รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการประเมินศักยภาพพลังงานลมเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าในพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทยจนถึงจังหวัดตราด

(Micrositing of Wind Energy Resource for Large-Scaled Wind Farm Installation on Areas from the East Coast of the Gulf of Thailand to Trat Province)

โดย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.บัลลังก์ เนียมมณี	หัวหน้าโครงการ
รองศาสตราจารย์ ดร. อุดมเกียรติ นนทแก้ว	ผู้ร่วมงานวิจัย
รองศาสตราจารย์ สุขสันติ์ หวังสถิตย์วงษ์	ผู้ร่วมงานวิจัย
รองศาสตราจารย์ ดร. สมพร สิริสำราญนุกูล	ผู้ร่วมงานวิจัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ อนันต์ธนกูล	ผู้ร่วมงานวิจัย
อาจารย์ณัฐพันธ์ ถนอมสัตย์	ผู้ร่วมงานวิจัย
ศาสตราจารย์ ดร. ธีรวุฒิ บุณยโสภณ	ที่ปรึกษาโครงการวิจัย
ดร. สมชาย ใบม่วง	ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

ได้รับทุนอุดหนุนจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
(ผลงานนี้เป็นความรับผิดชอบของคณะผู้วิจัยแต่ผู้เดียว)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2553 สำหรับการดำเนินงานครั้งนี้ และ ขอขอบคุณ ศ.ดร.ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์, ศ.ดร.สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, คุณภัสสร เวียงเกตุ, คุณบุญเกิด ชูกิจรุ่งโรจน์ รศ.บันเทิง สุวรรณตระกูล, คุณบุญรอด สัจจกุลนุกิจ, ผอ.สุนันทา สมพงษ์ และคุณพรพิมล นันทะวงค์ ที่ช่วยกรุณาสนับสนุนและให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้งานวิจัย ประสบความสาเร็จด้วยดี

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ องค์การบริหารส่วนตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี และเทศบาลตำบลโป่งน้ำร้อน อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี สำหรับการให้ความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์การใช้พื้นที่สาธารณะประโยชน์สำหรับการติดตั้งเสาสูงและอุปกรณ์ตรวจวัดลมของโครงการฯ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.ณยศ คุรุกิจโกศล และภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องการสำรวจพื้นที่ ติดต่อประสานงานให้ด้านต่างๆ และภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ รวมทั้งสถานที่ที่ใช้ในการทำงานของโครงการฯ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บุคคลต่างๆ ที่ไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยนี้และให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ จนทำให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

จุดประสงค์หลักของโครงการศึกษาศักยภาพพลังงานลมนี้คือ การระบุพื้นที่ที่มีศักยภาพที่มีคุณสมบัติอื่นๆประกอบสำหรับการติดตั้งทุ่งกังหันลมบนพื้นที่จากแนวชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยจนถึงจังหวัดตราด เกณฑ์หลักในการพิจารณาคัดเลือกตำแหน่งติดตั้งเสาวัดลมคือ ศักยภาพพลังงานลม ความพร้อมของพื้นที่ และ ความปลอดภัยของเสาวัดลม กิจกรรมหลักที่ได้ทำในโครงการนี้ คือ 1) การระบุพื้นที่ที่มีศักยภาพจากแผนที่ลมที่อ้างอิงกับแบบจำลองความเร็วลม Mesoscale ที่พัฒนาโดยมหาวิทยาลัยศิลปากร ในปี พ.ศ. 2552 2) การสำรวจพื้นที่และการจัดทำอันดับสถานที่ 3) การคัดเลือกตำแหน่งเสาวัดลมภายในสถานที่ที่คาดว่าจะทำการติดตั้งเสาวัดลมและการขอใช้พื้นที่ในการติดตั้งเสาวัดลมอย่างเป็นทางการ 4) การติดตั้งเสาวัดลมและระบบการเชื่อมโยงสำหรับการวัดความเร็วลม และ 5) การศึกษาเบื้องต้นสำหรับการประเมินทางการเงิน

จากการคัดเลือกพบว่ามี 2 สถานที่ที่สอดคล้องกับเกณฑ์การคัดเลือกดังกล่าว คือ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ตำบลแสนสุข อำเภอแสนสุข จังหวัดชลบุรี และ ตำบลทับไทร อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี การวัดลมกระทำโดยการติดตั้งเสาแบบรั้งด้วยเชือกพร้อมทั้งเครื่องมือวัดและระบบป้องกันฟ้าผ่า ความเร็วลมและทิศทางลมถูกจัดเก็บทุกๆ 1 นาทีที่ความสูงระดับ 10, 65, 90 และ 120 เมตร และสามารถถูกส่งเป็นแบบรายวันผ่านทางระบบสื่อสารแบบไร้สาย ข้อมูลที่ได้รับสำหรับแต่ละสถานที่ได้นำมาวิเคราะห์โดยโปรแกรม Meteodyn 4.3 เพื่อประเมินคุณสมบัติทางสถิติเพื่อใช้ในการสร้างแผนที่ลม และเพื่อใช้ในการคำนวณพลังงานที่ได้รับใน 1 ปี

ผลการศึกษาจากข้อมูลที่วัดได้แสดงให้เห็นว่า ที่ ม.บูรพา มีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 1.60 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 10 เมตร, ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 4.96 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 65 เมตร, ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 5.25 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 90 เมตร และ ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 5.53 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 120 เมตร และ ที่ ตำบลทับไทรมีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 2.80 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 10 เมตร, ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 5.38 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 65 เมตร, ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 5.81 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 90 เมตร และ ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 5.93 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 120 เมตร ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ซึ่งมีพิกัดที่ละติจูด 12°53'42.343" เหนือ และ ลองติจูด 102°19'10.594" ตะวันออก มีศักยภาพพลังงานลมสูงสุดถึง 207 วัตต์ต่อตารางเมตรที่ระดับความสูง 120 เมตร หากทำการติดตั้งกังหันลมรุ่น XE103-2000 ก็จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 4 ปี และ 7 ปี สำหรับกรณีที่คิดส่วนเพิ่มราคารับซื้อ และที่ไม่คิดส่วนเพิ่มราคารับซื้อ ตามลำดับ

ABSTRACT

The main objective of this wind resource micrositing project is to identify potential areas that also possess other desirable qualities for Large-Scaled Wind Farm Installation on Areas from the East Coast of the Gulf of Thailand to Trat Province. The key criteria for site selection are wind potential, land availability, and safety of masts. The main activities were carried out in this project: 1) identification of potential wind development areas from the Atmospheric mesoscale model-based Wind Map developed by Silapakorn University in 2009, 2) site survey and ranking of candidate sites, 3) selection of actual tower locations within the candidate sites and official acquisition for land use, 4) installation of towers and system integration for wind speed measurement, and 5) preliminary study of financial feasibility assessment.

Having been satisfied all the aforementioned criteria, two sites were selected for wind speed measurement: 1) Burapa University, Sansuk subdistrict in Sansuk district of Chonburi province and 2) Tubsai subdistrict in Pongnamron district of Chantaburi province. The wind measurement was then conducted by installing 120-meter-high guyed masts equipped with measuring devices and lightning protection system. Wind speed and its direction have been collected every one minute at heights of 10, 65, 90, and 120 meters and daily transferred via a wireless telecommunication network. The obtained data for each site were analyzed by the Meteodyn 4.3 software package to evaluate their statistical properties, to generate their wind resource maps, and to calculate their annual energy production.

The study results from the measured wind data shows that the site at Burapa University sees average wind speeds of 1.60 m/s at 10 m, 4.96 at 65 m, 5.25 m/s at 90 m and 5.53 at 120 m; and those at Pongnamron of 2.80 m/s at 10 m, 5.38 m/s at 65m, 5.81 at 90 m and 5.93 m/s at 120 m. The study results from the measured wind data shows that the site at Burapa University sees average wind speeds of 1.60 m/s at 10 m, 4.96 at 65 m, 5.25 m/s at 90 m and 5.53 at 120 m; and those at Pongnamron of 2.80 m/s at 10 m, 5.38 m/s at 65m, 5.81 at 90 m and 5.93 m/s at 120 m. The study results reveal that the site at Pongnamron with latitude 12°53'42.343" North and longtitude 102°19'10.594" East could have a power potential as high as 207 Watt/m^2 at 120 meters high. If a XE103-2000 wind turbine were to be installed, the payback period would be 4 years and 7 years with and without the adder subsidy respectively.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ข**
บทคัดย่อ	**ค**
Abstarct	**ง**
สารบัญตาราง	**ฉ**
สารบัญภาพ	**ฌ**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	**3**
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	**9**
บทที่ 4 ผลการวิจัย	**10**
4.1 การศึกษาผลการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ทำการศึกษา	10
4.1.1 จังหวัดชลบุรี	10
4.1.2 จังหวัดระยอง	21
4.1.3 จังหวัดจันทบุรี	31
4.1.4 จังหวัดตราด	42
4.2 กราฟการกระจายความเร็วลม	51
4.3 แผนที่ศักยภาพพลังงานลม	101
4.4 การประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของพื้นที่	111
4.4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	119
4.4.2 อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย	120
4.4.3 อัตราผลตอบแทนภายใน	120
4.4.4 ระยะคืนทุน	121
4.4.5 อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย	121
4.4.6 อัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ	122
4.4.7 สมมติฐานที่กำหนดใช้ตลอดการคำนวณ	122
4.4.8 ผลการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์	123
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	**127**
5.1 สรุปผลการวิจัย	127
5.2 ข้อเสนอแนะ	128
เอกสารอ้างอิง	**130**
ภาคผนวก ก.	**132**
ภาคผนวก ข.	**145**

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	พลังงานลมในแต่ละประเทศ	4
ตารางที่ 2	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลมาบไผ่ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี	10
ตารางที่ 3	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลหนองซ้ำซาก อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี	11
ตารางที่ 4	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลคลองกิ่ว อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี	12
ตารางที่ 5	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลเกษตรสุวรรณ อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี	13
ตารางที่ 6	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลสำนักบน อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี	14
ตารางที่ 7	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลป่ายุบใน อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง	21
ตารางที่ 8	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลวังจันทร์ อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง	22
ตารางที่ 9	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลชุมแสง อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง	23
ตารางที่ 10	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลกระแสบน อำเภอแกลง จังหวัดระยอง	24
ตารางที่ 11	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลพนานิคม อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดระยอง	25
ตารางที่ 12	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลเทพนิมิต อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี	31
ตารางที่ 13	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลปะตง อำเภอสอยดาว จังหวัดจันทบุรี	32
ตารางที่ 14	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลโป่งน้ำร้อน อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี	33
ตารางที่ 15	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลหนองตาคง อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี	34
ตารางที่ 16	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลมาบไพ อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี	35
ตารางที่ 17	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลด่านชุมพล อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด	42
ตารางที่ 18	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลนนทรี อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด	43
ตารางที่ 19	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลท่ากุ่ม อำเภอเมืองตราด จังหวัดตราด	44
ตารางที่ 20	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลเทพนิมิต อำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด	45
ตารางที่ 21	ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลคลองใหญ่ อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด	46
ตารางที่ 22	สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนมิถุนายน 2554–มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 10 เมตร ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี	97
ตารางที่ 23	สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนมิถุนายน 2554–มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 65 เมตร ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี	97
ตารางที่ 24	สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนมิถุนายน 2554–มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 90 เมตร ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี	98
ตารางที่ 25	สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนมิถุนายน 2554–มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 120 เมตร ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี	98

สารบัญตาราง(ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 26	สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนธันวาคม 2554–มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 10 เมตร ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี	99
ตารางที่ 27	สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนธันวาคม 2554–มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 65 เมตร ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี	99
ตารางที่ 28	สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนธันวาคม 2554–มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 90 เมตร ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี	100
ตารางที่ 29	สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนธันวาคม 2554 –มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 120 เมตร ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี	100
ตารางที่ 30	ศักยภาพพลังงานลมที่ระดับความสูง 4 ระดับ ณ ตำแหน่งติดตั้งเสาวัดลมและตำแหน่ง ที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงสุดที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ. เมือง จ. ชลบุรี	111
ตารางที่ 31	ศักยภาพพลังงานลมที่ระดับความสูง 4 ระดับ ณ ตำแหน่งติดตั้งเสาวัดลมและตำแหน่งที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงสุด ที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี	111
ตารางที่ 32	ข้อมูลสรุปของกังหันลมที่ใช้ในการศึกษาศักยภาพพลังงานลม	112
ตารางที่ 33	ข้อมูลสรุปของกังหันลมที่ใช้ในการศึกษาศักยภาพพลังงานลม (หน่วย: บาท)	117
ตารางที่ 34	ค่าพลังงานที่ผลิตได้ต่อปี (MWh) และ ตัวประกอบกำลังผลิต ที่ ม.บูรพา จังหวัดชลบุรี	118
ตารางที่ 35	ค่าพลังงานที่ผลิตได้ต่อปี (MWh) และ ตัวประกอบกำลังผลิต ที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี	118
ตารางที่ 36	มูลค่าการลงทุนติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าทั้ง 5 ประเภท	123
ตารางที่ 37	ดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับกังหันลมแต่ละประเภทสำหรับกรณีไม่คิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ ณ ตำแหน่งเสาวัดลม ม.บูรพา จ.ชลบุรี	124
ตารางที่ 38	ดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับกังหันลมแต่ละประเภทสำหรับกรณีคิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ ณ ตำแหน่งเสาวัดลม ม.บูรพา จ.ชลบุรี	124
ตารางที่ 39	ดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับกังหันลมแต่ละประเภทสำหรับกรณีไม่คิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ ณ ตำแหน่งเสาวัดลม ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี	124
ตารางที่ 40	ดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับกังหันลมแต่ละประเภทสำหรับกรณีคิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ ณ ตำแหน่งเสาวัดลม ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี	125

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 41 ดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับกังหันลมแต่ละประเภทสำหรับกรณีไม่คิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ ณ ตำแหน่งที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงสุด ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี 125

ตารางที่ 42 ดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับกังหันลมแต่ละประเภทสำหรับกรณีคิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ ณ ตำแหน่งที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงสุด ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี 125

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 1	อัตราการเติบโตของการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานต่างๆ	3
รูปที่ 2	กังหันลมที่ใหญ่ที่สุดในโลกขนาดพิกัด 6 MW	5
รูปที่ 3	วิวัฒนาการของกังหันที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก	6
รูปที่ 4	การลดลงของต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม	6
รูปที่ 5	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลมาบไผ่ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี	11
รูปที่ 6	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลหนองซ้ำซาก อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี	12
รูปที่ 7	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลคลองกิ่ว อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี	13
รูปที่ 8	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลเกษตรสุวรรณ อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี	14
รูปที่ 9	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลสำนักบน อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี	15
รูปที่ 10	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอบ่อทอง	15
รูปที่ 11	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอบางละมุง	16
รูปที่ 12	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอบ้านบึง	16
รูปที่ 13	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอพนัสนิคม	17
รูปที่ 14	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอพานทอง	17
รูปที่ 15	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเมืองชลบุรี	18
รูปที่ 16	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอศรีราชา	18
รูปที่ 17	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอสัตหีบ	19
รูปที่ 18	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอหนองใหญ่	19
รูปที่ 19	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเกาะจันทร์	20
รูปที่ 20	แผนที่แสดงศักยภาพความเร็วลมเฉลี่ยของจังหวัดชลบุรีที่ความสูง 110 เมตร	20
รูปที่ 21	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลป่ายุบใน อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง	21
รูปที่ 22	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลวังจันทร์ อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง	22
รูปที่ 23	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลชุมแสง อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง	23
รูปที่ 24	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลกระแสบน อำเภอแกลง จังหวัดระยอง	24

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 25	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลพนานิคม อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดระยอง	25
รูปที่ 26	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอแกลง	26
รูปที่ 27	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเขาชะเมา	26
รูปที่ 28	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอนิคมพัฒนา	27
รูปที่ 29	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอบ้านค่าย	27
รูปที่ 30	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอบ้านฉาง	28
รูปที่ 31	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอปลวกแดง	28
รูปที่ 32	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเมือง	29
รูปที่ 33	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอวังจันทร์	29
รูปที่ 34	แผนที่แสดงศักยภาพความเร็วลมเฉลี่ยของจังหวัดระยองที่ความสูง 110 เมตร	30
รูปที่ 35	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลเทพนิมิต อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี	31
รูปที่ 36	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลปะตง อำเภอสอยดาว จังหวัดจันทบุรี	32
รูปที่ 37	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลโป่งน้ำร้อน อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี	33
รูปที่ 38	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลหนองตาคง อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี	34
รูปที่ 39	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลมาบไพ อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี	35
รูปที่ 40	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอแก่งหางแมว	36
รูปที่ 41	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอขลุง	36
รูปที่ 42	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอท่าใหม่	37
รูปที่ 43	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอนายายอาม	37
รูปที่ 44	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอโป่งน้ำร้อน	38
รูปที่ 45	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอมะขาม	38
รูปที่ 46	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอจันทบุรี	39
รูปที่ 47	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่าง ๆ ในอำเภอสอยดาว	39
รูปที่ 48	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอแหลมสิงห์	40
รูปที่ 49	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเขาคิชฌกูฏ	40
รูปที่ 50	แผนที่แสดงศักยภาพความเร็วลมเฉลี่ยของจังหวัดจันทบุรีที่ความสูง 110 เมตร	41
รูปที่ 51	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลด่านชุมพล อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 52	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลนนทรี อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด	43
รูปที่ 53	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลท่ากุ่ม อำเภอเมืองตราด จังหวัดตราด	44
รูปที่ 54	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลเทพนิมิต อำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด	45
รูปที่ 55	แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลคลองใหญ่ อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด	46
รูปที่ 56	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเขาสมิง	47
รูปที่ 57	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอคลองใหญ่	47
รูปที่ 58	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอบ่อไร่	48
รูปที่ 59	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเมืองตราด	48
รูปที่ 60	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอแหลมงอบ	49
รูปที่ 61	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเกาะกูด	49
รูปที่ 62	กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเกาะช้าง	50
รูปที่ 63	แผนที่แสดงศักยภาพความเร็วลมเฉลี่ยของจังหวัดตราดที่ความสูง 110 เมตร	50
รูปที่ 64	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน มิถุนายน 2554	51
รูปที่ 65	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน มิถุนายน 2554	51
รูปที่ 66	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน มิถุนายน 2554	52
รูปที่ 67	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน มิถุนายน 2554	52
รูปที่ 68	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน กรกฎาคม 2554	52
รูปที่ 69	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน กรกฎาคม 2554	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 70	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน กรกฎาคม 2554	53
รูปที่ 71	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน กรกฎาคม 2554	53
รูปที่ 72	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน สิงหาคม 2	54
รูปที่ 73	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน สิงหาคม 2554	54
รูปที่ 74	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน สิงหาคม 2554	54
รูปที่ 75	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน สิงหาคม 2554	55
รูปที่ 76	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน กันยายน 2554	55
รูปที่ 77	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน กันยายน 2554	55
รูปที่ 78	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน กันยายน 2554	56
รูปที่ 79	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน กันยายน 2554	56
รูปที่ 80	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน ตุลาคม 2554	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 81	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน ตุลาคม 2554	57
รูปที่ 82	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน ตุลาคม 2554	57
รูปที่ 83	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน ตุลาคม 2554	57
รูปที่ 84	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2554	58
รูปที่ 85	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2554	58
รูปที่ 86	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2554	58
รูปที่ 87	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2554	59
รูปที่ 88	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน ธันวาคม 2554	59
รูปที่ 89	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน ธันวาคม 2554	59
รูปที่ 90	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน ธันวาคม 2554	60
รูปที่ 91	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน ธันวาคม 2554	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 92	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน มกราคม 2555	60
รูปที่ 93	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน มกราคม 2555	61
รูปที่ 94	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน มกราคม 2555	61
รูปที่ 95	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน มกราคม 2555	61
รูปที่ 96	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555	62
รูปที่ 97	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555	62
รูปที่ 98	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555	62
รูปที่ 99	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555	63
รูปที่ 100	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน มีนาคม 2555	63
รูปที่ 101	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน มีนาคม 2555	63
รูปที่ 102	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน มีนาคม 2555	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 103	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน มีนาคม 2555	64
รูปที่ 104	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน เมษายน 2555	64
รูปที่ 105	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน เมษายน 2555	65
รูปที่ 106	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน เมษายน 2555	65
รูปที่ 107	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน เมษายน 2555	65
รูปที่ 108	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน พฤษภาคม 2555	66
รูปที่ 109	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน พฤษภาคม 2555	66
รูปที่ 110	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน พฤษภาคม 2555	66
รูปที่ 111	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน พฤษภาคม 2555	67
รูปที่ 112	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน มิถุนายน 2555	67
รูปที่ 113	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน มิถุนายน 2555	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 114	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน มิถุนายน 2555	68
รูปที่ 115	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน มิถุนายน 2555	68
รูปที่ 116	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน กรกฎาคม 2555	68
รูปที่ 117	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน กรกฎาคม 2555	69
รูปที่ 118	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน กรกฎาคม 2555	69
รูปที่ 119	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน กรกฎาคม 2555	69
รูปที่ 120	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน สิงหาคม 2555	70
รูปที่ 121	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน สิงหาคม 2555	70
รูปที่ 122	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน สิงหาคม 2555	70
รูปที่ 123	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน สิงหาคม 2555	71
รูปที่ 124	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน กันยายน 2555	71

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 125	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน กันยายน 2555	71
รูปที่ 126	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน กันยายน 2555	72
รูปที่ 127	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน กันยายน 2555	72
รูปที่ 128	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน ตุลาคม 2555	72
รูปที่ 129	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน ตุลาคม 2555	73
รูปที่ 130	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน ตุลาคม 2555	73
รูปที่ 131	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน ตุลาคม 2555	73
รูปที่ 132	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2555	74
รูปที่ 133	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาทีของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2555	74
รูปที่ 134	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาทีของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2555	74
รูปที่ 135	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาทีของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2555	75

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 136	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาทีของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน ธันวาคม 2555	75
รูปที่ 137	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาทีของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน ธันวาคม 2555	75
รูปที่ 138	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาทีของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน ธันวาคม 2555	76
รูปที่ 139	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาทีของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน ธันวาคม 2555	76
รูปที่ 140	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาทีของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรีที่ระดับความสูง 10 เมตร ระหว่างเดือน มิถุนายน 2554 – มิถุนายน 2555	76
รูปที่ 141	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาทีของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรีที่ระดับความสูง 65 เมตร ระหว่างเดือน มิถุนายน 2554 – มิถุนายน 2555	77
รูปที่ 142	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาทีของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรีที่ระดับความสูง 90 เมตร ระหว่างเดือน มิถุนายน 2554 – มิถุนายน 2555	77
รูปที่ 143	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาทีของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรีระดับความสูง 120 เมตร ระหว่างเดือน มิถุนายน 2554 – มิถุนายน 2555	77
รูปที่ 144	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน ธันวาคม 2554	78
รูปที่ 145	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน ธันวาคม 2554	78
รูปที่ 146	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน ธันวาคม 2554	78

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 147	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน ธันวาคม 2554	79
รูปที่ 148	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน มกราคม 2555	79
รูปที่ 149	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ พื้นที่ไร่มันสำปะหลัง อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน มกราคม 2555	79
รูปที่ 150	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน มกราคม 2555	80
รูปที่ 151	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน มกราคม 2555	80
รูปที่ 152	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555	80
รูปที่ 153	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555	81
รูปที่ 154	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555	81
รูปที่ 155	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555	81
รูปที่ 156	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน มีนาคม 2555	82
รูปที่ 157	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน มีนาคม 2555	82

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 158	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือนมีนาคม 2555	82
รูปที่ 159	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือนมีนาคม 2555	83
รูปที่ 160	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือนเมษายน 2555	83
รูปที่ 161	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือนเมษายน 2555	83
รูปที่ 162	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือนเมษายน 2555	84
รูปที่ 163	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือนเมษายน 2555	84
รูปที่ 164	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือนพฤษภาคม 2555	84
รูปที่ 165	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือนพฤษภาคม 2555	85
รูปที่ 166	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือนพฤษภาคม 2555	85
รูปที่ 167	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือนพฤษภาคม 2555	85
รูปที่ 168	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือนมิถุนายน 2555	86

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 169	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือนมิถุนายน 2555	86
รูปที่ 170	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือนมิถุนายน 2555	86
รูปที่ 171	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือนมิถุนายน 2555	87
รูปที่ 172	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือนกรกฎาคม 2555	87
รูปที่ 173	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือนกรกฎาคม 2555	87
รูปที่ 174	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือนกรกฎาคม 2555	88
รูปที่ 175	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือนกรกฎาคม 2555	88
รูปที่ 176	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือนสิงหาคม 2555	88
รูปที่ 177	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือนสิงหาคม 2555	89
รูปที่ 178	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือนสิงหาคม 2555	89
รูปที่ 179	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือนสิงหาคม 2555	89

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 180	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือนกันยายน 2555	90
รูปที่ 181	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือนกันยายน 2555	90
รูปที่ 182	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือนกันยายน 2555	90
รูปที่ 183	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือนกันยายน 2555	91
รูปที่ 184	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือนตุลาคม 2555	91
รูปที่ 185	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือนตุลาคม 2555	91
รูปที่ 186	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือนตุลาคม 2555	92
รูปที่ 187	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือนตุลาคม 2555	92
รูปที่ 188	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือนพฤศจิกายน 2555	92
รูปที่ 189	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือนพฤศจิกายน 2555	93
รูปที่ 190	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือนพฤศจิกายน 2555	93

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 191	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือนพฤศจิกายน 2555	93
รูปที่ 192	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือนธันวาคม 2555	94
รูปที่ 193	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือนธันวาคม 2555	94
รูปที่ 194	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือนธันวาคม 2555	94
รูปที่ 195	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือนธันวาคม 2555	95
รูปที่ 196	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร	95
รูปที่ 197	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร	95
รูปที่ 198	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร	96
รูปที่ 199	กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร	96
รูปที่ 200	ตำแหน่งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรีใน Google Earth	102
รูปที่ 201	ตำแหน่งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ใน Google Earth	102
รูปที่ 202	แผนที่การกระจายความเร็วลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร (หน่วย m/s)	103
รูปที่ 203	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร หน่วย (W/m^2)	103
รูปที่ 204	แผนที่การกระจายความเร็วลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร หน่วย (m/s)	104
รูปที่ 205	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร หน่วย (W/m^2)	104

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 206	แผนที่การกระจายความเร็วลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร หน่วย (m/s)	105
รูปที่ 207	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร หน่วย (W/m^2)	105
รูปที่ 208	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร หน่วย (m/s)	106
รูปที่ 209	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร หน่วย (W/m^2)	106
รูปที่ 210	แผนที่การกระจายความเร็วลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร หน่วย (m/s)	107
รูปที่ 211	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร หน่วย (W/m^2)	107
รูปที่ 212	แผนที่การกระจายความเร็วลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร หน่วย (m/s)	108
รูปที่ 213	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร หน่วย (W/m^2)	108
รูปที่ 214	แผนที่การกระจายความเร็วลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร หน่วย (m/s)	109
รูปที่ 215	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร หน่วย (W/m^2)	109
รูปที่ 216	แผนที่การกระจายความเร็วลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร หน่วย (m/s)	110
รูปที่ 217	แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร หน่วย (W/m^2)	110
รูปที่ 218	กราฟความเร็วลมและกำลังไฟฟ้าของกังหันลม XE103-2000 ขนาด 2 MW	112
รูปที่ 219	กราฟความเร็วลมและกำลังไฟฟ้าของกังหันลม W2000-105 ขนาด 2 MW	113
รูปที่ 220	กราฟความเร็วลมและกำลังไฟฟ้าของกังหันลม Shinovel ขนาด 3 MW	114
รูปที่ 221	กราฟความเร็วลมและกำลังไฟฟ้าของกังหันลม UP100 ขนาด 3 MW	115
รูปที่ 222	กราฟความเร็วลมและกำลังไฟฟ้าของกังหันลม W5000-132-100 ขนาด 5 MW	116
รูปที่ 223	การแจกแจงค่าใช้จ่ายของระบบกังหันลม (ที่มา:Wind Energy โดย M.Chandra Sekhar	117

บทที่ 1
บทนำ

พลังงานไฟฟ้าคือพลังงานพื้นฐานอย่างหนึ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีพเพื่อใช้ในการประกอบกิจกรรมต่างๆ พลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ตั้งแต่อดีตที่ผ่านมาจนกระทั่งปัจจุบัน แหล่งกำเนิดพลังงานหลักที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยคือ ถ่านหิน และ ก๊าซธรรมชาติ โดยพลังงานเหล่านี้คือพลังงานสิ้นเปลืองหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณสูงขึ้นทุกปีอันเนื่องมาจากอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคอุตสาหกรรมและอัตราการเติบโตของประชากรนั่นหมายความว่าความต้องการแหล่งพลังงานเพื่อนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าย่อมสูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ต้องสิ้นเปลืองทรัพยากรเป็นปริมาณมากหรือประเทศต้องสูญเสียเงินจำนวนมากเพื่อนำเข้าแหล่งพลังงานมาจากต่างประเทศ อีกทั้งแหล่งพลังงานดั้งเดิมก่อให้เกิดมลพิษในกระบวนการผลิตไฟฟ้า ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อมลภาวะทางอากาศและนำไปสู่ภาวะโลกร้อน

ปัญหาหลักอย่างหนึ่งทางด้านพลังงานของประเทศไทยนั้นเกิดจากการที่ประเทศไม่มีความสามารถในการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานได้ ทำให้สถานการณ์ของพลังงานในประเทศจึงขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมภายนอกเป็นอย่างมาก วิกฤตทางพลังงานนั้นนับเป็นปัญหาระดับชาติ ที่ต้องการการแก้ไขอย่างเร่งด่วน รวมไปถึงการวางแผนอย่างรอบคอบในระยะยาวเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาเช่นเดียวกันในภายภาคหน้า พลังงานทดแทนนั้นเป็นวิธีหนึ่งในการแก้ไขปัญหาซึ่งต้องได้รับการสนับสนุนและพัฒนาอย่างจริงจัง การเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในประเทศเองนั้น นอกจากจะเป็นการลดต้นทุนราคาพลังงานแล้วยังเป็นการเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานและเศรษฐกิจของประเทศอีกด้วย ด้วยเหตุผลนี้รัฐบาลไทยได้ตระหนักถึงความมั่นคงของการใช้พลังงานในระยะยาวของประเทศ จึงได้มีการสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนและริเริ่มโครงการวิจัยและพัฒนาพลังงานหมุนเวียนมาอย่างต่อเนื่อง โดยกำหนดเป้าหมายให้มีการผลิตการใช้พลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้นในอนาคต

พลังงานทดแทนหลักที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก คือ พลังงานลม ในปัจจุบันนั้น กังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูง และมีการพัฒนาให้มีขีดความสามารถในการผลิตไฟฟ้าในระดับหลายเมกกะวัตต์ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งพลังงานที่ส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม น้อยที่สุดอย่างหนึ่ง อย่างไรก็ตามพื้นที่ในการติดตั้งกังหันลมนั้นจะต้องเป็นพื้นที่ที่มี ความเหมาะสมในหลายด้านไม่ว่าจะเป็นทางศักยภาพพลังงานลม การคมนาคม หรือขนาดพื้นที่ก็ตาม การลงทุนติดตั้งทุ่งกังหันลมขนาดใหญ่เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้านั้นต้องการเงินลงทุนที่สูงมาก การพิจารณาถึงศักยภาพของพื้นที่อย่างละเอียดจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้ได้ขนาดกังหันลมที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่ติดตั้ง และเป็นการลดความผิดพลาดในการกำหนดพื้นที่

พลังงานลมเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดตามธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศ และ แรงจากการหมุนของโลก สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเร็วลมและกำลังลม พลังงานลมจะสะสมอยู่ในรูปของพลังงานจลน์ และเปลี่ยนพลังงานจลน์ดังกล่าวให้เป็นพลังงานกลโดยอาศัยกังหันลม และสามารถนำมาใช้ก่อให้เกิดงาน เช่น การบดสีเมล็ดพืช หรือการสูบน้ำจากที่ต่ำขึ้นที่สูงเพื่อใช้ในการเกษตร การทำนาเกลือ การอุปโภคและการบริโภค เป็นต้น ปัจจุบันพลังงานลมได้นำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการการแปรผันของพลังงาน (Energy conversion)

ประเทศไทยพลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานลมยังถือว่าน้อยมาก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นของการวิจัยและพัฒนาเพื่อนำไปสู่โครงการที่เป็นรูปธรรม ปัจจุบันมีกำลังผลิตติดตั้งเพียง รัฐบาลมีเป้าหมายเพื่อผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมให้ได้ไม่ต่ำกว่า 100 MW ศักยภาพของแหล่งพื้นที่ในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานลมนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น ความเร็วลม ลักษณะการแปรผันของลม ผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และ ความยากง่ายในการเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบไฟฟ้า เป็นต้น การศึกษาศักยภาพจึงจำเป็นที่จะต้องมีข้อมูลที่ครบถ้วนถูกต้องและเหมาะสมเพื่อใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการเลือกสถานที่ที่คาดว่าจะติดตั้งกังหันลมในอนาคต นอกจากนี้เนื่องจากธรรมชาติของลมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ดังนั้นการเก็บข้อมูลลมนั้นควรจะกระทำอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานอย่างน้อย 12 เดือนขึ้นไป เพื่อทำให้ข้อมูลลมที่วัดได้มีความเชื่อถือได้ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือระบบเครื่องมือวัดลม โดยระบบเครื่องมือวัดลมนั้นจะต้องมีประสิทธิภาพ ความถูกต้อง และความเชื่อถือได้สูง โดยทั่วไปแล้ว ความเร็วลมยังขึ้นอยู่กับความสูง กล่าวคือ ความสูงยิ่งมาก ความเร็วลมยิ่งมีค่ามาก ในปัจจุบันนั้น ยังไม่ได้มีข้อสรุปที่แน่นอนเกี่ยวกับความเร็วลมที่ระดับสูงๆ ในประเทศไทย ดังนั้นการวัดความเร็วลมนั้นจึงจะต้องกระทำที่หลายระดับ อีกทั้งการศึกษาศักยภาพพลังงานลมเฉพาะแหล่งยังต้องศึกษา ข้อมูลทางสิ่งแวดล้อม ความต้องการและการมีส่วนร่วมขององค์กรส่วนท้องถิ่น ตลอดจนปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประเมินและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมที่ยั่งยืนต่อไป

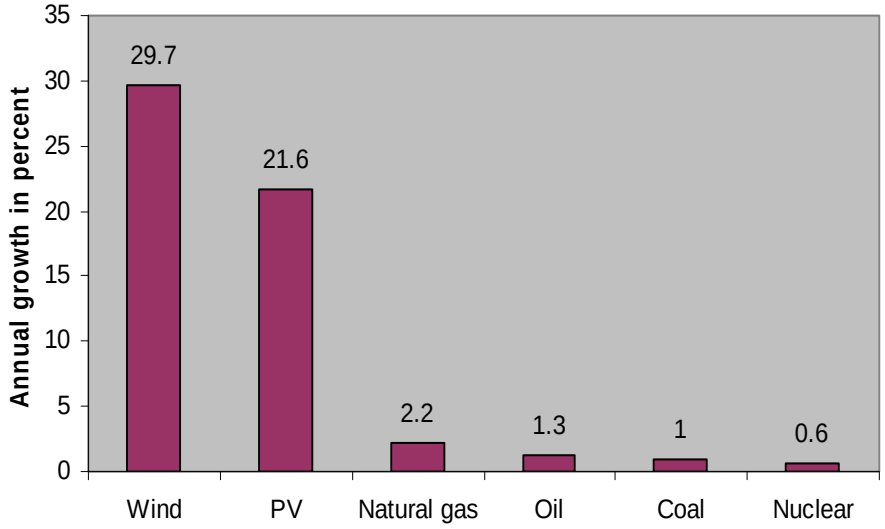
บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

สถานภาพการใช้พลังงานลมทั่วโลก

อาจจะกล่าวพลังงานลมได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานที่มีการเติบโตเร็วที่สุด อัตราการเติบโตของกำลังผลิตในระหว่างปี ค.ศ. 1993 (พ.ศ. 2536) ถึง ค.ศ. 2003 (พ.ศ. 2546) แสดงได้ดังรูปที่ 1 หลายๆ ประเทศทั่วโลกได้มีความพยายามในการสนับสนุนการใช้พลังงานจากลมให้มากขึ้นจากข้อมูลจนถึงปี พ.ศ. 2550 กำลังผลิตติดตั้งของกังหันลมทั่วโลกมีปริมาณมากกว่า 94.1 GW ซึ่งเป็นการชี้ให้เห็นว่าพลังงานลมกำลังเติบโตอย่างรวดเร็ว แม้ว่าในปัจจุบันนี้ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานลมคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 1 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั่วโลก สำหรับบางประเทศแล้ว สัดส่วนของพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานลมคิดเป็นสัดส่วนที่สูงพอสมควร เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศ เช่น จากข้อมูลในปี พ.ศ. 2550 ประเทศเดนมาร์กมีสัดส่วนของพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานลมคิดเป็นร้อยละ 19 ประเทศสเปนมีสัดส่วนร้อยละ 9 ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน และประเทศสาธารณรัฐไอร์แลนด์มีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 6 เป็นต้น

พลังงานลมได้รับการวิจัยและพัฒนามายาวนานในหลายประเทศทั่วโลก เช่น ในสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน ปัจจุบันมีกำลังผลิตติดตั้ง 22,247 MW และได้มีการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่ที่สุดในโลก 5 MW ที่เมืองฮัมบูกร์ ประเทศสหรัฐอเมริกามีกำลังผลิตติดตั้ง 16,818 MW ประเทศสเปนมีกำลังผลิตติดตั้ง 15,145 MW สำหรับทวีปเอเชีย ประเทศอินเดียมีกำลังผลิตติดตั้งสูงสุดคือ 8,000 MW ตามด้วยประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนที่มีกำลังผลิตติดตั้ง 6,050 MW ภาพรวมของสถานภาพการใช้พลังงานลมของประเทศต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 อัตราการเติบโตของการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานต่างๆ

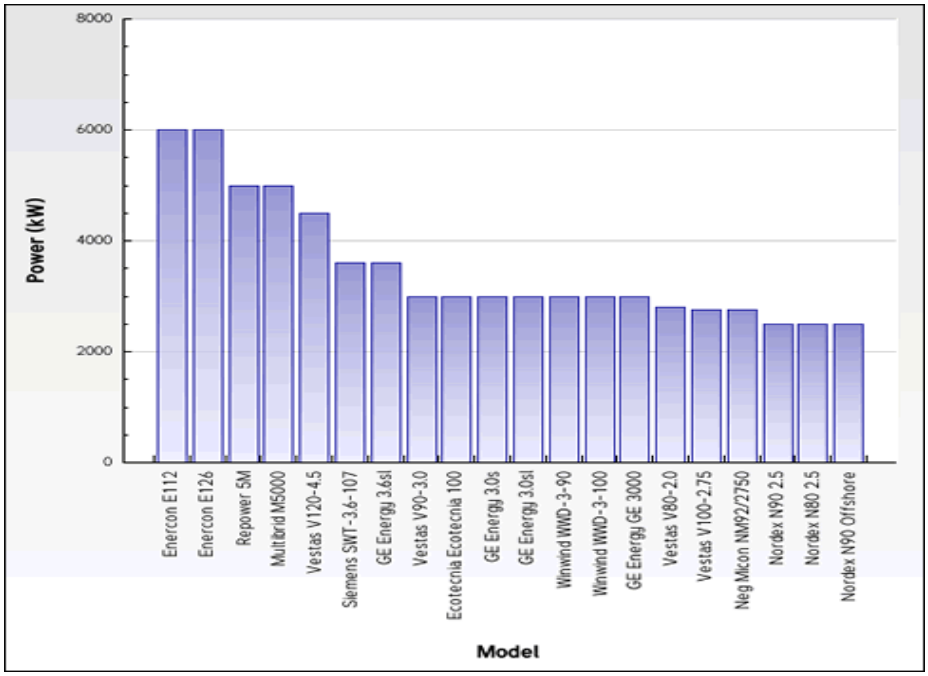
ตารางที่ 1 พลังงานลมในแต่ละประเทศ

Rank	Nation	2005	2006	2007
1	Germany	18,41	20,62	22,24
2	United States	9,149	11,60	16,81
3	Spain	10,02	11,61	15,14
4	India	4,430	6,270	8,000
5	China	1,260	2,604	6,050
6	Denmark (& Faeroe Islands)	3,136	3,140	3,129
7	Italy	1,718	2,123	2,726
8	France	757	1,567	2,454
9	United Kingdom	1,332	1,963	2,389
10	Portugal	1,022	1,716	2,150
11	Canada	683	1,459	1,856
12	Netherlands	1,219	1,560	1,747
13	Japan	1,061	1,394	1,538
14	Austria	819	965	982
15	Greece	573	746	871
16	Australia	708	817	824
17	Ireland	496	745	805
18	Sweden	510	572	788
19	Norway	267	314	333
20	New Zealand	169	171	322
21	Egypt	145	230	310
22	Belgium	167	193	287
23	Taiwan	104	188	282
24	Poland	83	153	276
25	Brazil	29	237	247
26	South Korea	98	173	191
27	Turkey	20	51	146
28	Czech Republic	28	50	116
29	Morocco	64	124	114
30	Finland	82	86	110
31	Ukraine	77	86	89
32	Mexico	3	88	87
33	Costa Rica	71	74	74
34	Bulgaria	6	36	70
35	Iran	23	48	66

36	Hungary	18	61	65
	Rest of Europe	129	163	
	Rest of Americas	109	109	
	Rest of Asia	38	38	
	Rest of Africa & Middle East	31	31	
	Rest of Oceania	12	12	
	World total (MW)	59,09	74,22	93,84

ปัจจุบันนี้ กังหันลมตัวที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลกคือ Enercon E-126 ที่มีใบกังหันความยาว 126 เมตร มีพิกัด 6 MW แต่สามารถมีกำลังผลิตได้ถึง 7 MW Enercon E-126 นั้นติดตั้งอยู่ที่ Emden ประเทศเยอรมัน ดังรูปที่ 2 อย่างไรก็ตาม ในอนาคตอันใกล้จะมีกังหันลมตัวที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลกที่มีชื่อว่า Clipper's 7.5 megawatt MBE turbine หรือ Britainia โดยจะติดตั้งอยู่ที่ทะเลใกล้ประเทศสหราชอาณาจักร มีพิกัด 7.5 MW วิวัฒนาการของกังหันที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลกแสดงได้ดังรูปที่ 3

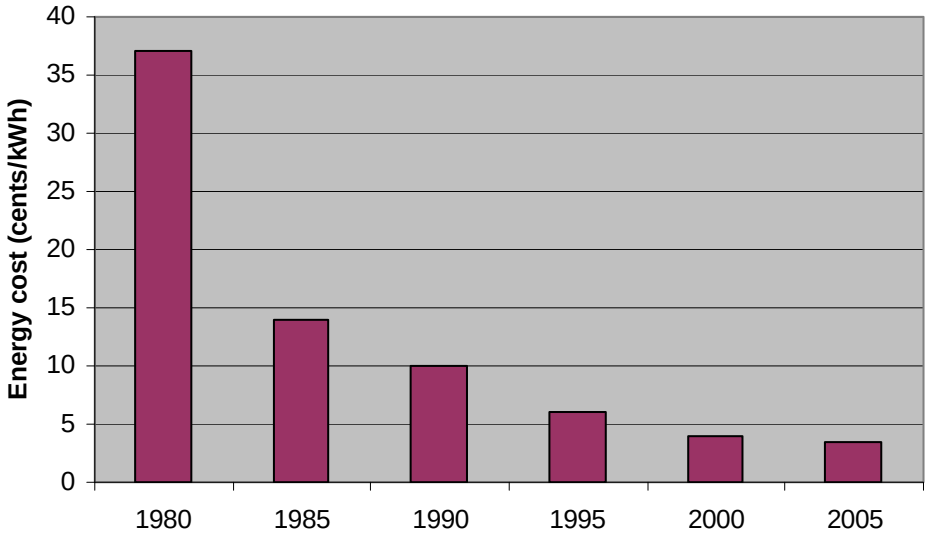
รูปที่ 2 กังหันลมที่ใหญ่ที่สุดในโลกขนาดพิกัด 6 MW



รูปที่ 3 วิวัฒนาการของกังหันที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก

ต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม

ต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากลมก็มีแนวโน้มที่จะลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4 ปัจจัยหลักในที่ทำให้ต้นทุนต่อหน่วยลดลงอันเนื่องมาจาก การพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมที่ก้าวหน้ามากขึ้น และ มีการส่งเสริมด้านการตลาดกังหันลมมากยิ่งขึ้น องค์กรพลังงานระหว่างประเทศ (The International Energy Agency: IEA) ซึ่งได้รับการสนับสนุนการเงินจาก 14 ประเทศ ประกอบด้วย



รูปที่ 4 การลดลงของต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

ออสเตรีย แคนนาดา เดนมาร์ก ฟินแลนด์ เยอรมัน อิตาลี ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ นิวซีแลนด์ นอร์เวย์ สเปน สวีเดน สหราชอาณาจักร และ สหรัฐอเมริกา กลุ่มประเทศดังกล่าวได้สนับสนุนโครงการวิจัยร่วมกันและมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาพลังงานลม ในต้นปี ค.ศ. 1995 มีกังหันลมมากกว่า 25,000 ชุดที่ต่อเชื่อมต่อกับกริดของระบบไฟฟ้า และมีกำลังผลิตติดตั้งรวมประมาณ 3,500 MW และผลิตพลังงานได้มากกว่า 6 ล้านหน่วยต่อปี ด้วยแนวโน้มนี้ จะทำให้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมสามารถแข่งขันกับการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานดั้งเดิม ไม่ว่าจะเป็น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน หรือน้ำมัน เป็นต้น

การใช้พลังงานลมในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทย ความเร็วลมเฉลี่ยจัดอยู่ในระดับปานกลาง-ต่ำ กล่าวคือ ต่ำกว่า 4 เมตร/วินาที จากการศึกษาแผนที่ศักยภาพพลังงานลมซึ่งจัดทำโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พบว่าหลายๆพื้นที่ในประเทศไทยมีศักยภาพที่จะติดตั้งกังหันลมได้ในอนาคต เช่น ภาคใต้บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก เริ่มตั้งแต่จังหวัดนครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และอุทยานแห่งชาติต่างๆ เช่น ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ รวมถึงบริเวณเทือกเขาด้านทิศตะวันตกตั้งแต่ภาคใต้ตอนบนจรดภาคเหนือตอนล่าง เป็นต้น โดยส่วนที่ความเร็วลมสูงสุดจะอยู่ในบริเวณชายฝั่งบริเวณเกาะต่างๆ ในอ่าวไทย และ ทางภาคใต้ของประเทศ

ในอดีตที่ผ่านมา กังหันลมในประเทศไทยใช้เพื่อการสูบน้ำในนาเกลือ กังหันลมตัวแรกของประเทศไทยเพื่อผลิตไฟฟ้าดำเนินการโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตั้งอยู่ที่แหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต โดยความเร็วลมเฉลี่ยตลอดปี ประมาณ 5 เมตรต่อวินาที โดยมีแผนงานเชื่อมโยงระบบกังหันลมมาผลิตไฟฟ้าเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในลักษณะของการใช้งานจริงในปี พ.ศ. 2531 และสามารถจ่ายไฟเข้าสู่ระบบได้เมื่อต้นเดือนสิงหาคม 2533 นับเป็นครั้งแรกในประเทศไทยที่สามารถนำไฟฟ้าจากพลังงานลมมาใช้งานได้โดยเชื่อมโยงเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้า กังหันลมที่ติดตั้งมีขนาด 0.83 kW, 1 kW, 2 kW และ 18.5 kW หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2535 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ติดตั้งกังหันลมอีก 2 ชุด ขนาดชุดละ 10 kW ในปี 2539 ก็ได้มีการติดตั้งกังหันลมขนาด 150 kW เพิ่มขึ้นอีกและเป็นกังหันลมที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของประเทศไทยเท่าที่เคยมีมา ขณะเดียวกันก็ทำการยกเลิกการใช้งานกังหันลมขนาดเล็ก อันเนื่องมาจากต้องซ่อมบำรุงบ่อยและชำรุดเสียหาย ทำให้มีกำลังผลิตรวมของกังหันลมทั้งสิ้น 170 kW

ช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา การนำพลังงานลมมาใช้ยังคงมีไม่มากเท่าที่ควรในประเทศไทยสาเหตุหลักอย่างหนึ่งคือ การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมยังคงมีต้นทุนที่สูงอันเนื่องมาจากวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จาก การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินสำหรับกังหันลมบนบกที่มีกำลังผลิต 1 kW โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ 5.5 เมตร/วินาที พบว่า จุดคุ้มทุนของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมสำหรับประเทศไทยอยู่ที่ ประมาณ 5.20 บาทต่อหน่วย (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ซึ่งจากตัวเลขดังกล่าวถือว่าสูงพอสมควรเมื่อเทียบกับราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและการไฟฟ้านครหลวง ปัจจุบันราคาไฟฟ้าต่อหน่วยอยู่ในช่วง 2-3 บาทต่อ

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐเพื่อจะได้นำประโยชน์ของพลังงานลมมาใช้อย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น จากข้อมูลจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนประเภทพลังงานลม ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (adder) มีค่าเท่ากับ 3.50 บาทต่อหน่วย ส่วนในพื้นที่สามจังหวัดภาคใต้มีค่าส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าเท่ากับ 5 บาทต่อหน่วย ระยะเวลาที่ทำการสนับสนุนเท่ากับ 10 ปี เป็นที่คาดกันว่าในอนาคต เทคโนโลยีของกังหันลมจะได้รับการวิจัยและพัฒนาให้ก้าวหน้ามากขึ้นทั้งในด้านของการออกแบบกังหันลม การออกแบบโครงสร้างทางกายภาพ ระบบอิเลคทรอนิกส์ การเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าลดต่ำลง

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

โครงการนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาประเมินศักยภาพพลังงานลมเฉพาะแหล่ง ของประเทศไทยในพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกจนถึงจังหวัดตราด สำหรับนำไปสู่การพัฒนาการผลิตไฟฟ้าด้วยทุ่งกังหันลมขนาดใหญ่ ในการดำเนินโครงการนี้จะต้องดำเนินการศึกษาประเมินศักยภาพพลังงานลมเฉพาะแหล่ง โดยมีขอบเขตดำเนินการตามรายละเอียด ดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น สำรวจพื้นที่ ที่มีศักยภาพความเร็วลม ติดต่อประสานงานกับหน่วยงานในพื้นที่ องค์การบริหารส่วนตำบล การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นต้น เพื่อกำหนดพื้นที่เป้าหมาย

3.2 ติดตั้งเสาสูง 120 เมตร ณ. สถานที่ ที่ถูกคัดเลือกจำนวน 2 ต้น พร้อมทั้งเครื่องมือตรวจวัดอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนเสาหนึ่งต้นจะทำการความเร็วลมที่ระดับ 10, 65, 90 และ 120 เมตร พร้อมติดตั้งอุปกรณ์วัดทิศทางลม ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลที่ได้ตรฐาน พร้อมทั้งมีระบบรับส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสารไร้สาย (GSM/GPRS)

3.3 เก็บรวบรวมข้อมูลดิบของแต่ละส่วน และวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม

3.4 จัดทำแผนที่แสดงศักยภาพพลังงานลมโดยจะแสดงความเร็วลมและพลังงานลมที่ตำแหน่งต่างๆ บริเวณที่ทำการติดตั้งเสาวัดลม รวมทั้งพลังงานที่สามารถผลิตได้จากกังหันลม

3.5 ศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการติดตั้งทุ่งกังหันลม พร้อมทั้งประเมินศักยภาพทางด้านการผลิตไฟฟ้า

3.6 จัดประชุมสัมมนาเพื่อนำเสนอผลการศึกษา รับฟังข้อเสนอแนะจากองค์กร ทั้งภาครัฐ เอกชน ประชาชน และนักวิชาการด้านต่างๆ นำมาประมวลผล เพื่อนำเสนอเป็นแนวทางการส่งเสริมโครงการติดตั้งทุ่งกังหันลมเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าพร้อมทั้งจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 4
ผลการวิจัย

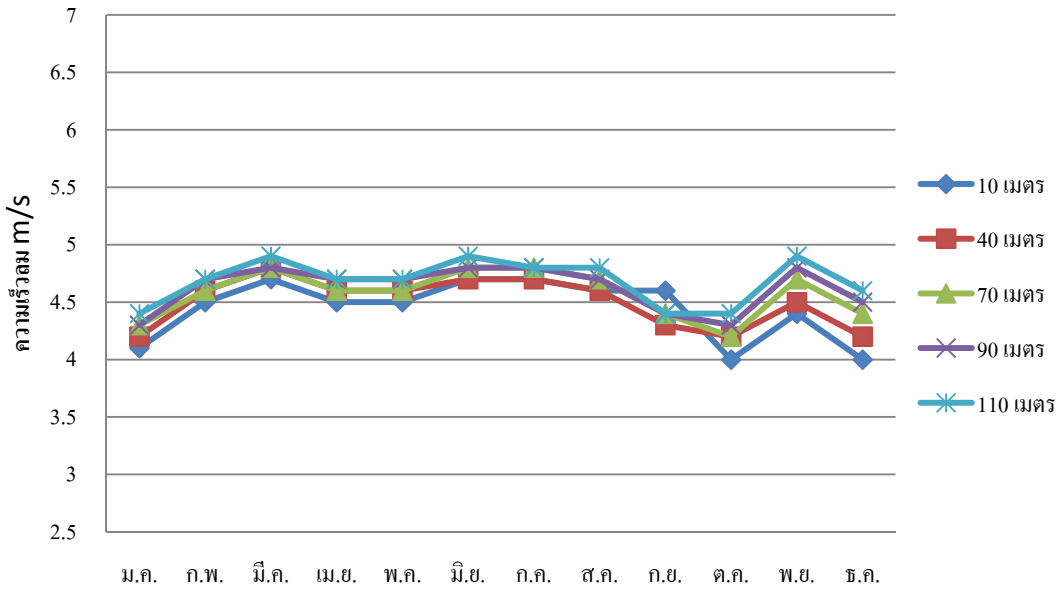
4.1 การศึกษาศักยภาพพลังงานลมเบื้องต้นของพื้นที่ที่ทำการศึกษา

สำหรับการวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อหาพื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมใน 4 จังหวัดทางภาคตะวันออกที่ประกอบด้วย ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และ ตราด คณะทำงานได้ใช้แผนที่ศักยภาพพลังงานลมสำหรับประเทศไทยในปี พ.ศ. 2552 ที่พัฒนาเป็นโปรแกรมโดยคณะทำงานจากมหาวิทยาลัยศิลปากร โปรแกรมดังกล่าวเลือกใช้แบบจำลองบรรยากาศสเกลปานกลาง (Atmospheric mesoscale model) ในการคำนวณความเร็วลมสำหรับพื้นที่ต่างๆ ในประเทศไทย การพัฒนาโปรแกรมนั้นมีลักษณะทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานโดยมีความละเอียดถึงในระดับตำบล การคำนวณข้อมูลลมจะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical models) โดยอ้างอิงกับข้อมูลลมที่รวบรวมได้จากหน่วยงานต่างๆ เช่น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กรมควบคุมมลพิษ กรมอุตุนิยมวิทยา เป็นต้น ย้อนหลังเป็นเวลา 15 ปี พร้อมทั้งข้อมูลระดับความสูง และความขรุขระของพื้นที่ การประมวลผลได้ใช้ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ (Supercomputer) เพื่อคำนวณหาความเร็วลมเฉลี่ยระยะยาวรายเดือนและรายปี ที่ระดับความสูง 5 ระดับ คือ ความสูง 10 เมตร 40 เมตร 70 เมตร 90 เมตร และ 110 เมตร

4.1.1 จังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 2 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลมาบไผ่ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี

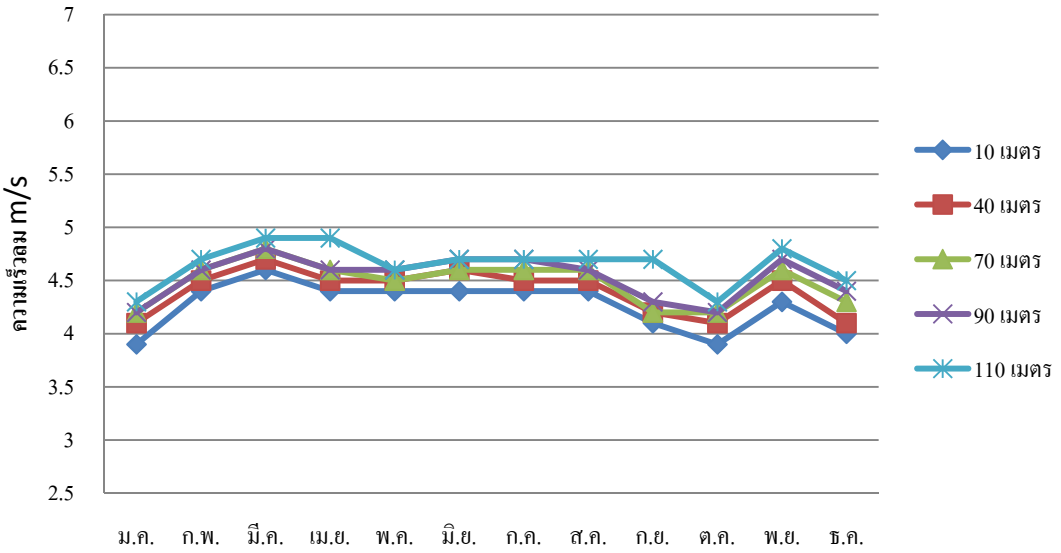
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	4.1	4.2	4.3	4.3	4.4
กุมภาพันธ์	4.5	4.6	4.6	4.7	4.7
มีนาคม	4.7	4.8	4.8	4.8	4.9
เมษายน	4.5	4.6	4.6	4.7	4.7
พฤษภาคม	4.5	4.6	4.6	4.7	4.7
มิถุนายน	4.7	4.7	4.8	4.8	4.9
กรกฎาคม	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8
สิงหาคม	4.6	4.6	4.7	4.7	4.8
กันยายน	4.6	4.3	4.4	4.4	4.4
ตุลาคม	4	4.2	4.2	4.3	4.4
พฤศจิกายน	4.4	4.5	4.7	4.8	4.9
ธันวาคม	4	4.2	4.4	4.5	4.6



รูปที่ 5 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลมาบไผ่ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 3 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลหนองซ้ำซาก อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี

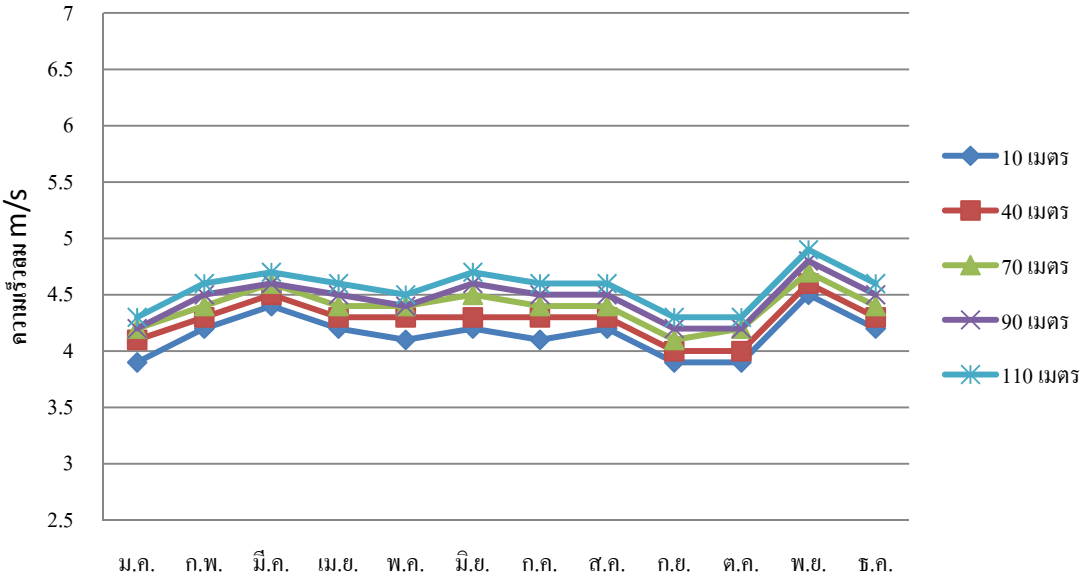
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3.9	4.1	4.2	4.2	4.3
กุมภาพันธ์	4.4	4.5	4.6	4.6	4.7
มีนาคม	4.6	4.7	4.8	4.8	4.9
เมษายน	4.4	4.5	4.6	4.6	4.9
พฤษภาคม	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6
มิถุนายน	4.4	4.6	4.6	4.7	4.7
กรกฎาคม	4.4	4.5	4.6	4.7	4.7
สิงหาคม	4.4	4.5	4.6	4.6	4.7
กันยายน	4.1	4.2	4.2	4.3	4.7
ตุลาคม	3.9	4.1	4.2	4.2	4.3
พฤศจิกายน	4.3	4.5	4.6	4.7	4.8
ธันวาคม	4	4.1	4.3	4.4	4.5



รูปที่ 6 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลหนองซ้ำซาก อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 4 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลคลองกิ่ว อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี

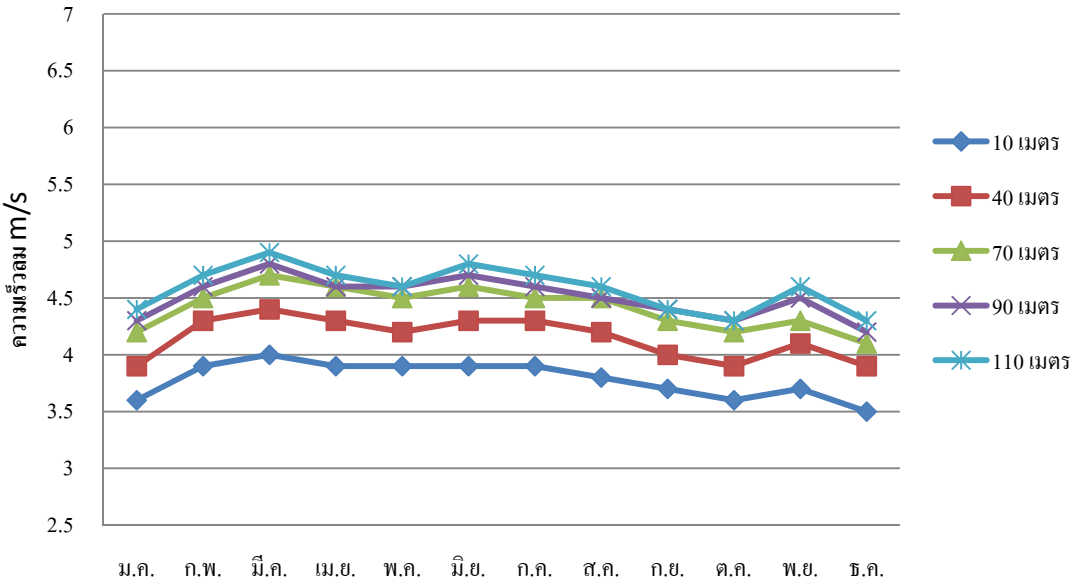
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3.9	4.1	4.2	4.2	4.3
กุมภาพันธ์	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
มีนาคม	4.4	4.5	4.6	4.6	4.7
เมษายน	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
พฤษภาคม	4.1	4.3	4.4	4.4	4.5
มิถุนายน	4.2	4.3	4.5	4.6	4.7
กรกฎาคม	4.1	4.3	4.4	4.5	4.6
สิงหาคม	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
กันยายน	3.9	4	4.1	4.2	4.3
ตุลาคม	3.9	4	4.2	4.2	4.3
พฤศจิกายน	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9
ธันวาคม	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6



รูปที่ 7 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลคลองกิ่ว อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 5 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลเกษตรสุวรรณ อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี

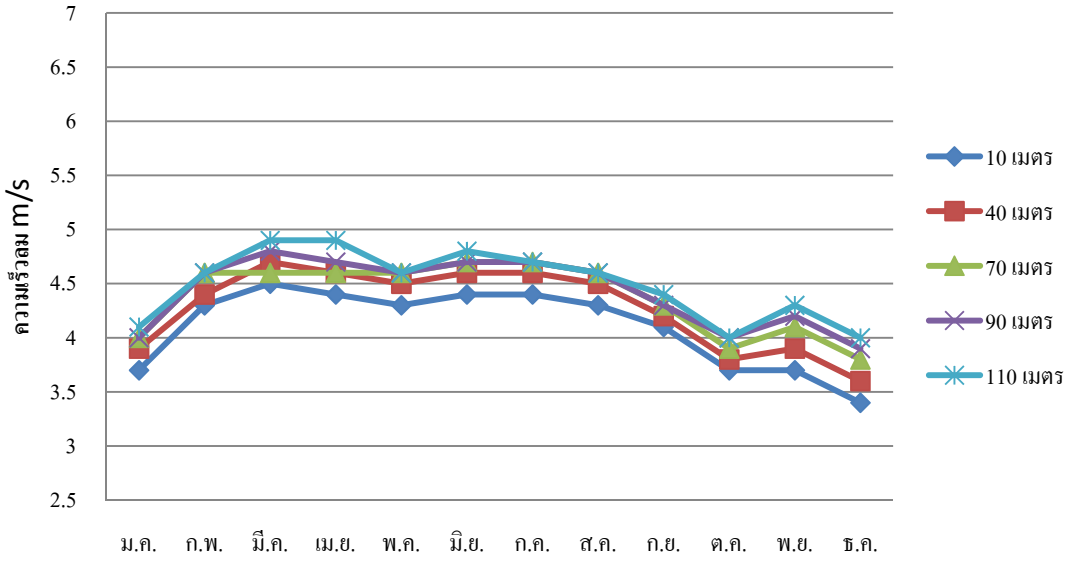
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3.6	3.9	4.2	4.3	4.4
กุมภาพันธ์	3.9	4.3	4.5	4.6	4.7
มีนาคม	4	4.4	4.7	4.8	4.9
เมษายน	3.9	4.3	4.6	4.6	4.7
พฤษภาคม	3.9	4.2	4.5	4.6	4.6
มิถุนายน	3.9	4.3	4.6	4.7	4.8
กรกฎาคม	3.9	4.3	4.5	4.6	4.7
สิงหาคม	3.8	4.2	4.5	4.5	4.6
กันยายน	3.7	4	4.3	4.4	4.4
ตุลาคม	3.6	3.9	4.2	4.3	4.3
พฤศจิกายน	3.7	4.1	4.3	4.5	4.6
ธันวาคม	3.5	3.9	4.1	4.2	4.3



