

## บทที่ 4

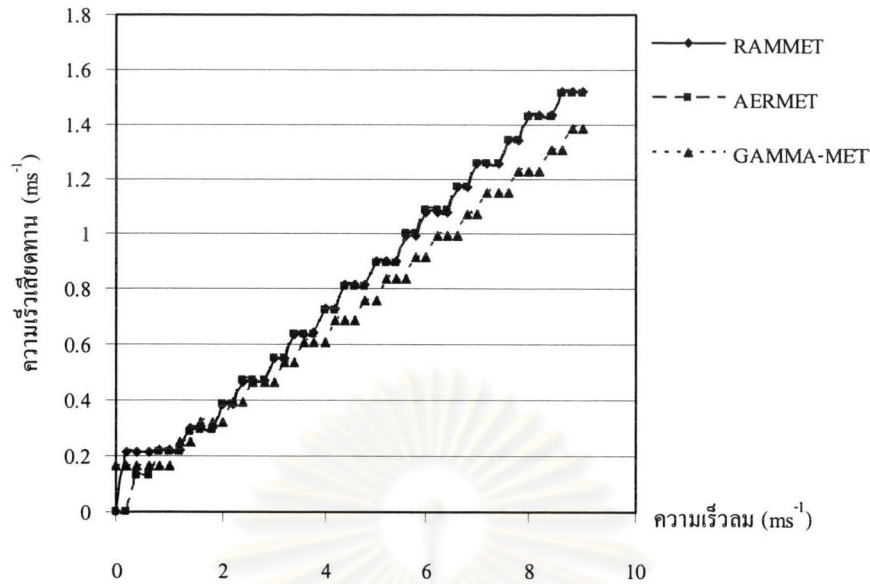
### ผลการศึกษา

#### 4.1 ผลการทดสอบความไวของแบบจำลอง

การศึกษาความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยในแบบจำลอง (Model Sensitivity) เป็นการศึกษาถึงการตอบสนองหรือการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่ศึกษาและคงค่าปัจจัยอื่นสำหรับแบบจำลอง โดยในกรณีนี้จะศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเสียดทาน และค่าของ Monin-Obukhov Length ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องในแต่ละปัจจัยทั้งหมด 4 ปัจจัยซึ่งสาเหตุที่ศึกษา 4 ปัจจัยนี้เนื่องจากเป็นปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณของความเร็วเสียดทาน และ Monin-Obukhov Length ได้แก่ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความเข้มแสง และค่าของความขรุขระพื้นผิว โดยจะทำการเปรียบเทียบในแต่ละปัจจัยระหว่าง 3 แบบจำลองที่ทำการทดสอบ และเปรียบเทียบในแต่ละแบบจำลองถึงการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย

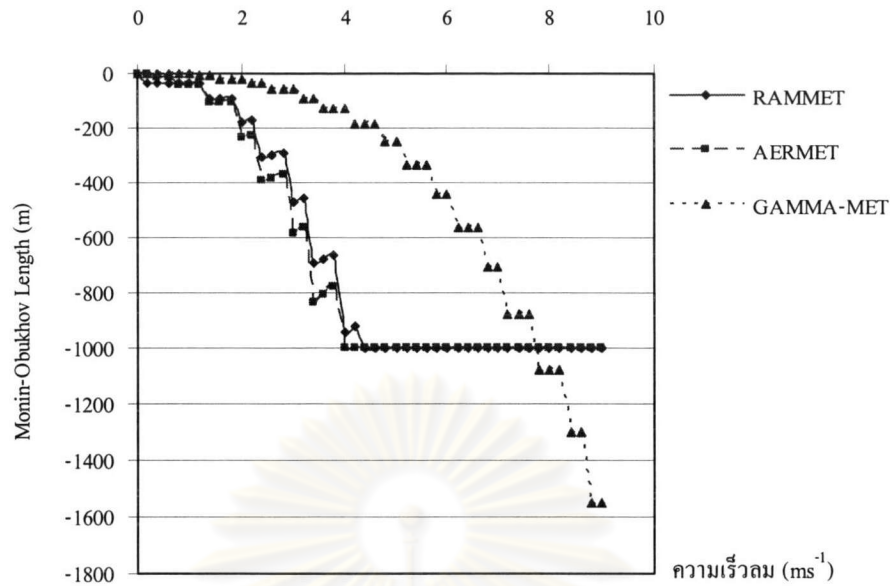
##### 4.1.1 ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วลม

ค่าการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมที่ใช้ในการศึกษาความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองอยู่ในช่วงระหว่าง 0–9 เมตรต่อวินาที พบว่าการเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมต่อผลของความเร็วเสียดทาน มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันทั้ง 3 แบบจำลอง โดยเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าของความเร็วเสียดทานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และสำหรับผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของทั้ง 3 แบบจำลองพบว่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยค่าของ RAMMET และ AERMET มีค่าใกล้เคียงกันมากแต่จะแตกต่างกันเฉพาะในช่วงแรก โดยที่ความเร็วลมต่ำคือประมาณ 0-1 เมตรต่อวินาที ค่าของ RAMMET ให้ค่าที่คงที่คือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีค่าความเร็วลมต่ำ แต่แบบจำลองของ AERMET จะมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่มีความเร็วลมต่ำด้วย และสำหรับแบบจำลอง GAMMA-MET ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงที่ต่ำกว่าแบบจำลองอื่น และเมื่อความเร็วลมต่ำ GAMMA-MET จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าของความเร็วเสียดทานเช่นเดียวกับ RAMMET ดังนั้นเมื่อมีความเร็วลมต่ำแบบจำลอง AERMET จะให้ผลการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดจากทั้ง 3 แบบจำลอง โดยผลที่ได้แสดงดังในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมที่มีต่อค่าของความเร็วเสียดทาน

