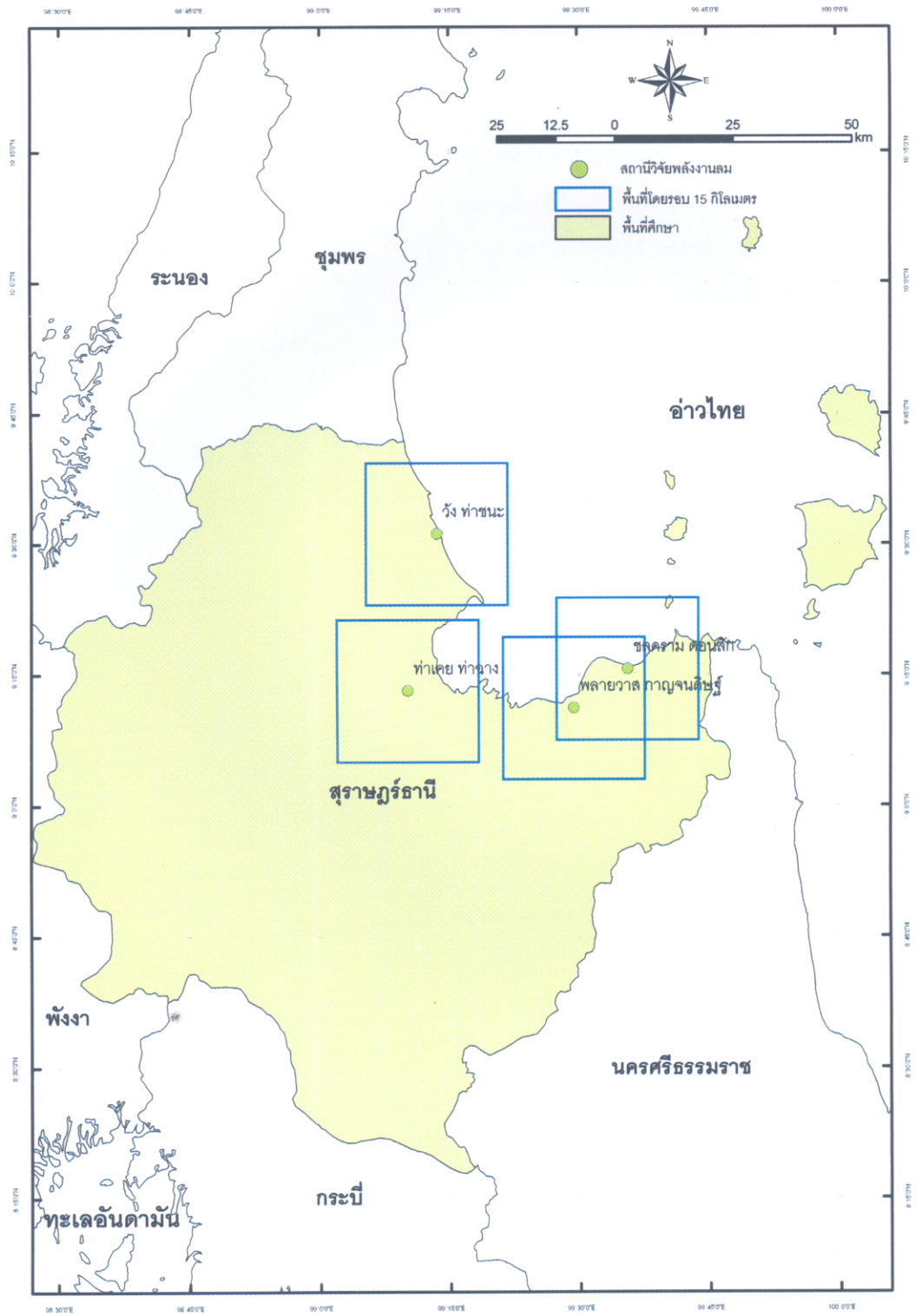
ตำบลชลคราม มีเนื้อที่ประมาณ 64 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 40,250 ไร่ ตำบลชลครามมีสภาพพื้นที่เป็นที่ราบชายฝั่งทะเล มีที่ราบลุ่มเหมาะกับการทำเกษตร ด้านทิศเหนือเป็นชายฝั่งทะเลติดอ่าวบ้านดอน ปากคลองครามมีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรชายฝั่งทะเล ลักษณะพื้นที่ชายฝั่งเป็นดินเลน

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือ ติดต่อกับ อ่าวบ้านดอนไปจดปากคลองท่าทอง
- ทิศใต้ ติดต่อกับ ตำบลท่าอุแท อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี
- ทิศตะวันออก ติดต่อกับ ตำบลไชยคราม อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับ ตำบลท่าอุแท และตำบลท่าทอง อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

จำนวนประชากร

ตำบลชลครามมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 2,240 คน เป็นชาย 1,090 คน หญิง 1,150 คน



รูปที่ 3.18 แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม
จ.สุราษฎร์ธานี จำนวน 4 สถานี และพื้นที่โดยรอบ 15 km

สถานีวิจัยพลังงานลมที่ติดตั้งในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชจำนวน 5 สถานี ประกอบด้วยสถานีวิจัยพลังงานลมขนอม อ.ขนอม สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล อ.สิชล สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา อ.ท่าศาลา สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง อ.ปากพนัง และสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร อ.หัวไทร โดยมีรายละเอียดของสถานที่ตั้งของสถานีวิจัยพลังงานลมแต่ละสถานีดังนี้

สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม

ที่ตั้ง ตำบลท้องเนียน อ.ขนอม จ.นครศรีธรรมราช

สภาพทั่วไป

ตำบลท้องเนียน มีเนื้อที่ประมาณ 26,930 ไร่ หรือประมาณ 43 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่หมู่ที่ 1 ถนนสาย – บ้านน้ำโฉ ตำบลท้องเนียน ห่างจากที่ว่าการอำเภอประมาณ 6 กิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศ เป็นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล ป่าชายเลน และมีภูเขาเกือบตลอดแนวชายฝั่งทะเล

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือ ติดต่อกับ อ่าวไทย
- ทิศใต้ ติดต่อกับ ตำบลขนอม อ.ขนอม จ.นครศรีธรรมราช
- ทิศตะวันออก ติดต่อกับ อ่าวไทย
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับ ตำบลควนทอง อ.ขนอม จ.นครศรีธรรมราช

จำนวนประชากร

จำนวนประชากรทั้งสิ้น 4,468 คน เป็นชาย 2,184 คน หญิง 2,284 คน

สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล

ที่ตั้ง ตำบลทุ่งปรัง อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช

สภาพทั่วไป

ตำบลทุ่งปรังอยู่ทางทิศเหนือของจังหวัดนครศรีธรรมราช เนื้อที่ประมาณ 42.49 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบชายฝั่งทะเล ทางด้านทิศตะวันตกของตำบลเป็นที่ราบสูงพื้นที่ค่อยๆ ลาดต่ำลงมาเป็นที่ราบ ตอนกลางเป็นที่ราบลุ่ม ทางทิศตะวันออกจดฝั่งทะเลอ่าวไทย

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือ ติดต่อกับ ตำบลสิชล อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช
- ทิศใต้ ติดต่อกับ ตำบลเสาเภา อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช
- ทิศตะวันออก ติดต่อกับ อ่าวไทย

- ทิศตะวันตก ติดต่อกับ ตำบลฉลอง อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช

จำนวนประชากร

มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 10,239 คน เป็นชาย 5,018 คน หญิง 5,221 คน

สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา

ที่ตั้ง ตำบลท่าศาลา อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช

สภาพทั่วไป

ตำบลท่าศาลามีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล เป็นชุมชนเมือง ย่านการค้า ลักษณะคล้ายเกาะมีคลองล้อมรอบ 2 ด้าน และถนน 1 ด้าน

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือ จรดเขตฝั่งคลองฆ่าสัตว์
- ทิศใต้ จรดถนนท่าศาลา-นบพิตำ
- ทิศตะวันออก จรดคลองท่าสูง
- ทิศตะวันตก จรดถนนเพชรเกษม A401

จำนวนประชากร

จำนวนประชากร มีทั้งสิ้น 2,790 คน เป็นชาย 1,297 คน เป็นหญิง 1,493 คน

สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง

ที่ตั้ง ตำบลท่าพญา อำเภอปากพนัง

สภาพทั่วไป

ตำบลท่าพญา อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งอยู่ห่างจากจากอำเภอปากพนังประมาณ 18 กิโลเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 12,160 ไร่ ติดชายทะเล ชายฝั่งทะเลเป็นที่ราบลุ่ม ฝนตกชุก ในฤดูฝนมีน้ำท่วมขัง เหมาะแก่การทำการเกษตรประมง ตำบลท่าพญา

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือ ติดต่อ ตำบลบางพระ ตำบลบ้านเพิง
- ทิศใต้ ติดต่อ ตำบลขนาบนาก
- ทิศตะวันออก ติดต่อ อ่าวไทย
- ทิศตะวันตก ติดต่อ ตำบลบ้านเพิง

จำนวนประชากร

ประชากรทั้งสิ้นจำนวน 5,431 คน เป็นชาย 2,717 คน เป็นหญิง 2,714 คน

สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร

ที่ตั้ง ตำบลหัวไทร อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช

สภาพทั่วไป

สภาพพื้นที่เป็นที่ราบลุ่ม มีเนื้อที่ตั้งอยู่ในเขตโครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มแม่น้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สภาพดินเป็นดินเหนียวส่วนใหญ่เหมาะแก่การประกอบอาชีพเกษตรกรรมและเหมาะแก่การส่งเสริมการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ กุ้งแชบ๊วย เลี้ยงปลากะพง สภาพอากาศ มี 2 ฤดู คือ ฤดูร้อนและฤดูฝน

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือ ติดต่อกับ ตำบลบางนบ อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช
- ทิศใต้ ติดต่อกับ ตำบลเขาพังไกร อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช
- ทิศตะวันออก ติดต่อกับ ตำบลหน้าสตน อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับ ตำบลบ้านราม ทรายขาว อ.เชียรใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช

จำนวนประชากร

ประชากรทั้งสิ้นจำนวน 8,668 คน เป็นชาย 4,099 คน เป็นหญิง 4,569 คน

สำหรับสถานีวิจัยพลังงานลมที่ติดตั้งในจังหวัดสงขลาจำนวน 5 สถานี ประกอบด้วย สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด อ.ระโนด สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 อ.สทิงพระ สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 อ.สทิงพระ สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร อ.สิงหนคร และสถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ อ.จะนะ โดยมีรายละเอียดของสถานที่ตั้งของสถานีวิจัยพลังงานลมแต่ละสถานีดังนี้

สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด

ที่ตั้ง ตำบลระวะ อ.ระโนด จ.สงขลา

สภาพทั่วไป

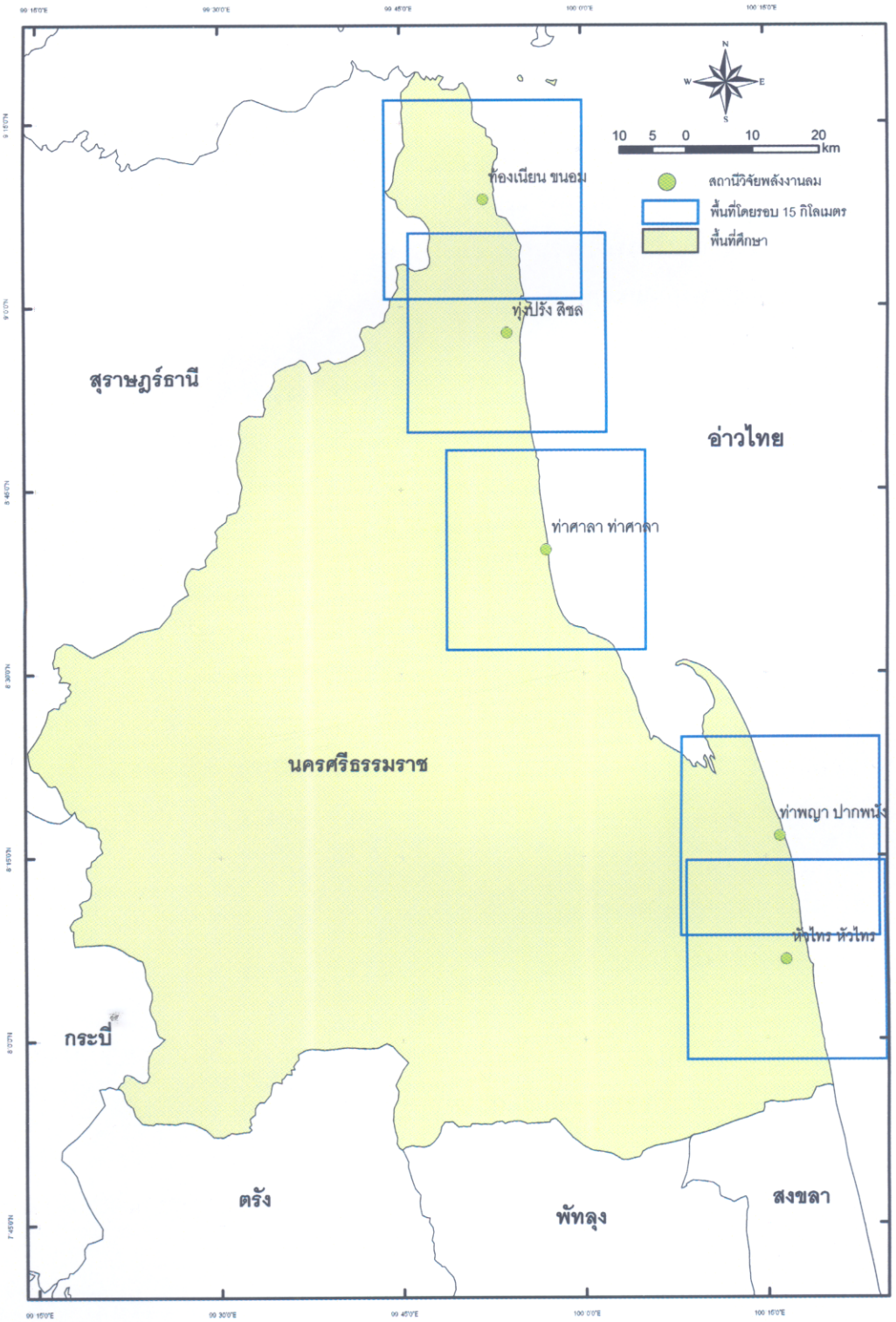
พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบทางด้านทิศตะวันออก ติดชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ลักษณะพื้นที่เป็นดินเหนียวประมาณ 90% ฤดูฝนเกิดน้ำท่วมฉับพลันเกือบทุกพื้นที่

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือ จดตำบลปากแตระ อำเภอระโนด
- ทิศใต้ จดตำบลวัดสน อำเภอระโนด
- ทิศตะวันออก จดอ่าวไทย
- ทิศตะวันตก จดตำบลพังยาง อำเภอระโนด

จำนวนประชากร

จำนวนประชากรขององค์การบริหารส่วนตำบลระวะ ตามหลักฐานทะเบียนราษฎร์มีทั้งหมด 5,894 คน แยกเป็นชาย 2,922 คน หญิง 2,972 คน



รูปที่ 3.19 แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม
จ.นครศรีธรรมราช จำนวน 5 สถานี และพื้นที่โดยรอบ 15 km

สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1

ที่ตั้ง ตำบลสนามชัย อ.สทิงพระ จ.สงขลา

สภาพทั่วไป

สภาพภูมิประเทศมีลักษณะเป็นที่ราบทุ่งนา

- ทิศเหนือ จด ตำบลดีหลวง
- ทิศใต้ จด ตำบลกระดังงา
- ทิศตะวันออก จด อ่าวไทย
- ทิศตะวันตก จด ตำบลคลองรี

จำนวนประชากร

ตำบลสนามชัยมีประชากรประมาณ 3,901 คน ประกอบด้วย ชาย 1,905 คน หญิง 1,996 คน มีครัวเรือนทั้งหมด 726 ครัวเรือน

สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2

ที่ตั้ง ตำบลชุมพล อ.สทิงพระ

สภาพทั่วไป

สภาพภูมิประเทศมีลักษณะเป็นที่ราบทุ่งนา และมีภูเขา

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือ ติดกับ ตำบลบ่อตรุ อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา
- ทิศใต้ ติดกับ ตำบลดีหลวง ตำบลคลองรี อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา
- ทิศตะวันออก ติดกับ อ่าวไทย
- ทิศตะวันตก ติดกับ อำเภอกระแสสินธุ์ จังหวัดสงขลา

จำนวนประชากร

จำนวนประชากรในเขต อบต. 5,875 คน และ 1,227 หลังคาเรือน

สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร

ที่ตั้ง ตำบลวัดขนุน อ.สิงหนคร จ.สงขลา

สภาพทั่วไป

สภาพพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มเหมาะสำหรับทำการเกษตร ทำไร่ ทำนา ทำไร่นาสวนผสม

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือ ติดกับ ตำบลม่วงงาม อ.สิงหนคร จ.สงขลา
- ทิศใต้ ติดกับ ตำบลชิงโค อ.สิงหนคร จ.สงขลา
- ทิศตะวันออก ติดกับ อ่าวไทย
- ทิศตะวันตก ติดกับ ตำบลรำแดง อ.สิงหนคร จ.สงขลา

จำนวนประชากร

จำนวนประชากรในเขต อบต. 6,376 คน และจำนวนหลังคาเรือน 1,430 หลังคาเรือน

สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ

ที่ตั้ง ตำบลตลิ่งชัน อ.จะนะ จ.สงขลา

สภาพทั่วไป

พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินทราย บริเวณทั่วไปเป็นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล มีพื้นที่ทั้งหมด 5,260 ไร่

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือ ติดกับ อ่าวไทย
- ทิศใต้ ติดกับ ตำบลบ้านนา อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา
- ทิศตะวันออก ติดกับ ตำบลสะกอม อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา
- ทิศตะวันตก ติดกับ ตำบลนาทับ ตำบลจะโหนง จังหวัดสงขลา

จำนวนประชากร

จำนวนประชากรในเขต อบต. 8,914 คน และ 1,687 หลังคาเรือน

สถานีวิจัยพลังงานที่ติดตั้งในจังหวัดกระบี่จำนวน 2 สถานี ประกอบด้วยสถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลองและสถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา โดยมีรายละเอียดของสถานที่ตั้งของสถานีวิจัยพลังงานลมแต่ละสถานีดังนี้

สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง

ที่ตั้ง ตำบลตลิ่งชัน อ. เหนือคลอง จ.กระบี่

สภาพทั่วไป

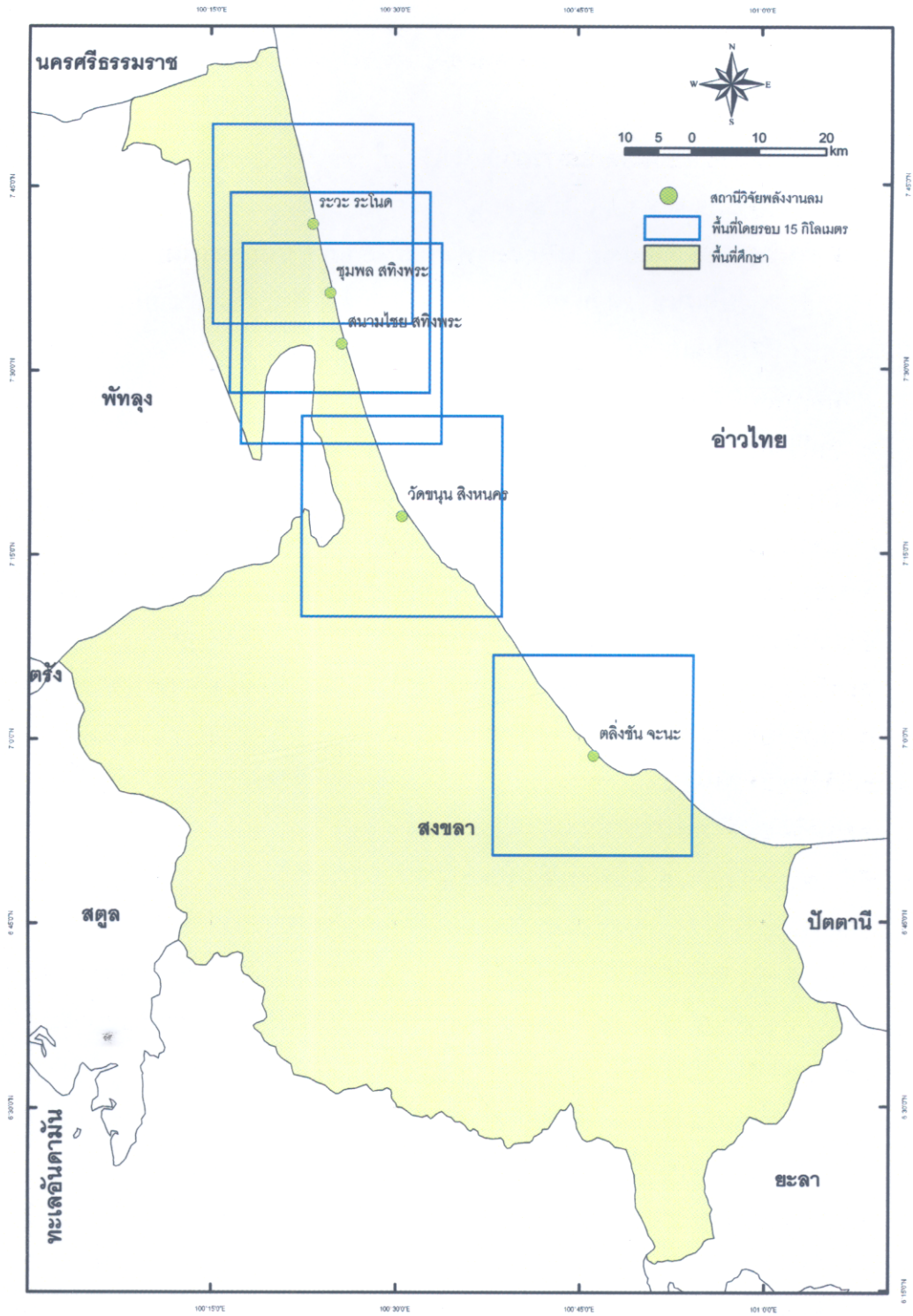
ตำบลตลิ่งชัน มีพื้นที่ 33.701 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 21,065 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบต่ำ บางส่วนติดต่อทะเลอันดามัน มีหาดทรายและป่าชายเลนกระจายอยู่ทั่วไป และบางพื้นที่ เป็นพื้นที่แนวภูเขาขนาดเล็ก

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือ ติดกับ ตำบลคลองประสงค์ อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่
- ทิศใต้ ติดกับ ตำบลเกาะศรีบอยา อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่
- ทิศตะวันออก ติดกับ ตำบลคลองขนาน อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่
- ทิศตะวันตก ติดกับ ทะเลอันดามัน

จำนวนประชากร

ตำบลเกาะลันตาน้อยมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 5,400 คน



รูปที่ 3.20 แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม
จ.สงขลา จำนวน 5 สถานี และพื้นที่โดยรอบ 15 km

สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา

ที่ตั้ง ตำบลเกาะลันตาน้อย อ. เกาะลันตา จ. กระบี่

สภาพทั่วไป

ตำบลเกาะลันตาน้อยทอดตัวยาวตามแนวเหนือใต้ของหมู่เกาะลันตา ตั้งอยู่ระหว่างเกาะลันตาใหญ่ และเกาะกลาง ตำบลเกาะลันตาน้อยมีลักษณะเป็นเกาะขนาดใหญ่ มีเกาะเล็กเกาะน้อย กระจัดกระจายอยู่รอบๆ เกาะใหญ่หลายเกาะ สภาพภูมิประเทศบนเกาะลันตาน้อยตอนกลางของเกาะเป็นภูเขา ควน สลับกับหุบเขา และลาดลงเป็นที่ราบชายฝั่งทะเล และมีที่ราบกระจายอยู่ทั่วไปบนเกาะ ซึ่งจะเป็นที่ตั้งของชุมชน

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือ ติดต่อตำบลเกาะกลาง อำเภอเกาะลันตาจังหวัดกระบี่
- ทิศใต้ ติดต่อตำบลศาลาด่านและตำบลเกาะลันตาใหญ่ อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่
- ทิศใต้ ติดต่อตำบลศาลาด่านและตำบลเกาะลันตาใหญ่ อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่
- ทิศตะวันออก ติดต่ออำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่ และอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง
- ทิศตะวันตก ติดต่อทะเลอันดามัน

จำนวนประชากร

ตำบลเกาะลันตาน้อยมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 4,345 คน

สถานีวิจัยพลังงานลมที่ติดตั้งในพื้นที่จังหวัดตรังและจังหวัดสตูล ได้แก่ สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญและสถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า โดยมีรายละเอียดของแต่ละสถานีดังนี้

สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ

ที่ตั้ง กิ่งอำเภอหาดสำราญ

สภาพทั่วไป

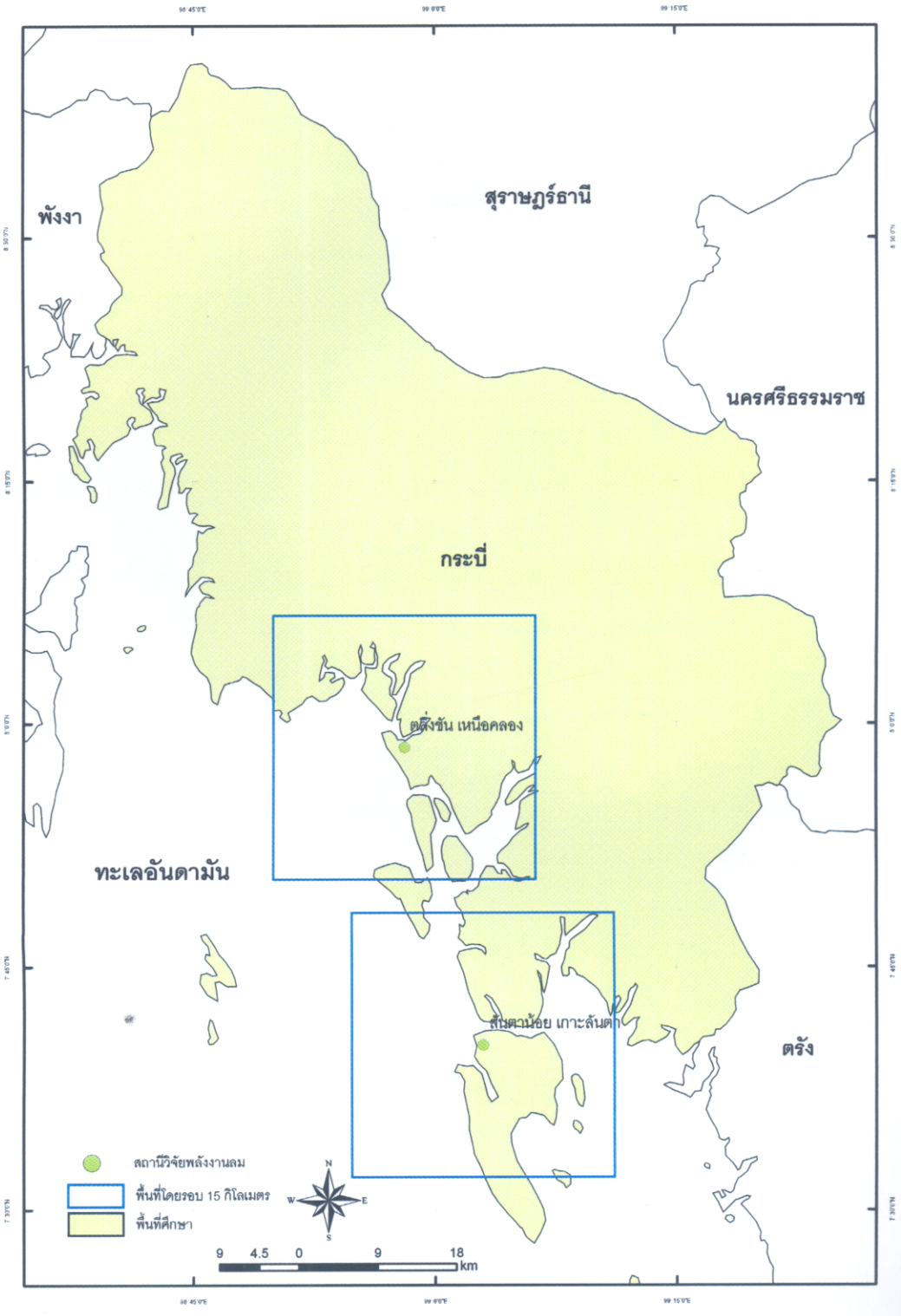
พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลูกคลื่นริมฝั่งทะเล ลักษณะดินเป็นดินลึก เนื้อดินปานกลางจนถึงดินทรายจัด มีป่าชายเลน

อาณาเขตติดต่อ

- ทิศเหนือ ติดกับ ตำบลบ้าหวี กิ่ง อ.หาดสำราญ จ.ตรัง
- ทิศใต้ ติดกับ ตำบลตะเสะ กิ่ง อ.หาดสำราญ จ.ตรัง
- ทิศตะวันออก ติดกับ ตำบลบ้าหวี ตะเสะ กิ่ง อ.หาดสำราญ จ.ตรัง
- ทิศตะวันตก ติดกับ ทะเลอันดามัน

จำนวนประชากร

จำนวนประชากรในเขต อบต. 8,402 คน และจำนวนหลังคาเรือน 1,867 หลังคาเรือน



รูปที่ 3.21 แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม
จ.กระบี่ จำนวน 2 สถานี และพื้นที่โดยรอบ 15 km

สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า

ที่ตั้ง ตำบลขอนคลาน อ.ทุ่งหว้า จ.สตูล

สภาพทั่วไป

ภูมิประเทศของตำบลขอนคลานส่วนใหญ่เป็นที่ราบชายฝั่งทะเล บางแห่งเป็นป่าชายเลน มีไม้ชายเลนขึ้นหนาแน่น สภาพพื้นดินเป็นดินปนทราย ชายฝั่งชายหาดเป็นสีดำส่วนใหญ่

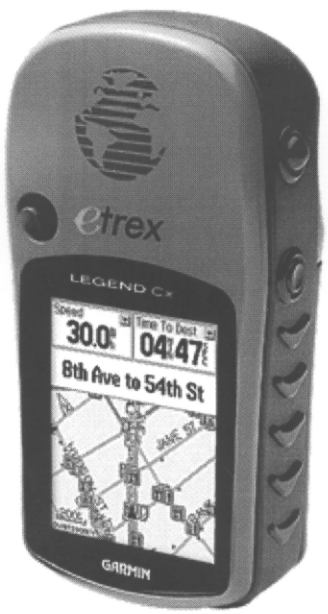
อาณาเขตตำบล

- ทิศเหนือ ติดกับ ต.ทุ่งบุหลัง อ.ทุ่งหว้า จ.สตูล
- ทิศใต้ ติดกับ ต.แหลมสน อ.ละงู จ.สตูล
- ทิศตะวันออก ติดกับ ต.นาทอน อ.ทุ่งหว้า จ.สตูล
- ทิศตะวันตก ติดกับ ทะเลอันดามัน

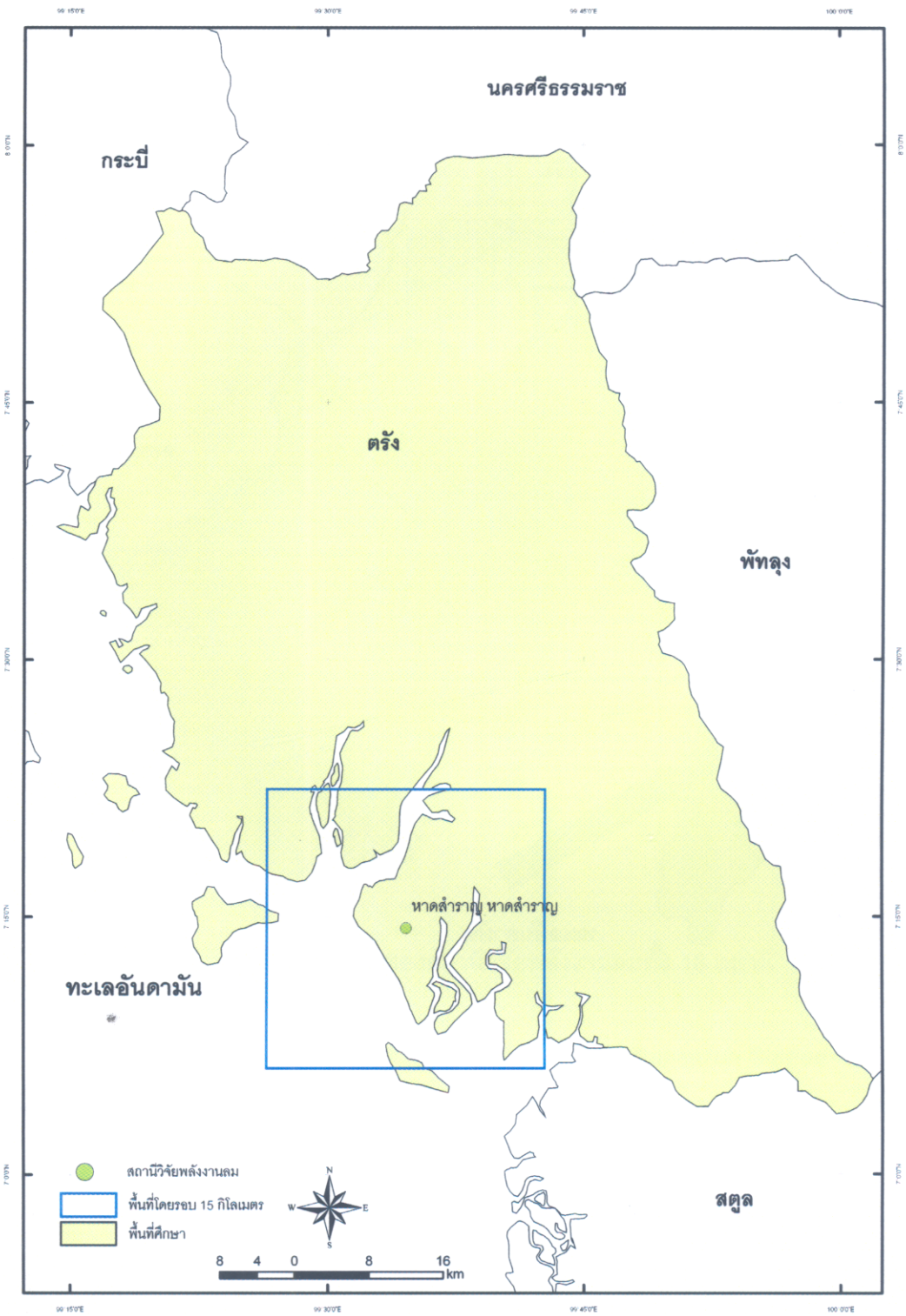
จำนวนประชากรของตำบล

จำนวนประชากรในเขต อบต. 2,168 คน และจำนวนหลังคาเรือน 485 หลังคาเรือน

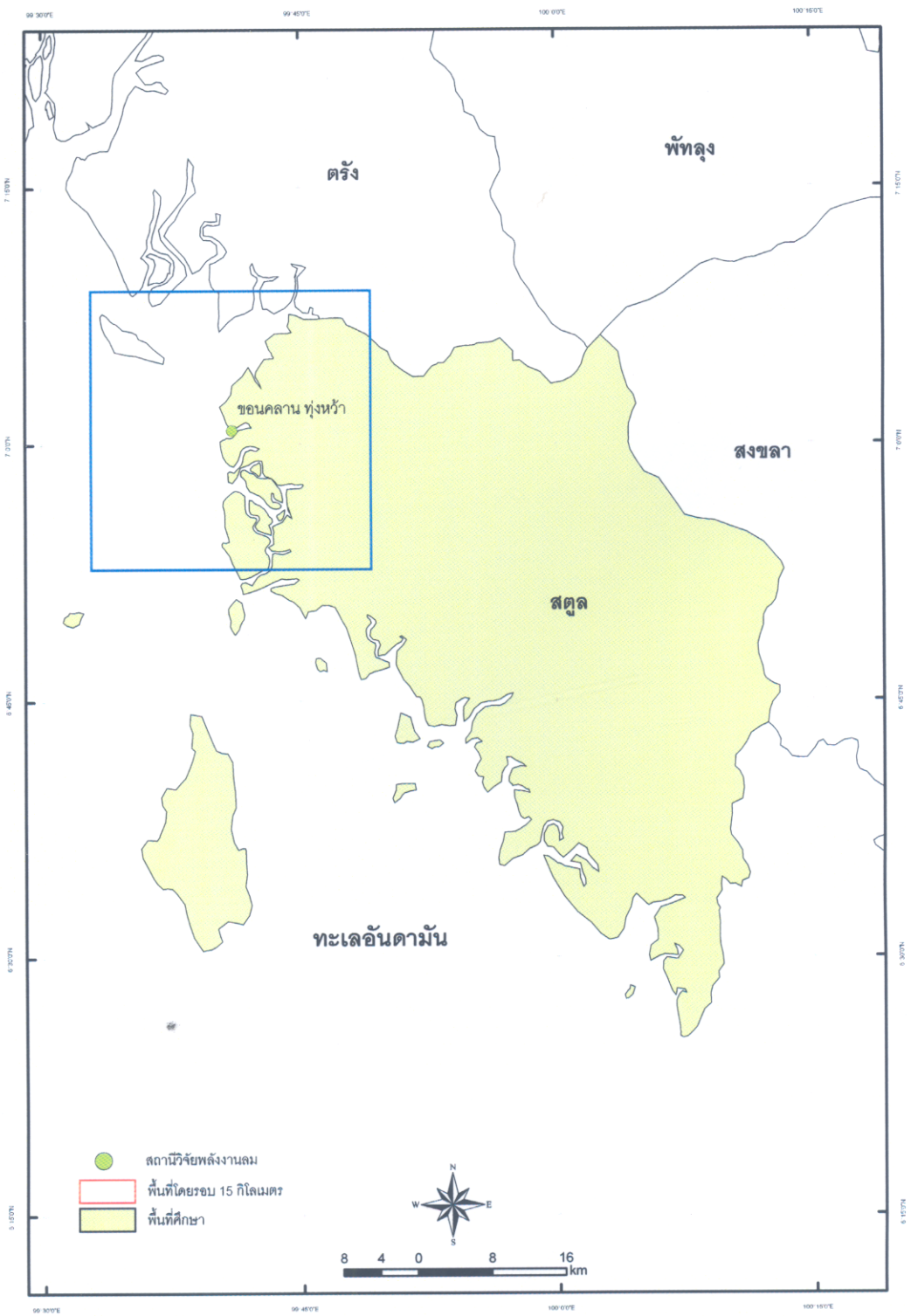
สำหรับความสูงต่ำของสถานที่ติดตั้งสถานีวิจัยพลังงานลมได้อาศัยเครื่องวัดพิกัดหรือ เครื่อง GPS ยี่ห้อ Garmin eTrex รุ่น Legend แสดงดังรูปที่ 3.22



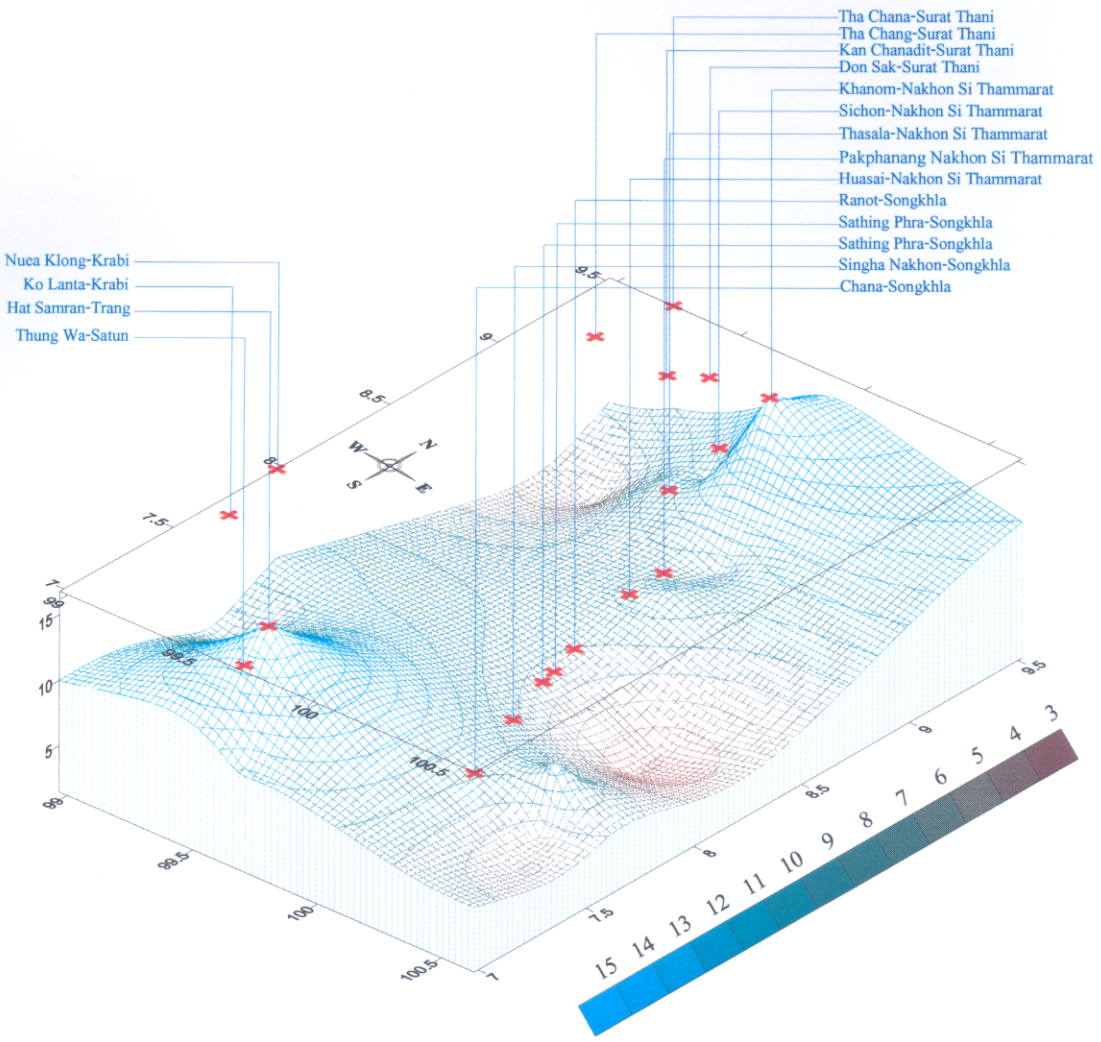
รูปที่ 3.22 เครื่อง GPS สำหรับวัดระดับความสูงต่ำของพื้นที่ติดตั้งสถานีวิจัยพลังงานลม



รูปที่ 3.23 แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม
จ.ตรัง จำนวน 1 สถานี และพื้นที่โดยรอบ 15 km



รูปที่ 3.24 แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลม
จ.สตูล จำนวน 1 สถานี และพื้นที่โดยรอบ 15 km



รูปที่ 3.25 ความสูงต่ำของสถานีวิจัยพลังงานลมทั้ง 18 สถานี

3.2 ส่วนประกอบของสถานีวิจัยพลังงานลม (Wind Energy Research Station Component)

3.2.1 เสาถักโครงสามเหลี่ยม (Guyed Mast Tower)

เสาสูงที่ใช้ในการติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลมที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m เป็นเสาถักโครงสามเหลี่ยมแบบ Guyed Mast Tower ขนาด 12 นิ้ว สูง 45 m

1. การออกแบบ

เสาถักโครงสามเหลี่ยมออกแบบตามมาตรฐาน EIA Standard RS 222 C โครงเสาเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า กว้างด้านละ 12 นิ้ว 300x300 mm (Center to Center) มีความยาวท่อนละ 3 m ต่อกันด้วยเดือยสวม ติดบูชไว้ภายใน ยึดต่อกันด้วยสลักเกลียว (Bolt) ขนาด 2x90 mm

2. วัสดุ

2.1 ขาเสาใช้เหล็กเหนียวท่อกลวง GR-250 ขนาด OD 30.4x2.3 mm

2.2 เหล็กถักรูปตัว Z ใช้เหล็กเส้นกลมตัน (Round Bar 9-SR 24) ยาวตลอดไม่มีรอยต่อโดย ถักห่างช่องละ 40 cm

2.3 บูชยึดขาเสา ใช้เหล็กขนาด 25 mm เจาะรู 14 mm สำหรับยึดด้วยสลักเกลียว

2.4 จุดยึดสายสเตย์ (Guy Braker) ใช้เหล็กหนาขนาด 12 mm ตัดขึ้นรูปเชื่อมติดไว้กับขาเสาอากาศ โดยมีเหล็กแผ่นเชื่อมติดรัดไว้อย่างมั่นคงแข็งแรง

3. การเชื่อมประสาน

ขาเสาและเหล็กถักใช้วิธีเชื่อมประสานด้วยไฟฟ้าอย่างมั่นคงแข็งแรง ส่วนขาเสาและบูชเชื่อมประสานด้วยไฟฟ้าทั้งสองด้าน เพื่อความมั่นคงแข็งแรง

4. การป้องกันสนิม

4.1 โครงเสาอากาศใช้สีกันสนิมทาจำนวน 2 ครั้ง

4.2 อุปกรณ์ทุกชิ้นผ่านการป้องกันสนิม

5. สี ตามมาตรฐาน ICAO

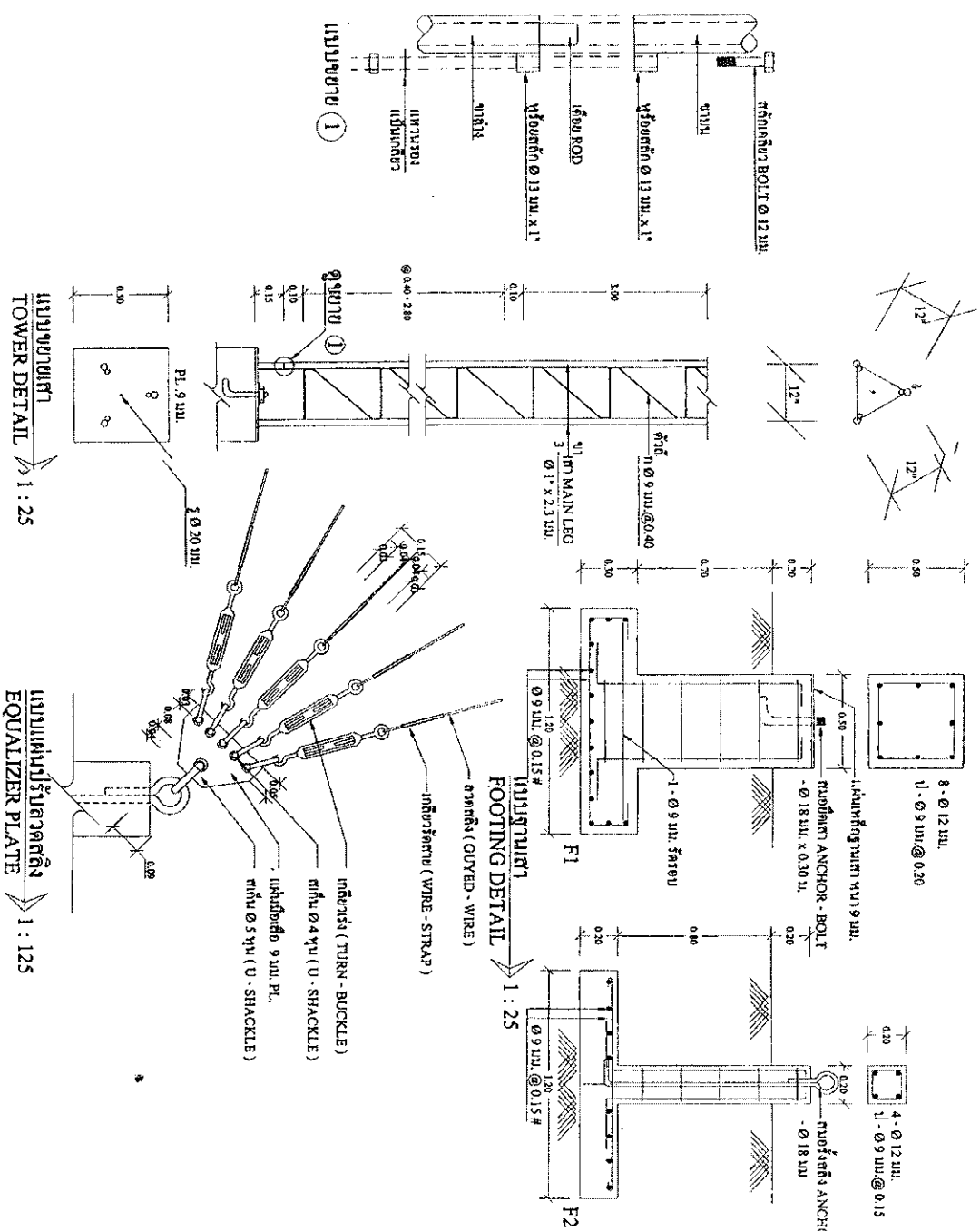
เสาอากาศทาสีแดงสลับสีขาวด้วยผลิตภัณฑ์สี Rust Olcum จากอเมริกา โดยทาสีรองพื้นยี่ห้อเดียวกัน 1 ชั้น และทาสีแดงกับสีขาวทับอีก 2 ชั้น โดยแบ่งเป็น 7 ช่วงตามมาตรฐาน ICAO

6. ระบบล็อฟ้าและสื่อดิน

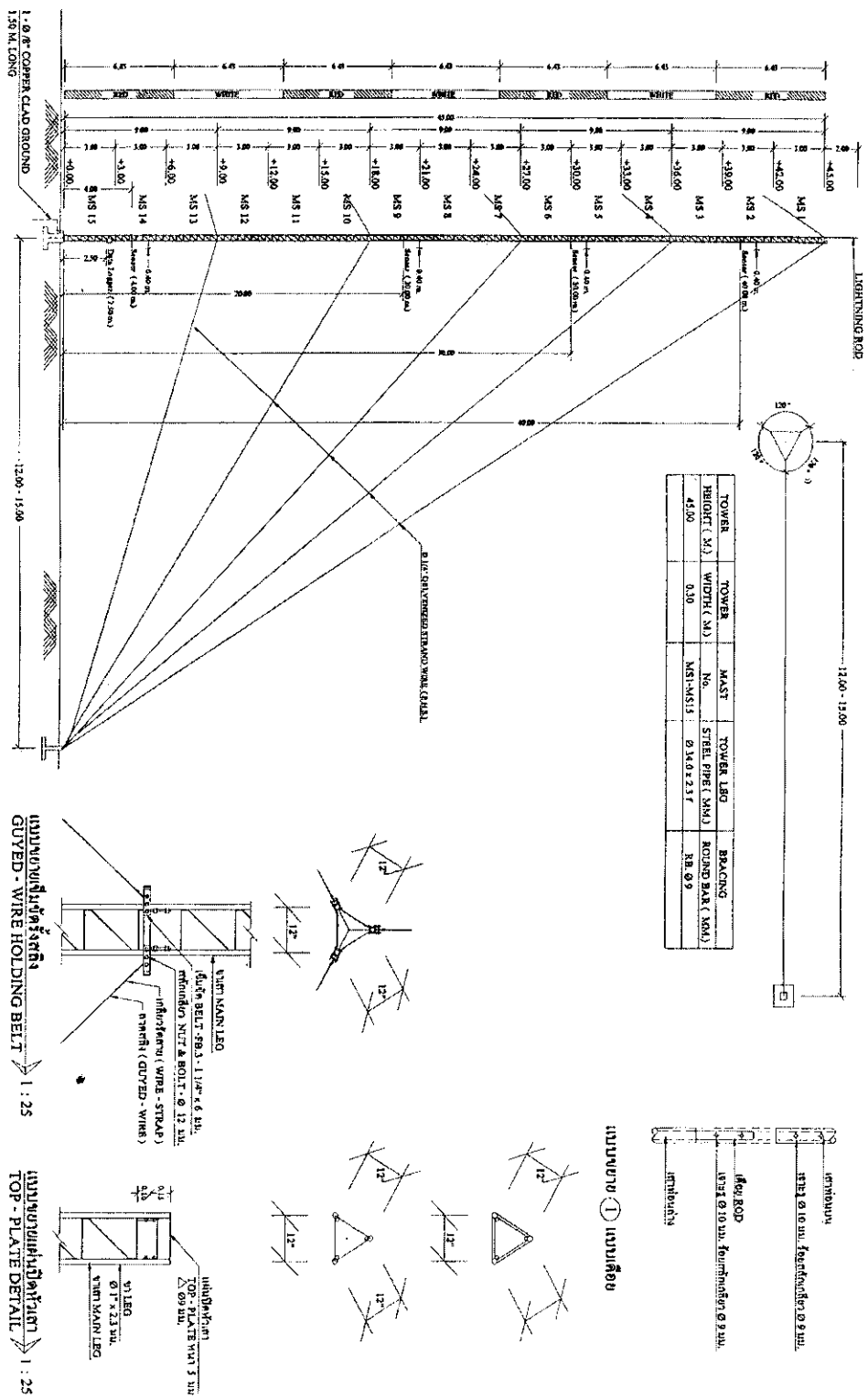
6.1 ตัวล่อฟ้าติดตั้งโดยมีความสูงจากยอดเสา 2 m

6.2 ระบบล่อฟ้าเชื่อมต่อด้วยแท่งกราวด์ทองแดงยาว 2 m ลงพื้นดิน

รูปที่ 3.26-3.27 แสดงรายละเอียดการติดตั้งเสาถักโครงสามเหลี่ยมของโครงการ การติดตั้งสถานีวิจัยพลังงานลมแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.28

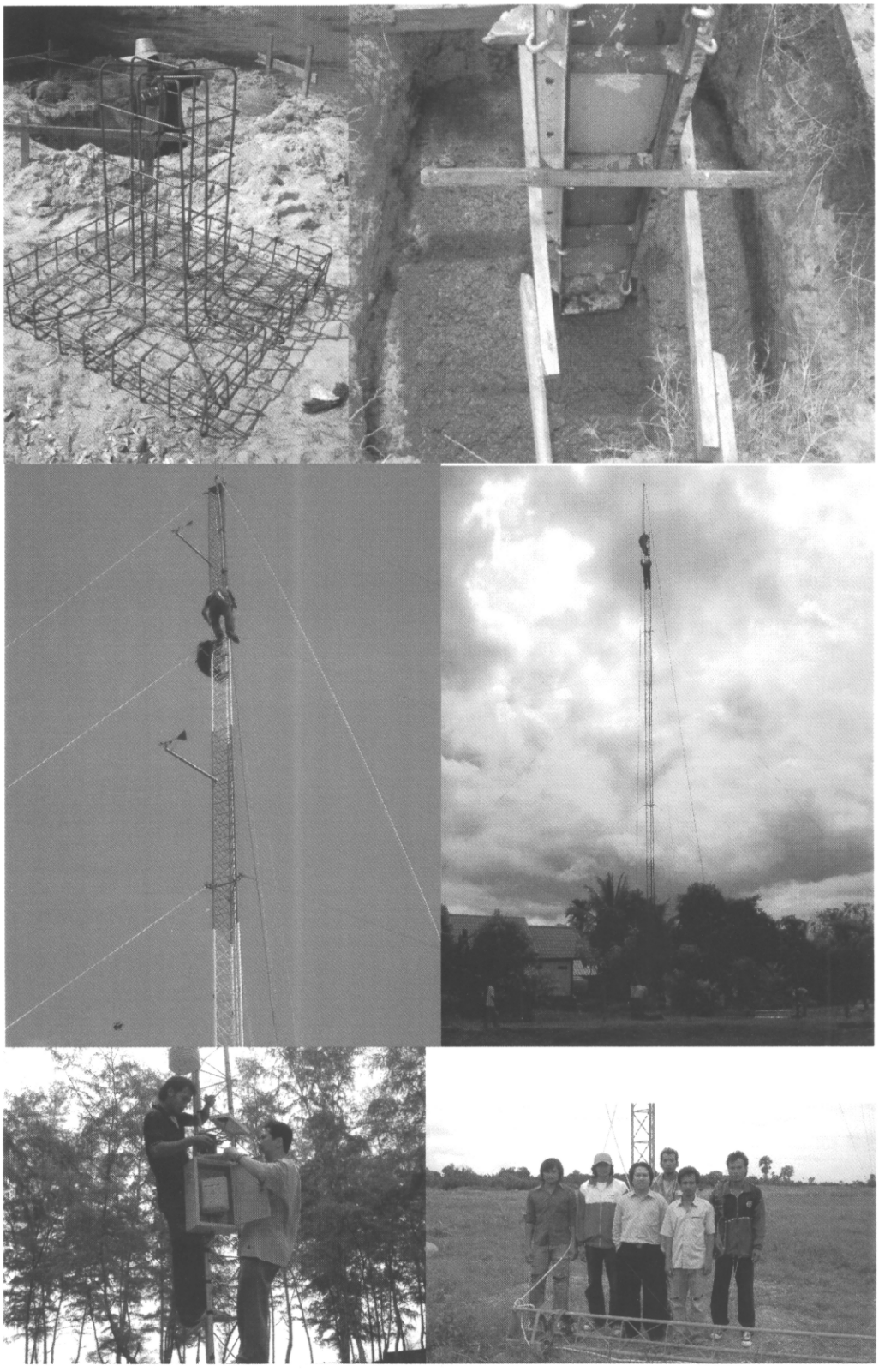


รูปที่ 3.26 แบบฐานเสา เสา แผ่นปรับสลิงและสลิง



TOWER HEIGHT (M.)	TOWER WIDTH (M.)	MAST No.	TOWER LEG STEEL PIPE (MM.)	BRACING ROUND BAR (MM.)
45.00	0.30	MS1-MS15	Ø 34.0 x 2.3 T	RB. Ø 9

รูปที่ 3.27 แบบเสาถักโครงสามเหลี่ยม

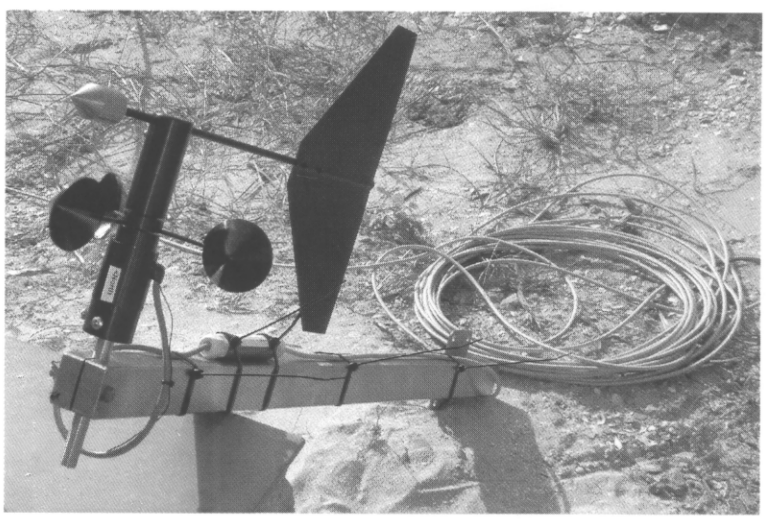


รูปที่ 3.28 การติดตั้งเสาถักโครงสามเหลี่ยมและอุปกรณ์เครื่องมือวัดของโครงการ

3.2.2 เซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลม (Wind Speed and Direction Sensor)

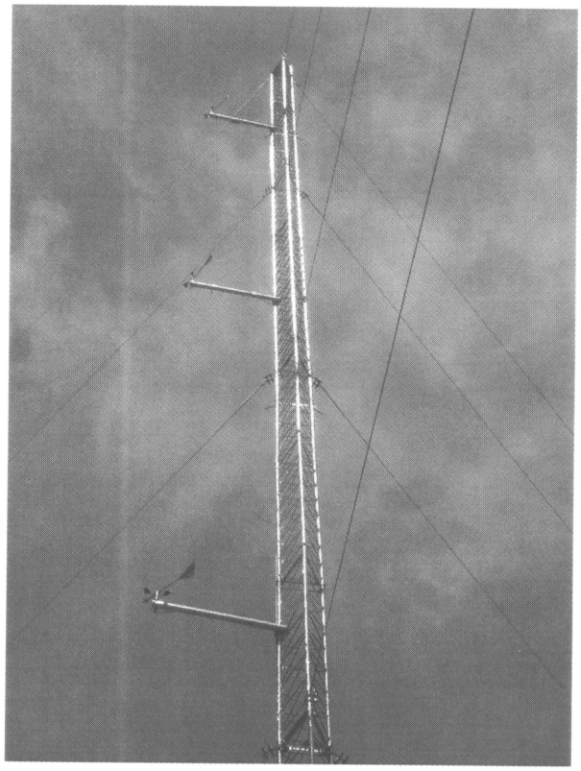
เซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางเป็นหัววัดที่สามารถวัดค่าความเร็วลมและทิศทางลมได้ในชุดเดียวกัน สร้างขึ้นจากวัสดุชนิด thermoplastic ผสม fiberglass anodized aluminum stainless steel เพื่อความคงทนต่อการใช้งานในสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงดังรายละเอียด

- สามารถวัดความเร็วลมได้ในช่วง 0-44 m/s
- ค่าความละเอียดในการวัดความเร็วลมไม่มากกว่า 0.19 m/s
- ค่าความแม่นยำในการวัดความเร็วลมไม่น้อยกว่า +3% ที่ความเร็วลม 17-30 m/s
- สามารถวัดทิศทางลมได้ในช่วงไม่น้อยกว่า 0 ถึง 358 องศา
- ค่าความละเอียดในการวัดทิศทางลมไม่มากกว่า 1.4 องศา
- Starting Threshold ไม่มากกว่า 0.5 m/s
- ช่วงอุณหภูมิใช้งาน –40°C to +70 °C
- มีความทนทานต่อสภาวะอากาศสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 2-5 ปี
- ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์จับยึดสำหรับติดตั้งกับเสา แสดงดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 เซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลม

การติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางจะทำการติดตั้งที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m โดยมีแขนยื่นออกไปจากเสาถักโครงสามเหลี่ยมเป็นระยะ 40 cm รูปที่ 3.28 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลมกับเสาสูง



รูปที่ 3.30 การติดตั้งเซนเซอร์ที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m

3.2.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อมและอุปกรณ์ป้องกันรังสีอาทิตย์ (Ambient Air Temperature Sensor and Radiation Shield)

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นได้ในชุดเดียวกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง –40°C to +70 °C และสามารถวัดความชื้นได้ในช่วง 0-100 % RH ระหว่าง 0-50°C
- ค่าความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิไม่น้อยกว่า ±0.7 to 25 °C ค่าความแม่นยำในการวัดความชื้น RH accuracy: 3% over 0 to 50 °C; ±4% in condensing environments 0 to 30 °C
- ค่าความละเอียดในการวัดไม่มากกว่า 0.4 °C to 25°C; 0.5% RH to 25 °C
- หัววัดประกอบอยู่ใน stainless steel housing พร้อม solar radiation shield
- ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์จับยึดสำหรับติดตั้งกับเสา แสดงดังรูปที่ 3.31

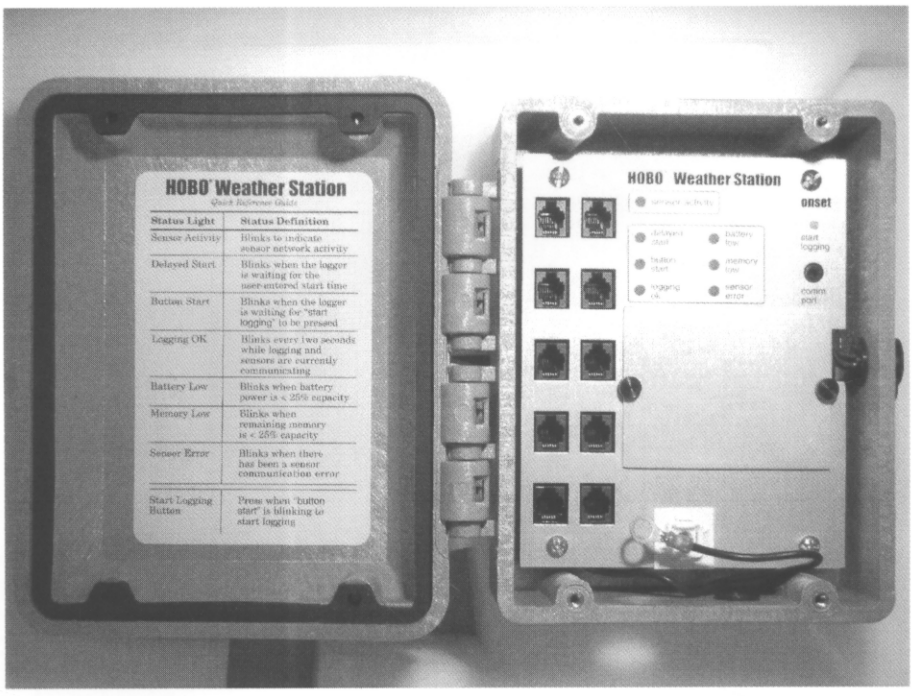


รูปที่ 3.31 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อมและอุปกรณ์ป้องกันรังสีอาทิตย์

3.2.4 อุปกรณ์บันทึกข้อมูลระบบอัตโนมัติ (Data Acquisition System)

อุปกรณ์บันทึกข้อมูลอัตโนมัติเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของความเร็วลมตลอดจนอุณหภูมิ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

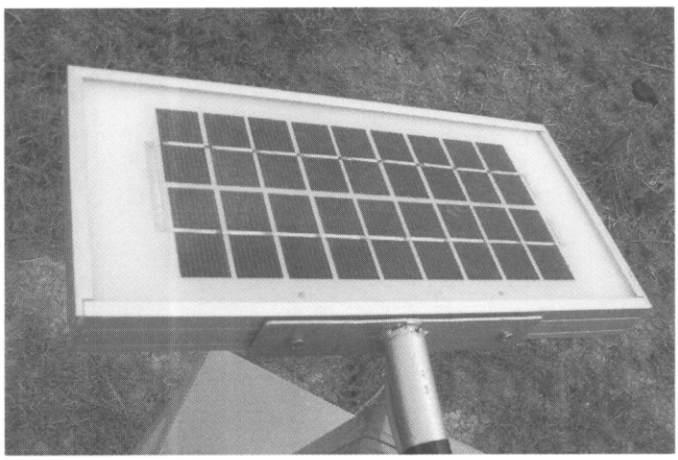
- มีจำนวนช่องสัญญาณขาเข้าไม่น้อยกว่า 15 ช่องสัญญาณ
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลไม่น้อยกว่า 512 K (500,000 measurements)
- มีช่องสำหรับต่อชุด sensor แบบ RJ11 สำหรับต่อกับชุด smart sensor ไม่น้อยกว่า 10 ช่อง
- สามารถตั้งค่าช่วงเก็บข้อมูลได้ในช่วงตั้งแต่ 1 วินาที ถึง 18 ชั่วโมง
- ค่าความแม่นยำของเวลาอยู่ในช่วงไม่น้อยกว่า 0-2 s สำหรับข้อมูลชุดแรก ± 5 วินาทีต่อสัปดาห์ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
- ติดตั้งอยู่ภายในตู้ที่ป้องกันการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศ (weather proof) พร้อมฝาสำหรับเปิด-ปิด และชุดจับยึดสำหรับติดตั้งกับเสา
- มีไฟสัญญาณ LED สำหรับแสดงสถานะของชุดเก็บข้อมูลและหัววัด
- สามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิไม่น้อยกว่า –40°C to +70 °C สำหรับแบตเตอรี่ชนิดลิเธียม
- สามารถต่อเชื่อมกับคอมพิวเตอร์ด้วยพอร์ต แบบ RS-232 แสดงดังรูปที่ 3.32



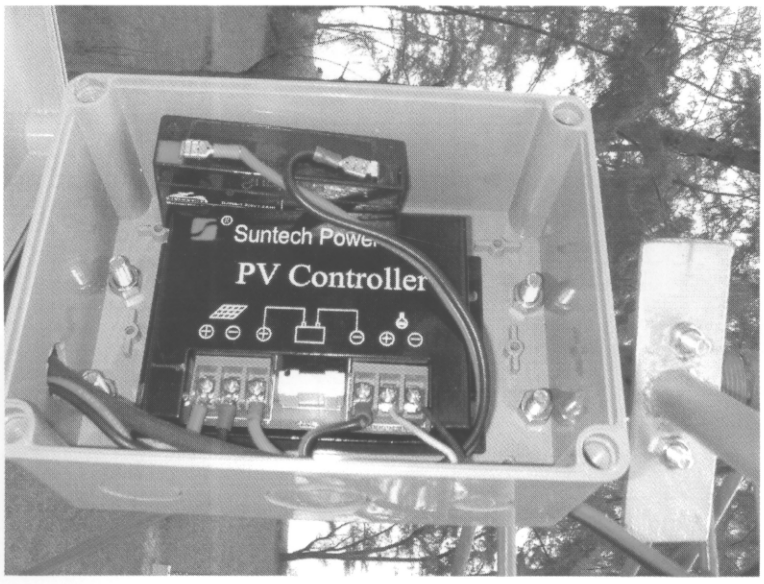
รูปที่ 3.32 อุปกรณ์บันทึกข้อมูลระบบอัตโนมัติ

3.2.5 ระบบไฟฟ้าสำรอง (Back-Up Power System)

ระบบไฟฟ้าสำรองเป็นระบบไฟฟ้าที่ใช้สำหรับในกรณีที่แบตเตอรี่ในอุปกรณ์บันทึกข้อมูลระบบอัตโนมัติหมด ประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 9 W แสดงดังรูปที่ 3.33 และอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่และแบตเตอรี่ขนาด 6 V แสดงดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.33 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 9 W



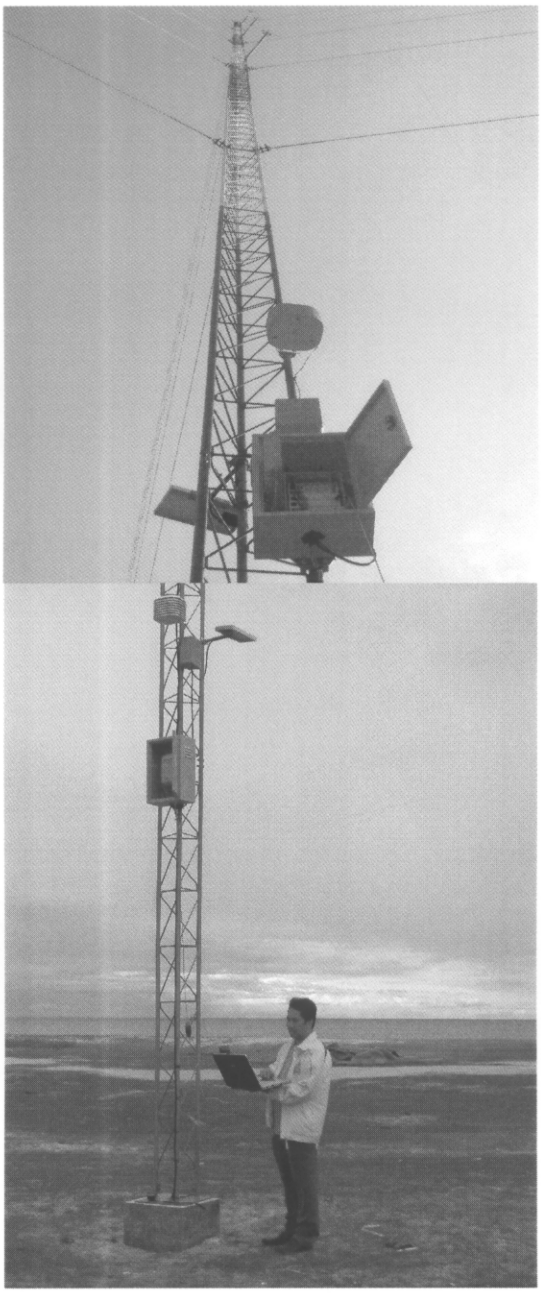
รูปที่ 3.34 อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่

3.2.6 ป้ายชื่อสถานีวิจัยพลังงานลม

เนื่องจากปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยทางด้านพลังงานลมโดยเฉพาะในบริเวณทางภาคใต้กันอย่างมากโดยทำการติดตั้งเสาสูงและเซนเซอร์วัดลม ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงได้ทำการติดตั้งป้ายชื่อสถานีวิจัยพลังงานลมแสดงดังรูปที่ 3.35 เพื่อบ่งบอกถึงวัตถุประสงค์และแหล่งงบประมาณในการศึกษาวิจัยเพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้พบเห็นหรือผู้สนใจทั่วไป โดยรูปที่ 3.36 แสดงภาพรวมของการติดตั้งอุปกรณ์วัดและการดึงข้อมูลโดยอาศัยคอมพิวเตอร์แบบพกพา



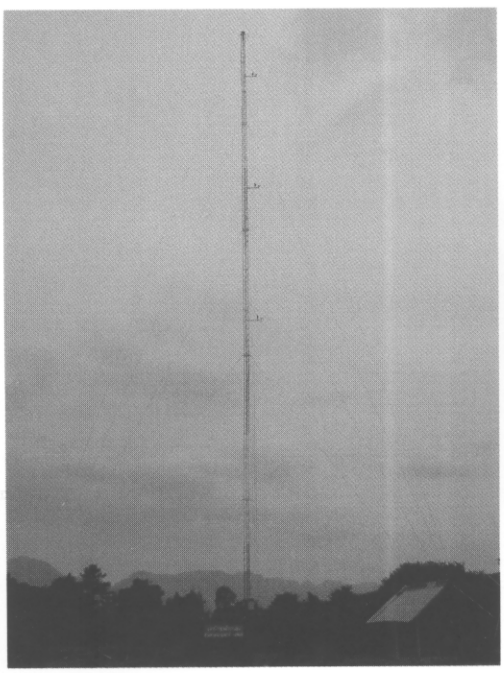
รูปที่ 3.35 ป้ายชื่อสถานีวิจัยพลังงานลม



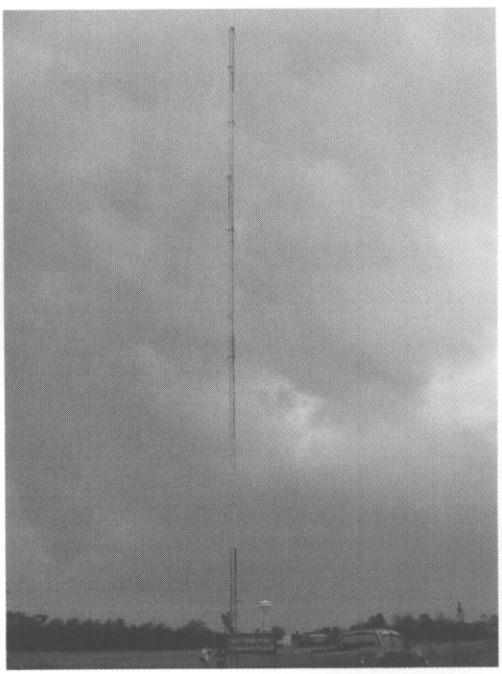
รูปที่ 3.36 การติดตั้งอุปกรณ์การวัดและการถ่ายโอนข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์แบบพกพา

3.2.7 สถานีวิจัยพลังงานลม

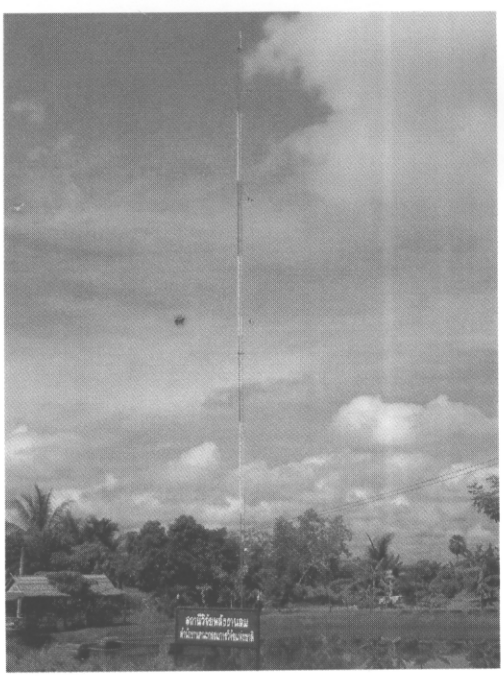
รูปที่ 3.37-3.54 แสดงการติดตั้งสถานีวิจัยพลังงานลมจำนวน 18 สถานี



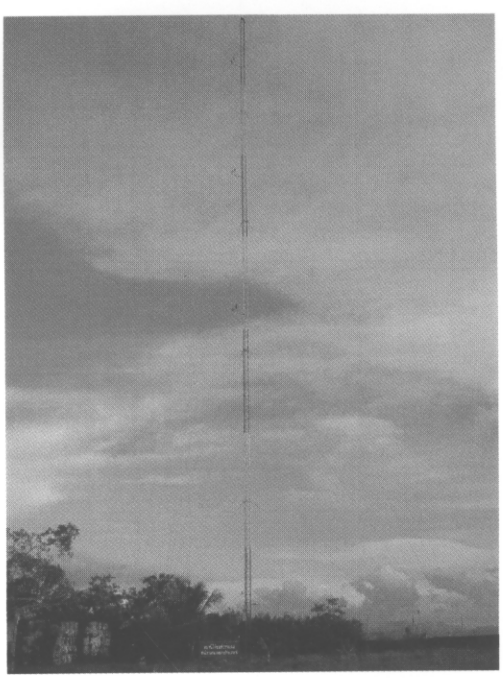
รูปที่ 3.37 สถานีวิจัยพลังงานลม
ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี



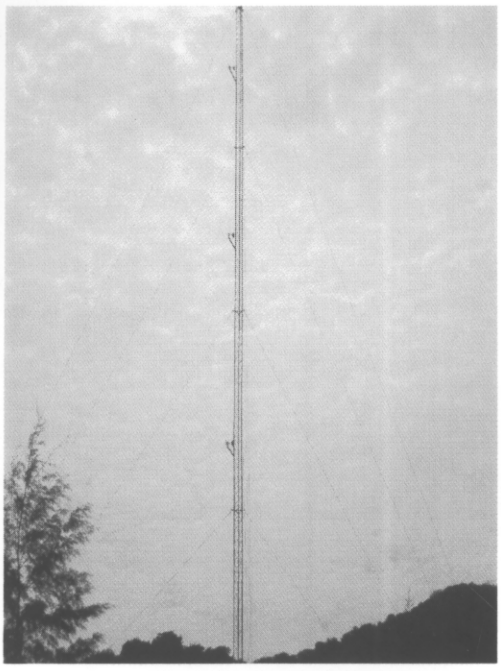
รูปที่ 3.39 สถานีวิจัยพลังงานลม
กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี



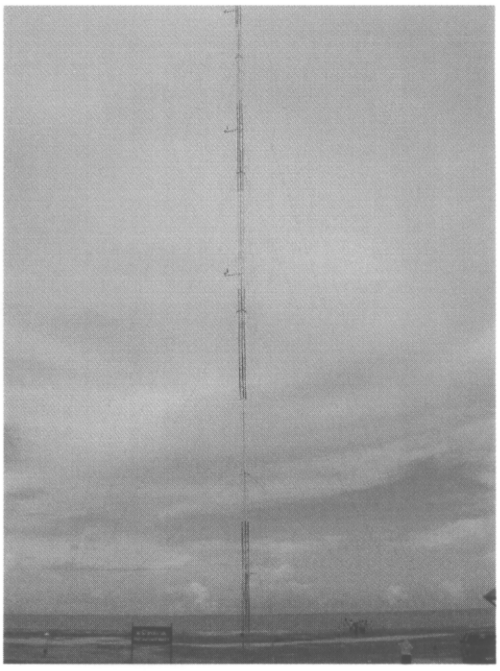
รูปที่ 3.38 สถานีวิจัยพลังงานลม
ท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี



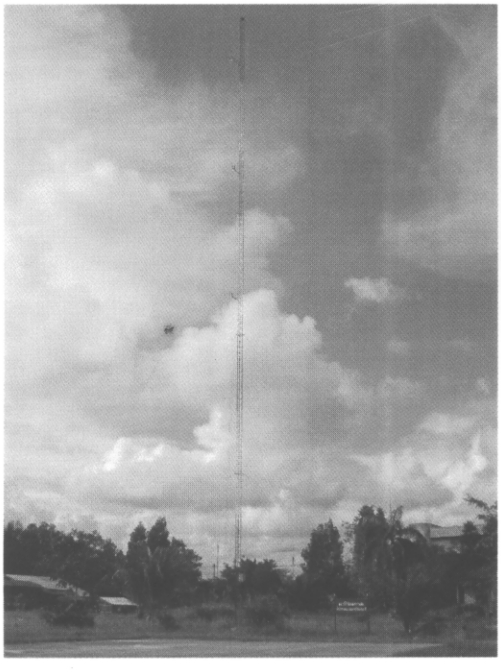
รูปที่ 3.40 สถานีวิจัยพลังงานลม
ดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี



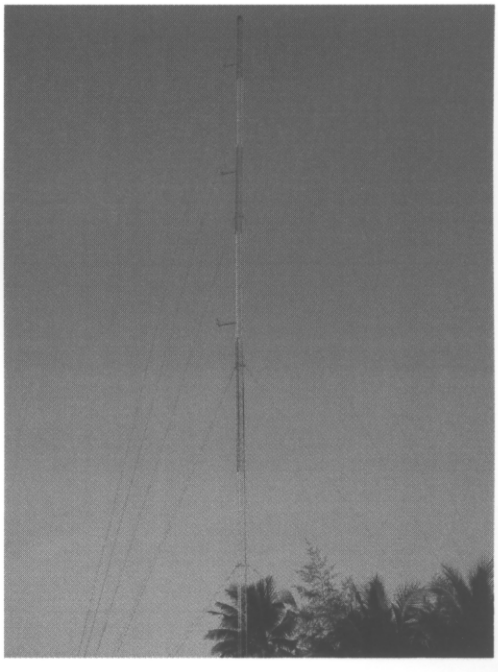
รูปที่ 3.41 สถานีวิจัยพลังงานลม
ขนอม จ.นครศรีธรรมราช



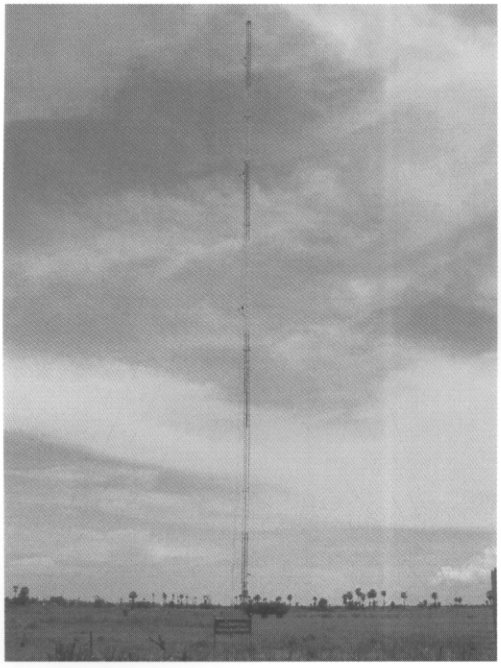
รูปที่ 3.43 สถานีวิจัยพลังงานลม
ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช



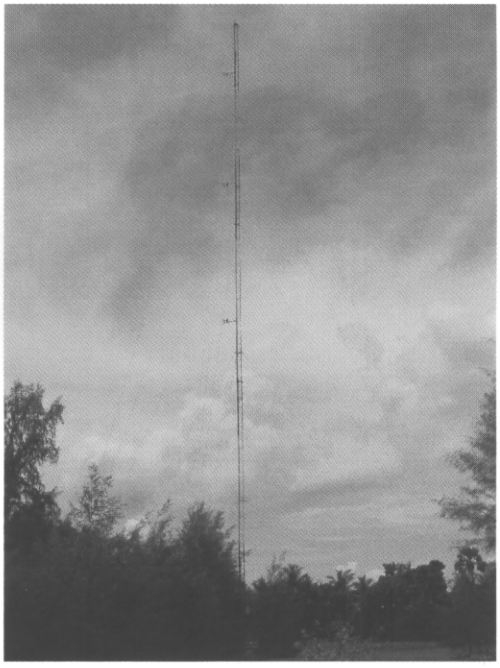
รูปที่ 3.42 สถานีวิจัยพลังงานลม
สิชล จ.นครศรีธรรมราช



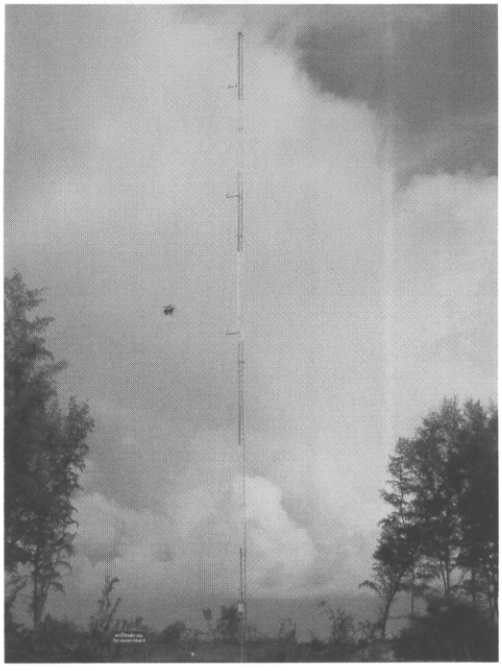
รูปที่ 3.44 สถานีวิจัยพลังงานลม
ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช



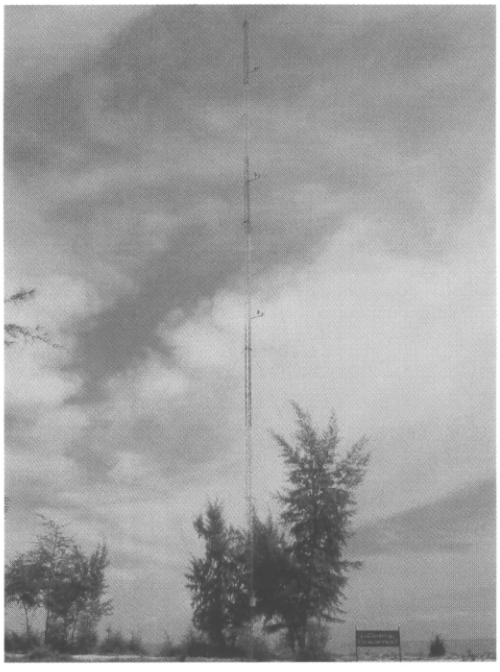
รูปที่ 3.45 สถานีวิจัยพลังงานลม
หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช



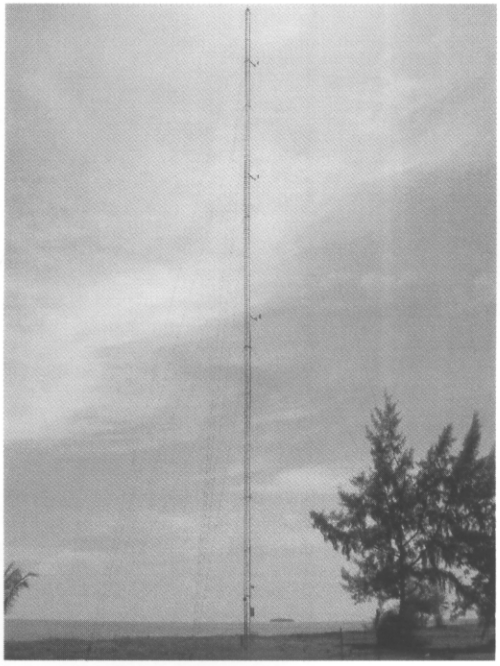
รูปที่ 3.47 สถานีวิจัยพลังงานลม
สทิงพระ1 จ.สงขลา



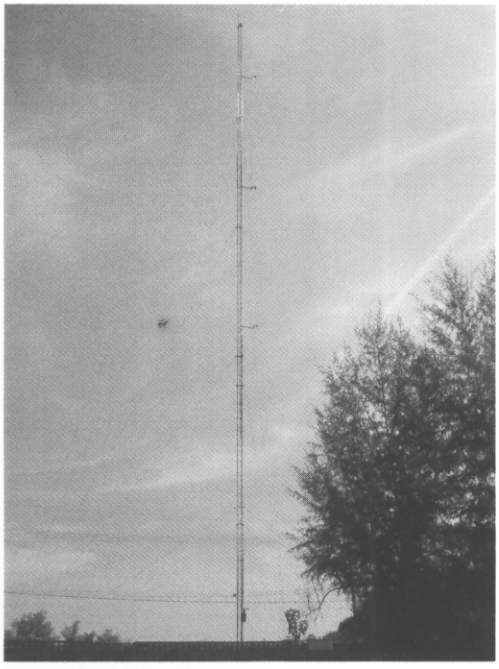
รูปที่ 3.46 สถานีวิจัยพลังงานลม
ระโนด จ.สงขลา



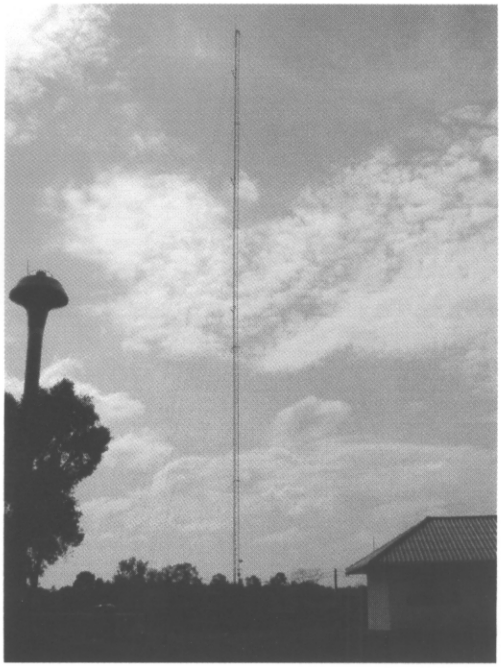
รูปที่ 3.48 สถานีวิจัยพลังงานลม
สทิงพระ2 จ.สงขลา



รูปที่ 3.49 สถานีวิจัยพลังงานลม
สิงหนคร จ.สงขลา



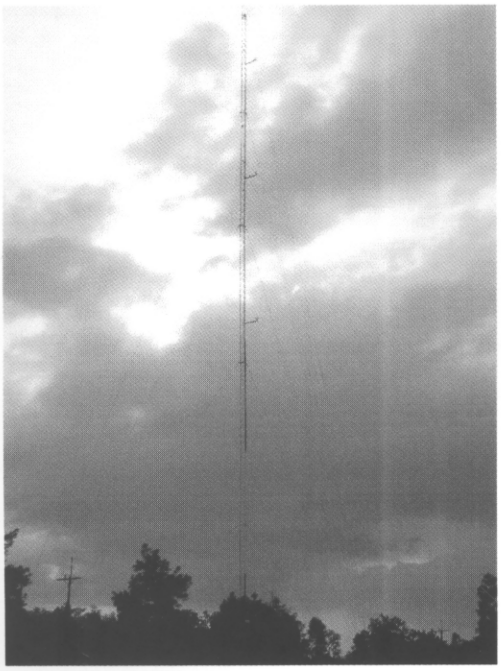
รูปที่ 3.50 สถานีวิจัยพลังงานลม
จะนะ จ.สงขลา



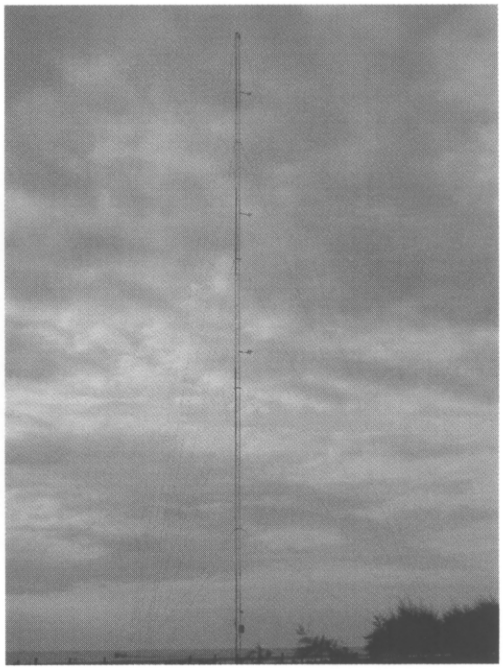
รูปที่ 3.51 สถานีวิจัยพลังงานลม
เหนือคลอง จ.กระบี่



รูปที่ 3.52 สถานีวิจัยพลังงานลม
เกาะลันตา จ.กระบี่



รูปที่ 3.53 สถานีวิจัยพลังงานลม
หาดสำราญ จ.ตรัง



รูปที่ 3.54 สถานีวิจัยพลังงานลม
ทุ่งหว้า จ.สตูล

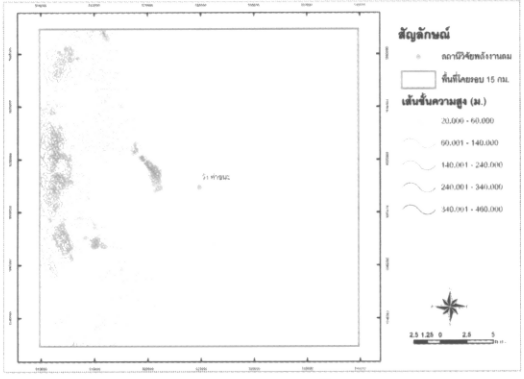
3.3 การจัดทำแผนที่เวกเตอร์โดยใช้ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ (Vector Mapping using GIS)

3.3.1 การจัดทำแผนที่เส้นชั้นความสูง (Contour Mapping)

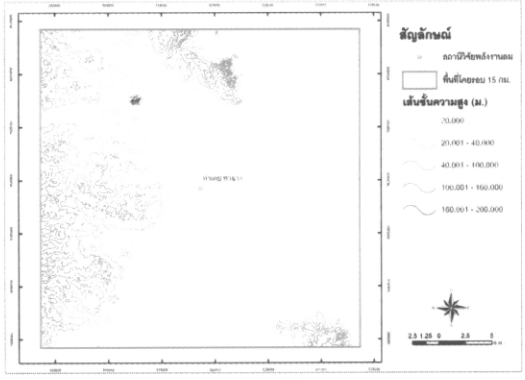
โครงการวิจัยนี้ได้จัดทำแผนที่เส้นชั้นความสูงของทั้ง 18 สถานี สำหรับเป็นข้อมูลอินพุทให้กับโปรแกรม *WAsP* 9.0 โดยได้ดำเนินการจัดทำแผนที่เส้นชั้นความสูงเส้นชั้นละ 30 m โดยอาศัยแผนที่แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) ขนาด 15×15 km ซึ่งเป็นแผนที่ DEM ของกรมแผนที่ทหารชุด L7018 จำนวน 38 ระวาง และใช้โปรแกรม ARC GIS 9.0 สำหรับการสร้างบัฟเฟอร์ของพื้นที่โดยรอบ นอกจากนี้ยังได้จัดทำแผนที่เพื่อแสดงระดับความสูงต่ำหรือลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาทั้ง 18 สถานี โดยใช้โปรแกรม MicroDEM ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของแผนที่ความสูงต่ำของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique) ขนาด 15×15 km เนื่องจากโปรแกรม *WAsP* 9.0 จะให้ผลการคำนวณที่มีความถูกต้องสูงสุดในช่วงระยะไม่เกิน 10 km แต่ในกรณีที่พื้นที่บางส่วนเป็นพื้นน้ำโปรแกรม *WAsP* 9.0 จะสามารถทำการคำนวณได้ในระยะ 15 km ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงเลือกใช้ขนาดแผนที่ดังกล่าว

แผนที่เส้นชั้นความสูงขนาด 15×15 km ของพื้นที่ศึกษาทั้ง 18 สถานี แสดงดังรูปที่ 3.55-3.72

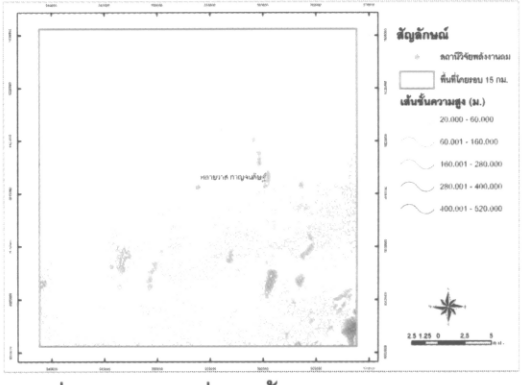
แผนที่เส้นชั้นความสูงขนาดดังกล่าวในรูปของแบบของไฟล์ดิจิตอลจะถูกนำไปรวม (Combined) กับข้อมูลดัชนีความขรุขระโดยอาศัยโปรแกรม *WAsP* Utility 3.0 จะได้แผนที่เวกเตอร์ (Vector Map) ซึ่งเป็นข้อมูลอินพุทให้กับโปรแกรม *WAsP* 9.0 สำหรับการสร้างแผนที่ภูมิอากาศของลมในระดับท้องถิ่น (Regional Wind Climate) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมบริเวณพื้นที่ศึกษาทั้ง 18 สถานีต่อไป



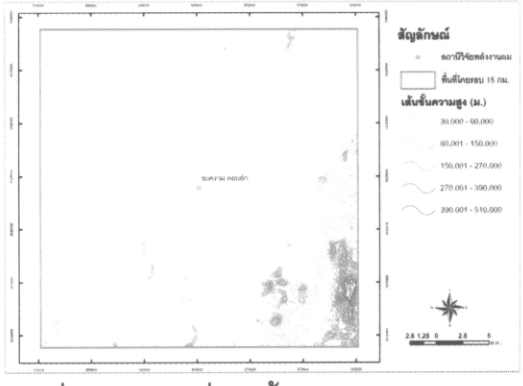
รูปที่ 3.55 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ
จ.สุราษฎร์ธานี



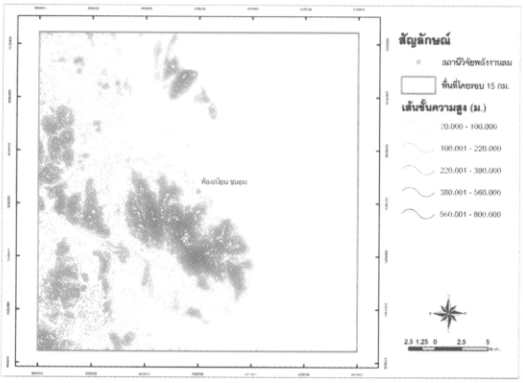
รูปที่ 3.56 แผนที่เส้นชั้นความสูงขนาด
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง
จ.สุราษฎร์ธานี



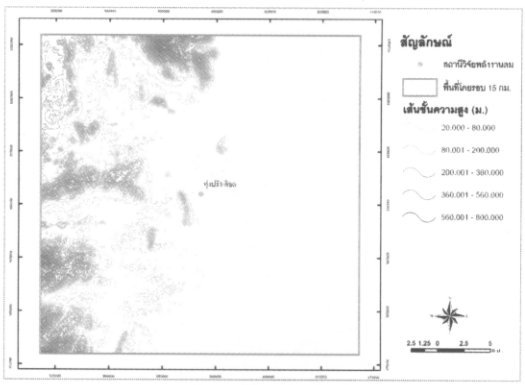
รูปที่ 3.57 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์
จ.สุราษฎร์ธานี



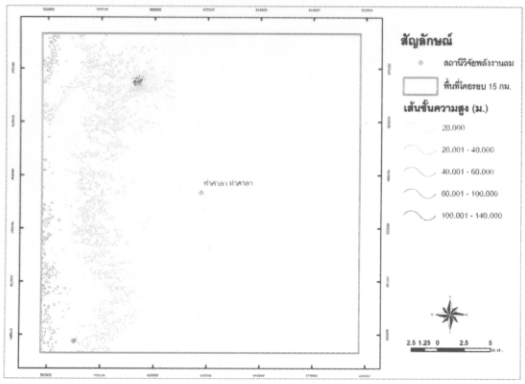
รูปที่ 3.58 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก
จ.สุราษฎร์ธานี



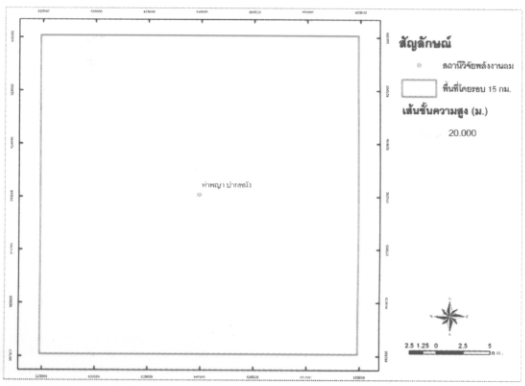
รูปที่ 3.59 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม
จ.นครศรีธรรมราช



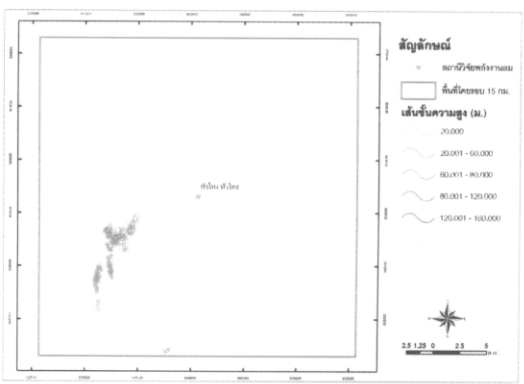
รูปที่ 3.60 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล
จ.นครศรีธรรมราช



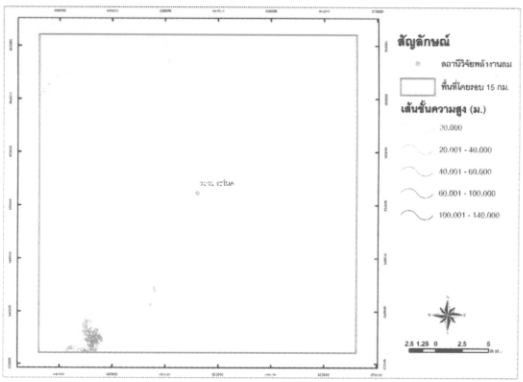
รูปที่ 3.61 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา
จ.นครศรีธรรมราช



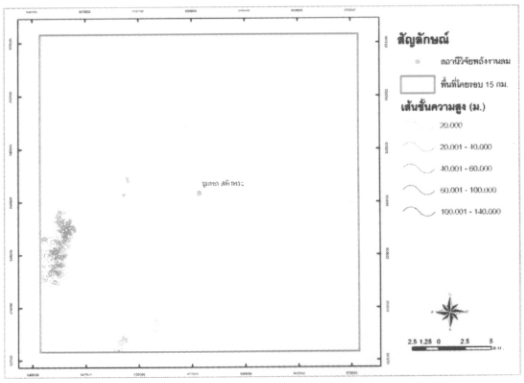
รูปที่ 3.62 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง
จ.นครศรีธรรมราช



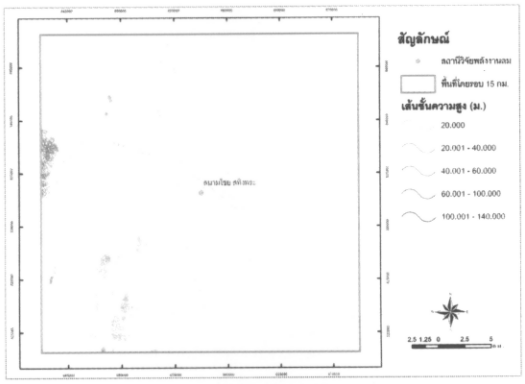
รูปที่ 3.63 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร
จ.นครศรีธรรมราช



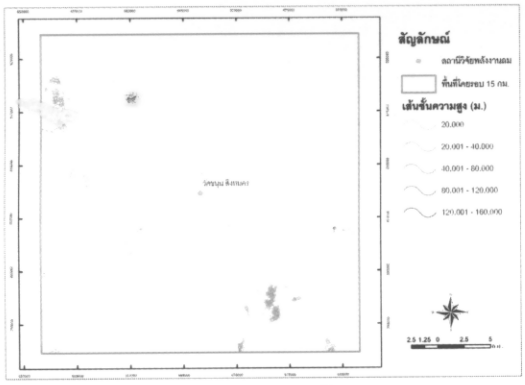
รูปที่ 3.64 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด
จ.สงขลา



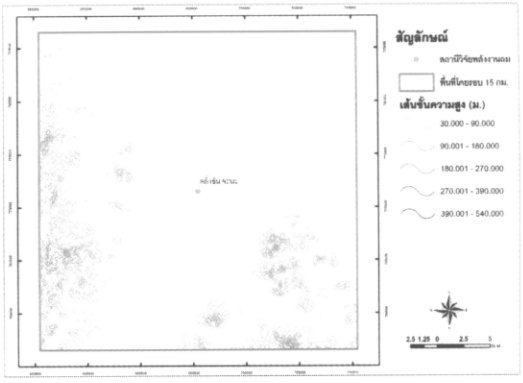
รูปที่ 3.65 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1
จ.สงขลา



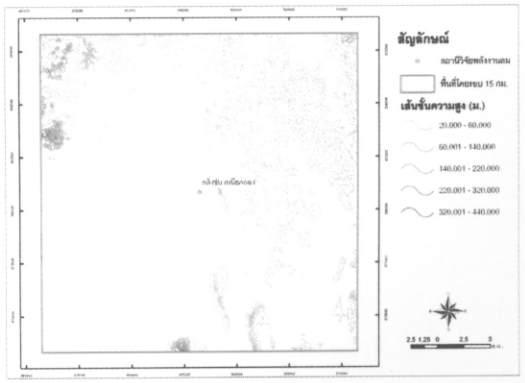
รูปที่ 3.66 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2
จ.สงขลา



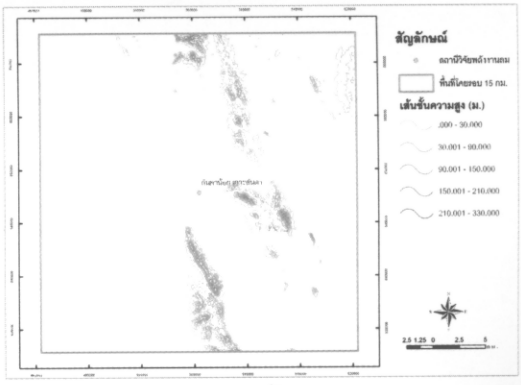
รูปที่ 3.67 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร
จ.สงขลา



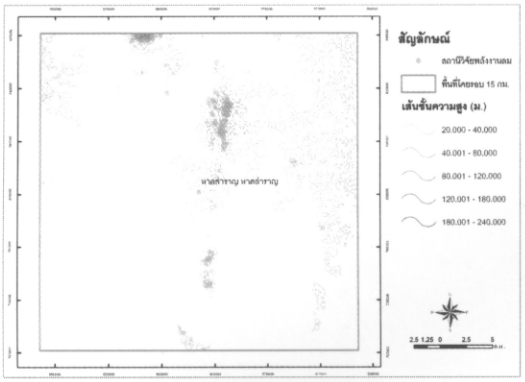
รูปที่ 3.68 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ
จ.สงขลา



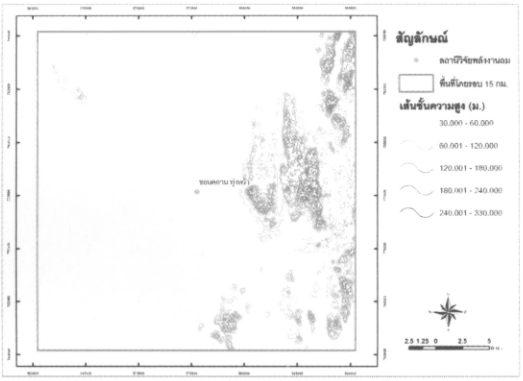
รูปที่ 3.69 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลม เหนือคลอง
จ.กระบี่



รูปที่ 3.70 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา
จ.กระบี่



รูปที่ 3.71 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ
จ.ตรัง



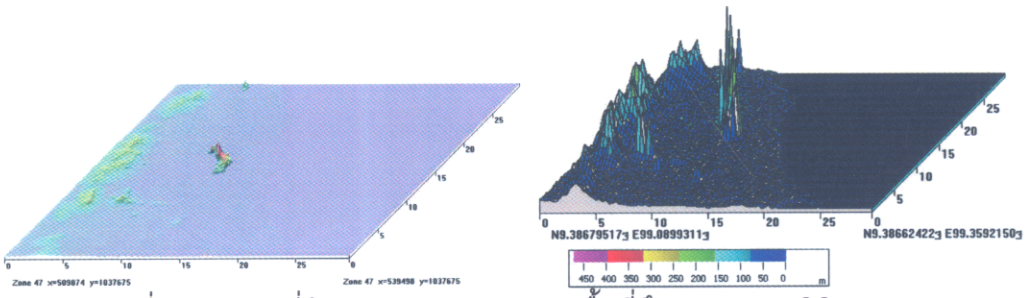
รูปที่ 3.72 แผนที่เส้นชั้นความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า
จ.สตูล

3.3.2 การจัดทำแผนที่ลักษณะภูมิประเทศแบบ 3 มิติ (3-D Oblique Mapping)

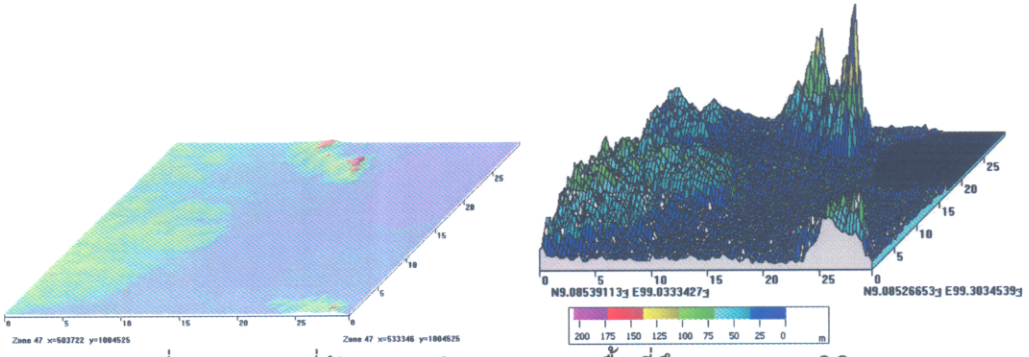
สำหรับการจัดทำแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศแบบ 3 มิติ ขนาด 15×15 km ได้ใช้ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) ชุด L7018 ของกรมแผนที่ทหาร แล้วทำการสร้างแผนที่ความสูงต่ำของพื้นที่โดยอาศัยโปรแกรม MicroDEM ในพื้นที่กันชน (Buffer) ใหม่รอบๆ สถานีวิจัยพลังงานลมขนาด 15×15 km โดยมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3.73-3.90

3.3.3 การจัดทำแผนที่ดัชนีความขรุขระ (Roughness Index Mapping)

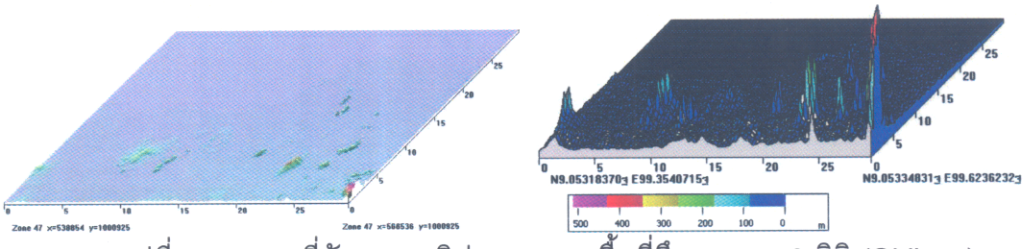
โครงการวิจัยนี้ได้ดำเนินการจัดทำแผนที่ดัชนีความขรุขระ (Roughness Index Map) ของพื้นที่รอบๆ สถานีวิจัยพลังงานลมทั้ง 18 สถานี ขนาด 15×15 km โดยอาศัยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land-Use) ซึ่งพัฒนาโดยกรมพัฒนาที่ดินและข้อมูลดัชนีความขรุขระมาตรฐาน โดยมีดัชนีความขรุขระแสดงดังตารางที่ 3.1 และแผนที่ดัชนีความขรุขระของแต่ละสถานีวิจัยพลังงานลมแสดงดังรูปที่ 3.91-3.108



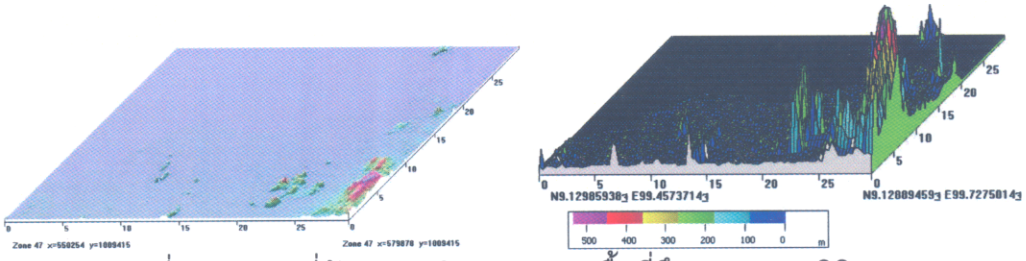
รูปที่ 3.73 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี



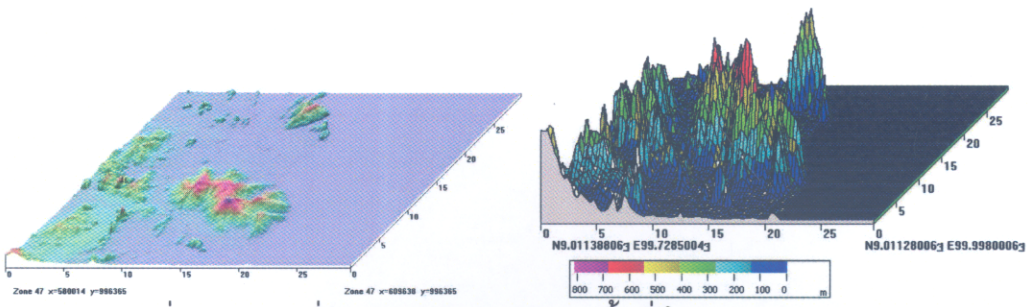
รูปที่ 3.74 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี



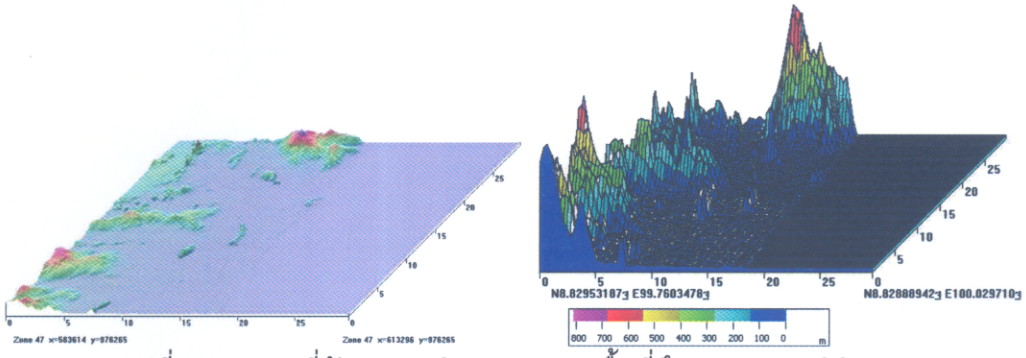
รูปที่ 3.75 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี



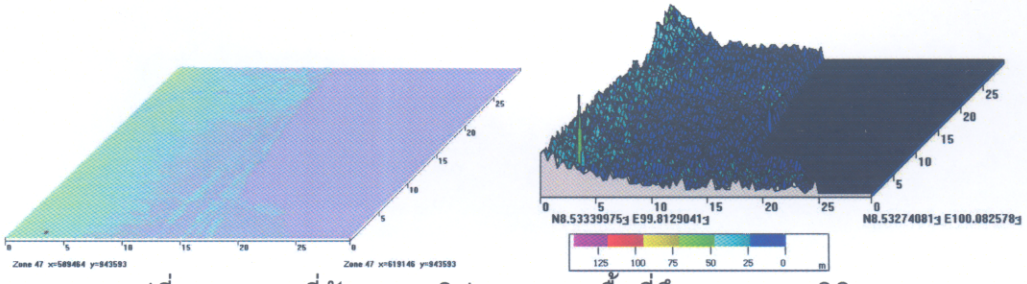
รูปที่ 3.76 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี



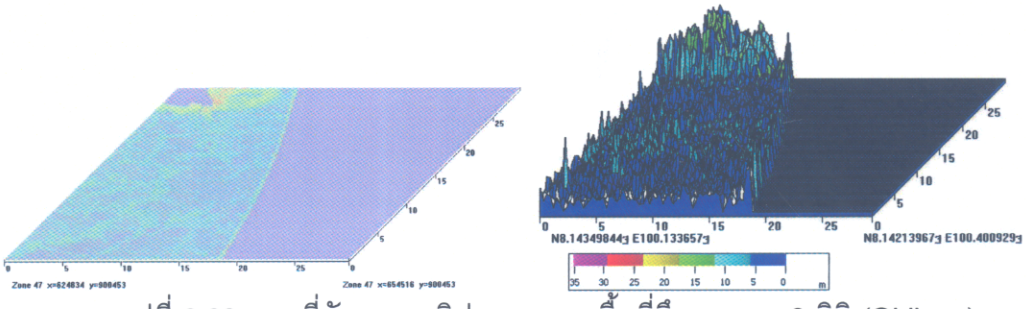
รูปที่ 3.77 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช



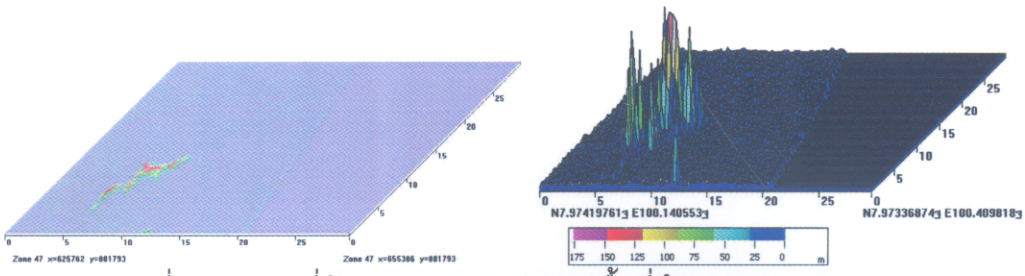
รูปที่ 3.78 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช



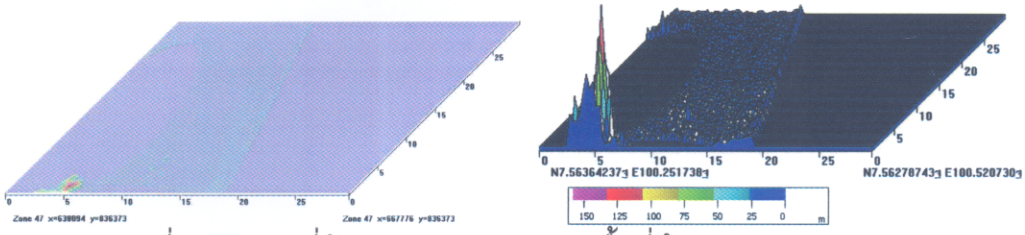
รูปที่ 3.79 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช



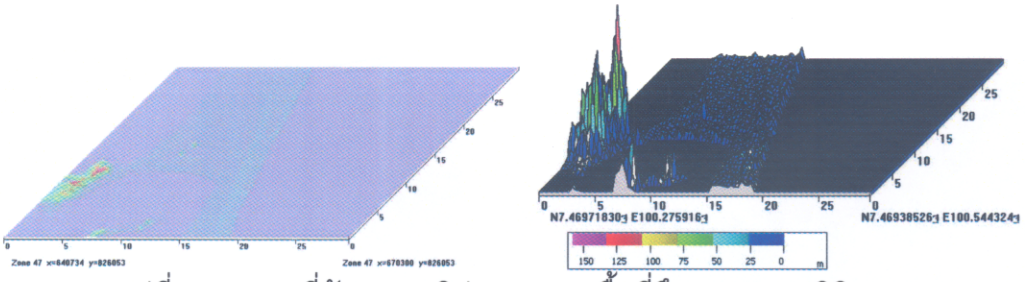
รูปที่ 3.80 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช



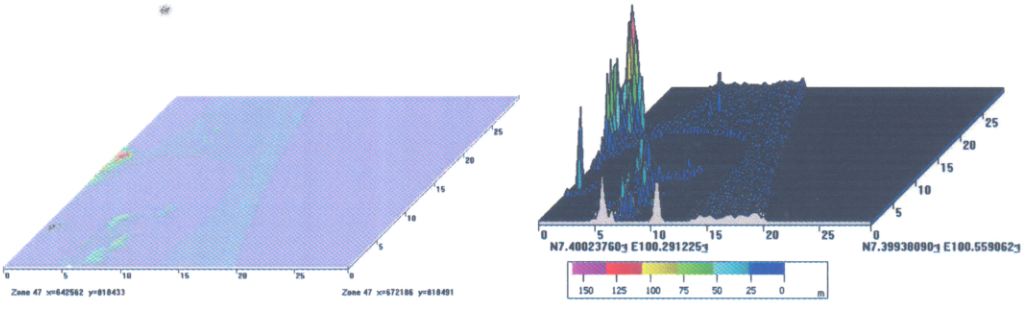
รูปที่ 3.81 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช



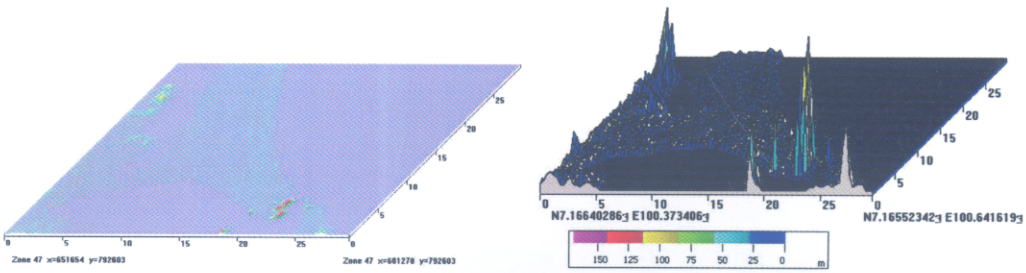
รูปที่ 3.82 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา



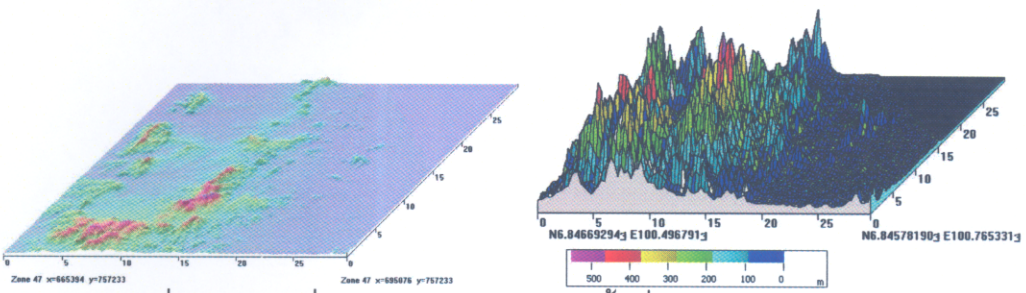
รูปที่ 3.83 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ 1 จ.สงขลา



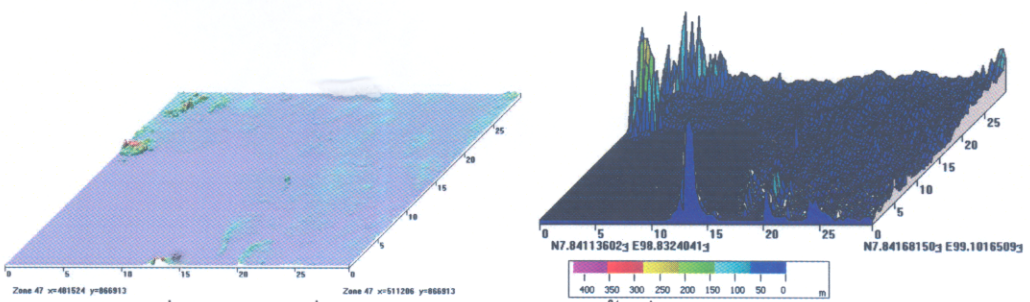
รูปที่ 3.84 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ 2 จ.สงขลา



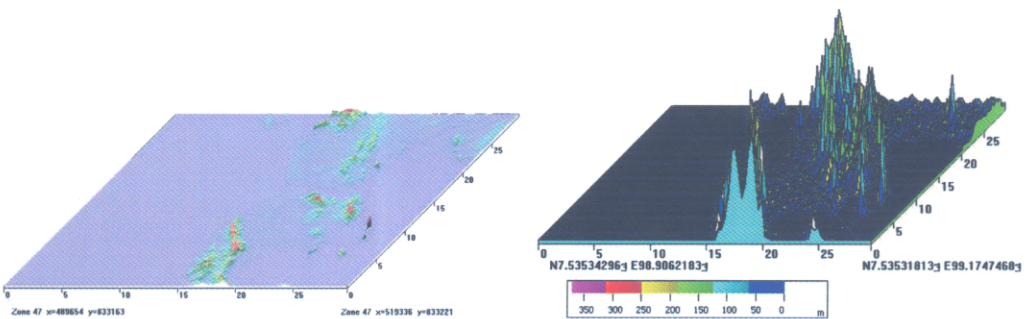
รูปที่ 3.85 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา



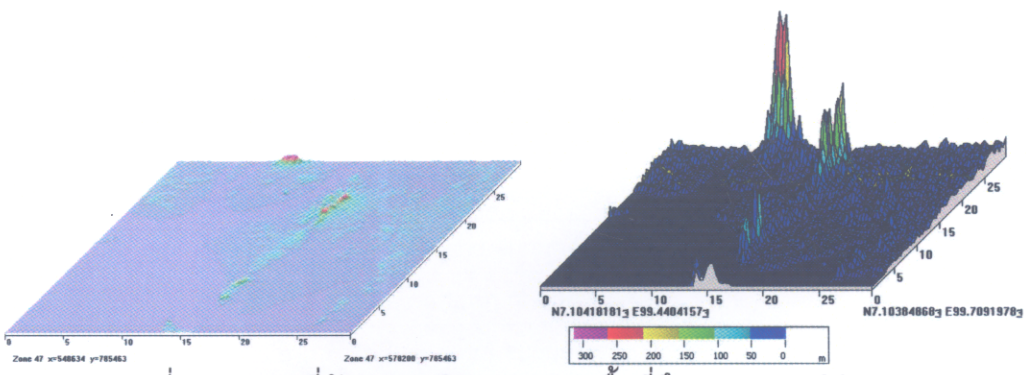
รูปที่ 3.86 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา



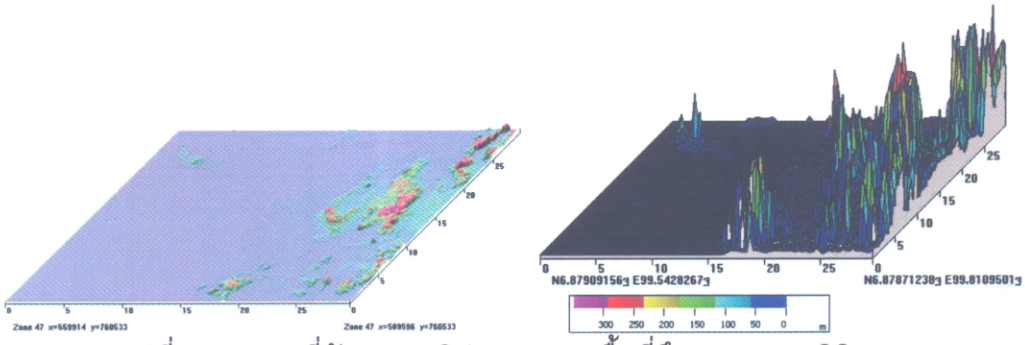
รูปที่ 3.87 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่



รูปที่ 3.88 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่



รูปที่ 3.89 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง



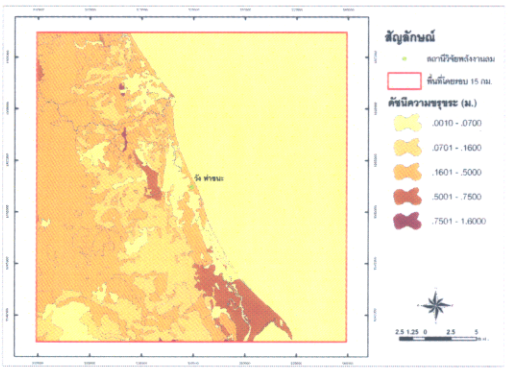
รูปที่ 3.90 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาแบบ 3 มิติ (Oblique)
ขนาด 15×15 km^2 สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล

ตารางที่ 3.1 ดัชนีความขรุขระ (Roughness Index)

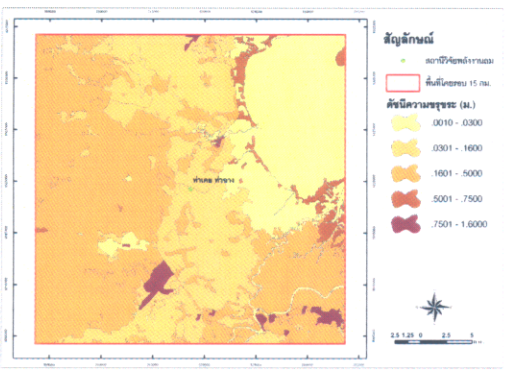
No.	z_0 (m)	Class names
0	0.03	no data
1	0.03	Grass
2	0.17	Maize
3	0.07	Potatoes
4	0.1	Beets
5	0.16	Cereals
6	0.04	other agricultural crops
7	0.1	Greenhouses
8	0.39	Orchards
9	0.1	bulb cultivation
10	0.75	deciduous forest

ตารางที่ 3.1 ดัชนีความขรุขระ (Roughness Index) (ต่อ)

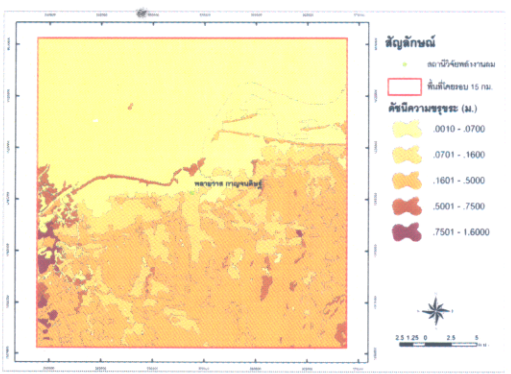
No.	z_0 (m)	Class names
11	0.75	coniferous forest
12	0.001	fresh water
13	0.001	salt water
14	1.6	continuous urban area
15	0.5	built-up in rural area
16	1.1	deciduous forest in urban area
17	1.1	coniferous forest in urban area
18	2	built-up area with dense forest
19	0.03	grass in built-up area
20	0.001	bare soil in built-up area
21	0.1	main roads and railways
22	0.5	buildings in rural area
23	0.0003	Runways
24	0.1	parking lots
25	0.0002	salt marshes
26	0.0003	beaches and dunes
27	0.06	sparsely vegetated dunes
28	0.02	vegetated dunes
29	0.03	heathlands in dune areas
30	0.0003	shifting sands
31	0.03	Heathlands
32	0.04	heathlands with minor grass influence
33	0.06	heathlands with major grass influence
34	0.06	raised bogs
35	0.75	forest in raised bogs
36	0.03	miscellaneous swamp vegetation
37	0.1	reed swamp
38	0.75	forest in swamp areas
39	0.07	swampy pastures in peat areas
40	0.03	herbaceous vegetation
41	0.001	bare soil in natural areas



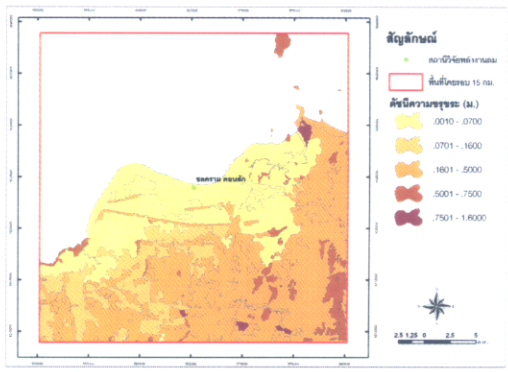
รูปที่ 3.91 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ
จ.สุราษฎร์ธานี



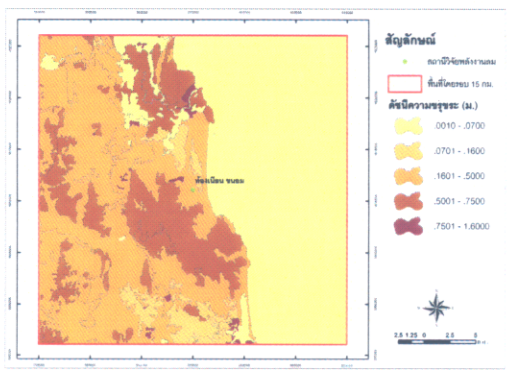
รูปที่ 3.92 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง
จ.สุราษฎร์ธานี



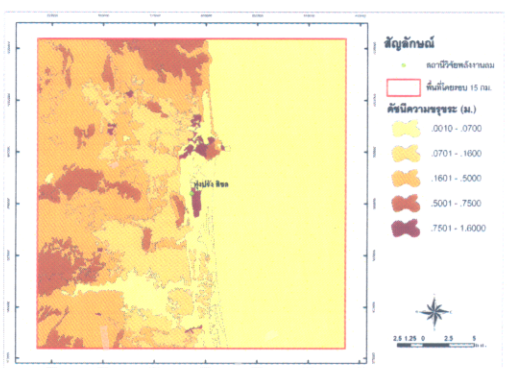
รูปที่ 3.93 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์
จ.สุราษฎร์ธานี



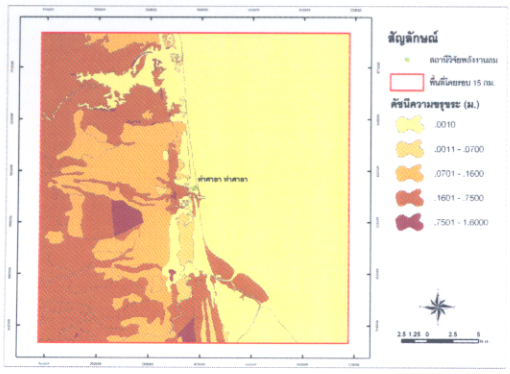
รูปที่ 3.94 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก
จ.สุราษฎร์ธานี



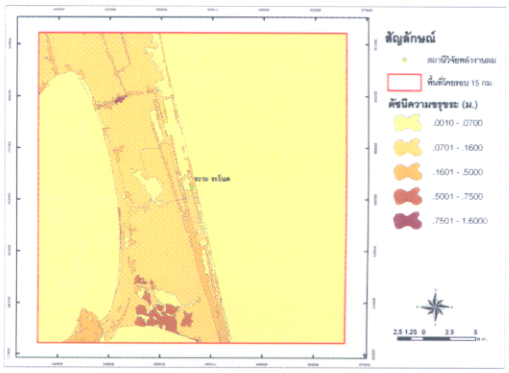
รูปที่ 3.95 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม
จ.นครศรีธรรมราช



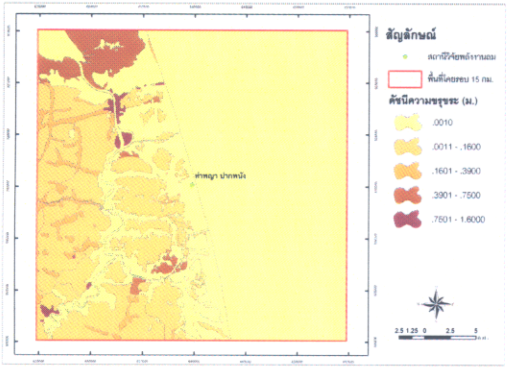
รูปที่ 3.96 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล
จ.นครศรีธรรมราช



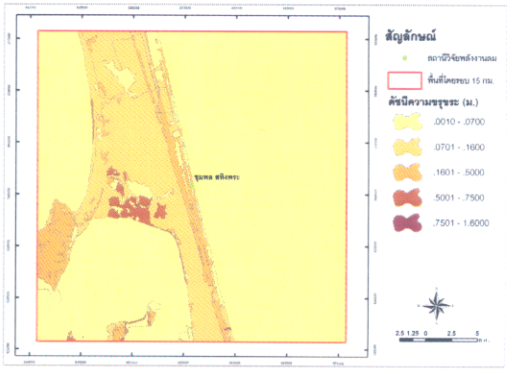
รูปที่ 3.97 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา
จ.นครศรีธรรมราช



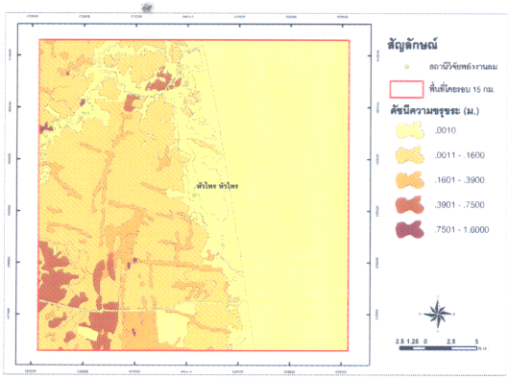
รูปที่ 3.100 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด
จ.สงขลา



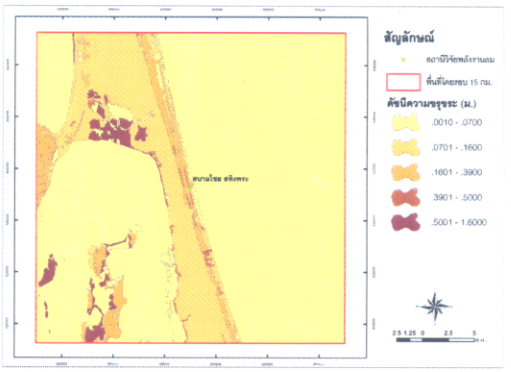
รูปที่ 3.98 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง
จ.นครศรีธรรมราช



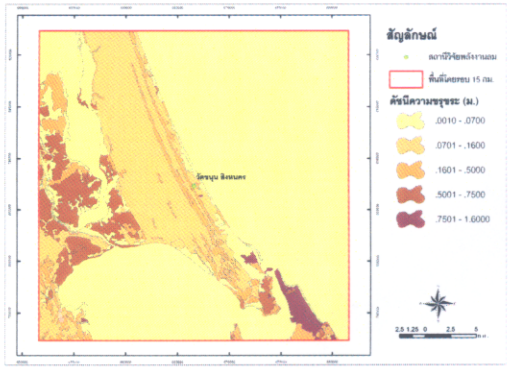
รูปที่ 3.101 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1
จ.สงขลา



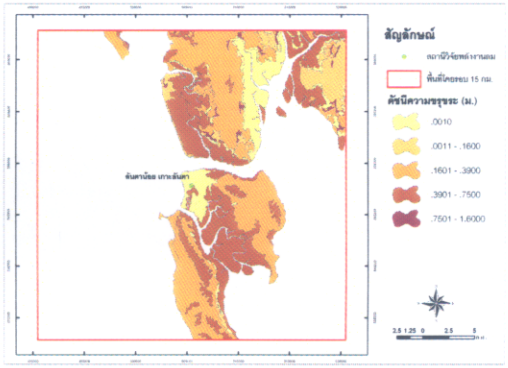
รูปที่ 3.99 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร
จ.นครศรีธรรมราช



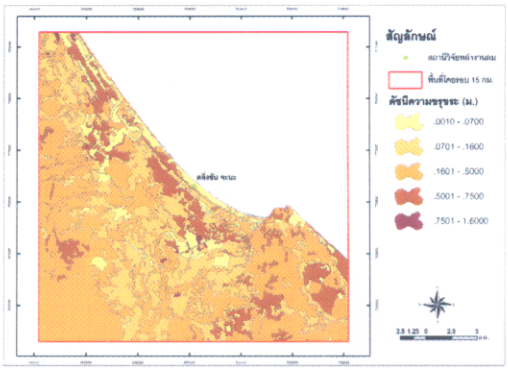
รูปที่ 3.102 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2
จ.สงขลา



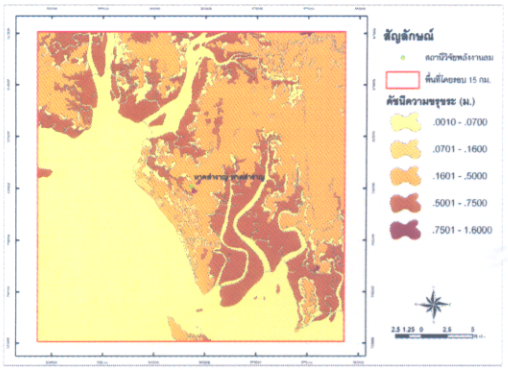
รูปที่ 3.103 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร
จ.สงขลา



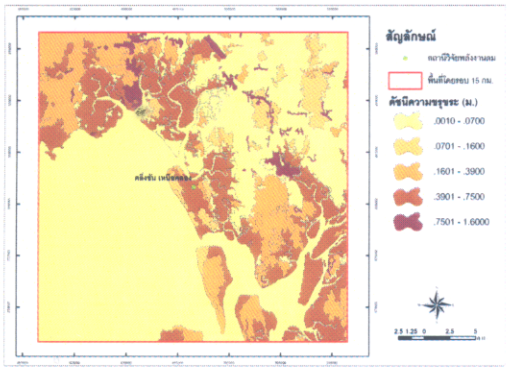
รูปที่ 3.106 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา
จ.กระบี่



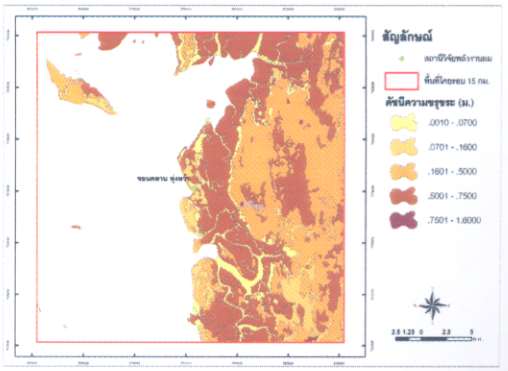
รูปที่ 3.104 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ
จ.สงขลา



รูปที่ 3.107 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ
จ.ตรัง



รูปที่ 3.105 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง
จ.กระบี่



รูปที่ 3.108 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า
จ.สตูล

3.4 การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานลม

ในการวิเคราะห์การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลมนั้นได้พิจารณาพารามิเตอร์ 2 ตัว ได้แก่ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (Annual Energy Production: AEP) และประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมโดยอาศัยค่าคาปาซิตี้แฟกเตอร์ (Capacity Factor: C. F.) ซึ่งในการพิจารณาโดยอาศัยพารามิเตอร์ทั้งสองนั้นถ้าหากค่า AEP มีค่าสูง นั่นก็แสดงว่าพลังงานลมในบริเวณพื้นที่ศึกษามีศักยภาพสูงและสามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้กังหันลมได้ในปริมาณมาก ส่วนค่าคาปาซิตี้แฟกเตอร์นั้นเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม โดยค่าคาปาซิตี้แฟกเตอร์ยิ่งสูงนั่นก็แสดงว่าการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมบริเวณพื้นที่ศึกษานั้นๆ จะมีประสิทธิภาพดี

3.4.1 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (Annual Energy Production)

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยกังหันลมที่มีกำลังการผลิตติดตั้ง (Rated Capacity) โดยในโครงการวิจัยนี้ได้อาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตขนาด 0.75 MW 1.0 MW 1.5 MW และ 2.0 MW สำหรับการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี

โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กรณีดังนี้

1. กรณีติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า ณ บริเวณ สถานีวิจัยพลังงานลม
2. กรณีติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า ณ ตำแหน่งลมดี หรือบริเวณที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง

3.4.2 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม (Capacity Factor)

ค่าประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมพิจารณาจากค่าคาปาซิตี้แฟกเตอร์ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.1

$$\text{Capacity Factor} = \left(\frac{AEP}{\text{Rated Capacity} \times 8{,}760} \right) \times 100\% \qquad (3.1)$$

โดยที่ AEP คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (kWh)

Rated Capacity คือ ขนาดกำลังการผลิตของกังหันลม (kW)

3.5 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis)

3.5.1 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (Cost of Energy: CoE)

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมได้พิจารณาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (Baht/kWh) ซึ่งผลการคำนวณนี้จะใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาบริเวณหรือสถานที่สำหรับการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมในบริเวณพื้นที่จังหวัดทางภาคใต้ต่อไป โดยต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยสามารถพิจารณาได้จากต้นทุนมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานลมตลอดอายุของโครงการ ซึ่งมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.2

$$PVC = I + C_{omr}\left[\frac{1+i}{r-i}\right]\times\left[1-\left(\frac{1+i}{1+r}\right)\right]-S\left(\frac{1+i}{1+r}\right)^{t} \qquad (3.2)$$

เมื่อ PVC คือ ต้นทุนมูลค่าปัจจุบัน (Present Value Cost)

I คือ ต้นทุนเงินลงทุน (Initial Cost)

C_{omr} คือ ต้นทุนดำเนินการ บำรุงรักษาและทดแทนอุปกรณ์ที่เสื่อมสภาพ (Operating, Maintenance and Replacement Cost)

i คือ อัตราดอกเบี้ย (Interest Rate)

r คือ อัตราดอกเบี้ยที่แท้จริง (Real Interest Rate)

ดังนั้นต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยจึงคำนวณได้จากสมการที่ 3.3

$$CoE = \frac{PVC\,(Baht)}{AEP\times 20\,(kWh)}\ \text{(Baht/kWh)} \qquad (3.3)$$

3.5.2 ดัชนีทางการเงินของโครงการ

1. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio; BCR)

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.4

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^{n}\frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^{n}\frac{C_t}{(1+i)^t}} \qquad (3.4)$$

โดยที่ BCR คือ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน

B_t คือ ผลตอบแทนรายปี

C_t คือ ต้นทุนรายปี

i คือ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (%)

t คือ ระยะเวลาของโครงการ (ปี)

2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value; NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการคำนวณได้จากสมการที่ 3.5

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (3.5)$$

3. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return; IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในจะเป็นร้อยละของอัตราดอกเบี้ยที่ทำให้สมการที่ 3.5 มีค่าเป็นศูนย์

$$\sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (3.6)$$

โดยที่ i คือ อัตราผลตอบแทนภายใน (%)

4. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period; PBP)

ระยะเวลาคืนทุนจะเป็นระยะเวลาที่จำนวนเงินลงทุนมีค่าเท่ากับผลตอบแทน

$$PBP = \text{Investment Cost/Cash Flow}$$

ซึ่งโดยปกติแล้วในการพิจารณาโครงการต่างๆ มักจะใช้ดัชนีทางการเงินเหล่านี้เป็นเกณฑ์ โดยที่

BCR > และ 1 NPV > 0 และ IRR > MLR และ PBP < ระยะเวลาของโครงการ

โดยมีเงื่อนไขในการพิจารณาดัชนีทางการเงินของโครงการ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม ดังต่อไปนี้

1. เป็นผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (VSPP) มีขนาดน้อยกว่า 10 MW
2. เป็นโครงการที่จัดทำกลไกการพัฒนาสะอาด (Clean Development Mechanism; CDM)

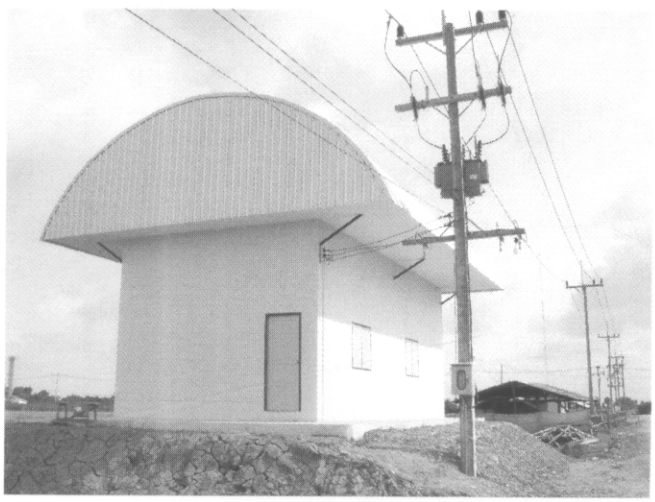
โดยในการคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยนั้นได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุน (Cost Analysis) ดังต่อไปนี้

1. ที่ดิน โดยอาศัยข้อมูลบัญชีกำหนดราคาประเมินทุนทรัพย์รอบบัญชี 2547-2550
2. ถนนเข้าโครงการ ระยะถนนเข้าสู่โครงการได้จากการประมาณโดยอาศัยข้อมูล GIS ของ กฟภ.
3. กังหันลมและการติดตั้ง
4. การบำรุงรักษา
5. อุปกรณ์ทดแทน
6. การเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ระยะทางของสายจำหน่ายได้จากการประมาณโดยอาศัยข้อมูล GIS ของ กฟภ.