รูปที่ 8 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลเกษตรสุวรรณ อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 6 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลสำนักบน อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี

	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3.7	3.9	4	4	4.1
กุมภาพันธ์	4.3	4.4	4.6	4.6	4.6
มีนาคม	4.5	4.7	4.6	4.8	4.9
เมษายน	4.4	4.6	4.6	4.7	4.9
พฤษภาคม	4.3	4.5	4.6	4.6	4.6
มิถุนายน	4.4	4.6	4.7	4.7	4.8
กรกฎาคม	4.4	4.6	4.7	4.7	4.7
สิงหาคม	4.3	4.5	4.6	4.6	4.6
กันยายน	4.1	4.2	4.3	4.3	4.4
ตุลาคม	3.7	3.8	3.9	4	4
พฤศจิกายน	3.7	3.9	4.1	4.2	4.3
ธันวาคม	3.4	3.6	3.8	3.9	4

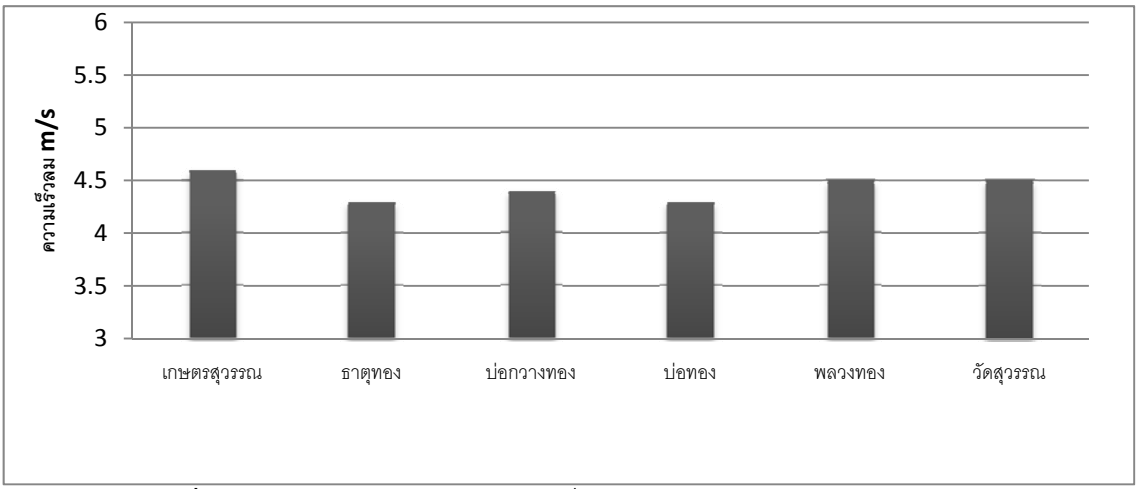


รูปที่ 9 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลสำนักบน อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี

ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ต่างๆ ของจังหวัดชลบุรี ที่ความสูง 110 เมตร ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลมาจากฐานข้อมูลพลังงานลมของประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

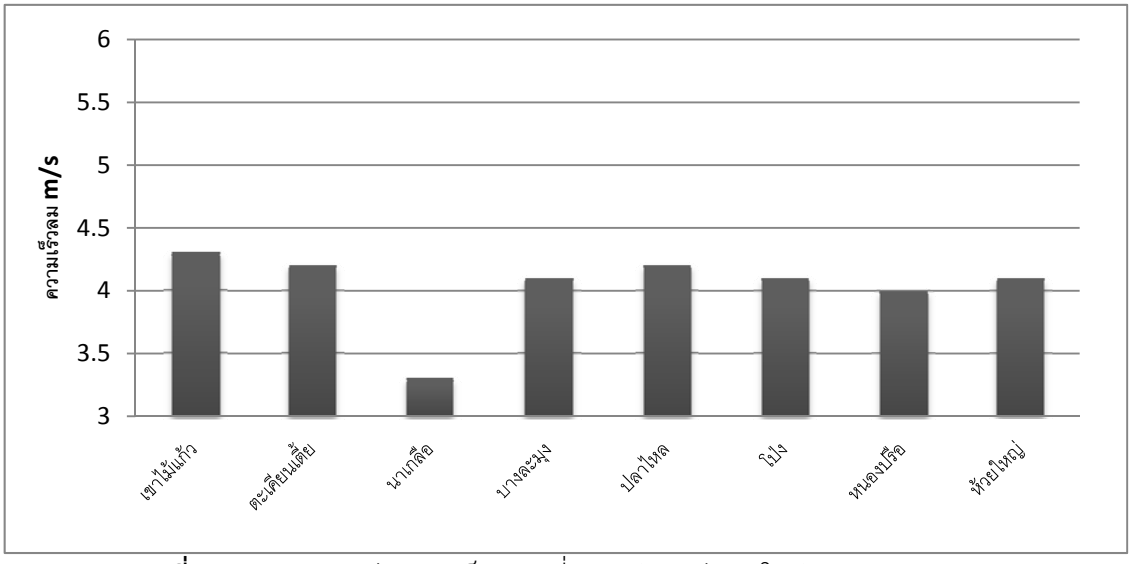
1) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอบ่อทอง

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอบ่อทองเป็น 4.33 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลคลองกิ่ว และตำบลเกษตรสุวรรณ จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.6 เมตรต่อวินาที



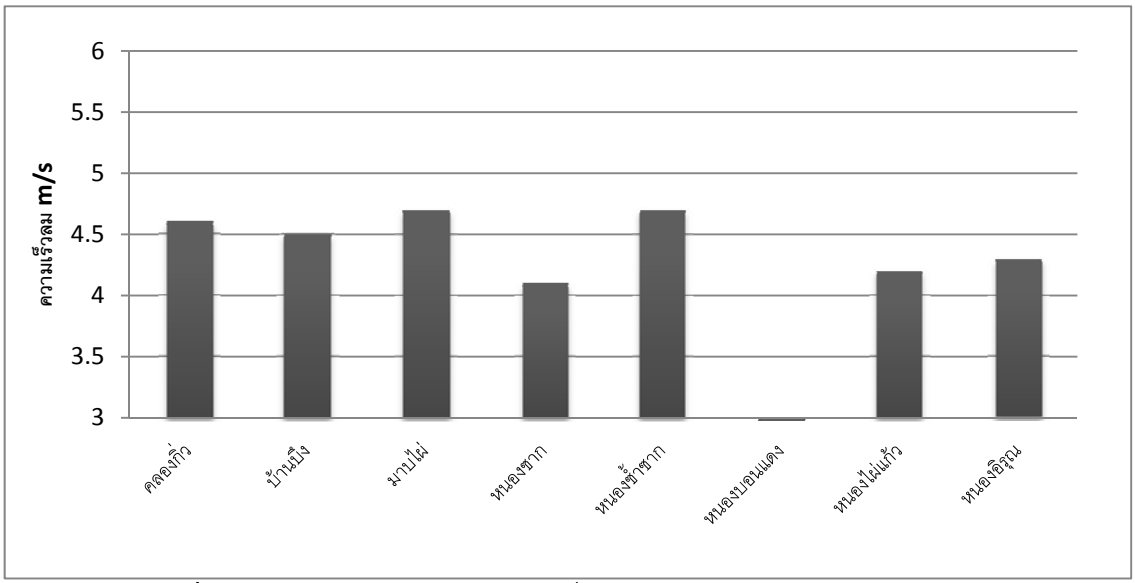
รูปที่ 10 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอบ่อทอง

2) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอบางละมุง
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอบางละมุงเป็น 4.04 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลเขาไม้แก้ว จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.3 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 11 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอบางละมุง

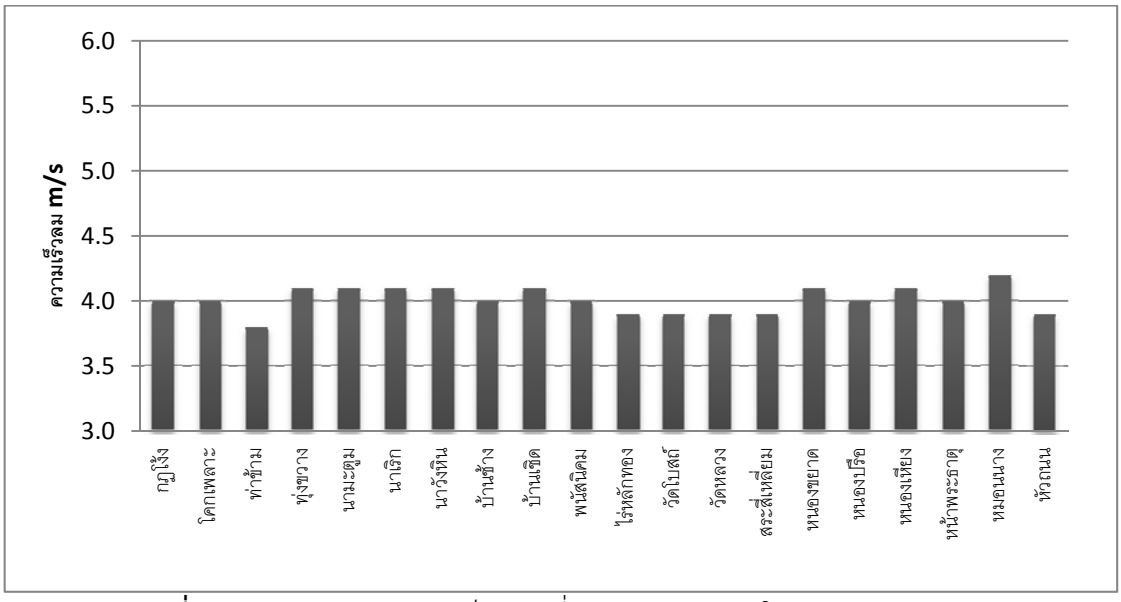
3) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอบ้านบึง
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอบ้านบึงเป็น 4.24 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลมาบไผ่ และตำบลหนองซ้ำซาก จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.7 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 12 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอบ้านบึง

4) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอพนัสนิคม

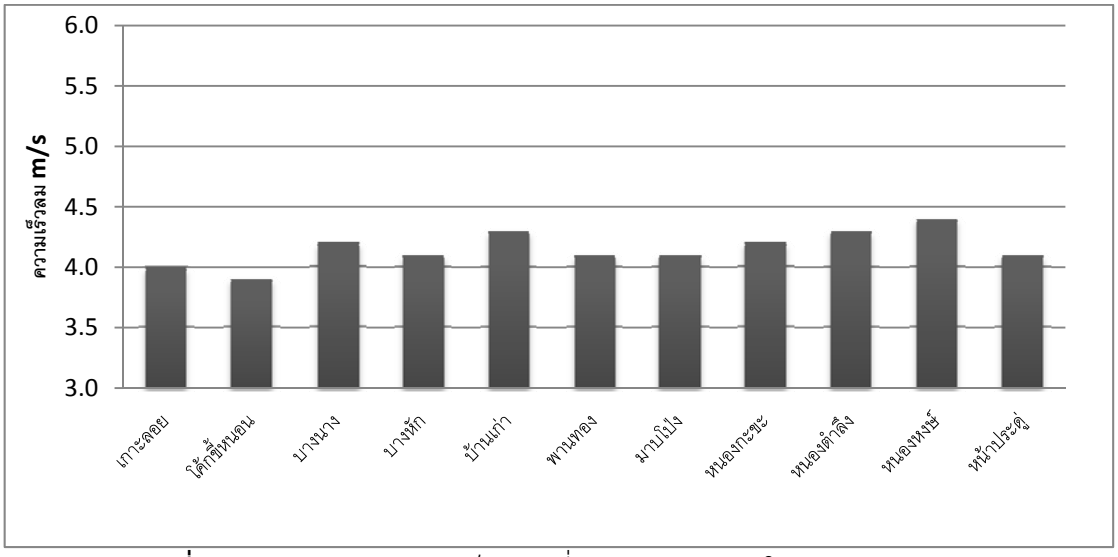
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอพนัสนิคมเป็น 4.01 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลหมอนนาง จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.2 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอพนัสนิคม

5) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอพานทอง

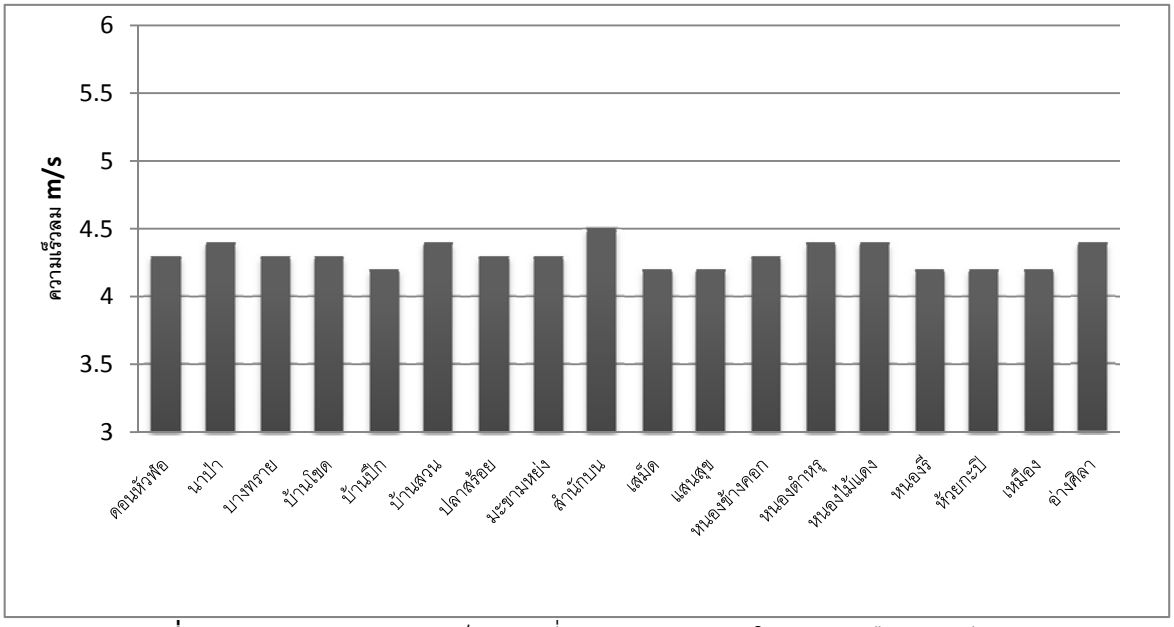
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอพานทองเป็น 4.15 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลหนองหงษ์ จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.4 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 14 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอพานทอง

6) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอเมืองชลบุรี

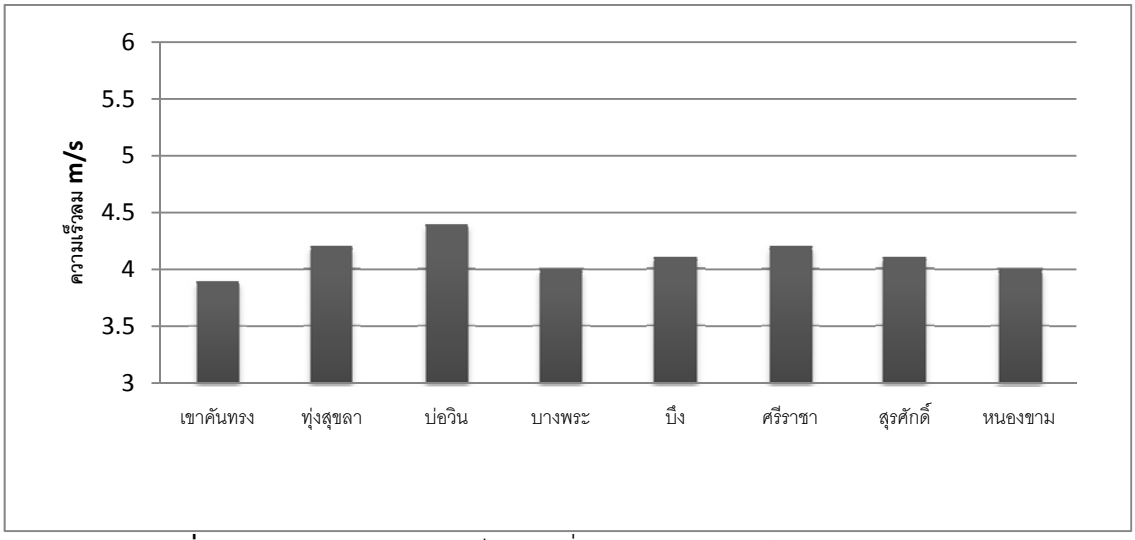
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอเมืองชลบุรีเป็น 4.31 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลสำนักบน จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.5 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 15 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเมืองชลบุรี

7) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอศรีราชา

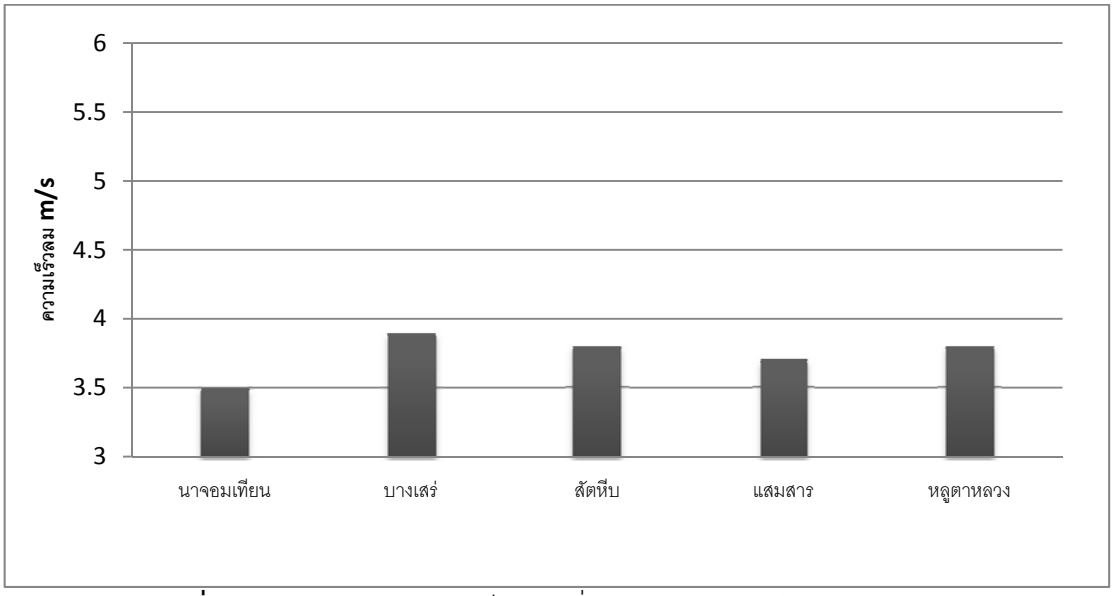
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอศรีราชาเป็น 4.11 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลบ่อวิน จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.4 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 16 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอศรีราชา

8) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอสัตหีบ

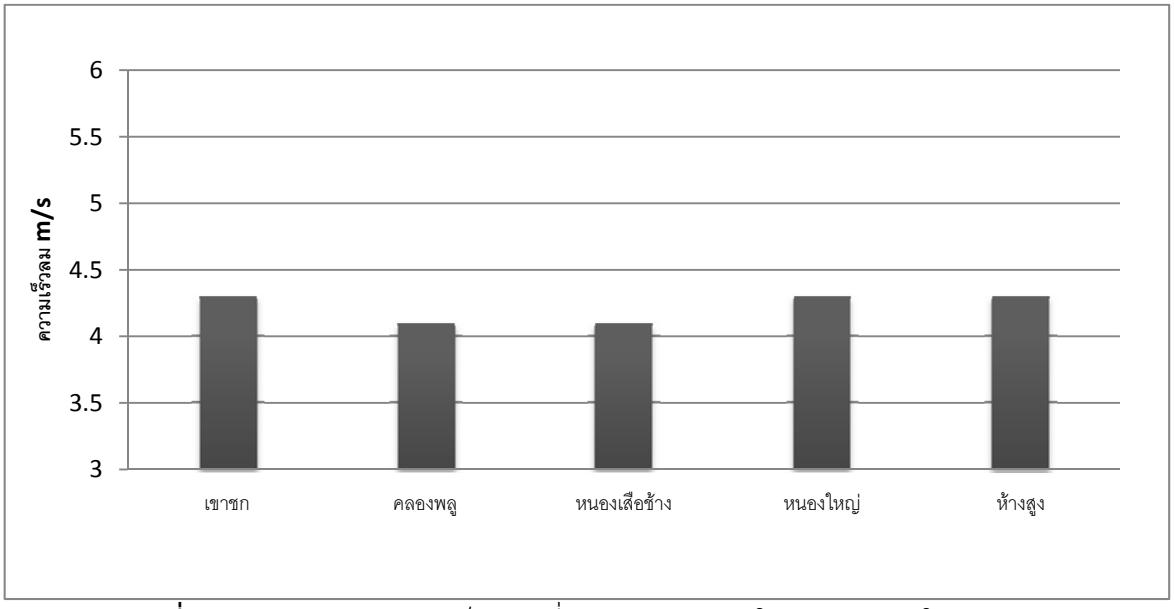
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอสัตหีบเป็น 3.74 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลบางเสรี จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 3.9 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 17 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอสัตหีบ

9) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอหนองใหญ่

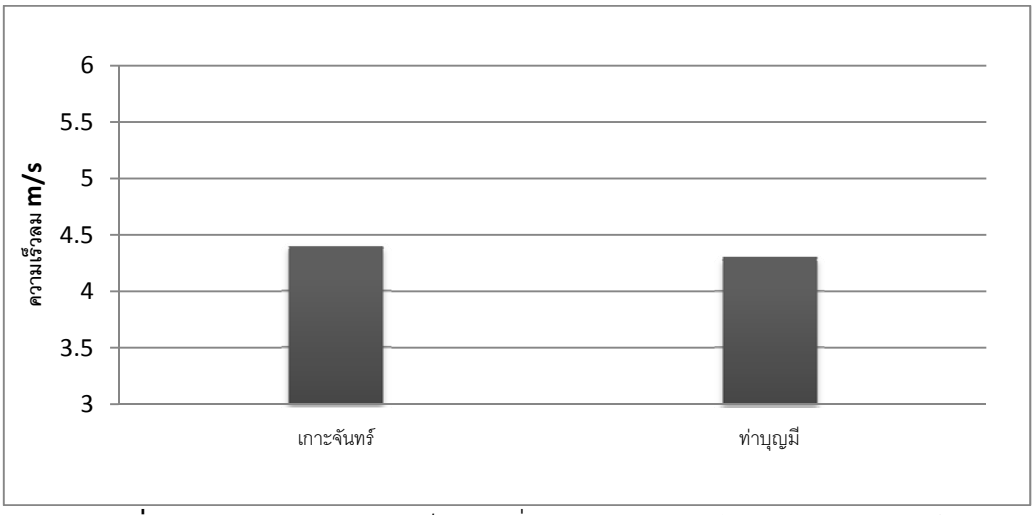
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอหนองใหญ่เป็น 4.22 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลเขาชก ตำบลหนองใหญ่และตำบลห้างสูง จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.3 เมตรต่อวินาที



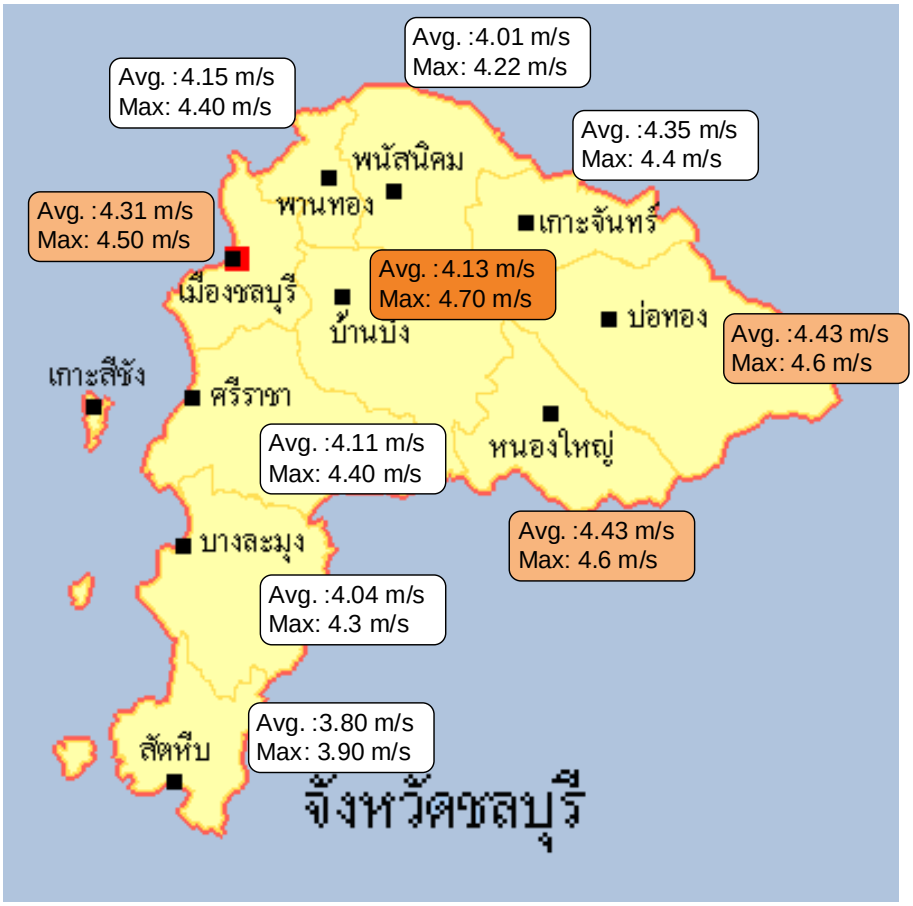
รูปที่ 18 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอหนองใหญ่

10) ข้อมูลความเร็วลมกิ่งอำเภอเกาะจันทร์

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอเกาะจันทร์เป็น 4.35 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลตกพรม และตำบลเกาะจันทร์ จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.4 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 19 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเกาะจันทร์

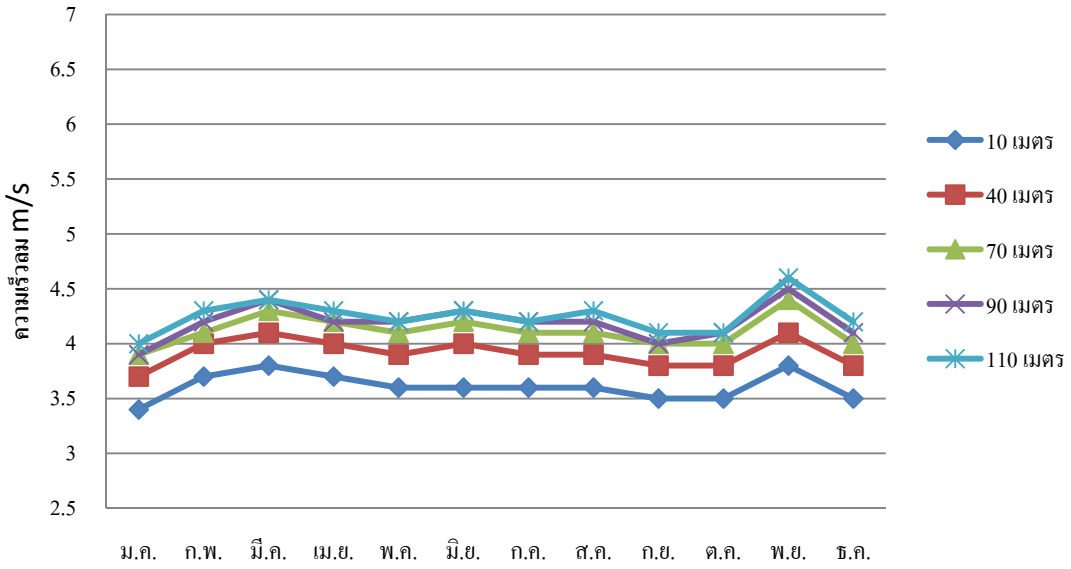


รูปที่ 20 แผนที่แสดงศักยภาพความเร็วลมเฉลี่ยของจังหวัดชลบุรีที่ความสูง 110 เมตร

4.1.2 จังหวัดระยอง

ตารางที่ 7 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลป่ายุบใน อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง

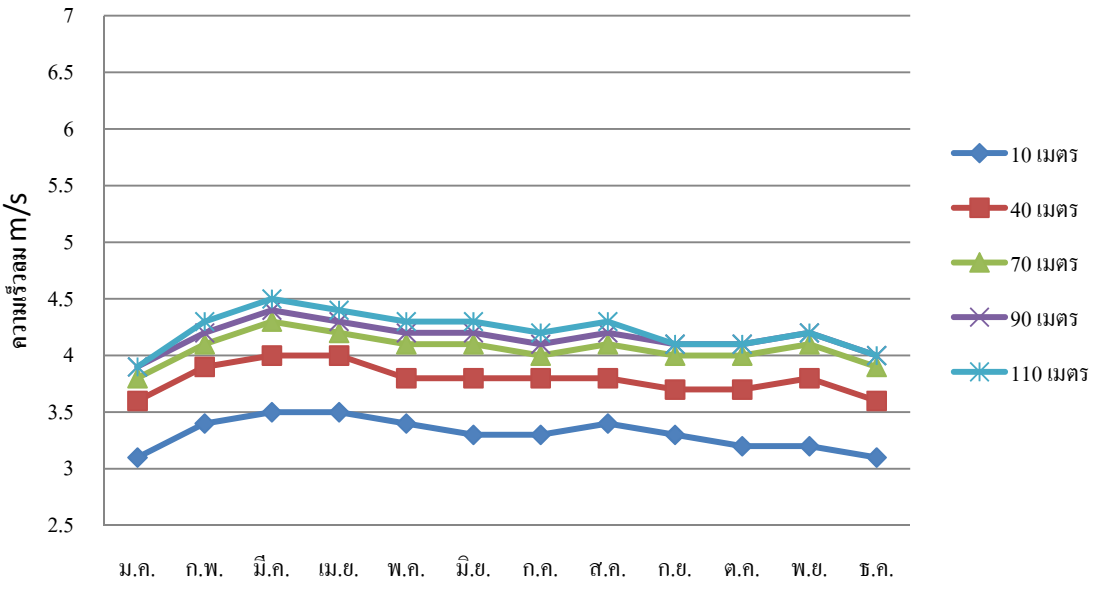
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3.4	3.7	3.9	3.9	4
กุมภาพันธ์	3.7	4	4.1	4.2	4.3
มีนาคม	3.8	4.1	4.3	4.4	4.4
เมษายน	3.7	4	4.2	4.2	4.3
พฤษภาคม	3.6	3.9	4.1	4.2	4.2
มิถุนายน	3.6	4	4.2	4.3	4.3
กรกฎาคม	3.6	3.9	4.1	4.2	4.2
สิงหาคม	3.6	3.9	4.1	4.2	4.3
กันยายน	3.5	3.8	4	4	4.1
ตุลาคม	3.5	3.8	4	4.1	4.1
พฤศจิกายน	3.8	4.1	4.4	4.5	4.6
ธันวาคม	3.5	3.8	4	4.1	4.2



รูปที่ 21 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลป่ายุบใน อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง

ตารางที่ 8 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลวังจันทร์ อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง

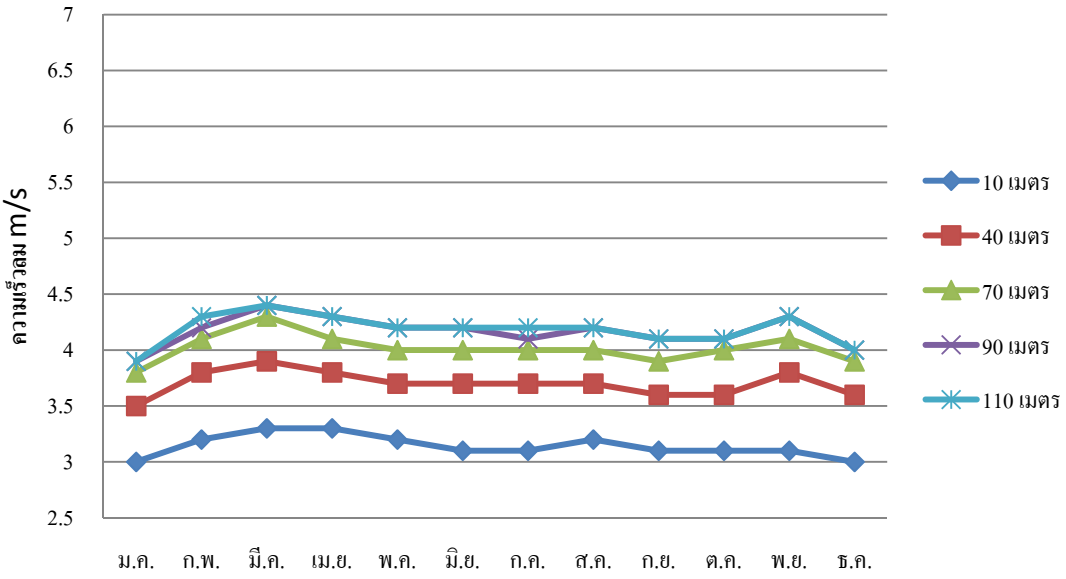
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3.1	3.6	3.8	3.9	3.9
กุมภาพันธ์	3.4	3.9	4.1	4.2	4.3
มีนาคม	3.5	4	4.3	4.4	4.5
เมษายน	3.5	4	4.2	4.3	4.4
พฤษภาคม	3.4	3.8	4.1	4.2	4.3
มิถุนายน	3.3	3.8	4.1	4.2	4.3
กรกฎาคม	3.3	3.8	4	4.1	4.2
สิงหาคม	3.4	3.8	4.1	4.2	4.3
กันยายน	3.3	3.7	4	4.1	4.1
ตุลาคม	3.2	3.7	4	4.1	4.1
พฤศจิกายน	3.2	3.8	4.1	4.2	4.2
ธันวาคม	3.1	3.6	3.9	4	4



รูปที่ 22 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลวังจันทร์ อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง

ตารางที่ 9 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลชุมแสง อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง

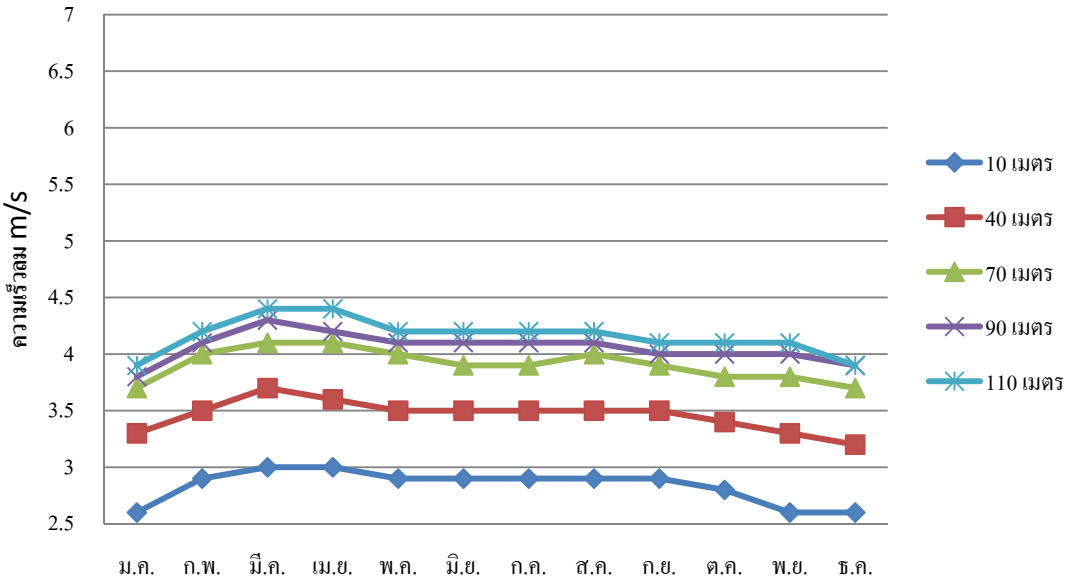
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3	3.5	3.8	3.9	3.9
กุมภาพันธ์	3.2	3.8	4.1	4.2	4.3
มีนาคม	3.3	3.9	4.3	4.4	4.4
เมษายน	3.3	3.8	4.1	4.3	4.3
พฤษภาคม	3.2	3.7	4	4.2	4.2
มิถุนายน	3.1	3.7	4	4.2	4.2
กรกฎาคม	3.1	3.7	4	4.1	4.2
สิงหาคม	3.2	3.7	4	4.2	4.2
กันยายน	3.1	3.6	3.9	4.1	4.1
ตุลาคม	3.1	3.6	4	4.1	4.1
พฤศจิกายน	3.1	3.8	4.1	4.3	4.3
ธันวาคม	3	3.6	3.9	4	4



รูปที่ 23 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลชุมแสง อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง

ตารางที่ 10 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลกระแสบน อำเภอแกลง จังหวัดระยอง

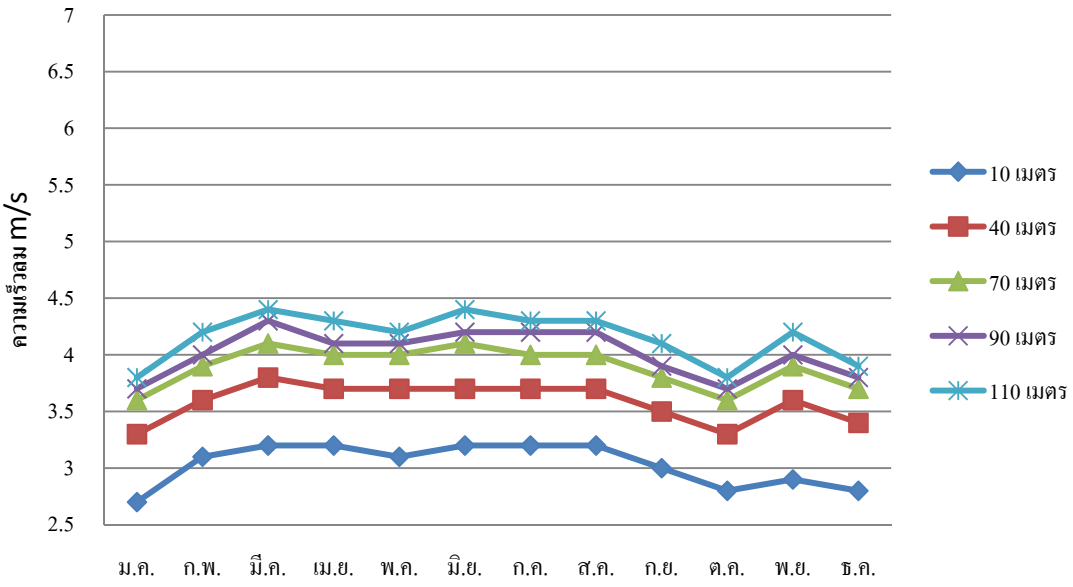
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	2.6	3.3	3.7	3.8	3.9
กุมภาพันธ์	2.9	3.5	4	4.1	4.2
มีนาคม	3	3.7	4.1	4.3	4.4
เมษายน	3	3.6	4.1	4.2	4.4
พฤษภาคม	2.9	3.5	4	4.1	4.2
มิถุนายน	2.9	3.5	3.9	4.1	4.2
กรกฎาคม	2.9	3.5	3.9	4.1	4.2
สิงหาคม	2.9	3.5	4	4.1	4.2
กันยายน	2.9	3.5	3.9	4	4.1
ตุลาคม	2.8	3.4	3.8	4	4.1
พฤศจิกายน	2.6	3.3	3.8	4	4.1
ธันวาคม	2.6	3.2	3.7	3.9	3.9



รูปที่ 24 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลกระแสบน อำเภอแกลง จังหวัดระยอง

ตารางที่ 11 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลพนานิคม อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดระยอง

	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	2.7	3.3	3.6	3.7	3.8
กุมภาพันธ์	3.1	3.6	3.9	4	4.2
มีนาคม	3.2	3.8	4.1	4.3	4.4
เมษายน	3.2	3.7	4	4.1	4.3
พฤษภาคม	3.1	3.7	4	4.1	4.2
มิถุนายน	3.2	3.7	4.1	4.2	4.4
กรกฎาคม	3.2	3.7	4	4.2	4.3
สิงหาคม	3.2	3.7	4	4.2	4.3
กันยายน	3	3.5	3.8	3.9	4.1
ตุลาคม	2.8	3.3	3.6	3.7	3.8
พฤศจิกายน	2.9	3.6	3.9	4	4.2
ธันวาคม	2.8	3.4	3.7	3.8	3.9

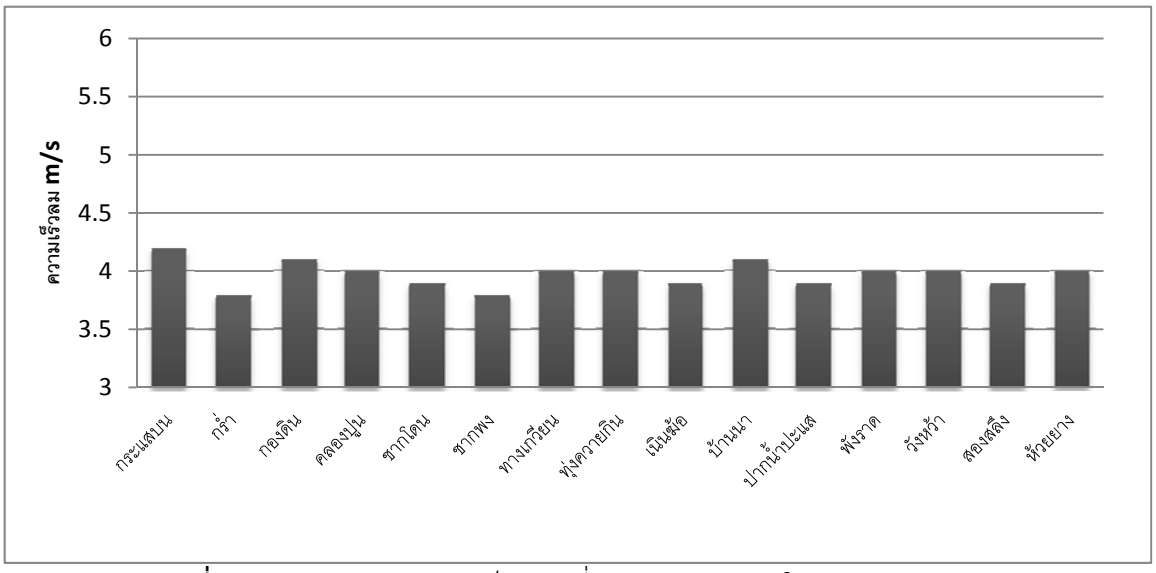


รูปที่ 25 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลพนานิคม อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดระยอง

ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ต่างๆ ของจังหวัดระยอง ที่ความสูง 110 เมตร ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลมาจากฐานข้อมูลพลังงานลมของประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

1) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอแกลง

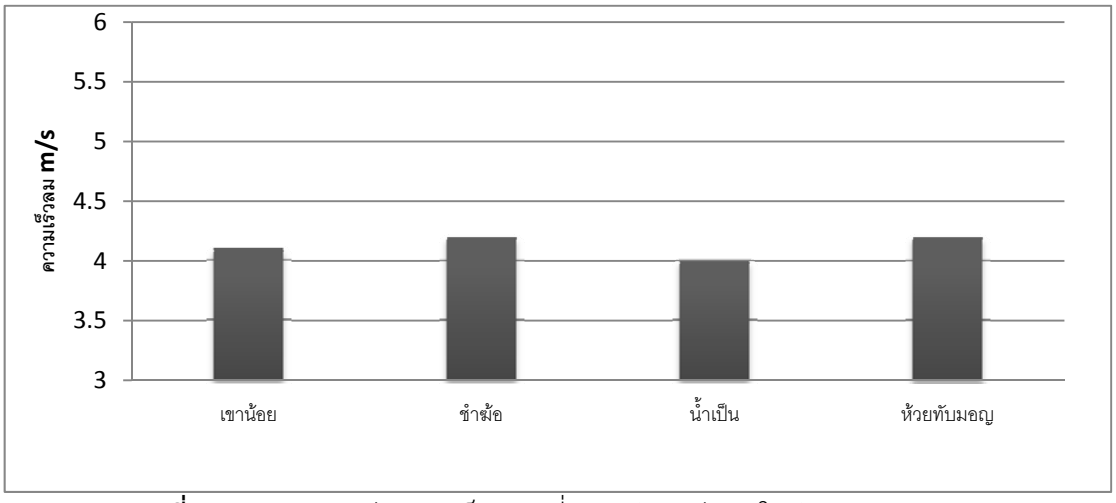
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอแกลงเป็น 3.97 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลกระแสบน จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.2 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 26 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอแกลง

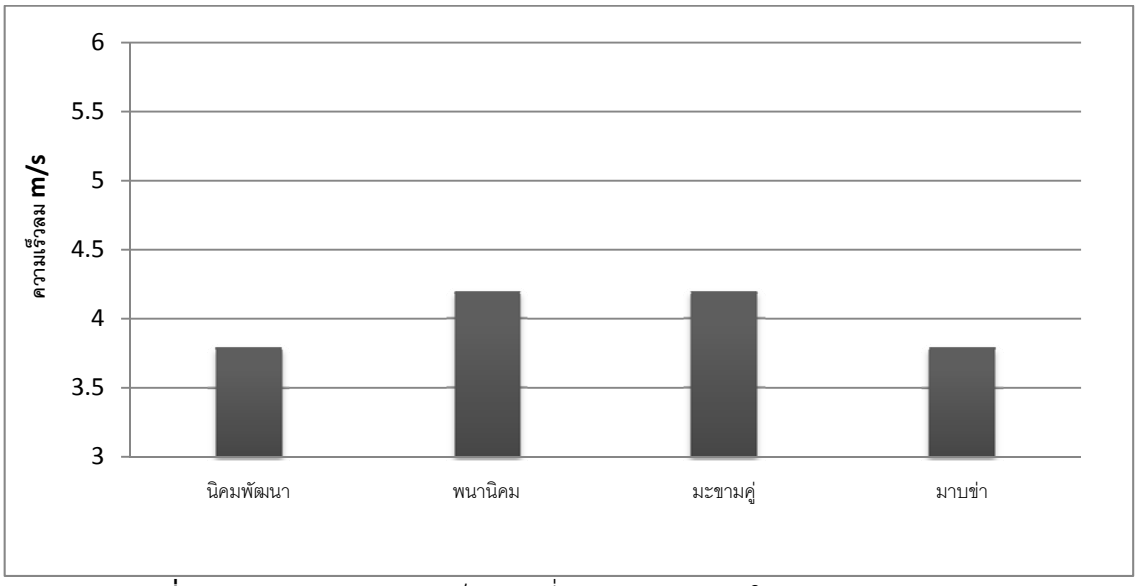
2) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอเขาชะเมา

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอเขาชะเมาเป็น 4.13 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลชำฆ้อ และตำบลห้วยทับมอญ จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.2 เมตรต่อวินาที



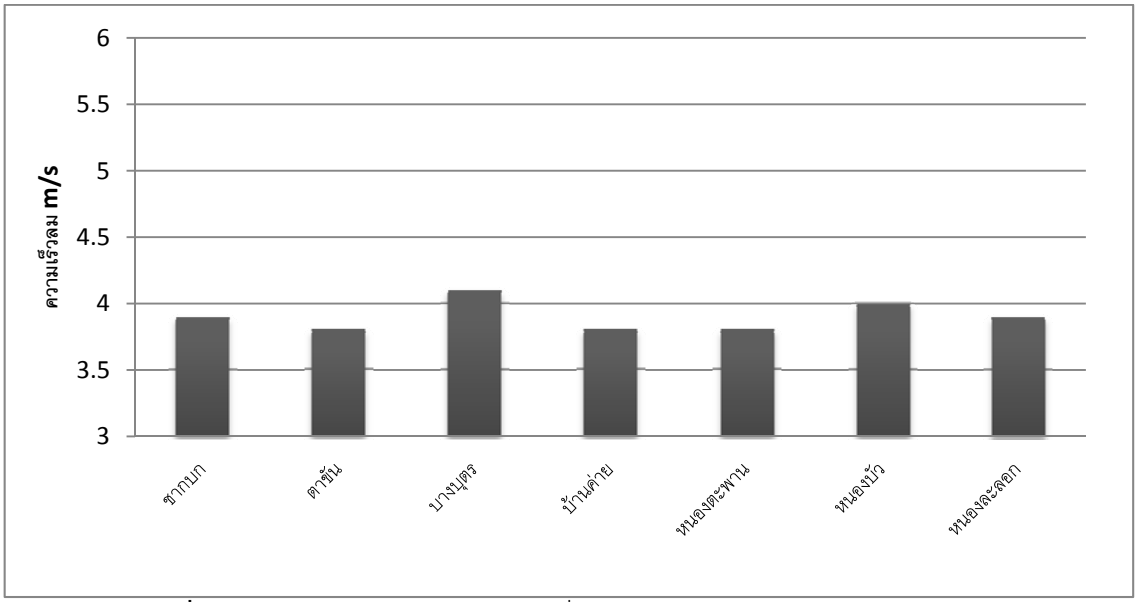
รูปที่ 27 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเขาชะเมา

3) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอนิคมพัฒนา
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอนิคมพัฒนาเป็น 4 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลพนานิคม และตำบลพนานิคม จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.2 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 28 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอนิคมพัฒนา

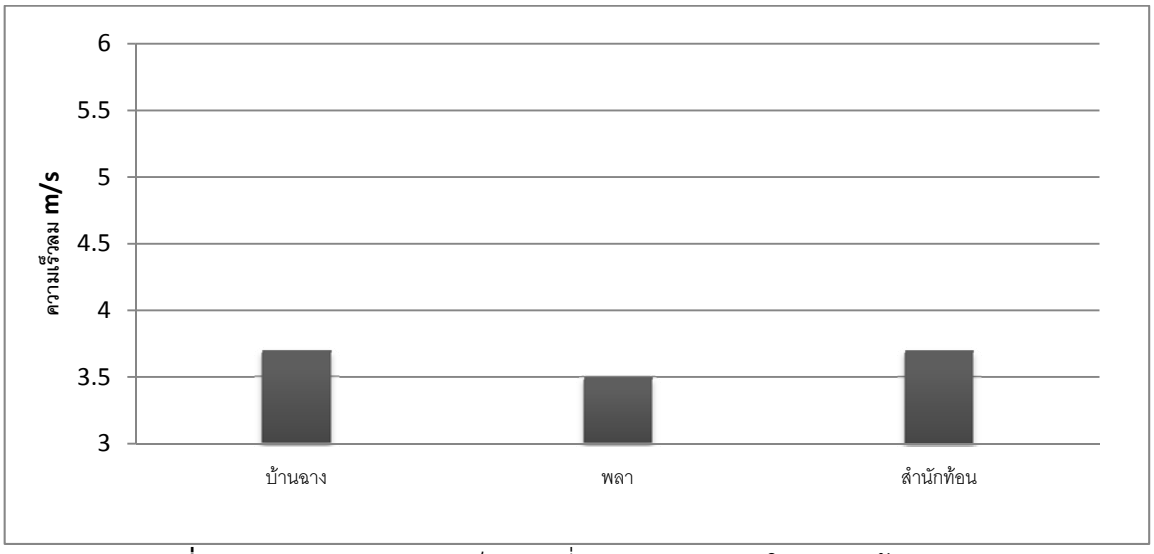
4) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอบ้านค่าย
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอบ้านค่ายเป็น 3.9 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลบางบุตร จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.1 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 29 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอบ้านค่าย

5) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอบ้านฉาง

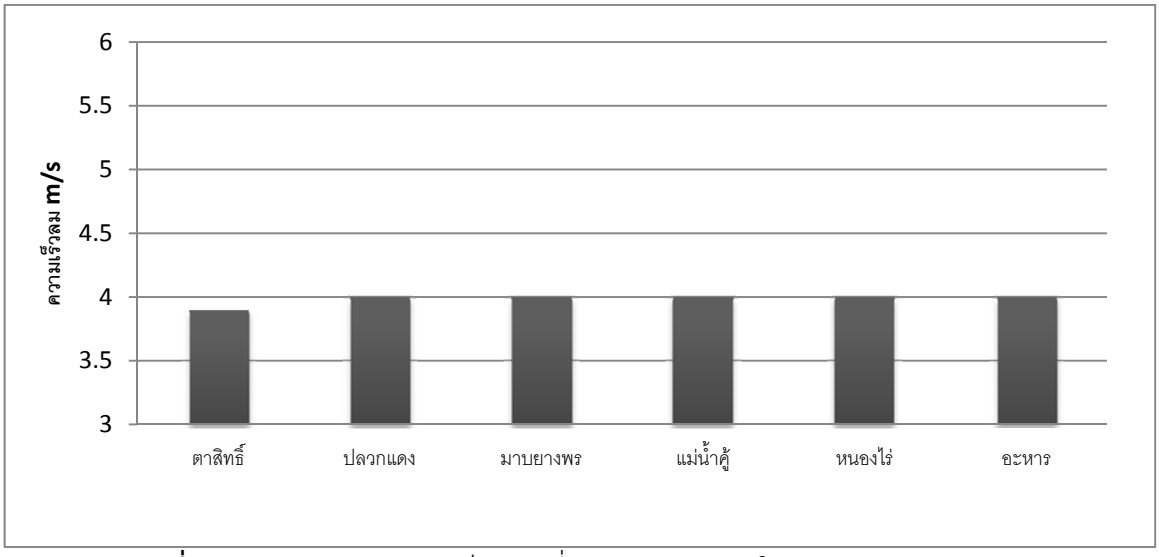
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอบ้านฉางเป็น 3.63 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลบ้านฉาง และตำบลสำนักท้อน จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 3.7 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 30 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอบ้านฉาง

6) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอปลวกแดง

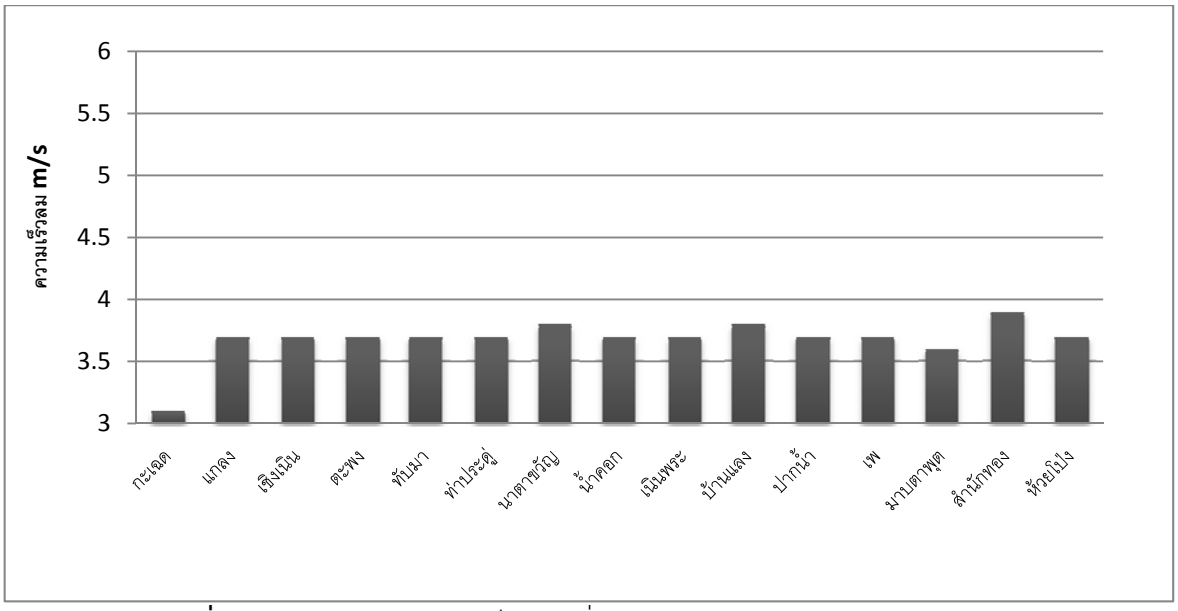
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอปลวกแดงเป็น 3.98 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลปลวกแดง ตำบลมาบยางพร ตำบลแม่น้ำคู้ ตำบลหนองไร่ และตำบลอะหาร จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 31 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอปลวกแดง

7) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอเมือง

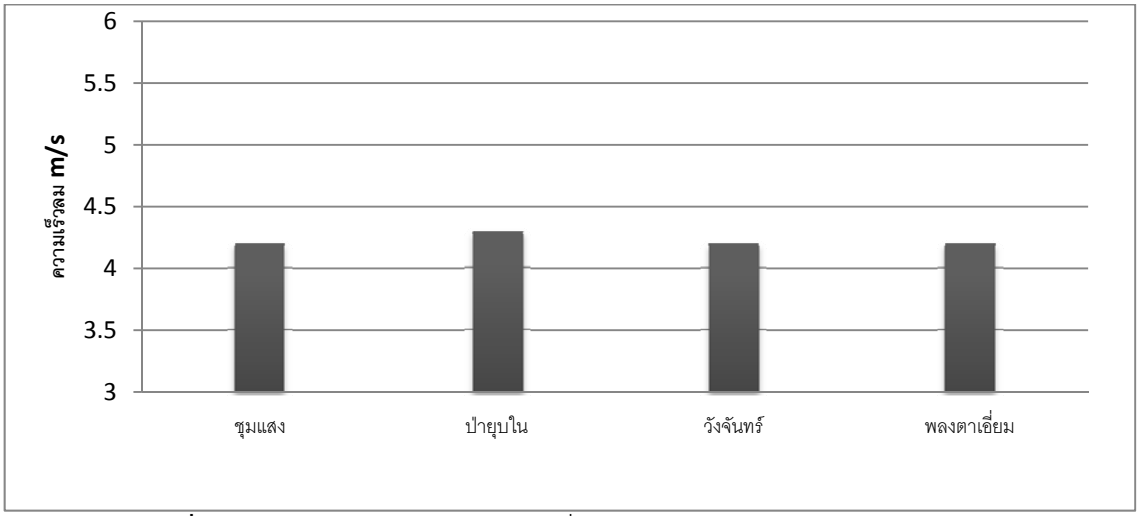
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอเมืองเป็น 3.68 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลสำนักทอง จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 3.9 เมตรต่อวินาที



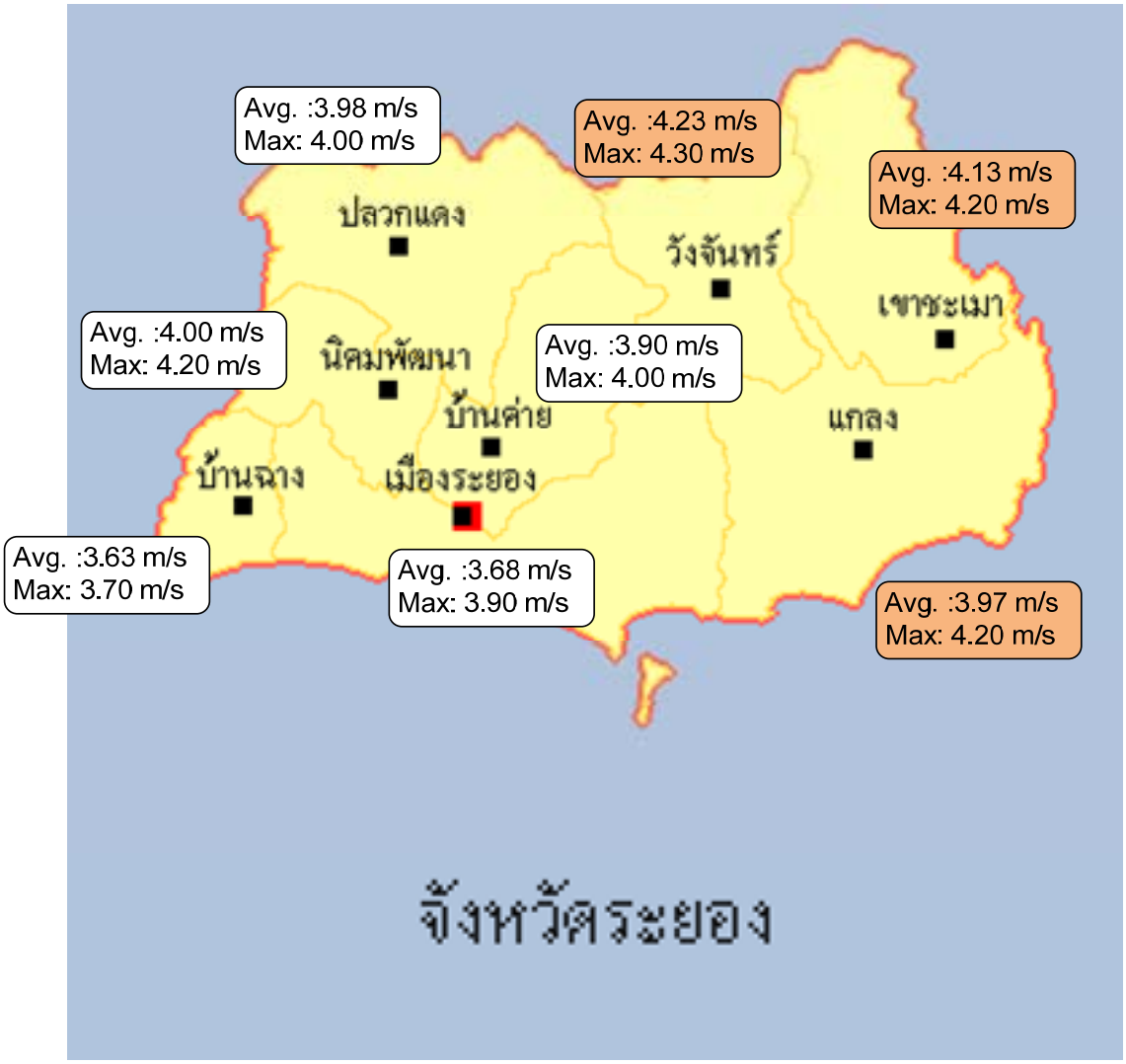
รูปที่ 32 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเมือง

8) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอวังจันทร์

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอวังจันทร์เป็น 4.23 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลป่ายุบใน จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.3 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 33 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอวังจันทร์

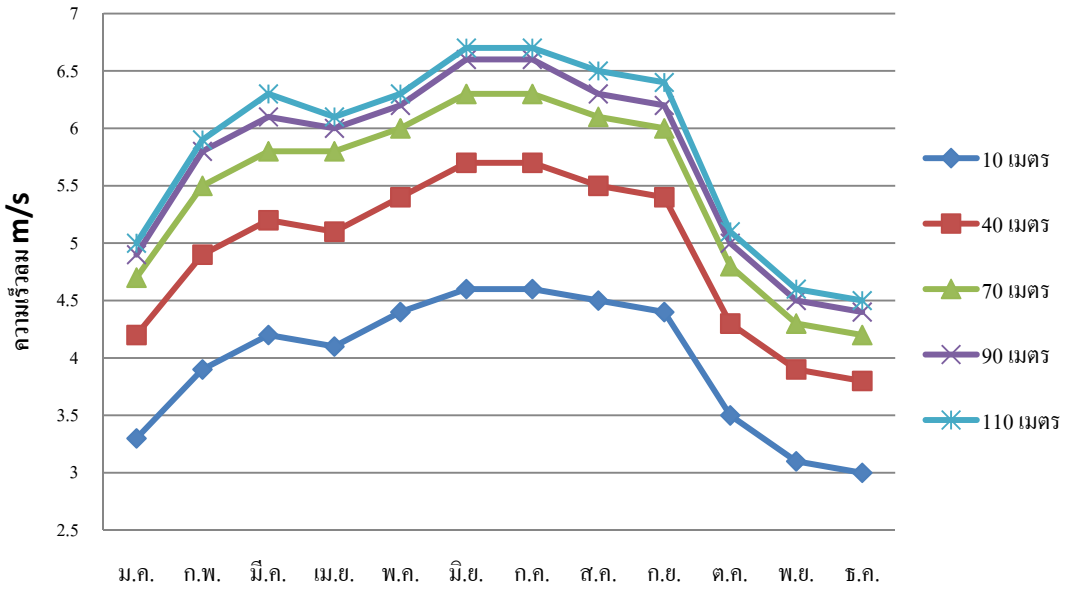


รูปที่ 34 แผนที่แสดงศักยภาพความเร็วลมเฉลี่ยของจังหวัดระยองที่ความสูง 110 เมตร

4.1.3 จังหวัดจันทบุรี

ตารางที่ 12 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลเทพนิมิต อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี

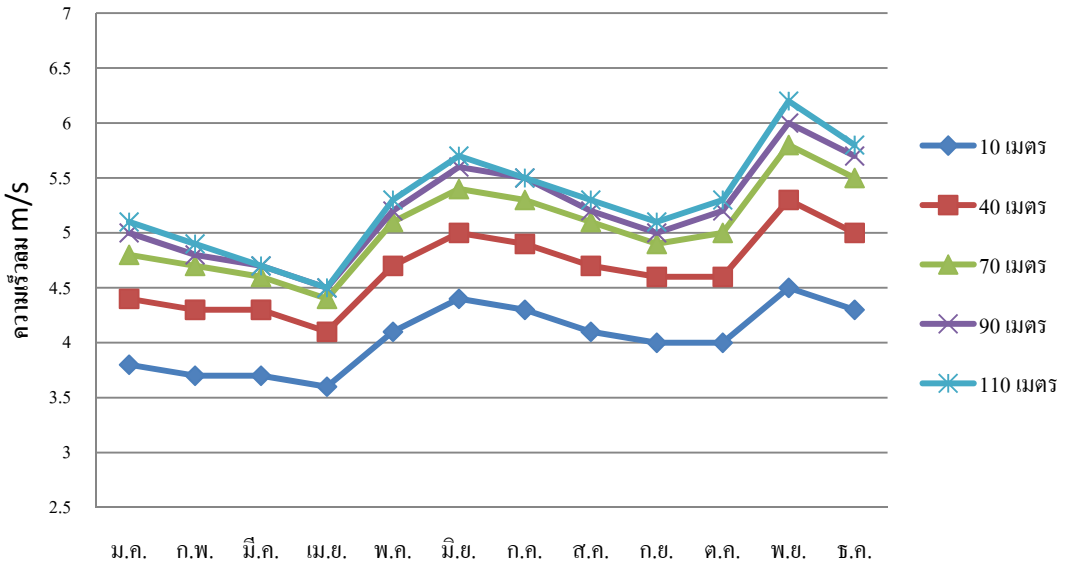
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3.3	4.2	4.7	4.9	5.0
กุมภาพันธ์	3.9	4.9	5.5	5.8	5.9
มีนาคม	4.2	5.2	5.8	6.1	6.3
เมษายน	4.1	5.1	5.8	6.0	6.1
พฤษภาคม	4.4	5.4	6.0	6.2	6.3
มิถุนายน	4.6	5.7	6.3	6.6	6.7
กรกฎาคม	4.6	5.7	6.3	6.6	6.7
สิงหาคม	4.5	5.5	6.1	6.3	6.5
กันยายน	4.4	5.4	6.0	6.2	6.4
ตุลาคม	3.5	4.3	4.8	5.0	5.1
พฤศจิกายน	3.1	3.9	4.3	4.5	4.6
ธันวาคม	3.0	3.8	4.2	4.4	4.5