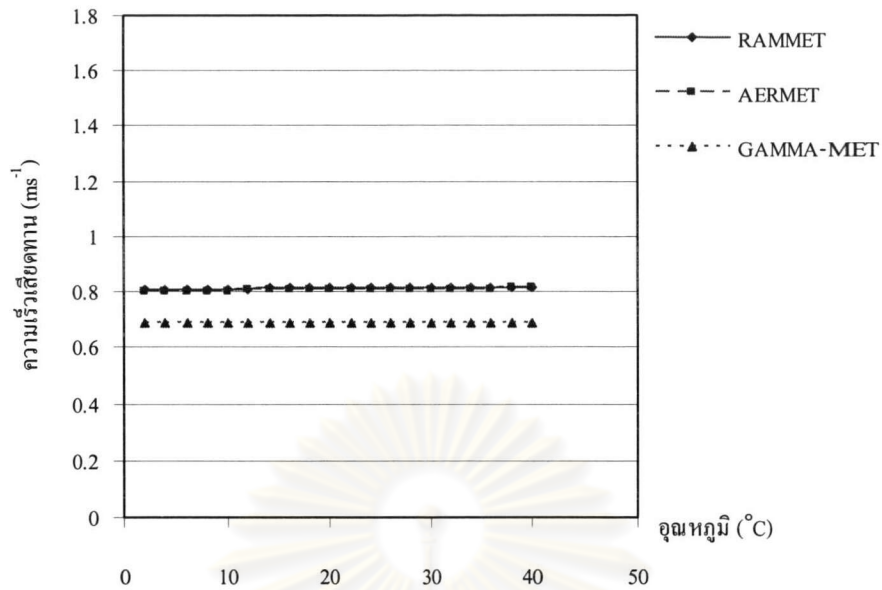
และผลของ Monin-Obukhov Length เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วลมพบว่าแนวโน้มไปในทางเดียวกันเช่นทั้ง 3 แบบจำลอง เช่นเดียวกับผลของความเร็วเสียดทาน โดยเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าของ Monin-Obukhov Length มีค่าที่ลดลง โดยผลที่ได้พบว่ามีค่าที่น้อยกว่า 0 หมายความว่ามีความไม่เสถียรของบรรยากาศที่เป็นแบบ Unstable โดยการเปลี่ยนแปลงของ RAMMET และ AERMET มีค่าที่ใกล้เคียงกันและค่า Monin-Obukhov Length เริ่มเป็นค่าคงที่ที่  $-1000$  เมตร ในช่วงความเร็วลมประมาณ 4 เมตรต่อวินาที แต่สำหรับแบบจำลอง GAMMA-MET จะให้ค่าที่แตกต่างจากแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลอง โดยให้ค่า Monin-Obukhov Length ที่ลดลงเรื่อยๆ ซึ่งค่าที่ได้แตกต่างจาก RAMMET และ AERMET ก่อนข้างมากดังแสดงในรูปที่ 4.2 ดังนั้นสำหรับการเปลี่ยนแปลงของ Monin-Obukhov Length ที่เกิดจากความเร็วมพบว่าเป็นแบบจำลอง GAMMA-MET ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงความเร็วลมสูงมากกว่าแบบจำลอง RAMMET และ AERMET แต่ในช่วงที่มีความเร็วลมค่อนข้างต่ำคือน้อยกว่าประมาณ 0-2 เมตรต่อวินาที แบบจำลอง RAMMET และ AERMET ให้ผลของการเปลี่ยนแปลง Monin-Obukhov Length มากกว่าแบบจำลอง GAMMA-MET



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมที่มีต่อค่าของ Monin-Obukhov Length

#### 4.1.2 ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

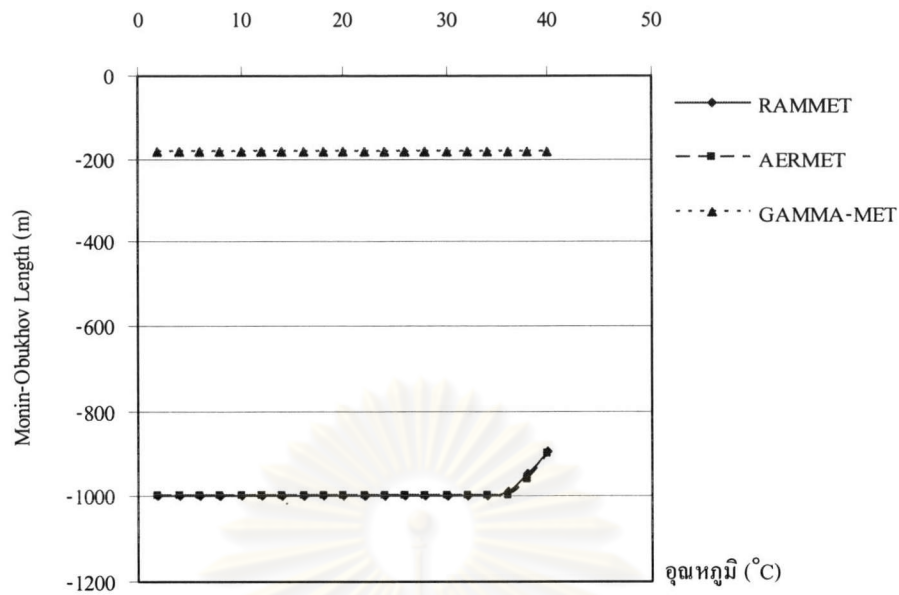
ช่วงของอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองอยู่ในช่วงระหว่าง 0–40 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเร็วเสียดทานเพิ่มขึ้นแต่จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยในแบบจำลอง RAMMET ผลของความเร็วเสียดทานที่ได้อยู่ในช่วง 0.810–0.817 เมตรต่อวินาที เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และในแบบจำลอง AERMET ผลของความเร็วเสียดทานที่ได้อยู่ในช่วง 0.80–0.81 เมตรต่อวินาที เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยผลที่ได้จากทั้ง 2 แบบจำลองนี้มีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่แบบจำลอง GAMMA-MET จะให้ค่าที่ต่ำกว่าคืออยู่ที่ประมาณ 0.68 เมตรต่อวินาที และไม่มีการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเสียดทานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ โดยผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตัวที่มีต่อค่าของความเร็วเสียดทาน

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตัวและค่า Monin-Obukhov Length มีค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากเช่นเดียวกับค่าของความเร็วเสียดทาน สำหรับแบบจำลอง RAMMET ผลที่ได้มีค่า Monin-Obukhov Length คงที่ที่ -1000 เมตร จนถึงอุณหภูมิตัว 36 องศาเซลเซียส จึงจะให้ค่า Monin-Obukhov Length ที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับแบบจำลอง AERMET แต่แบบจำลอง AERMET ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงที่คงที่จนถึงช่วงอุณหภูมิตัว 38 องศาเซลเซียสจึงให้ค่า Monin-Obukhov Length ที่เพิ่มขึ้น และเช่นเดียวกันในแบบจำลอง GAMMA-MET ค่าของอุณหภูมิตัวที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ Monin-Obukhov Length โดยแบบจำลอง GAMMA-MET จะให้ค่า Monin-Obukhov Length ที่ได้มีค่าสูงกว่าแบบจำลองทั้ง 2 คือมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ -180 เมตร แต่แบบจำลอง RAMMET และ AERMET จะให้ค่าอยู่ในช่วงประมาณ -1000 เมตร ดังรูปที่ 4.4