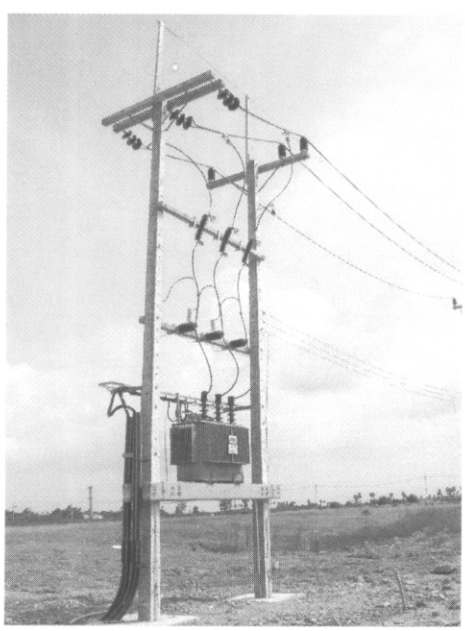
สำหรับต้นทุนการบำรุงรักษาระบบนั้นได้พิจารณาให้เป็นร้อยละของต้นทุนของกังหันลม ซึ่งโดยปกติมักจะพิจารณาให้มีค่าร้อยละ 2

ในโครงการวิจัยนี้ได้พิจารณาต้นทุนการซื้ออุปกรณ์ทดแทนเข้าไปในการวิเคราะห์ต้นทุน ด้วยเนื่องจากโครงการมีระยะเวลานาน ดังนั้นอุปกรณ์บางตัวอาจจะหมดอายุการใช้งานก่อนอายุโครงการ เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น

สำหรับต้นทุนการเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนั้นได้พิจารณาต้นทุนการเชื่อมต่อโดยวิเคราะห์จากการที่โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมหรือผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก (VSPP) ได้ทำการว่าจ้างการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในการดำเนินการทั้งหมดของการเชื่อมต่อ โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์สำหรับการเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย 33 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแสดงดังรูปที่ 3.109-3.110



รูปที่ 3.109 โรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 250 kW (พพ.)



รูปที่ 3.110 การเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

โดยมีต้นทุนดังต่อไปนี้

- สถานีไฟฟ้าย่อย (Substation)
- หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)
- ระบบสายจำหน่าย 33 kV (Distribution System) และการติดตั้ง โดยใช้สายจำหน่ายขนาด 50 mm^2 ราคาต่อกิโลเมตรเท่ากับ 880,000 บาท
- ค่าธรรมเนียมของ กฟภ. เช่น ค่าการตรวจสอบระบบจำหน่าย ค่าการตรวจสอบหม้อแปลง ค่าการตรวจสอบแท่นวางและแนวรั้ว ค่าธรรมเนียมหม้อแปลง และอื่นๆ
- การออกแบบระบบไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 1 ของมูลค่างาน

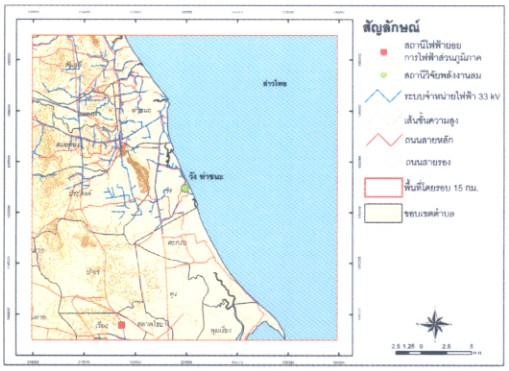
โดยในการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยจากพลังงานลมได้อาศัยข้อมูลและสมมุติฐานดังต่อไนปี้

1. อายุโครงการ 20 ปี
2. ราคากังหันลม 1,500 US$/kW 1,400 US$/kW 1,300 US$/kW 1,200 US$/kW
3. มูลค่าการติดตั้งกังหันลม (Installation) คิดเป็นร้อยละ 3 ของราคากังหันลม
4. การบำรุงรักษา (Maintenance) คิดเป็นร้อยละ 2 ของราคากังหันลม
5. มูลค่าซาก (Salvage) คิดเป็นร้อยละ 10
6. มูลค่าการรื้อถอน (Decommission) 1,000,000 บาท
7. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (Interest Rate) ร้อยละ 7.5 (MLR)
8. อัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate) ร้อยละ 2.5
9. อัตราคิดลด (Discount Rate) ร้อยละ 5
10. อัตราแลกเปลี่ยน 1 US$ = 34 บาท
11. TOU Peak = 2.9827 บาท/หน่วย (VSPP)
12. Ft ขายส่ง = 0.6632 บาท/หน่วย
13. ส่วนเพิ่ม (Adder) = 3.5 บาท/หน่วย
14. CDM = 6 US$/Ton

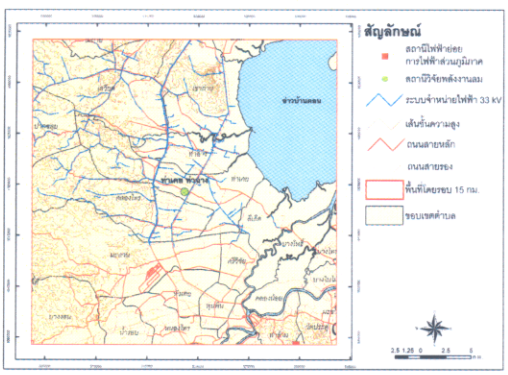
นอกจากนี้ยังได้จัดทำราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมของแต่ละสถานีและกังหันลมแต่ละขนาดโดยใช้ค่าแฟกเตอร์ F = 1.2011

3.5.3 การจัดทำแผนที่ระบบจำหน่ายและแนวถนนโดยใช้ ARC GIS 9.0

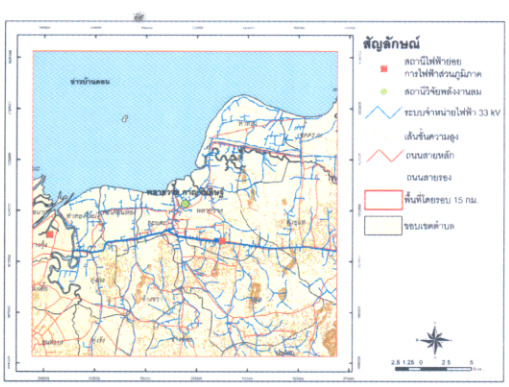
โครงการวิจัยนี้จึงได้จัดทำแผนที่ระบบจำหน่าย แนวถนนและสถานีย่อยสำหรับเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ต้นทุนด้านการติดตั้งและการเชื่อมต่อระบบของโครงการ โดยอาศัยข้อมูลดิจิตอลซึ่งพัฒนาโดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 (ภาคใต้) จังหวัดนครศรีธรรมราช และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 3 (ภาคใต้) จังหวัดยะลา และใช้โปรแกรม ARC GIS 9.0 สำหรับการจัดทำแผนที่โดยมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3.111-3.128



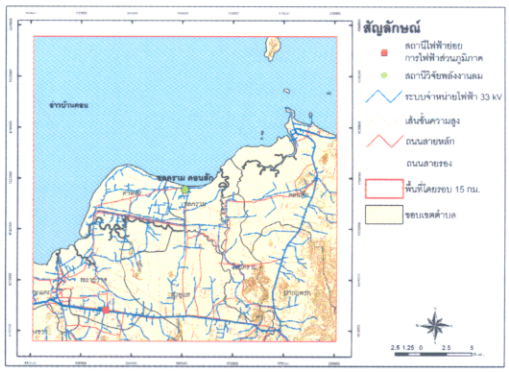
รูปที่ 3.111 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี



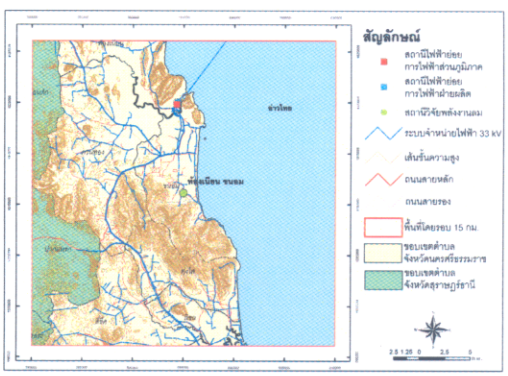
รูปที่ 3.112 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม ท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี



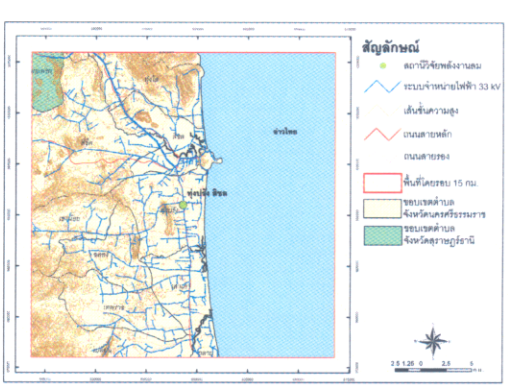
รูปที่ 3.113 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี



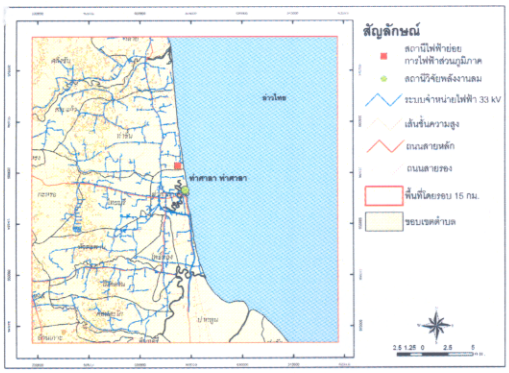
รูปที่ 3.114 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม ดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี



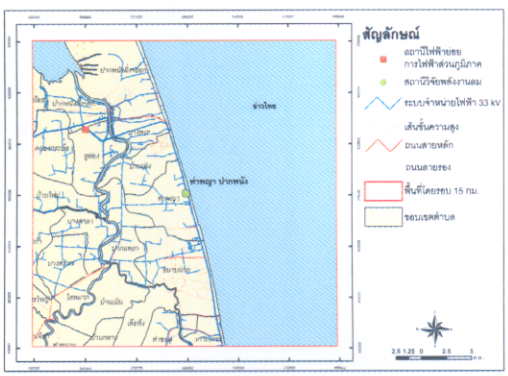
รูปที่ 3.115 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม ขนอม จ.นครศรีธรรมราช



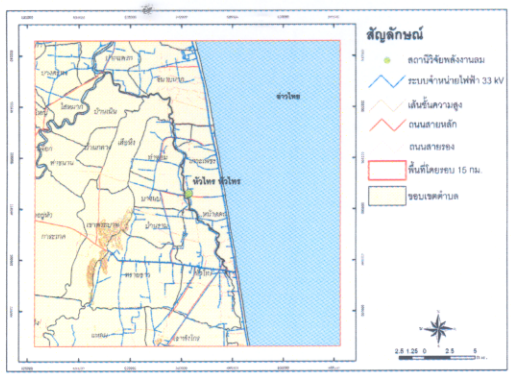
รูปที่ 3.116 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม สิชล จ.นครศรีธรรมราช



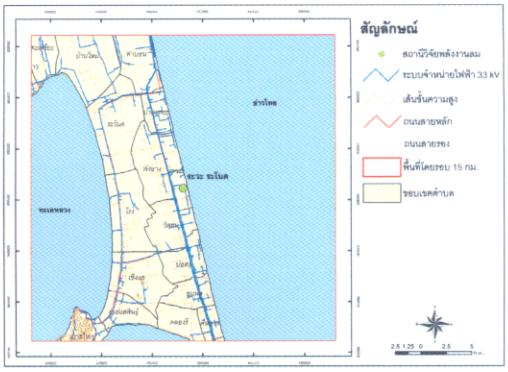
รูปที่ 3.117 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช



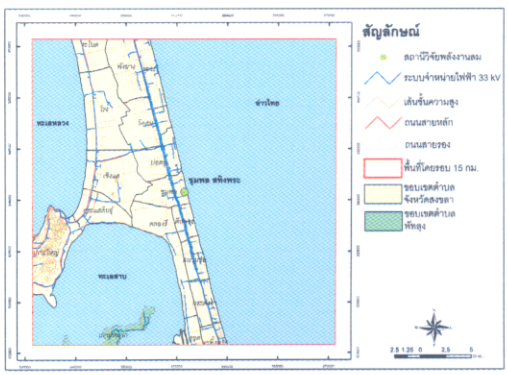
รูปที่ 3.118 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช



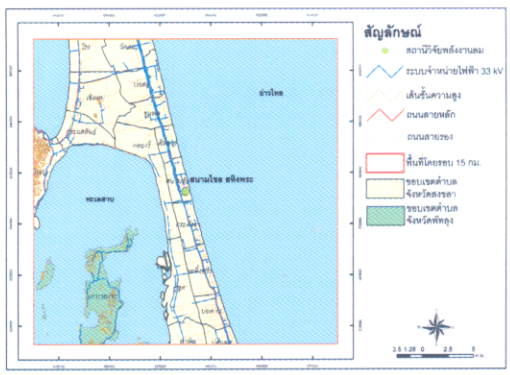
รูปที่ 3.119 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช



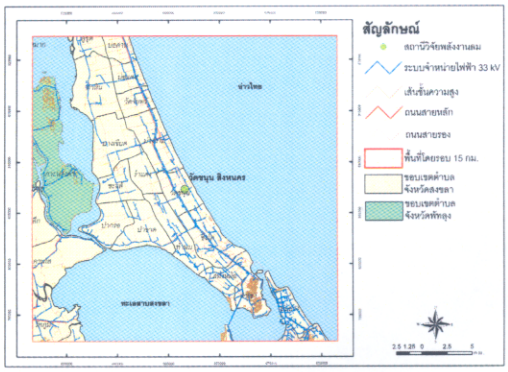
รูปที่ 3.120 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม ระโนด จ.สงขลา



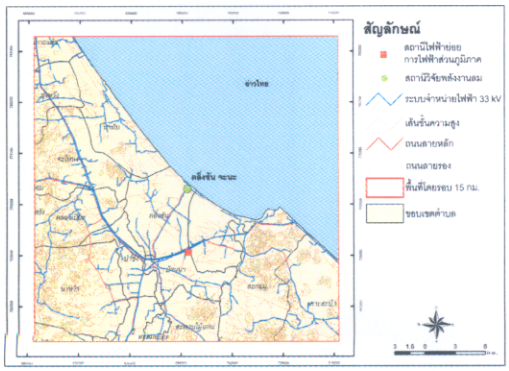
รูปที่ 3.121 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม สทิงพระ จ.สงขลา



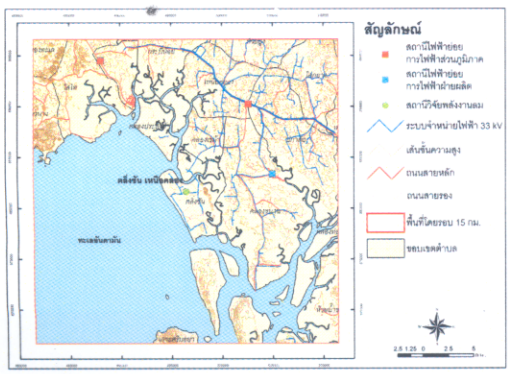
รูปที่ 3.122 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม สทิงพระ2 จ.สงขลา



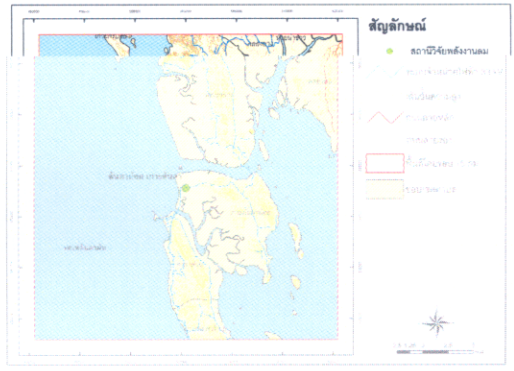
รูปที่ 3.123 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม สิงหนคร จ.สงขลา



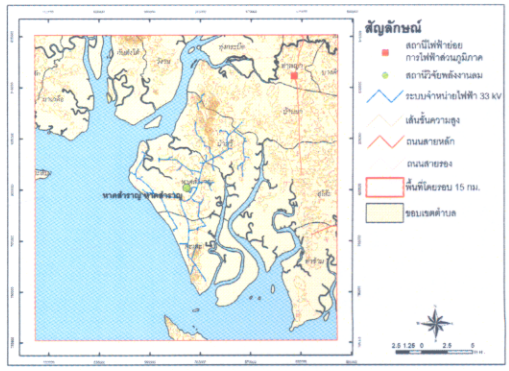
รูปที่ 3.124 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม จะนะ จ.สงขลา



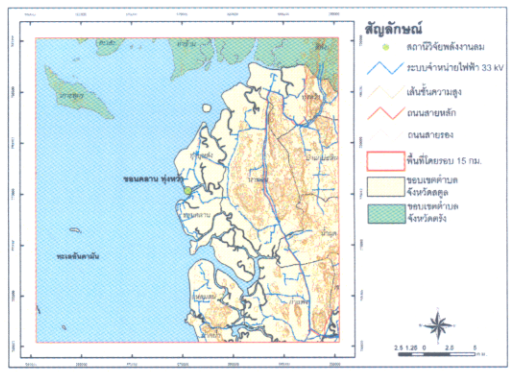
รูปที่ 3.125 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม เหนือคลอง จ.กระบี่



รูปที่ 3.126 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม เกาะลันตา จ.กระบี่



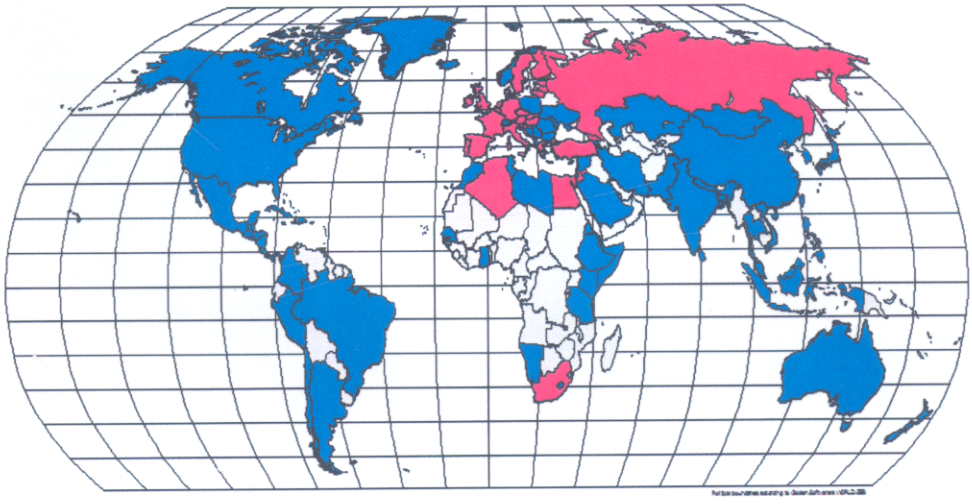
รูปที่ 3.127 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม หาดสำราญ จ.ตรัง



รูปที่ 3.128 แผนที่แนวถนนและระบบจำหน่าย สถานีวิจัยพลังงานลม ทุ่งหว้า จ.สตูล

3.6 การวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0

ในการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป *WAsP*: The Wind Atlas Analysis and Application Program ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการทำนายภูมิอากาศของลม (Wind Climate) และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมหรือฟาร์มกังหันลม การทำนายดังกล่าวอาศัยพื้นฐานของข้อมูลลมที่วัดจากสถานีวิจัยพลังงานลมจากแต่ละสถานี โดยในโปรแกรมประกอบไปด้วยแบบจำลองการไหลของอากาศผ่านลักษณะภูมิประเทศที่มีความสลับซับซ้อน (Complex Terrain Flow Model) แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงความขรุขระ (Roughness Change Model) และแบบจำลองของสิ่งกีดขวาง (Model for Sheltering Obstacles) ปัจจุบันโปรแกรม *WAsP* ได้ถูกพัฒนาจนถึงเวอร์ชั่น 9.0 และมีการเปิดตัวเมื่อกลางปี พ.ศ. 2550 ในการประชุมทางวิชาการ European Wind Energy Conference 2007 (EWEC2007) ที่กรุงมิลาน ประเทศอิตาลี



รูปที่ 3.129 สีแดงแสดงประเทศที่ได้ใช้ *WAsP* จัดทำแผนที่ลมระดับประเทศ สีน้ำเงินแสดงประเทศที่ใช้ *WAsP* วิเคราะห์ข้อมูลในระดับท้องถิ่น

WAsP ถูกพัฒนาและเผยแพร่โดย The Wind Energy Department ซึ่งตั้งอยู่ที่ Risø National Laboratory ประเทศเดนมาร์ก ปัจจุบันมีผู้ใช้โปรแกรมดังกล่าวประมาณ 1,900 Users ใน 100 กว่าประเทศ โดยส่วนใหญ่ใช้สำหรับกิจกรรมดังต่อไปนี้

- การติดตั้งฟาร์มกังหันลม (Wind Farm Production)
- การหาประสิทธิภาพของฟาร์มกังหันลม (Wind Farm Efficiency)
- การหาทำเลสำหรับการติดตั้งกังหันลมเฉพาะพื้นที่ (Micrositing of Wind Turbines)
- การคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (Power Production Calculation)

- การจัดทำแหล่งพลังงานลม (Wind Resource Mapping)
- การประมาณภูมิอากาศของลม (Wind Climate Estimation)
- การสร้างแผนที่ของลม (Wind Atlas Generation)
- การวิเคราะห์ข้อมูลลม (Wind Data Analysis)

โดยมีการใช้งาน *WAsP* มานานกว่า 20 ปี สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม และ *WAsP* ได้กลายเป็นซอฟท์แวร์มาตรฐานที่อาศัยคอมพิวเตอร์สำหรับการประเมินแหล่งพลังงานลมและการประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม

3.6.1 ระเบียบวิธีแผนที่ลม (The Wind Atlas Methodology)

WAsP เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการประมาณค่านอกช่วงของข้อมูลทางสถิติของภูมิอากาศของลมทั้งในแนวตั้งและในแนวดิ่ง โดยในตัวโปรแกรมประกอบไปด้วยแบบจำลองทางกายภาพ (Physical Models) สำหรับการอธิบายพฤติกรรมการไหลของลมเหนือภูมิประเทศที่มีลักษณะแตกต่างกันโดยมีระเบียบวิธีสรุปได้ดังนี้

การวิเคราะห์ (Analysis)

- อนุกรมเวลาของอัตราเร็วลมและทิศทางซึ่งมีชื่อเรียกว่า Observed Wind Climate (OWC)
- Observed Wind Climate + Site Description → Regional Wind Climate (Wind Atlas Data Set)

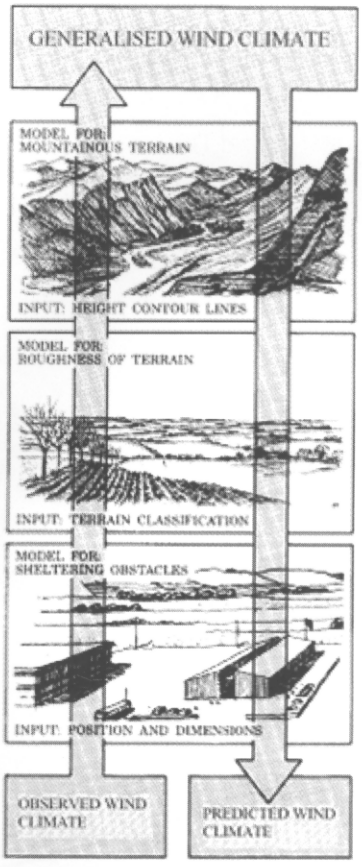
การประยุกต์ใช้ (Application)

- Regional Wind Climate + Site Description → Predicted Wind Climate (PWC)
- Predicted Wind Climate + Power Curve → Annual Energy Production (AEP)

การติดตั้งฟาร์มกังหันลม (Wind Farm Production)

- Predicted Wind Climate + WTG Characteristics + Wind Farm Layout → Wind Farm Wake Losses
- Annual Energy Productions + Wake Loss → Net Annual Energy Production of Entire Wind Farm

The central point in the wind transformation model of WAsP – the so-called Wind Atlas Methodology – is the concept of a *Regional* or *Generalized Wind Climate,* or *Wind Atlas*. This *Regional Wind Climate* (RWC) is the hypothetical wind climate for an ideal, featureless and completely flat terrain with a uniform surface roughness, assuming the same overall atmospheric conditions as those of the measuring position.



To deduce the wind climate at a location of interest from the regional wind climate, a **flow model** is used, to introduce the effect of the different terrain features:

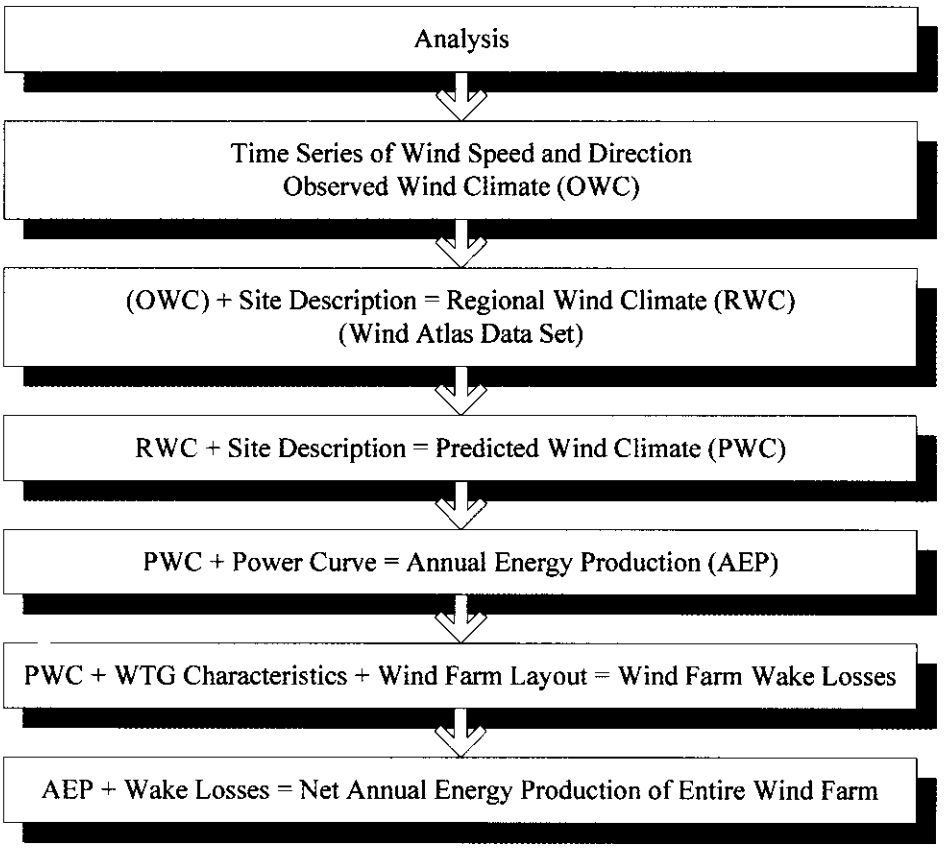
* terrain height variations
* terrain roughness
* sheltering obstacles

The concept of the Regional Wind Climate links the wind data from a measuring mast to the predicted wind climate and wind resources at locations of interest, typically a candidate site for a wind turbine or a wind farm.

รูปที่ 3.130 แนวความคิดในการประมาณภูมิอากาศของลม

3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลลม (Wind Data Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลลมเป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series) ของการตรวจวัดลม เพื่อแสดงข้อมูลทางสถิติของข้อมูลลมที่ได้จากการตรวจวัด ณ สถานีนั้นๆ โดยผลการวิเคราะห์จะอยู่ในรูปของภูมิอากาศลม (Observed Wind Climate, OWC) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะแสดงการกระจายทิศทางของลมในรูปของผังลม (Wind Rose) และการกระจายตัวของลมในแต่ละส่วน (Sector-Wise Wind Speed Distribution) ซึ่งการกระจายดังกล่าวจะเป็นข้อมูลอินพุททางอุตุนิยมวิทยาสำหรับโปรแกรม *WAsP* ต่อไป



รูปที่ 3.131 ระเบียบวิธีในการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม

3.6.3 การประมาณภูมิอากาศของลม (Wind Climate Estimation)

โดยการใช้ข้อมูลภูมิอากาศลมท้องถิ่น (Region Wind Climate) ซึ่งคำนวณโดยโปรแกรม *WAsP* 9.0 และใช้ข้อมูลลักษณะของภูมิประเทศของสถานีตรวจวัดลมก็จะทำให้สามารถทำนายภูมิอากาศลมได้ โดยมักจะแสดงอยู่ในรูปของผังลม (Wind Rose) และการกระจายความถี่ โดย *WAsP* 9.0 จะทำการคำนวณข้อมูลดังต่อไปนี้

- ความถี่ของอัตราเร็วลมที่เกิดขึ้น (Frequency of Occurrence)
- ค่าไวบุลล์ A (Weibull-A) และค่าไวบุลล์ k (Weibull-k)
- อัตราเร็วลมเฉลี่ย (Mean Wind Speed)
- ความหนาแน่นกำลังเฉลี่ย (Mean Power Density)
- พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (Annual Energy Production)
- Wake Loss ในกรณีของฟาร์มกังหันลม

3.6.4 การจัดทำแผนที่แหล่งพลังงานลม (Wind Resource Mapping)

Resource Grids จะช่วยจัดการเกี่ยวกับการกำหนดสี่เหลี่ยมสำหรับการคำนวณภูมิอากาศของลม โดยมีจุดอยู่ในตำแหน่งของแถวและสดมภ์สำหรับการระบุตำแหน่งและระยะห่างระหว่างจุด จุดแต่ละจุดจะแทนตำแหน่งของกังหันลมโดยมีระดับความสูงเหนือพื้นดิน (Above Ground Level, a.g.l.) ที่เท่ากัน หลังจากระบุตำแหน่งของกังหันลมเข้าไปในกริดแล้ว *WAsP* 9.0 จะทำการคำนวณข้อมูลดังต่อไปนี้

- ความสูง (Elevation)
- อัตราเร็วลมเฉลี่ย (Mean Wind Speed)
- ความหนาแน่นกำลังเฉลี่ย (Mean Power Density)
- พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (Annual Energy Production)
- ค่าไวบุลล์ A (Weibull-A) และค่าไวบุลล์ k (Weibull-k)
- ดัชนีความขรุขระ (Roughness Index, RIX)

3.6.5 การประมาณค่าศักยภาพของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (Estimation of Wind Power Potential)

ในการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมจำเป็นต้องพิจารณากังหันลมซึ่งความแตกต่างของกังหันลมและขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตสูงสุด (Rated Power) คุณลักษณะของกังหันลม (Characteristics) ซึ่งมักจะพิจารณากันในรูปของเส้นโค้งกำลัง (Power Curve) โดยเส้นโค้งกำลังจะแสดงค่าอัตราเร็วลมต่ำสุดที่ทำให้กังหันลมทำงาน (Cut-In Wind Speed) และอัตราเร็วลมสูงสุดที่กังหันลมสามารถทำงานได้ภายใต้สภาวะดังกล่าว (Cut-Off Wind Speed)

โดยลักษณะของเส้นโค้งกำลังที่อยู่ระหว่างอัตราเร็วลมต่ำสุดและอัตราเร็วลมสูงสุดจะมีลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการออกแบบ กังหันลมรุ่นต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมมีดังนี้ รุ่น NEG-Micon48 ขนาด 750 kW รุ่น Bonus ขนาด 1 MW รุ่น Vestas V63 ขนาด 1.5 MW และรุ่น Vestas V80 ขนาด 2.0 MW ซึ่งมีรายละเอียดในบทที่ 2

โปรแกรม *WAsP* 9.0 จะทำการคำนวณปริมาณพลังงานทั้งหมด (Total Energy Content) ของอัตราเร็วลมเฉลี่ย (Mean Wind Speed) นอกจากนั้น *WAsP* 9.0 จะทำการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เฉลี่ยรายปี (Mean Annual Energy Production, AEP) จากกังหันลมในฐานข้อมูลไลบรารี่ของโปรแกรมซึ่งจะอาศัยเส้นโค้งกำลังของกังหันลม และถ้ามีการติดตั้งกังหันลมใกล้ๆ กันหลายๆ ตัวเป็นฟาร์มกังหันลม ซึ่งกังหันลมแต่ละตัวจะมีปฏิกิริยาซึ่งกันและกันส่งผลให้ปริมาณไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยรายปีที่ผลิตได้จากฟาร์มกังหันลมมีค่าน้อยกว่าผลรวมของค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยรายปีที่ผลิตได้จากกังหันลมแต่ละตัวซึ่งเป็นอิทธิพลของเวก (Wake Effect) หรือการสูญเสียของเวก (Wake Loss) นั่นเอง

บทที่ 4
ผลและอภิปราย

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 จะแสดงอยู่ในรูปของแผนที่สำหรับแสดงปริมาณต่างๆ และการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่ อย่างไรก็ตามข้อมูลลมที่ได้จากการตรวจวัดระยะยาว 4-6 เดือน ขึ้นอยู่กับแต่ละสถานีได้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนสำหรับการคำนวณหาสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลม (Wind Shear Coefficient) เพื่อการประมาณค่านอกช่วง (Extrapolation) ไปยังความสูงของศูนย์กลางส่วนหมุน (Hub) ของกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ 0.75 MW 1.0 MW 1.5 MW และ 2.0 MW ซึ่งมีความสูงของหอคอย (Tower) เท่ากับ 45 m 50 m 60 m และ 67 m ตามลำดับ ในการประมาณค่านอกช่วงได้อาศัยกฎลอการิธึม (Logarithmic Law) สำหรับหาค่าอัตราเร็วของลมที่ระดับความสูงดังกล่าว

ผลการวิเคราะห์จะแสดงตามลำดับเริ่มจากการแจกแจงไวบุลล์และผังลมรายเดือนของข้อมูลลมรวมช่วงลมสงบและไม่รวมช่วงลมสงบ ข้อมูลสถิติระยะยาว (OWC) ของแต่ละสถานีที่ระดับความสูง 45 m 50 m 60 m และ 67 m หลังจากนั้นจะเป็นการแสดงผลการประมวลโดย *WAsP* 9.0 ซึ่งแสดงผลอยู่ในรูปของแผนที่ ดังนี้ แผนที่ระดับความสูง แผนที่ดัชนีความขรุขระ แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย แผนที่ความหนาแน่นกำลังของลม แผนที่ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (AEP) และในส่วนหลังเป็นการอภิปรายเกี่ยวกับ AEP ของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า 4 ขนาด ณ สถานีวิจัยพลังงานลมและการติดตั้งกังหันลมและฟาร์มกังหันลมในพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงหรือแหล่งลมดีรวมทั้งอภิปรายเกี่ยวกับต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้และการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลม

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติขั้นสูงของข้อมูลลมมีแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล 2 แนวทาง แนวทางแรกคือการแจงแจงความถี่ซึ่งมักจะใช้การแจกแจงไวบุลล์เพื่อการหาค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ย โดยในการแจกแจงไวบุลล์จะแสดงพารามิเตอร์ 2 ตัว ได้แก่ พารามิเตอร์ k ซึ่งเป็นพารามิเตอร์แสดงรูปร่างและ พารามิเตอร์ A ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สเกล ซึ่งพารามิเตอร์ทั้งสองจะถูกใช้ในการหาค่าอัตราเร็วเฉลี่ยนั่นเอง และนำไปคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ แนวทางที่สองคือการใช้อนุกรมเวลาสำหรับการประมาณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลม สำหรับโครงการวิจัยนี้เลือกใช้แนวทางแรกสำหรับการวิเคราะห์ผล

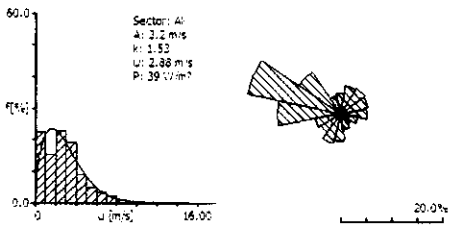
4.1 การกระจายไวบุลล์และผังลมรายเดือน (Monthly Weibull Distribution and Wind Rose)

ในการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติของอัตราเร็วและทิศทางของลมนั้นได้อาศัยโปรแกรม *WAsP* 9.0 สำหรับสร้างการกระจายแบบไวบุลล์ (Weibull Distribution) โดยการนำข้อมูลสถิติของอัตราเร็วและทิศทางของลมมาทำการสร้างไฟล์ OWC โดยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ซึ่งข้อมูลสถิติดังกล่าวเป็นข้อมูลลมรวมช่วงลมสงบและไม่รวมช่วงลมสงบรายเดือนแยกตามสถานี ซึ่งเมื่อทำการสร้างไฟล์ OWC แล้วจะได้การกระจายแบบไวบุลล์และผังลม (Wind Rose)

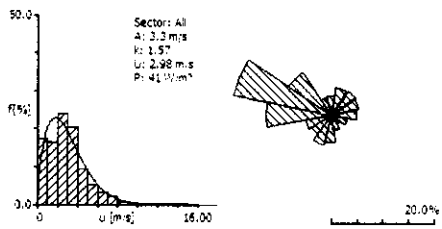
เมื่อพิจารณาลักษณะของการกระจายแบบไวบุลล์ซึ่งมีพารามิเตอร์อยู่ 2 ตัว ได้แก่ k-shape และ A scale โดยที่ k shape จะเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงลักษณะของรูปร่างของการกระจายของไวบุลล์ ส่วน A scale จะเป็นพารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กับค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ย โดยที่ค่า A scale ยิ่งมากค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยยิ่งมากตาม นอกจากนี้เมื่อดำเนินการสร้างไฟล์ OWC ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 แล้ว โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ย (Mean Speed: U) หน่วย m/s และค่าความหนาแน่นกำลังของลม (Power Density: P) หน่วย W/m^2

สำหรับการสร้างผังลมก็เช่นเดียวกัน โดยการอาศัยโปรแกรม *WAsP* 9.0 โดยทำการเลือกส่วน (Sector) ของผังลม สำหรับโครงการวิจัยนี้ได้สร้างผังลมรายเดือนของข้อมูลลมรวมและไม่รวมลมสงบขนาด 16 ส่วน

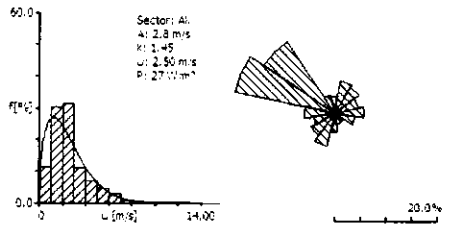
ผลการสร้างไฟล์ OWC ของข้อมูลสถิติของสถานีวิจัยพลังงานลมทั้ง 18 สถานีแสดงดังรูปที่ 4.1-4.54 โดยการแจงแจงแบบไวบุลล์และผังลมรายเดือนของข้อมูลลมรวมและไม่รวมลมสงบของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m แสดงดังรูปที่ 4.1-4.3 สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง แสดงดังรูปที่ 4.4-4.6 สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ แสดงดังรูปที่ 4.7-4.9 สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก แสดงดังรูปที่ 4.10-4.12 สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม แสดงดังรูปที่ 4.13-4.15 สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล แสดงดังรูปที่ 4.16-4.18 สถานีวิจัยพลังงานลมท้าศาลา แสดงดังรูปที่ 4.19-4.21 สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง แสดงดังรูปที่ 4.22-4.24 สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร แสดงดังรูปที่ 4.25-4.27 สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด แสดงดังรูปที่ 4.28-4.30 สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 แสดงดังรูปที่ 4.31-4.33 สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 แสดงดังรูปที่ 4.34-4.36 สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร แสดงดังรูปที่ 4.37-4.39 สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ แสดงดังรูปที่ 4.40-4.42 สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลองแสดงดังรูปที่ 4.43-4.45 สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา แสดงดังรูปที่ 4.46-4.48 สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ แสดงดังรูปที่ 4.49-4.51 สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า แสดงดังรูปที่ 4.52-4.54 และการแจกแจงไวบุลล์ของข้อมูลสถิติลมระยะยาวของแต่ละสถานีแสดงดังรูปที่ 4.55-4.72



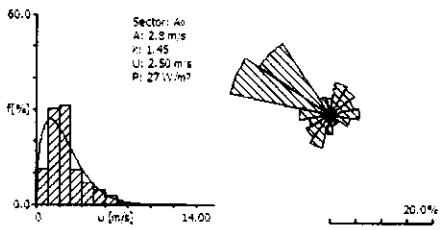
กันยายน รวมลมสงบ



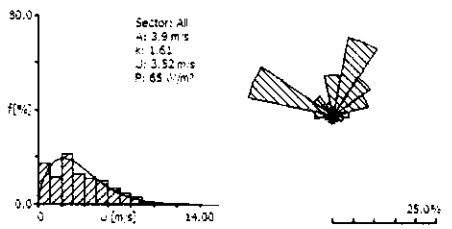
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



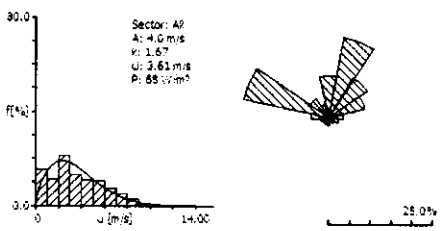
ตุลาคม รวมลมสงบ



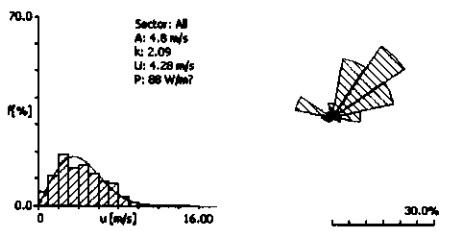
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



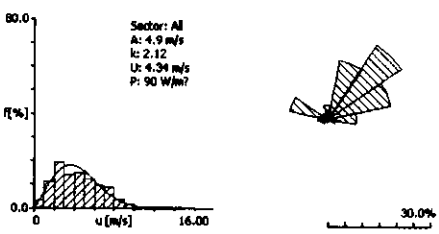
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



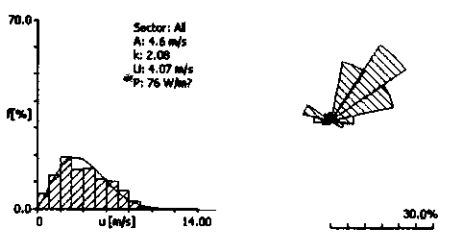
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



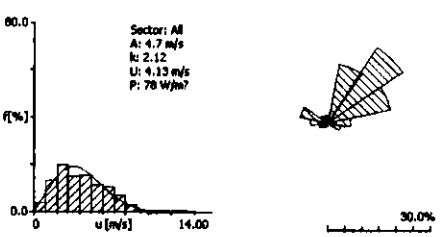
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

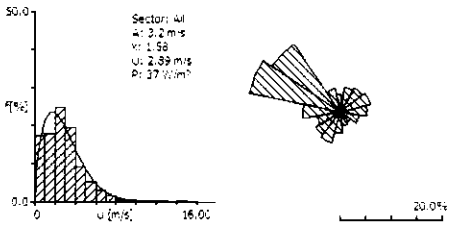


มกราคม รวมลมสงบ

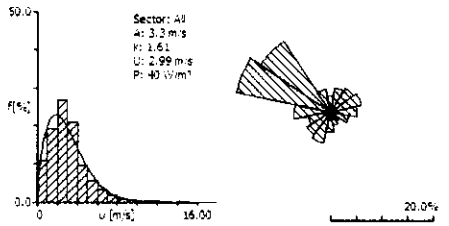


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

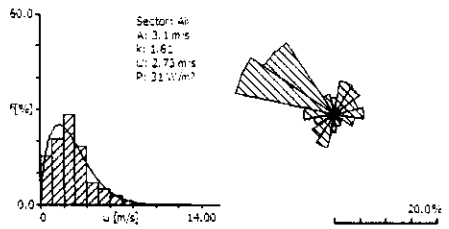
รูปที่ 4.1 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี



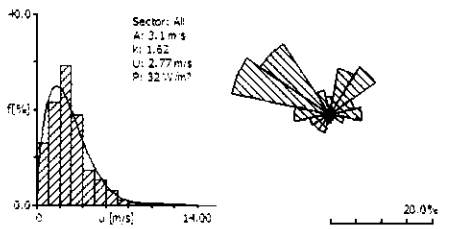
กันยายน รวมลมสงบ



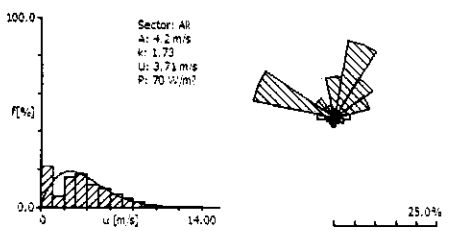
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



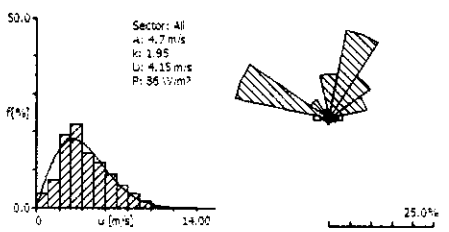
ตุลาคม รวมลมสงบ



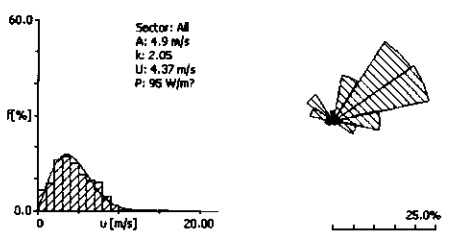
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



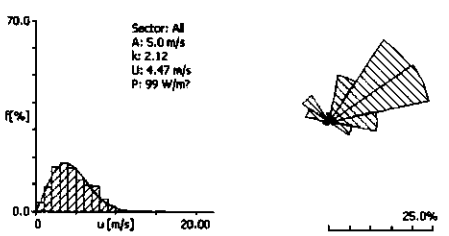
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



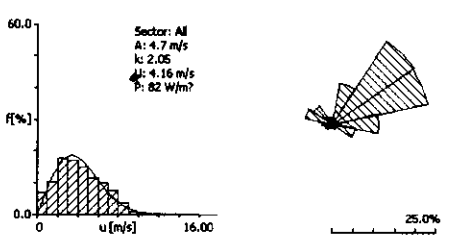
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



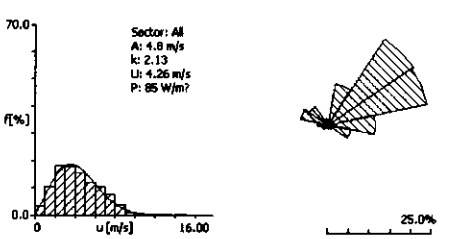
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

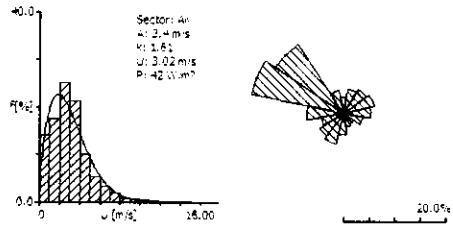


มกราคม รวมลมสงบ

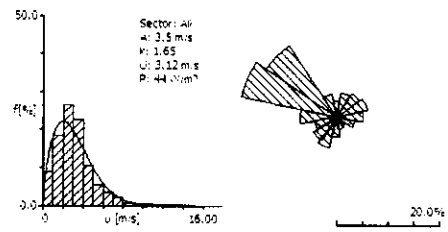


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

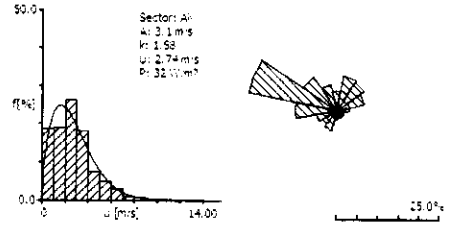
รูปที่ 4.2 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี



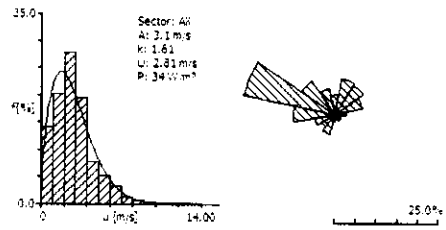
กันยายน รวมลมสงบ



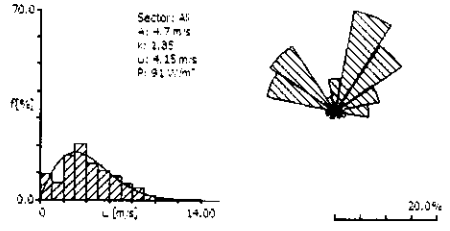
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



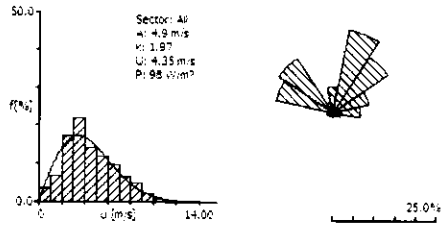
ตุลาคม รวมลมสงบ



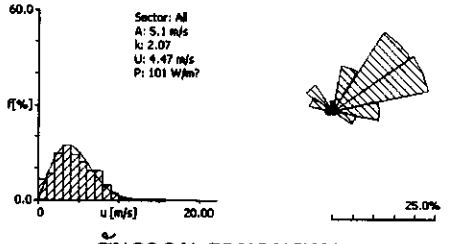
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



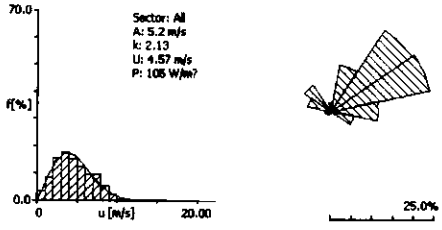
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



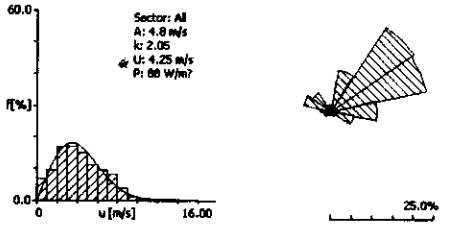
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



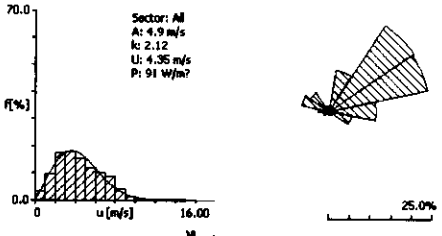
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

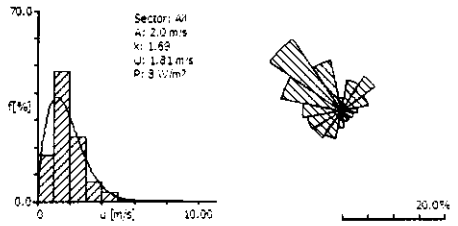


มกราคม รวมลมสงบ

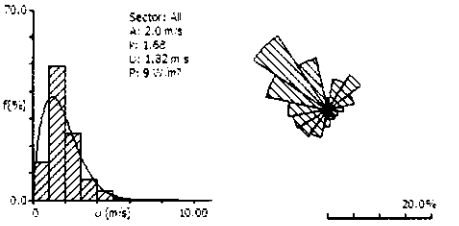


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

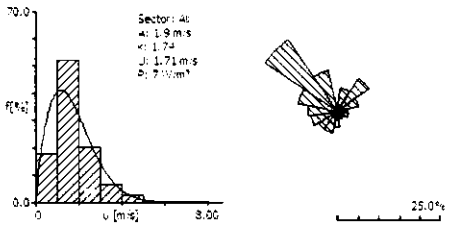
รูปที่ 4.3 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี



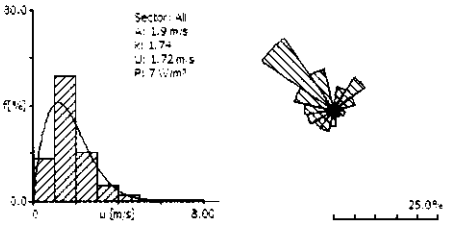
กันยายน รวมลมสงบ



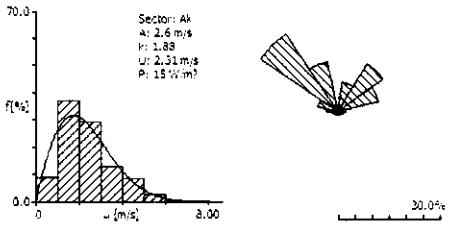
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



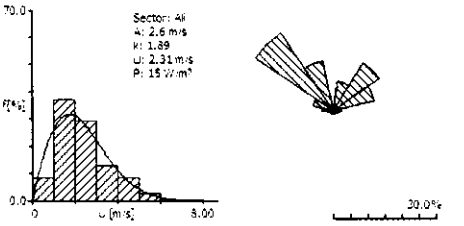
ตุลาคม รวมลมสงบ



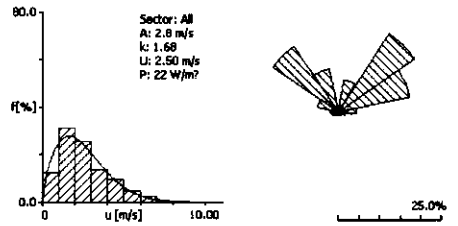
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



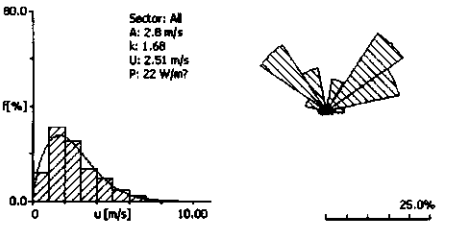
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



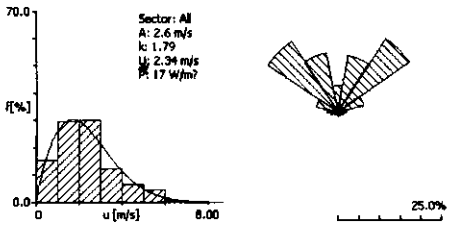
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



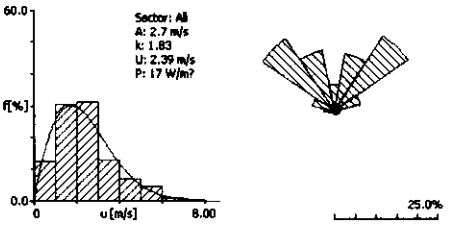
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

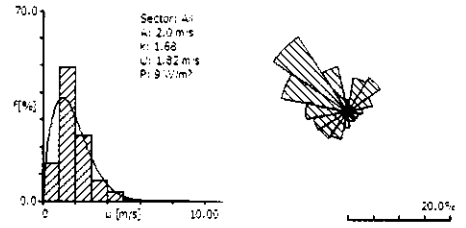


มกราคม รวมลมสงบ

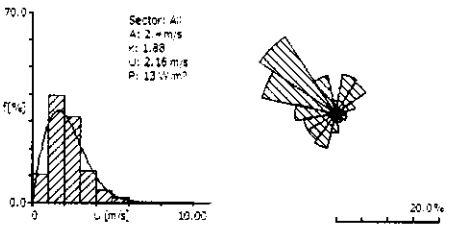


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

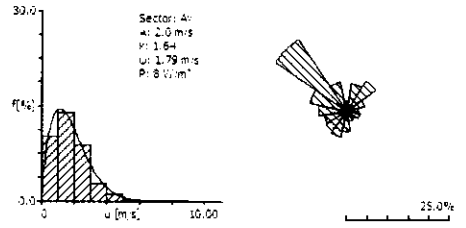
รูปที่ 4.4 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี



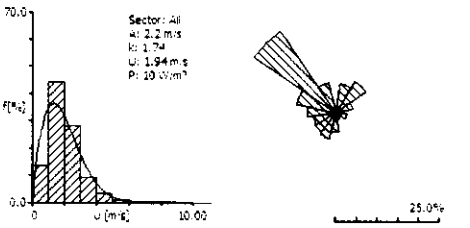
กันยายน รวมลมสงบ



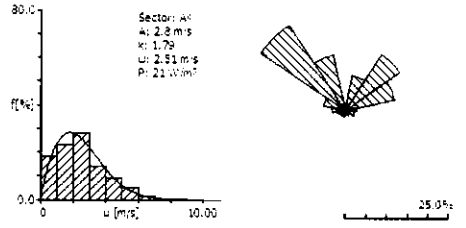
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



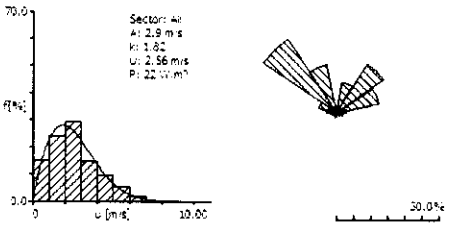
ตุลาคม รวมลมสงบ



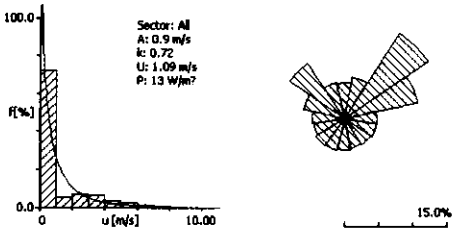
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



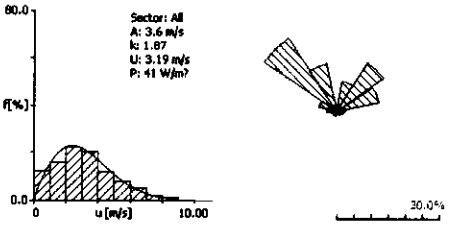
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



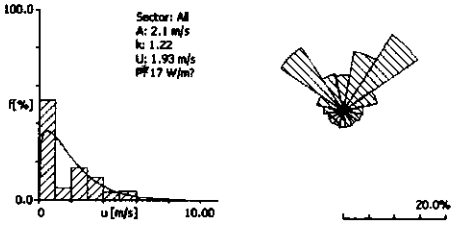
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



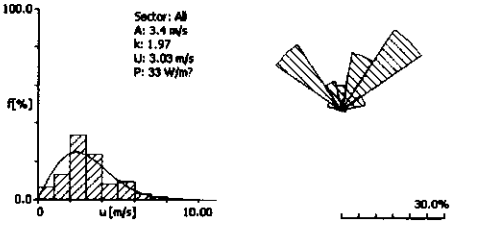
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

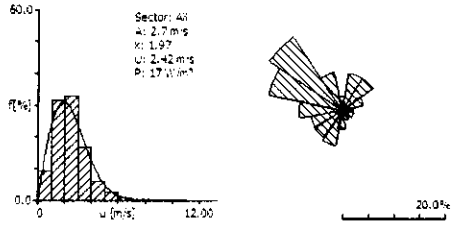


มกราคม รวมลมสงบ

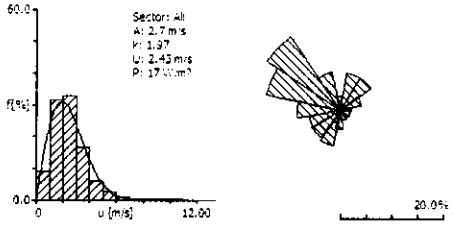


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

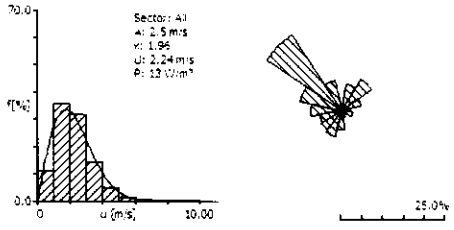
รูปที่ 4.5 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี



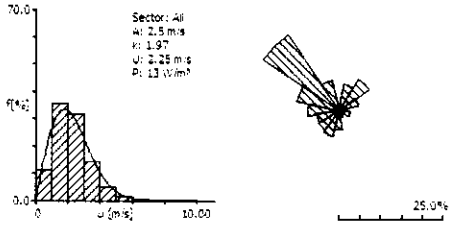
กันยายน รวมลมสงบ



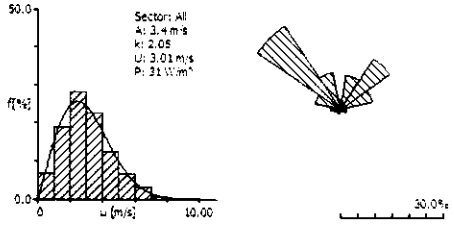
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



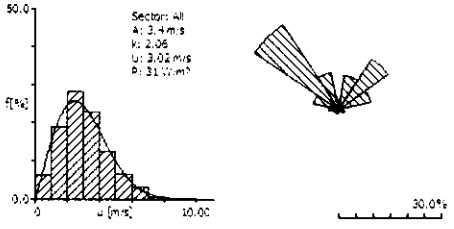
ตุลาคม รวมลมสงบ



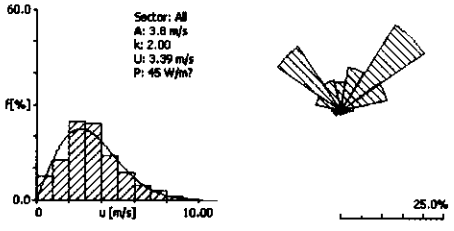
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



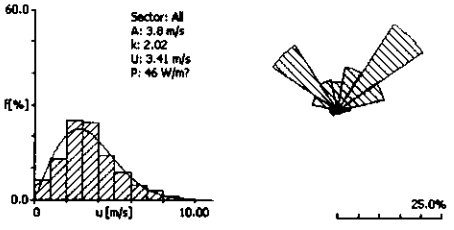
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



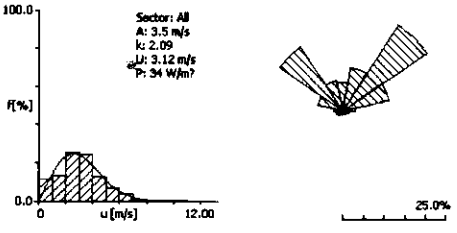
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



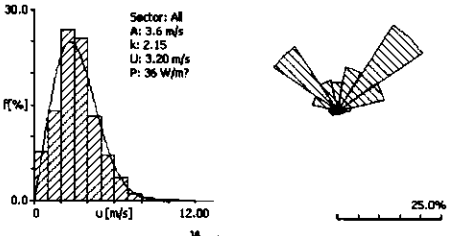
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

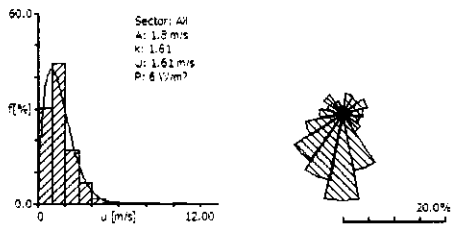


มกราคม รวมลมสงบ

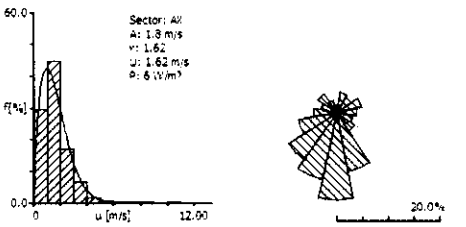


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

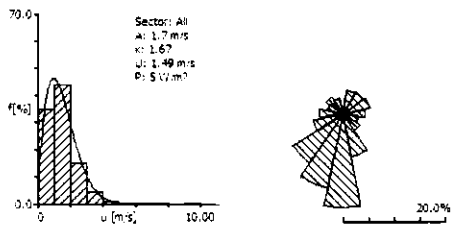
รูปที่ 4.6 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี



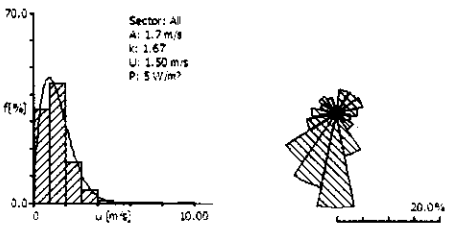
กันยายน รวมลมสงบ



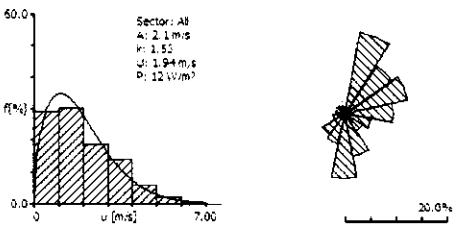
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



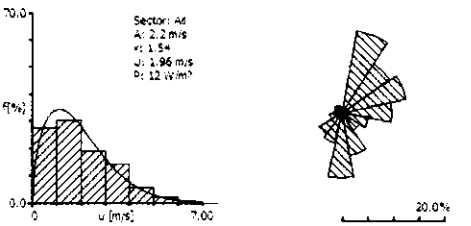
ตุลาคม รวมลมสงบ



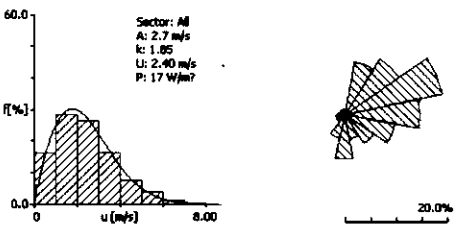
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



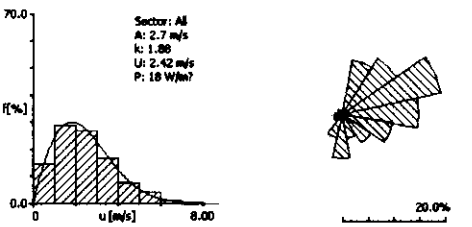
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



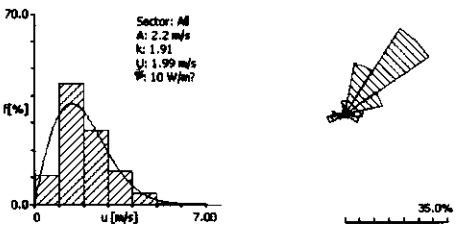
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



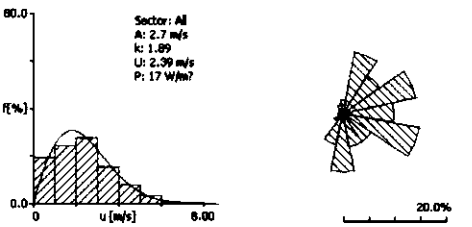
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

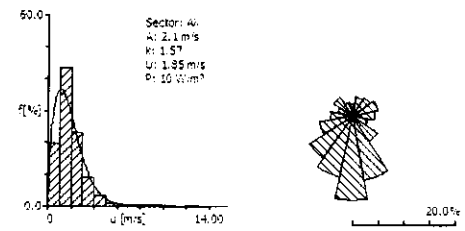


มกราคม รวมลมสงบ

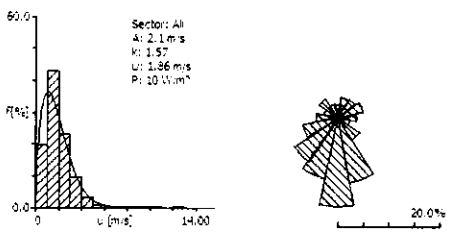


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

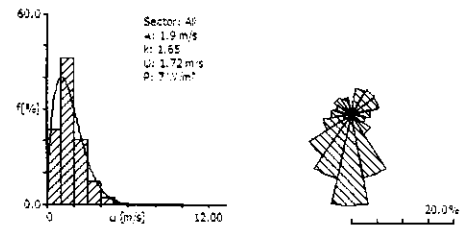
รูปที่ 4.7 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี



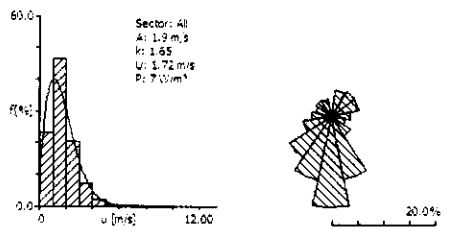
กันยายน รวมลมสงบ



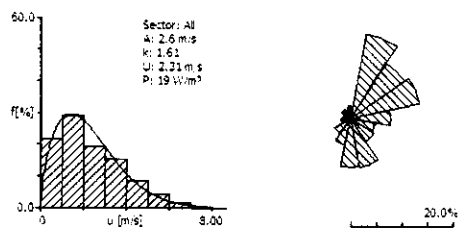
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



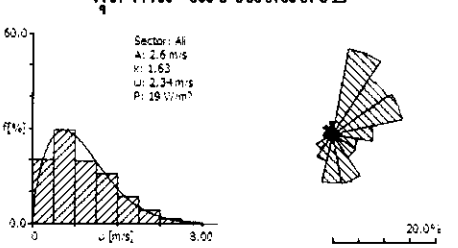
ตุลาคม รวมลมสงบ



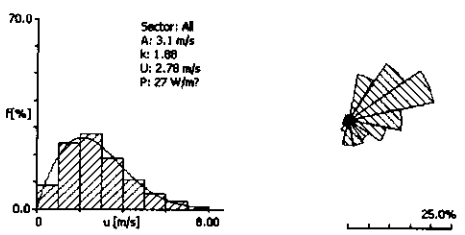
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



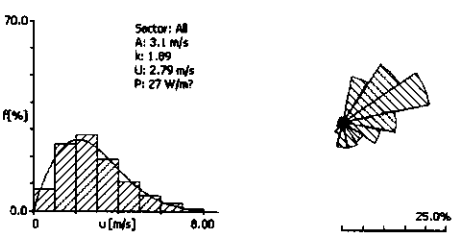
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



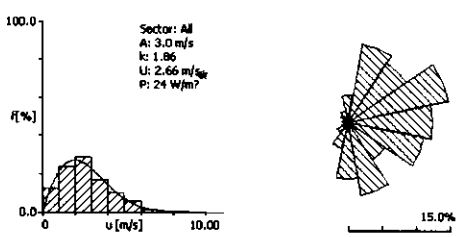
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



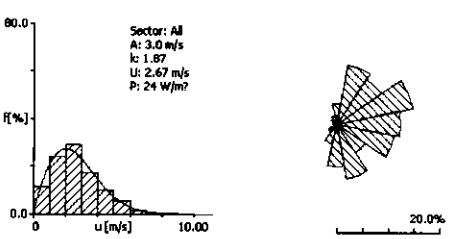
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

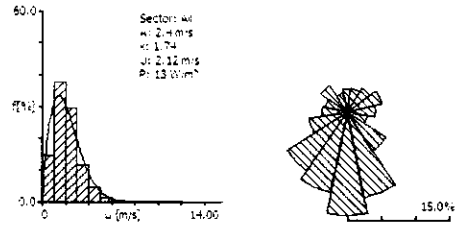


มกราคม รวมลมสงบ

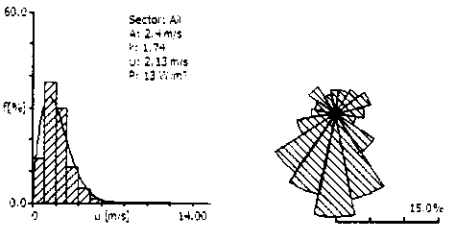


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

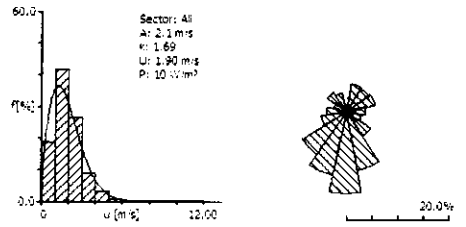
รูปที่ 4.8 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี



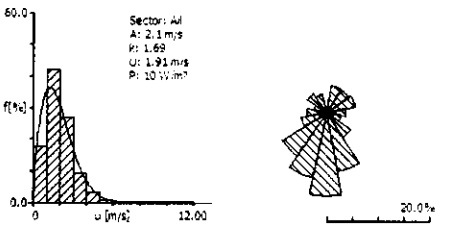
กันยายน รวมลมสงบ



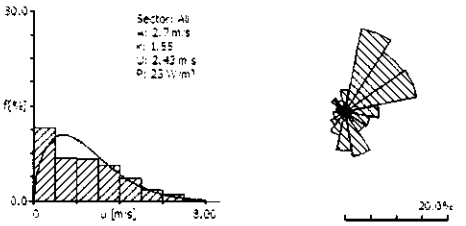
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



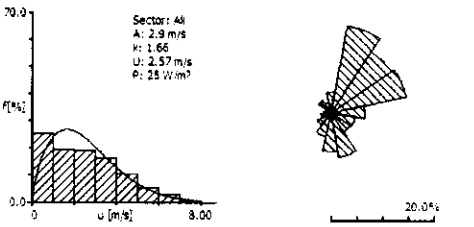
ตุลาคม รวมลมสงบ



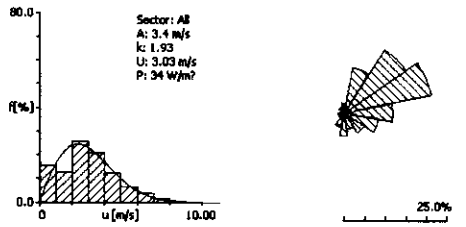
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



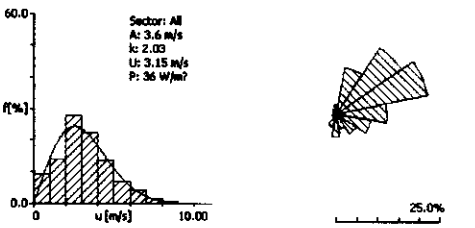
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



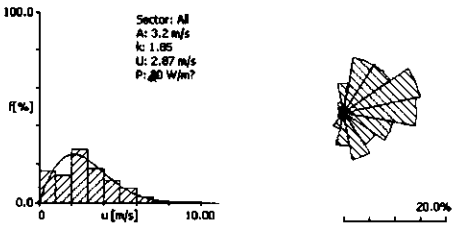
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



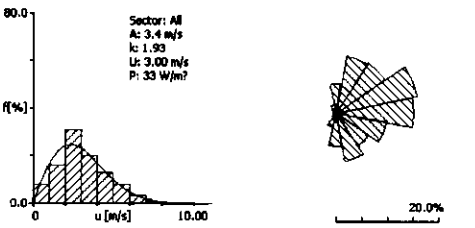
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

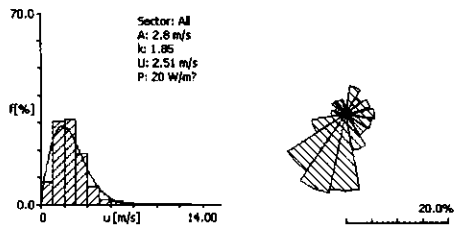


มกราคม รวมลมสงบ

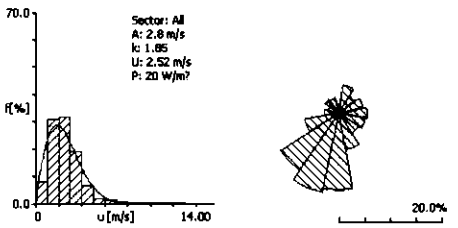


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

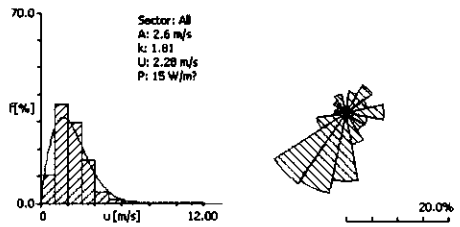
รูปที่ 4.9 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m
สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี



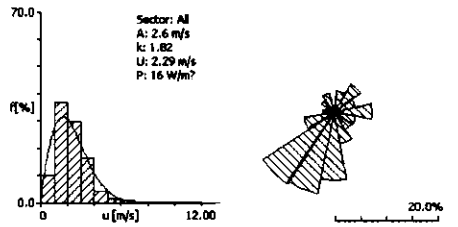
กันยายน รวมลมสงบ



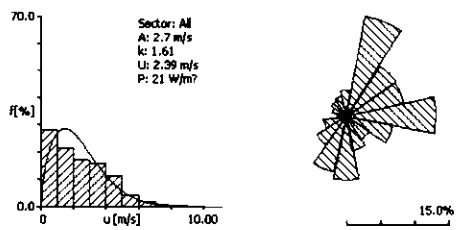
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



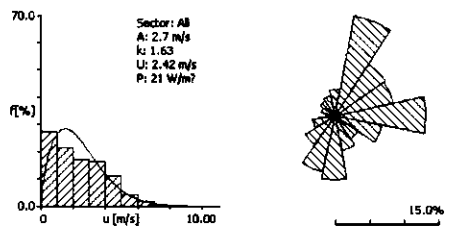
ตุลาคม รวมลมสงบ



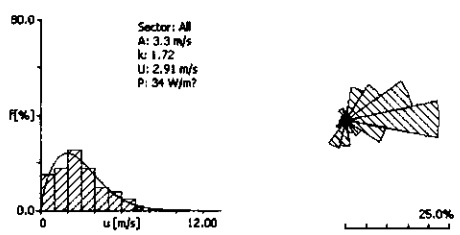
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



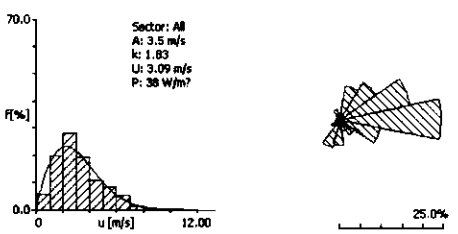
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



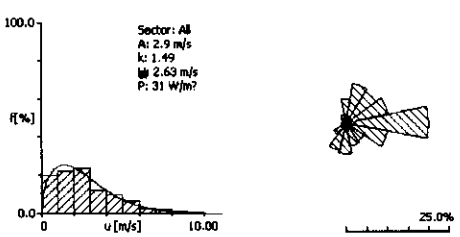
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



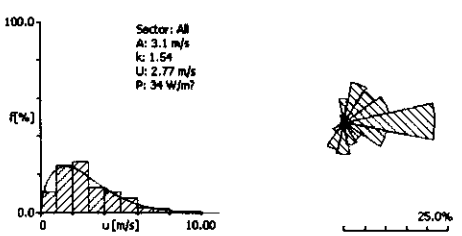
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

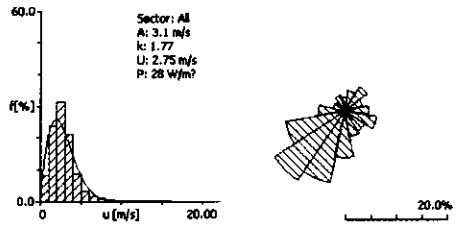


มกราคม รวมลมสงบ

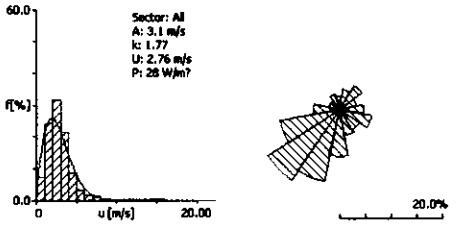


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

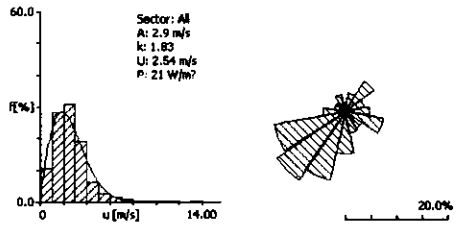
รูปที่ 4.10 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี



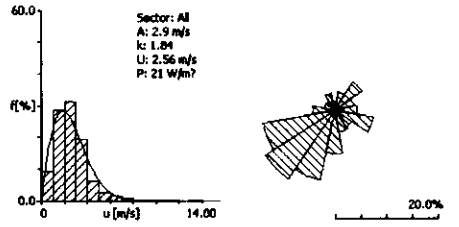
กันยายน รวมลมสงบ



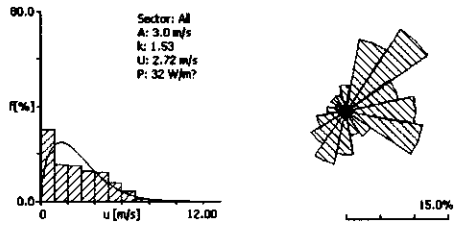
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



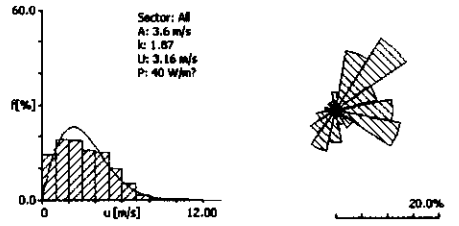
ตุลาคม รวมลมสงบ



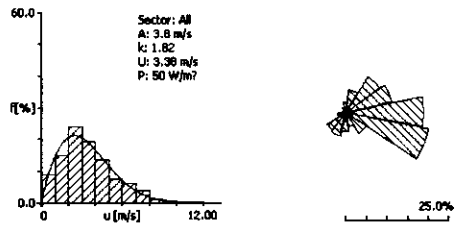
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



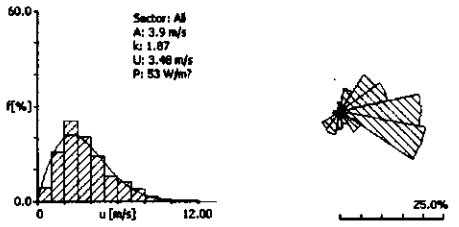
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



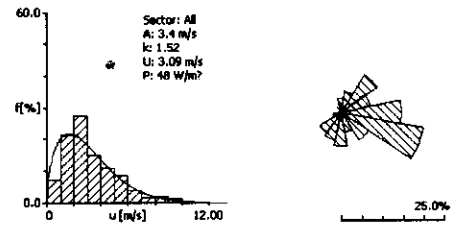
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



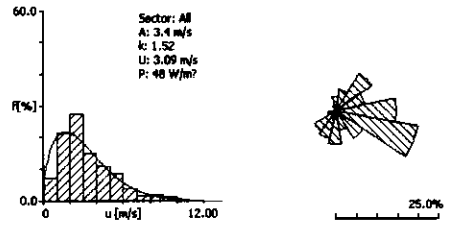
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

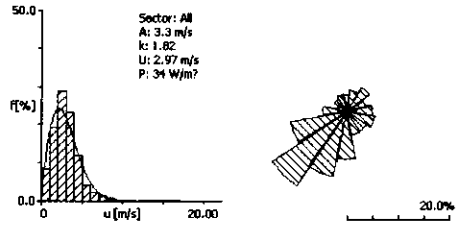


มกราคม รวมลมสงบ

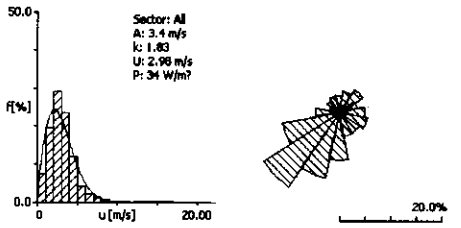


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

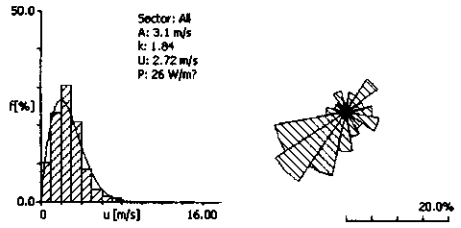
รูปที่ 4.11 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี



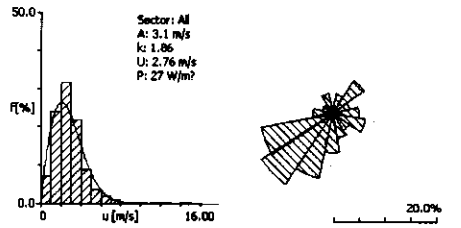
กันยายน รวมลมสงบ



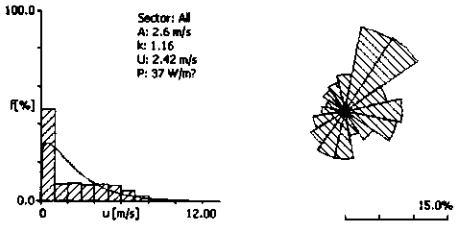
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



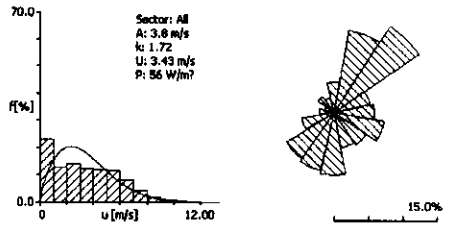
ตุลาคม รวมลมสงบ



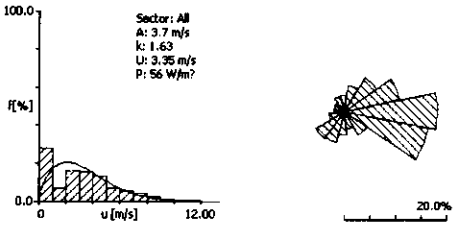
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



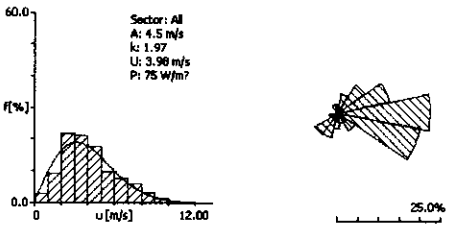
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



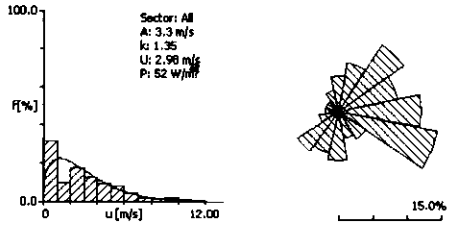
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



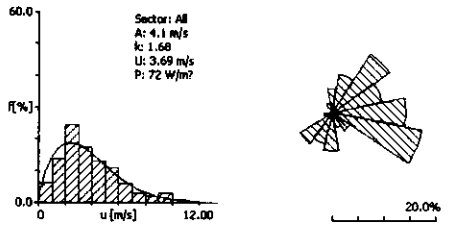
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

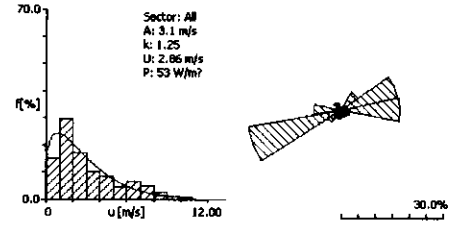


มกราคม รวมลมสงบ

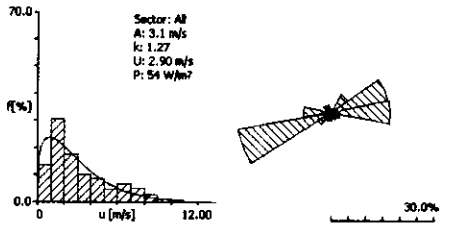


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

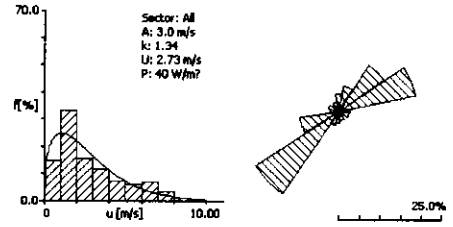
รูปที่ 4.12 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m
สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี



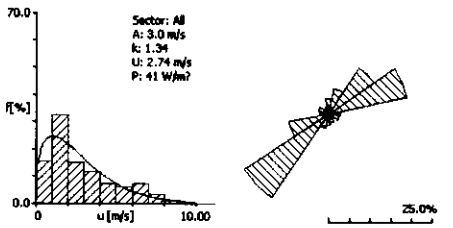
กันยายน รวมลมสงบ



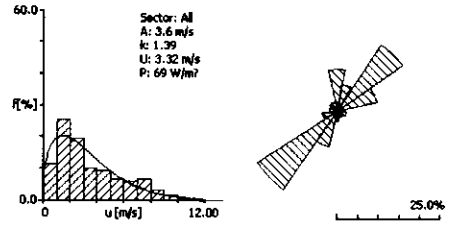
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



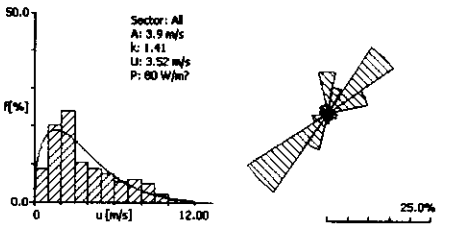
ตุลาคม รวมลมสงบ



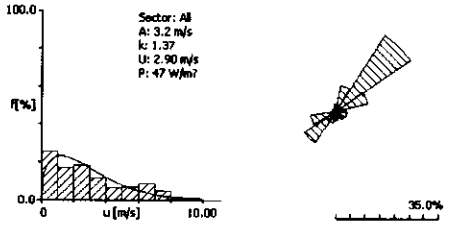
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



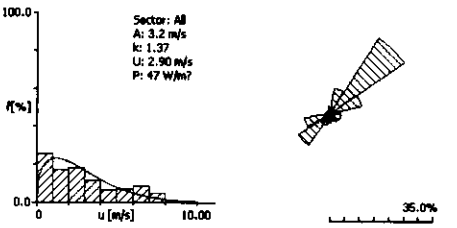
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



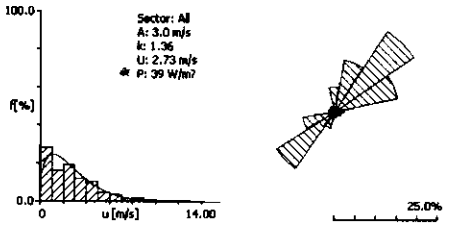
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



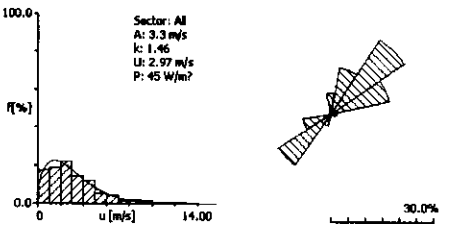
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

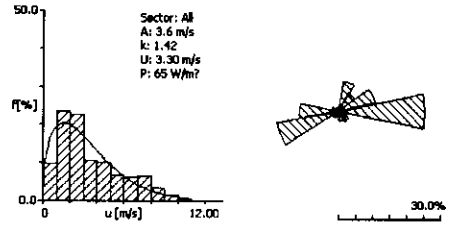


มกราคม รวมลมสงบ

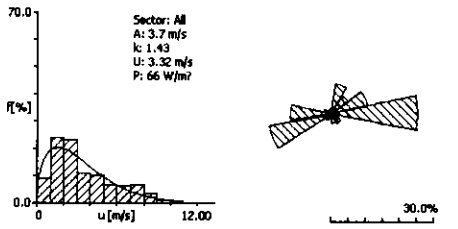


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

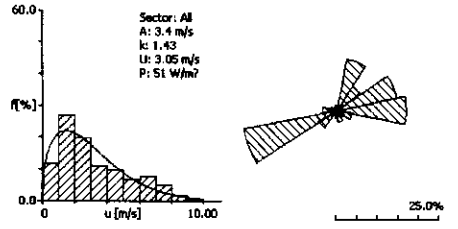
รูปที่ 4.13 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช



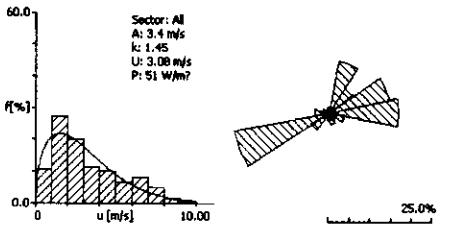
กันยายน รวมลมสงบ



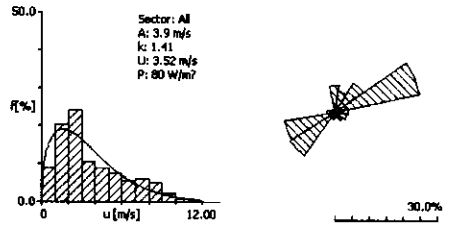
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



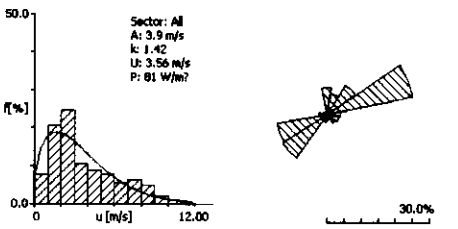
ตุลาคม รวมลมสงบ



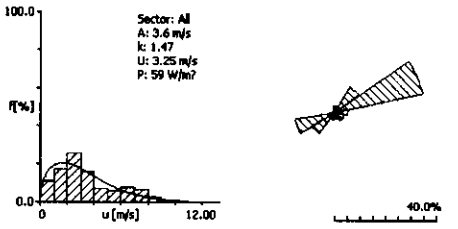
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



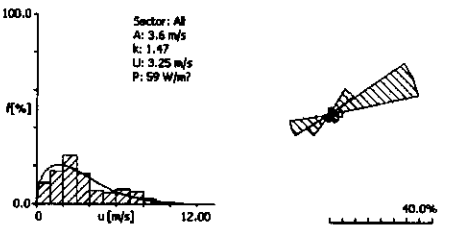
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



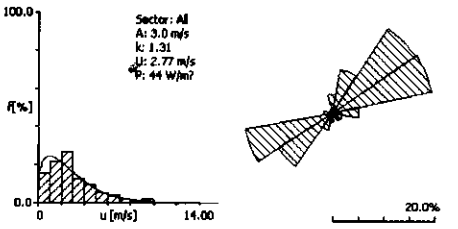
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



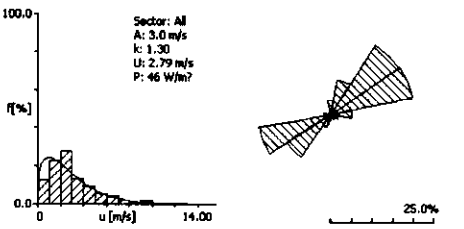
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

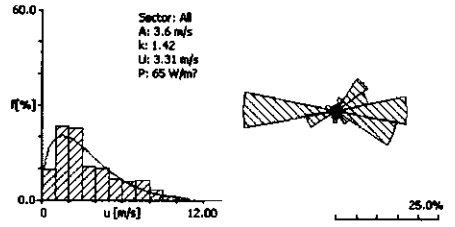


มกราคม รวมลมสงบ

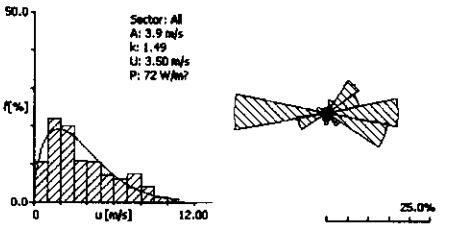


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

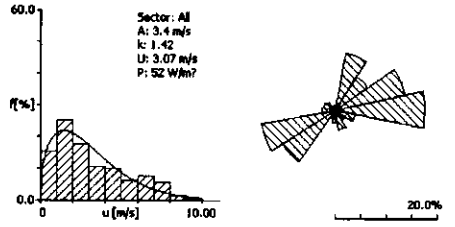
รูปที่ 4.14 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m
สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช



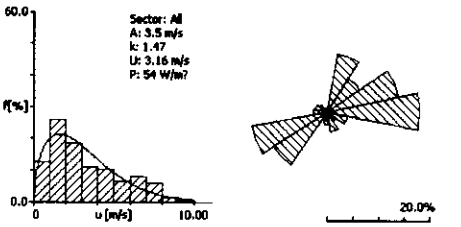
กันยายน รวมลมสงบ



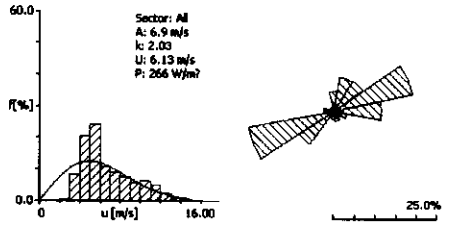
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



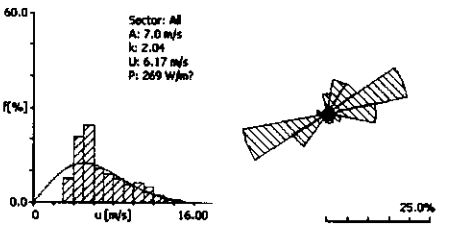
ตุลาคม รวมลมสงบ



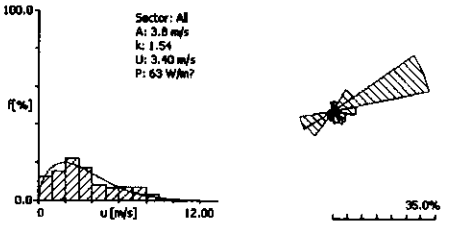
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



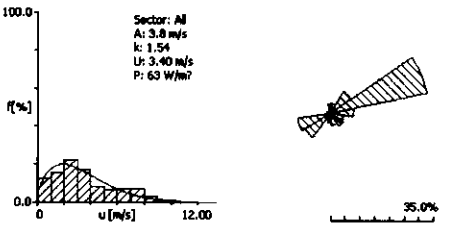
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



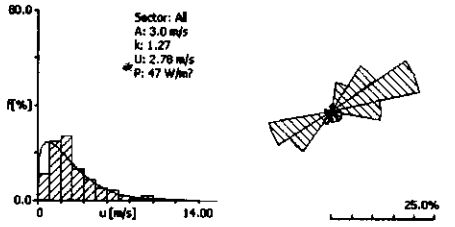
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



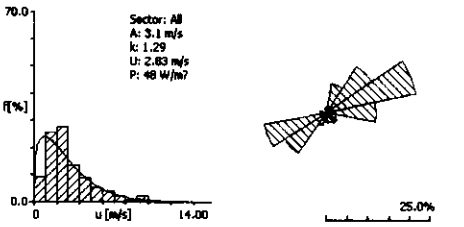
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

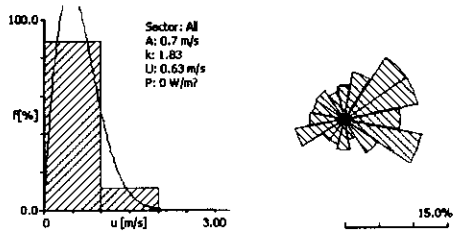


มกราคม รวมลมสงบ

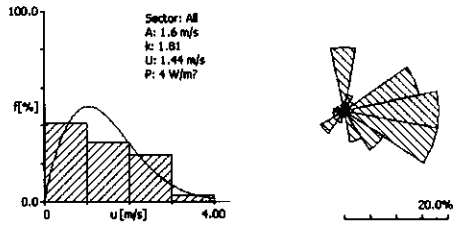


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

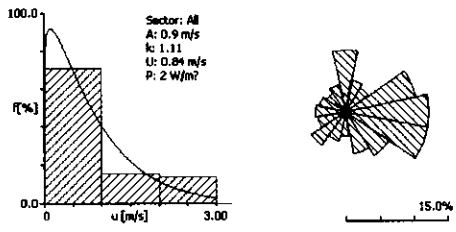
รูปที่ 4.15 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช



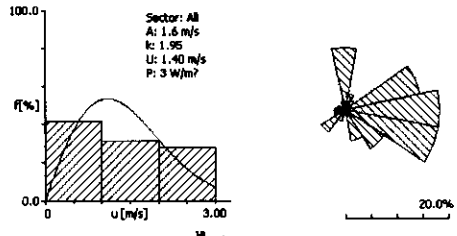
กันยายน รวมลมสงบ



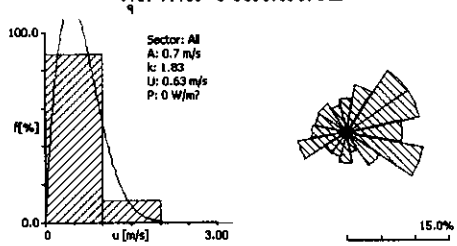
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



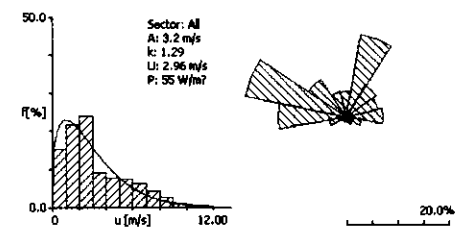
ตุลาคม รวมลมสงบ



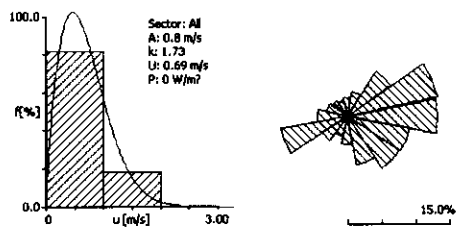
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



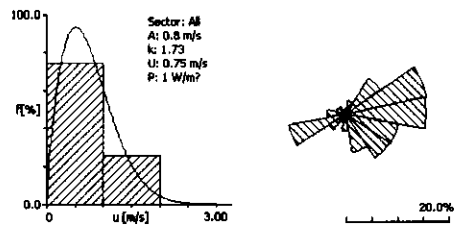
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



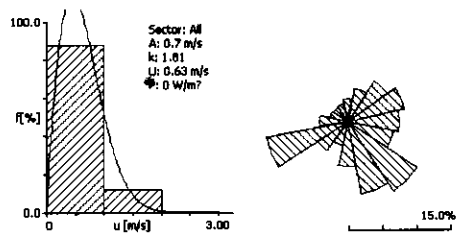
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



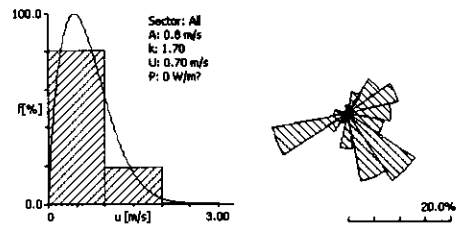
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

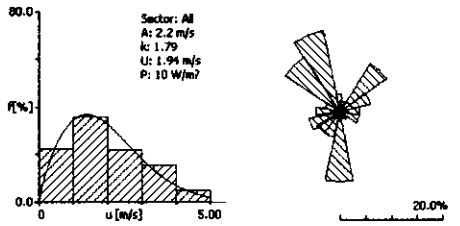


มกราคม รวมลมสงบ

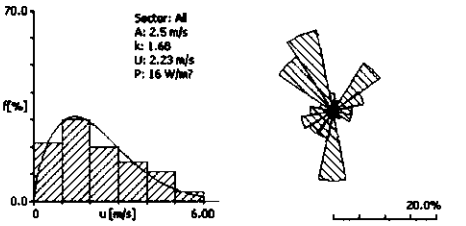


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

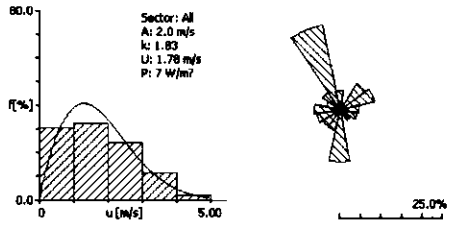
รูปที่ 4.16 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช



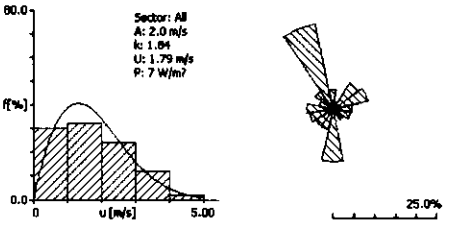
กันยายน รวมลมสงบ



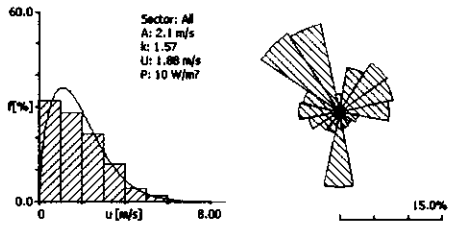
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



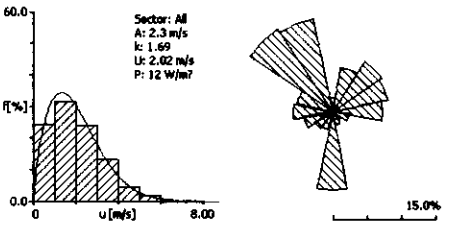
ตุลาคม รวมลมสงบ



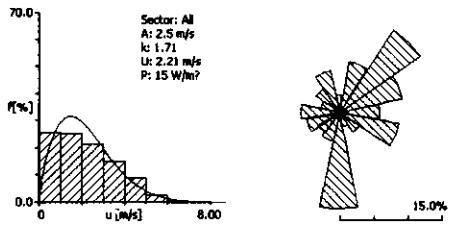
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



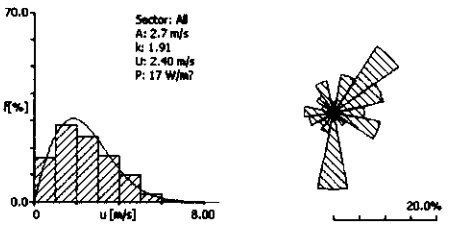
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



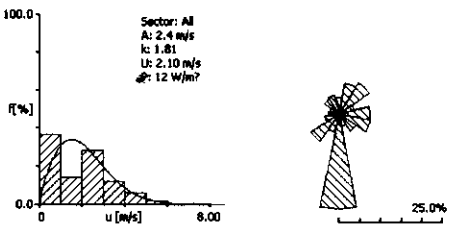
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



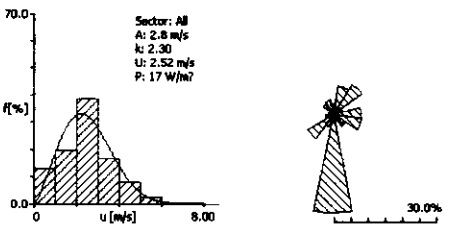
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

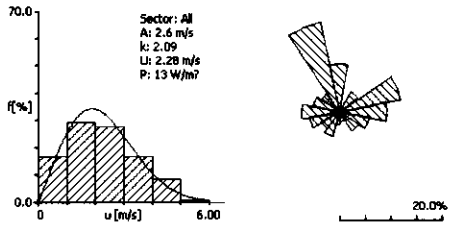


มกราคม รวมลมสงบ

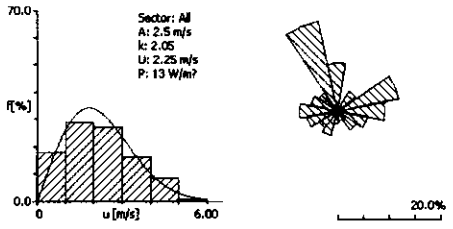


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

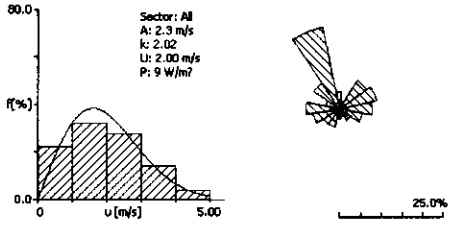
รูปที่ 4.17 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช



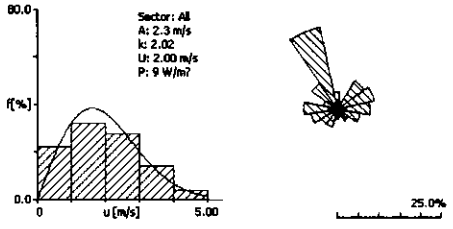
กันยายน รวมลมสงบ



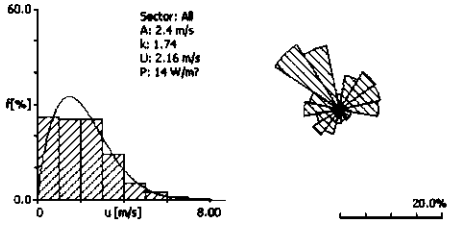
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



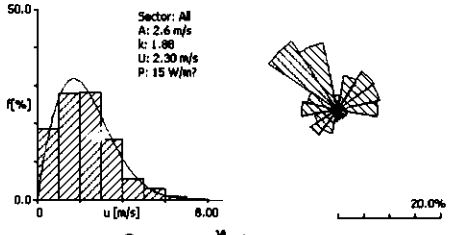
ตุลาคม รวมลมสงบ



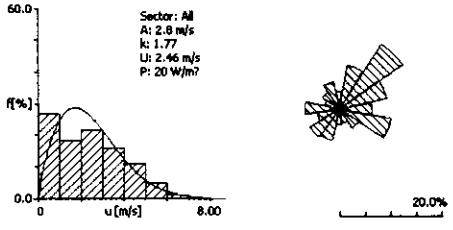
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



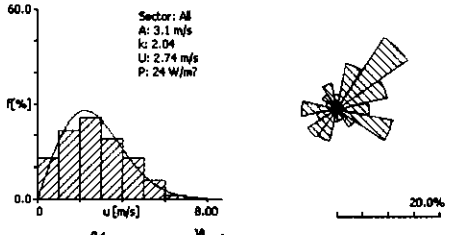
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



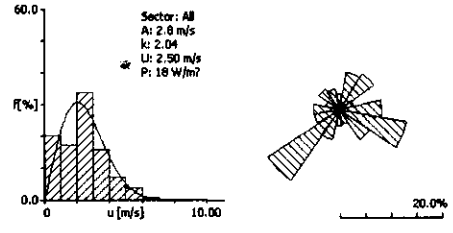
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



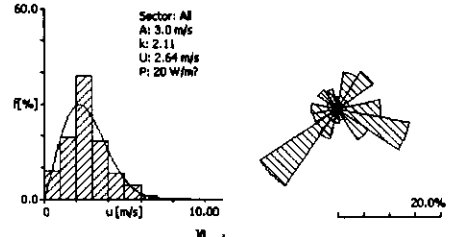
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

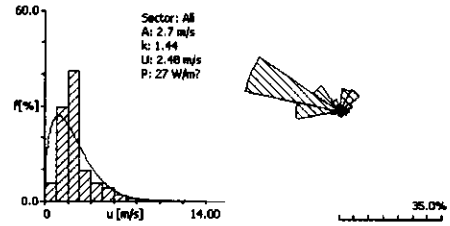


มกราคม รวมลมสงบ

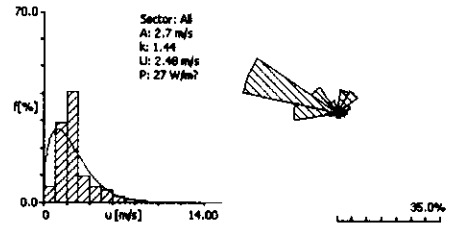


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

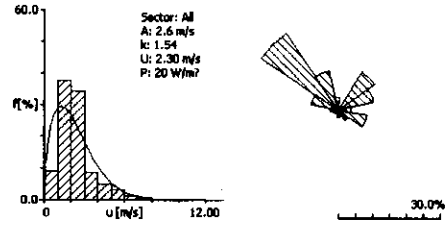
รูปที่ 4.18 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช



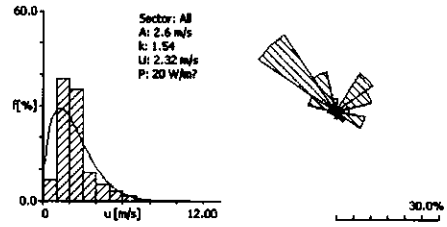
กันยายน รวมลมสงบ



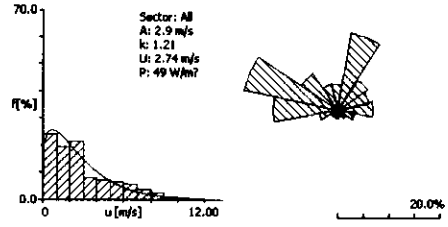
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



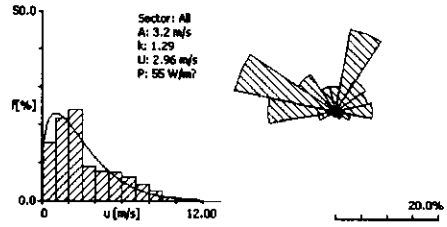
ตุลาคม รวมลมสงบ



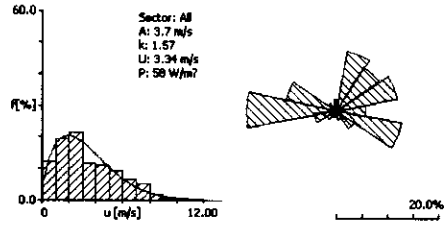
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



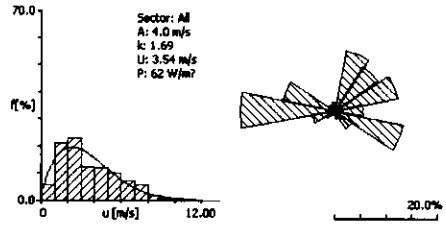
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



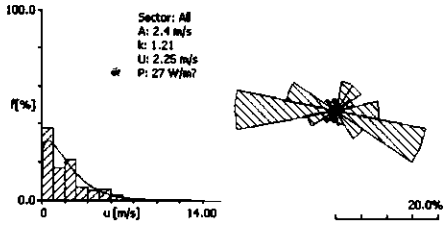
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



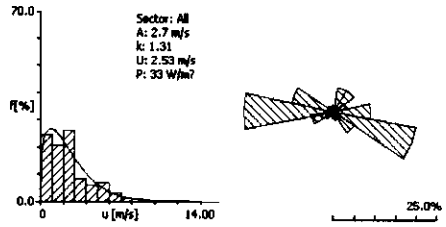
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

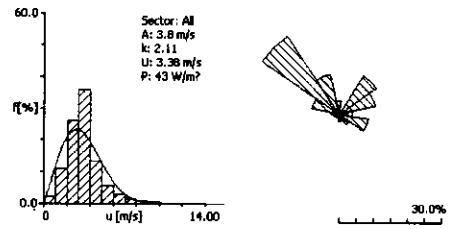


มกราคม รวมลมสงบ

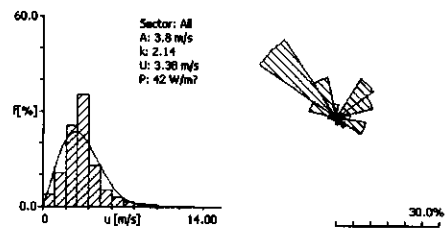


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

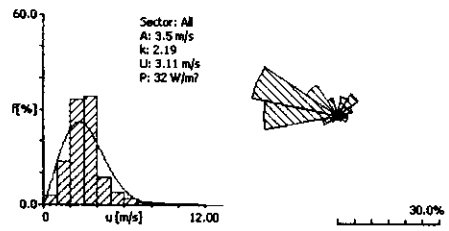
รูปที่ 4.19 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช



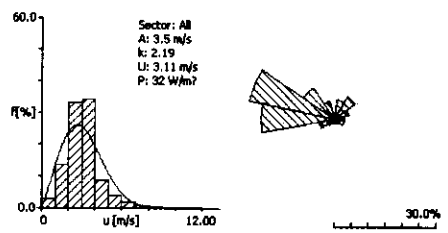
กันยายน รวมลมสงบ



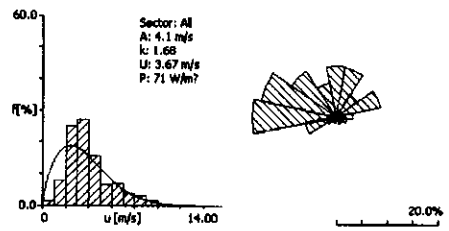
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



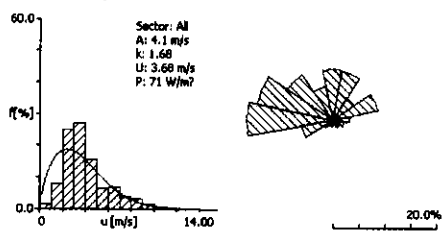
ตุลาคม รวมลมสงบ



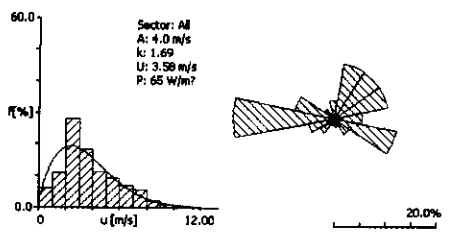
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



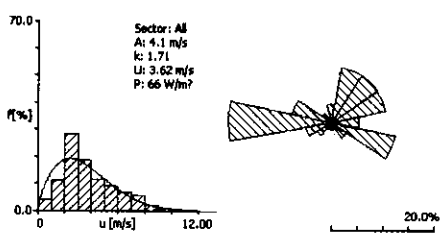
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



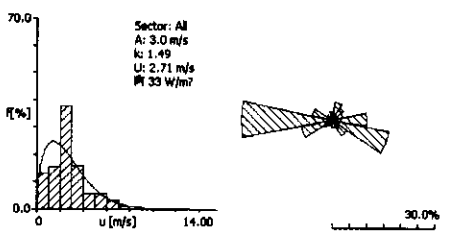
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



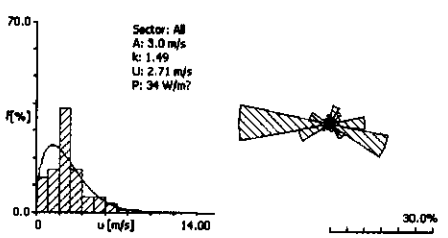
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

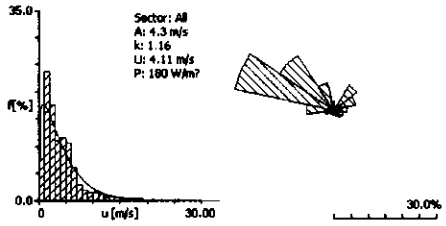


มกราคม รวมลมสงบ

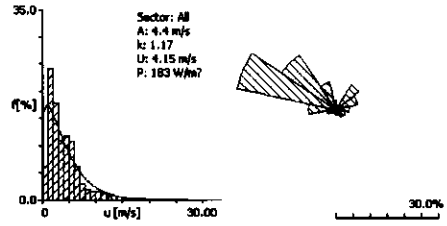


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

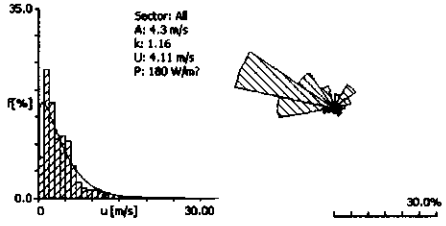
รูปที่ 4.20 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช



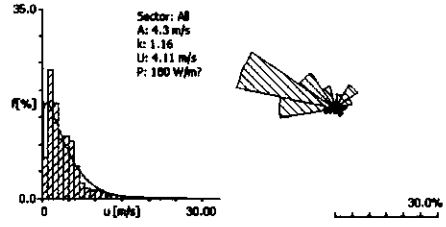
กันยายน รวมลมสงบ



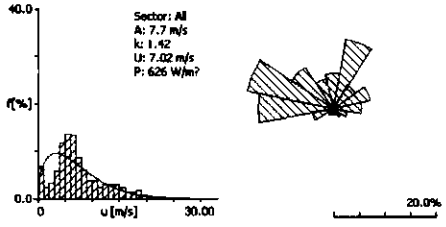
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



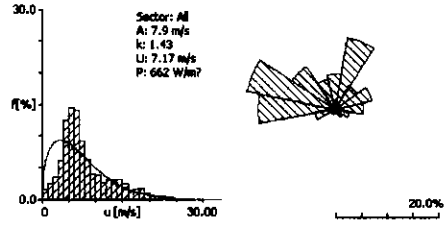
ตุลาคม รวมลมสงบ



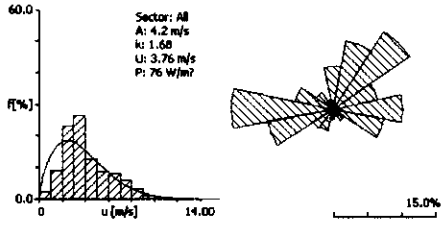
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



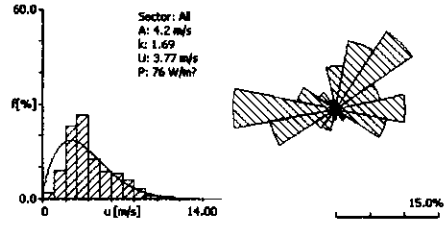
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



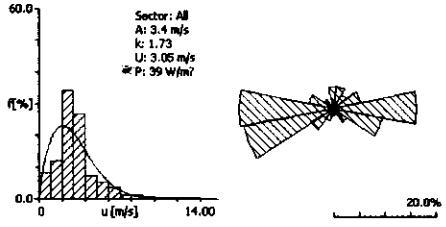
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



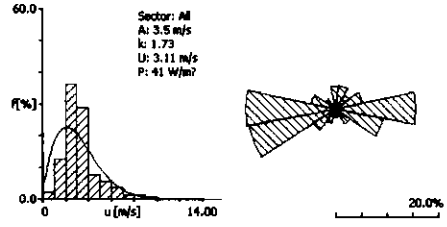
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