รูปที่ 35 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลเทพนิมิต อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี

ตารางที่ 13 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลปะตง อำเภอสอยดาว จังหวัดจันทบุรี

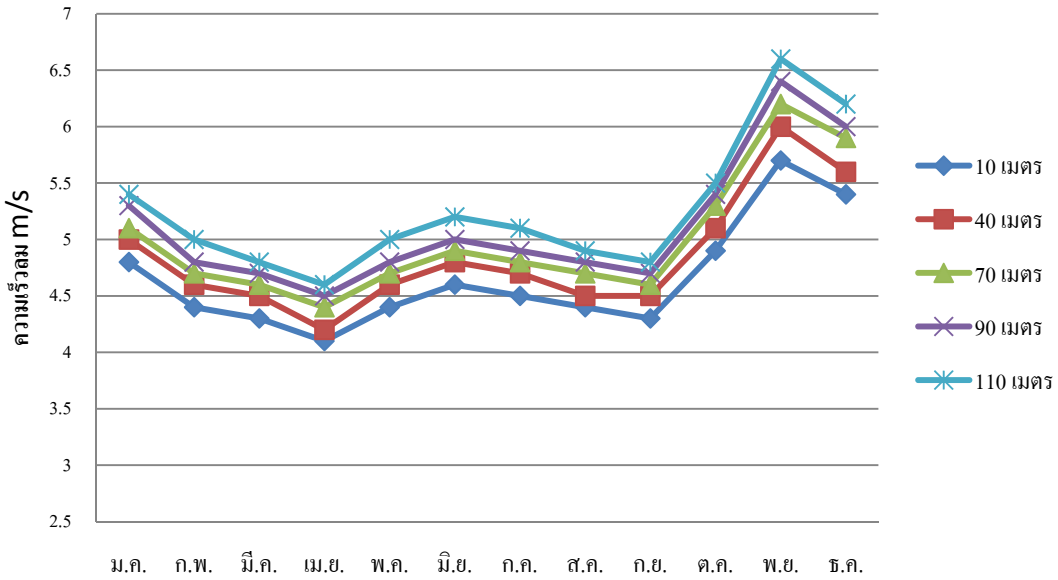
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3.8	4.4	4.8	5.0	5.1
กุมภาพันธ์	3.7	4.3	4.7	4.8	4.9
มีนาคม	3.7	4.3	4.6	4.7	4.7
เมษายน	3.6	4.1	4.4	4.5	4.5
พฤษภาคม	4.1	4.7	5.1	5.2	5.3
มิถุนายน	4.4	5.0	5.4	5.6	5.7
กรกฎาคม	4.3	4.9	5.3	5.5	5.5
สิงหาคม	4.1	4.7	5.1	5.2	5.3
กันยายน	4.0	4.6	4.9	5.0	5.1
ตุลาคม	4.0	4.6	5.0	5.2	5.3
พฤศจิกายน	4.5	5.3	5.8	6.0	6.2
ธันวาคม	4.3	5.0	5.5	5.7	5.8



รูปที่ 36 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลปะตง อำเภอสอยดาว จังหวัดจันทบุรี

ตารางที่ 14 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลโป่งน้ำร้อน อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี

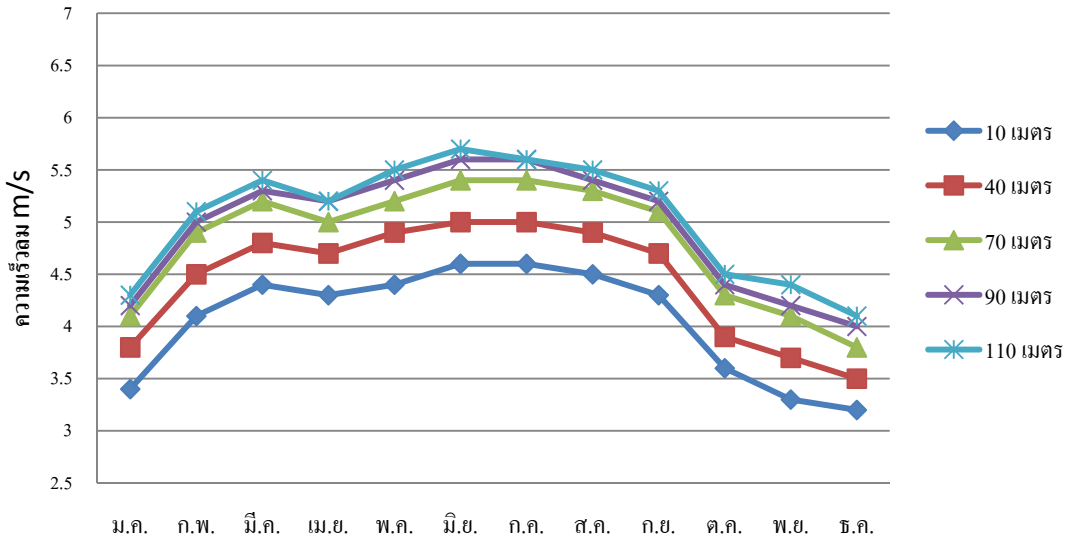
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	4.8	5.0	5.1	5.3	5.4
กุมภาพันธ์	4.4	4.6	4.7	4.8	5.0
มีนาคม	4.3	4.5	4.6	4.7	4.8
เมษายน	4.1	4.2	4.4	4.5	4.6
พฤษภาคม	4.4	4.6	4.7	4.8	5.0
มิถุนายน	4.6	4.8	4.9	5.0	5.2
กรกฎาคม	4.5	4.7	4.8	4.9	5.1
สิงหาคม	4.4	4.5	4.7	4.8	4.9
กันยายน	4.3	4.5	4.6	4.7	4.8
ตุลาคม	4.9	5.1	5.3	5.4	5.5
พฤศจิกายน	5.7	6.0	6.2	6.4	6.6
ธันวาคม	5.4	5.6	5.9	6.0	6.2



รูปที่ 37 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลโป่งน้ำร้อน อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี

ตารางที่ 15 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลหนองตาคง อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี

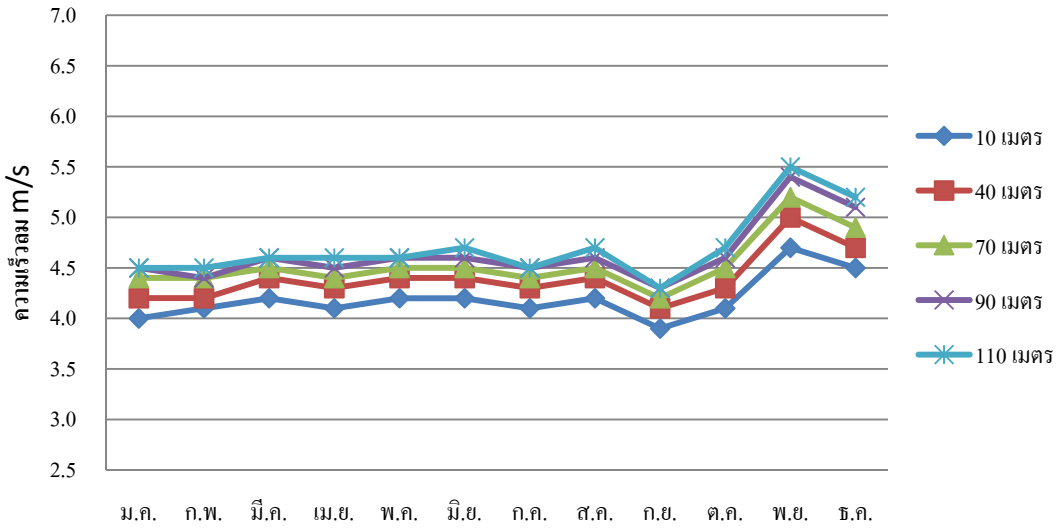
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3.4	3.8	4.1	4.2	4.3
กุมภาพันธ์	4.1	4.5	4.9	5	5.1
มีนาคม	4.4	4.8	5.2	5.3	5.4
เมษายน	4.3	4.7	5.0	5.2	5.2
พฤษภาคม	4.4	4.9	5.2	5.4	5.5
มิถุนายน	4.6	5.0	5.4	5.6	5.7
กรกฎาคม	4.6	5.0	5.4	5.6	5.6
สิงหาคม	4.5	4.9	5.3	5.4	5.5
กันยายน	4.3	4.7	5.1	5.2	5.3
ตุลาคม	3.6	3.9	4.3	4.4	4.5
พฤศจิกายน	3.3	3.7	4.1	4.2	4.4
ธันวาคม	3.2	3.5	3.8	4.0	4.1



รูปที่ 38 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลหนองตาคง อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี

ตารางที่ 16 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลมาบไพ อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี

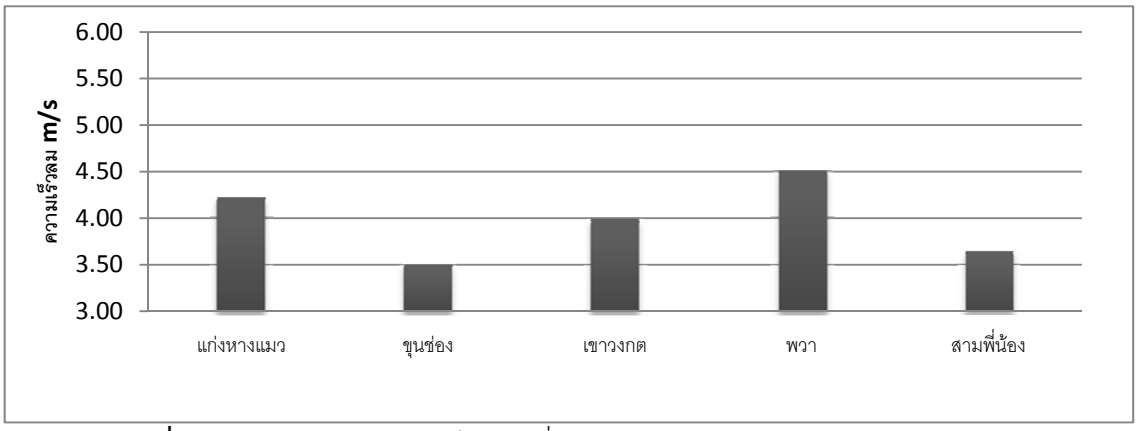
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	4.0	4.2	4.4	4.5	4.5
กุมภาพันธ์	4.1	4.2	4.4	4.4	4.5
มีนาคม	4.2	4.4	4.5	4.6	4.6
เมษายน	4.1	4.3	4.4	4.5	4.6
พฤษภาคม	4.2	4.4	4.5	4.6	4.6
มิถุนายน	4.2	4.4	4.5	4.6	4.7
กรกฎาคม	4.1	4.3	4.4	4.5	4.5
สิงหาคม	4.2	4.4	4.5	4.6	4.7
กันยายน	3.9	4.1	4.2	4.3	4.3
ตุลาคม	4.1	4.3	4.5	4.6	4.7
พฤศจิกายน	4.7	5.0	5.2	5.4	5.5
ธันวาคม	4.5	4.7	4.9	5.1	5.2



รูปที่ 39 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลมาบไพ อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี

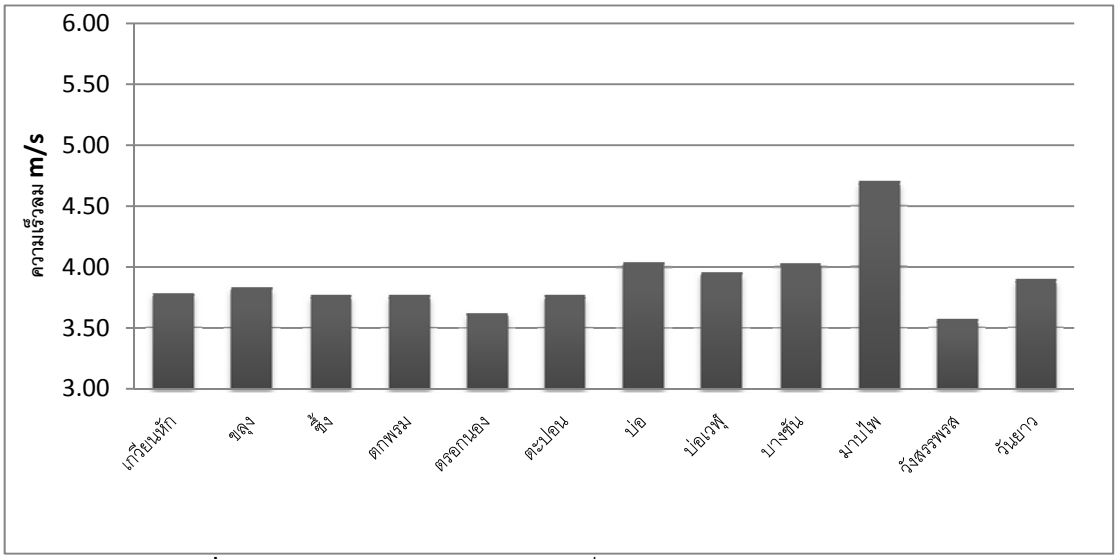
ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ต่างๆ ของจังหวัดจันทบุรี ที่ความสูง 110 เมตร ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลมาจากฐานข้อมูลพลังงานลมของประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

1) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอแก่งหางแมว
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอแก่งหางแมวเป็น 3.98 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลพวาจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.52 เมตรต่อวินาที



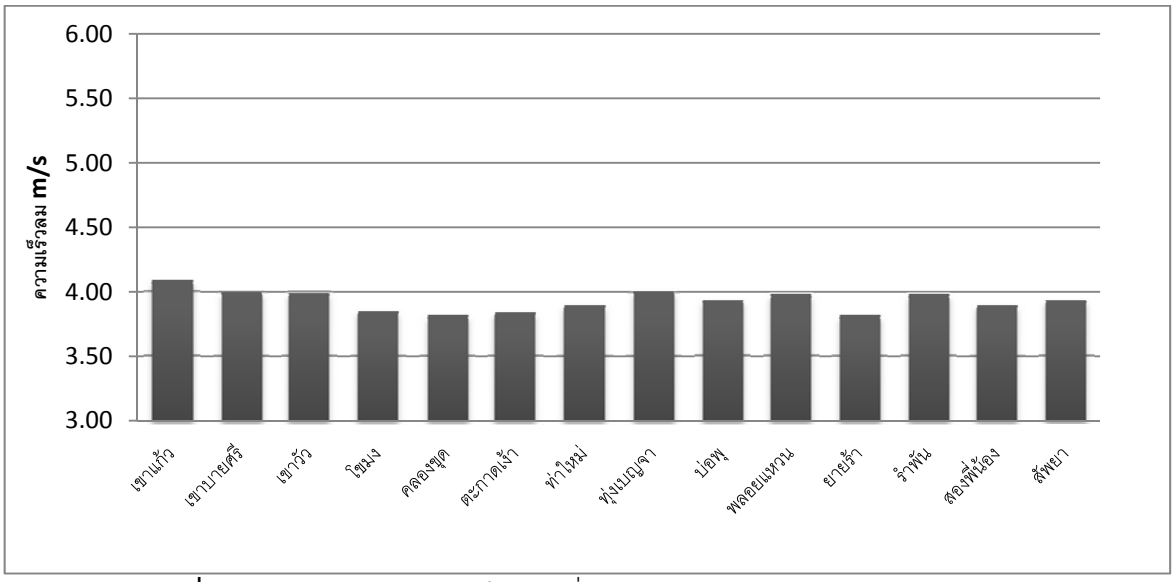
รูปที่ 40 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอแก่งหางแมว

2) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอขลุง
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอขลุงเป็น 3.89 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลมาบไพจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.70 เมตรต่อวินาที



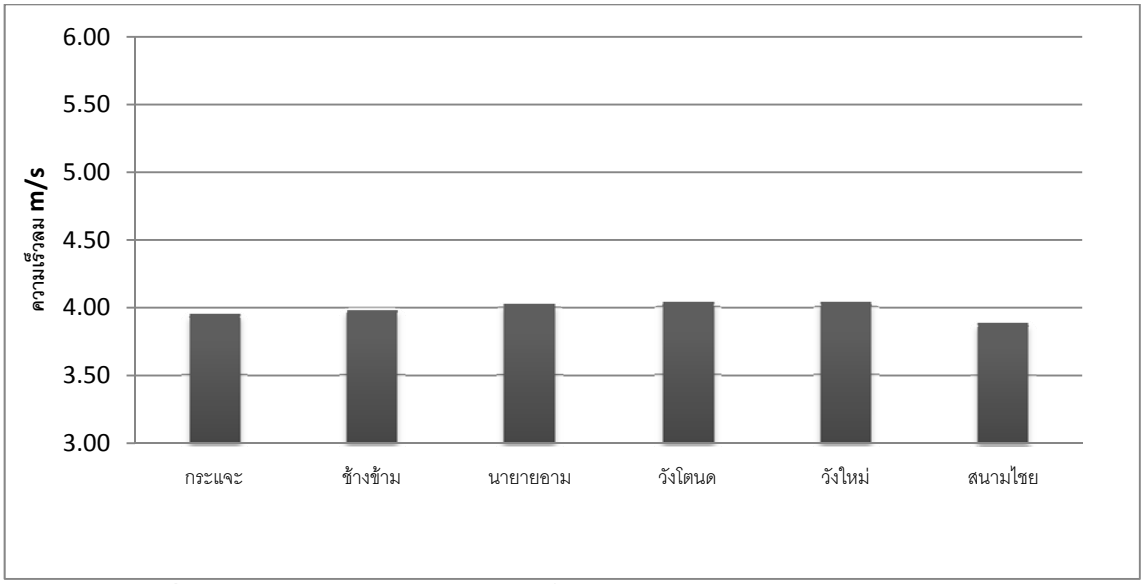
รูปที่ 41 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอขลุง

3) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอท่าใหม่
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอท่าใหม่เป็น 3.93 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลเขาแก้วจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.08 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 42 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอท่าใหม่

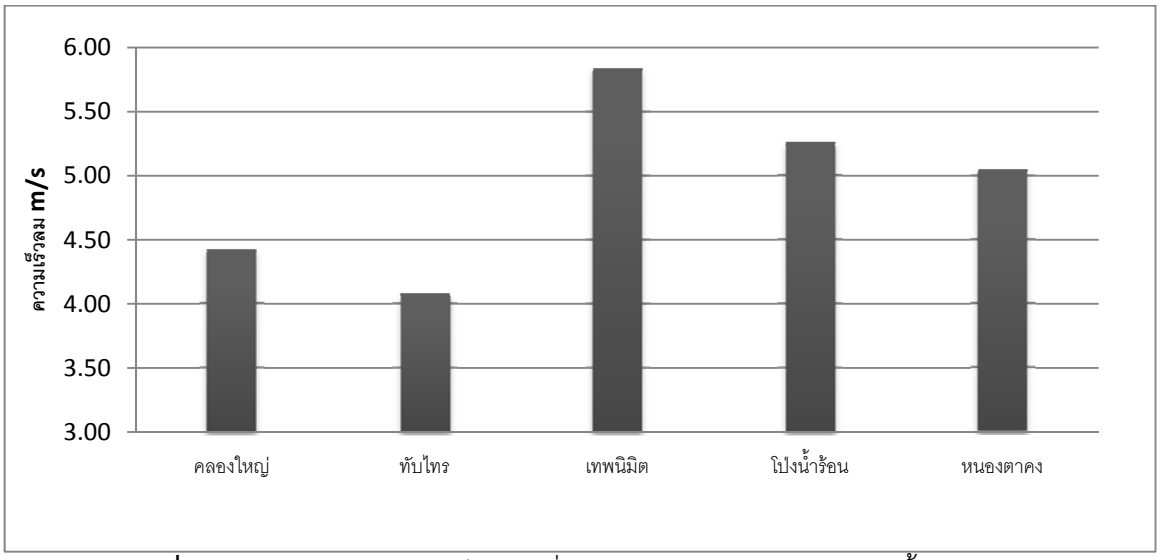
4) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอนายายอาม
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอนายายอามเป็น 3.98 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลนายายอาม ตำบล วังโตนด และตำบลวังใหม่ จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.03 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 43 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอนายายอาม

5) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอโป่งน้ำร้อน

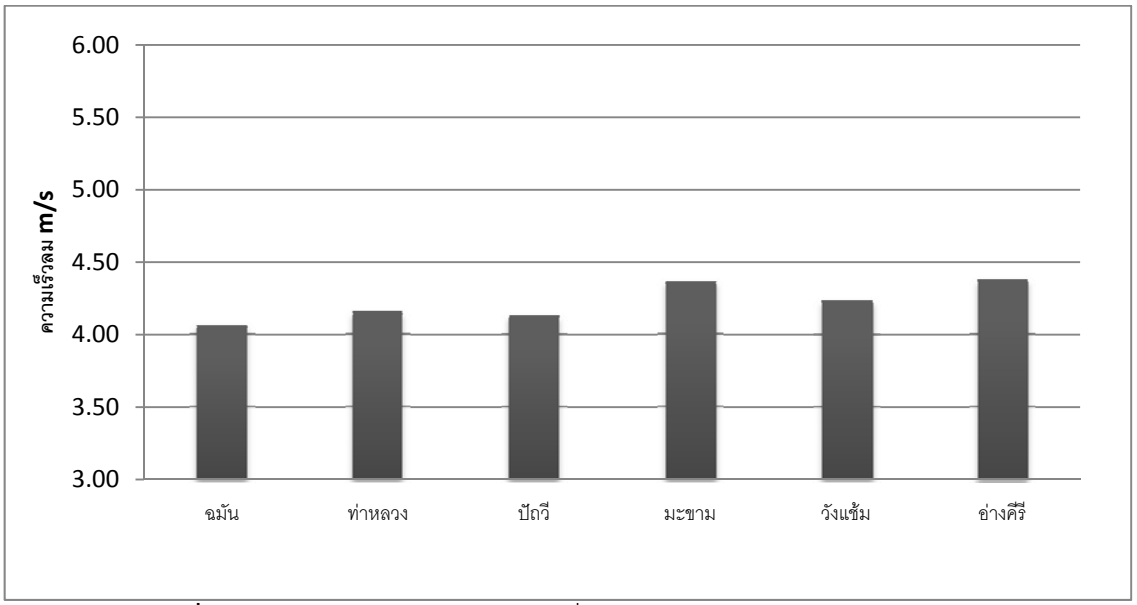
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอโป่งน้ำร้อนเป็น 4.93 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลเทพนิมิต จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 5.84 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 44 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอโป่งน้ำร้อน

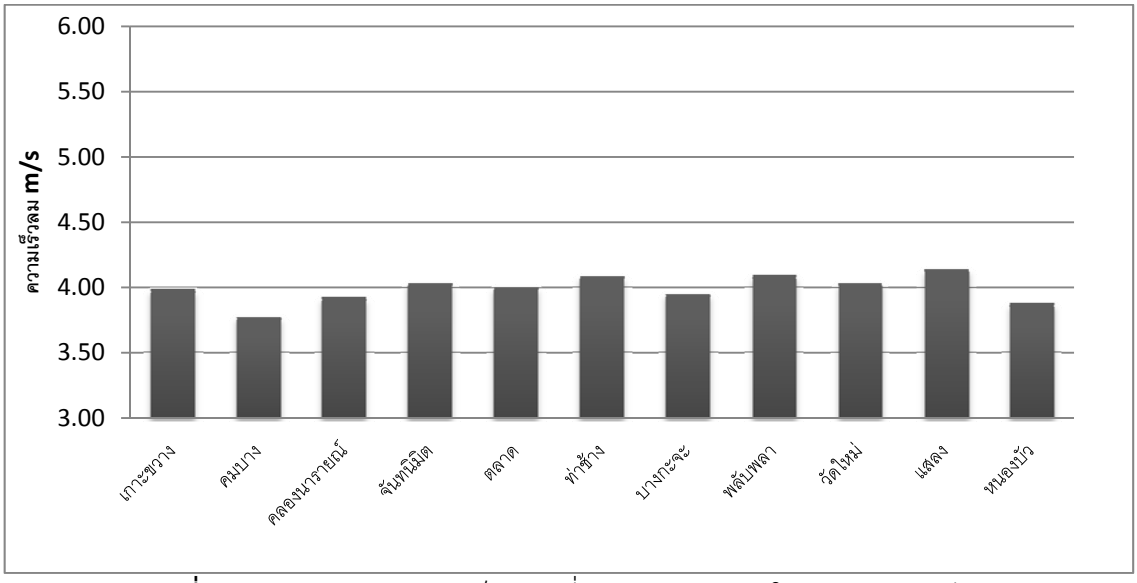
6) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอมะขาม

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอมะขามเป็น 4.23 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลมะขาม จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.37 เมตรต่อวินาที



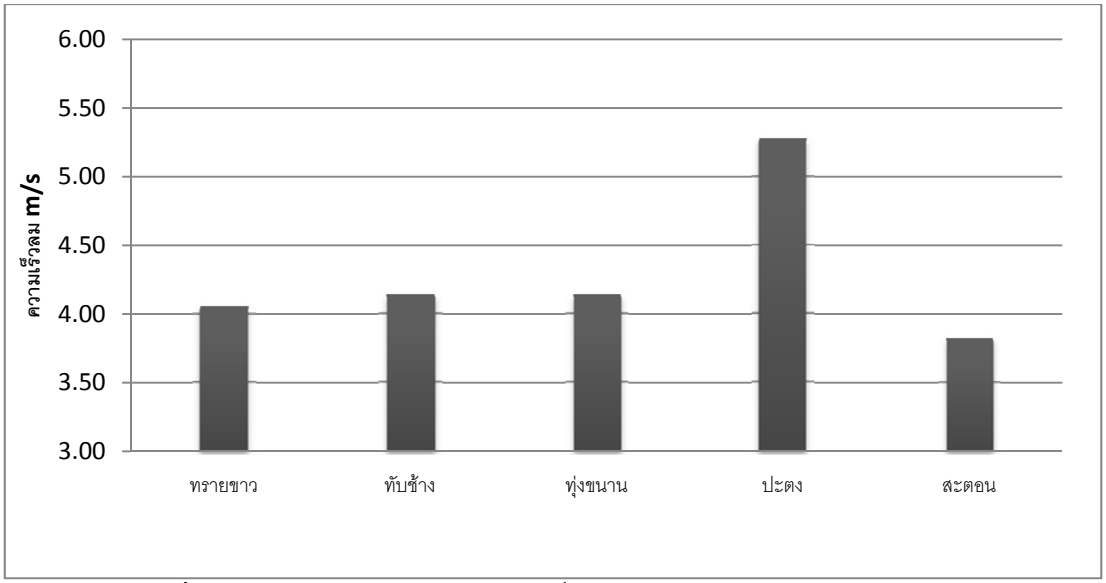
รูปที่ 45 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอมะขาม

7) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอเมืองจันทบุรี
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอเมืองจันทบุรีเป็น 3.99 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลแสลง จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.14 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 46 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอจันทบุรี

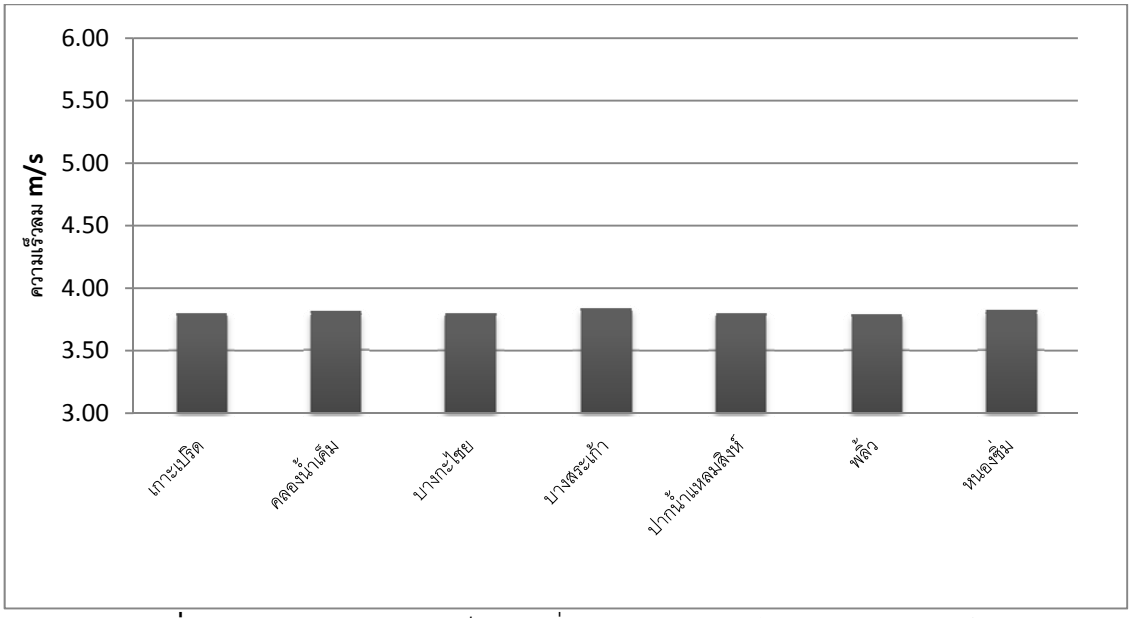
8) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอสอยดาว
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอสอยดาวเป็น 4.29 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลปะตง จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 5.28 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 47 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่าง ๆ ในอำเภอสอยดาว

9) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอแหลมสิงห์

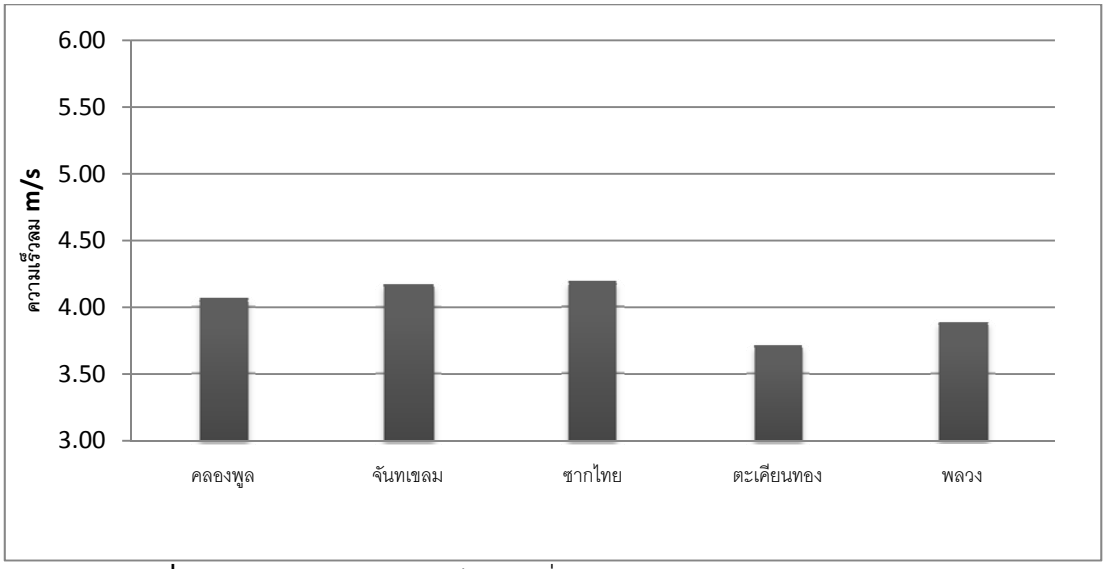
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอแหลมสิงห์เป็น 3.81 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลบางสระเก้า จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 3.84 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 48 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอแหลมสิงห์

10) ข้อมูลความเร็วลมกิ่งอำเภอเขาคิชฌกูฏ

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของกิ่งอำเภอเขาคิชฌกูฏเป็น 4.01 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลซากไทย จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.19 เมตรต่อวินาที



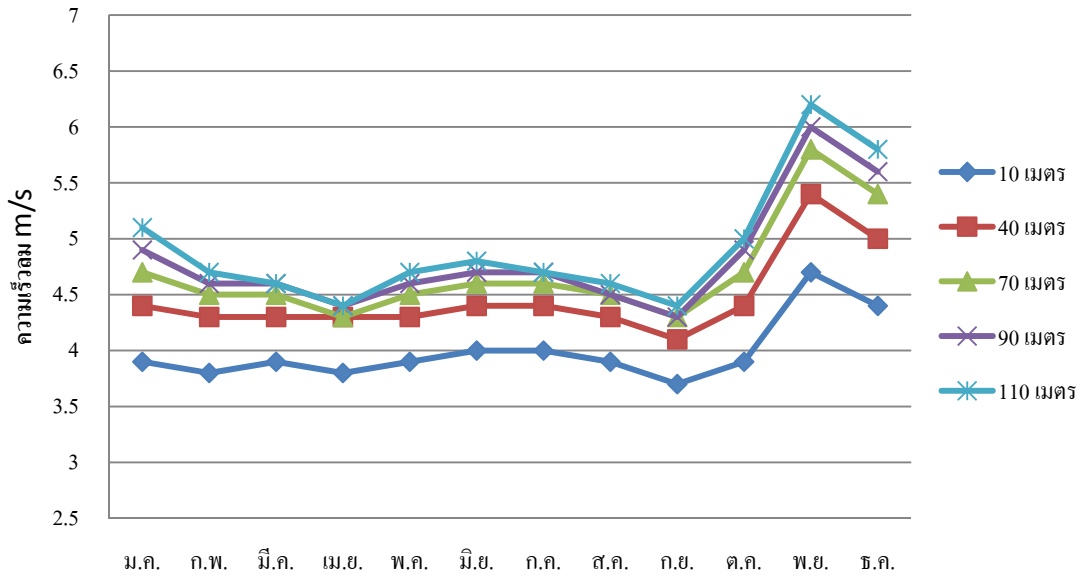
รูปที่ 49 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเขาคิชฌกูฏ

รูปที่ 50 แผนที่แสดงศักยภาพความเร็วลมเฉลี่ยของจังหวัดจันทบุรีที่ความสูง 110 เมตร

4.1.4 จังหวัดตราด

ตารางที่ 17 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลด่านชุมพล อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด

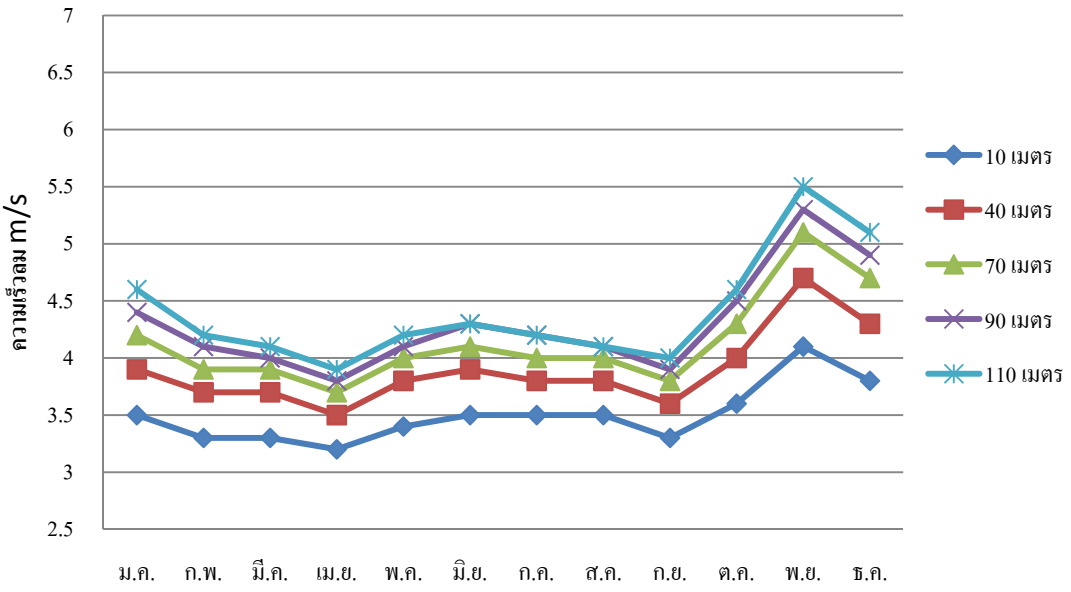
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3.9	4.4	4.7	4.9	5.1
กุมภาพันธ์	3.8	4.3	4.5	4.6	4.7
มีนาคม	3.9	4.3	4.5	4.6	4.6
เมษายน	3.8	4.3	4.3	4.4	4.4
พฤษภาคม	3.9	4.3	4.5	4.6	4.7
มิถุนายน	4	4.4	4.6	4.7	4.8
กรกฎาคม	4	4.4	4.6	4.7	4.7
สิงหาคม	3.9	4.3	4.5	4.5	4.6
กันยายน	3.7	4.1	4.3	4.3	4.4
ตุลาคม	3.9	4.4	4.7	4.9	5
พฤศจิกายน	4.7	5.4	5.8	6	6.2
ธันวาคม	4.4	5	5.4	5.6	5.8



รูปที่ 51 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลด่านชุมพล อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด

ตารางที่ 18 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลนนทรี อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด

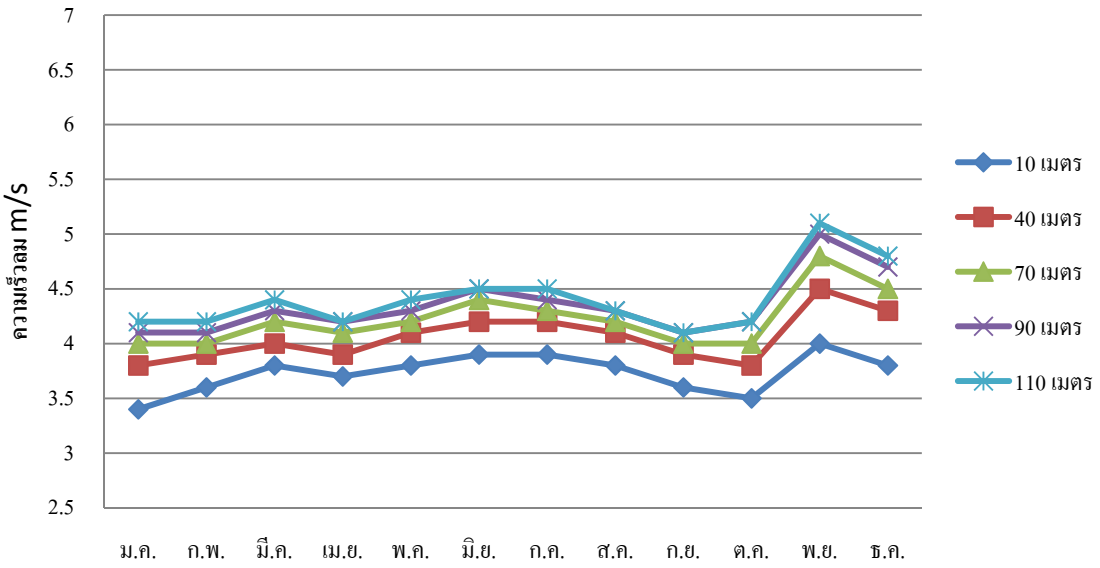
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3.5	3.9	4.2	4.4	4.6
กุมภาพันธ์	3.3	3.7	3.9	4.1	4.2
มีนาคม	3.3	3.7	3.9	4	4.1
เมษายน	3.2	3.5	3.7	3.8	3.9
พฤษภาคม	3.4	3.8	4	4.1	4.2
มิถุนายน	3.5	3.9	4.1	4.3	4.3
กรกฎาคม	3.5	3.8	4	4.2	4.2
สิงหาคม	3.5	3.8	4	4.1	4.1
กันยายน	3.3	3.6	3.8	3.9	4
ตุลาคม	3.6	4	4.3	4.5	4.6
พฤศจิกายน	4.1	4.7	5.1	5.3	5.5
ธันวาคม	3.8	4.3	4.7	4.9	5.1



รูปที่ 52 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลนนทรี อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด

ตารางที่ 19 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลท่ากุ่ม อำเภอเมืองตราด จังหวัดตราด

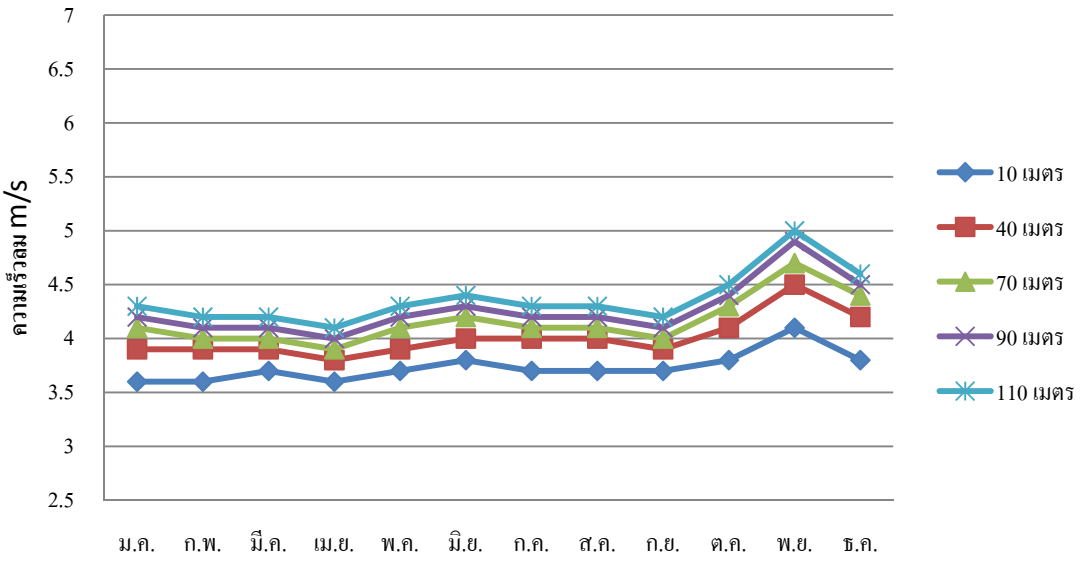
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3.4	3.8	4	4.1	4.2
กุมภาพันธ์	3.6	3.9	4	4.1	4.2
มีนาคม	3.8	4	4.2	4.3	4.4
เมษายน	3.7	3.9	4.1	4.2	4.2
พฤษภาคม	3.8	4.1	4.2	4.3	4.4
มิถุนายน	3.9	4.2	4.4	4.5	4.5
กรกฎาคม	3.9	4.2	4.3	4.4	4.5
สิงหาคม	3.8	4.1	4.2	4.3	4.3
กันยายน	3.6	3.9	4	4.1	4.1
ตุลาคม	3.5	3.8	4	4.2	4.2
พฤศจิกายน	4	4.5	4.8	5	5.1
ธันวาคม	3.8	4.3	4.5	4.7	4.8



รูปที่ 53 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลท่ากุ่ม อำเภอเมืองตราด จังหวัดตราด

ตารางที่ 20 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลเทพนิมิต อำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด

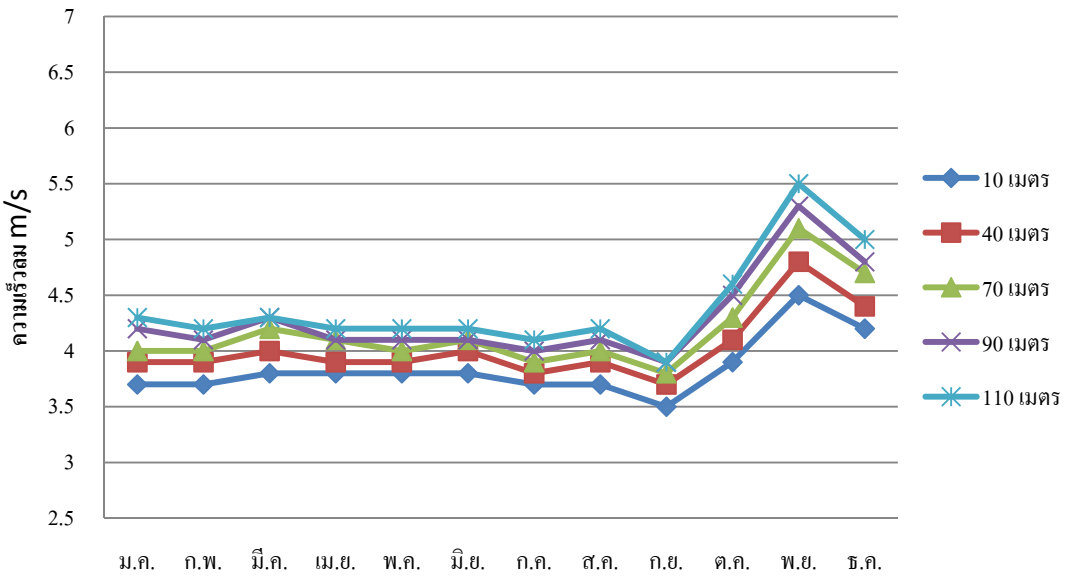
	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3.6	3.9	4.1	4.2	4.3
กุมภาพันธ์	3.6	3.9	4	4.1	4.2
มีนาคม	3.7	3.9	4	4.1	4.2
เมษายน	3.6	3.8	3.9	4	4.1
พฤษภาคม	3.7	3.9	4.1	4.2	4.3
มิถุนายน	3.8	4	4.2	4.3	4.4
กรกฎาคม	3.7	4	4.1	4.2	4.3
สิงหาคม	3.7	4	4.1	4.2	4.3
กันยายน	3.7	3.9	4	4.1	4.2
ตุลาคม	3.8	4.1	4.3	4.4	4.5
พฤศจิกายน	4.1	4.5	4.7	4.9	5
ธันวาคม	3.8	4.2	4.4	4.5	4.6



รูปที่ 54 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลเทพนิมิต อำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด

ตารางที่ 21 ข้อมูลความเร็วลมที่ตำบลคลองใหญ่ อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด

	ระดับความสูง				
	10 เมตร	40 เมตร	70 เมตร	90 เมตร	110 เมตร
มกราคม	3.7	3.9	4	4.2	4.3
กุมภาพันธ์	3.7	3.9	4	4.1	4.2
มีนาคม	3.8	4	4.2	4.3	4.3
เมษายน	3.8	3.9	4.1	4.1	4.2
พฤษภาคม	3.8	3.9	4	4.1	4.2
มิถุนายน	3.8	4	4.1	4.1	4.2
กรกฎาคม	3.7	3.8	3.9	4	4.1
สิงหาคม	3.7	3.9	4	4.1	4.2
กันยายน	3.5	3.7	3.8	3.9	3.9
ตุลาคม	3.9	4.1	4.3	4.5	4.6
พฤศจิกายน	4.5	4.8	5.1	5.3	5.5
ธันวาคม	4.2	4.4	4.7	4.8	5

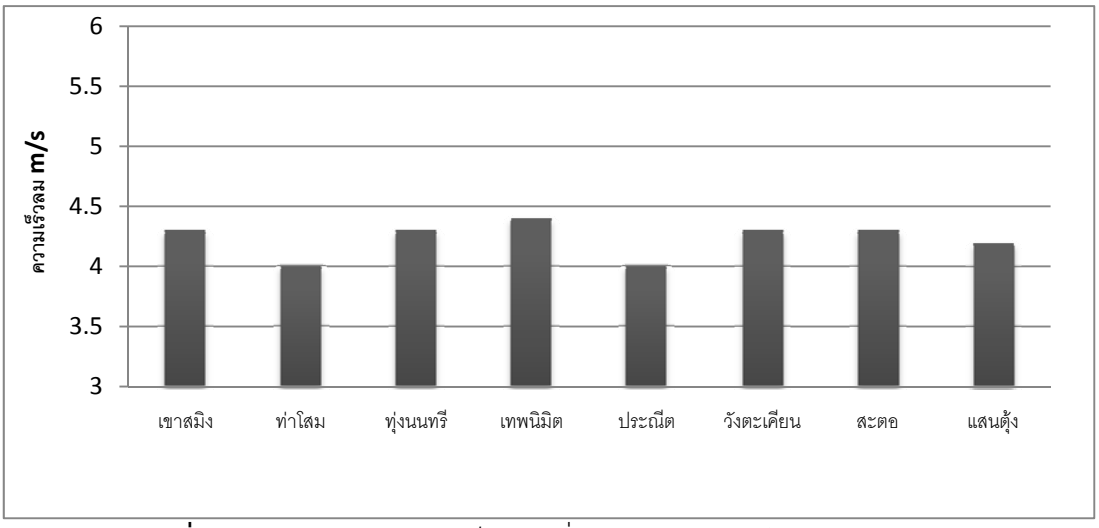


รูปที่ 55 แผนภาพแสดงศักยภาพความเร็วลมของตำบลคลองใหญ่ อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด

ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ต่างๆ ของจังหวัดตราด ที่ความสูง 110 เมตร ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลมาจากฐานข้อมูลพลังงานลมของประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

1) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอเขาสมิง

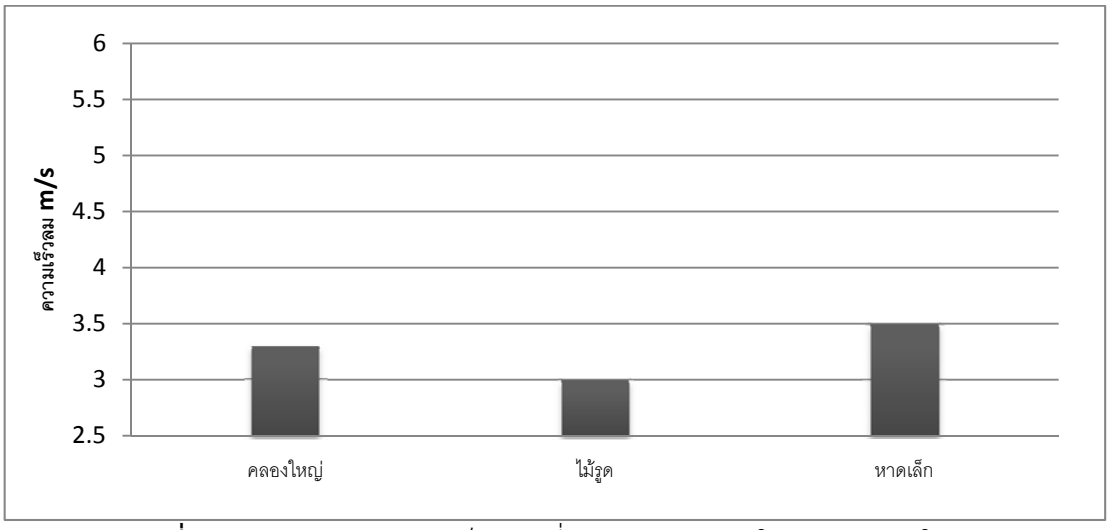
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอเขาสมิงเป็น 4.225 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลเทพนิมิต จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.4 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 56 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเขาสมิง

2) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอคลองใหญ่

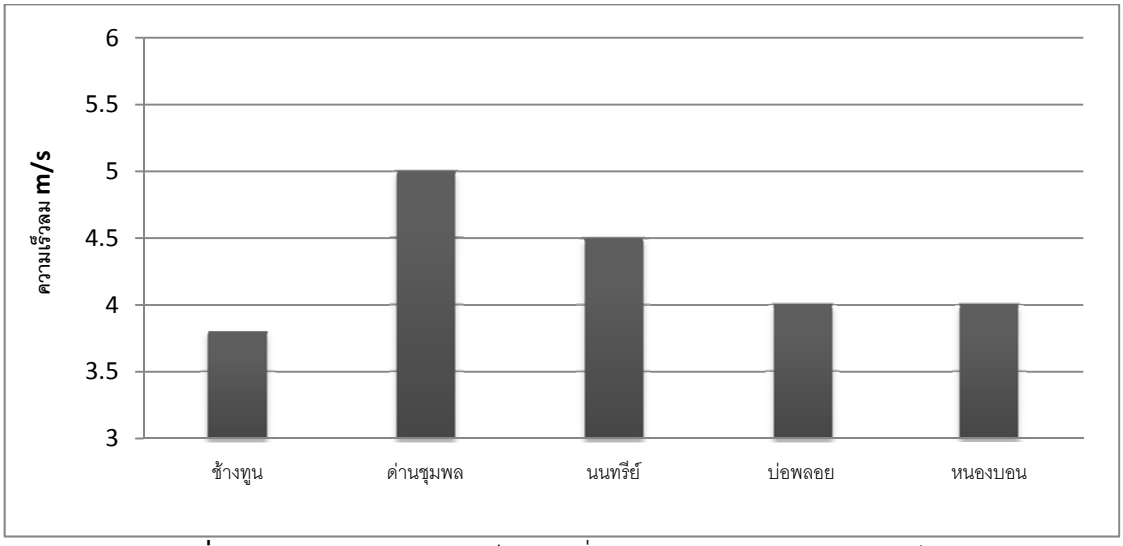
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอคลองใหญ่เป็น 3.27 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลตกพรม และตำบลซึ้ง จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 3.5 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 57 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอคลองใหญ่

3) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอบ่อไร่

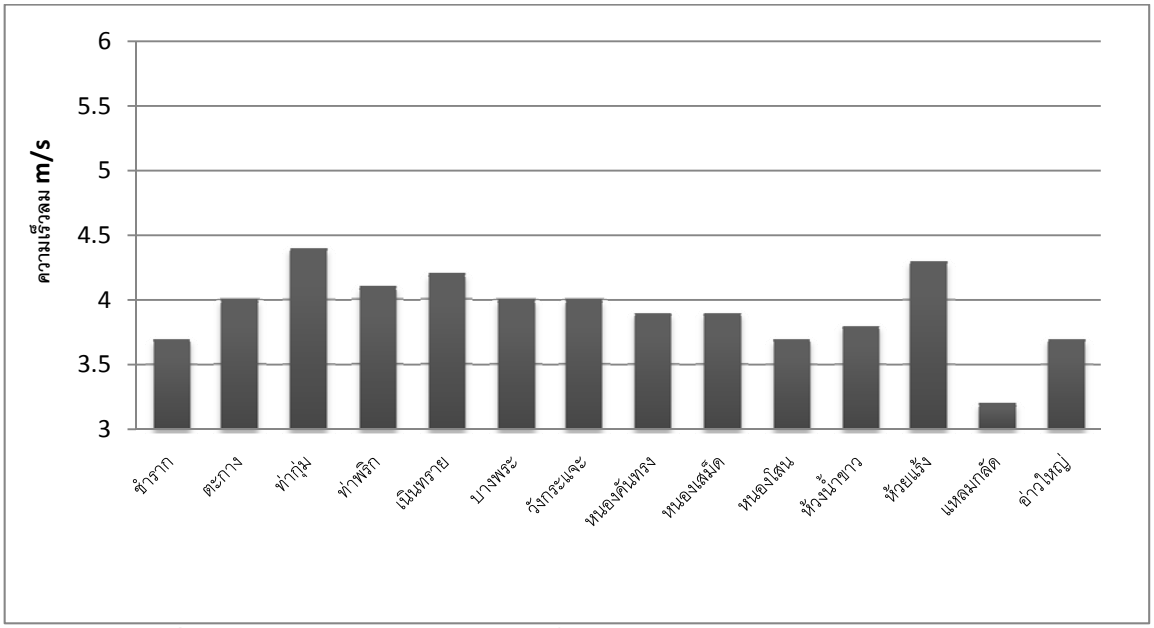
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอบ่อไร่เป็น 4.26 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลด่านชุมพลจะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 5 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 58 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอบ่อไร่

4) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอเมืองตราด

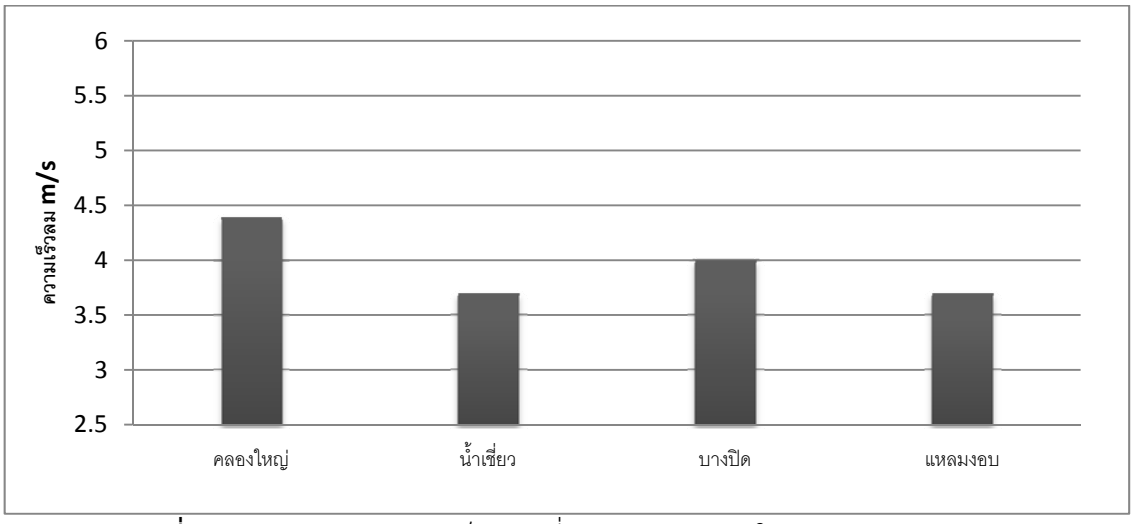
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอเมืองตราดเป็น 4.92 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลท่ากุ่ม จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.4 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 59 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเมืองตราด

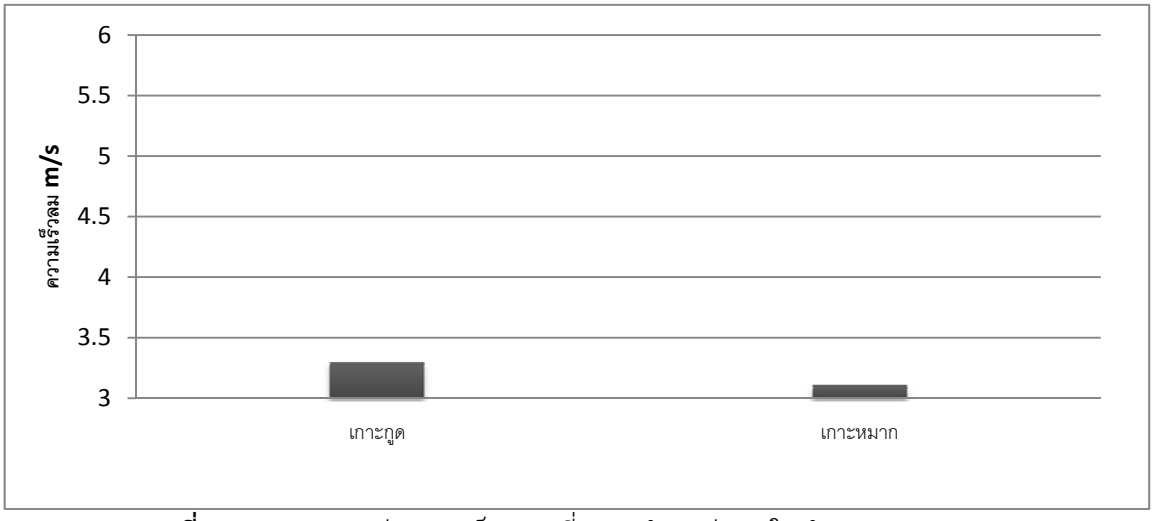
5) ข้อมูลความเร็วลมอำเภอแหลมงอบ

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอแหลมงอบเป็น 3.95 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลคลองใหญ่ จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.4 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 60 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอแหลมงอบ

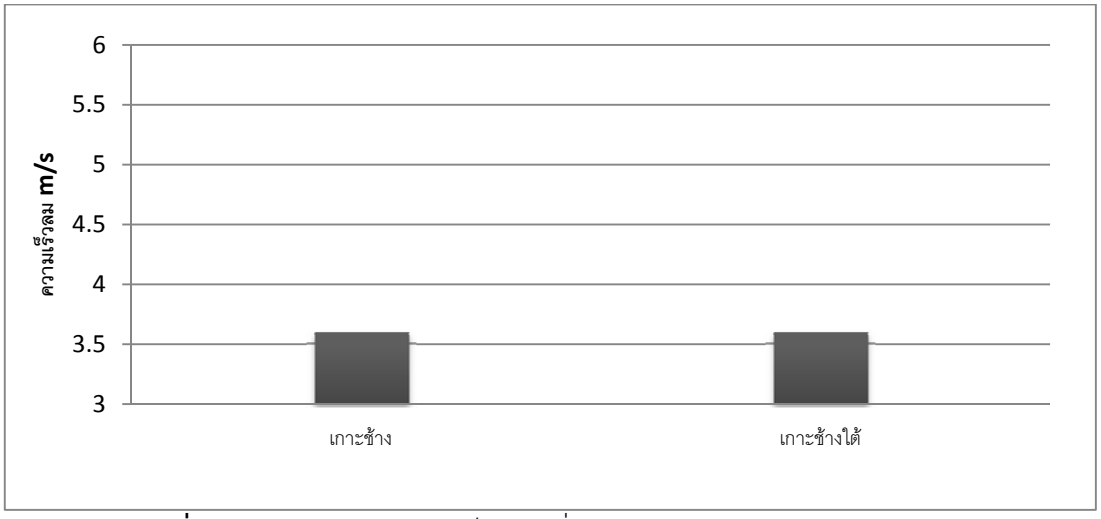
6) ข้อมูลความเร็วลมกิ่งอำเภอเกาะกูด
ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอเกาะกูดเป็น 3.2 เมตรต่อวินาที ที่ตำบลเกาะกูด จะมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดคือ 3.3 เมตรต่อวินาที



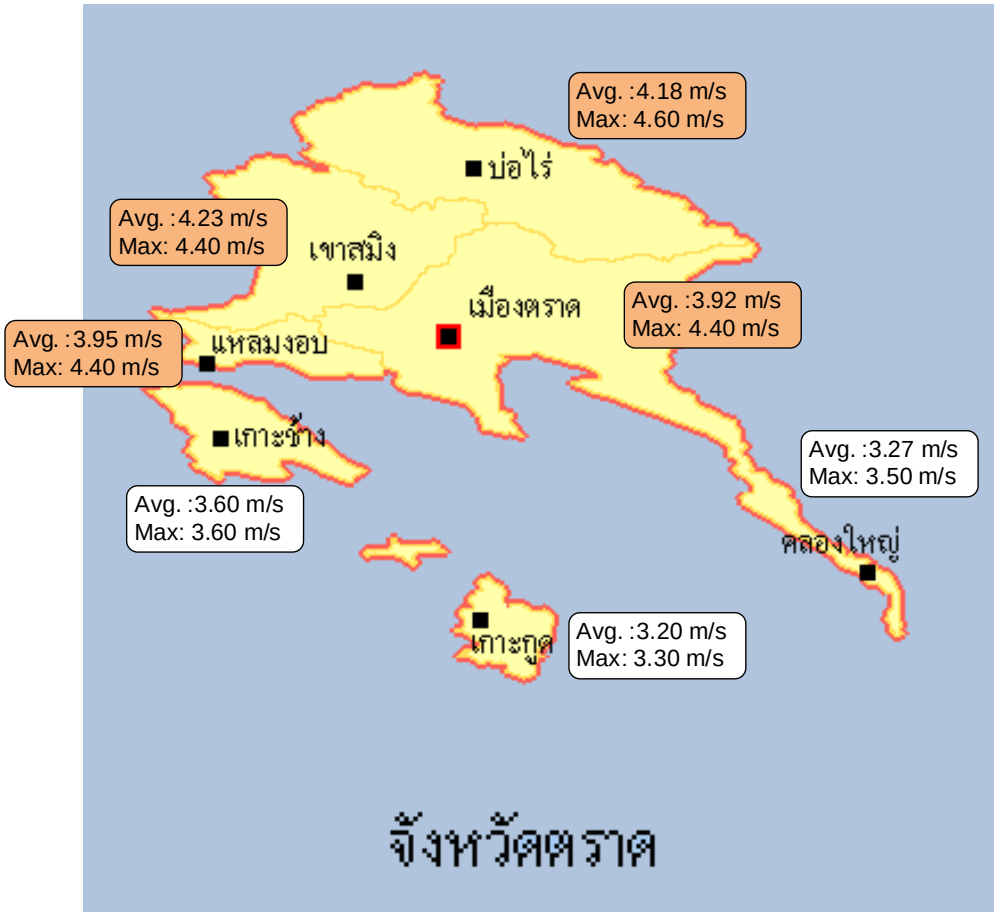
รูปที่ 61 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเกาะกูด

7) ข้อมูลความเร็วลมกิ่งอำเภอเกาะช้าง

ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอำเภอเกาะช้างเป็น 3.6 เมตรต่อวินาที ที่ทั้งตำบลมีความเร็วลมเฉลี่ยคือ 3.77 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 62 กราฟแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของตำบลต่างๆ ในอำเภอเกาะช้าง