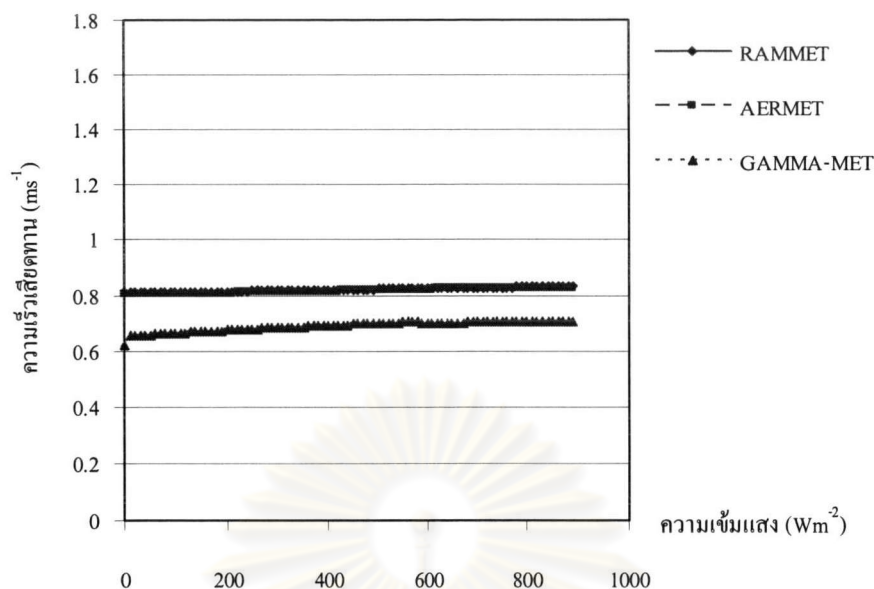


รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อค่าของ Monin-Obukhov Length

#### 4.1.3 ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง

ช่วงความเข้มแสงที่ใช้ในการทดสอบความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองอยู่ในช่วงระหว่าง 0 - 890 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่มีผลต่อค่าของความเร็วเสียดทานมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือเมื่อมีความเข้มแสงเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่าของความเร็วเสียดทานเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในการเปลี่ยนแปลงผลของความเร็วเสียดทานของ RAMMET และ AERMET พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดย RAMMET ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.810 - 0.829 เมตรต่อวินาที และ AERMET ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.803 - 0.828 เมตรต่อวินาที แต่ในแบบจำลอง GAMMA-MET ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงที่ต่ำกว่าคืออยู่ในช่วง 0.618 - 0.705 เมตรต่อวินาที โดยผลของการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของทั้ง 3 แบบจำลองพบว่ามีผลต่อความเร็วเสียดทานน้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.5

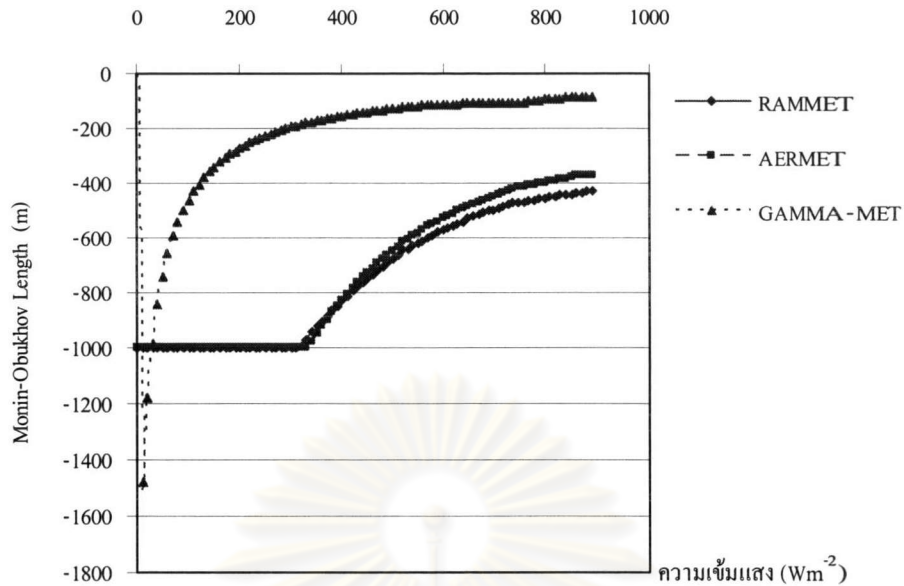
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่มีต่อค่าของความเร็วเสียดทาน

ผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงต่อค่าของ Monin-Obukhov Length พบว่าเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น ค่าของ Monin-Obukhov Length มีค่าที่สูงขึ้น โดยแบบจำลอง RAMMET มีการเปลี่ยนแปลงที่คงที่จนถึงค่าความเข้มแสงเท่ากับ 320 วัตต์ต่อตารางเมตร จึงมีการเปลี่ยนแปลงของ Monin-Obukhov Length ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับแบบจำลอง AERMET ที่ให้การเปลี่ยนแปลงที่คงที่เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0 - 340 วัตต์ต่อตารางเมตร และหลังจากความเข้มแสงเพิ่มขึ้นจาก 340 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าการเปลี่ยนแปลงของ Monin-Obukhov Length มีค่าเพิ่มขึ้น แต่สำหรับแบบจำลอง GAMMA-MET จะให้การเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ช่วงความเข้มแสงต่ำไปจนถึงค่าความเข้มแสงเพิ่มสูงขึ้นและในช่วงที่ความเข้มแสงเป็น 0 ผลของ Monin-Obukhov Length ที่ได้มีค่าเป็นบวกแตกต่างจากแบบจำลองของ RAMMET และ AERMET และผลที่ได้จาก GAMMA-MET จะอยู่ในช่วงตั้งแต่ -80 ถึง -1500 เมตร ซึ่งแตกต่างจากค่าของ RAMMET และ AERMET คือให้ค่าอยู่ในช่วง -429 ถึง -999 และ -369 ถึง -998 เมตรตามลำดับ ดังรูปที่ 4.6

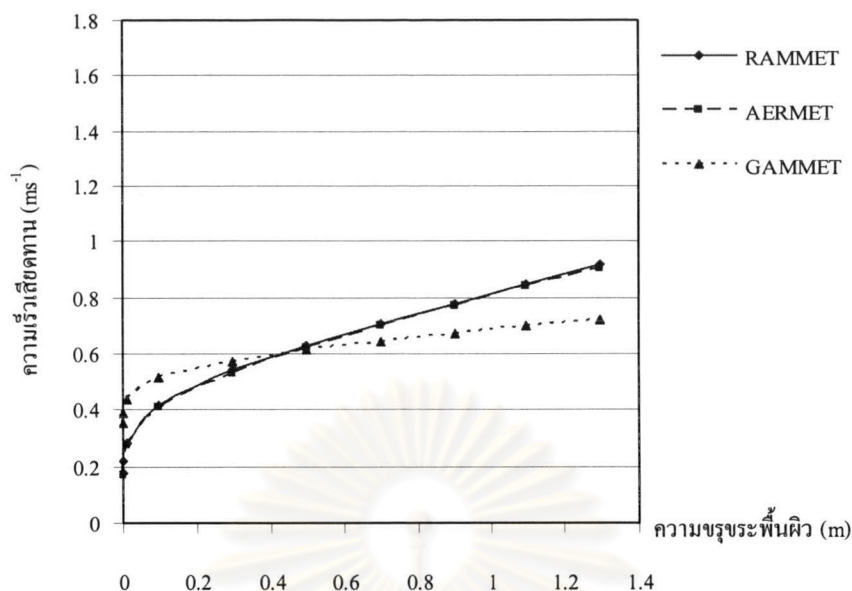
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่มีต่อค่าของ Monin-Obukhov Length