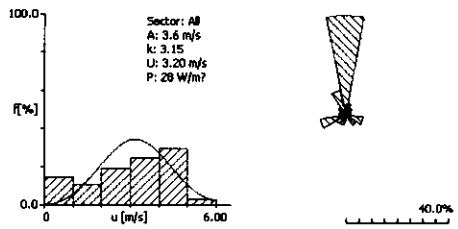


มกราคม รวมลมสงบ

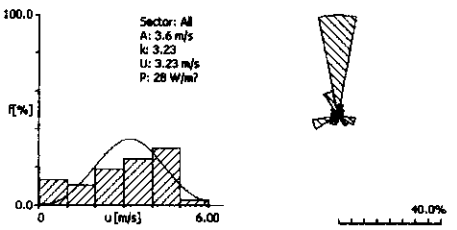


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

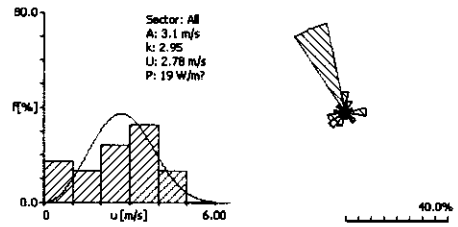
รูปที่ 4.21 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช



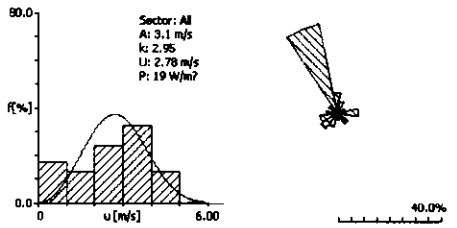
กันยายน รวมลมสงบ



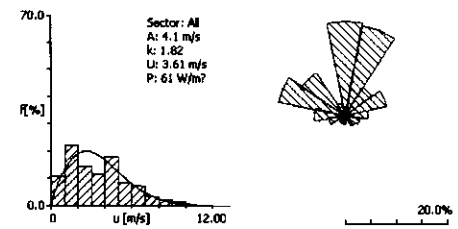
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



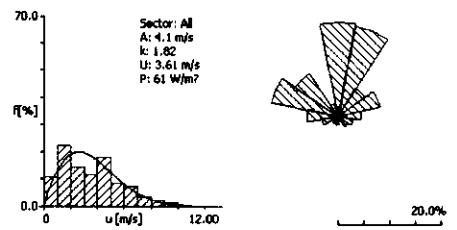
ตุลาคม รวมลมสงบ



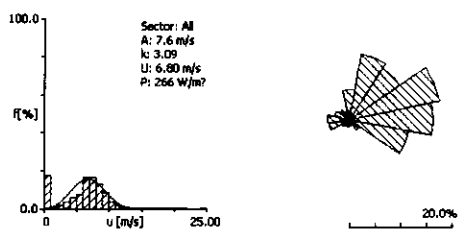
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



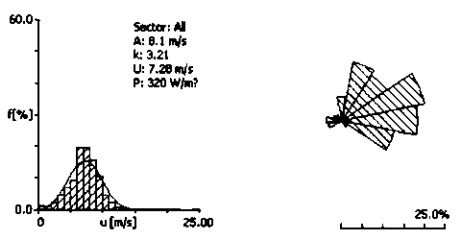
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



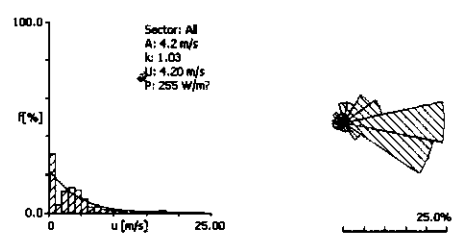
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



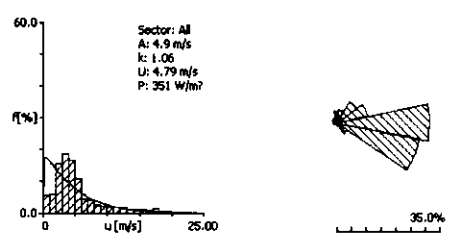
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

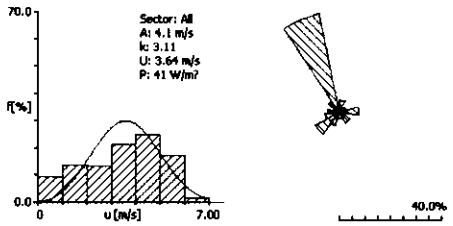


มกราคม รวมลมสงบ

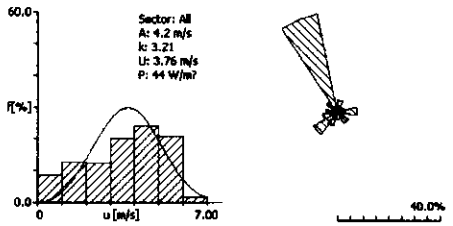


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

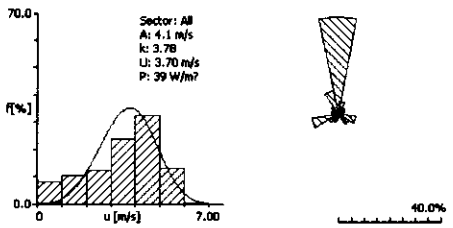
รูปที่ 4.22 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช



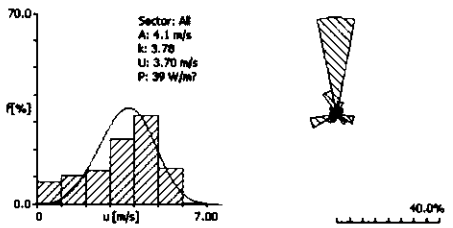
กันยายน รวมลมสงบ



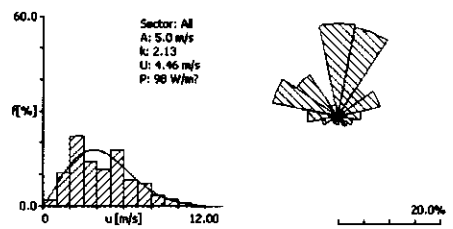
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



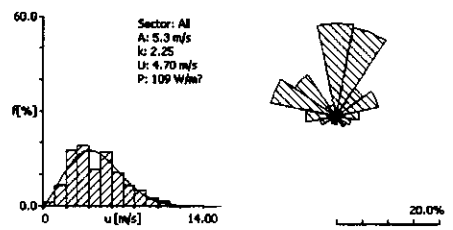
ตุลาคม รวมลมสงบ



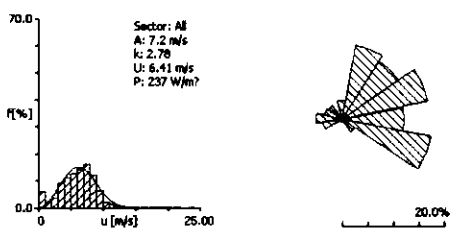
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



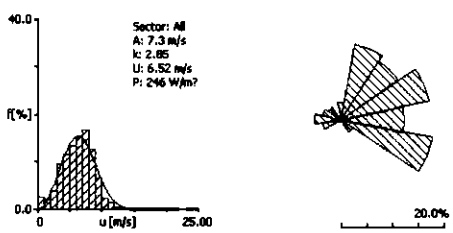
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



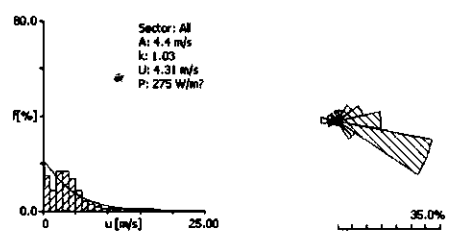
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



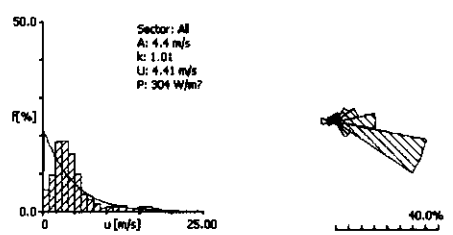
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

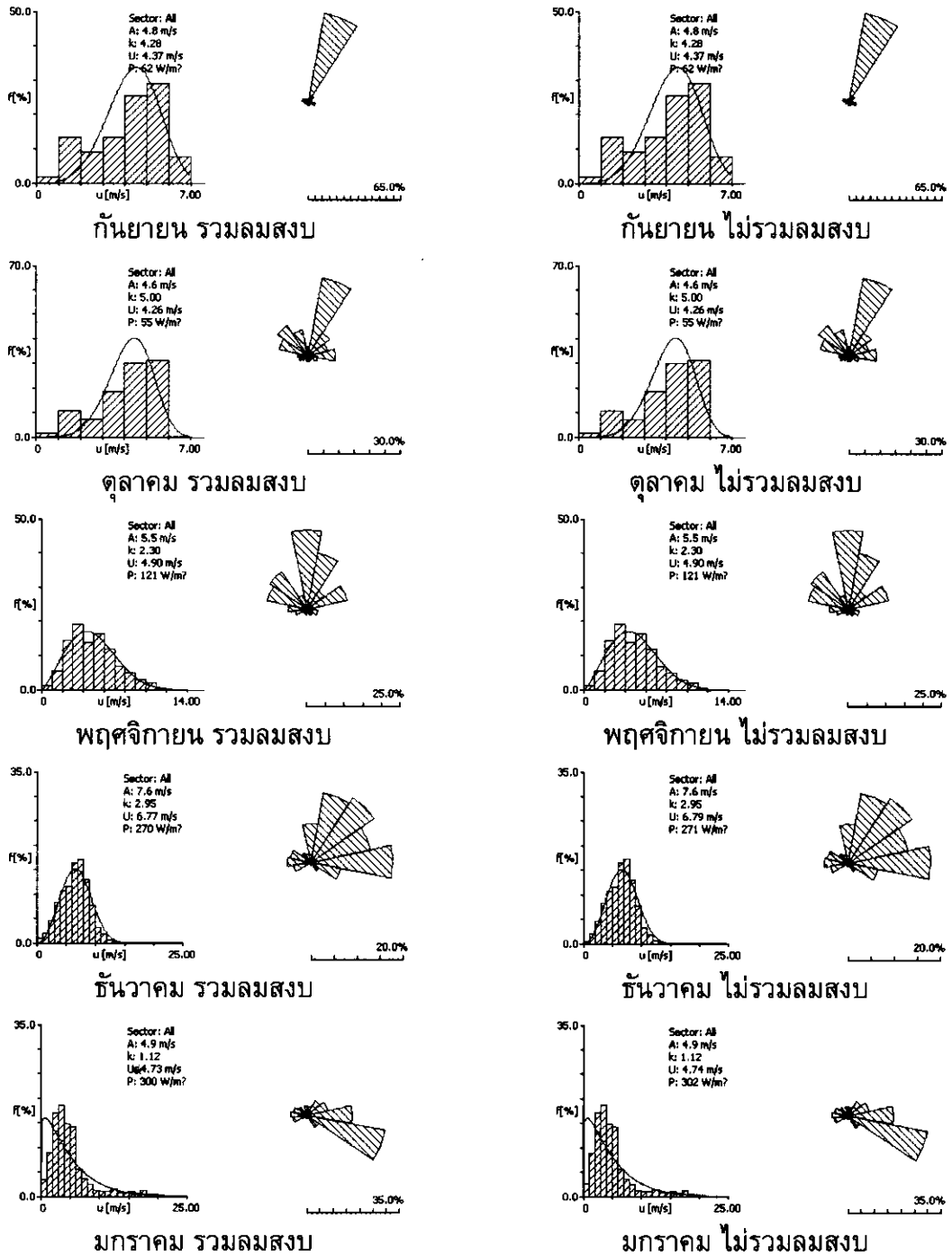


มกราคม รวมลมสงบ

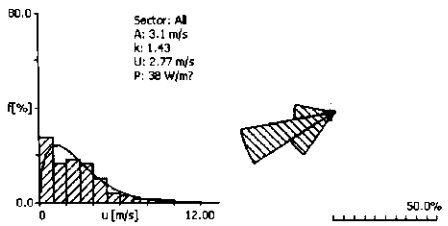


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

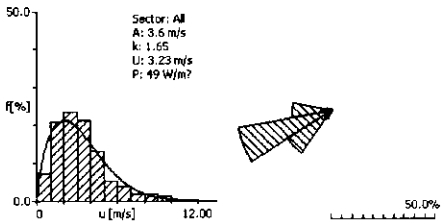
รูปที่ 4.23 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช



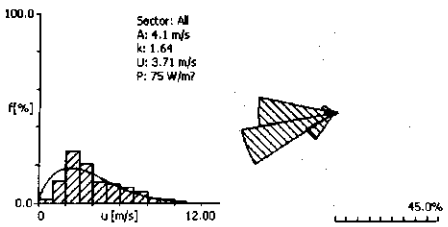
รูปที่ 4.24 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช



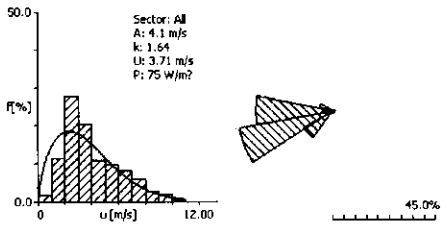
สิงหาคม รวมลมสงบ



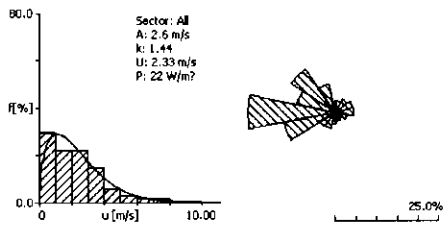
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



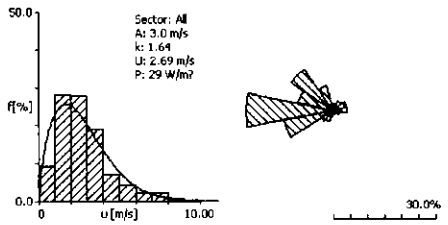
กันยายน รวมลมสงบ



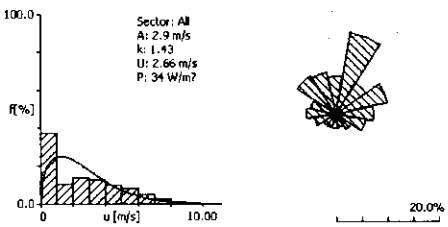
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



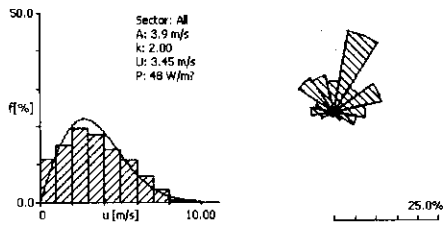
ตุลาคม รวมลมสงบ



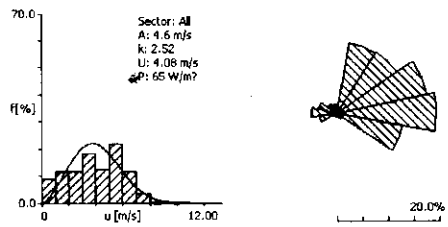
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



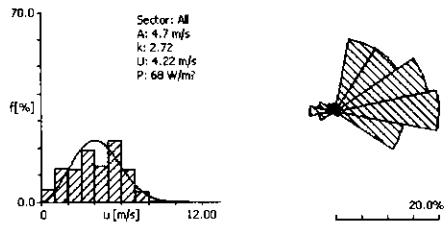
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



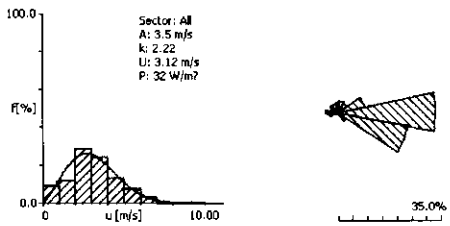
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



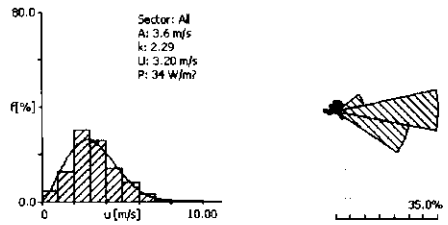
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

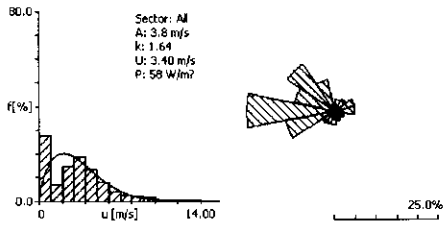


มกราคม รวมลมสงบ

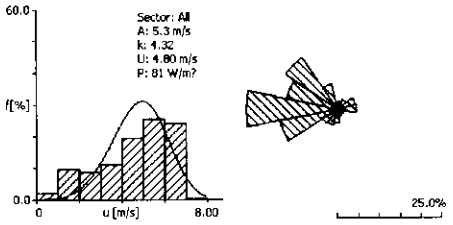


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

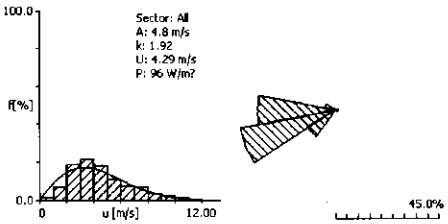
รูปที่ 4.25 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช



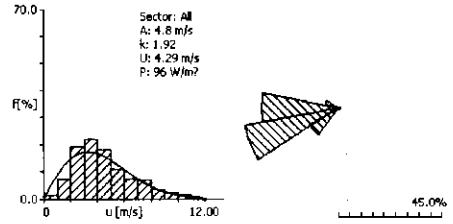
สิงหาคม รวมลมสงบ



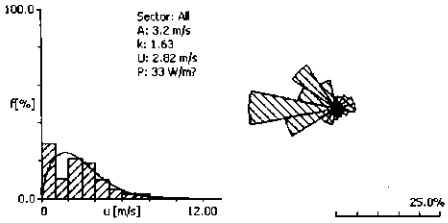
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



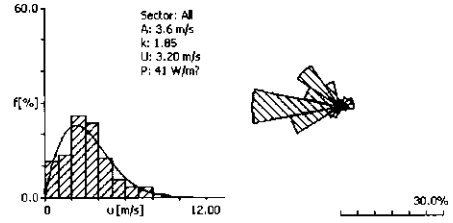
กันยายน รวมลมสงบ



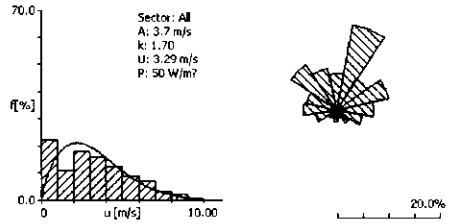
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



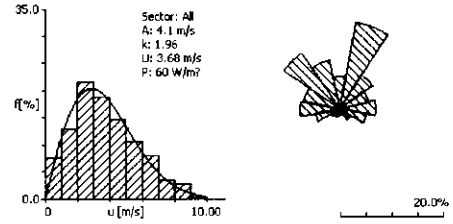
ตุลาคม รวมลมสงบ



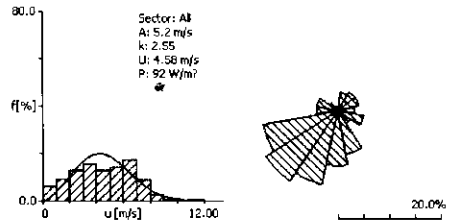
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



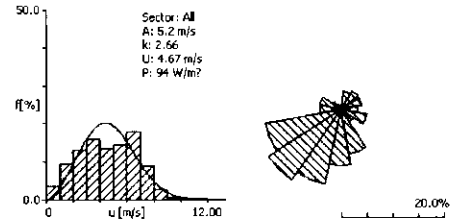
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



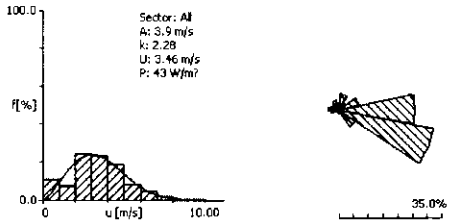
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



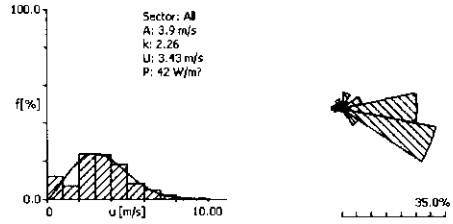
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

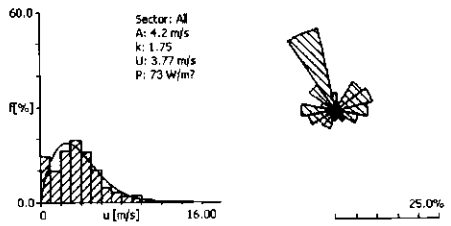


มกราคม รวมลมสงบ

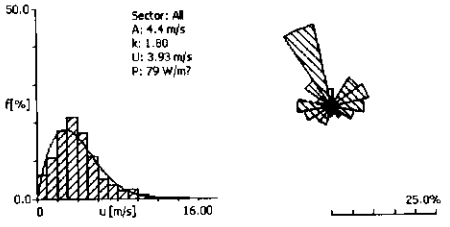


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

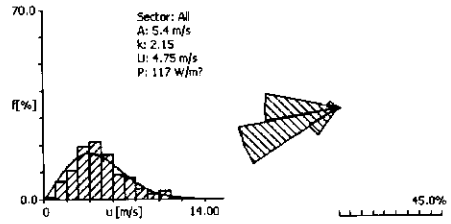
รูปที่ 4.26 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช



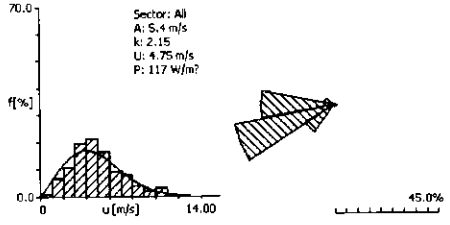
สิงหาคม รวมลมสงบ



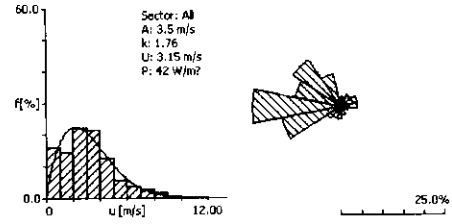
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



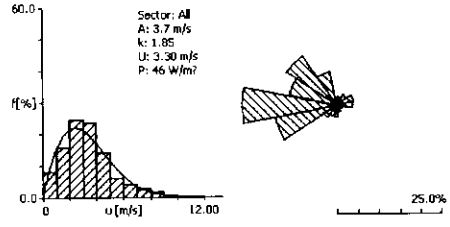
กันยายน รวมลมสงบ



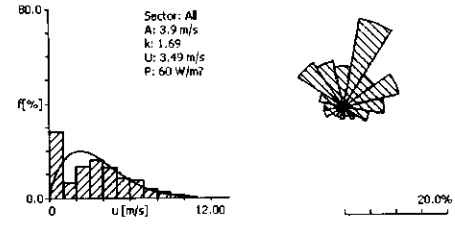
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



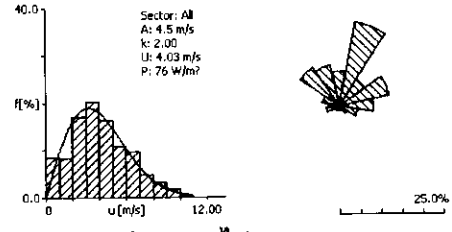
ตุลาคม รวมลมสงบ



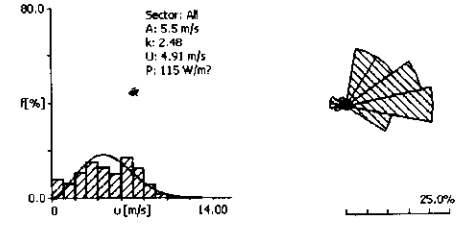
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



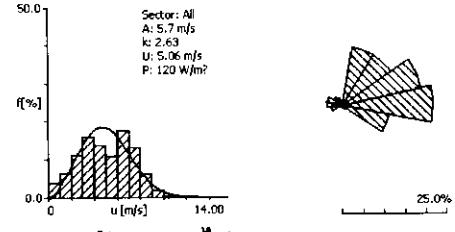
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



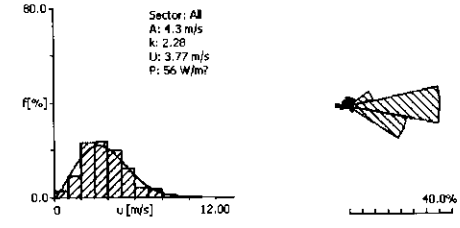
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



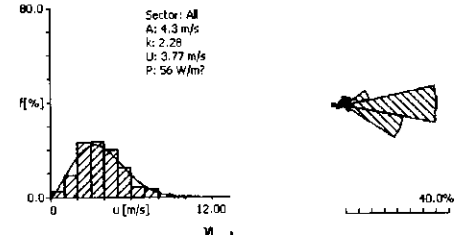
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

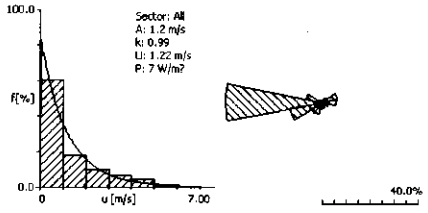


มกราคม รวมลมสงบ

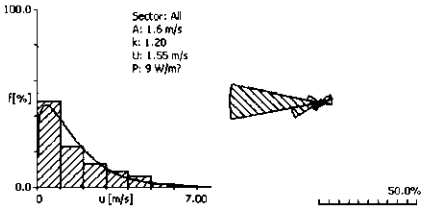


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

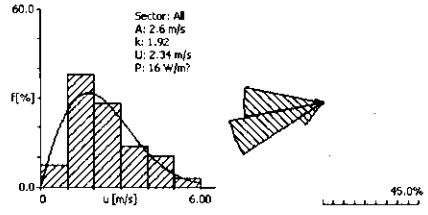
รูปที่ 4.27 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m
สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช



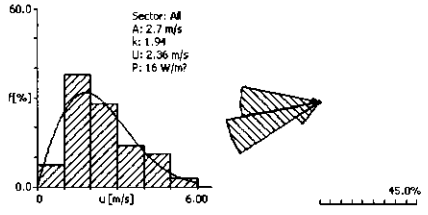
สิงหาคม รวมลมสงบ



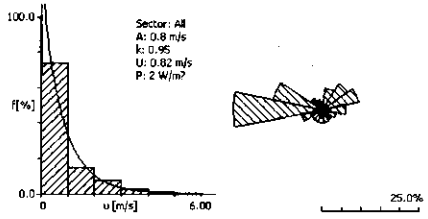
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



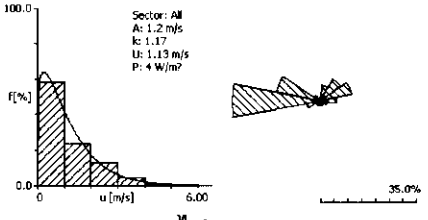
กันยายน รวมลมสงบ



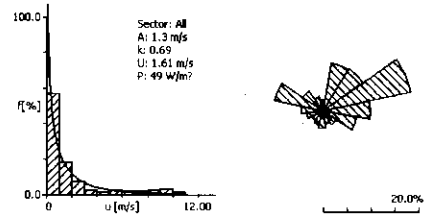
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



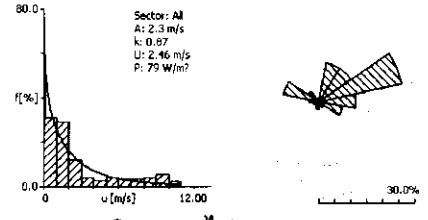
ตุลาคม รวมลมสงบ



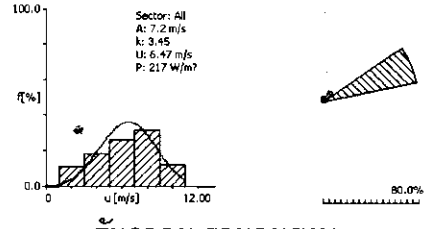
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



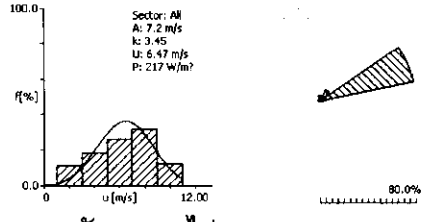
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



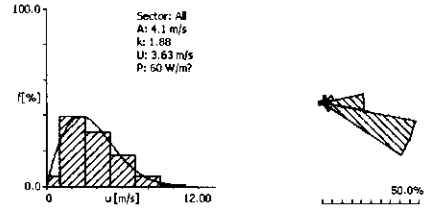
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



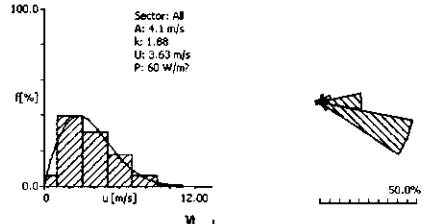
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

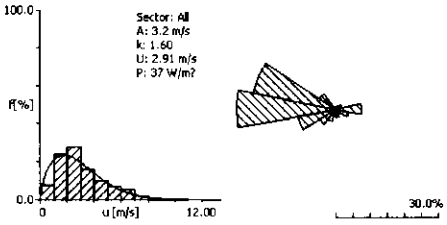


มกราคม รวมลมสงบ

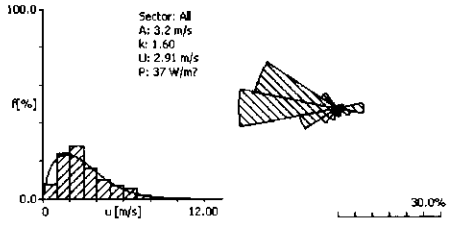


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

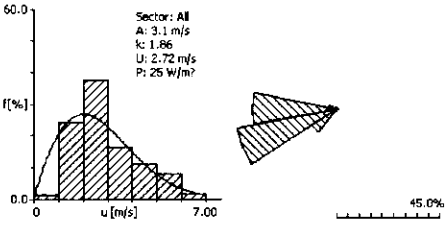
รูปที่ 4.28 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา



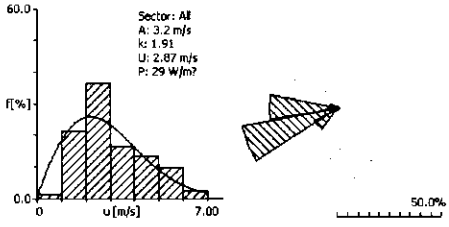
สิงหาคม รวมลมสงบ



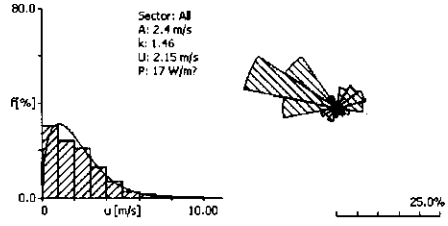
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



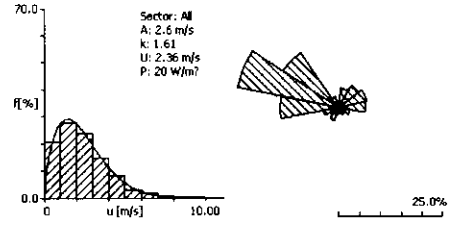
กันยายน รวมลมสงบ



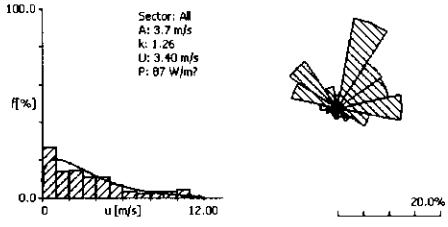
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



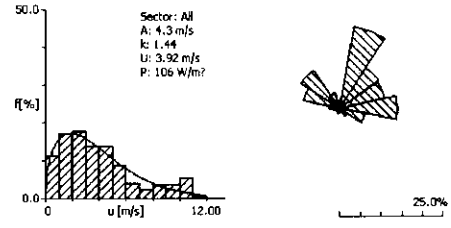
ตุลาคม รวมลมสงบ



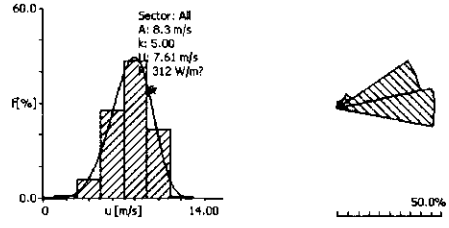
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



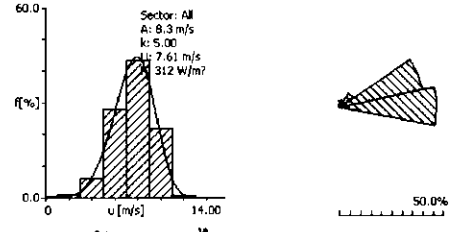
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



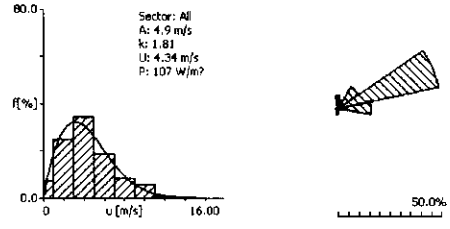
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



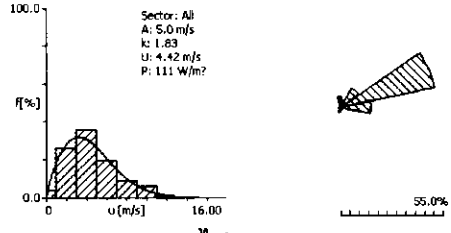
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

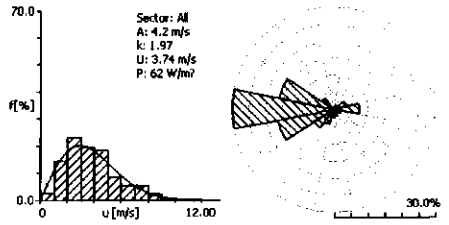


มกราคม รวมลมสงบ

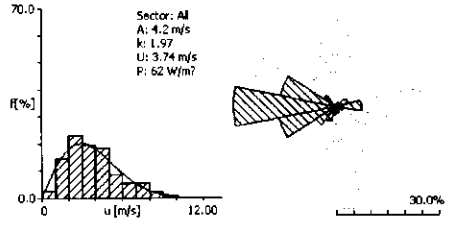


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

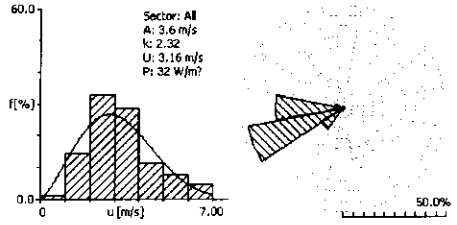
รูปที่ 4.29 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา



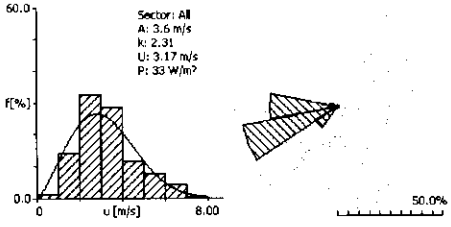
สิงหาคม รวมลมสงบ



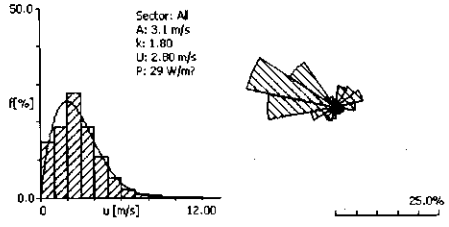
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



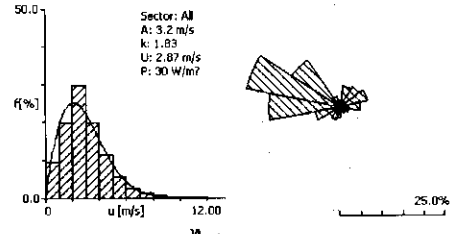
กันยายน รวมลมสงบ



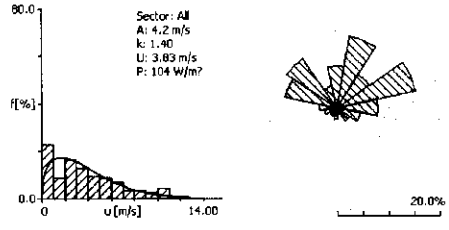
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



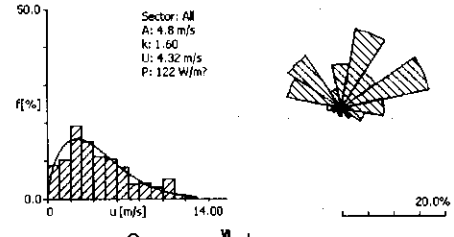
ตุลาคม รวมลมสงบ



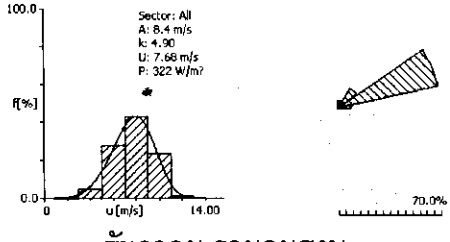
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



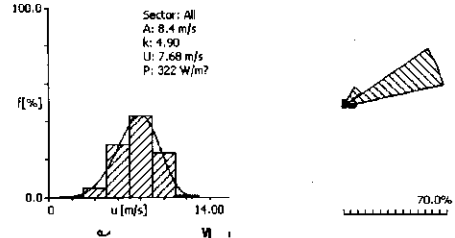
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



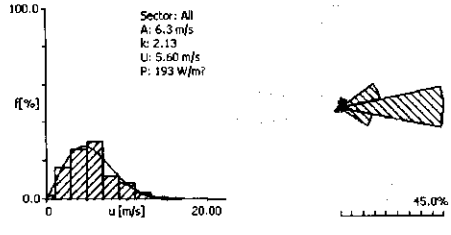
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



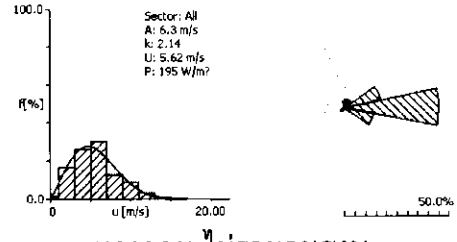
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

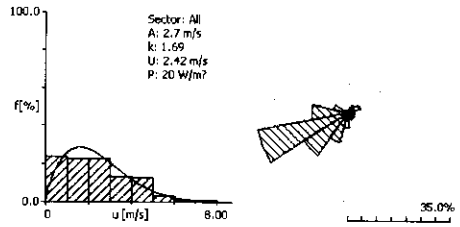


มกราคม รวมลมสงบ

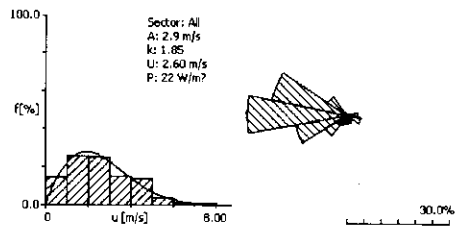


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

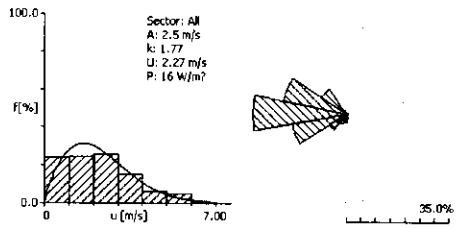
รูปที่ 4.30 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา



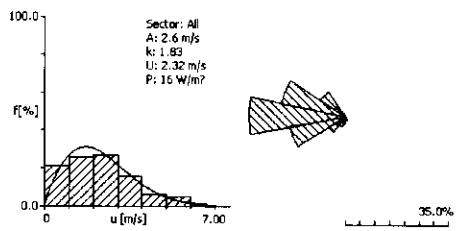
สิงหาคม รวมลมสงบ



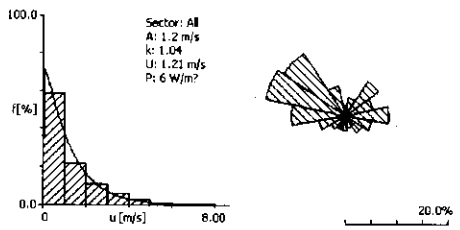
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



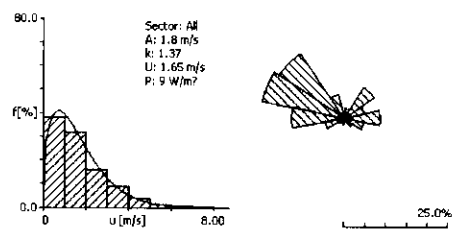
กันยายน รวมลมสงบ



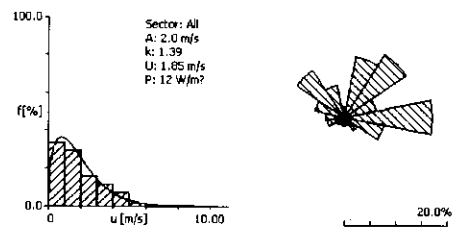
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



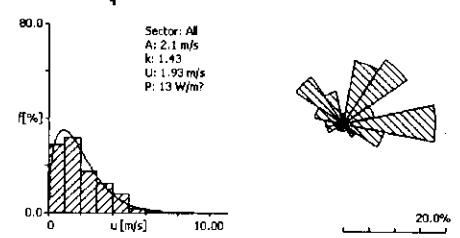
ตุลาคม รวมลมสงบ



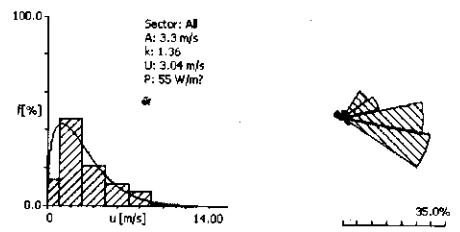
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



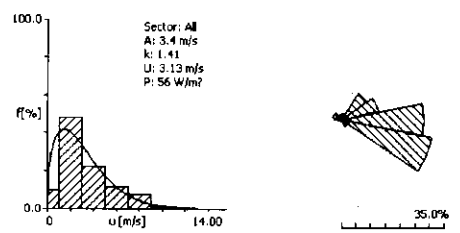
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



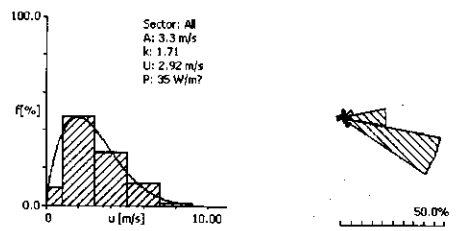
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



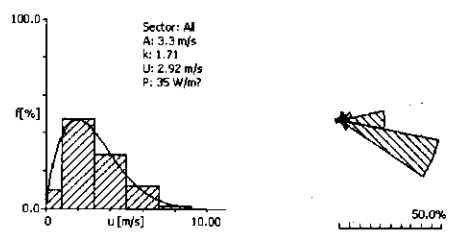
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

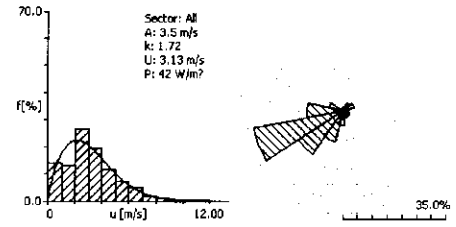


มกราคม รวมลมสงบ

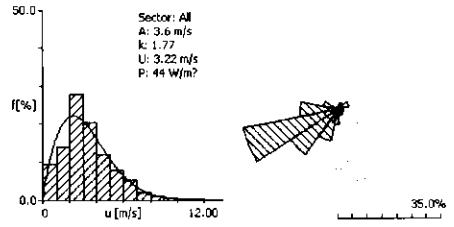


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

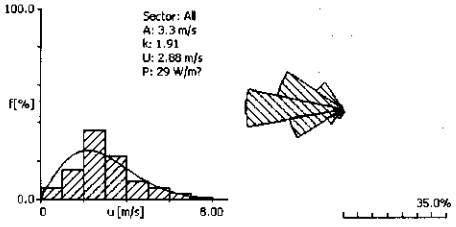
รูปที่ 4.31 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา



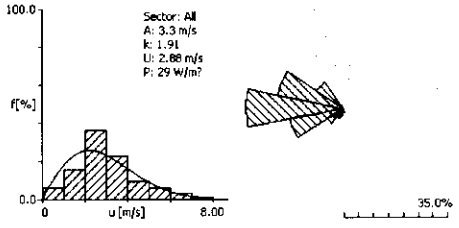
สิงหาคม รวมลมสงบ



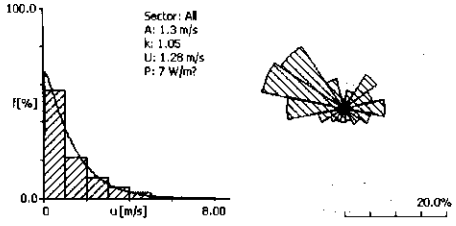
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



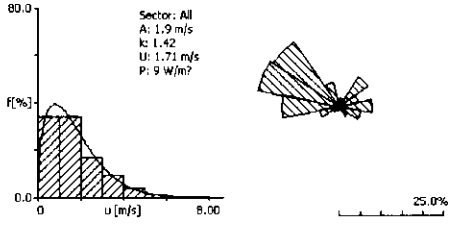
กันยายน รวมลมสงบ



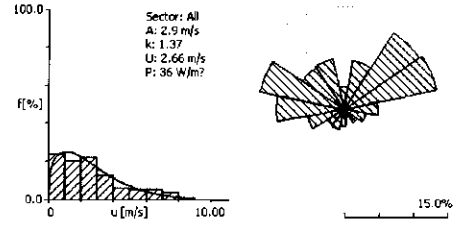
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



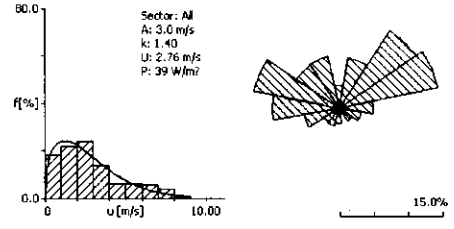
ตุลาคม รวมลมสงบ



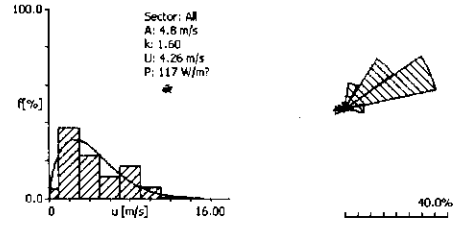
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



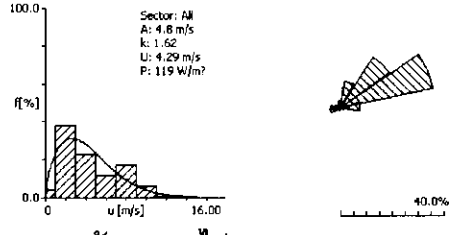
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



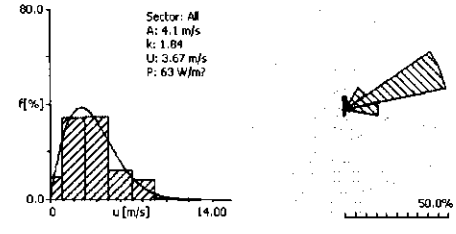
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



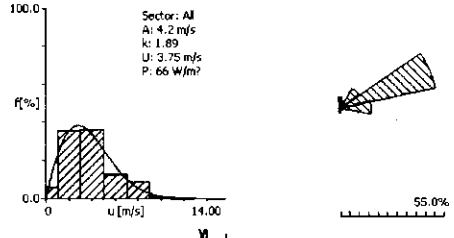
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

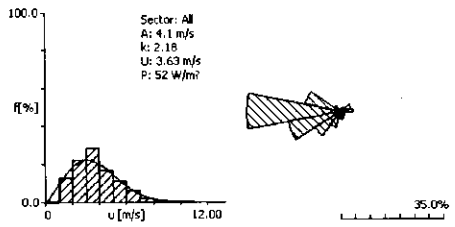


มกราคม รวมลมสงบ

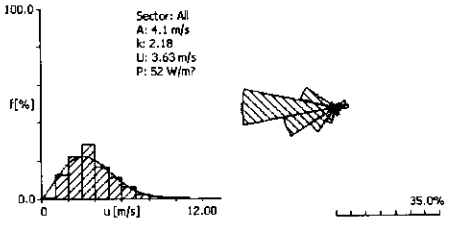


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

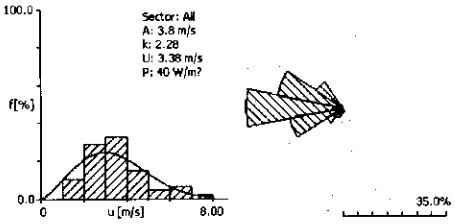
รูปที่ 4.32 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา



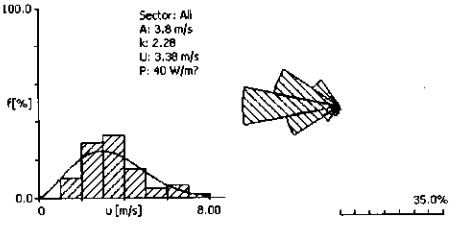
สิงหาคม รวมลมสงบ



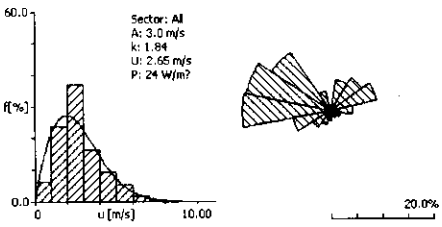
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



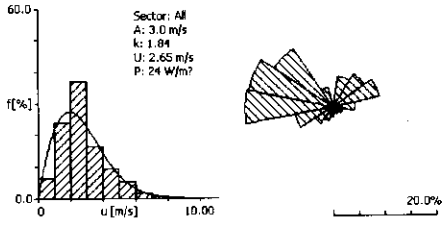
กันยายน รวมลมสงบ



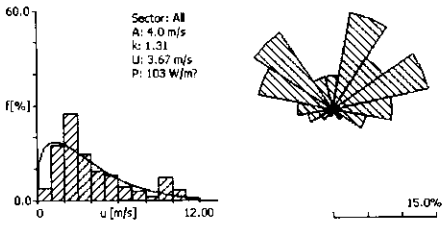
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



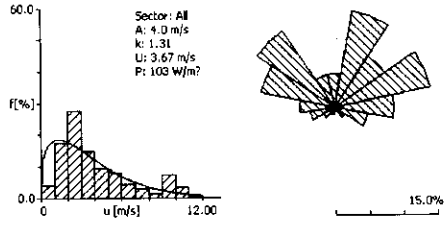
ตุลาคม รวมลมสงบ



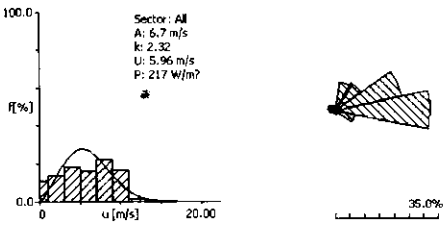
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



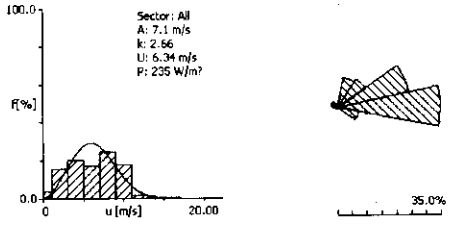
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



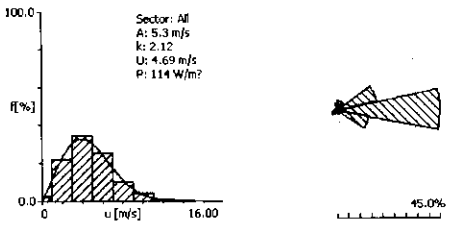
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



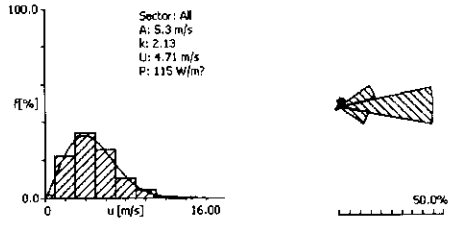
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ



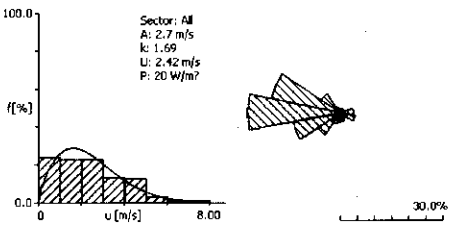
มกราคม รวมลมสงบ



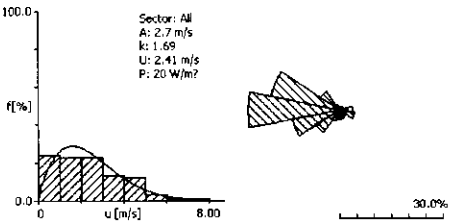
มกราคม ไม่รวมลมสงบ

รูปที่ 4.33 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m

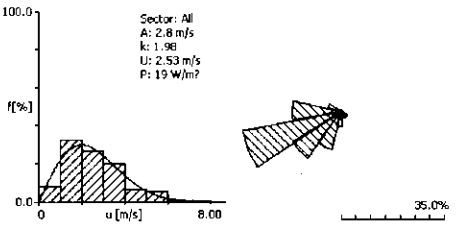
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา



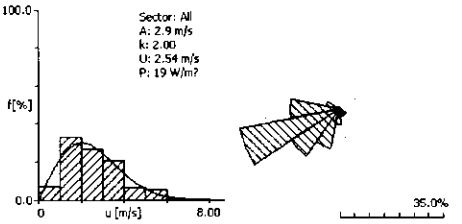
สิงหาคม รวมลมสงบ



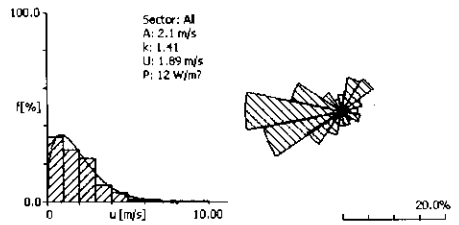
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



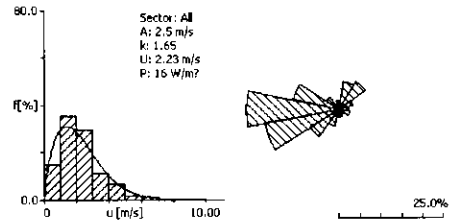
กันยายน รวมลมสงบ



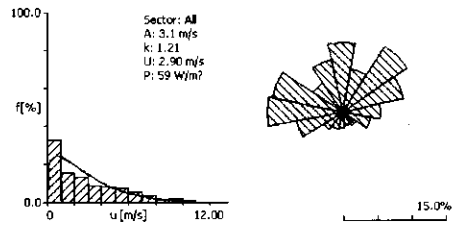
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



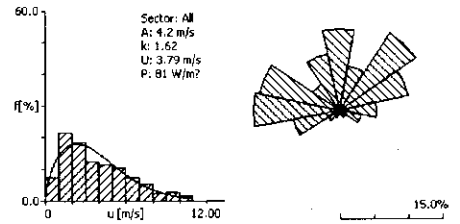
ตุลาคม รวมลมสงบ



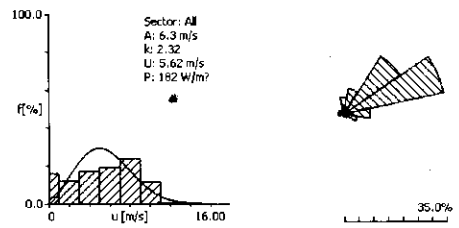
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



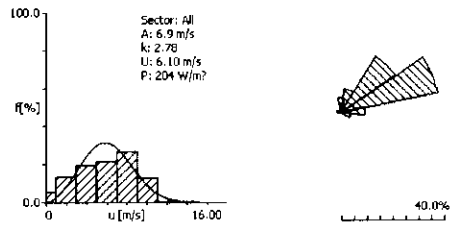
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



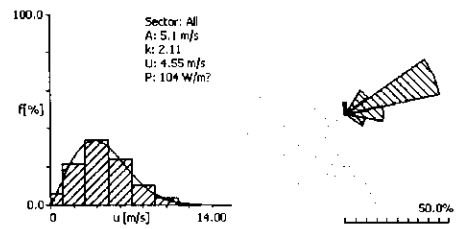
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



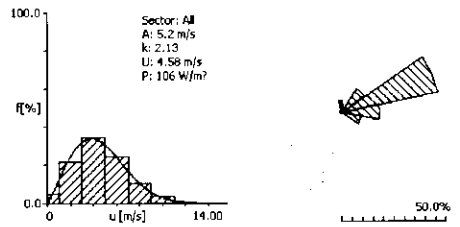
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

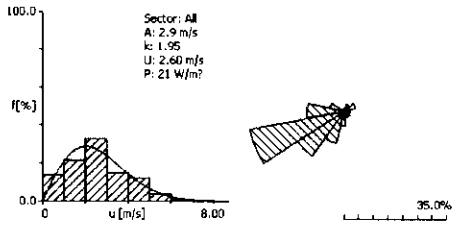


มกราคม รวมลมสงบ

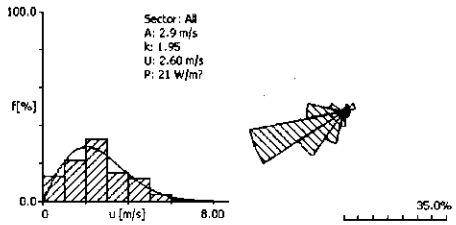


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

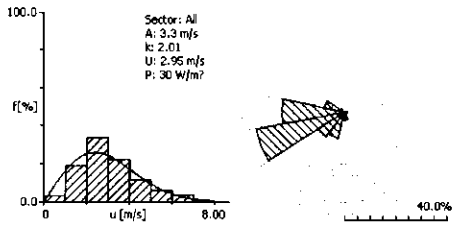
รูปที่ 4.34 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา



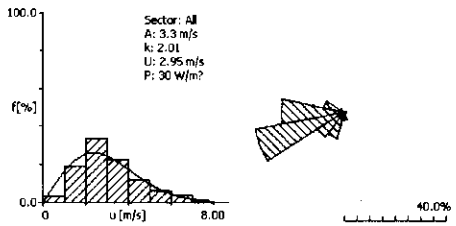
สิงหาคม รวมลมสงบ



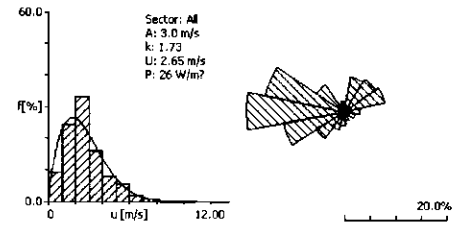
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



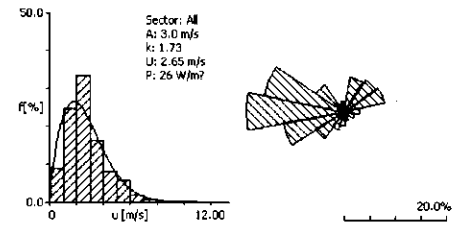
กันยายน รวมลมสงบ



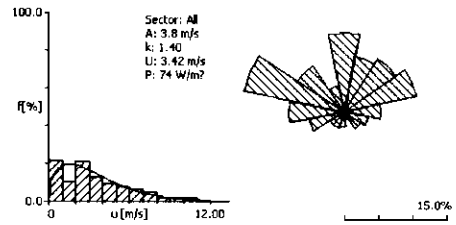
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



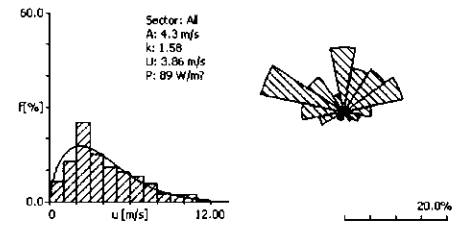
ตุลาคม รวมลมสงบ



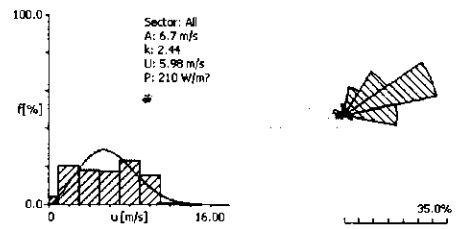
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



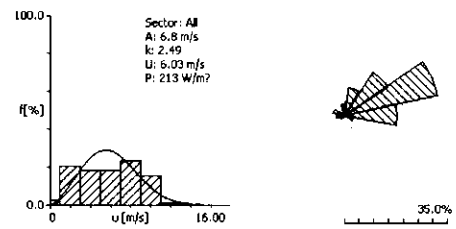
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



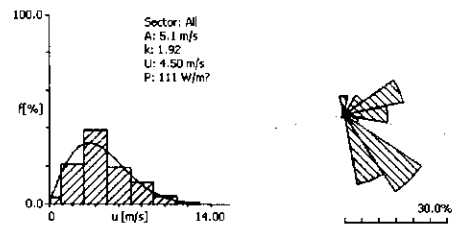
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



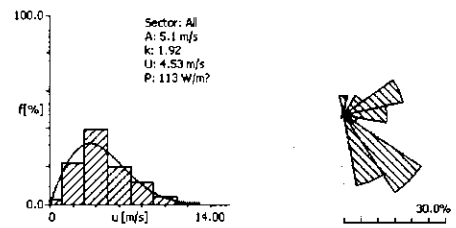
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

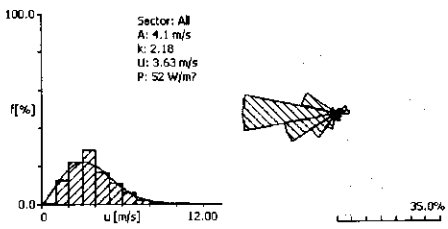


มกราคม รวมลมสงบ

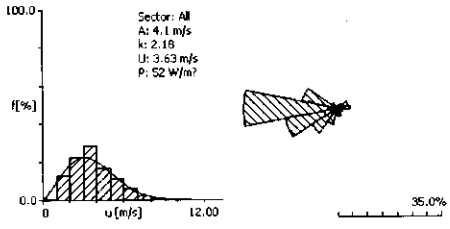


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

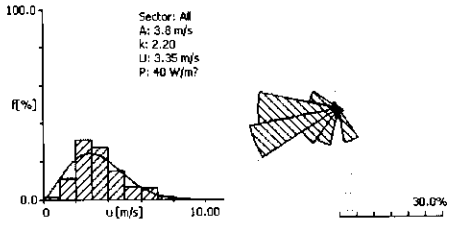
รูปที่ 4.35 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา



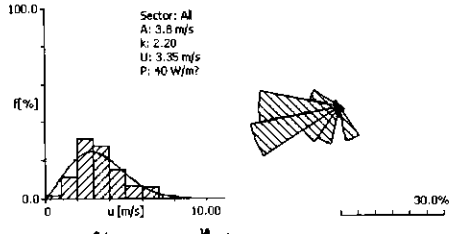
สิงหาคม รวมลมสงบ



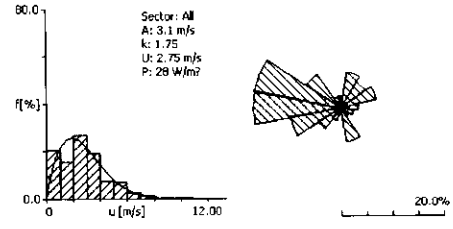
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



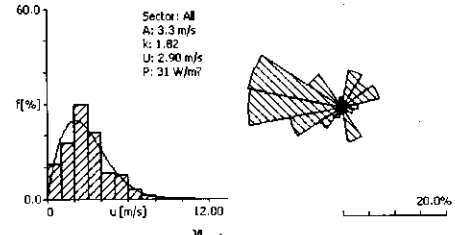
กันยายน รวมลมสงบ



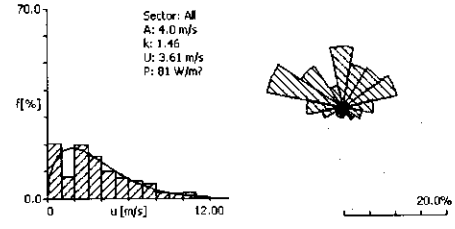
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



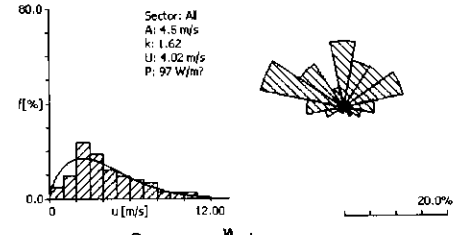
ตุลาคม รวมลมสงบ



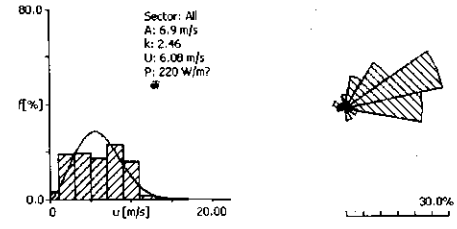
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



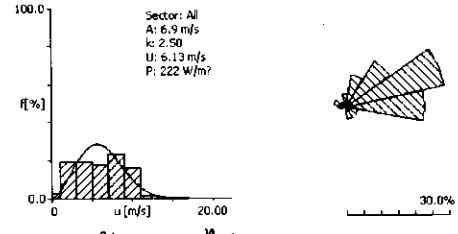
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



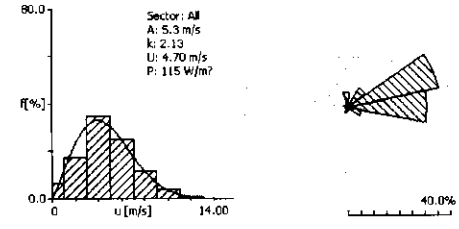
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



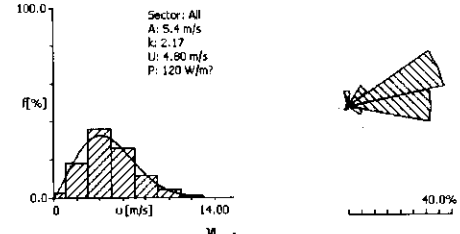
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

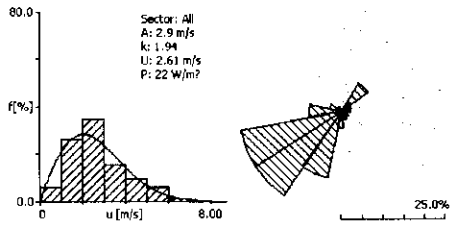


มกราคม รวมลมสงบ

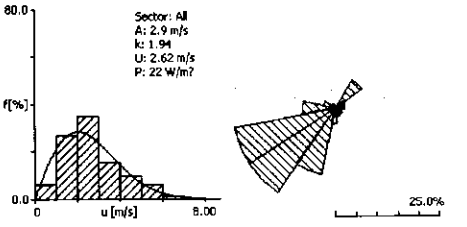


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

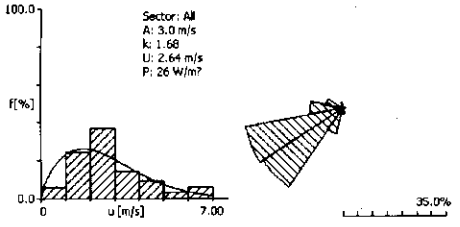
รูปที่ 4.36 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา



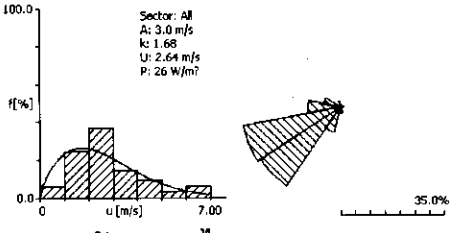
สิงหาคม รวมลมสงบ



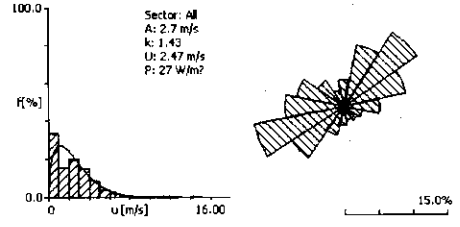
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



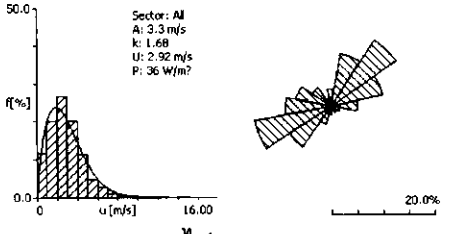
กันยายน รวมลมสงบ



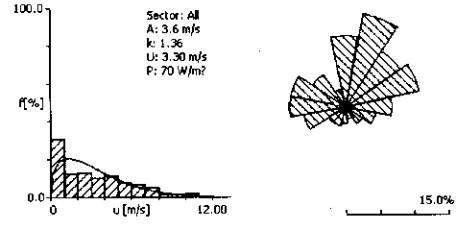
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



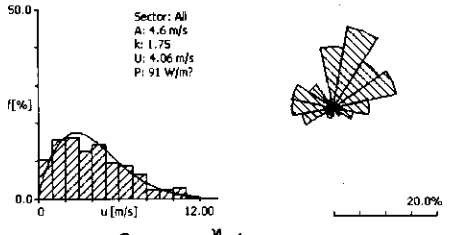
ตุลาคม รวมลมสงบ



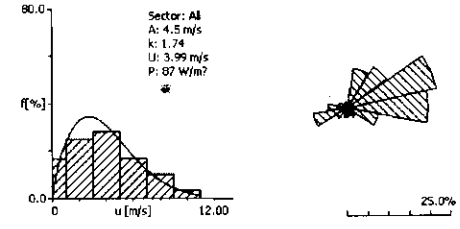
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



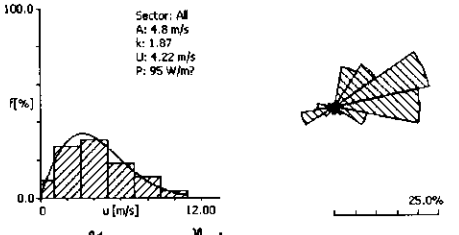
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



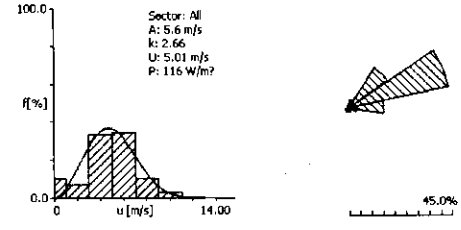
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



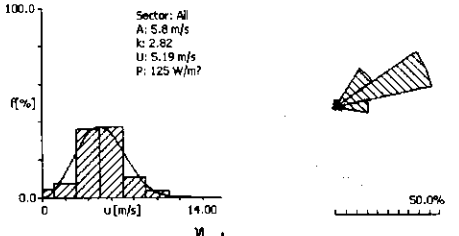
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

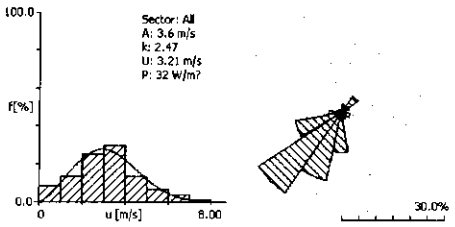


มกราคม รวมลมสงบ

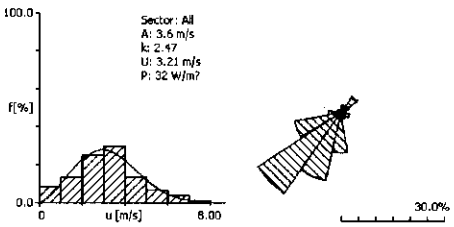


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

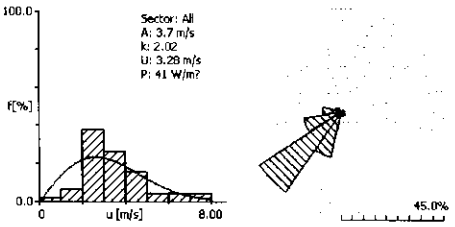
รูปที่ 4.37 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา



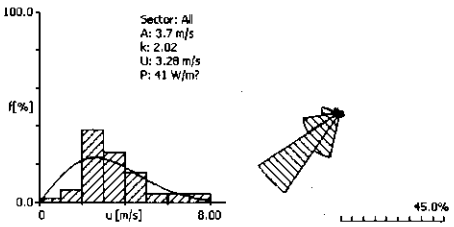
สิงหาคม รวมลมสงบ



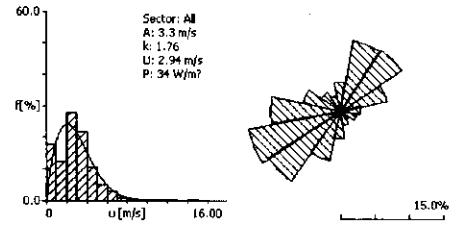
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



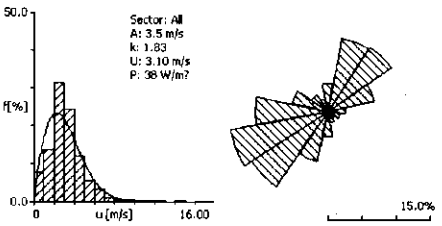
กันยายน รวมลมสงบ



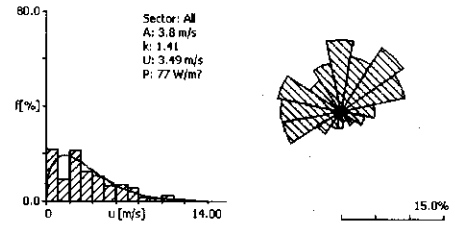
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



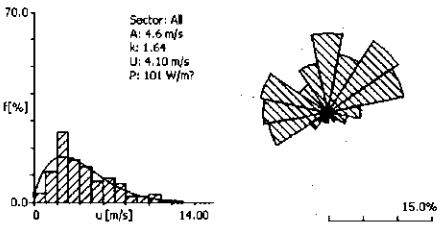
ตุลาคม รวมลมสงบ



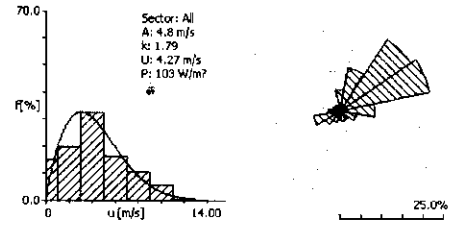
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



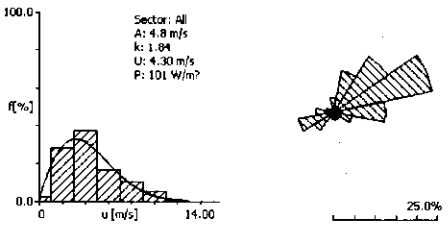
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



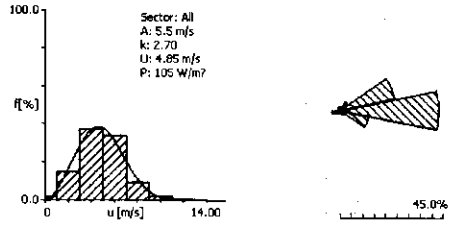
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



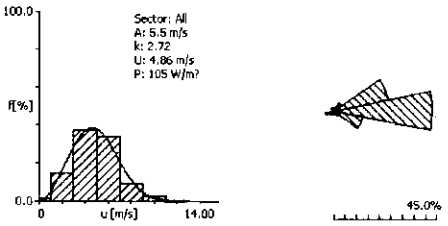
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

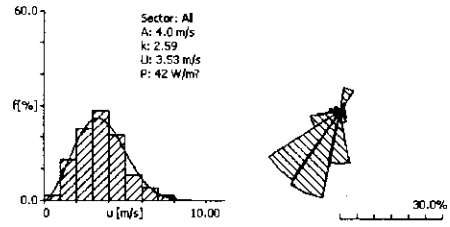


มกราคม รวมลมสงบ

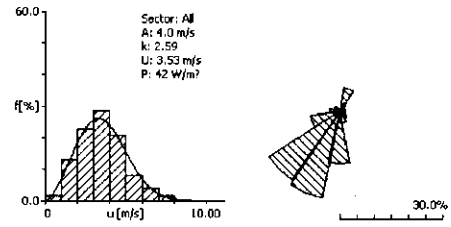


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

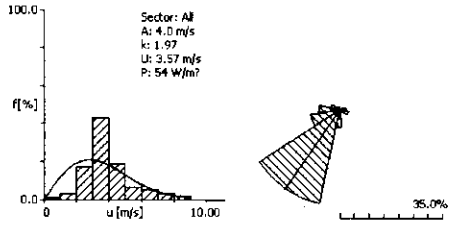
รูปที่ 4.38 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m.
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา



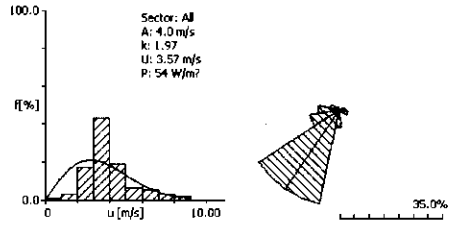
สิงหาคม รวมลมสงบ



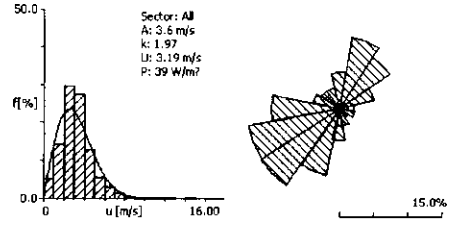
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



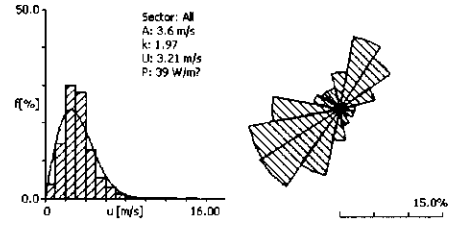
กันยายน รวมลมสงบ



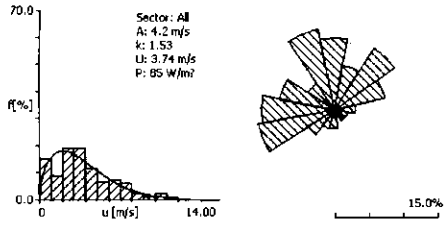
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



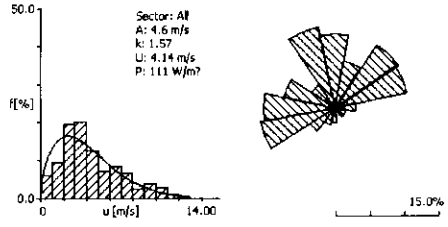
ตุลาคม รวมลมสงบ



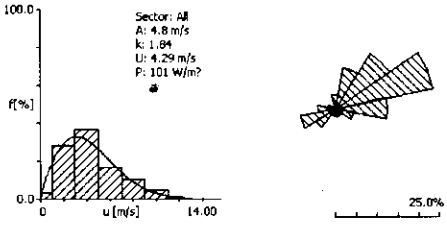
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



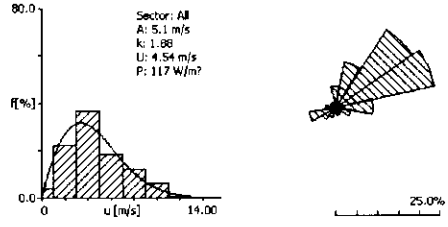
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



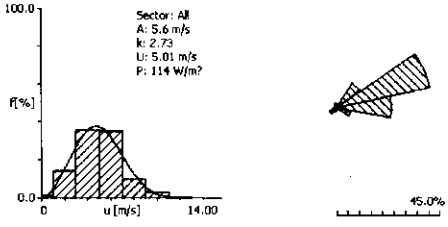
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



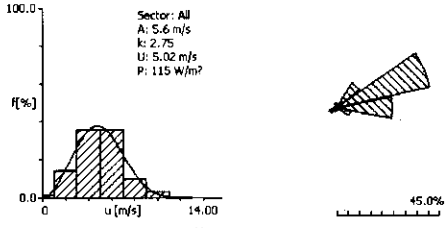
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

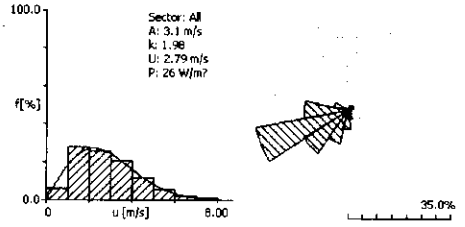


มกราคม รวมลมสงบ

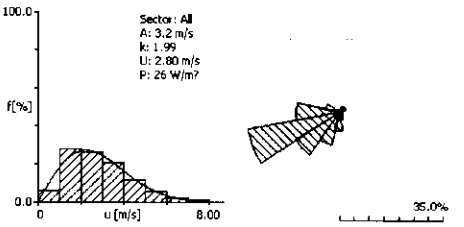


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

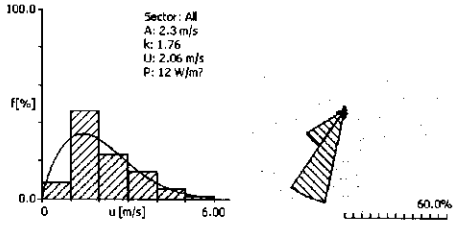
รูปที่ 4.39 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา



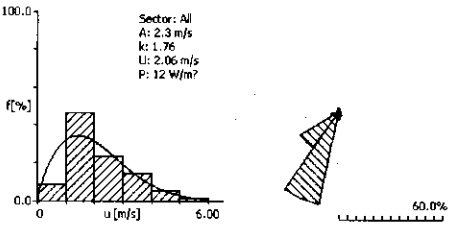
สิงหาคม รวมลมสงบ



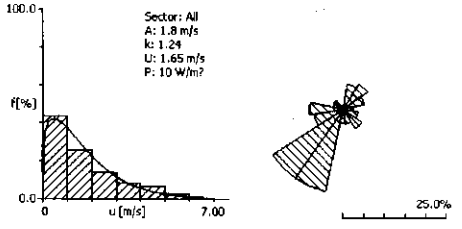
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



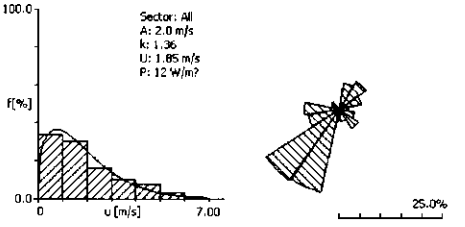
กันยายน รวมลมสงบ



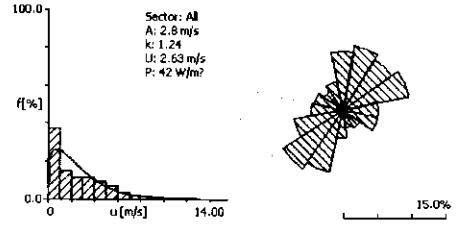
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



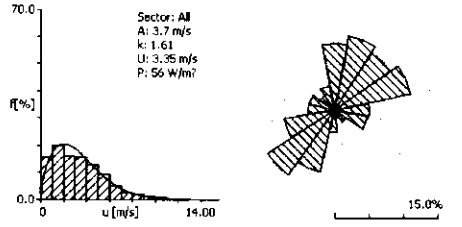
ตุลาคม รวมลมสงบ



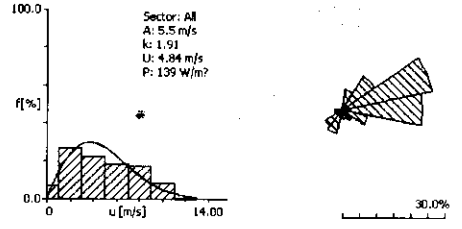
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



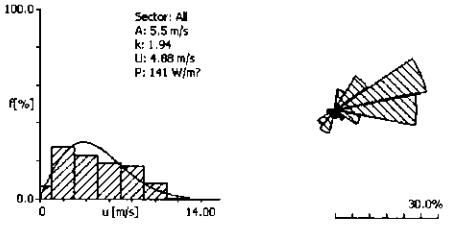
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



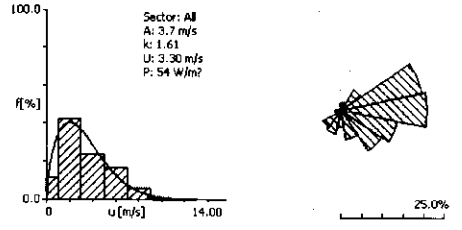
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



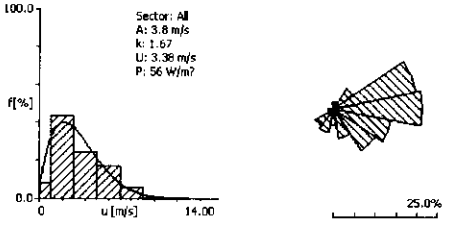
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

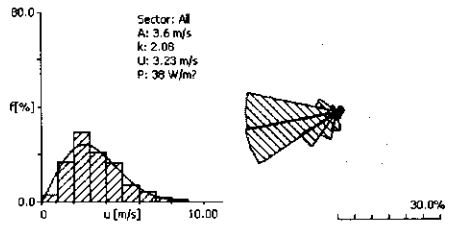


มกราคม รวมลมสงบ

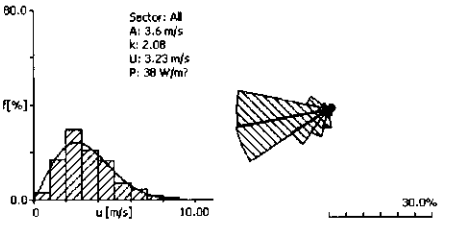


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

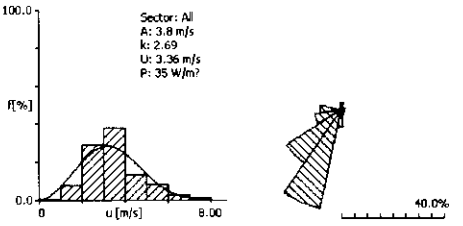
รูปที่ 4.40 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา



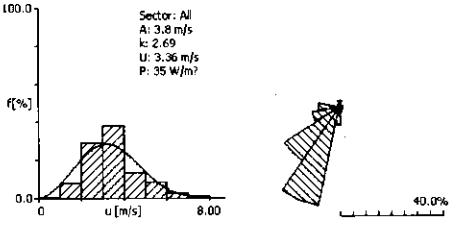
สิงหาคม รวมลมสงบ



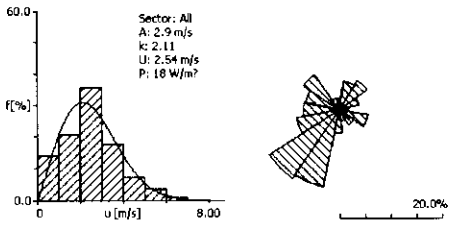
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



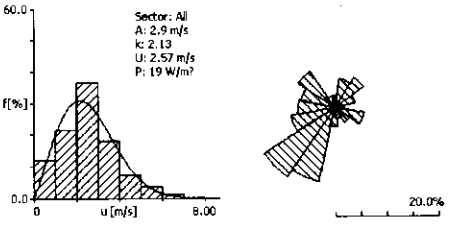
กันยายน รวมลมสงบ



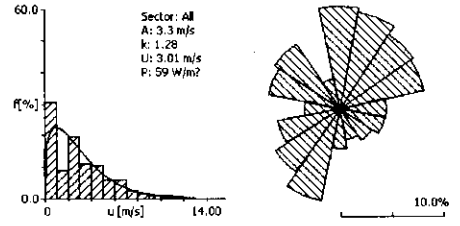
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



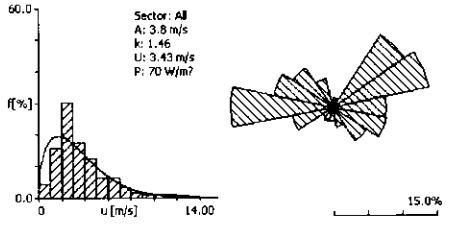
ตุลาคม รวมลมสงบ



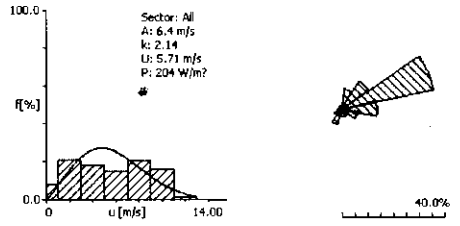
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



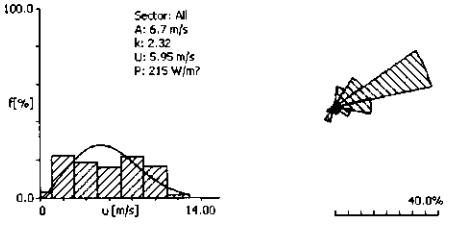
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



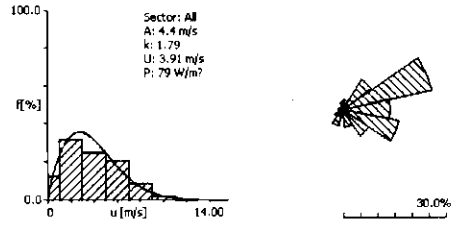
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



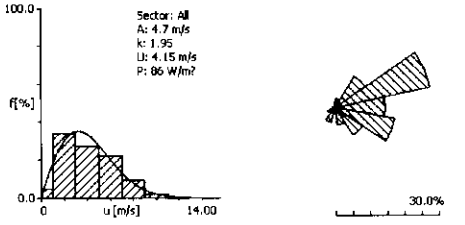
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

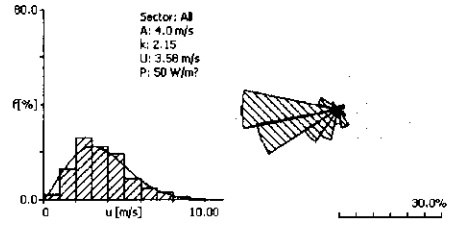


มกราคม รวมลมสงบ

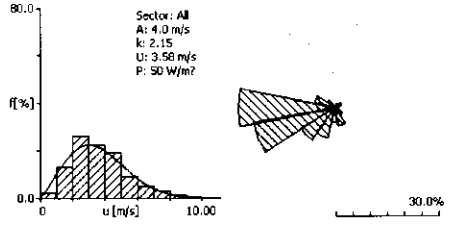


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

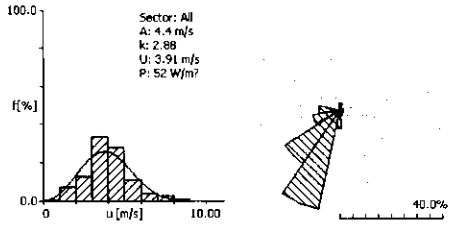
รูปที่ 4.41 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา



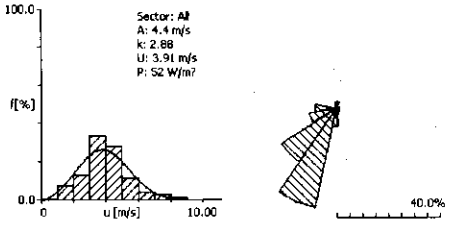
สิงหาคม รวมลมสงบ



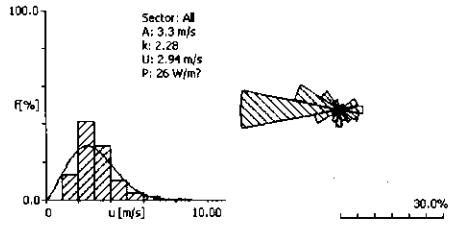
สิงหาคม ไม่รวมลมสงบ



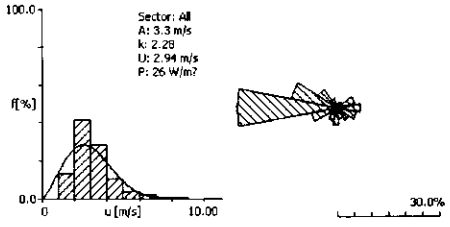
กันยายน รวมลมสงบ



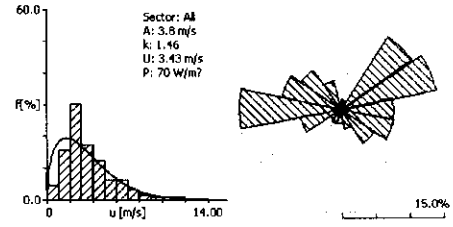
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



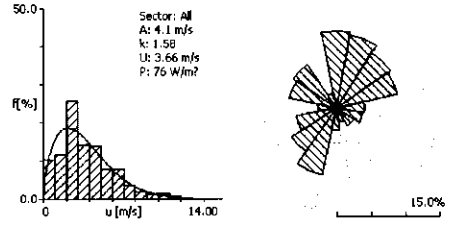
ตุลาคม รวมลมสงบ



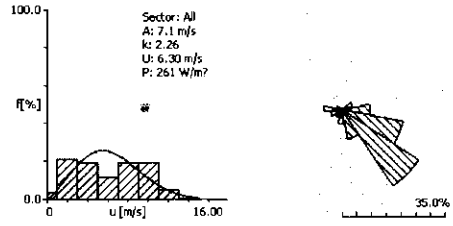
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



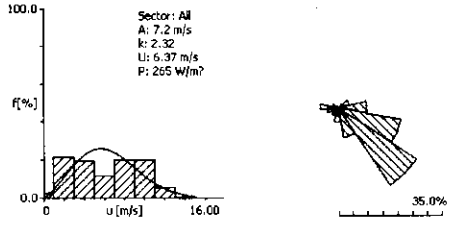
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



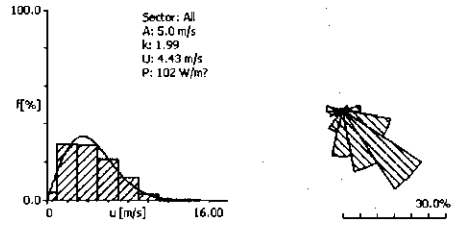
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



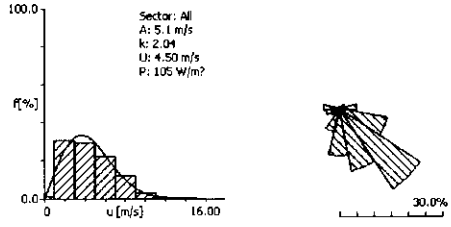
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

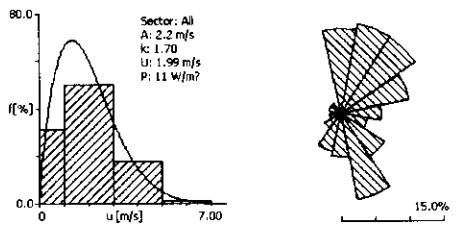


มกราคม รวมลมสงบ

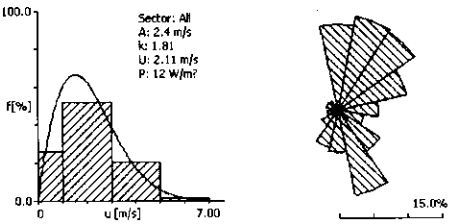


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

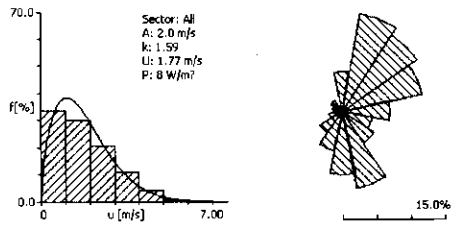
รูปที่ 4.42 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา



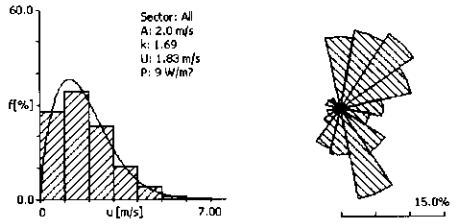
ตุลาคม รวมลมสงบ



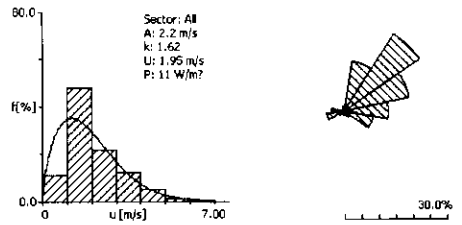
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



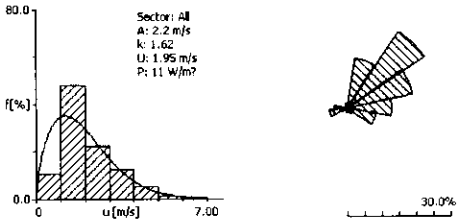
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



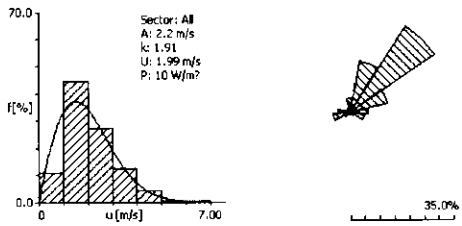
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



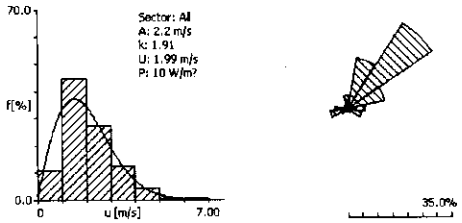
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

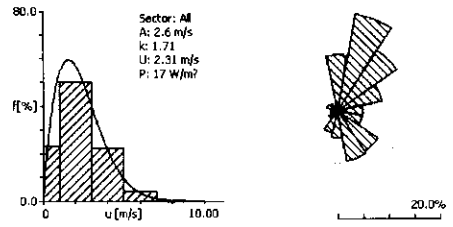


มกราคม รวมลมสงบ

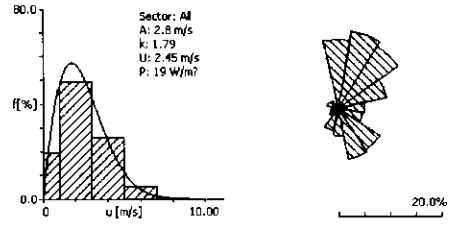


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

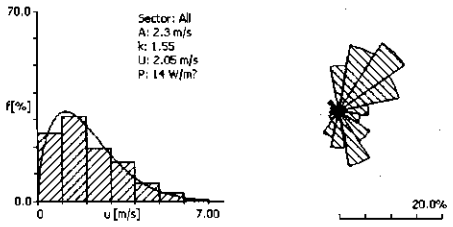
รูปที่ 4.43 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่



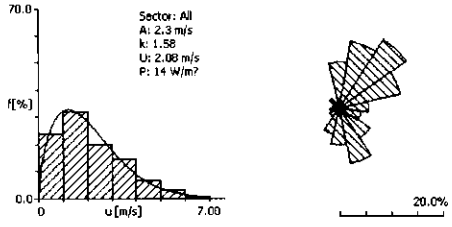
ตุลาคม รวมลมสงบ



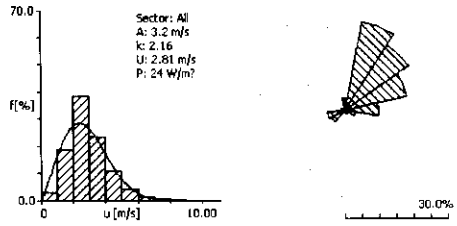
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



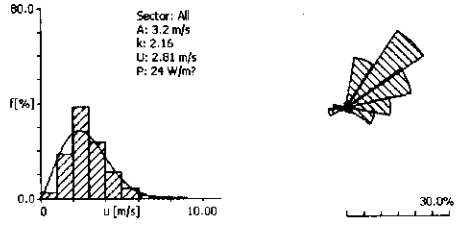
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



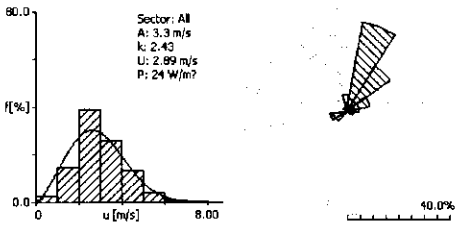
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



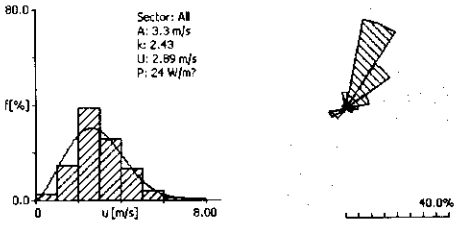
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

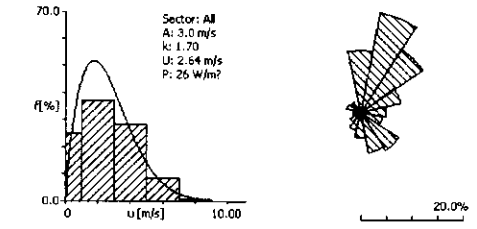


มกราคม รวมลมสงบ

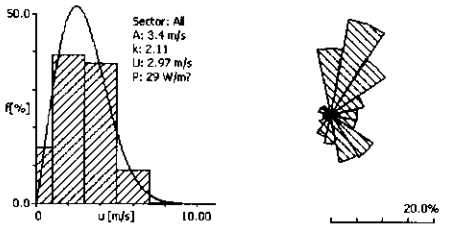


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

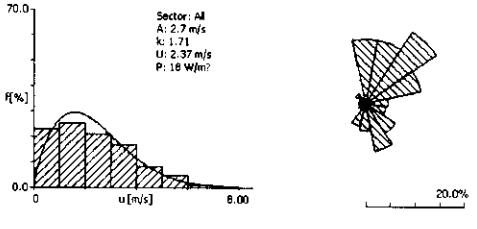
รูปที่ 4.44 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ. กระบี่



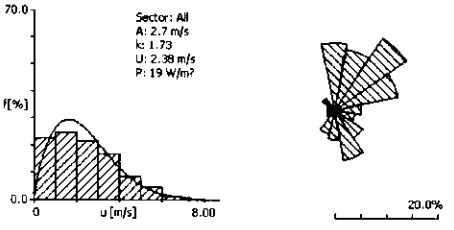
ตุลาคม รวมลมสงบ



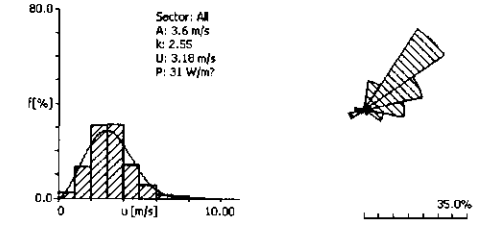
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



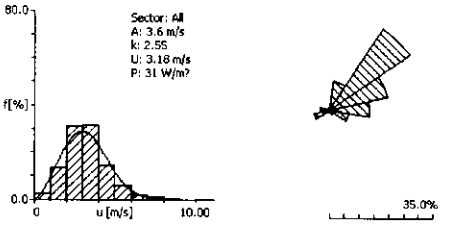
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



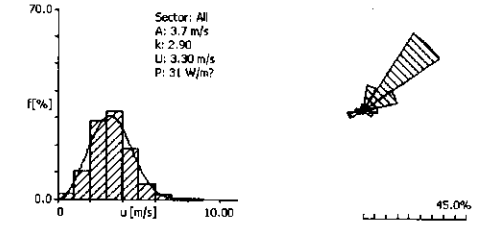
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสง



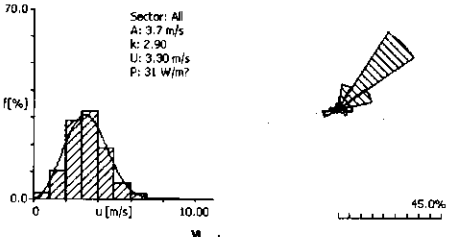
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

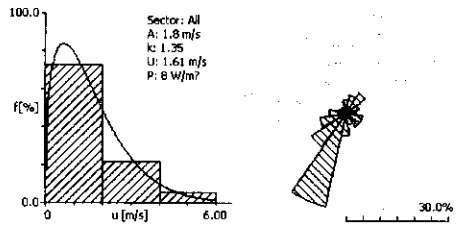


มกราคม รวมลมสงบ

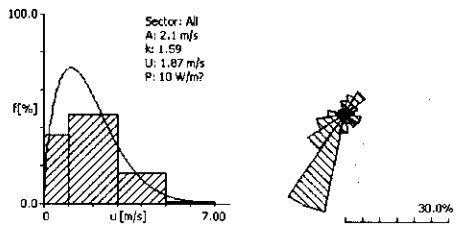


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

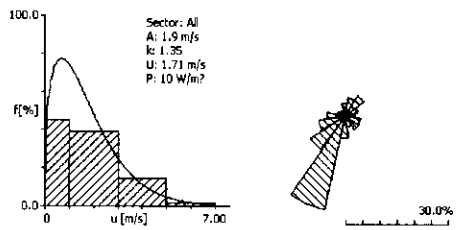
รูปที่ 4.45 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ. กระบี่



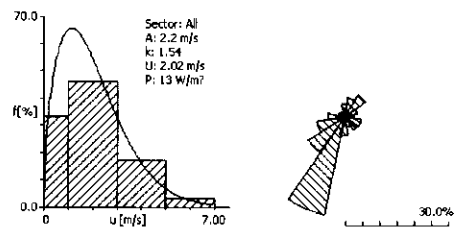
ตุลาคม รวมลมสงบ



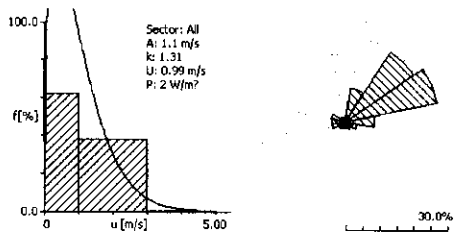
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



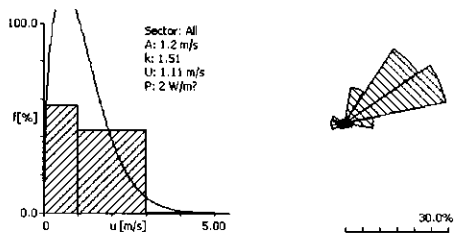
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



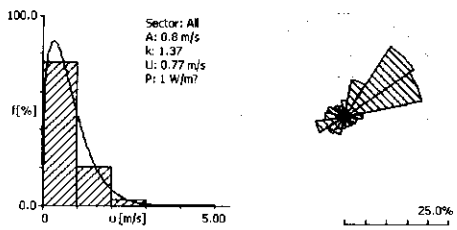
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



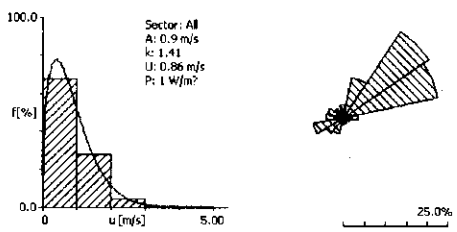
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

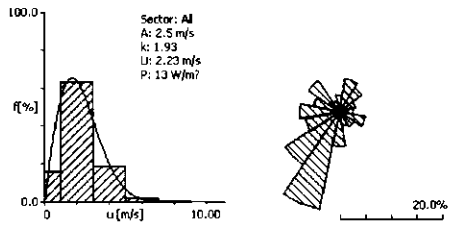


มกราคม รวมลมสงบ

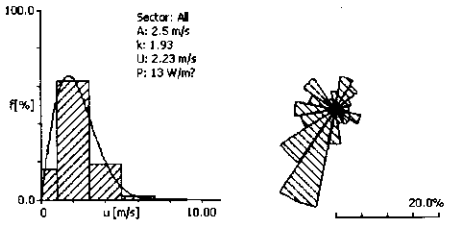


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

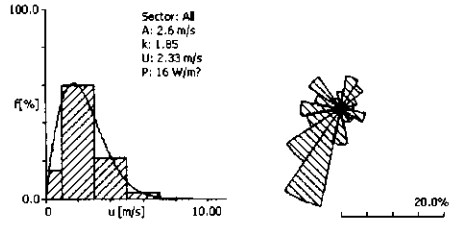
รูปที่ 4.46 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่



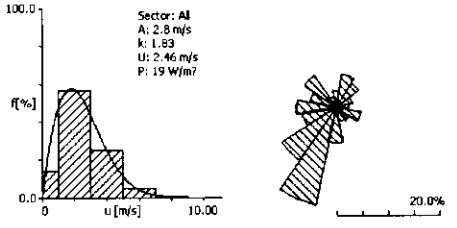
ตุลาคม รวมลมสงบ



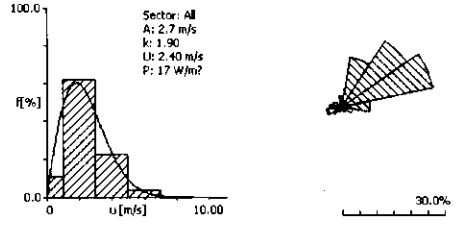
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



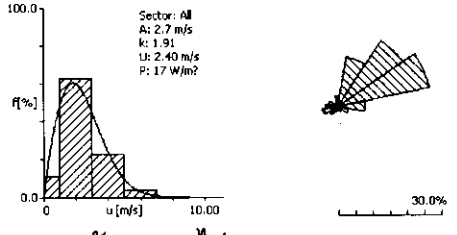
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



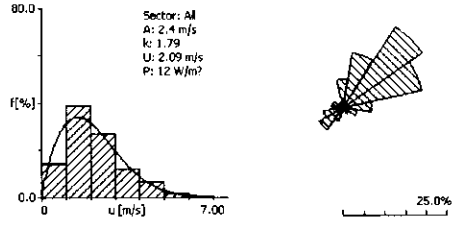
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



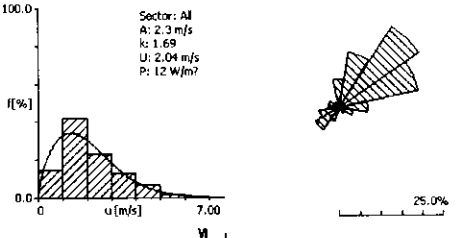
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

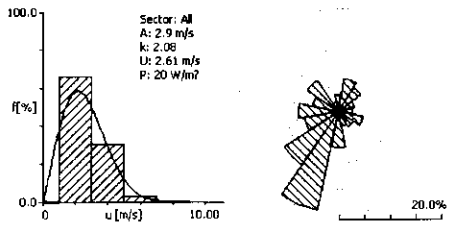


มกราคม รวมลมสงบ

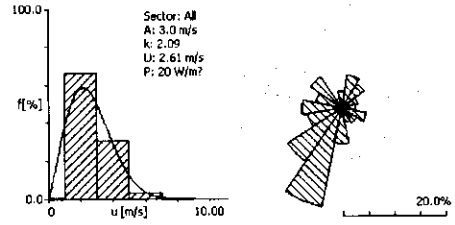


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

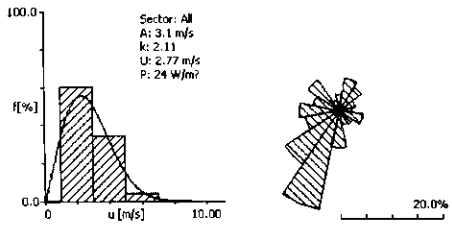
รูปที่ 4.47 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่



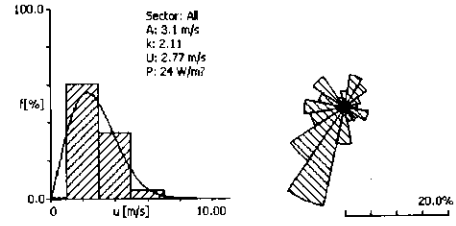
ตุลาคม รวมลมสงบ



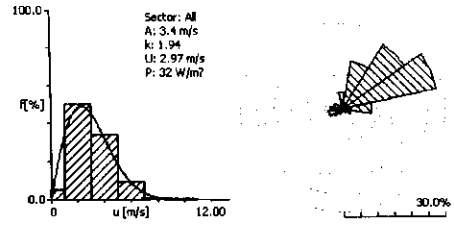
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



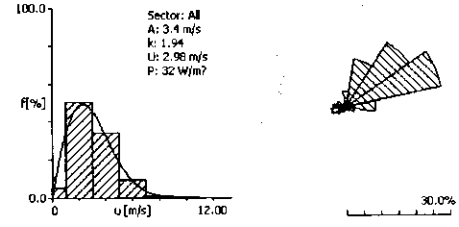
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



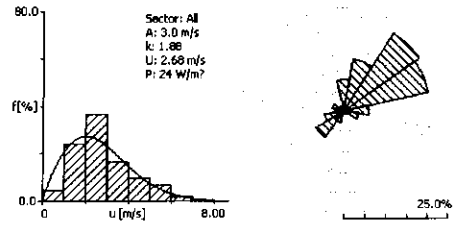
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



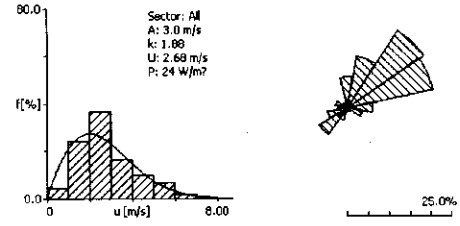
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

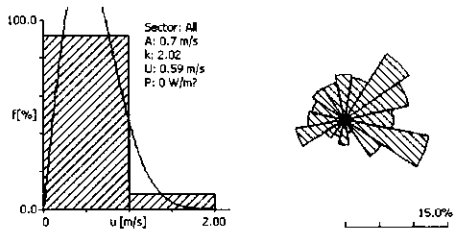


มกราคม รวมลมสงบ

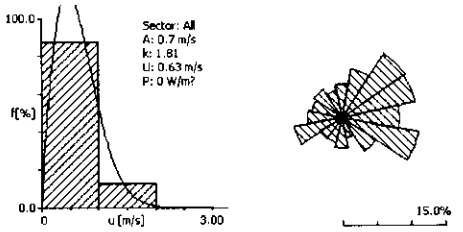


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

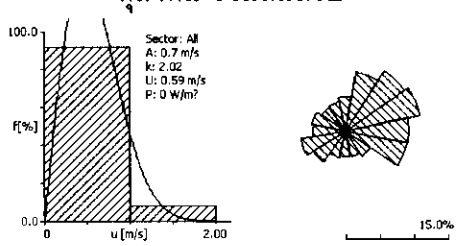
รูปที่ 4.48 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m
สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่



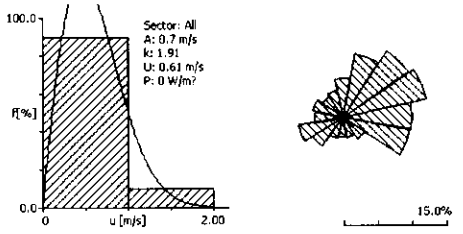
ตุลาคม รวมลมสงบ



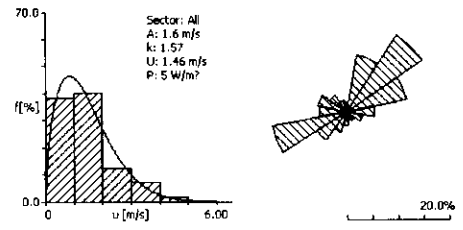
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



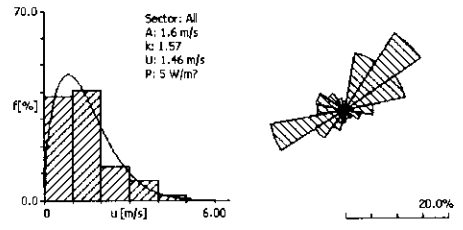
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



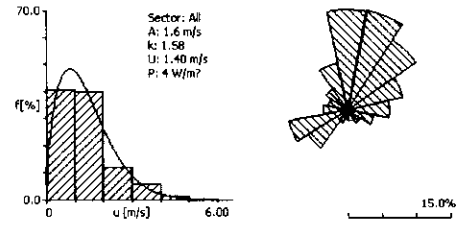
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



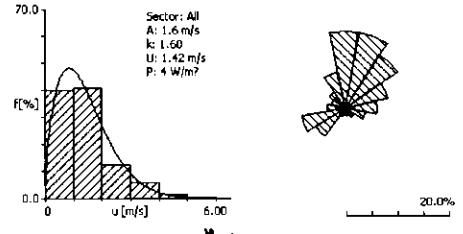
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

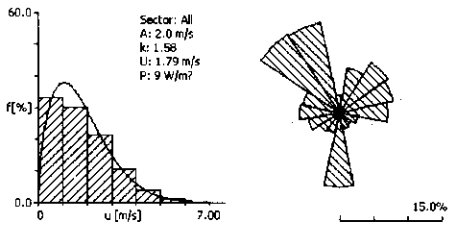


มกราคม รวมลมสงบ

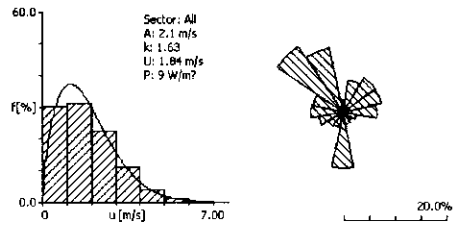


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

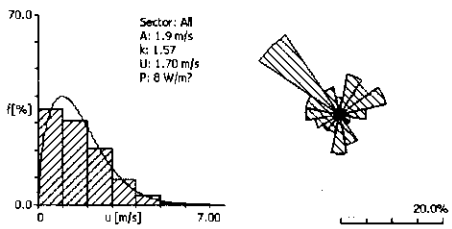
รูปที่ 4.49 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง



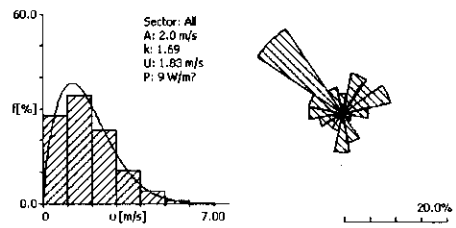
ตุลาคม รวมลมสงบ



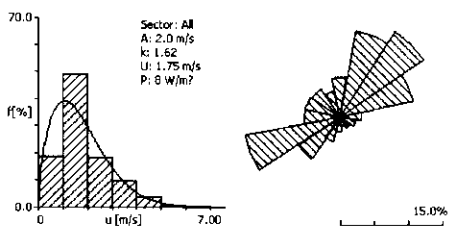
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



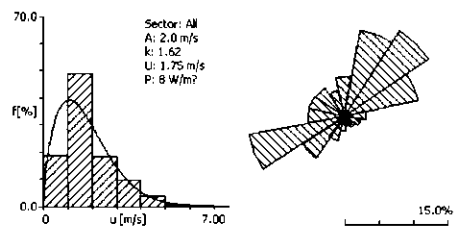
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



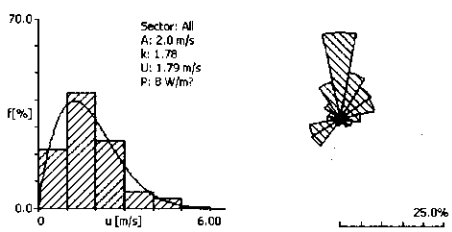
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



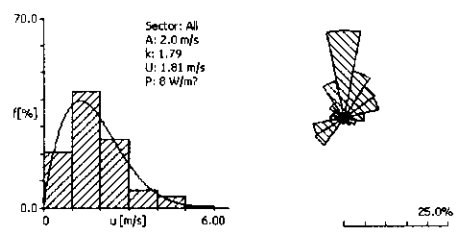
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

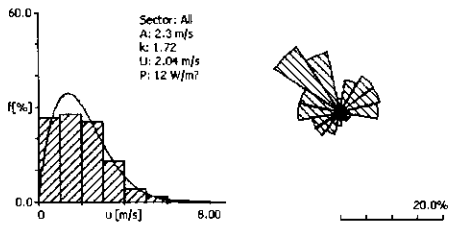


มกราคม รวมลมสงบ

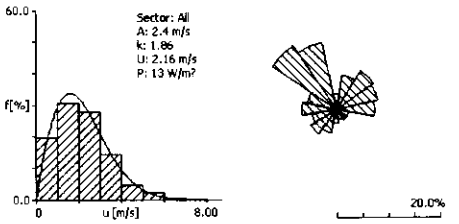


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

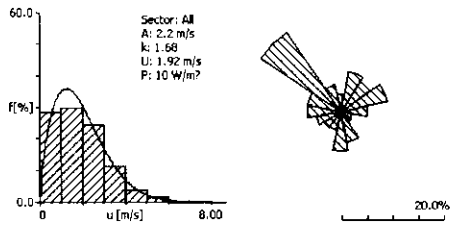
รูปที่ 4.50 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง



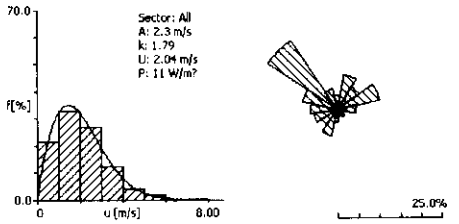
ตุลาคม รวมลมสงบ



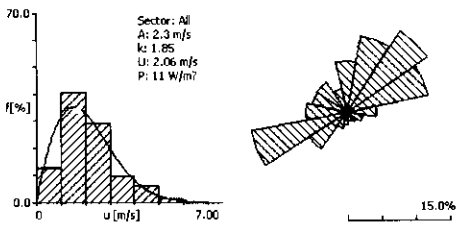
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



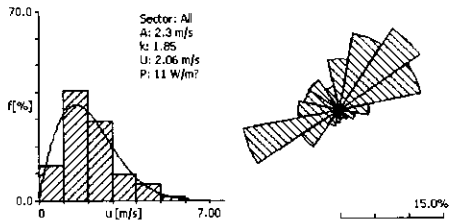
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



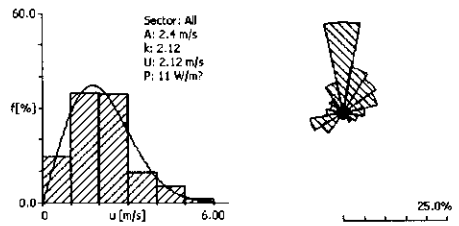
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



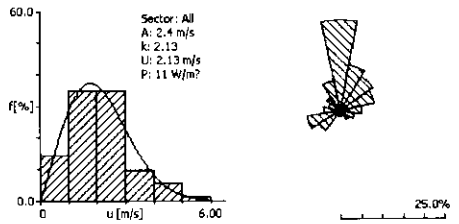
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

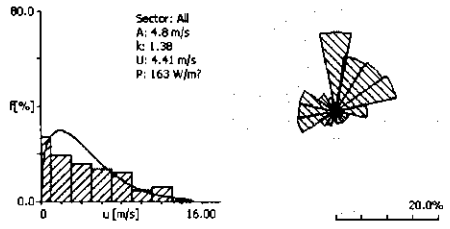


มกราคม รวมลมสงบ

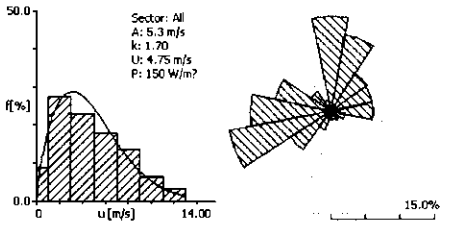


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

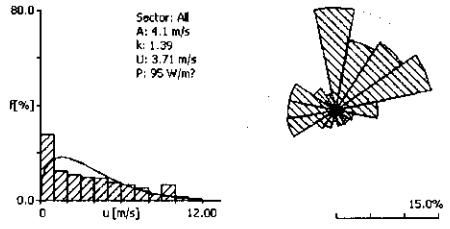
รูปที่ 4.51 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง



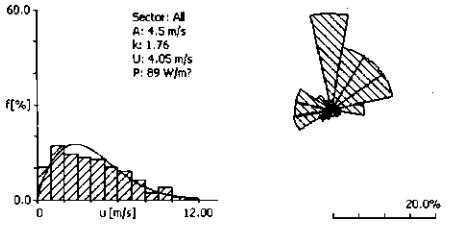
กันยายน รวมลมสงบ



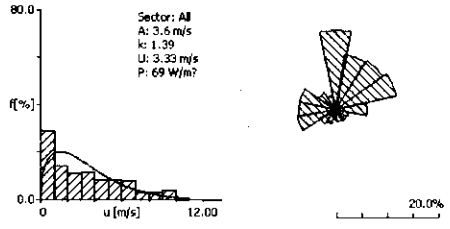
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



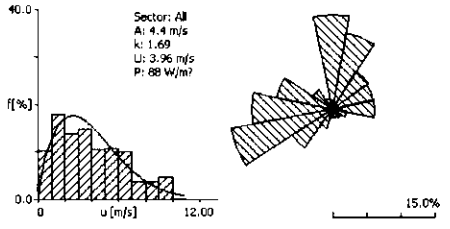
ตุลาคม รวมลมสงบ



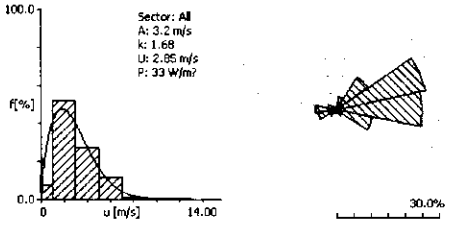
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



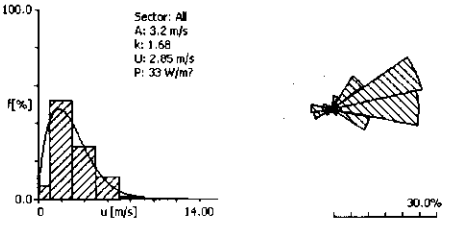
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



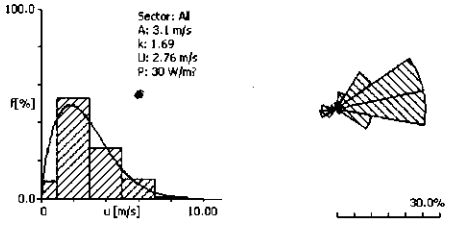
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



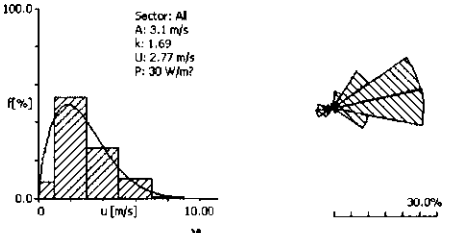
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

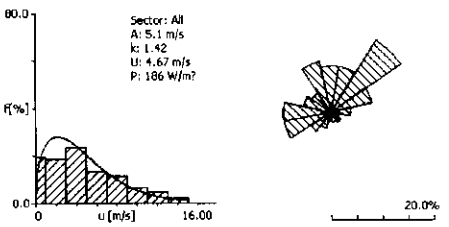


มกราคม รวมลมสงบ

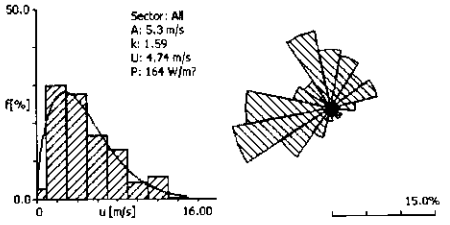


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

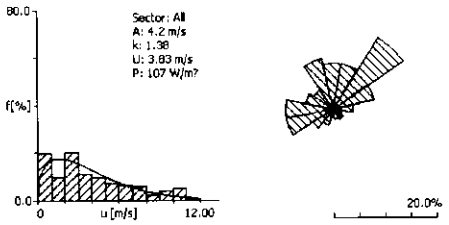
รูปที่ 4.52 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 20 m สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล



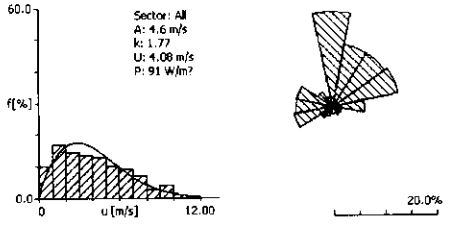
กันยายน รวมลมสงบ



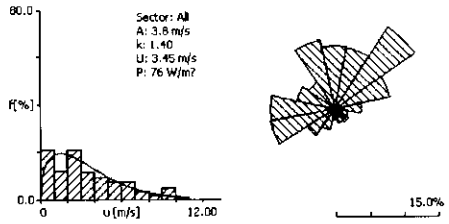
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



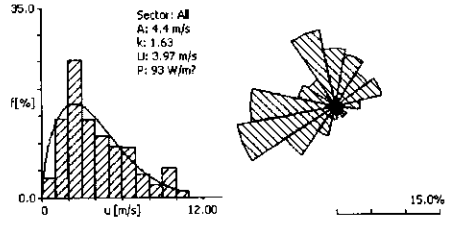
ตุลาคม รวมลมสงบ



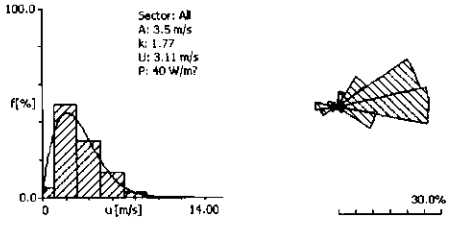
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



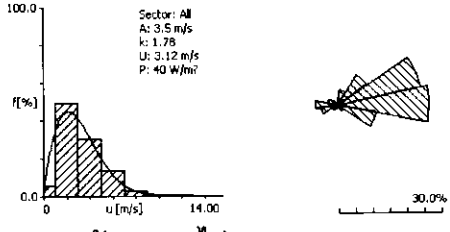
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



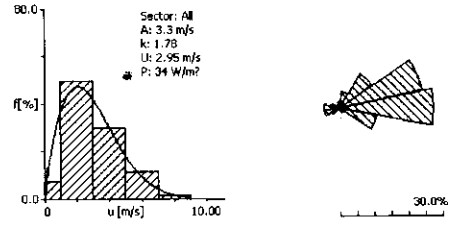
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



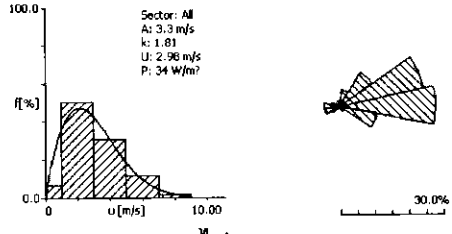
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

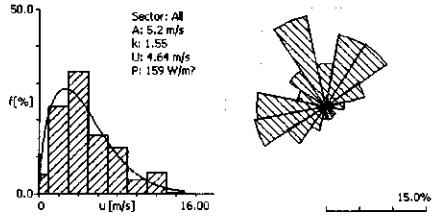


มกราคม รวมลมสงบ

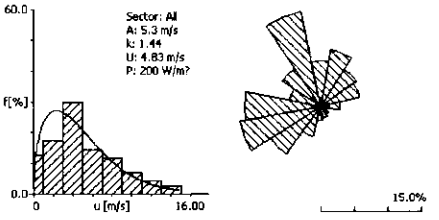


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

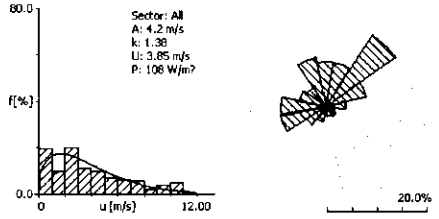
รูปที่ 4.53 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 30 m
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล



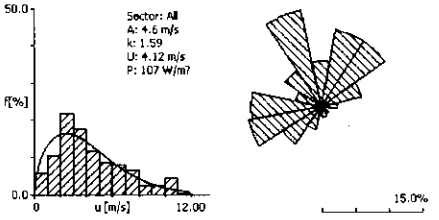
กันยายน รวมลมสงบ



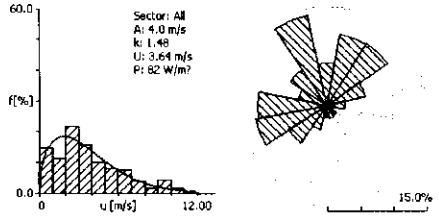
กันยายน ไม่รวมลมสงบ



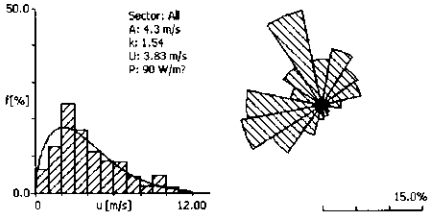
ตุลาคม รวมลมสงบ



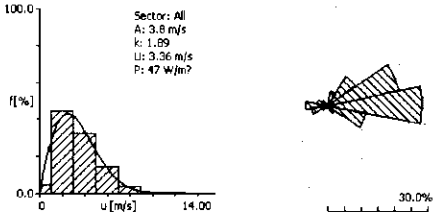
ตุลาคม ไม่รวมลมสงบ



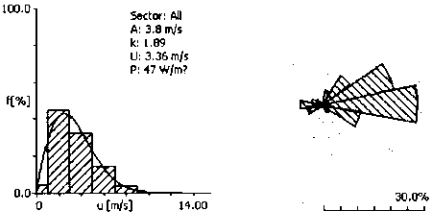
พฤศจิกายน รวมลมสงบ



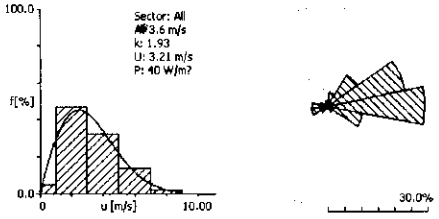
พฤศจิกายน ไม่รวมลมสงบ



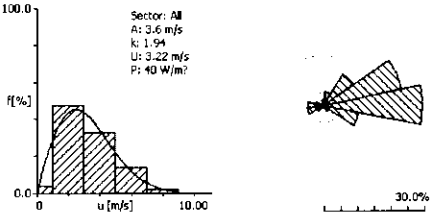
ธันวาคม รวมลมสงบ



ธันวาคม ไม่รวมลมสงบ

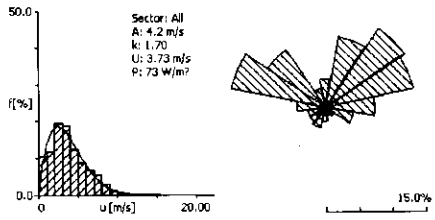


มกราคม รวมลมสงบ

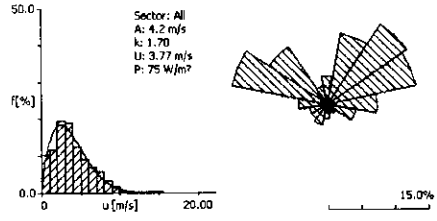


มกราคม ไม่รวมลมสงบ

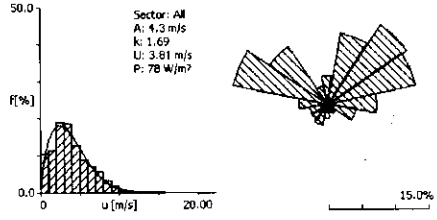
รูปที่ 4.54 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40 m สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล



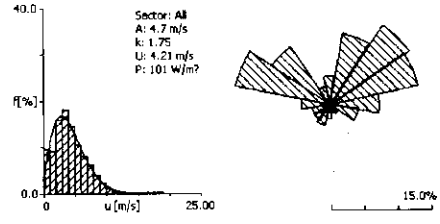
ระดับความสูง 45 m



ระดับความสูง 50 m

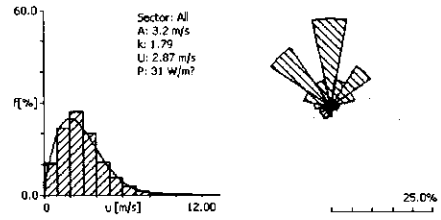


ระดับความสูง 60 m

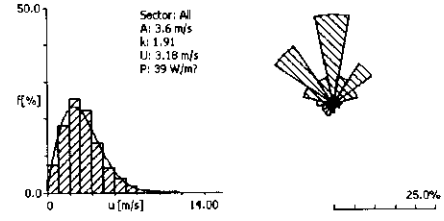


ระดับความสูง 67 m

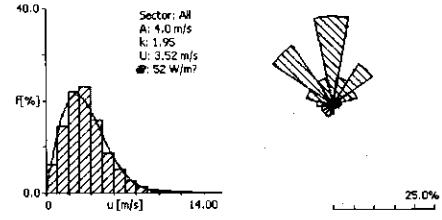
รูปที่ 4.55 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี



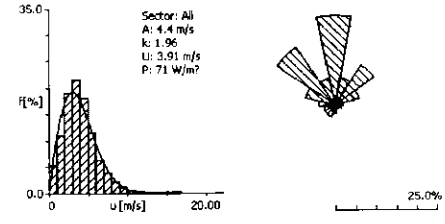
ระดับความสูง 45 m



ระดับความสูง 50 m

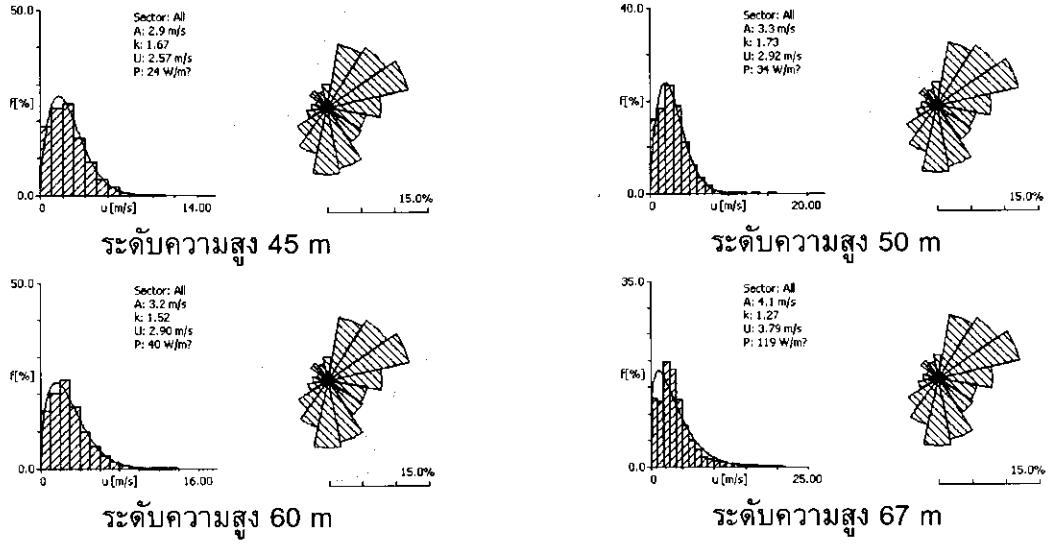


ระดับความสูง 60 m

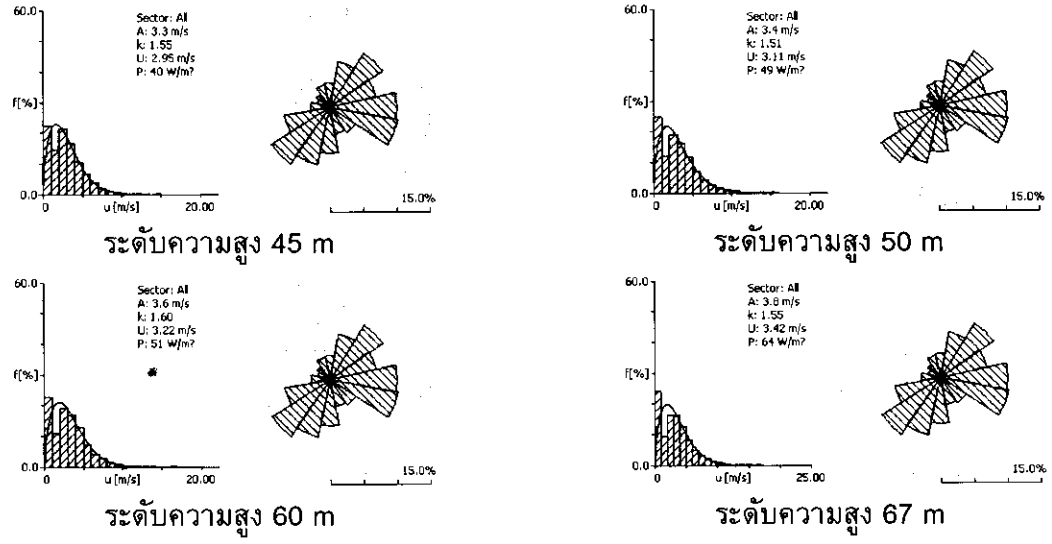


ระดับความสูง 67 m

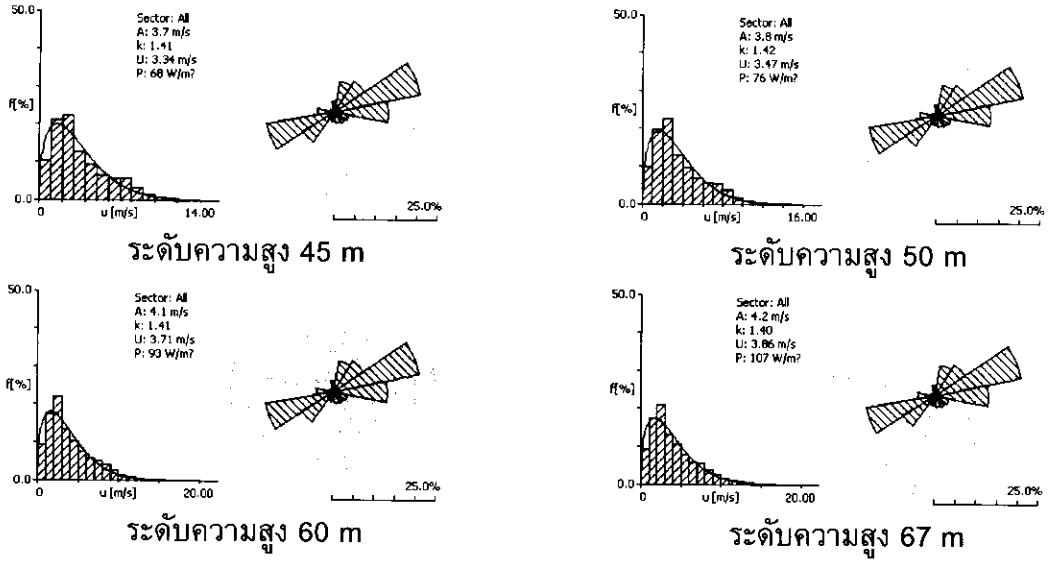
รูปที่ 4.56 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี



รูปที่ 4.57 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี



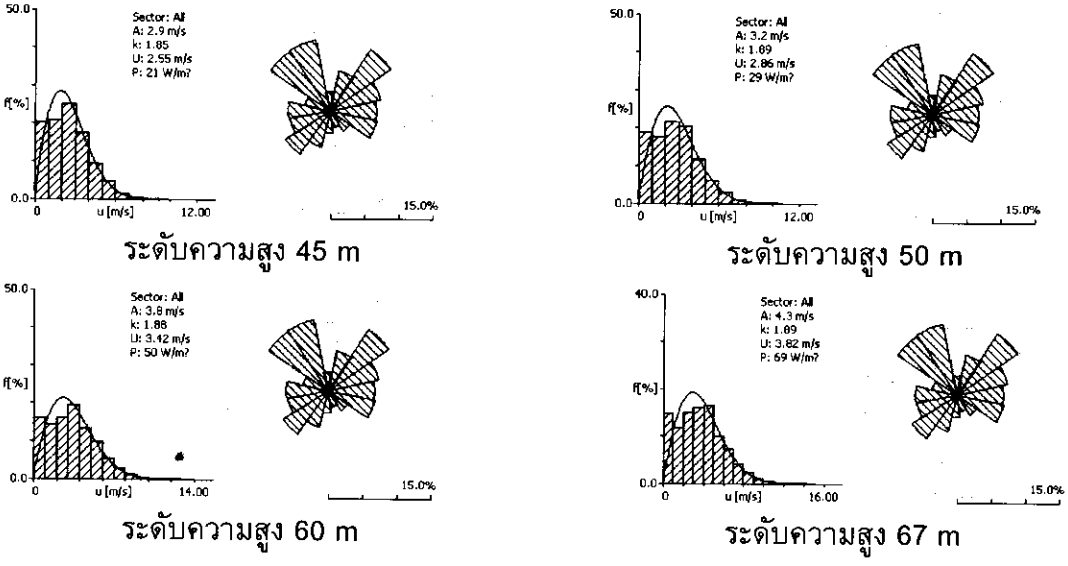
รูปที่ 4.58 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี



ระดับความสูง 45 m ระดับความสูง 50 m

ระดับความสูง 60 m ระดับความสูง 67 m

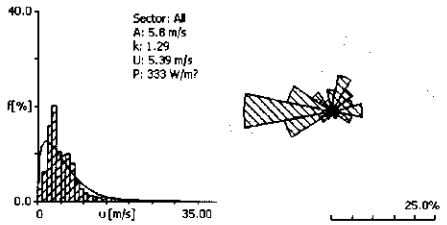
รูปที่ 4.59 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช



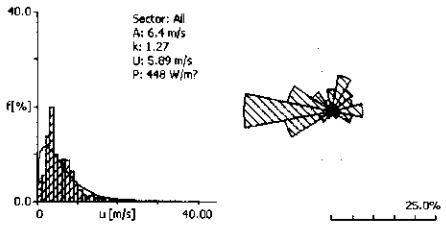
ระดับความสูง 45 m ระดับความสูง 50 m

ระดับความสูง 60 m ระดับความสูง 67 m

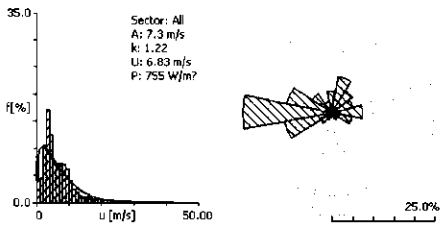
รูปที่ 4.60 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช



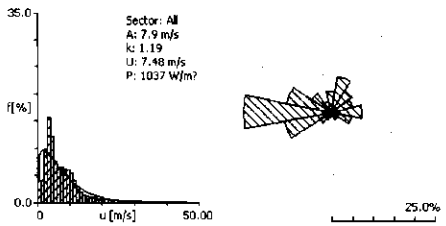
ระดับความสูง 45 m



ระดับความสูง 50 m

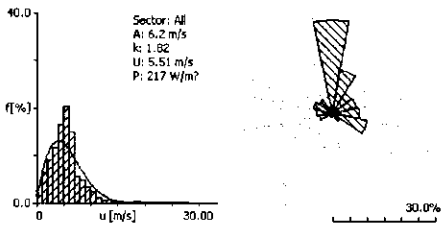


ระดับความสูง 60 m

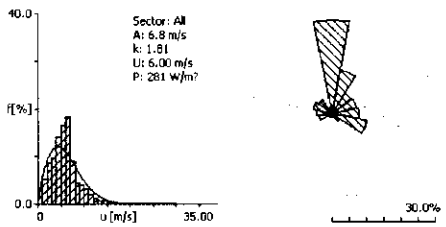


ระดับความสูง 67 m

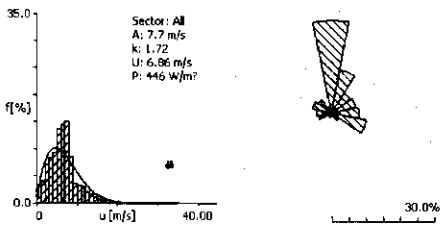
รูปที่ 4.61 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช



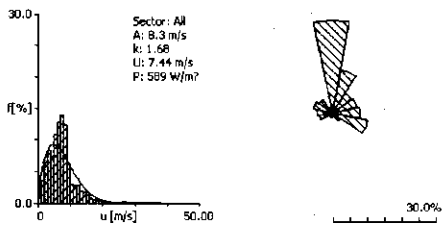
ระดับความสูง 45 m



ระดับความสูง 50 m

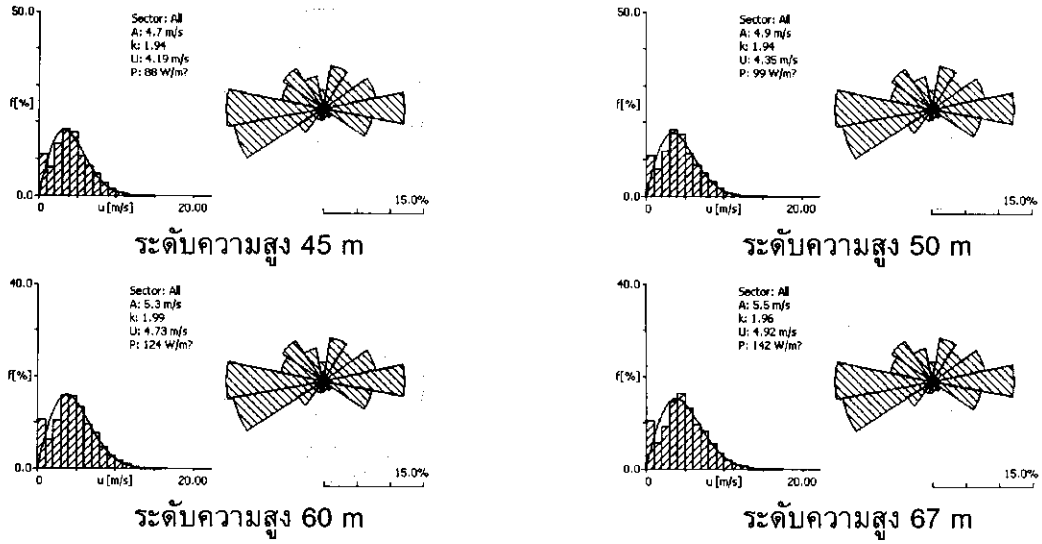


ระดับความสูง 60 m

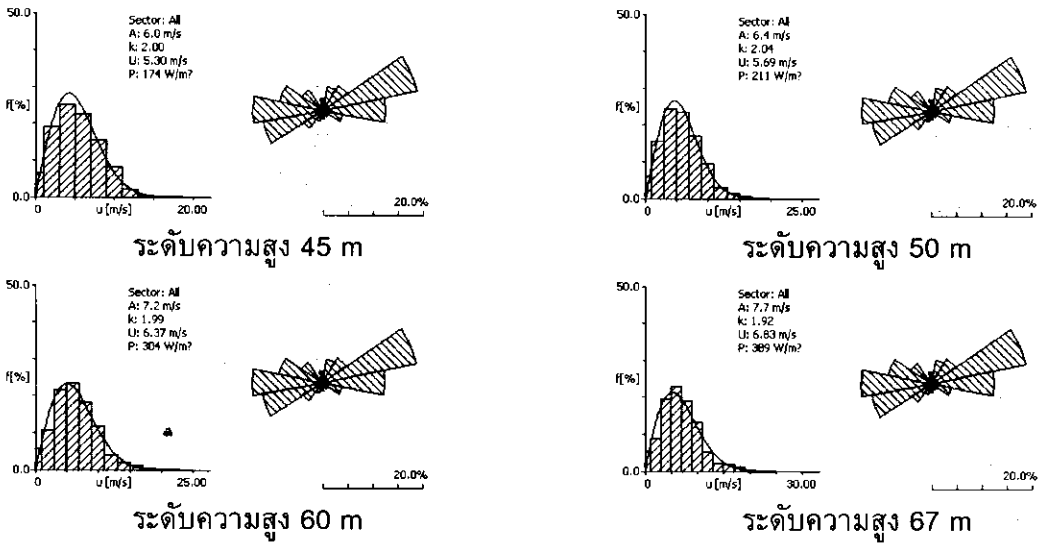


ระดับความสูง 67 m

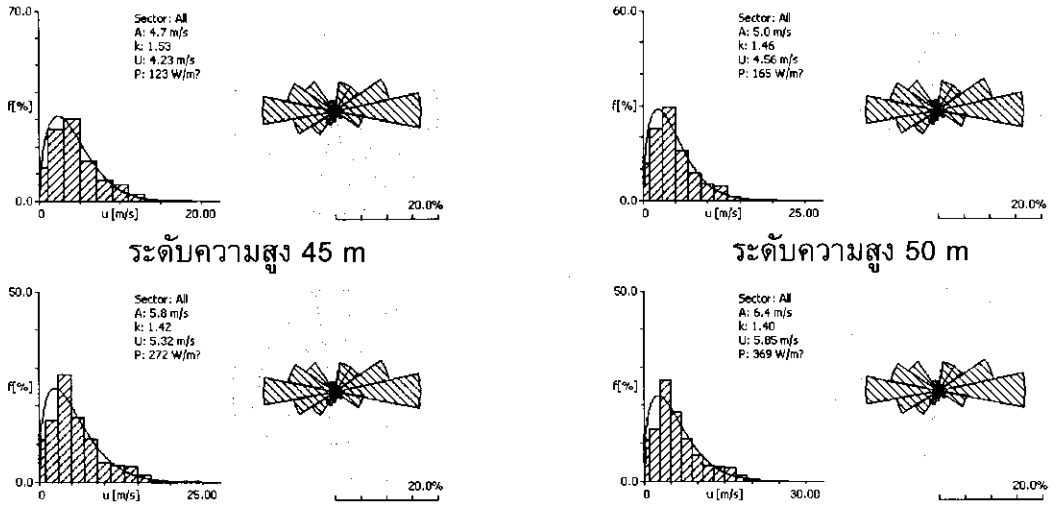
รูปที่ 4.62 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม กันยายน-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช



รูปที่ 4.63 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม สิงหาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช



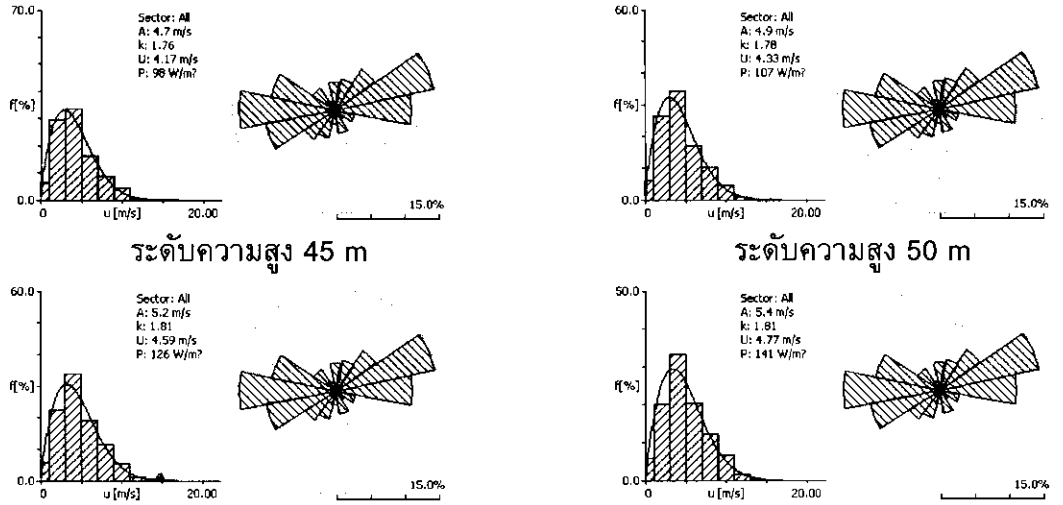
รูปที่ 4.64 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม สิงหาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา



ระดับความสูง 45 m ระดับความสูง 50 m

ระดับความสูง 60 m ระดับความสูง 67 m

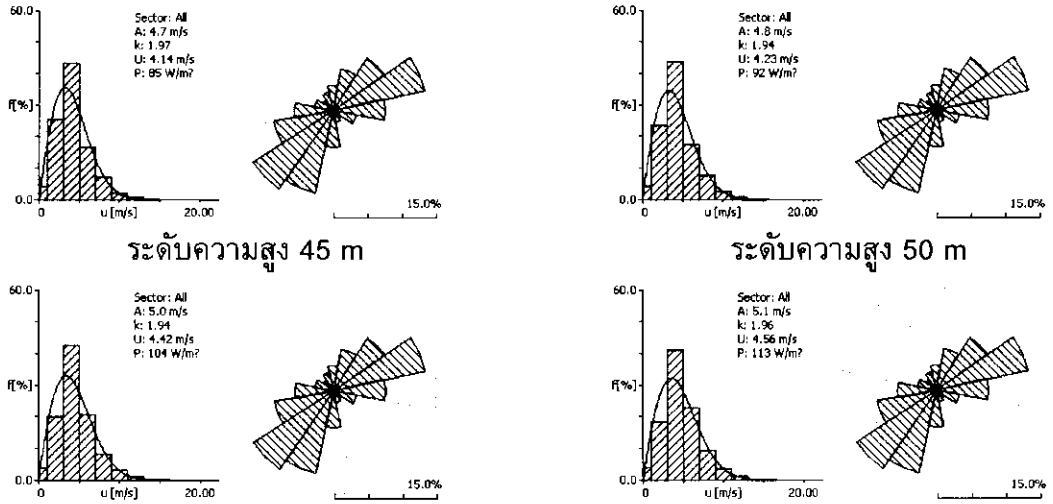
รูปที่ 4.65 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม สิงหาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา



ระดับความสูง 45 m ระดับความสูง 50 m

ระดับความสูง 60 m ระดับความสูง 67 m

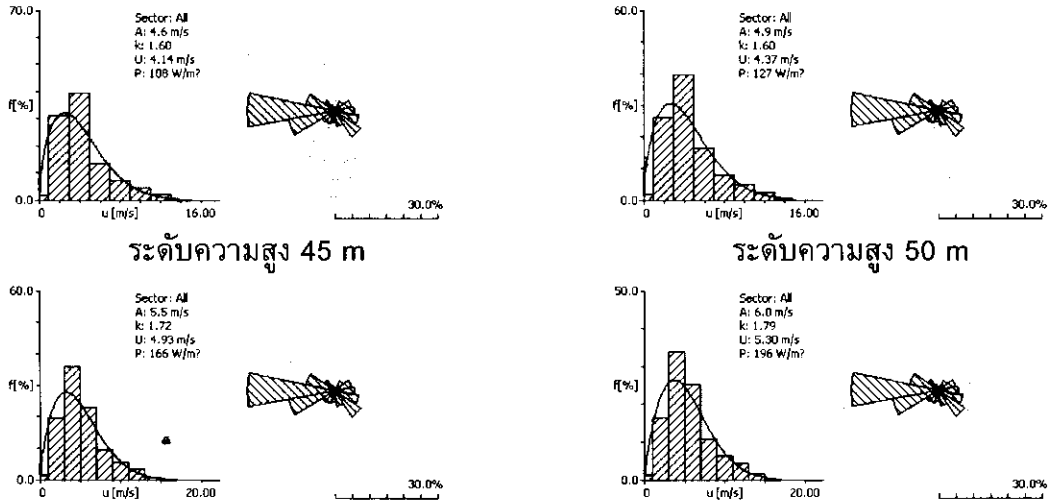
รูปที่ 4.66 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม สิงหาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา



ระดับความสูง 45 m ระดับความสูง 50 m

ระดับความสูง 60 m ระดับความสูง 67 m

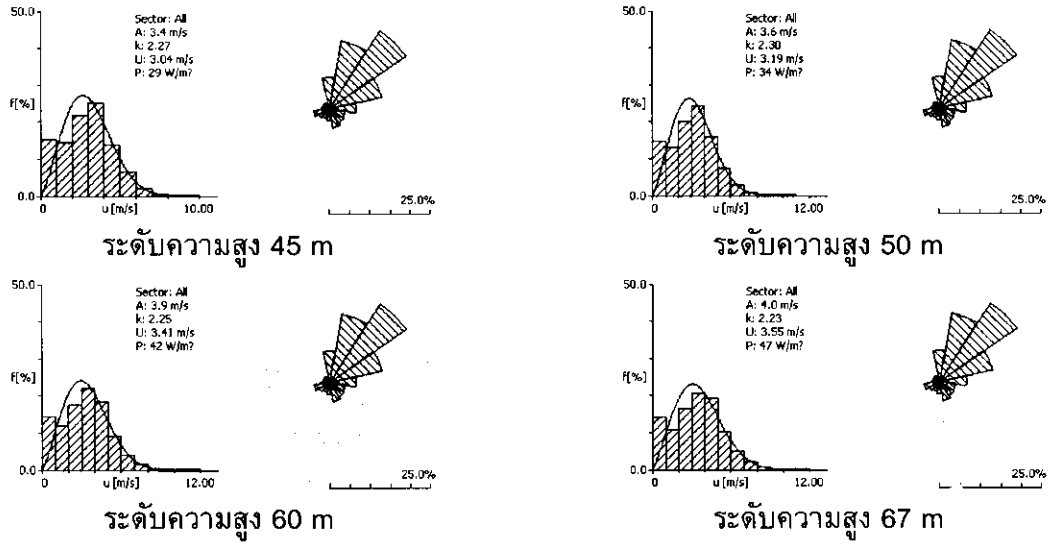
รูปที่ 4.67 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม สิงหาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา



ระดับความสูง 45 m ระดับความสูง 50 m

ระดับความสูง 60 m ระดับความสูง 67 m

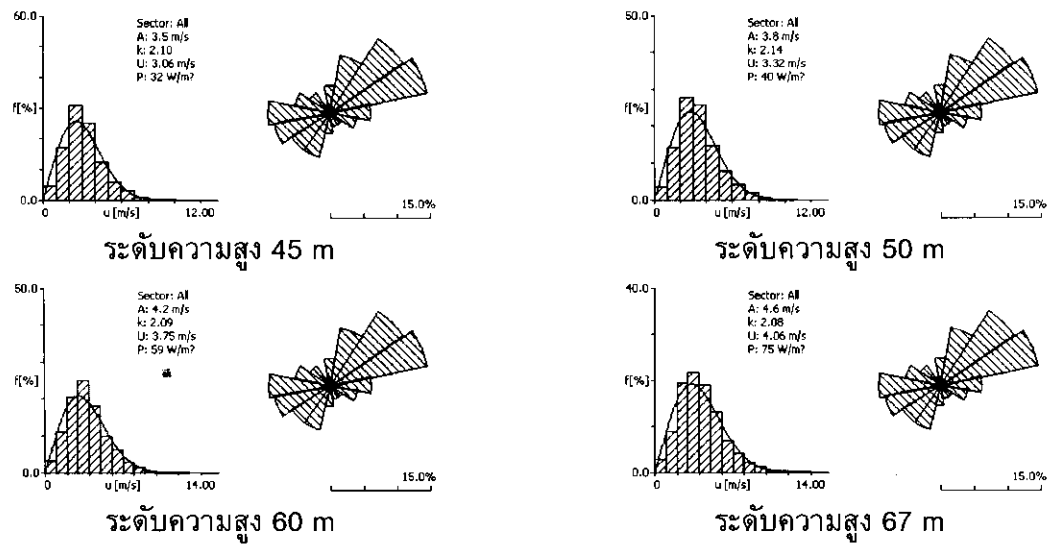
รูปที่ 4.68 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม สิงหาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา



ระดับความสูง 45 m ระดับความสูง 50 m

ระดับความสูง 60 m ระดับความสูง 67 m

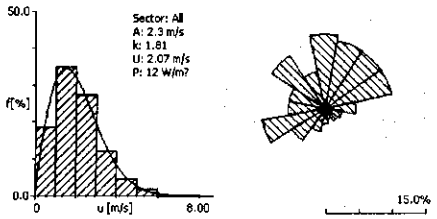
รูปที่ 4.69 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม ตุลาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่



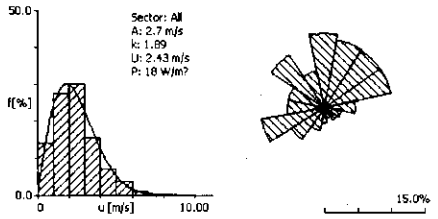
ระดับความสูง 45 m ระดับความสูง 50 m

ระดับความสูง 60 m ระดับความสูง 67 m

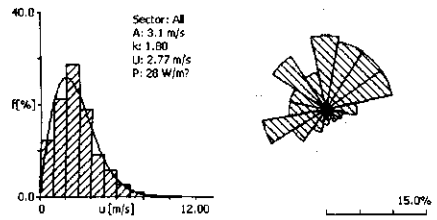
รูปที่ 4.70 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม ตุลาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่



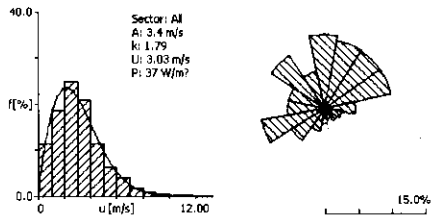
ระดับความสูง 45 m



ระดับความสูง 50 m

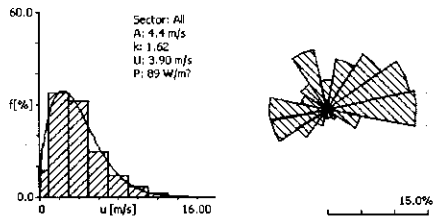


ระดับความสูง 60 m

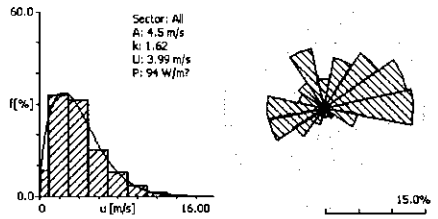


ระดับความสูง 67 m

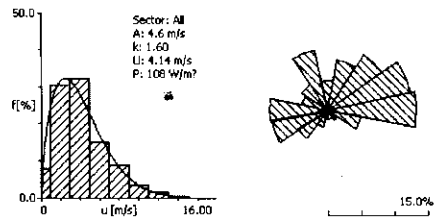
รูปที่ 4.71 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม ตุลาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง



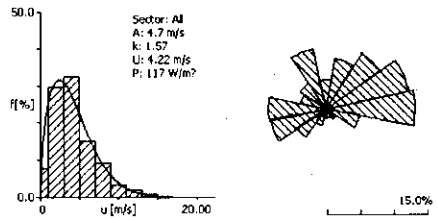
ระดับความสูง 45 m



ระดับความสูง 50 m



ระดับความสูง 60 m



ระดับความสูง 67 m

รูปที่ 4.72 การแจกแจงไวบุลล์และผังลมของข้อมูลภูมิอากาศลม ตุลาคม-มกราคม สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล

นอกจากนี้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติของอัตราเร็วลมยังได้จัดทำแผนที่ลม (Wind Atlas) ของแต่ละสถานีวิจัยทั้ง 18 สถานี เพื่อจัดทำเป็นแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐาน 10 m 25 m 50 m 100 m และ 200 m ที่ระดับความขรุขระ (Roughness Length) มาตรฐาน 0.00 m 0.03 m 0.1 m และ 0.4 m ตามลำดับ โดยในแผนที่ลมดังกล่าวได้แสดงพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ ไวบุลล์พารามิเตอร์ A และ k ค่าอัตราเร็วลมเฉลี่ย (Mean Speed) หน่วย m/s และค่าความหนาแน่นกำลัง (Power Density) หน่วย W/m^2 ตารางที่ 4.1-4.18 แสดงพารามิเตอร์ต่างๆ ดังกล่าวในแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐาน

ตารางที่ 4.1 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	4.6	3.1	2.7	2.1
	Weibull k	1.75	1.54	1.55	1.56
	Mean speed [m/s]	4.07	2.79	2.42	1.90
	Power density [W/m²]	91	35	23	11
25.0 m	Weibull A [m/s]	5.0	3.7	3.3	2.8
	Weibull k	1.79	1.64	1.63	1.63
	Mean speed [m/s]	4.45	3.33	2.99	2.51
	Power density [W/m²]	116	55	39	23
50.0 m	Weibull A [m/s]	5.4	4.3	3.9	3.4
	Weibull k	1.82	1.78	1.76	1.74
	Mean speed [m/s]	4.78	3.86	3.51	3.02
	Power density [W/m²]	141	76	58	38
100.0 m	Weibull A [m/s]	5.8	5.2	4.7	4.1
	Weibull k	1.78	1.86	1.88	1.90
	Mean speed [m/s]	5.19	4.58	4.18	3.65
	Power density [W/m²]	185	122	91	60
200.0 m	Weibull A [m/s]	6.4	6.4	5.8	5.0
	Weibull k	1.72	1.80	1.82	1.85
	Mean speed [m/s]	5.73	5.70	5.16	4.46
	Power density [W/m²]	261	242	177	112

ตารางที่ 4.2 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	3.8	2.6	2.3	1.8
	Weibull k	1.87	1.66	1.67	1.63
	Mean speed [m/s]	3.38	2.33	2.03	1.59
	Power density [W/m²]	48	18	12	6
25.0 m	Weibull A [m/s]	4.2	3.1	2.8	2.3
	Weibull k	1.90	1.76	1.76	1.71
	Mean speed [m/s]	3.70	2.78	2.50	2.09
	Power density [W/m²]	62	29	21	13
50.0 m	Weibull A [m/s]	4.5	3.6	3.3	2.8
	Weibull k	1.94	1.92	1.90	1.82
	Mean speed [m/s]	3.97	3.22	2.94	2.52
	Power density [W/m²]	75	41	31	21
100.0 m	Weibull A [m/s]	4.9	4.3	4.0	3.4
	Weibull k	1.90	2.01	2.03	2.00
	Mean speed [m/s]	4.30	3.82	3.50	3.04
	Power density [W/m²]	99	65	50	33
200.0 m	Weibull A [m/s]	5.4	5.4	4.9	4.2
	Weibull k	1.82	1.95	1.96	1.95
	Mean speed [m/s]	4.76	4.76	4.32	3.71
	Power density [W/m²]	139	129	96	62

ตารางที่ 4.3 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	3.5	2.4	2.1	1.6
	Weibull k	1.54	1.37	1.38	1.38
	Mean speed [m/s]	3.13	2.17	1.88	1.49
	Power density [W/m²]	49	19	13	6
25.0 m	Weibull A [m/s]	3.8	2.9	2.6	2.2
	Weibull k	1.58	1.46	1.46	1.44
	Mean speed [m/s]	3.43	2.59	2.33	1.96
	Power density [W/m²]	62	30	22	13
50.0 m	Weibull A [m/s]	4.1	3.3	3.0	2.6
	Weibull k	1.61	1.59	1.57	1.54
	Mean speed [m/s]	3.68	3.00	2.73	2.36
	Power density [W/m²]	75	41	32	21
100.0 m	Weibull A [m/s]	4.4	4.0	3.6	3.2
	Weibull k	1.57	1.66	1.69	1.71
	Mean speed [m/s]	3.99	3.56	3.25	2.85
	Power density [W/m²]	99	65	49	32
200.0 m	Weibull A [m/s]	4.9	4.9	4.5	3.9
	Weibull k	1.51	1.61	1.63	1.66
	Mean speed [m/s]	4.42	4.43	4.01	3.48
	Power density [W/m²]	142	131	96	61

ตารางที่ 4.4 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	3.4	2.4	2.0	1.6
	Weibull k	1.96	1.74	1.69	1.74
	Mean speed [m/s]	3.00	2.09	1.80	1.44
	Power density [W/m²]	32	13	8	4
25.0 m	Weibull A [m/s]	3.7	2.8	2.5	2.1
	Weibull k	2.01	1.86	1.79	1.84
	Mean speed [m/s]	3.29	2.51	2.22	1.90
	Power density [W/m²]	41	20	14	9
50.0 m	Weibull A [m/s]	4.0	3.3	2.9	2.6
	Weibull k	2.06	2.06	1.96	1.98
	Mean speed [m/s]	3.53	2.90	2.60	2.29
	Power density [W/m²]	50	28	21	14
100.0 m	Weibull A [m/s]	4.3	3.9	3.5	3.1
	Weibull k	2.00	2.17	2.12	2.22
	Mean speed [m/s]	3.83	3.44	3.10	2.77
	Power density [W/m²]	66	44	33	23
200.0 m	Weibull A [m/s]	4.8	4.8	4.3	3.8
	Weibull k	1.91	2.09	2.04	2.15
	Mean speed [m/s]	4.23	4.28	3.83	3.38
	Power density [W/m²]	93	88	64	42

ตารางที่ 4.5 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมขนอม

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	4.5	3.0	2.6	2.1
	Weibull k	1.52	1.35	1.36	1.38
	Mean speed [m/s]	4.02	2.75	2.39	1.89
	Power density [W/m²]	106	41	26	13
25.0 m	Weibull A [m/s]	4.9	3.6	3.2	2.7
	Weibull k	1.55	1.43	1.42	1.44
	Mean speed [m/s]	4.40	3.29	2.95	2.48
	Power density [W/m²]	135	64	46	27
50.0 m	Weibull A [m/s]	5.3	4.2	3.8	3.3
	Weibull k	1.57	1.54	1.53	1.53
	Mean speed [m/s]	4.73	3.81	3.46	3.00
	Power density [W/m²]	164	88	67	44
100.0 m	Weibull A [m/s]	5.7	5.0	4.6	4.1
	Weibull k	1.54	1.61	1.62	1.66
	Mean speed [m/s]	5.12	4.52	4.12	3.62
	Power density [W/m²]	215	140	104	68
200.0 m	Weibull A [m/s]	6.3	6.3	5.7	4.9
	Weibull k	1.49	1.56	1.58	1.62
	Mean speed [m/s]	5.66	5.63	5.09	4.42
	Power density [W/m²]	307	280	204	129

ตารางที่ 4.6 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมสิชล

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	3.4	2.3	2.0	1.6
	Weibull k	1.81	1.60	1.59	1.58
	Mean speed [m/s]	3.06	2.10	1.83	1.44
	Power density [W/m²]	37	14	9	5
25.0 m	Weibull A [m/s]	3.8	2.8	2.5	2.1
	Weibull k	1.85	1.69	1.68	1.65
	Mean speed [m/s]	3.35	2.52	2.26	1.89
	Power density [W/m²]	48	22	16	10
50.0 m	Weibull A [m/s]	4.1	3.3	3.0	2.6
	Weibull k	1.88	1.85	1.81	1.76
	Mean speed [m/s]	3.60	2.91	2.65	2.29
	Power density [W/m²]	58	31	24	16
100.0 m	Weibull A [m/s]	4.4	3.9	3.6	3.1
	Weibull k	1.84	1.93	1.93	1.94
	Mean speed [m/s]	3.90	3.46	3.16	2.76
	Power density [W/m²]	76	50	38	25
200.0 m	Weibull A [m/s]	4.8	4.8	4.4	3.8
	Weibull k	1.77	1.87	1.87	1.88
	Mean speed [m/s]	4.31	4.30	3.89	3.37
	Power density [W/m²]	107	100	74	48

ตารางที่ 4.7 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	6.5	4.5	3.9	3.0
	Weibull k	1.21	1.12	1.12	1.13
	Mean speed [m/s]	6.15	4.28	3.70	2.91
	Power density [W/m²]	560	224	145	68
25.0 m	Weibull A [m/s]	7.2	5.3	4.8	4.0
	Weibull k	1.22	1.15	1.15	1.17
	Mean speed [m/s]	6.71	5.06	4.52	3.79
	Power density [W/m²]	709	343	247	142
50.0 m	Weibull A [m/s]	7.7	6.1	5.6	4.8
	Weibull k	1.24	1.22	1.21	1.21
	Mean speed [m/s]	7.17	5.76	5.23	4.53
	Power density [W/m²]	839	451	344	222
100.0 m	Weibull A [m/s]	8.3	7.2	6.6	5.8
	Weibull k	1.25	1.31	1.30	1.30
	Mean speed [m/s]	7.69	6.64	6.08	5.36
	Power density [W/m²]	1032	607	475	325
200.0 m	Weibull A [m/s]	9.0	8.6	7.9	7.0
	Weibull k	1.24	1.35	1.34	1.34
	Mean speed [m/s]	8.35	7.90	7.23	6.38
	Power density [W/m²]	1328	975	757	517

ตารางที่ 4.8 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	7.0	4.8	4.2	3.3
	Weibull k	1.70	1.51	1.52	1.54
	Mean speed [m/s]	6.28	4.32	3.74	2.93
	Power density [W/m²]	349	133	86	40
25.0 m	Weibull A [m/s]	7.7	5.7	5.1	4.3
	Weibull k	1.73	1.59	1.59	1.60
	Mean speed [m/s]	6.86	5.14	4.60	3.84
	Power density [W/m²]	445	208	148	86
50.0 m	Weibull A [m/s]	8.3	6.6	6.0	5.2
	Weibull k	1.77	1.72	1.71	1.71
	Mean speed [m/s]	7.35	5.89	5.35	4.62
	Power density [W/m²]	531	282	213	138
100.0 m	Weibull A [m/s]	8.9	7.8	7.1	6.2
	Weibull k	1.76	1.87	1.88	1.88
	Mean speed [m/s]	7.93	6.91	6.32	5.53
	Power density [W/m²]	672	414	314	211
200.0 m	Weibull A [m/s]	9.7	9.5	8.6	7.5
	Weibull k	1.72	1.87	1.88	1.90
	Mean speed [m/s]	8.69	8.42	7.66	6.69
	Power density [W/m²]	905	750	561	369

ตารางที่ 4.9 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	5.2	3.5	3.1	2.4
	Weibull k	1.87	1.61	1.63	1.63
	Mean speed [m/s]	4.60	3.14	2.74	2.15
	Power density [W/m²]	122	47	30	15
25.0 m	Weibull A [m/s]	5.7	4.2	3.8	3.2
	Weibull k	1.93	1.72	1.73	1.72
	Mean speed [m/s]	5.03	3.76	3.38	2.83
	Power density [W/m²]	155	73	53	31
50.0 m	Weibull A [m/s]	6.1	4.9	4.5	3.8
	Weibull k	1.97	1.92	1.90	1.85
	Mean speed [m/s]	5.41	4.35	3.97	3.41
	Power density [W/m²]	188	101	77	50
100.0 m	Weibull A [m/s]	6.6	5.8	5.3	4.6
	Weibull k	1.92	2.02	2.06	2.08
	Mean speed [m/s]	5.86	5.17	4.73	4.12
	Power density [W/m²]	246	160	120	79
200.0 m	Weibull A [m/s]	7.3	7.2	6.6	5.7
	Weibull k	1.83	1.94	1.98	2.01
	Mean speed [m/s]	6.48	6.43	5.83	5.03
	Power density [W/m²]	351	320	234	148

ตารางที่ 4.10 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมระโนด

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	6.8	4.6	4.0	3.1
	Weibull k	1.96	1.71	1.72	1.74
	Mean speed [m/s]	6.03	4.10	3.55	2.78
	Power density [W/m²]	262	96	62	29
25.0 m	Weibull A [m/s]	7.5	5.5	4.9	4.1
	Weibull k	2.01	1.82	1.81	1.82
	Mean speed [m/s]	6.60	4.90	4.38	3.66
	Power density [W/m²]	336	152	109	63
50.0 m	Weibull A [m/s]	8.0	6.4	5.8	5.0
	Weibull k	2.04	1.98	1.96	1.94
	Mean speed [m/s]	7.09	5.67	5.14	4.41
	Power density [W/m²]	409	215	162	104
100.0 m	Weibull A [m/s]	8.7	7.6	6.9	6.0
	Weibull k	2.00	2.07	2.09	2.13
	Mean speed [m/s]	7.69	6.73	6.12	5.33
	Power density [W/m²]	532	345	257	166
200.0 m	Weibull A [m/s]	9.6	9.4	8.5	7.3
	Weibull k	1.92	2.01	2.03	2.08
	Mean speed [m/s]	8.50	8.37	7.55	6.51
	Power density [W/m²]	748	685	498	311

ตารางที่ 4.11 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	5.6	3.8	3.3	2.6
	Weibull k	1.54	1.37	1.37	1.39
	Mean speed [m/s]	5.05	3.45	2.98	2.35
	Power density [W/m²]	207	79	51	24
25.0 m	Weibull A [m/s]	6.1	4.5	4.0	3.4
	Weibull k	1.56	1.45	1.43	1.45
	Mean speed [m/s]	5.52	4.12	3.68	3.09
	Power density [W/m²]	264	123	89	51
50.0 m	Weibull A [m/s]	6.6	5.3	4.8	4.1
	Weibull k	1.60	1.56	1.53	1.54
	Mean speed [m/s]	5.93	4.75	4.30	3.72
	Power density [W/m²]	318	169	129	83
100.0 m	Weibull A [m/s]	7.1	6.3	5.7	5.0
	Weibull k	1.57	1.64	1.64	1.69
	Mean speed [m/s]	6.41	5.62	5.11	4.48
	Power density [W/m²]	411	260	196	128
200.0 m	Weibull A [m/s]	7.8	7.7	7.0	6.1
	Weibull k	1.53	1.61	1.61	1.65
	Mean speed [m/s]	7.07	6.93	6.27	5.46
	Power density [W/m²]	573	503	373	238

ตารางที่ 4.12 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	5.2	3.5	3.0	2.4
	Weibull k	1.75	1.52	1.52	1.56
	Mean speed [m/s]	4.62	3.16	2.74	2.17
	Power density [W/m²]	134	51	34	16
25.0 m	Weibull A [m/s]	5.7	4.2	3.8	3.2
	Weibull k	1.79	1.62	1.60	1.64
	Mean speed [m/s]	5.06	3.78	3.38	2.85
	Power density [W/m²]	171	80	58	34
50.0 m	Weibull A [m/s]	6.1	4.9	4.4	3.9
	Weibull k	1.83	1.78	1.74	1.76
	Mean speed [m/s]	5.44	4.37	3.96	3.44
	Power density [W/m²]	207	111	85	55
100.0 m	Weibull A [m/s]	6.6	5.8	5.3	4.7
	Weibull k	1.78	1.87	1.87	1.95
	Mean speed [m/s]	5.89	5.19	4.73	4.15
	Power density [W/m²]	271	176	132	86
200.0 m	Weibull A [m/s]	7.3	7.3	6.6	5.7
	Weibull k	1.71	1.80	1.81	1.90
	Mean speed [m/s]	6.51	6.45	5.83	5.07
	Power density [W/m²]	386	351	258	161

ตารางที่ 4.13 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	5.1	3.4	3.0	2.4
	Weibull k	1.88	1.62	1.62	1.67
	Mean speed [m/s]	4.51	3.08	2.68	2.11
	Power density [W/m²]	114	44	29	14
25.0 m	Weibull A [m/s]	5.6	4.1	3.7	3.1
	Weibull k	1.93	1.73	1.71	1.75
	Mean speed [m/s]	4.93	3.68	3.30	2.78
	Power density [W/m²]	146	68	50	29
50.0 m	Weibull A [m/s]	6.0	4.8	4.4	3.8
	Weibull k	1.97	1.92	1.87	1.88
	Mean speed [m/s]	5.30	4.26	3.87	3.36
	Power density [W/m²]	177	95	73	47
100.0 m	Weibull A [m/s]	6.5	5.7	5.2	4.6
	Weibull k	1.92	2.02	2.02	2.10
	Mean speed [m/s]	5.75	5.06	4.62	4.06
	Power density [W/m²]	232	150	114	74
200.0 m	Weibull A [m/s]	7.1	7.1	6.4	5.6
	Weibull k	1.83	1.94	1.95	2.04
	Mean speed [m/s]	6.35	6.29	5.70	4.95
	Power density [W/m²]	330	300	222	140

ตารางที่ 4.14 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	5.5	3.8	3.2	2.6
	Weibull k	1.76	1.60	1.58	1.63
	Mean speed [m/s]	4.92	3.37	2.91	2.30
	Power density [W/m²]	160	58	38	18
25.0 m	Weibull A [m/s]	6.1	4.5	4.0	3.4
	Weibull k	1.80	1.69	1.66	1.69
	Mean speed [m/s]	5.38	4.03	3.59	3.02
	Power density [W/m²]	205	93	67	39
50.0 m	Weibull A [m/s]	6.5	5.2	4.7	4.1
	Weibull k	1.83	1.81	1.77	1.79
	Mean speed [m/s]	5.78	4.66	4.21	3.65
	Power density [W/m²]	249	131	100	64
100.0 m	Weibull A [m/s]	7.0	6.2	5.7	5.0
	Weibull k	1.79	1.88	1.88	1.95
	Mean speed [m/s]	6.27	5.53	5.02	4.41
	Power density [W/m²]	324	210	158	103
200.0 m	Weibull A [m/s]	7.8	7.7	7.0	6.1
	Weibull k	1.74	1.84	1.83	1.91
	Mean speed [m/s]	6.92	6.86	6.19	5.38
	Power density [W/m²]	454	413	305	191

ตารางที่ 4.15 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	3.7	2.5	2.2	1.7
	Weibull k	2.04	1.77	1.81	1.70
	Mean speed [m/s]	3.31	2.27	1.99	1.54
	Power density [W/m²]	41	16	10	5
25.0 m	Weibull A [m/s]	4.1	3.1	2.8	2.3
	Weibull k	2.09	1.89	1.91	1.79
	Mean speed [m/s]	3.62	2.71	2.46	2.03
	Power density [W/m²]	53	25	18	11
50.0 m	Weibull A [m/s]	4.4	3.5	3.3	2.8
	Weibull k	2.14	2.08	2.08	1.92
	Mean speed [m/s]	3.89	3.14	2.88	2.45
	Power density [W/m²]	65	35	27	18
100.0 m	Weibull A [m/s]	4.8	4.2	3.9	3.3
	Weibull k	2.08	2.19	2.24	2.14
	Mean speed [m/s]	4.22	3.73	3.44	2.96
	Power density [W/m²]	84	56	43	28
200.0 m	Weibull A [m/s]	5.3	5.2	4.8	4.1
	Weibull k	1.99	2.11	2.17	2.08
	Mean speed [m/s]	4.66	4.63	4.24	3.61
	Power density [W/m²]	119	111	83	53

ตารางที่ 4.16 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	4.0	2.8	2.4	1.9
	Weibull k	2.13	1.84	1.81	1.81
	Mean speed [m/s]	3.57	2.46	2.13	1.68
	Power density [W/m²]	50	19	13	6
25.0 m	Weibull A [m/s]	4.4	3.3	3.0	2.5
	Weibull k	2.20	1.98	1.93	1.92
	Mean speed [m/s]	3.91	2.94	2.63	2.21
	Power density [W/m²]	64	30	22	13
50.0 m	Weibull A [m/s]	4.7	3.8	3.5	3.0
	Weibull k	2.25	2.21	2.12	2.07
	Mean speed [m/s]	4.20	3.41	3.09	2.67
	Power density [W/m²]	78	42	32	22
100.0 m	Weibull A [m/s]	5.1	4.6	4.2	3.6
	Weibull k	2.19	2.33	2.31	2.33
	Mean speed [m/s]	4.56	4.04	3.68	3.22
	Power density [W/m²]	102	67	51	34
200.0 m	Weibull A [m/s]	5.7	5.7	5.1	4.4
	Weibull k	2.08	2.24	2.22	2.26
	Mean speed [m/s]	5.04	5.03	4.54	3.94
	Power density [W/m²]	144	134	99	64

ตารางที่ 4.17 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	2.9	2.0	1.7	1.4
	Weibull k	1.80	1.56	1.54	1.60
	Mean speed [m/s]	2.59	1.80	1.55	1.26
	Power density [W/m²]	23	9	6	3
25.0 m	Weibull A [m/s]	3.2	2.4	2.1	1.9
	Weibull k	1.85	1.67	1.63	1.69
	Mean speed [m/s]	2.84	2.15	1.92	1.65
	Power density [W/m²]	29	14	10	6
50.0 m	Weibull A [m/s]	3.4	2.8	2.5	2.2
	Weibull k	1.89	1.85	1.79	1.82
	Mean speed [m/s]	3.05	2.49	2.25	1.99
	Power density [W/m²]	35	20	15	10
100.0 m	Weibull A [m/s]	3.7	3.3	3.0	2.7
	Weibull k	1.84	1.95	1.94	2.04
	Mean speed [m/s]	3.30	2.95	2.68	2.41
	Power density [W/m²]	46	31	23	16
200.0 m	Weibull A [m/s]	4.1	4.1	3.7	3.3
	Weibull k	1.75	1.87	1.87	1.98
	Mean speed [m/s]	3.65	3.67	3.31	2.94
	Power density [W/m²]	66	62	45	30

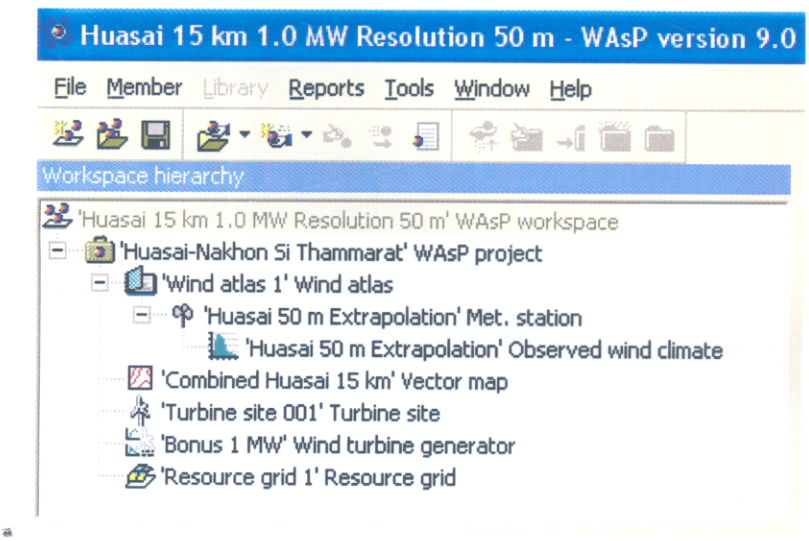
ตารางที่ 4.18 ตารางแผนที่ลมที่ระดับความสูงมาตรฐานของสถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	5.2	3.5	3.0	2.4
	Weibull k	1.58	1.42	1.40	1.44
	Mean speed [m/s]	4.66	3.20	2.77	2.18
	Power density [W/m²]	156	60	39	19
25.0 m	Weibull A [m/s]	5.7	4.2	3.8	3.2
	Weibull k	1.62	1.50	1.47	1.50
	Mean speed [m/s]	5.10	3.83	3.41	2.88
	Power density [W/m²]	199	94	68	40
50.0 m	Weibull A [m/s]	6.1	5.0	4.5	3.9
	Weibull k	1.65	1.63	1.59	1.60
	Mean speed [m/s]	5.48	4.44	4.01	3.47
	Power density [W/m²]	240	129	98	64
100.0 m	Weibull A [m/s]	6.6	5.9	5.4	4.7
	Weibull k	1.61	1.71	1.70	1.76
	Mean speed [m/s]	5.95	5.27	4.78	4.19
	Power density [W/m²]	316	204	153	99
200.0 m	Weibull A [m/s]	7.3	7.3	6.6	5.7
	Weibull k	1.55	1.65	1.65	1.72
	Mean speed [m/s]	6.57	6.55	5.89	5.12
	Power density [W/m²]	451	409	298	186

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม *WAsP 9.0*

ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป *WAsP* 9.0 จำเป็นต้องพัฒนาพื้นที่ทำงาน (Workspace) ในโปรแกรมซึ่งมีแนวคิดของการทำงานเป็นแบบลำดับขั้น (Hierarchy Process) โดยในการวิเคราะห์นั้นต้องใช้ข้อมูลอินพุทของอัตราเร็วและทิศทางของลมระยะยาว (OWC) เพื่อสร้างแผนที่ลม (Wind Atlas) โดยนำเข้าข้อมูลแผนที่เวกเตอร์ (Vector Map) ซึ่งเป็นผลการรวมแผนที่เส้นชั้นความสูง (Contour Map) เข้ากับแผนที่ดัชนีความขรุขระ (Roughness Index Map) โดยใช้โปรแกรม *WAsP* Utility 3.0 หลังจากนั้นจึงทำการอินพุทข้อมูลพิกัดสถานีตรวจวัดลมเพื่อแสดงตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม (Met Station) ต่อจากนั้นเป็นการอินพุทพิกัดของสถานที่ติดตั้งกังหันลมสำหรับการผลิตไฟฟ้า (Turbine Site) แล้วทำการเลือกเส้นโค้งกำลัง (Power Curve) ของกังหันลมผลิตไฟฟ้าซึ่งในโครงการวิจัยนี้ได้เลือกกังหันลมทั้งหมด 4 รุ่น ได้แก่ รุ่น NEG-Micon48 ขนาด 0.75 MW รุ่น Bonus ขนาด 1.0 MW รุ่น Vestas V63 ขนาด 1.5 MW และรุ่น Vestas V80 ขนาด 2.0 MW และทำการสร้างกริด (Resource Grid) เพื่อการคำนวณ ตัวอย่างการพัฒนาพื้นที่การทำงานในโปรแกรม *WAsP* 9.0 ณ สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทรแสดงดังรูปที่ 4.73 โดยในการคำนวณโปรแกรม *WAsP* 9.0 จะทำการทำนายอัตราเร็วและความหนาแน่นกำลังในพื้นที่ทั้งหมดในแผนที่ (Resource Grid) สำหรับในโครงการวิจัยนี้ได้เลือกใช้ค่าความละเอียด (Resolution) ที่ระดับ 50 m ซึ่งจะใช้เวลาในการรันของโปรแกรมประมาณ 5-12 ชั่วโมง ในแต่ละ

กรณี โดยความแตกต่างกันของระยะเวลาการรันจะขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นที่ที่จะต้องทำการวิเคราะห์และลักษณะภูมิประเทศ ยิ่งพื้นที่ในแผนที่เวกเตอร์มีขนาดกว้างยาวมากเท่าไหร่จำนวนกริดที่จะต้องใช้ในการคำนวณก็จะมีจำนวนเพิ่มขึ้นตาม นอกจากนี้ลักษณะของภูมิประเทศก็จะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการรันโปรแกรม สถานีวิจัยพลังงานลมไหนที่มีลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกันมากนั่นก็คืออาจจะมีจำนวนภูเขามากจะทำให้การสร้างกริดมีความสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้นและส่งผลต่อจำนวนกริดด้วย สำหรับโครงการวิจัยนี้จะแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาในรูปของการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ (Spatial Variation) หรือในรูปของแผนที่ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของแผนที่ระดับความสูง (Elevation Map) หน่วย m แผนที่ดัชนีความขรุขระ (Roughness Index Map) แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย (Mean Speed Map) หน่วย m/s แผนที่ความหนาแน่นกำลังของลม (Power Density Map) หน่วย W/m^2 แผนที่พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (AEP Map) หน่วย GWh ของกังหันลมรุ่นต่างๆ ดังกล่าว ของแต่ละสถานีวิจัยพลังงานลมทั้ง 18 สถานี โดยมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.74-4.325 โดยแผนที่ดังกล่าวเป็นผลการวิเคราะห์ที่ระดับความละเอียด (Resolution) 50 m



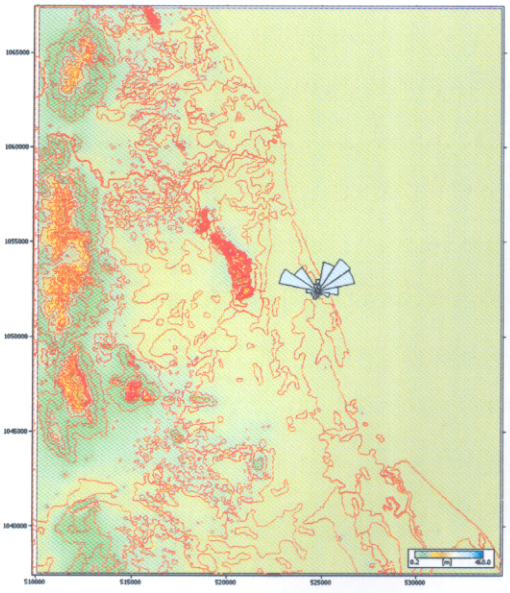
รูปที่ 4.73 การพัฒนาพื้นที่ทำงานในโปรแกรม *WAsP* 9.0

4.2.1 สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี

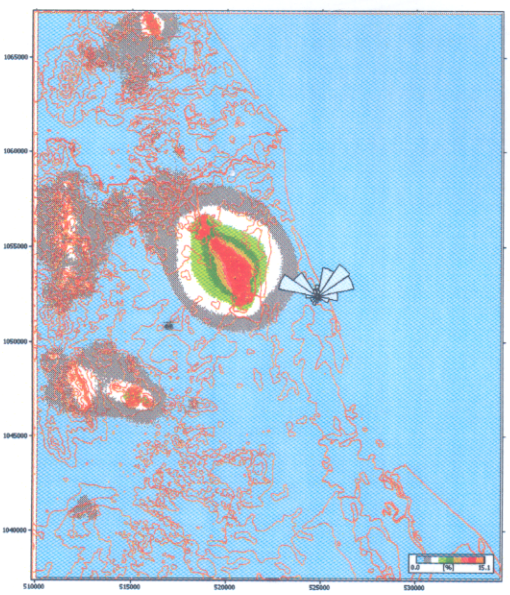
การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ซึ่งแสดงผลอยู่ในรูปของการกระจายเชิงพื้นที่ในแผนที่ต่างๆ ดังนี้ แผนที่ระดับความสูง (Elevation Map) หน่วย m แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย (Mean Speed Map) หน่วย m/s แผนที่ความหนาแน่นกำลังของลม (Power Density Map) หน่วย W/m^2 แผนที่ดัชนีความขรุขระ (Roughness Index Map) ซึ่งเป็นร้อยละ และแผนที่ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีจากกังหันลม 4 ขนาด ได้แก่ รุ่น NEG-Micon48 ขนาด 0.75 MW รุ่น Bonus ขนาด 1.0 MW รุ่น Vestas V63 ขนาด 1.5 MW และรุ่น Vestas V80 ขนาด 2.0 MW

สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี ทางด้านตะวันตกมีแนวภูเขาทอดตัวขนานกับแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยโดยมีความสูงไม่เกิน 200 m และมีเขาประสงค์วางตัวอยู่ระหว่างแนวภูเขาดังกล่าวกับสถานีวิจัยพลังงานลมซึ่งมีความสูงมากกว่า 400 m โดยมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.74 สำหรับผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะมีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 15.1% แสดงดังรูปที่ 4.75 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m อยู่ในช่วง 1.48-10.93 m/s แสดงดังรูปที่ 4.76 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.46-10.77 m/s แสดงดังรูปที่ 4.77 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.43-10.41 m/s แสดงดังรูปที่ 4.78 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.52-9.88 m/s แสดงดังรูปที่ 4.79 โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 5-2,038 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.80 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 5-1,984 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.81 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 5-1,864 W/m^2 สัมพันธ์กับค่า แสดงดังรูปที่ 4.82 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 22-1,653 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.83

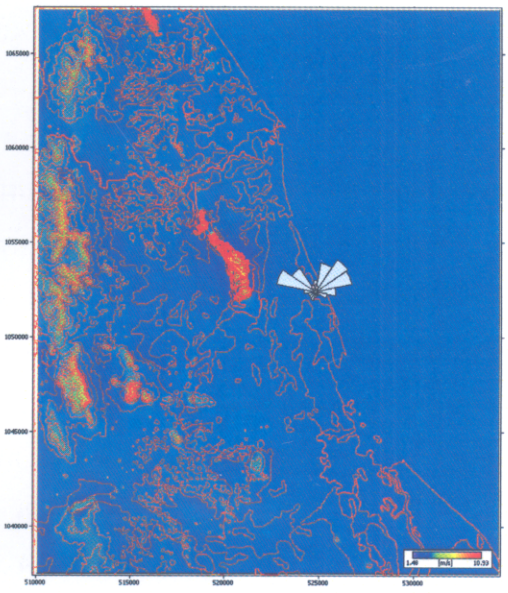
นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ยังได้แสดงให้เห็นถึงค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี (Annual Energy Production: AEP) จากการประยุกต์ใช้กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดต่างกันดังนี้ 0.75 MW 1.0 MW 1.5 MW และ 2.0 MW ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 3.268 GWh โดยบริเวณที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดเป็นพื้นที่ที่มีภูเขาสูงทางด้านทิศตะวันตกของสถานีวิจัยพลังงานลม แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.84 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 4.333 GWh แสดงดังรูปที่ 4.85 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 6.011 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.86 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 8.276 GWh แสดงดังรูปที่ 4.87 ค่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานลมและกังหันลมขนาดต่างๆ กันนี้จะถูกนำไปวิเคราะห์หาค่าคาปาซิตี้แฟกเตอร์ (Capacity Factor) สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมโดยจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป



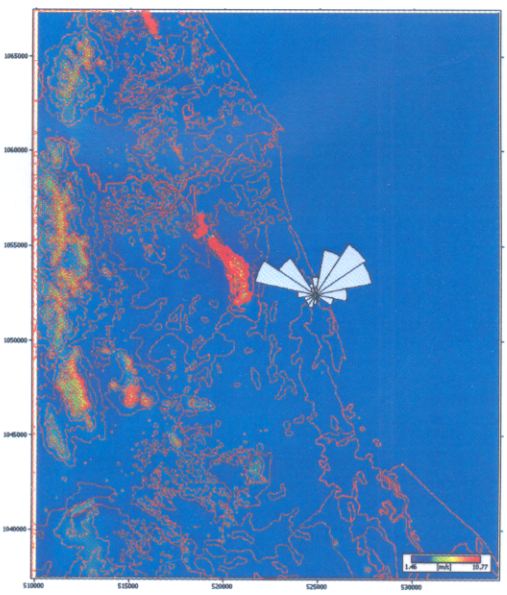
รูปที่ 4.74 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ



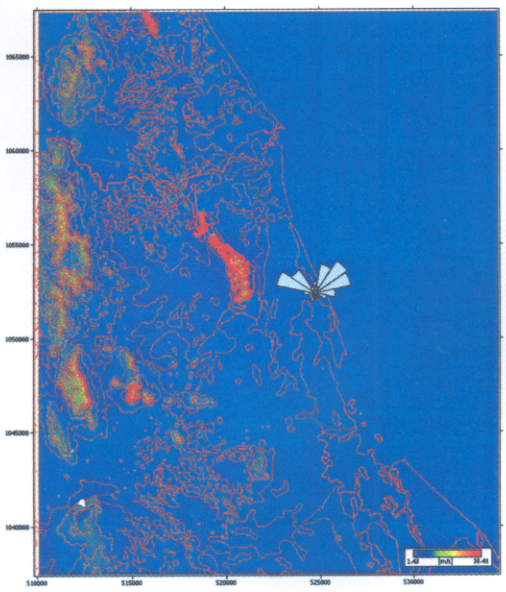
รูปที่ 4.75 แผนที่ดัชนีความขรุขระสถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ



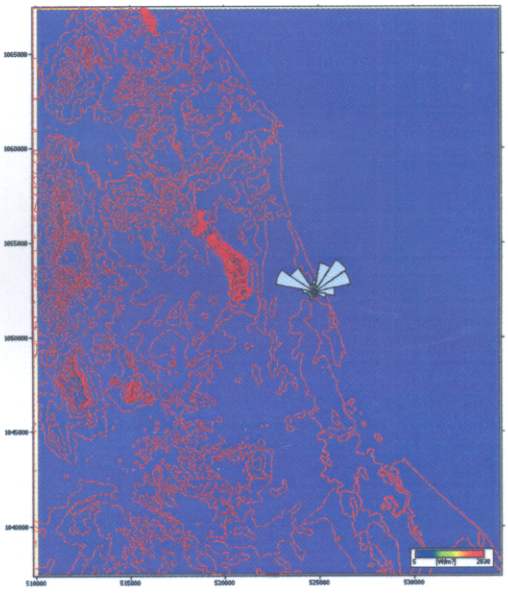
รูปที่ 4.76 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะที่ระดับความสูง 45 m



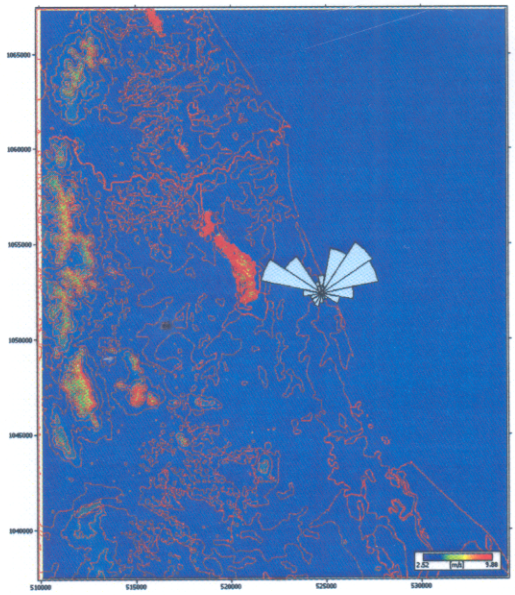
รูปที่ 4.77 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะที่ระดับความสูง 50 m



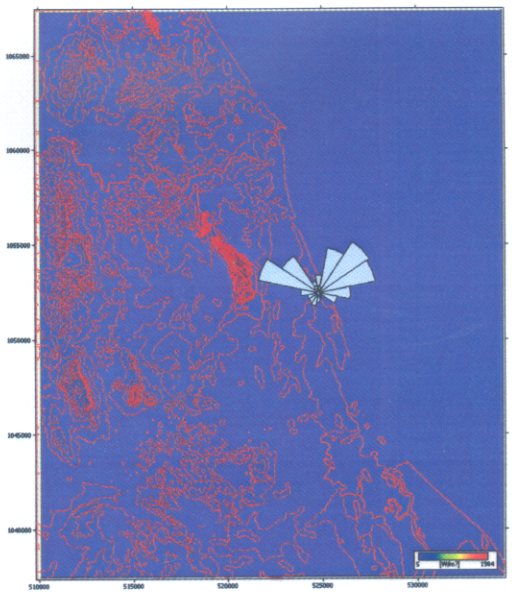
รูปที่ 4.78 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ
ที่ระดับความสูง 60 m



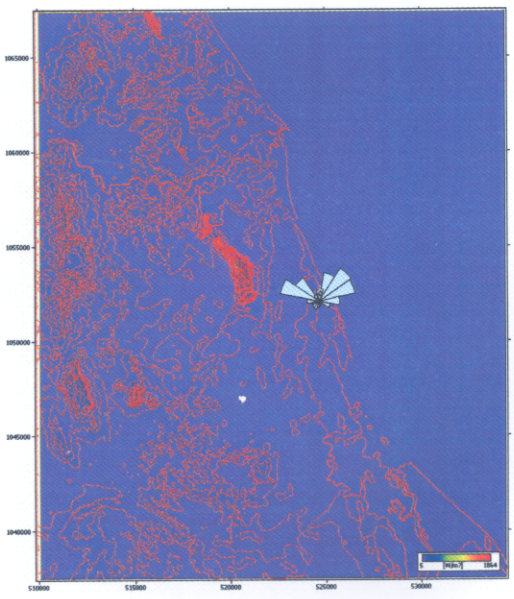
รูปที่ 4.80 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ
ที่ระดับความสูง 45 m



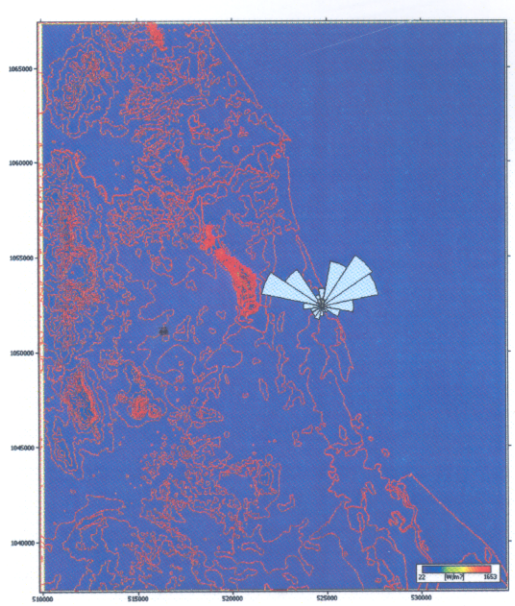
รูปที่ 4.79 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ
ที่ระดับความสูง 67 m



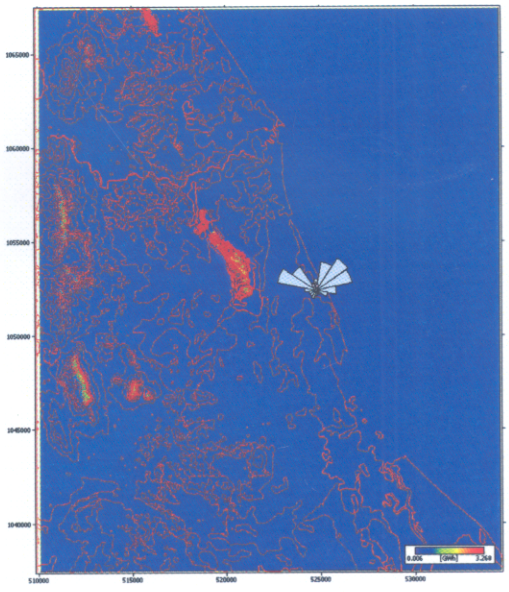
รูปที่ 4.81 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ
ที่ระดับความสูง 50 m



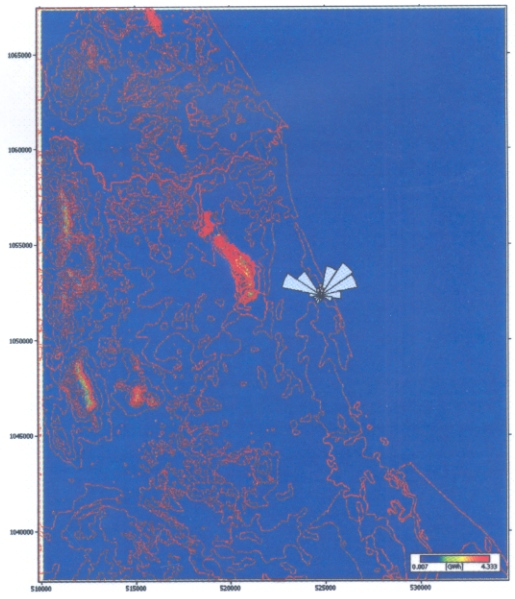
รูปที่ 4.82 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ
ที่ระดับความสูง 60 m



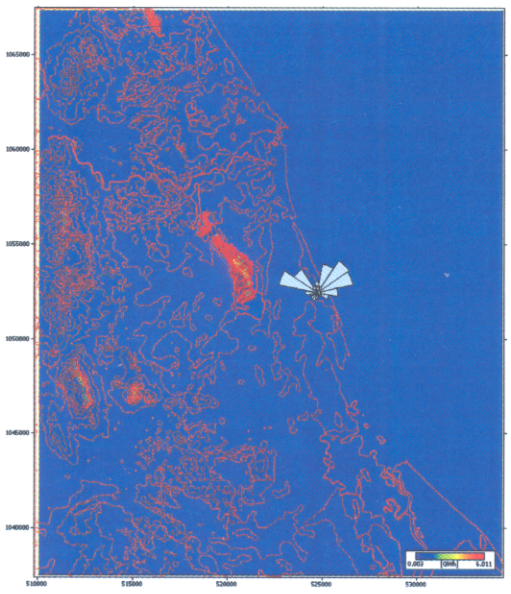
รูปที่ 4.83 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ
ที่ระดับความสูง 67 m



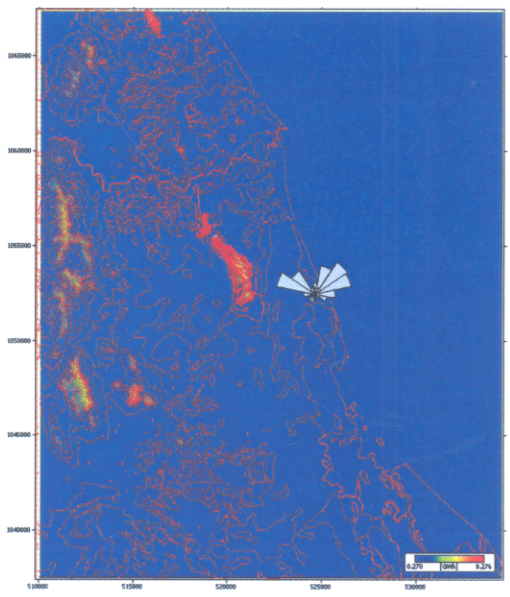
รูปที่ 4.84 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



รูปที่ 4.85 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



รูปที่ 4.86 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



รูปที่ 4.87 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)

4.2.2 สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี

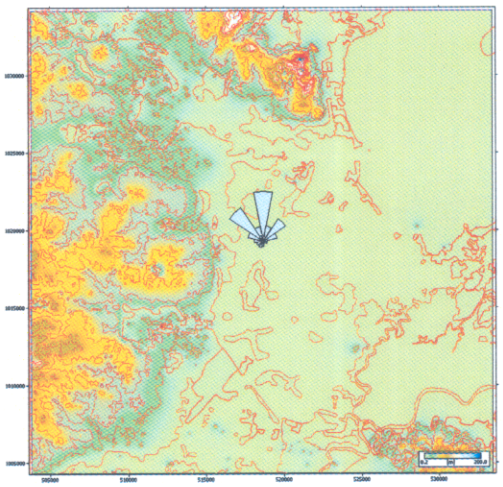
สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี มีภูเขาทางด้านทิศเหนือและทิศใต้มีความสูงไม่เกิน 200 m และมีเนินเขาทางด้านทิศตะวันตกของสถานีวิจัยพลังงานลม โดยมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.88 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉางมีค่าดัชนีความขรุขระไม่เกิน 10% แสดงดังรูปที่ 4.89 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 2.12-4.42 m/s แสดงดังรูปที่ 4.90 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 2.12-4.73 m/s แสดงดังรูปที่ 4.91 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 2.84-5.07 m/s แสดงดังรูปที่ 4.92 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 3.28-5.54 m/s แสดงดังรูปที่ 4.93 โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 11-106 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.94 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 16-125 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.95 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 27-155 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.96 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 41-201 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.97

ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉางโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.618073 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.98 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 0.98801 GWh แสดงดังรูปที่ 4.99 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 1.501 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.100 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 3.191 GWh แสดงดังรูปที่ 4.101

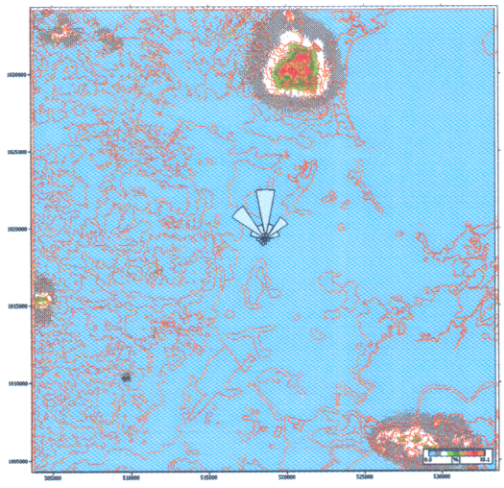
4.2.3 สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี

สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี มีภูเขาเล็กๆ กระจัดกระจายทางทิศใต้และทิศตะวันออกเฉียงใต้มีความสูงไม่เกิน 150 m โดยภูเขาลูกที่ใหญ่ที่สุดมีความสูงไม่เกิน 500 m รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.102 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์มีค่าดัชนีความขรุขระไม่เกิน 20.8% แสดงดังรูปที่ 4.103 โดยอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 1.53-6.68 m/s แสดงดังรูปที่ 4.104 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m อัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 1.71-7.42 m/s แสดงดังรูปที่ 4.105 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.97-6.89 m/s แสดงดังรูปที่ 4.106 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 6.65-8.52 m/s แสดงดังรูปที่ 4.107 โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 5-485 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.108 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 8-742 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.109 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 13-529 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.110 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 41-201 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.111

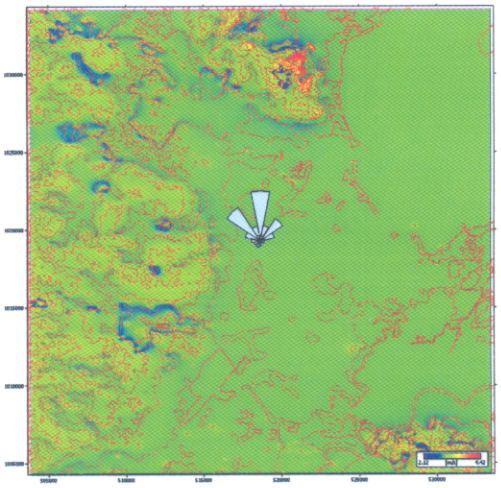
ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์โดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.837 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.112 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 2.772 GWh แสดงดังรูปที่ 4.113 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 3.567 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.114 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 5.829 GWh แสดงดังรูปที่ 4.115



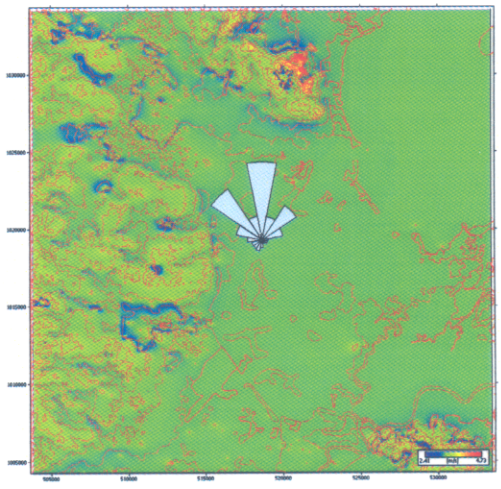
รูปที่ 4.88 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง



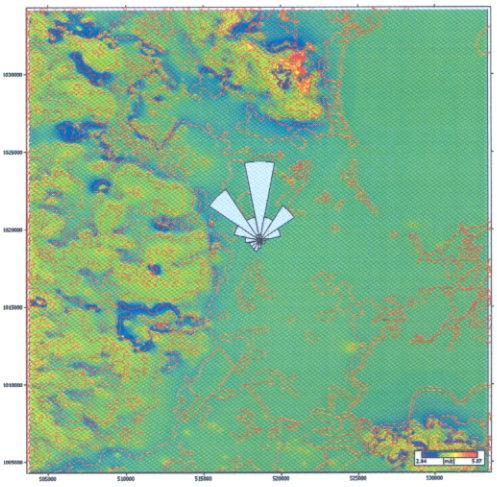
รูปที่ 4.89 แผนที่ดัชนีความขรุขระสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง



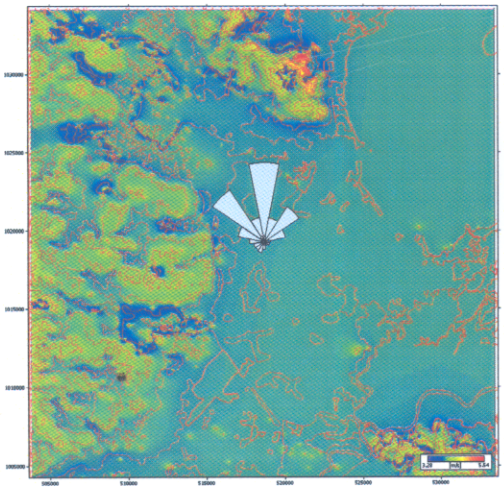
รูปที่ 4.90 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉางที่ระดับความสูง 45 m



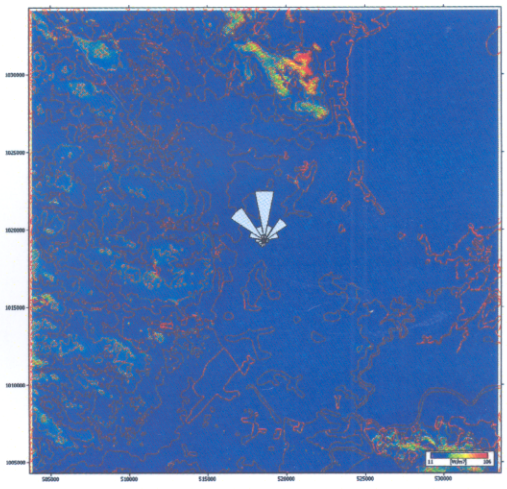
รูปที่ 4.91 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉางที่ระดับความสูง 50 m



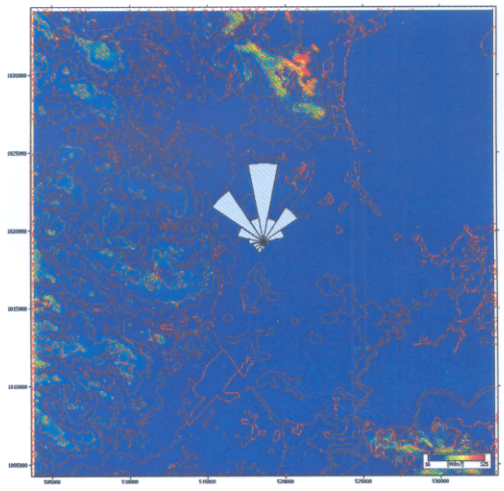
รูปที่ 4.92 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง
ที่ระดับความสูง 60 m



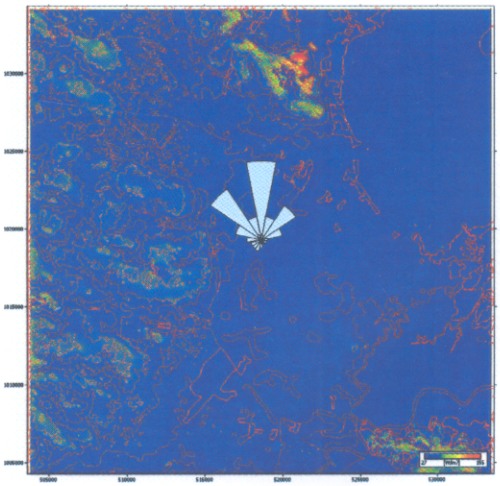
รูปที่ 4.93 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง
ที่ระดับความสูง 67 m



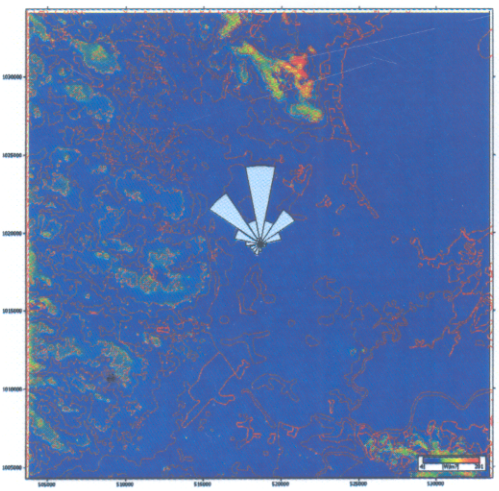
รูปที่ 4.94 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง
ที่ระดับความสูง 45 m



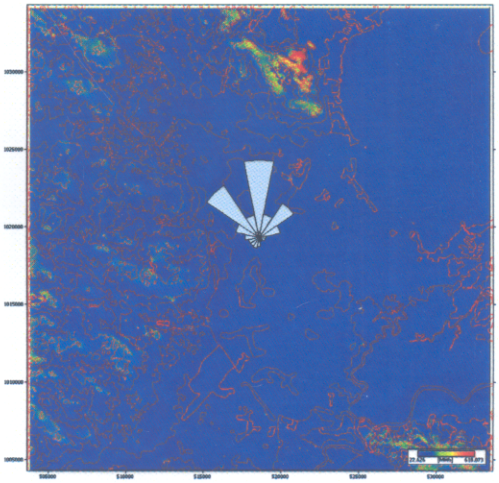
รูปที่ 4.95 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง
ที่ระดับความสูง 50 m



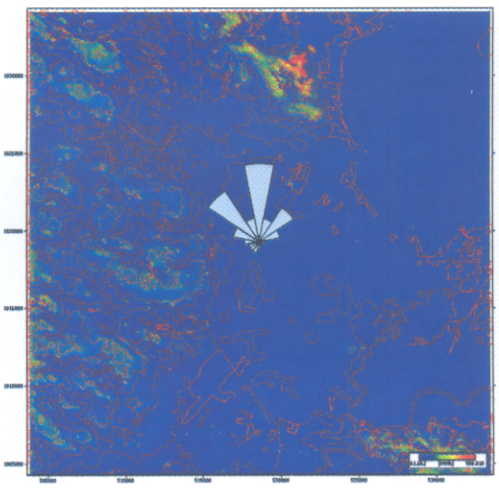
รูปที่ 4.96 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง
ที่ระดับความสูง 60 m



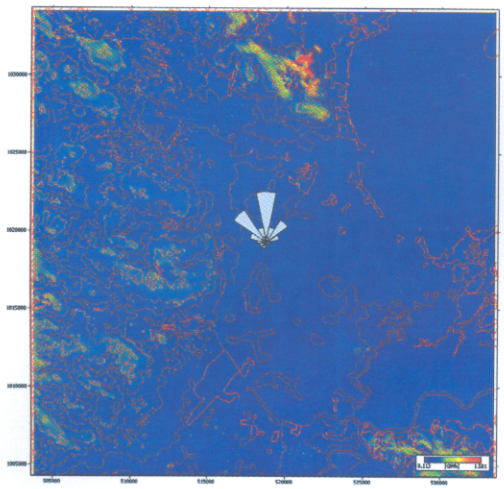
รูปที่ 4.97 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง
ที่ระดับความสูง 67 m



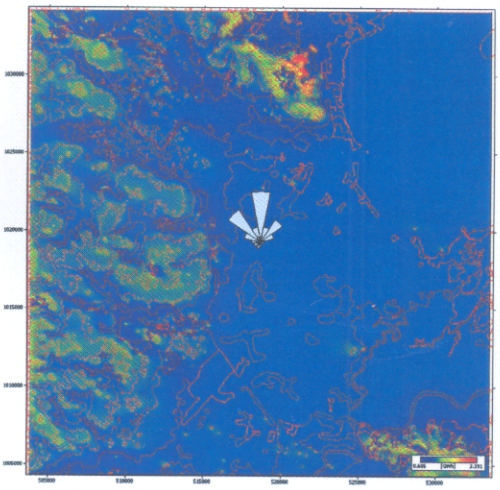
รูปที่ 4.98 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



รูปที่ 4.99 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



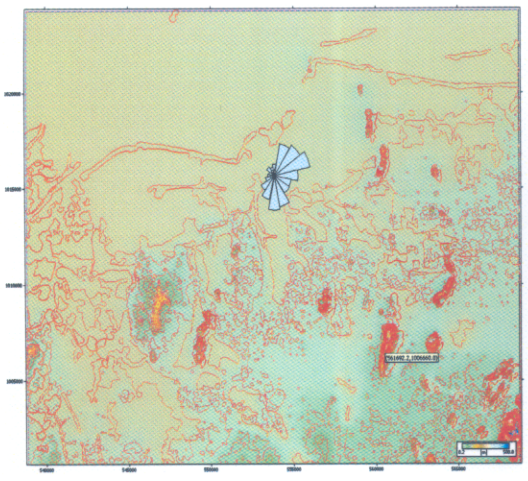
รูปที่ 4.100 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



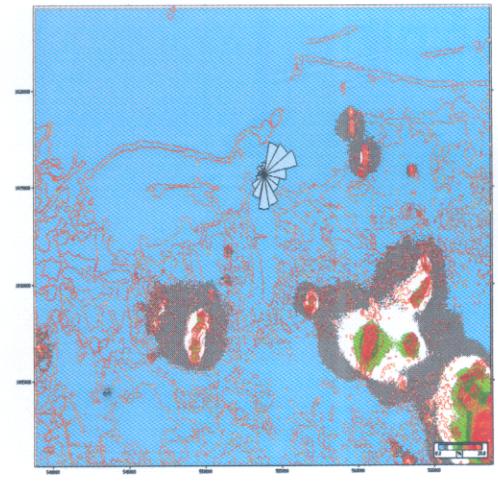
รูปที่ 4.101 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)

4.2.4 สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี

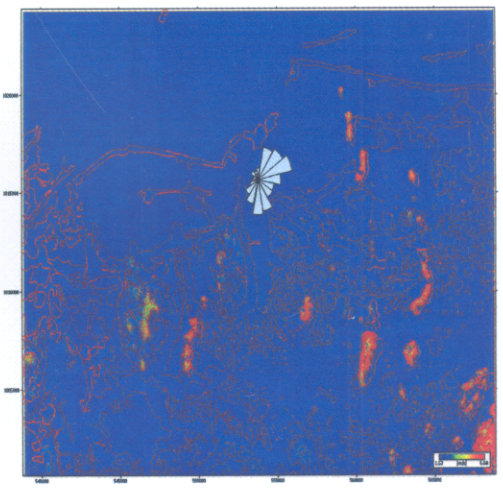
สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี มีภูเขาทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ความสูงไม่เกิน 510 m และกลุ่มภูเขาลูกเล็กกระจัดกระจายทางทิศใต้มีความสูงไม่เกิน 200 m โดยมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.116 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมท่าดอนสักมีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 26.9% แสดงดังรูปที่ 4.117 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 0.44-6.50 m/s แสดงดังรูปที่ 4.118 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 0.49-6.03 m/s แสดงดังรูปที่ 4.119 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 1.02-6.34 m/s แสดงดังรูปที่ 4.120 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.45-6.42 m/s แสดงดังรูปที่ 4.121 โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 0-448 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.122 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 0-254 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.123 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 2-413 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.124 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 6-494 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.125



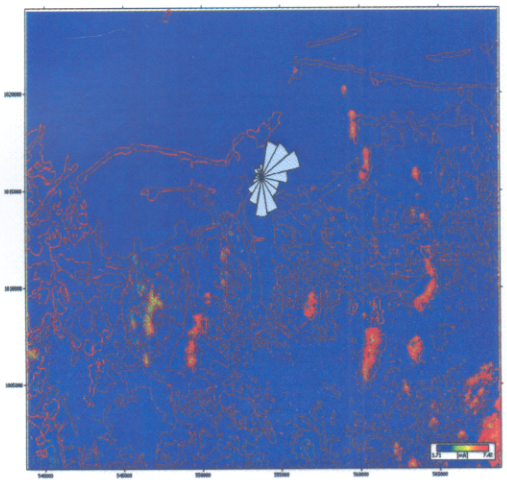
รูปที่ 4.102 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์



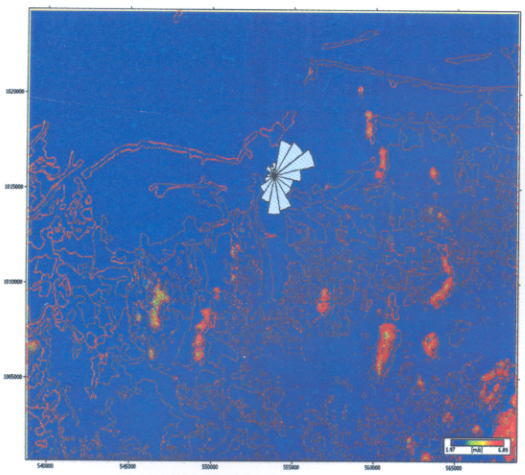
รูปที่ 4.103 แผนที่ดัชนีความขรุขระสถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์



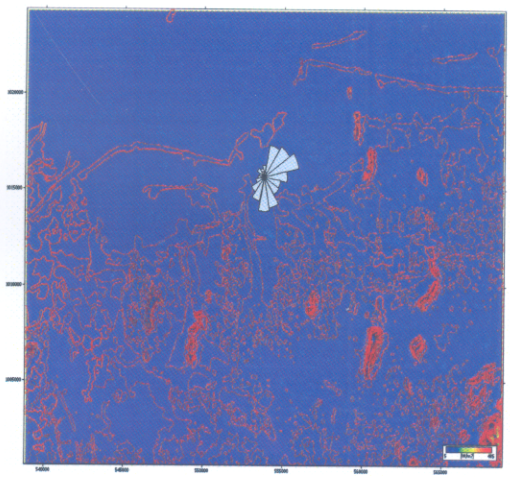
รูปที่ 4.104 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ที่ระดับความสูง 45 m



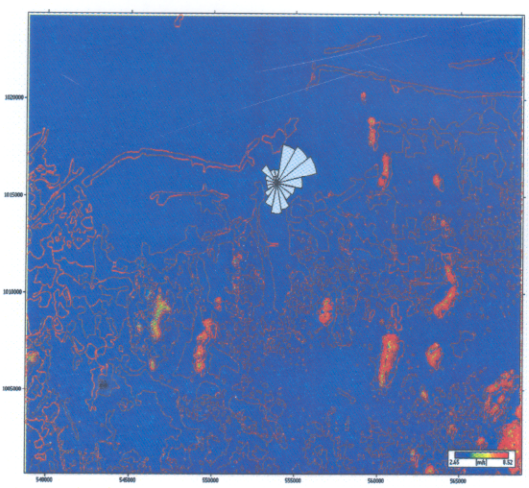
รูปที่ 4.105 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ที่ระดับความสูง 50 m



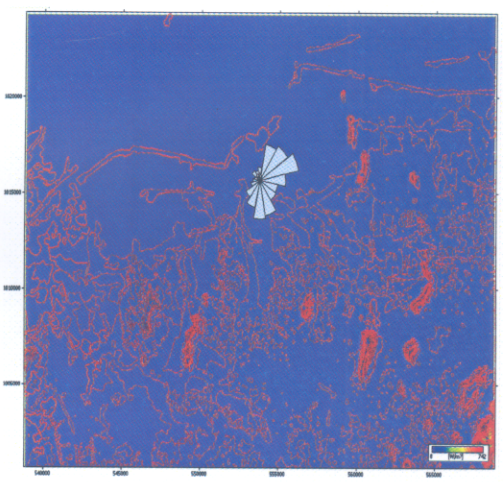
รูปที่ 4.106 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์
ที่ระดับความสูง 60 m



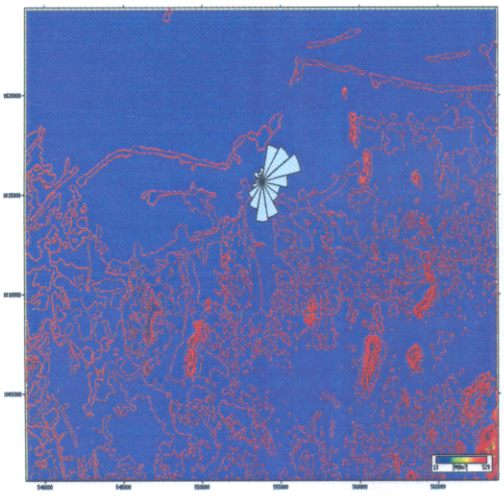
รูปที่ 4.108 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์
ที่ระดับความสูง 45 m



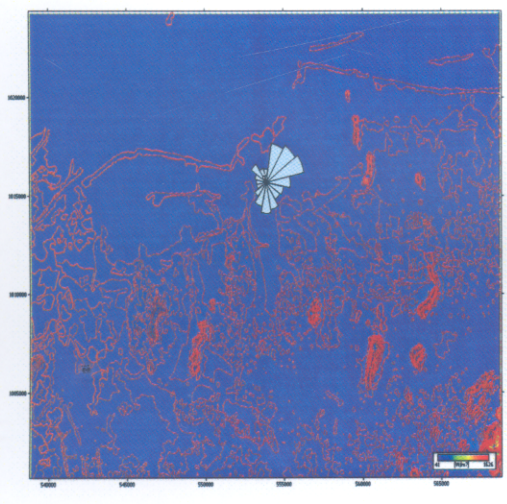
รูปที่ 4.107 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์
ที่ระดับความสูง 67 m



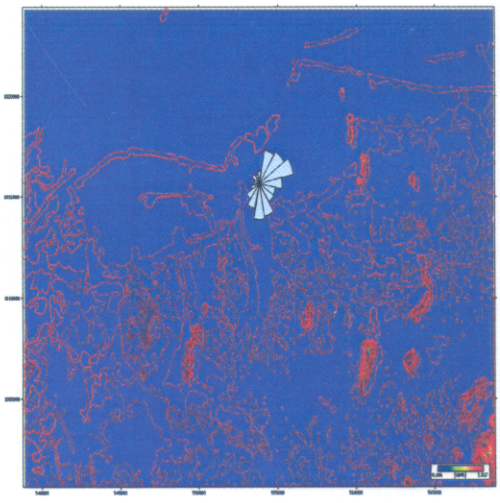
รูปที่ 4.109 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์
ที่ระดับความสูง 50 m



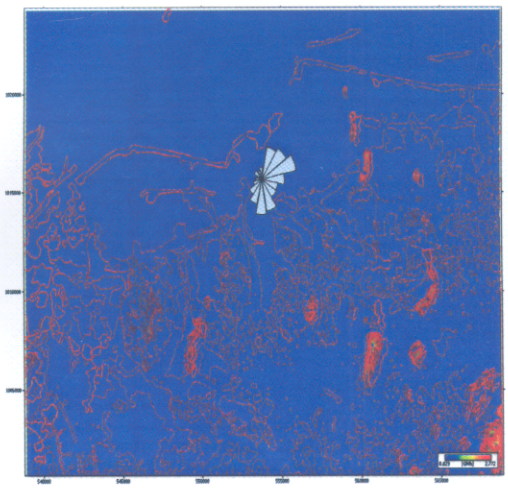
รูปที่ 4.110 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์
ที่ระดับความสูง 60 m



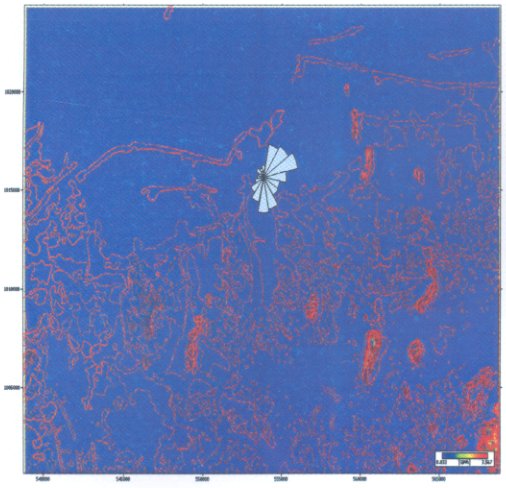
รูปที่ 4.111 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์
ที่ระดับความสูง 67 m



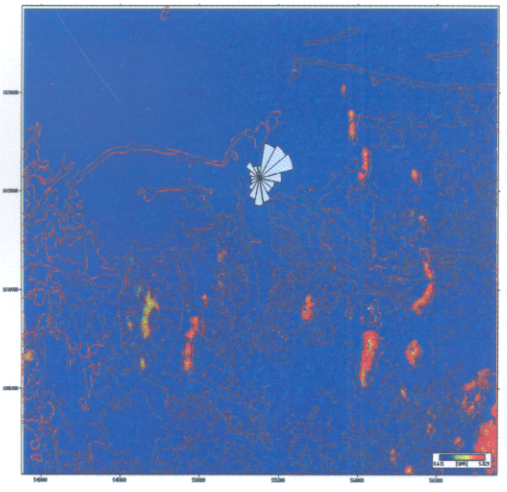
รูปที่ 4.112 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



รูปที่ 4.113 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



รูปที่ 4.114 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)

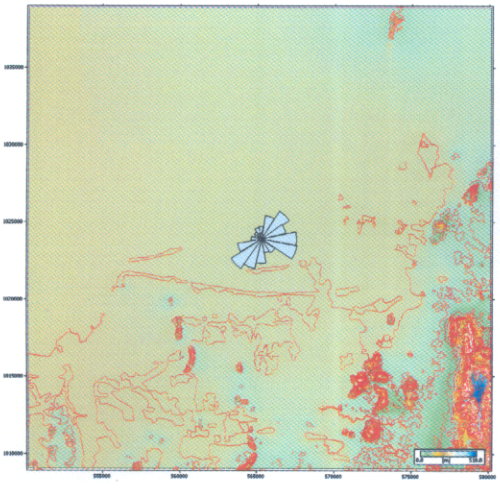


รูปที่ 4.115 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)

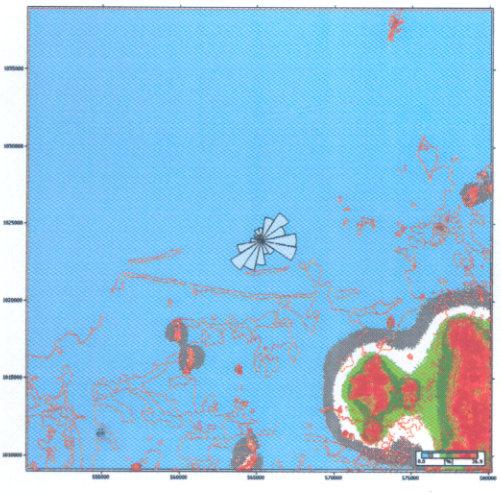
ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมดอนสักโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.743 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.126 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 1.842 GWh แสดงดังรูปที่ 4.127 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 3.053 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.128 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 4.655 GWh แสดงดังรูปที่ 4.129

4.2.5 สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช

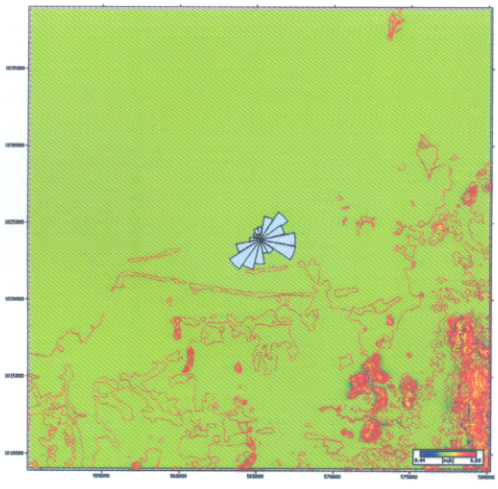
สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช มีภูเขาทางด้านทิศเหนือและทิศใต้มีความสูงไม่เกิน 800 m โดยมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.130 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมขนอมมีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 36% แสดงดังรูปที่ 4.131 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m อยู่ในช่วง 0.37-11.26 m/s แสดงดังรูปที่ 4.132 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.38-11.39 m/s แสดงดังรูปที่ 4.133 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.91-10.90 m/s แสดงดังรูปที่ 4.134 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.89-10.57 m/s แสดงดังรูปที่ 4.135



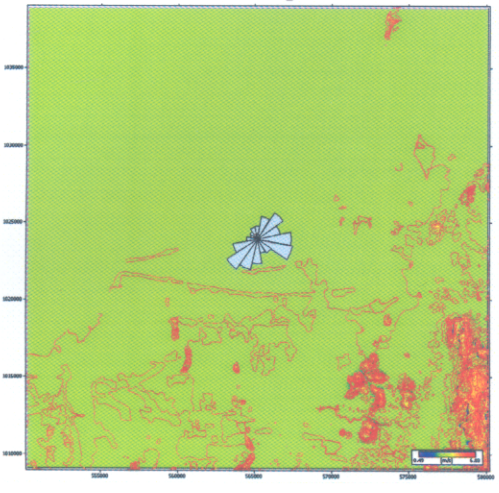
รูปที่ 4.116 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก



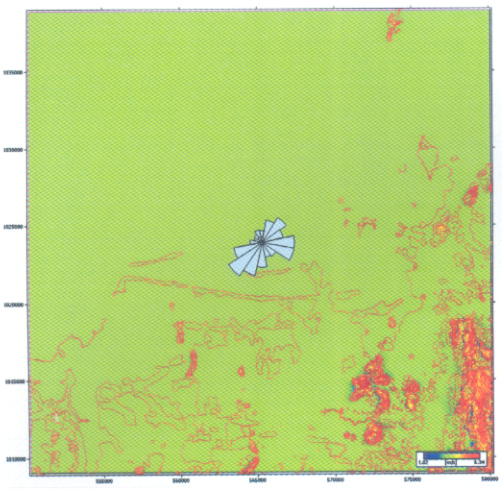
รูปที่ 4.117 แผนที่ดัชนีความขรุขระสถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก



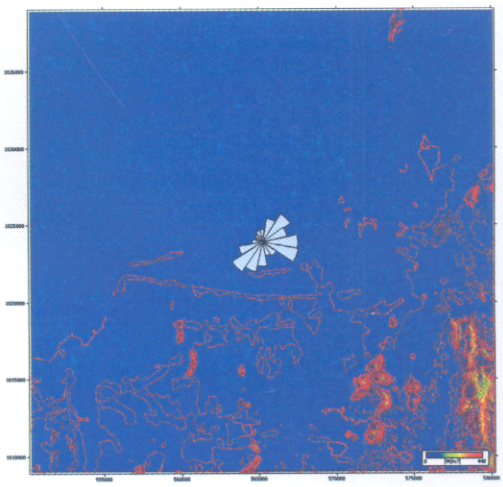
รูปที่ 4.118 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมดอนสักที่ระดับความสูง 45 m



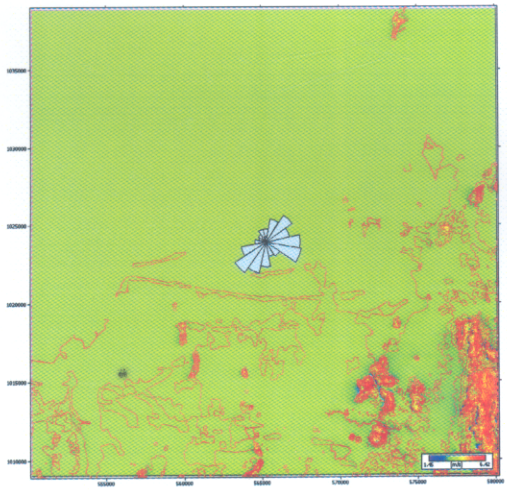
รูปที่ 4.119 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมดอนสักที่ระดับความสูง 50 m



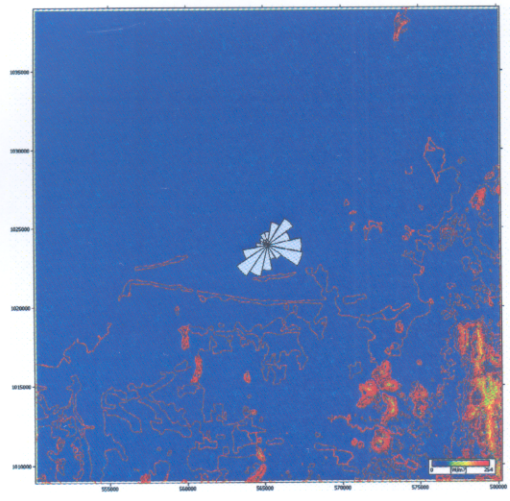
รูปที่ 4.120 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก
ที่ระดับความสูง 60 m



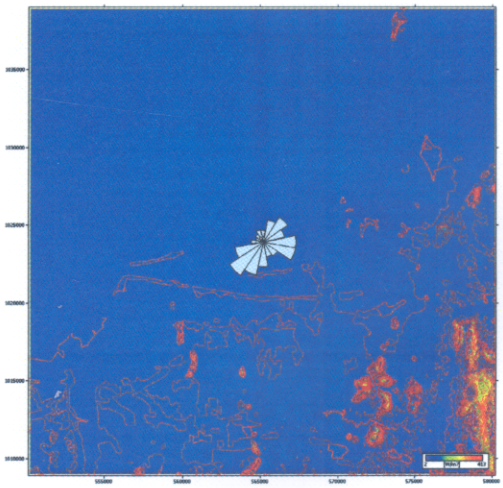
รูปที่ 4.122 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก
ที่ระดับความสูง 45 m



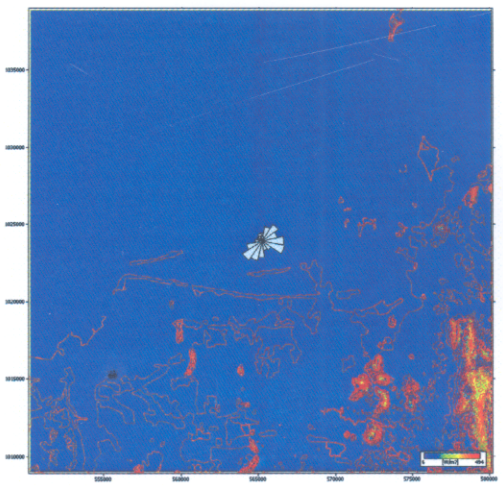
รูปที่ 4.121 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก
ที่ระดับความสูง 67 m



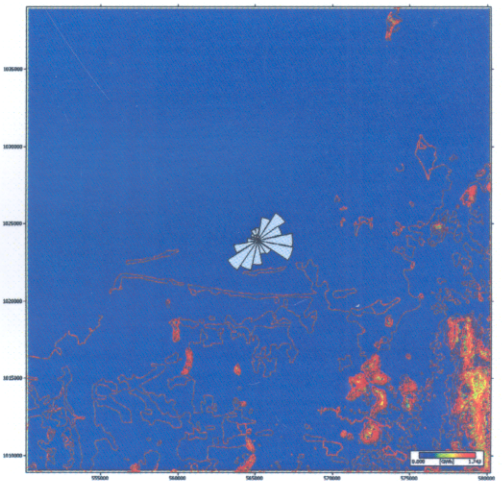
รูปที่ 4.123 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก
ที่ระดับความสูง 50 m



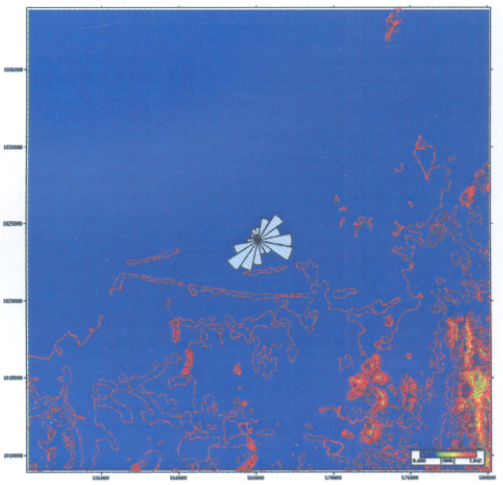
รูปที่ 4.124 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก
ที่ระดับความสูง 60 m



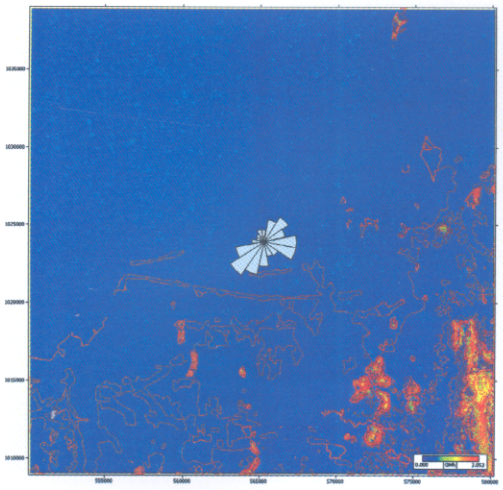
รูปที่ 4.125 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก
ที่ระดับความสูง 67 m



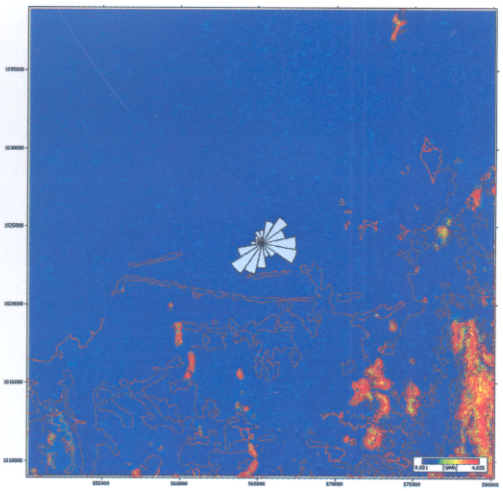
รูปที่ 4.126 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



รูปที่ 4.127 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



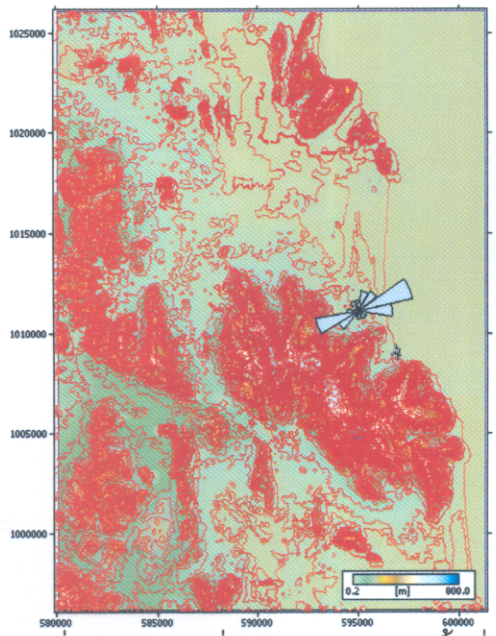
รูปที่ 4.128 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



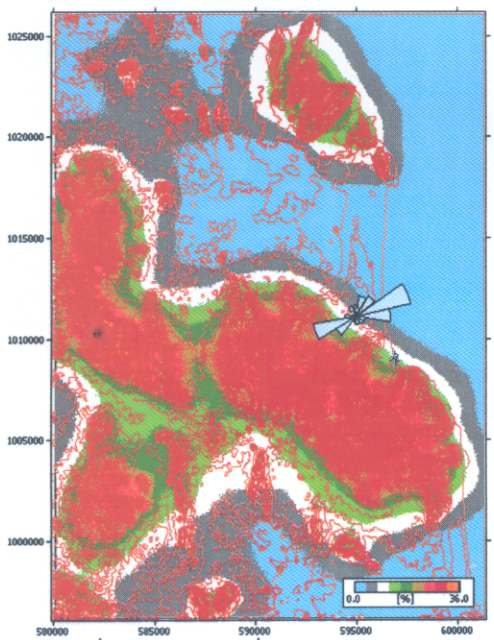
รูปที่ 4.129 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)

โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 0-2,584 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.136 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 0-2,740 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.137 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 1-2,542 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.138 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 3-2,432 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.139

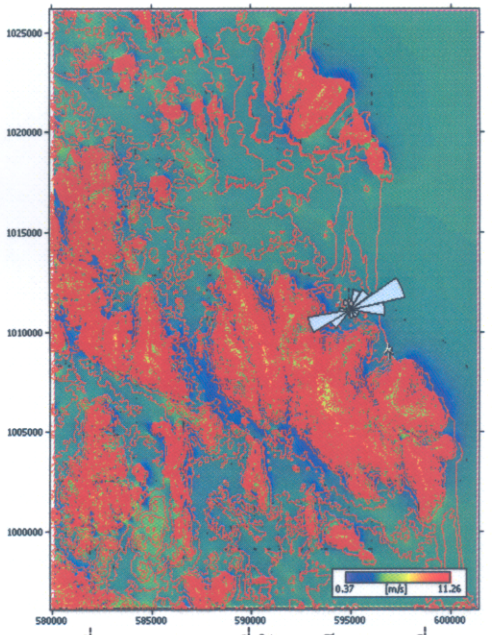
ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมขนอมโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.894 GWh โดยบริเวณที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดเป็นพื้นที่ที่มีภูเขาสูงทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ของสถานีวิจัยพลังงานลม แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.140 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 3.880 GWh แสดงดังรูปที่ 4.141 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 4.160 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.142 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 7.492 GWh แสดงดังรูปที่ 4.143



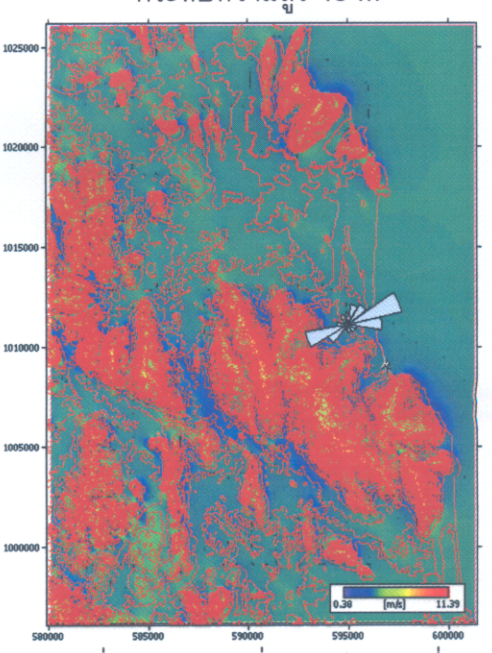
รูปที่ 4.130 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมขนอม



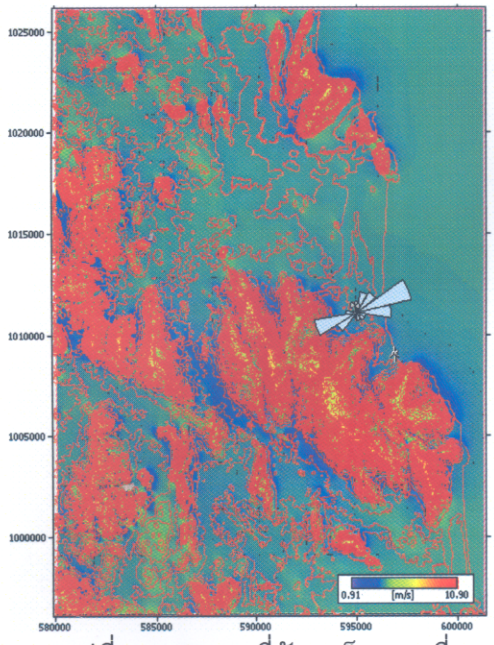
รูปที่ 4.131 แผนที่ดัชนีความขรุขระสถานีวิจัยพลังงานลมขนอม



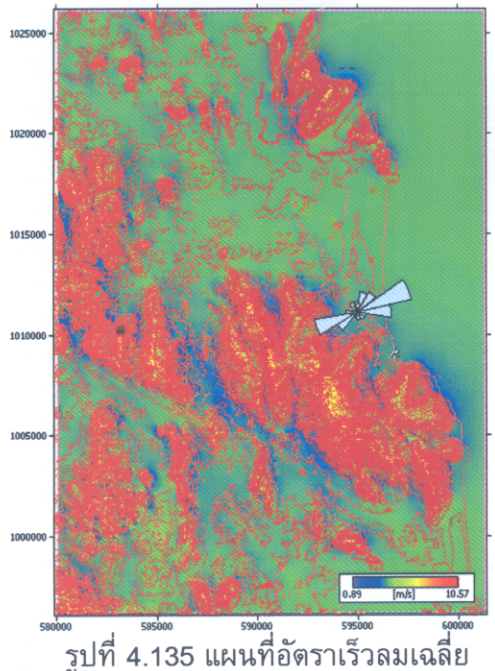
รูปที่ 4.132 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมขนอมที่ระดับความสูง 45 m



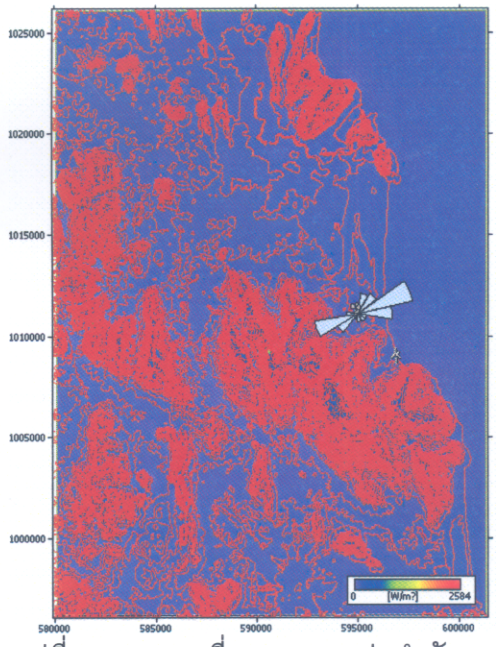
รูปที่ 4.133 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมขนอมที่ระดับความสูง 50 m



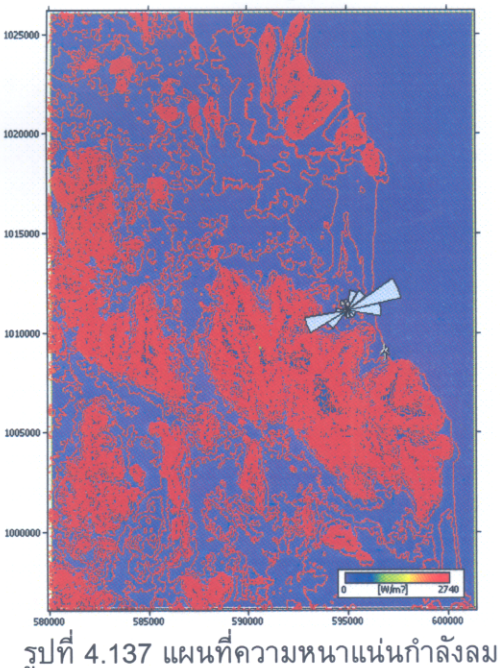
รูปที่ 4.134 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม
ที่ระดับความสูง 60 m



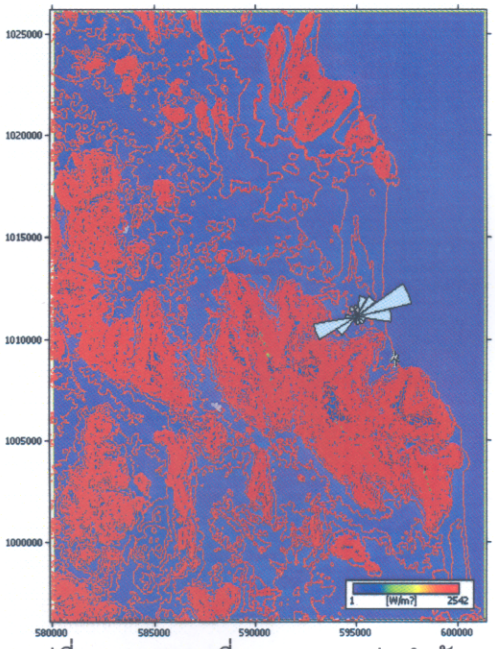
รูปที่ 4.135 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม
ที่ระดับความสูง 67 m



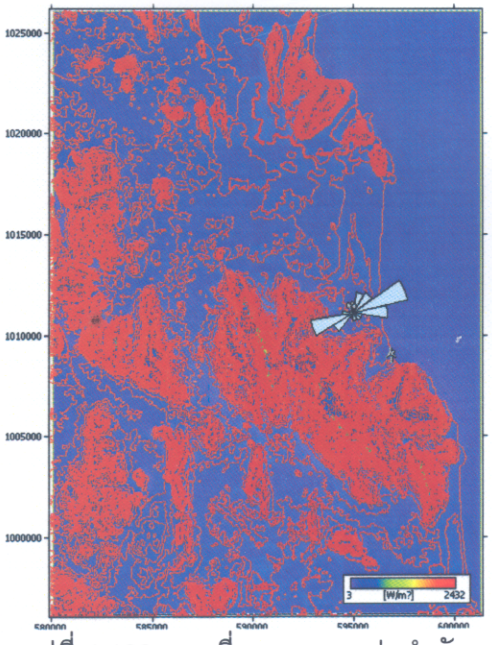
รูปที่ 4.136 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม
ที่ระดับความสูง 45 m



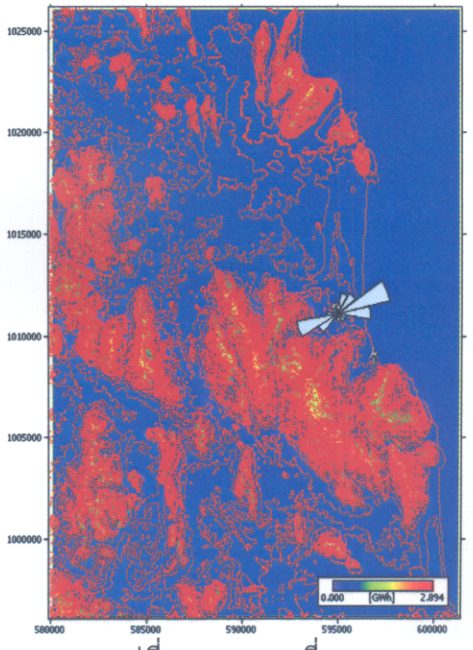
รูปที่ 4.137 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม
ที่ระดับความสูง 50 m



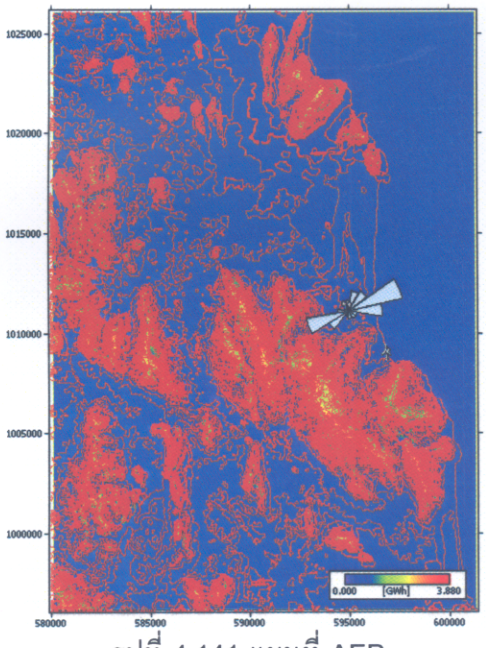
รูปที่ 4.138 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม
ที่ระดับความสูง 60 m



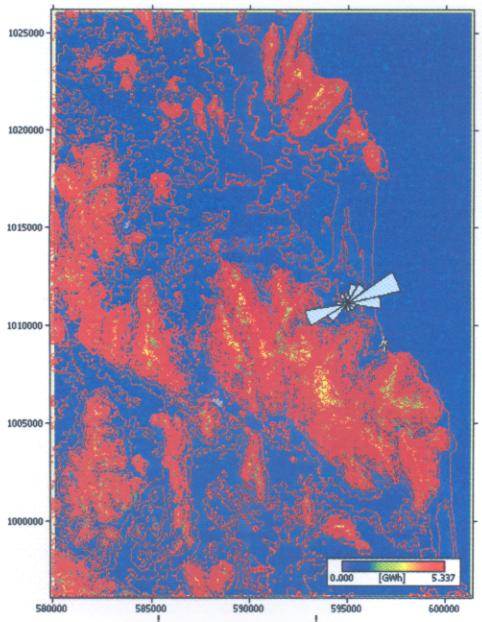
รูปที่ 4.139 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม
ที่ระดับความสูง 67 m



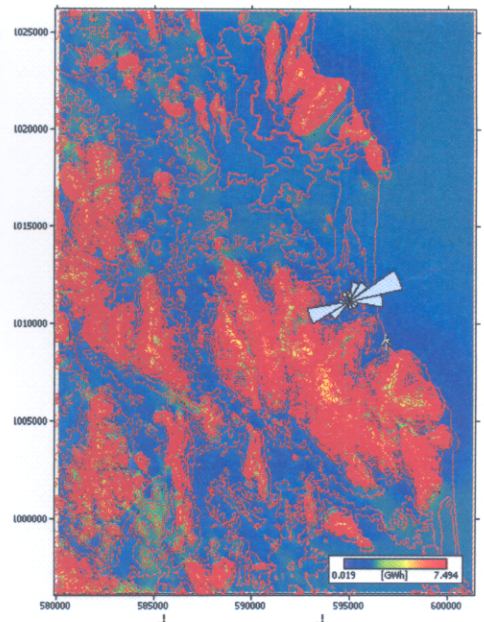
รูปที่ 4.140 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



รูปที่ 4.141 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



รูปที่ 4.142 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



รูปที่ 4.143 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)

4.2.6 สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช

สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช มีภูเขาทางด้านทิศตะวันตกและกระจัดกระจายทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ของสถานีวิจัยพลังงานลม โดยมีภูเขาเกียดอยู่ใกล้สถานีวิจัยพลังงานลมมากที่สุดทางด้านทิศตะวันตก มีความสูงไม่เกิน 800 m โดยมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.144 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมสิชลมีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 32.2% แสดงดังรูปที่ 4.145 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 0.31-7.37 m/s แสดงดังรูปที่ 4.146 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.27-8.02 ดังรูปที่ 4.147 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.59-8.73 m/s แสดงดังรูปที่ 4.148 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.95-9.20 m/s แสดงดังรูปที่ 4.149

โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 0-580 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.150 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 0-750 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.151 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 0-981 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.152 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 2-1,151 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.153

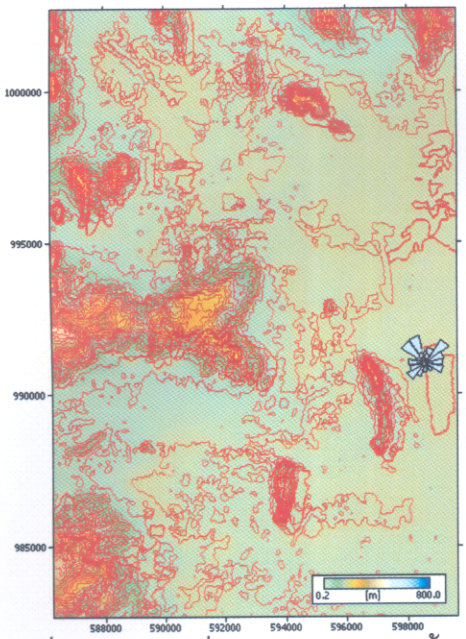
ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมสิชลโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.161 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.154 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 3.258 GWh แสดงดังรูปที่ 4.155 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 5.138 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.156 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 7.737 GWh แสดงดังรูปที่ 4.157

4.2.7 สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช

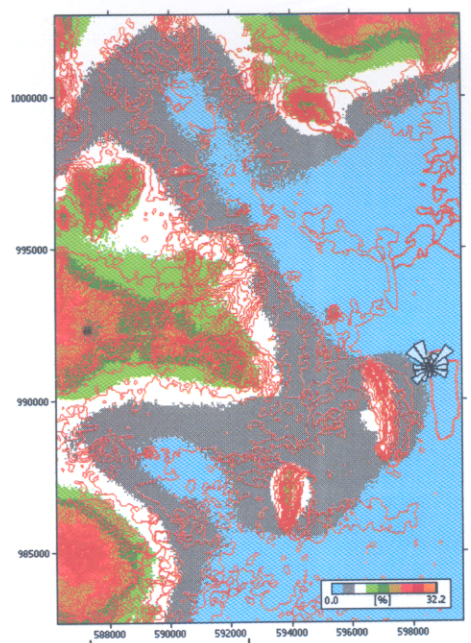
สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช เป็นพื้นที่ราบโล่งมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.158 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลามีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 4.4% แสดงดังรูปที่ 4.159 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 5.30-7.74 m/s แสดงดังรูปที่ 4.160 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.30-8.18 m/s แสดงดังรูปที่ 4.161 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.19-9.09 m/s แสดงดังรูปที่ 4.162 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.80-9.70 m/s แสดงดังรูปที่ 4.163 โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 278-971 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.164 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 360-1,254 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.165

ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 637-1,896 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.166 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 894-2,418 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.167

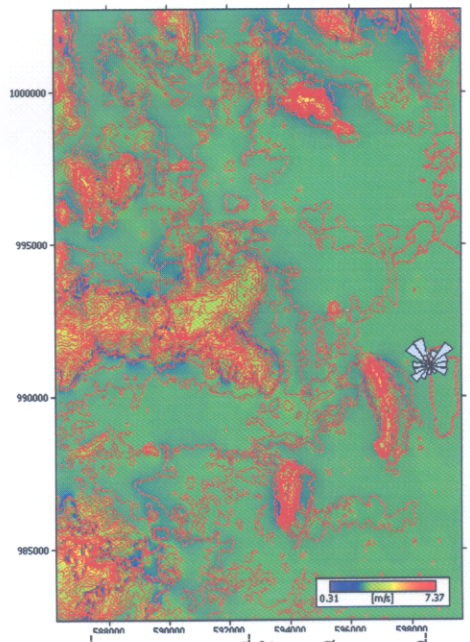
ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลาโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.148 GWh สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 2.101 GWh สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 4.733 GWh และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 6.966 GWh แสดงดังรูปที่ 4.168-4.171



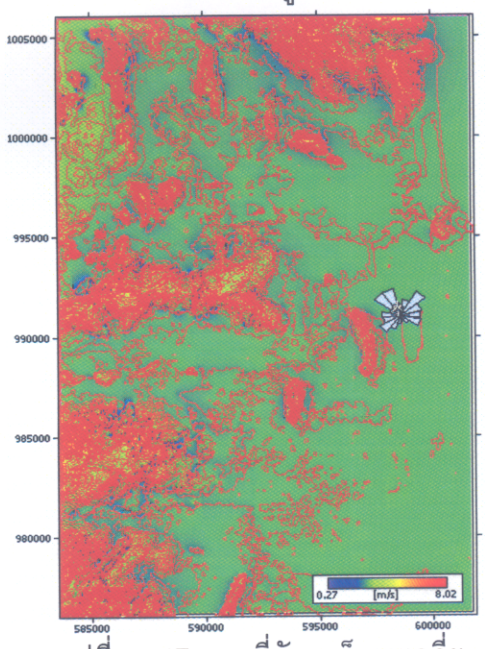
รูปที่ 4.144 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมสิชล



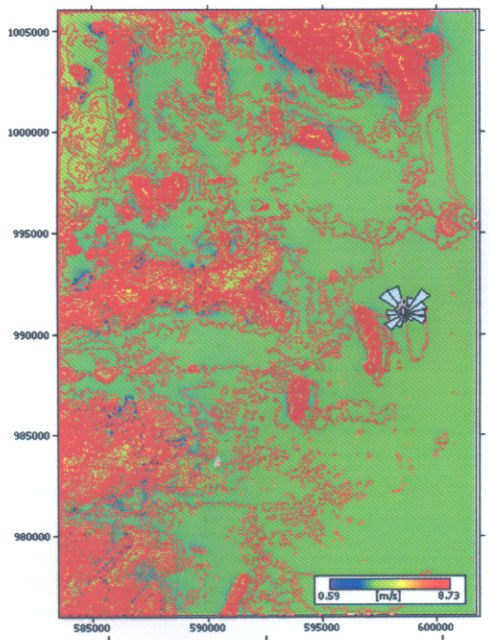
รูปที่ 4.145 แผนที่ดัชนีความขรุขระสถานีวิจัยพลังงานลมสิชล



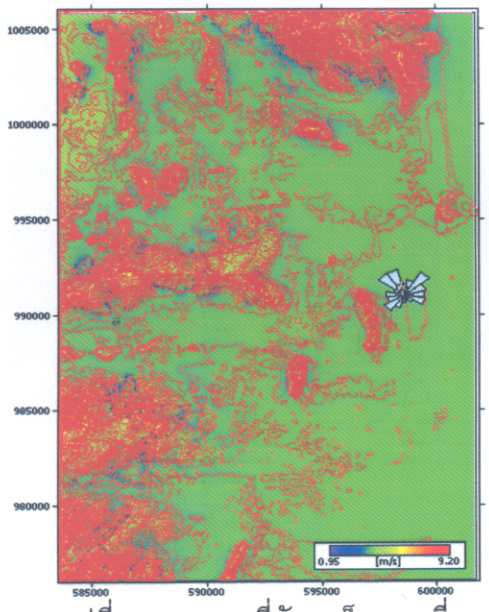
รูปที่ 4.146 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมสิชลที่ระดับความสูง 45 m



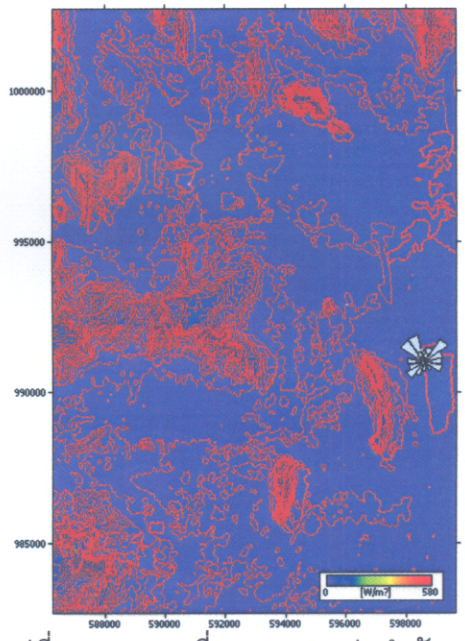
รูปที่ 4.147 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมสิชลที่ระดับความสูง 50 m



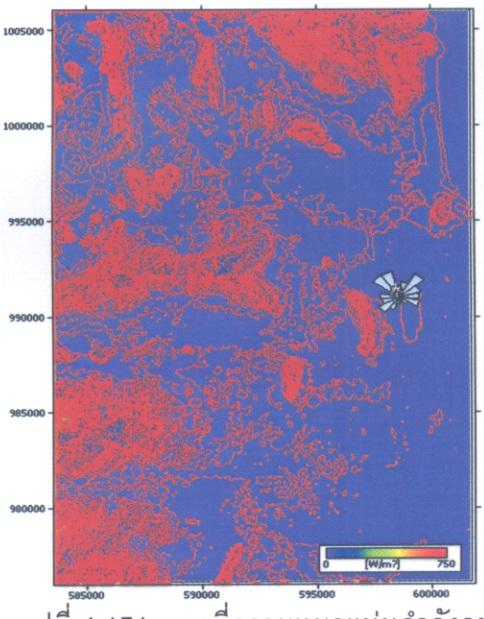
รูปที่ 4.148 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล
ที่ระดับความสูง 60 m



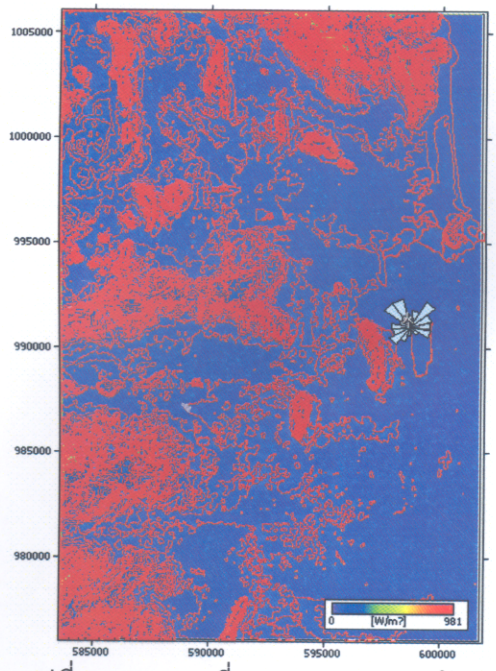
รูปที่ 4.149 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล
ที่ระดับความสูง 67 m



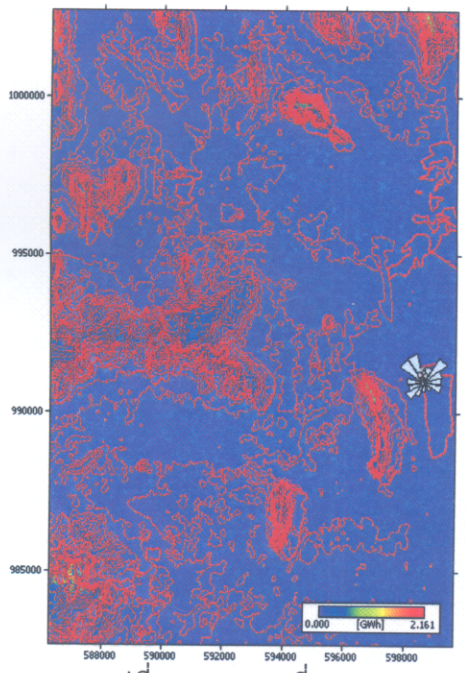
รูปที่ 4.150 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล
ที่ระดับความสูง 45 m



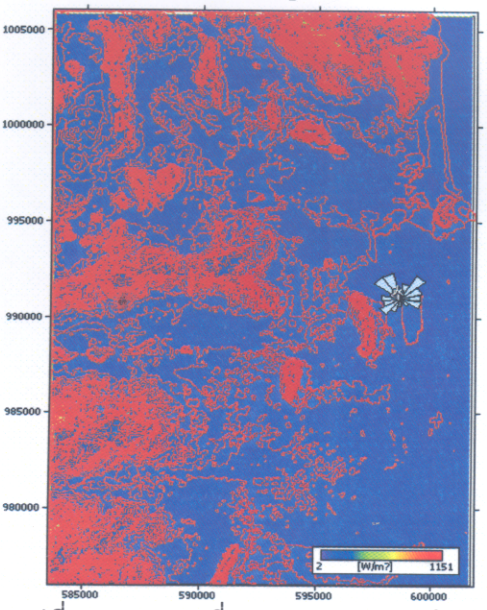
รูปที่ 4.151 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล
ที่ระดับความสูง 50 m



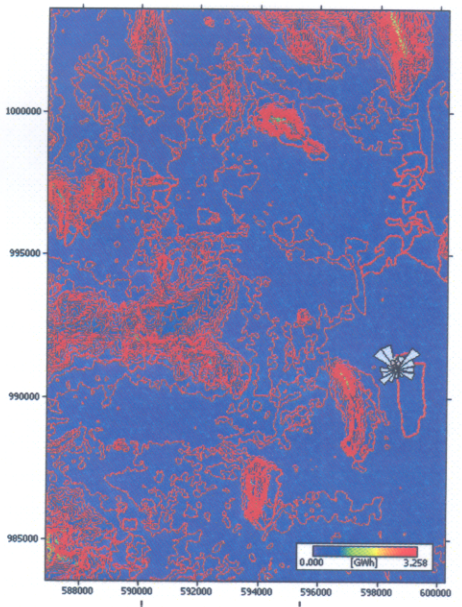
รูปที่ 4.152 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล
ที่ระดับความสูง 60 m



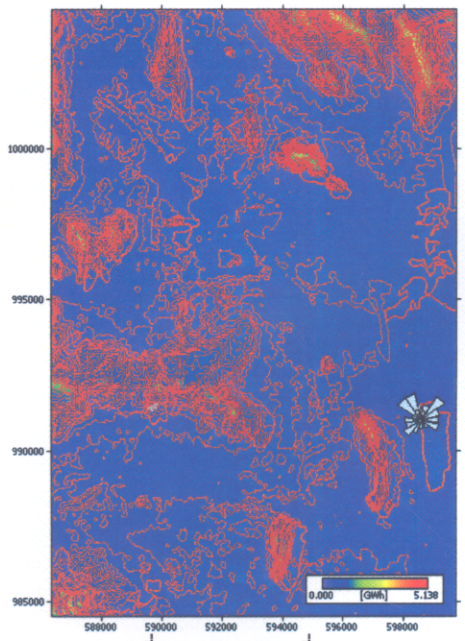
รูปที่ 4.154 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



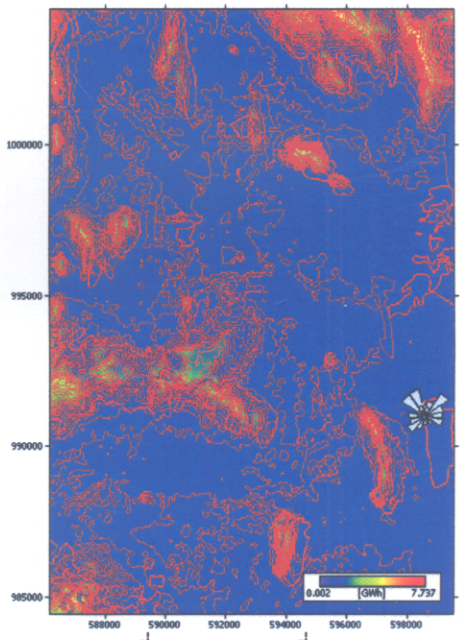
รูปที่ 4.153 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล
ที่ระดับความสูง 67 m



รูปที่ 4.155 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



รูปที่ 4.156 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



รูปที่ 4.157 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)

4.2.8 สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช

สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช เป็นพื้นที่ราบปากแม่น้ำ โดยมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.172 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนังมีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 1.1% แสดงดังรูปที่ 4.173 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 5.38-6.05 m/s แสดงดังรูปที่ 4.174 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.68-6.39 m/s แสดงดังรูปที่ 4.175 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.56-7.22 m/s แสดงดังรูปที่ 4.176 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.16-7.79 m/s แสดงดังรูปที่ 4.177

โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 207-303 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.178 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 255-375 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.179 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 415-575 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.180 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 555-739 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.181

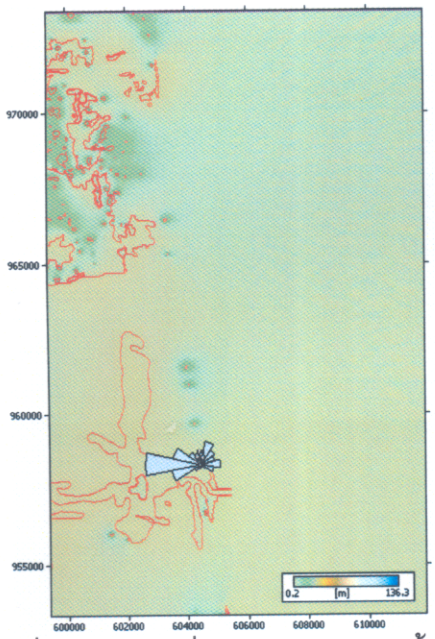
ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนังโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.389 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.182 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 2.101 GWh แสดงดังรูปที่ 4.183 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 3.658 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.184 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 6.196 GWh แสดงดังรูปที่ 4.185

4.2.9 สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช

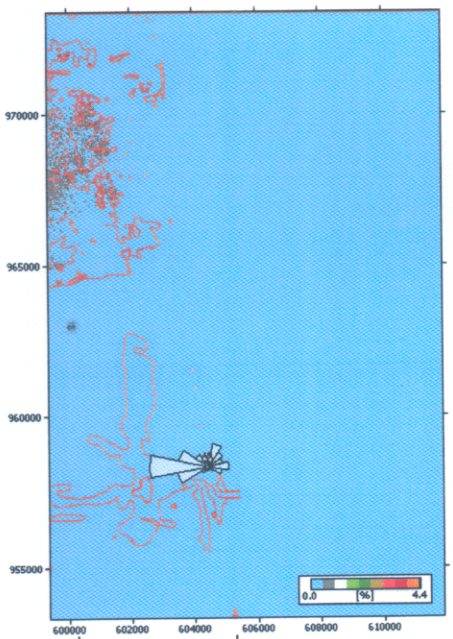
สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช มีภูเขาทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ชื่อเขาพระบาทซึ่งมีความสูงไม่เกิน 160 m มีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.186 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทรมีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 10.2% แสดงดังรูปที่ 4.187 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 3.52-6.61 m/s แสดงดังรูปที่ 4.188 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.58-6.73 m/s แสดงดังรูปที่ 4.189 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.05-7.03 m/s แสดงดังรูปที่ 4.190 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.33-7.16 m/s แสดงดังรูปที่ 4.191

โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 51-380 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.192 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 55-407 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.193 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 79-469 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.194 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 99-499 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.195

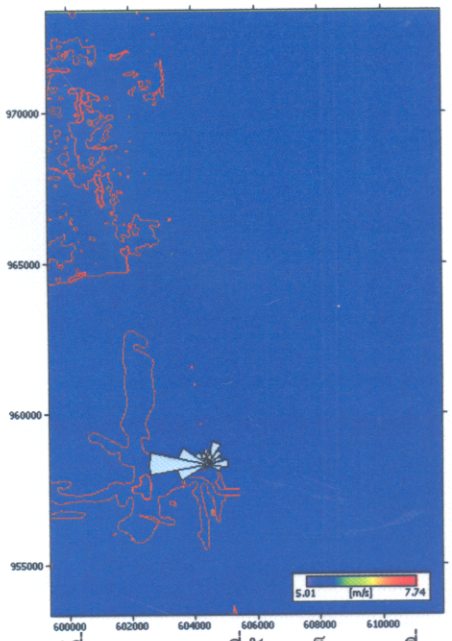
ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทรโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.774 GWh โดยบริเวณที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดเป็นพื้นที่ที่มีภูเขาสูงทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของสถานีวิจัยพลังงานลมหรือเขาพระบาท แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.196 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 3.667 GWh แสดงดังรูปที่ 4.197 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 4.216 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.198 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 5.612 GWh แสดงดังรูปที่ 4.199



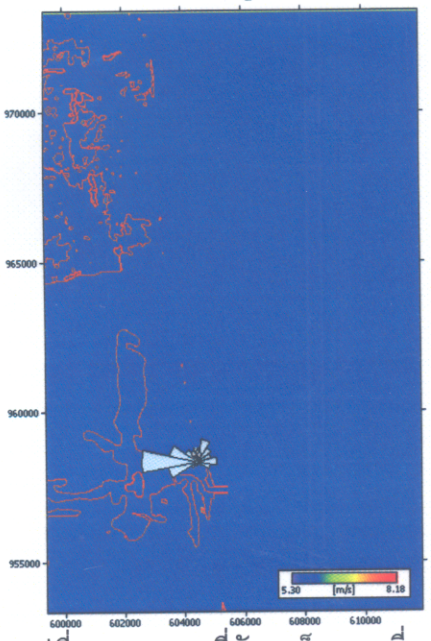
รูปที่ 4.158 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบ สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา



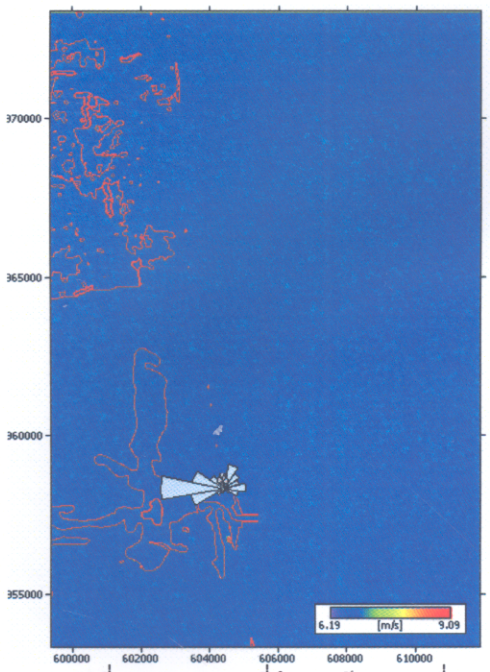
รูปที่ 4.159 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา



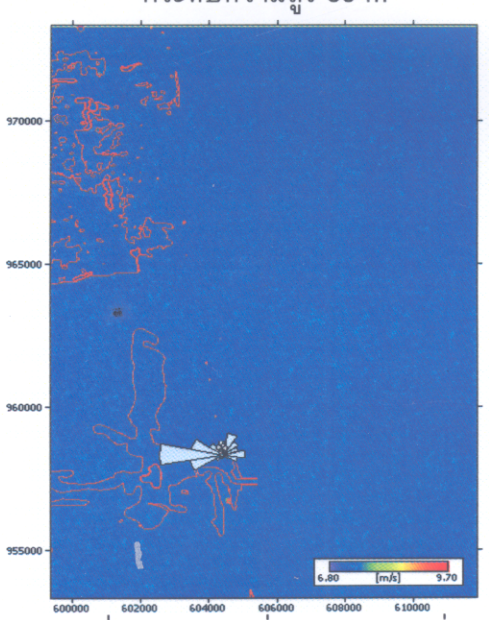
รูปที่ 4.160 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ที่ระดับความสูง 45 m



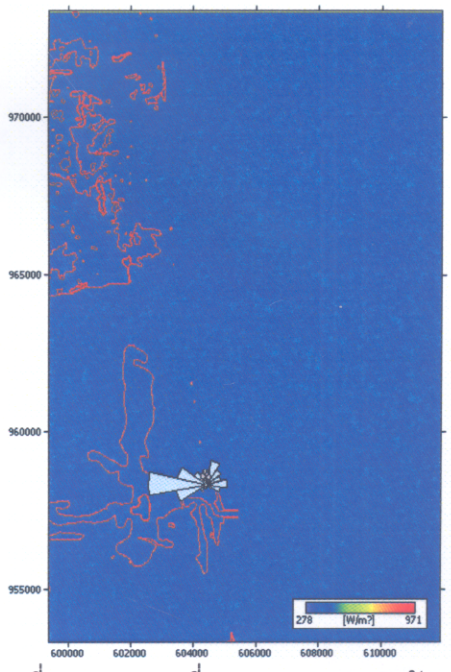
รูปที่ 4.161 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ที่ระดับความสูง 50 m



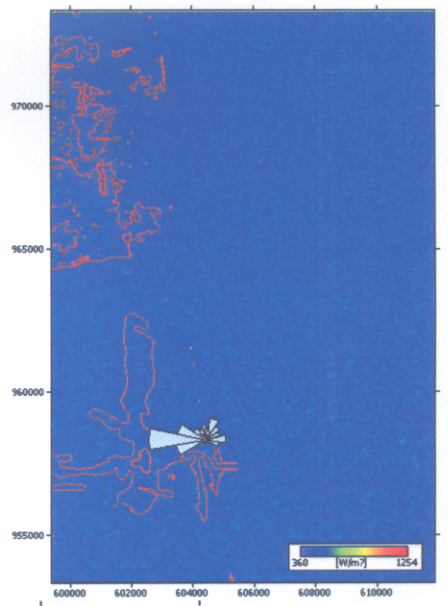
รูปที่ 4.162 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา
ที่ระดับความสูง 60 m



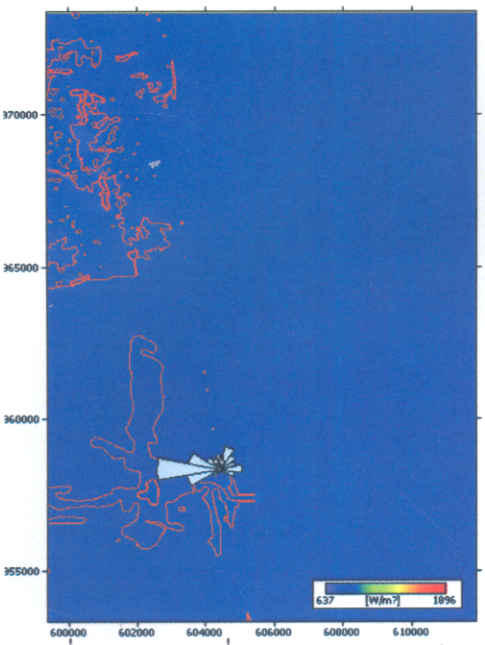
รูปที่ 4.163 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา
ที่ระดับความสูง 67 m



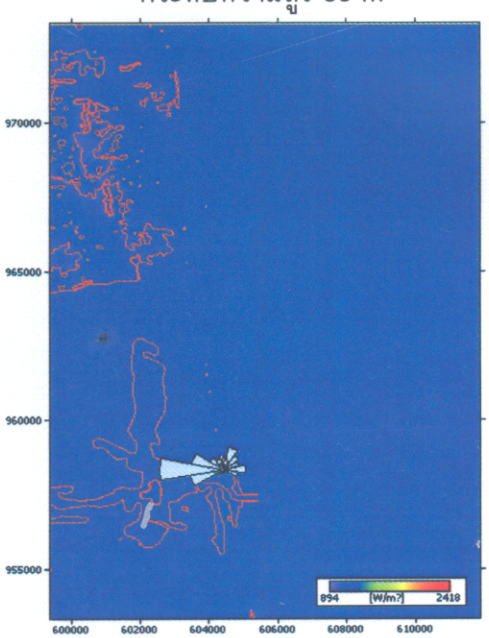
รูปที่ 4.164 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา
ที่ระดับความสูง 45 m



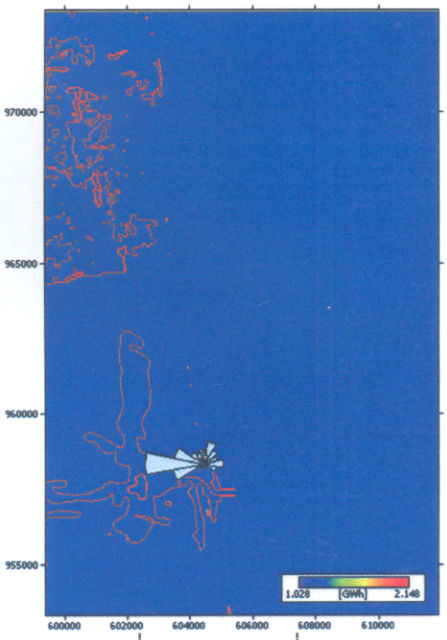
รูปที่ 4.165 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา
ที่ระดับความสูง 50 m



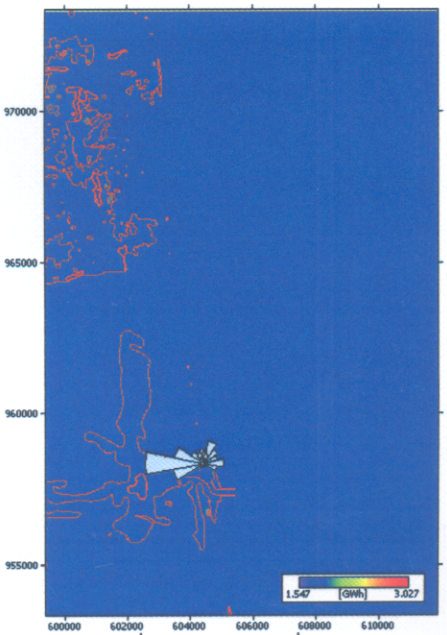
รูปที่ 4.166 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา
ที่ระดับความสูง 60 m



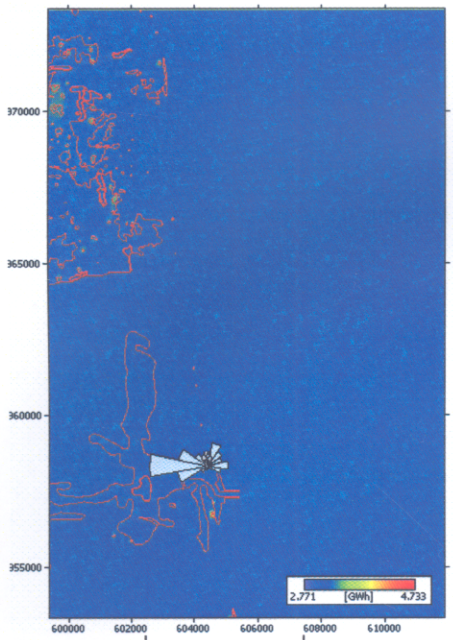
รูปที่ 4.167 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา
ที่ระดับความสูง 67 m



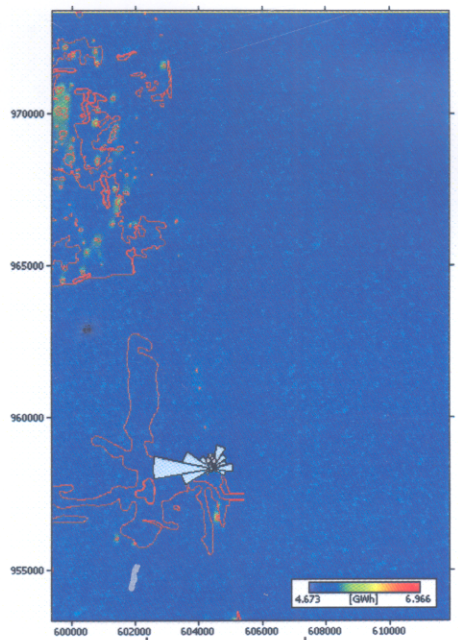
รูปที่ 4.168 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



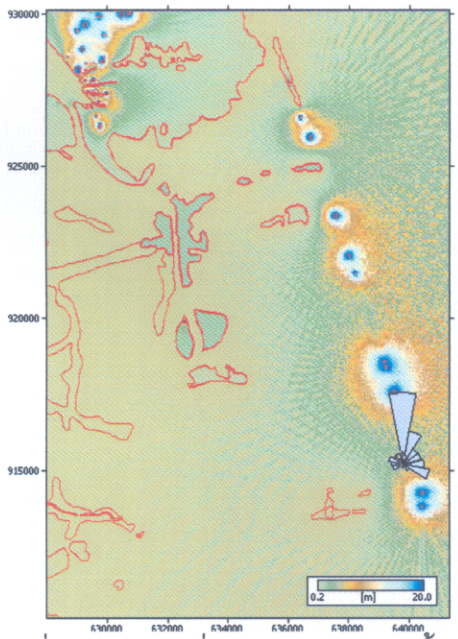
รูปที่ 4.169 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



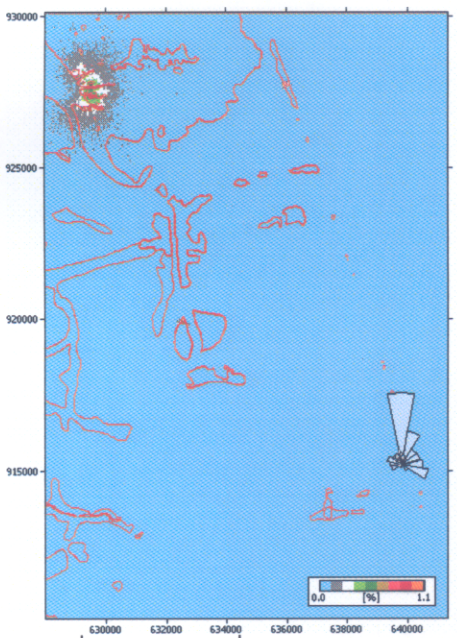
รูปที่ 4.170 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



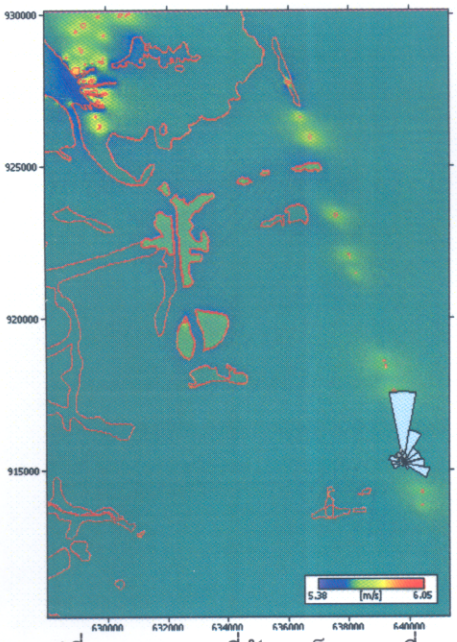
รูปที่ 4.171 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)



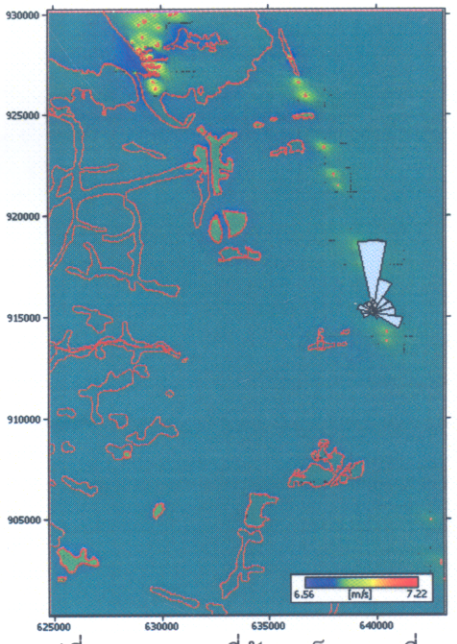
รูปที่ 4.172 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่
โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง



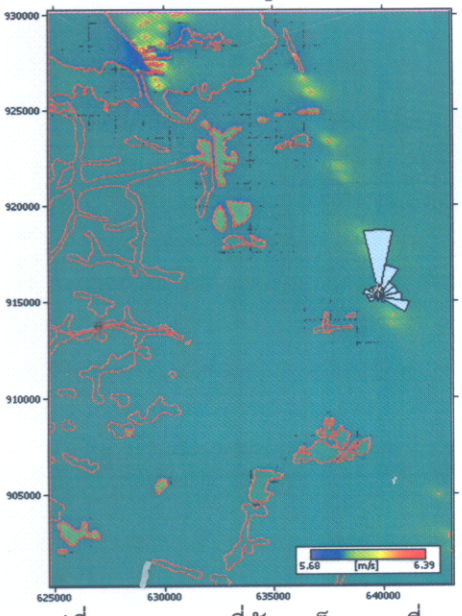
รูปที่ 4.173 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง



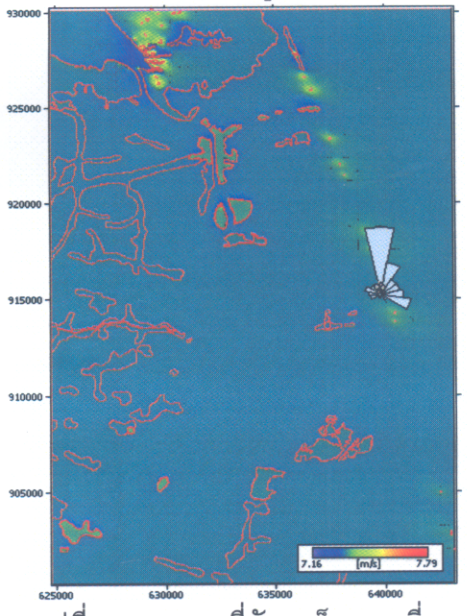
รูปที่ 4.174 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง
ที่ระดับความสูง 45 m



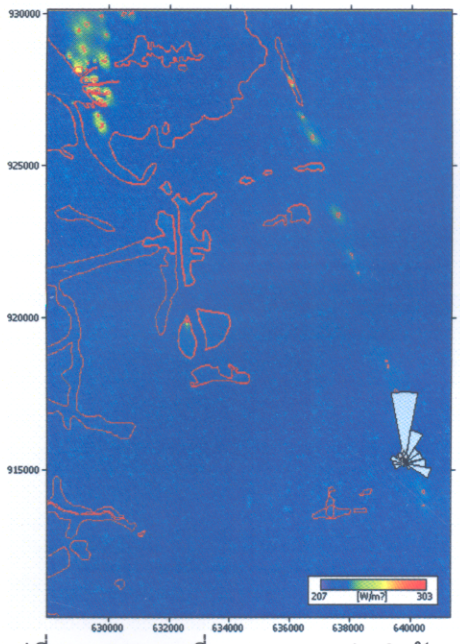
รูปที่ 4.176 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง
ที่ระดับความสูง 60 m



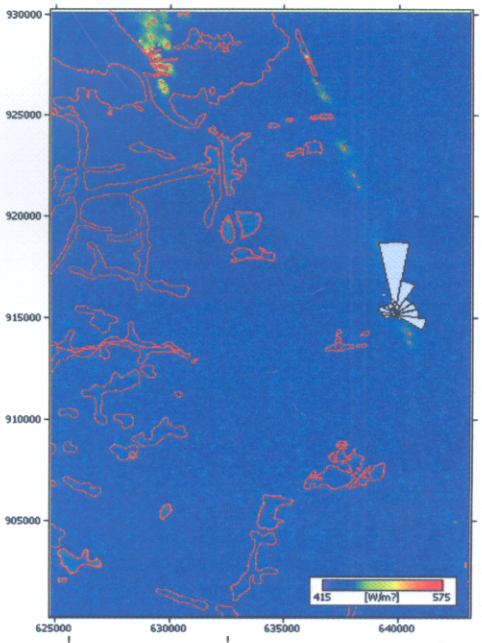
รูปที่ 4.175 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง
ที่ระดับความสูง 50 m



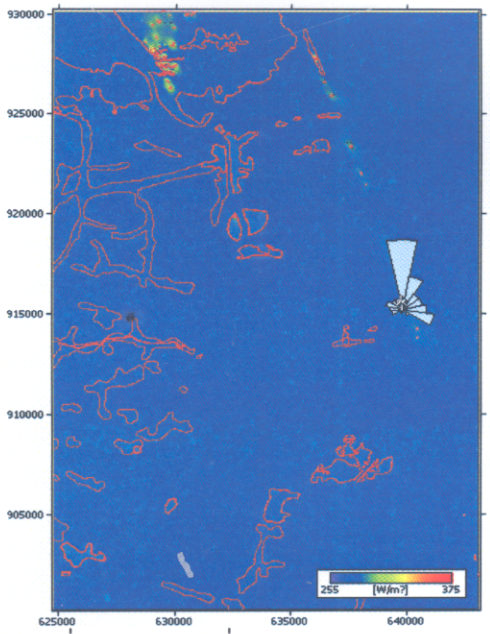
รูปที่ 4.177 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง
ที่ระดับความสูง 67 m



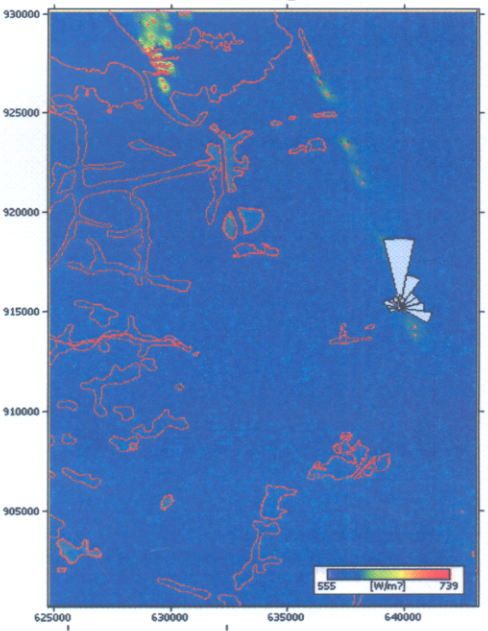
รูปที่ 4.178 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง
ที่ระดับความสูง 45 m



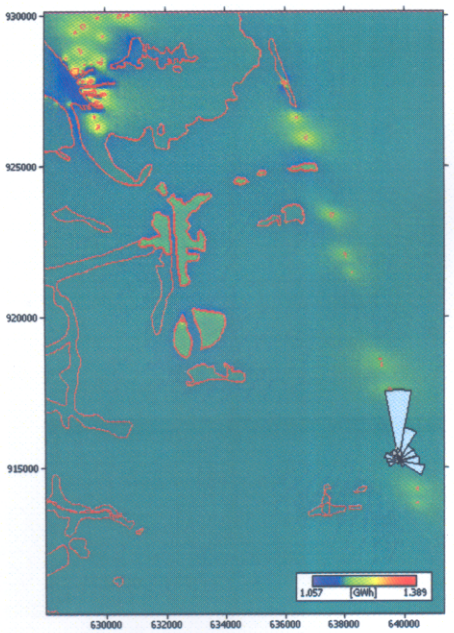
รูปที่ 4.180 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง
ที่ระดับความสูง 60 m



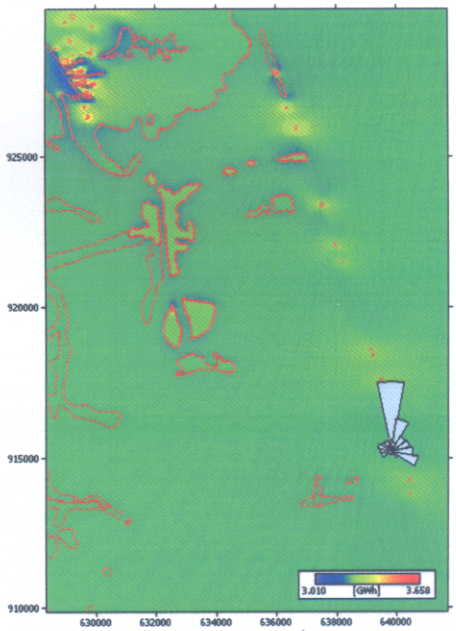
รูปที่ 4.179 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง
ที่ระดับความสูง 50 m



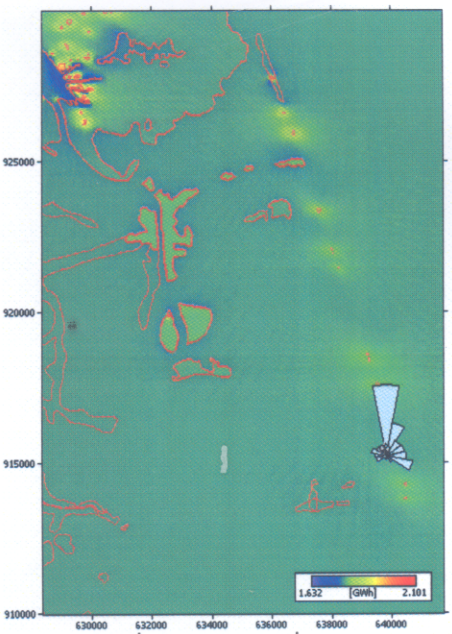
รูปที่ 4.181 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง
ที่ระดับความสูง 67 m



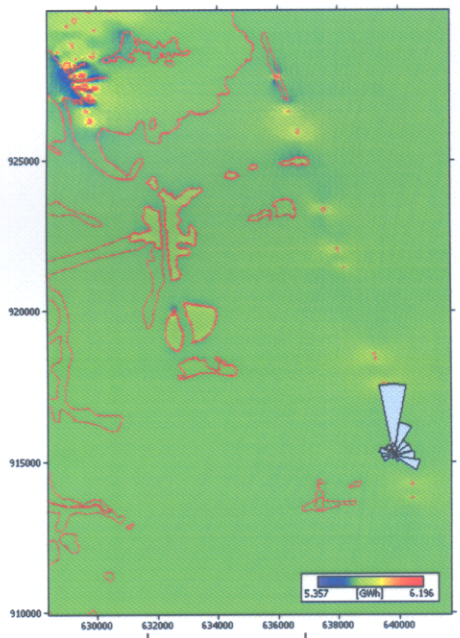
รูปที่ 4.182 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



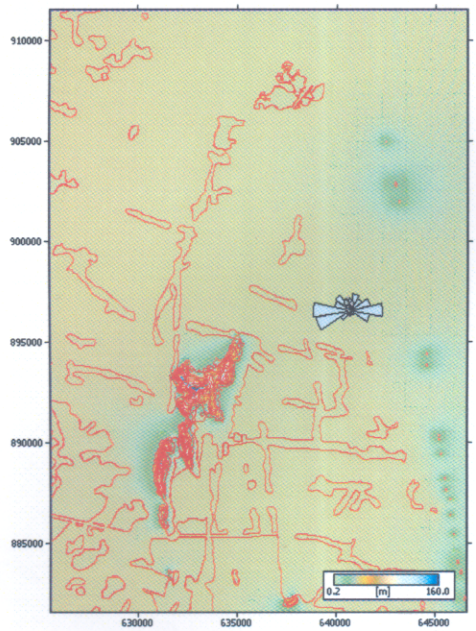
รูปที่ 4.184 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



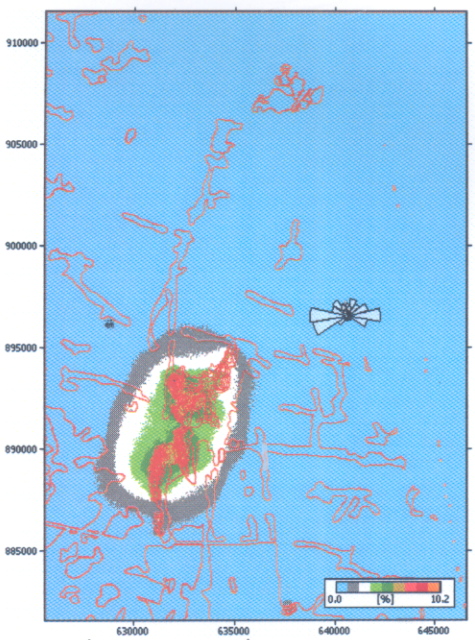
รูปที่ 4.183 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



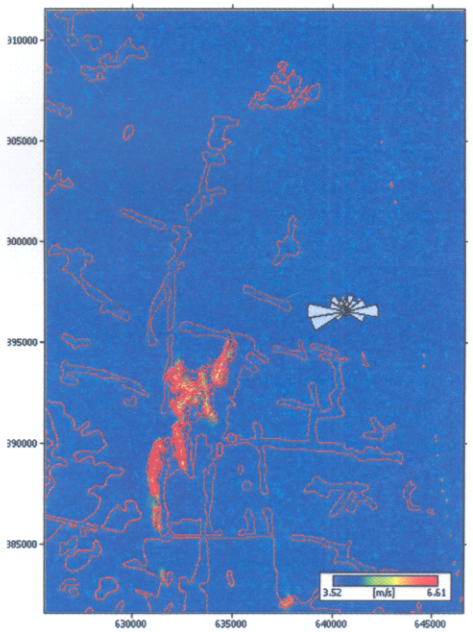
รูปที่ 4.185 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)



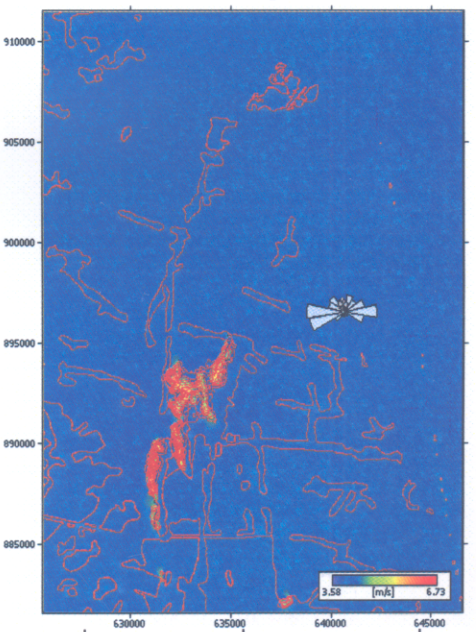
รูปที่ 4.186 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร



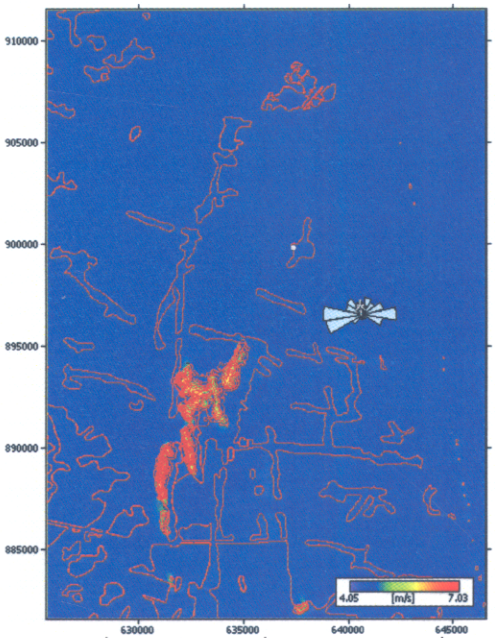
รูปที่ 4.187 แผนที่ดัชนีความขรุขระสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร



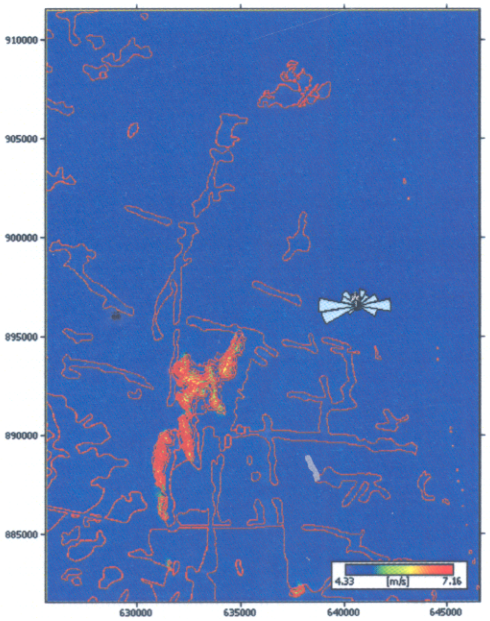
รูปที่ 4.188 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทรที่ระดับความสูง 45 m



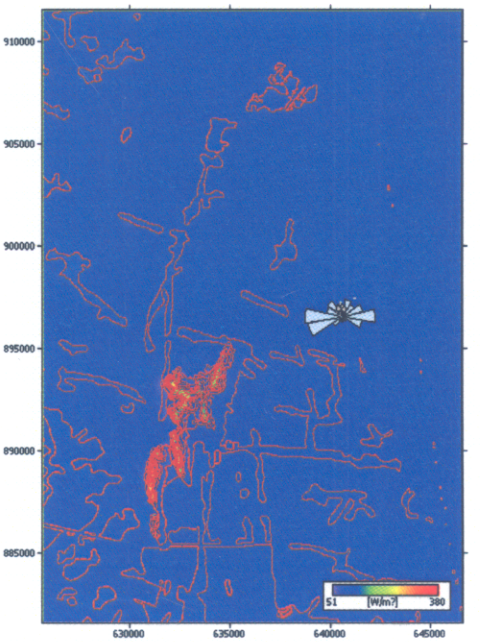
รูปที่ 4.189 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทรที่ระดับความสูง 50 m



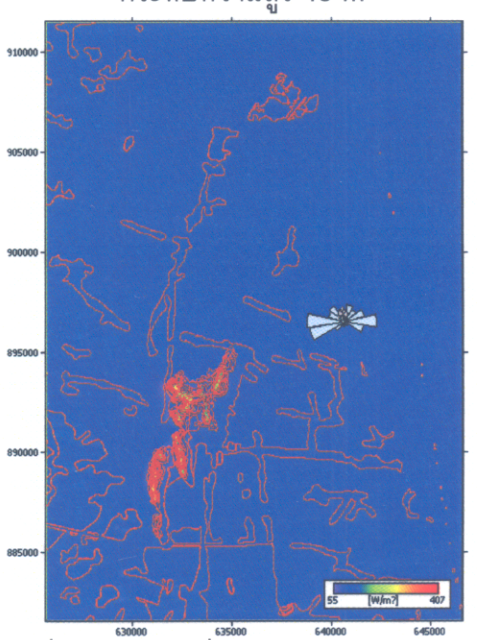
รูปที่ 4.190 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร
ที่ระดับความสูง 60 m



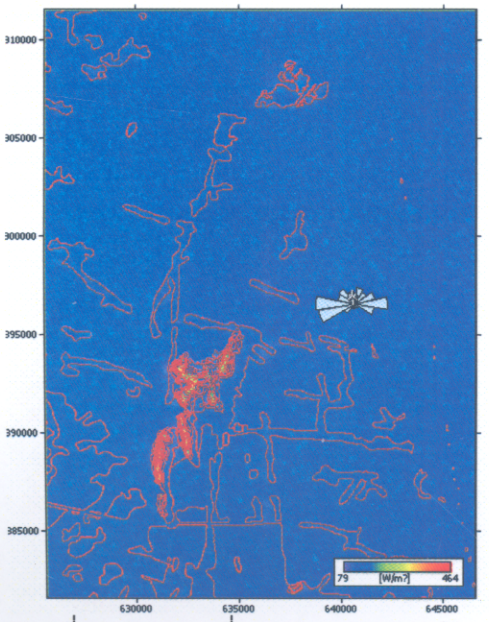
รูปที่ 4.191 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร
ที่ระดับความสูง 67 m



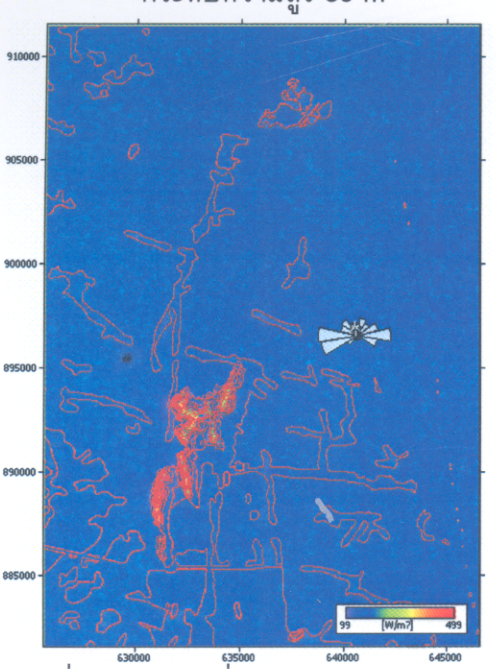
รูปที่ 4.192 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร
ที่ระดับความสูง 45 m



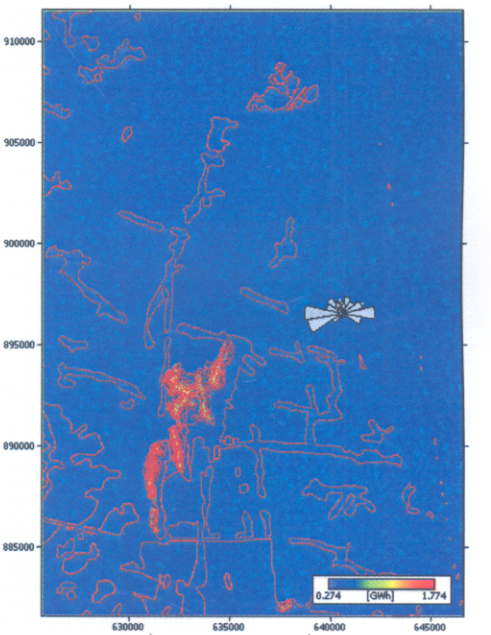
รูปที่ 4.193 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร
ที่ระดับความสูง 50 m



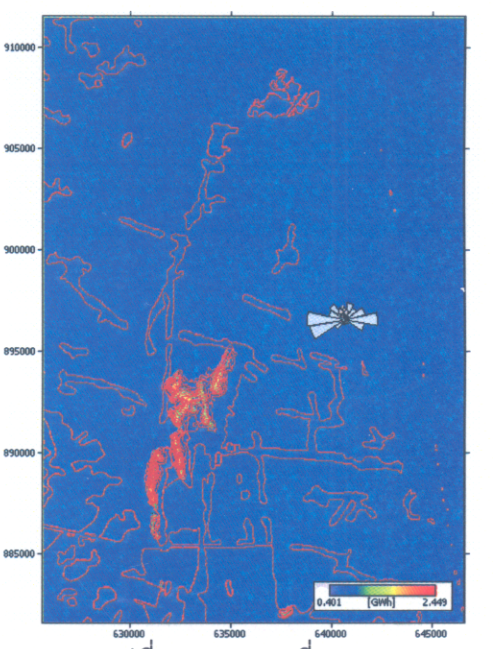
รูปที่ 4.194 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร
ที่ระดับความสูง 60 m



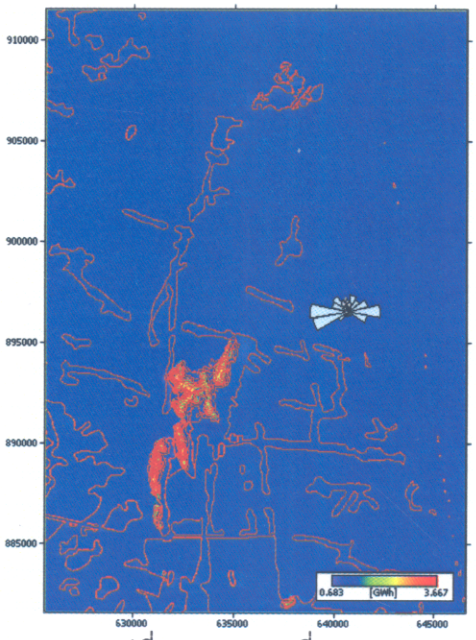
รูปที่ 4.195 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร
ที่ระดับความสูง 67 m



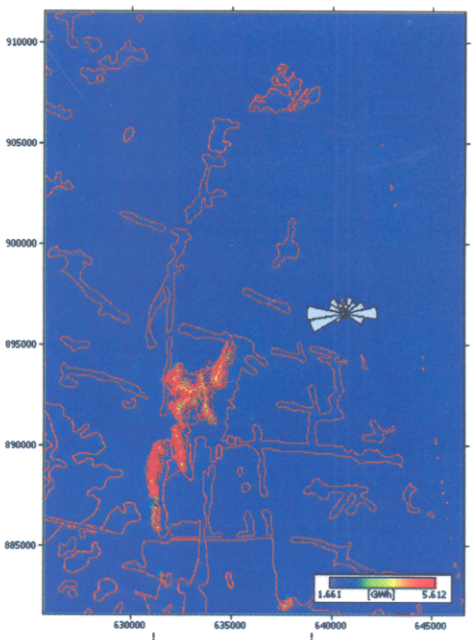
รูปที่ 4.196 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



รูปที่ 4.197 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



รูปที่ 4.198 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



รูปที่ 4.199 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)

4.2.10 สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา

สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา เป็นพื้นที่ราบโล่งคาบสมุทรมีภูเขาชื่อเกาะใหญ่วางตัวขนานกับแนวชายฝั่งทะเลทางด้านทิศใต้ของสถานีวิจัยพลังงานลมโดยมีความสูงไม่เกิน 140 m มีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.200 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมระโนดมีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 4.1% แสดงดังรูปที่ 4.201 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 4.32-7.41 m/s แสดงดังรูปที่ 4.202 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.54-7.76 m/s แสดงดังรูปที่ 4.203 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.28-8.40 m/s แสดงดังรูปที่ 4.204 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.77-8.82 m/s แสดงดังรูปที่ 4.205

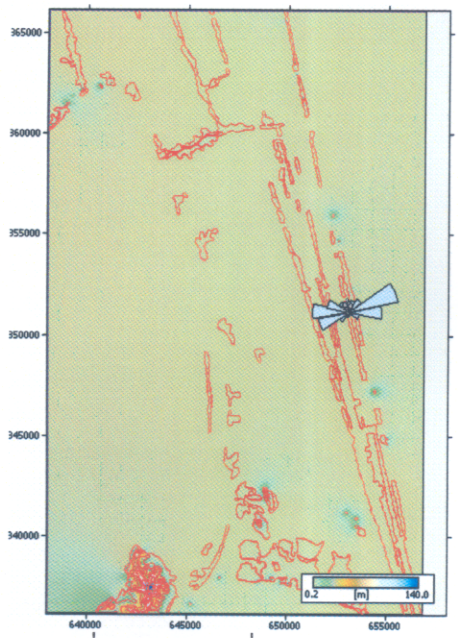
โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 91-501 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.206 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 106-574 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.207 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 180-774 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.208 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 215-984 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.209

ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมระโนดโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.225 GWh โดยบริเวณที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดเป็นพื้นที่เกาะใหญ่ทางทิศใต้ของสถานีวิจัยพลังงานลม แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.210 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 3.207 GWh แสดงดังรูปที่ 4.211 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 5.091 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.212 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 7.534 GWh แสดงดังรูปที่ 4.213

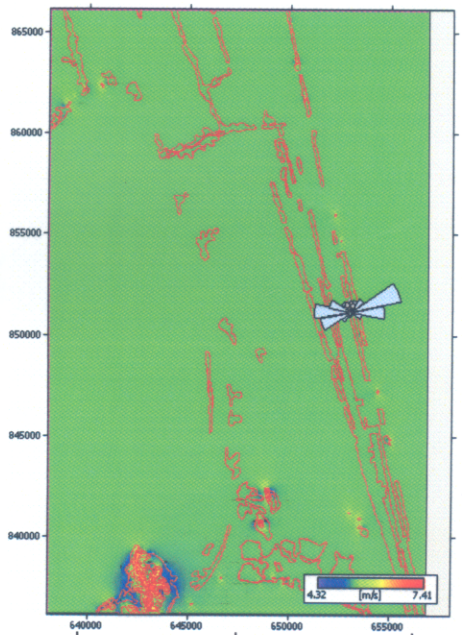
4.2.11 สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา

สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา มีภูเขาทางด้านทิศตะวันตกซึ่งเป็นภูเขาลูกเดียวกันกับของสถานีวิจัยพลังงานลมระโนดนั่นก็คือบริเวณเกาะใหญ่นั่นเอง โดยเกาะใหญ่มีความสูงไม่เกิน 140 m มีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.214 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 มีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 4.5% แสดงดังรูปที่ 4.215 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m อยู่ในช่วง 3.64-6.09 m/s แสดงดังรูปที่ 4.216 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.89-6.50 m/s แสดงดังรูปที่ 4.217 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.74-7.43 m/s แสดงดังรูปที่ 4.218 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.30-8.02 m/s แสดงดังรูปที่ 4.219

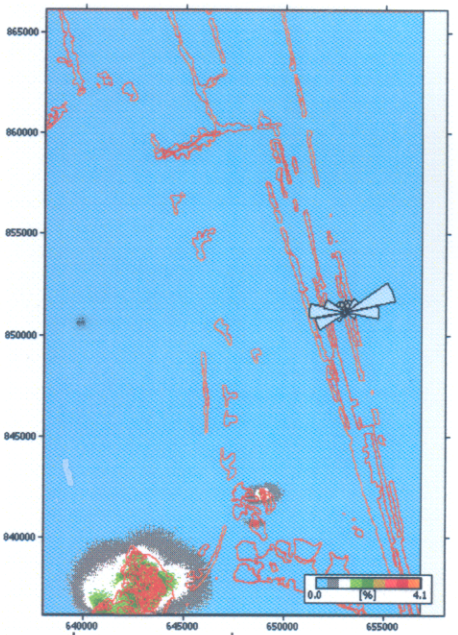
โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 67-362 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.220 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 85-461 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.221 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 162-706 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.222 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 236-907 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.223



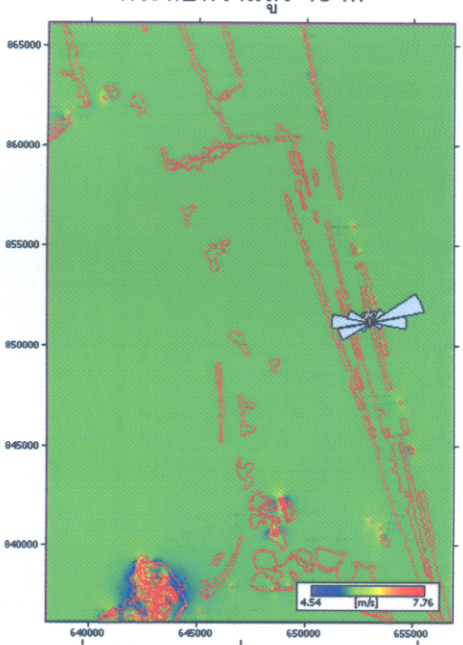
รูปที่ 4.200 แผนที่ระดับความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด



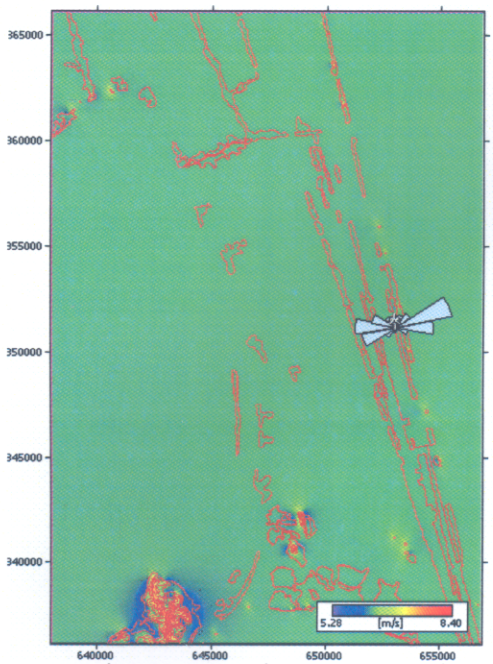
รูปที่ 4.202 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด
ที่ระดับความสูง 45 m



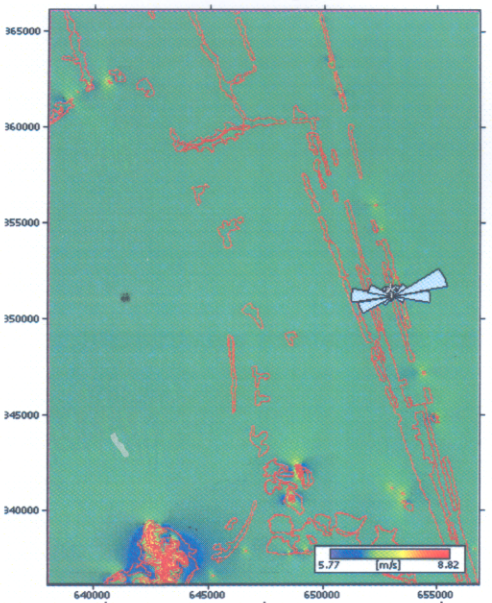
รูปที่ 4.201 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด



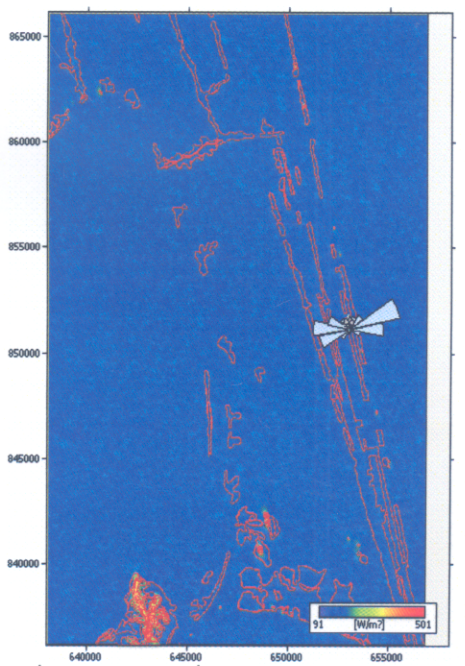
รูปที่ 4.203 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด
ที่ระดับความสูง 50 m



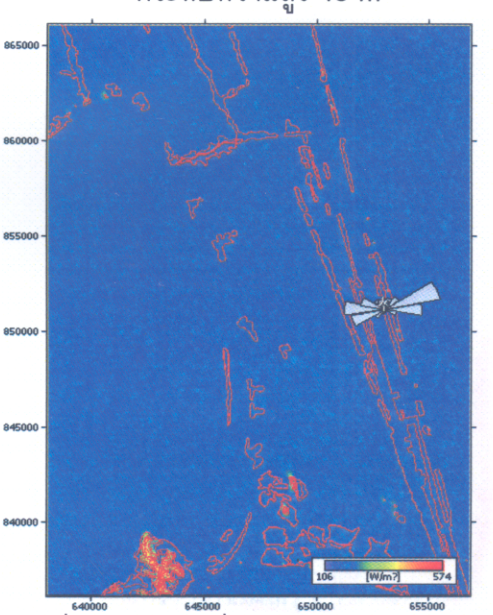
รูปที่ 4.204 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด
ที่ระดับความสูง 60 m



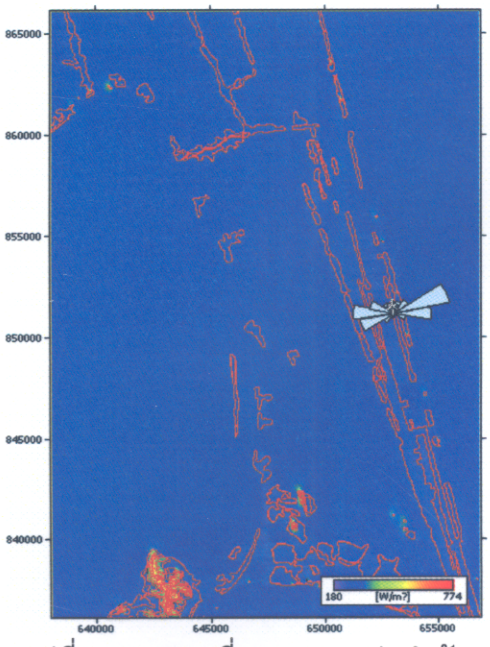
รูปที่ 4.205 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด
ที่ระดับความสูง 67 m



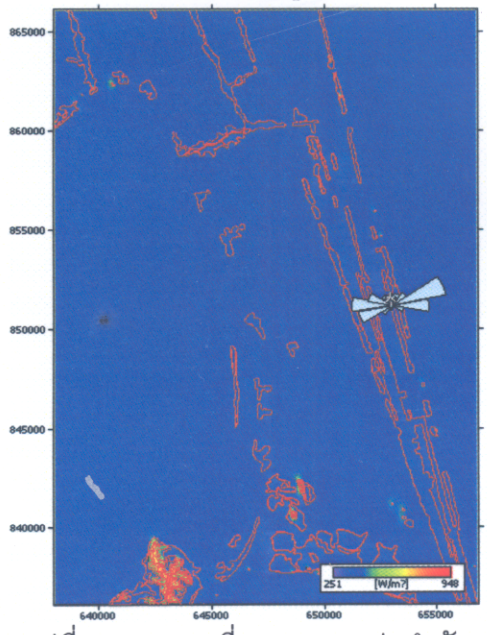
รูปที่ 4.206 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด
ที่ระดับความสูง 45 m



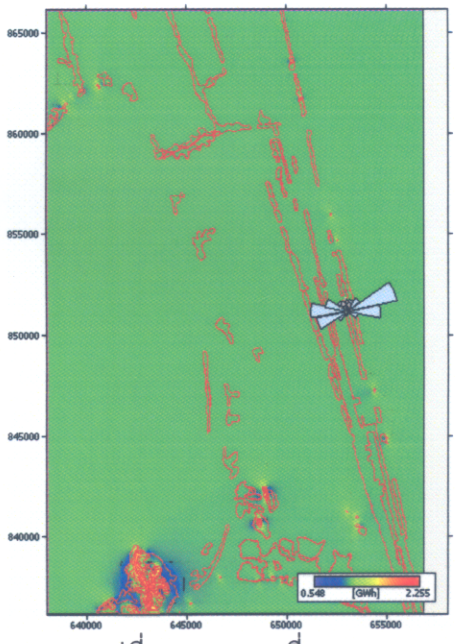
รูปที่ 4.207 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด
ที่ระดับความสูง 50 m



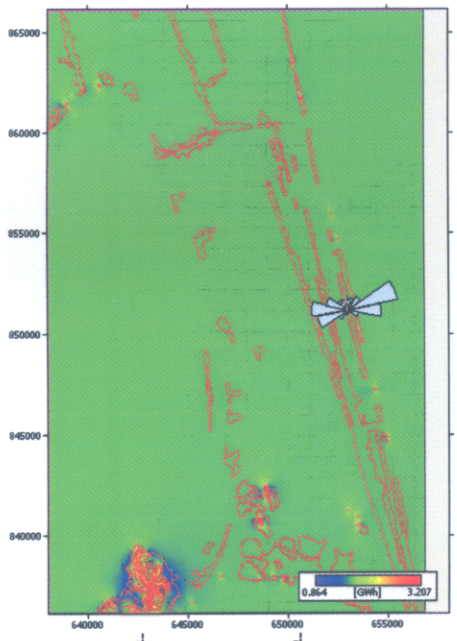
รูปที่ 4.208 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด
ที่ระดับความสูง 60 m



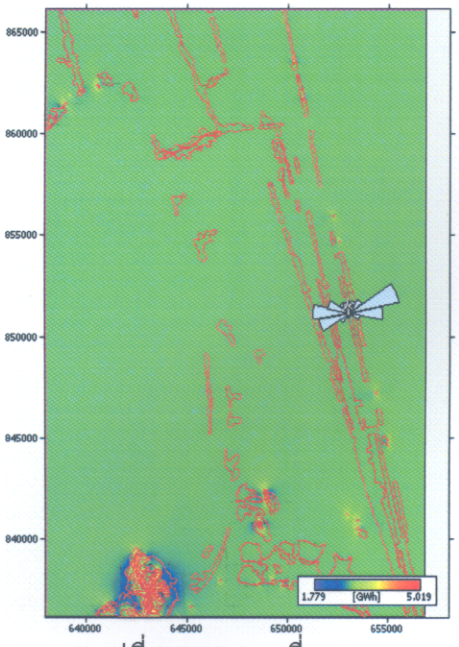
รูปที่ 4.209 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด
ที่ระดับความสูง 67 m



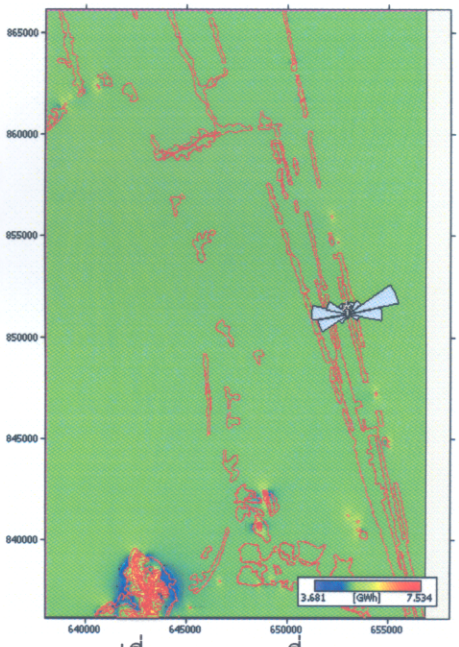
รูปที่ 4.210 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



รูปที่ 4.211 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



รูปที่ 4.212 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



รูปที่ 4.213 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)

ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 โดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.521 GWh โดยบริเวณที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดเป็นพื้นที่บริเวณเกาะใหญ่เช่นเดียวกัน แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.224 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 2.278 GWh แสดงดังรูปที่ 4.225 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 3.870 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.226 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 6.185 GWh แสดงดังรูปที่ 4.227

4.2.12 สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา

สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา มีส่วนหนึ่งของพื้นที่เกาะใหญ่อยู่ทางด้านทิศตะวันตกของสถานีวิจัยพลังงานลม โดยมีความสูงไม่เกิน 140 m มีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.228 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 มีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 3.8% แสดงดังรูปที่ 4.229 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 3.75-6.58 m/s แสดงดังรูปที่ 4.230 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.80-6.68 m/s แสดงดังรูปที่ 4.231 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.14-6.83 m/s แสดงดังรูปที่ 4.232 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.38-6.66 m/s แสดงดังรูปที่ 4.233

โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 68-404 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.234 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 71-420 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.235 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 91-402 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.236 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 108-405 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.237

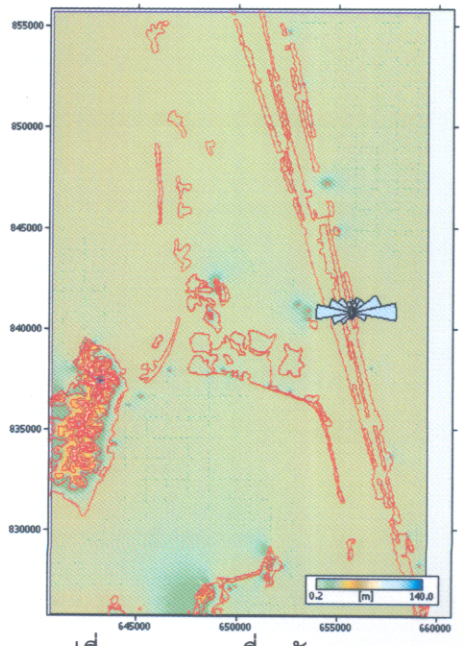
ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 โดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.763 GWh โดยบริเวณที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดยังคงเป็นพื้นที่บริเวณเกาะใหญ่แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.238 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 2.432 GWh แสดงดังรูปที่ 4.239 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 3.303 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.240 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 4.971 GWh แสดงดังรูปที่ 4.241

โดยบริเวณพื้นที่เกาะใหญ่ได้เคยมีการศึกษาศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะแหล่ง (Micrositing) มาแล้วครั้งหนึ่งโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานซึ่งได้ดำเนินการโดยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยในครั้งนั้นได้ดำเนินการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 8.3 และทำการสร้างแผนที่ขนาด 20 km และอาศัยข้อมูลระยะยาว 1 ปี สำหรับการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากการติดตั้งกังหันลมขนาด 1 MW (Bonus) ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ค่า AEP สูงสุดเท่ากับ 2.0 GWh สำหรับโครงการวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาแผนที่เวกเตอร์จากแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ของกรมแผนที่ทหารและแผนที่ดัชนีความขรุขระจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งพัฒนาโดยกรมพัฒนาที่ดิน และมีขนาดเท่ากับ 15 km ซึ่งเป็นขนาดสูงสุดของแผนที่ที่ *WAsP* 9.0 ยอมให้

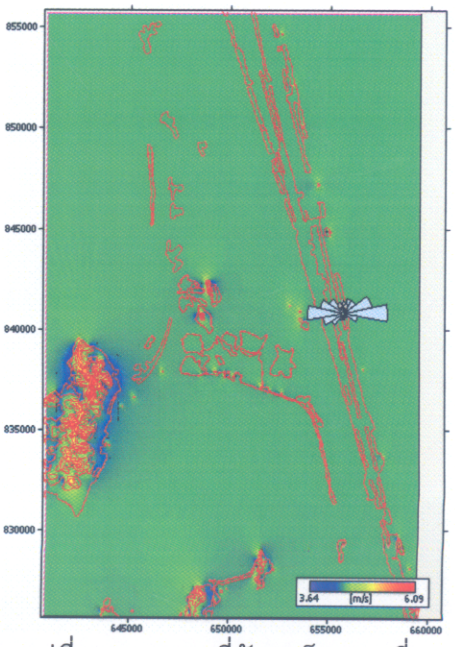
สามารถขยายได้สูงสุดจากขนาด 10 km ในกรณีที่บางบริเวณถูกปกคลุมด้วยพื้นน้ำ ยังคงให้ผลการคำนวณที่มีความถูกต้องแม่นยำสูง นอกจากนี้ยังได้ใช้ค่าความละเอียดสำหรับการรันโปรแกรมที่ระดับ 50 m ผลจากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ในโครงการวิจัยนี้พบว่าค่า AEP สูงสุด จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าโดยกังหันลมผลิตไฟฟ้ารุ่นและขนาดกำลังการผลิตเดียวกันมีค่าประมาณ 2.278 ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวมีสาเหตุอยู่ 2 ประการด้วยกันที่สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. เนื่องจากข้อมูลระยะยาวของโครงการวิจัยนี้เป็นข้อมูลในช่วงลมมรสุม (เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2550-เดือนมกราคม พ.ศ. 2551) และมีระยะเวลาเพียง 6 เดือน ทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วลมมีค่าสูงมากกว่าและทำให้ค่า AEP สูงกว่าตามไปด้วย ซึ่งถ้าหากได้มีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมหรือในระยะยาวขึ้นก็จะทำให้สามารถยืนยันข้อมูลที่ได้รับจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้เป็นอย่างดีซึ่งจะทำให้สามารถเพิ่มความเชื่อมั่นของพื้นที่ดังกล่าวในการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมต่อไปในอนาคตได้

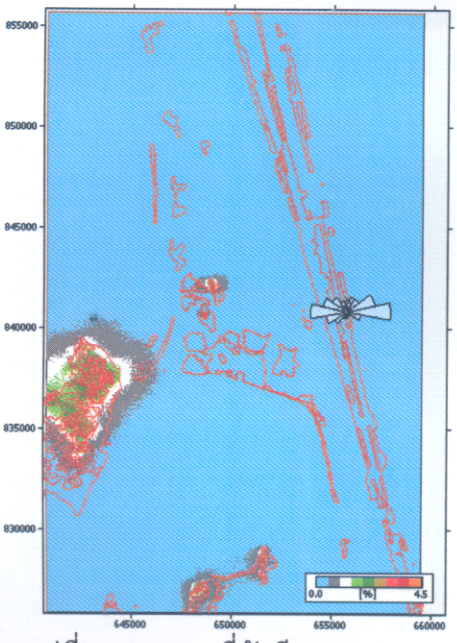
2. อย่างไรก็ตามเนื่องจากในโครงการวิจัยนี้ได้ใช้แผนที่เวกเตอร์ที่มีความละเอียดมากพอที่ WAsP 9.0 จะยอมให้มีขนาดสูงสุดประกอบกับการรันโปรแกรมได้เลือกใช้ค่าความละเอียดสูงถึงในระดับ 50 m ดังนั้นผลการวิเคราะห์ของโครงการจึงมีความน่าเชื่อถือถึงแม้ว่าจะมีข้อมูลระยะยาวเพียง 6 เดือน และเป็นช่วงอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นช่วงลมแรง โดยถ้าหากมีข้อมูลเพิ่มเติมในระยะยาวหรืออย่างน้อย 1 ปี โดยได้รวมข้อมูลลมในช่วงเดือนที่เหลือซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ด้วยแล้ว โดยทางด้านชายฝั่งทะเลอ่าวไทยจะเป็นช่วงลมสงบมากกว่าและชายฝั่งทะเลอันดามันจะเป็นช่วงลมแรง ซึ่งทางผู้วิจัยคาดว่าจะได้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์โดย *WAsP* 9.0 ซึ่งมีค่า AEP ต่ำกว่าที่ได้รายงานในรายงานนี้ไม่เกินประมาณ 15% สำหรับสถานีวิจัยพลังงานลมตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยและมีค่า AEP เพิ่มขึ้นอีกไม่เกินประมาณ 15% สำหรับสถานีวิจัยพลังงานลมตามแนวชายฝั่งทะเลอันดามัน ดังนั้นผลจากการศึกษาวิจัยจากโครงการนี้จึงมีความผิดพลาดไม่เกิน ± 15% สำหรับข้อมูลระยะยาวดังกล่าวนั่นเอง



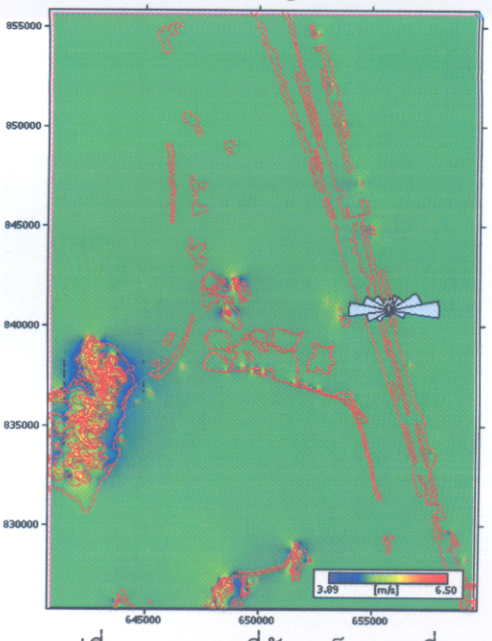
รูปที่ 4.214 แผนที่ระดับความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1



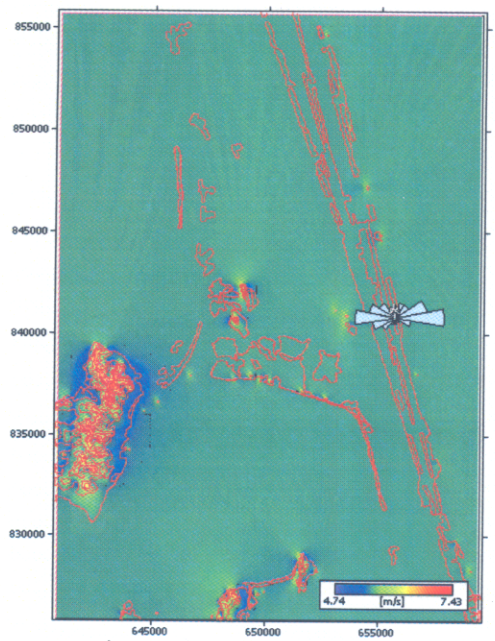
รูปที่ 4.216 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1
ที่ระดับความสูง 45 m



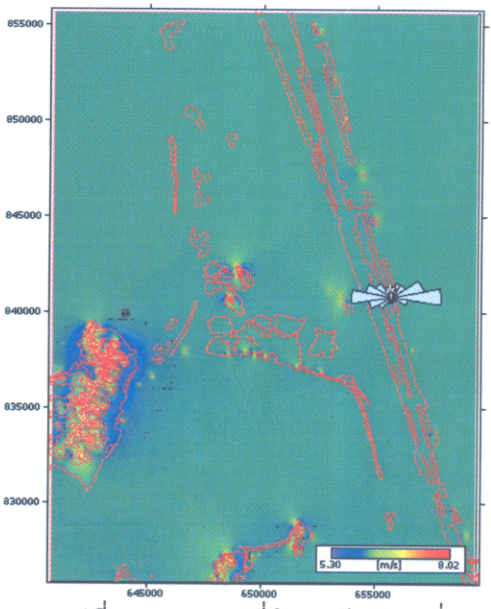
รูปที่ 4.215 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ 1



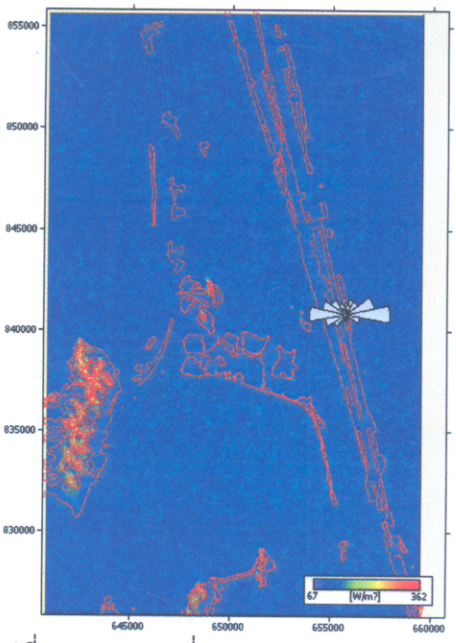
รูปที่ 4.217 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1
ที่ระดับความสูง 50 m



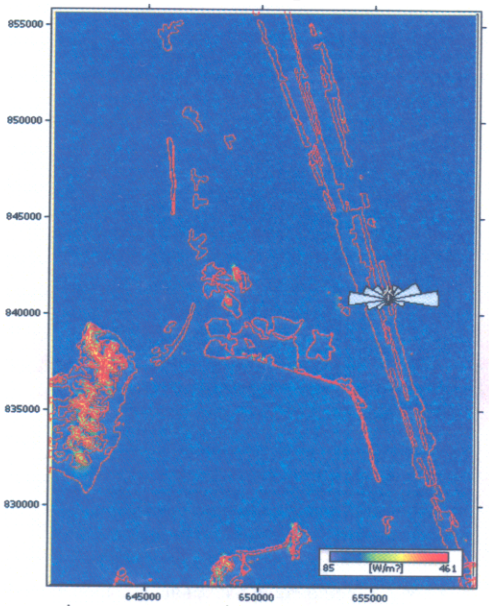
รูปที่ 4.218 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1
ที่ระดับความสูง 60 m



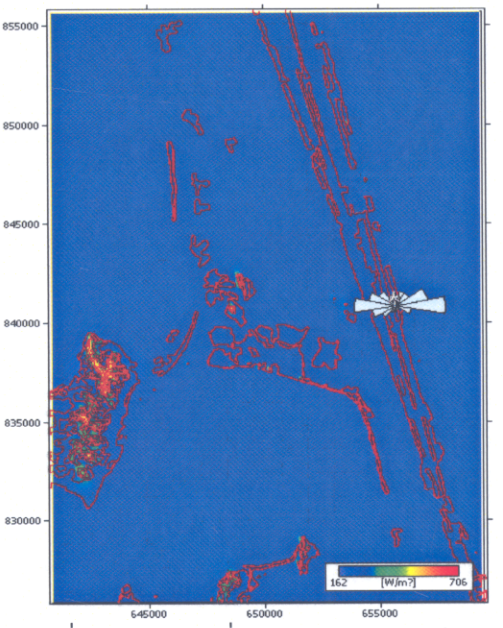
รูปที่ 4.219 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1
ที่ระดับความสูง 67 m



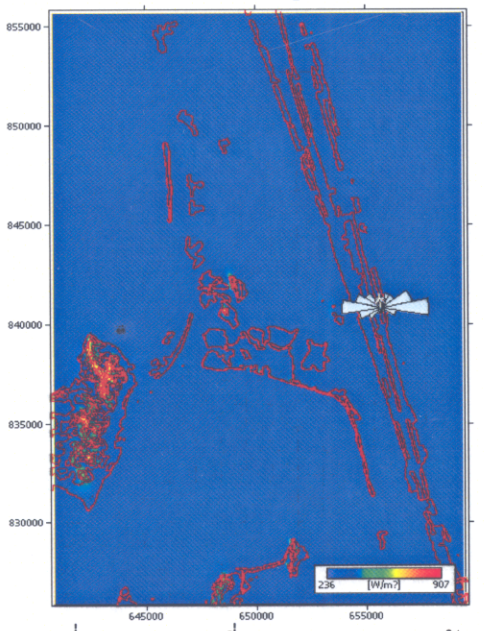
รูปที่ 4.220 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1
ที่ระดับความสูง 45 m



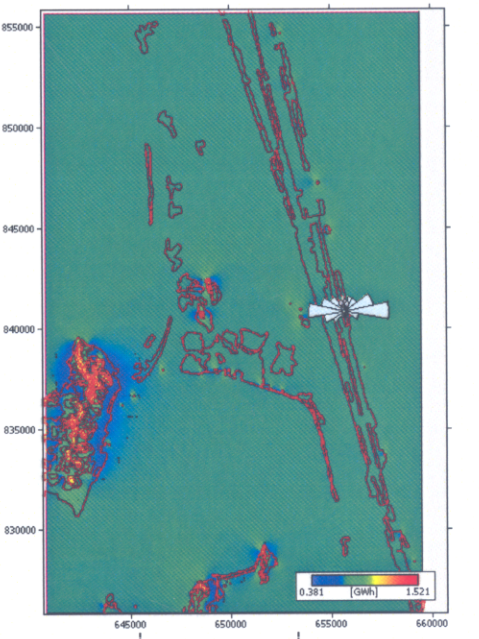
รูปที่ 4.221 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1
ที่ระดับความสูง 50 m



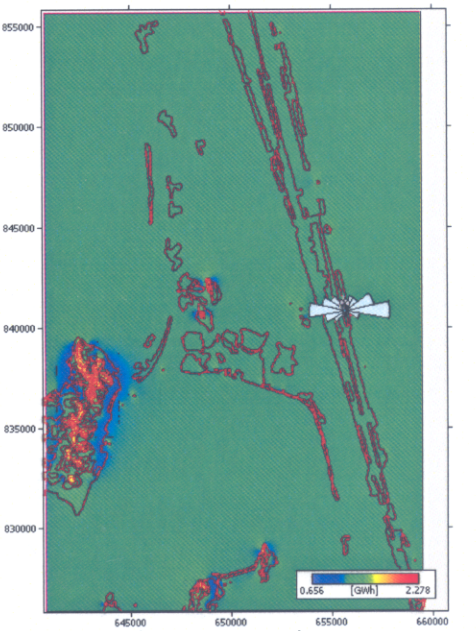
รูปที่ 4.222 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1
ที่ระดับความสูง 60 m



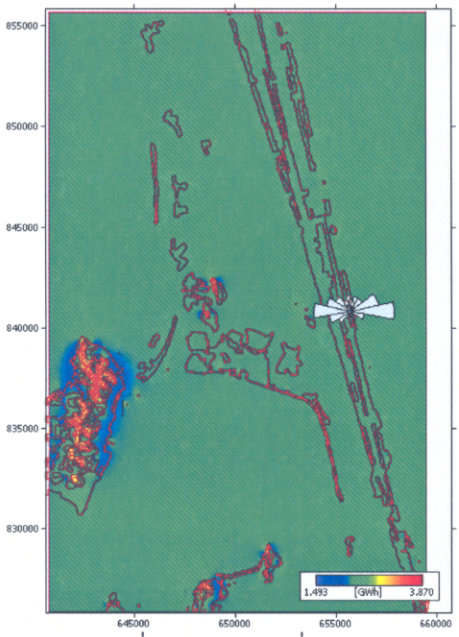
รูปที่ 4.223 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1
ที่ระดับความสูง 67 m



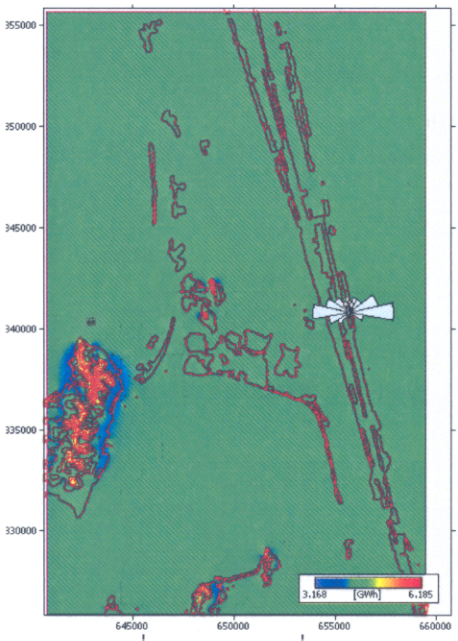
รูปที่ 4.224 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



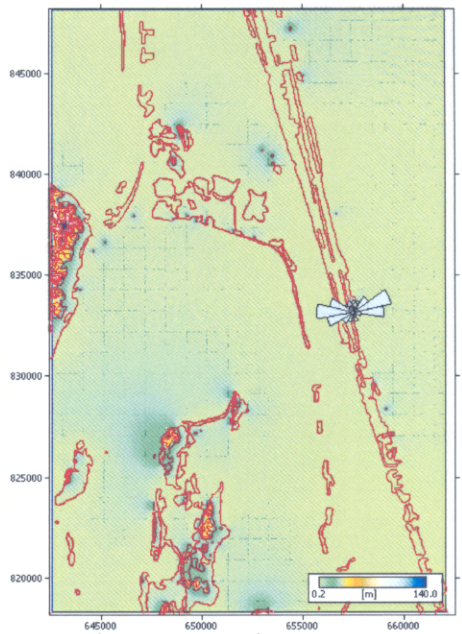
รูปที่ 4.225 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



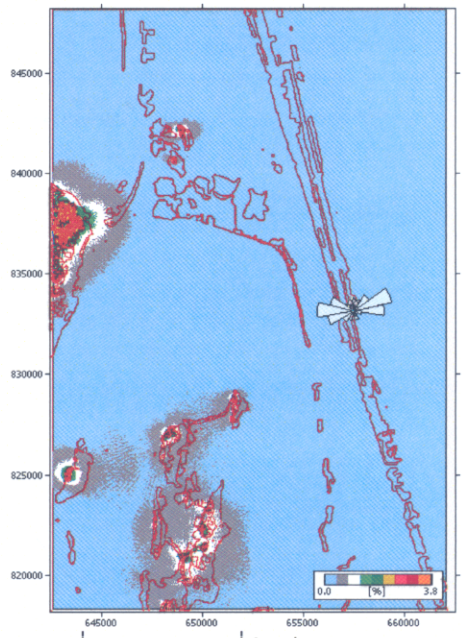
รูปที่ 4.226 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



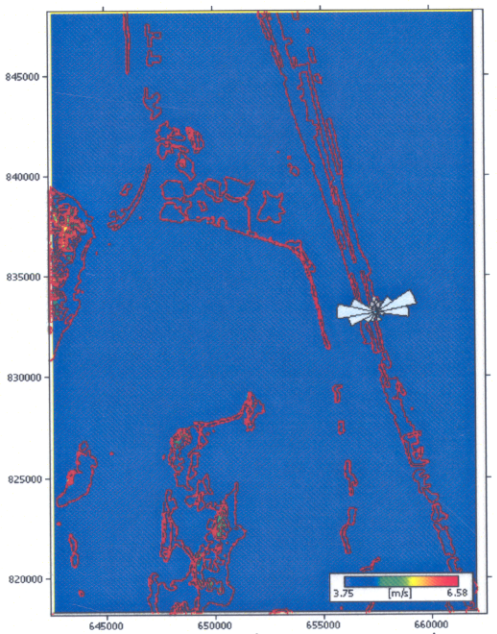
รูปที่ 4.227 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)



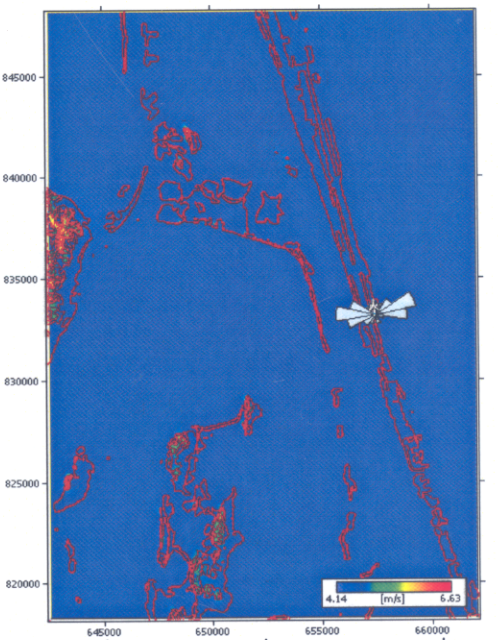
รูปที่ 4.228 แผนที่ระดับความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2



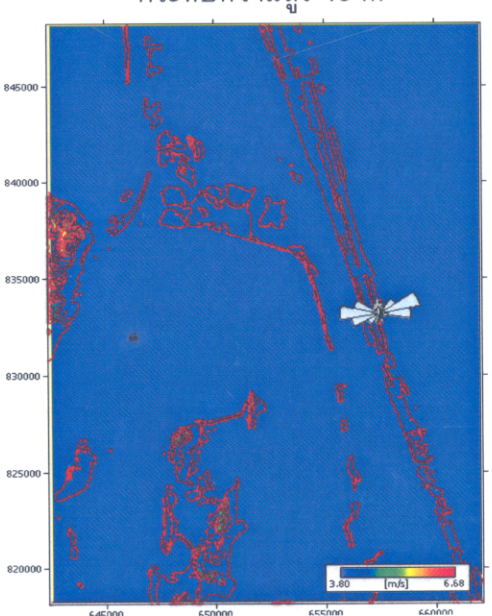
รูปที่ 4.229 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2



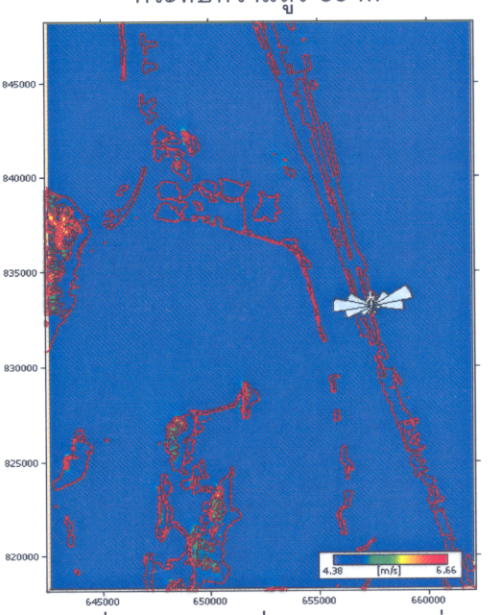
รูปที่ 4.230 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2
ที่ระดับความสูง 45 m



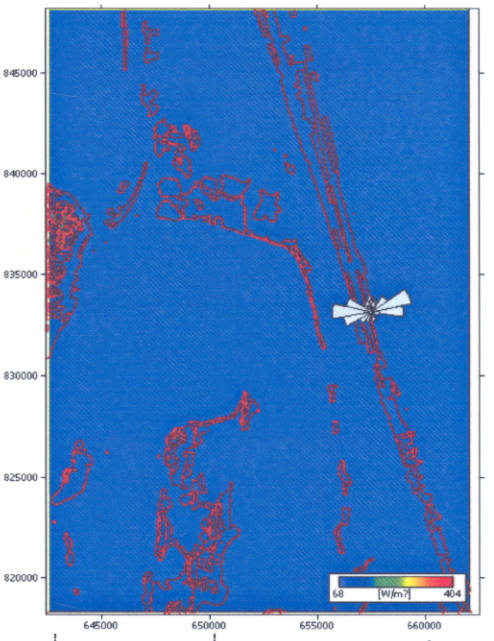
รูปที่ 4.232 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2
ที่ระดับความสูง 60 m



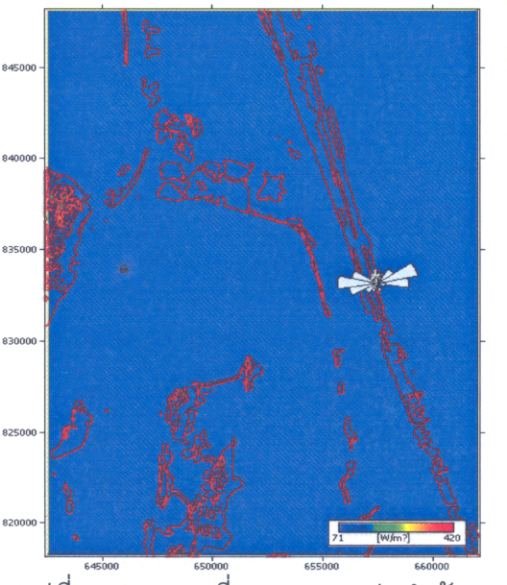
รูปที่ 4.231 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2
ที่ระดับความสูง 50 m



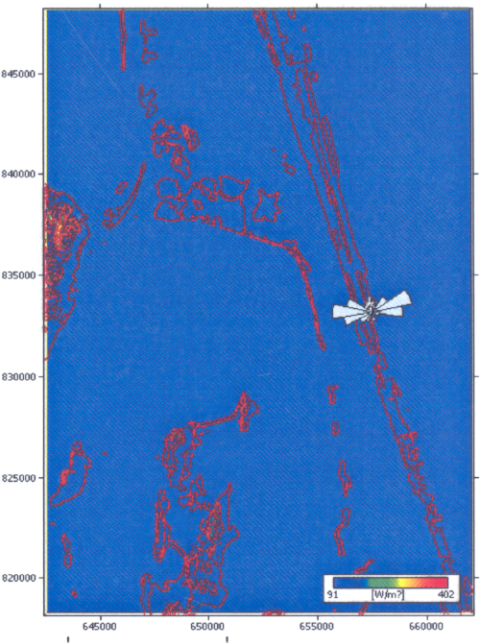
รูปที่ 4.233 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2
ที่ระดับความสูง 67 m



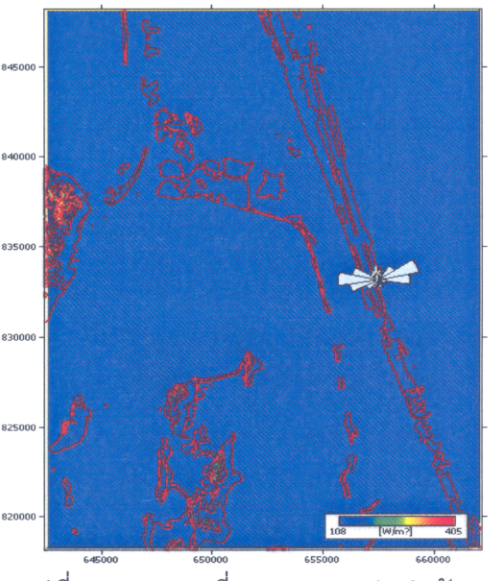
รูปที่ 4.234 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2
ที่ระดับความสูง 45 m



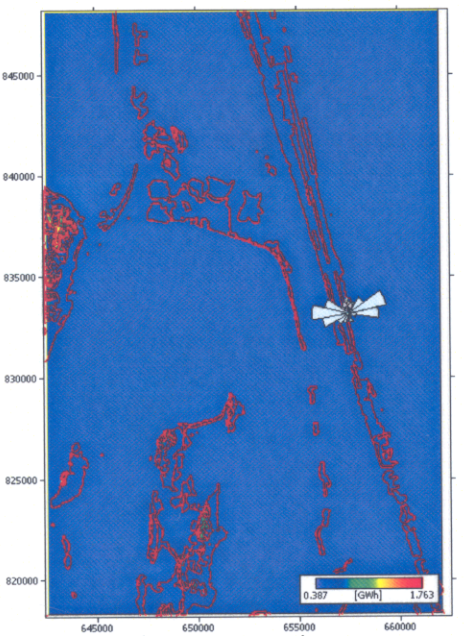
รูปที่ 4.235 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2
ที่ระดับความสูง 50 m



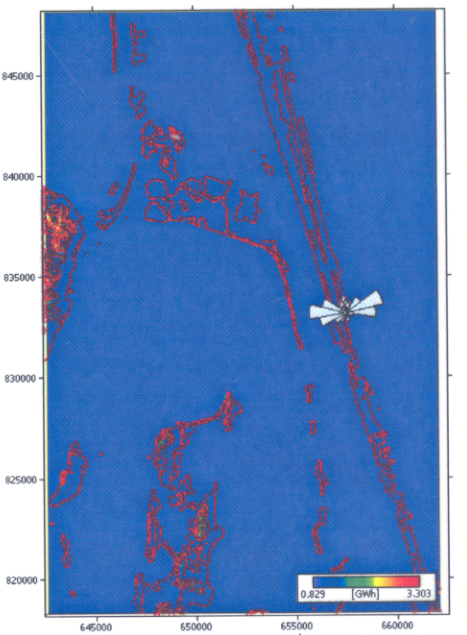
รูปที่ 4.236 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2
ที่ระดับความสูง 60 m



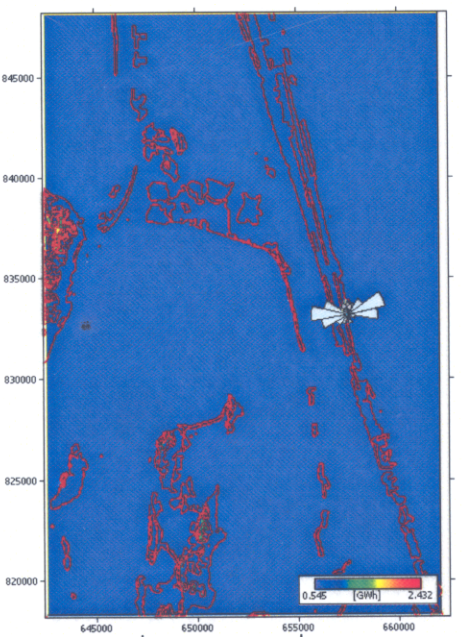
รูปที่ 4.237 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2
ที่ระดับความสูง 67 m



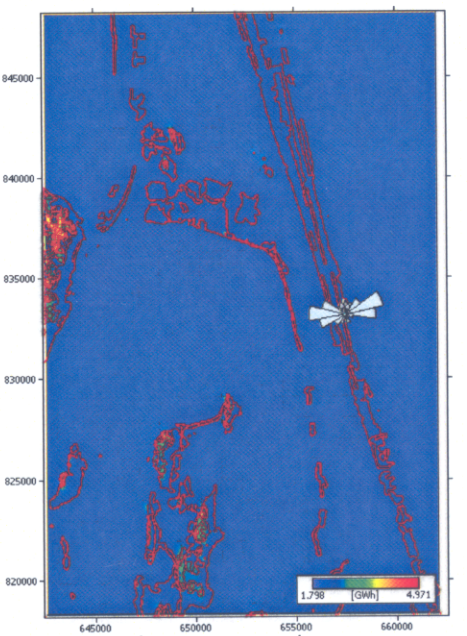
รูปที่ 4.238 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



รูปที่ 4.240 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



รูปที่ 4.239 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



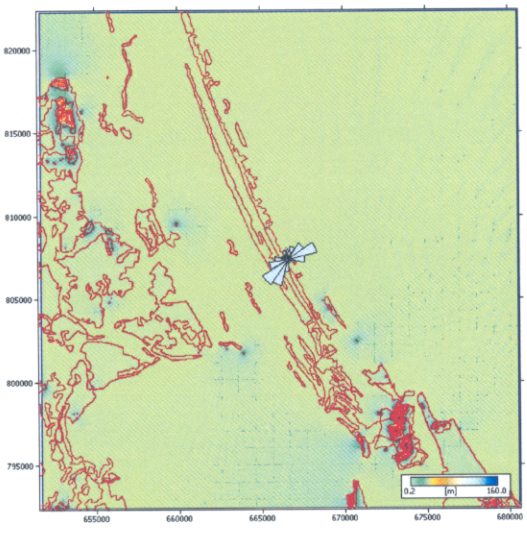
รูปที่ 4.241 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)

4.2.13 สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา

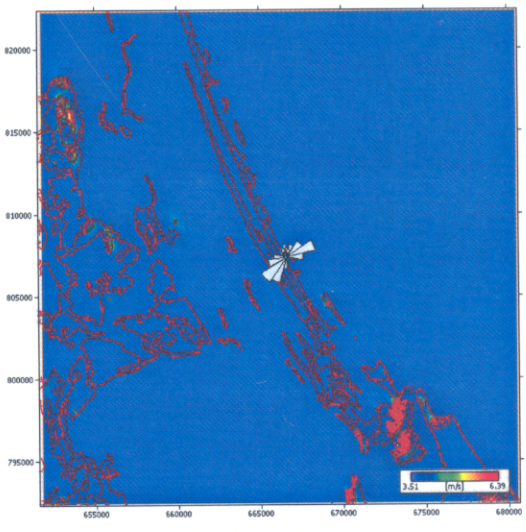
สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา มีภูเขาทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันออกเฉียงใต้มีความสูงไม่เกิน 160 m โดยมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.242 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนครมีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 11.9% แสดงดังรูปที่ 4.243 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 3.51-6.39 m/s แสดงดังรูปที่ 4.244 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.51-6.40 m/s แสดงดังรูปที่ 4.245 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.92-6.49 m/s แสดงดังรูปที่ 4.246 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.17-6.56 m/s แสดงดังรูปที่ 4.247

โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 50-317 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.248 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 51-341 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.249 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 72-341 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.250 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 87-353 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.251

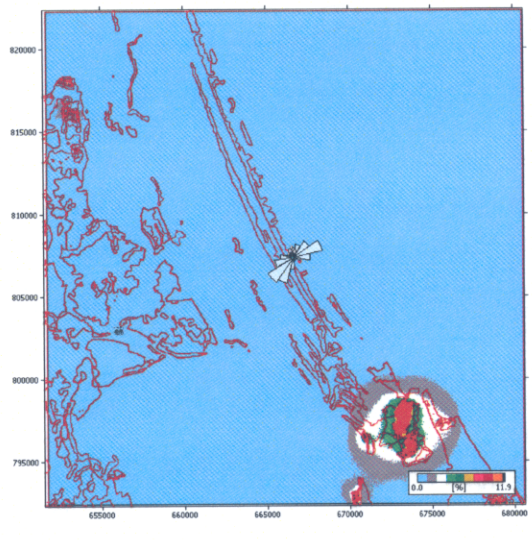
ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนครโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.588 GWh โดยบริเวณที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดเป็นพื้นที่ที่มีภูเขาสูงทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันออกเฉียงใต้ของสถานีวิจัยพลังงานลม แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.252 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 2.138 GWh แสดงดังรูปที่ 4.253 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 2.987 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.254 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 4.68 GWh แสดงดังรูปที่ 4.255



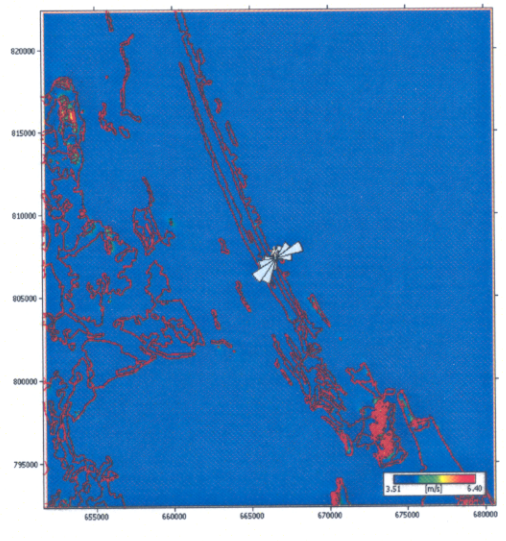
รูปที่ 4.242 แผนที่ระดับความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร



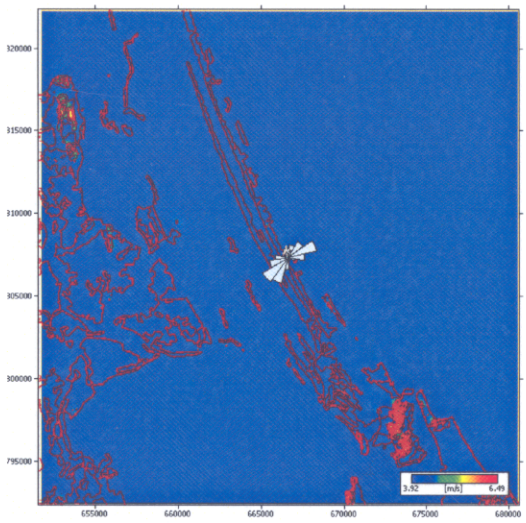
รูปที่ 4.244 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร
ที่ระดับความสูง 45 m



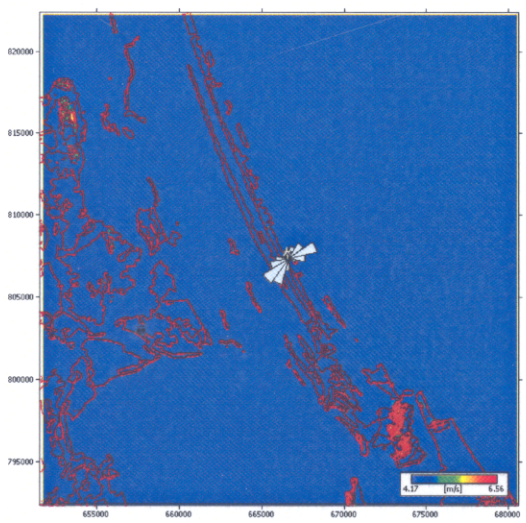
รูปที่ 4.243 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร



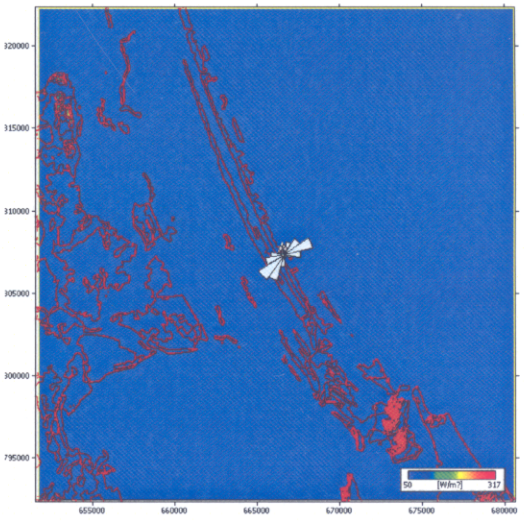
รูปที่ 4.245 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร
ที่ระดับความสูง 50 m



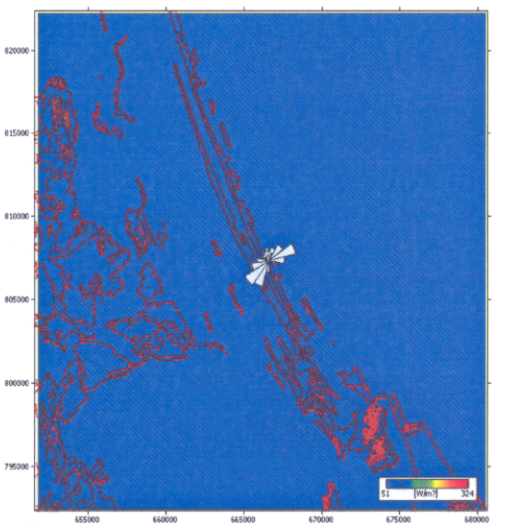
รูปที่ 4.246 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร
ที่ระดับความสูง 60 m



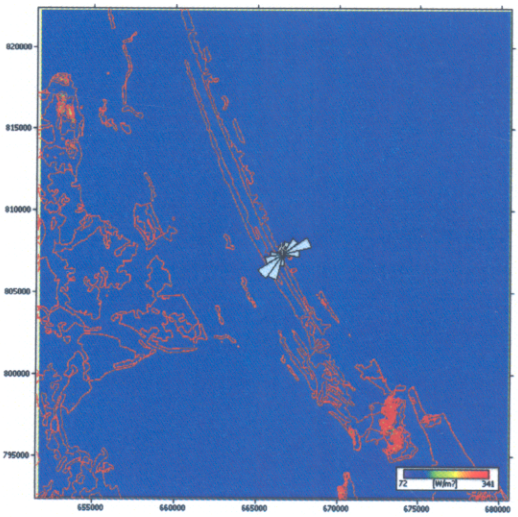
รูปที่ 4.247 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร
ที่ระดับความสูง 67 m



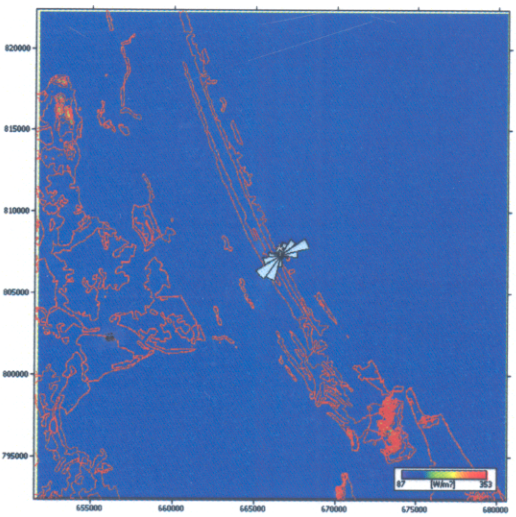
รูปที่ 4.248 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร
ที่ระดับความสูง 45 m



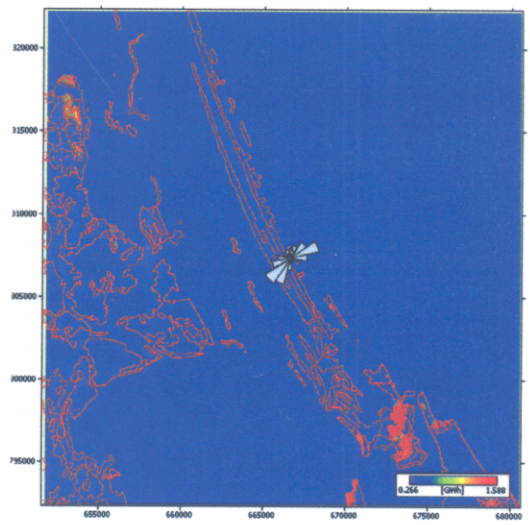
รูปที่ 4.249 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร
ที่ระดับความสูง 50 m



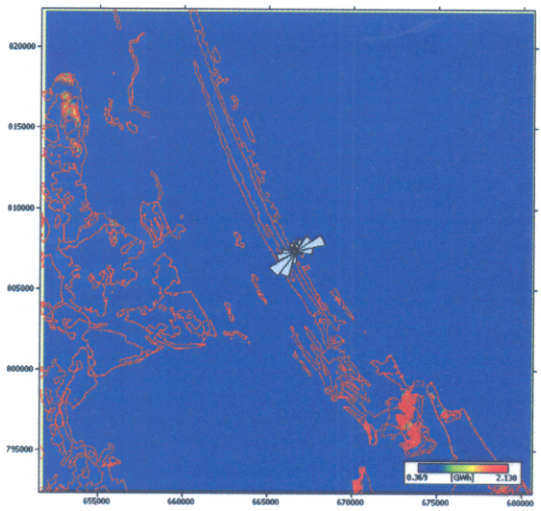
รูปที่ 4.250 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร
ที่ระดับความสูง 60 m



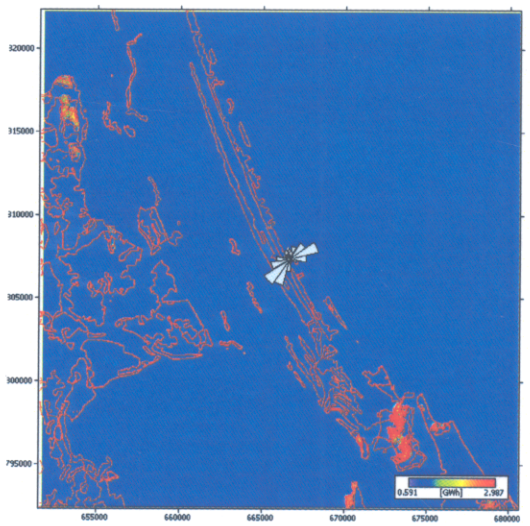
รูปที่ 4.251 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร
ที่ระดับความสูง 67 m



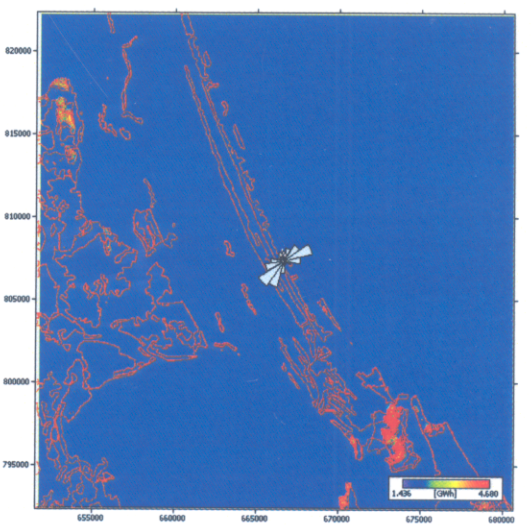
รูปที่ 4.252 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



รูปที่ 4.253 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



รูปที่ 4.254 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



รูปที่ 4.255 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)

4.2.14 สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา

สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา มีภูเขากระจายตัวอยู่ทางด้านทิศตะวันตกและทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีความสูงไม่เกิน 270 m โดยมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.256 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมจะนะมีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 21.5% แสดงดังรูปที่ 4.257 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 1.97-7.92 m/s แสดงดังรูปที่ 4.258 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.04-8.23 m/s แสดงดังรูปที่ 4.259 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.98-8.55 m/s แสดงดังรูปที่ 4.260 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.55-8.71 m/s แสดงดังรูปที่ 4.261

โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 16-696 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.262 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 18-761 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.263 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 41-807 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.264 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 59-843 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.265

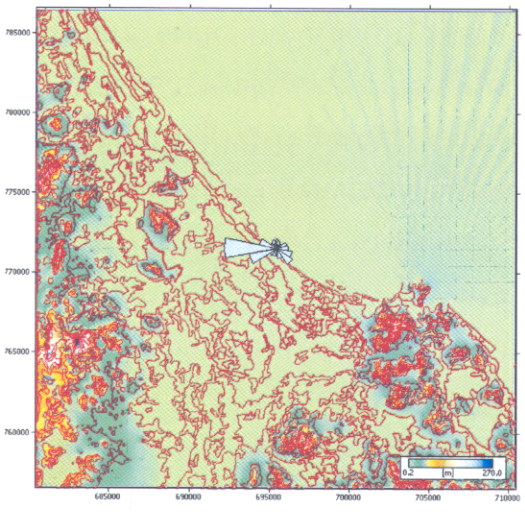
ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมจะนะโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.348 GWh โดยบริเวณที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดเป็นพื้นที่ที่มีภูเขาสูงทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกของสถานีวิจัยพลังงานลม แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.266 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 3.346 GWh แสดงดังรูปที่ 4.267 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 5.046 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.268 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 7.487 GWh แสดงดังรูปที่ 4.269

4.2.15 สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่

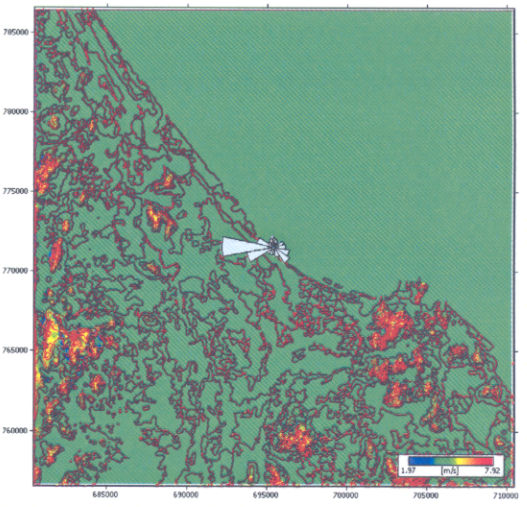
สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่ มีภูเขาทางด้านทิศตะวันตกของสถานีวิจัยพลังงานลม โดยมีความสูงไม่เกิน 380 m มีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.270 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลองมีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 17.2% แสดงดังรูปที่ 4.271 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 1.37-7.23 m/s แสดงดังรูปที่ 4.272 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.40-7.40 m/s แสดงดังรูปที่ 4.273 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.88-7.37 m/s แสดงดังรูปที่ 4.274 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.02-7.36 m/s แสดงดังรูปที่ 4.275

โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 3-452 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.276 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 4-491 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.277 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 9-481 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.278 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 14-482 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.279

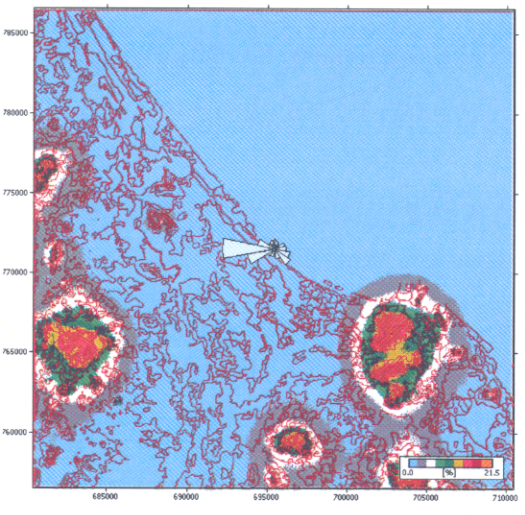
ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลองโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.193 GWh โดยบริเวณที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดเป็นพื้นที่ที่มีภูเขาสูงทางด้านทิศตะวันตกและทิศตะวันออกเฉียงใต้ของสถานีวิจัยพลังงานลม แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.280 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 3.037 GWh แสดงดังรูปที่ 4.281 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 4.149 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.282 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 6.058 GWh แสดงดังรูปที่ 4.283



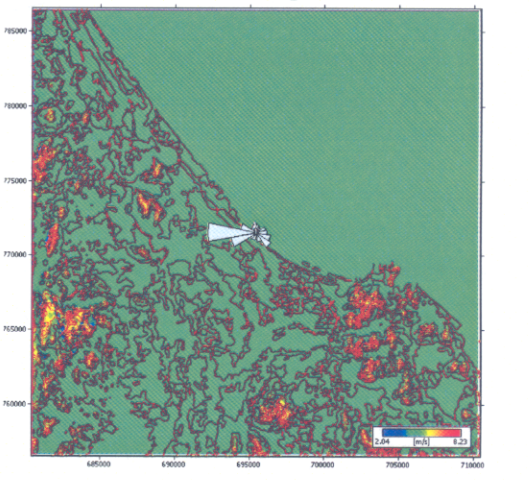
รูปที่ 4.256 แผนที่ระดับความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ



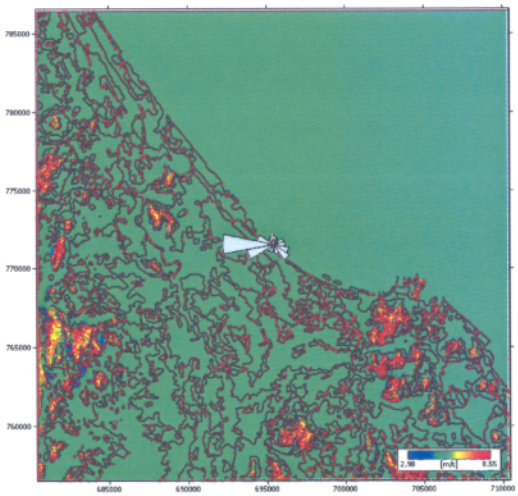
รูปที่ 4.258 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ
ที่ระดับความสูง 45 m



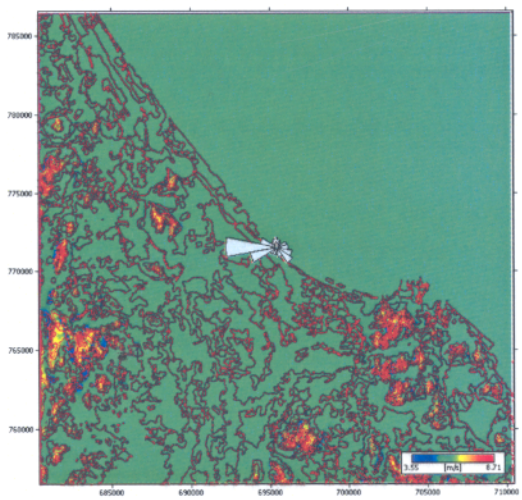
รูปที่ 4.257 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ



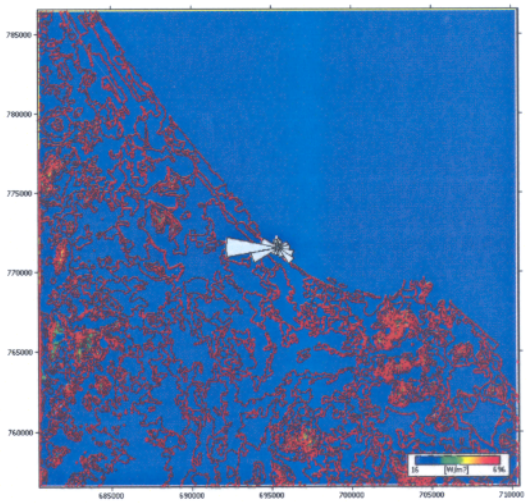
รูปที่ 4.259 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ
ที่ระดับความสูง 50 m



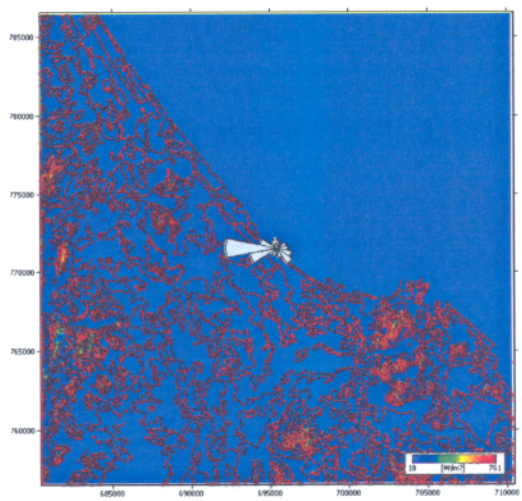
รูปที่ 4.260 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ
ที่ระดับความสูง 60 m



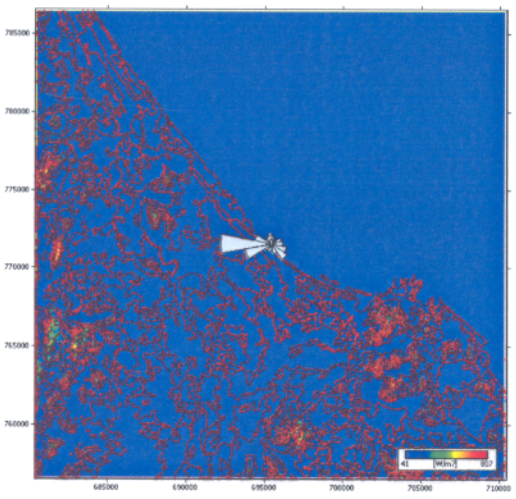
รูปที่ 4.261 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ
ที่ระดับความสูง 67 m



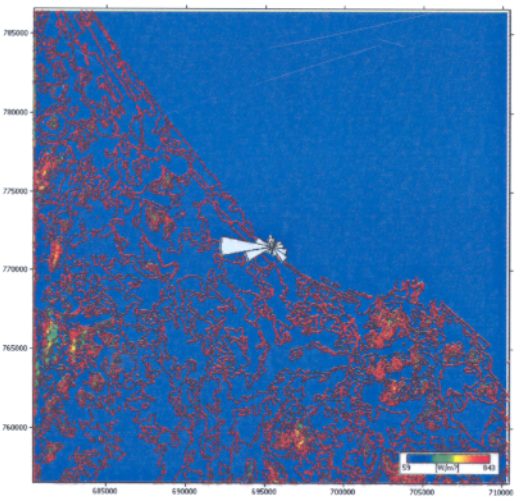
รูปที่ 4.262 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ
ที่ระดับความสูง 45 m



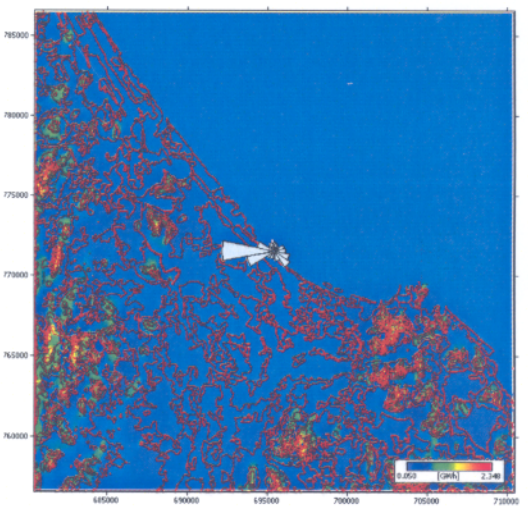
รูปที่ 4.263 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ
ที่ระดับความสูง 50 m



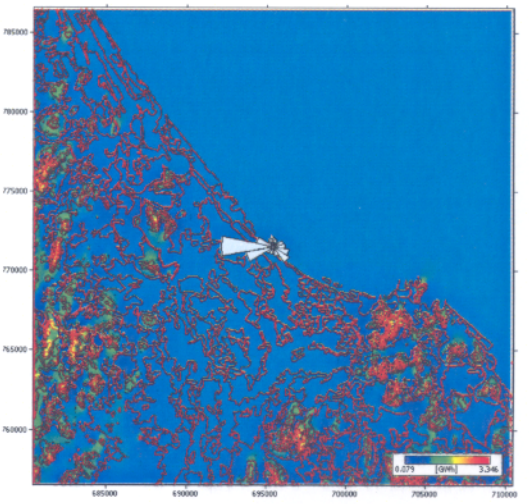
รูปที่ 4.264 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ
ที่ระดับความสูง 60 m