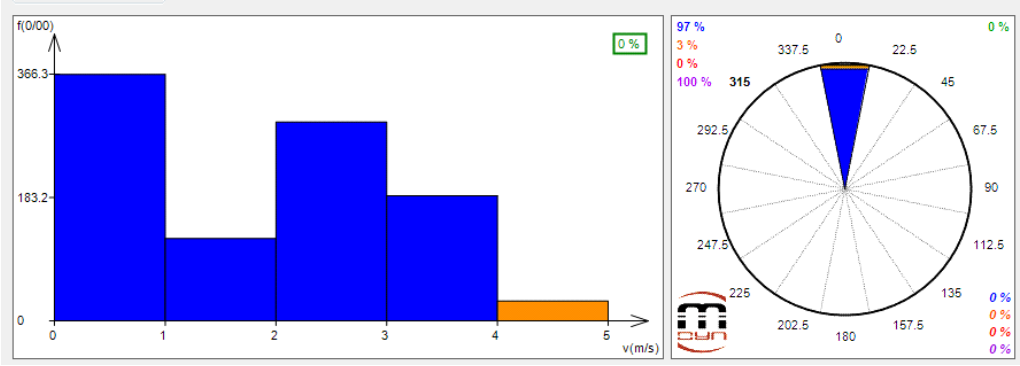


รูปที่ 63 แผนที่แสดงศักยภาพความเร็วลมเฉลี่ยของจังหวัดตราดที่ความสูง 110 เมตร

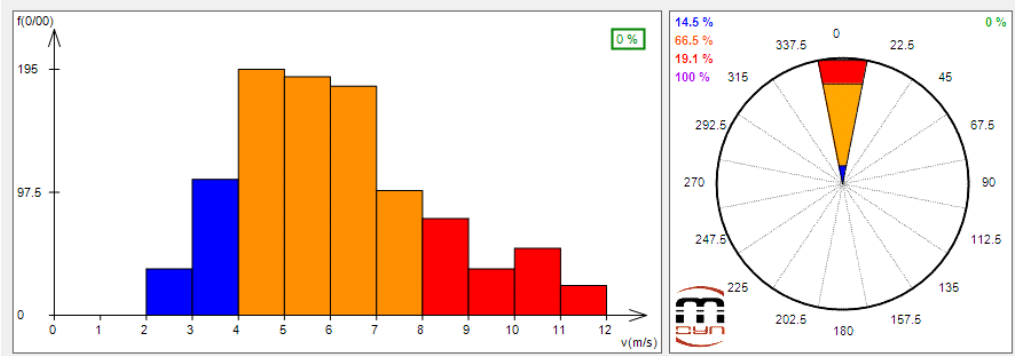
จากการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการประเมินศักยภาพพลังงานลมเบื้องต้น ในพื้นที่ 4 จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง จังหวัดจันทบุรี และ จังหวัดตราด ทางคณะทำงานได้ทำการคัดเลือกสถานที่ที่คาดว่าจะทำการติดตั้งเสาวัดลมจำนวน 2 ต้นใน 3 พื้นที่ โดยคำนึงถึงปัจจัยหลักๆ คือ ศักยภาพพลังงานลม ความพร้อมในการขอใช้สถานที่ และ ความปลอดภัยของเสาวัดลมและอุปกรณ์ สองพื้นที่ดังกล่าว ประกอบด้วย 1) ที่มหาวิทยาลัยบูรพา ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี และ 2) ที่ตำบล อ.โป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี

4.2 กราฟการกระจายความเร็วลม

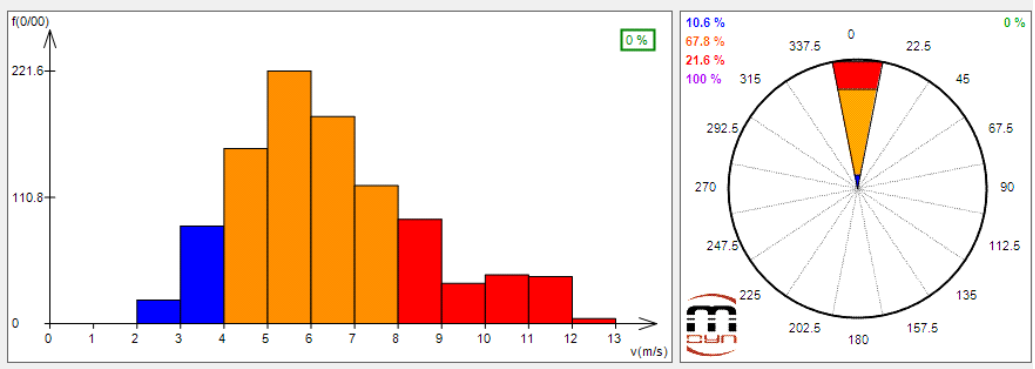
หัวข้อนี้นำเสนอกราฟการกระจายความเร็วลมที่ได้จากการตรวจวัดจริงจากสถานีที่ติดตั้งใหม่ที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ในระหว่าง เดือนมิถุนายน พ.ศ.2554 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 13 เดือน และ ที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ในระหว่าง เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 ถึงเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2555 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 7 เดือน โดยกราฟที่นำเสนอนั้นจะแสดงความถี่ของการเกิดความเร็วลมในแต่ละช่วง และ ทิศทางของลมในแต่ละเดือน ที่ความสูง 4 ระดับ คือ ความสูง 10 เมตร 65 เมตร 90 และ 120 เมตร พร้อมทั้งแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยของแต่ละเดือน กราฟที่นำเสนอเป็นความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที กราฟการกระจายความเร็วลมแสดงได้ดังรูปที่ 64 ถึง 199 และสรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที และค่าได้ดังตารางที่ 22 ถึง 29



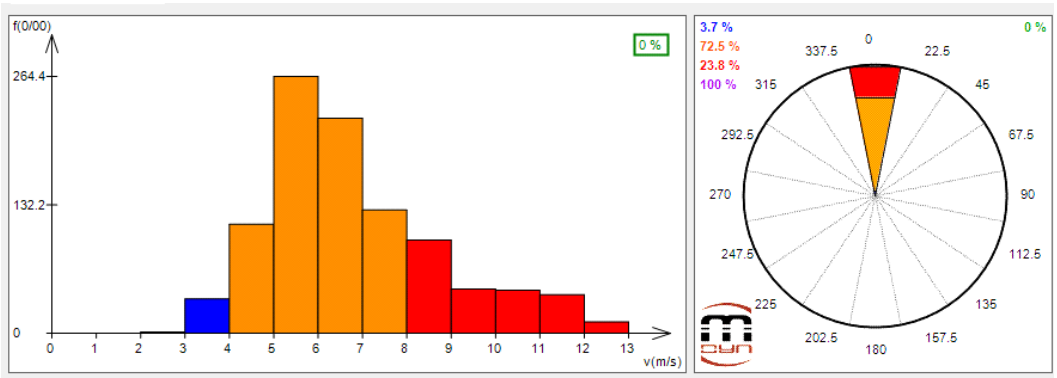
รูปที่ 64 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน มิถุนายน 2554



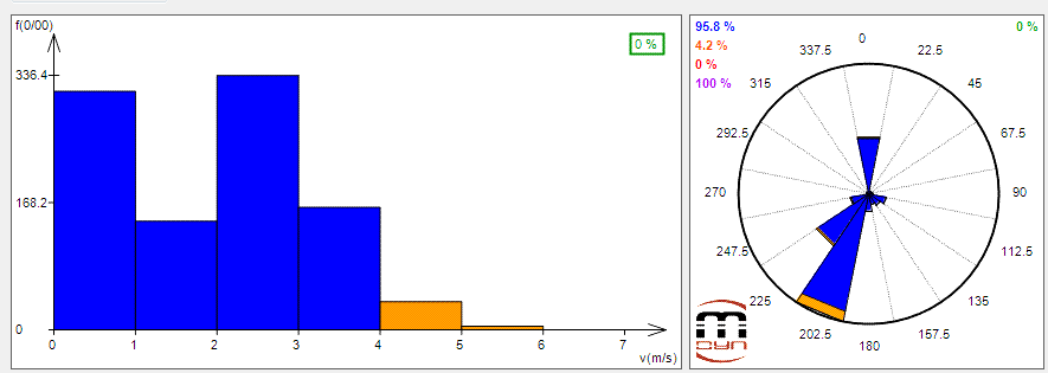
รูปที่ 65 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน มิถุนายน 2554



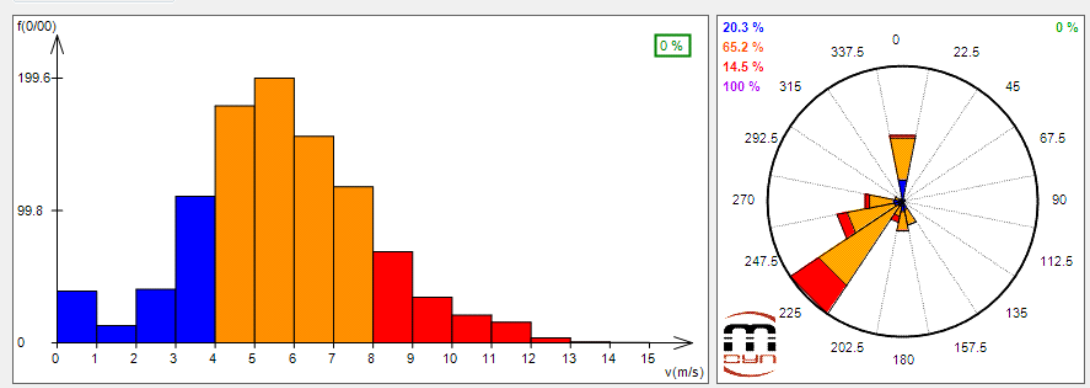
รูปที่ 66 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน มิถุนายน 2554



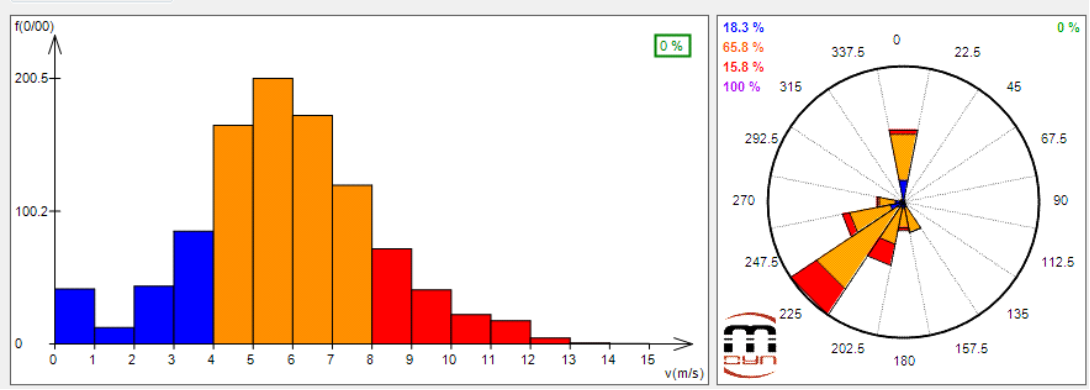
รูปที่ 67 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน มิถุนายน 2554



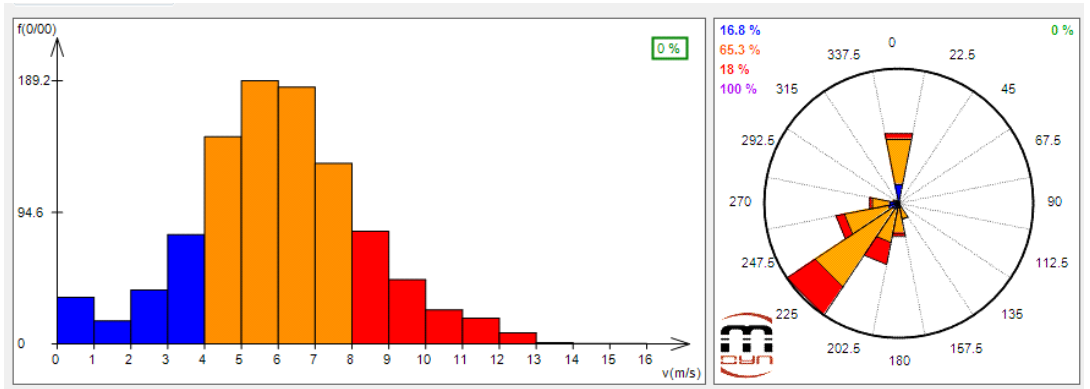
รูปที่ 68 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน กรกฎาคม 2554



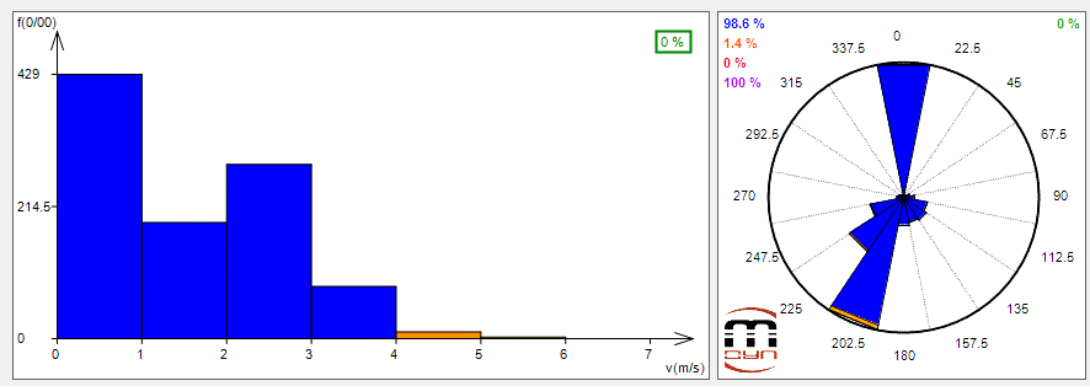
รูปที่ 69 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน กรกฎาคม 2554



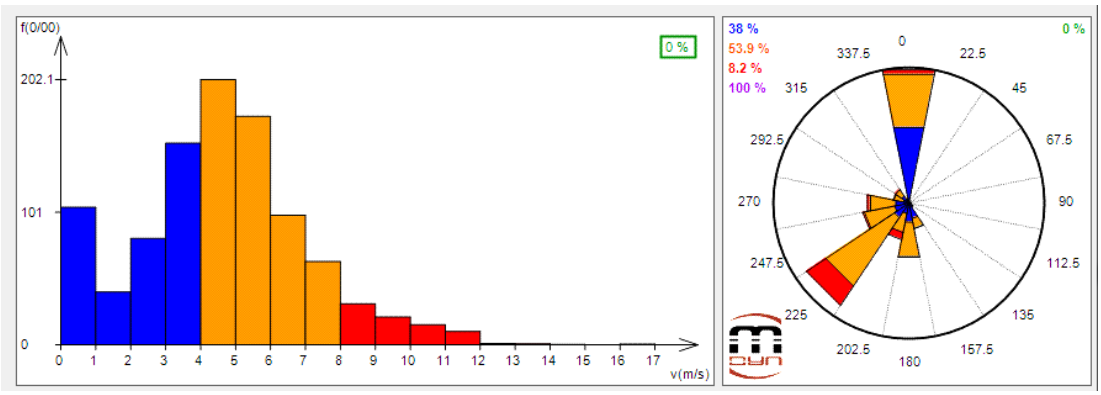
รูปที่ 70 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน กรกฎาคม 2554



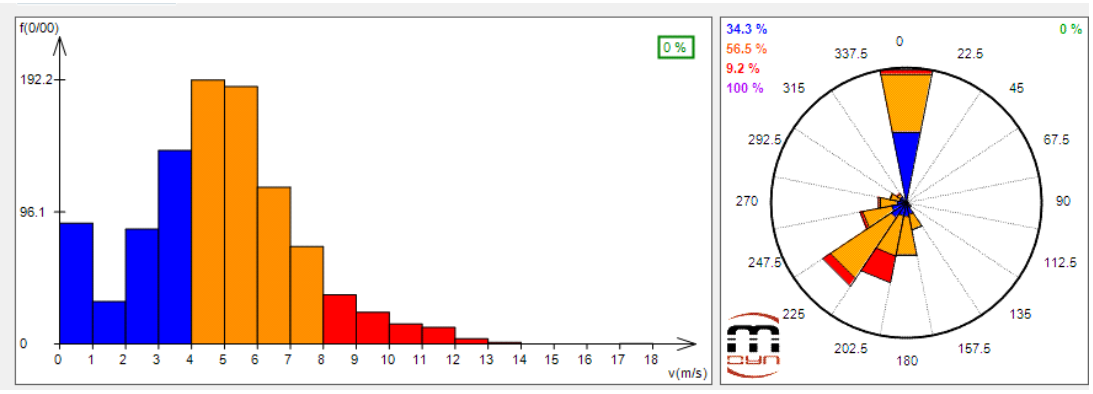
รูปที่ 71 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน กรกฎาคม 2554



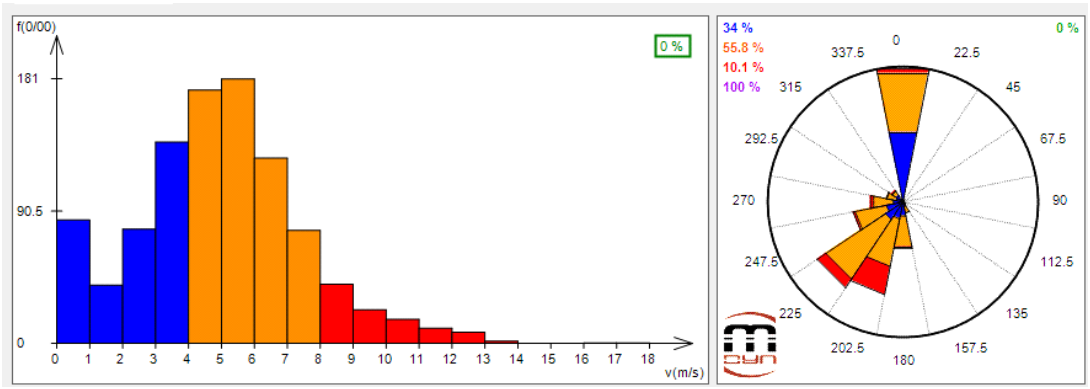
รูปที่ 72 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน สิงหาคม 2554



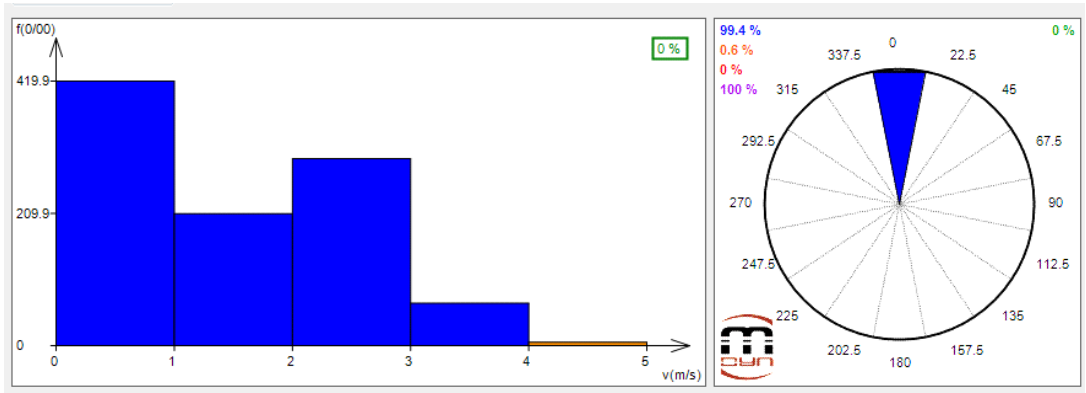
รูปที่ 73 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน สิงหาคม 2554



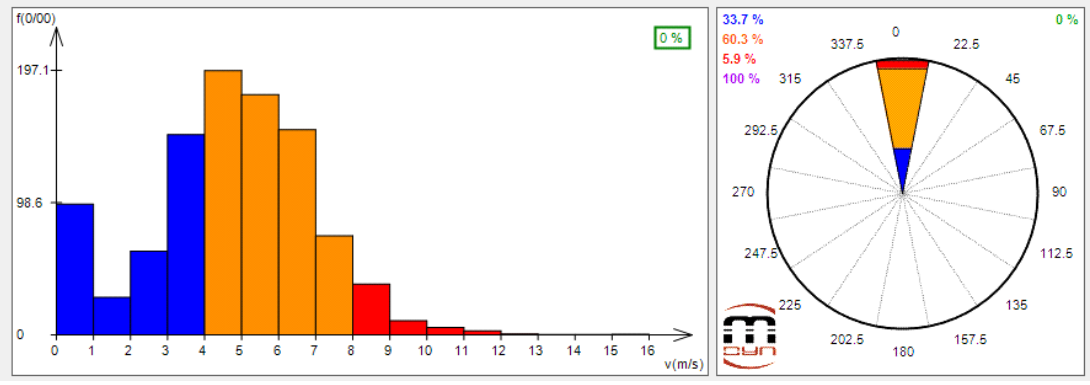
รูปที่ 74 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน สิงหาคม 2554



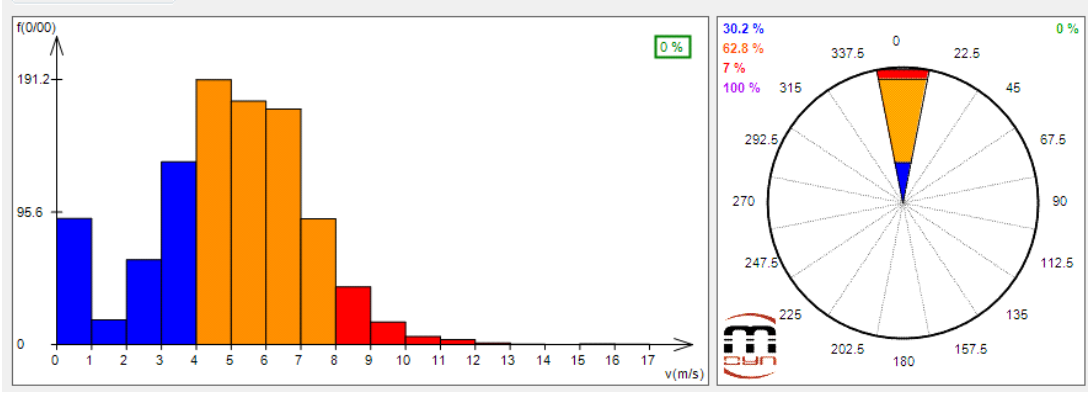
รูปที่ 75 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน สิงหาคม 2554



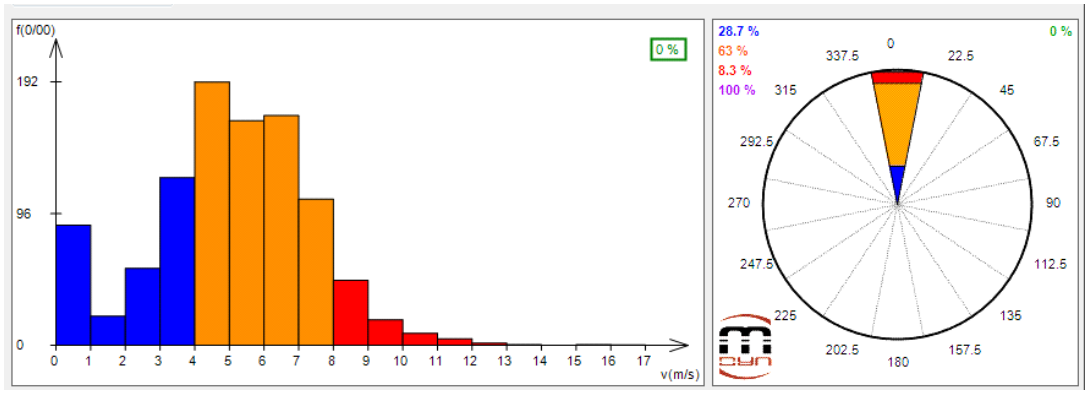
รูปที่ 76 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน กันยายน 2554



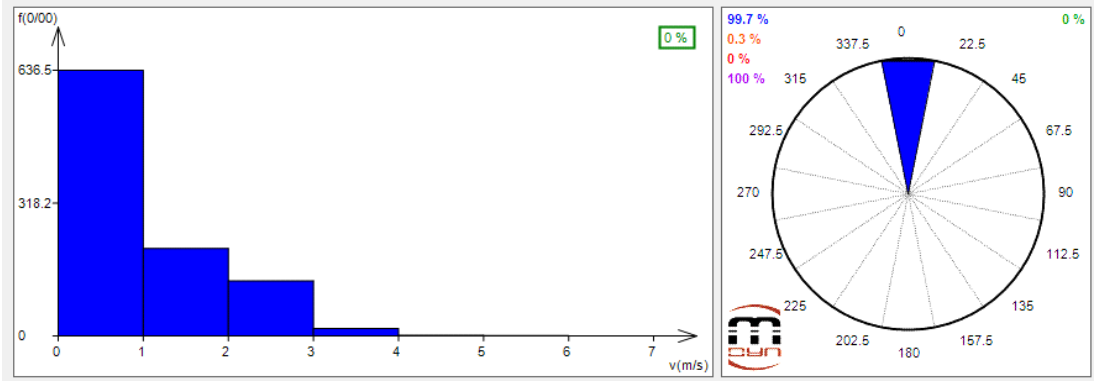
รูปที่ 77 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน กันยายน 2554



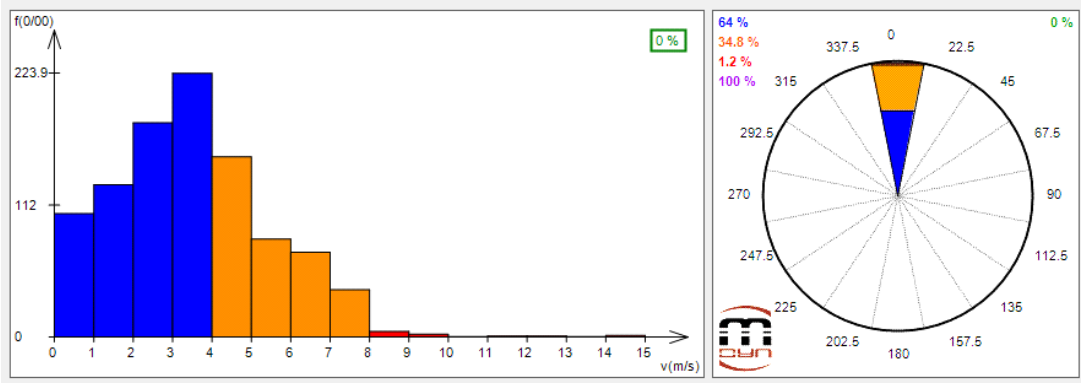
รูปที่ 78 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน กันยายน 2554



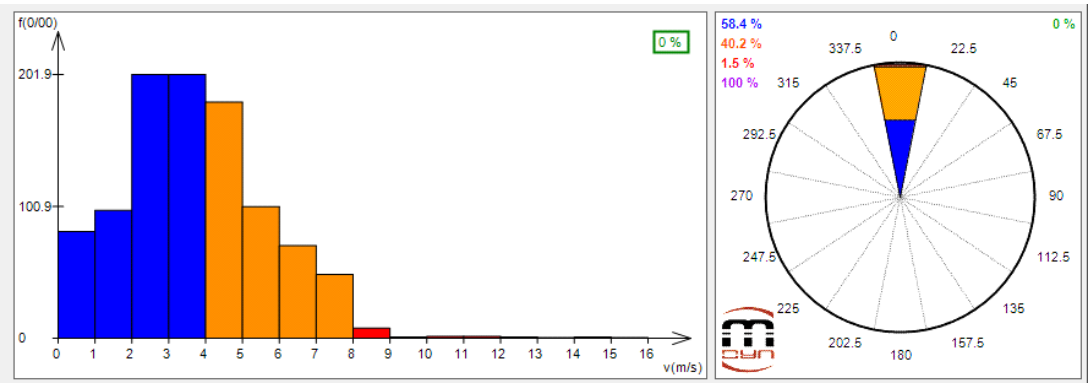
รูปที่ 79 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน กันยายน 2554



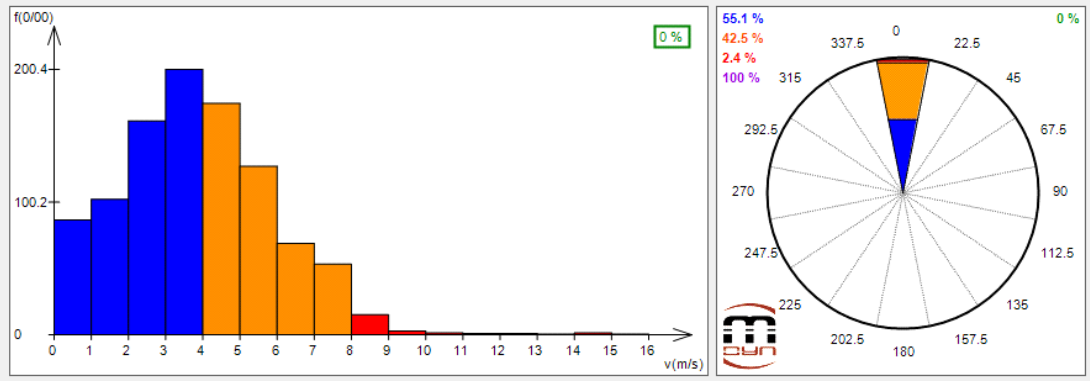
รูปที่ 80 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน ตุลาคม 2554



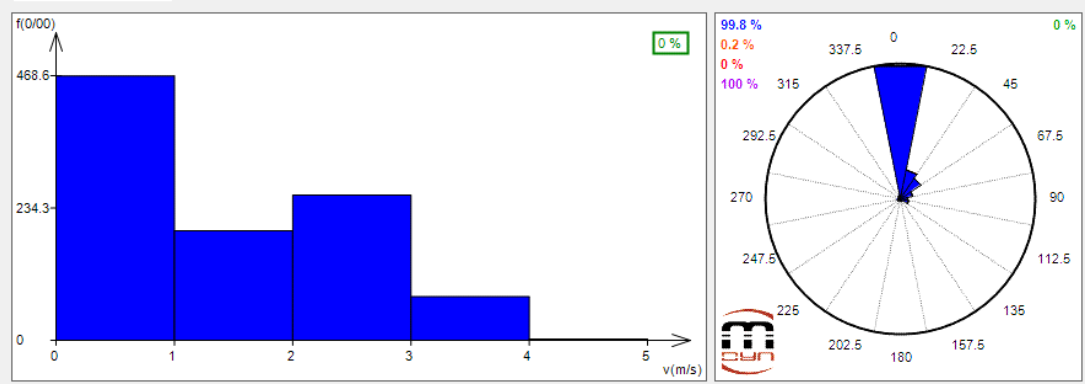
รูปที่ 81 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน ตุลาคม 2554



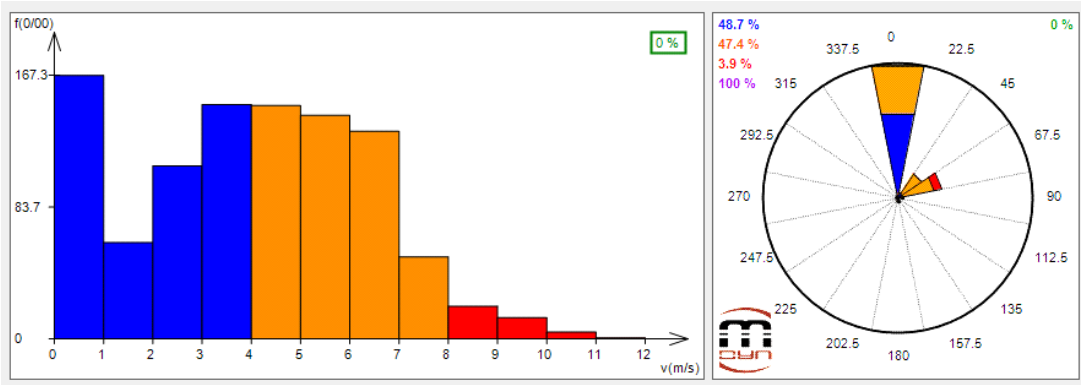
รูปที่ 82 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน ตุลาคม 2554



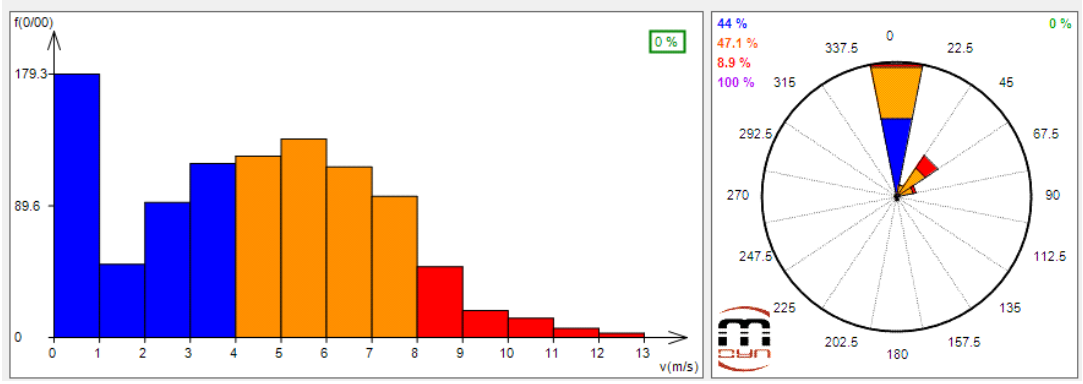
รูปที่ 83 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน ตุลาคม 2554



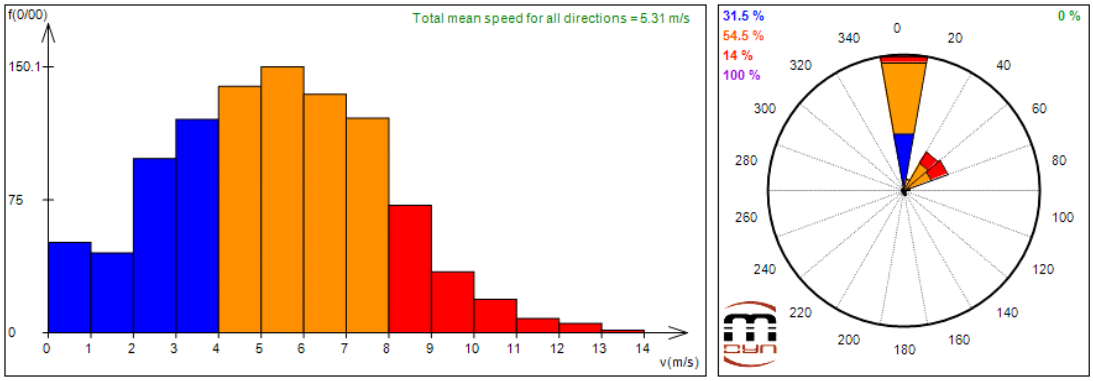
รูปที่ 84 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2554



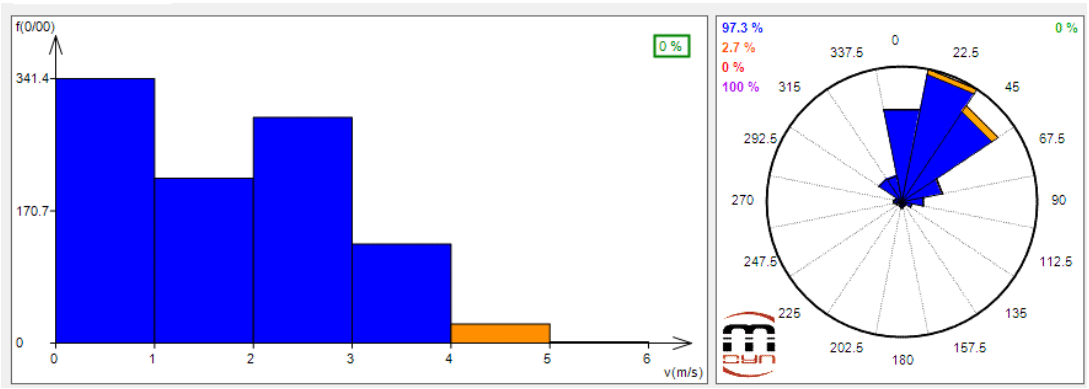
รูปที่ 85 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2554



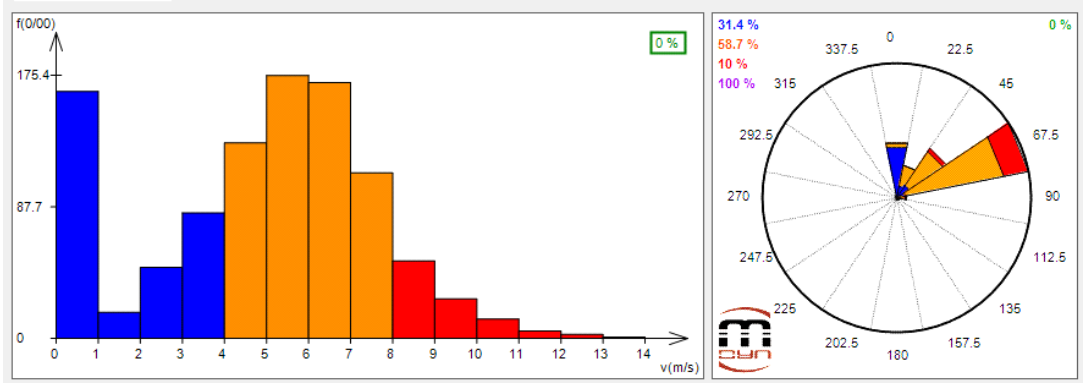
รูปที่ 86 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2554



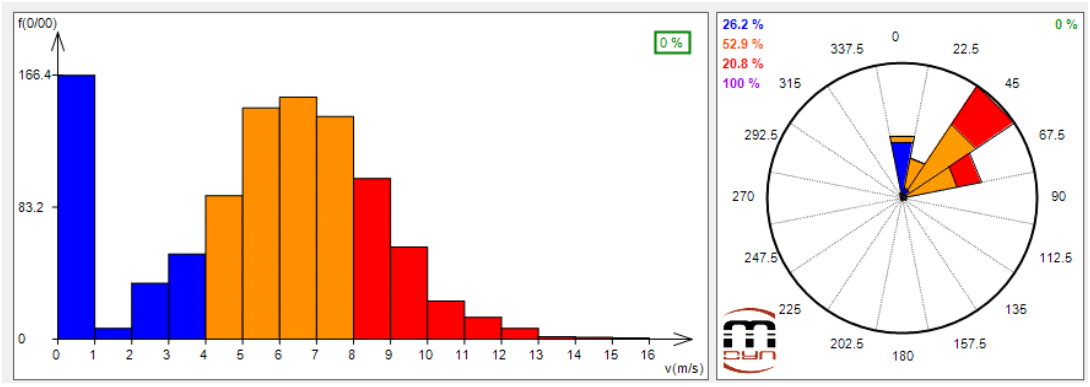
รูปที่ 87 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2554



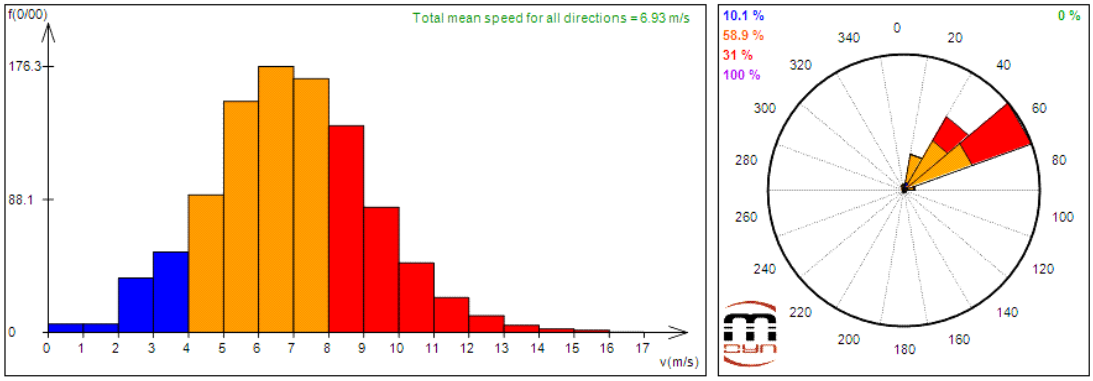
รูปที่ 88 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน ธันวาคม 2554



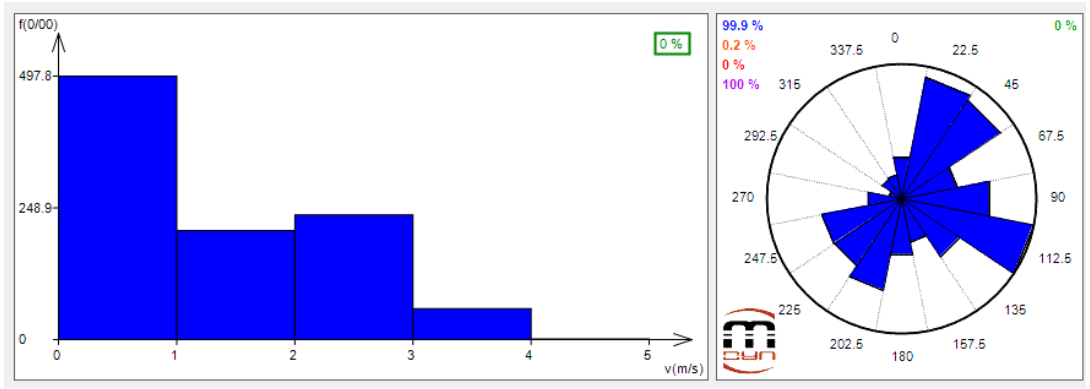
รูปที่ 89 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน ธันวาคม 2554



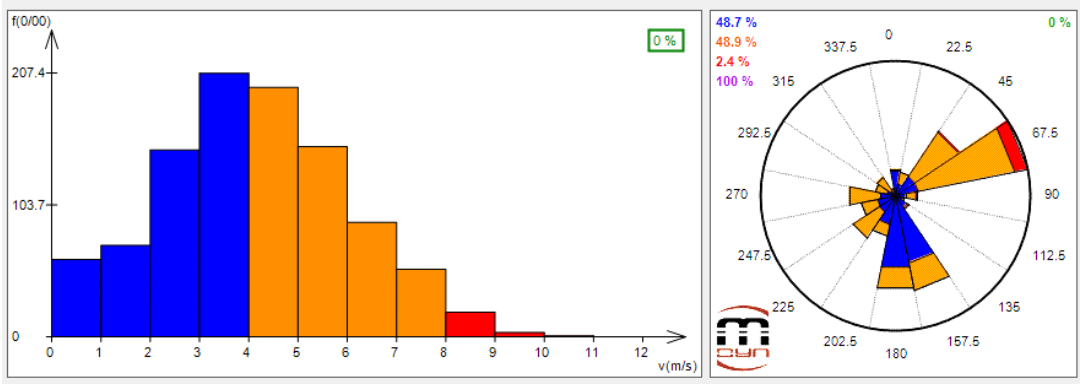
รูปที่ 90 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน ธันวาคม 2554



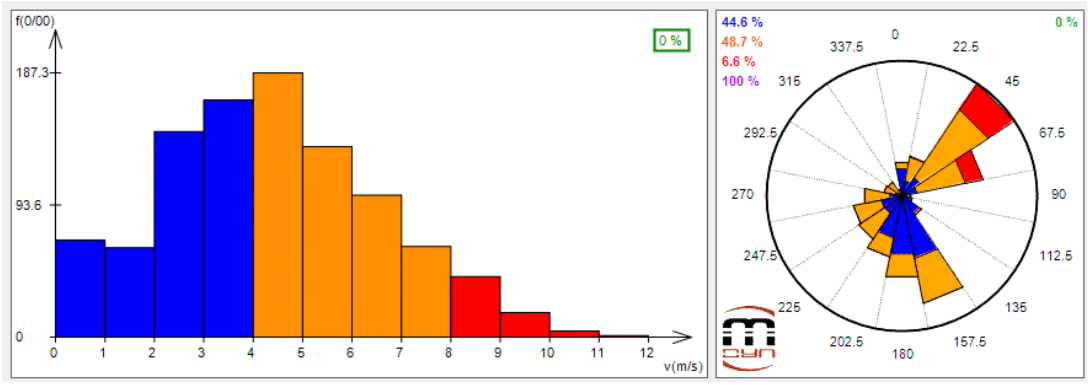
รูปที่ 91 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน ธันวาคม 2554



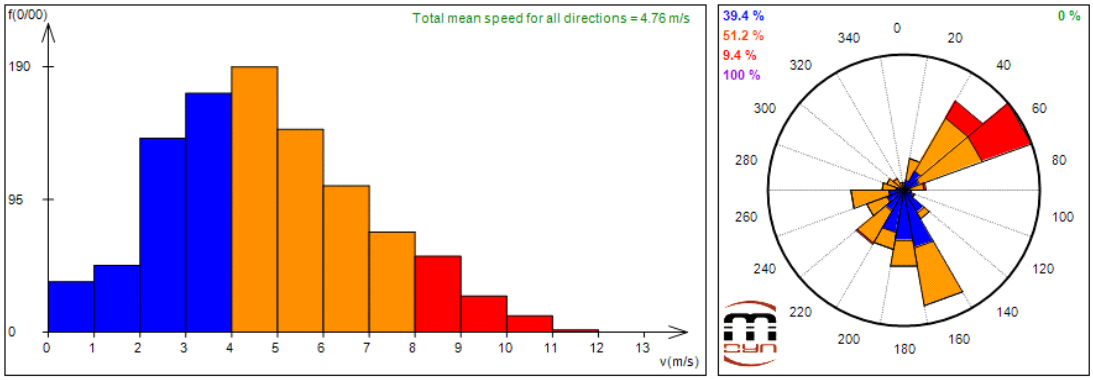
รูปที่ 92 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน มกราคม 2555



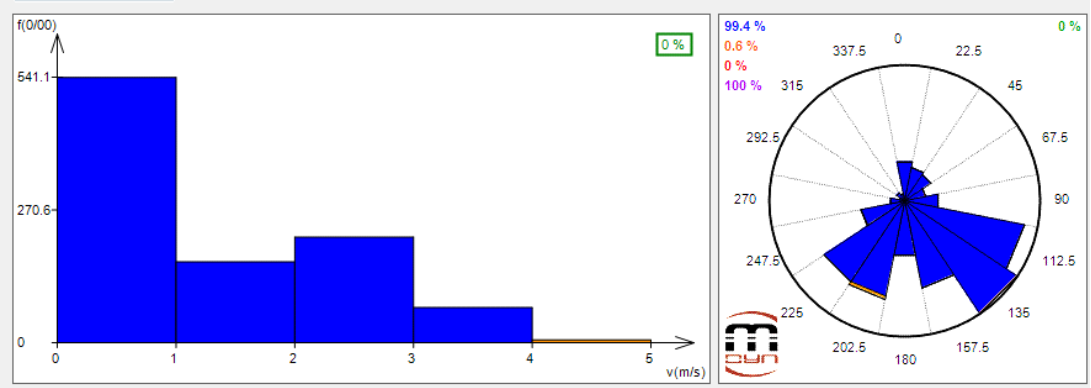
รูปที่ 93 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน มกราคม 2555



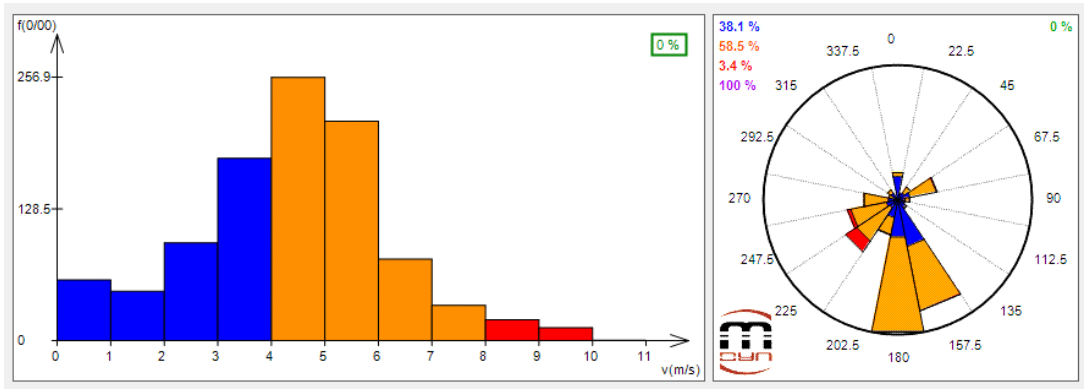
รูปที่ 94 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน มกราคม 2555



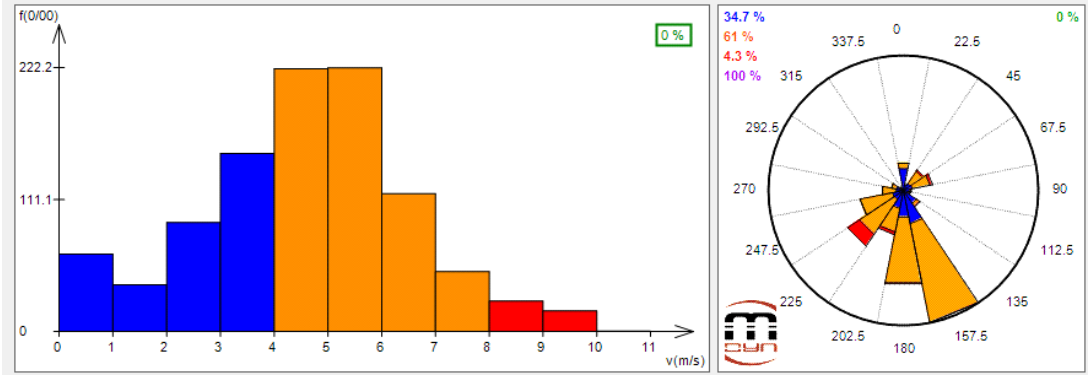
รูปที่ 95 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน มกราคม 2555



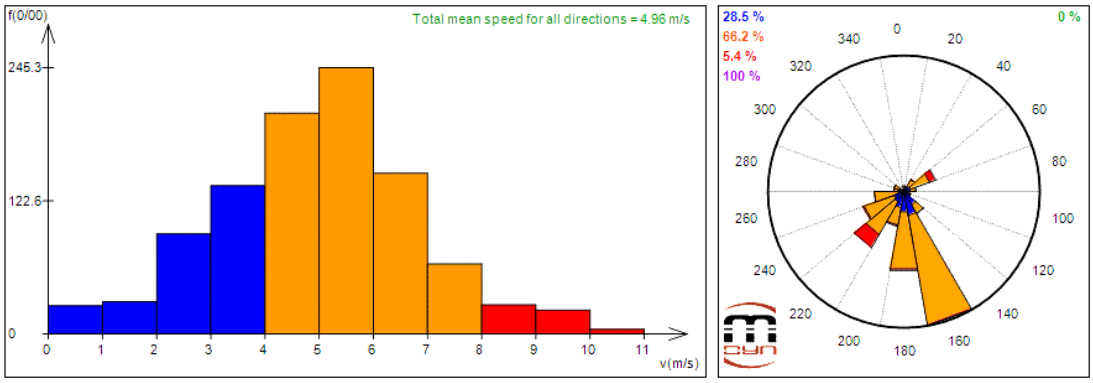
รูปที่ 96 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555



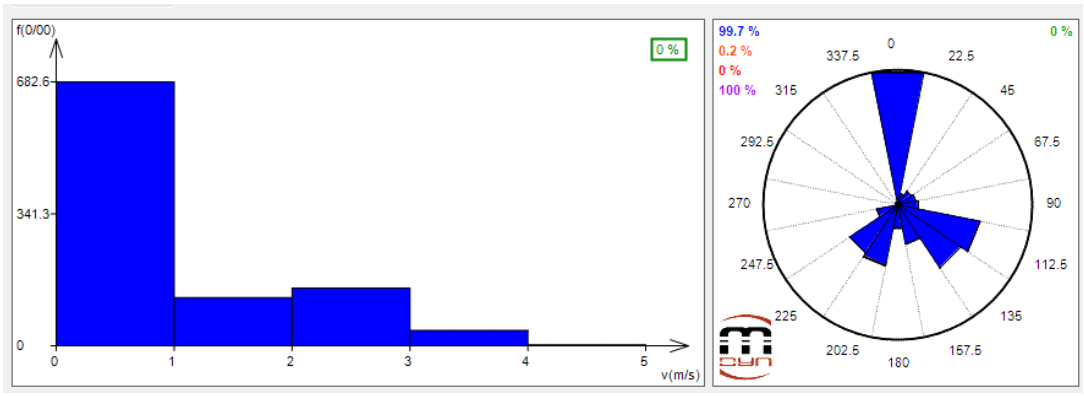
รูปที่ 97 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555



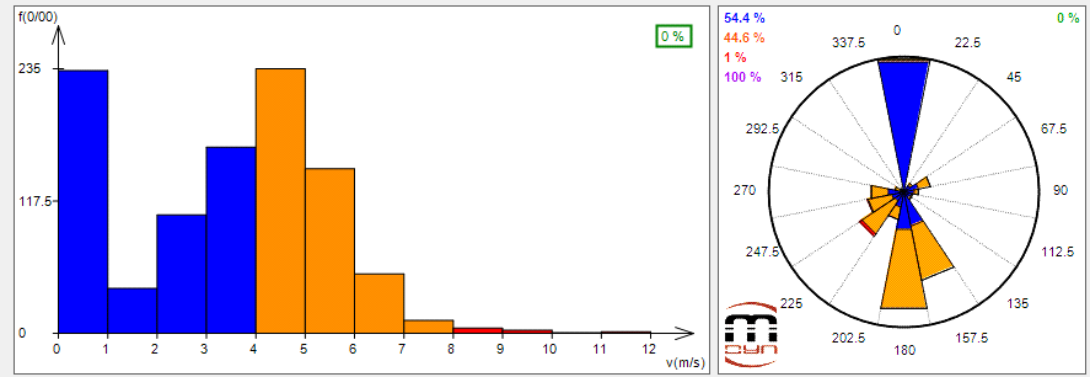
รูปที่ 98 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555



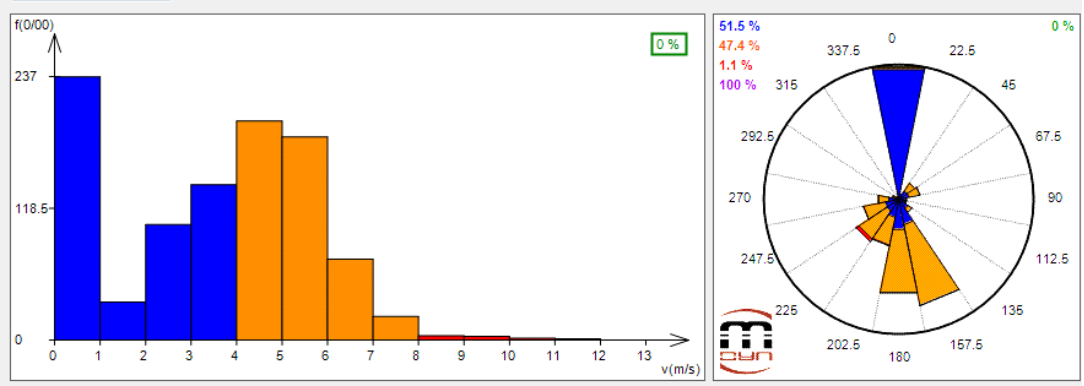
รูปที่ 99 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555



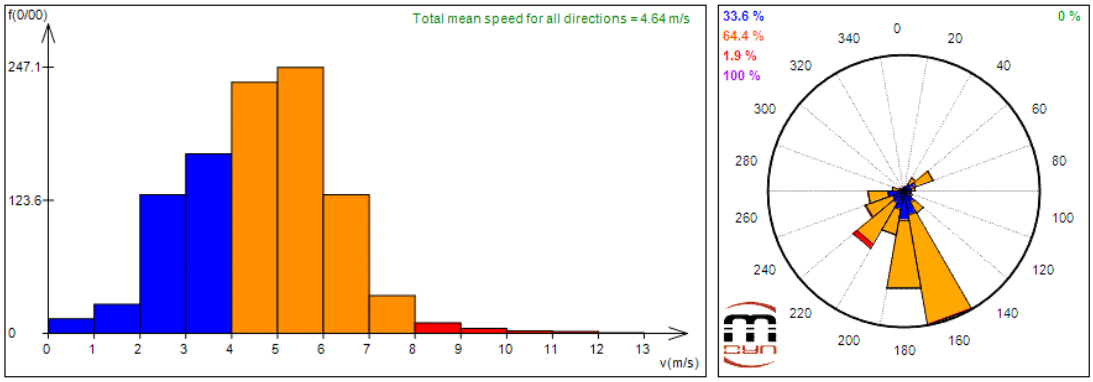
รูปที่ 100 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน มีนาคม 2555



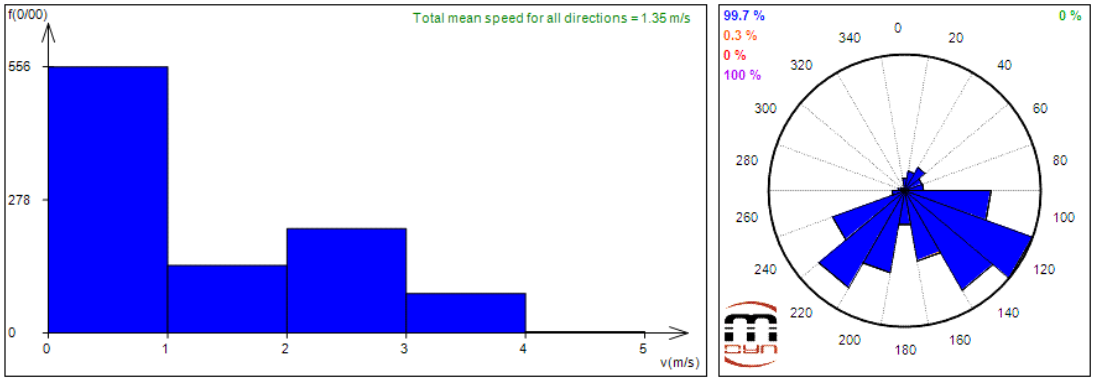
รูปที่ 101 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน มีนาคม 2555



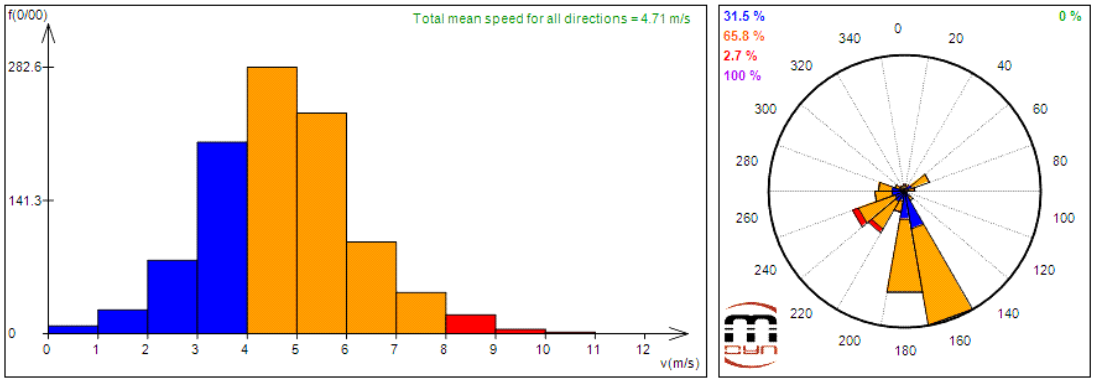
รูปที่ 102 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน มีนาคม 2555



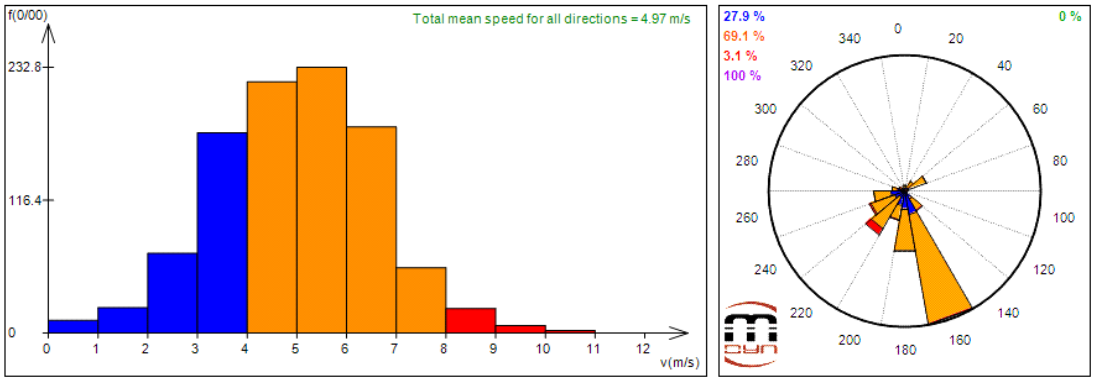
รูปที่ 103 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน มีนาคม 2555



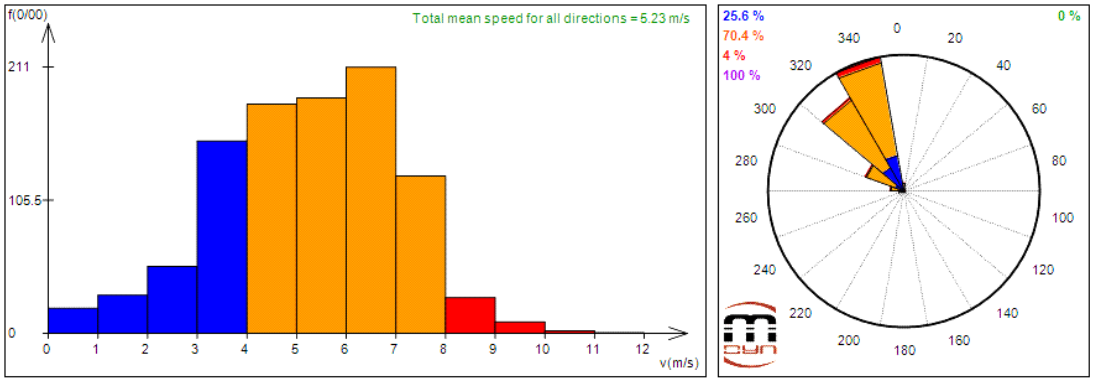
รูปที่ 104 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน เมษายน 2555



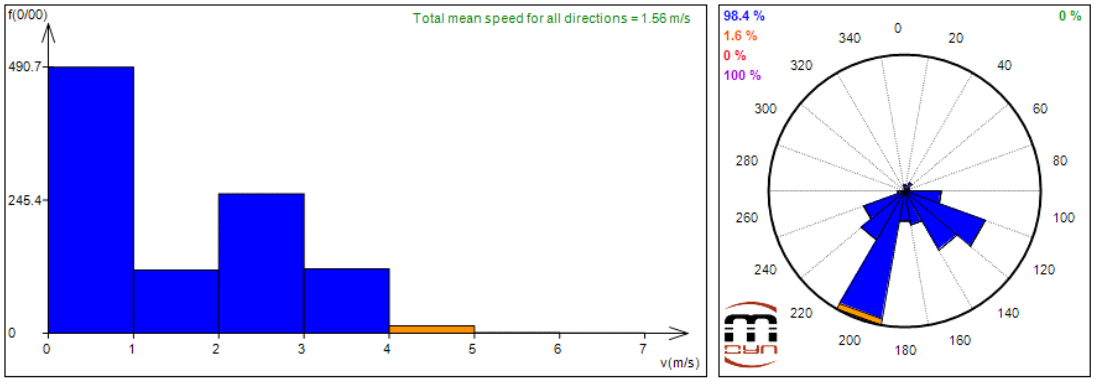
รูปที่ 105 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน เมษายน 2555



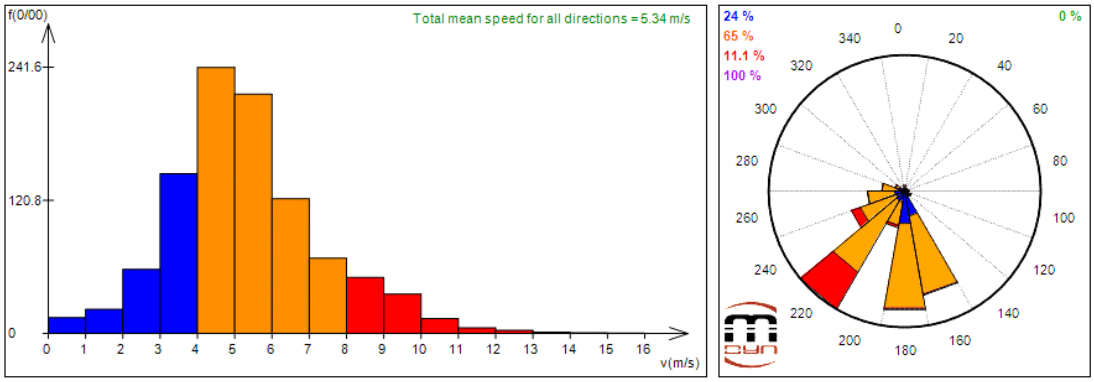
รูปที่ 106 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน เมษายน 2555



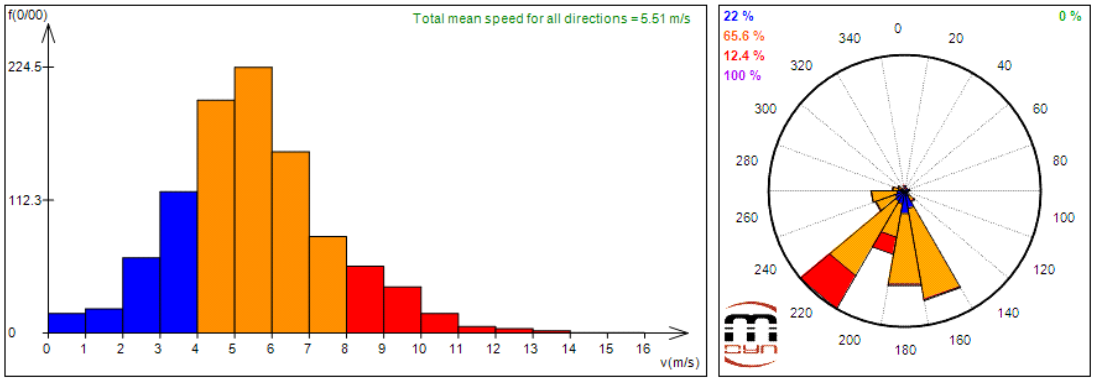
รูปที่ 107 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน เมษายน 2555



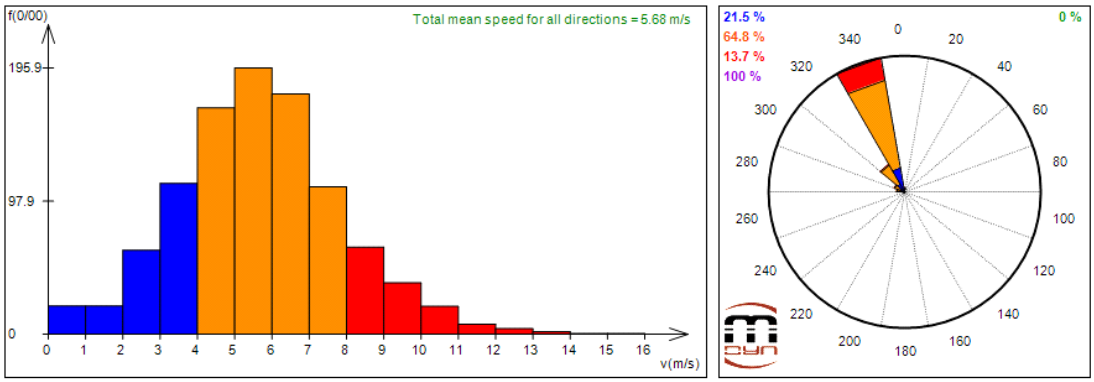
รูปที่ 108 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน พฤษภาคม 2555