#### 4.1.4 ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความขรุขระพื้นผิว

ช่วงการเปลี่ยนแปลงของการทดสอบความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลอง สำหรับค่าของความขรุขระพื้นผิวมีค่าอยู่ในช่วง 0.0001 – 1.3 เมตร โดยผลการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเสียดทานแสดงดังในรูปที่ 4.7 ซึ่งเห็นได้ว่าค่าความขรุขระพื้นผิวมีผลต่อค่าของความเร็วเสียดทาน โดยผลจากทั้ง 3 แบบจำลองพบว่าแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือเมื่อค่าความขรุขระพื้นผิวเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเร็วเสียดทานเพิ่มขึ้นด้วย โดยผลจากแบบจำลอง RAMMET และ AERMET ให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมากคืออยู่ในช่วงระหว่าง 0.17 – 0.9 เมตรต่อวินาที แต่สำหรับแบบจำลอง GAMMA-MET ให้ค่าอยู่ในช่วง 0.3- 0.7 เมตรต่อวินาที โดยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความขรุขระพื้นผิว แบบจำลอง RAMMET และ AERMET จะมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าแบบจำลอง GAMMA-MET

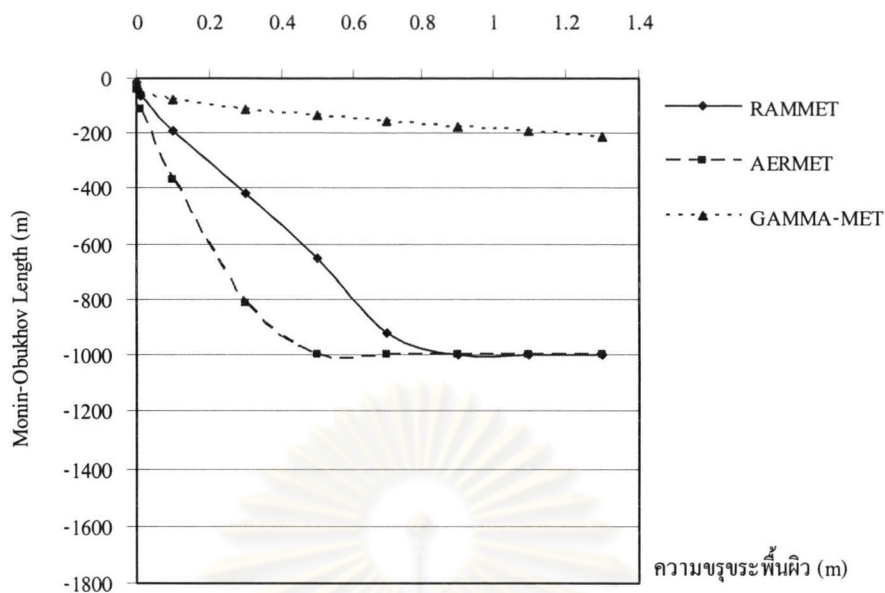


รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงความขรุขระพื้นผิวที่มีต่อค่าของความเร็วเสียดทาน

และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความขรุขระที่มีต่อค่าของ Monin-Obukhov Length พบว่าเป็นแนวโน้มไปในทางเดียวกันทั้ง 3 แบบจำลองโดยเมื่อค่าความขรุขระพื้นผิวเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่าของ Monin-Obukhov Length ลดลง คือมีลักษณะแบบ Unstable ลดลง โดยแบบจำลอง RAMMET ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของ Monin-Obukhov Length ลดลง เมื่อความขรุขระพื้นผิวเพิ่มมากขึ้นและคงที่เมื่อมีค่าความขรุขระพื้นผิวเท่ากับ 1.1 เมตร และในแบบจำลอง AERMET ให้ค่าที่ลดลงจนถึงค่าความขรุขระพื้นผิวเท่ากับ 0.7 เมตร จึงให้ค่าที่คงที่ แต่สำหรับแบบจำลอง GAMMA-MET ให้ค่าที่เปลี่ยนแปลงลดลงอยู่ในช่วงตั้งแต่ -26.2 ถึง -213.5 เมตร โดยมีการเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆเมื่อค่าความขรุขระพื้นผิวเพิ่มมากขึ้น แต่การลดลงที่เกิดขึ้นของ GAMMA-MET จะลดลงไม่มากนัก ดังรูปที่ 4.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงความขรุขระพื้นผิวที่มีต่อค่าของ Monin-Obukhov Length

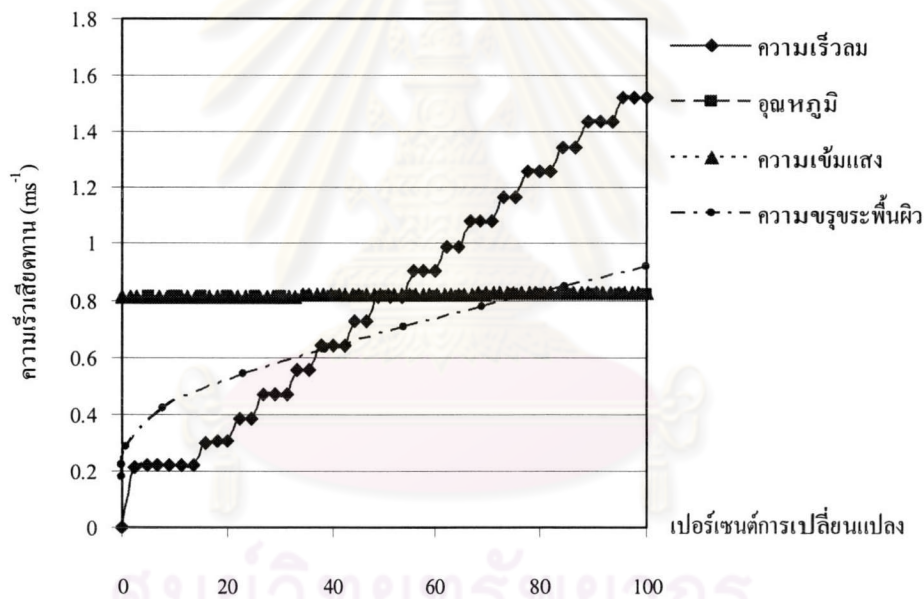
จากการทดสอบความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยในแบบจำลองโดยใช้ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 4 ปัจจัยหลักได้แก่ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความเข้มแสง และความขรุขระพื้นผิวต่อการทดสอบสำหรับค่าของความเร็วเสียดทาน พบว่าเมื่อมีค่าความเร็วลมต่ำแบบจำลอง GAMMA-MET และ RAMMET ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นน้อยกว่าแบบจำลอง AERMET สำหรับอุณหภูมิและความเข้มแสงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของทั้ง 3 แบบจำลองไม่แตกต่างกันมากนัก และสำหรับค่าความขรุขระพื้นผิวพบว่า RAMMET และ AERMET มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นมากกว่า GAMMA-MET เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของค่าความขรุขระพื้นผิว