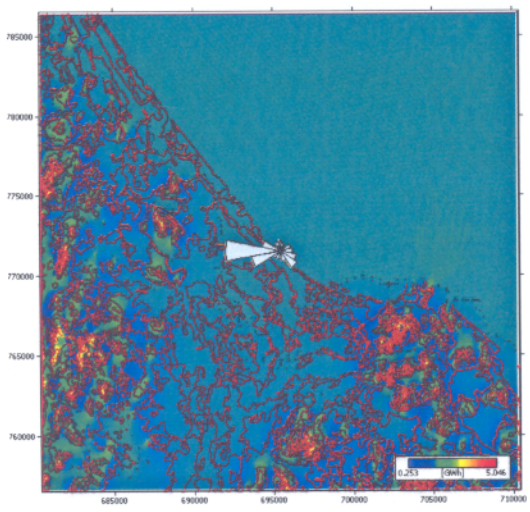
รูปที่ 4.265 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ
ที่ระดับความสูง 67 m



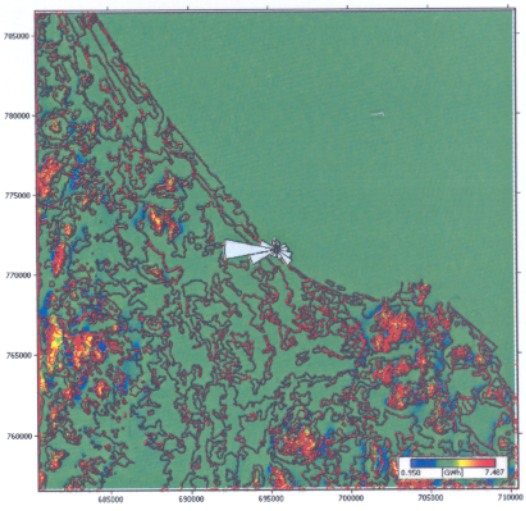
รูปที่ 4.266 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



รูปที่ 4.267 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



รูปที่ 4.268 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



รูปที่ 4.269 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)

4.2.16 สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่

สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่ มีภูเขาทางด้านทิศใต้ของสถานีวิจัยพลังงานลม โดยมีความสูงไม่เกิน 324 m และมีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.284 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตามีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 23.3% แสดงดังรูปที่ 4.285 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 1.76-7.59 m/s แสดงดังรูปที่ 4.286 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.84-8.26 m/s แสดงดังรูปที่ 4.287 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.48-8.26 m/s แสดงดังรูปที่ 4.288 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.91-8.45 m/s แสดงดังรูปที่ 4.289

โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 7-491 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.290 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 18-653 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.291 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 8-573 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.292 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 32-714 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.293

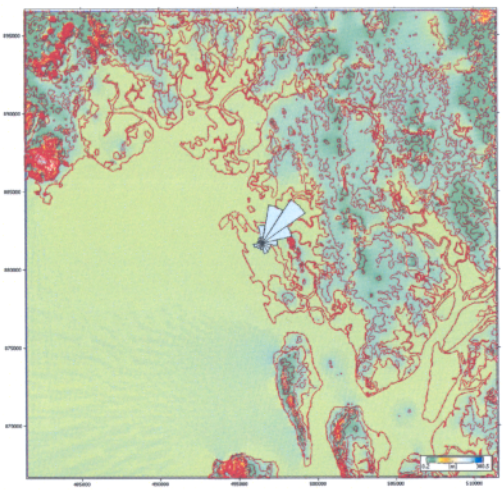
ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตาโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.220 GWh โดยบริเวณที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดเป็นพื้นที่ภูเขาสูงทางด้านทิศทิศใต้ของสถานีวิจัยพลังงานลม แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.294 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดท่ากับ 3.244 GWh แสดงดังรูปที่ 4.295 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 4.839 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.296 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 7.307 GWh แสดงดังรูปที่ 4.297

4.2.17 สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง

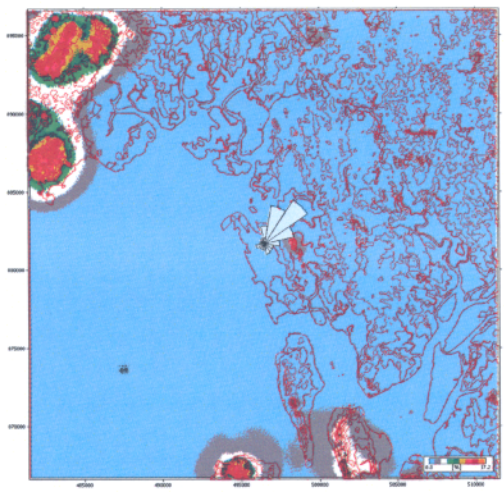
สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง มีภูเขาทางด้านทิศเหนือ โดยมีความสูงไม่เกิน 302 m มีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.298 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญมีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 16% แสดงดังรูปที่ 4.299 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m อยู่ในช่วง 1.47-3.57 m/s แสดงดังรูปที่ 4.300 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.66-4.03 m/s แสดงดังรูปที่ 4.301 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.97-4.46 m/s แสดงดังรูปที่ 4.302 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.27-4.74 m/s แสดงดังรูปที่ 4.303

โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 5-63 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.304 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 7-49 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.305 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 13-119 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.306 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 19-147 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.307

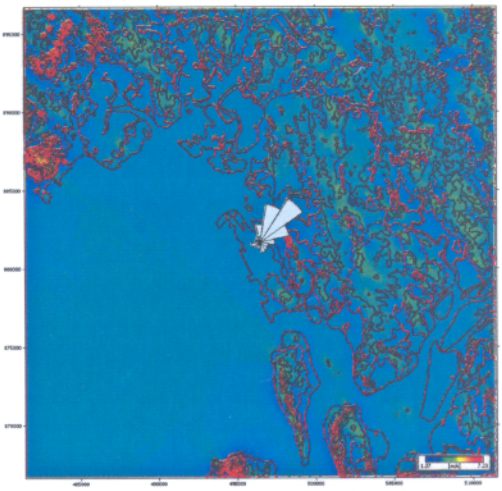
ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 3.268 GWh โดยบริเวณที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดเป็นพื้นที่ที่มีภูเขาสูงทางด้านทิศเหนือของสถานีวิจัยพลังงานลมดังกล่าว แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.308 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 4.333 GWh แสดงดังรูปที่ 4.309 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 6.011 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.310 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 8.276 GWh แสดงดังรูปที่ 4.311



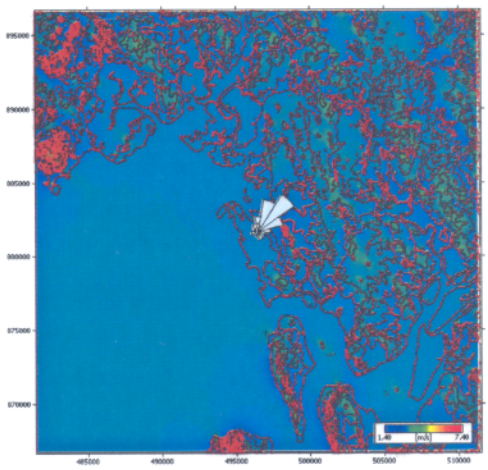
รูปที่ 4.270 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง



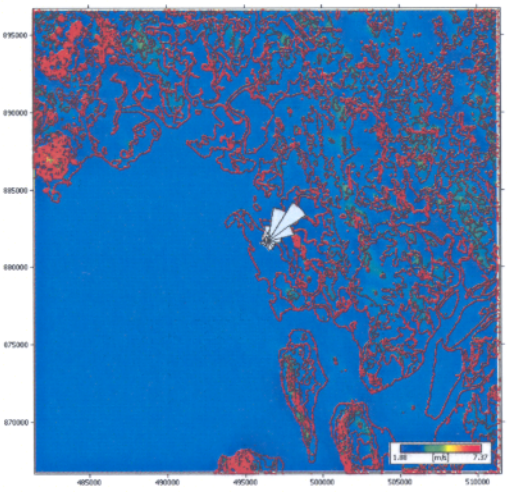
รูปที่ 4.271 แผนที่ดัชนีความขรุขระสถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง



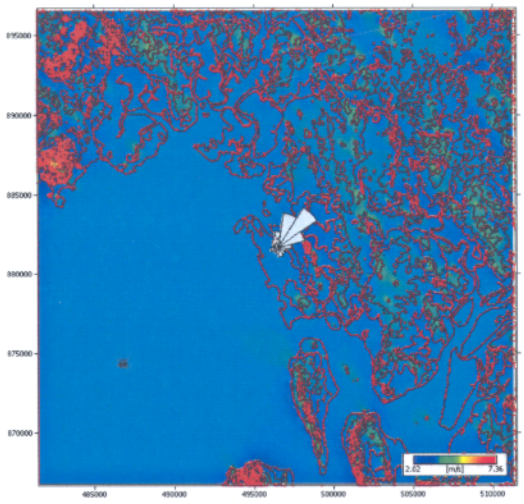
รูปที่ 4.272 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลองที่ระดับความสูง 45 m



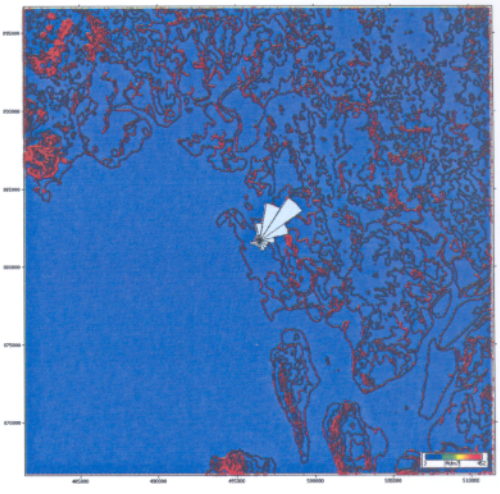
รูปที่ 4.273 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลองที่ระดับความสูง 50 m



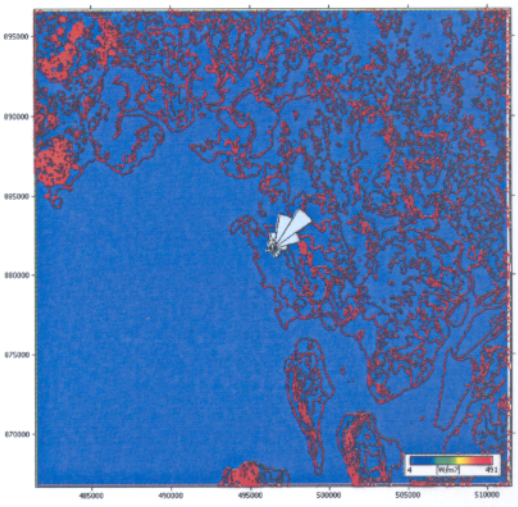
รูปที่ 4.274 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง
ที่ระดับความสูง 60 m



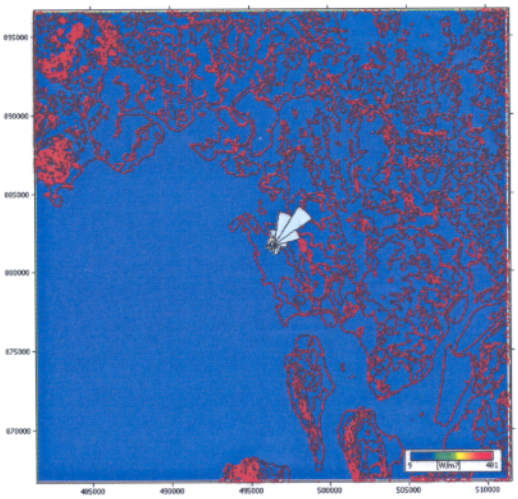
รูปที่ 4.275 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง
ที่ระดับความสูง 67 m



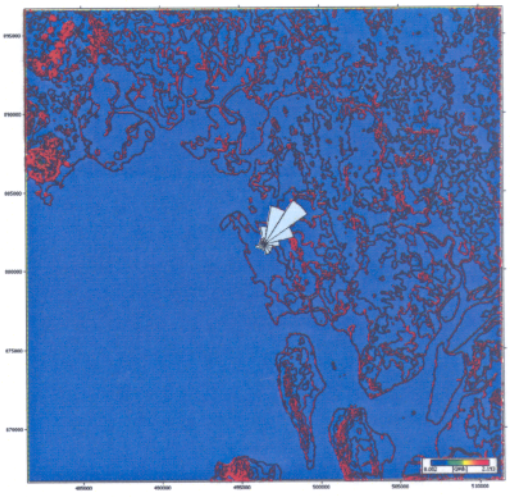
รูปที่ 4.276 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง
ที่ระดับความสูง 45 m



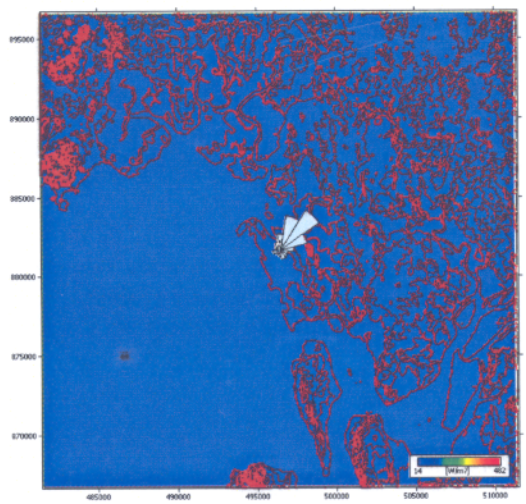
รูปที่ 4.277 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง
ที่ระดับความสูง 50 m



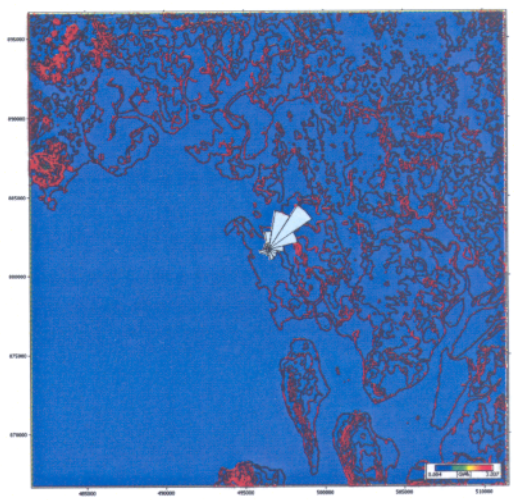
รูปที่ 4.278 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง
ที่ระดับความสูง 60 m



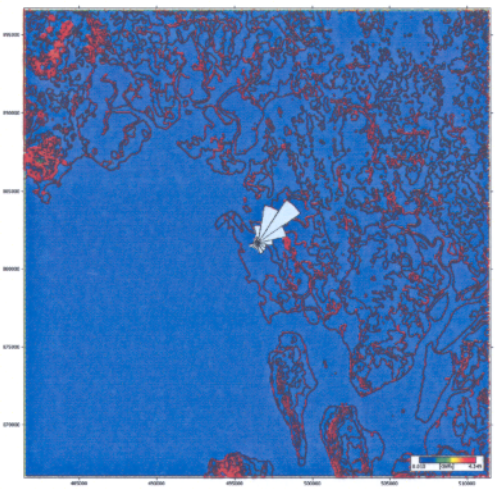
รูปที่ 4.280 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



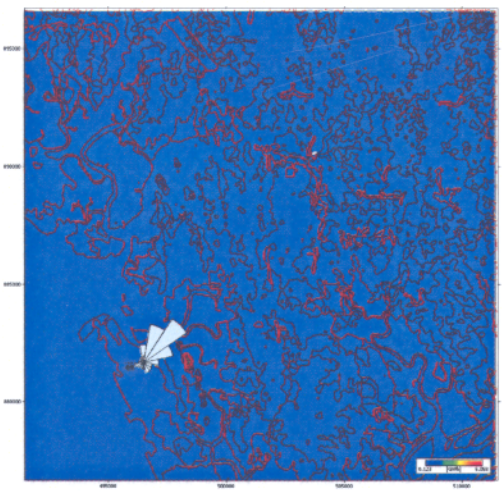
รูปที่ 4.279 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง
ที่ระดับความสูง 67 m



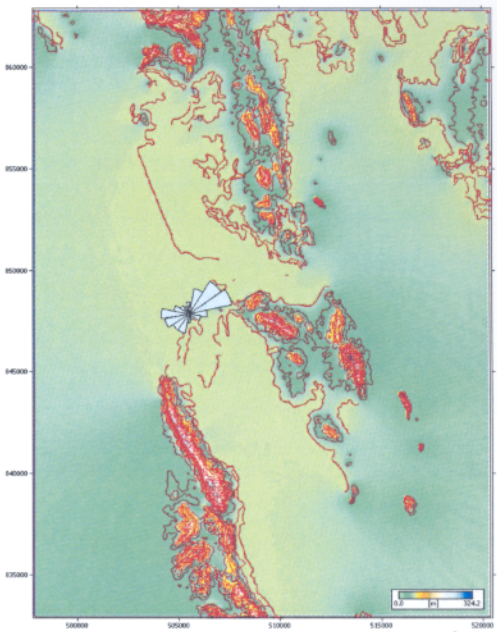
รูปที่ 4.281 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



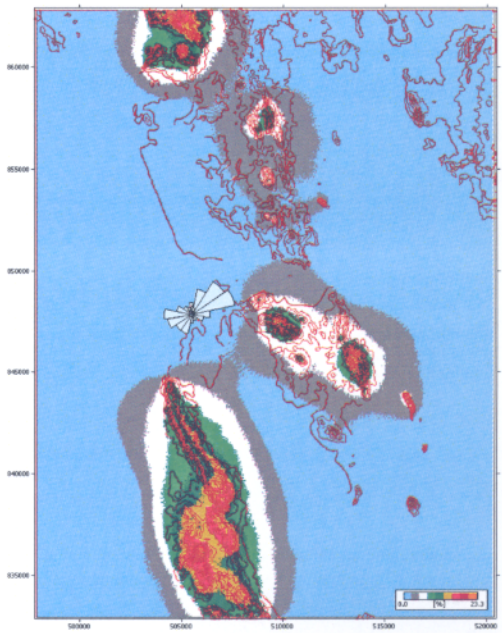
รูปที่ 4.282 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



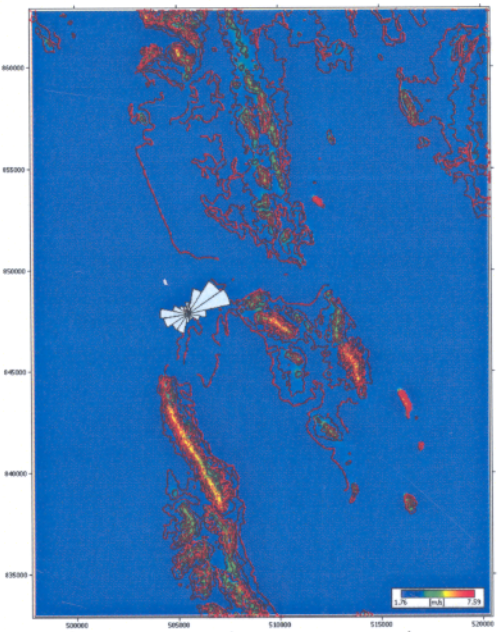
รูปที่ 4.283 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)



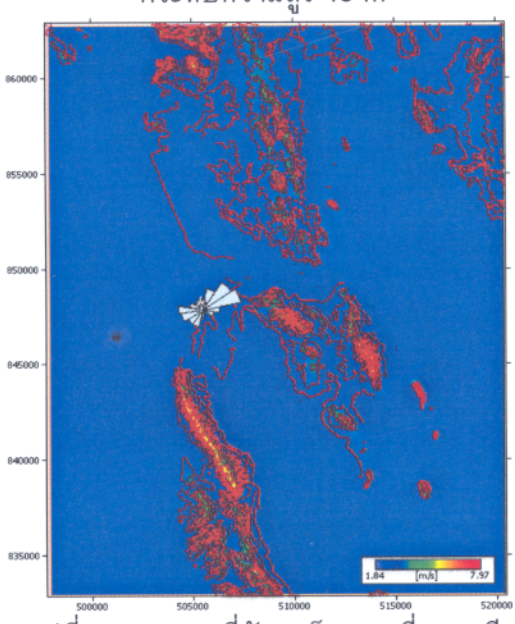
รูปที่ 4.284 แผนที่ระดับความสูงของพื้นที่
โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา



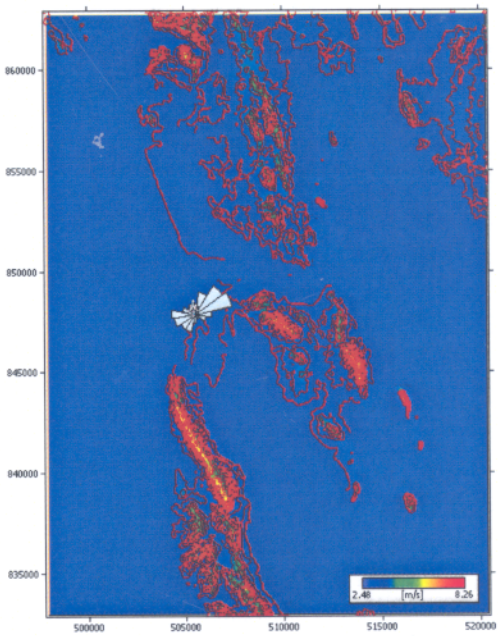
รูปที่ 4.285 แผนที่ดัชนีความขรุขระสถานี
วิจัยพลังงานลมเกาะลันตา



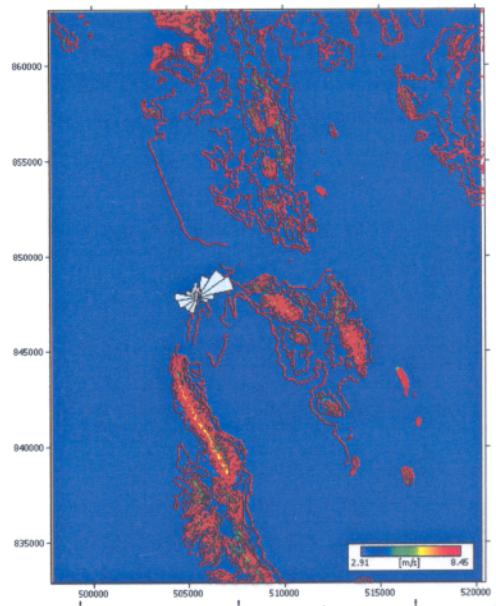
รูปที่ 4.286 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 45 m



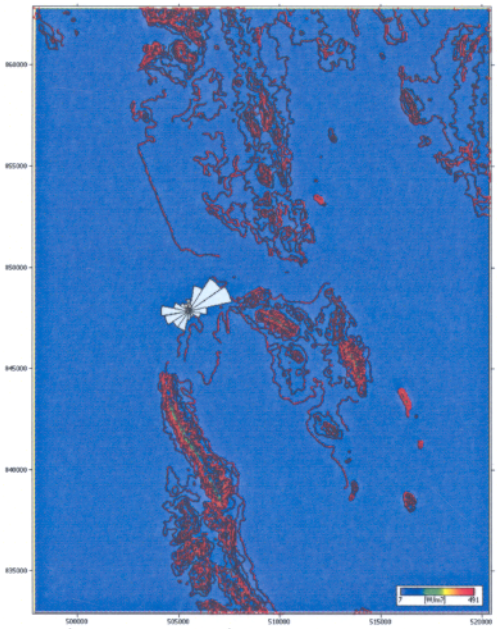
รูปที่ 4.287 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 50 m



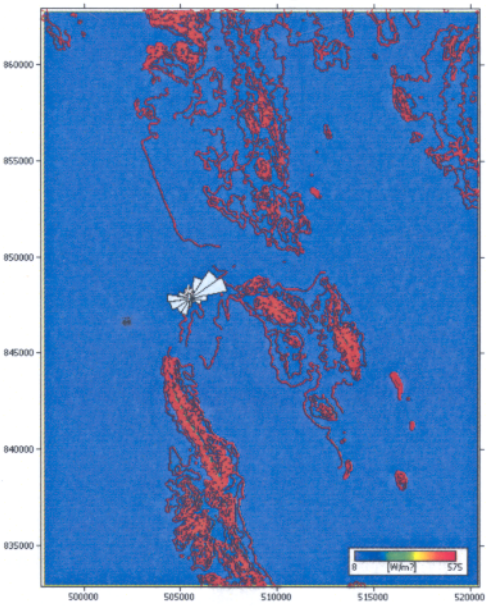
รูปที่ 4.288 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 60 m



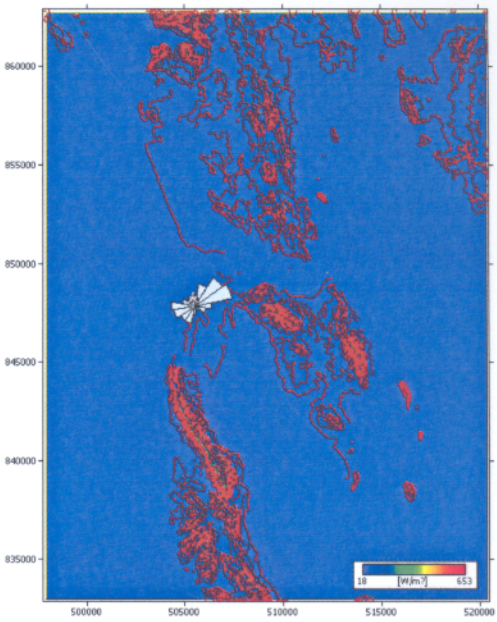
รูปที่ 4.289 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ยสถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 67 m



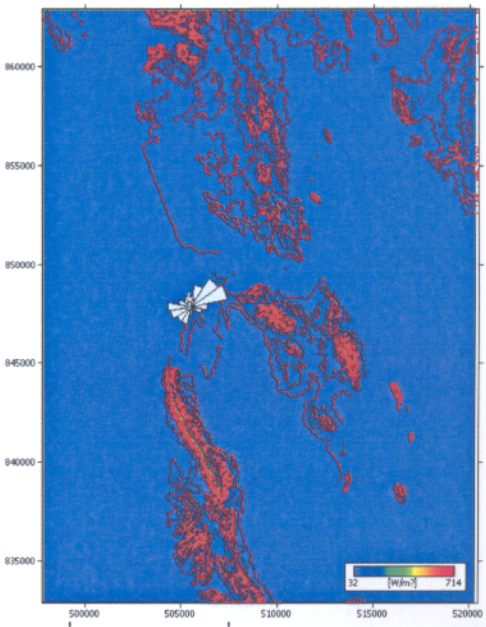
รูปที่ 4.290 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 45 m



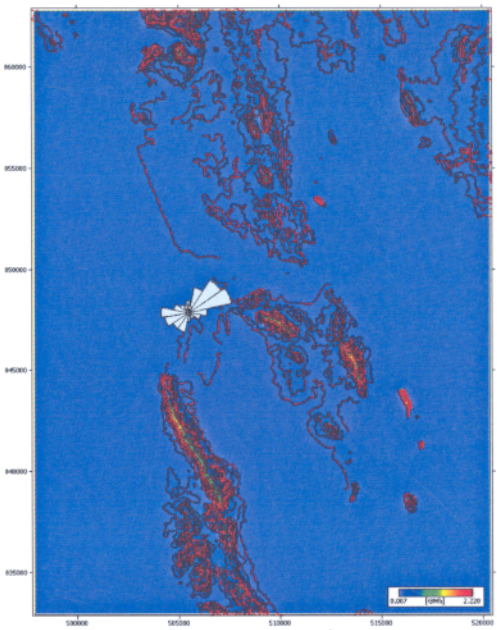
รูปที่ 4.291 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 50 m



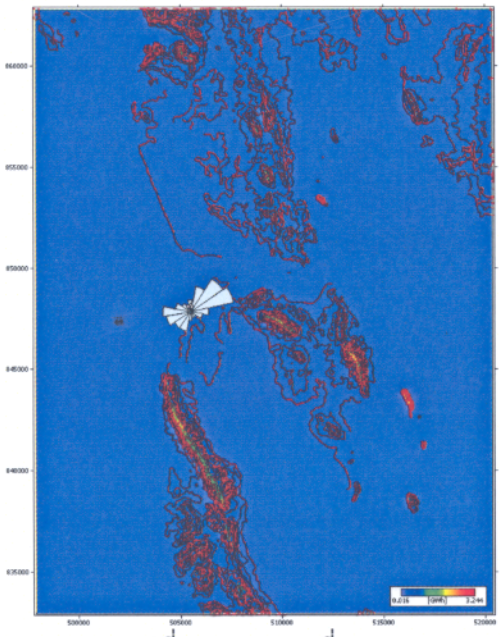
รูปที่ 4.292 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 60 m



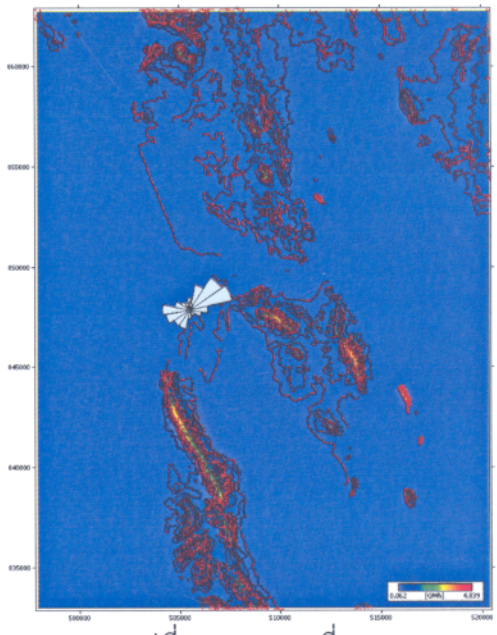
รูปที่ 4.293 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ที่ระดับความสูง 67 m



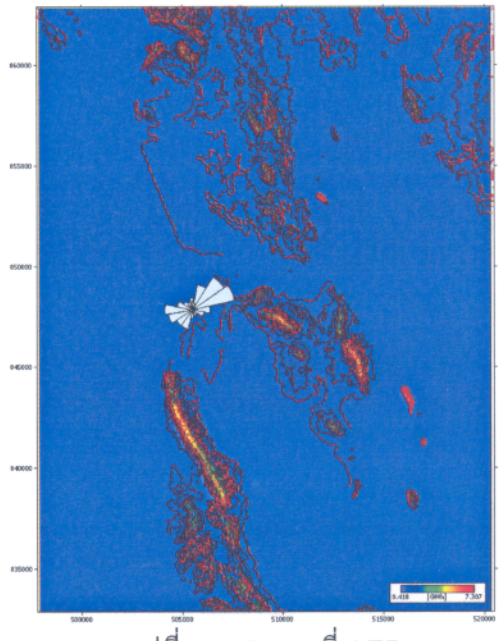
รูปที่ 4.294 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



รูปที่ 4.295 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



รูปที่ 4.296 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



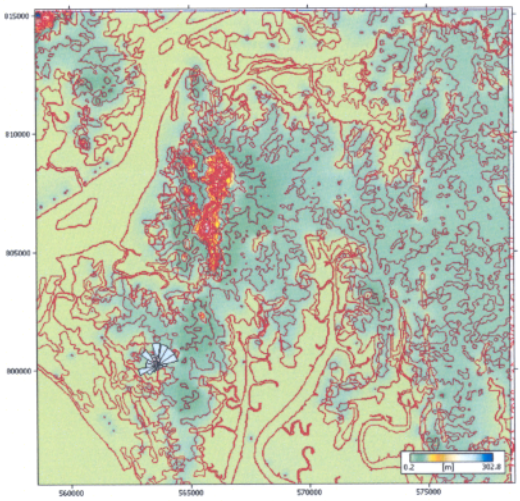
รูปที่ 4.297 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)

4.2.18 สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล

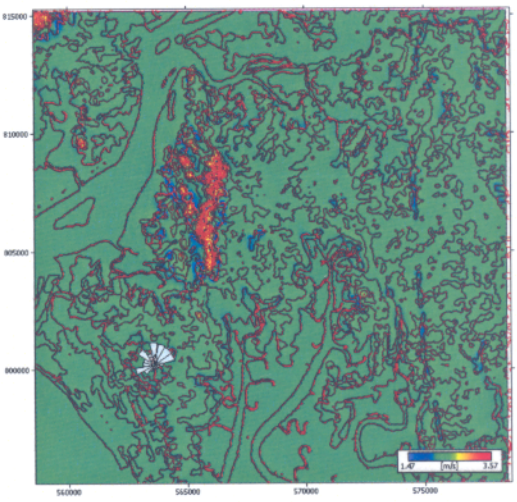
สภาพโดยรอบของสถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล มีภูเขาวางตัวอย่างกระจายทางด้านทิศตะวันออกของสถานีวิจัยพลังงานลม โดยมีความสูงไม่เกิน 330 m มีรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.312 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ปรากฏว่าพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้ามีดัชนีความขรุขระไม่เกิน 39% แสดงดังรูปที่ 4.313 อัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 45 m อยู่ในช่วง 2.05-8.62 m/s แสดงดังรูปที่ 4.314 ส่วนที่ระดับความสูง 50 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.05-8.62 m/s แสดงดังรูปที่ 4.315 ที่ระดับความสูง 60 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.61-8.17 m/s แสดงดังรูปที่ 4.316 และที่ระดับความสูง 67 m มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.97-7.88 m/s แสดงดังรูปที่ 4.317

โดยความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 45 m มีค่าอยู่ในช่วง 13-908 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.318 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 50 m มีค่าอยู่ในช่วง 14-921 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.319 ความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 60 m มีค่าอยู่ในช่วง 29-810 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.320 และความหนาแน่นกำลังลมที่ระดับความสูง 67 m มีค่าอยู่ในช่วง 41-751 W/m^2 แสดงดังรูปที่ 4.321

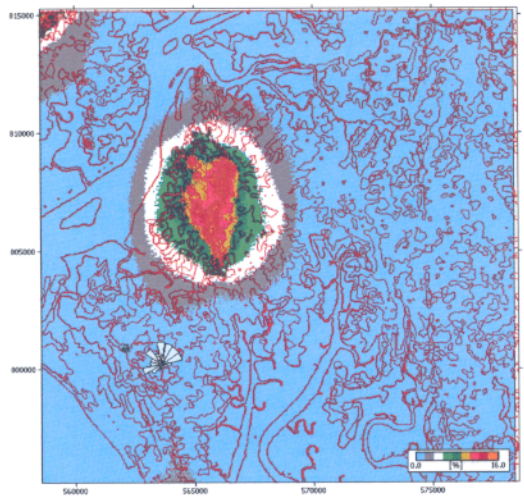
ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานลมในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้าโดยอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.739 GWh โดยบริเวณที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดเป็นพื้นที่ภูเขาด้านทิศตะวันออกของสถานีวิจัยพลังงานลม แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.322 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 4.657 GWh แสดงดังรูปที่ 4.323 สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 4.846 GWh แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.324 และสำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากสุดเท่ากับ 6.55 GWh แสดงดังรูปที่ 4.325



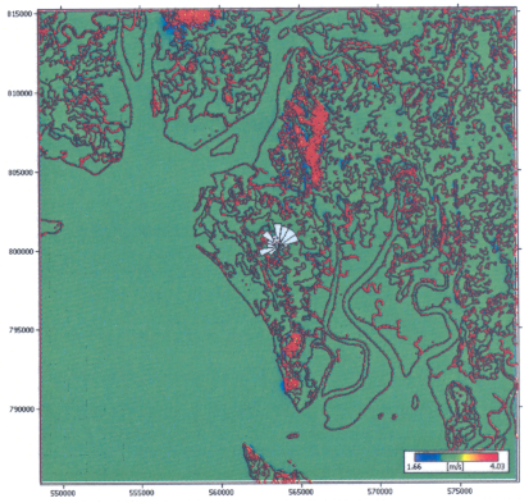
รูปที่ 4.298 แผนที่ระดับความสูง ของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ



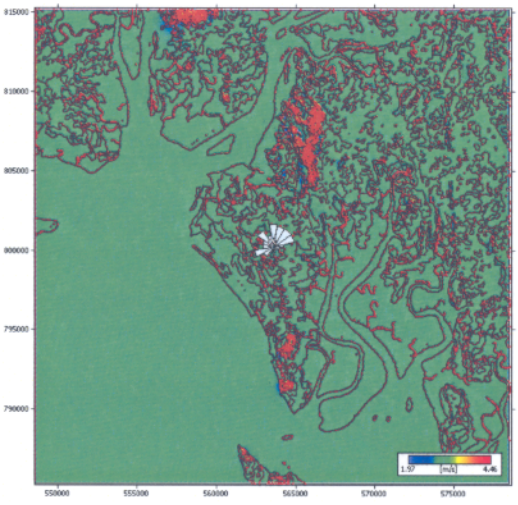
รูปที่ 4.300 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ ที่ระดับความสูง 45 m



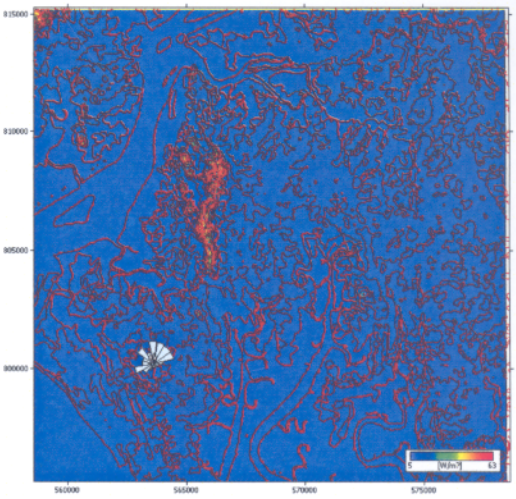
รูปที่ 4.299 แผนที่ดัชนีความขรุขระ สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ



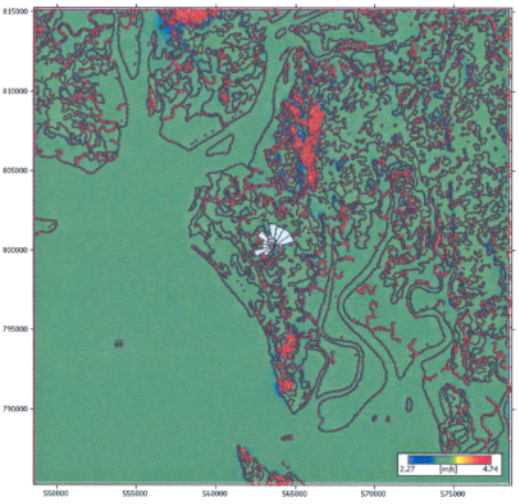
รูปที่ 4.301 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ ที่ระดับความสูง 50 m



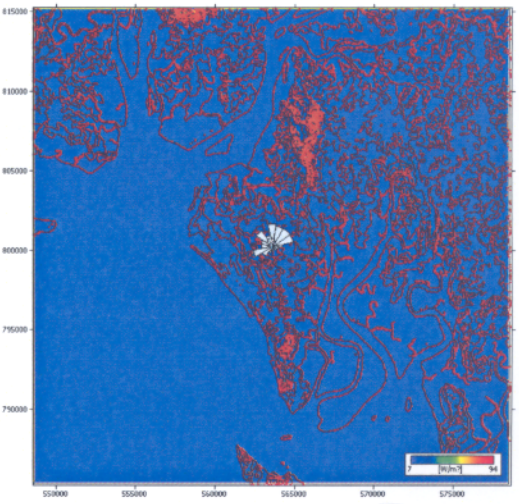
รูปที่ 4.302 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ
ที่ระดับความสูง 60 m



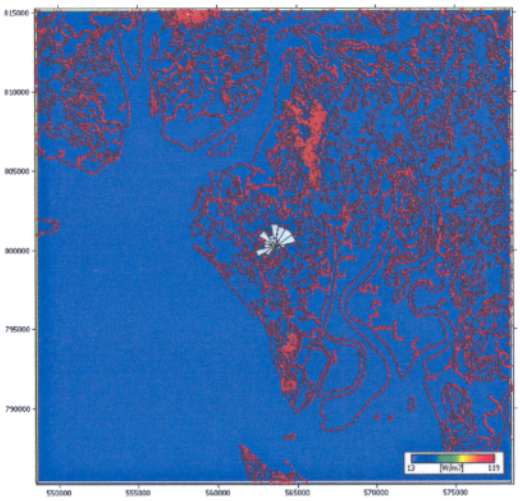
รูปที่ 4.304 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ
ที่ระดับความสูง 45 m



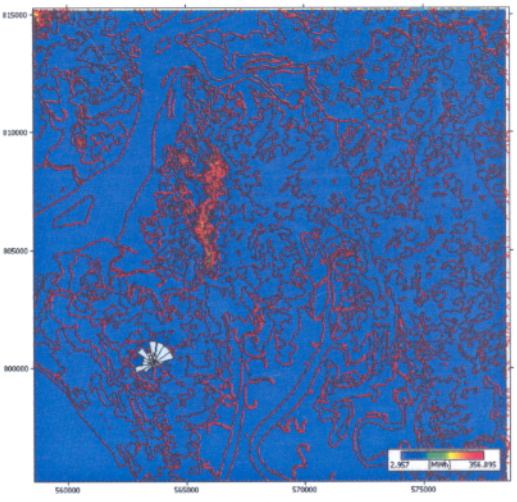
รูปที่ 4.303 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ
ที่ระดับความสูง 67 m



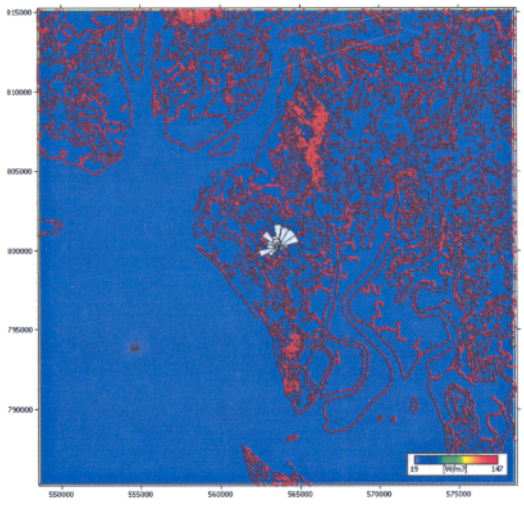
รูปที่ 4.305 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ
ที่ระดับความสูง 50 m



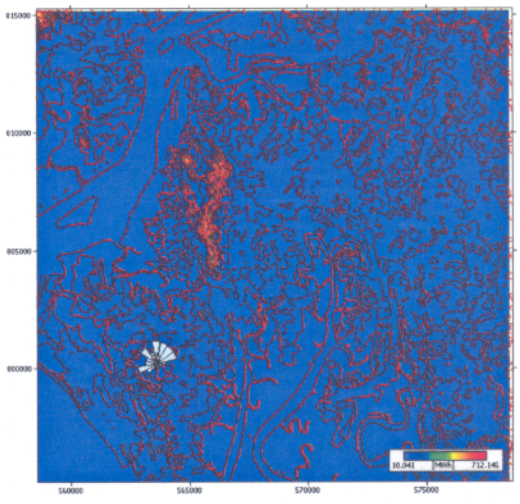
รูปที่ 4.306 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ
ที่ระดับความสูง 60 m



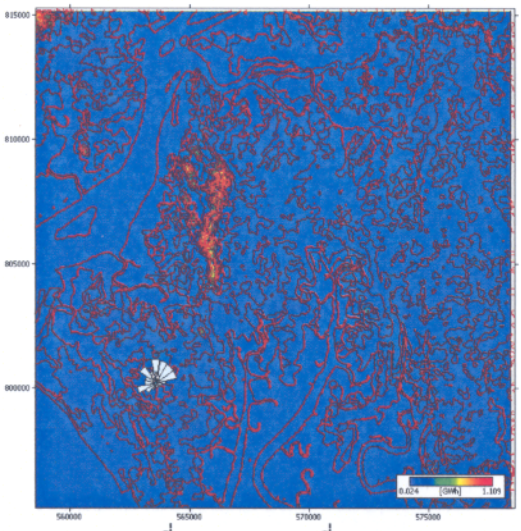
รูปที่ 4.308 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



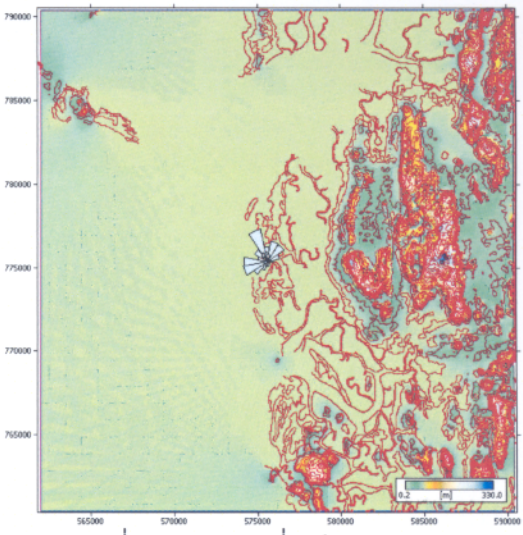
รูปที่ 4.307 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ
ที่ระดับความสูง 67 m



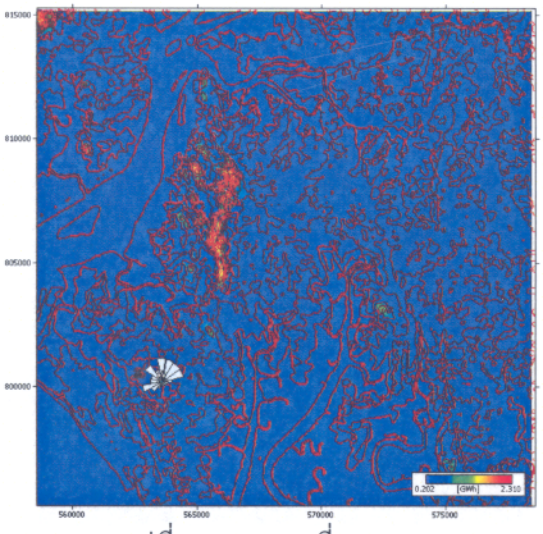
รูปที่ 4.309 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



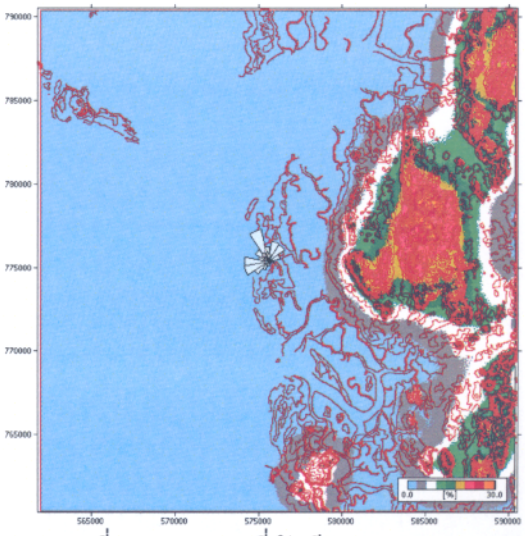
รูปที่ 4.310 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



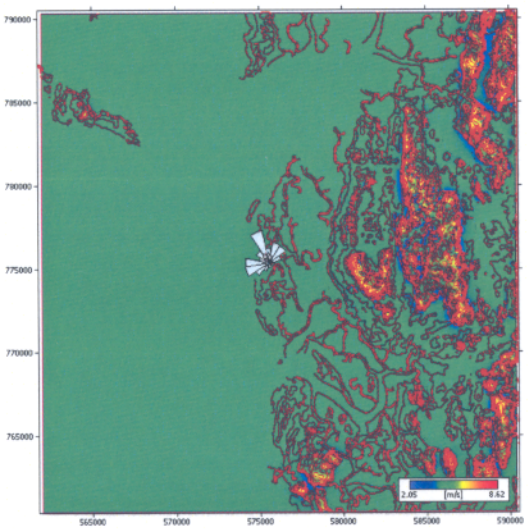
รูปที่ 4.312 แผนที่ระดับความสูง
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า



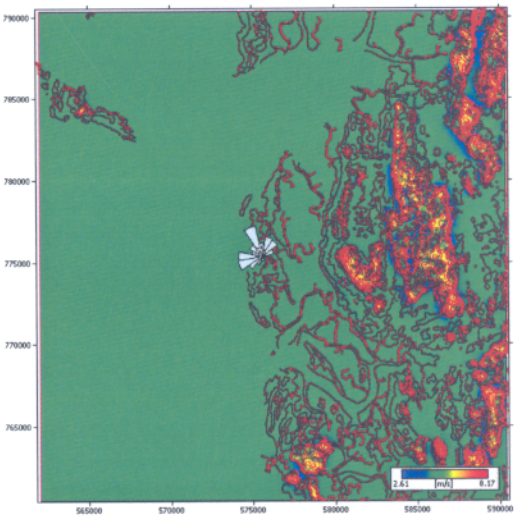
รูปที่ 4.311 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)



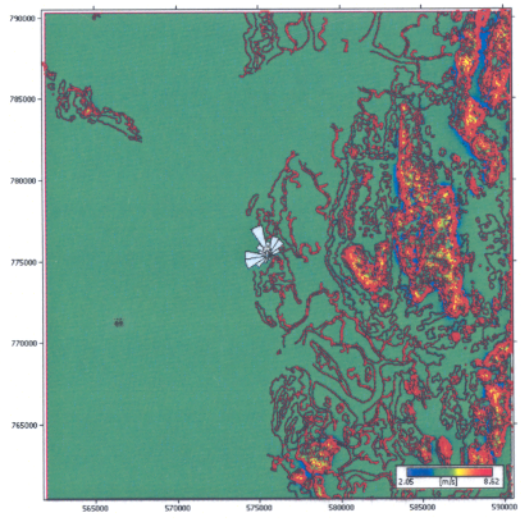
รูปที่ 4.313 แผนที่ดัชนีความขรุขระ
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า



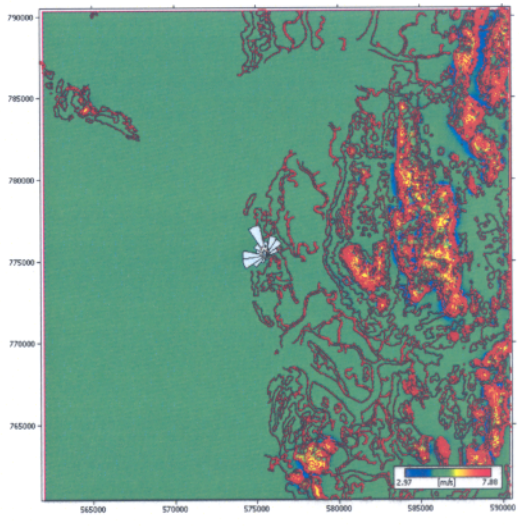
รูปที่ 4.314 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า
ที่ระดับความสูง 45 m



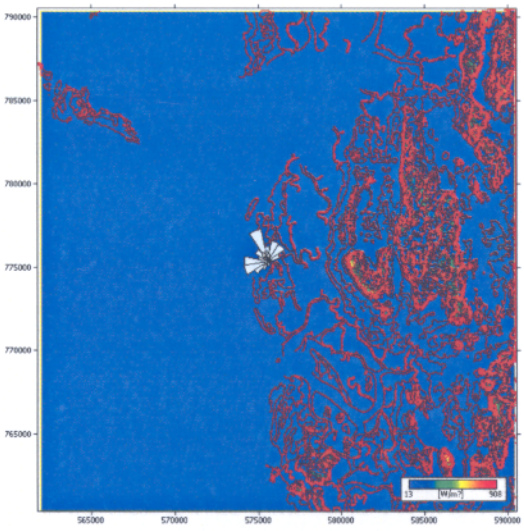
รูปที่ 4.316 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า
ที่ระดับความสูง 60 m



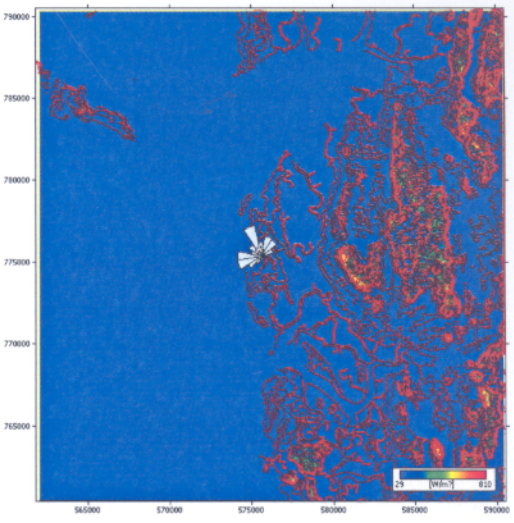
รูปที่ 4.315 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า
ที่ระดับความสูง 50 m



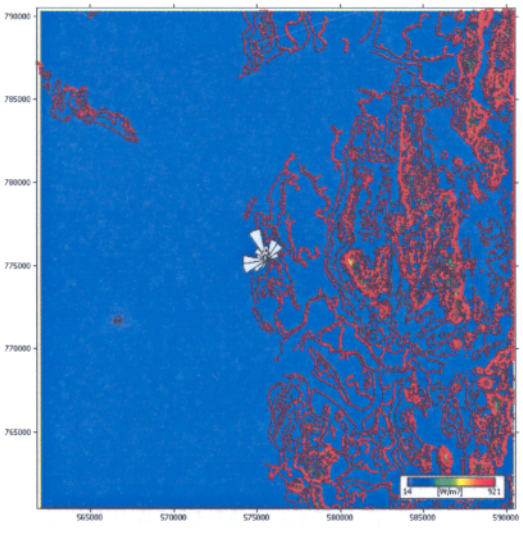
รูปที่ 4.317 แผนที่อัตราเร็วลมเฉลี่ย
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า
ที่ระดับความสูง 67 m



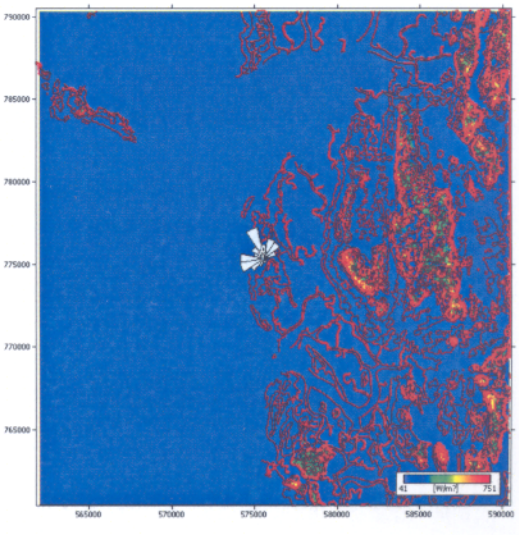
รูปที่ 4.318 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า
ที่ระดับความสูง 45 m



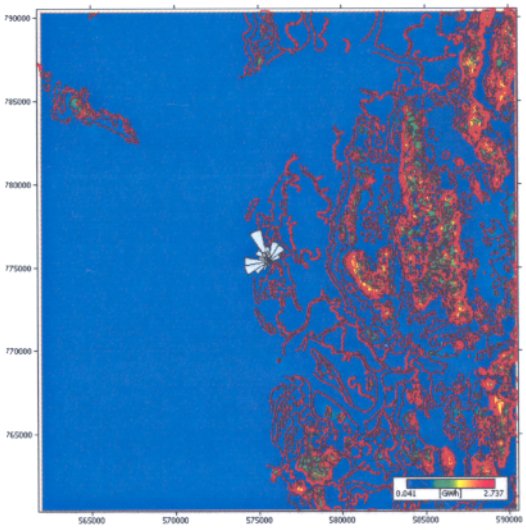
รูปที่ 4.320 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า
ที่ระดับความสูง 60 m



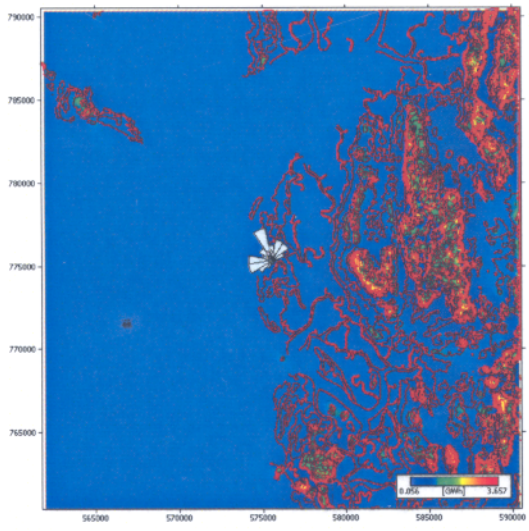
รูปที่ 4.319 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า
ที่ระดับความสูง 50 m



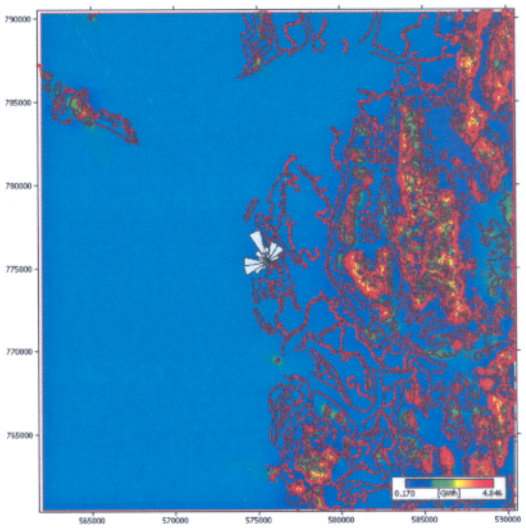
รูปที่ 4.321 แผนที่ความหนาแน่นกำลังลม
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า
ที่ระดับความสูง 67 m



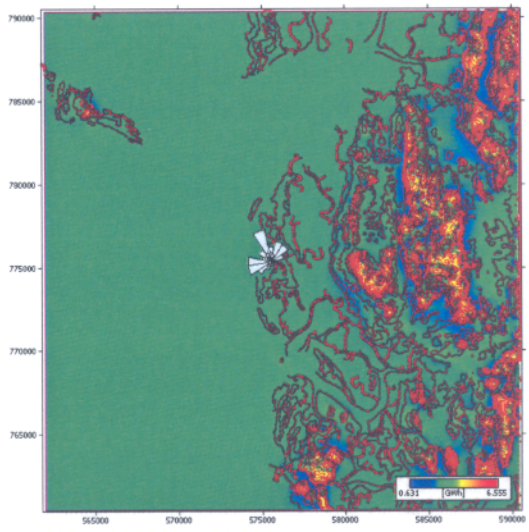
รูปที่ 4.322 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า
(กังหันลมขนาด 0.75 MW)



รูปที่ 4.323 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า
(กังหันลมขนาด 1.0 MW)



รูปที่ 4.324 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า
(กังหันลมขนาด 1.5 MW)



รูปที่ 4.325 แผนที่ AEP
สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า
(กังหันลมขนาด 2.0 MW)

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 โดยอาศัยข้อมูลสถิติของลมที่ได้จากการวัด ณ ระดับ 20 m 30 m และ 40 m ณ สถานีวิจัยต่างๆ จำนวน 18 สถานี และจากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์แรงเฉือนลมรายเดือนของแต่ละสถานีวิจัยพลังงานลมทำให้สามารถวิเคราะห์หาอัตราเร็วเฉลี่ยของลมที่ระดับความสูงของศูนย์กลางส่วนหมุน (Hub) ของกังหันลมทั้ง 4 ขนาด ได้แก่ 0.75 MW 1.0 MW 1.5 MW และ 2.0 MW ซึ่งมีความสูงของศูนย์กลางส่วนหมุน 45 m 50 m 60 m และ 67 m ตามลำดับ โดยอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูงดังกล่าวของแต่ละสถานีได้ทำการสรุปและแสดงดังตารางที่ 4.19

จากตารางที่ 4.19 จะเห็นได้ว่าที่ระดับความสูง 60 m ซึ่งเป็นระดับความสูงของศูนย์กลางส่วนหมุนของกังหันลมขนาด 1.5 MW มีสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยมากกว่า 6 m/s จำนวน 3 สถานี ได้แก่ ท่าศาลา ปากพนังและระโนด ส่วนสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4-6 m/s จำนวน 5 สถานี ได้แก่ หัวไทร สทิงพระ1 สทิงพระ2 จะนะและสิงหนคร สำหรับสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่า 4 m/s มีจำนวน 9 สถานี ได้แก่ ท่าชนะ ท่าฉาง กาญจนดิษฐ์ ดอนสัก ขนอม สิชล เหนือคลอง เกาะลันตาและหาดสำราญ

ดังนั้นจึงพิจารณาสถานีวิจัยพลังงานลมโดยแบ่งออกเป็นสถานีวิจัยที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง (> 6 m/s) ปานกลาง (4-6 m/s) และต่ำ (< 4 m/s) แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.20-4.22

สำหรับในกรณีของแหล่งลมดีที่พบจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ในบริเวณพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลม 15 km ซึ่งมีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.7-11.4 m/s ที่ระดับความสูง 67 m สำหรับรายละเอียดของอัตราเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูงต่างๆ ของแต่ละสถานีแสดงดังตางรางที่ 4.23

โดยในกรณีของแหล่งลมดีนั้นได้พิจารณาแบ่งออกเป็นสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง (> 8 m/s) ปานกลาง (5-8 m/s) และต่ำ (< 5 m/s) ซึ่งพบว่ามีสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงจำนวน 5 สถานี ได้แก่ ขนอม ท่าชนะ ท่าศาลา สิชล และกาญจนดิษฐ์ สำหรับสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมปานกลางจำนวน 8 สถานี ได้แก่ ระโนด ทุ่งหว้า จะนะ เกาะลันตา สทิงพระ1 ปากพนัง เหนือคลอง และหัวไทร นอกนั้นเป็นสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานต่ำ รายละเอียดของแต่ละกลุ่มแสดงดังตารางที่ 4.24-4.26

ตารางที่ 4.19 อัตราเร็วลมเฉลี่ย ณ สถานีวิจัยพลังงานลม

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสูงจากพื้นดิน (a.g.l.)			
		45 m	50 m	60 m	67 m
1	ปากพนัง	5.6	5.9	6.8	7.3
2	ท่าศาลา	5.4	5.6	6.7	7.3
3	ระโนด	5.4	5.7	6.3	6.8
4	สทิงพระ1	4.5	4.8	5.6	6.1
5	จะนะ	4.5	4.7	5.1	5.5
6	หัวไทร	4.3	4.4	4.7	5.0
7	สทิงพระ2	4.3	4.4	4.7	4.9
8	ทุ่งหว้า	4.4	4.4	4.7	4.8
9	สิงหนคร	4.3	4.4	4.5	4.7
10	ท่าชนะ	3.5	3.7	3.9	4.3
11	เกาะลันตา	3.2	3.4	3.8	4.1
12	ท่าฉาง	2.9	3.3	3.6	4.0
13	ขนอม	3.4	3.5	3.7	3.9
14	กาญจนดิษฐ์	2.7	2.9	3.0	3.9
15	สิชล	2.6	2.9	3.4	3.9
16	เหนือคลอง	3.1	3.3	3.4	3.5
17	ดอนสัก	3.0	2.9	3.3	3.5
18	หาดสำราญ	2.1	2.5	2.9	3.0

ตารางที่ 4.20 สถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพพลังงานลมสูง (> 6 m/s)

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสูงจากพื้นดิน (a.g.l.)			
		45 m	50 m	60 m	67 m
1	ปากพนัง	5.6	5.9	6.8	7.3
2	ท่าศาลา	5.4	5.6	6.7	7.3
3	ระโนด	5.4	5.7	6.3	6.8

ตารางที่ 4.21 สถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมปานกลาง (4-6 m/s)

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสูงจากพื้นดิน (a.g.l.)			
		45 m	50 m	60 m	67 m
1	สทิงพระ1	4.5	4.8	5.6	6.1
2	จะนะ	4.5	4.7	5.1	5.5
3	หัวไทร	4.3	4.4	4.7	5.0
4	สทิงพระ2	4.3	4.4	4.7	4.9
5	ทุ่งหว้า	4.4	4.4	4.7	4.8
6	สิงหนคร	4.3	4.4	4.5	4.7

ตารางที่ 4.22 สถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมต่ำ (< 4 m/s)

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสูงจากพื้นดิน (a.g.l.)			
		45 m	50 m	60 m	67 m
1	ท่าชนะ	3.5	3.7	3.9	4.3
2	เกาะลันตา	3.2	3.4	3.8	4.1
3	ขนอม	3.4	3.5	3.7	3.9
4	ท่าฉาง	2.9	3.3	3.6	4.0
5	สิชล	2.6	2.9	3.4	3.9
6	เหนือคลอง	3.1	3.3	3.4	3.5
7	ดอนสัก	3.0	2.9	3.3	3.5
8	กาญจนดิษฐ์	2.7	2.9	3.0	3.9
9	หาดสำราญ	2.1	2.5	2.9	3.0

ตารางที่ 4.23 อัตราเร็วลมเฉลี่ย ณ แหล่งลมดี

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสูงเหนือพื้นดิน (a.g.l.)			
		45 (m)	50 (m)	60 (m)	67 (m)
1	ขนอม	10.6	10.9	11.3	11.4
2	ท่าชนะ	10.4	10.8	10.9	11.1
3	ท่าศาลา	7.7	8.2	9.1	9.7
4	สิชล	7.0	7.4	8.7	9.2
5	กาญจนดิษฐ์	6.7	6.9	7.4	9.0
6	ระโนด	7.4	7.8	8.4	8.8
7	ทุ่งหว้า	7.9	8.2	8.6	8.7
8	จะนะ	7.9	8.2	8.6	8.7
9	เกาะลันตา	7.6	7.9	8.5	8.6
10	สทิงพระ1	6.1	6.5	7.4	8.0
11	ปากพนัง	6.1	6.4	7.2	7.8
12	เหนือคลอง	7.2	7.4	7.5	7.7
13	หัวไทร	6.6	6.7	7.0	7.2
14	สทิงพระ2	6.6	6.7	6.6	6.7
15	สิงหนคร	6.4	6.4	6.5	6.6
16	ดอนสัก	6.0	6.1	6.3	6.4
17	ท่าฉาง	4.4	4.7	5.1	5.5
18	หาดสำราญ	3.6	4.0	4.5	4.7

ตารางที่ 4.24 อัตราเร็วลมเฉลี่ย ณ แหล่งลมดี (ศักยภาพพลังงานลมสูง > 8 m/s)

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสูงเหนือพื้นดิน (a.g.l.)			
		45 (m)	50 (m)	60 (m)	67 (m)
1	ขนอม	10.6	10.9	11.3	11.4
2	ท่าชนะ	10.4	10.8	10.9	11.1
3	ท่าศาลา	7.7	8.2	9.1	9.7
4	สิชล	7.0	7.4	8.7	9.2
5	ทุ่งหว้า	7.9	8.2	8.6	8.7
6	จะนะ	7.9	8.2	8.6	8.7
7	เกาะลันดา	7.6	7.9	8.5	8.6
8	ระโนด	7.4	7.8	8.4	8.8

ตารางที่ 4.25 อัตราเร็วลมเฉลี่ย ณ แหล่งลมดี (ศักยภาพพลังงานลมปานกลาง 5-8 m/s)

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสูงเหนือพื้นดิน (a.g.l.)			
		45 (m)	50 (m)	60 (m)	67 (m)
1	เหนือคลอง	7.2	7.4	7.5	7.7
2	สทิงพระ1	6.1	6.5	7.4	8.0
3	กาญจนดิษฐ์	6.7	6.9	7.4	9.0
4	ปากพนัง	6.1	6.4	7.2	7.8
5	หัวไทร	6.6	6.7	7.0	7.2
6	สทิงพระ2	6.6	6.7	6.6	6.7
7	สิงหนคร	6.4	6.4	6.5	6.6
8	ดอนสัก	6.0	6.1	6.3	6.4
9	ท่าฉาง	4.4	4.7	5.1	5.5

ตารางที่ 4.26 อัตราเร็วลมเฉลี่ย ณ แหล่งลมดี (ศักยภาพพลังงานลมต่ำ < 5 m/s)

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสูงเหนือพื้นดิน (a.g.l.)			
		45 (m)	50 (m)	60 (m)	67 (m)
1	หาดสำราญ	3.6	4.0	4.5	4.7

4.3 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี

ผลการวิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (AEP) ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 จากการเลือกติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า 2 บริเวณด้วยกันได้แก่

1. บริเวณสถานีวิจัยพลังงานลม
2. บริเวณที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงหรือแหล่งลมดี

จากการเลือกใช้กังหันลมผลิตไฟฟ้าในขนาดที่ต่างกัน 4 ขนาด ได้แก่ 0.75 MW 1.0 MW 1.5 MW และ 2.0 MW สำหรับเป็นอินพุทในพื้นที่ทำงาน (Workspace) ของโปรแกรมได้ผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ทำการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า ณ สถานีวิจัยพลังงานลม แสดงดังรูปที่ 4.326-4.329 ซึ่งจากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าภายใต้สภาพของภูมิอากาศลม (OWC) เดียวกัน กังหันลมผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่กว่าและกำลังการผลิตมากกว่าจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ในปริมาณมากกว่า นอกจากนี้ผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ยังแสดงให้เห็นอีกว่าบริเวณอำเภอท่าศาลา อำเภอปากพนังและอำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช อำเภอระโนด อำเภอสทิงพระ1 อำเภอสทิงพระ2 อำเภอสิงหนครและอำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา ซึ่งเป็นแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยรวมทั้งอำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล เป็นบริเวณที่มีค่า AEP สูง โดยในกรณีของกังหันลมขนาด 0.75 MW การติดตั้งกังหันลมบริเวณอำเภอท่าศาลาจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 1.20 GWh รองลงมาได้แก่บริเวณอำเภอปากพนังซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.18 GWh อันดับสามได้แก่อำเภอระโนด 1.14 GWh รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.326

สำหรับกรณีกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1 MW พบว่ายังคงเป็นอำเภอท่าศาลา อำเภอปากพนังและอำเภอระโนดที่มีค่า AEP สูงสุดสามอันดับแรก โดยมีค่า AEP เท่ากับ 1.80 GWh 1.78 GWh และ 1.69 GWh ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.327

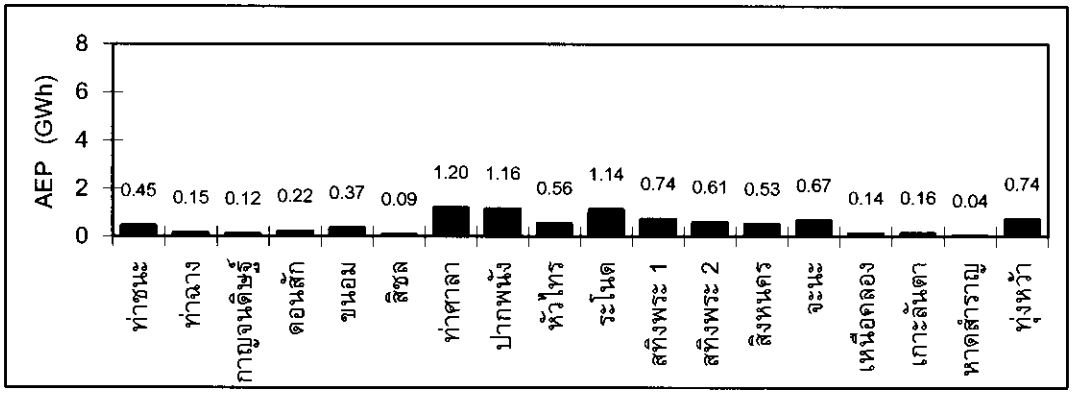
ผลการวิเคราะห์ยังได้แสดงให้เห็นอย่างชัดแจ้งอีกว่าเมื่อเราเพิ่มขนาดของกังหันลมผลิตไฟฟ้าเป็น 1.5 MW ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างมากถึงแม้จะเป็นภายใต้สภาพภูมิอากาศของลมเดียวกัน โดยมีพื้นที่บริเวณสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา สถานีวิจัยพลังงานลมระโนดและและสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 เป็น

บริเวณที่มีค่า AEP สูงสุด เรียงจากมากไปหาน้อยดังนี้ 3.23 GWh 3.16 GWh 2.93 GWh และ 2.30 GWh ตามลำดับ ในกรณีของกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW ยังคงเป็นบริเวณสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา สถานีวิจัยพลังงานลมระโนดและและสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ซึ่งมีค่า AEP สูงสุดเท่ากับ 5.65 GWh 5.20 GWh 5.08 GWh และ 4.22 GWh ตามลำดับ

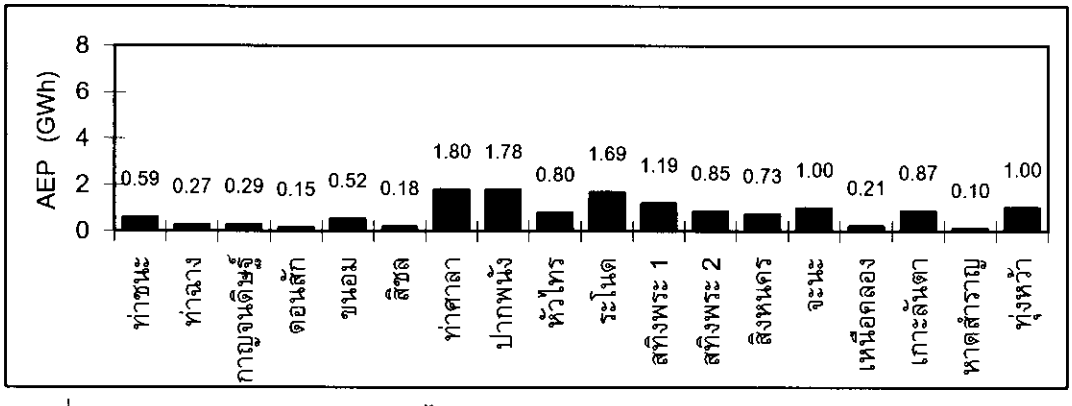
ในกรณีที่เป็นการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในบริเวณที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงหรือบริเวณที่เป็นแหล่งลมดีพบว่าเกือบทุกอำเภอมีค่า AEP สูงยกเว้นอำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานีและอำเภอหาดสำราญ จังหวัดตรังที่มีค่า AEP ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณอื่นๆ

รูปที่ 4.330-4.333 แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ไม่ว่าจะขนาด 1.0 MW 1.5 MW และ 2.0 MW สามารถติดตั้งได้ทุกบริเวณเนื่องจากมีปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานลมที่มากนั่นเอง ทั้งนี้การเปรียบเทียบค่า AEP ของแต่ละสถานีและกังหันลมแต่ละขนาดนั้นเป็นเรื่องที่ยากและไม่สามารถบอกได้ว่าสถานีไหนดีกว่ากัน ดังนั้นจึงได้ใช้พารามิเตอร์ที่เรียกว่าคาปาซิตี้แฟกเตอร์ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ต้องอาศัยค่า AEP และค่าขนาดพิกัดของกังหันลมเข้าไปทำการคำนวณซึ่งจะไม่เกิดการได้เปรียบเสียเปรียบกันระหว่างกังหันแต่ละขนาดนั่นเอง ดังนั้นในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมจึงใช้พารามิเตอร์ดังกล่าวซึ่งจะได้กล่าวและอภิปรายผลการวิเคราะห์อย่างละเอียดในหัวข้อถัดไป

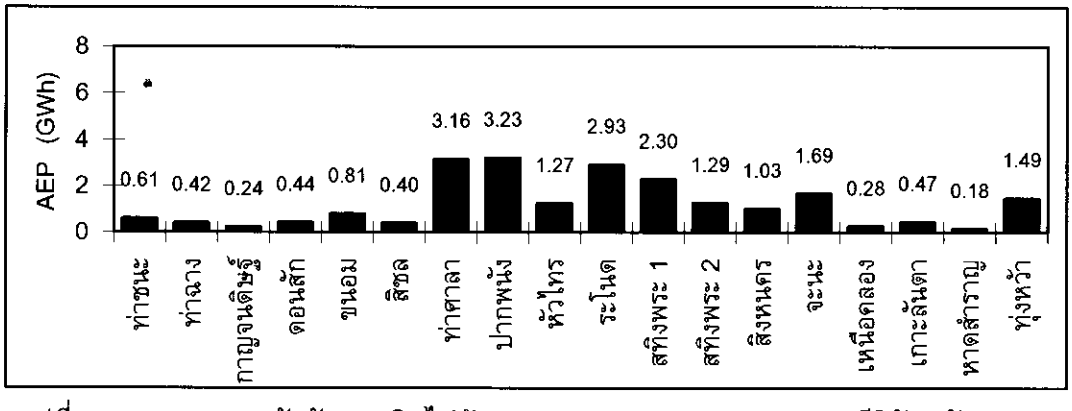
อย่างไรก็ตามการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่บนพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ประกอบเพื่อความเหมาะสมของการพัฒนาและการส่งเสริมและสนับสนุนไม่ว่าจะเป็นประเด็นของการเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การคมนาคมสำหรับการเข้าถึงบริเวณพื้นที่ลมดี ความเหมาะสมของสถานที่ตั้งและความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กับต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมด้วยกันทั้งสิ้น



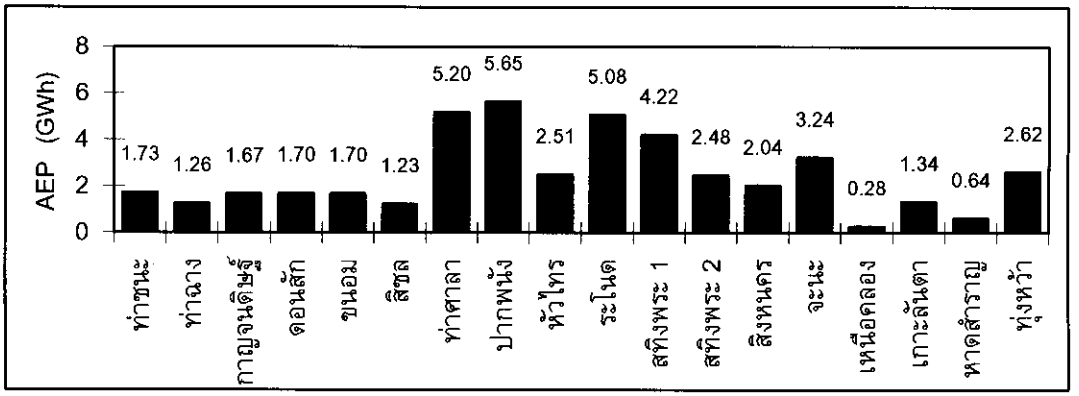
รูปที่ 4.326 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม



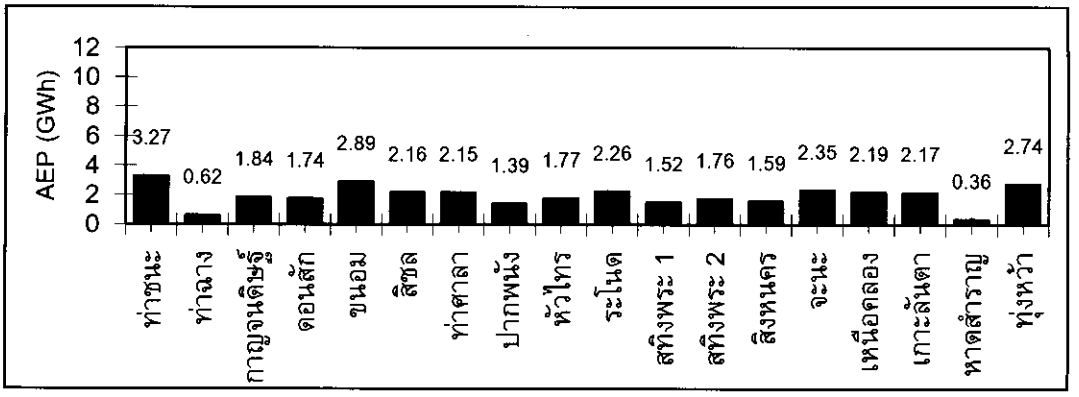
รูปที่ 4.327 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม



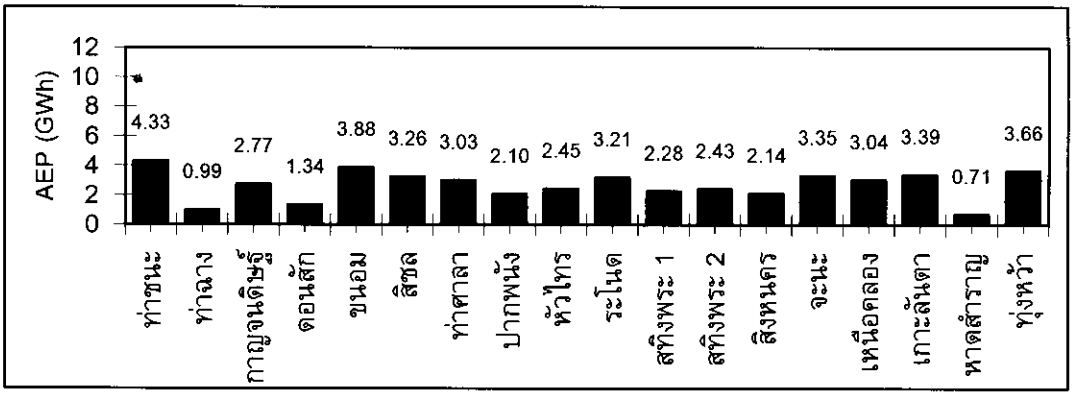
รูปที่ 4.328 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม



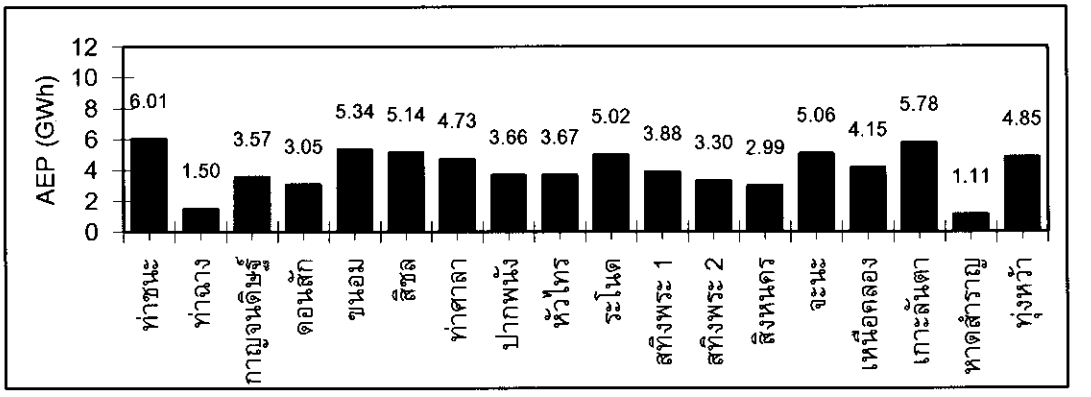
รูปที่ 4.329 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม



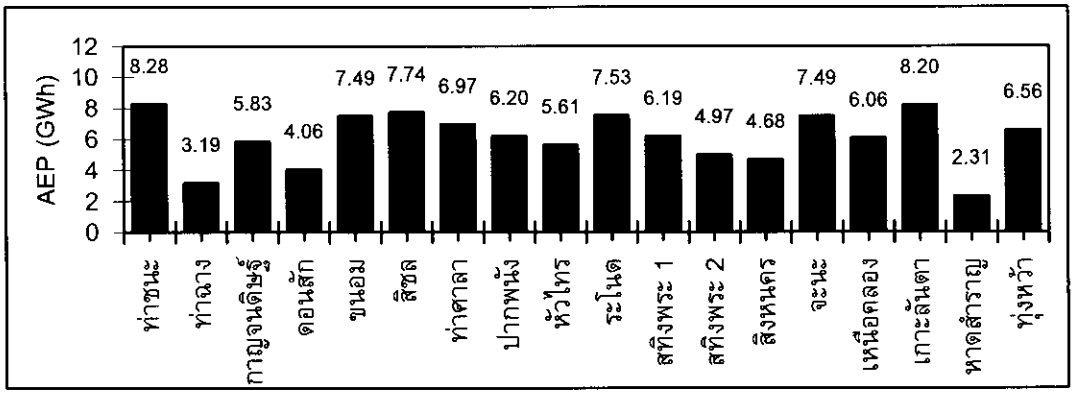
รูปที่ 4.330 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW
ณ บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง



รูปที่ 4.331 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW
ณ บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง



รูปที่ 4.332 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW
ณ บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง



รูปที่ 4.333 AEP จากกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW
ณ บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง

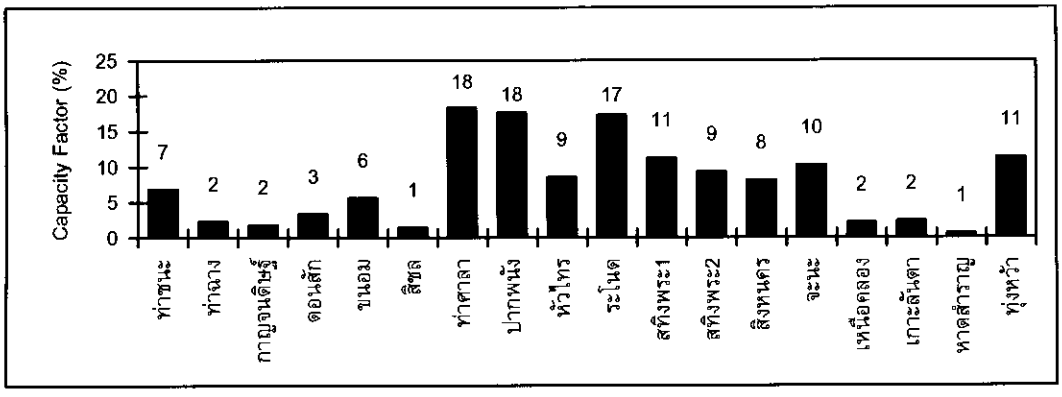
4.4 ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม (Capacity Factor)

ในการพิจารณาค่าประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมได้อาศัยพารามิเตอร์ที่เรียกว่าคาปาซิตี้แฟกเตอร์ซึ่งเป็นการกำจัดการได้เปรียบเสียเปรียบกันระหว่างกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กและขนาดใหญ่ สำหรับผลการวิเคราะห์ของโครงการวิจัยนี้พบว่าการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าบริเวณสถานีวิจัยพลังงานลม โดยเฉพาะบริเวณสถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด มีค่าคาปาซิตี้แฟกเตอร์สูงในช่วง 17-18% สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW และมีค่าอยู่ในช่วง 19-20% สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW และมีค่าอยู่ในช่วง 22-25% สำหรับกังหันลมขนาด 1.5

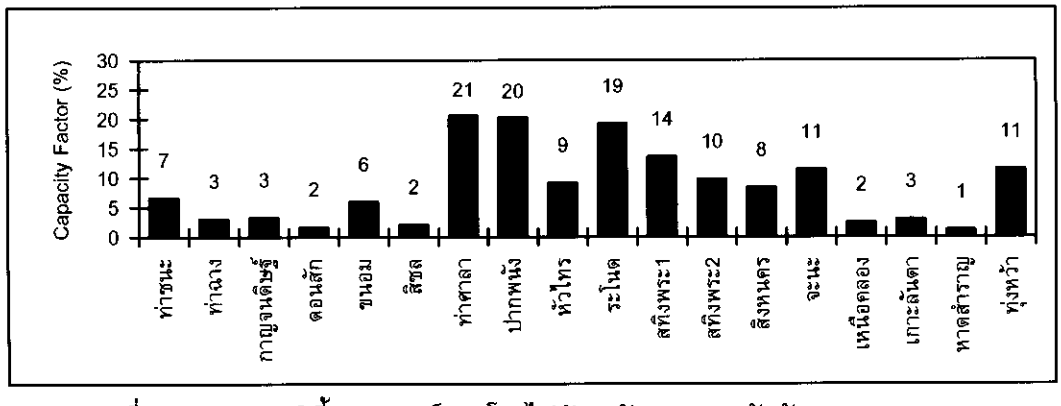
MW และมีค่าอยู่ในช่วง 29-32% สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW แสดงดังรูปที่ 4.334-4.337 ซึ่งเป็นการยืนยันให้เห็นอย่างชัดเจนว่าภายใต้สภาพเงื่อนไขของภูมิอากาศลมเดียวกัน กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่จะมีประสิทธิภาพสูงกว่านั่นเอง ผลการศึกษาวิจัยของโครงการนี้จึงได้เสนอแนะให้มีการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่และมีขนาดมากกว่า 1.0 MW ขึ้นไปซึ่งมีความเหมาะสมมากกว่าการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟาร์มกังหันลมบนพื้นที่ราบสามารถติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ได้เนื่องจากลักษณะของภูมิประเทศไม่เป็นอุปสรรคต่อการติดตั้ง การขนส่งและการติดตั้งมีความเป็นไปได้มากกว่า

ปัจจุบันการติดตั้งกังหันลมสำหรับผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยที่มีการใช้งานจริงมีขนาดพิกัดสูงสุด 150 kW ที่จังหวัดภูเก็ตซึ่งเป็นของหน่วยงาน กฟผ. ปัจจุบันได้มีการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดพิกัดสูงขึ้น โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ดำเนินการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 250 kW ที่บริเวณอำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราชและมีโครงการที่จะติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW สำหรับสาธิตการใช้งานอีกด้วย ดังนั้นจึงควรมีการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่สำหรับการผลิตไฟฟ้าเพื่อสาธิตและเพิ่มพูนประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีจากต่างประเทศ

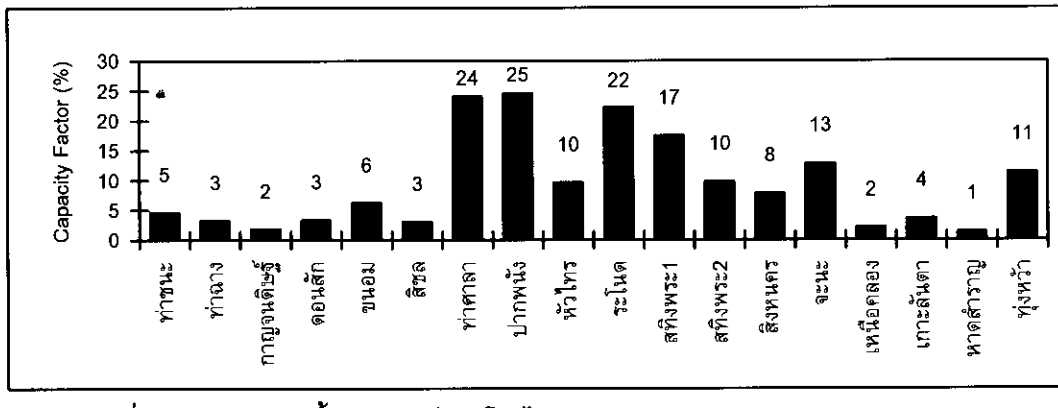
นอกจากนี้ในกรณีของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในบริเวณพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงหรือแหล่งลมดีนั้นปรากฏว่าเกือบทุกอำเภอมีค่าคาปาซิตี้แฟกเตอร์สูงยกเว้นอำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี และ อำเภอหาดสำราญ จังหวัดตรัง ที่มีค่าคาปาซิตี้แฟกเตอร์ต่ำ สำหรับในกรณีของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ลมดีนั้นการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW จะมีจำนวนสถานีที่มีค่าคาปาซิตี้แฟกเตอร์มากกว่า 20% ถึง 16 สถานีด้วยกัน และมีแนวโน้มเป็นเช่นเดียวกันสำหรับการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดสูงขึ้น แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.338-4.341



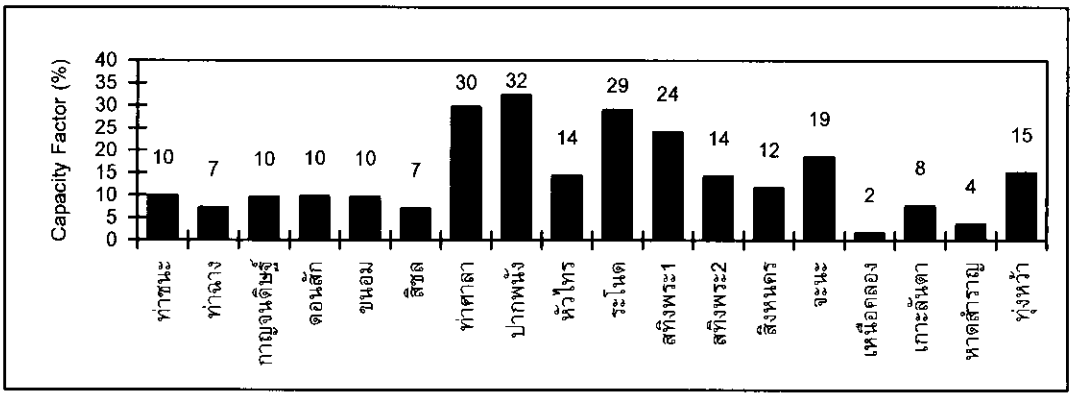
รูปที่ 4.334 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 0.75 MW) ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม



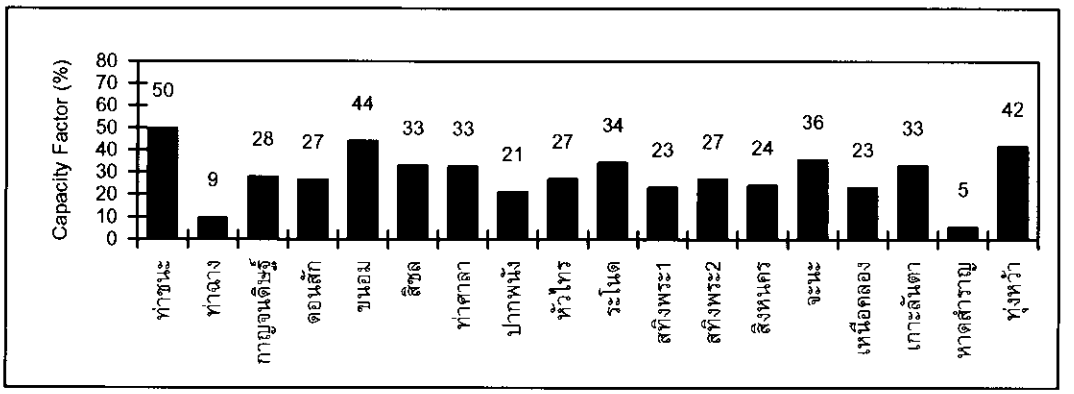
รูปที่ 4.335 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 1.0 MW) ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม



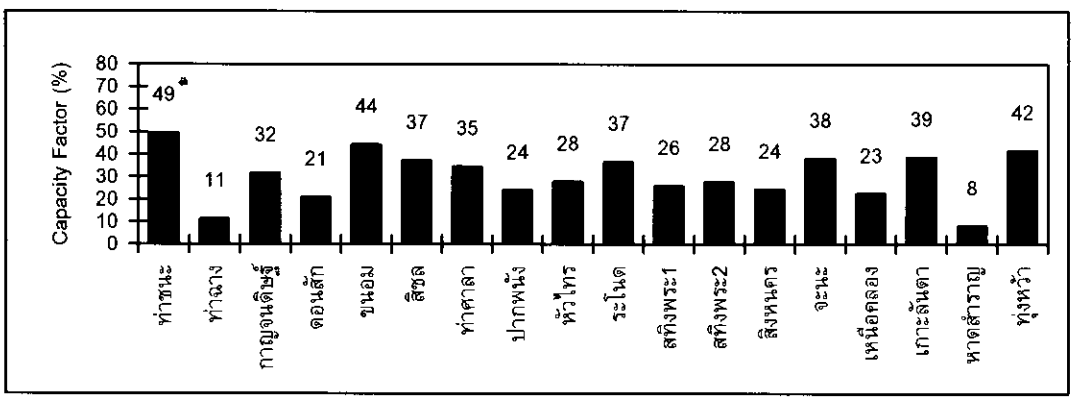
รูปที่ 4.336 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 1.5 MW) ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม



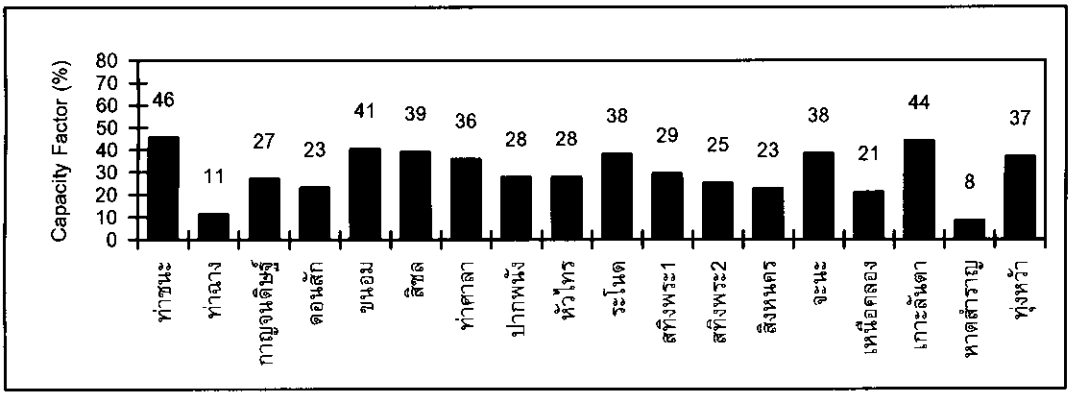
รูปที่ 4.337 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 2.0 MW) ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม



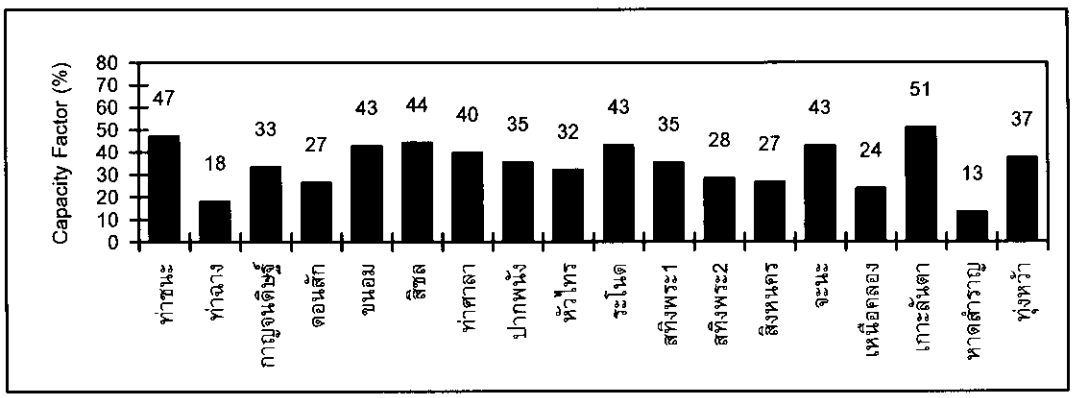
รูปที่ 4.338 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 0.75 MW) บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง



รูปที่ 4.339 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 1.0 MW) บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง



รูปที่ 4.340 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 1.5 MW) บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง



รูปที่ 4.341 คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม (กังหันลมขนาด 2.0 MW) บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพพลังงานลมสูง

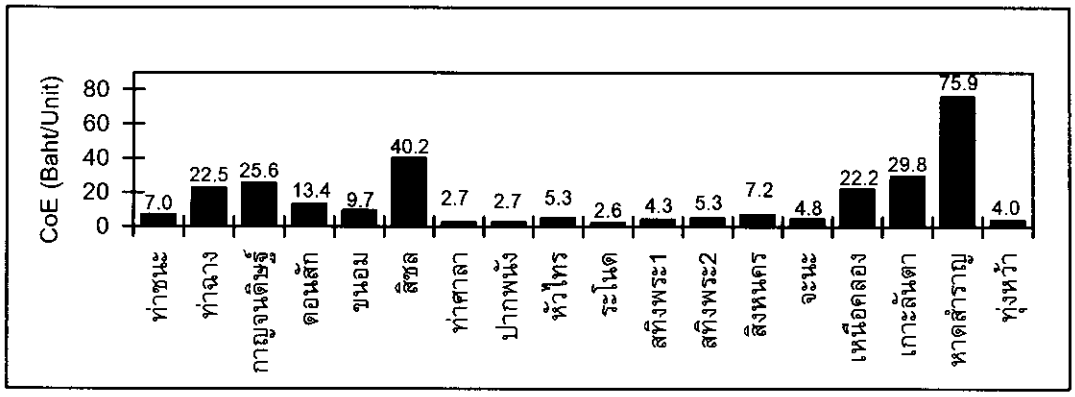
4.5 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยจากพลังงานลม (Cost of Energy)

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยจากพลังงานลมพบว่ากรณีที่มีการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าบริเวณสถานีวิจัยพลังงานลมจะมีต้นทุนต่อหน่วยอยู่ในช่วง 2.6-7.2 บาท/หน่วยสำหรับสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง ซึ่งได้แก่ สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนังและสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จังหวัดสงขลาและสถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จังหวัดสตูล และมีต้นทุนอยู่ในช่วง 9.7-13.4 บาท/หน่วย สำหรับสถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานีและสถานีวิจัยพลังงานลมขนอมจังหวัด

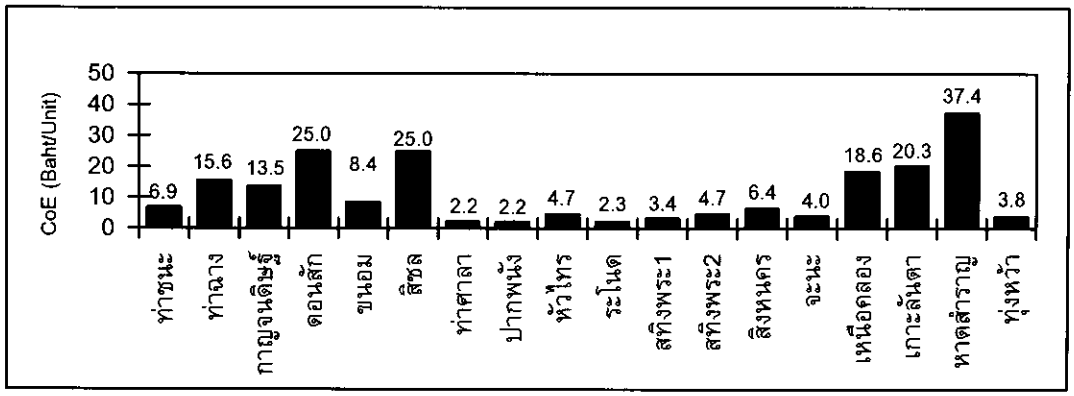
นครศรีธรรมราช นอกนั้นจะมีต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงเกิน 20 บาท/หน่วย ซึ่งเป็นบริเวณที่มีศักยภาพของพลังงานลมต่ำนั่นเองซึ่งได้แก่ สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉางและสถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จังหวัดกระบี่และสถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จังหวัดตรัง

อย่างไรก็ตามในกรณีการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ขึ้นผลปรากฏว่าต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้ามีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.342-4.345 โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 2.0 MW ซึ่งเกือบจะทุกสถานีที่มีต้นทุนลดลงต่ำกว่า 7 บาท/หน่วย ยกเว้นสถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลองและสถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ

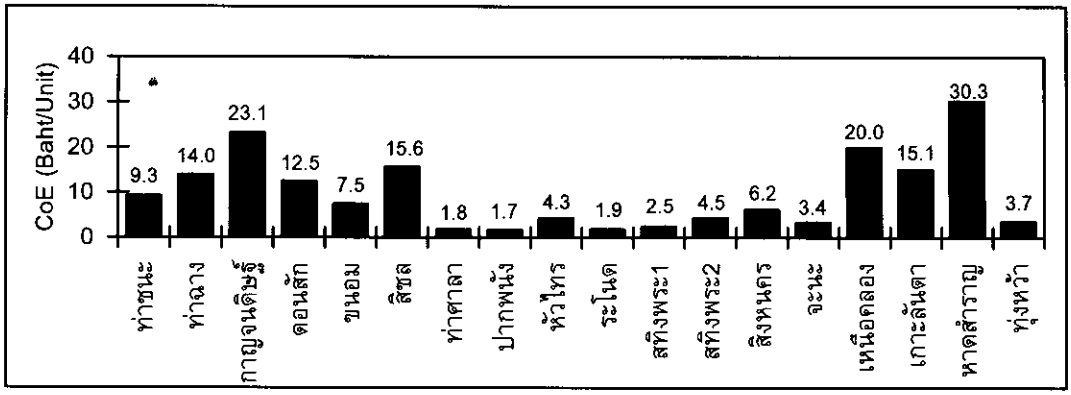
สำหรับกรณีของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในบริเวณที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงนั้นพบว่าไม่ว่าจะติดตั้งกังหันลมขนาดใดก็ตามจะมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมต่ำกว่า 5 บาท/หน่วย ทุกสถานี ยกเว้นสถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จังหวัดตรังที่ต้นทุนมีค่าเท่ากับ 8.0 บาท/หน่วย สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 0.75 MW สำหรับกรณีกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ขึ้นต้นทุนจะมีค่าลดลงและมีค่าต่ำกว่า 4 บาท/หน่วย สำหรับกรณีกังหันลมขนาด 2.0 MW รายละเอียดของต้นทุนของกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดต่างๆ กันของแต่ละสถานีวิจัยและในแต่ละพื้นที่แสดงดังรูป 4.346-4.349 จากการวิเคราะห์ต้นทุนการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมอย่างละเอียดและประกอบกับข้อมูลจากการตรวจวัดและวิเคราะห์ทำให้เล็งเห็นถึงความเป็นไปได้ของโครงการการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมเนื่องจากต้นทุนมีราคาต่ำนั่นเอง เมื่อเปลี่ยนค่าเงินเป็นเงินสกุลดอลลาร์สหรัฐ พบว่าการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในประเทศไทยมีต้นทุนอยู่ที่ประมาณ 11.7 cent/kWh ซึ่งมีค่าสูงกว่าการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในต่างประเทศไม่ว่าจะเป็นประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมอยู่ที่ 3-5 cent/kWh หรือในประเทศเวียดนามที่มีต้นทุนอยู่ที่ 5 cent/kWh อย่างไรก็ตามเนื่องจากในโครงการวิจัยนี้ได้อาศัยสมมุติฐานในการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าโดยกำหนดให้ราคากังหันลมมีค่าเท่ากับ 1,500 US$/kW แต่ในต่างประเทศมีต้นทุนการผลิตกังหันลมที่มีค่าต่ำกว่า 1,000 US$/kW โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีต้นทุนต่อหน่วย 750 US$/kW ดังนั้นหากราคาการติดตั้งกังหันลมในประเทศไทยมีราคาลดลงหรือมีค่าเท่ากับต่างประเทศแล้วจะทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมมีต้นทุนลดลงต่ำลงตามไปด้วย



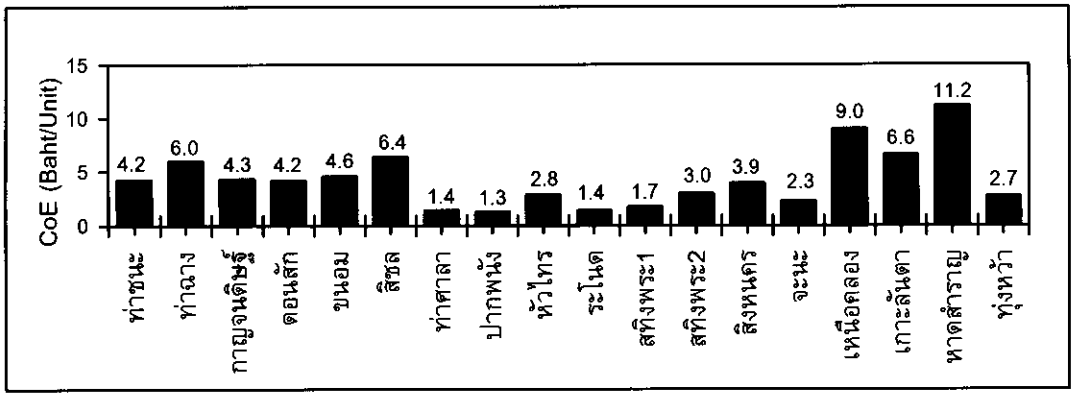
รูปที่ 4.342 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 0.75 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม



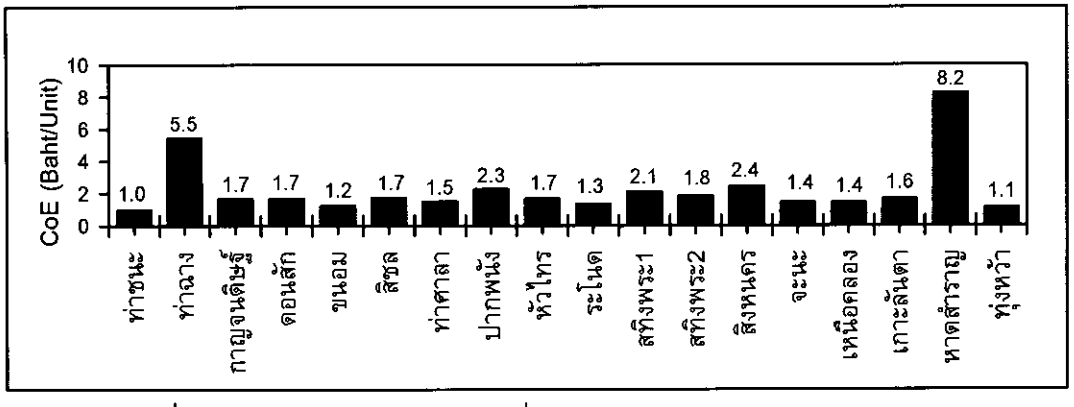
รูปที่ 4.343 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 1.0 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม



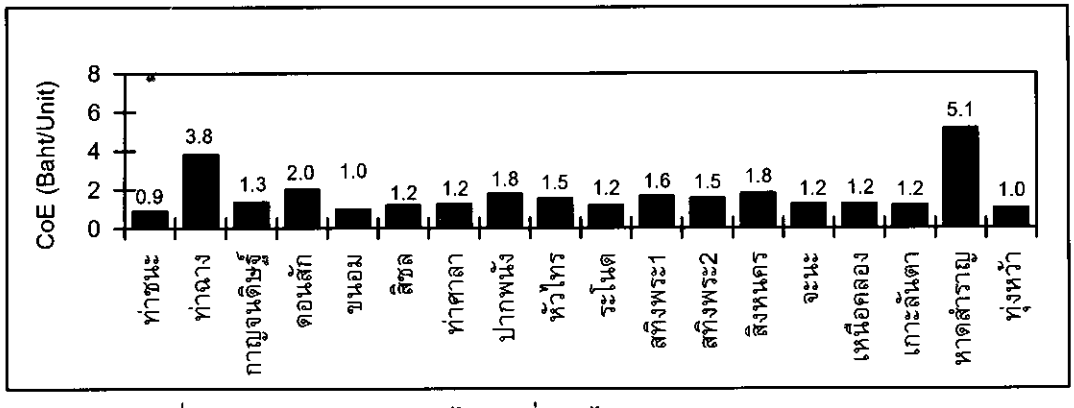
รูปที่ 4.344 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 1.5 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม



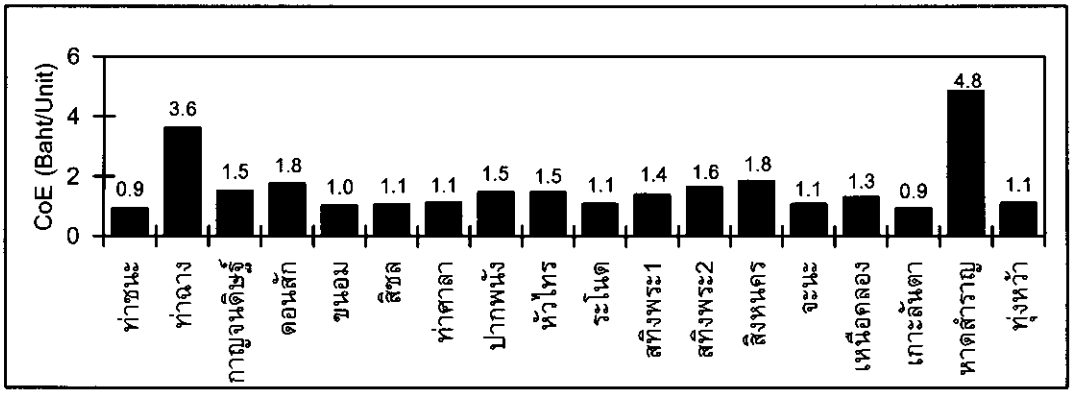
รูปที่ 4.345 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 2.0 MW ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม



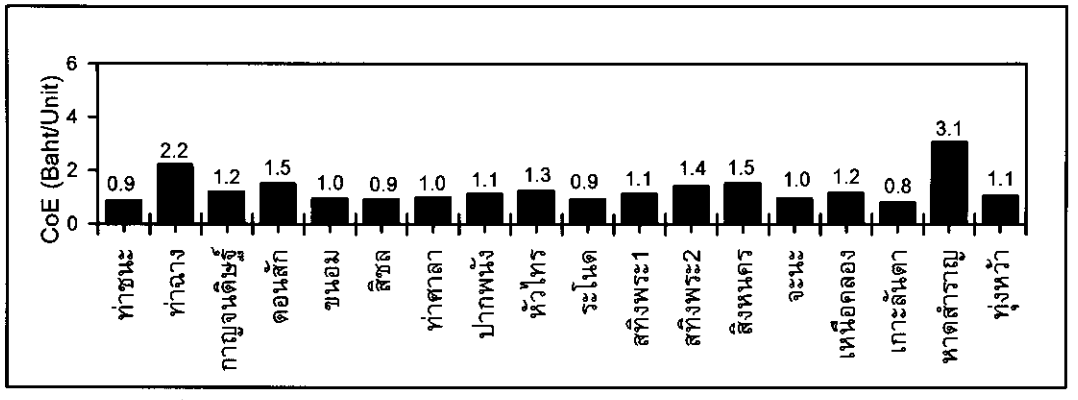
รูปที่ 4.346 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 0.75 MW บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง



รูปที่ 4.347 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 1.0 MW บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง

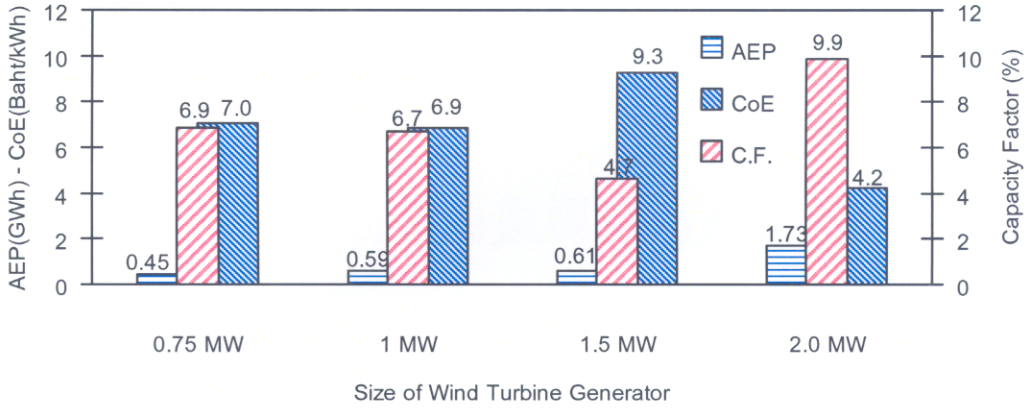


รูปที่ 4.348 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 1.5 MW
บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง

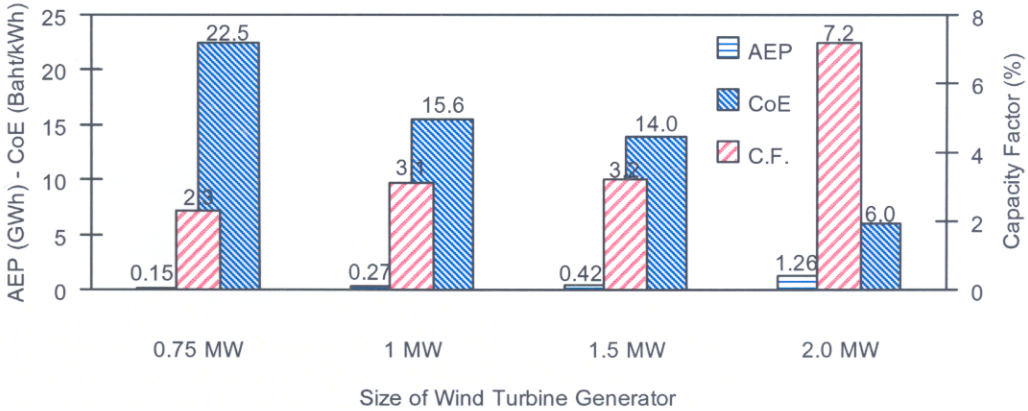


รูปที่ 4.349 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 2.0 MW
บริเวณแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง

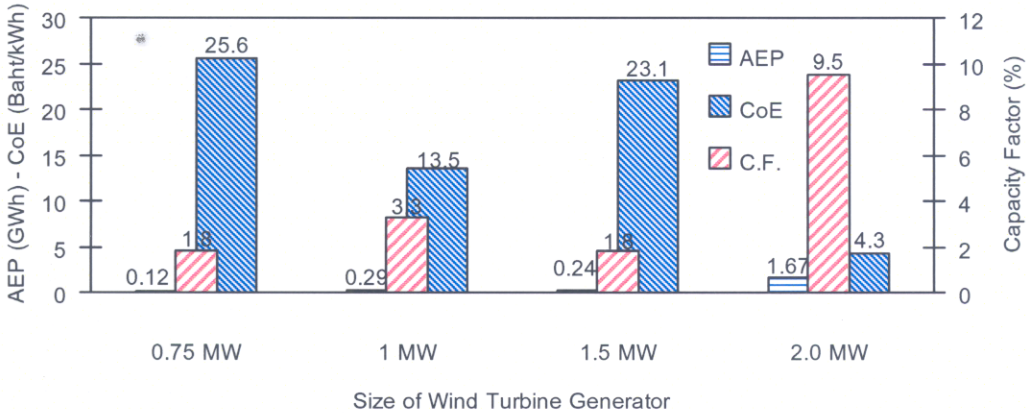
รูปที่ 4.350-4.367 แสดงการเปรียบเทียบค่า AEP CoE และค่า C. F. ของกังหันลมผลิตไฟฟ้าทั้ง 4 ขนาด ของ 18 สถานี โดยเป็นการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าบริเวณสถานีวิจัยพลังงานลม โดยจะเห็นได้ว่ากังหันลมขนาดใหญ่ 2 MW จะผลิตไฟฟ้าได้ในปริมาณมากที่สุด (AEP สูงสุด) ในขณะเดียวกันก็มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดด้วย (C.F. สูงสุด) นอกจากนั้นยังมีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมต่ำสุด (CoE ต่ำสุด) ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวปรากฏกับทุกสถานี



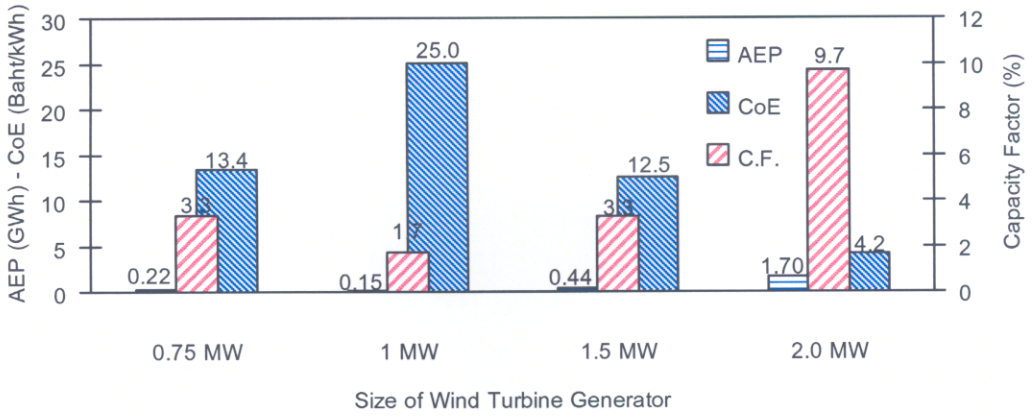
รูปที่ 4.350 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี



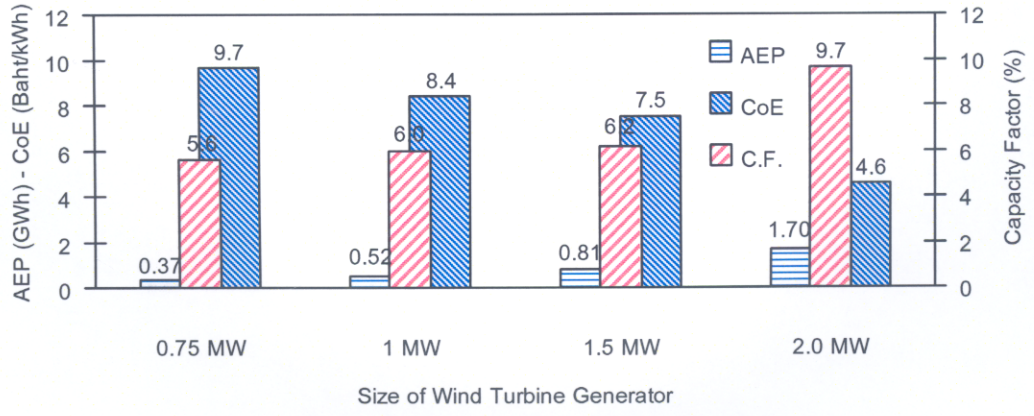
รูปที่ 4.351 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี



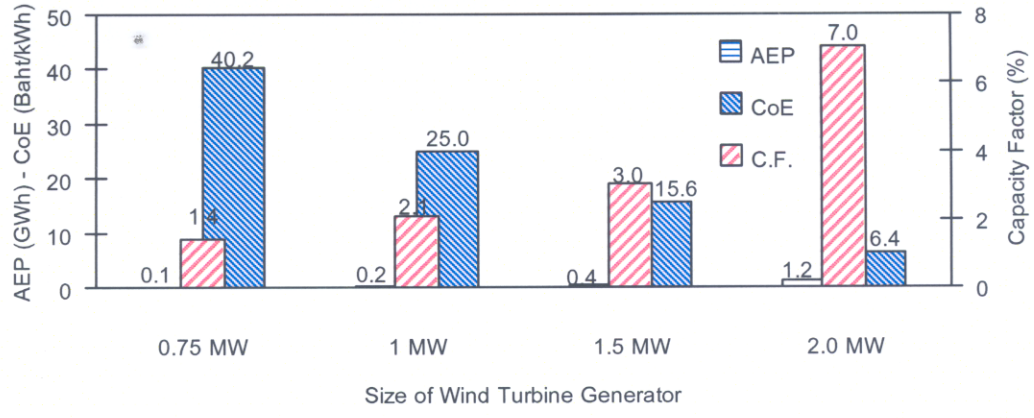
รูปที่ 4.352 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี



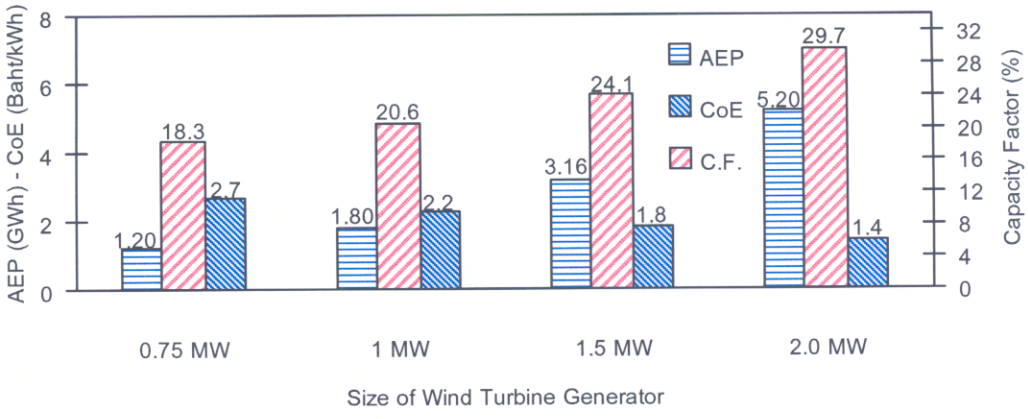
รูปที่ 4.353 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี



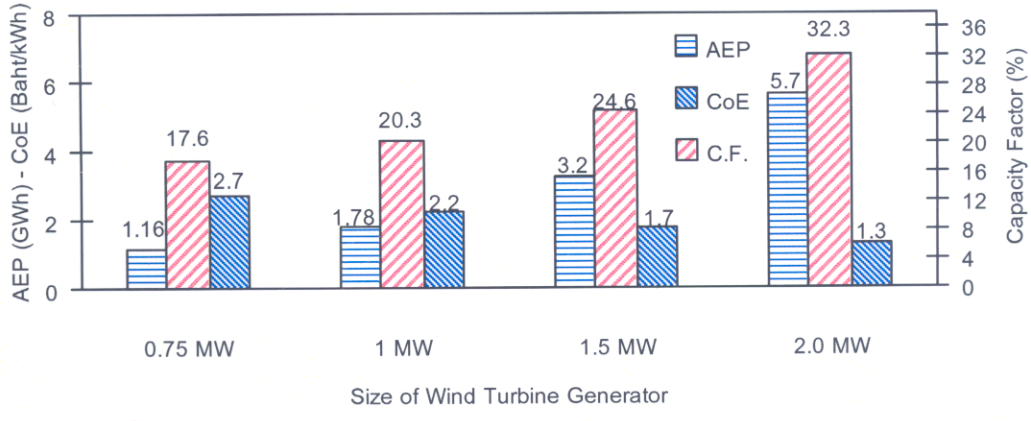
รูปที่ 4.354 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมขนอม จ.นครศรีธรรมราช



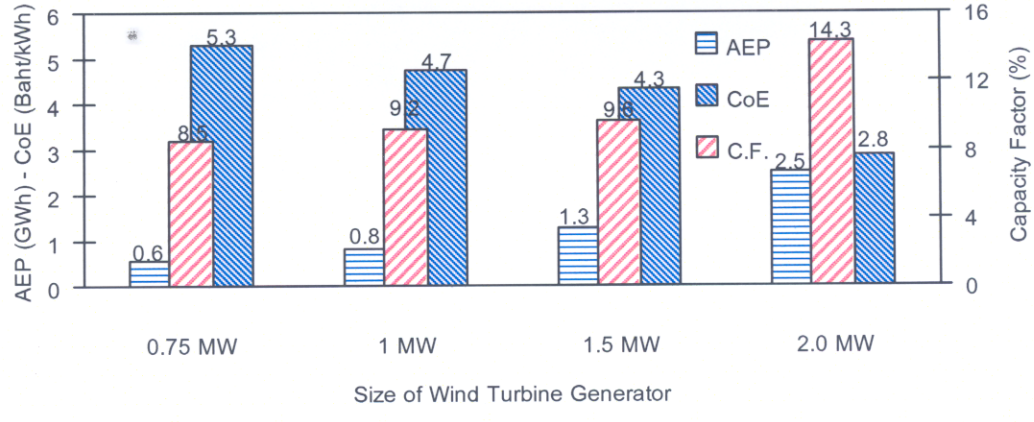
รูปที่ 4.355 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมสิชล จ.นครศรีธรรมราช



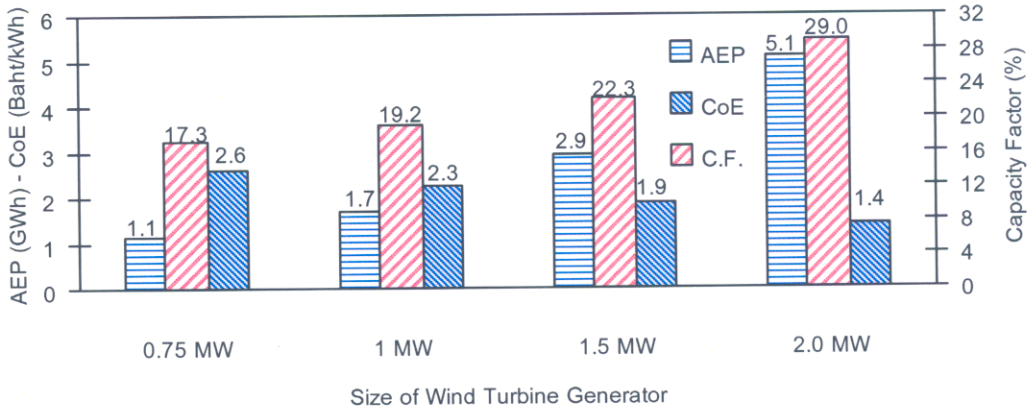
รูปที่ 4.356 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช



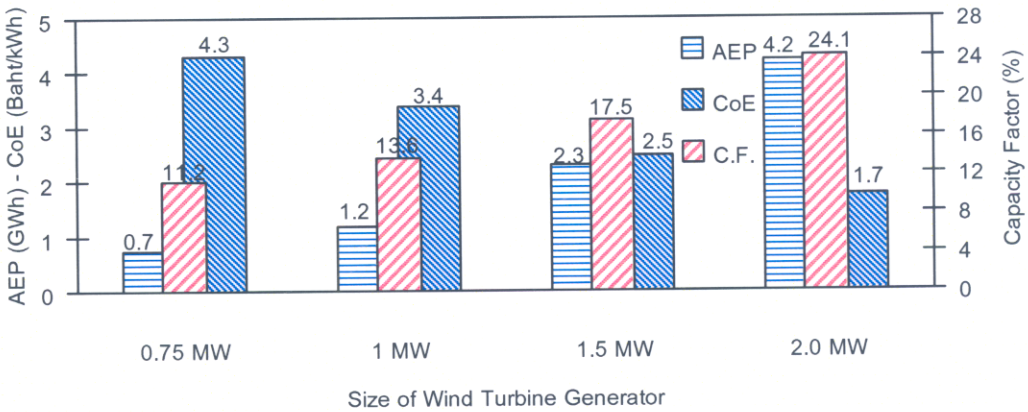
รูปที่ 4.357 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช



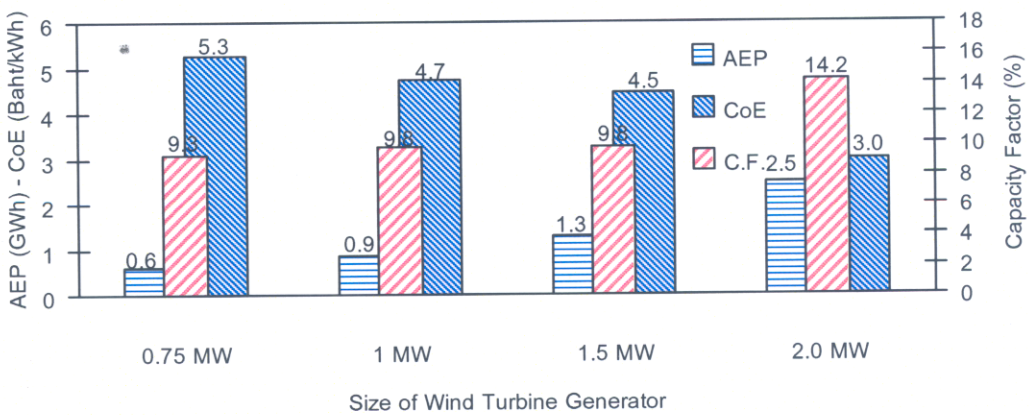
รูปที่ 4.358 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช



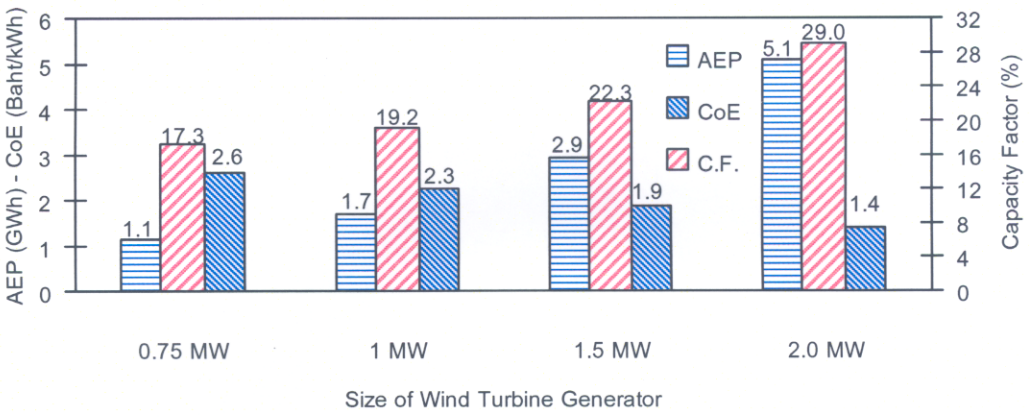
รูปที่ 4.359 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา



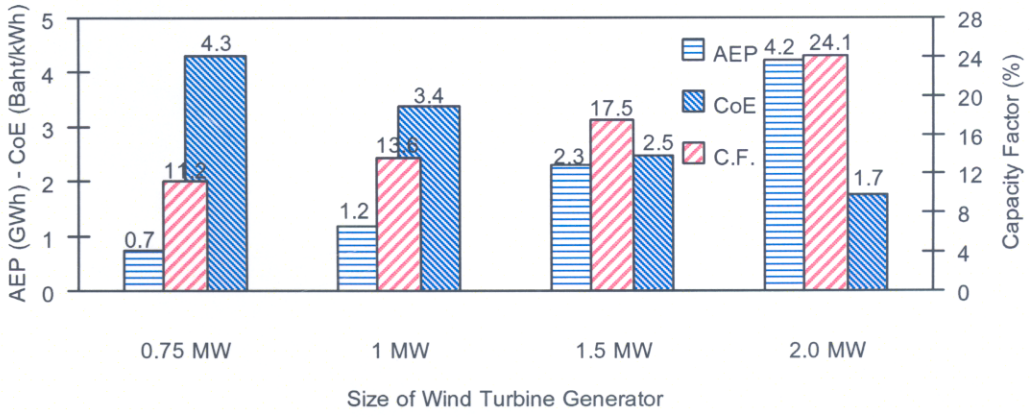
รูปที่ 4.360 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา



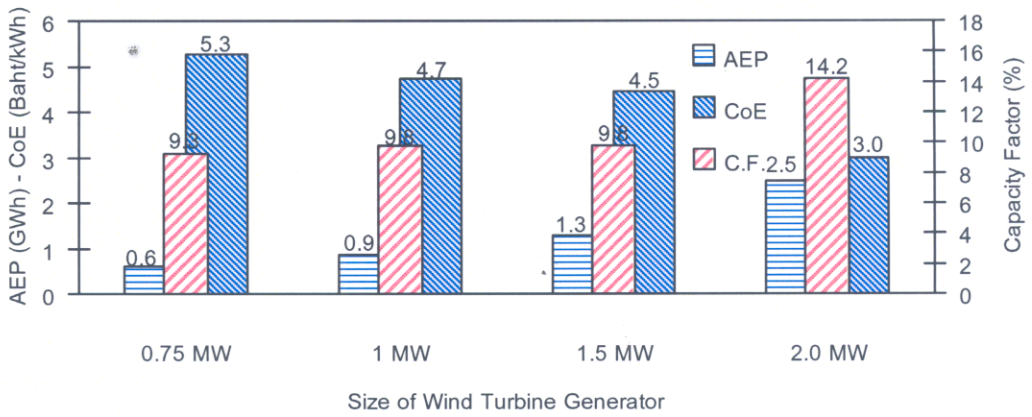
รูปที่ 4.361 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา



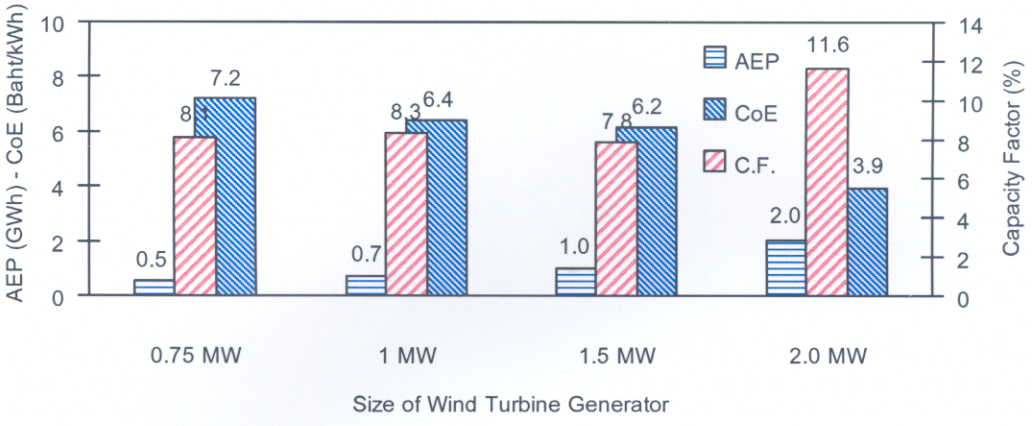
รูปที่ 4.359 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมระโนด จ.สงขลา



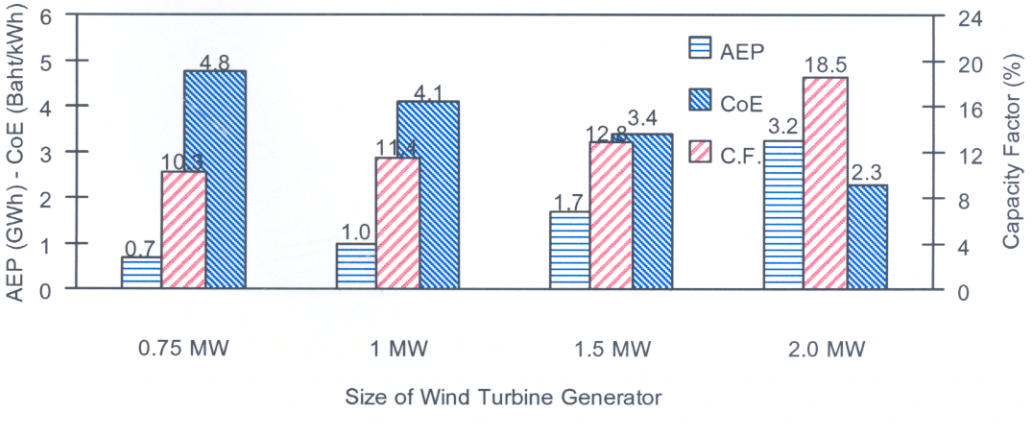
รูปที่ 4.360 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จ.สงขลา



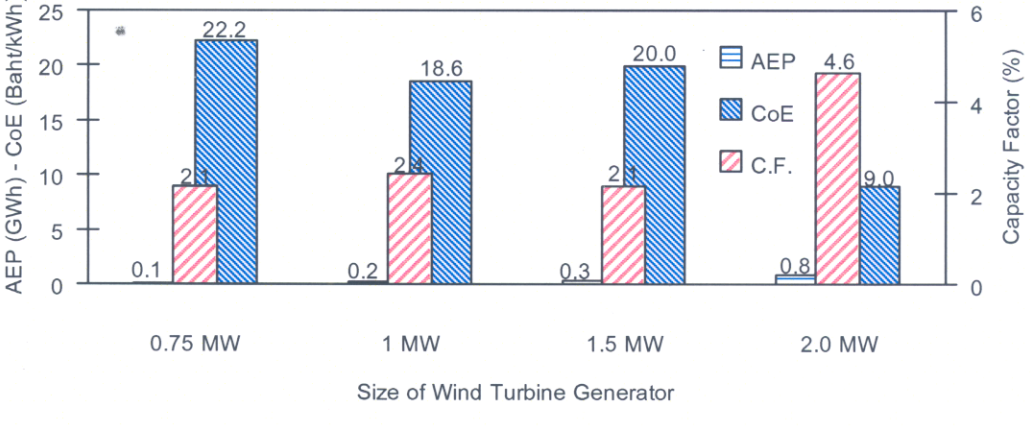
รูปที่ 4.361 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 จ.สงขลา



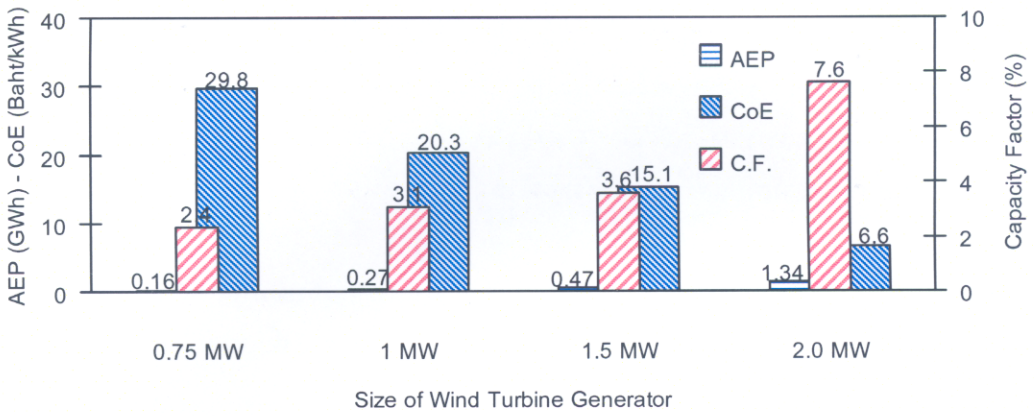
รูปที่ 4.362 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร จ.สงขลา



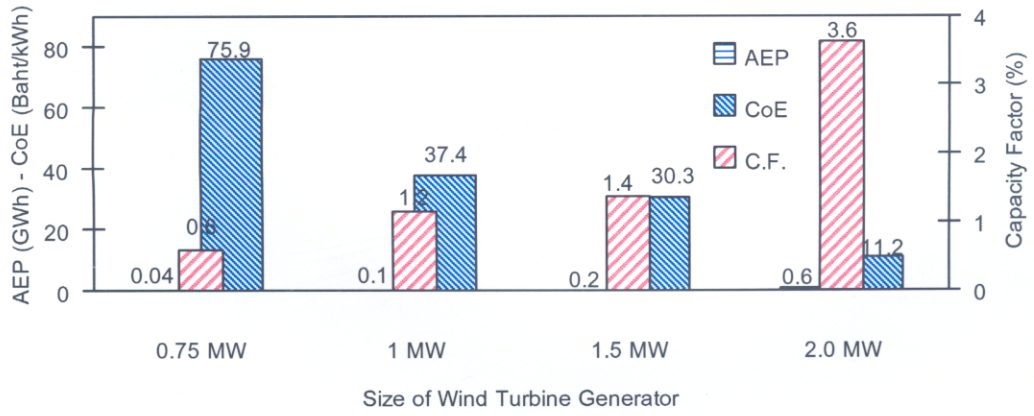
รูปที่ 4.363 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ จ.สงขลา



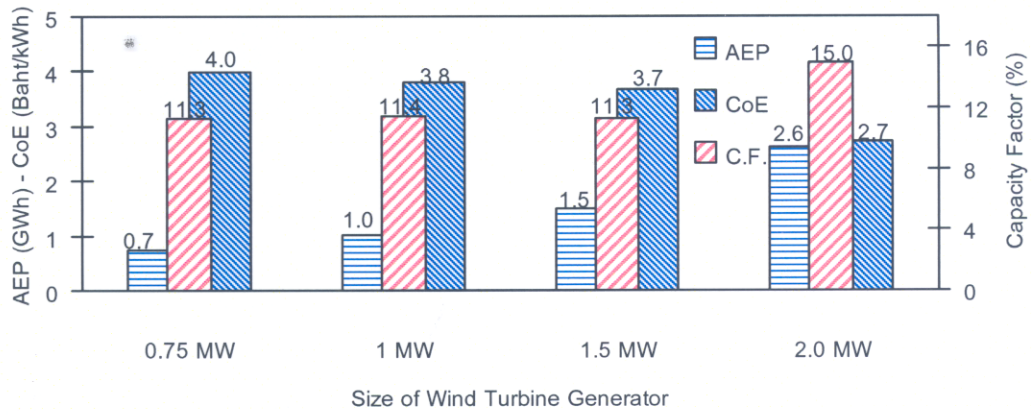
รูปที่ 4.364 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง จ.กระบี่



รูปที่ 4.365 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา จ.กระบี่



รูปที่ 4.366 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ จ.ตรัง



รูปที่ 4.367 AEP CoE และ C. F. ของสถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า จ.สตูล

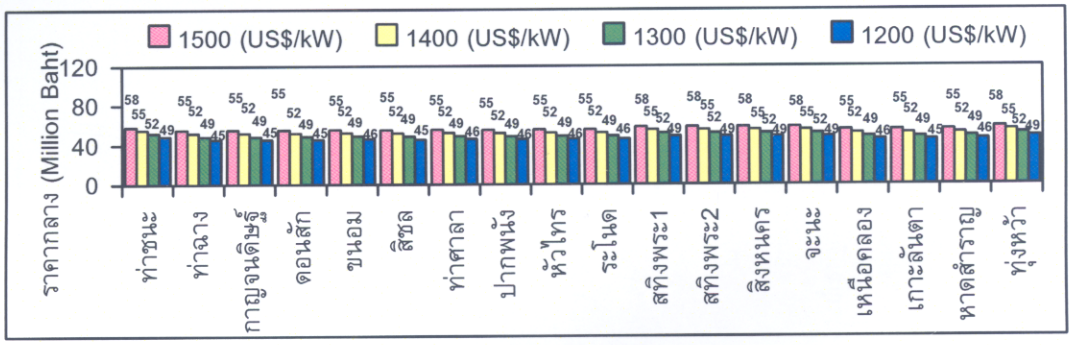
จากการวิเคราะห์ต้นทุนของโรงไฟฟ้าพลังงานลมทำให้สามารถคำนวณหาราคากลางของโรงไฟฟ้าของกังหันลมทั้ง 4 ขนาดได้ แสดงดังรูปที่ 4.368-4.375 และผลการวิเคราะห์ดัชนีทางการเงินของโครงการ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม ในกรณีการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า ณ ตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลมและการติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี แสดงดังรูปที่ 4.376-4.439

จากผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์โดยการวิเคราะห์ดัชนีทางการเงินได้แก่ BCR NPV IRR และ PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมกรณีติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลมและกรณีติดตั้งกังหันลมบริเวณแหล่งลมดีสามารถสรุปผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.28-4.43 โดยอาศัยเกณฑ์ในการพิจารณาดังต่อไปนี้

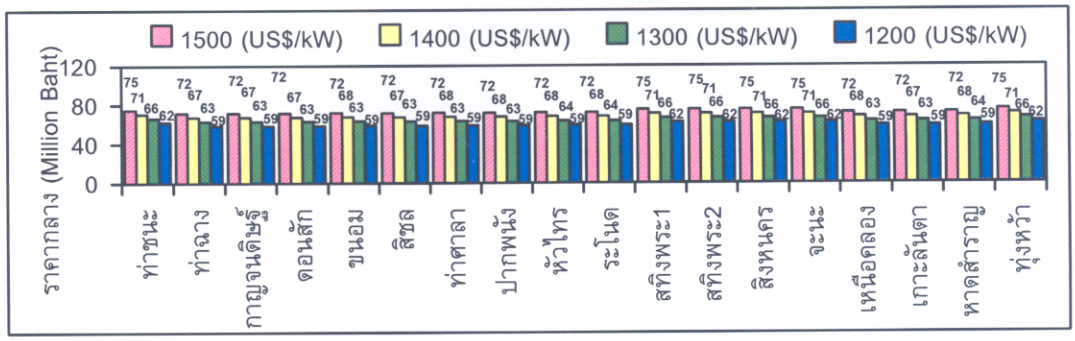
1. ค่า BCR ต้องมีค่ามากกว่า 1
2. ค่า NPV ต้องมีค่ามากกว่า 0
3. ค่า IRR ต้องมีค่ามากกว่า 7.5 (อัตราดอกเบี้ยเงินกู้)
4. ค่า PBP ต้องมีค่าน้อยกว่า 20 (ระยะเวลาของโครงการ)

ถ้าหากโรงไฟฟ้าพลังงานลมโรงไหนที่ผ่านเกณฑ์การวิเคราะห์ดัชนีทางการเงินดังกล่าวทั้งหมดก็จะสามารถลงทุนก่อสร้างได้เนื่องจากมีความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์นั่นเอง

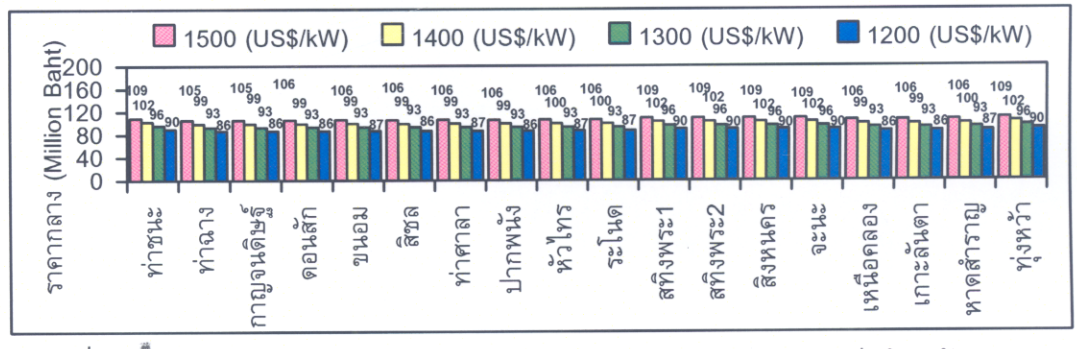
โดยในการพิจารณาได้จัดทำตารางแสดงผลการวิเคราะห์ดัชนีทางการเงินทั้ง 4 ตัวดังกล่าว ซึ่งถ้าหากดัชนีทางการเงินใดผ่านเกณฑ์ก็จะให้คะแนนเท่ากับ 1 และถ้าหากไม่ผ่านก็จะมีคะแนนเท่ากับ 0



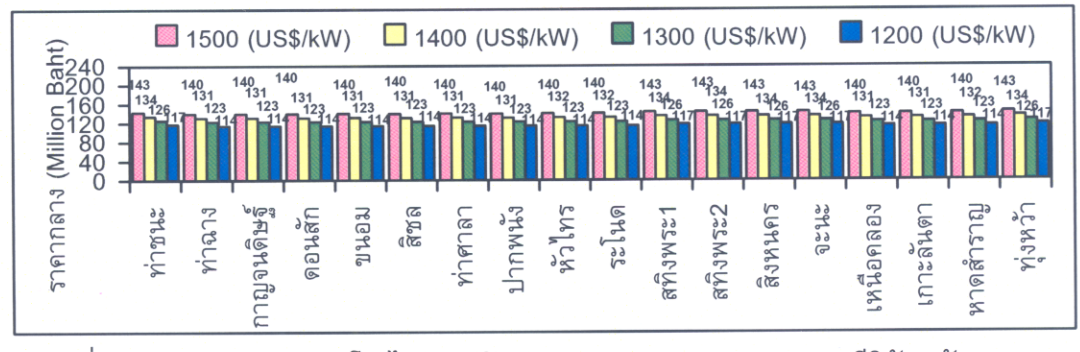
รูปที่ 4.368 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัยพลังงานลม



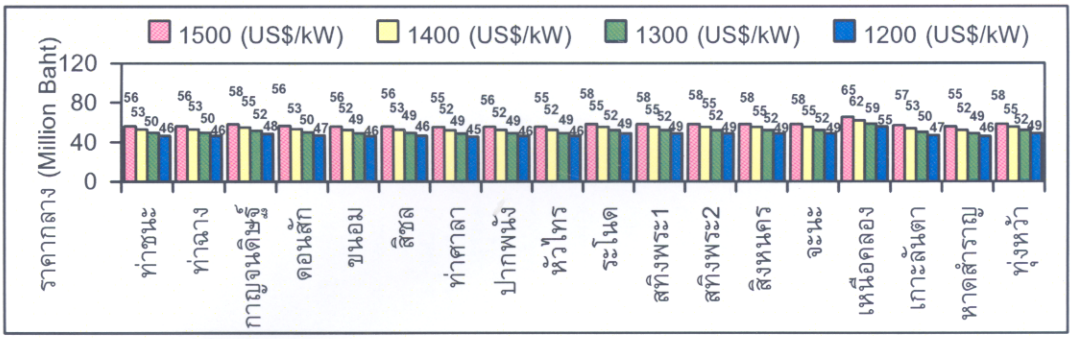
รูปที่ 4.369 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัยพลังงานลม



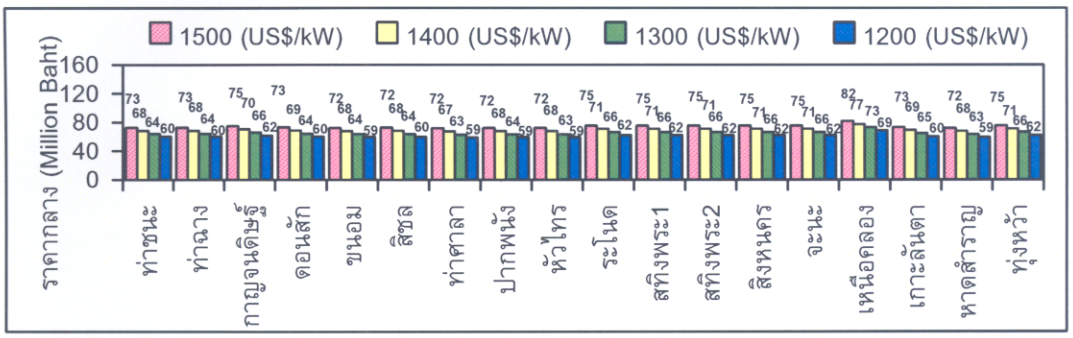
รูปที่ 4.370 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัยพลังงานลม



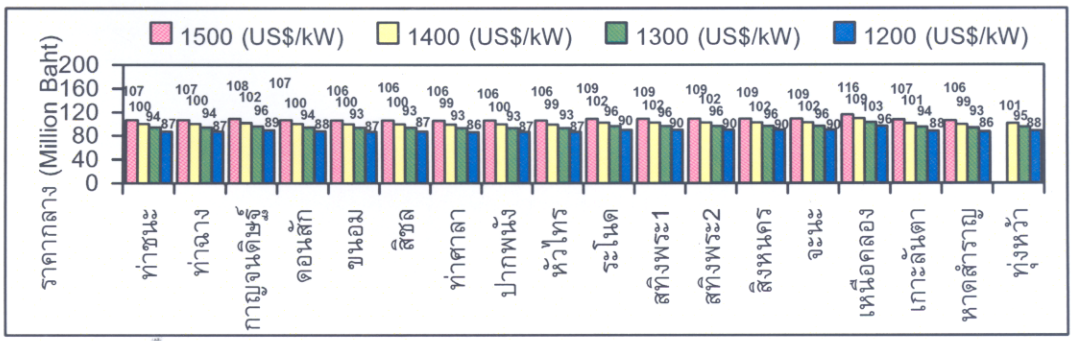
รูปที่ 4.371 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัยพลังงานลม



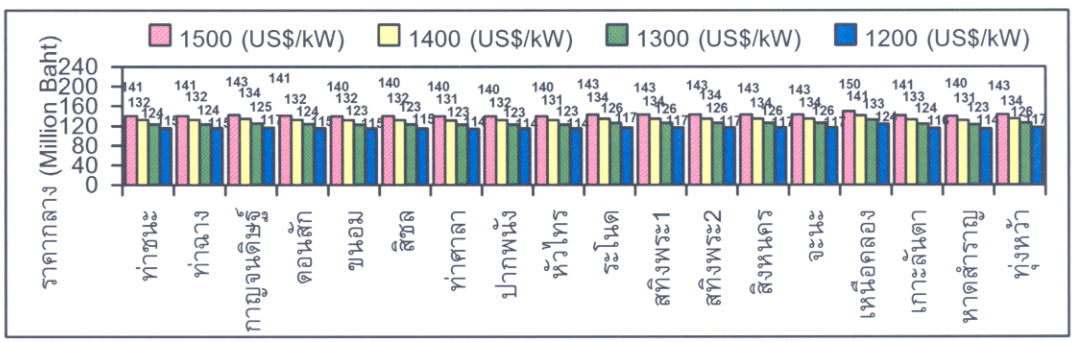
รูปที่ 4.372 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี



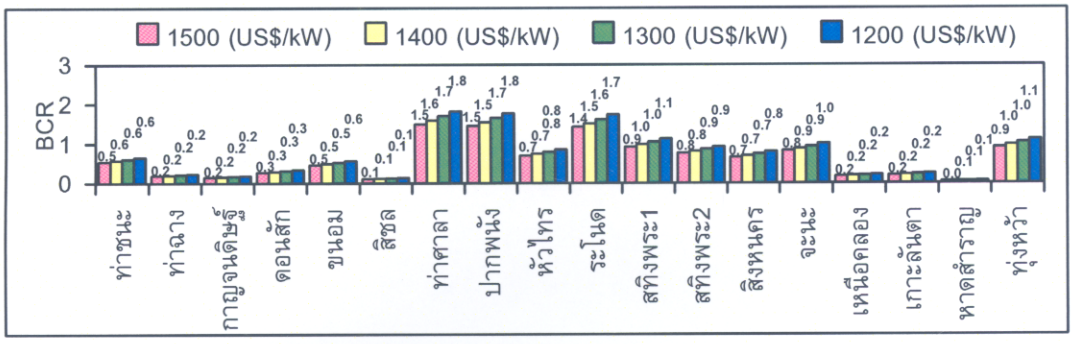
รูปที่ 4.373 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี



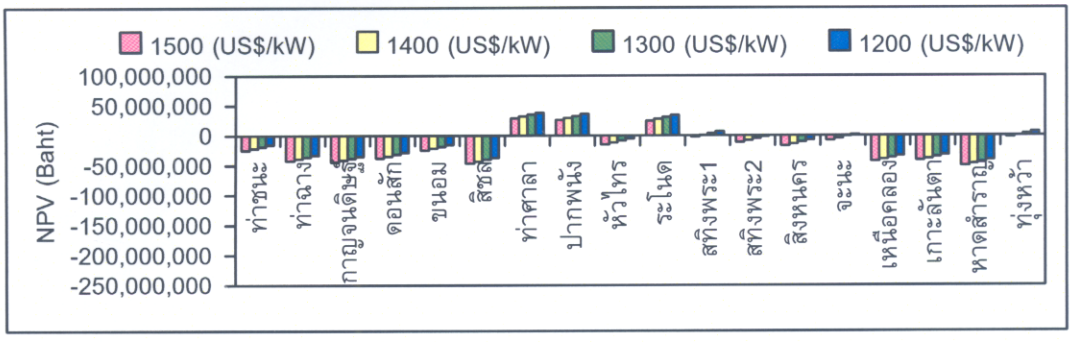
รูปที่ 4.374 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี



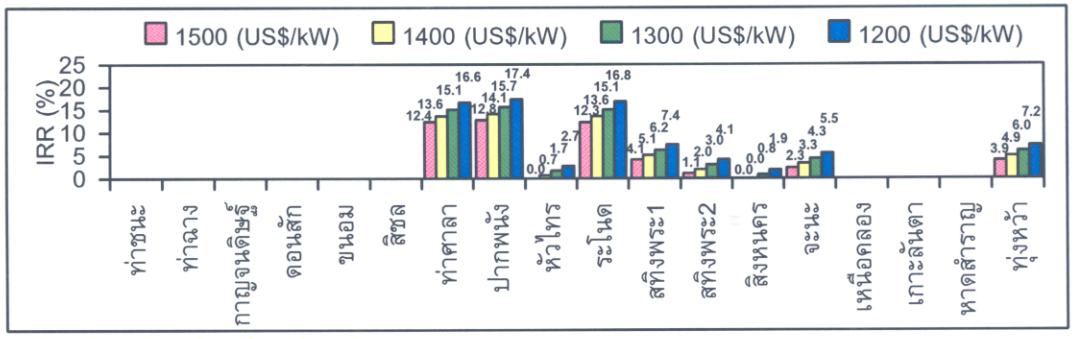
รูปที่ 4.375 ราคากลางของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี



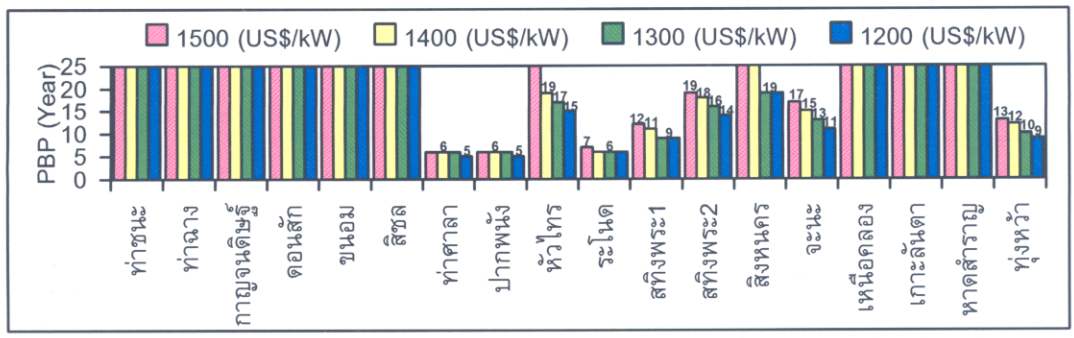
รูปที่ 4.376 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



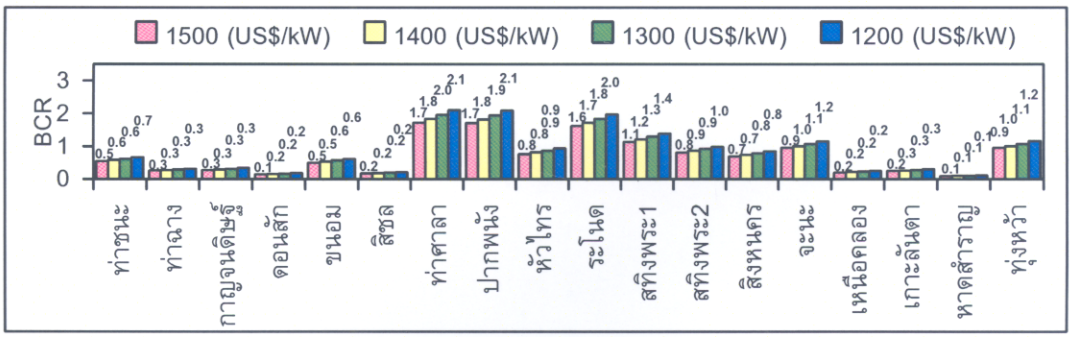
รูปที่ 4.377 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



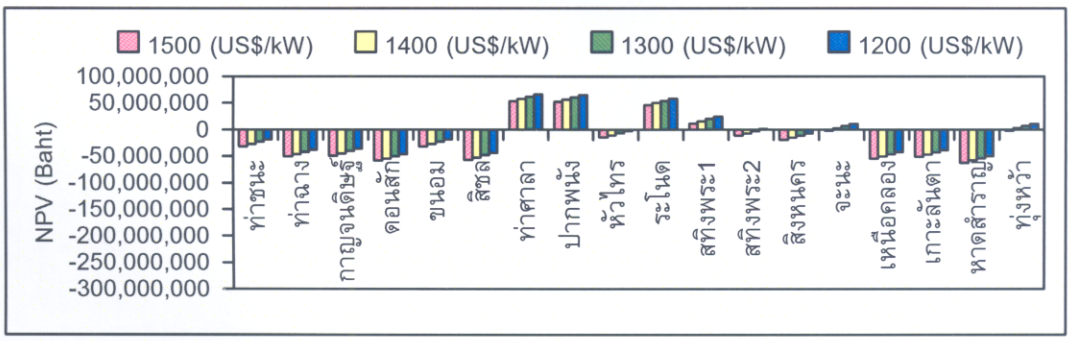
รูปที่ 4.378 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



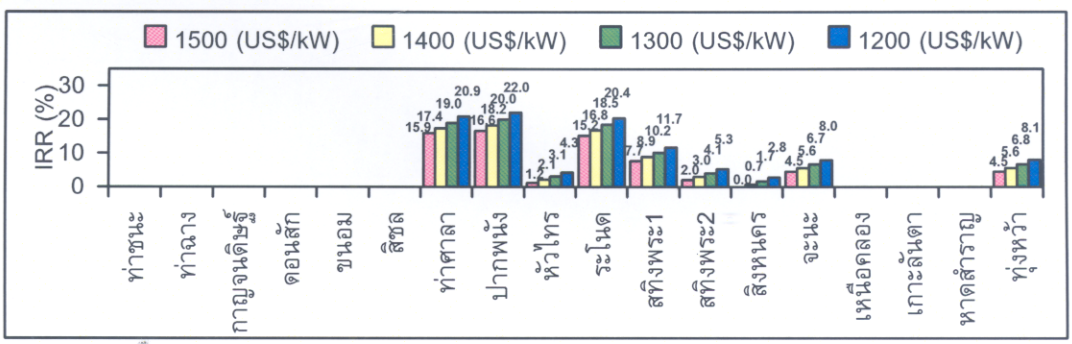
รูปที่ 4.379 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



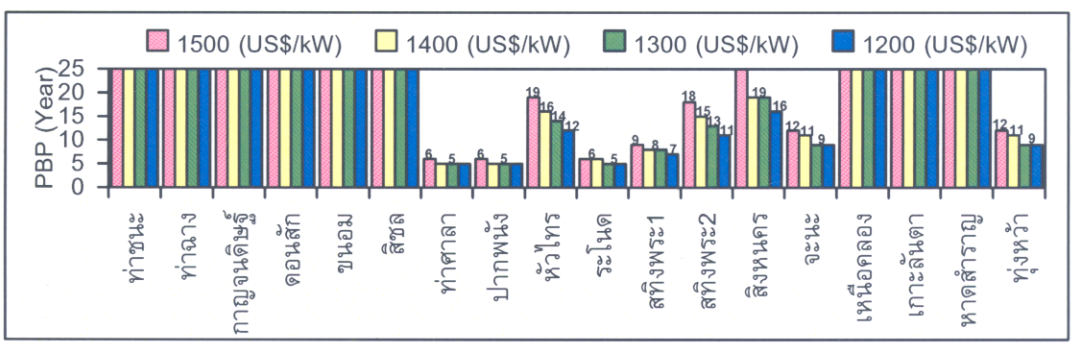
รูปที่ 4.380 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



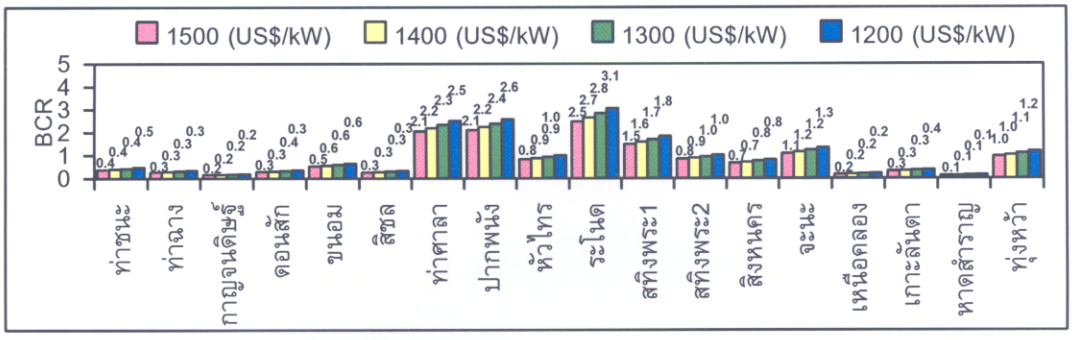
รูปที่ 4.381 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



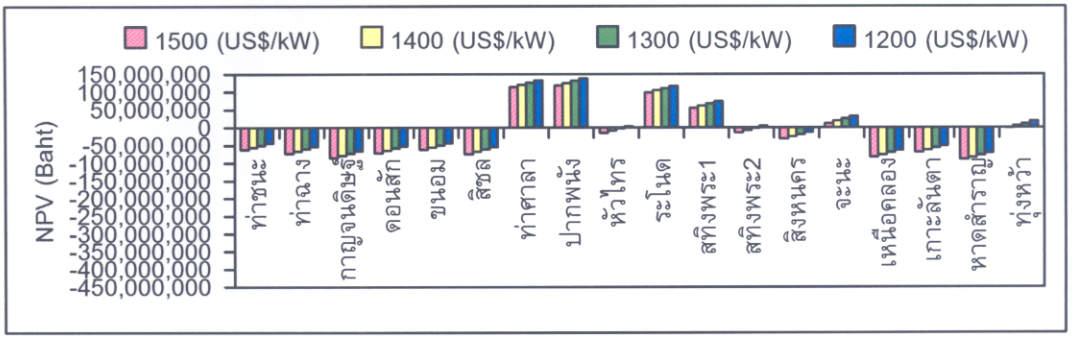
รูปที่ 4.382 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



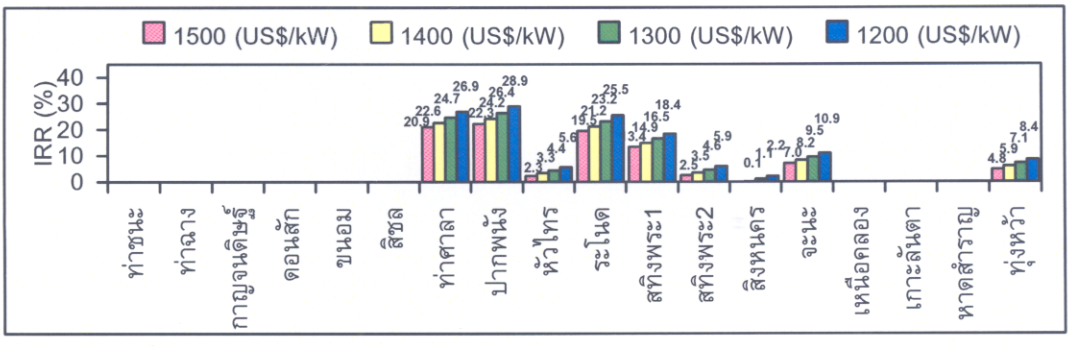
รูปที่ 4.383 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



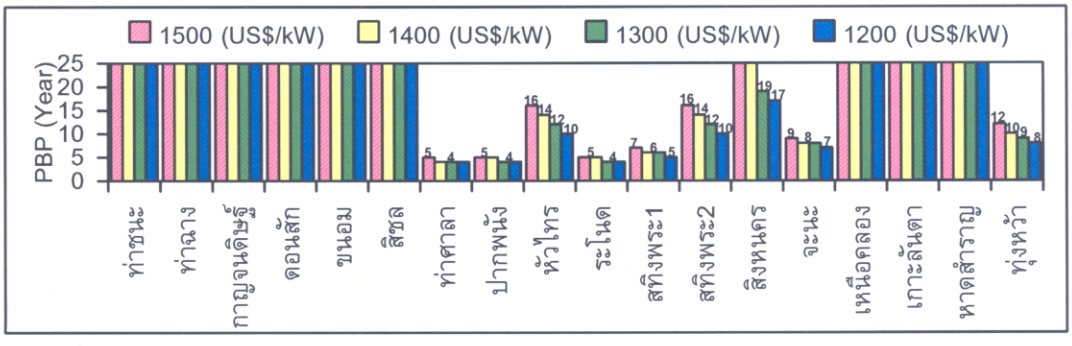
รูปที่ 4.384 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



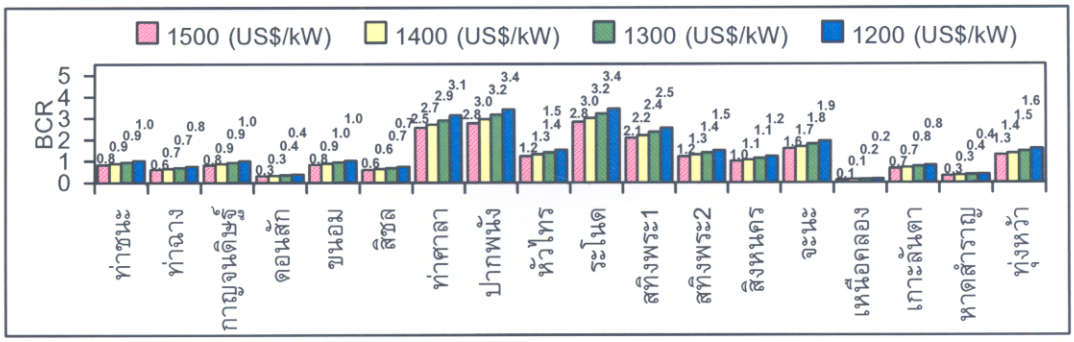
รูปที่ 4.385 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



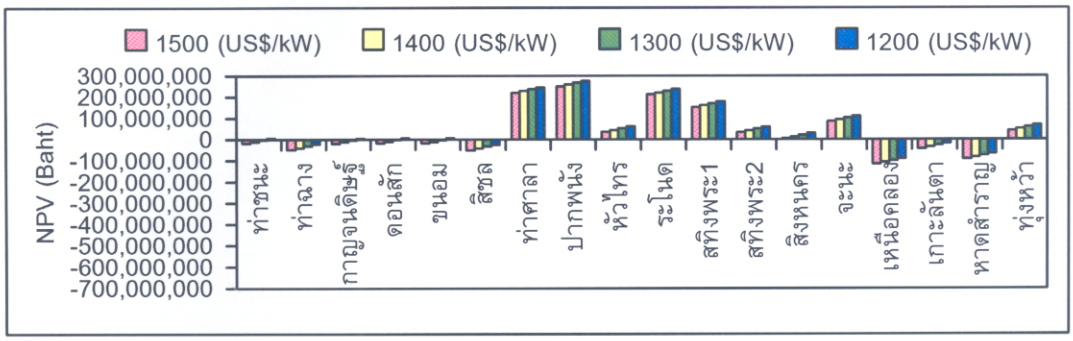
รูปที่ 4.386 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



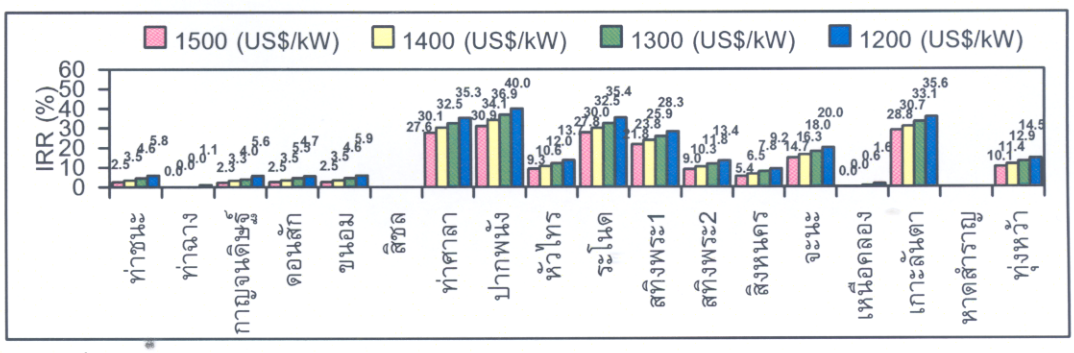
รูปที่ 4.387 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



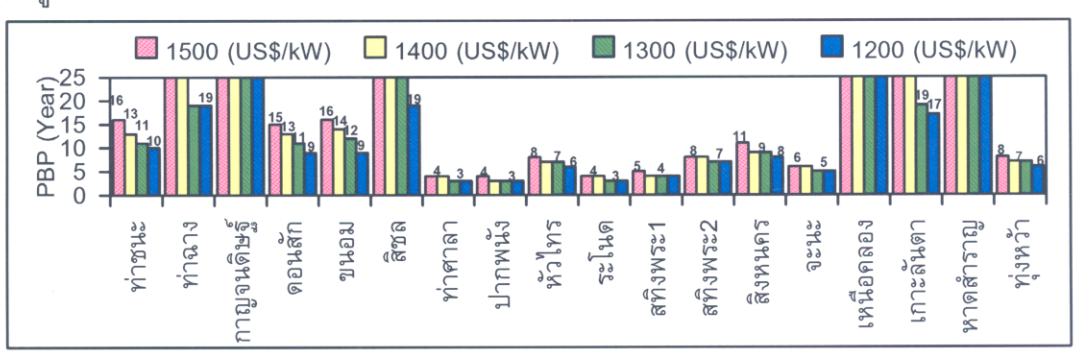
รูปที่ 4.388 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



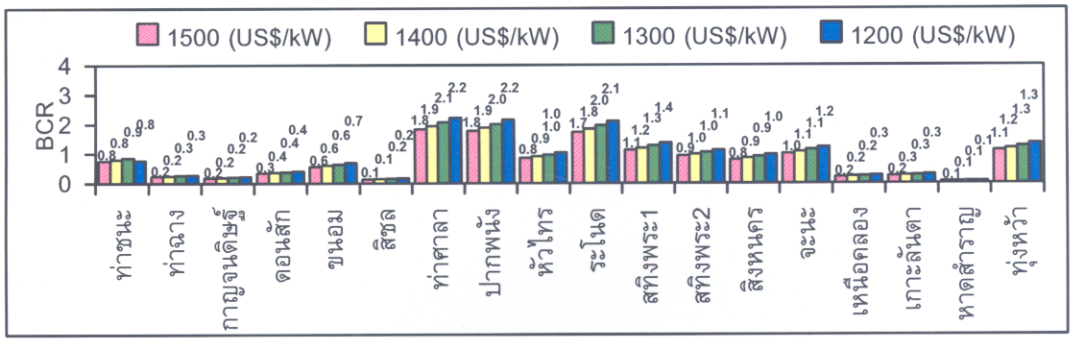
รูปที่ 4.389 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



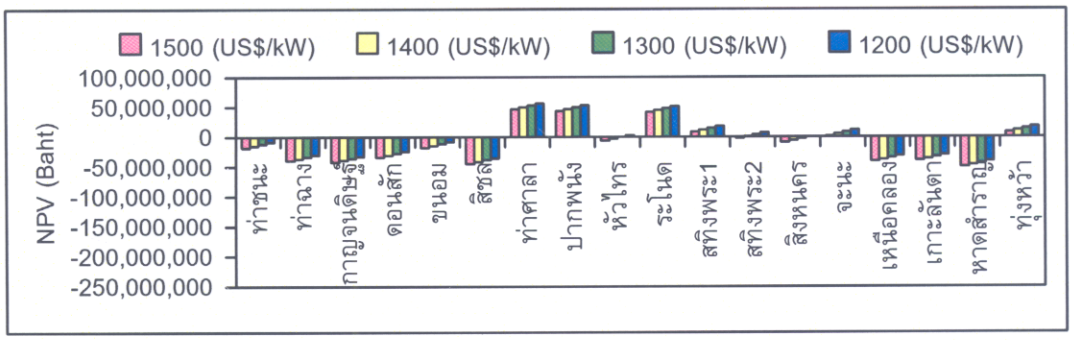
รูปที่ 4.390 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



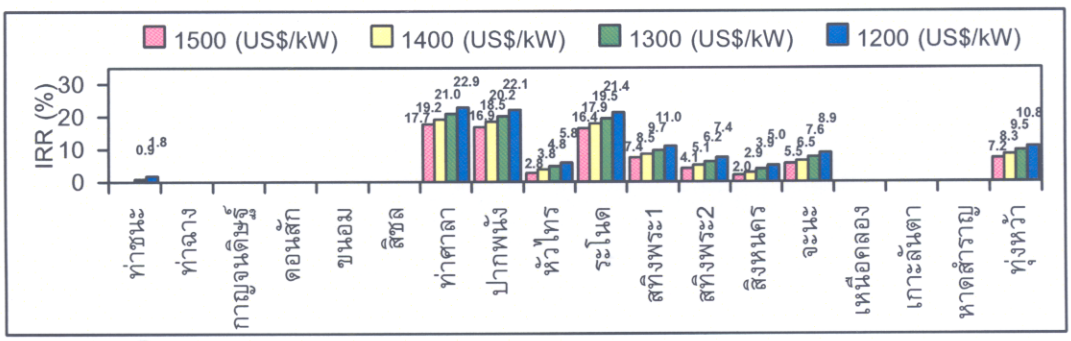
รูปที่ 4.391 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (Without CDM)



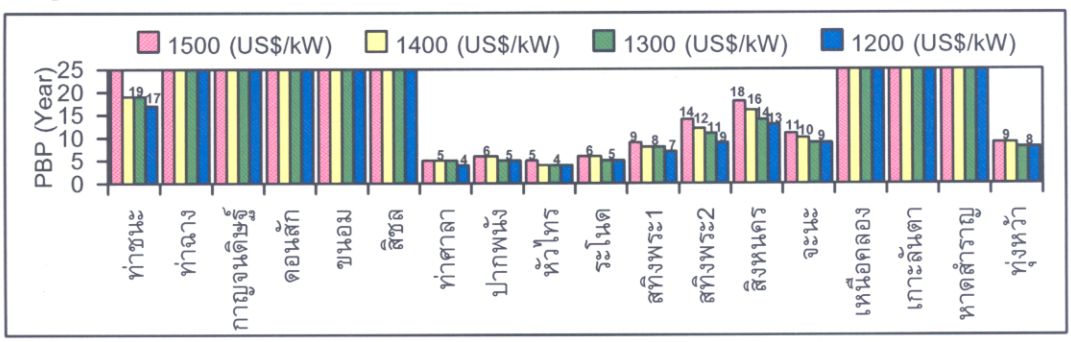
รูปที่ 4.392 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



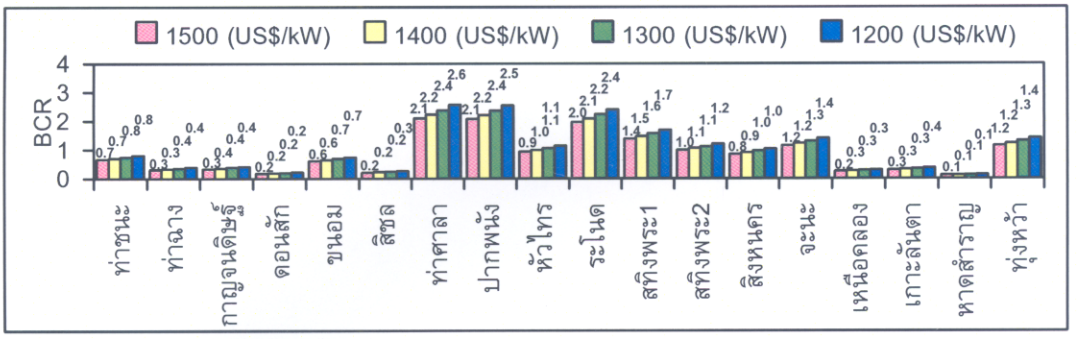
รูปที่ 4.393 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



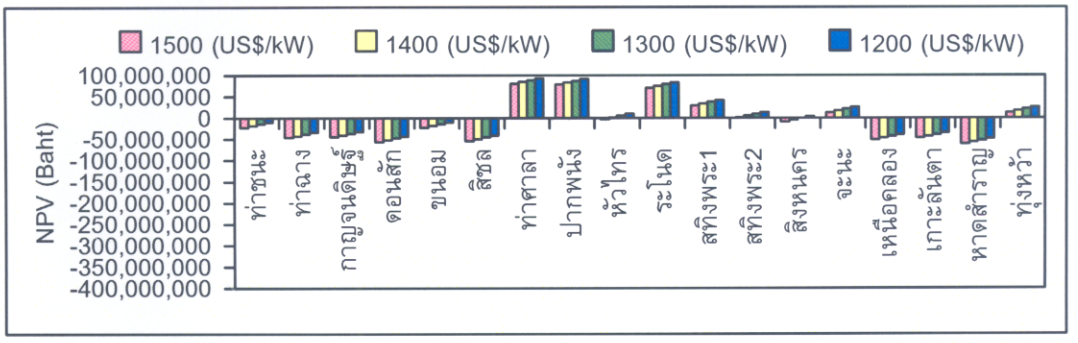
รูปที่ 4.394 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



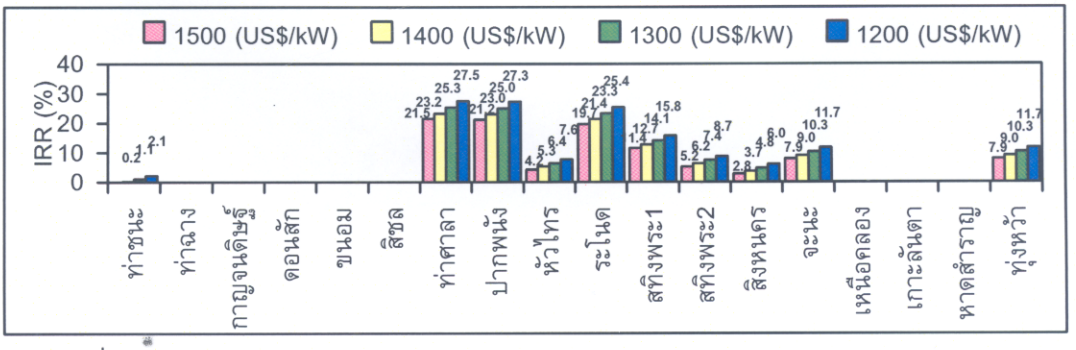
รูปที่ 4.395 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



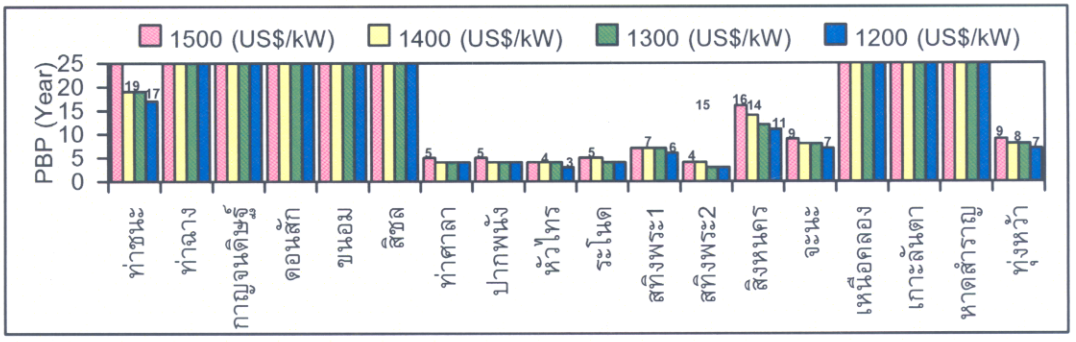
รูปที่ 4.396 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



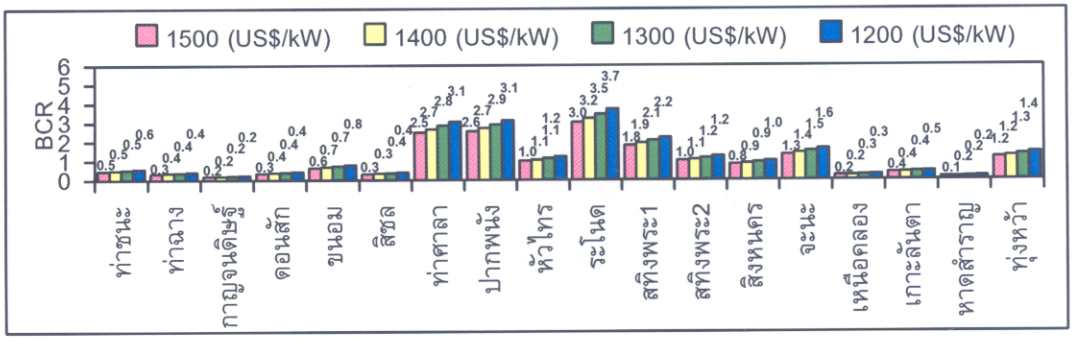
รูปที่ 4.397 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



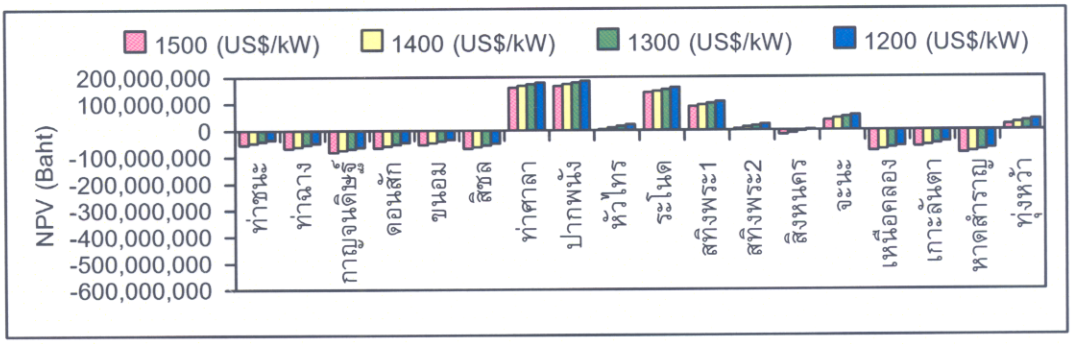
รูปที่ 4.398 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



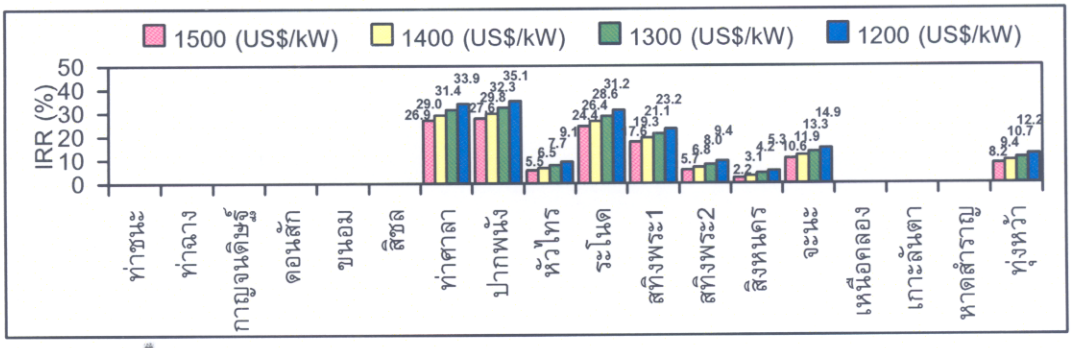
รูปที่ 4.399 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



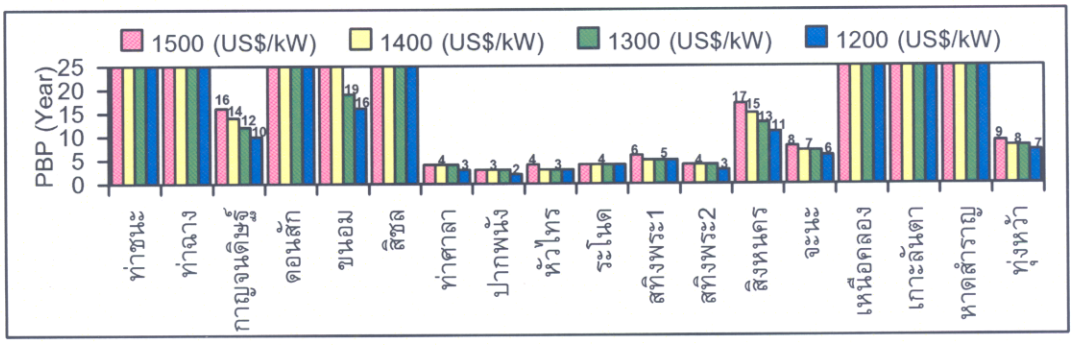
รูปที่ 4.400 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



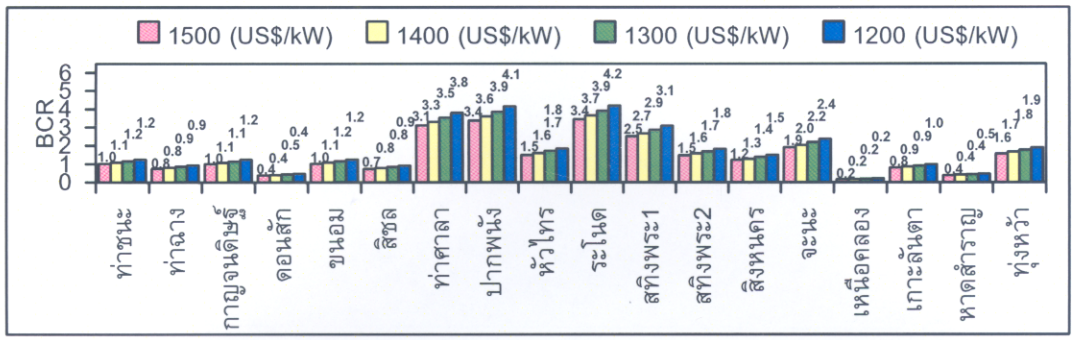
รูปที่ 4.401 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



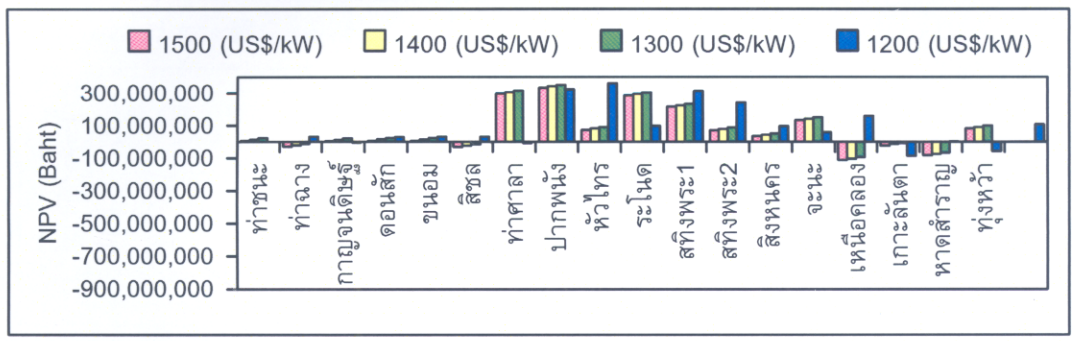
รูปที่ 4.402 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



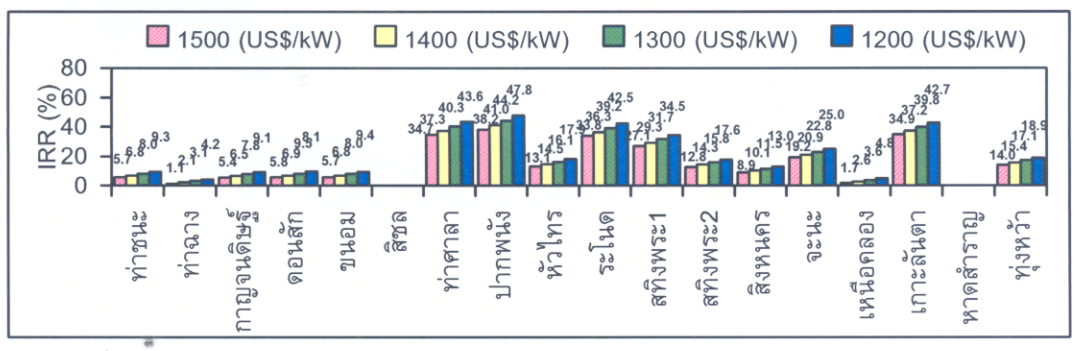
รูปที่ 4.403 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



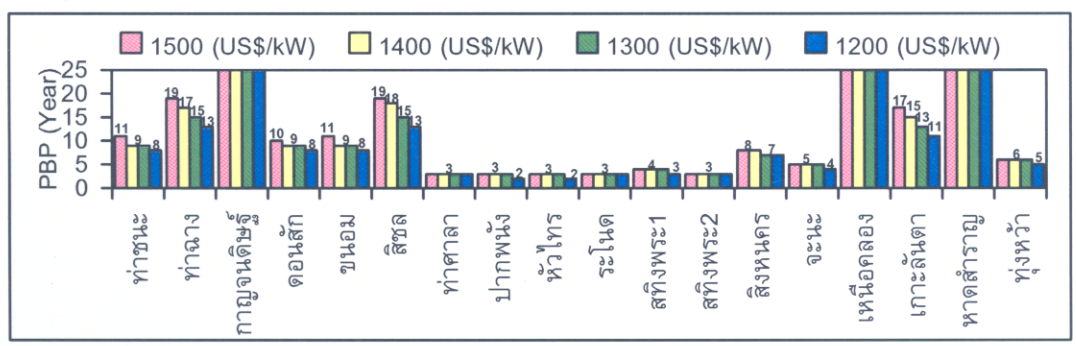
รูปที่ 4.404 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



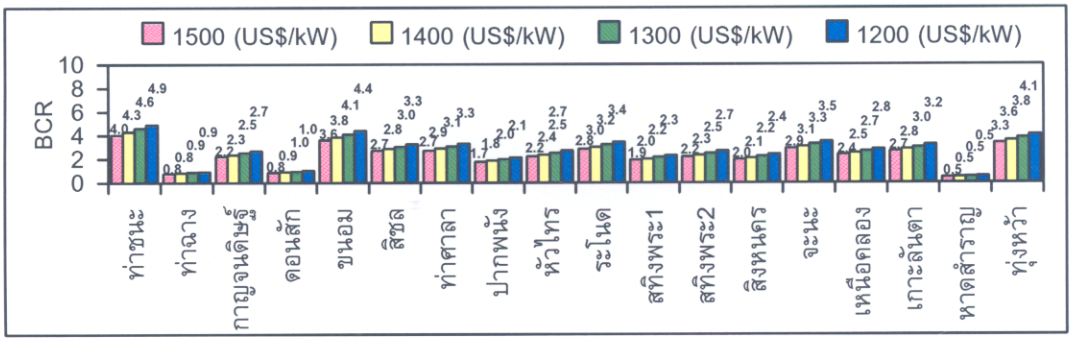
รูปที่ 4.405 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



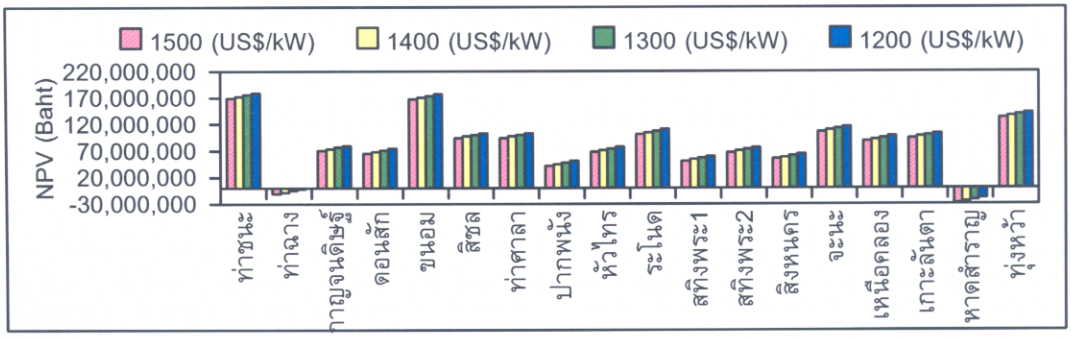
รูปที่ 4.406 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



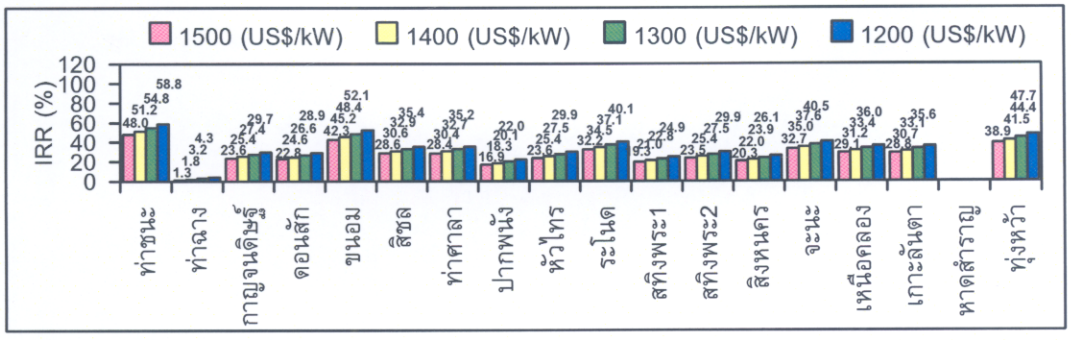
รูปที่ 4.407 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ สถานีวิจัย (With CDM)



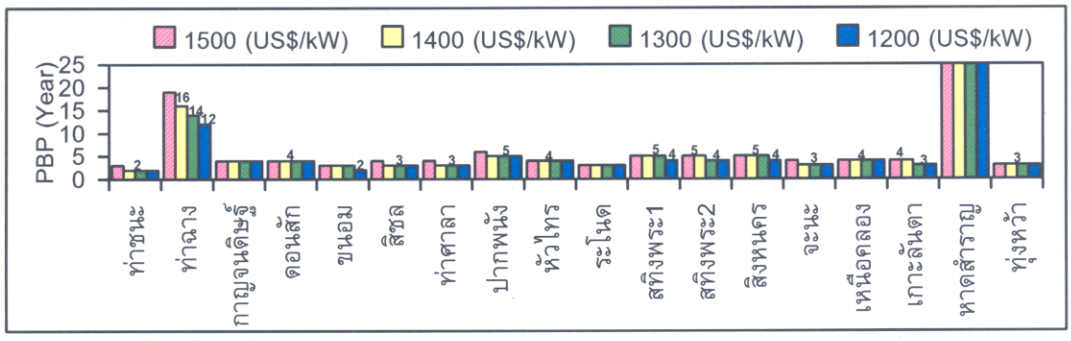
รูปที่ 4.408 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



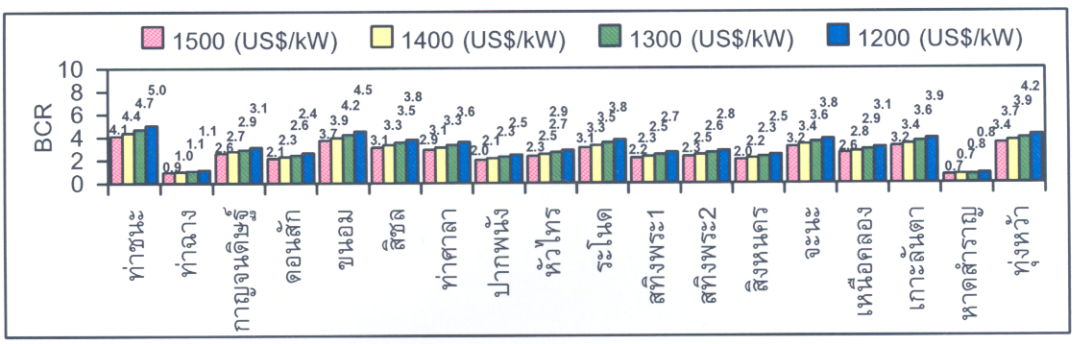
รูปที่ 4.409 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



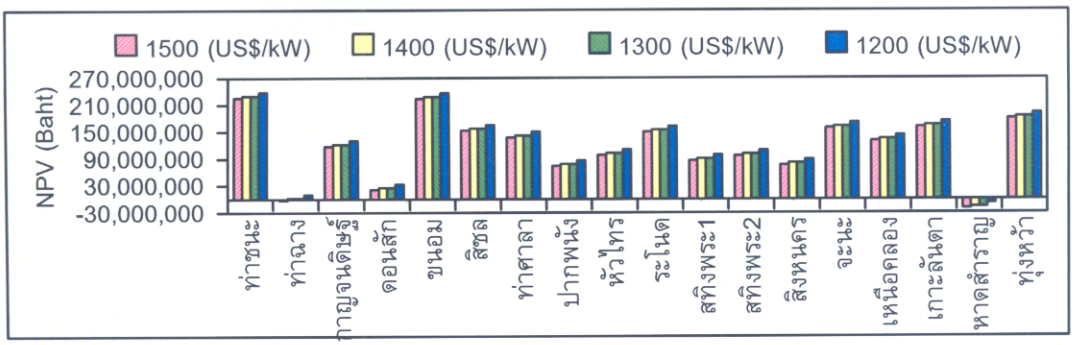
รูปที่ 4.410 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



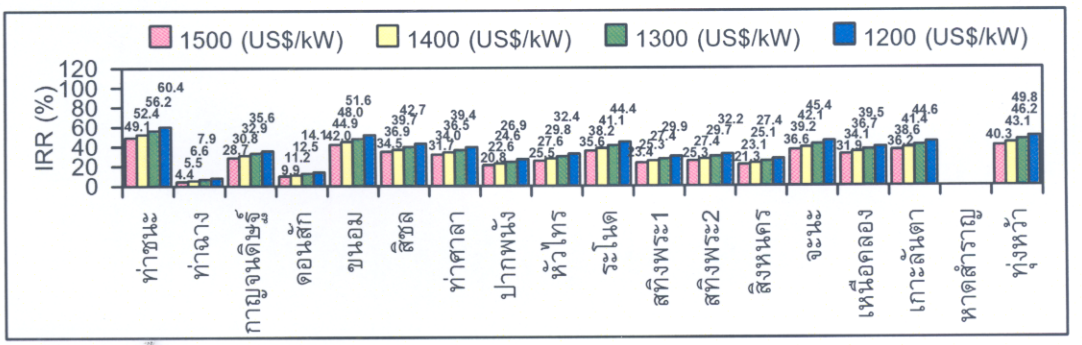
รูปที่ 4.411 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



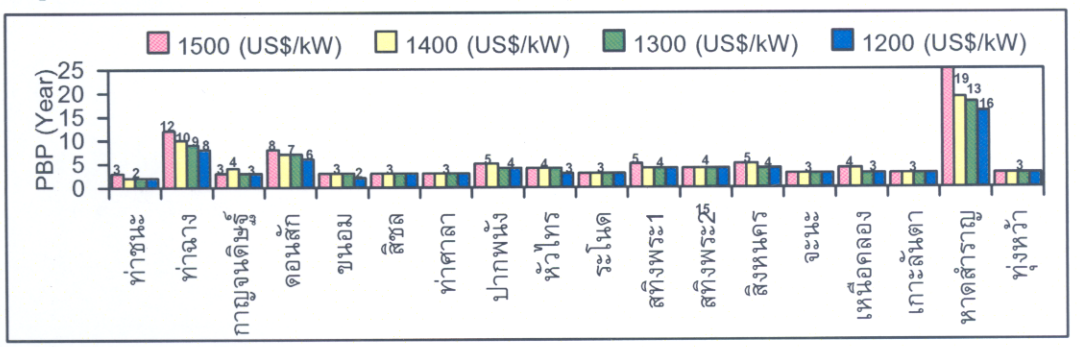
รูปที่ 4.412 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



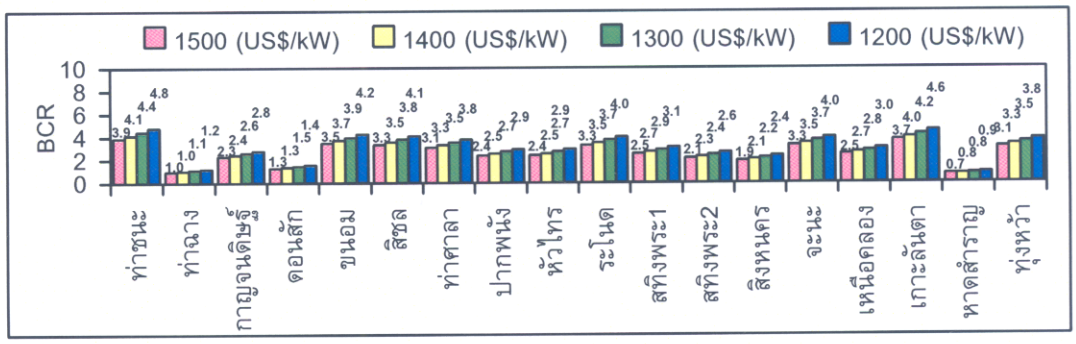
รูปที่ 4.413 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



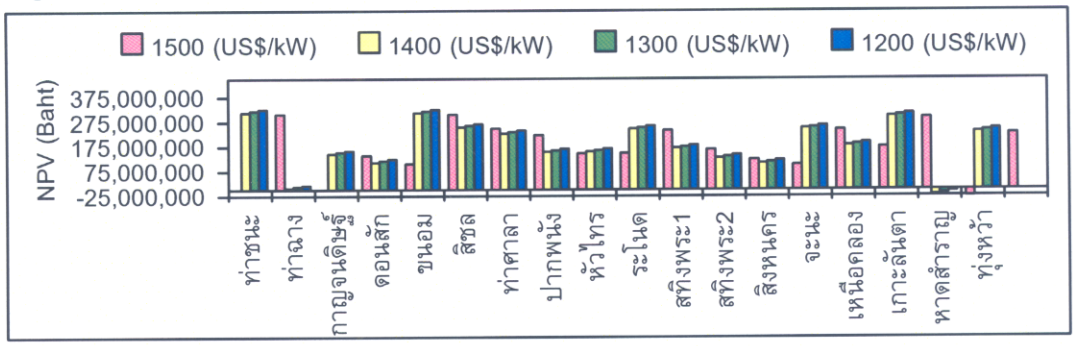
รูปที่ 4.414 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



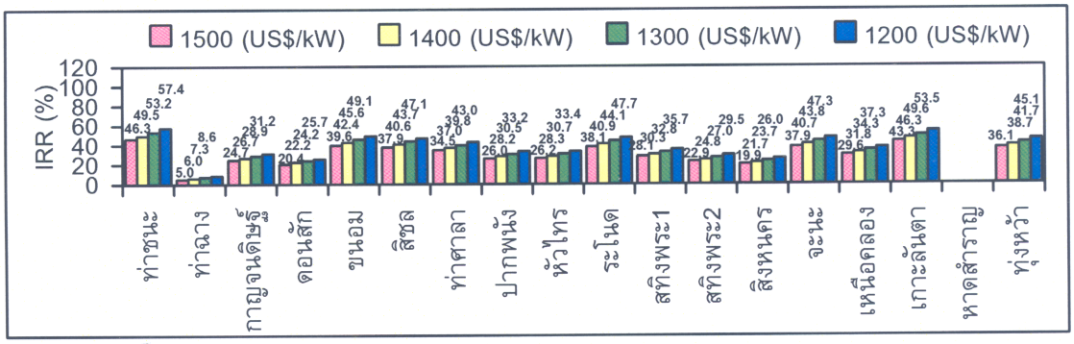
รูปที่ 4.415 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



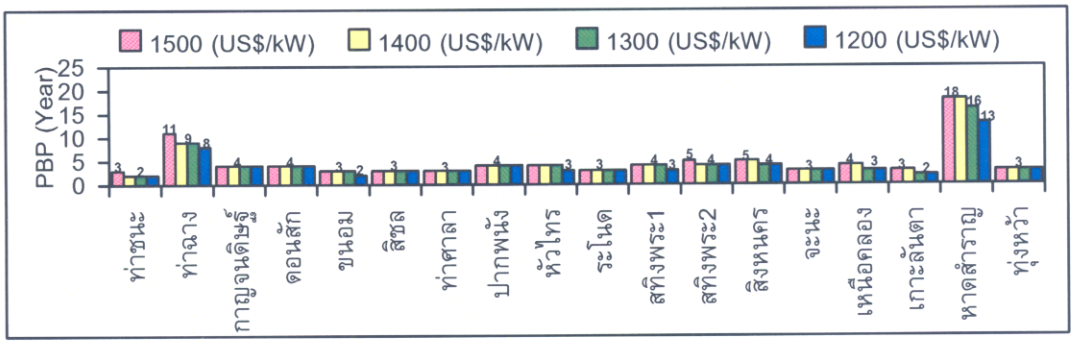
รูปที่ 4.416 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



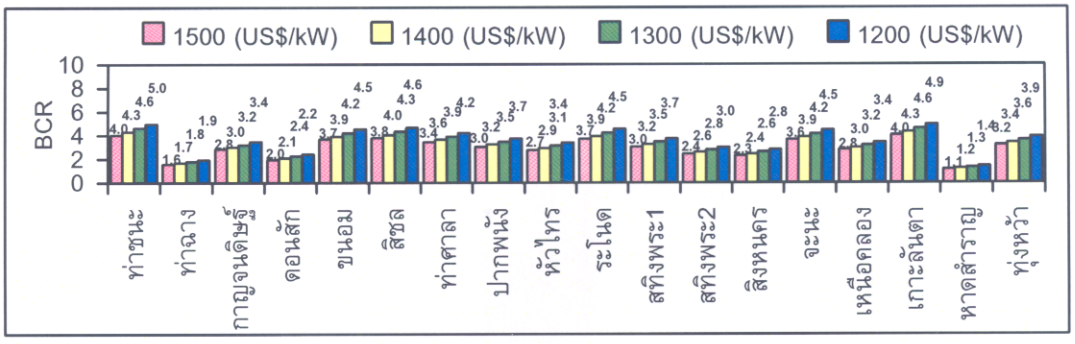
รูปที่ 4.417 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



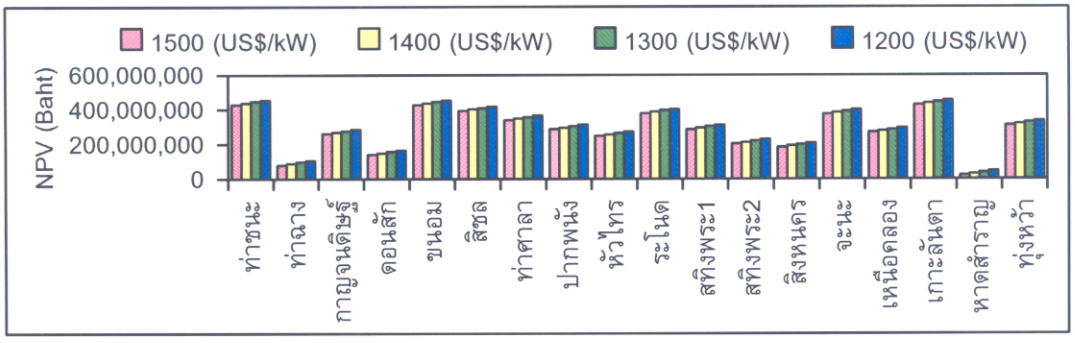
รูปที่ 4.418 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



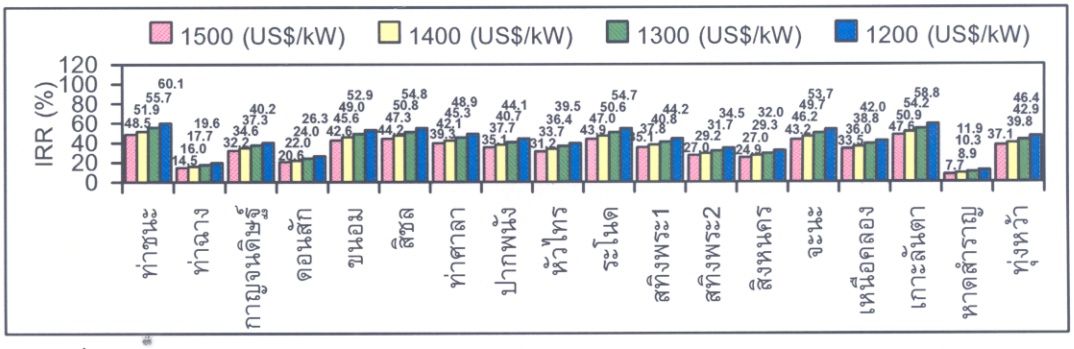
รูปที่ 4.419 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



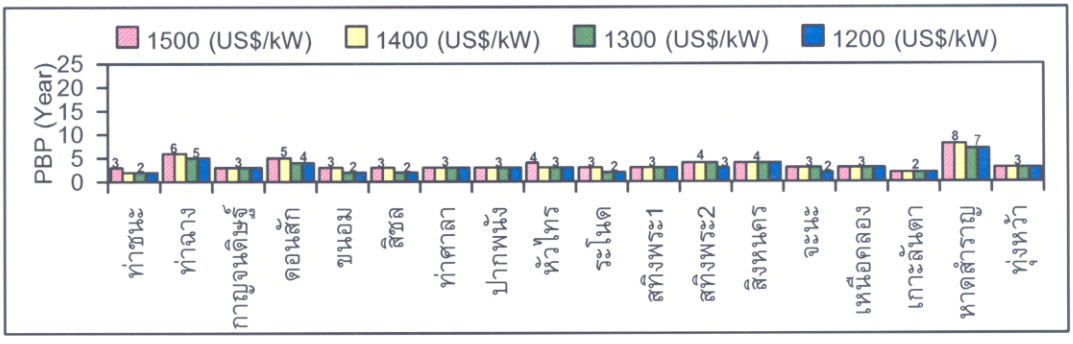
รูปที่ 4.420 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



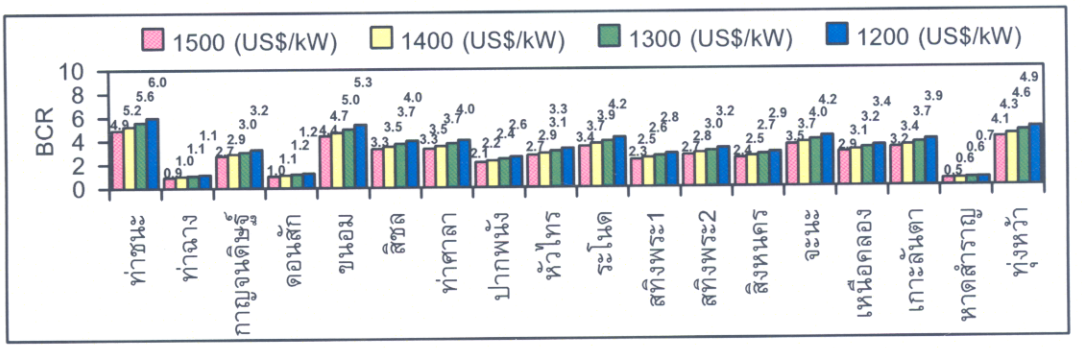
รูปที่ 4.421 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



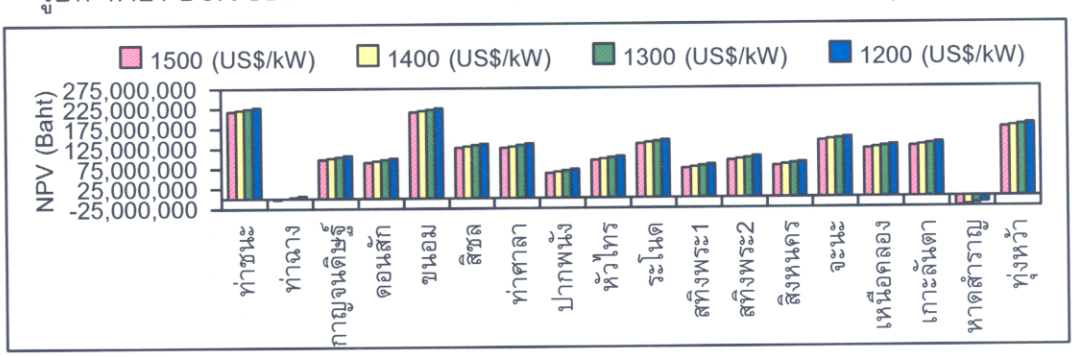
รูปที่ 4.422 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



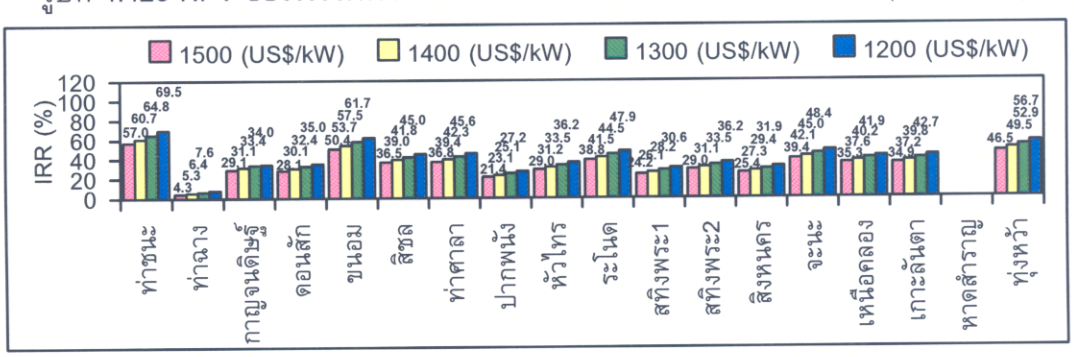
รูปที่ 4.423 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (Without CDM)



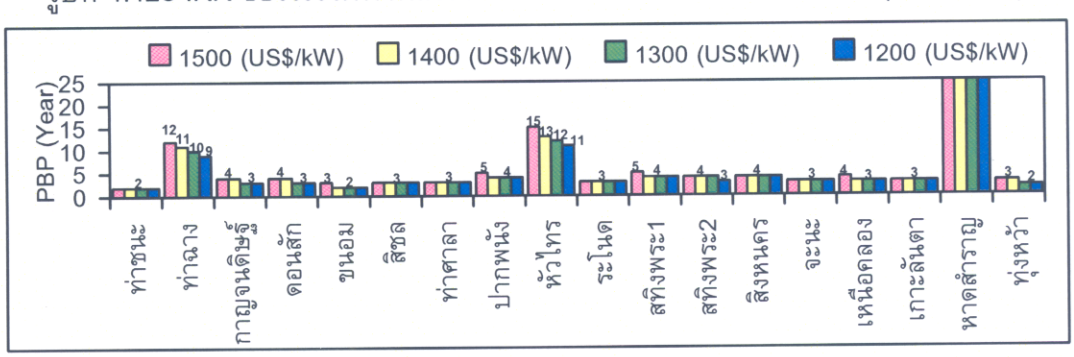
รูปที่ 4.424 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



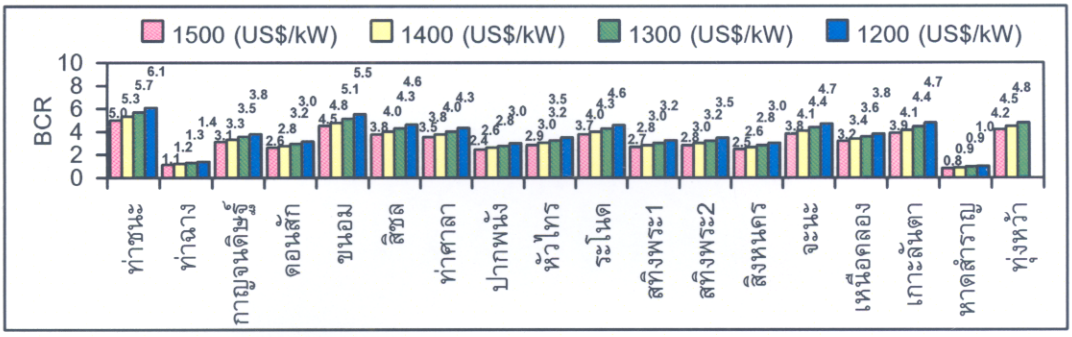
รูปที่ 4.425 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



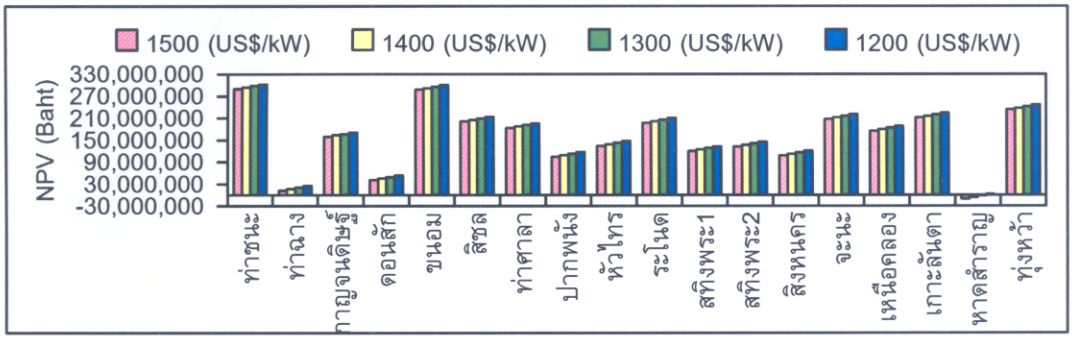
รูปที่ 4.426 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



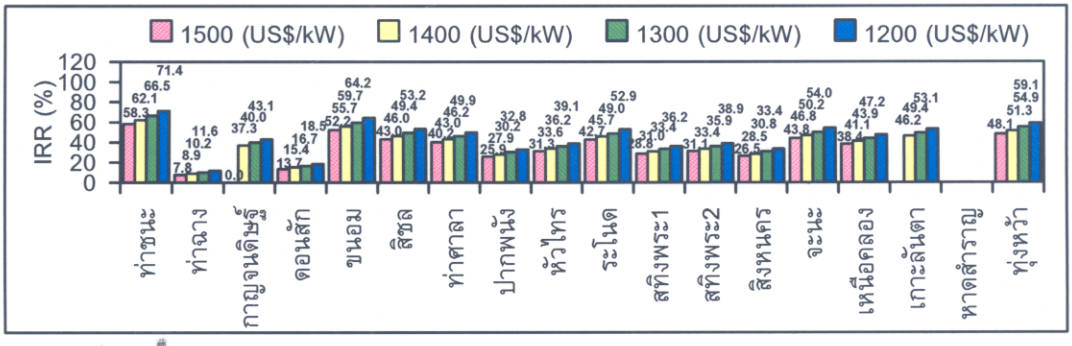
รูปที่ 4.427 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



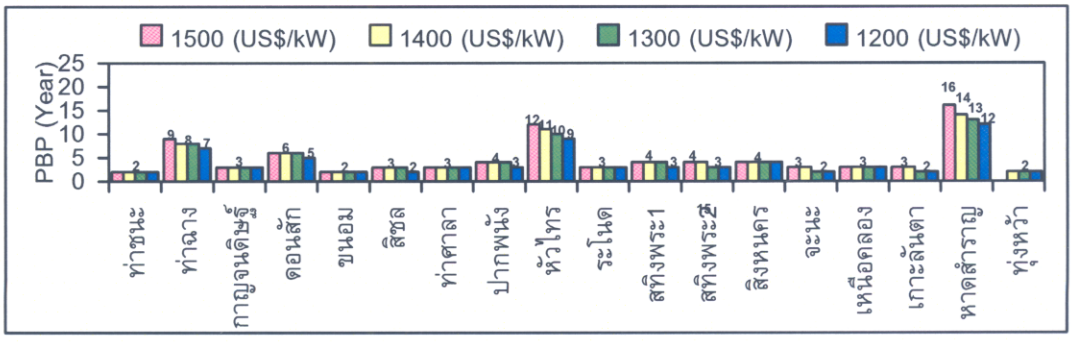
รูปที่ 4.428 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



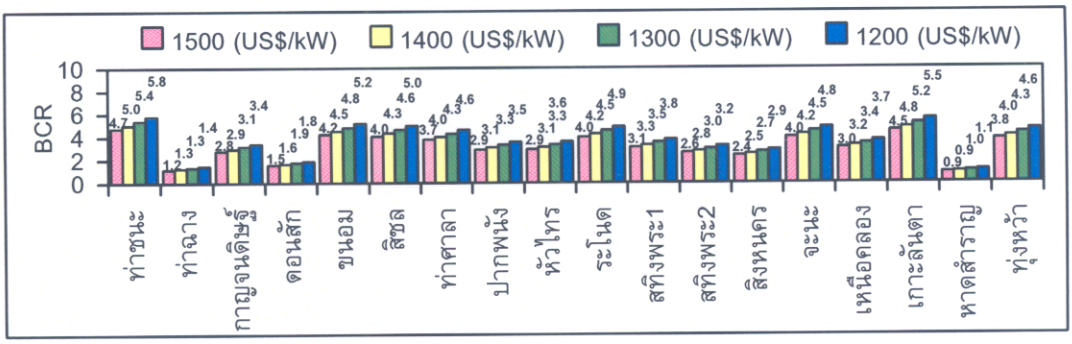
รูปที่ 4.429 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



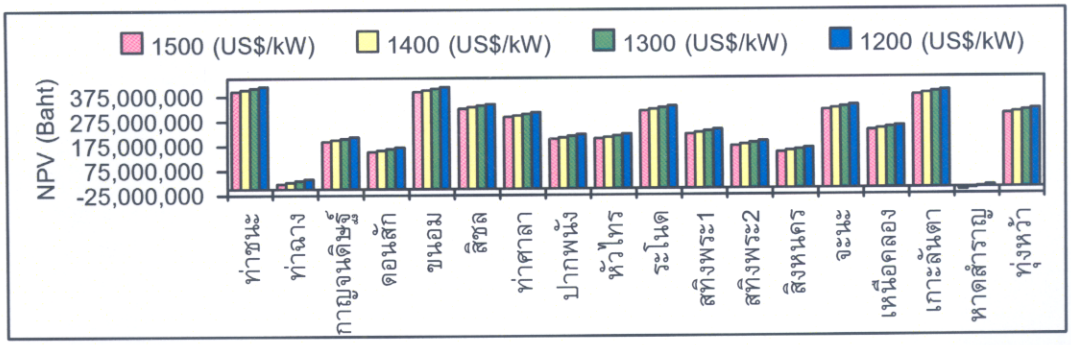
รูปที่ 4.430 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



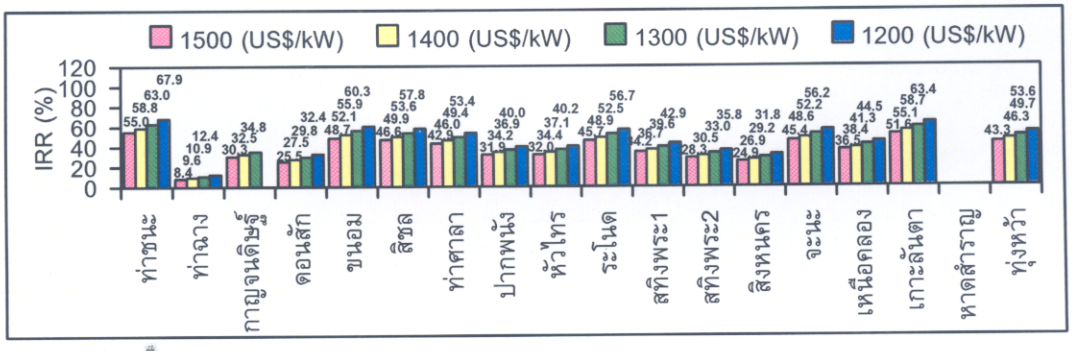
รูปที่ 4.431 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



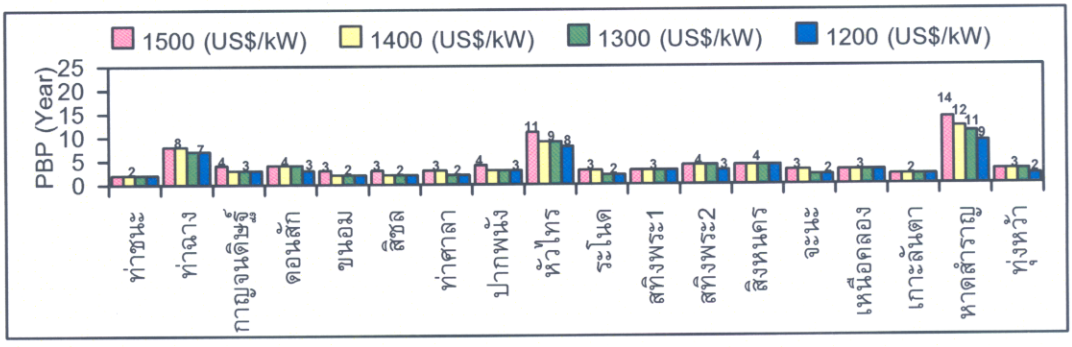
รูปที่ 4.432 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



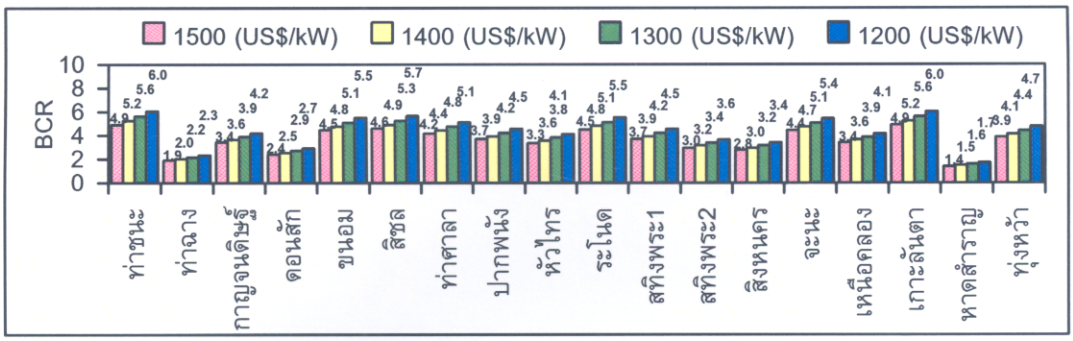
รูปที่ 4.433 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



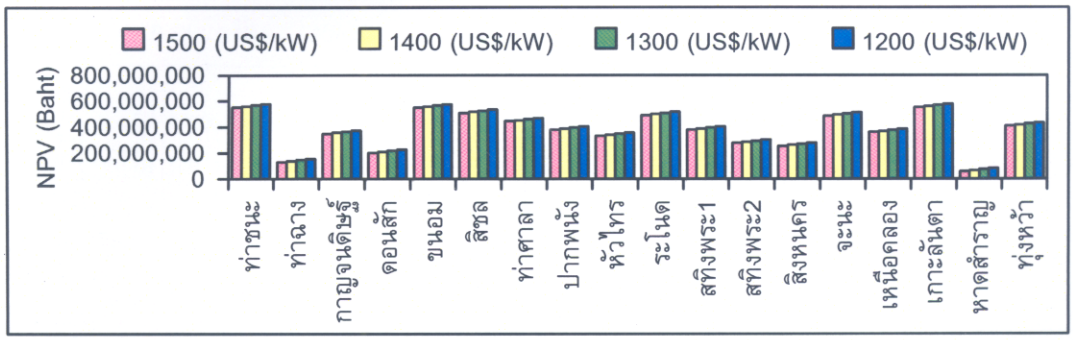
รูปที่ 4.434 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



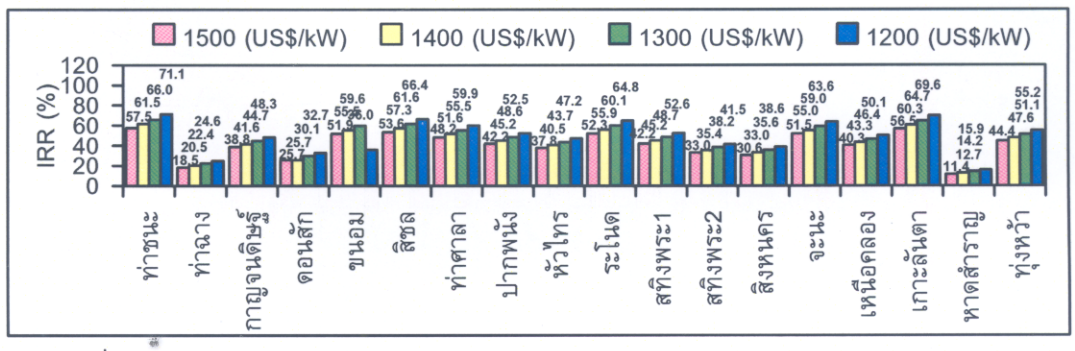
รูปที่ 4.435 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



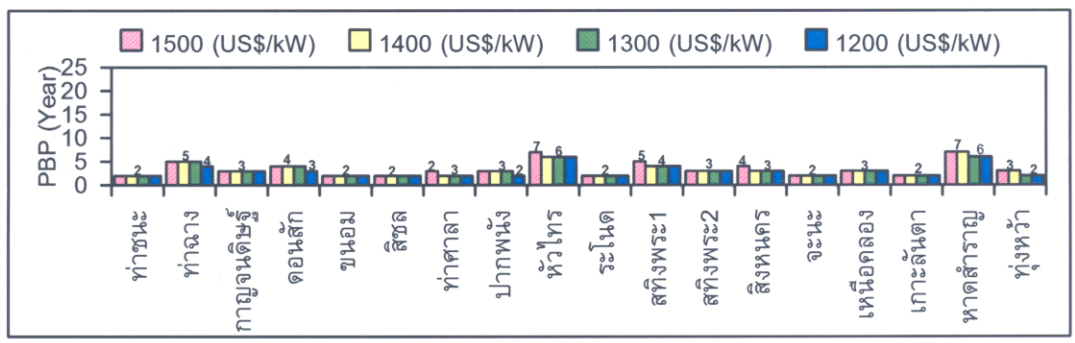
รูปที่ 4.436 BCR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



รูปที่ 4.437 NPV ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



รูปที่ 4.438 IRR ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)



รูปที่ 4.439 PBP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW ณ แหล่งลมดี (With CDM)

ตารางที่ 4.27 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW (ราคา 1,500 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กายูจนดิษฐ์	ดอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
PBP	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	x	x	x	x	x	x	x	x
With CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
PBP	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	√	x	x	x	x	x	x	x
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	*0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
ผ่าน	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√
With CDM																		
BCR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
ผ่าน	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√

ตารางที่ 4.28 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW (ราคา 1,400 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	เกาะจันดีมรัฐ	ดอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
PBP	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	x	x	x	x	x	x	x	x
With CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
PBP	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	√	x	x	x	x	x	x	x
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
ผ่าน	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
ผ่าน	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√

ตารางที่ 4.29 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW (ราคา 1,300 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	ภาญจนดุษฎี	คอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สิงหนคร1	สิงหนคร2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
PBP	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	x	x	x	x	x	x	x	x
With CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
PBP	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	x	√	x	x	√	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
ผ่าน	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
ผ่าน	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√

ตารางที่ 4.30 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 0.75 MW (ราคา 1,200 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กาญจนดิษฐ์	ดอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
PBP	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	x	x	x	x	x	x	x	x
With CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
PBP	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	x	√	x	x	√	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
ผ่าน	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
ผ่าน	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√

ตารางที่ 4.31 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW (ราคา 1,500 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กาญจนดิษฐ์	คอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
PBP	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	√	x	x	x	x	x	x	x
With CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
PBP	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	√	x	x	√	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1*	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
ผ่าน	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√

ตารางที่ 4.32 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW (ราคา 1,400 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กาญจนดิษฐ์	คอนสัก	ชนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
PBP	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	√	x	x	√	x	x	x	X
With CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
PBP	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	√	x	x	√	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√

ตารางที่ 4.33 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW (ราคา 1,300 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กาญจนดิษฐ์	ดอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
PBP	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	√	x	x	√	x	x	x	x
With CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
PBP	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	√	√	x	√	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√

ตารางที่ 4.34 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.0 MW (ราคา 1,200 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กาญจนดิษฐ์	ดอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
PBP	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	√	√	x	√	x	x	x	√
With CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
PBP	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	√	x	√	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IRR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√

ตารางที่ 4.35 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW (ราคา 1,500 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กาญจนดิษฐ์	ดอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
PBP	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	x	x	√	x	x	x	x	x	x	x	x
With CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
PBP	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	√	x	x	x	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
ผ่าน	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√

ตารางที่ 4.36 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW (ราคา 1,400 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กาญจนดิษฐ์	ดอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สิงพระ1	สิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
PBP	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	√	x	x	√	x	x	x	x
With CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
PBP	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	√	x	x	x	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	*0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√

ตารางที่ 4.37 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW (ราคา 1,300 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กาญจนดิษฐ์	ดอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
PBP	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	x	x	x	x	x	x	x	x
With CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
PBP	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	x	x	x	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	x	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IRR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√

ตารางที่ 4.38 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW (ราคา 1,200 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กาญจนดิษฐ์	ดอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะสันตา	หาดสำเภาบิน	ปุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
PBP	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	√	x	x	x	x	x	x	√
With CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
PBP	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	x	x	x	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
IRR	1 *	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	x	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IRR	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√

ตารางที่ 4.39 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW (ราคา 1,500 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กาญจนดิษฐ์	ดอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะสันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
PBP	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	√	x	√	x	x	x	√
With CDM																		
BCR	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
NPV	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
PBP	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
ผ่าน	√	x	x	√	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IRR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IRR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

ตารางที่ 4.40 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW (ราคา 1,400 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กาญจนดิษฐ์	ดอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
PBP	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	√	x	√	x	x	x	√
With CDM																		
BCR	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
NPV	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
PBP	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	√	√	√	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√	x	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IRR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

ตารางที่ 4.41 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW (ราคา 1,300 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กาญจนดิษฐ์	ดอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
NPV	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
PBP	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	√	√	√	x	x	x	√
With CDM																		
BCR	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
NPV	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
IRR	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
PBP	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
ผ่าน	√	x	x	x	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	x	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√	x	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IRR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

ตารางที่ 4.42 ดัชนีทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 2.0 MW (ราคา 1,200 US$/kW)

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กาญจนดิษฐ์	ดอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดส้ราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
Without CDM																		
BCR	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
NPV	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
PBP	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
ผ่าน	x	x	X	x	x	x	√	√	√	√	√	√	√	√	x	x	x	√
With CDM																		
BCR	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
NPV	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
IRR	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
PBP	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
ผ่าน	√	x	x	x	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
Without CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IRR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	x	x	X	x	x	x	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√	x	√
With CDM																		
BCR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IRR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PBP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ผ่าน	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

4.6 โรงไฟฟ้าพลังงานลมแบบฟาร์มกังหันลม (Wind Farm Power Plant)

จากการวิเคราะห์ศักยภาพของพลังงานลมของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมทั้ง 18 สถานี พบบริเวณพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงหรือแหล่งลมดีอีก 55 บริเวณด้วยกัน โดยมีแหล่งลมดีตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยในจังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดสงขลา ส่วนฝั่งทะเลอันดามันพบบริเวณแหล่งลมดีตามแนวชายฝั่งทะเลในพื้นที่อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ และอำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล โดยลักษณะของพื้นที่แหล่งลมดีที่เป็นพื้นที่กว้างบนที่ราบลุ่มแม่น้ำ ได้แก่พื้นที่บริเวณอำเภอปากพนังและพื้นที่อำเภอหัวไทร นอกนั้นเป็นพื้นที่บนเนินเขาและแนวสันเขาในอำเภอท่าชนะ อำเภอท่าฉาง อำเภอกาญจนดิษฐ์และอำเภอดอนสักของจังหวัดสุราษฎร์ธานี พื้นที่อำเภอขนอม อำเภอสิชลและรอยต่ออำเภอเชียรใหญ่และอำเภอหัวไทรของจังหวัดนครศรีธรรมราช พื้นที่อำเภอกระแสสินธุ์และอำเภอจะนะของจังหวัดสงขลา ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวสามารถพัฒนาเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมได้ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมโดยได้พิจารณากังหันลมที่จะติดตั้งดังนี้

1. เนื่องจากผลการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้ารายปี (AEP) แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่ากังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ในปริมาณที่มากกว่าภายใต้เงื่อนไขสภาพของลมเดียวกัน จากผลการวิเคราะห์ค่า AEP จากกังหันลมรุ่น NEG-Micon48 ขนาด 0.75 MW รุ่น Bonus ขนาด 1.0 MW รุ่น Vestas V63 ขนาด 1.5 MW และรุ่น Vestas V80 ขนาด 2.0 MW นั่นก็เป็นการยืนยันว่าเทคโนโลยีการผลิตกังหันลมผลิตไฟฟ้าในต่างประเทศมีความเจริญก้าวหน้าเป็นอย่างมากโดยสามารถออกแบบและผลิตกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่มีคุณลักษณะของเส้นโค้งกำลัง (Power Curve) ที่ดีและเหมาะสมกับอัตราเร็วลมที่มีค่าต่ำ (Cut In Wind Speed ต่ำ)
2. กังหันลมที่มีกำลังการผลิตไฟฟ้า (Capacity) มากกว่าก็จะมีขนาด (Size) ใหญ่กว่าตามไปด้วยไม่ว่าจะในแง่ของความสูงของหอคอย (Tower) หรือขนาดของ Nacelle ดังนั้นการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ในพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมดีจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในทางวิศวกรรมด้วย
3. นอกจากนี้เทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้าในต่างประเทศมีความเจริญก้าวหน้าเป็นอย่างมาก รวมทั้งประสบการณ์การผลิตและการติดตั้งทดสอบรวมถึงการสาธิตการใช้งานจริงในต่างประเทศที่มีประสบการณ์ค่อนข้างสูง โดยในปัจจุบันการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมมักจะอาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่มากกว่า 1

MW ขึ้นไป ล่าสุดในประเทศเยอรมันที่มีการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 5 MW ของบริษัท REPower

ดังนั้นเพื่อหาจุดที่เหมาะสม (Optimum Condition) ของการเลือกกังหันลมสำหรับพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมจึงได้อาศัยเกณฑ์ดังกล่าว ผลปรากฏว่ากังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมในพื้นที่บริเวณทางภาคใต้ของประเทศไทยควรจะเป็นกังหันลมขนาด 1 MW สำหรับพื้นที่บนเนินเขา ยอดเขาและแนวสันเขา แต่ในกรณีของพื้นที่ราบนั้นการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมโดยใช้กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่นั้นมีความเป็นไปได้สูงในการก่อสร้างและทางวิศวกรรม ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงได้เลือกพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมจากกังหันลมขนาด 1.0 MW 1.5 MW และ 2.0 MW ในพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอปากพนังและพื้นที่รอยต่ออำเภอเชียรใหญ่และอำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อเป็นอินพุทสำหรับการวิเคราะห์โดยโปรแกรม *WAsP* 9.0 โดยในการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมนั้นมีข้อควรพิจารณาก็คือการสูญเสียโดยอิทธิพลของเวก (Wake Effect or Wake Loss) โดยการลดการสูญเสียของอิทธิพลของเวกสามารถกระทำได้ถ้าหากมีการจัดวางตำแหน่ง (Parking or Lay Out) ของกังหันลมผลิตไฟฟ้าเป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่ว่าในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของลมควรจะวางกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้มีระยะห่างกันประมาณ 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนหมุน (Rotor) และในแนวทิศทางเดียวกันกับทิศทางของลมหรือขนานกับทิศทางของลมควรจะวางตำแหน่งของกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้มีระยะห่างกันประมาณ 7 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนหมุนดังได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงได้อาศัยเกณฑ์ดังกล่าวในการจัดวางตำแหน่งของกังหันลมสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมบนพื้นที่ราบโล่งของอำเภอท่าศาลา อำเภอปากพนังและอำเภอหัวไทรเพื่อวิเคราะห์ค่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (AEP) ค่าประสิทธิภาพ (Capacity Factor) และต้นทุนต่อหน่วยของไฟฟ้า (CoE)

นอกจากนี้ในบริเวณที่เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงหรือบริเวณแหล่งลมดีได้ทำการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มของกังหันลมหรือคลัสเตอร์ต่างๆ รูปที่ 4.368-4.383 แสดงตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและคลัสเตอร์ของกังหันลมในพื้นที่บริเวณลมดี โดยในการจัดวางตำแหน่งของกังหันลมได้อาศัยเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

1. ต้องเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงโดยอาศัยผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม *WAsP* 9.0

2. ต้องเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ในทางวิศวกรรมนั่นก็คือสามารถติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าได้
3. ลดการสูญเสียเนื่องจากอิทธิพลของเวกโดยอาศัยเกณฑ์ในการจัดวางตำแหน่งของกังหันลมผลิตไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์โดยอาศัยเกณฑ์ดังกล่าวทำให้สามารถพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมในพื้นที่ที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงหรือพื้นที่ลมดีทั้ง 55 แหล่งด้วยกัน โดยแบ่งออกเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมในพื้นที่อำเภอต่างๆ ดังนี้

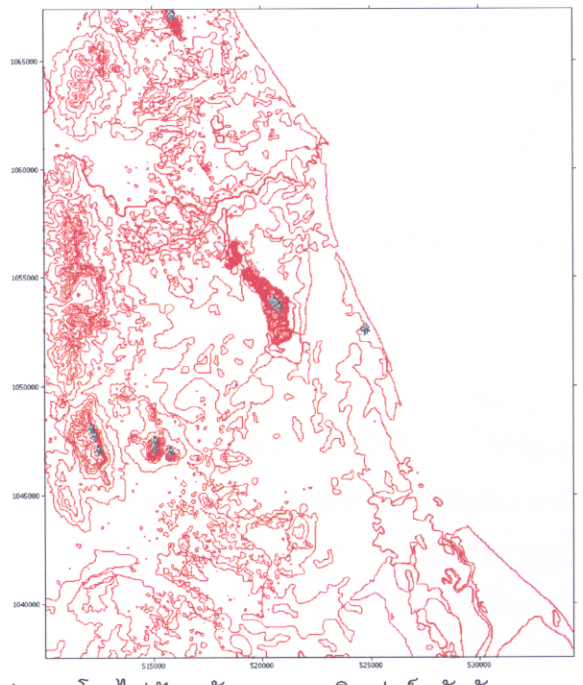
- อำเภอท่าชนะ ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 4 คลัสเตอร์ จำนวน 12 ตัว
- อำเภอท่าฉาง ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 1 คลัสเตอร์ จำนวน 3 ตัว
- อำเภอกาญจนดิษฐ์ ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 2 คลัสเตอร์ จำนวน 6 ตัว
- อำเภอดอนสัก ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 4 คลัสเตอร์ จำนวน 11 ตัว
- อำเภอขนอม ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 10 คลัสเตอร์ จำนวน 54 ตัว
- อำเภอสิชล ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 6 คลัสเตอร์ จำนวน 20 ตัว
- อำเภอท่าศาลา ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 1 คลัสเตอร์ จำนวน 9 ตัว
- อำเภอปากพนัง ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 3 คลัสเตอร์ จำนวน 30 ตัว
- รอยต่ออำเภอเชียรใหญ่และอำเภอหัวไทร ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 5 คลัสเตอร์ จำนวน 51 ตัว
- อำเภอกระแสสินธุ์ ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 1 คลัสเตอร์ จำนวน 15 ตัว
- อำเภอสิงหนคร ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 2 คลัสเตอร์ จำนวน 15 ตัว
- อำเภอจะนะ ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 8 คลัสเตอร์ จำนวน 74 ตัว
- อำเภอเหนือคลอง ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 1 คลัสเตอร์ จำนวน 7 ตัว
- อำเภอเกาะลันตา ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 3 คลัสเตอร์ จำนวน 29 ตัว
- อำเภอหาดสำราญ ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 1 คลัสเตอร์ จำนวน 3 ตัว
- อำเภอทุ่งหว้า ประกอบด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวน 2 คลัสเตอร์ จำนวน 16 ตัว

รวมกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทยจำนวนทั้งสิ้น 385 MW อย่างไรก็ตามในการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมจำเป็นต้องพิจารณาประเด็นอื่นๆ ประกอบเพื่อให้ครอบคลุมและสามารถพัฒนาเพื่อการติดตั้งได้จริง โดยประเด็นอื่นๆ ที่จะใช้ในการพิจารณาคือต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า

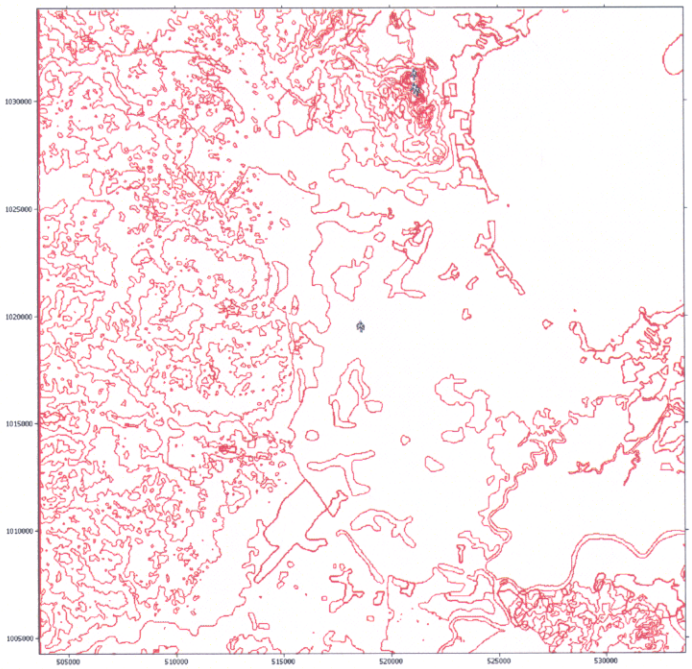
(Baht/kWh) ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า (Capacity Factor) และกำลังการผลิต (Capacity) ซึ่งประเด็นเหล่านี้จะเป็นการสร้างแรงจูงใจต่อภาคธุรกิจและเอกชนในการลงทุนโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมทั้งในรูปของ VSPP และ SPP

โดยในโครงการวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมโดยใช้โปรแกรม *WAsP* 9.0 สำหรับการประมวลผล โดยได้ทำการวิเคราะห์หาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (Annual Energy Production: AEP) ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า (Capacity Factor: C.F.) และต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ (CoE) รวมทั้งการสูญเสียของเวก (Wake Loss, %) เพื่อศึกษาอิทธิพลของการจัดวางตำแหน่งของกังหันลมผลิตไฟฟ้าของกังหันลมทั้ง 55 คลัสเตอร์

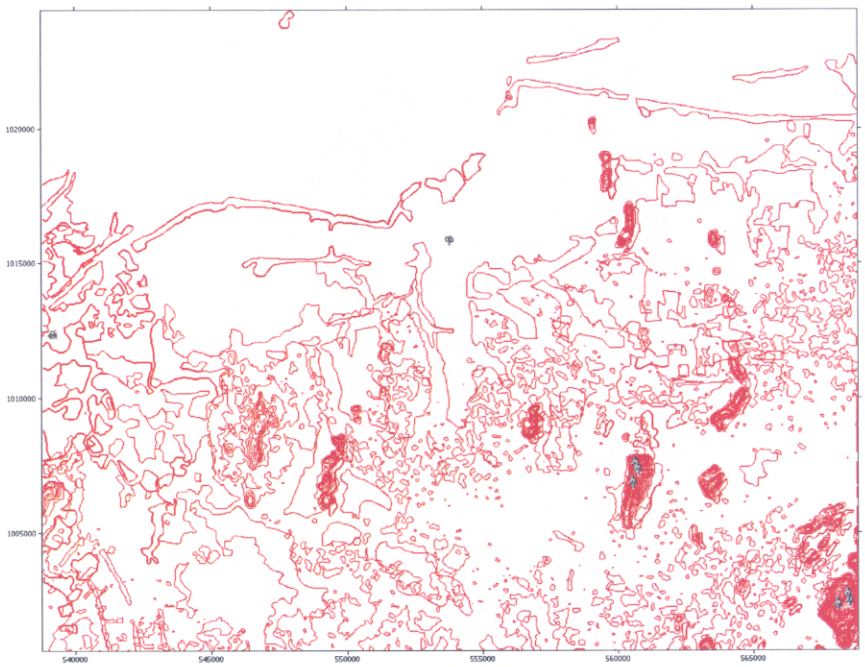
ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปจะแสดงอยู่ในรูปของแผนที่ AEP ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมของแต่ละคลัสเตอร์ หลังจากนั้นจะเป็นการจัดเรียงลำดับความสำคัญของการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมซึ่งอาศัยการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making Analysis: MCDMA) เพื่อจัดกลุ่มและจัดลำดับความสำคัญในการพัฒนาโดยควรจะพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมที่มีความเหมาะสมทั้งทางวิศวกรรมและทางเศรษฐศาสตร์สูงสุดก่อน ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและการจัดวางในพื้นที่ศึกษาของโครงการวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 4.440-455



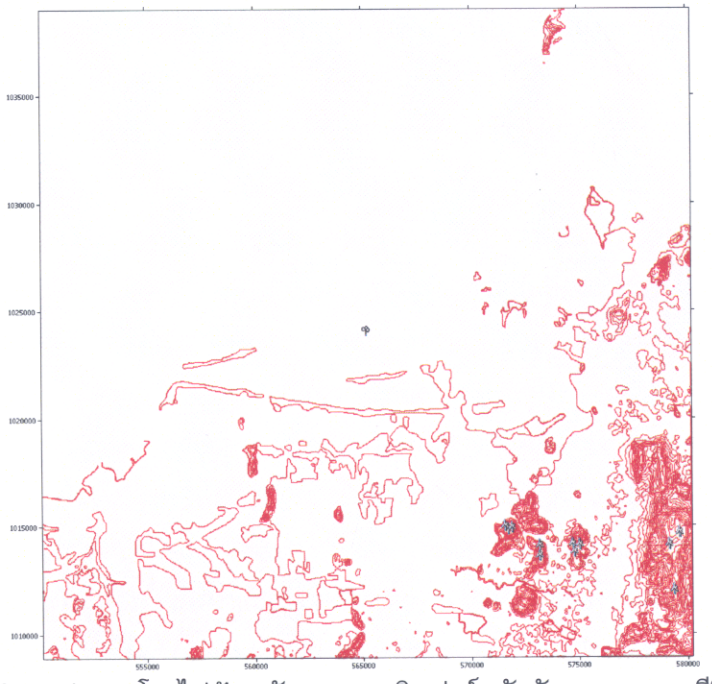
รูปที่ 4.440 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลมในพื้นที่อำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี



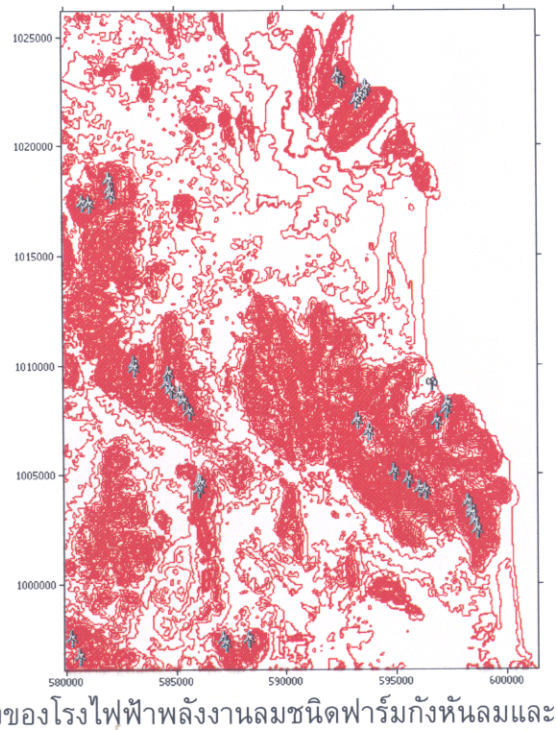
รูปที่ 4.441 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี



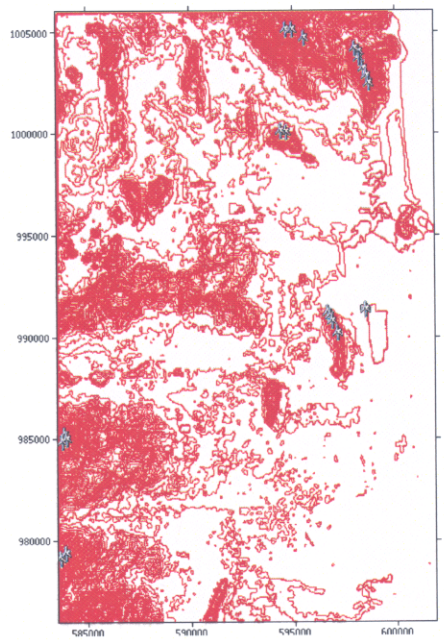
รูปที่ 4.442 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี



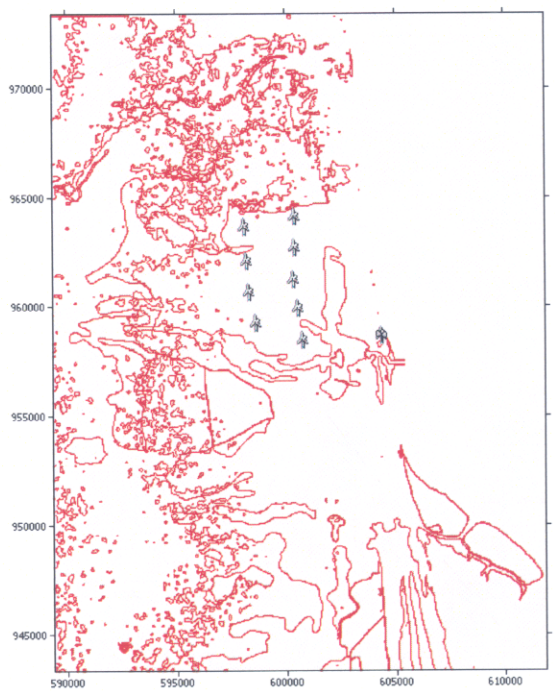
รูปที่ 4.443 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี



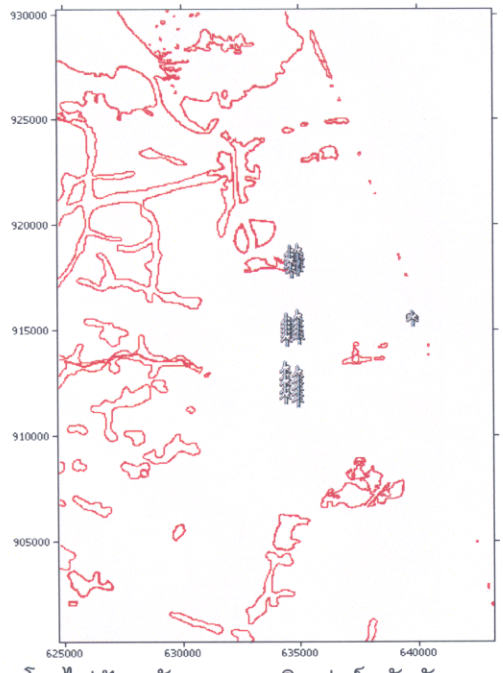
รูปที่ 4.444 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช



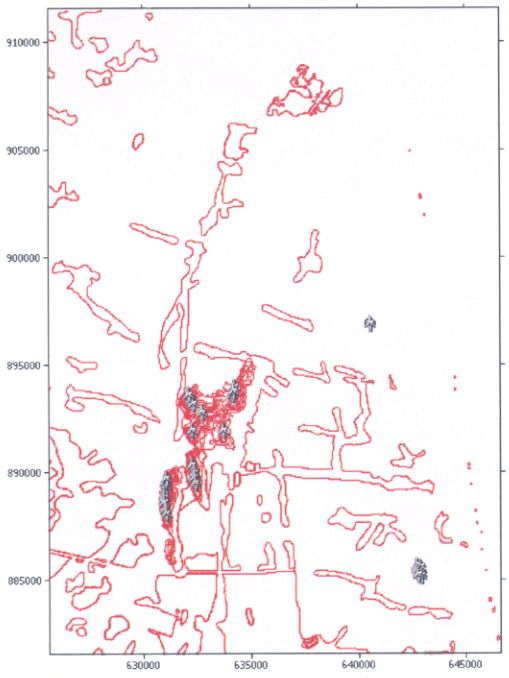
รูปที่ 4.445 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช



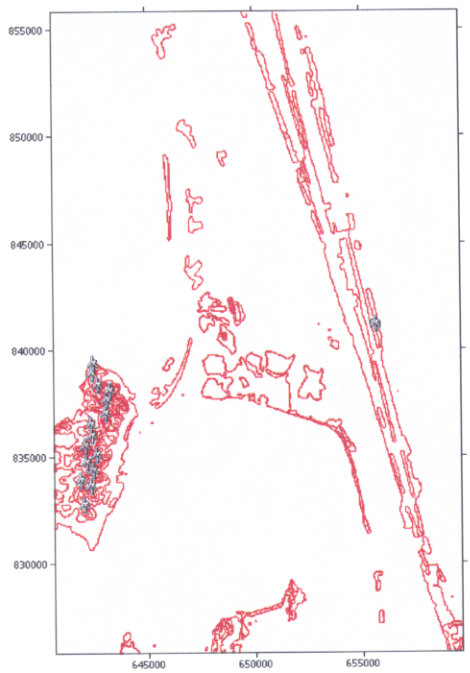
รูปที่ 4.446 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอท่าศาลาจังหวัดนครศรีธรรมราช



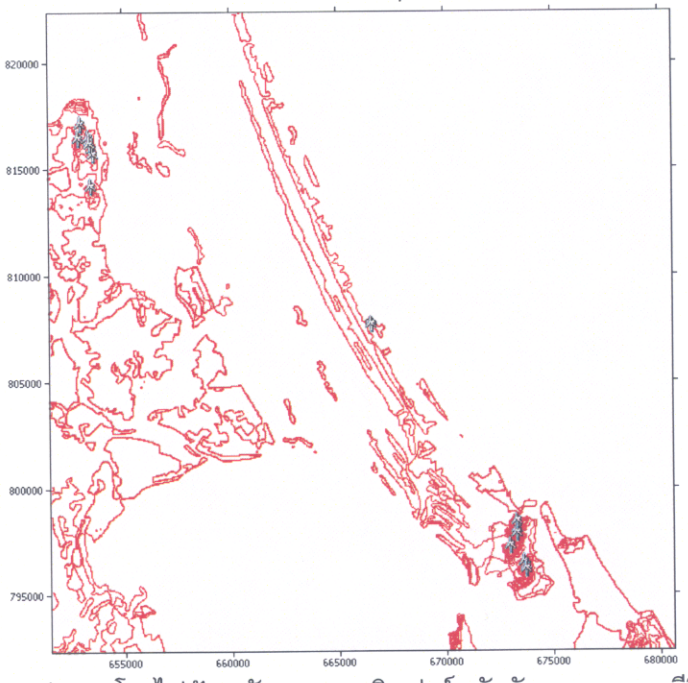
รูปที่ 4.447 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช



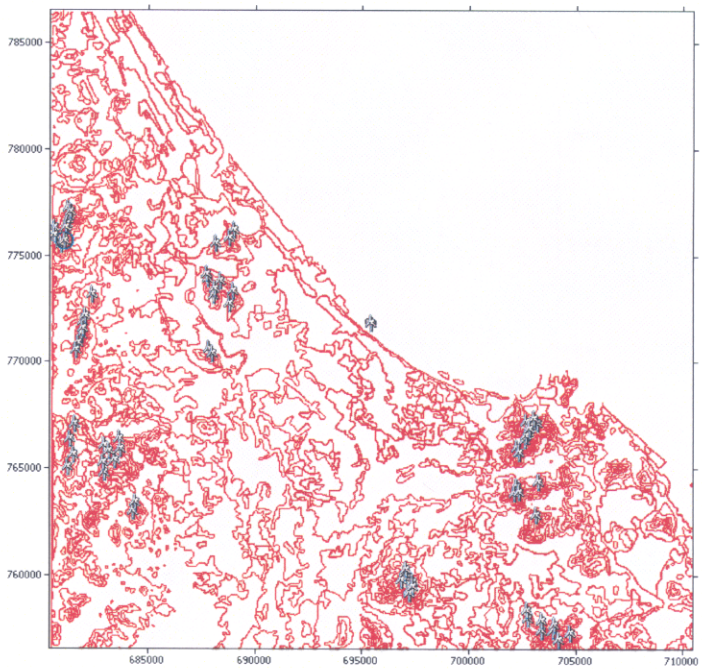
รูปที่ 4.448 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช



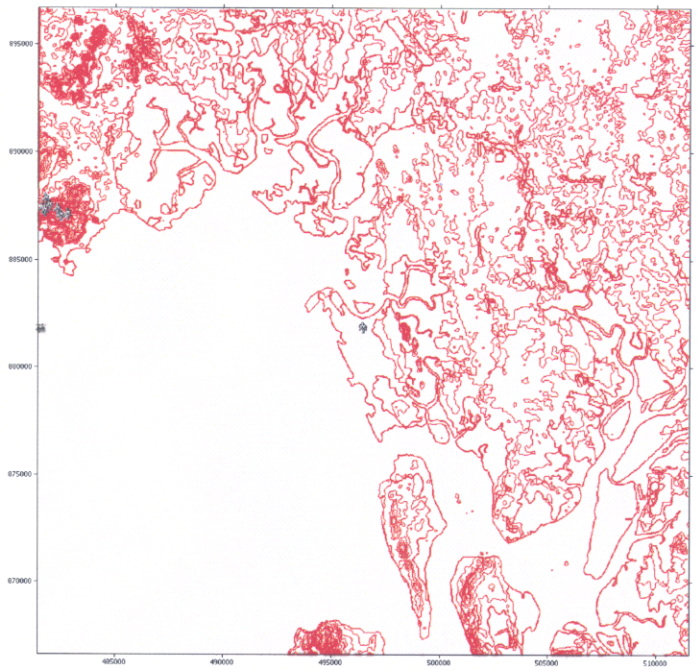
รูปที่ 4.449 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอกระแสสินธุ์ จังหวัดสงขลา



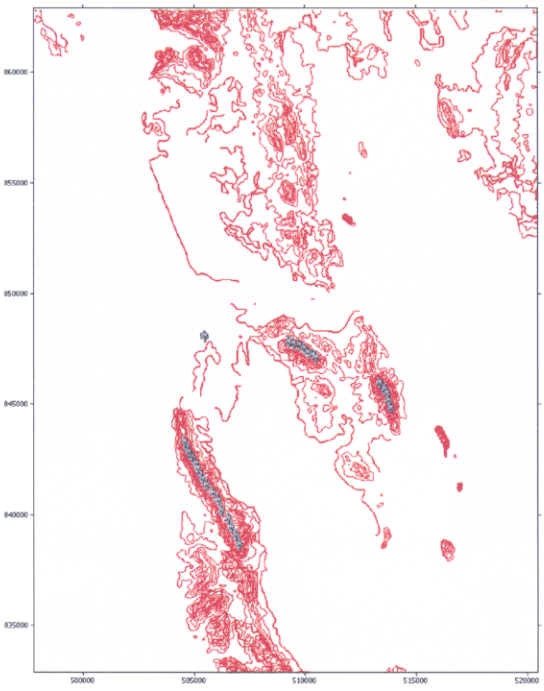
รูปที่ 4.450 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา