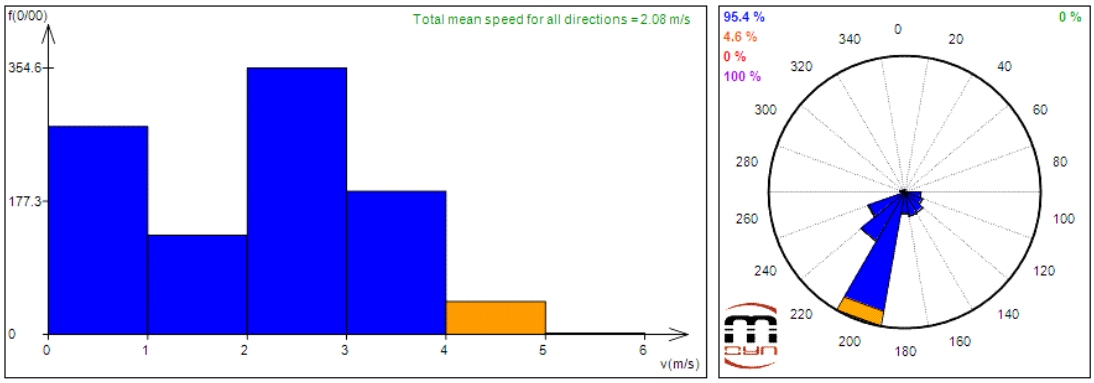
รูปที่ 109 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน พฤษภาคม 2555



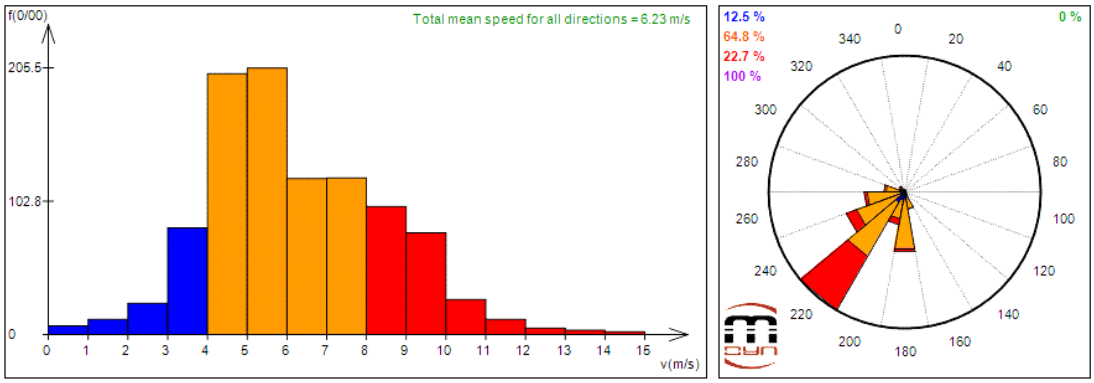
รูปที่ 110 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน พฤษภาคม 2555



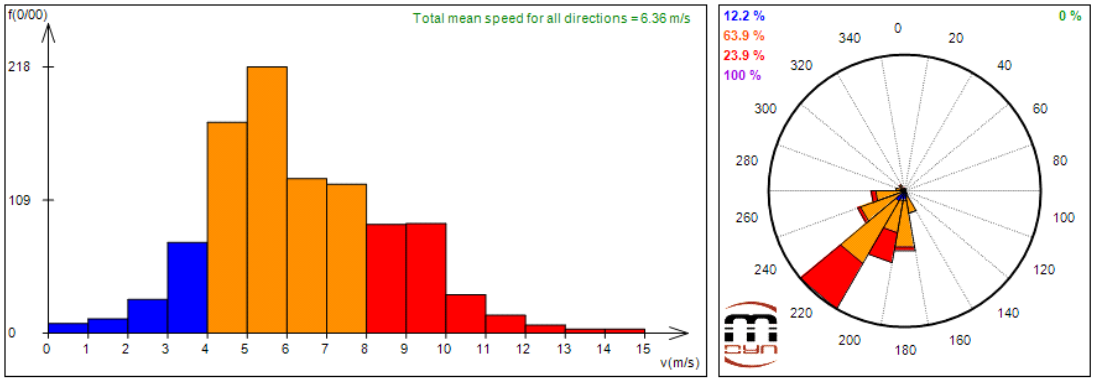
รูปที่ 111 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน พฤษภาคม 2555



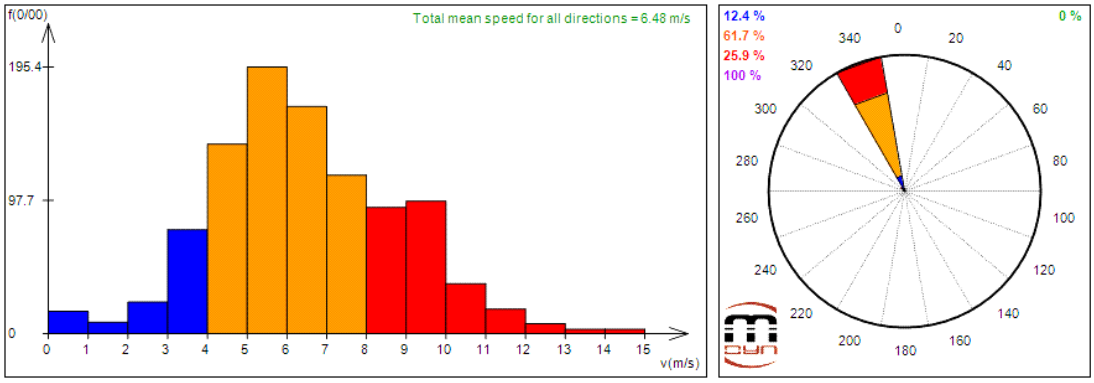
รูปที่ 112 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน มิถุนายน 2555



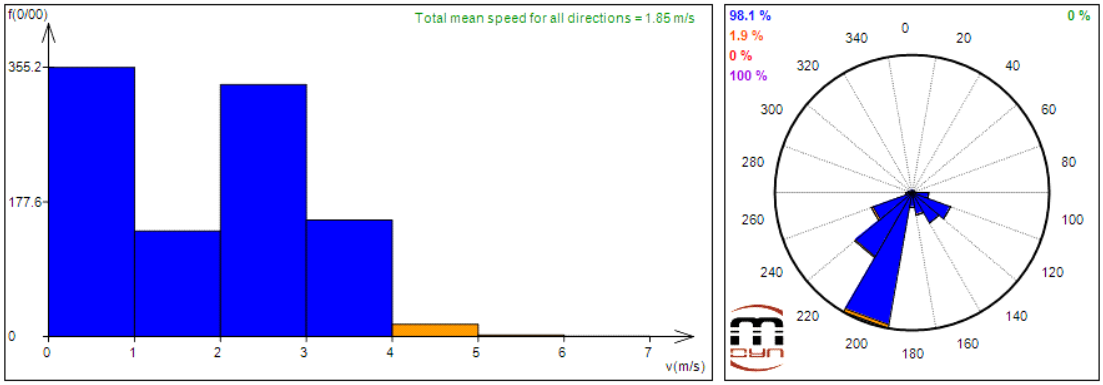
รูปที่ 113 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน มิถุนายน 2555



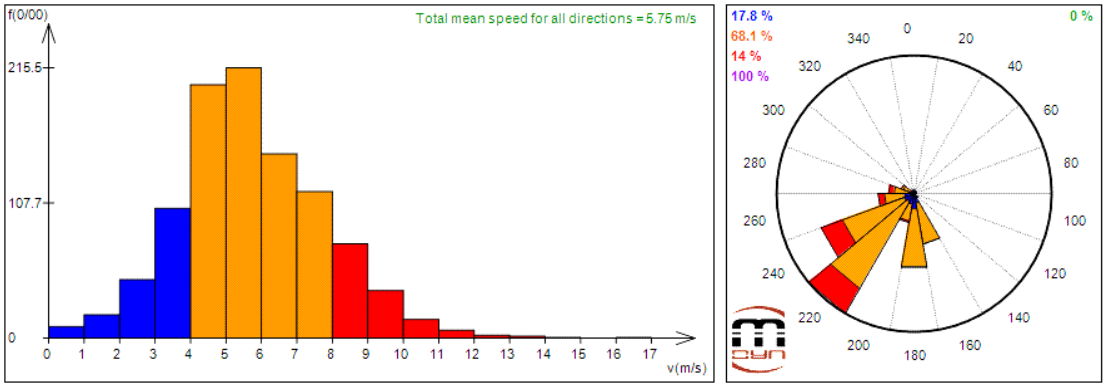
รูปที่ 114 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน มิถุนายน 2555



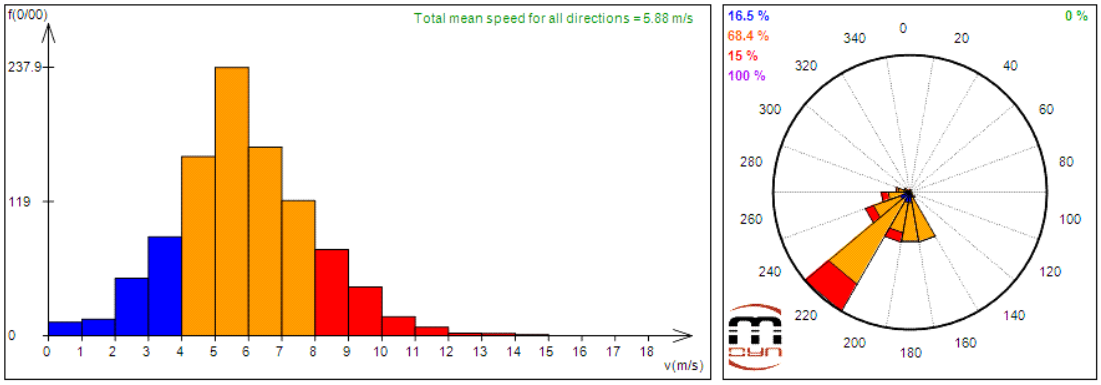
รูปที่ 115 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน มิถุนายน 2555



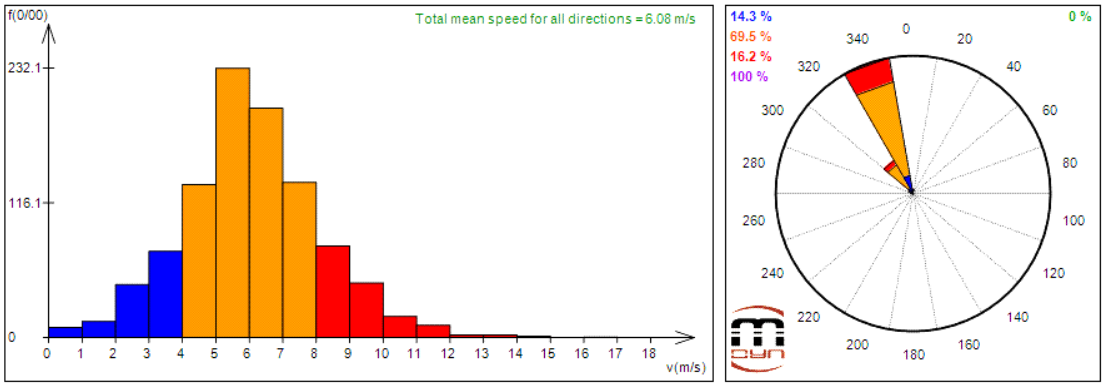
รูปที่ 116 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน กรกฎาคม 2555



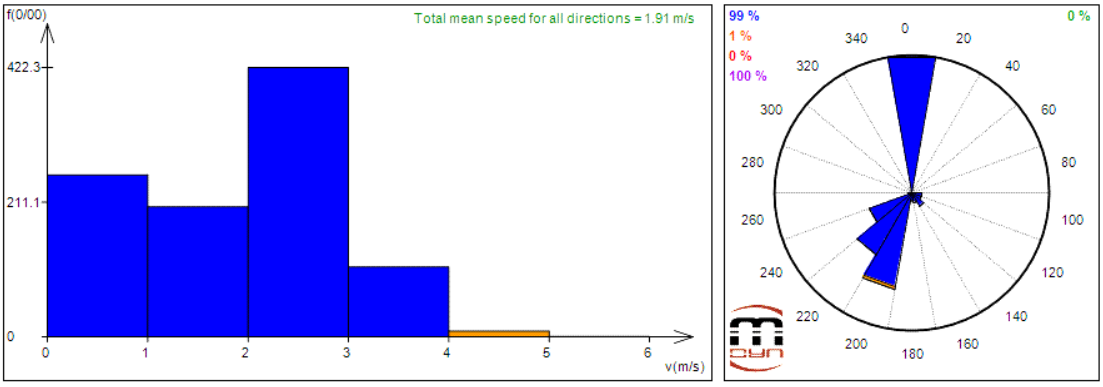
รูปที่ 117 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน กรกฎาคม 2555



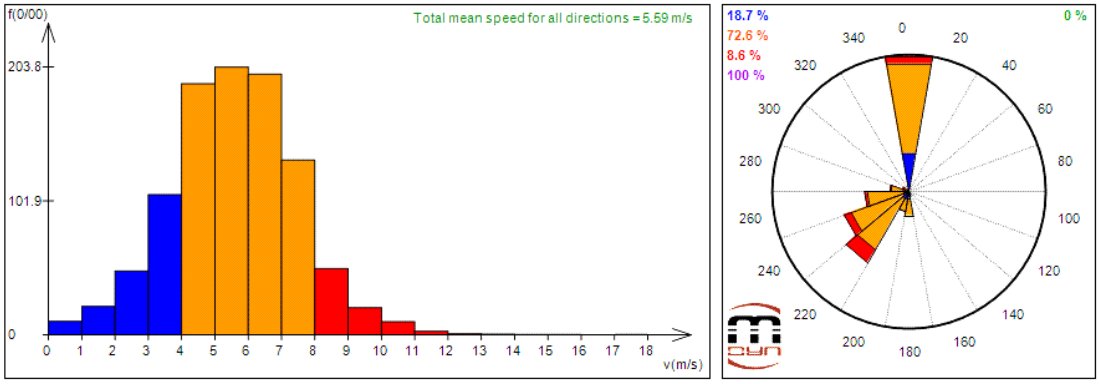
รูปที่ 118 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน กรกฎาคม 2555



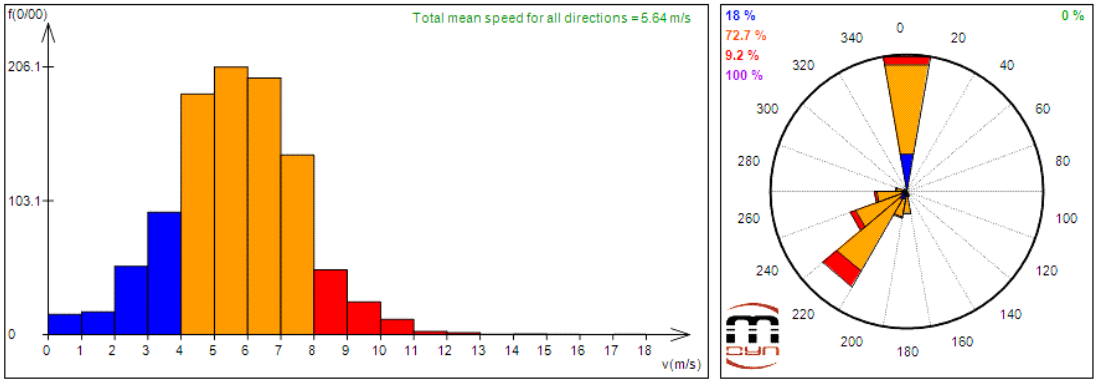
รูปที่ 119 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน กรกฎาคม 2555



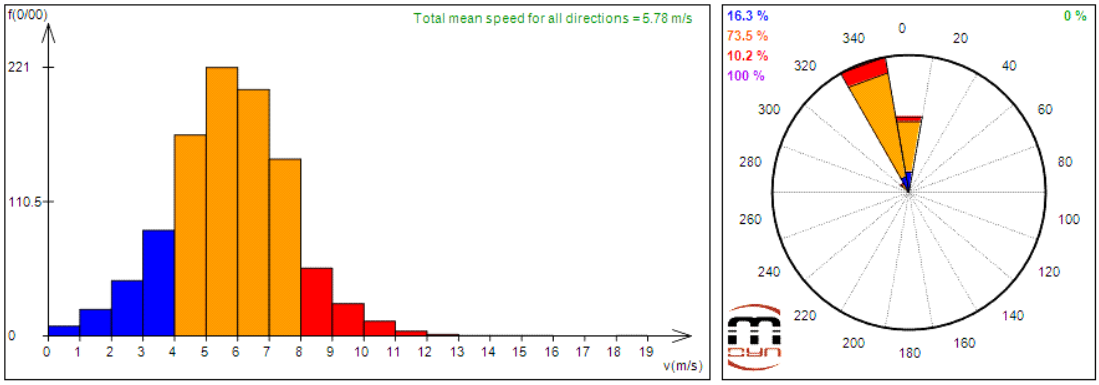
รูปที่ 120 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน สิงหาคม 2555



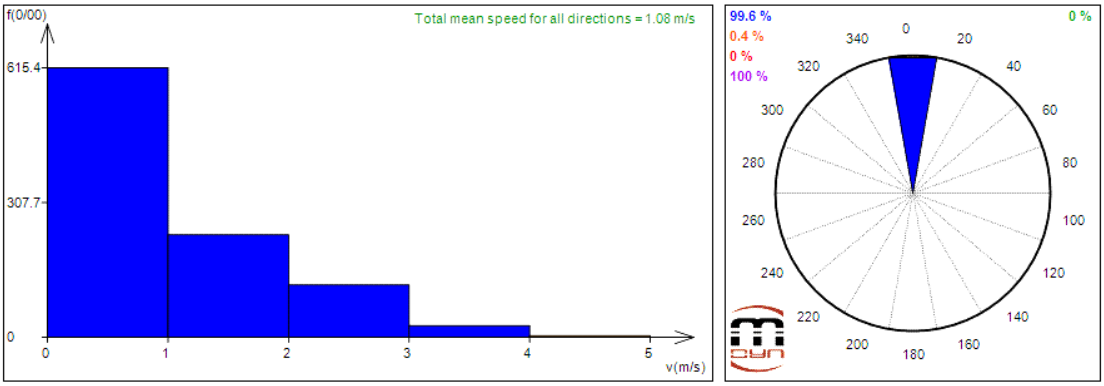
รูปที่ 121 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน สิงหาคม 2555



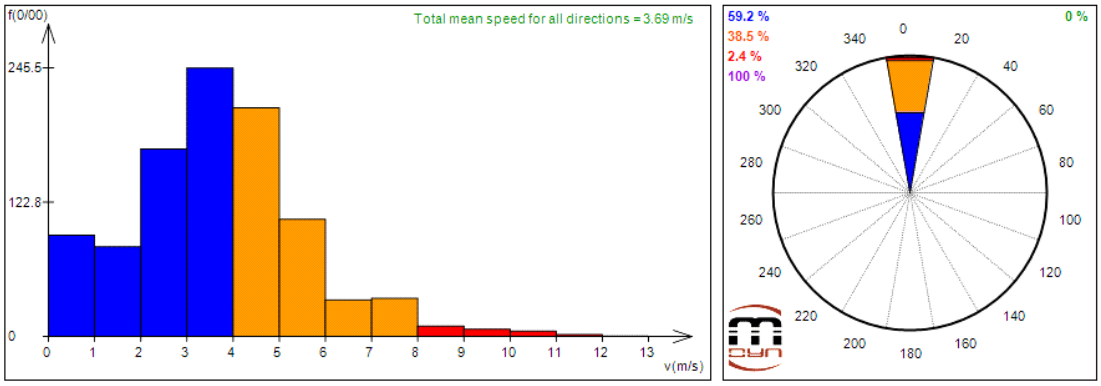
รูปที่ 122 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน สิงหาคม 2555



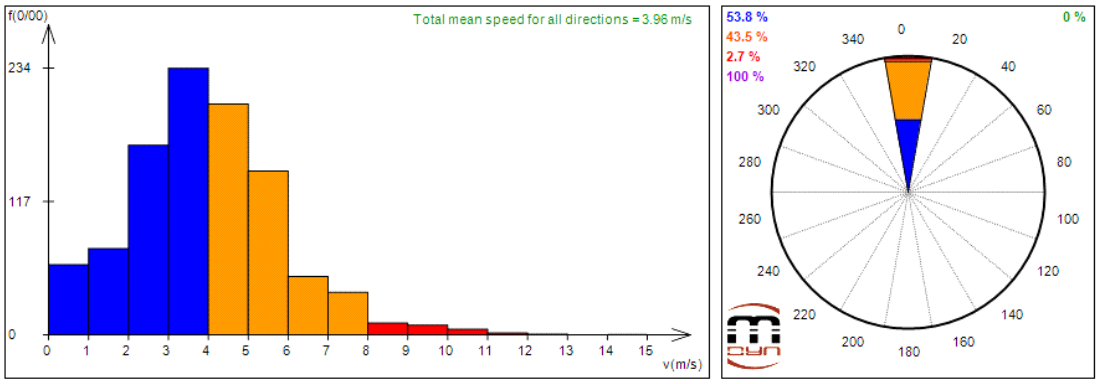
รูปที่ 123 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน สิงหาคม 2555



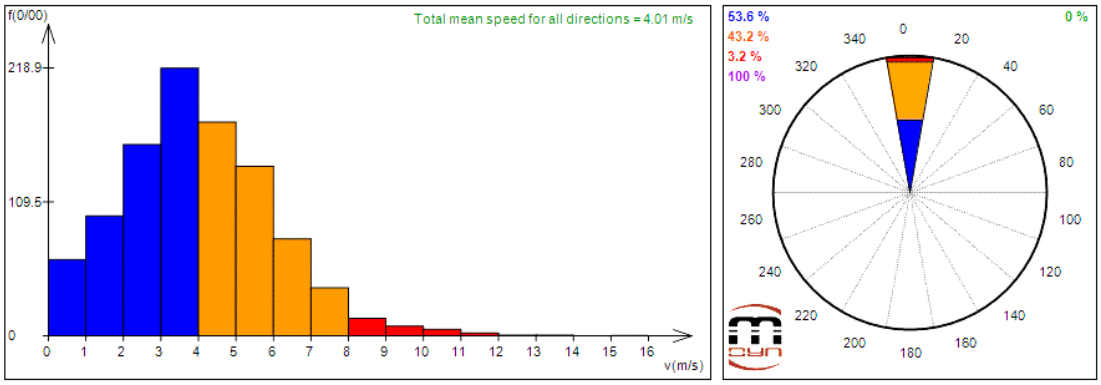
รูปที่ 124 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน กันยายน 2555



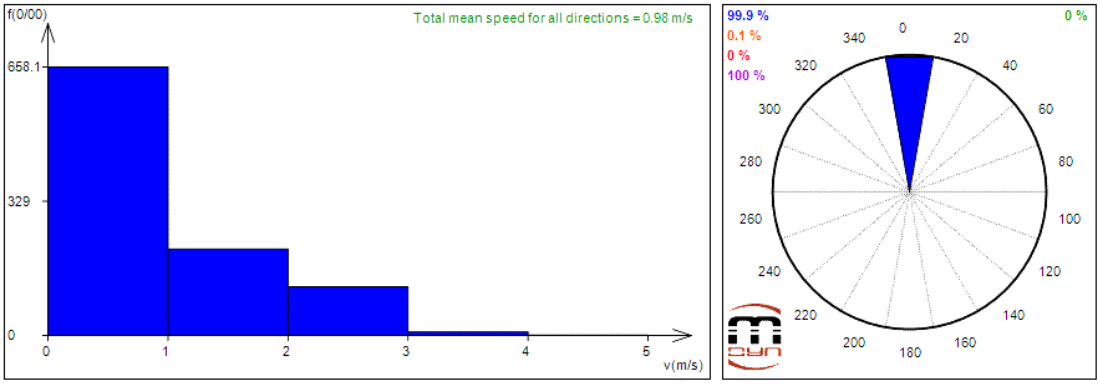
รูปที่ 125 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน กันยายน 2555



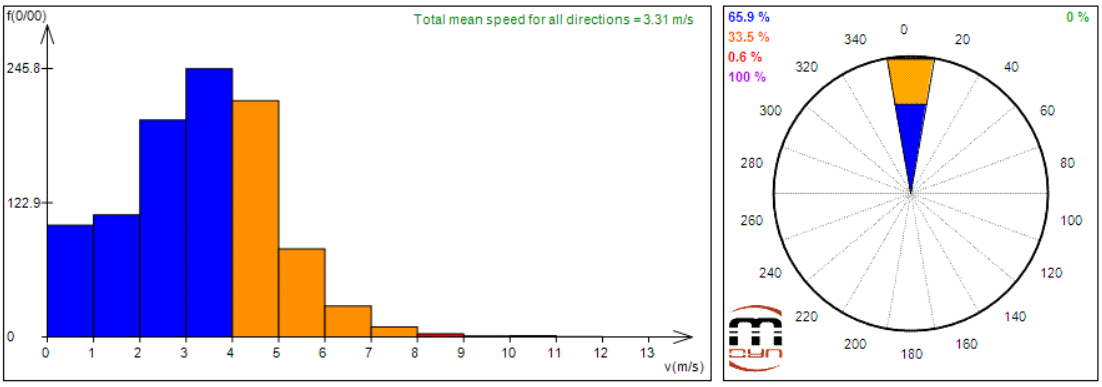
รูปที่ 126 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน กันยายน 2555



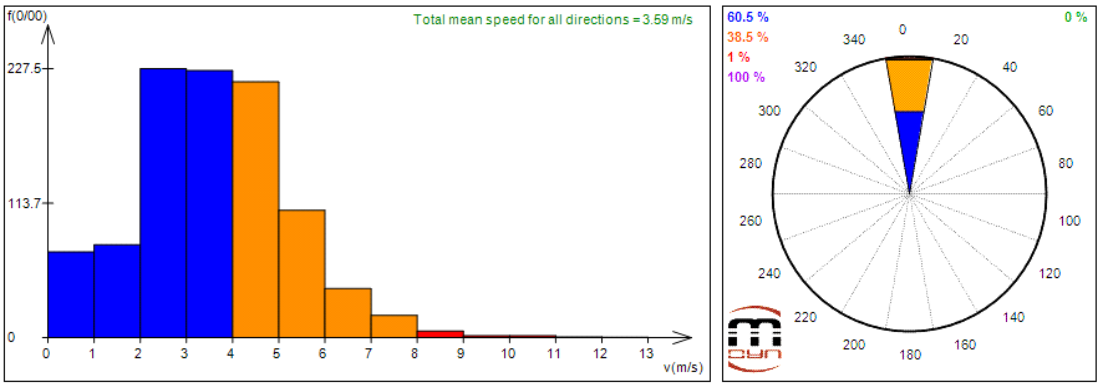
รูปที่ 127 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน กันยายน 2555



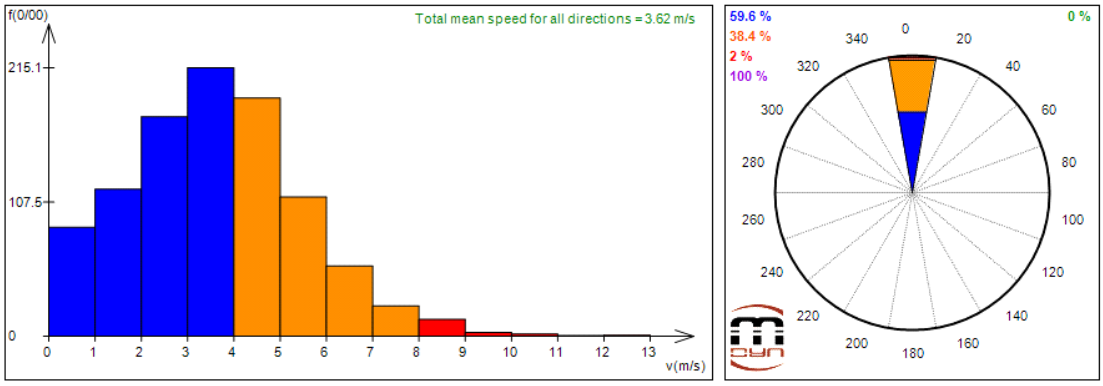
รูปที่ 128 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน ตุลาคม 2555



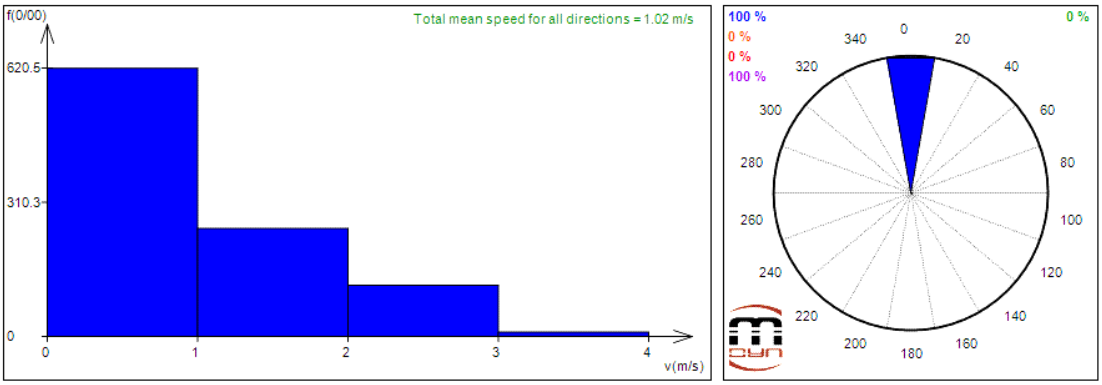
รูปที่ 129 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน ตุลาคม 2555



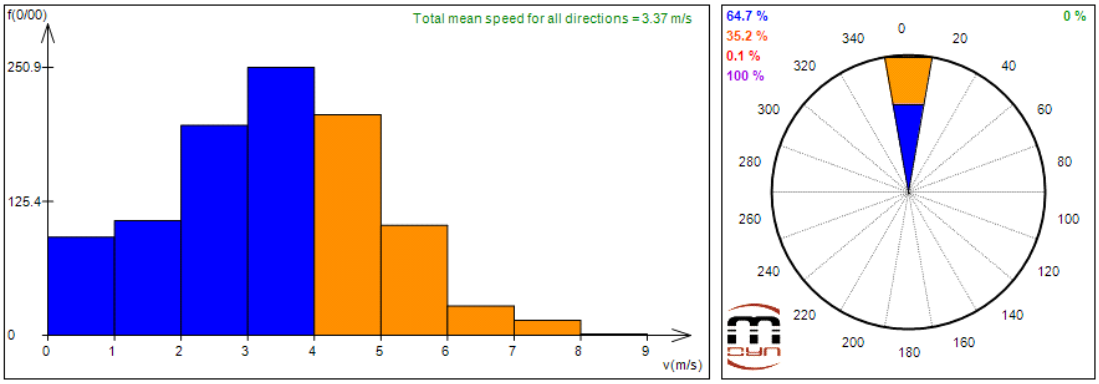
รูปที่ 130 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน ตุลาคม 2555



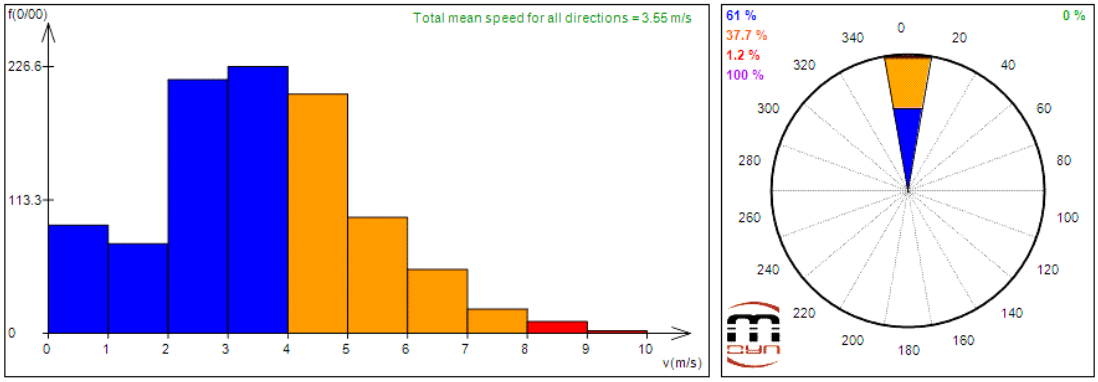
รูปที่ 131 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน ตุลาคม 2555



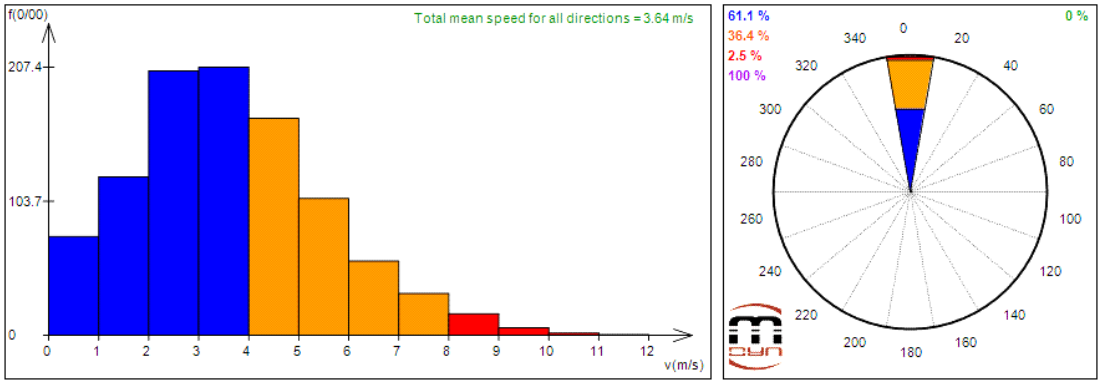
รูปที่ 132 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2555



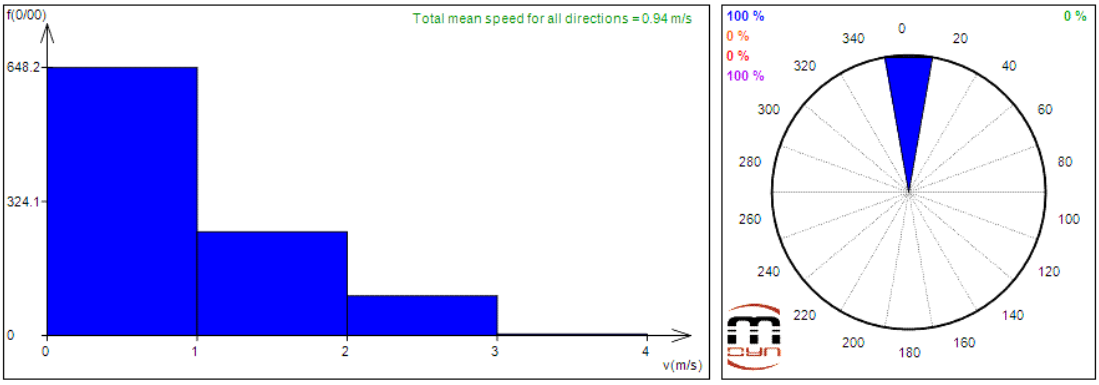
รูปที่ 133 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2555



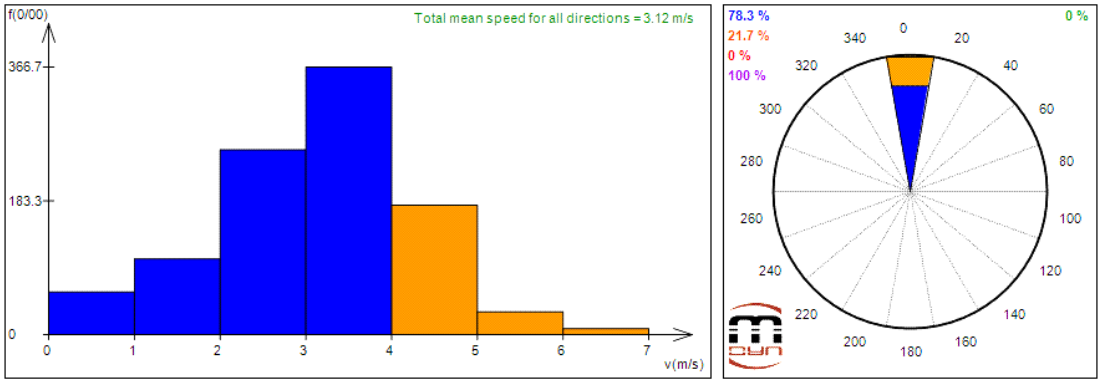
รูปที่ 134 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2555



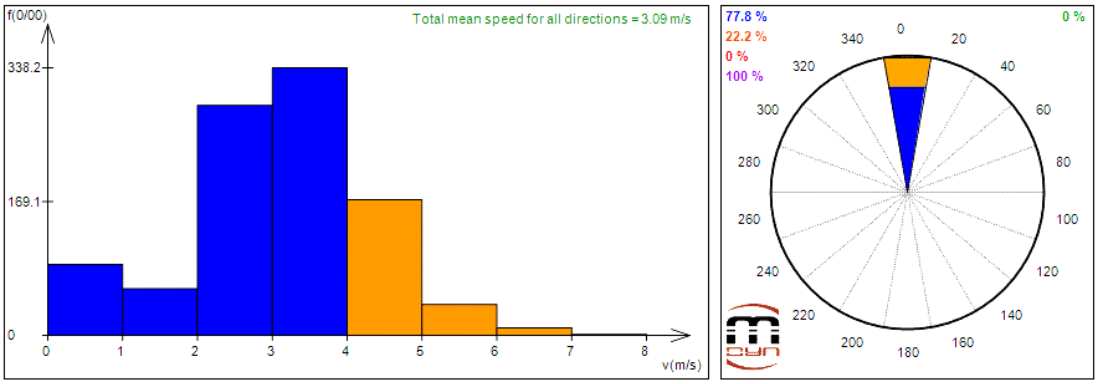
รูปที่ 135 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2555



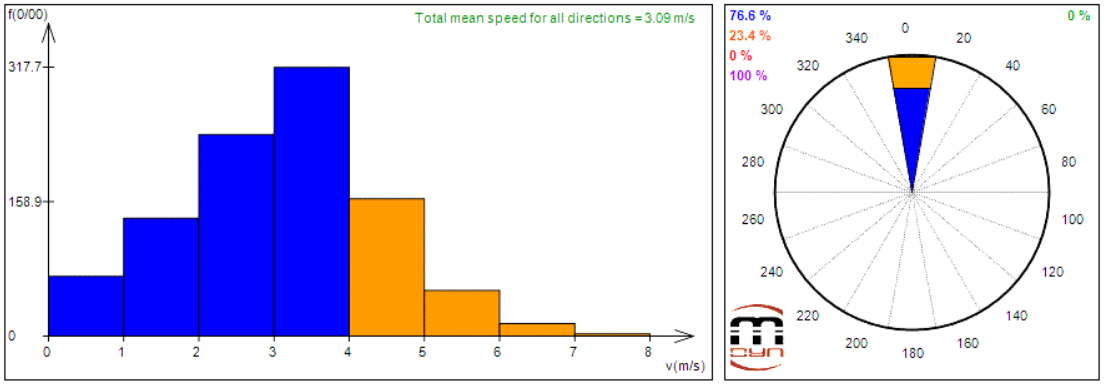
รูปที่ 136 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน ธันวาคม 2555



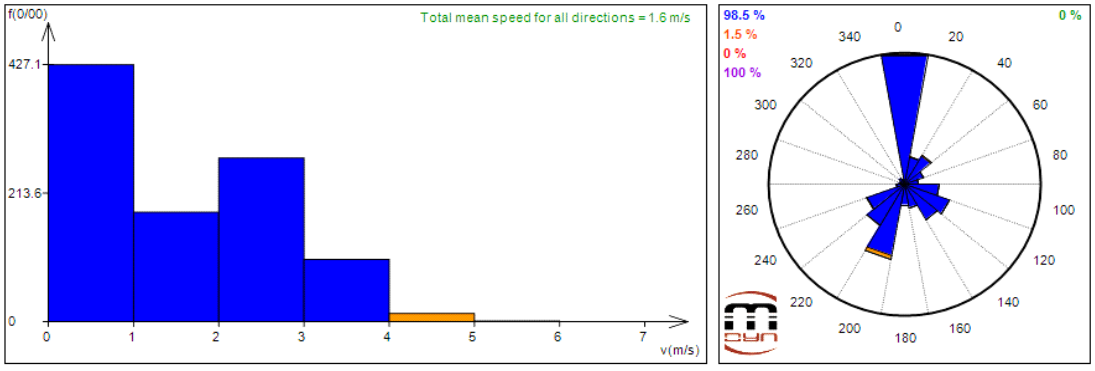
รูปที่ 137 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน ธันวาคม 2555



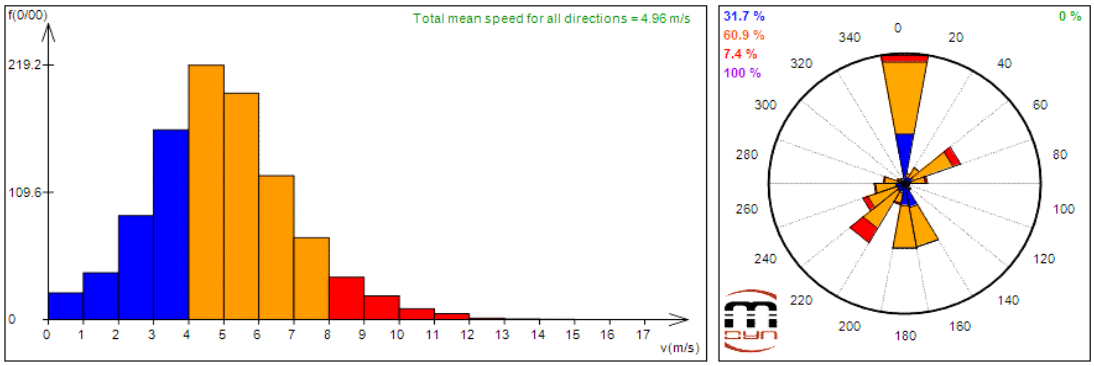
รูปที่ 138 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน ธันวาคม 2555



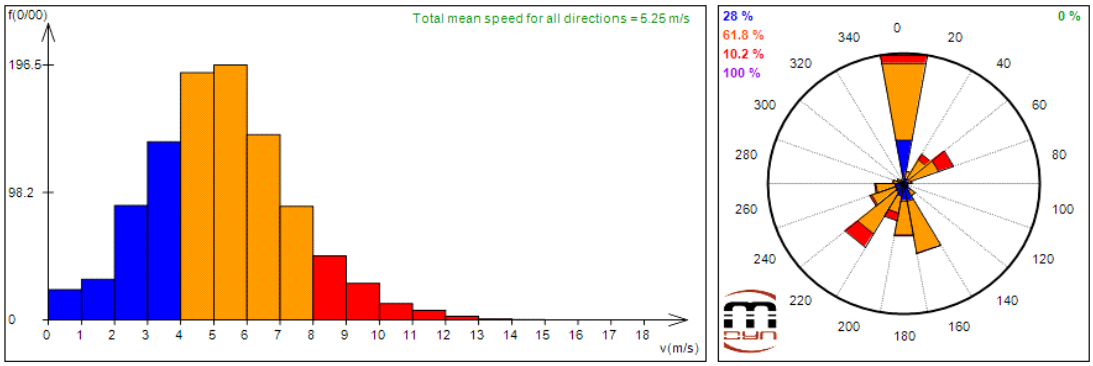
รูปที่ 139 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน ธันวาคม 2555



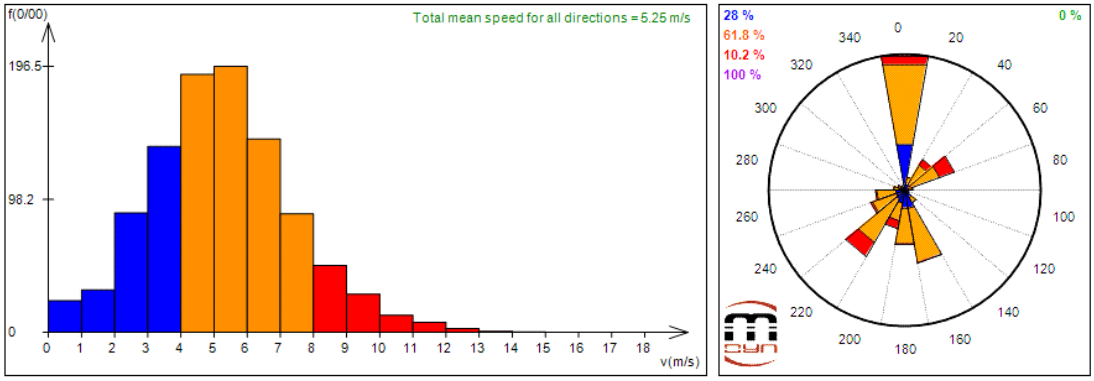
รูปที่ 140 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร ระหว่างเดือน มิถุนายน 2554 – มิถุนายน 2555



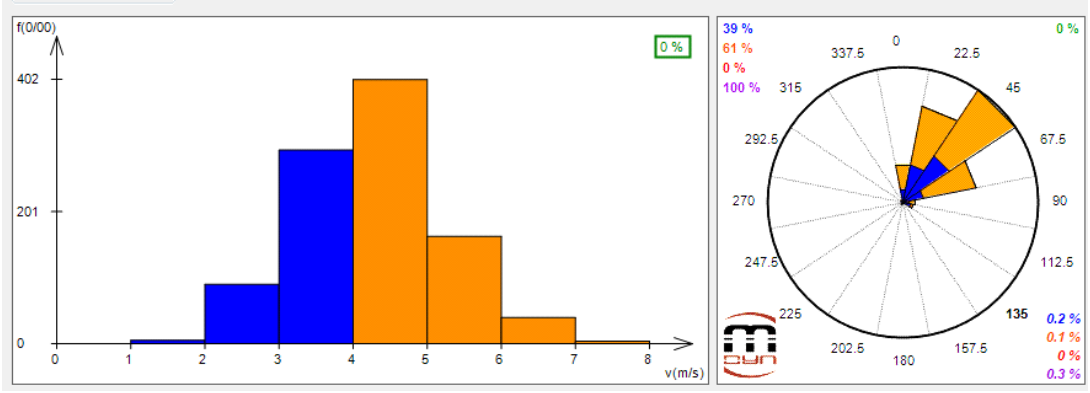
รูปที่ 141 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที
ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี
ที่ระดับความสูง 65 เมตร ระหว่างเดือน มิถุนายน 2554 – มิถุนายน 2555



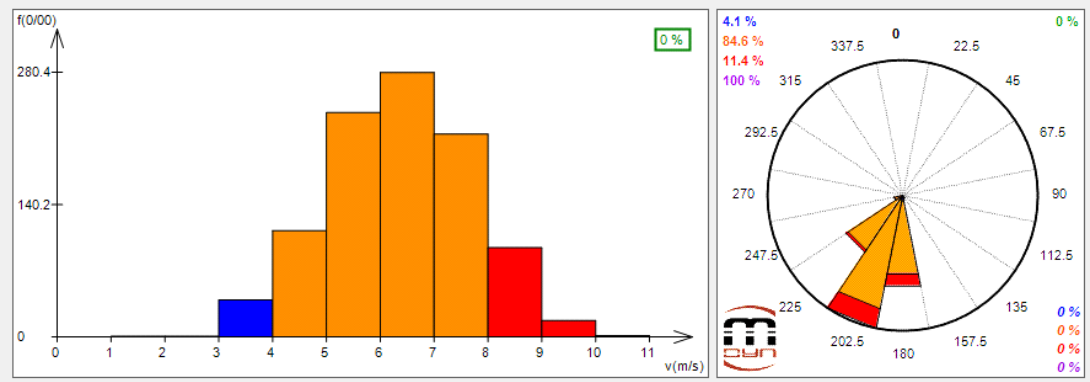
รูปที่ 142 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที
ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี
ที่ระดับความสูง 90 เมตร ระหว่างเดือน มิถุนายน 2554 – มิถุนายน 2555



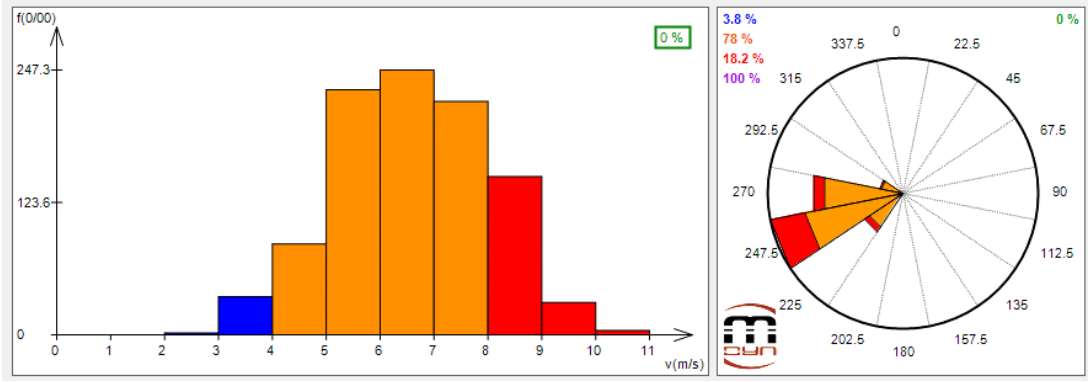
รูปที่ 143 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที
ของสถานีวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี
ที่ระดับความสูง 120 เมตร ระหว่างเดือน มิถุนายน 2554 – มิถุนายน 2555



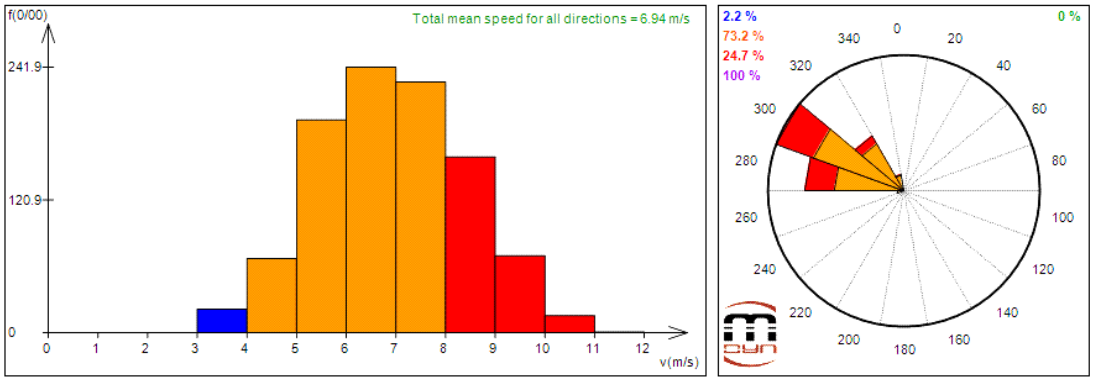
รูปที่ 144 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทรอ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน ธันวาคม 2554



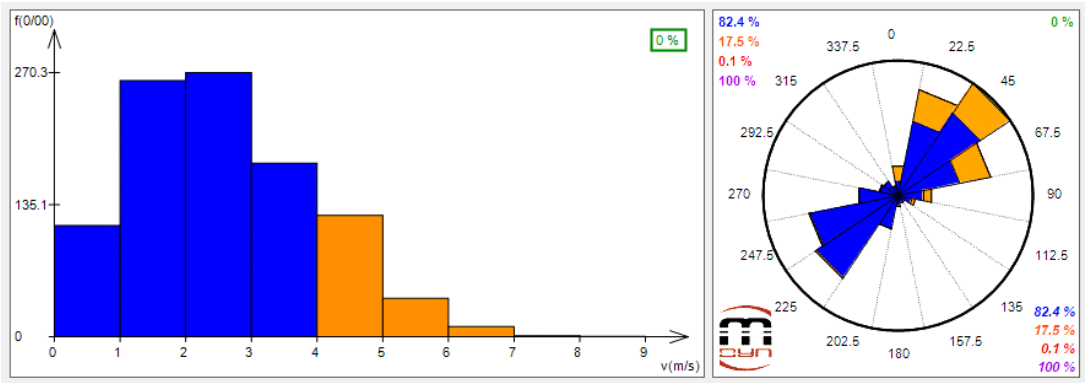
รูปที่ 145 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทรอ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน ธันวาคม 2554



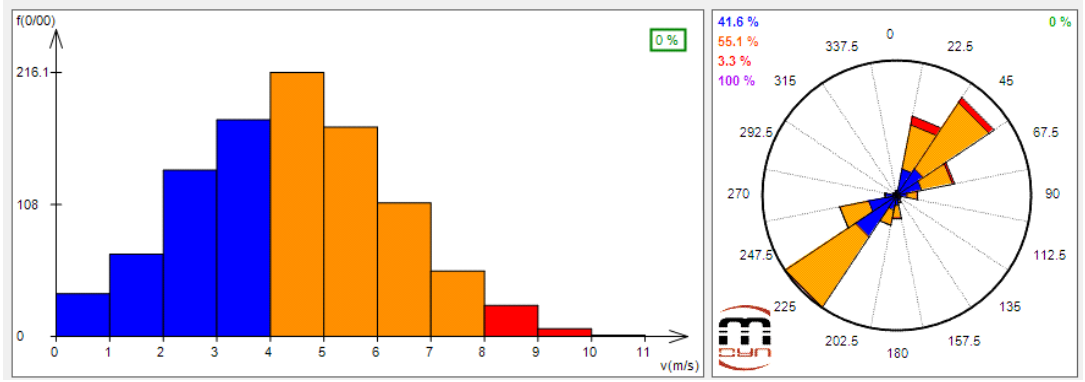
รูปที่ 146 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทรอ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน ธันวาคม 2554



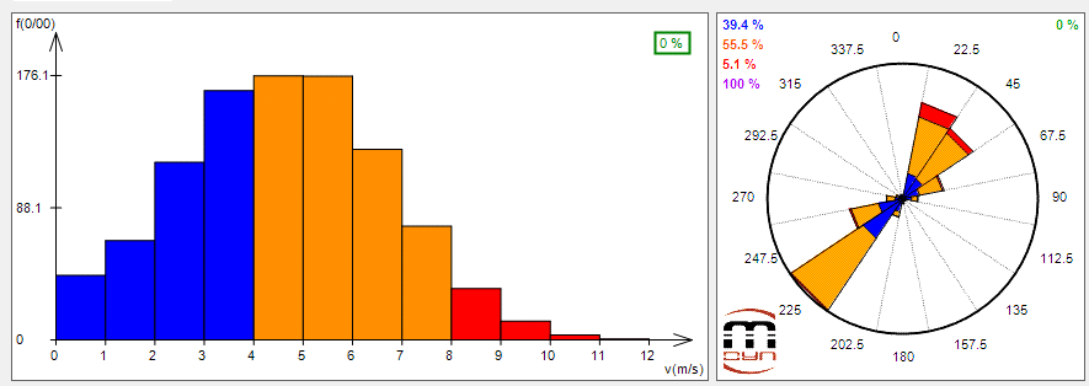
รูปที่ 147 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทรอ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน ธันวาคม 2554



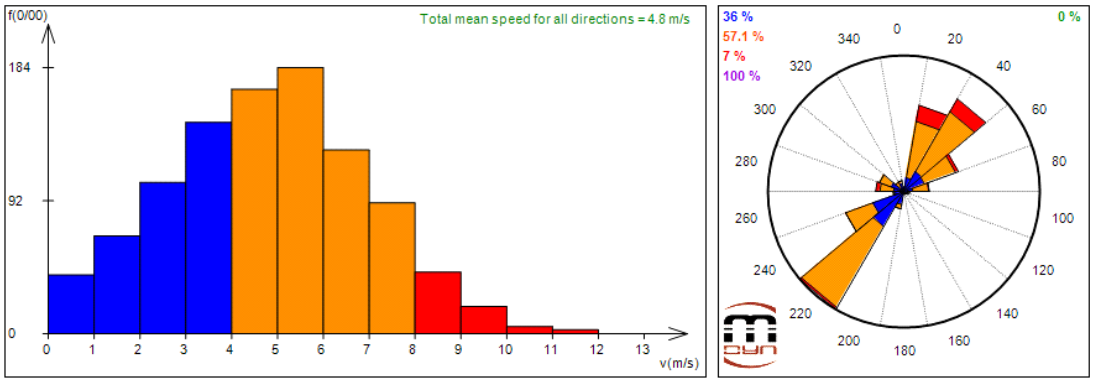
รูปที่ 148 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทรอ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน มกราคม 2555



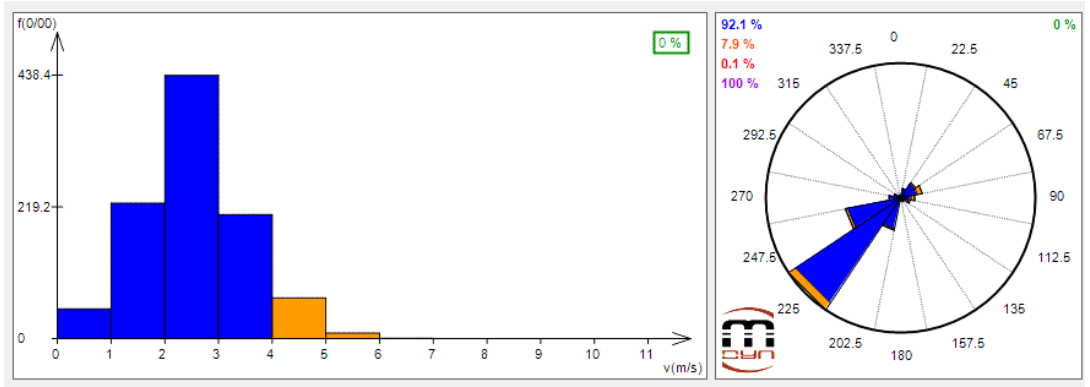
รูปที่ 149 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ พื้นที่ไร่มันสำปะหลัง อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน มกราคม 2555



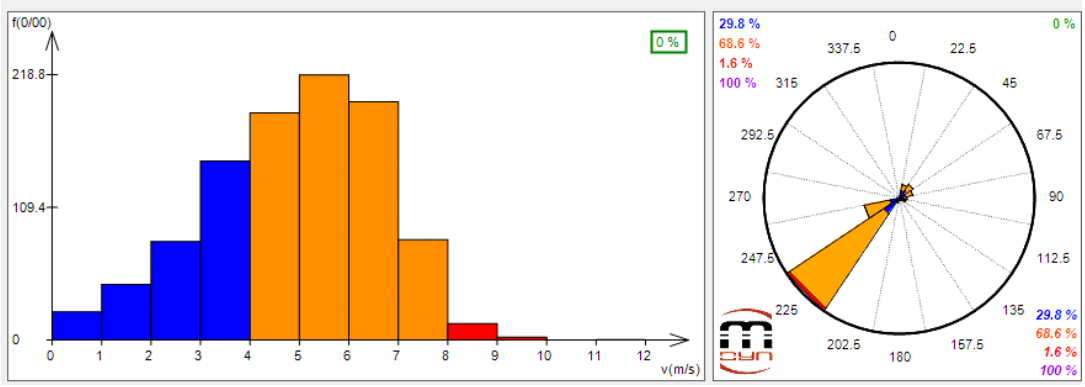
รูปที่ 150 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน มกราคม 2555



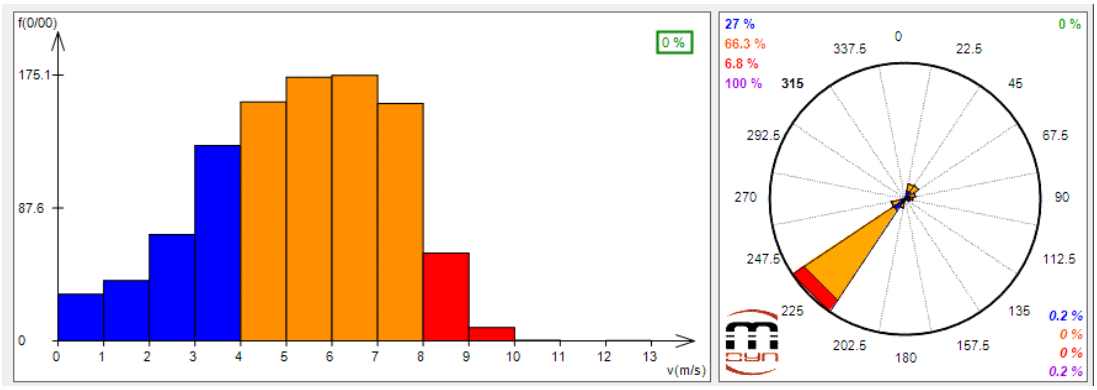
รูปที่ 151 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน มกราคม 2555



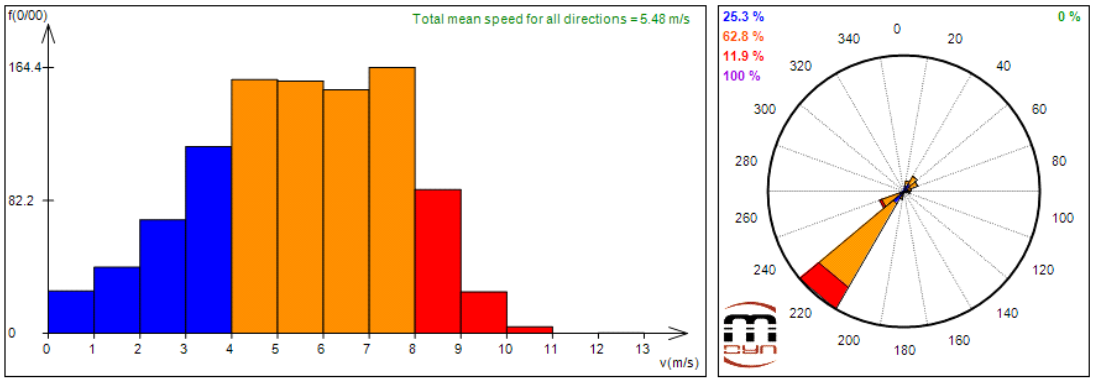
รูปที่ 152 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555



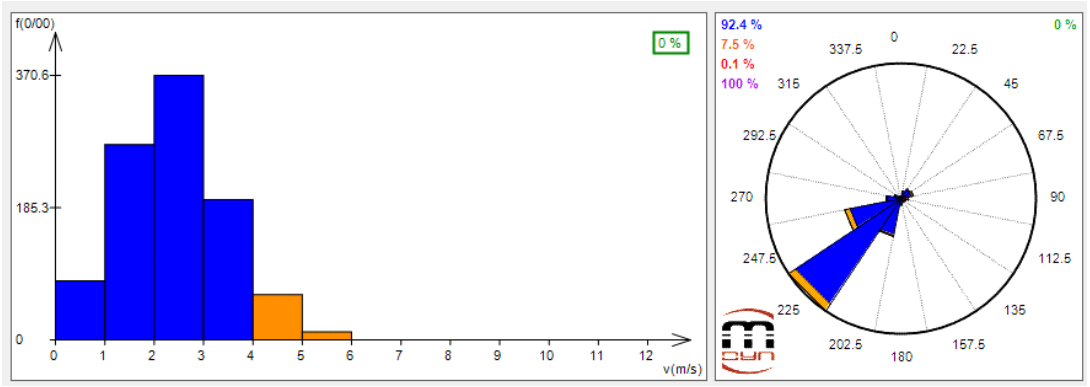
รูปที่ 153 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555



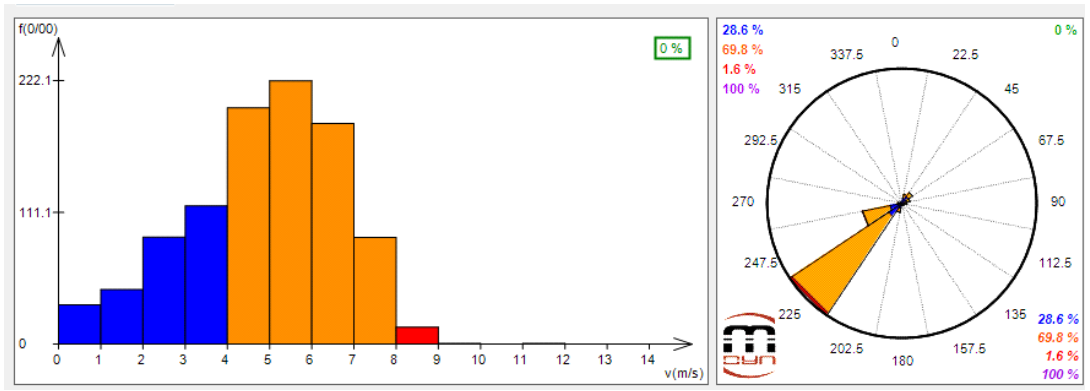
รูปที่ 154 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555



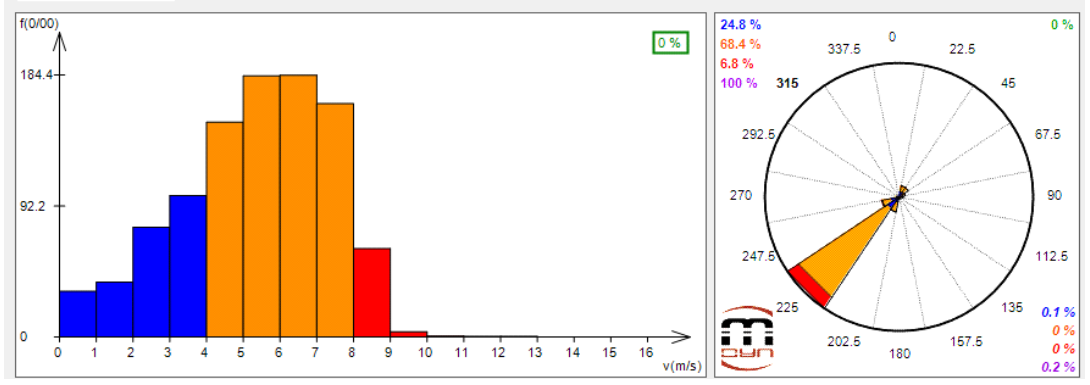
รูปที่ 155 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน กุมภาพันธ์ 2555



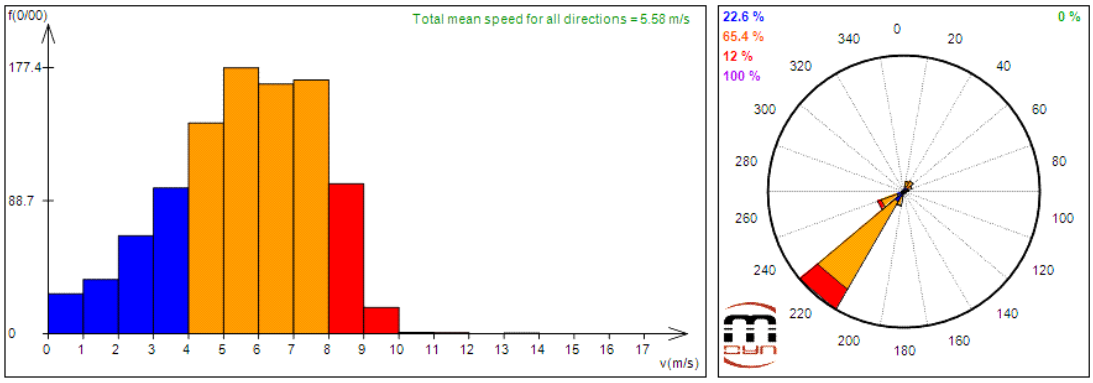
รูปที่ 156 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน มีนาคม 2555