สำหรับผลของ Monin-Obukhov Length พบว่าเมื่อความเร็วลมสูงแบบจำลอง GAMMA-MET ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงมากกว่าแบบจำลอง RAMMET และ AERMET ซึ่งให้ผล Monin-Obukhov Length ที่คงที่ แต่ในช่วงความเร็วลมต่ำแบบจำลอง RAMMET และ AERMET ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงมากกว่าแบบจำลอง GAMMA-MET แต่ไม่แตกต่างกันมากนัก และผลของความเข้มแสงพบว่าเมื่อความเข้มแสงต่ำแบบจำลอง GAMMA-MET มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นมากกว่าแบบจำลอง RAMMET และ AERMET ที่ให้ค่าที่คงที่ และผล Monin-Obukhov Length ที่ได้จากการเพิ่มขึ้นของความขรุขระพื้นผิวพบว่า RAMMET และ AERMET มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าแต่ให้ค่าที่คงที่ในช่วงความขรุขระเพิ่มขึ้น และแบบจำลองมีข้อกำหนดค่าความขรุขระสูงสุดแค่ 1.3 เมตร ซึ่งจะแตกต่างจาก GAMMA-MET ที่ไม่มีการกำหนดค่าความขรุขระพื้นผิวแต่การเปลี่ยนแปลงของ GAMMA-MET จะมีการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างน้อย

#### 4.1.5 การเปรียบเทียบความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยทางด้านกายภาพ

##### 1) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ RAMMET

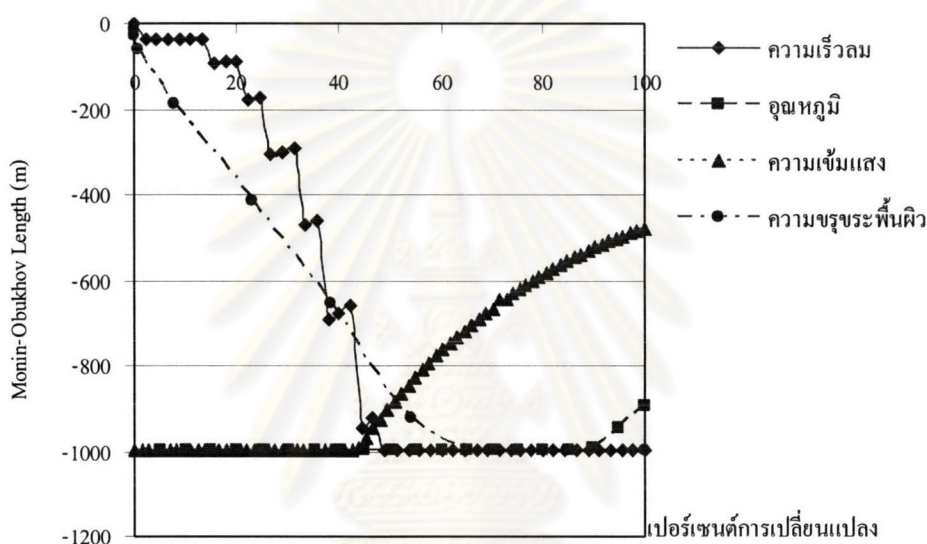
ผลจากการเปรียบเทียบความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆ ในแบบจำลอง RAMMET เป็นดังรูปที่ 4.9 ซึ่งจากรูปเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเร็วเสียดทานในแบบจำลอง RAMMET มากที่สุดได้แก่ความเร็วลม โดยที่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วลมส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความเร็วเสียดทานต่อเนื่องไปเรื่อยๆ และนอกจากนั้นค่าของความขรุขระพื้นผิวก็ส่งผลต่อความเร็วเสียดทานเช่นเดียวกัน โดยจะมีแนวโน้มส่งผลให้ค่าความเร็วเสียดทานเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความขรุขระพื้นผิวเพิ่มขึ้น และสำหรับค่าของความเข้มแสงและอุณหภูมิจะมีผลต่อค่าของความเร็วเสียดทานเล็กน้อย โดยให้ค่าของความเร็วเสียดทานที่เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงประมาณ 0.8 เมตรต่อวินาที เมื่อการเพิ่มขึ้นของความเข้มแสงและอุณหภูมิ



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงความเร็วเสียดทานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆ ในแบบจำลอง RAMMET

ในการเปลี่ยนแปลงของค่า Monin-Obukhov Length ในช่วงของลักษณะบรรยากาศแบบ Unstable พบว่า ปัจจัยในเรื่องของความเร็วลมและความขรุขระพื้นผิว มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยทั้งสองเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า Monin-Obukhov Length ลดลงคือมีลักษณะบรรยากาศเป็นแบบ Unstable ลดน้อยลงโดยมีค่าคงที่มากที่สุดอยู่ที่ -1000 เมตร โดยเริ่มคงที่เมื่อมีเปอร์เซ็นต์ความเร็วลมประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ หรือค่าความเร็วลมประมาณ 4.4 เมตรต่อวินาที และ ความขรุขระพื้นผิวมีค่าคงที่เมื่อประมาณ 84

เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 1.1 เมตร และในเรื่องปัจจัยจากความเข้มแสงพบว่าเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า Monin-Obukhov Length เพิ่มขึ้น หรือมีลักษณะบรรยากาศแบบ Unstable เพิ่มมากขึ้น โดยในช่วงความเข้มแสงเริ่มต้นให้ค่าที่คงที่จนถึงประมาณ 42 เปอร์เซ็นต์หรือค่าความเข้มแสงเท่ากับ 320 วัตต์ต่อตารางเมตร หลังจากนั้นให้ค่า Monin-Obukhov Length ที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และปัจจัยในเรื่องของอุณหภูมิจะส่งผลต่อค่าของ Monin-Obukhov Length ในช่วงอุณหภูมิสูงโดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงแรกจนถึงประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์หรือประมาณ 34 องศาเซลเซียสให้ค่า Monin-Obukhov Length ที่คงที่ แต่หลังจากนั้นก็ส่งผลให้ค่า Monin-Obukhov Length เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.10