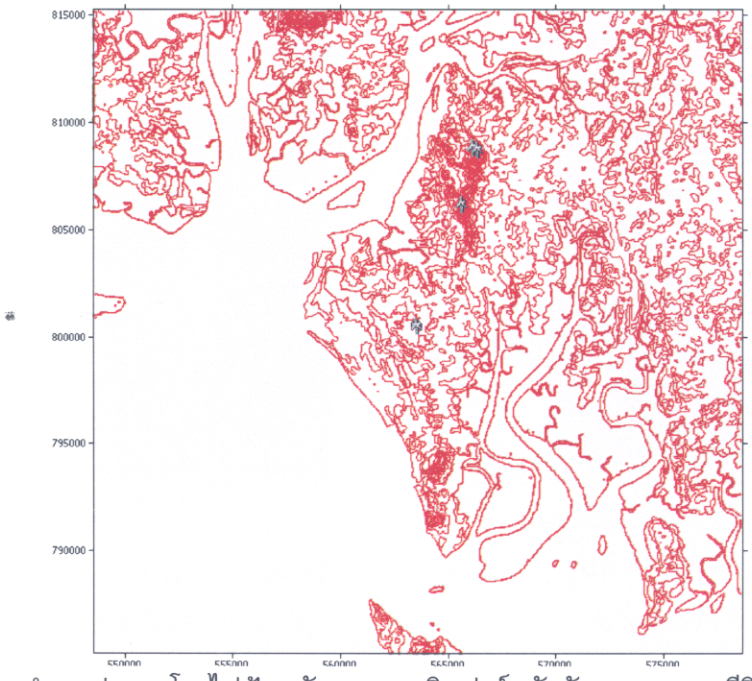
รูปที่ 4.451 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา



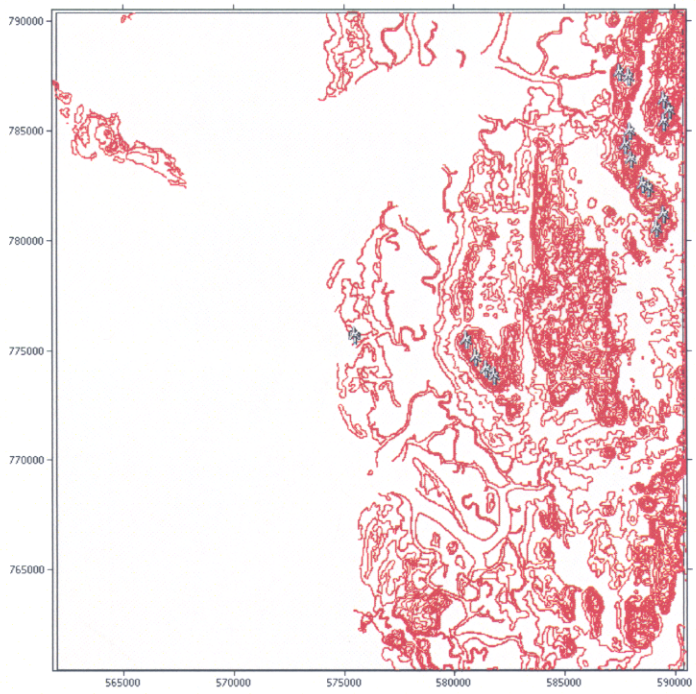
รูปที่ 4.452 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่



รูปที่ 4.453 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่



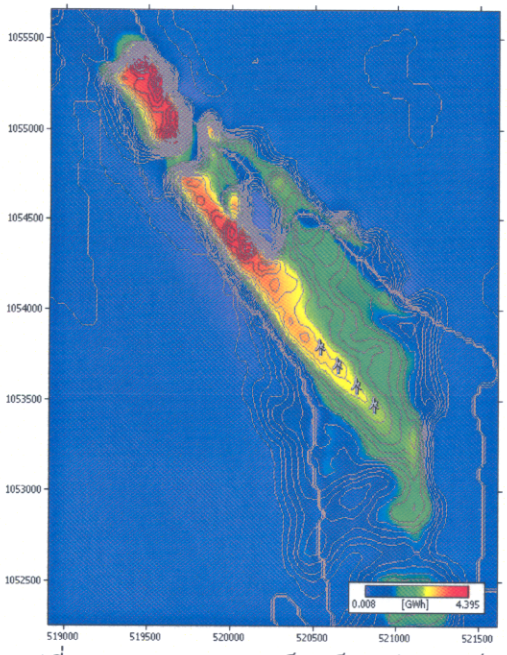
รูปที่ 4.454 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอหาดสำราญ จังหวัดตรัง



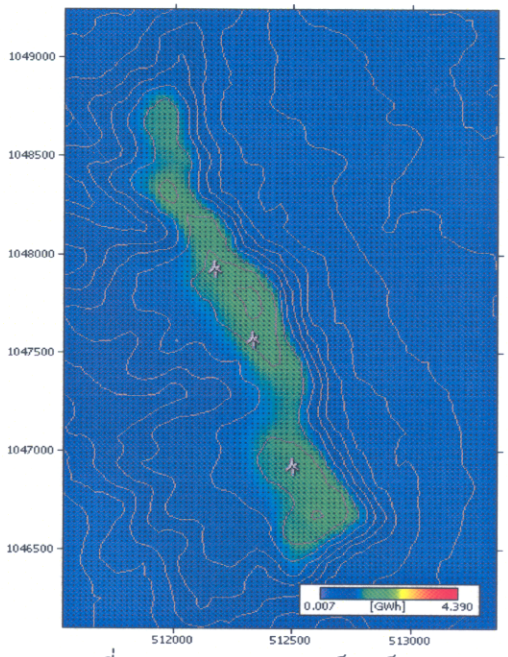
รูปที่ 4.455 ตำแหน่งของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและสถานีวิจัยพลังงานลม ในพื้นที่อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 แสดงข้อมูลการกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมจำนวน 55 คลัสเตอร์ ในพื้นที่ศึกษาของโครงการจำนวน 18 สถานี

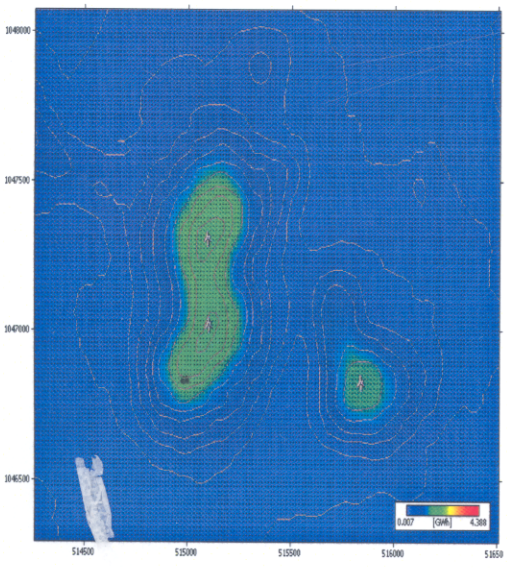
รูปที่ 4.511 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมจำนวน 55 คลัสเตอร์ โดยรูปที่ 4.512 แสดงประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมจำนวน 55 คลัสเตอร์ และรูปที่ 4.513 แสดงต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วยที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมจำนวน 55 คลัสเตอร์



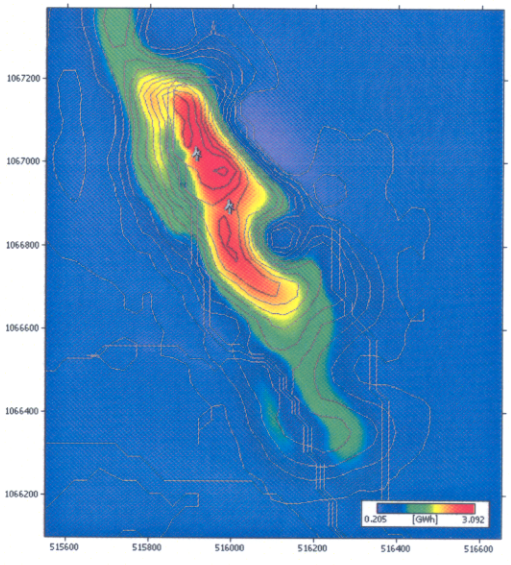
รูปที่ 4.456 ท่าชนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 4 MW (Resolution 10 m)



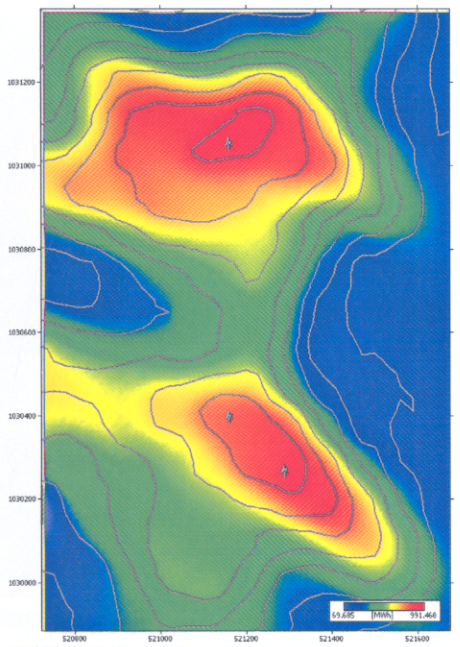
รูปที่ 4.458 ท่าชนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์3 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)



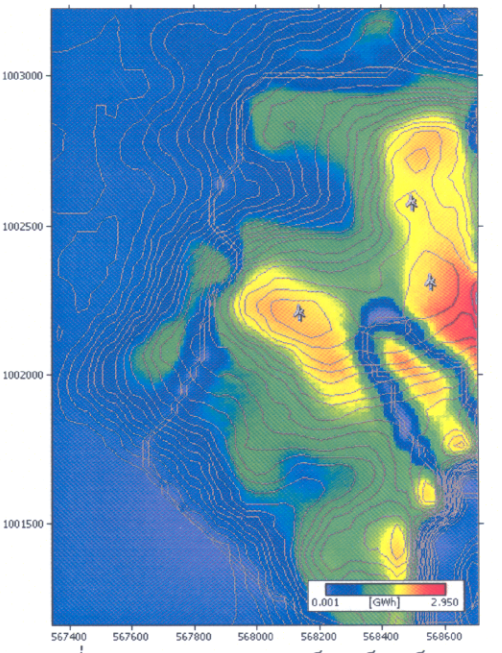
รูปที่ 4.457 ท่าชนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)



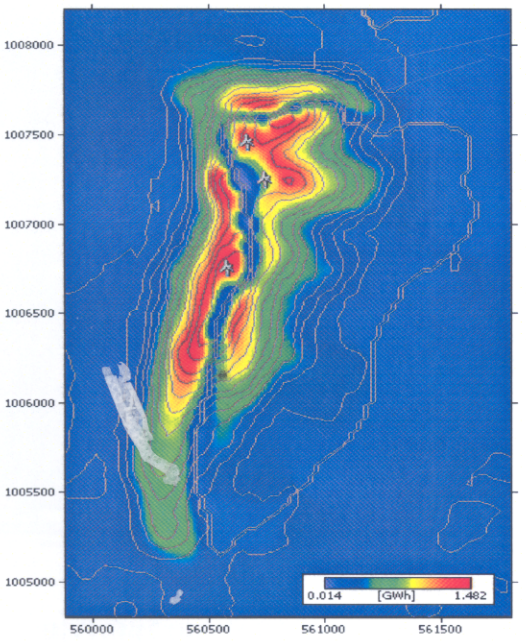
รูปที่ 4.459 ท่าชนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์4 ขนาด 2 MW (Resolution 10 m)



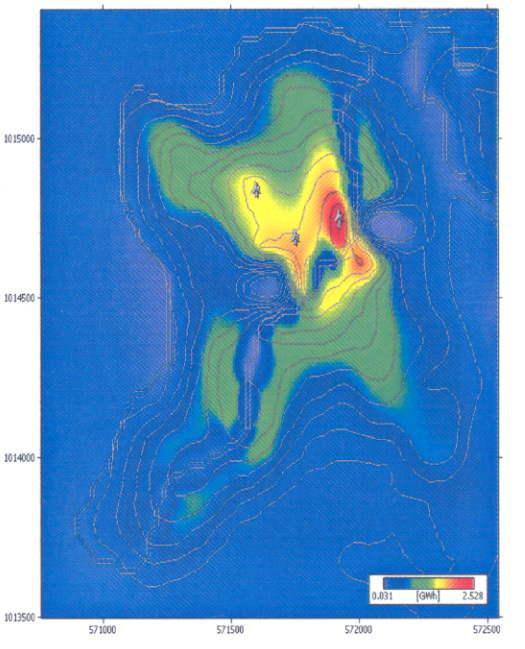
รูปที่ 4.460 ท่าฉางวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)



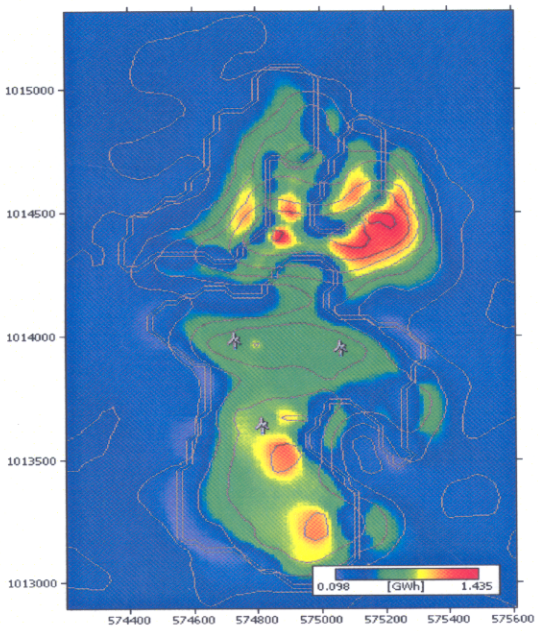
รูปที่ 4.462 กาญจนดิษฐ์วินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)



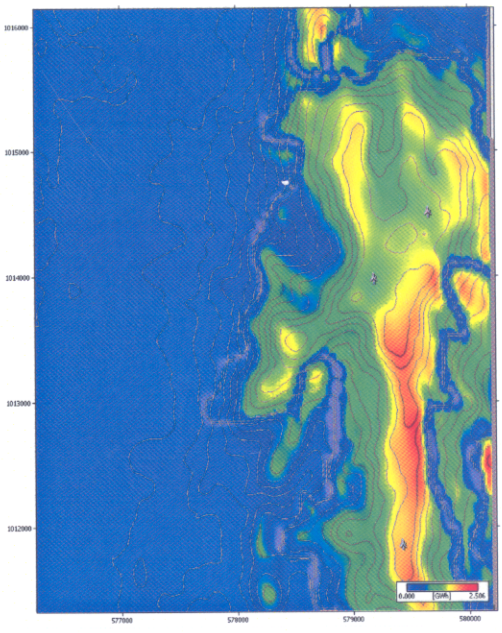
รูปที่ 4.461 กาญจนดิษฐ์วินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)



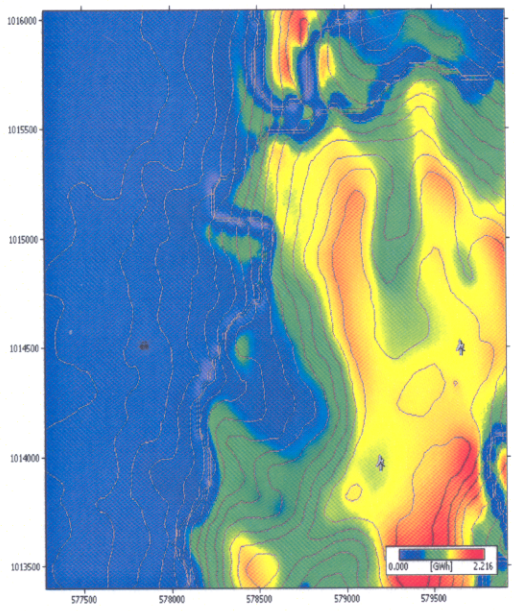
รูปที่ 4.463 ดอนสักวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)



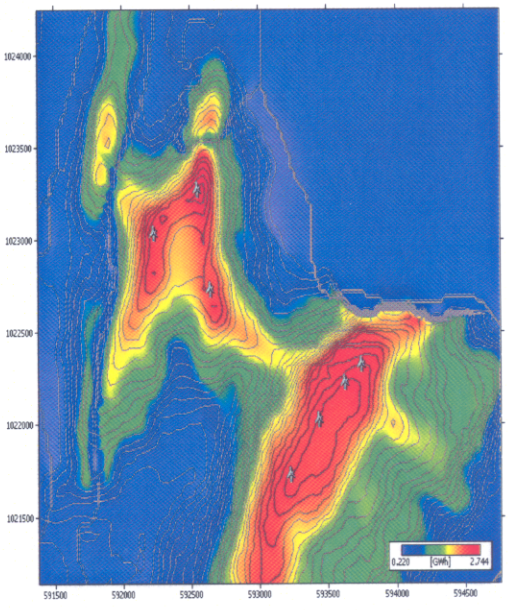
รูปที่ 4.464 ดอนสักวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)



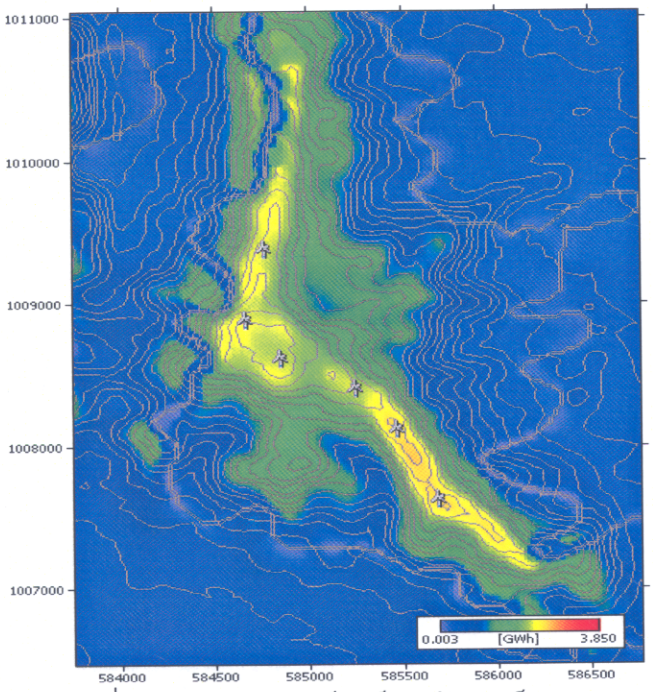
รูปที่ 4.466 ดอนสักวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์4 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)



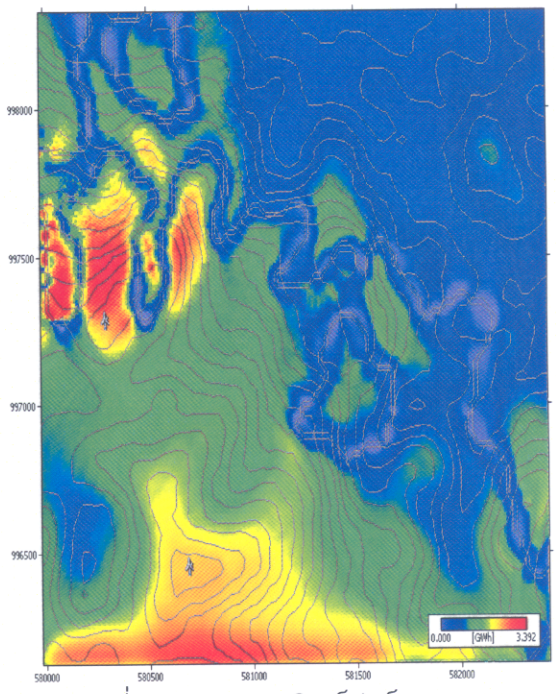
รูปที่ 4.465 ดอนสักวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์3 ขนาด 2 MW (Resolution 10 m)



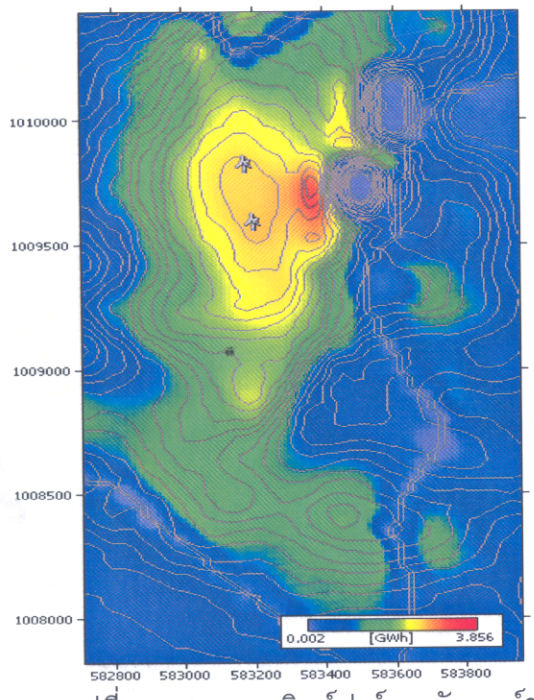
รูปที่ 4.467 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 7 MW (Resolution 10 m)



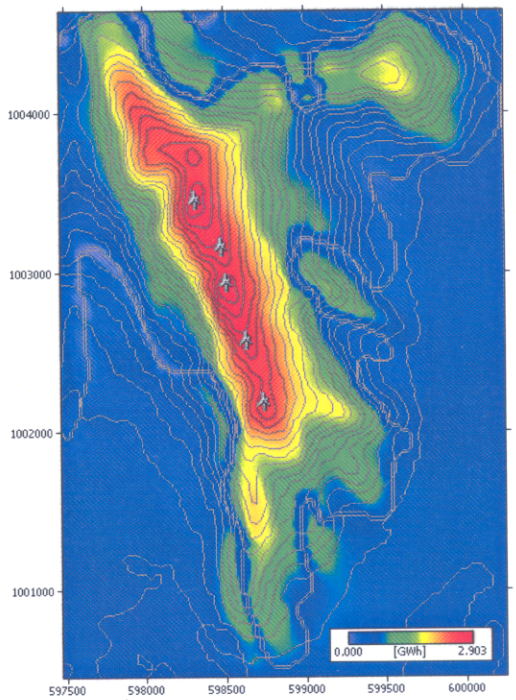
รูปที่ 4.468 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 6 MW (Resolution 10 m)



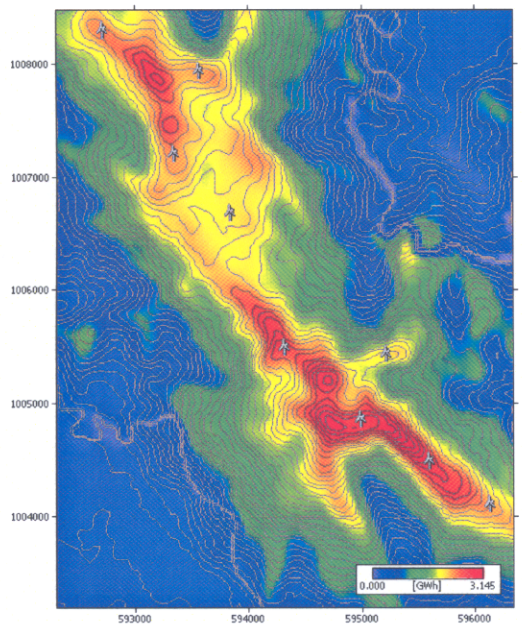
รูปที่ 4.470 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์ 4 ขนาด 2 MW (Resolution 10 m)



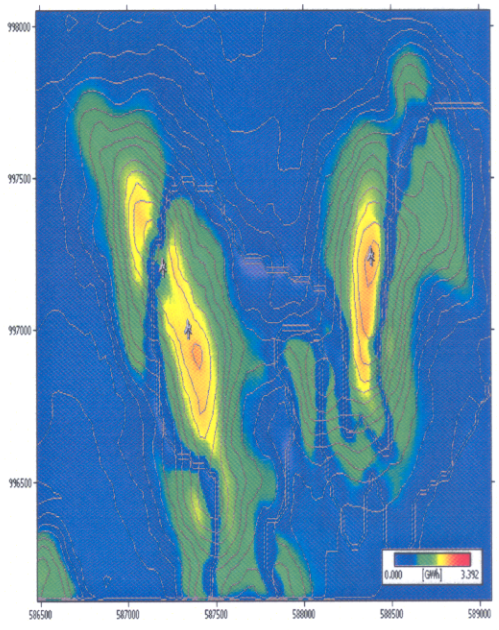
รูปที่ 4.469 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์3 ขนาด 2 MW (Resolution 10 m)



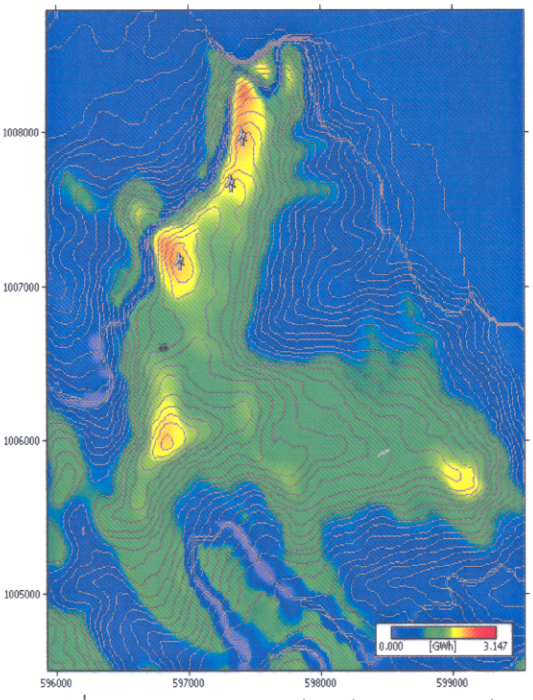
รูปที่ 4.471 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์5 ขนาด 5 MW (Resolution 10 m)



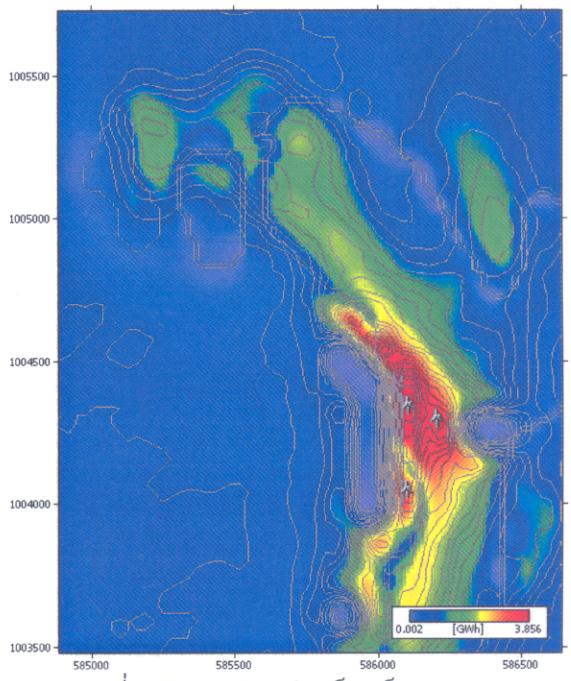
รูปที่ 4.472 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์6 ขนาด 9 MW (Resolution 10 m)



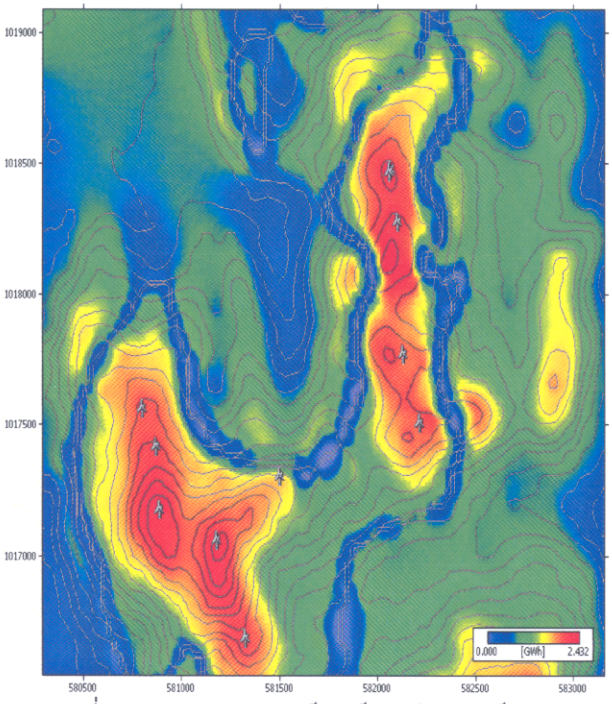
รูปที่ 4.474 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์8 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)



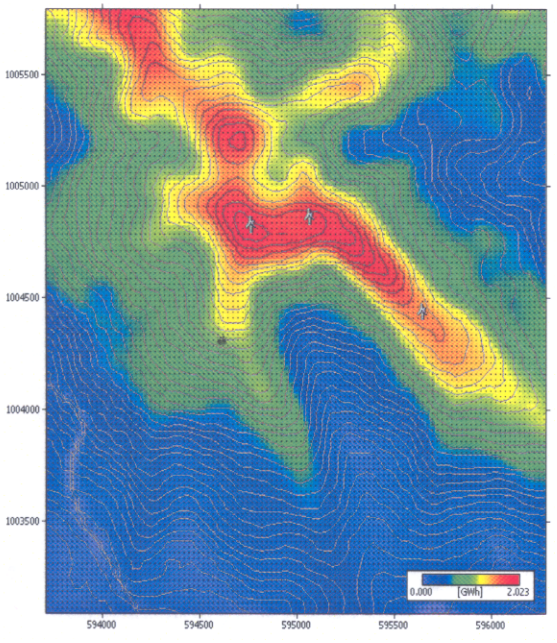
รูปที่ 4.473 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์7 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)



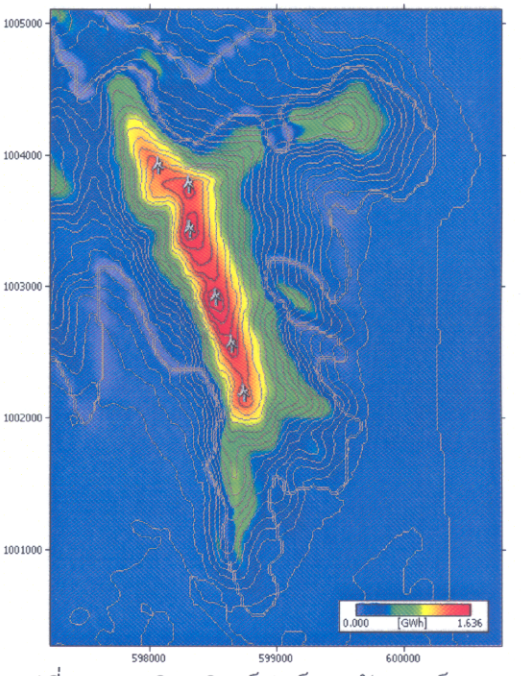
รูปที่ 4.475 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์9 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)



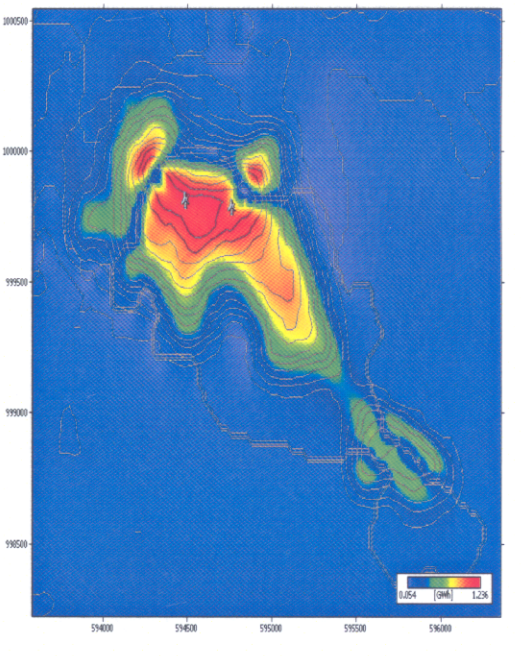
รูปที่ 4.476 ขนอมวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์ 10
ขนาด 9 MW (Resolution 10 m)



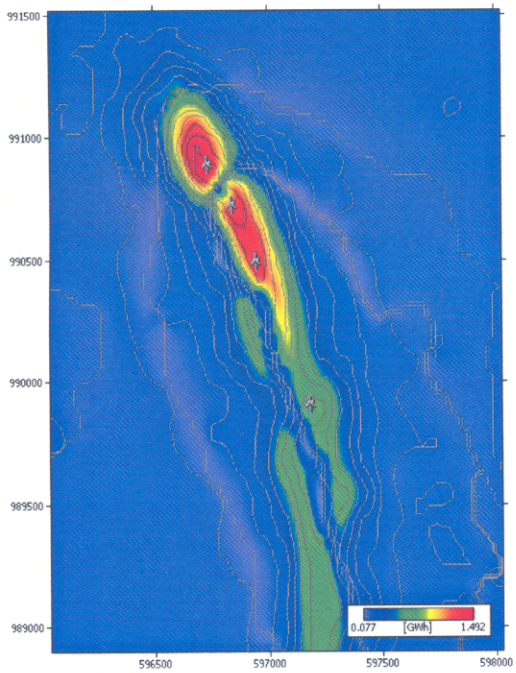
รูปที่ 4.477 สิชลวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1
ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)



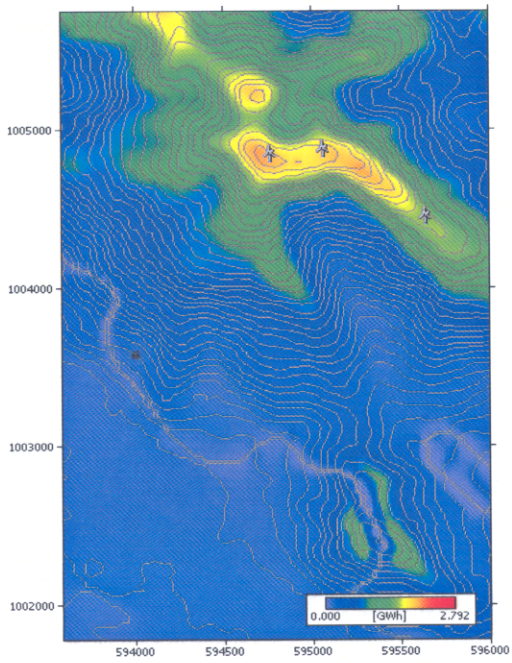
รูปที่ 4.478 สิชลวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2
ขนาด 6 MW (Resolution 10 m)



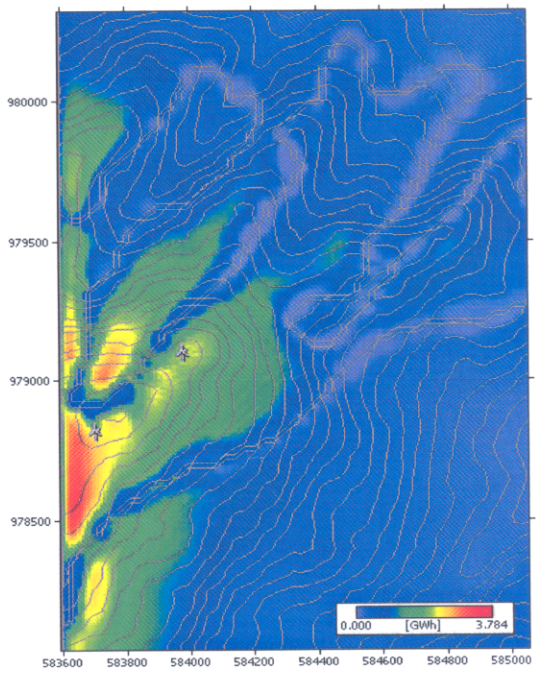
รูปที่ 4.479 สิชลวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์3
ขนาด 2 MW (Resolution 10 m)



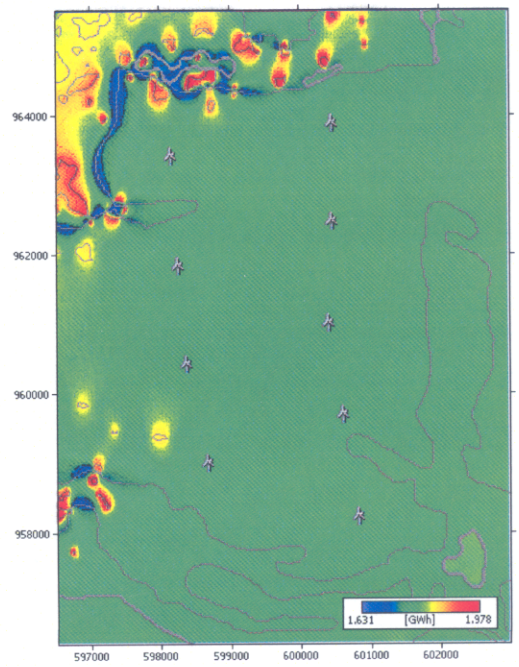
รูปที่ 4.480 สิชลวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์4 ขนาด 4 MW (Resolution 10 m)



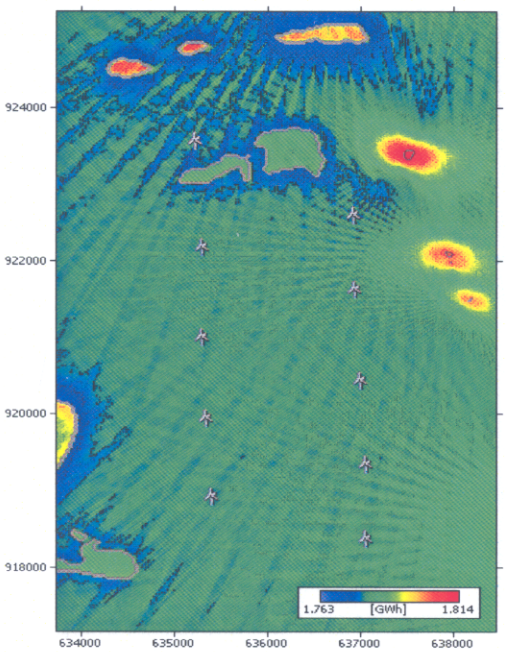
รูปที่ 4.481 สิชลวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์5 ขนาด 3 MW (Resolution 10 m)



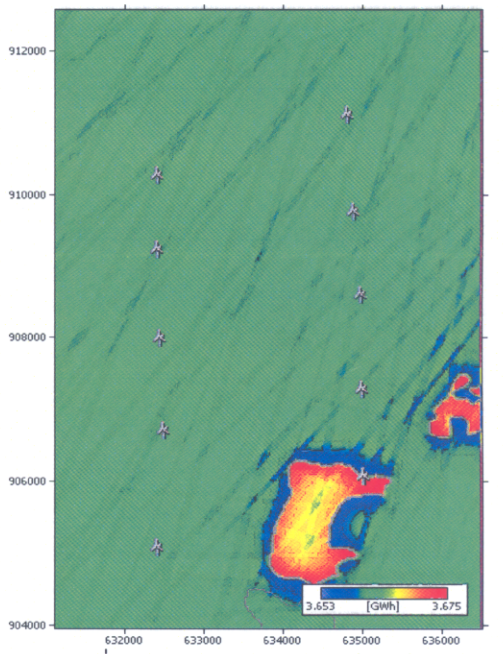
รูปที่ 4.482 สิชลวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์6 ขนาด 2 MW (Resolution 10 m)



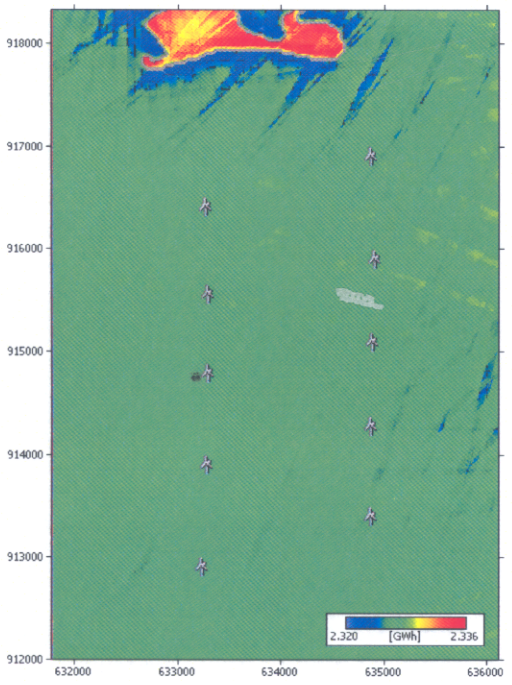
รูปที่ 4.483 ท่าศาลาวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 9 MW (Resolution 10 m)



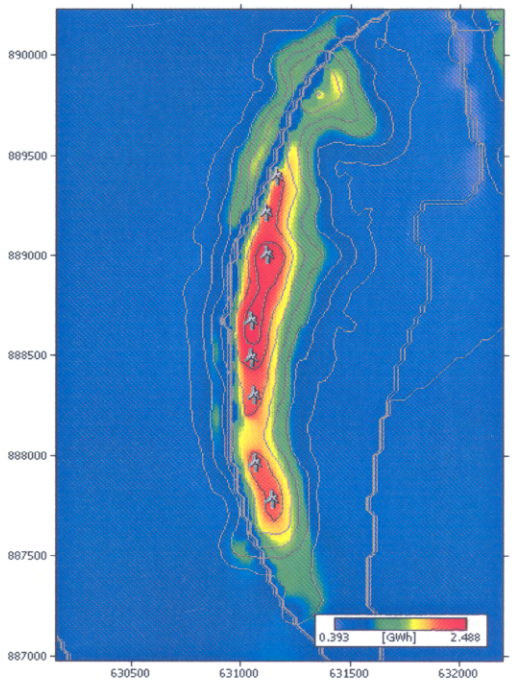
รูปที่ 4.484 ปากพนังวินด์ฟาร์ม
คลัสเตอร์1 ขนาด 10 MW
(Resolution 10 m)



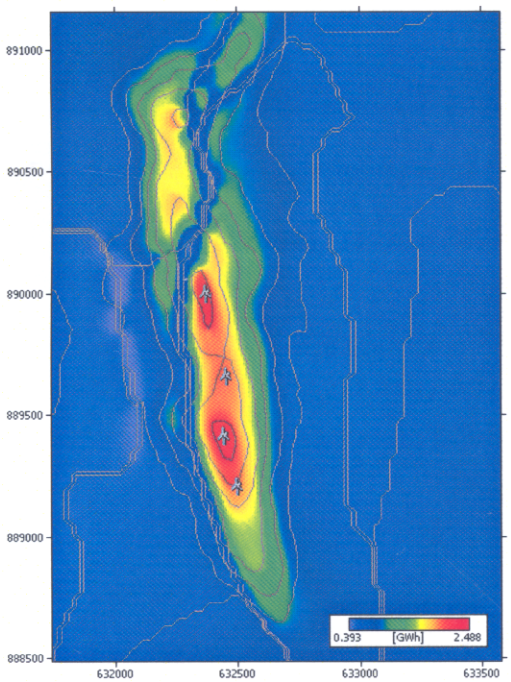
รูปที่ 4.486 ปากพนังวินด์ฟาร์ม
คลัสเตอร์3 ขนาด 20 MW
(Resolution 10 m)



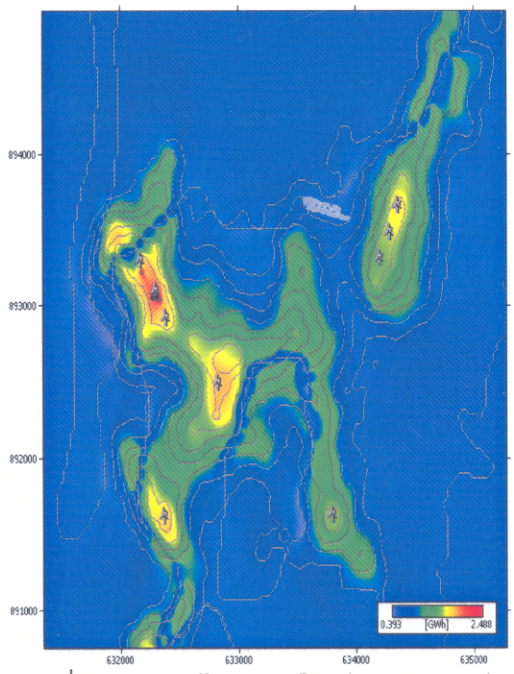
รูปที่ 4.485 ปากพนังวินด์ฟาร์ม
คลัสเตอร์2 ขนาด 15 MW
(Resolution 10 m)



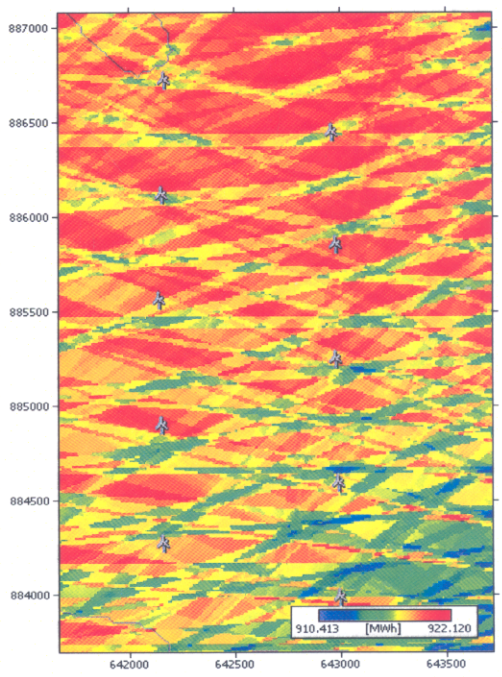
รูปที่ 4.487 หัวไทรวินด์ฟาร์ม
คลัสเตอร์1ขนาด 8 MW
(Resolution 10 m)



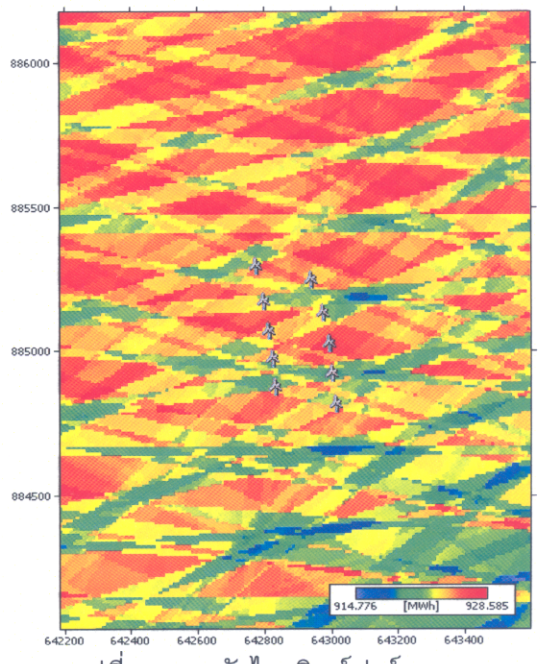
รูปที่ 4.488 หัวไทรวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 4 MW (Resolution 10 m)



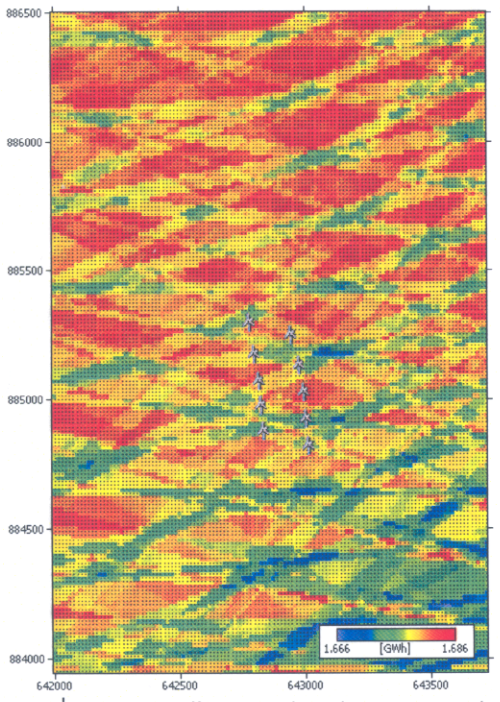
รูปที่ 4.489 หัวไทรวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์3 ขนาด 9 MW (Resolution 10 m)



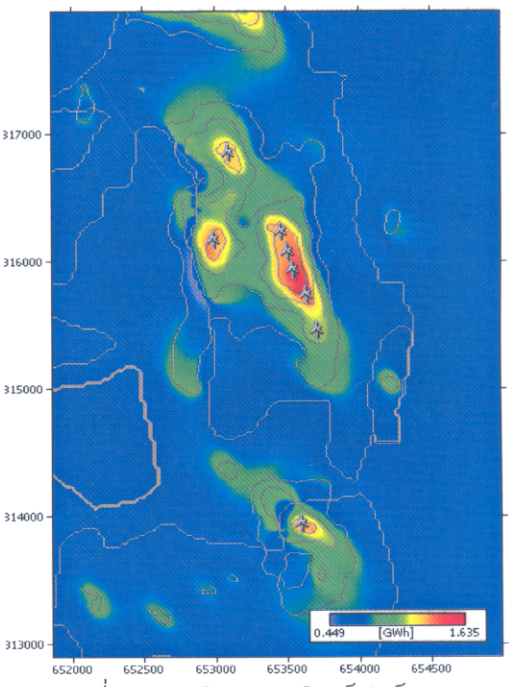
รูปที่ 4.490 หัวไทรวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์ 4 ขนาด 10 MW (Resolution 10 m)



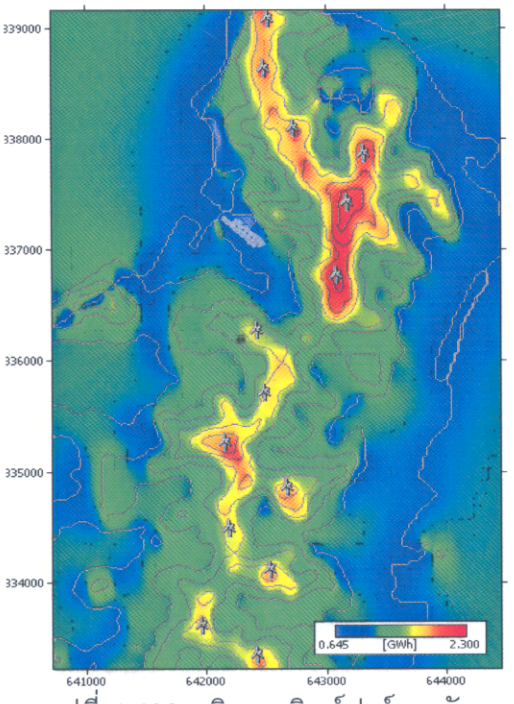
รูปที่ 4.491 หัวไทรวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์ 5 ขนาด 15 MW (Resolution 10 m)



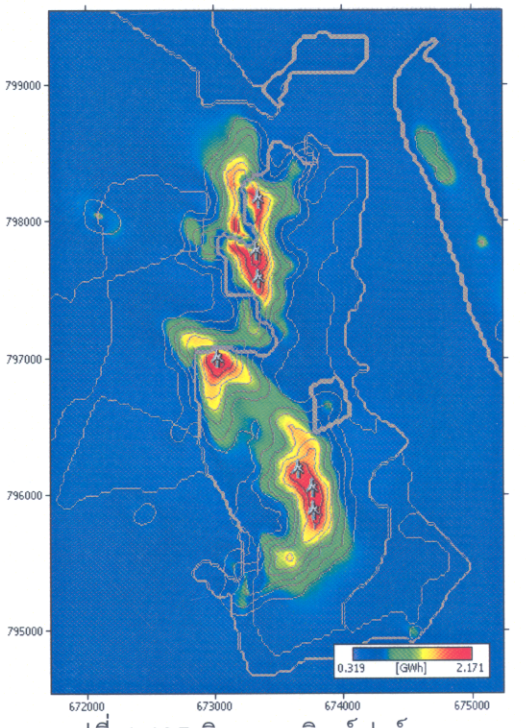
รูปที่ 4.492 หัวไทรวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์6 ขนาด 20 MW (Resolution 10 m)



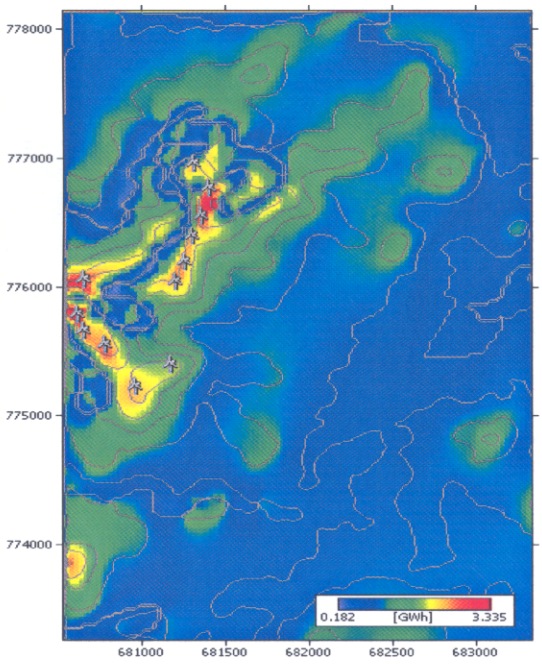
รูปที่ 4.494 สิงหนครวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์ 1 ขนาด 8 MW (Resolution 10 m)



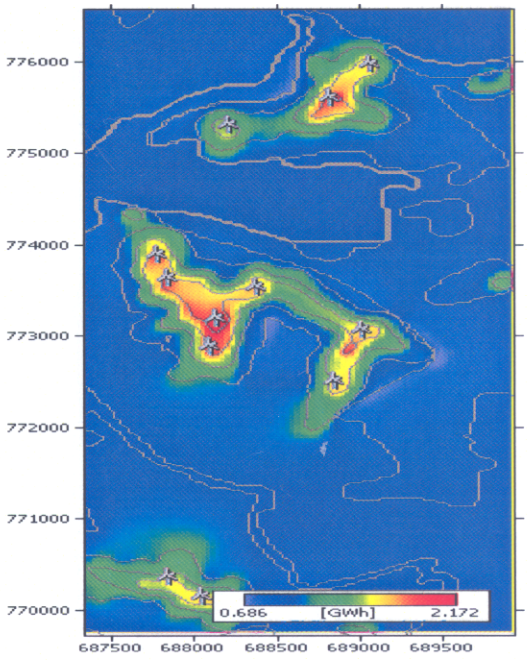
รูปที่ 4.493 สทิงพระวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 15 MW (Resolution 10 m)



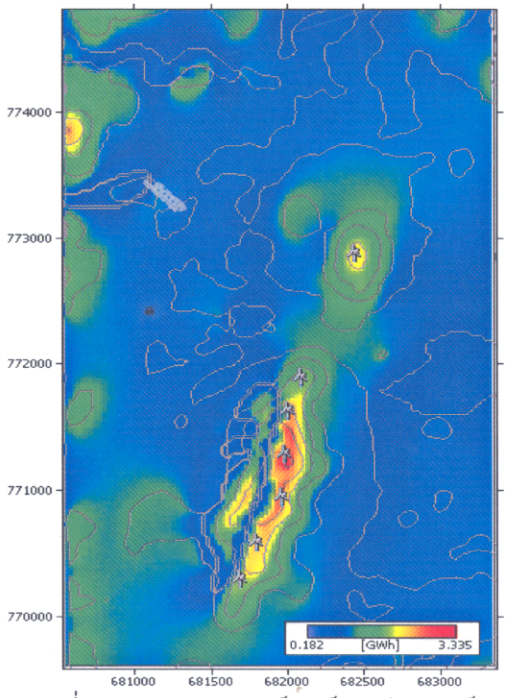
รูปที่ 4.495 สิงหนครวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 7 MW (Resolution 10 m)



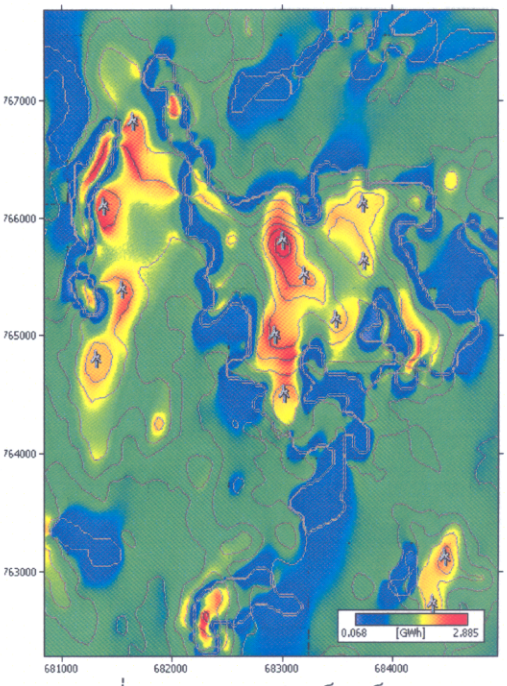
รูปที่ 4.496 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1 ขนาด 12 MW (Resolution 10 m)



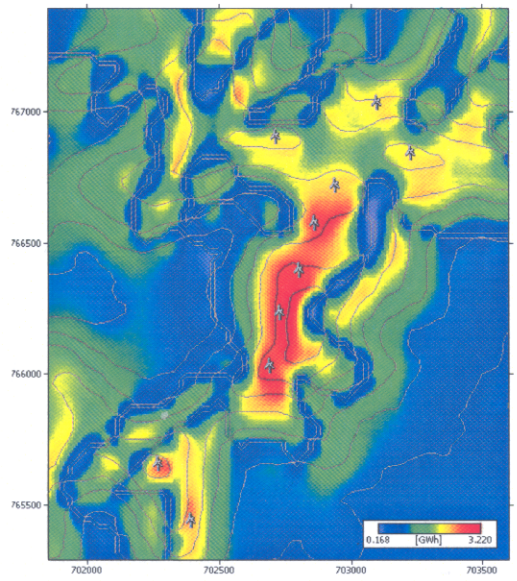
รูปที่ 4.498 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์3 ขนาด 12 MW (Resolution 10 m)



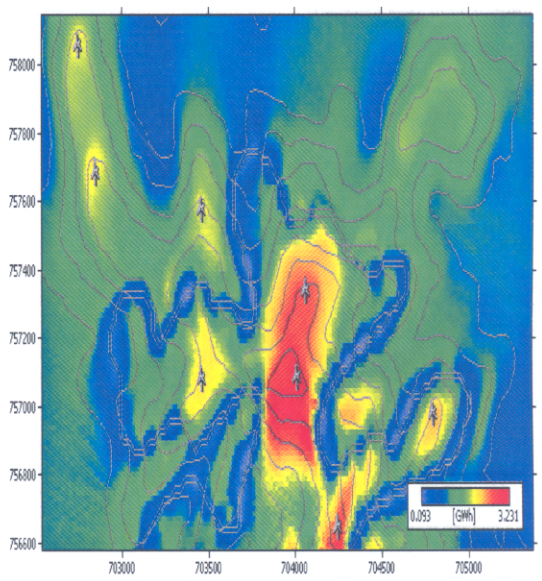
รูปที่ 4.497 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์2 ขนาด 7 MW (Resolution 10 m)



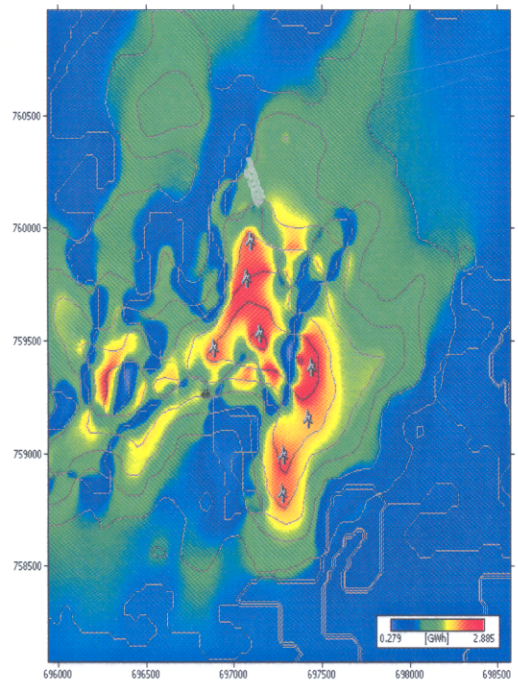
รูปที่ 4.499 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์ 4 ขนาด 12 MW (Resolution 10 m)



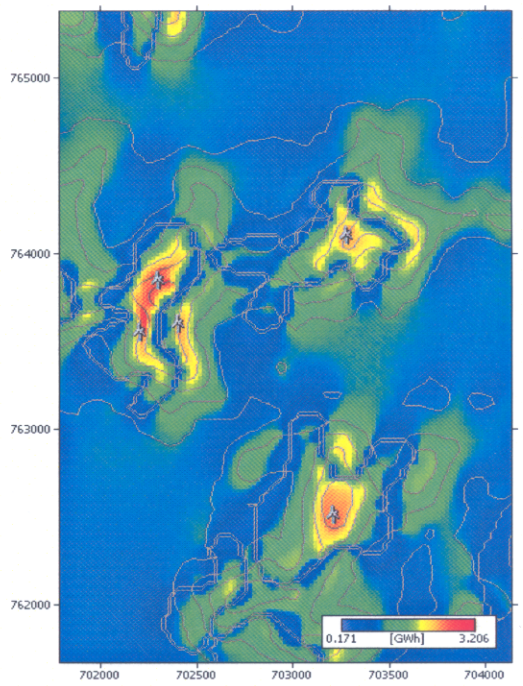
รูปที่ 4.500 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์5
ขนาด 10 MW (Resolution 10 m)



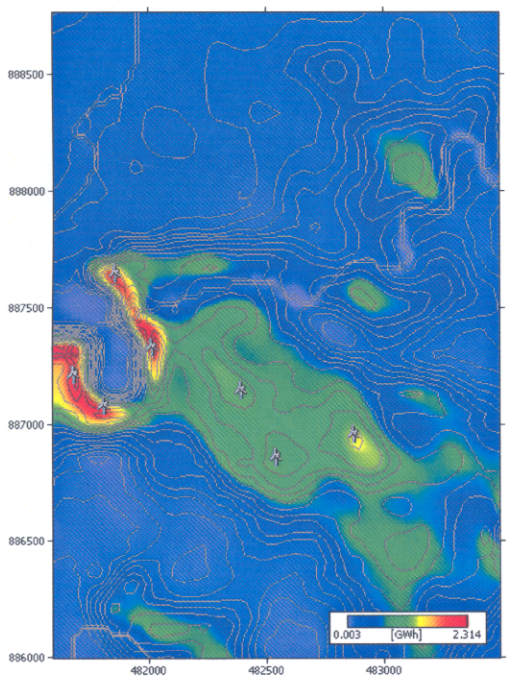
รูปที่ 4.502 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์7
ขนาด 8 MW (Resolution 10 m)



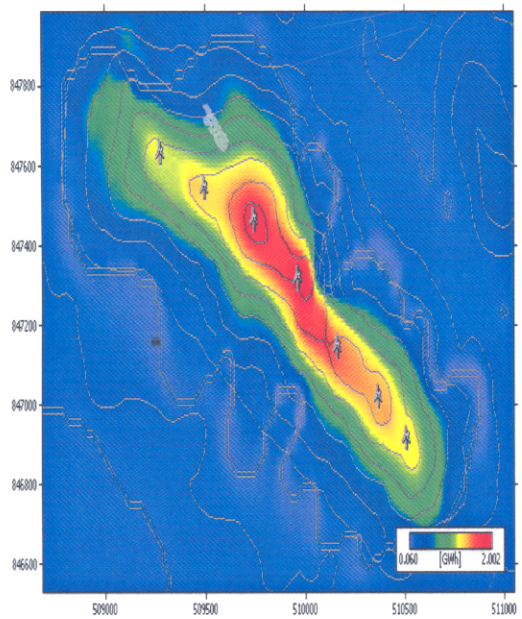
รูปที่ 4.501 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์6
ขนาด 8 MW (Resolution 10 m)



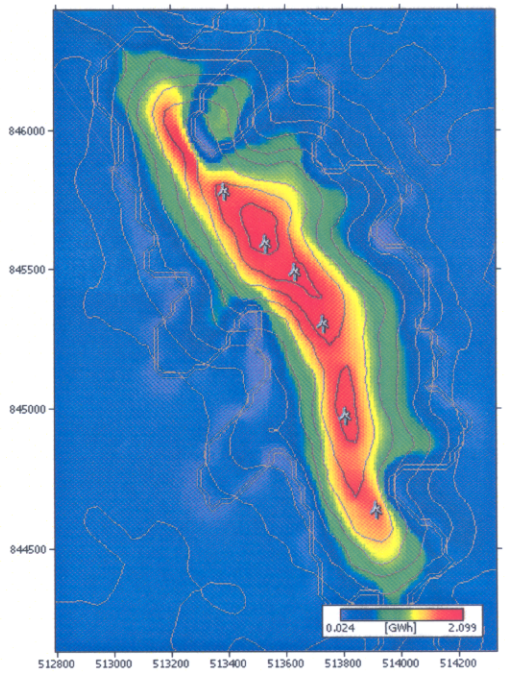
รูปที่ 4.503 จะนะวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์8
ขนาด 5 MW (Resolution 10 m)



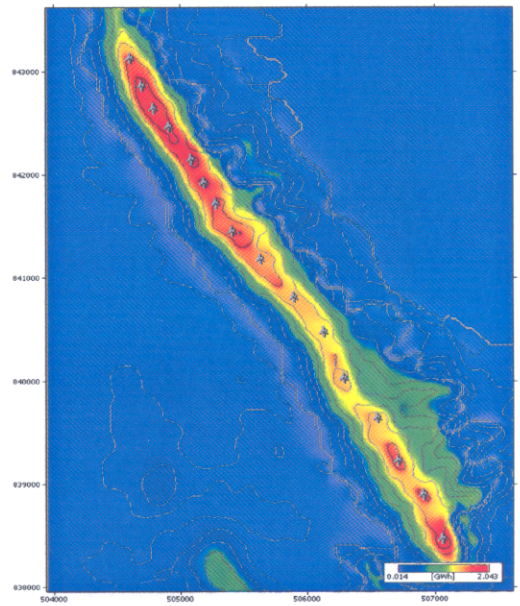
รูปที่ 4.504 เหนือคลองวินด์ฟาร์ม
คลัสเตอร์1 ขนาด 7 MW
(Resolution 10 m)



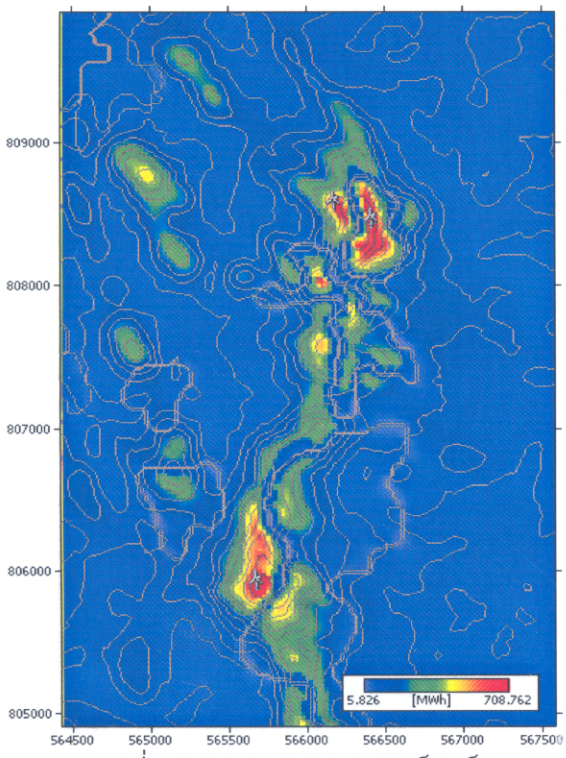
รูปที่ 4.505 เกาะลันตาวินด์ฟาร์ม
คลัสเตอร์1 ขนาด 7 MW
(Resolution 10 m)



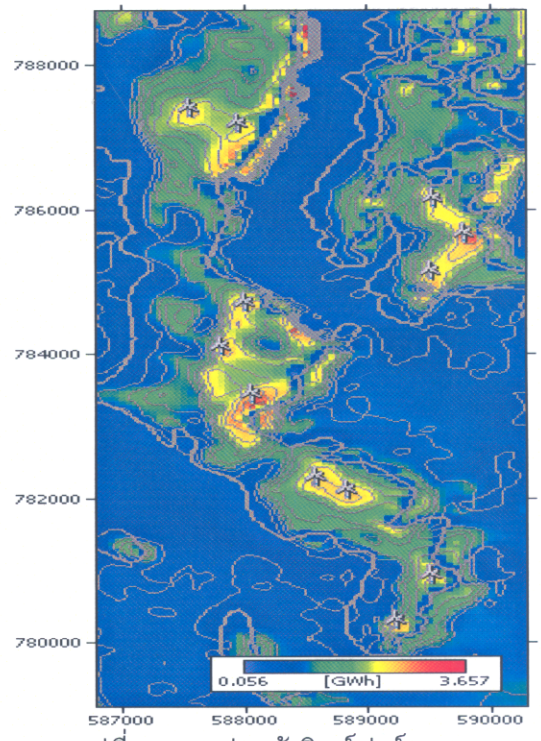
รูปที่ 4.506 เกาะลันตาวินด์ฟาร์ม
คลัสเตอร์ 2 ขนาด 16 MW
(Resolution 10 m)



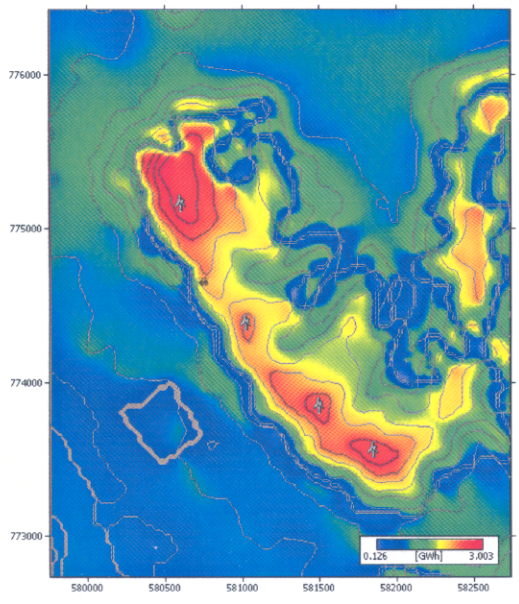
รูปที่ 4.507 เกาะลันตาวินด์ฟาร์ม
คลัสเตอร์3 ขนาด 16 MW
(Resolution 10 m)



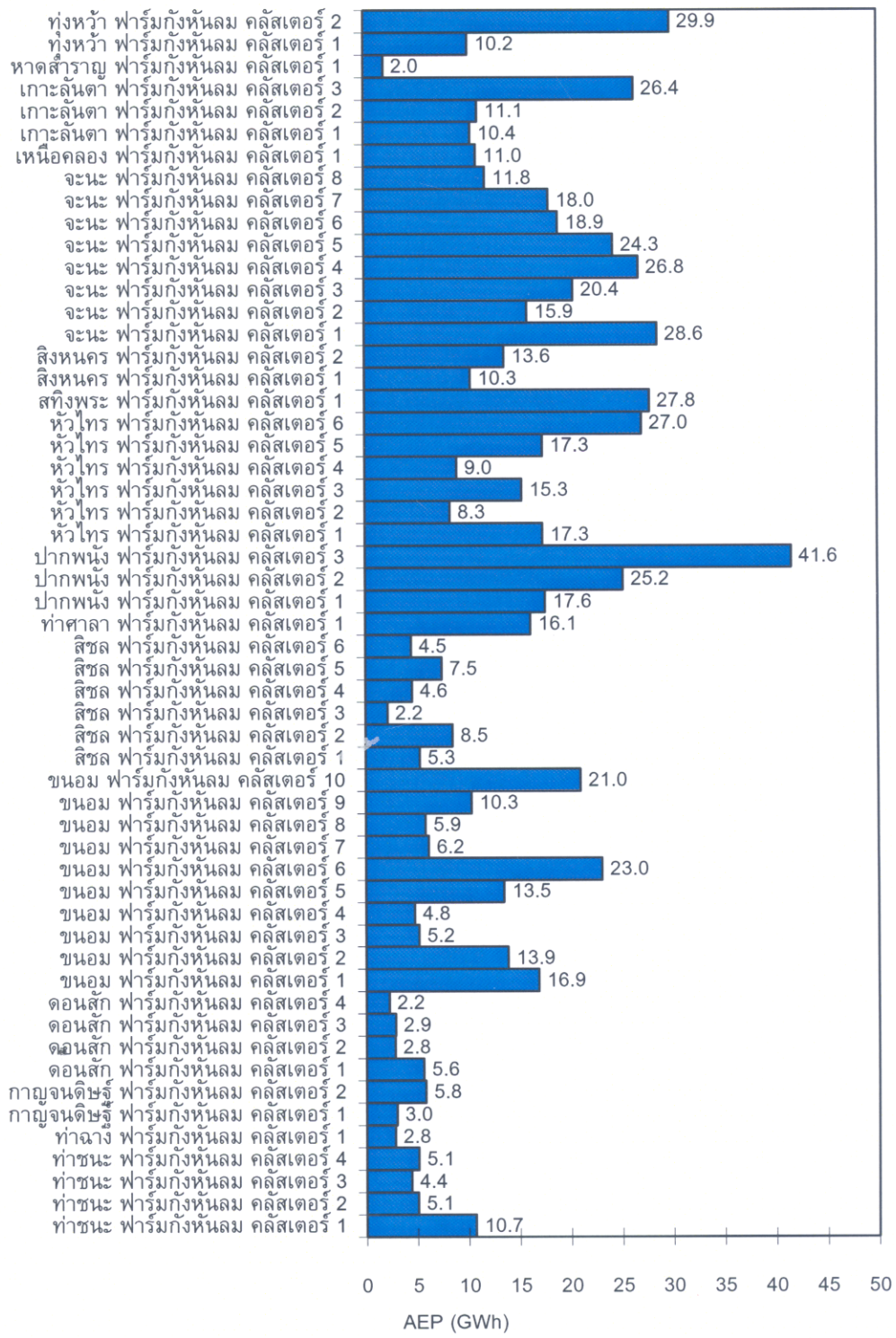
รูปที่ 4.508 หาดสำราญวินด์ฟาร์ม
คลัสเตอร์1 ขนาด 3 MW
(Resolution 10 m)



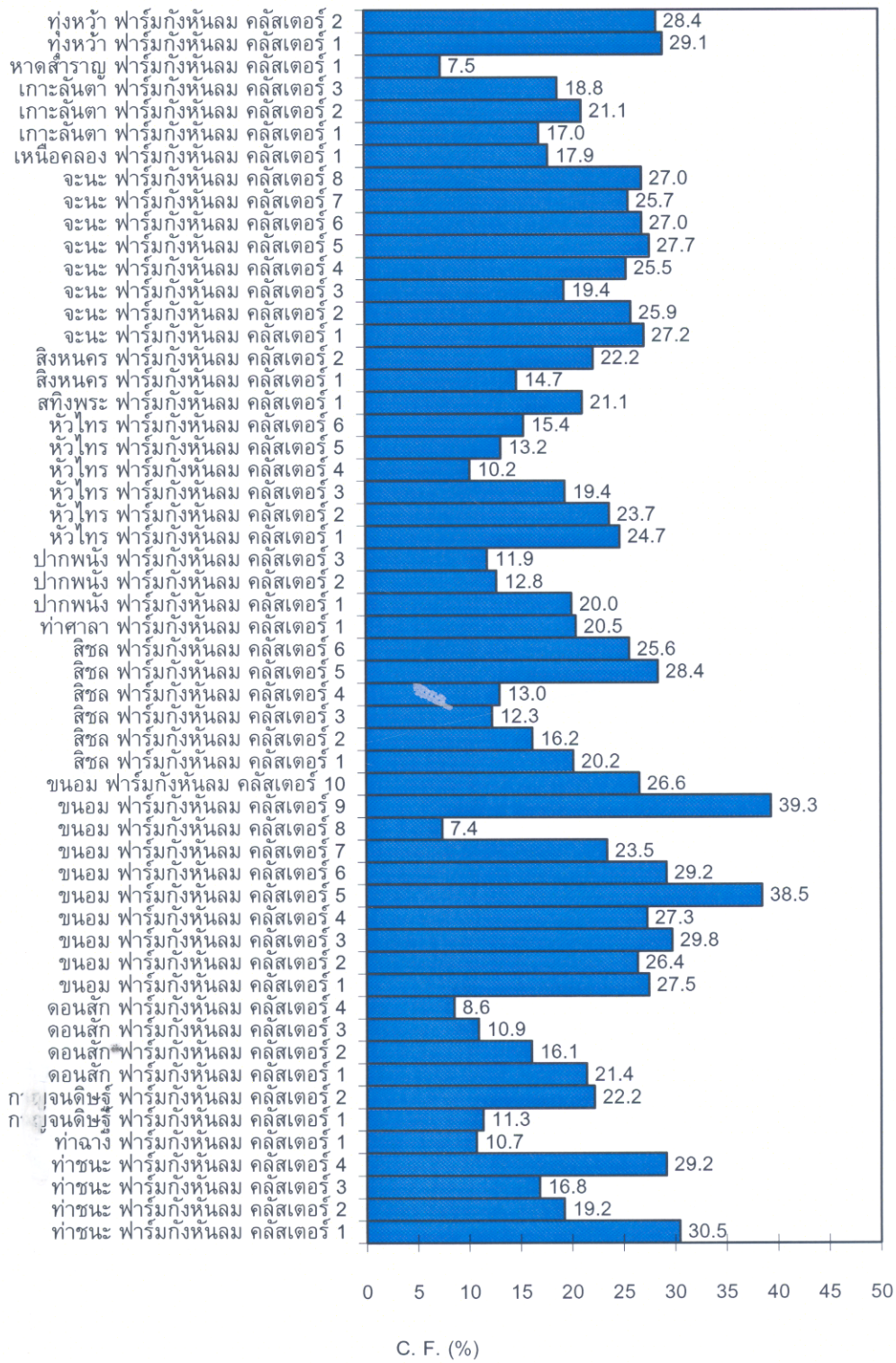
รูปที่ 4.510 ทุ่งหว้าวินด์ฟาร์ม
คลัสเตอร์2 ขนาด 12 MW
(Resolution 10 m)



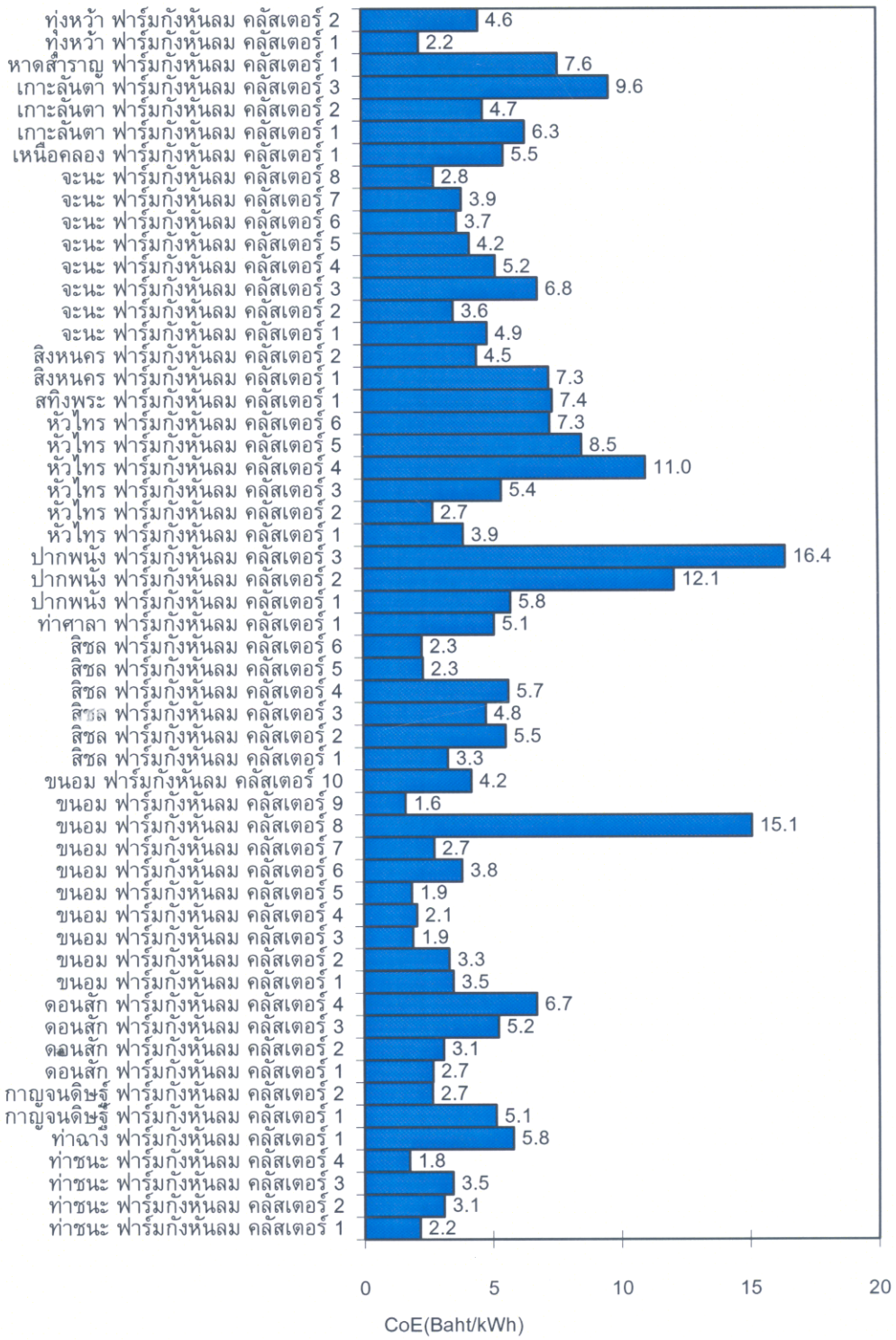
รูปที่ 4.509 ทุ่งหว้าวินด์ฟาร์ม คลัสเตอร์1
ขนาด 4 MW (Resolution 10 m)



รูปที่ 4.511 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลม ของแต่ละคลัสเตอร์



รูปที่ 4.512 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมของแต่ละคลัสเตอร์



รูปที่ 4.513 ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วยที่ผลิตได้
ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมของแต่ละคลัสเตอร์

ตารางที่ 4.43-4.48 แสดงการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมและรายละเอียดทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม ได้แก่ จำนวนกังหันลมในแต่ละคลัสเตอร์ ค่าประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสุทธิรายปี (Net AEP) และการสูญเสียเนื่องจากเวก (Wake Loss)

ตารางที่ 4.43 ประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยและปริมาณหน่วยไฟฟ้ารายปีของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมบริเวณ จ.สุราษฎร์ธานี

No.	Wind Farm Site Name	Turbine Cluster	No. of WTG	C. F. (%)	CoE (Baht/kWh)	Net AEP (GWh)	Wake Loss (%)
1.	ท่าชนะ	Cluster1	4	30.5	2.2	10.6	1.03
		Cluster2	3	19.2	3.1	5.05	1.07
		Cluster3	3	16.8	3.5	4.3	0.11
		Cluster4	2	29.2	1.8	5.1	0.43
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 12 MW							
2.	ท่าฉาง	Cluster1	3	10.7	5.8	2.8	2.53
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 3 MW							
3.	กาญจนดิษฐ์	Cluster1	3	11.3	5.1	2.9	1.14
		Cluster2	3	22.2	2.7	5.8	1.81
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 6 MW							
4.	ดอนสัก	Cluster1	3	21.4	2.7	5.6	3.8
		Cluster2	3	16.1	3.1	2.8	0.14
		Cluster3	2	10.9	5.2	2.9	2.79
		Cluster4	3	8.6	6.7	2.2	0.41
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 11 MW							
Total Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 32 MW							

ตารางที่ 4.44 ประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยและปริมาณหน่วยไฟฟ้ารายปี ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมบริเวณ จ.นครศรีธรรมราช

No.	Wind Farm Site Name	Turbine Cluster	No. of WTG	C. F. (%)	CoE (Baht/kWh)	Net AEP (GWh)	Wake Loss (%)
1.	ขนอม	Cluster1	7	27.5	3.5	16.9	2.22
		Cluster2	6	26.4	3.3	13.9	0.47
		Cluster3	2	29.8	1.9	5.2	0.66
		Cluster4	2	27.3	2.1	4.8	0.04
		Cluster5	5	38.5	1.9	13.5	0.27
		Cluster6	9	29.2	3.8	23.0	0.36
		Cluster7	3	23.5	2.7	6.2	0.71
		Cluster8	9	7.4	15.1	5.9	0.64
		Cluster9	3	39.3	1.6	10.3	0.87
		Cluster10	9	26.6	4.2	21.0	7.68
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 55 MW							
2.	สิชล	Cluster1	3	20.2	3.3	5.3	0.98
		Cluster2	6	16.2	5.5	8.5	0.60
		Cluster3	2	12.3	4.8	2.2	1.23
		Cluster4	4	13.0	5.7	4.6	1.25
		Cluster5	3	28.4	2.3	7.5	1.51
		Cluster6	2	25.6	2.3	4.5	0.97
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 20 MW							
3.	ท่าศาลา	Cluster1	9	20.4	5.74	16.074	0.37
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 9 MW							
4.	ปากพนัง	Cluster1 (1 MW)	10	20.0	5.75	17.6	1.38
		Cluster2 (1.5 MW)	10	12.8	12.1	25.2	2.62
		Cluster3 (2.0 MW)	10	11.9	16.4	41.6	2.07
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 45 MW							

5.	หัวไทร	Cluster1	8	24.7	3.9	17.3	0.95
		Cluster2	4	23.7	2.7	8.3	0.59
		Cluster3	9	19.4	5.4	15.3	1.79
		Cluster4 (1 MW)	10	10.3	11.0	9.0	2.1
		Cluster5 (1.5 MW)	10	13.2	8.5	17.3	0.950
		Clsuter6 (2 MW)	10	15.4	7.3	27.0	1.15
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 66 MW							
Total Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 195 MW							

ตารางที่ 4.45 ประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยและปริมาณหน่วยไฟฟ้ารายปี ของฟาร์มกังหันลมบริเวณ จ.สงขลา

No.	Wind Farm Site Name	Turbine Cluster	No. of WTG	C. F. (%)	CoE (Baht/kWh)	Net AEP (GWh)	Wake Loss (%)
1.	กระแสสินธุ์	Cluster1	15	21.1	7.4	27.8	0.62
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 15 MW							
2.	สิงหนคร	Cluster1	8	14.7	7.3	10.3	1.93
		Cluster2	7	22.2	4.5	13.6	1.47
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 15 MW							
3.	จะนะ	Cluster1	12	27.2	4.9	28.6	2.88
		Cluster2	7	25.9	3.6	15.9	0.12
		Cluster3	12	19.4	6.8	20.4	0.19
		Cluster4	12	25.5	5.2	26.8	0.18
		Cluster5	10	27.7	4.2	24.3	0.22
		Cluster6	8	27.0	3.7	18.9	2.94
		Clsuter7	8	25.7	3.9	18.0	2.45
		Cluster8	5	27.0	2.8	11.8	3.02
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 74 MW							
Total Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 104 MW							

ตารางที่ 4.46 ประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยและปริมาณหน่วยไฟฟ้ารายปีของฟาร์มกังหันลมบริเวณ จ.กระบี่

No.	Wind Farm Site Name	Turbine Cluster	No. of WTG	C. F. (%)	CoE (Baht/kWh)	Net AEP (GWh)	Wake Loss (%)
1.	เกาะลันตา	Cluster1	7	17.0	6.3	10.4	1.01
		Cluster2	6	21.1	4.7	11.11	0.72
		Cluster3	16	18.8	9.6	26.3	0.35
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 29 MW							
Total Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 29 MW							

ตารางที่ 4.47 ประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยและปริมาณหน่วยไฟฟ้ารายปีของฟาร์มกังหันลมบริเวณ จ.ตรัง

No.	Wind Farm Site Name	Turbine Cluster	No. of WTG	C. F. (%)	CoE (Baht/kWh)	Net AEP (GWh)	Wake Loss (%)
1.	หาดสำราญ	Cluster1	3	7.5	7.6	2.0	0.62
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 3 MW							
Total Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 3 MW							

ตารางที่ 4.48 ประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยและปริมาณหน่วยไฟฟ้ารายปีของฟาร์มกังหันลมบริเวณ จ.สตูล

No.	Wind Farm Site Name	Turbine Cluster	No. of WTG	C. F. (%)	CoE (Baht/kWh)	Net AEP (GWh)	Wake Loss (%)
1.	ทุ่งหว้า	Cluster1	4	29.1	2.2	10.2	0.4
		Cluster2	12	28.4	4.6	29.9	0.92
Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 16 MW							
Total Potential Installed Capacity of Wind Farm Power Plant = 16 MW							

การจัดลำดับความสำคัญ (Priority) ในการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมในบริเวณพื้นที่จังหวัดทางภาคใต้ของโครงการนี้ได้ทำการวิเคราะห์บนพื้นฐานของการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Analysis) ซึ่งเป็นการให้คะแนนตั้งแต่ระดับ 1-5 ในแต่ละเกณฑ์รวมทั้งสิ้น 5 เกณฑ์ด้วยกันของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมทั้ง 55 วินด์ฟาร์ม ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสงขลา จังหวัดกระบี่ จังหวัดตรังและจังหวัดสตูล ตารางที่ 4.49 แสดงเกณฑ์ (Criteria) และการให้ค่าน้ำหนัก (Weighting) ของแต่ละเกณฑ์ตามหลักเกณฑ์ในแนวนอนน้อยกว่าหลักเกณฑ์ในแนวตั้ง ค่าการเปรียบเทียบจะมีค่าเท่ากับ 1 แต่ถ้าเกณฑ์ในแนวนอนมีความสำคัญเท่ากับเกณฑ์ในแนวตั้ง ค่าการเปรียบเทียบจะมีค่าเท่ากับ 2 และถ้าเกณฑ์ในแนวนอนมีความสำคัญมากกว่าเกณฑ์ในแนวตั้ง ค่าการเปรียบเทียบจะมีค่าเท่ากับ 3 โดยที่ในกรณีของการเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์เดียวกันจะให้ค่าการเปรียบเทียบมีค่าเท่ากับ 0 แล้วนำคะแนนที่ได้รับมาคูณกับค่าน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยนำผลคูณที่ได้มารวมกันเป็นคะแนนสำหรับการพิจารณาเกรดต่อไป

ตารางที่ 4.50 แสดงการให้คะแนนสำหรับเกณฑ์ต่างๆ โดยมีแนวคิดในการพิจารณาดังนี้ โรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมใดมีต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย (CoE) ต่ำสุดจัดว่าเป็นโรงไฟฟ้าที่น่าลงทุนที่สุดและจะได้รับคะแนนสูงสุด ส่วนโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมใดที่ให้ค่า C.F. สูงนั่นก็แสดงว่าเป็นโรงไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงและจะได้รับคะแนนสูงตามไปด้วย อย่างไรก็ตามเนื่องจากแหล่งที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงหรือแหล่งลมดีมักจะเป็นบริเวณยอดเขาหรือสันเขาซึ่งการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมบนบริเวณพื้นที่ดังกล่าวโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณยอดเขาสูงๆ อาจจะกระทำได้ยากหรืออาจจะมีปัญหาในทางวิศวกรรมหรือการก่อสร้าง ดังนั้นโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมใดที่มีทำเลที่ตั้งอยู่บนยอดเขาหรือสันเขาสูงๆ ก็จะได้คะแนนน้อยตามไปด้วย นอกจากนี้โรงไฟฟ้าใดที่มีค่า AEP สูง นั่นก็แสดงว่าโรงไฟฟ้านั้นสามารถผลิตไฟฟ้าป้อนเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้มากในแต่ละปีนั่นเองและจะได้รับคะแนนสูงตามสุดท้ายนี้โรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมใดที่มีคลัสเตอร์ที่ประกอบไปด้วยกังหันลมผลิตไฟฟ้าจำนวนมากหรือมีกำลังการผลิตติดตั้ง (Installed Capacity) มากๆ ก็จะเป็นการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าพลังงานลมซึ่งจะทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมเป็นไปตามเป้าหมายของนโยบายและยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานลมโดยเป้าหมายดังกล่าวมีค่ากำลังการผลิตประมาณ 115 MW ซึ่งจะได้คะแนนมากตามไปด้วย

โรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมใดที่มีคะแนนรวมสูงและได้รับเกรดสูงนั่นก็แสดงว่าโรงไฟฟ้าพลังงานชนิดฟาร์มกังหันลมนั้นมีศักยภาพสูงที่จะได้รับการพัฒนาต่อไป

ตารางที่ 4.49 การให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ต่างๆ

Criteria	CoE	C. F.	Mean H	AEP	Capacity	Total	Weight
CoE	0	3	2	2	3	10	0.263
C. F.	1	0	2	2	3	8	0.211
Mean H	2	3	0	2	3	10	0.263
AEP	1	2	1	0	2	6	0.158
Capacity	1	1	1	1	0	4	0.105
Total	5	9	6	7	11	38	1.000

ตารางที่ 4.50 การให้คะแนนสำหรับเกณฑ์ต่างๆ

	5	4	3	2	1
CoE (Baht/kWh)	<2	$2 \leq$ CoE ≤ 4	$4 \leq$ CoE < 6	$6 \leq$ CoE < 8	CoE ≥ 8
C. F. (%)	≥ 30	$25 \leq$ C. F. < 30	$20 \leq$ C. F. < 25	$15 \leq$ C. F. < 20	< 15
Mean H (m)	< 100	$100 \leq H \leq 200$	$200 < H \leq 300$	$300 < H \leq 400$	≥ 400
AEP (GWh)	≥ 30	$20 \leq$ AEP < 30	$10 \leq$ AEP < 20	$5 \leq$ AEP < 10	< 5
Capacity (MW)	> 15	12 - 15	8 – 11	4 - 7	1 – 3

หมายเหตุ: 5 หมายถึง มากที่สุด

4 หมายถึง มาก

3 หมายถึง ปานกลาง

2 หมายถึง น้อย

1 หมายถึง น้อยที่สุด

จากการวิเคราะห์น้ำหนักการให้คะแนนจะทำให้ได้สมการสำหรับการคำนวณคะแนนดังสมการที่ 4.1

$$Score = 0.263CoE + 0.211C.F. + 0.263H + 0.158AEP + 0.105Capacity \quad (4.1)$$

โดยที่ CoE คือ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย (Baht/kWh)

$C.F.$ คือ Capacity Factor (%)

H คือ ความสูงเฉลี่ยของทำเลที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลม (km)

AEP คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (GWh)

$Capacity$ คือ กำลังการผลิตติดตั้ง (MW)

เกณฑ์การให้เกรดสำหรับการวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมแสดงดังรายละเอียดล่างนี้

$A \geq 4.0$

$3.5 \leq B^{+} < 4.0$

$3.0 \leq B < 3.5$

$2.5 \leq C^{+} < 3.0$

$0.0 \leq C < 2.5$

โดยที่โรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมใดที่ได้เกรดมากกว่า B เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมที่มีศักยภาพสูงและควรจะได้รับการพัฒนาหรือการส่งเสริม ส่วนโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมใดที่ได้เกรด C^{+} จะเป็นโรงไฟฟ้าที่มีศักยภาพปานกลาง ส่วนโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมใดที่ได้เกรด C เป็นโรงไฟฟ้าที่มีศักยภาพ

ต่ำนั่นเอง

ผลการวิเคราะห์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมแสดงดังตารางที่ 4.51 จากผลการวิเคราะห์โรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมทั้ง 55 คลัสเตอร์พบว่าโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนามีกำลังการผลิตติดตั้งทั้งหมด 385 MW โดยเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีกำลังการผลิตติดตั้งทั้งหมด 20 MW โดยแบ่งออกเป็นพื้นที่อำเภอท่าชนะกำลังการผลิต 12 MW พื้นที่อำเภอกาญจนดิษฐ์กำลังการผลิต 3 MW พื้นที่อำเภอดอนสักกำลังการผลิต 5 MW โดยโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช มีกำลังการผลิตทั้งหมด 179 MW แบ่งออกเป็นพื้นที่อำเภอขนอม กำลังการผลิต 45 MW พื้นที่อำเภอสิชล กำลังการผลิต 14 MW อำเภอท่าศาลา กำลังการผลิต 9 MW อำเภอปากพนัง กำลังการผลิต 45 MW และอำเภอหัวไทร กำลังการผลิต 66 MW และเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมในพื้นที่จังหวัดสงขลา ที่มีกำลังการผลิตทั้งหมด 104 MW โดยเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมในพื้นที่อำเภอกระแสสินธุ์และอำเภอสทิงพระ กำลังการผลิต 15 MW อำเภอสิงหนคร 15 MW และในพื้นที่อำเภอจะนะ กำลังการผลิต 74 MW

สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมตามแนวชายฝั่งทะเลอันดามันที่มีศักยภาพสูงสำหรับการพัฒนาประกอบไปด้วยโรงไฟฟ้า กำลังการผลิตทั้งหมด 52 MW โดยเป็นโรงไฟฟ้าในพื้นที่อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ กำลังการผลิต 7 MW ในพื้นที่อำเภอเกาะลันตา กำลังการผลิต 29 MW และในพื้นที่อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล กำลังการผลิต 16 MW

หลังจากทำการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์พบว่ามีโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมที่มีความเป็นไปได้สูงและมีความเหมาะสมต่อการพัฒนาโดยมีกำลังการผลิตทั้งสิ้น 348 MW

อย่างไรก็ตามควรจะมีการสำรวจเชิงพื้นที่เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของสถานที่ติดตั้ง การทดสอบสภาพดิน (Soil Test) นอกจากนี้ควรจะมีการศึกษาความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมทั้งในทางเทคนิคและการวิเคราะห์โครงการโดยเฉพาะอย่างยิ่งดัชนีทางการเงินเพื่อสร้างความมั่นใจให้กับนักลงทุนก่อนการตัดสินใจลงทุนโครงการขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตามเนื่องจากโครงการการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมเป็นโครงการขนาดใหญ่ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อประชาชนทั้งทางตรงหรือทางอ้อม ดังนั้นเพื่อเป็นการลดแรงต้านดังกล่าวจึงควรจะมีการประชาสัมพันธ์และสร้างความเข้าใจรวมทั้งรับฟังความคิดเห็นของประชาชน และควรมีการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะเสียงจากฟาร์มกังหันลมและผลกระทบทางสายตาเพื่อสร้างความเชื่อมั่นต่อตัวโครงการ

ตารางที่ 4.51 โรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมที่มีศักยภาพสูงบริเวณทางภาคใต้ของประเทศไทย

ลำดับ	ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์	กังหันลม 1.0 MW	คะแนน	เกรด
1	ขนอม ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 6	9	3.92	B+
2	ท่าชนะ ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 1	4	3.75	B+
2	ขนอม ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 5	4	3.75	B+
2	ขนอม ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 9	3	3.75	B+
5	ขนอม ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 10	9	3.72	B+
5	จะนะ ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 1	12	3.72	B+
5	จะนะ ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 4	12	3.72	B+
5	จะนะ ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 5	10	3.72	B+
5	ทุ่งหว้า ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 2	12	3.72	B+
10	ขนอม ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 1	7	3.66	B+
10	ขนอม ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 2	6	3.66	B+
10	จะนะ ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 2	7	3.66	B+
10	จะนะ ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 6	8	3.66	B+
10	จะนะ ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 7	8	3.66	B+
10	จะนะ ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 8	5	3.66	B+
16	ท่าชนะ ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 4	2	3.60	B+
16	ขนอม ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 3	2	3.60	B+
18	ทุ่งหว้า ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 1	4	3.55	B+
19	ปากพนัง ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 2 (X 1.5 MW)	15	3.50	B+
20	ปากพนัง ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 3 (X 2.0 MW)	20	3.45	B
21	หัวไทร ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 1	8	3.44	B
22	สทิงพระ ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 1	15	3.41	B
23	สิชล ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 5	3	3.39	B
24	ท่าศาลา ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 1	9	3.35	B
25	สิงหนคร ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 2	7	3.24	B
25	เกาะลันตา ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 2	6	3.24	B
27	ขนอม ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 4	2	3.23	B
27	สิชล ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 6	2	3.23	B
29	กาญจนดิษฐ์ ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 2	3	3.18	B
29	ดอนสัก ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 1	3	3.18	B
29	ขนอม ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 7	3	3.18	B
29	สิชล ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 1	3	3.18	B
29	หัวไทร ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 2	4	3.18	B
34	หัวไทร ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 3	9	3.14	B
35	เกาะลันตา ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 3	16	3.10	B
36	หัวไทร ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 6 (X 2.0 MW)	20	3.09	B
36	จะนะ ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 3	12	3.09	B
รวม		284		
38	ท่าชนะ ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 3	3	2.97	C+
39	ปากพนัง ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 1	10	2.93	C+
40	สิชล ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 2	6	2.87	C+
41	เกาะลันตา ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 7	7	2.83	C+
42	ท่าชนะ ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 3	3	2.81	C+
42	ดอนสัก ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 2	2	2.81	C+
44	สิงหนคร ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 8	8	2.62	C+
45	หัวไทร ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 4	10	2.52	C+
45	หัวไทร ฟาร์มกังหันลม คลัสเตอร์ 5 (X 1.5 MW)	15	2.52	C+
รวม		64		
รวม		348		

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะพื้นที่ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลมที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m ณ สถานีวิจัยพลังงานลม 18 สถานี ตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทย จำนวน 14 สถานี และ ตามแนวชายฝั่งทะเลอันดามันอีกจำนวน 4 สถานี ข้อมูลอัตราเร็วและทิศทางของลมที่ได้จากการตรวจวัดระยะยาวในช่วงเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2550-มกราคม พ.ศ. 2551 ของแต่ละสถานีถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลมรายเดือน ความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน การแจกแจงไวบุลล์รายเดือน ไวบุลล์พารามิเตอร์รายเดือนและผังลมรายเดือน โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลลมรวมช่วงลมสงบและไม่รวมช่วงลมสงบ และสร้างไฟล์ OWC สำหรับข้อมูลภูมิอากาศของลมที่ระดับความสูงของศูนย์กลางส่วนหมุนของกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ คือที่ระดับความสูง 45 m 50 m 60 m และ 67 m โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลมเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละสถานีสำหรับการประมาณค่านอกช่วงโดยใช้กฎลอการิธึมเพื่อใช้เป็นอินพุทให้กับโปรแกรมสำเร็จรูป *WAsP* 9.0 สำหรับวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม โดยเลือกใช้กังหันลมรุ่น NEG-Micon48 สำหรับขนาด 0.75 MW กังหันลมรุ่น Bonus สำหรับขนาด 1.0 MW กังหันลมรุ่น Vestas V63 สำหรับขนาด 1.5 MW และกังหันลมรุ่น Vestas V80 สำหรับขนาด 2.0 MW นอกจากนี้ยังได้จัดทำแผนที่เส้นชั้นความสูง เส้นชั้นละ 30 m จากแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ชุด L7018 ของกรมแผนที่ทหาร และจัดทำแผนที่ดัชนีความขรุขระโดยอาศัยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งพัฒนาโดยกรมพัฒนาที่ดินที่มีขนาดพิกัด 15×15 km^2 และทำการพัฒนาไฟล์ข้อมูลดิจิตอลของข้อมูลทั้งสองด้วยโปรแกรม *WAsP* Utility 3.0 สำหรับการสร้างแผนที่เวกเตอร์เพื่อใช้เป็นอินพุทให้กับโปรแกรม *WAsP* 9.0 สำหรับการวิเคราะห์ศักยภาพของพลังงานลมและการกระจายเชิงพื้นที่ โดยทำการรันโปรแกรมที่ระดับความละเอียด 50 m

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 สามารถสร้างแผนที่สำหรับแสดงการกระจายเชิงพื้นที่ของข้อมูลระดับความสูง ความขรุขระ ความเร็วลมเฉลี่ย ความหนาแน่นกำลังลมและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี

ผลการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีจากกังหันลมขนาดต่างกันทั้ง 4 ขนาดถูกนำไปวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมโดยพิจารณาพารามิเตอร์คาปาซิตี้แฟกเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานลม และทำการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบดังกล่าวโดยพิจารณาถึงการเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยแยกพิจารณาออกเป็น 2 กรณี คือ ในกรณีของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า ณ

สถานีวิจัยพลังงานลมหรือ ณ ตำแหน่งวัดลม และในกรณีที่ของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในพื้นที่แหล่งลมดี เช่น บนแนวสันเขาหรือยอดเขา

5.1.1 ศักยภาพของพลังงานลม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงให้เห็นถึงความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูงต่างๆ ดังตารางที่ 5.1 โดยที่ระดับความสูง 60 m ซึ่งเป็นระดับความสูงของศูนย์กลางส่วนหมุนของกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.5 MW มีสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีความเร็วลมเฉลี่ยมากกว่า 6 m/s จำนวน 3 สถานี ได้แก่ ปากพนัง ท่าศาลา และระโนด ส่วนสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4-6 m/s จำนวน 5 สถานี ได้แก่ หัวไทร สทิงพระ1 สทิงพระ2 จะนะและสิงหนคร

ตารางที่ 5.1 ความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูงต่างๆ รายสถานี

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)							
		ณ สถานีวิจัยพลังงานลม				ณ บริเวณแหล่งลมดี			
		45 m	50 m	60 m	67 m	45 m	50 m	60 m	67 m
1	ท่าชนะ	3.5	3.7	3.9	4.3	10.4	10.8	10.9	11.1
2	ท่าฉาง	2.9	3.3	3.6	3.0	4.4	4.7	5.1	5.5
3	กาญจนดิษฐ์	2.7	2.9	3.0	3.9	6.7	6.9	7.4	9.0
4	ดอนสัก	3.0	2.9	3.3	3.5	6.0	6.1	6.3	6.4
5	ขนอม	3.4	3.5	3.7	3.9	10.6	10.9	11.3	11.4
6	สิชล	2.6	2.9	3.4	3.9	7.0	7.4	8.7	9.2
7	ท่าศาลา	5.4	5.6	6.7	7.3	7.7	8.2	9.1	9.7
8	ปากพนัง	5.6	5.9	6.8	7.3	6.1	6.4	7.2	7.8
9	หัวไทร	4.3	4.4	4.7	5.0	6.6	6.7	7.0	7.2
10	ระโนด	5.4	5.7	6.3	6.8	7.4	7.8	8.4	8.8
11	สทิงพระ1	4.5	4.8	5.6	6.1	6.1	6.5	7.4	8.0
12	สทิงพระ2	4.3	4.4	4.7	4.9	6.6	6.7	6.6	6.7
13	สิงหนคร	4.3	4.4	4.5	4.7	6.4	6.4	6.5	6.6
14	จะนะ	4.5	4.7	5.1	5.5	7.9	8.2	8.6	8.7
15	เหนือคลอง	3.1	3.3	3.4	3.5	7.2	7.4	7.5	7.7
16	เกาะลันตา	3.2	3.4	3.8	4.1	7.6	7.9	8.5	8.6
17	หาดสำราญ	2.1	2.5	2.9	3.0	3.6	4.0	4.5	4.7
18	ทุ่งหว้า	4.4	4.4	4.7	4.8	7.9	8.2	8.6	8.7

และได้พิจารณาสถานีวิจัยพลังงานลมโดยแบ่งออกเป็นสถานีวิจัยที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง (> 6 m/s) ปานกลาง (4-6 m/s) และต่ำ (< 4 m/s) แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5.2-5.4

โดยในกรณีของแหล่งลมดีนั้นได้พิจารณาแบ่งออกเป็นสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูง (> 8 m/s) ปานกลาง (5-8 m/s) และต่ำ (< 5 m/s) ซึ่งพบว่ามีสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงจำนวน 5 สถานี ได้แก่ ขนอม ท่าชนะ ท่าศาลา สิชลและกาญจนดิษฐ์ สำหรับสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมปานกลางจำนวน 8 สถานี ได้แก่ ระโนด ทุ่งหว้า จะนะ เกาะลันตา สทิงพระ1 ปากพนัง เหนือคลองและหัวไทร นอกนั้นเป็นสถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานต่ำ รายละเอียดของแต่ละกลุ่มแสดงดังตารางที่ 5.5-5.7

ตารางที่ 5.2 สถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพพลังงานลมสูง (> 6 m/s)

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสูงจากพื้นดิน (a.g.l.)			
		45 m	50 m	60 m	67 m
1	ปากพนัง	5.6	5.9	6.8	7.3
2	ท่าศาลา	5.4	5.6	6.7	7.3
3	ระโนด	5.4	5.7	6.3	6.8

ตารางที่ 5.3 สถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมปานกลาง (4-6 m/s)

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสูงจากพื้นดิน (a.g.l.)			
		45 m	50 m	60 m	67 m
1	สทิงพระ1	4.5	4.8	5.6	6.1
2	จะนะ	4.5	4.7	5.1	5.5
3	หัวไทร	4.3	4.4	4.7	5.0
4	สทิงพระ2	4.3	4.4	4.7	4.9
5	ทุ่งหว้า	4.4	4.4	4.7	4.8
6	สิงหนคร	4.3	4.4	4.5	4.7

ตารางที่ 5.4 สถานีวิจัยพลังงานลมที่มีศักยภาพของพลังงานลมต่ำ (< 4 m/s)

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสูงจากพื้นดิน (a.g.l.)			
		45 m	50 m	60 m	67 m
1	ท่าชนะ	3.5	3.7	3.9	4.3
2	เกาะลันตา	3.2	3.4	3.8	4.1
3	ขนอม	3.4	3.5	3.7	3.9
4	ท่าฉาง	2.9	3.3	3.6	4.0
5	สิชล	2.6	2.9	3.4	3.9
6	เหนือคลอง	3.1	3.3	3.4	3.5
7	ดอนสัก	3.0	2.9	3.3	3.5
8	กาญจนดิษฐ์	2.7	2.9	3.0	3.9
9	หาดสำราญ	2.1	2.5	2.9	3.0

ตารางที่ 5.5 ความเร็วลมเฉลี่ย ณ แหล่งลมดี (ศักยภาพพลังงานลมสูง > 8 m/s)

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสูงเหนือพื้นดิน (a.g.l.)			
		45 (m)	50 (m)	60 (m)	67 (m)
1	ขนอม	10.6	10.9	11.3	11.4
2	ท่าชนะ	10.4	10.8	10.9	11.1
3	ท่าศาลา	7.7	8.2	9.1	9.7
4	สิชล	7.0	7.4	8.7	9.2
5	ทุ่งหว้า	7.9	8.2	8.6	8.7
6	จะนะ	7.9	8.2	8.6	8.7
7	เกาะลันตา	7.6	7.9	8.5	8.6
8	ระโนด	7.4	7.8	8.4	8.8

5.1.2 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 แสดงปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีจากกังหันลมขนาด 0.75 MW รุ่น NEG-Micon48 ขนาด 1.0 MW รุ่น Bonus ขนาด 1.5 MW รุ่น Vestas V63 และขนาด 2.0 MW รุ่น Vestas V80 แสดงดังตารางที่ 5.8 ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมในแต่ละสถานีจะขึ้นอยู่กับปริมาณลมของแต่ละสถานี โดยที่สถานีวิจัยพลังงานลมไหนมีอัตราเร็วลมมากก็จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากตามไปด้วย

ตารางที่ 5.6 ความเร็วลมเฉลี่ย ณ แหล่งลมดี (ศักยภาพพลังงานลมปานกลาง 5-8 m/s)

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสูงเหนือพื้นดิน (a.g.l.)			
		45 (m)	50 (m)	60 (m)	67 (m)
1	เหนือคลอง	7.2	7.4	7.5	7.7
2	สทิงพระ1	6.1	6.5	7.4	8.0
3	กาญจนดิษฐ์	6.7	6.9	7.4	9.0
4	ปากพนัง	6.1	6.4	7.2	7.8
5	หัวไทร	6.6	6.7	7.0	7.2
6	สทิงพระ2	6.6	6.7	6.6	6.7
7	สิงหนคร	6.4	6.4	6.5	6.6
8	ดอนสัก	6.0	6.1	6.3	6.4
9	ท่าฉาง	4.4	4.7	5.1	5.5

ตารางที่ 5.7 ความเร็วลมเฉลี่ย ณ แหล่งลมดี (ศักยภาพพลังงานลมต่ำ < 5 m/s)

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ความสูงเหนือพื้นดิน (a.g.l.)			
		45 (m)	50 (m)	60 (m)	67 (m)
1	หาดสำราญ	3.6	4.0	4.5	4.7

ซึ่งจากตารางที่ 5.8 นี้สามารถจำแนกสถานีวิจัยพลังงานลมที่สามารถผลิตไฟฟ้าโดยอาศัยการติดตั้งกังหันลมขนาด 1.5 MW ณ สถานีวิจัยพลังงานลม โดยกังหันลมขนาดดังกล่าวเป็นกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่สามารถติดตั้งได้ตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทยและป้อนไฟฟ้าที่ผลิตได้เข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. โรงไฟฟ้าพลังงานลมที่ผลิตไฟฟ้าป้อนเข้าสู่ระบบจำหน่ายได้มาก (> 2 GWh) ได้แก่สถานีวิจัยพลังงานลมดังนี้

- สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 3.23 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 3.16 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 2.98 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 2.30 GWh

2. โรงไฟฟ้าพลังงานลมที่ผลิตไฟฟ้าป้อนเข้าสู่ระบบจำหน่ายได้ปานกลาง (1-2 GWh) ได้แก่สถานีวิจัยพลังงานลมดังนี้

- สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 1.69 GWh

- สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 1.49 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 1.03 GWh

3. โรงไฟฟ้าพลังงานลมที่ผลิตไฟฟ้าป้อนเข้าสู่ระบบจำหน่ายได้น้อย (< 1 GWh) ได้แก่สถานีวิจัยพลังงานลมดังนี้

- สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 0.81 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 0.61 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 0.47 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 0.44 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 0.42 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 0.40 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 0.28 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 0.24 GWh
- สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ 0.18 GWh

5.1.3 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมของแต่ละสถานีแสดงดังตารางที่ 5.9 โดยสามารถจำแนกโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาด 1.5 MW ซึ่งทำการติดตั้ง ณ สถานีวิจัยพลังงานลม ออกเป็น 3 กลุ่ม ตามประสิทธิภาพได้ดังนี้

1. โรงไฟฟ้าพลังงานลมที่มีประสิทธิภาพสูง (> 20%)
   ได้แก่โรงไฟฟ้าพลังงานลมที่ตั้งอยู่ ณ บริเวณสถานีวิจัยพลังงานลมดังต่อไปนี้

- สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ประสิทธิภาพ 24.6%
- สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ประสิทธิภาพ 24.1%
- สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด ประสิทธิภาพ 22.3%

2. โรงไฟฟ้าพลังงานลมที่มีประสิทธิภาพปานกลาง (10-20%)
   ได้แก่โรงไฟฟ้าพลังงานลมที่ตั้งอยู่ ณ บริเวณสถานีวิจัยพลังงานลมดังต่อไปนี้

- สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ประสิทธิภาพ 17.5%
- สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ ประสิทธิภาพ 12.8%
- สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า ประสิทธิภาพ 11.3%

3. โรงไฟฟ้าพลังงานลมที่มีประสิทธิภาพต่ำ (< 10%)
   ประกอบไปด้วยสถานีวิจัยพลังงานลมจำนวน 10 สถานี

เมื่อเพิ่มขนาดของกังหันลมผลิตไฟฟ้าเป็น 2.0 MW ปรากฏว่าประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.8 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปีจากกังหันลมทั้ง 4 ขนาด รายสถานี

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (GWh)							
		การติดตั้งกังหัน ณ สถานีวิจัยพลังงานลม				การติดตั้งกังหัน ณ บริเวณแหล่งลมดี			
		0.75 MW	1.0 MW	1.5 MW	2.0 MW	0.75 MW	1.0 MW	1.5 MW	2.0 MW
1	ท่าชนะ	0.45	0.59	0.61	1.73	3.27	4.33	6.01	8.28
2	ท่าฉาง	0.15	0.27	0.42	1.26	0.62	0.99	1.50	3.19
3	กาญจนดิษฐ์	0.12	0.29	0.24	1.67	1.84	2.77	3.57	5.83
4	ดอนสัก	0.22	0.15	0.44	1.70	1.74	1.84	3.05	4.66
5	ขนอม	0.37	0.52	0.81	1.70	2.89	3.88	5.34	7.49
6	สิชล	0.09	0.18	0.40	1.23	2.16	3.26	5.14	7.74
7	ท่าศาลา	1.20	1.80	3.16	5.20	2.15	3.03	4.78	6.97
8	ปากพนัง	1.16	1.78	3.23	5.65	1.39	2.10	3.66	6.20
9	หัวไทร	0.56	0.80	1.27	2.51	1.77	2.45	3.67	5.61
10	ระโนด	1.14	1.69	2.93	5.08	2.26	3.21	5.02	7.53
11	สทิงพระ1	0.74	1.19	2.30	4.22	1.52	2.28	3.87	6.19
12	สทิงพระ2	0.61	0.86	1.29	2.48	1.76	2.43	3.30	4.97
13	สิงหนคร	0.53	0.73	1.03	2.04	1.59	2.14	2.99	4.68
14	จะนะ	0.67	1.00	1.69	3.24	2.22	3.04	5.05	7.46
15	เหนือคลอง	0.14	0.21	0.28	0.81	2.19	3.04	4.15	6.06
16	เกาะลันตา	0.16	0.27	0.47	1.34	2.17	3.24	5.78	8.90
17	หาดสำราญ	0.04	0.10	0.18	0.64	0.36	0.72	1.11	2.31
18	ทุ่งหว้า	0.74	1.00	1.49	2.62	2.74	3.66	4.85	6.56

5.1.4 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ของแต่ละสถานีวิจัยพลังงานลมแสดงดังตารางที่ 5.10 ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 1.5 MW สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

1. ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าต่ำ (< 7 บาท/หน่วย)
   ซึ่งได้แก่สถานีวิจัยพลังงานลมดังต่อไปนี้

- สถานีวิจัยพลังงานลมปากพนัง ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า 1.7 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมท่าศาลา ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า 1.8 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมระโนด ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า 1.9 บาท/หน่วย

ตารางที่ 5.9 ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมรายสถานี

ลำดับที่	ชื่อสถานี	คาปาซิตี้แฟกเตอร์ (%)							
		การติดตั้งกังหัน ณ สถานีวิจัยพลังงานลม				การติดตั้งกังหัน ณ บริเวณแหล่งลมดี			
		0.75 MW	1.0 MW	1.5 MW	2.0 MW	0.75 MW	1.0 MW	1.5 MW	2.0 MW
1	ท่าชนะ	6.9	6.7	4.7	9.9	49.7	49.5	45.7	47.2
2	ท่าฉาง	2.3	3.1	3.2	7.2	9.4	11.3	11.4	18.2
3	กาญจนดิษฐ์	1.8	3.3	1.8	9.5	28.0	31.6	27.1	33.3
4	ดอนสัก	3.3	1.7	3.3	9.7	26.5	21.0	23.2	26.6
5	ขนอม	5.6	6.0	6.2	9.7	44.0	44.3	40.6	42.8
6	สิชล	1.4	2.1	3.0	7.0	32.9	37.2	39.1	44.2
7	ท่าศาลา	18.3	20.6	24.1	29.7	32.7	34.6	36.0	39.8
8	ปากพนัง	17.6	20.3	24.6	32.3	21.1	24.0	27.8	35.4
9	หัวไทร	8.5	9.2	9.6	14.3	27.0	28.0	27.9	32.0
10	ระโนด	17.3	19.2	22.3	29.0	34.3	36.6	38.2	43.0
11	สทิงพระ1	11.2	13.6	17.5	24.1	23.2	26.0	29.5	35.3
12	สทิงพระ2	9.3	9.8	9.8	14.2	26.8	27.8	25.1	28.4
13	สิงหนคร	8.1	8.3	7.8	11.6	24.2	24.4	22.7	26.7
14	จะนะ	10.3	11.4	12.8	18.5	33.8	34.7	38.4	42.6
15	เหนือคลอง	2.1	2.4	2.1	4.6	33.4	34.7	31.6	34.6
16	เกาะลันตา	2.4	3.1	3.6	7.6	33.0	37.0	44.0	50.8
17	หาดสำราญ	0.6	1.2	1.4	3.6	5.4	8.2	8.4	13.2
18	ทุ่งหว้า	11.3	11.4	11.3	15.0	41.7	41.7	36.9	37.4

- สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า 2.5 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมจะนะ ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า 3.4 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมทุ่งหว้า ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า 3.7 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมหัวไทร ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า 4.3 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า 4.5 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมสิงหนคร ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า 6.2 บาท/หน่วย

2. ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าปานกลาง (7< ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า < 10 บาท/หน่วย) ซึ่งได้แก่สถานีวิจัยพลังงานลมดังต่อไปนี้

- สถานีวิจัยพลังงานลมขนอม ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า 7.5 บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมท่าชนะ ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า 9.3 บาท/หน่วย

3. ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าสูง (> 10 บาท/หน่วย)
ซึ่งได้แก่สถานีวิจัยพลังงานลมดังต่อไปนี้

- สถานีวิจัยพลังงานลมดอนสัก	ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	12.5	บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมท่าฉาง	ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	14.0	บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมเกาะลันตา	ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	15.1	บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมสิชล	ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	15.6	บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมเหนือคลอง	ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	20.0	บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมกาญจนดิษฐ์	ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	23.1	บาท/หน่วย
- สถานีวิจัยพลังงานลมหาดสำราญ	ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	30.3	บาท/หน่วย

สำหรับกรณีของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า ณ บริเวณแหล่งลมดีนั้นพบว่าต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าต่ำกว่า 6 บาท เกือบทุกสถานี

ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมแสดงดังตารางที่ 5.11 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสถานีวิจัยพลังงานลมไหนสามารถติดตั้งกังหันลมรุ่นใดได้บ้าง จากตารางที่ 5.11 สามารถสรุปได้ว่า ในกรณีของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าบนพื้นราบหรือ ณ สถานีวิจัยพลังงานลมนั้น มีสถานีวิจัยพลังงานลมที่สามารถติดตั้งกังหันลมได้ทุกขนาดจำนวน 3 สถานี ได้แก่ ท่าศาลา ปากพนังและระโนด ส่วนสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ1 จะนะและทุ่งหว้าสามารถติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าได้ขนาด 1.0 MW ขึ้นไป ถึงจะคุ้มค่าต่อการลงทุน ส่วนในกรณีของสถานีวิจัยพลังงานลมสทิงพระ2 และสิงหนครสามารถติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1.0 MW และ 2.0 MW เท่านั้น ถึงจะคุ้มค่าต่อการลงทุน

สำหรับการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในบริเวณแหล่งลมดีนั้น ผลการศึกษาวิจัยพบว่าสามารถติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าได้ทุกขนาดและทุกสถานีเนื่องจากผ่านดัชนีทางการเงินทุกตัวและมีความคุ้มทุนในทางเศรษฐศาสตร์

5.1.5 โรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลม

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม *WAsP* 9.0 ยังพบแหล่งลมที่มีศักยภาพสูงหรือแหล่งลมดีของพื้นที่โดยรอบสถานีวิจัยพลังงานลมทั้ง 18 สถานี อีกจำนวน 55 แหล่ง ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลม โดยแบ่งออกเป็นฟาร์มกังหันลมบนพื้นราบและฟาร์มกังหันลมบนแนวสันเขา สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมบนพื้นราบได้แก่ฟาร์มกังหันลมในพื้นที่อำเภอท่าศาลา อำเภอปากพนังและอำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช

ตารางที่ 5.10 ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้รายสถานี

ลำดับที่	ชื่อสถานี	ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า (บาท/หน่วย)							
		การติดตั้งกังหัน ณ สถานีวิจัยพลังงานลม				การติดตั้งกังหัน ณ บริเวณแหล่งลมดี			
		0.75 MW	1.0 MW	1.5 MW	2.0 MW	0.75 MW	1.0 MW	1.5 MW	2.0 MW
1	ท่าชนะ	7.0	6.9	9.3	4.2	1.0	0.9	0.9	0.9
2	ท่าฉาง	22.5	15.6	14.0	6.0	5.5	3.8	3.6	2.2
3	กาญจนดิษฐ์	25.6	13.5	23.1	4.3	1.7	1.3	1.5	1.2
4	ดอนสัก	13.4	25.0	12.5	4.2	1.7	2.0	1.8	1.5
5	ขนอม	9.7	8.4	7.5	4.6	1.2	1.0	1.0	1.0
6	สิชล	40.2	25.0	15.6	6.4	1.7	1.2	1.1	0.9
7	ท่าศาลา	2.7	2.2	1.8	1.4	1.5	1.2	1.1	1.0
8	ปากพนัง	2.7	2.2	1.7	1.3	2.3	1.8	1,5	1.1
9	หัวไทร	5.3	4.7	4.3	2.8	1.7	1.5	1.5	1.3
10	ระโนด	2.6	2.3	1.9	1.4	1.3	1.2	1.1	0.9
11	สทิงพระ1	4.3	3.4	2.5	1.7	2.1	1.6	1.4	1.1
12	สทิงพระ2	5.3	4.7	4.5	3.0	1.8	1.5	1.6	1.4
13	สิงหนคร	7.2	6.4	6.2	3.9	2.4	1.8	1.8	1.5
14	จะนะ	4.8	4.0	3.4	2.3	1.4	1.2	1.1	1.0
15	เหนือคลอง	22.2	18.6	20.0	9.0	1.4	1.2	1.3	1.2
16	เกาะลันตา	29.8	20.3	15.1	6.6	1.6	1.2	0.9	0.8
17	หาดสำราญ	75.9	37.4	30.3	11.2	8.2	5.1	4.8	3.1
18	ทุ่งหว้า	4.0	3.8	3.7	2.7	1.1	1.0	1.1	1.1

จากการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ AEP C. F. และ CoE โดยอาศัยข้อมูลการตรวจวัดอัตราเร็วลมระยะยาวของแต่ละสถานีและทำการรันโปรแกรม *WAsP 9.0* ที่ค่าความละเอียด 10 m และอาศัยการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์เพื่อจัดลำดับความสำคัญของการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมที่มีการติดตั้งในพื้นที่แหล่งลมดีทั้ง 55 แหล่ง โดยทำการติดตั้งฟาร์มกังหันลมผลิตฟ้าจำนวน 55 คลัสเตอร์ ขนาดกำลังการผลิตติดตั้งรวมทั้งสิ้น 385 MW ผลจากการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ปรากฏว่ามีโรงไฟฟ้าพลังงานลมจำนวน 46 คลัสเตอร์ที่มีศักยภาพสูงพอสำหรับการส่งเสริมและพัฒนาต่อไป โดยมีขนาดกำลังการผลิตจำนวนทั้งสิ้น 348 MW โดยแยกออกเป็นรายอำเภอแสดงดังตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.11 สรุปผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

เงื่อนไข	ท่าชนะ	ท่าฉาง	กาญจนดิษฐ์	ดอนสัก	ขนอม	สิชล	ท่าศาลา	ปากพนัง	หัวไทร	ระโนด	สทิงพระ1	สทิงพระ2	สิงหนคร	จะนะ	เหนือคลอง	เกาะลันตา	หาดสำราญ	ทุ่งหว้า
การติดตั้งกังหันลม ณ สถานีวิจัยพลังงานลม																		
0.75 MW	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	x	x	x	x	x	x	x	x
1.0 MW	x	x	x	x	x	x	√	√	x	√	√	√	√	√	x	x	x	√
1.5 MW	x	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	x	x	√	x	x	x	√
2.0 MW	x	x	x	x	x	x	√	√	√	√	√	√	√	√	x	x	x	√
การติดตั้งกังหันลม ณ ตำแหน่งลมดี																		
0.75 MW	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√
1.0 MW	√	x	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	x	√
1.5 MW	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√
2.0 MW	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

โดยมีโรงไฟฟ้าที่มีลำดับความสำคัญและแบ่งออกเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานลมที่มีศักยภาพดังนี้

- โรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมที่มีศักยภาพสูง จำนวน 37 คลัสเตอร์ ขนาดกำลังการผลิต 284 MW
- โรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมที่มีศักยภาพปานกลาง จำนวน 9 คลัสเตอร์ ขนาดกำลังการผลิต 64 MW

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าผลการศึกษาวิจัยของโครงการนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้สูงของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย และแนวโน้มของการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมบนฝั่งตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทยทั้งแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยและแนวชายฝั่งทะเลอันดามัน โดยเป็นการมุ่งเน้นการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมซึ่งจะช่วยให้ยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศบรรลุเป้าประสงค์ที่ได้วางไว้ โดยกำหนดเป็นยุทธศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมให้ได้ 115 MW ภายในปี พ.ศ. 2554 รวมทั้งเป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานลมซึ่งเป็นพลังงานสะอาดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และยังเป็นการส่งเสริมการลดสภาวะโลกร้อนโดยการใช้พลังงานสะอาดในการผลิตไฟฟ้าอีกด้วย

ตารางที่ 5.12 โรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมรายสถานี

อำเภอ/จังหวัด	กำลังการผลิต (MW)
ท่าชนะ/สุราษฎร์ธานี	12
กาญจนดิษฐ์/สุราษฎร์ธานี	3
ดอนสัก/สุราษฎร์ธานี	5
ขนอม/นครศรีธรรมราช	45
สิชล/นครศรีธรรมราช	14
ท่าศาลา/นครศรีธรรมราช	9
ปากพนัง/นครศรีธรรมราช	45
หัวไทร/นครศรีธรรมราช	66
สทิงพระ1/สงขลา	15
สิงหนคร/สงขลา	15
จะนะ/สงขลา	74
เกาะลันตา/กระบี่	29
ทุ่งหว้า/สตูล	16
รวม	348

อย่างไรก็ตามก่อนการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมดังกล่าวควรจะมีการศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) ของโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมทั้งทางวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ รวมทั้งการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและการยอมรับเทคโนโลยีพลังงานลมจากประชาชนเพื่อให้การพัฒนาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมเป็นการพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลระยะยาว 3-5 ปี สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเนื่องจากคาบหรือวัฏจักร (Cycle) ของสภาพอากาศอาจจะมีผลต่อข้อมูลลมที่ได้จากการตรวจวัดของโครงการ
2. ควรมีการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) สำหรับการประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากที่สุดซึ่งจะทำให้ผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม *WAsP* มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3. ควรมีการจัดทำแผนที่ลมบริเวณภาคใต้ของประเทศไทยที่ระดับความสูง 60-80 m เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาโครงการการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมต่อไป
4. ควรมีการศึกษาความเหมาะสมของแหล่งลมดีที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ในแง่ของการอนุญาตให้ใช้พื้นที่ (Permission) และการทดสอบชั้นดิน (Soil Test) สำหรับการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลมต่อไป
5. ควรมีการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ "การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมชนิดฟาร์มกังหันลม" ในบริเวณที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทยเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทั้งทางเทคนิค วิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ สำหรับการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังงานลมแบบฟาร์มกังหันลม
6. ควรมีการศึกษาศักยภาพของพลังงานลมในระดับความสูงใกล้ความสูงของศูนย์กลางส่วนหมุน (Hub) ของกังหันลมขนาดใหญ่โดยทำการติดตั้งเซนเซอร์ที่ระดับความสูงใกล้ศูนย์กลางส่วนหมุน เช่นที่ระดับความสูง 80 m 90 m และ 100 m ซึ่งจะทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่มีความผิดพลาดน้อยมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่สำหรับการผลิตไฟฟ้า
7. ควรมีการศึกษาศักยภาพของพลังงานลมนอกชายฝั่งทะเลทั้งบริเวณอ่าวไทยและบริเวณทะเลอันดามัน โดยอาจจะทำการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบส่งสัญญาณจากระยะไกลบนเกาะต่างๆ เช่น เกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี เกาะกระ จังหวัดนครศรีธรรมราช และ เกาะตะรุเตา จังหวัดสตูล เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าจากฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเลของประเทศไทย
8. เนื่องจากโครงการการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในระดับฟาร์มกังหันลมเป็นโครงการขนาดใหญ่ที่อาจจะส่งผลกระทบทั้งทางสิ่งแวดล้อมและผลกระทบในมิติทางสังคม ดังนั้นจึงควรจะมีการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมลพิษทางเสียง (Acoustic Impact) และมลพิษทางสายตา (Visual Impact) โดยอาจจะอาศัยการตรวจวัดความดังของเสียงรอบๆ กังหันลมขนาดใหญ่ในสถานที่ที่มีการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่อยู่แล้วหรืออาจจะทำนายการกระจายความดังของเสียงรอบๆ ฟาร์มกังหันลมโดยใช้โปรแกรม WindPRO รวมทั้งมีการประชุมเพื่อประชาสัมพันธ์โครงการและทำการประชาพิจารณ์เพื่อรับฟังความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่

9. รัฐควรให้การส่งเสริมและสนับสนุนโครงการ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม อย่างเต็มที่เพื่อทำให้โครงการการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมโดยเอกชนมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ โดยอาจจะสร้างแรงจูงใจในรูปแบบของ
   9.1 การเพิ่มค่า Adder จากราคาปัจจุบัน 3.5 บาท เป็น 4-5 บาท เพื่อสร้างแรงจูงใจแก่นักลงทุน
   9.2 การยกเว้นภาษีนำเข้าอุปกรณ์และชิ้นส่วนประกอบระบบ
   9.3 การสนับสนุนเงินลงทุนบางส่วนของโครงการสำหรับโครงการขนาดใหญ่ โดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน
   9.4 การจัดหาแหล่งเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำสำหรับการลงทุนโดยภาคเอกชน

บรรณานุกรม

1. http://www.lesa.in.th/index7.htm
2. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (สำนักงานพลังงานแห่งชาติ) แผนที่แหล่งศักยภาพพลังงานลมสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2518
3. พินิจ ศิริพฤกษ์พงษ์ บุญชัย เงินสวัสดิ์ บันเทิง สุวรรณตระกูล และกว้าน สีตะธานี การประเมินศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 3 เรื่อง Non-Conventional Energy and Applications 3-5 พฤศจิกายน 2524
4. Suwantragul, B., Watabutr, W., Sitathani, K. Tia, V. and Namprakai, P., 1984, Solar and Wind Energy Potential Assessment of Thailand, Renewable Non-Conventional Energy Project (USAID Project No. 493-0304).
5. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน 2544 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย
6. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2549 การศึกษาศักยภาพของพลังงานลมเฉพาะแหล่ง
7. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 2550 การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในเขตภาคเหนือตอนบน
8. R. D., Christopherson and Gillete, D. A., 1987, A Simple Estimation of the Shape Factor of the Two-Parameter Weibull Distribution, ***J. Climate Applied Meteorology***. 26, 323-325.
9. J. F., Manwell, McGowan, J. G. and Roger, A. L., 2003, Wind Energy Explained : Theory, Design and Application, John Wiley&Sons Ltd, UK, 577 p.
10. K. E., Akpinar and Akpinar S., 2005, An Assessment on Seasonal Analysis of Wind Energy Characteristics and Wind Turbine Characteristics, ***Energy Conversion and Management***, 46, 1848-1876.
11. www.re-focus.net (November/December 2001)
12. www.awea.org
13. www.windpower.org
14. www.ewea.org
15. www.wasp.dk