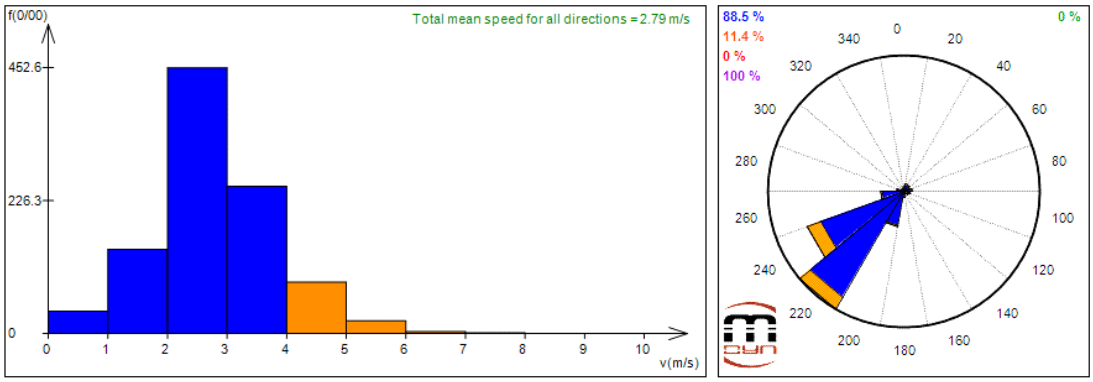
รูปที่ 157 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน มีนาคม 2555



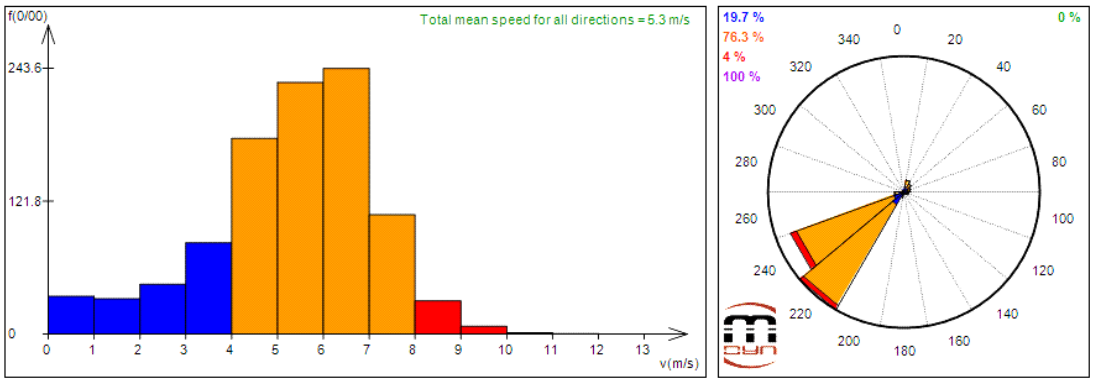
รูปที่ 158 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน มีนาคม 2555



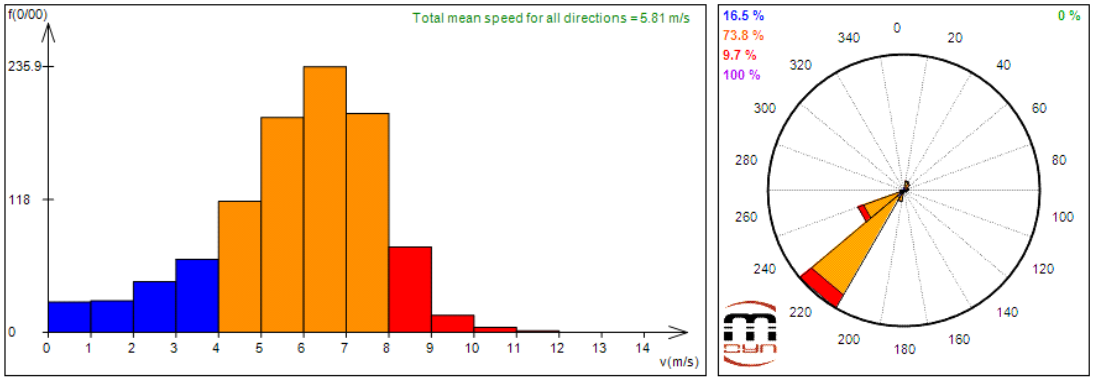
รูปที่ 159 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน มีนาคม 2555



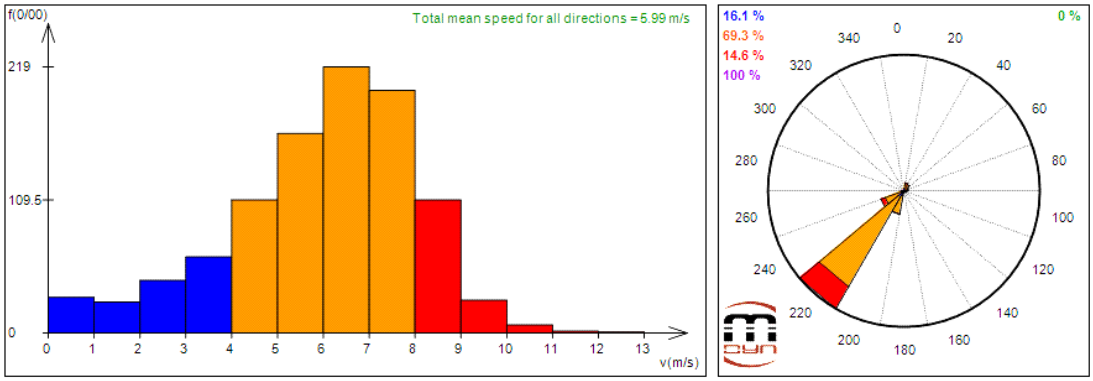
รูปที่ 160 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน เมษายน 2555



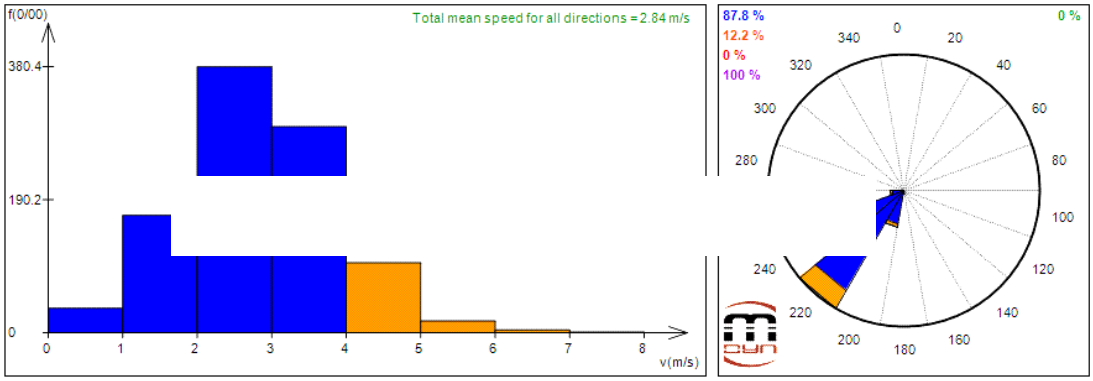
รูปที่ 161 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน เมษายน 2555



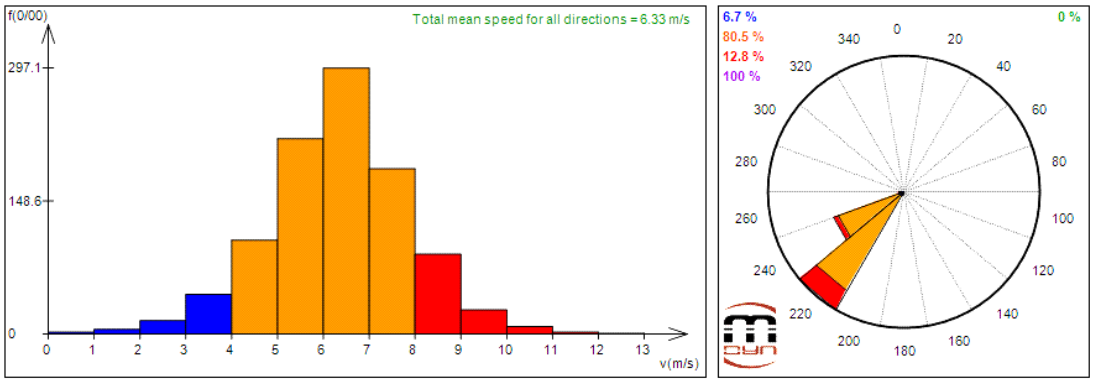
รูปที่ 162 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน เมษายน 2555



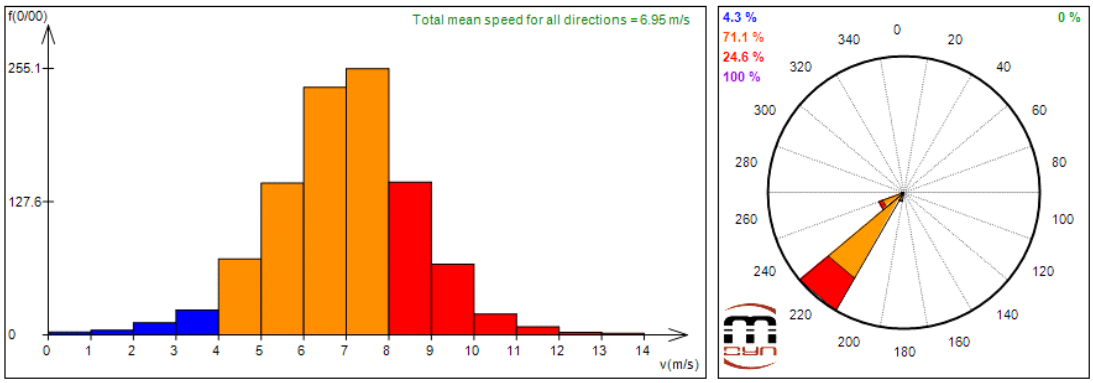
รูปที่ 163 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน เมษายน 2555



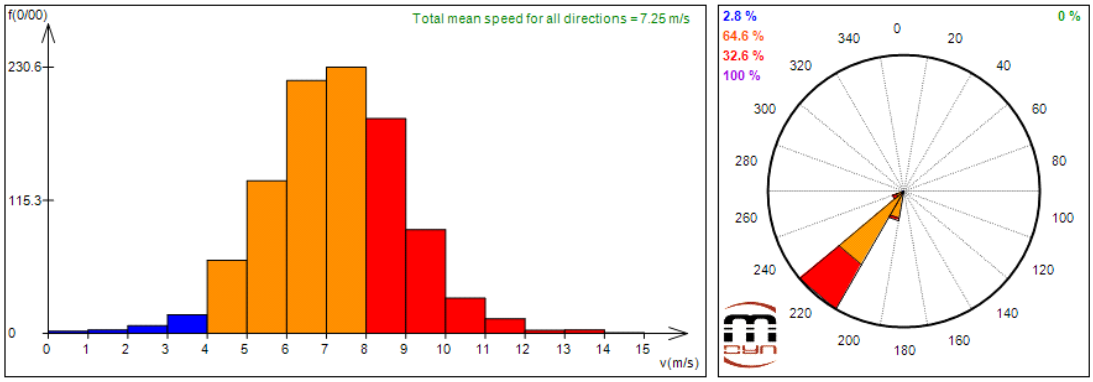
รูปที่ 164 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน พฤษภาคม 2555



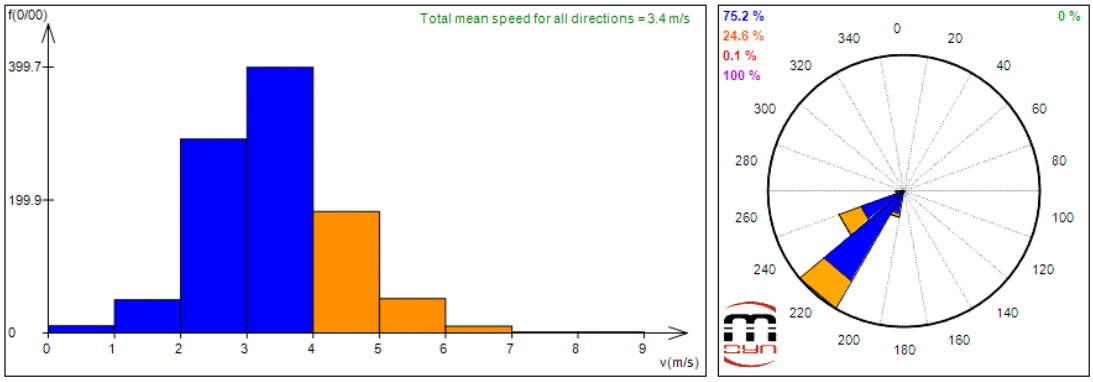
รูปที่ 165 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน พฤษภาคม 2555



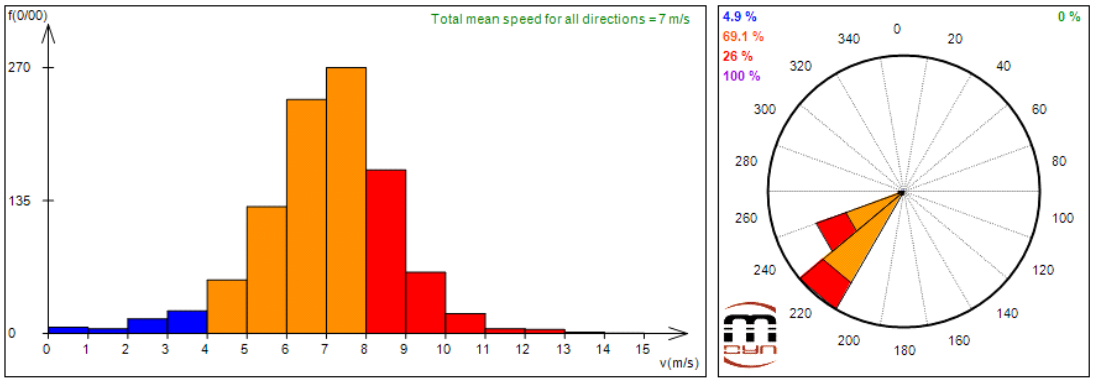
รูปที่ 166 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน พฤษภาคม 2555



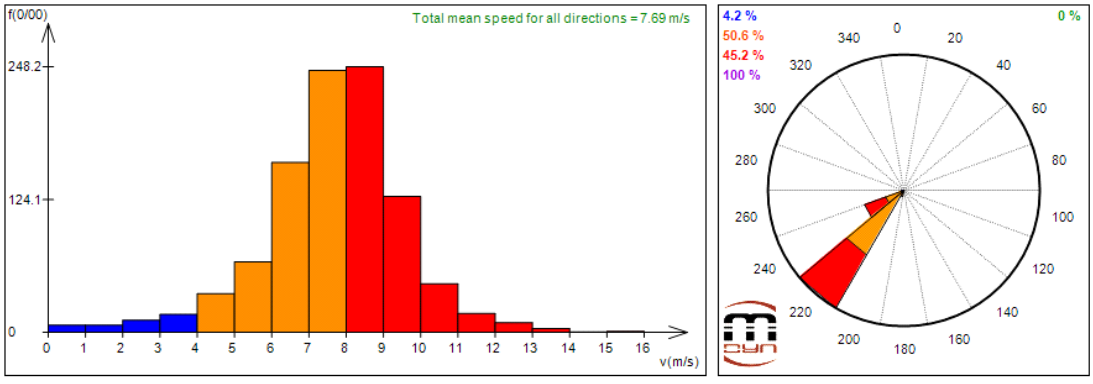
รูปที่ 167 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน พฤษภาคม 2555



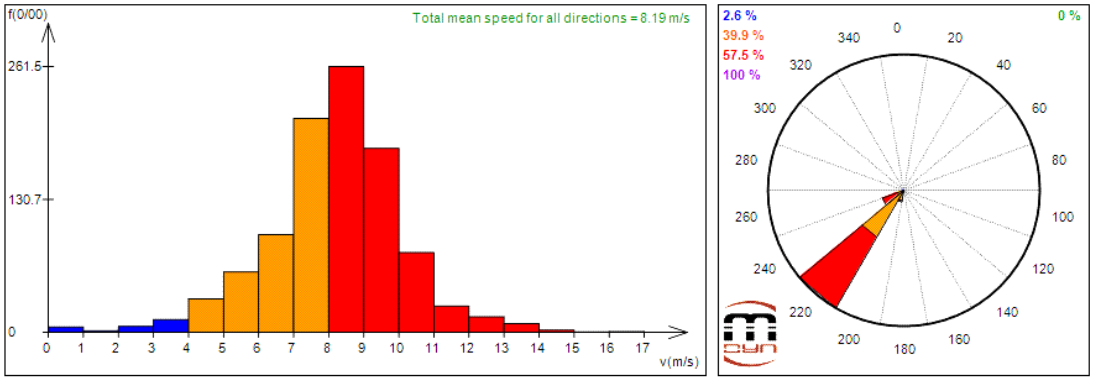
รูปที่ 168 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน มิถุนายน 2555



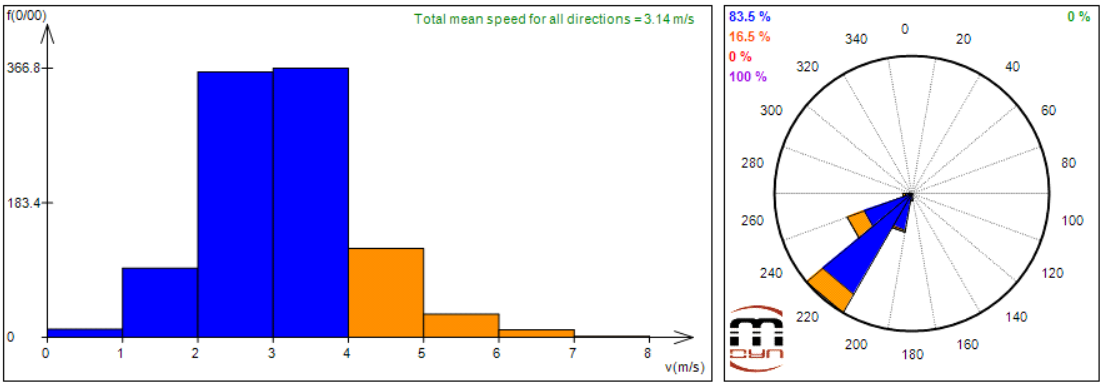
รูปที่ 169 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน มิถุนายน 2555



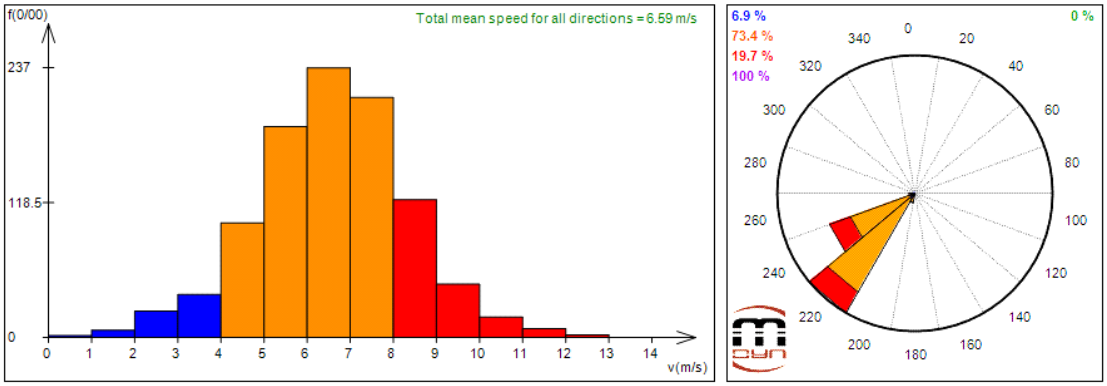
รูปที่ 170 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน มิถุนายน 2555



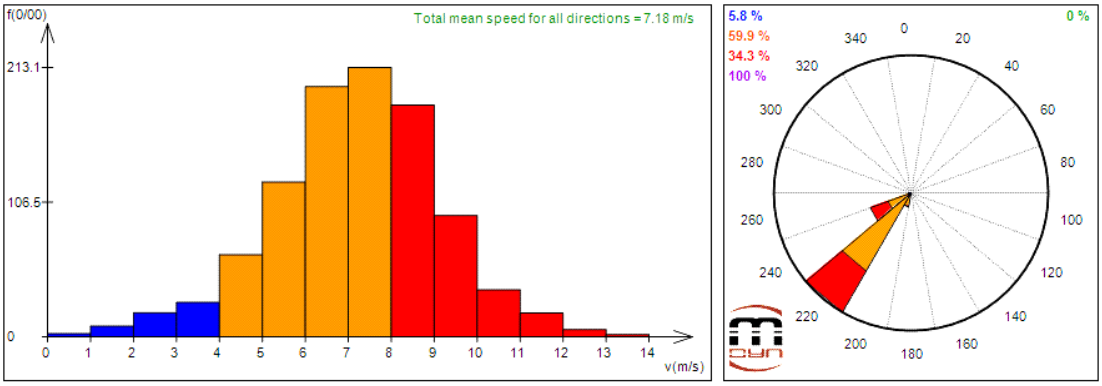
รูปที่ 171 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน มิถุนายน 2555



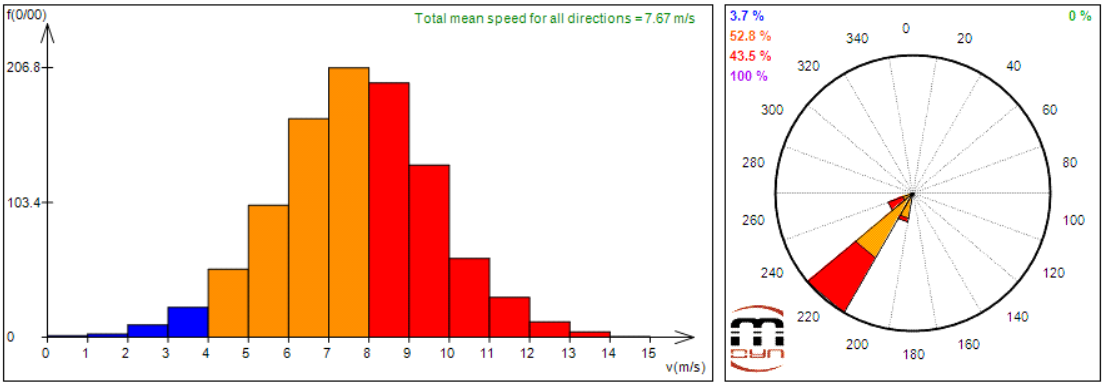
รูปที่ 172 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน กรกฎาคม 2555



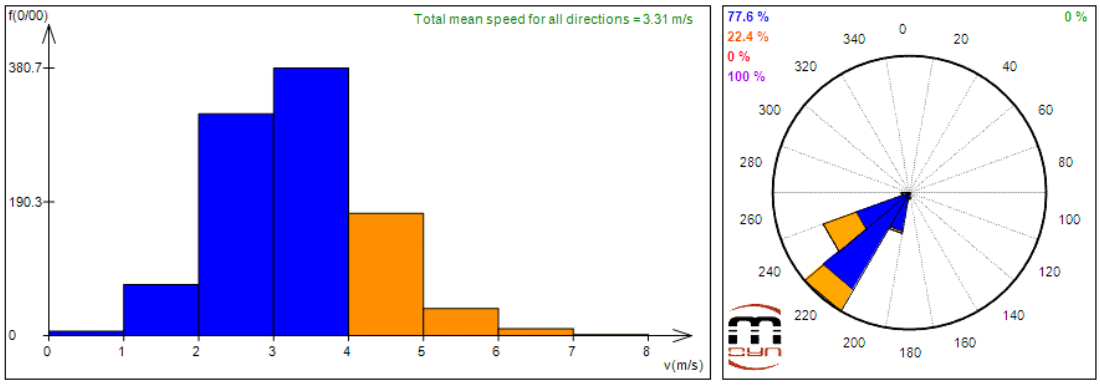
รูปที่ 173 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน กรกฎาคม 2555



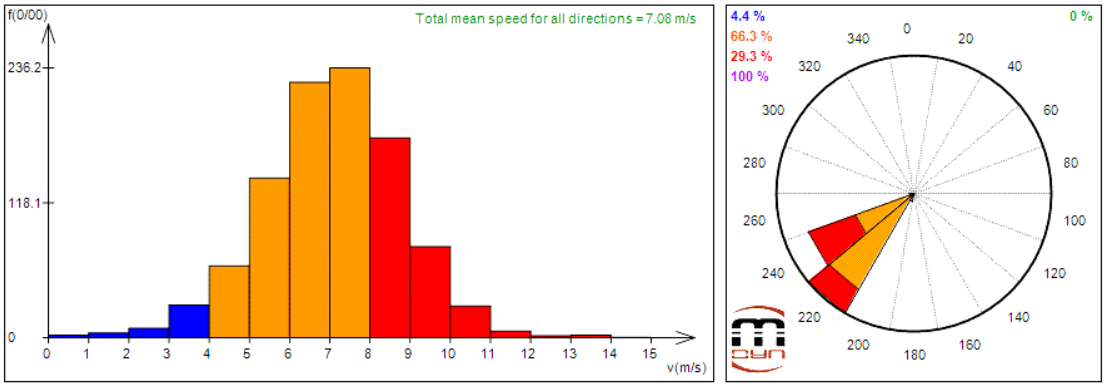
รูปที่ 174 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน กรกฎาคม 2555



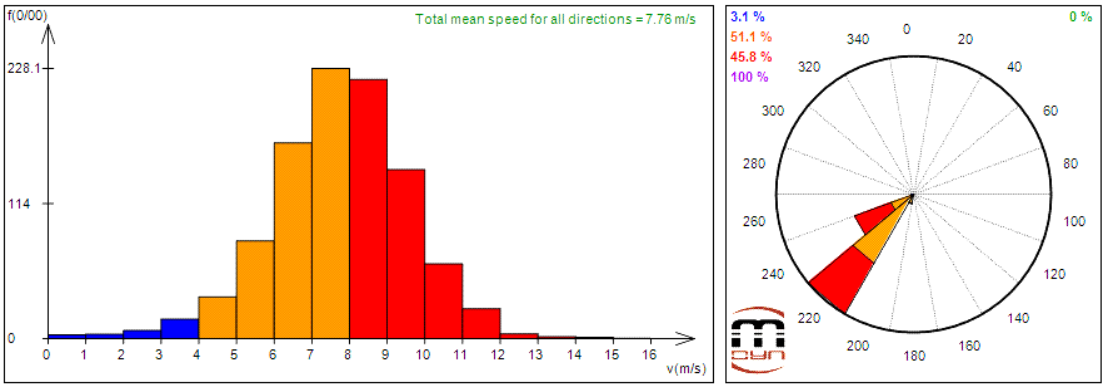
รูปที่ 175 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน กรกฎาคม 2555



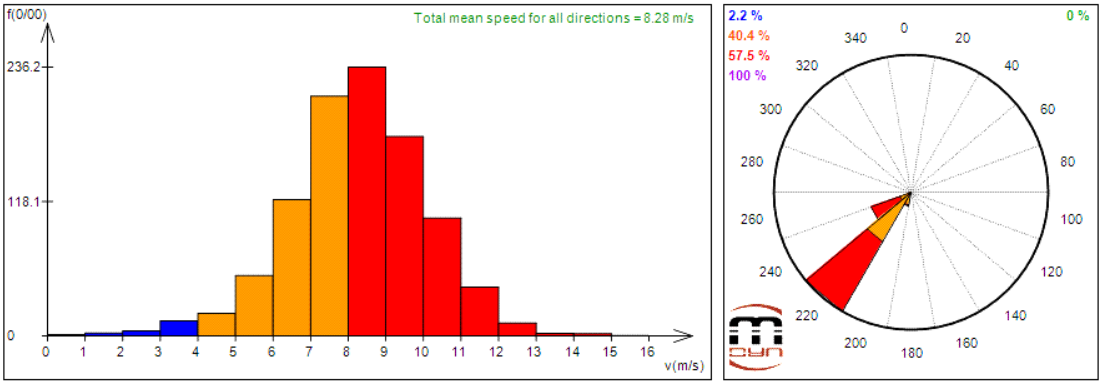
รูปที่ 176 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน สิงหาคม 2555



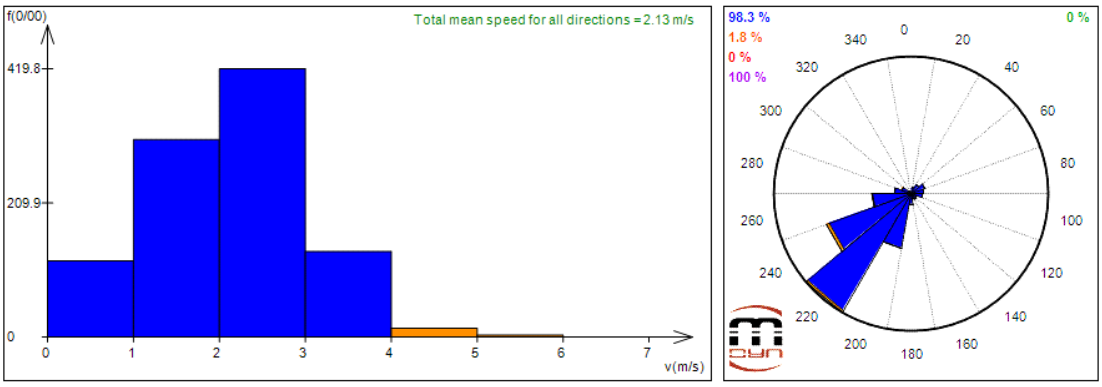
รูปที่ 177 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน สิงหาคม 2555



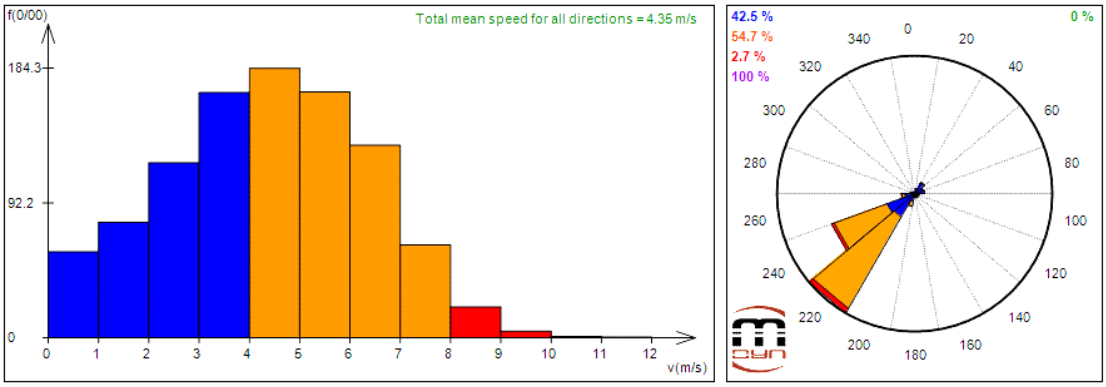
รูปที่ 178 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน สิงหาคม 2555



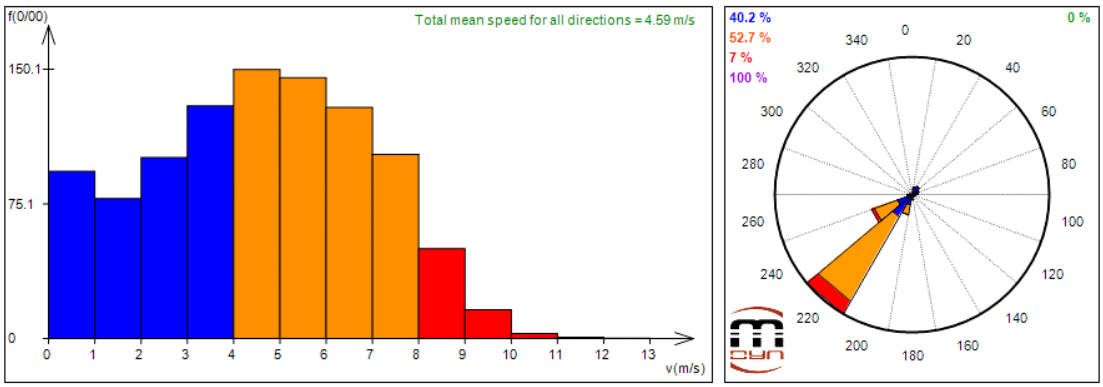
รูปที่ 179 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน สิงหาคม 2555



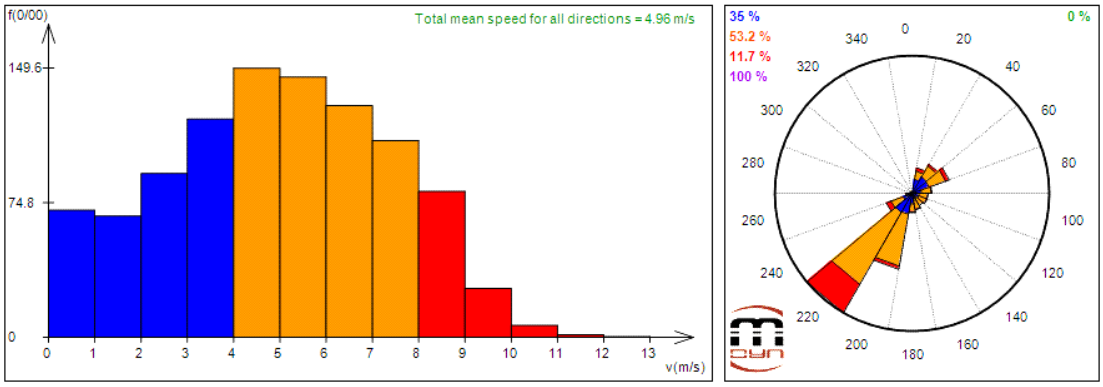
รูปที่ 180 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน กันยายน 2555



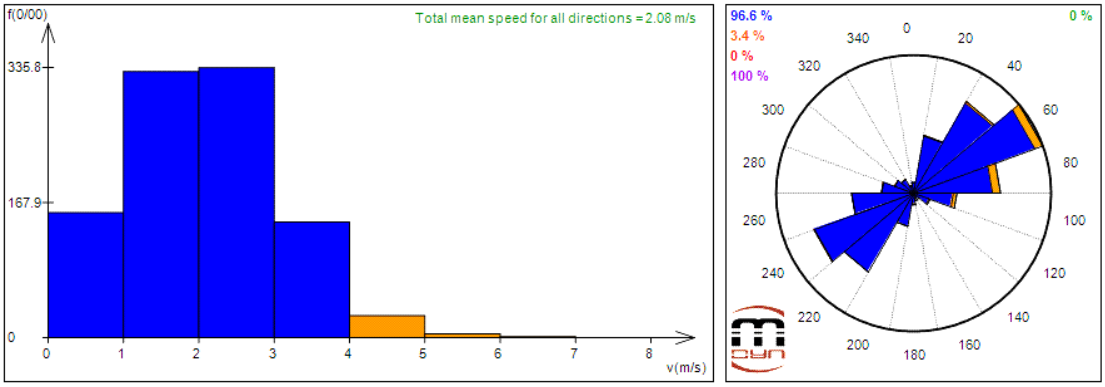
รูปที่ 181 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน กันยายน 2555



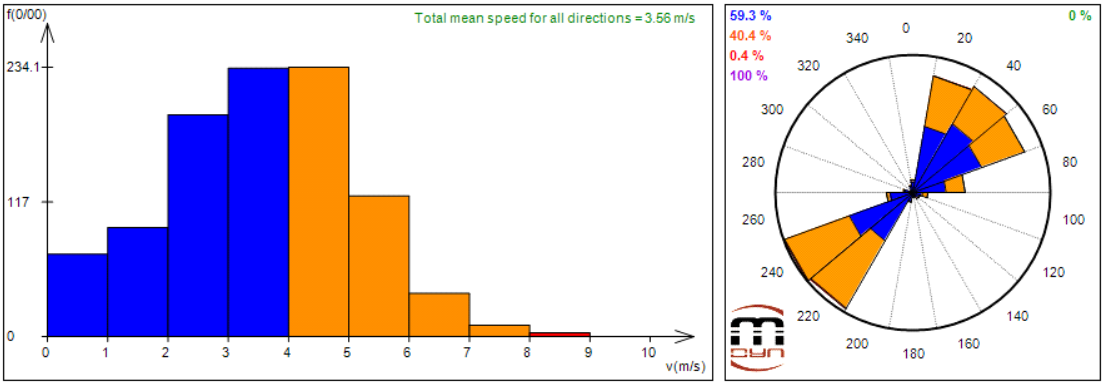
รูปที่ 182 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน กันยายน 2555



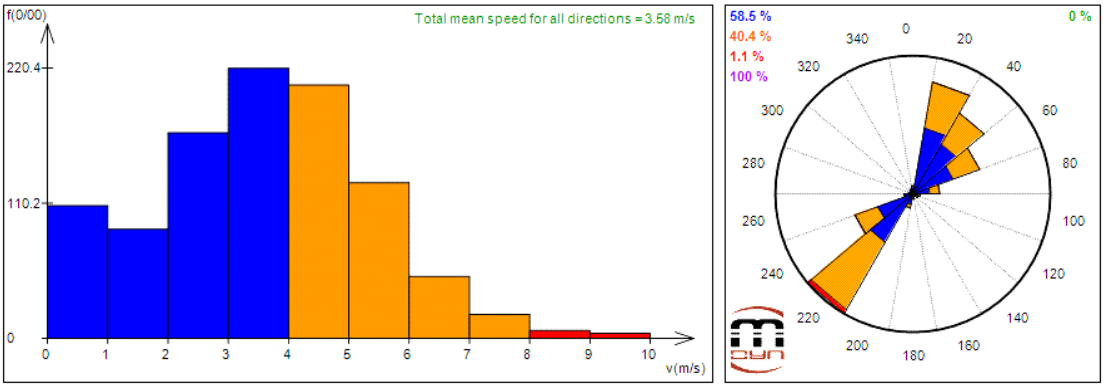
รูปที่ 183 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน กันยายน 2555



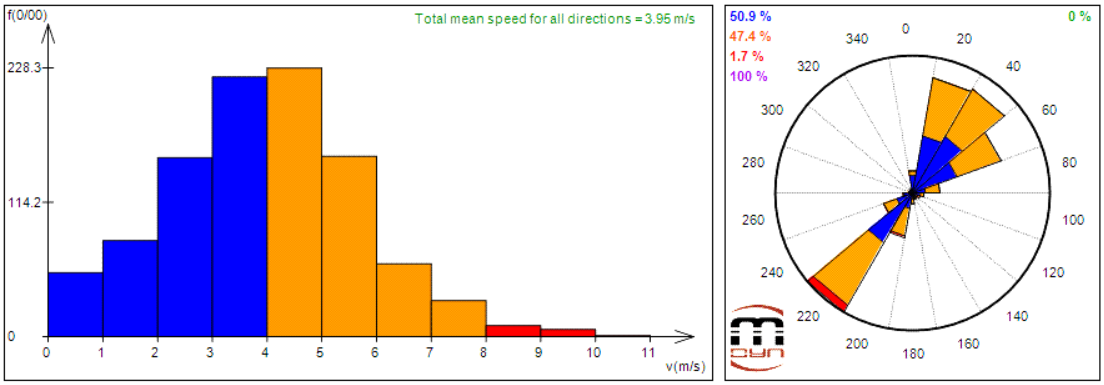
รูปที่ 184 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน ตุลาคม 2555



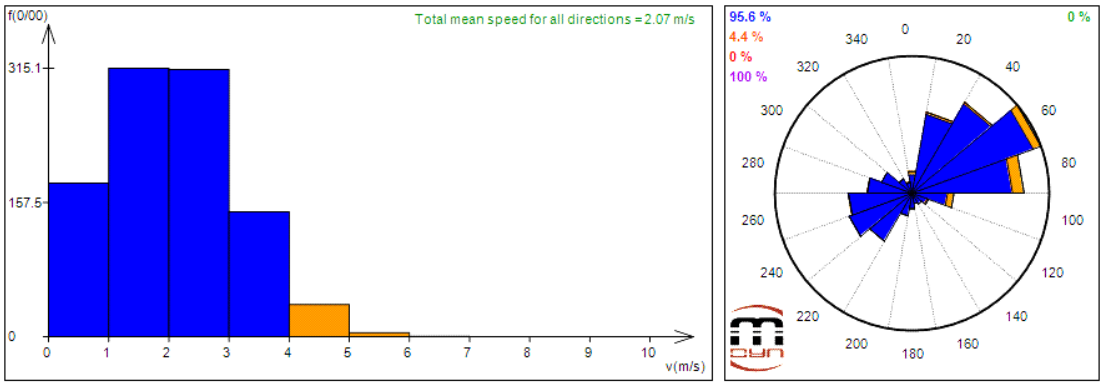
รูปที่ 185 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน ตุลาคม 2555



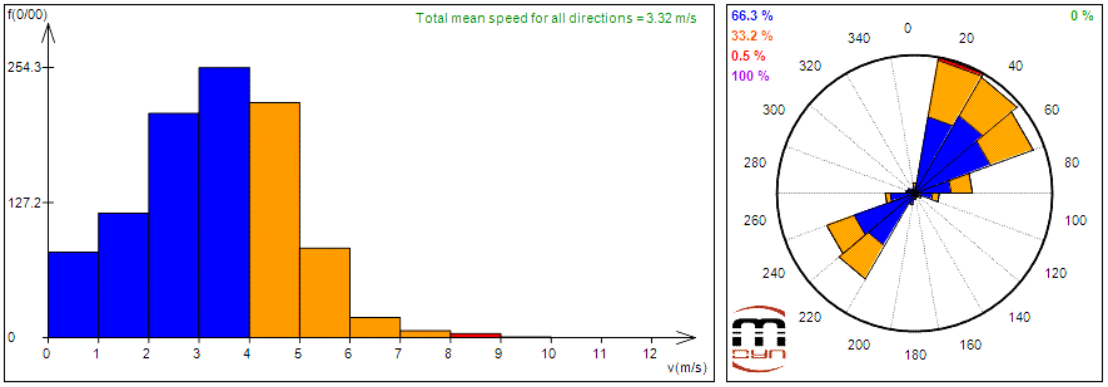
รูปที่ 186 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน ตุลาคม 2555



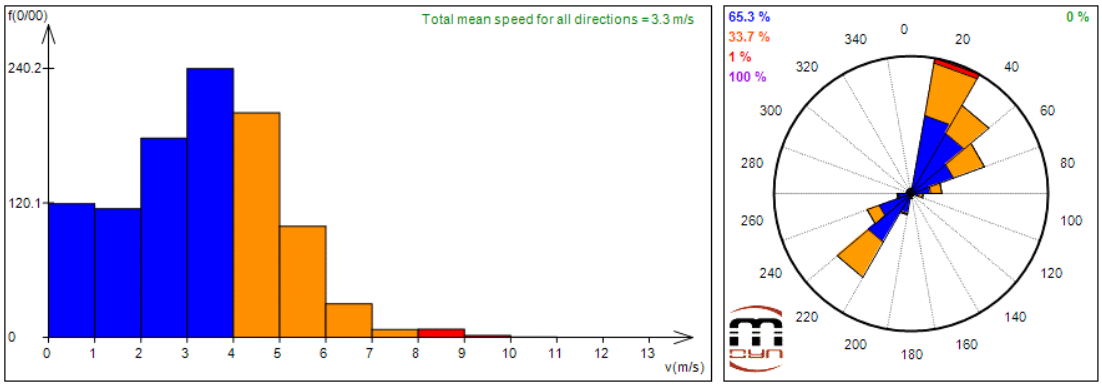
รูปที่ 187 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน ตุลาคม 2555



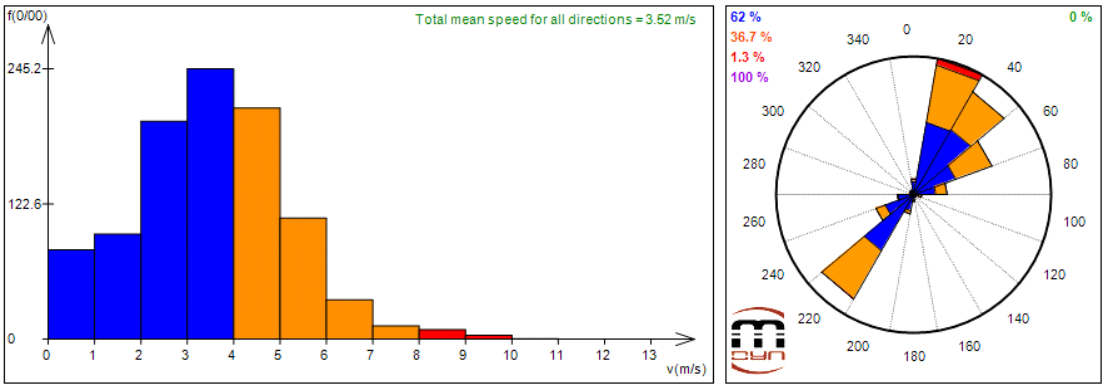
รูปที่ 188 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2555



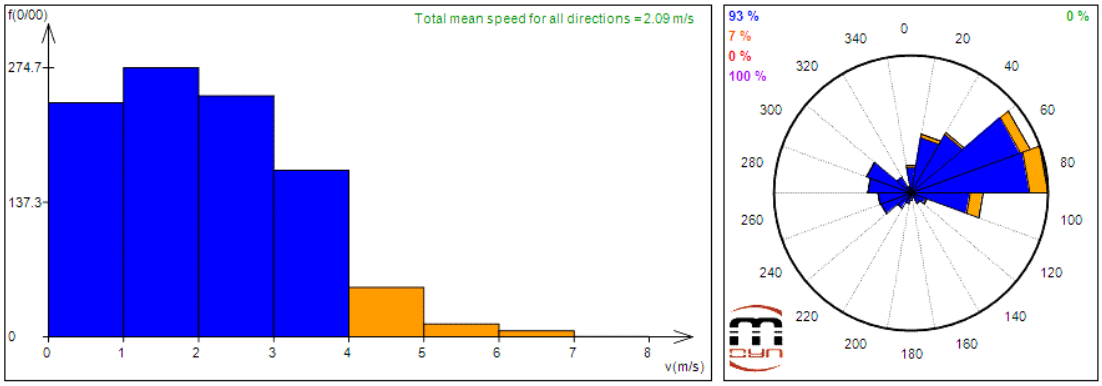
รูปที่ 189 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2555



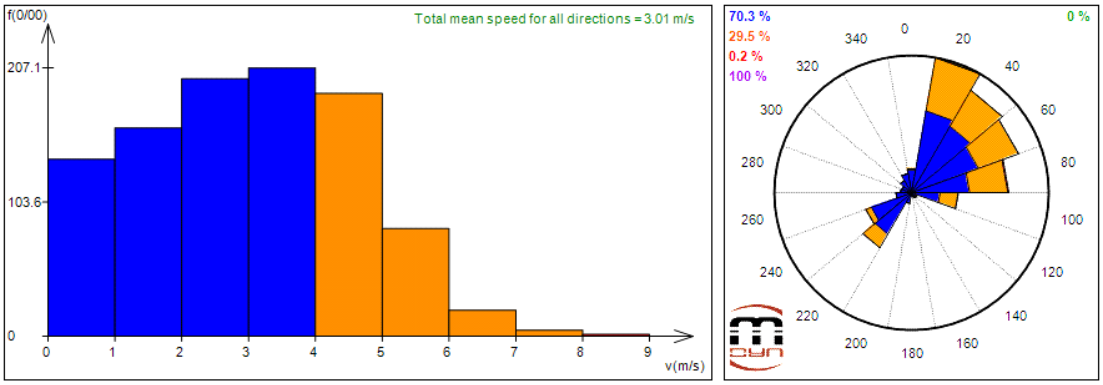
รูปที่ 190 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2555



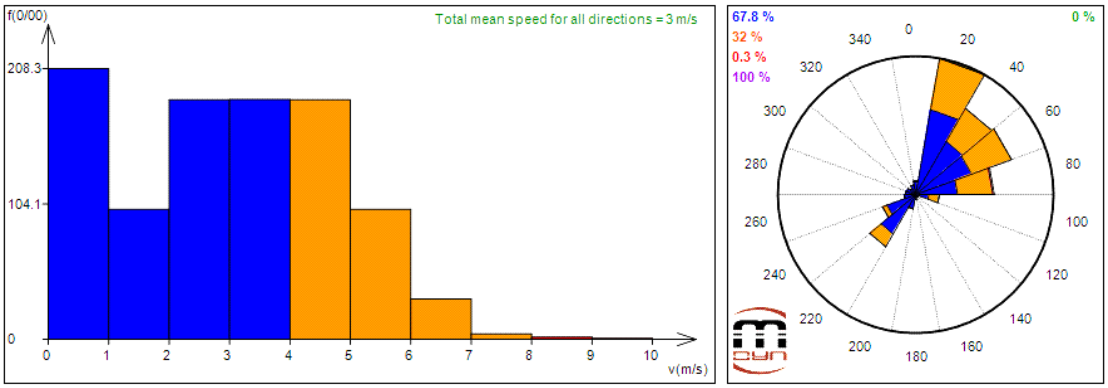
รูปที่ 191 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน พฤศจิกายน 2555



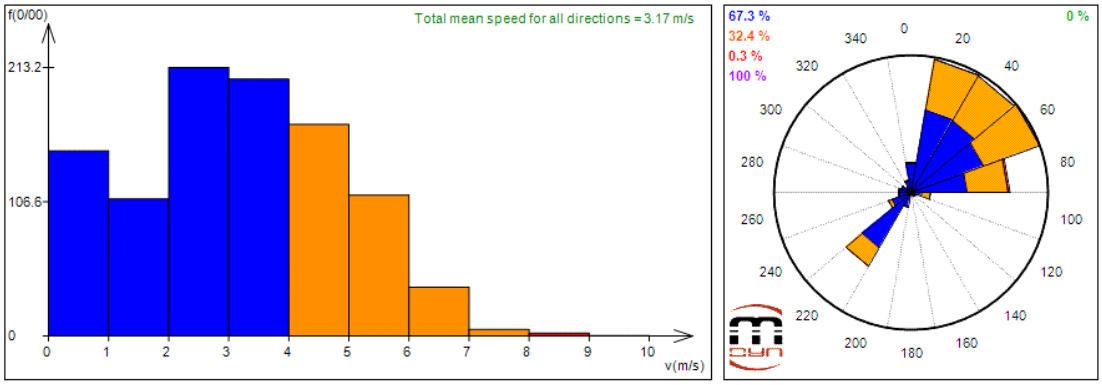
รูปที่ 192 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร เดือน ธันวาคม 2555



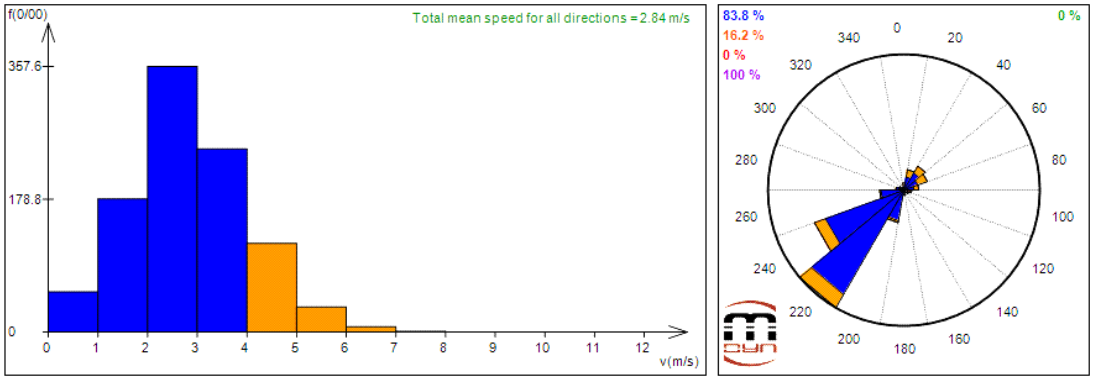
รูปที่ 193 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร เดือน ธันวาคม 2555



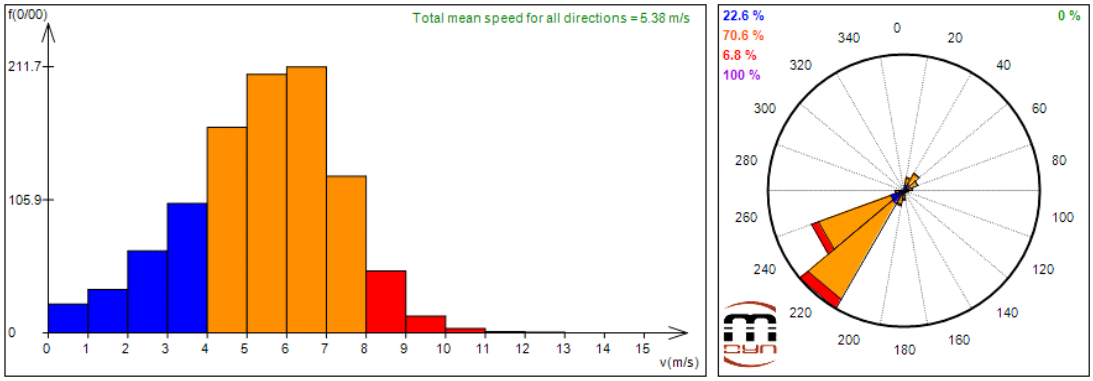
รูปที่ 194 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร เดือน ธันวาคม 2555



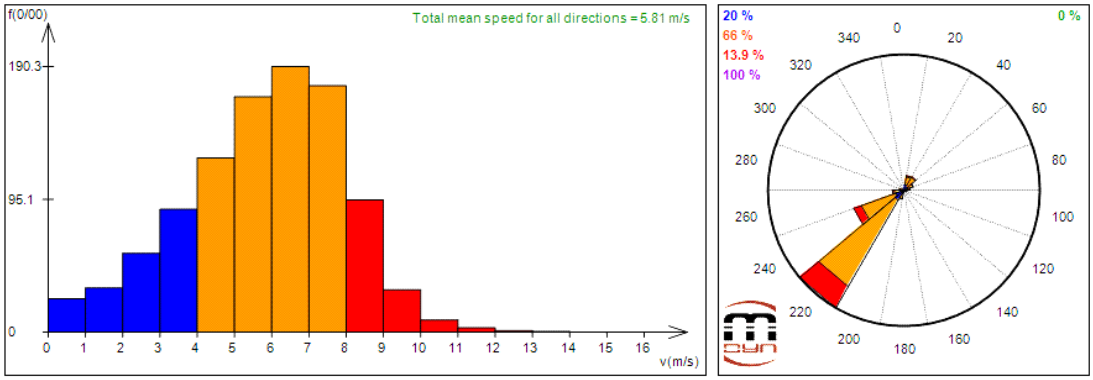
รูปที่ 195 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร เดือน ธันวาคม 2555



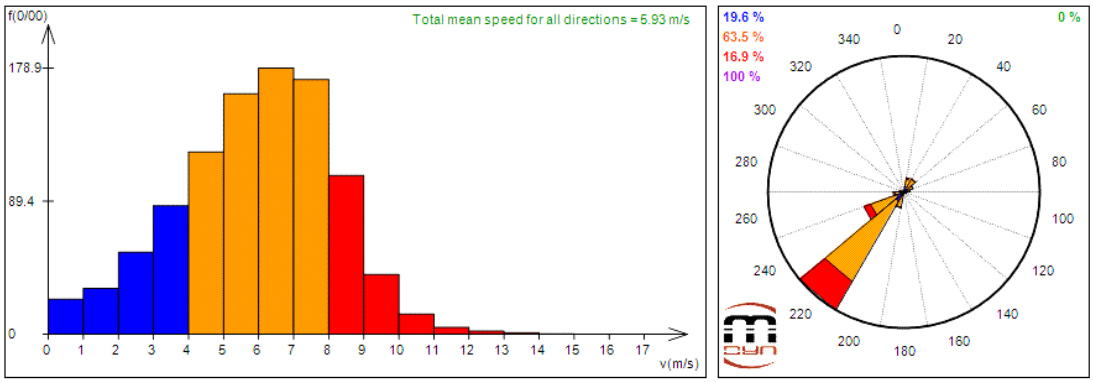
รูปที่ 196 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร



รูปที่ 197 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร



รูปที่ 198 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร



รูปที่ 199 กราฟการกระจายความเร็วลมสำหรับข้อมูลลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร

ตารางที่ 22 สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนมิถุนายน 2554 –มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 10 เมตร ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี

เดือน	ความเร็วลม (m/s)	ทิศทางหลักของลม
มิถุนายน 2554	1.88	เหนือ
กรกฎาคม 2554	1.96	ตะวันตกเฉียงใต้
สิงหาคม 2554	1.51	ตะวันตกเฉียงใต้
กันยายน 2554	1.48	เหนือ
ตุลาคม 2554	1.02	เหนือ
พฤศจิกายน 2554	1.36	เหนือ
ธันวาคม 2554	1.71	ตะวันออกเฉียงเหนือ
มกราคม 2555	1.32	ตะวันออกเฉียงใต้
กุมภาพันธ์ 2555	1.3	ตะวันออกเฉียงใต้
มีนาคม 2555	0.93	เหนือ
เมษายน 2555	1.35	ตะวันออกเฉียงใต้
พฤษภาคม 2555	1.56	ตะวันตกเฉียงใต้
มิถุนายน 2555	2.08	ตะวันตกเฉียงใต้
รวม 13 เดือน	1.6	เหนือ

ตารางที่ 23 สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนมิถุนายน 2554 –มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 65 เมตร ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี

เดือน	ความเร็วลม (m/s)	ทิศทางหลักของลม
มิถุนายน 2554	6.15	เหนือ
กรกฎาคม 2554	5.96	ตะวันตกเฉียงใต้
สิงหาคม 2554	4.59	เหนือ
กันยายน 2554	4.7	เหนือ
ตุลาคม 2554	3.51	เหนือ
พฤศจิกายน 2554	3.96	เหนือ
ธันวาคม 2554	4.86	ตะวันออกเฉียงเหนือ
มกราคม 2555	4.11	ตะวันออกเฉียงเหนือ
กุมภาพันธ์ 2555	4.36	ใต้
มีนาคม 2555	3.29	เหนือ
เมษายน 2555	4.71	ตะวันออกเฉียงใต้
พฤษภาคม 2555	5.34	ตะวันตกเฉียงใต้
มิถุนายน 2555	6.23	ตะวันตกเฉียงใต้
รวม 13 เดือน	4.96	เหนือ

ตารางที่ 24 สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนมิถุนายน 2554 –มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 90 เมตร ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี

เดือน	ความเร็วลม (m/s)	ทิศทางหลักของลม
มิถุนายน 2554	6.46	เหนือ
กรกฎาคม 2554	5.81	ตะวันตกเฉียงใต้
สิงหาคม 2554	4.83	เหนือ
กันยายน 2554	4.91	เหนือ
ตุลาคม 2554	3.74	เหนือ
พฤศจิกายน 2554	4.36	เหนือ
ธันวาคม 2554	5.51	ตะวันออกเฉียงเหนือ
มกราคม 2555	4.39	ตะวันออกเฉียงเหนือ
กุมภาพันธ์ 2555	4.57	ใต้
มีนาคม 2555	3.43	เหนือ
เมษายน 2555	4.97	ตะวันออกเฉียงใต้
พฤษภาคม 2555	5.51	ตะวันตกเฉียงใต้
มิถุนายน 2555	6.36	ตะวันตกเฉียงใต้
รวม 13 เดือน	5.25	เหนือ

ตารางที่ 25 สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนมิถุนายน 2554 –มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 120 เมตร ของสถานีวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี

เดือน	ความเร็วลม (m/s)	ทิศทางหลักของลม
มิถุนายน 2554	6.80	เหนือ
กรกฎาคม 2554	6.00	ตะวันตกเฉียงใต้
สิงหาคม 2554	4.93	เหนือ
กันยายน 2554	5.03	เหนือ
ตุลาคม 2554	3.87	เหนือ
พฤศจิกายน 2554	5.31	เหนือ
ธันวาคม 2554	6.93	ตะวันออกเฉียงเหนือ
มกราคม 2555	4.76	ตะวันออกเฉียงเหนือ
กุมภาพันธ์ 2555	4.96	ตะวันตกเฉียงใต้
มีนาคม 2555	4.64	ตะวันตกเฉียงใต้
เมษายน 2555	5.23	ตะวันตกเฉียงเหนือ
พฤษภาคม 2555	5.68	ตะวันตกเฉียงเหนือ
มิถุนายน 2555	6.48	ตะวันตกเฉียงเหนือ
รวม 13 เดือน	5.53	เหนือ

ตารางที่ 26 สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนธันวาคม 2554 –มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 10 เมตร ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี

เดือน/ระดับความสูง	10 เมตร (m/s)	ทิศทางหลักของลม
ธันวาคม 2554	4.26	ตะวันออกเฉียงเหนือ
มกราคม 2555	2.6	ตะวันออกเฉียงเหนือ
กุมภาพันธ์ 2555	2.55	ตะวันตกเฉียงใต้
มีนาคม 2555	2.42	ตะวันตกเฉียงใต้
เมษายน 2555	2.79	ตะวันตกเฉียงใต้
พฤษภาคม 2555	2.84	ตะวันตกเฉียงใต้
มิถุนายน 2555	3.4	ตะวันตกเฉียงใต้
กรกฎาคม 2555	3.14	ตะวันตกเฉียงใต้
สิงหาคม 2555	3.31	ตะวันตกเฉียงใต้
กันยายน 2555	2.13	ตะวันตกเฉียงใต้
ตุลาคม 2555	2.08	ตะวันออกเฉียงเหนือ
พฤศจิกายน 2555	2.07	ตะวันออกเฉียงเหนือ
ธันวาคม 2555	2.09	ตะวันออกเฉียงเหนือ
รวม 13 เดือน	2.84	ตะวันตกเฉียงใต้

ตารางที่ 27 สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนธันวาคม 2554 –มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 65 เมตร ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี

เดือน/ระดับความสูง	65 เมตร (m/s)	ทิศทางหลักของลม
ธันวาคม 2554	6.38	ตะวันตกเฉียงใต้
มกราคม 2555	4.40	ตะวันตกเฉียงใต้
กุมภาพันธ์ 2555	4.88	ตะวันตกเฉียงใต้
มีนาคม 2555	4.87	ตะวันตกเฉียงใต้
เมษายน 2555	5.30	ตะวันออกเฉียงเหนือ
พฤษภาคม 2555	6.33	ตะวันตกเฉียงใต้
มิถุนายน 2555	7.00	ตะวันตกเฉียงใต้
กรกฎาคม 2555	6.56	ตะวันตกเฉียงใต้
สิงหาคม 2555	7.08	ตะวันตกเฉียงใต้
กันยายน 2555	4.35	ตะวันตกเฉียงใต้
ตุลาคม 2555	3.56	ตะวันออกเฉียงเหนือ
พฤศจิกายน 2555	3.32	ตะวันออกเฉียงเหนือ
ธันวาคม 2555	3.01	ตะวันออกเฉียงเหนือ
รวม 13 เดือน	5.38	ตะวันตกเฉียงใต้

ตารางที่ 28 สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนธันวาคม 2554 –มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 90 เมตร ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี

เดือน/ระดับความสูง	90 เมตร (m/s)	ทิศทางหลักของลม
ธันวาคม 2554	6.61	ตะวันตกเฉียงใต้
มกราคม 2555	4.61	ตะวันตกเฉียงใต้
กุมภาพันธ์ 2555	5.26	ตะวันตกเฉียงใต้
มีนาคม 2555	5.33	ตะวันตกเฉียงใต้
เมษายน 2555	5.81	ตะวันออกเฉียงเหนือ
พฤษภาคม 2555	6.95	ตะวันตกเฉียงใต้
มิถุนายน 2555	7.69	ตะวันตกเฉียงใต้
กรกฎาคม 2555	7.18	ตะวันตกเฉียงใต้
สิงหาคม 2555	7.76	ตะวันตกเฉียงใต้
กันยายน 2555	4.59	ตะวันตกเฉียงใต้
ตุลาคม 2555	3.58	ตะวันออกเฉียงเหนือ
พฤศจิกายน 2555	3.30	ตะวันออกเฉียงเหนือ
ธันวาคม 2555	3.00	ตะวันออกเฉียงเหนือ
รวม 13 เดือน	5.81	ตะวันตกเฉียงใต้

ตารางที่ 29 สรุปความเร็วลมเฉลี่ยทุกๆ 10 นาที ระหว่างเดือนธันวาคม 2554 –มิถุนายน 2555 ที่ระดับความสูง 120 เมตร ของสถานีวัดลมที่ ต.ทับไทร อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี

เดือน/ระดับความสูง	90 เมตร (m/s)	ทิศทางหลักของลม
ธันวาคม 2554	6.94	ตะวันตกเฉียงเหนือ
มกราคม 2555	4.8	ตะวันตกเฉียงใต้
กุมภาพันธ์ 2555	5.48	ตะวันตกเฉียงใต้
มีนาคม 2555	5.58	ตะวันตกเฉียงใต้
เมษายน 2555	5.99	ตะวันออกเฉียงเหนือ
พฤษภาคม 2555	7.25	ตะวันตกเฉียงใต้
มิถุนายน 2555	8.19	ตะวันตกเฉียงใต้
กรกฎาคม 2555	7.67	ตะวันตกเฉียงใต้
สิงหาคม 2555	8.28	ตะวันตกเฉียงใต้
กันยายน 2555	4.96	ตะวันตกเฉียงใต้
ตุลาคม 2555	3.95	ตะวันออกเฉียงเหนือ
พฤศจิกายน 2555	3.52	ตะวันออกเฉียงเหนือ
ธันวาคม 2555	3.17	ตะวันออกเฉียงเหนือ
รวม 13 เดือน	5.93	ตะวันตกเฉียงใต้