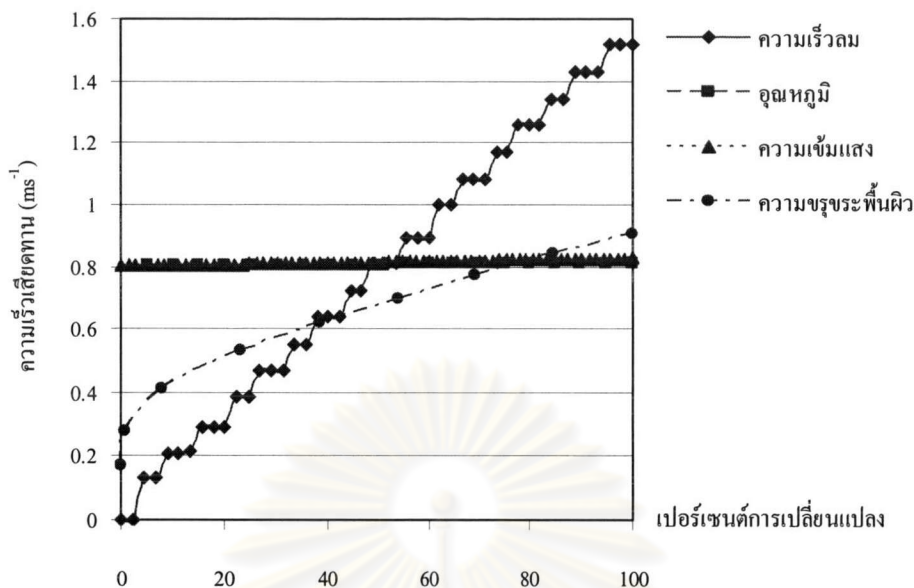


รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลง Monin-Obukhov Length เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆในแบบจำลอง RAMMET

## 2) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ AERMET

ผลจากการเปรียบเทียบความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆในแบบจำลอง AERMET เป็นดังรูปที่ 4.11 โดยค่าการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆต่อค่าของความเร็วเสียดทานในแบบจำลอง AERMET คล้ายคลึงกับการเปลี่ยนแปลงในแบบจำลอง RAMMET โดยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าของความเร็วเสียดทานมากที่สุดได้แก่ ความเร็วลมและค่าของความขรุขระพื้นผิว โดยมีแนวโน้มให้ค่าความเร็วเสียดทานเพิ่มขึ้นเมื่อค่าของปัจจัยทั้งสองเพิ่มมากขึ้น แต่แตกต่างกันในการเปลี่ยนแปลงปัจจัยความเร็วลมช่วงแรกที่ RAMMET ให้ค่าที่คงที่ในช่วงความเร็วลมเริ่มต้น แต่ AERMET ในช่วงความเร็วลมเริ่มต้นมีการเปลี่ยนแปลงผลที่ได้ และสำหรับผลจากความเข้มแสงและอุณหภูมิพบว่าการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยให้ค่าความเร็วเสียดทาน อยู่ในช่วงประมาณ 0.8 -0.82 และ 0.8 - 0.81 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ



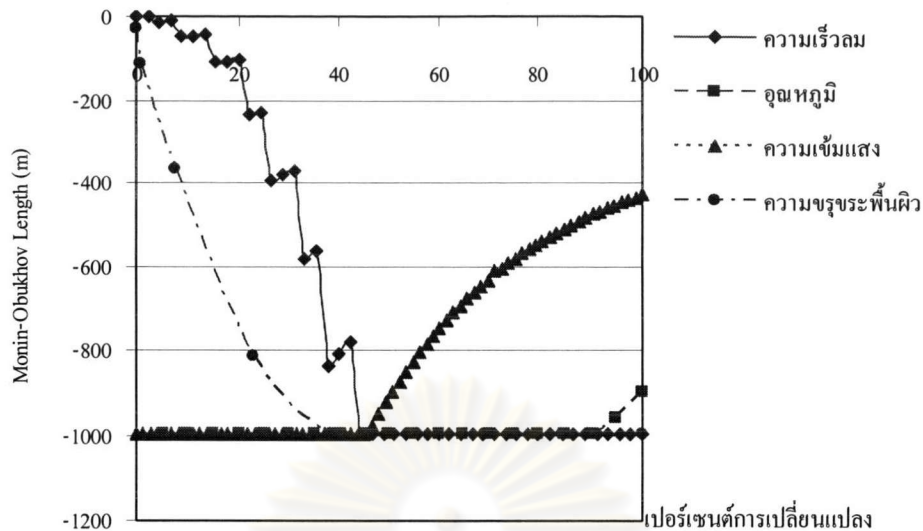


รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงความเร็วเสียดทาน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆในแบบจำลอง AERMET

ในการเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยต่างๆกับผลของ Monin-Obukhov Length ในแบบจำลอง AERMET คล้ายคลึงกับผลที่ได้จากแบบจำลอง RAMMET โดยแนวโน้มของ ปัจจัยความเร็วลมและความขรุขระพื้นผิวมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือ เมื่อค่าของ 2 ปัจจัยนี้ เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าของ Monin-Obukhov Length ลดลง คือมีค่าลักษณะบรรยากาศเป็นแบบ Unstable ลดลง โดยปัจจัยความเร็วลมให้ค่า Monin-Obukhov Length ที่คงที่เมื่อมีค่าความเร็วลม ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์หรือประมาณ 4 เมตรต่อวินาที และค่าของความขรุขระพื้นผิวให้ค่าคงที่ที่ 53 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 0.7 เมตร และปัจจัยค่าความเข้มแสงกับอุณหภูมิมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน โดยค่าความเข้มแสงในช่วงเริ่มต้นให้ค่าที่คงที่จนถึง 46 เปอร์เซ็นต์หรือประมาณ 340 วัตต์ต่อตารางเมตรจึงให้ค่าที่เพิ่มขึ้น และอุณหภูมิให้ค่าที่คงที่จนถึง 95 เปอร์เซ็นต์หรือประมาณ 38 องศาเซลเซียสจึงให้ค่าที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังรูปที่ 4.12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

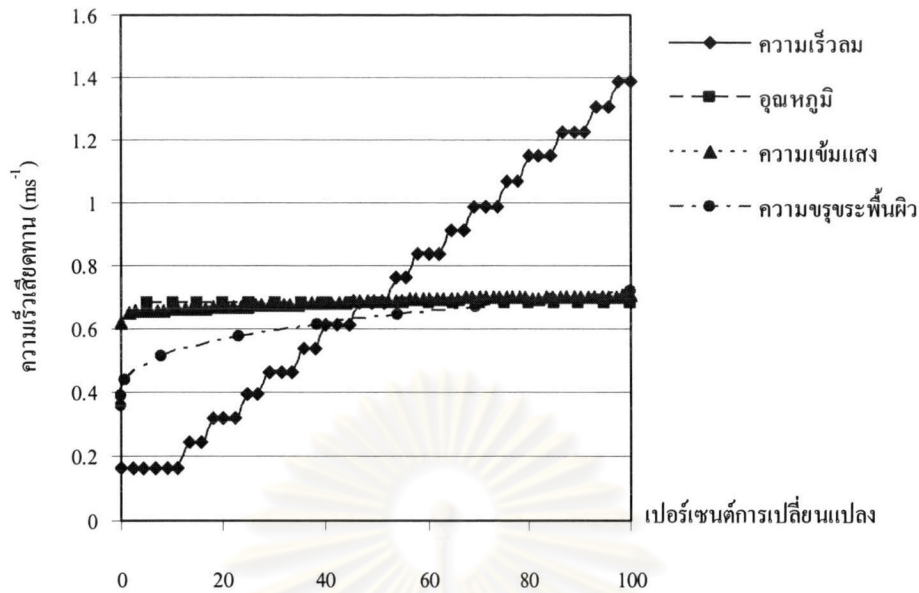




รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลง Monin-Obukhov Length เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆในแบบจำลอง AERMET

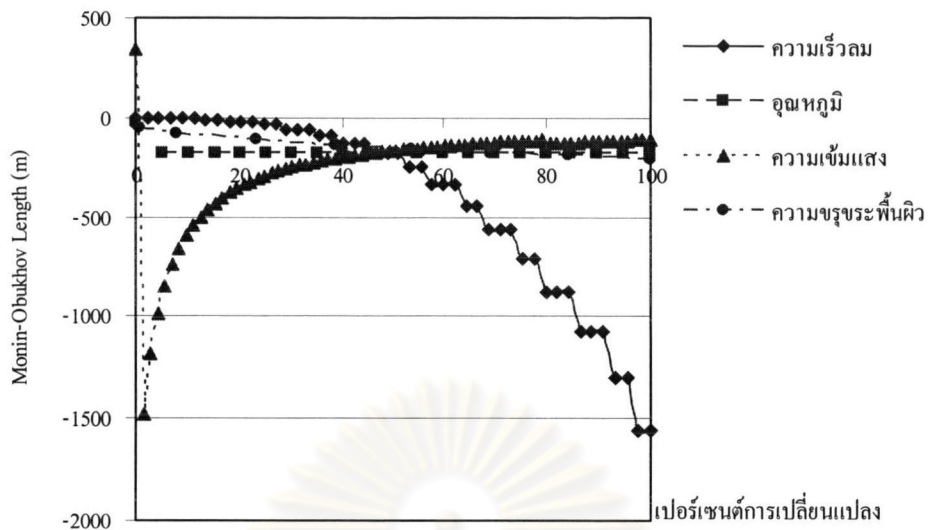
### 3) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ GAMMA-MET

ผลจากการเปรียบเทียบความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆในแบบจำลอง GAMMA-MET ต่อความเร็วเสียดทานเป็นดังรูปที่ 4.13 โดยในแบบจำลอง GAMMA-MET ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าของความเร็วเสียดทานมากที่สุดได้แก่ความเร็วลม โดยที่เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าของความเร็วเสียดทานเพิ่มขึ้นด้วย แต่ในช่วงความเร็วลมเริ่มต้นจนถึงประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ หรือ 1 เมตรต่อวินาที ค่าการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเสียดทานมีค่าคงที่และหลังจาก 1 เมตรต่อวินาทีจึงมีค่าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับค่าของความขรุขระพื้นผิวซึ่งให้ผลของความเร็วเสียดทานที่เพิ่มขึ้นเมื่อค่าของความขรุขระพื้นผิวเพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเสียดทานอยู่ในช่วง 0.35 – 0.72 เมตรต่อวินาที และปัจจัยของความเข้มแสงก็มีผลต่อค่าของความเร็วเสียดทาน แต่มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยคืออยู่ในช่วงของ 0.6 -0.7 เมตรต่อวินาที สำหรับปัจจัยของอุณหภูมิไม่มีผลต่อความเร็วเสียดทาน โดยที่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าความเร็วเสียดทานที่ได้ให้ค่าคงที่ตลอดคือ 0.68 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงความเร็วเสียดทาน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆ ในแบบจำลอง GAMMA-MET

สำหรับผลของ Monin-Obukhov Length พบว่าปัจจัยความเร็วลมมีผลต่อค่าของ Monin-Obukhov Length โดยเมื่อค่าความเร็วลมเพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลของ Monin-Obukhov Length มีค่าลดลงคือมีลักษณะบรรยากาศเป็นแบบ Unstable ลดลง โดยช่วงความเร็วลมเริ่มต้นจนถึงประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 1 เมตรต่อวินาทีให้ค่าของ Monin-Obukhov Length ที่คงที่หลังจากนั้นจึงให้ค่าที่ลดลง ปัจจัยของความขรุขระพื้นผิวก็ส่งผลต่อค่าของ Monin-Obukhov Length เช่นเดียวกัน โดยเมื่อค่าความขรุขระพื้นผิวเพิ่มขึ้นผลของ Monin-Obukhov Length ให้ค่าที่ลดน้อยลง สำหรับปัจจัยของความเข้มแสงให้ผลของ Monin-Obukhov Length ที่เพิ่มขึ้นเมื่อค่าของความเข้มแสงเพิ่มขึ้น คือมีลักษณะบรรยากาศที่เป็นแบบ Unstable เพิ่มมากขึ้น แต่ในช่วงแรกที่ค่าความเข้มแสงเป็น 0 จะให้ค่าลักษณะบรรยากาศที่เป็นบวก คือเป็นลักษณะแบบ Stable และสำหรับปัจจัยในเรื่องของอุณหภูมิพบว่าไม่มีผลต่อค่าของ Monin-Obukhov Length คือไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าของ Monin-Obukhov Length เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลง Monin-Obukhov Length เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆ ในแบบจำลอง GAMMA-MET

ผลของความเร็วเสียดทานที่ได้จากการทดสอบความเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 แบบจำลองพบว่าปัจจัยที่ไม่มีผลต่อความเร็วเสียดทาน ได้แก่ อุณหภูมิ และความเข้มแสง เนื่องจากความเร็วเสียดทานไม่มีการนำปัจจัยในทั้ง 2 เหล่านี้เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เนื่องจากจะมีผลมาจากลักษณะทางกายภาพของพื้นผิวที่จะส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของลมเข้ามาเกี่ยวข้องเท่านั้น ดังนั้นปัจจัยที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อค่าของความเร็วเสียดทาน มากที่สุดได้แก่เรื่องของความเร็วลมและความขรุขระพื้นผิวของทั้ง 3 แบบจำลอง

ผลของ Monin-Obukhov Length ของทั้ง 3 แบบจำลองพบว่าพารามิเตอร์ทั้ง 4 พารามิเตอร์มีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงผลของ Monin-Obukhov Length ทั้ง 4 พารามิเตอร์ โดยในแบบจำลอง RAMMET และ AERMET ผลที่ได้ใกล้เคียงกันคือ ปัจจัยในเรื่องของอุณหภูมิมีผลต่อค่า Monin-Obukhov Length ในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูง สำหรับความเร็วลม อุณหภูมิ และความเข้มแสงมีผลต่อ Monin-Obukhov Length ทั้ง 3 ปัจจัย สำหรับแบบจำลอง GAMMA-MET ทั้ง 4 ปัจจัยมีผลต่อผลของ Monin-Obukhov Length เช่นกัน แต่ผลของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความขรุขระพื้นผิวจะมีผลต่อ Monin-Obukhov Length น้อยกว่าแบบจำลองอีก 2 แบบจำลองและผลของการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง Monin-Obukhov Length มากที่สุด