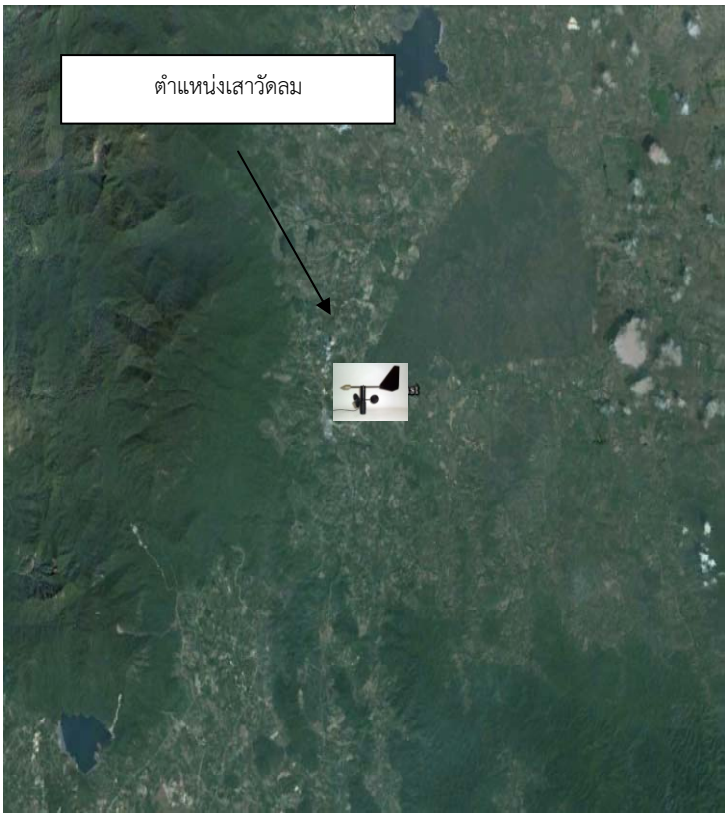
4.3 แผนที่ศักยภาพพลังงานลม

เนื้อหาในหัวข้อนี้แสดงข้อมูลความเร็วและทิศทางลมรวมถึงการนำข้อมูลความเร็วและทิศทางลมไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาแผนที่การกระจายลม และ ตำแหน่งที่มีศักยภาพในการติดตั้งกังหันลม โดยใช้หลักการศึกษาศักยภาพพลังงานลม (micrositing) ข้อมูลความเร็วและทิศทางลมนั้นได้มาสถานีที่ได้ทำการติดตั้งใหม่ซึ่งตั้งอยู่ที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี และ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี สถานีดังกล่าวได้ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดลมที่ระดับความสูง 4 ระดับ คือ 10 เมตร 65 เมตร 90 เมตร และ 120 เมตร รูปที่ 200 แสดงพื้นที่ตำแหน่งเสาวัดลมที่กำหนดพิกัดบน Google Earth จากหัวข้อที่แล้ว เราทราบว่า ตำแหน่งเสาวัดลมที่มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 10 เมตร มีค่าเท่ากับ 1.6 m/s ที่ระดับความสูง 65 เมตร มีค่าเท่ากับ 4.96 m/s ความสูง 90 เมตร มีค่าเท่ากับ 5.25 m/s และ ที่ระดับความสูง 120 เมตรเท่ากับ 5.33 m/s ลมส่วนใหญ่มากจากหลายทิศทาง แต่ ทิศทางลมหลัก คือ ทิศเหนือ และ รูปที่ 201 แสดงตำแหน่งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 10 เมตร มีค่าเท่ากับ 2.84 m/s ที่ระดับความสูง 65 เมตร มีค่าเท่ากับ 5.38 m/s ความสูง 90 เมตร มีค่าเท่ากับ 5.81 m/s และ ที่ระดับความสูง 120 เมตรเท่ากับ 5.93 m/s ลมส่วนใหญ่มากจากหลายทิศทาง แต่ ทิศทางลมหลัก คือ ตะวันตกเฉียงใต้

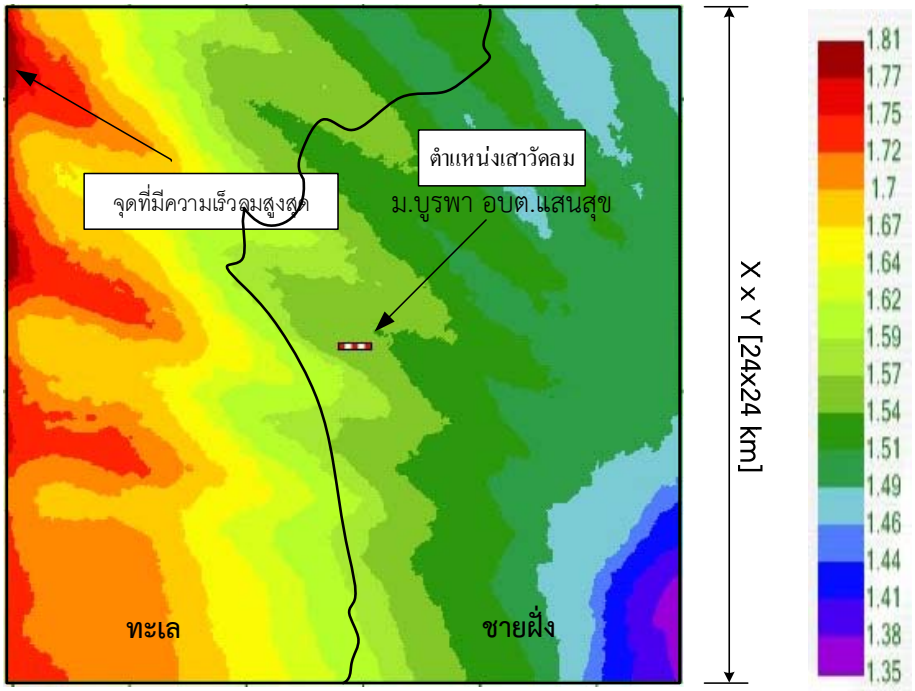
ข้อมูลลมทั้งสี่ระดับความสูงดังกล่าวจะนำมาใช้ในการสร้างแผนที่แสดงการกระจายความเร็วลม และ แผนที่ศักยภาพพลังงานลม โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม Meteodyn รูปที่ 202 ถึง 209 แสดงแผนที่แสดงการกระจายความเร็วลม และ แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ในบริเวณเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี และ รูปที่ 210 ถึง 217 แสดงแผนที่แสดงการกระจายความเร็วลม และ แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ระดับความสูงที่ระดับความสูง 10 เมตร 65 เมตร 90 เมตร และ 120 เมตร ที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร 65 เมตร 90 เมตร และ 120 เมตร

เราจะเห็นได้ว่าแผนที่การกระจายความเร็วลมที่แสดงในหน่วย เมตรต่อวินาที และ แผนที่ศักยภาพพลังงานลมที่อยู่ในหน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร มีแนวโน้มที่เหมือนกันคือ ตำแหน่งที่มีความเร็วลมสูง ก็จะมีศักยภาพพลังงานลมสูงด้วยเช่นกัน กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ศักยภาพพลังงานลมแปรผันตามความเร็วลมด้วยนั่นเอง

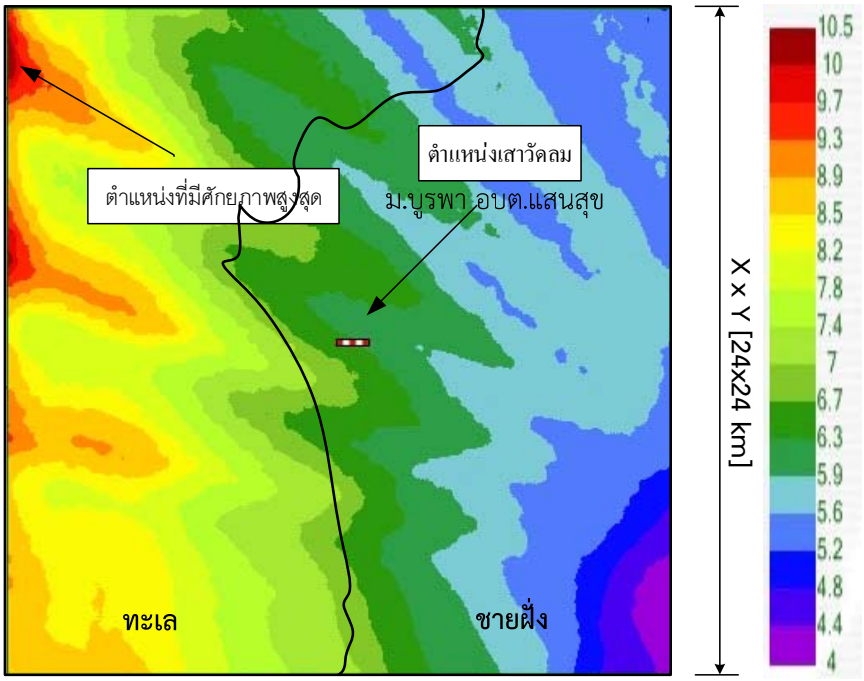
รูปที่ 200 ตำแหน่งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรีใน Google Earth



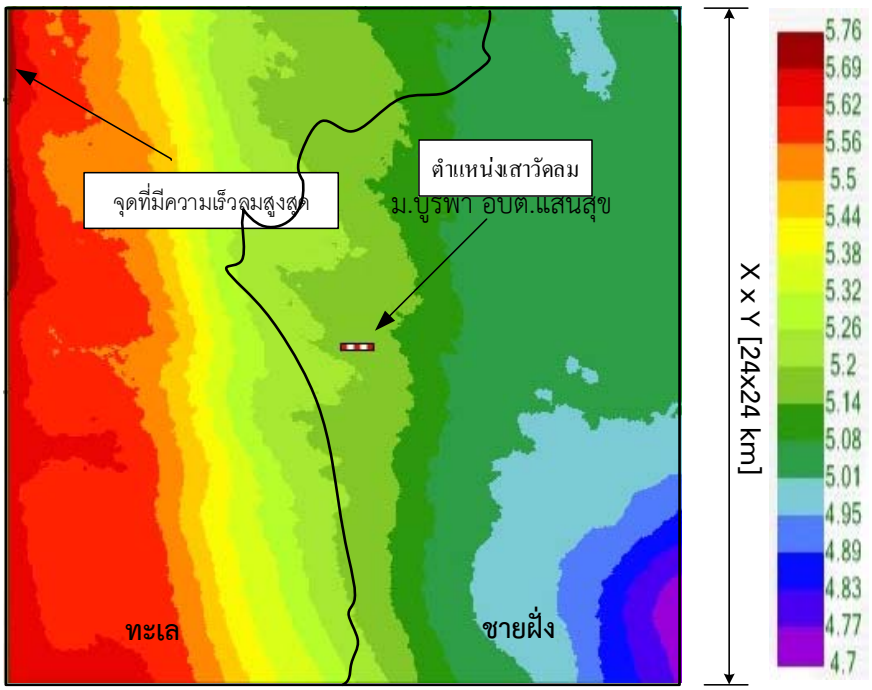
รูปที่ 201 ตำแหน่งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ใน Google Earth



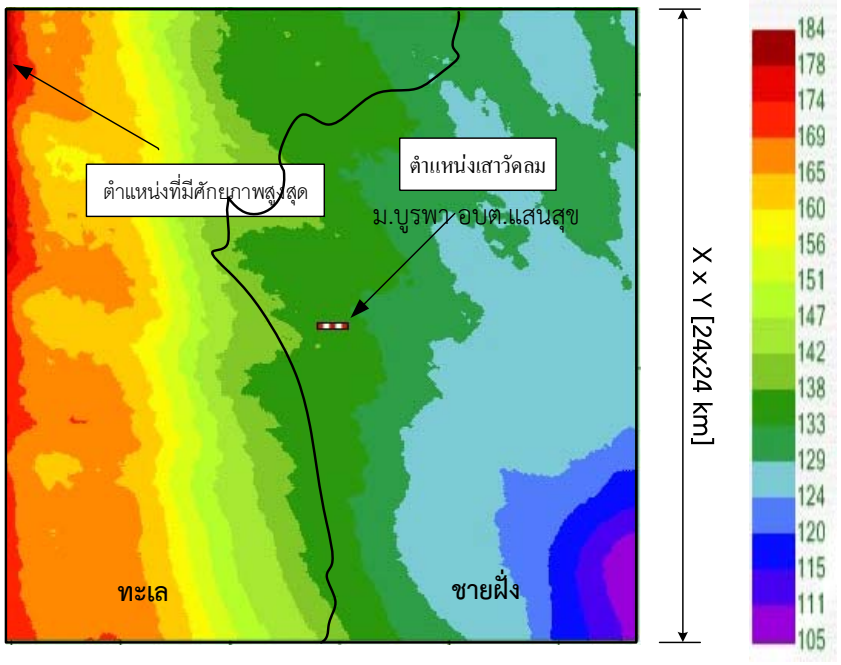
รูปที่ 202 แผนที่การกระจายความเร็วลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร (หน่วย m/s)



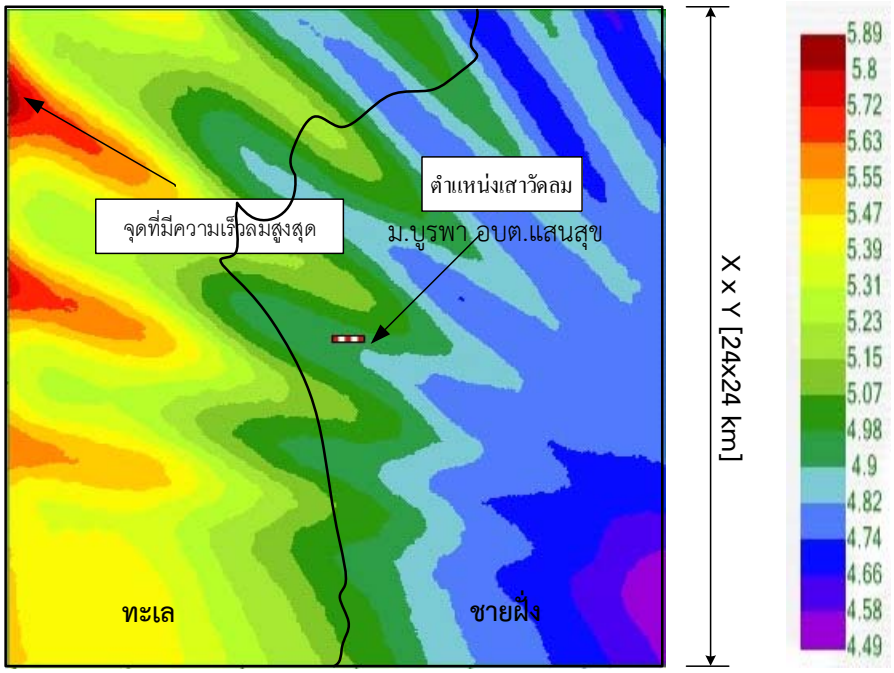
รูปที่ 203 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร หน่วย (W/m^2)



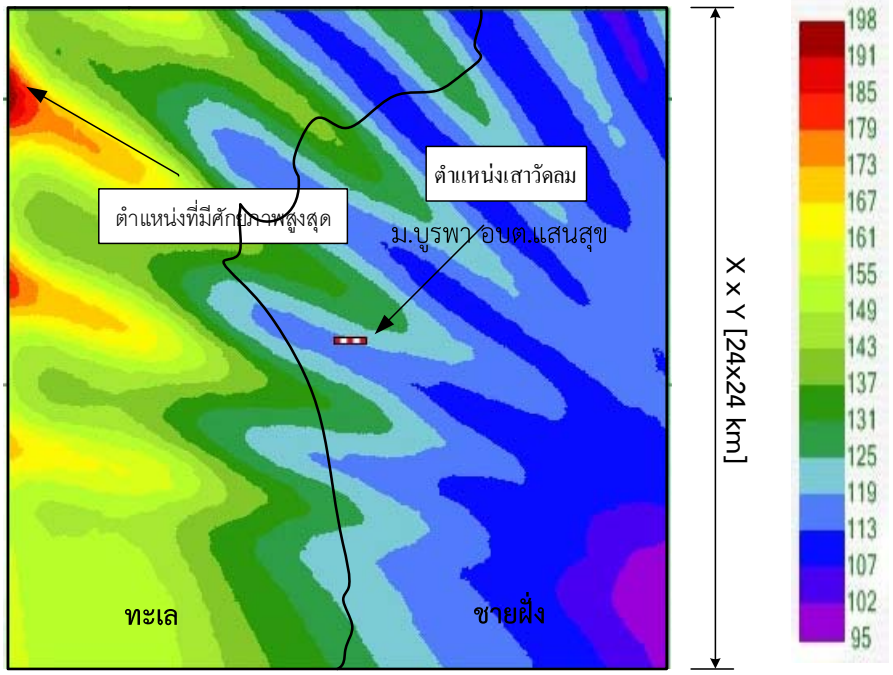
รูปที่ 204 แผนที่การกระจายความเร็วลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร หน่วย (m/s)



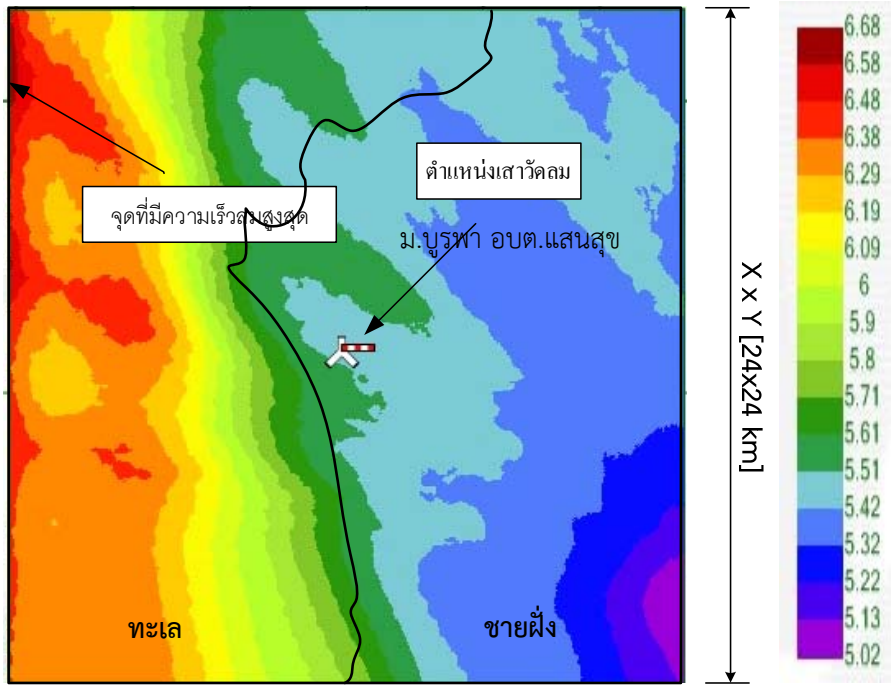
รูปที่ 205 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร หน่วย (W/m^2)



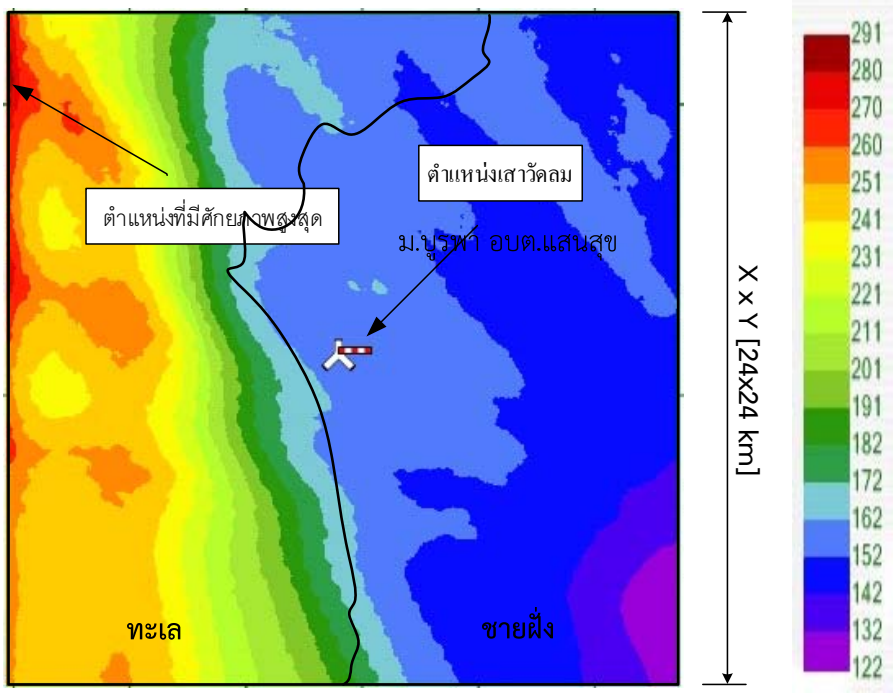
รูปที่ 206 แผนที่การกระจายความเร็วลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร หน่วย (m/s)



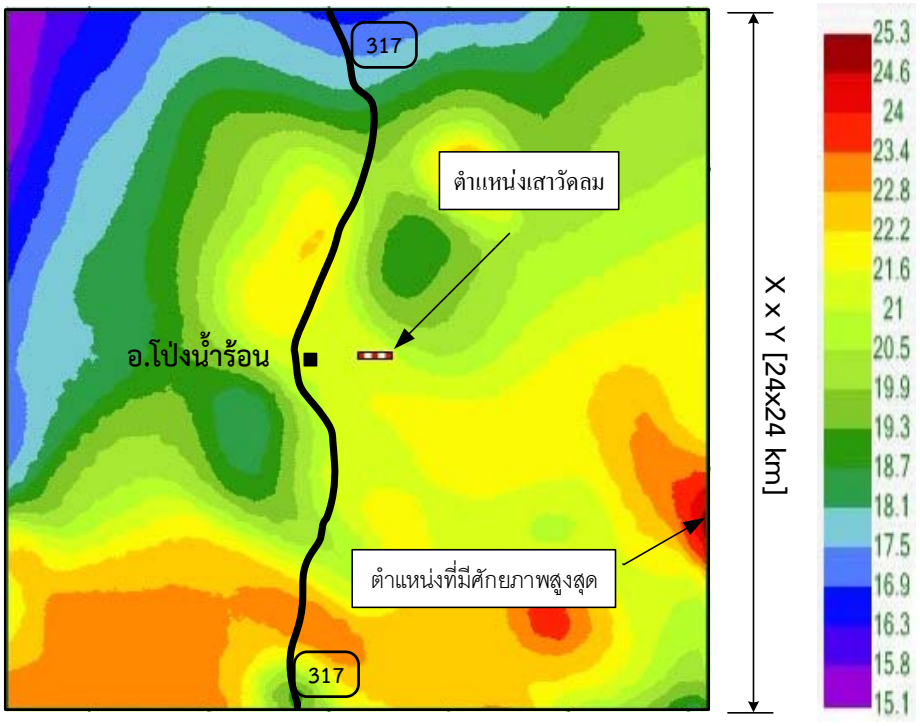
รูปที่ 207 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร หน่วย (W/m^2)



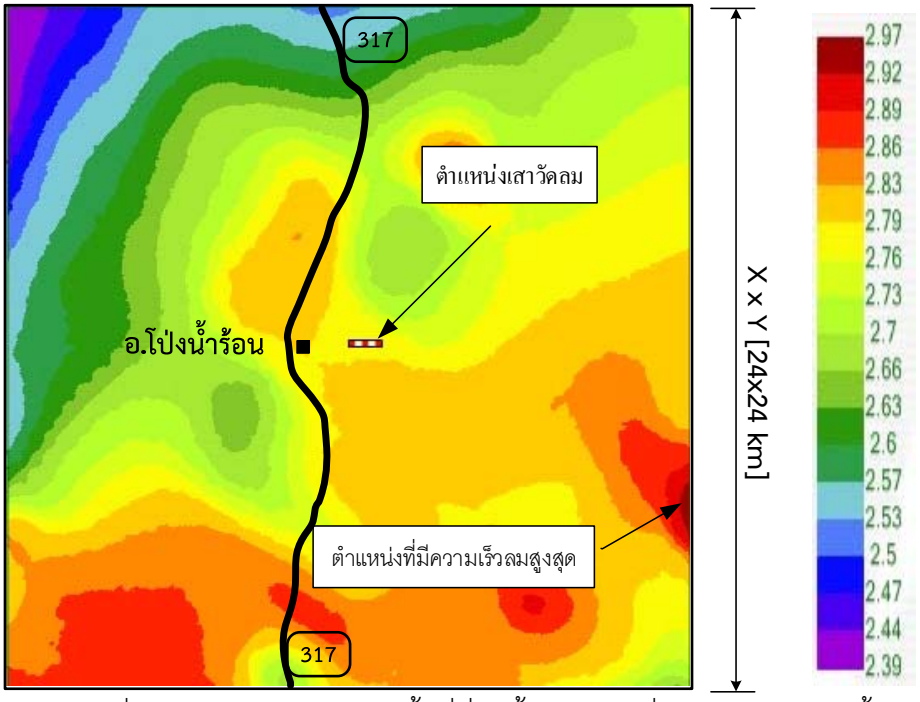
รูปที่ 208 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร หน่วย (m/s)



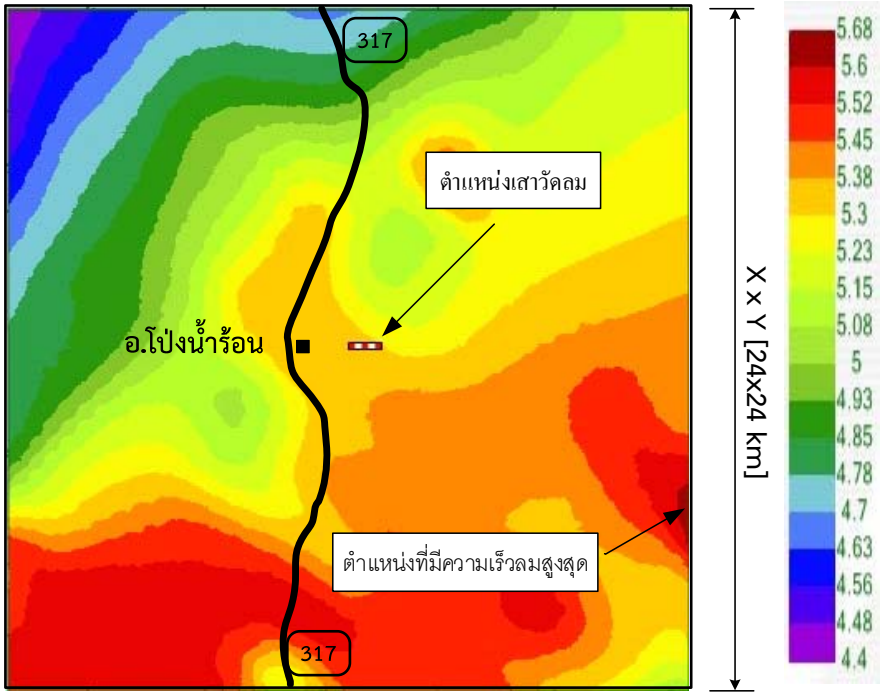
รูปที่ 209 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร หน่วย (W/m^2)



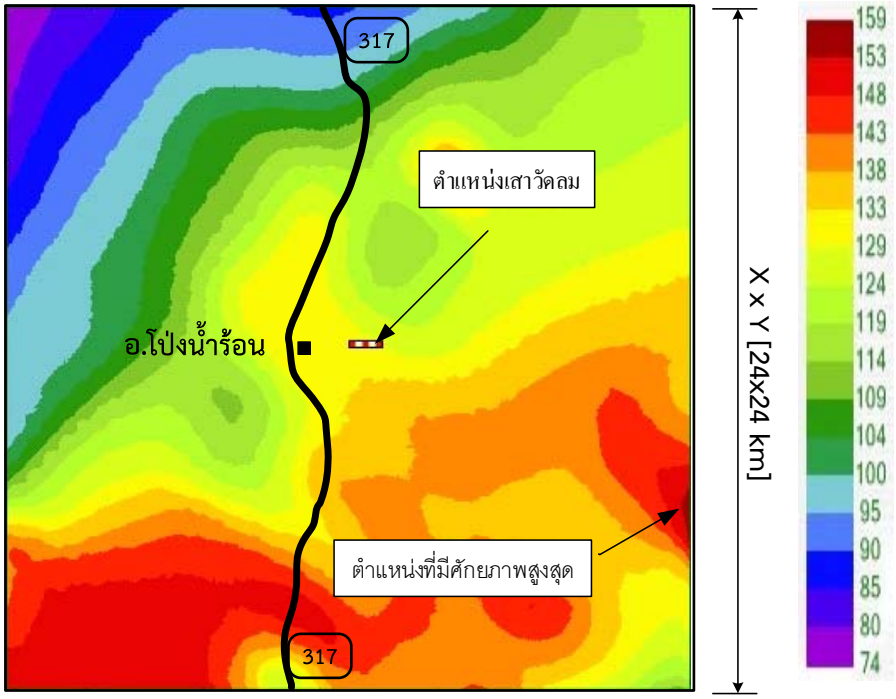
รูปที่ 210 แผนที่การกระจายความเร็วลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร หน่วย (m/s)



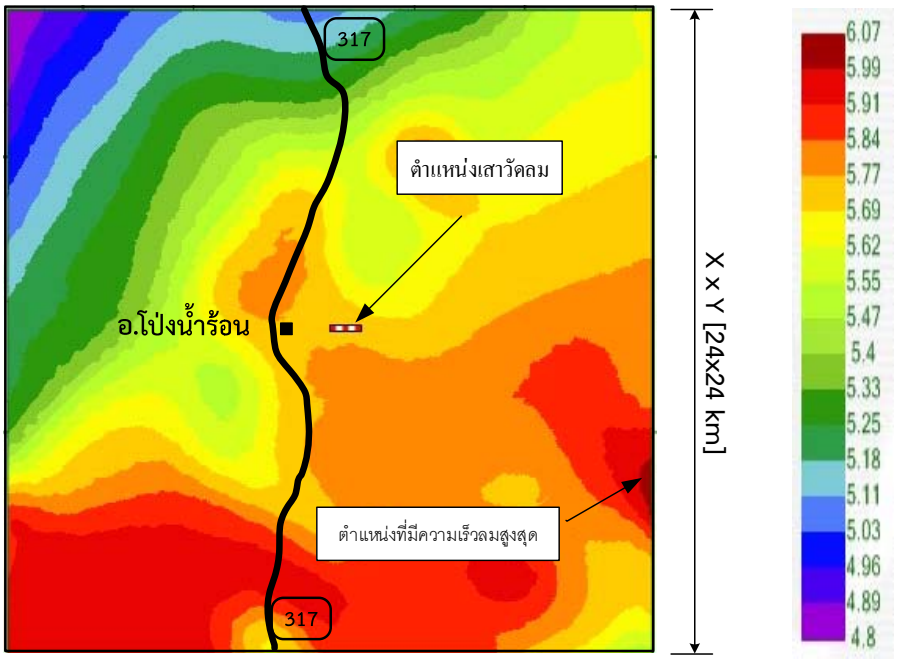
รูปที่ 211 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 10 เมตร หน่วย (W/m^2)



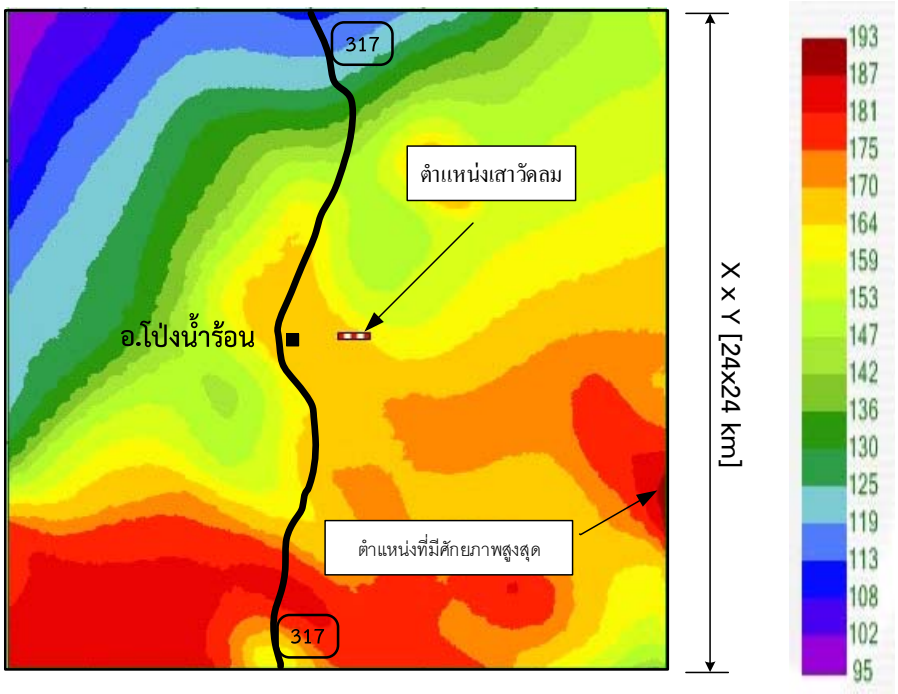
รูปที่ 212 แผนที่การกระจายความเร็วลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร หน่วย (m/s)



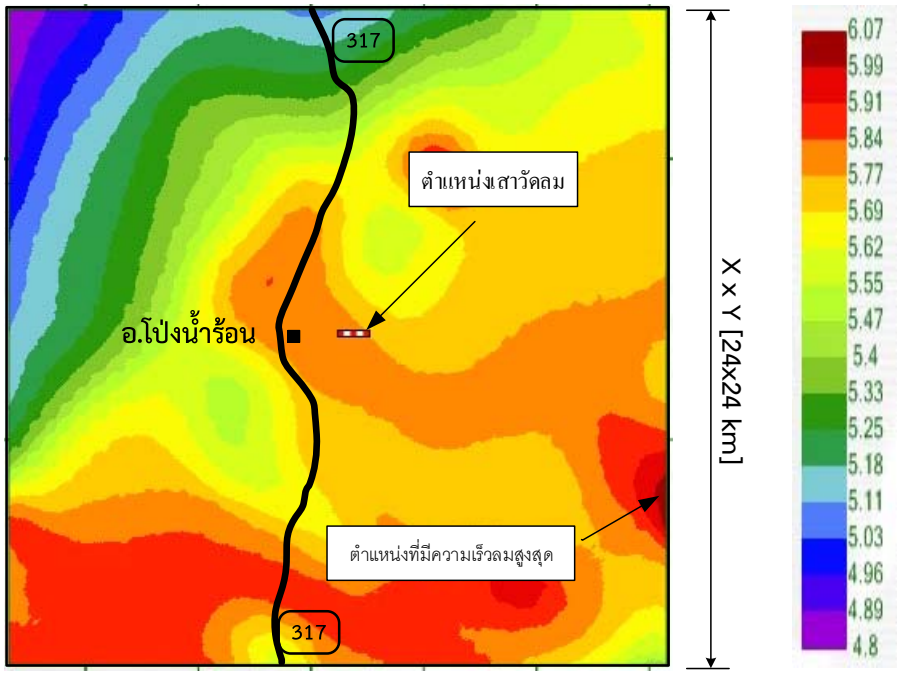
รูปที่ 213 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 65 เมตร หน่วย (W/m^2)



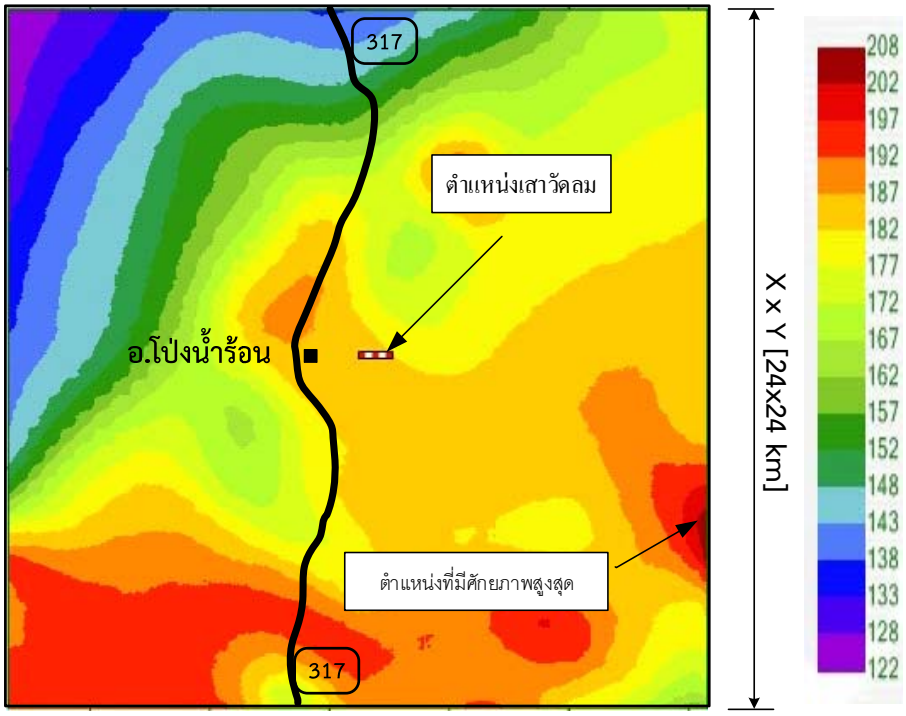
รูปที่ 214 แผนที่การกระจายความเร็วลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร หน่วย (m/s)



รูปที่ 215 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 90 เมตร หน่วย (W/m^2)



รูปที่ 216 แผนที่การกระจายความเร็วลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร หน่วย (m/s)



รูปที่ 217 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่ที่ติดตั้งเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่ระดับความสูง 120 เมตร หน่วย (W/m^2)

จากรูปแผนที่ศักยภาพพลังงานลมที่ระดับความสูงต่างๆ เราพบว่าตำแหน่งพิกัดที่มีศักยภาพพลังงานลมมากที่สุดของพื้นที่บริเวณเสาวัดลม ที่ ม.บูรพา จ.ชลบุรี อยู่ที่พิกัดละติจูด 13°17'42.090" เหนือ และ ลองติจูด 100°54'5.167" ตะวันออก ซึ่งอยู่ในทะเล และ เราพบว่าตำแหน่งพิกัดที่มีศักยภาพพลังงานลมมากที่สุดของพื้นที่บริเวณเสาวัดลม ที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี อยู่ที่พิกัดละติจูด 12°53'42.343" เหนือ และ ลองติจูด 102°19'10.594" ตะวันออก ผลสรุปค่าวัตต์ต่อตารางเมตรของทั้ง 2 พื้นที่แสดงได้ดังตารางที่ และ ตามลำดับ สำหรับค่าวัตต์ต่อตารางเมตรของตำแหน่งเสาวัดลมและตำแหน่งที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงที่สุด เมื่อเราได้แผนที่ศักยภาพพลังงานแล้ว เราก็จะมาวิเคราะห์โดยการติดตั้งกังหันลมเพื่อประเมินค่าพลังงานที่คาดว่าจะผลิตได้ต่อปีของกังหันลมต่อไป สำหรับ พื้นที่พื้นที่บริเวณเสาวัดลม ที่ ม.บูรพา จ.ชลบุรี เราจะวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านการเงินเฉพาะจุดเสาวัดลมเนื่องจากจุดที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงสุดอยู่ในทะเล ขณะที่พื้นที่พื้นที่บริเวณเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี จะวิเคราะห์ทั้ง 2 ตำแหน่ง

ตารางที่ 30 ศักยภาพพลังงานลมที่ระดับความสูง 4 ระดับ ณ ตำแหน่งติดตั้งเสาวัดลมและตำแหน่ง ที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงสุดที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี

ตำแหน่ง	ความสูง 10 m (W/m^2)	ความสูง 65 m (W/m^2)	ความสูง 90 m (W/m^2)	ความสูง 120 m (W/m^2)
เสาวัดลม	6	122	137	155
ศักยภาพสูงสุด	10	182	197	291

ตารางที่ 31 ศักยภาพพลังงานลมที่ระดับความสูง 4 ระดับ ณ ตำแหน่งติดตั้งเสาวัดลมและตำแหน่งที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงสุด ที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี

ตำแหน่ง	ความสูง 10 m (W/m^2)	ความสูง 65 m (W/m^2)	ความสูง 90 m (W/m^2)	ความสูง 120 m (W/m^2)
เสาวัดลม	21	131	165	185
ศักยภาพสูงสุด	25	156	192	207

4.4 การประเมินความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของพื้นที่

การวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าพลังงานที่สามารถผลิตได้ใน 1 ปี หรือ Annual Energy Production (AEP) นั้นสามารถทำได้โดยการพิจารณากราฟกำลังไฟฟ้า (Power Curve) ของกังหันลม และ ข้อมูลความเร็วลมของแต่ละพื้นที่ การคำนวณนี้ใช้โปรแกรม Meteodyn ในการคำนวณหา AEP กังหันลมที่เลือกใช้ในการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 32 ที่มีขนาดตั้งแต่ 2 MW จนถึง 5 MW ข้อมูลของกังหันลมทั้ง 5 ประเภทแสดงได้ดังรูปที่ 218 ถึง รูปที่ 222 ค่าใช้จ่ายสำหรับตัวกังหันลมแต่ละประเภทนั้นแสดงดังตารางที่ 33 ขณะที่ค่าจ่ายด้านอื่นๆได้จากการประมาณการจากข้อมูลที่แสดงในรูปที่ 223 ซึ่งแสดงค่าใช้จ่ายสำหรับโครงการก่อสร้างกังหันลมในส่วนต่างๆ

ตารางที่ 32 ข้อมูลสรุปของกังหันลมที่ใช้ในการศึกษาศักยภาพพลังงานลม

กังหันลม	Rated Power (MW)	Cut-in Speed (เมตรต่อวินาที)	Rated Speed (เมตรต่อวินาที)	Cut-out Speed (เมตรต่อวินาที)	Hub Height (เมตร)
XE103-2000	2	3	10	22	103
W2000-105-70	2	3	12.5	20	70
Shinovel	3	3	13	25	105
UP100	3	4	12	25	90
W5000-132-100	5	3	16	25	100

กังหันลม XE103-2000 ขนาด 2 MW

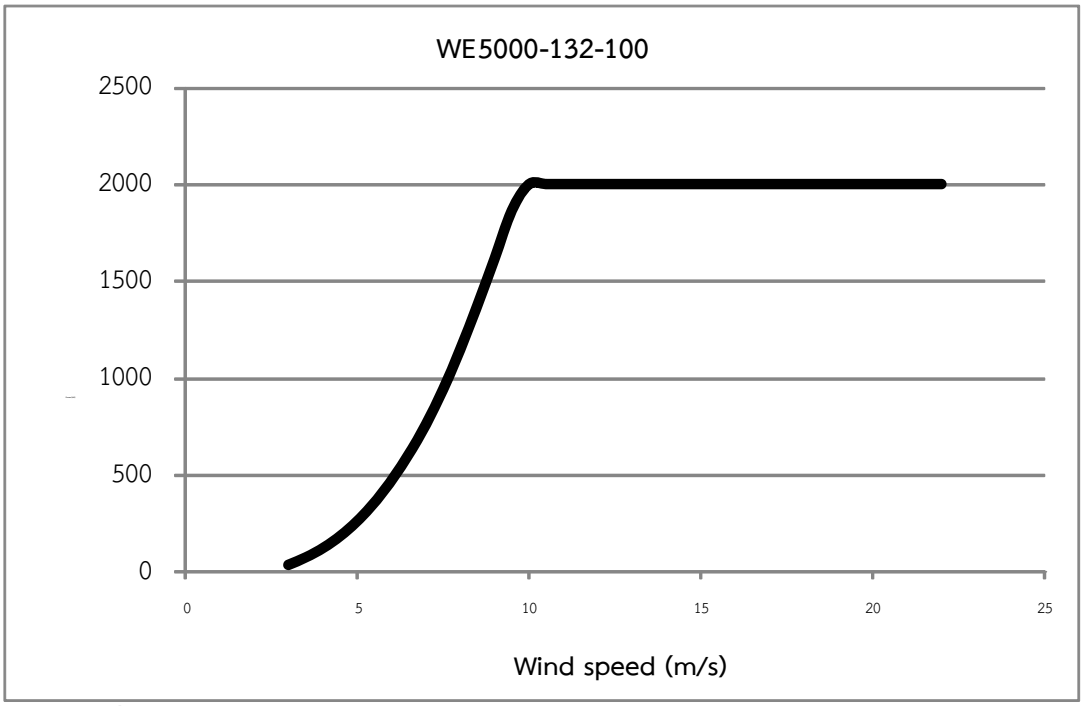
OPERATIONAL DATA

Rated electrical power	2,000	kW
Cut-in wind speed	3	m/s
Rated wind speed	10	m/s
Cut-out wind speed	22	m/s

PHYSICAL DATA

Turbine

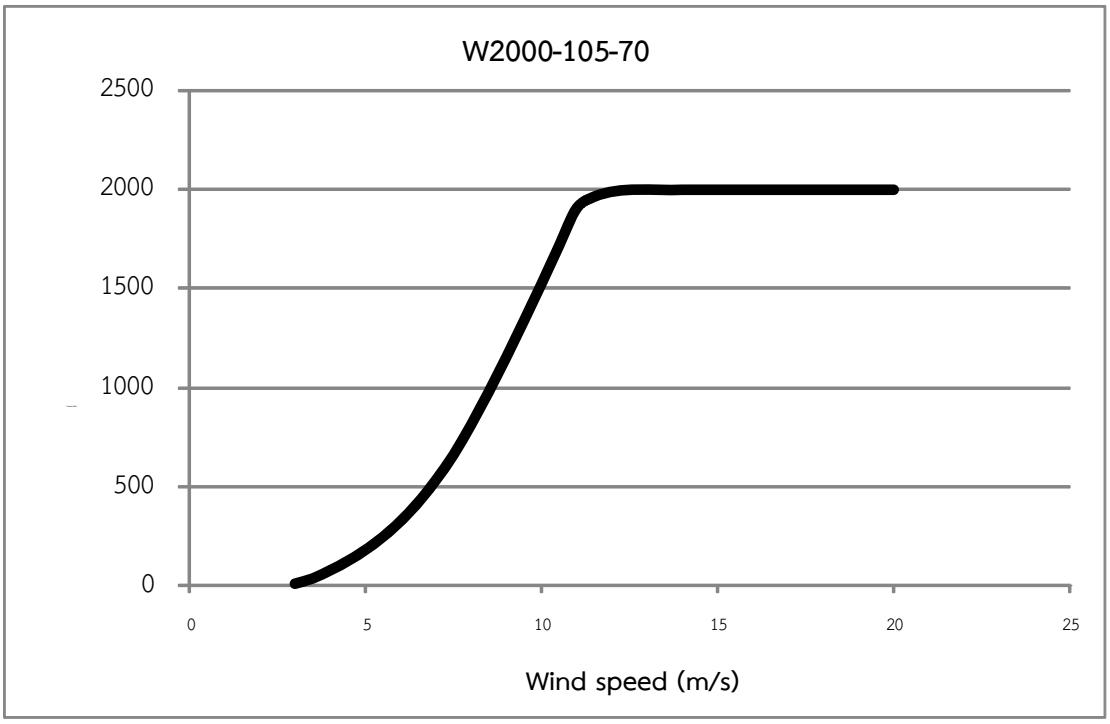
Type	Horizontal axis	
Hub height	103	m
Number of blades	3	



รูปที่ 218 กราฟความเร็วลมและกำลังไฟฟ้าของกังหันลม XE103-2000 ขนาด 2 MW

กังหันลม W2000-105-70 ขนาด 2 MW

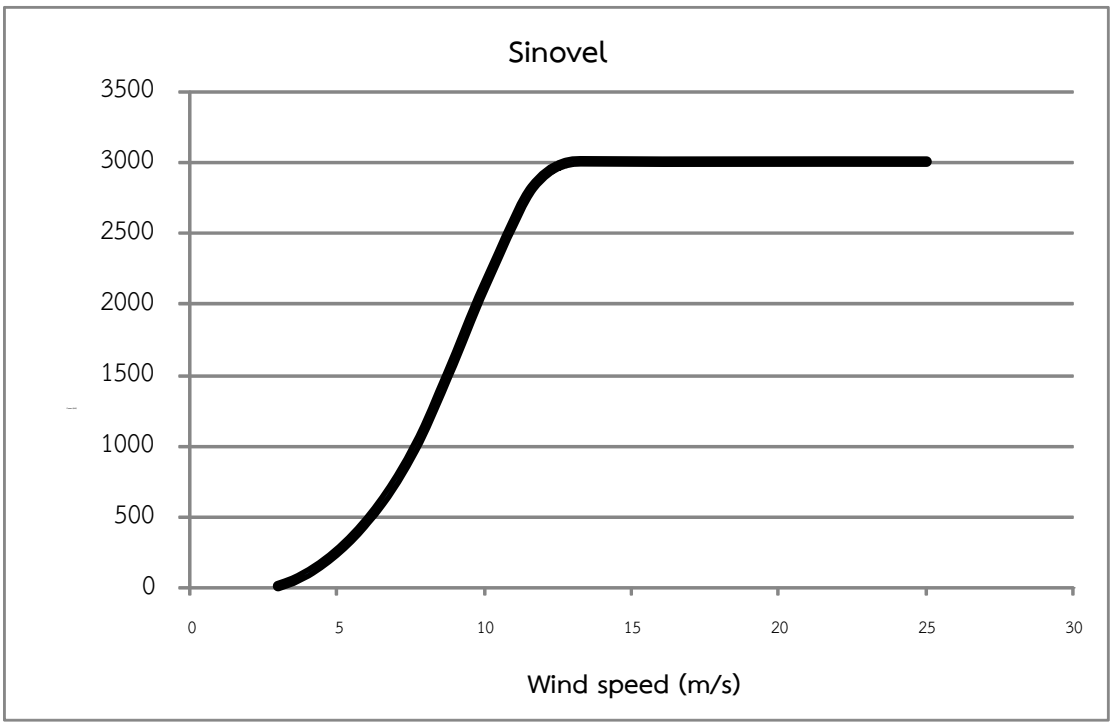
OPERATIONAL DATA		
Rated electrical power	2,000	kW
Cut-in wind speed	3	m/s
Rated wind speed	12.5	m/s
Cut-out wind speed	20	m/s
PHYSICAL DATA		
Turbine		
Hub height	70	m
Number of blades	3	



รูปที่ 219 กราฟความเร็วลมและกำลังไฟฟ้าของกังหันลม W2000-105 ขนาด 2 MW

กังหันลม Sinovel 3 MW

OPERATIONAL DATA		
Rated electrical power	3,000	kW
Cut-in wind speed	3	m/s
Rated wind speed	12	m/s
Cut-out wind speed	25	m/s
PHYSICAL DATA		
Turbine		
Hub height	105	m
Number of blades	3	

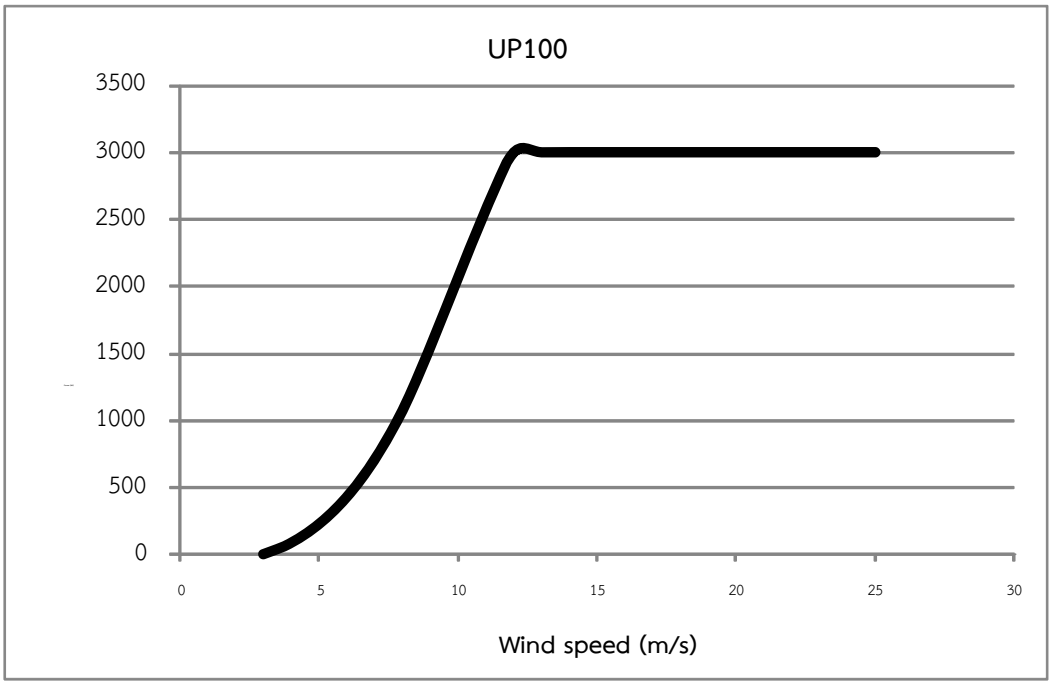


รูปที่ 220 กราฟความเร็วลมและกำลังไฟฟ้าของกังหันลม Shinovel ขนาด 3 MW

กังหันลม UP100 3 MW

OPERATIONAL DATA		
Rated electrical power	3,000	kW
Cut-in wind speed	3	m/s
Rated wind speed	12	m/s
Cut-out wind speed	25	m/s

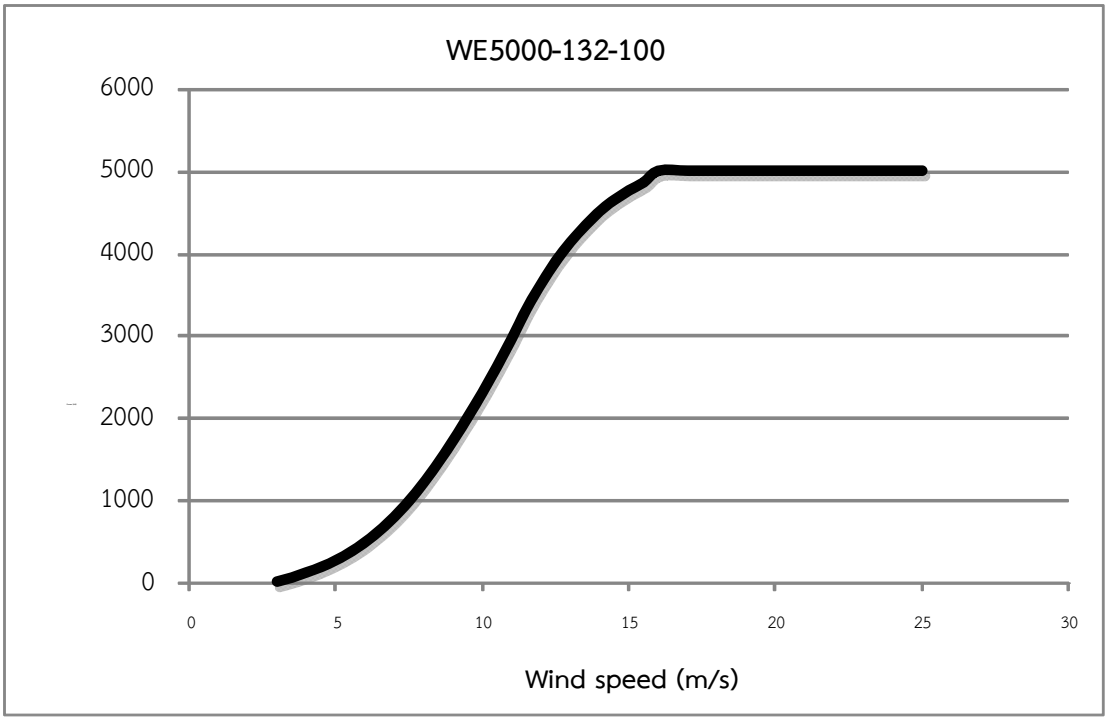
PHYSICAL DATA		
Turbine		
Type	Horizontal axis	
Rotor		
Rotor diameter	50.4	M
Swept Area	7,980	m^2
Rotor Speed (variable)	14.3	Rpm
Hub height	90	m
Number of blades	3	



รูปที่ 221 กราฟความเร็วลมและกำลังไฟฟ้าของกังหันลม UP100 ขนาด 3 MW

กังหันลม WE5000-132-100 ขนาด 5 MW

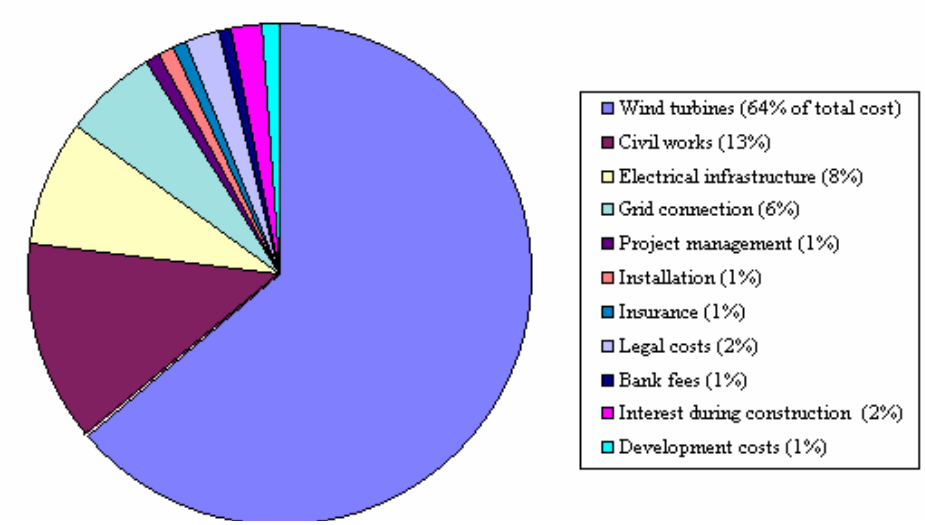
OPERATIONAL DATA		
Rated electrical power	5,000	kW
Cut-in wind speed	3	m/s
Rated wind speed	16	m/s
Cut-out wind speed	25	m/s
PHYSICAL DATA		
Turbine		
Hub height	100	m
Number of blades	3	



รูปที่ 222 กราฟความเร็วลมและกำลังไฟฟ้าของกังหันลม W5000-132-100 ขนาด 5 MW

ตารางที่ 33 ข้อมูลสรุปของกังหันลมที่ใช้ในการศึกษาศักยภาพพลังงานลม (หน่วย: บาท)

ค่าใช้จ่าย/ยี่ห้อกังหันลม	XE103-2000	W2000-105-70	Shinovel	UP100	W5000-132-100
กังหันลม (64%)	56,000,000	53,600,000	78,400,000	77,800,000	120,800,000
งานโยธา (13%)	11,375,000	10,887,500	15,925,000	15,803,125	24,537,500
งานไฟฟ้า (8%)	7,000,000	6,700,000	9,800,000	9,725,000	15,100,000
การเชื่อมต่อกริด (6%)	5,250,000	5,025,000	7,350,000	7,293,750	11,325,000
บริหารงานโครงการ (1%)	875,000	837,500	1,225,000	1,215,625	1,887,500
การติดตั้ง (1%)	875,000	837,500	1,225,000	1,215,625	1,887,500
ประกัน (1%)	875,000	837,500	1,225,000	1,215,625	1,887,500
งานด้านกฎหมาย (2%)	1,750,000	1,675,000	2,450,000	2,431,250	3,775,000
ธรรมเนียมธนาคาร (1%)	875,000	837,500	1,225,000	1,215,625	1,887,500
อื่นๆ (3%) เช่น ค่าดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้าง และ ค่าพัฒนาโครงการ เป็นต้น	2,625,000	2,512,500	3,675,000	3,646,875	5,662,500
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด (100%)	87,500,000	83,750,000	122,500,000	121,562,500	188,750,000



รูปที่ 223 การแจกแจงค่าใช้จ่ายของระบบกังหันลม (ที่มา:Wind Energy โดย M.Chandra Sekhar www.che.iitm.ac.in/~sjayanti/presentations/wind.ppt)

จากค่าพลังงานที่ผลิตได้ต่อปี (Annual Energy Production: AEP) ที่ได้นั้น เราสามารถนำไปคำนวณหาตัวประกอบกำลัง (Capacity Factor: CF) ซึ่งเป็นตัวที่ใช้ในการบ่งชี้ประสิทธิภาพของกังหันลมได้โดยการพิจารณาสัดส่วนระหว่าง AEP จริงที่ได้กับพลังงานที่ได้ถ้ากังหันทำงานที่กำลังผลิตพิกัด (Rated Power) ดังสมการ

$$CF(\%) = 100 \times \frac{AEP}{Rated\ Power \times 365 \times 24}$$

การคำนวณหาค่าพลังงานที่ผลิตได้ต่อปี และ ตัวประกอบกำลังในแต่ละพื้นที่โดยใช้กังหันลมแต่ละแบบนั้น เราจะพิจารณา 2 กรณี คือ

1) ติดตั้งกังหันลมอยู่ที่จุดเดียวกับเสาวัดลม
2) ติดตั้งกังหันลมที่ศักยภาพสูงสุดโดยพิจารณาจากแผนที่การกระจายของลม

การคำนวณจะอ้างอิงกับความเร็วลมที่ระดับความสูง 90 เมตร ผลการวิเคราะห์ค่า AEP และ CF ของกังหันลมแต่ละประเภทแสดงไว้ในตารางที่ 34 และ 35 สำหรับทั้ง 2 สถานที่

ตารางที่ 34 ค่าพลังงานที่ผลิตได้ต่อปี (MWh) และ ตัวประกอบกำลังผลิต ที่ ม.บูรพา จังหวัดชลบุรี

ตำแหน่งกังหัน		XE103-2000	W2000-105-70	Shinovel	UP100	W5000-132-100
พิกัดที่	AEP (MWh)	2,892	1,667	2,884	2,359	3,129
เสาวัดลม	CF (%)	16.50	9.51	10.97	8.97	7.14

ตารางที่ 35 ค่าพลังงานที่ผลิตได้ต่อปี (MWh) และ ตัวประกอบกำลังผลิต ที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี

ตำแหน่งกังหัน		XE103-2000	W2000-105-70	Shinovel	UP100	W5000-132-100
พิกัดที่	AEP (MWh)	5,106	3,194	5,243	4,585	5,664
เสาวัดลม	CF (%)	29.14	18.23	19.95	17.44	12.93
พิกัดที่ดีที่สุด	AEP (MWh)	5,682	3,677	5,920	5,264	6,444
	CF (%)	32.43	20.99	22.52	20.03	14.71

จากตารางทั้ง 2 เราจะเห็นได้ว่าแม้ว่ากังหันลม W5000-132-100 ขนาด 5 MW จะให้พลังงานลมต่อปีมากที่สุด แต่หากเราพิจารณาดูค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแล้ว เราพบว่ากังหันลมดังกล่าวให้ค่าตัวประกอบกำลังที่ต่ำสุดเมื่อเทียบกับสำหรับกังหันลมที่ได้ทำการคัดเลือกทั้ง 5 ประเภท กังหันลมที่ให้ค่าตัวประกอบกำลังสูงสุดมีค่า คือ กังหันลม XE103-2000 ขนาด 2 MW ซึ่งมีค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 16.50% สำหรับตำแหน่งเสาวัดลมที่ ม.บูรพา 29.14% ที่ อ.โป่งน้ำร้อน กังหันลมดังกล่าวาสามารถให้ค่าตัวประกอบกำลังสูงถึง 32.43% สำหรับจุดที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงที่สุด กังหันที่มีค่าตัวประกอบรองลงมา คือ รองลงมาคือ กังหันลม Shinovel ขนาด 3 MW ขณะที่กังหันลม W2000-105-70 และ UP100 มีค่าตัวประกอบกำลังไม่ต่างกันมากนัก ข้อมูลพลังงานที่คาดว่าจะผลิตได้ต่อปีในตารางที่ 34 และ 35 จะนำไปใช้ในการการประเมินความเหมาะสมของโครงการด้านการเงินที่อยู่ในหัวข้อถัดไป

แนวทางการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์มีเป้าหมายหลักคือเพื่อวิเคราะห์โครงการติดตั้งกังหันลมสำหรับผลิตไฟฟ้าที่มีความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ โดยทั่วไปแล้ว การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่เป็นที่ยอมรับกันแพร่หลายได้แก่ มูลค่าปัจจุบัน

สุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: B/C) อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (Internal Rate of Return: IRR) ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) และ อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย ดัชนีทั้ง 6 ตัวสามารถใช้ร่วมกันได้สำหรับการประเมินความเหมาะสมของโครงการติดตั้งกังหันลมทั้ง 5 ประเภทในพื้นที่เขาค้อ

4.4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV)

มูลค่าสุทธิของโครงการ คือ ผลรวมของผลตอบแทนสุทธิที่ได้ปรับค่าเวลา เพื่อวัดว่าโครงการที่กำลังพัฒนาจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าหรือมีกำไรส่วนรวมหรือไม่ ถ้าค่า NPV ที่ได้รับมีค่ามากกว่า 0 แสดงว่าการลงทุนในโครงการนั้นมีความคุ้มค่า หาก แต่ NPV มีค่าเท่ากับ 0 นั่นหมายความว่าค่าใช้จ่ายของโครงการมีค่าเท่ากับผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ ถ้าหากค่า NPV ที่คำนวณได้มีค่าเป็นลบ แสดงว่าการลงทุนของโครงการนั้นไม่คุ้มค่า สูตรการคำนวณค่า NPV โดยทั่วไปคือ

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

โดยที่ NPV = มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิของโครงการ

B_t = ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ t

C_t = ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ t

i = อัตราส่วยลด (Discount rate)

t = ปีของโครงการซึ่งมีค่าตั้งแต่ $0,\ 1,\ 2,\ldots,\ n$

n = อายุโครงการ (Project life time)

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจว่ามีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์และความเหมาะสมภายในโครงการ เพื่อการลงทุนคือ

$NPV > 0$ หมายถึง โครงการที่มีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

$NPV = 0$ หมายถึง โครงการมีความเท่าทุนทางเศรษฐศาสตร์

$NPV < 0$ หมายถึง โครงการที่ไม่มีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

ค่าอัตราคิดลด (Discount rate) ถูกสะท้อนออกมาในรูปของอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจในการดำเนินการของโครงการ การกำหนดค่าอัตราผลตอบแทนที่เหมาะสมจะต้องคำนวณจากสัดส่วนระหว่างทุนส่วนหนี้สินและทุนส่วนผู้ถือหุ้นมาพิจารณา ทุนส่วนหนี้สินเกิดจากการกู้เงิน

จากแหล่งเงินอื่นซึ่งมีการกำหนดระยะเวลาในการจ่ายเงินที่กู้ยืมไปคืนและอัตราดอกเบี้ย และ ทุนส่วนผู้ถือหุ้นเกิดจากเงินที่ได้รับมาจากผู้ลงทุนหรือผู้ร่วมทุน นอกจากนี้แล้ว การตั้งค่าอัตราคิดลดยังต้องคำนึงถึงอัตราผลตอบแทนการลงทุน ความเสี่ยงของโครงการ และ ปัจจัยอื่นๆ หากไม่มีการกำหนดค่าอัตราคิดลด เรามักกำหนดให้ อัตราคิดลด คือ ค่าเสียโอกาสของทุนที่นำมาใช้ในการดำเนินโครงการ ซึ่งก็คือ อัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ได้รับจากการนำเงินจำนวนนี้ไปลงทุนในโครงการอื่นๆ

4.4.2 อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (Benefit/Cost Ratio หรือ B/C Ratio)

หลักการของดัชนีอัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายอาศัยการคำนวณโดยใช้ผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการหารด้วยค่าใช้จ่ายของโครงการ หากค่าดัชนีที่คำนวณออกมามีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าโครงการดังกล่าวมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ ดัชนีตัวนี้มีค่ายิ่งมากก็ยิ่งดีหากพิจารณาในแง่ผลตอบแทนที่ได้รับ อย่างไรก็ตามแม้ว่าค่าดัชนีดังกล่าวมีค่าน้อยกว่า 1 โครงการดังกล่าวอาจจะได้รับการดำเนินการเนื่องจากโครงการที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นเป็นโครงการสาธารณะของรัฐที่มีประชาชนเป็นเจ้าของและเป็นผู้ใช้ ซึ่งแตกต่างจากโครงการทั่วไปของเอกชน ค่าดัชนี B/C สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจว่ามีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์และความเหมาะสมภายในโครงการเพื่อการลงทุนคือ

$\frac{B}{C} > 1$ หมายถึง โครงการมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

$\frac{B}{C} = 1$ หมายถึง โครงการมีความเท่าทุนทางเศรษฐศาสตร์

$\frac{B}{C} < 1$ หมายถึง โครงการไม่มีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

4.4.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return หรือ IRR)

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในงานศึกษานี้จะพิจารณาอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return หรือ IRR) เป็นตัวแปรหลักในการวิเคราะห์ เนื่องจากการวิเคราะห์โดยใช้ IRR ทำให้ผู้วิเคราะห์สามารถเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับโครงการที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันได้ ซึ่งภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด การจัดอันดับโครงการที่มีความสำคัญ และให้ผลตอบแทนคุ้มค่าที่สุดย่อมมีความจำเป็น ตัวอย่างเช่น การพิจารณา IRR ในการวิเคราะห์จะทำให้สามารถประเมินได้ว่า

โครงการติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่นั้น มีความเหมาะสมทางเศรษฐกิจมากน้อยเพียงใด

อัตราผลตอบแทนภายใน คือ ผลตอบแทนภายในโครงการ ซึ่งในมุมมองนักลงทุนนั้น IRR เป็นตัวกำหนดการตัดสินใจลงทุนในโครงการต่างๆ โดยผู้ลงทุนจะเปรียบเทียบ IRR กับผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้จากโครงการอื่นๆ โดยในหลักการประเมินการลงทุนโดยทั่วไปนั้นจะใช้ อัตราคิดลดของสังคม (Social Discount Rate) เป็นตัวเปรียบเทียบ ซึ่งอัตราคิดลดของสังคมนั้นจะกำหนดโดยพิจารณาจากปัจจัยอื่นๆเช่น อัตราดอกเบี้ยตลาด เงินเฟ้อ และ ความเสี่ยงของโครงการ เป็นต้น

ตามหลักเกณฑ์การวิเคราะห์โครงการของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติที่ได้กำหนดอัตราคิดลด หรือ ค่าเสียโอกาสเงินทุนที่ร้อยละ 8-12 หรือ เป็นราคารับซื้อที่ทำให้ผู้ลงทุนตัดสินใจลงทุน การพิจารณาในรูปราคารับซื้อนั้น จะทำให้สามารถประเมินได้ว่า หากภาครัฐต้องการให้มีการลงทุนในกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้านั้น ต้องกำหนดราคารับซื้อเท่าใด โครงการดังกล่าวจึงมีความเป็นไปได้ในทางเศรษฐกิจ การคำนวณหาค่า IRR นั้นจะอาศัยหลักการที่ว่า การหาค่าอัตราคิดลด i ที่ทำให้ประโยชน์สุทธิรวมมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายรวม กล่าวคือ

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

4.4.4 ระยะคืนทุน (Payback Period)

ระยะคืนทุน คือระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าลงทุนของโครงการ โดยพิจารณาถึงจำนวนปีที่จะได้รับผลตอบแทนคุ้มกับเงินลงทุน โครงการที่ให้ผลตอบแทนที่เร็ว ในระยะเวลาสั้น ย่อมจะมีความเสี่ยงต่ำ ระยะคืนทุนสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ระยะคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

อย่างไรก็ตาม เกณฑ์การพิจารณาโครงการตามวิธีการนี้มีข้อเสียคือไม่พิจารณาผลตอบแทนหลังระยะคืนทุนจนตลอดอายุโครงการ จึงทำให้การวิเคราะห์โดยใช้วิธีนี้อาจจะมีความผิดพลาดในการเลือกและจัดลำดับความสำคัญของแต่ละโครงการได้ ดัชนีตัวนี้จึงเป็นเพียงแค่ประกอบการพิจารณาการตัดสินใจเลือกโครงการร่วมกับดัชนีอื่นๆเท่านั้น

4.4.5 อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (Unit cost of Electricity)

ต้นทุนต่อหน่วยของอัตราค่าไฟฟ้าสามารถคำนวณได้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุโครงการกังหันลมที่คาดว่าจะทำการติดตั้งในพื้นที่หารด้วยค่าพลังงานที่คาดว่าจะผลิตได้ตลอดอายุโครงการดังแสดงในสมการ

$$COE = \frac{C}{E}$$

โดยที่

C = ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุโครงการ

E = ค่าพลังงานที่คาดว่าจะผลิตได้ตลอดอายุโครงการ

4.4.6 อัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ (Adder)

ตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ได้ออกประกาศเรื่อง การกำหนดส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากจากพลังงานหมุนเวียน ลงวันที่ 20 พฤษภาคม 2551 นั้นด้วย คณะรัฐมนตรีในการประชุมเมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2552 ลงมติเห็นชอบและรับทราบมติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) ในการประชุมครั้งที่ 2/2552 (ครั้งที่ 124) เมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2552 เรื่อง ข้อเสนอเพื่อปรับปรุงแนวทางการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน โดยได้มีการกำหนดระยะเวลาและปริมาณพลังไฟฟ้ารับซื้อที่ได้รับส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า การปรับปรุงอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน แยกตามประเภทเทคโนโลยีและเชื้อเพลิง และการปรับปรุงระเบียบการรับซื้อไฟฟ้า กฟภ. จึงขอประกาศการกำหนดส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากเฉพาะการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน โดยกำหนดให้อัตราส่วนเพิ่มพลังงานลมเท่ากับสำหรับกำลังการผลิตติดตั้งของกังหันลมน้อยกว่า 50 kW มีค่าเท่ากับ 4.50 บาทต่อหน่วย และส่วนเพิ่มพิเศษสำหรับ 3จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส เท่ากับ 1.50 บาทต่อหน่วย รวมแล้วเท่ากับ 6.00 บาทต่อหน่วย และสำหรับกำลังการผลิตติดตั้งของกังหันลมมากกว่า 50 kW มีอัตราส่วนเพิ่มเท่ากับ 3.50 บาทต่อหน่วย และอัตราส่วนเพิ่มพิเศษเท่ากับ 1.50 บาทต่อหน่วย สำหรับ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ รวมแล้วเท่ากับ 5.00 บาทต่อหน่วย โดยมีระยะเวลาสนับสนุนเท่ากับ 10 ปี

4.4.7 สมมุติฐานที่กำหนดใช้ตลอดการคำนวณ

1. อายุโครงการ 20 ปี
2. กังหันลมที่ใช้เป็นไปตามตารางที่ 32
3. ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาพื้นที่ (ค่าเช่าที่ดิน) สำหรับติดตั้งกังหันลม
4. ค่าการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษาคิดเป็น 2% ของมูลค่ากังหันลม
5. อัตราการแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 40 บาท/ยูโร (อ้างอิงจากธนาคารแห่งประเทศไทย ณ เดือนเมษายน 2555)
6. อัตราค่าไฟฟ้าที่กำหนด คือ 1.806 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง รวมกับค่าไฟฟ้าตามสูตรการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติขายส่งเฉลี่ย (Ft ขายส่งเฉลี่ย) เท่ากับ 0.802 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง (อ้างอิงราคารับซื้อต่อหน่วยของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานลม ปี 2554)

7. หากคิดอัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนเพิ่ม ในที่นี้ เราจะกำหนดให้อัตรารับซื้อไฟฟ้าส่วนเพิ่ม (Adder) 3.50 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยคิดภายใน 10 ปีแรกตลอดอายุโครงการ
8. อัตราเงินเฟ้อที่ 3.5 % โดยอ้างอิงตามอัตราเงินเฟ้อพื้นฐานภายใต้กรอบเป้าหมายเงินเฟ้อของธนาคารแห่งประเทศไทย
9. อัตราส่วนลดเฉลี่ย (Discount Rate) ที่ 7.30 % เป็นกรณีฐาน (Base) โดยอ้างอิงอัตราดอกเบี้ยเฉลี่ยสำหรับลูกค้ารายย่อยชั้นดีของธนาคารพาณิชย์ (ณ เดือนมีนาคม 2555)
10. เกณฑ์การตัดสินใจในการประเมินทั้งทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วย มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุนของโครงการ (IRR) ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C) ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) และ ต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้า (COE)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของมูลค่าต้นทุนโครงการก่อสร้างกังหันข้างต้นที่แสดงในตารางที่ 33 เราสามารถจัดกลุ่มของค่าใช้จ่ายในการลงทุนของกังหันลมแต่ละประเภทแสดงในตารางที่ 36 โดยแบ่งเป็น (1) มูลค่ากังหันลม (2) มูลค่าการติดตั้งกังหันลม (3) มูลค่าการบริหารงาน (4) มูลค่าที่ดิน และ (5) มูลค่าการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา และ มูลค่าในการลงทุนเริ่มต้นซึ่งเป็นผลรวมของ (1) ถึง (4)

ตารางที่ 36 มูลค่าการลงทุนติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าทั้ง 5 ประเภท

รายการค่าใช้จ่าย (บาท)	XE103-2000	W2000-105-70	Shinovel	UP100	W5000-132-100
มูลค่ากังหันลม	56,000,000	53,600,000	78,400,000	77,800,000	120,800,000
มูลค่าการก่อสร้างติดตั้ง	7,000,000	6,700,000	9,800,000	9,725,000	15,100,000
มูลค่าการบริหารงาน	24,500,000	23,450,000	34,300,000	34,037,500	52,850,000
มูลค่าที่ดิน	-	-	-	-	-
มูลค่าการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา	1,120,000	1,072,000	1,568,000	1,556,000	2,416,000

4.4.8 ผลการประเมินความเหมาะสมด้านการศรษฐศาสตร์

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การประเมินความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของทั้ง 2 ประเภทนั้น ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่คาดว่าจะผลิตได้ ซึ่งได้จากโปรแกรม Meteodyn โดย กังหันลมทั้ง 5 ประเภทมีขนาดตั้งแต่ 2 เมกะวัตต์ จนถึง 5 เมกะวัตต์ จากนั้น เราจึงนำปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปประเมินมูลค่าผลประโยชน์จากการขายไฟฟ้าได้ โดยคิดอัตราค่าไฟฟ้าเท่ากับ 1.806 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติขายส่งเฉลี่ย (Ft ขายส่งเฉลี่ย) เท่ากับ 0.802 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง อ้างอิงจาก ราคาการรับซื้อไฟฟ้าต่อหน่วยจากผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานลมขนาดเล็กปี 2554

การวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ ไม่พิจารณาค่ารับซื้อไฟฟ้าส่วนเพิ่มและกรณีที่พิจารณาค่ารับซื้อไฟฟ้าส่วนเพิ่มในอัตรา 3.50 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ในช่วง10 ปีแรก ผลการประเมินความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของทั้ง 2 พื้นที่แสดงในตารางที่ 37 และ 38 สำหรับพื้นที่ ณ เสาวัดลม ม.บูรพา จ.ชลบุรี และตารางที่ 39 ถึง ตารางที่ 42 สำหรับพื้นที่เสาวัดลม ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี

ตารางที่ 37 ดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับกังหันลมแต่ละประเภทสำหรับกรณีไม่คิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ ณ ตำแหน่งเสาวัดลม ม.บูรพา จ.ชลบุรี

	XE103-2000	W2000-105-70	Shinovel	UP100	W5000-132-100
NPV (บาท)	-17,218,000	-49,003,783	-58,511,772	-72,919,789	-128,990,725
B/C	0.80	0.41	0.52	0.40	0.32
IRR (%)	4.68	-1.92	0.21	-2.25	-4.26
PB (ปี)	-	-	-	-	-
COE (บาท/หน่วย)	3.43	5.69	4.81	5.84	6.84

ตารางที่ 38 ดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับกังหันลมแต่ละประเภทสำหรับกรณีคิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ ณ ตำแหน่งเสาวัดลม ม.บูรพา จ.ชลบุรี

	XE103-2000	W2000-105-70	Shinovel	UP100	W5000-132-100
NPV (บาท)	52,899,194	-8,586,990	11,411,460	-15,725,300	-53,127,412
B/C	1.60	0.90	1.09	0.87	0.72
IRR (%)	16.25	5.58	8.79	5.11	2.29
PB (ปี)	7	-	15	-	-
COE (บาท/หน่วย)	3.43	5.69	4.81	5.84	6.84

ตารางที่ 39 ดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับกังหันลมแต่ละประเภทสำหรับกรณีไม่คิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ ณ ตำแหน่งเสาวัดลม ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี

	XE103-2000	W2000-105-70	Shinovel	UP100	W5000-132-100
NPV (บาท)	48,180,481	-3,898,326	11,169,807	-7,166,844	-54,110,351
B/C	1.55	0.95	1.09	0.94	0.71
IRR (%)	13.58	6.71	8.43	6.55	3.37
PB (ปี)	10	-	18	-	-
COE (บาท/หน่วย)	1.94	2.97	2.65	3.00	3.78

ตารางที่ 40 ดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับกังหันลมแต่ละประเภทสำหรับกรณีคิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ ณ ตำแหน่งเสาวัดลม ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี

	XE103-2000	W2000-105-70	Shinovel	UP100	W5000-132-100
NPV (บาท)	171,976,606	73,540,927	138,287,528	103,997,518	83,214,611
B/C	2.97	1.88	2.13	1.86	1.44
IRR (%)	33.57	19.93	23.19	19.63	13.97
PB (ปี)	4	6	5	6	8
COE (บาท/หน่วย)	1.94	2.97	2.65	3.00	3.78

ตารางที่ 41 ดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับกังหันลมแต่ละประเภทสำหรับกรณีไม่คิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ ณ ตำแหน่งที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงสุด ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี

	XE103-2000	W2000-105-70	Shinovel	UP100	W5000-132-100
NPV (บาท)	65,194,720	10,368,822	31,167,445	12,889,871	-31,070,236
B/C	1.75	1.12	1.25	1.11	0.84
IRR (%)	15.59	8.82	10.34	8.61	5.13
PB (ปี)	9	17	14	17	-
COE (บาท/หน่วย)	1.75	2.58	2.34	2.62	3.32

ตารางที่ 42 ดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับกังหันลมแต่ละประเภทสำหรับกรณีคิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ ณ ตำแหน่งที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงสุด ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี

	XE103-2000	W2000-105-70	Shinovel	UP100	W5000-132-100
NPV (บาท)	202,956,096	99,518,519	174,699,185	140,516,743	125,166,002
B/C	3.32	2.19	2.43	2.16	1.66
IRR (%)	37.83	23.94	26.94	23.53	17.05
PB (ปี)	3	5	5	5	7
COE (บาท/หน่วย)	1.75	2.58	2.34	2.62	3.32

จากตารางทั้งหมดข้างต้น เราสามารถสรุปได้ดังนี้

1) สำหรับพื้นที่ ม.บูรพา จ.ชลบุรี ในกรณีที่ไม่คิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ โดยภาพรวมแล้ว การลงทุนก่อสร้างกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์ NPV มีค่าติดลบ ดัชนีค่า IRR มีค่าต่ำกว่า อัตราส่วนลดเฉลี่ย (Discount Rate) ที่ 7.30 % เป็นกรณีฐาน (Base) สำหรับอัตราดอกเบี้ยเฉลี่ยสำหรับลูกค้ารายย่อยชั้นดีของธนาคารพาณิชย์

2) สำหรับพื้นที่ ม.บูรพา จ.ชลบุรี ในกรณีที่คิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ การลงทุนก่อสร้างกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับกังหันลมมีเพียงกังหันลมแค่ 2 ประเภทเท่านั้นที่ให้ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ค่อนข้างที่ดี คือ กังหันลม XE 103-2000 และ กังหันลม Shinovel สาเหตุหลัก คือ กังหันลม มีพิกัดความเร็วลมที่ต่ำเมื่อเทียบกับกังหันลมอีก 4 ประเภทที่เหลือ สังเกตได้ว่า อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของกังหันลมทั้ง 5 ประเภท สำหรับกรณีที่ไม่คิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ และ คิดคิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อนั้นมีค่าเท่ากันเนื่องจากการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วยเกี่ยวข้องกับต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้ากังหันลมเพียงอย่างเดียวไม่ได้เกี่ยวข้องกับประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ

3) สำหรับพื้นที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ในกรณีที่ไม่คิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อมีกังหันลมเพียง 2 ประเภทเท่านั้นที่มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย กังหันลม XE103-2000 และ กังหันลม Shinovel

4) สำหรับพื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงที่สุด บริเวณเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ในกรณีที่ไม่คิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ กังหันลมทุกประเภทมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ ยกเว้น กังหันลม W5000-132-100 ขนาด 5 MW

5) สำหรับพื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงที่สุด บริเวณเสาวัดลมที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ในกรณีที่คิดอัตราส่วนเพิ่มราคารับซื้อ กังหันลมทุกประเภทมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นที่น่าพอใจเป็นอย่างมากแม้แต่กังหันลม W5000-132-100 ขนาด 5 MW ที่มีค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 14.71% เช่นเดียวกัน กังหันลม XE103-2000 ให้ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่ดีที่สุดโดยมีค่าเงินสุทธิปัจจุบันเท่ากับ 202,956,096 บาท และอัตราผลตอบแทนภายในสูงถึง 37.83% และที่สำคัญมีระยะเวลาการคืนทุนเพียง 3 ปีเท่านั้น สาเหตุหลักมาจาก 2 ประการคือ กังหันลมเป็นกังหันลมประเภทความเร็วลมต่ำ และ พื้นที่ดังกล่าวมีศักยภาพพลังงานลมค่อนข้างดีมากนั่นเอง

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

พลังงานทดแทนหลักที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก คือ พลังงานลม ปัจจุบันนั้นกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูง และมีการพัฒนาให้มีขีดความสามารถในการผลิตไฟฟ้าในระดับหลายเมกกะวัตต์ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งพลังงานที่ส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดอย่างหนึ่ง อย่างไรก็ตามพื้นที่ในการติดตั้งกังหันลมนั้นจะต้องเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในหลายด้านไม่ว่าจะเป็นทางศักยภาพพลังงานลม การคมนาคม หรือขนาดพื้นที่ก็ตาม การลงทุนติดตั้งทุ่งกังหันลมขนาดใหญ่เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้านั้นต้องการเงินลงทุนที่สูงมาก การพิจารณาถึงศักยภาพของพื้นที่อย่างละเอียดจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้ได้ขนาดกังหันลมที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่ติดตั้ง และเป็นการลดความผิดพลาดในการกำหนดพื้นที่ พลังงานลมเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดตามธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิความกดดันของบรรยากาศ และ แรงจากการหมุนของโลก สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเร็วลมและกำลังลม พลังงานลมจะสะสมอยู่ในรูปของพลังงานจลน์ และเปลี่ยนพลังงานจลน์ดังกล่าวให้เป็นพลังงานกลโดยอาศัยกังหันลม และสามารถนำมาใช้ก่อให้เกิดงาน เช่น การบดสีเมล็ดพืช หรือการสูบน้ำจากที่ต่ำขึ้นที่สูงเพื่อใช้ในการเกษตร การทำนาเกลือ การอุปโภคและการบริโภค เป็นต้น ปัจจุบันพลังงานลมได้นำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการการแปรผันของพลังงาน (Energy conversion)

สำหรับประเทศไทยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานลมยังถือว่าน้อยมาก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นของการวิจัยและพัฒนาเพื่อนำไปสู่โครงการที่เป็นรูปธรรม ปัจจุบันมีเฉพาะหน่วยงานของรัฐที่ติดตั้งเป็นหลัก โดยเป็นโครงการวิจัยหรือสาธิตเทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้าเท่านั้น ซึ่งตามแผนพัฒนาพลังงานลม 15 ปีของกระทรวงพลังงานกำหนดภายในปี 2559 มีเป้าหมายการพัฒนาพลังงานไม่น้อยกว่า 375 MW และภายในปี 2565 ปริมาณ 800 MW เนื่องจากศักยภาพของแหล่งพื้นที่ในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานลมนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น ความเร็วลม ลักษณะการแปรผันของลม ผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และ ความยากง่ายในการเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบไฟฟ้า เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาศักยภาพจึงจำเป็นที่จะต้องมีข้อมูลที่ครบถ้วนถูกต้องและเหมาะสมเพื่อใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการเลือกสถานที่ที่คาดว่าจะติดตั้งกังหันลมในอนาคต นอกจากนี้เนื่องจากธรรมชาติของลมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ดังนั้นการเก็บข้อมูลลมนั้นควรจะกระทำอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานอย่างน้อย 12 เดือนขึ้นไป เพื่อทำให้ข้อมูลลมที่วัดได้มีความเชื่อถือได้ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือระบบเครื่องมือวัดลม โดยระบบเครื่องมือวัดลมนั้นจะต้องมีประสิทธิภาพ ความถูกต้อง และความเชื่อถือได้สูง โดยทั่วไปแล้ว ความเร็วลมยังขึ้นอยู่กับความสูง กล่าวคือ ความสูงยิ่งมาก ความเร็วลมยิ่งมีค่ามาก ในปัจจุบันนั้น ยังไม่ได้มีข้อสรุปที่แน่นอนเกี่ยวกับความเร็วลมที่ระดับสูงๆ ในประเทศไทย ดังนั้นการวัดความเร็วลมนั้นจึงจะต้องกระทำที่หลายระดับ อีกทั้งการศึกษาศักยภาพพลังงานลมเฉพาะแหล่งยังต้องศึกษา ข้อมูลทางสิ่งแวดล้อม ความ

ต้องการและการมีส่วนร่วมขององค์กรส่วนท้องถิ่น ตลอดจนปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประเมินและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมที่ยั่งยืนต่อไป

โครงการนี้ได้ทำการประเมินศักยภาพพลังงานลมเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าในพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทยจนถึงจังหวัดตราดนำไปสู่การพัฒนาการผลิตไฟฟ้าด้วยทุ่นกังหันลมขนาดใหญ่ โดยได้ทำการคัดเลือกสถานที่เพื่อติดตั้งเสาวัดความเร็วลมจำนวนสองแห่งที่คือ 1) มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ตำบลแสนสุข อำเภอแสนสุข จังหวัดชลบุรี และ 2) ตำบลทับไทร อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี การวัดลมกระทำโดยการติดตั้งเสาแบบรั้งด้วยเชือกสูง 120 เมตร พร้อมทั้งระบบเครื่องมือวัดและระบบป้องกันฟ้าผ่า ความเร็วลมและทิศทางลมถูกจัดเก็บทุกๆ 1 นาทีที่ความสูงระดับ 10, 65, 90 และ 120 เมตร และสามารถถูกส่งเป็นแบบรายวันผ่านทางระบบสื่อสารแบบไร้สาย ข้อมูลที่ได้รับสำหรับแต่ละสถานที่ได้นำมาวิเคราะห์โดยโปรแกรม Meteodyn 4.3 เพื่อประเมินคุณสมบัติทางสถิติเพื่อใช้ในการสร้างแผนที่ลม และเพื่อใช้ในการคำนวณพลังงานที่ได้รับใน 1 ปี

ผลการศึกษาจากข้อมูลที่วัดได้แสดงให้เห็นว่า ที่ มหาวิทยาลัยบูรพา มีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 1.60 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 10 เมตร, ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 4.96 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 65 เมตร, ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 5.25 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 90 เมตรและความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 5.53 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 120 เมตร และที่ตำบลทับไทรมีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 2.84 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 10 เมตร, ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 5.38 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 65 เมตร, ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 5.81 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 90 เมตร และความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 5.93 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 120 เมตร ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสำหรับชุดของกังหันลมที่มีหลายขนาดตั้งแต่ 2 เมกกะวัตต์ ถึง 5 เมกกะวัตต์ และ ตำแหน่งการติดตั้งกังหันลมพร้อมทั้งกราฟกำลังไฟฟ้าของกังหันลมเราพบว่าหากได้รับค่ารับซื้อไฟฟ้าส่วนเพิ่มจากการไฟฟ้า กังหันลมทุกประเภทมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ อย่าไรก็ตามหากไม่ได้รับค่ารับซื้อไฟฟ้าส่วนเพิ่ม กังหันลมความเร็วลมต่ำหรือพื้นที่ที่มีความเร็วลมค่อนข้างดีคือทางเลือกที่ดีเท่านั้นสำหรับการพัฒนาทุ่งกังหันลมในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การติดตั้งทุ่งกังหันลมผลิตไฟฟ้าจริงจำเป็นต้องสำรวจและเก็บข้อมูลระยะยาวในพื้นที่ที่ต้องการติดตั้ง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากโครงการนี้เป็นข้อมูลศึกษาเบื้องต้นในพื้นที่โดยรอบและมีช่วงระยะเวลาที่เก็บข้อมูลจำกัด ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำยิ่งขึ้นจึงต้องเก็บข้อมูลต่อเนื่องต่อไป เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในข้อมูลลมที่ได้รับมาประกอบการพิจารณาการลงทุนก่อสร้างทุ่งกันลมขนาดใหญ่ในอนาคต

5.2.2 ในกรณีที่จะสร้างทุ่งกังหันลมควรทำการติดตั้งเสาวัดความเร็วลมในบริเวณที่คาดว่าจะสร้างทุ่งกังหันลมมากกว่าหนึ่งต้นเพื่อทำการยืนยันผลการตรวจวัด เพราะการลงทุนสร้างทุ่งกังหันลมใช้เงินลงทุนจำนวนมาก

5.2.3 ในการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากทุ่งกังหันลมจำเป็นจะต้องมีข้อมูลของกังหันลมที่จะทำการติดตั้งโดยเฉพาะอย่างยิ่ง กราฟกำลังไฟฟ้า (Power curve) ของกังหันลม ซึ่งบริษัทผู้ผลิตกังหันลมจะไม่เปิดเผยข้อมูลถ้าไม่ใช้ลูกค้าของบริษัทฯ จึงทำให้การประเมิน

ศักยภาพพลังงานลมของโครงการฯ ทำได้ยาก และไม่เกิดความหลากหลาย เนื่องจากขาดข้อมูลของกังหันลม

5.2.4 ควรมีการศึกษาผลกระทบด้านอื่นๆ หากมีการพัฒนาโครงการทุ่งกังหันลมขนาดใหญ่ในอนาคต เช่น ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเสียง ด้านประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากชุมชน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] WIND ENERGY RESOURCE ATLAS OF SOUTHEAST ASIA “The World Bank Asia Alternative Energy Program” จัดทำโดย TrueWind Solutions, LLC Albany, New York กันยายน 2544

[2] โครงการศึกษาศักยภาพพลังงานลมเฉพาะแหล่ง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน สิงหาคม 2551

[3] www.lorax-energy.com/pdf/Lorax%20DG%20Presentation.pdf

[4] http://www.windpower.org

[5] www.che.iitm.ac.in/~sjayanti/presentations/wind.ppt

[6] ประกาศการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรื่องการกำหนดส่วนเพิ่มการรับซื้อไฟฟ้าสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน 2550

[7] งานศึกษาความเหมาะสมโครงการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่ผลิตไฟฟ้าจ่ายขนานเข้าระบบจำหน่าย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 2553

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก-1

รายละเอียดเครื่องวัดและบันทึกข้อมูลความเร็วและทิศทางลมแบบอัตโนมัติ ที่เลือกใช้

ระบบเครื่องวัดและบันทึกข้อมูลความเร็ว ทิศทางลม และอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ ประกอบด้วย เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) และเครื่องรับสัญญาณ (Sensor) โดยเครื่องบันทึกข้อมูลบรรจุในกล่องป้องกันน้ำสามารถป้องกันน้ำได้เป็นอย่างดี สามารถติดตั้งได้โดยง่าย เครื่องรับสัญญาณ พร้อมสายเคเบิล ทำจากวัสดุที่ทนทานต่อการกัดกร่อน

ก.1 รายละเอียดเครื่องรับสัญญาณลม

เครื่องรับสัญญาณลม (Sensor) ประกอบด้วยลูกถ้วยวัดความเร็วลม (Anemometer) และหางเสือวัดทิศทางลม (Wind Vane) สามารถใช้งานได้ดีกับเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)

ก.1.1 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)

- มีลูกถ้วยจำนวน 3 ลูก ป้องกันสิ่งสกปรก ทนต่อการกัดกร่อน ถ้วยทำจาก Molded Lexan Black polycarbonate ตัวเครื่องทำจาก Black ASB plastic
- ลูกถ้วยมีขนาดกะทัดรัด เส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 51 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของ rotor ไม่เกิน 190 มิลลิเมตร
- สามารถใช้งานได้ดีในสภาวะแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 0 – 100 % RH
- สามารถวัดความเร็วลมได้สูงสุดเท่ากับ 97 m/s (214 mph)
- Moment of Inertia เท่ากับ 68 x 10^{-6} sec-ft^2
- Bearing Rating เท่ากับ 20,000 PV factor
- สามารถทำงานในสภาวะแวดล้อม -55 ถึง 60 องศาเซลเซียส
- การส่งสัญญาณข้อมูลจาก Sensor ไปยังเครื่องบันทึกข้อมูลโดยสายเคเบิล
- น้ำหนักของ Sensor ไม่เกิน 0.1 กิโลกรัม

รูปที่ ก.1 แอนนิโมมิเตอร์แบบปรับแต่งแล้วที่ใช้ในการวัดความเร็วลมทั้ง 4 ระดับ

ก.1.2 เครื่องวัดทิศทางลม (Wind Vane)

- Wind Vane เป็นชนิดหางเสือถ่วงน้ำหนัก
- Sensor มีลักษณะแข็งแรง สามารถตอบรับต่อการเปลี่ยนแปลงของทิศทางลมได้ดี ทำจากวัตถุที่ทนทานต่อการกัดกร่อน
- มีขนาดกะทัดรัด หมุนโดยรอบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 270 มิลลิเมตร
- ช่วงการวัดทิศทางได้เท่ากับ 352° (8° open)
- มีสัญญาณเป็น 10 K analog DCV 1 % linearity
- สามารถทำงานในสภาวะแวดล้อม -55 ถึง 60 องศาเซลเซียส
- Sensor มีน้ำหนัก 0.1 กิโลกรัม
- แหล่งพลังงานในช่วง 1 – 15 VDC

รูปที่ ก.2 Wind vane ที่ใช้ในการวัดทิศทางลมทั้ง 4 ระดับ

ก.1.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer)

- ขนาด ความยาวทั้งหมด 2.17" และโพรบมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.50" พลาสติกหุ้มมีขนาด 4.7" x 10.6"
- โพรบทำจากอลูมิเนียม
- Sensor เป็นชนิด NTC MC65 Thermistor
- ความละเอียด: ±0.2°C ระหว่าง 0° ถึง 50°C
- สามารถทำงานในสภาวะแวดล้อม -40 ถึง 105°C
- สัญญาณด้านออก 0 ถึง 2.5 โวลท์
- กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 25°C: 25mW
- สามารถทำงานในช่วงความชื้น: 0 to 100% RH

รูปที่ ก.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ

ก.2 รายละเอียดคุณลักษณะเครื่องบันทึกข้อมูล

1. สามารถใช้งานได้ดีในสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิระหว่าง -40 ถึง 85 องศาเซลเซียส
2. LCD Temperature ทำงานได้ดีในสภาวะแวดล้อม -20 ถึง 70 องศาเซลเซียส
3. มี RT Clock อยู่ภายในตัวเครื่อง ค่าความถูกต้องไม่น้อยกว่า ± 1 นาที / เดือน สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ แหล่งพลังงานเป็น Lithium coin cell อายุการใช้งานไม่น้อยกว่า 10 ปี
4. เครื่องบันทึกข้อมูลสามารถรับสัญญาณ และบันทึกข้อมูลความเร็วลมไม่น้อยกว่าระหว่าง 0 – 200 ไมล์ต่อชั่วโมง
5. เครื่องบันทึกข้อมูลสามารถรับสัญญาณและบันทึกข้อมูลทิศทางลมระหว่าง 0–360 องศา และเป็นทิศทางไม่น้อยกว่า 16 ทิศทาง
6. หน่วยความเร็วลมสามารถเลือกใช้ได้เป็นไมล์/ชั่วโมง และกิโลเมตร/ชั่วโมง และเมตร/วินาที
7. สามารถรับสัญญาณความเร็วและทิศทางลมได้พร้อมกัน
8. การเปลี่ยนแปลงข้อมูลทิศทางลมทุกๆ 0.1 ไมล์/ชั่วโมง
9. ความผิดพลาดการบันทึกทางลม บวก หรือลบ 2 องศา
10. การเปลี่ยนแปลงข้อมูลทิศทางลมทุก ๆ 1.5 องศา
11. ความผิดพลาดการบันทึกทางลม ± 2 องศา
12. การเก็บบันทึกข้อมูลสามารถเก็บบันทึกข้อมูลความเร็ว ทิศทางลมในหน้าที่ต่าง ๆ รวมกันได้ไม่น้อยกว่า 15 หน้าที่ (functions) ในขณะเดียวกันในการ์ดบันทึกข้อมูล
13. มีกล่องเก็บเครื่องบันทึกข้อมูลขนาดกะทัดรัด สามารถป้องกันน้ำเข้าได้อย่างดี
14. เก็บข้อมูลใส่การ์ดขนาดความจุ 256 Kb และสามารถถอดเปลี่ยนได้
15. การเก็บบันทึกข้อมูลโดยเครื่องบันทึกข้อมูลสามารถวัด บันทึก และ วิเคราะห์ได้ ดังนี้
    15.1 ค่าความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้เช่น 1 5 10 15 30 นาที ชั่วโมง
    15.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เบี่ยงเบนค่าเฉลี่ย ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ได้เช่น 1 5 10 15 30 นาที ชั่วโมง

15.3 ค่าความเร็วลมสูงสุด และความเร็วลมต่ำสุด ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ได้เช่น
1 5 10 15 30 นาที ชั่วโมง

15.4 ค่าทิศทางลมเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนทิศทางลมเฉลี่ย ในช่วงเวลาต่าง ๆ คือ
1 5 10 15 30 นาที ชั่วโมง

16. การแสดงผลข้อมูลสามารถแสดงได้โดย
    16.1 แสดงผลจากเครื่องบันทึกข้อมูลผ่านทางจอ LCD ขนาด 4 x 20 ตัวอักษร
    16.2 มีการหักลบชดเชยค่าอุณหภูมิโดยอัตโนมัติ
    16.3 โดยการถอดเก็บการ์ดหน่วยความจำ (memory card) เพื่อให้ใช้งานใหม่ได้
    16.3 หน้าจอ LED แสดงสถานะที่แตกต่างกันของการทำงาน
17. เครื่องบันทึกข้อมูลมีฟังก์ชั่น ช่วยในการปฏิบัติงานเพื่อใช้ในการประหยัดพลังงาน
18. สามารถตรวจสอบ ลบข้อมูลในการ์ดหน่วยความจำเพื่อให้ใช้งานใหม่ได้
19. ช่องรับสัญญาณมีช่องรับสัญญาณความเร็วและทิศทางลม
20. มี serial ports เป็นแบบ RS 232 สามารถปรับเพิ่มได้ถึง 115 kBoud
21. แหล่งพลังงาน
    21.1 แบตเตอรี่ 2 ก้อน อัลคาไลด์ ขนาดไม่เกิน 9 VDC สามารถหาซื้อได้ทั่วไปในท้องตลาด และสามารถใช้บันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 6 เดือน
    21.2 แบตเตอรี่ขนาดไม่น้อยกว่า 12 VDC สามารถบรรจุไฟใหม่ได้
    21.3 มีระบบชาร์ตแบตเตอรี่โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเพื่อบรรจุแบตเตอรี่แห้งขนาด 12 VDC
22. โปรแกรมการทำงานที่สามารถทำงานกับเครื่องวัดและบันทึกข้อมูลความเร็วและทิศทางลมแบบอัตโนมัติ ได้เป็นอย่างดี โดยสามารถแสดงข้อมูลได้ทั้งแบบกราฟและตาราง

รูปที่ ก.4 เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ พร้อมทั้งระบบระบบส่งข้อมูลผ่านระบบ GSM

ก.3 การติดตั้งระบบเครื่องมือวัด

การติดตั้งเครื่องมือวัดเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมาก การอ่านค่าความเร็วลมอาจจะมีผลกระทบโดยการรบกวนของเสาวัดลม แขนยึดเครื่องมือวัด และเครื่องมืออื่นๆ เช่นอุปกรณ์วัดทิศทางลม International Energy Agency (IEA) ได้แนะนำการติดตั้งเครื่องมือวัดไว้ใน IEA 1999 วิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการอ่านค่าความเร็วลม คือ การติดตั้งเครื่องมือวัดในแนวดิ่งที่จุดสูงสุด โดยทำการติดตั้งเครื่องมือวัดสูงขึ้นไปอย่างน้อยเป็นระยะทางสองเท่าของส้นผ่าศูนย์กลางของเสาวัดลม แอนนิโมมิเตอร์ ควรจะติดตั้งให้อยู่สูงกว่า เครื่องมือวัดความเร็วลมอย่างน้อย 100 มิลลิเมตร หรือถ้าวางในแนวเดียวกันระยะทางในแนวนอนควรจะห่างกันอย่างน้อยที่สุด 10 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของอุปกรณ์ตัวที่ใหญ่ที่สุดในแนวดิ่ง

เครื่องมือวัดที่อยู่ด้านล่างควรติดตั้งอยู่บนแขนซึ่งอยู่ห่างจากผลกระทบของเสาวัดลม ตาม IEA 1999 สำหรับเสาโครงถักเครื่องมือวัดควรมีระยะห่างอย่างน้อย 3.7 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเสา (วัดจากกึ่งกลางเสา) ซึ่งโครงการนี้ใช้เสาแบบรั้งด้วยเชือกขนาดเส้นผ่าศูนย์ 450 มิลลิเมตรการจัดว่างตำแหน่งเครื่องมือวัดดังแสดงในรูปที่ ก.5 และ ก.6 ระยะด้านล่างของเครื่องมือวัดควรมีค่าอย่างน้อยสองเท่าของแขนยึดเครื่องมือวัด และ IEA 1999 แนะนำว่าการติดตั้งเครื่องวัดความเร็วลมควรสูงอย่างน้อย 12 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของแขนยึดเครื่องมือวัด

ภาคผนวก ก-2

รูปเสาวัดลมและระบบเครื่องมือวัดที่ติดตั้งของโครงการ

รูปที่ ก.5 รูปเสาวัดลม การติดตั้งเครื่องมือวัด เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต. แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี

รูปที่ ก.6 รูปเสาวัดลม ที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี

รูปที่ ก.7 สายล่อฟ้า แผงพลังงานแสงอาทิตย์ และไฟสัญญาณเครื่องบิน ที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต. แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี

รูปที่ ก.8 แผงพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชาร์ทแบตเตอรี่เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานให้ระบบเครื่องมือวัดลมระบบบันทึกข้อมูล ที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต. แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี

รูปที่ ก.9 การตรวจสอบการติดตั้งเสาและเครื่องมือวัด
ที่ มหาวิทยาลัยบูรพา ต. แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี

รูปที่ ก.10 ระบบเครื่องมือวัดลม ระบบบันทึกข้อมูล ที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี

รูปที่ ก.11 การตรวจสอบการติดตั้งเสาและเครื่องมือวัด ที่ ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี

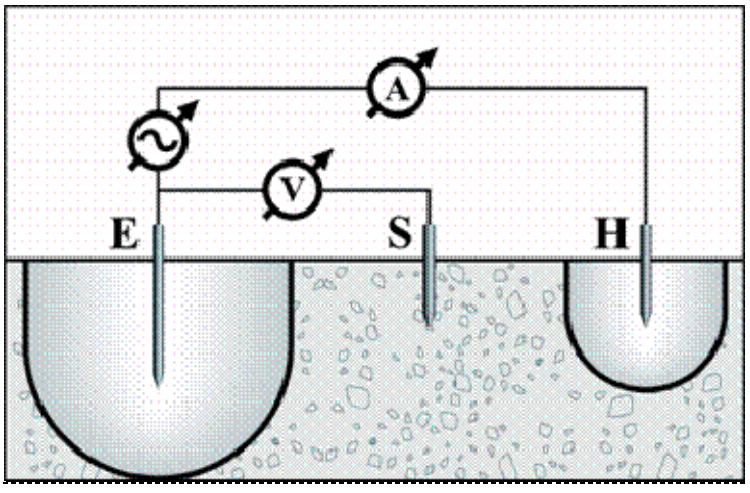
รูปที่ ก.12 การไปตรวจความเรียบร้อยทางโยธา

ภาคผนวก ก-3

การวัดความต้านทานดิน

การวัดความต้านทานดินในโครงการนี้อ้างอิงกับกับวิธี Fall-of-Potential Method วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดวิธีหนึ่ง โดยจะใช้วิธีการปักอิเลคโทรด 3 จุดดังรูปที่ ก.13 โดยจุด E คือ จุดที่ต้องการวัดความต้านทานดิน ขณะที่อิเลคโทรด S ควรจะถูกปักลงที่ระยะที่เหมาะสมเพราะจะได้รับผลกระทบที่เกิดจากอิทธิพลของแท่งอิเลคโทรด E และ H (สำหรับระยะระหว่างแท่งอิเลคโทรด E กับ S ที่ใช้วัดความต้านดินสำหรับสถานที่วัดลมทั้ง 4 แห่งจะอยู่ระหว่าง 15 เมตร ถึง 20 เมตร) อย่างไรก็ตาม เราสามารถดูผลกระทบของระยะระหว่างแท่งอิเลคโทรดได้โดยการปรับเปลี่ยนระยะระหว่าง E กับ S แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานดินที่วัดได้ หากมีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก ก็แสดงว่าระยะที่เราใช้นั้นเหมาะสม

วิธีนี้ Fall-of-Potential Method จะต้องมีแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าระหว่างอิเลคโทรด E กับ H จากนั้นเราจะทำการวัดกระแสระหว่างจุด E กับจุด H และวัดแรงดันระหว่างจุด E กับจุด S ความต้านทานของดินหาได้จากอัตราส่วนของแรงดันที่อ่านได้จากโวลท์มิเตอร์และค่ากระแสที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน การวัดความต้านทานดินสามารถกระทำได้สะดวกสบายขึ้นโดยเครื่องมือวัดความต้านทานดินที่มีแหล่างจ่ายกระแส แอมมิเตอร์ และ โวลท์มิเตอร์ รวมอยู่ในเครื่องเดียวกัน ตามมาตรฐานของการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ที่จัดทำโดยคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ร่วมกับ การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้มีการกำหนดไว้ว่า ค่าความต้านทานดินของหลักดินกับดินต้องไม่เกิน 5 โอห์ม



รูปที่ ก.13 การวัดความต้านทานดินแบบ Fall-of-Potential Method

เอกสารอ้างอิง

[1] Coppin, P.A., Ayotte,K.A., Steggel, N. “Wind Resource Assessment in Australia-a Planner Guide” October 2003.

[2] http://www.duncaninstr.com/Gr_article.htm

[3] มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2545 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

[4] เอกสารประกอบการสอนวิชา ปฏิบัติการระบบไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รูปที่ ก.14 เครื่องมือวัดความต้านทานดิน

รูปที่ ก.15 แท่งอิเลคโทรดที่ใช้ในการวัดความต้านทานดิน

รูป ก.16 ตัวอย่างการติดตั้งเครื่องวัดค่าความต้านทานดิน

รูป ก.17 ตัวอย่างการติดตั้งเครื่องวัดค่าความต้านทานดิน

รูปที่ ก.18 ตัวอย่างการวัดค่าความต้านทาน

ภาคผนวก ข

ข.1 รายละเอียดการทำงานของโปรแกรม Meteodyn

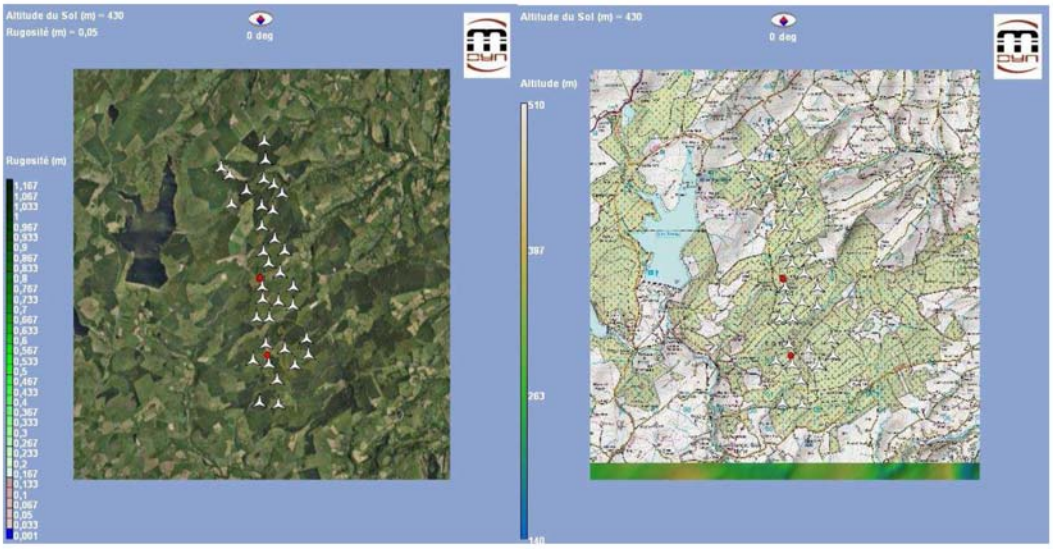
Meteodyn คือ โปรแกรมชั้นสูงที่พัฒนาโดยอาศัยหลักการของ อากาศพลศาสตร์ CFD และวิศวกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศ เข้าด้วยกันโปรแกรม Meteodyn เป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพการคำนวณที่สูงมากสำหรับการประเมินศักยภาพพลังงานลมเฉพาะแหล่ง (Micrositing)โดยสามารถคำนวณในรายละเอียดของพื้นที่ได้ถึง 25 เมตรx 25 เมตร และสามารถให้ผลการคำนวณในลักาณะต่างๆ ประกอบด้วย ความเร็วลมเฉลี่ยรายปี (Average annual wind speed) กำลังผลิตเฉลี่ยรายปี (Average power production) พารามิเตอร์ของกราฟการกระจายความเร็วลมแบบไวน์บูล (Weibull distribution) เป็นต้น

การประมวลผลของโปรแกรม Meteodyn อาศัยหลักการของการคำนวณ (Computational Fluid Dynamic) โดยอาศัยการแก้สมการค่าคงตัวของ Reynolds Averaged Navier-Stoke ที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 โปรแกรม Meteodyn คือ โปรแกรมชั้นสูงที่พัฒนาโดยอาศัยหลักการของอากาศพลศาสตร์การคำนวณพลศาสตร์ของไหล (CFD) และวิศวกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศเข้าด้วยกันซึ่งเหมาะสมสำหรับพื้นที่ภูมประเทศที่มีความซับซ้อนที่แบบจำลองแบบเชิงเส้นอาจจะไม่มีความเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดในภูมิประเทศที่มีความชันหรือความลาดเอียงขีดจำกัดดังกล่าวอาจจะนำไปสู่ความไม่แน่นอนในการประเมินพลังงานที่คาดว่าจะได้รับจากทุ่งกังหันลม เพื่อที่จะคำนวณการไหลทางอากาศพลศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง การคำนวณแบบพลศาสตร์ของไหลคือ เครื่องมือที่มีความจำเป็นอย่างมากสำหรับการสร้างแบบจำลองของลมในพื้นที่ที่มีภูมิประเทศแบบซับซ้อน เพื่อที่จะได้รับพลังงานที่ได้รับจากลมมากที่สุดและเพื่อให้ค่าใช้จ่ายก่อนที่จะในการพัฒนาทุ่งกังหันลมในอนาคต

ข.2 หลักการทำงานโดยสังเขปของโปรแกรม Meteodyn

ขั้นตอนการทำงานโดยทั่วไปของโปรแกรม Meteodyn มีดังนี้

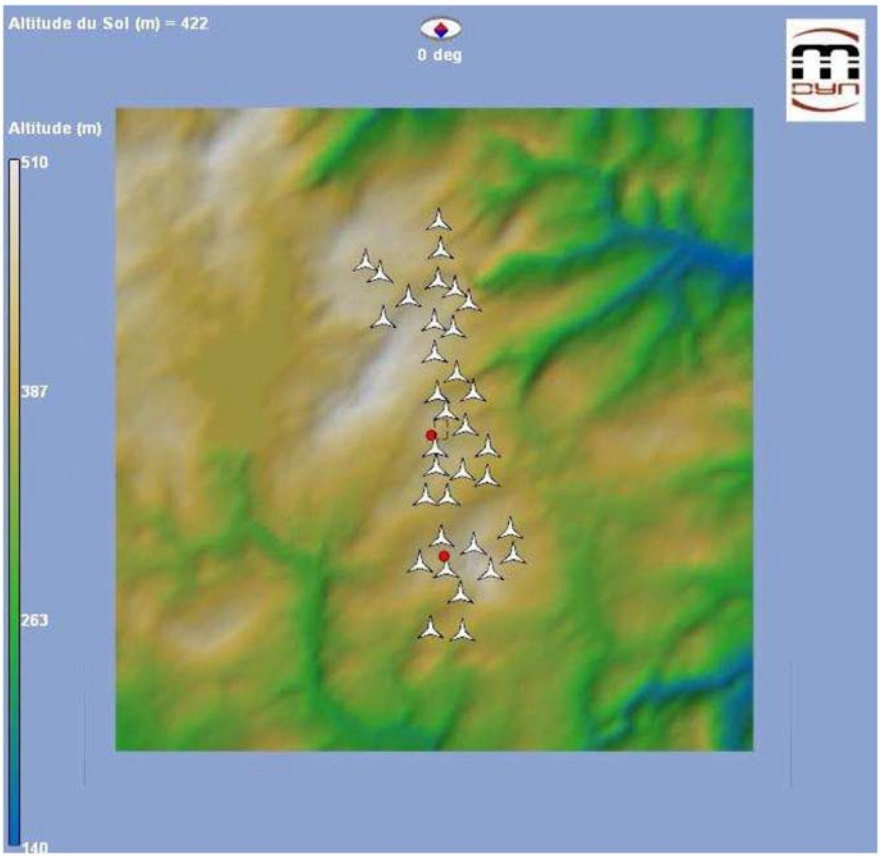
ขั้นตอนที่ 1 จัดทำแผนที่พร้อมระบุตำแหน่งเสาวัดลมและติดตั้งกังหันลมในแผนที่
ตัวอย่างการวางตำแหน่งเสาวัดลมซึ่งมี 2 ต้นในพื้นที่ภูมิประเทศของพื้นที่ขนาด 7x3 ตารางไมล์ที่มีภูมิประเทศที่ซับซ้อนพื้นที่ดังกล่าวคาดว่าจะทำการติดตั้งทุ่งกังหันลมที่มีจำนวนกังหันลมทั้งสิ้น 34 ตัว พื้นที่ดังกล่าวมีการติดตั้งเสาวัดลม 2 ชุด รูปที่ ข.1 แสดงผลลัพธ์ที่ได้รับจากโปรแกรม Meteodyn WT จุดสีแดงแสดงตำแหน่งของเสาวัดลม ขณะที่เครื่องหมายสีขาวแสดงตำแหน่งกังหันลม เห็นได้ชัดว่ากังหันลมถูกติดตั้งในพื้นที่ที่เป็นป่าไม้



รูปที่ ข.1 แผนที่ของสถานที่และตำแหน่งของเสาวัดลมและกังหันลม

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแผนที่ข้อมูลความสูงของพื้นที่ (Orographical data)

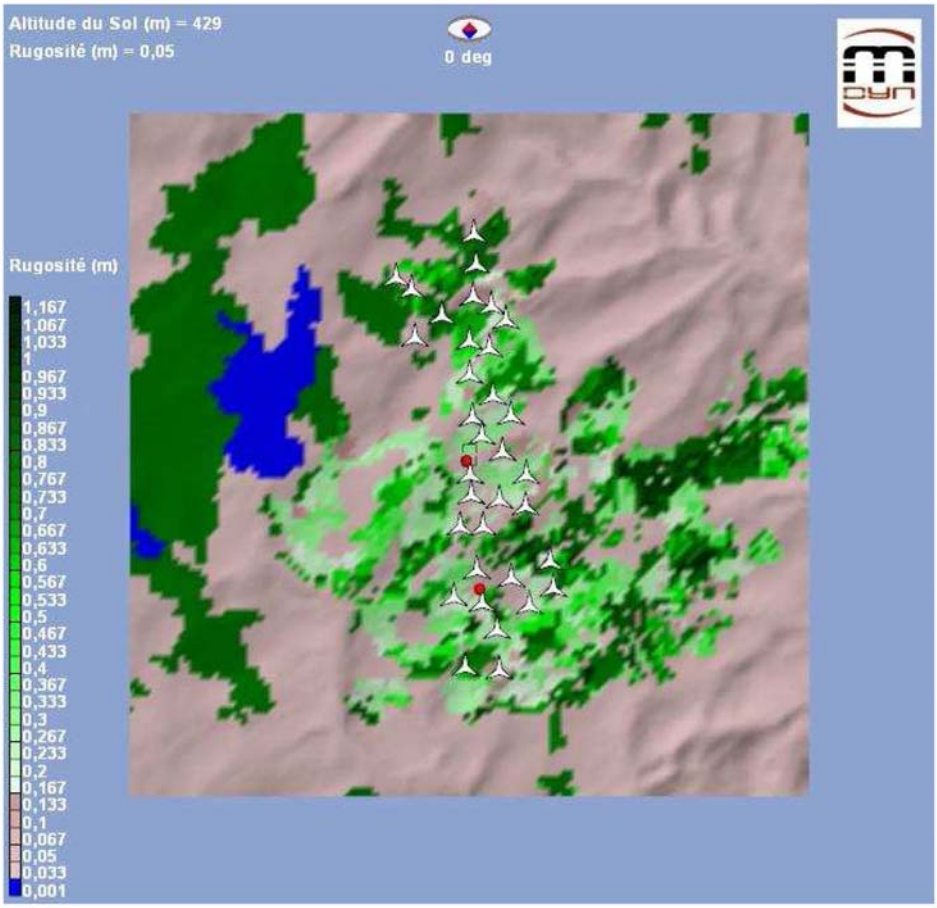
ตัวอย่างผลลัพธ์ของโปรแกรม Meteodyn ใช้แผนที่ความสูงของภูมิประเทศที่สร้างจาก ASTER Global Digital Elevation Model ที่มีความละเอียดขนาด 30 เมตร ดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 แผนที่ข้อมูลความสูงของพื้นที่

ขั้นตอนที่ 3 สร้างแผนที่ข้อมูลความขรุขระของพื้นที่ (Roughness data)

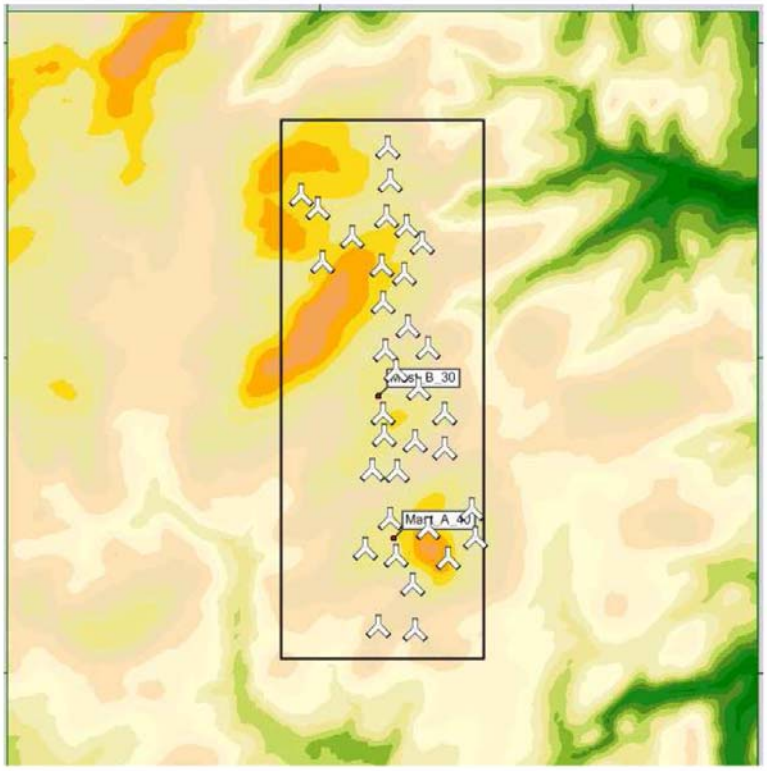
โปรแกรม Meteodyn จะสร้างแผนที่ข้อมูลความขรุขระ (Roughness map) ของทั้งสองสถานที่รายละเอียดอย่างสมบูรณ์ของสถานที่ซึ่งรวมความสูงของต้นไม้จะนำมาใช้ในการสร้างความขรุขระของพื้นที่ (Roughness map) โดยโปรแกรม Meteodyn WT แผนที่ความขรุขระของพื้นที่ในรูปที่ ข.2 แสดงได้ดังรูปที่ ข.3 ซึ่งมีความละเอียดเท่ากับ 25 เมตร



รูปที่ ข.3 แผนที่ข้อมูลความขรุขระของพื้นที่

ขั้นตอนที่ 4 การระบุกรอบตำแหน่งที่ต้องการคำนวณ (Mapping Area)

เราสามารถระบุพื้นที่ที่เราสนใจในการคำนวณลงในแผนที่โดยการตีกรอบดังรูปที่ ข.4 เพื่อที่จะประเมินศักยภาพพลังงานลมและระบุหาตำแหน่งการติดตั้งกังหันลมในพื้นที่ที่ตีกรอบ



รูปที่ ข.4 การระบุกรอบตำแหน่งที่ต้องการคำนวณ (Mapping Area)

ขั้นตอนที่ 5 การระบุตำแหน่งเสาวัดลมและเครื่องมือวัดลม

ตำแหน่งเสาวัดลมและเครื่องมือวัดลมจะถูกระบุลงไปในโปรแกรมในรูปของพิกัดละติจูด (Latitude) และ ลองติจูด (Longitude) ดังตัวอย่างในตารางที่ ข.1 สำหรับการตำแหน่งเสาวัดลม 2 จุดคือ ที่ตำแหน่ง A และ B ค่า XXXXX และ YYYYY เป็นแต่เพียงค่าสมมติเท่านั้นไม่ใช่ค่าพิกัดละติจูดและลองติจูดจริงแต่อย่างใด

ตารางที่ ข.1 ตำแหน่งเสาวัดลม A และ B

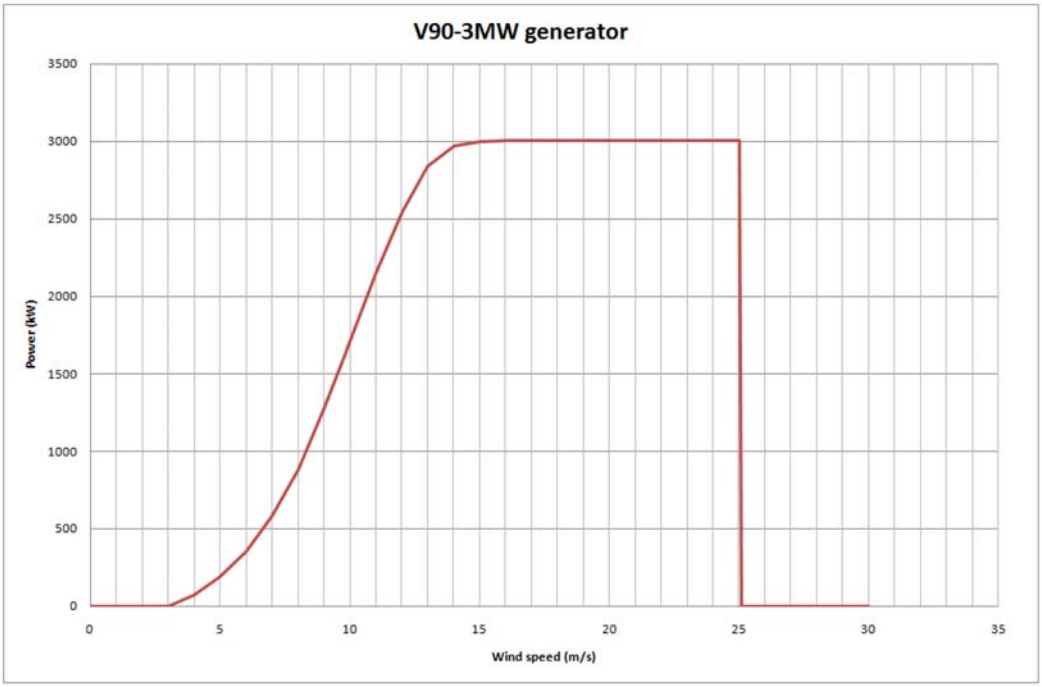
Mast name	Easting (m)	Northing (m)
Tower A	XXXXX	YYYYY
Tower B	XXXXX	YYYYY

ขั้นตอนที่ 6 ป้อนข้อมูลกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและกำลังผลิตที่ได้

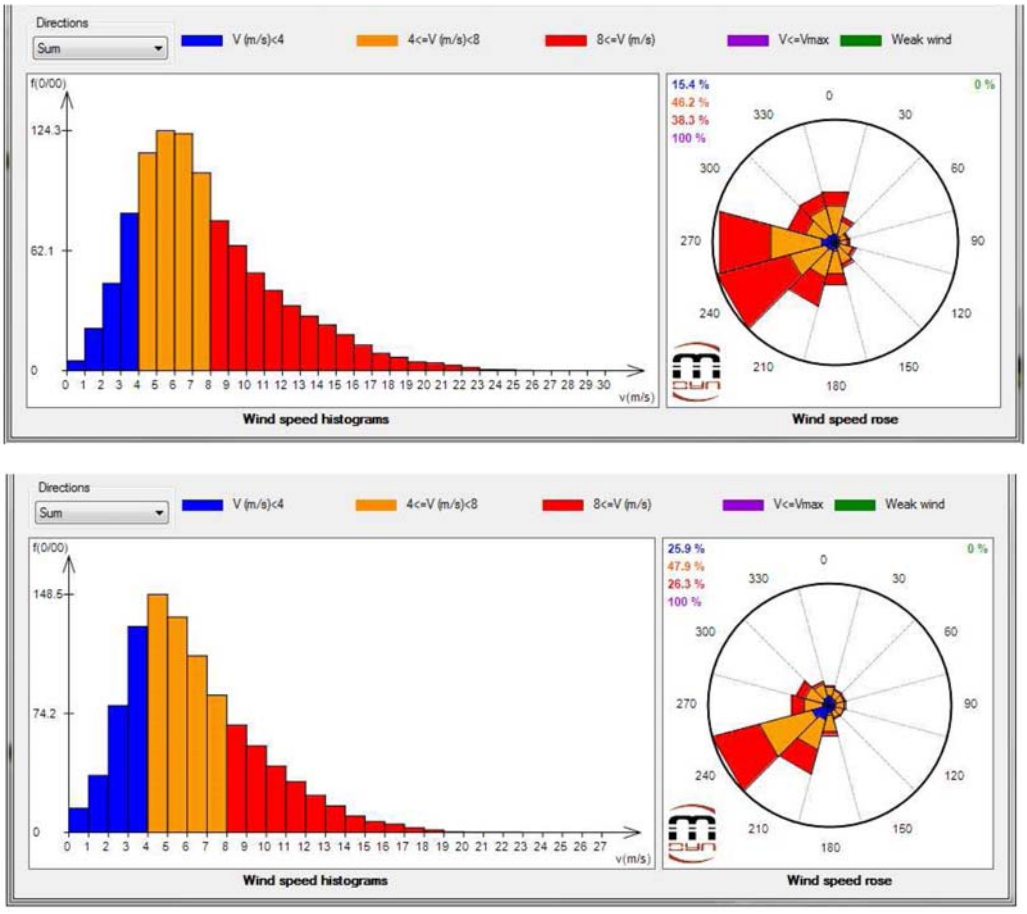
ในที่นี้หากเราเลือกกังหันลม V90-3 MW ของบริษัท Vestas กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและกำลังผลิตที่ได้แสดงได้ดังรูปที่ ข.5

ขั้นตอนที่ 7 ผลลัพธ์กราฟการกระจายความเร็วลม

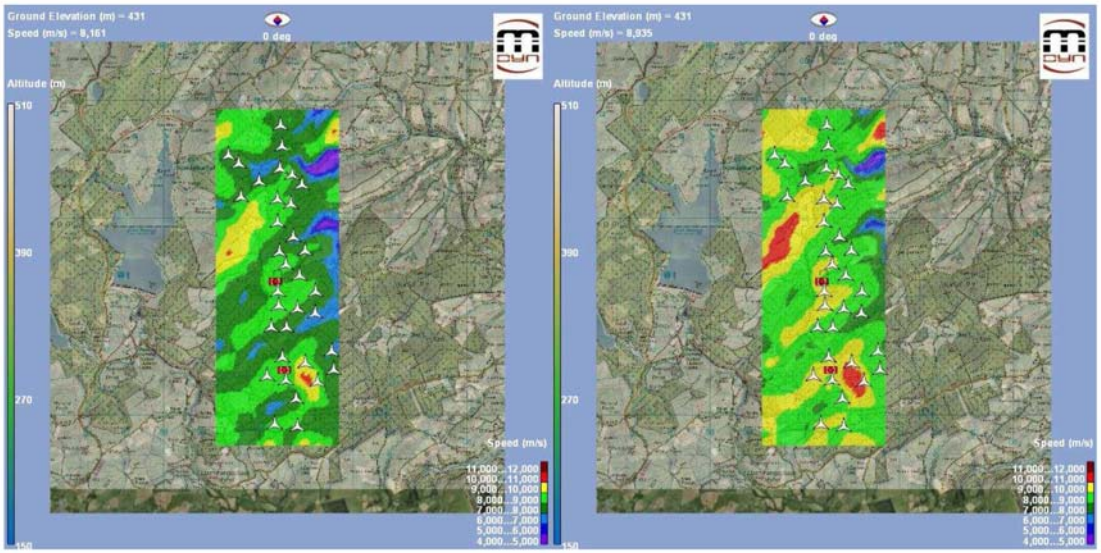
ตัวอย่างกราฟการกระจายความเร็วลมและทิศทางลมที่ได้จากโปรแกรม Meteodyn แสดงได้ดังรูปที่ ข.6 สำหรับเสาวัดลมต้นที่ A และ B



รูปที่ ข.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและกำลังผลิตที่ได้



รูปที่ ข.6 กราฟการกระจายความเร็วลมและทิศทางลมของเสาวัดลมต้น A และ B ตามลำดับ



รูปที่ ข.7 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมแบบ 2 มิติที่ความสูง 80 เมตร (ทางซ้าย) และที่ความสูง 105 เมตร (ทางขวา)