#### 4.2 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง

การเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง 3 แบบจำลองใช้ข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัด Dunlop ในเขต Birmingham ประเทศอังกฤษ โดยมีข้อมูลตั้งแต่ปี 1998 – 2000 ซึ่งในปี 1998 เป็นข้อมูลที่อยู่ในช่วง 8 – 30 เมษายน ในปี 1999 เป็นข้อมูลที่อยู่ในช่วง 20 มกราคม - 15 กุมภาพันธ์ และ ในปี 2000 ข้อมูลอยู่ในช่วงวันที่ 4 กรกฎาคม - 7 สิงหาคม โดยวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ Fraction Bias Test (FB) , Correlation Coefficient ( R )และ Factor of Two (FAC2) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลองเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการตรวจวัด (Chang and Hanna, 2004) โดยมีสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้

$$FB = \frac{(\bar{C}_o - \bar{C}_p)}{0.5(\bar{C}_o + \bar{C}_p)}$$

$$R = \frac{(C_o - \bar{C}_o)(C_p - \bar{C}_p)}{\sigma C_p \sigma C_o}$$

$$FAC2 = 0.5 \leq \frac{C_p}{C_o} \leq 2.0$$

โดยที่

$C_p$  = ผลที่ได้จากแบบจำลอง

$C_o$  = ผลที่ได้จากการตรวจวัด

$\sigma C$  = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

Fraction Bias Test เป็นการคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการตรวจวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ ผลที่ได้จาก Fraction Bias Test มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ -2.0 ถึง +2.0 โดยค่า -2.0 หมายความว่าผลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองมีค่าสูงกว่าการตรวจวัดมาก (Extreme Over Prediction) และ +2.0 หมายความว่าผลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองมีค่าต่ำกว่าที่ได้จากการตรวจวัดมาก (Extreme Under Prediction) (U.S.EPA.,1992) Fraction Bias Test เป็นการคำนวณโดยใช้หลักการของเส้นตรง (The Linear Measure) โดยเป็นความแตกต่างระหว่างค่าจากการตรวจวัดและค่าจากการคำนวณโดยแบบจำลอง และใช้ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยเป็นตัวบอกถึงความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ดังนั้นหากผลการคำนวณของ Fraction Bias Test เข้าใกล้ 0 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากการตรวจวัดและจากการคำนวณโดยแบบจำลองจะมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก (Chang and Hanna, 2004)

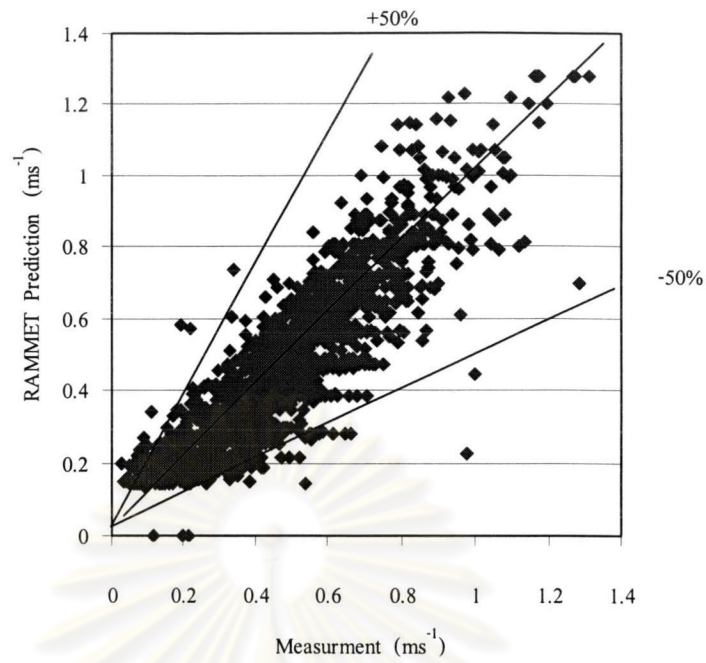


Correlation Coefficient เป็นผลจากความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัดและจากที่คำนวณโดยแบบจำลอง ค่า Correlation Coefficient จะบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรว่ามีมากน้อยเพียงใด คือหากค่า Correlation Coefficient มีค่าใกล้เคียง 1 หรือ -1 แสดงว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันแบบสมบูรณ์ แต่หากค่าที่ได้ห่างจาก 1 หรือ -1 มากแสดงว่าความสัมพันธ์ของข้อมูลมีความสัมพันธ์กันน้อย (ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2544)

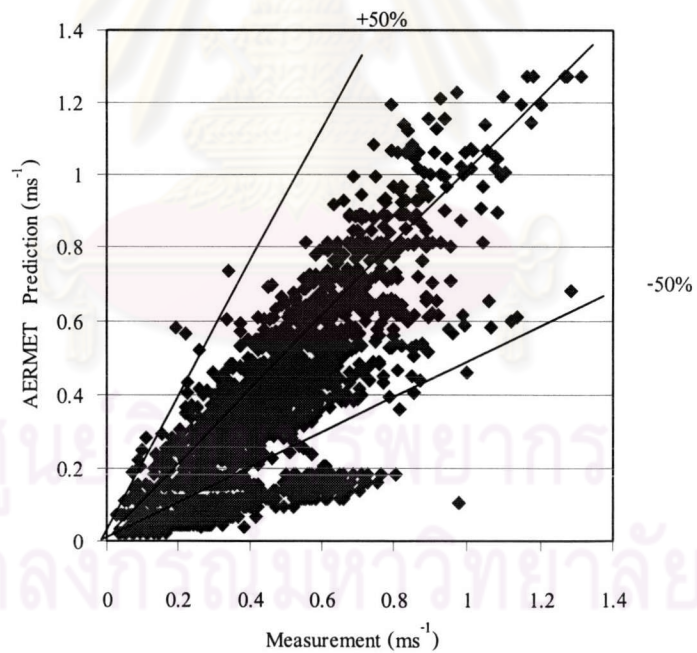
Factor of two เป็นการคำนวณถึงอัตราส่วนความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยหากข้อมูลส่วนใหญ่ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าการตรวจวัดและค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองอยู่ในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 2.0 แสดงว่าผลที่ได้จากแบบจำลองนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกับการตรวจวัด การตรวจสอบความถูกต้องโดยวิธีของ Factor of two เป็นวิธีการคำนวณที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเนื่องจากว่าวิธีการคำนวณนี้จะไม่มีอิทธิพลของข้อมูลที่มีค่าสูงมากหรือต่ำมากเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย (Chang and Hanna, 2004)

#### 4.2.1. ผลการเปรียบเทียบค่าความเร็วเสียดทาน

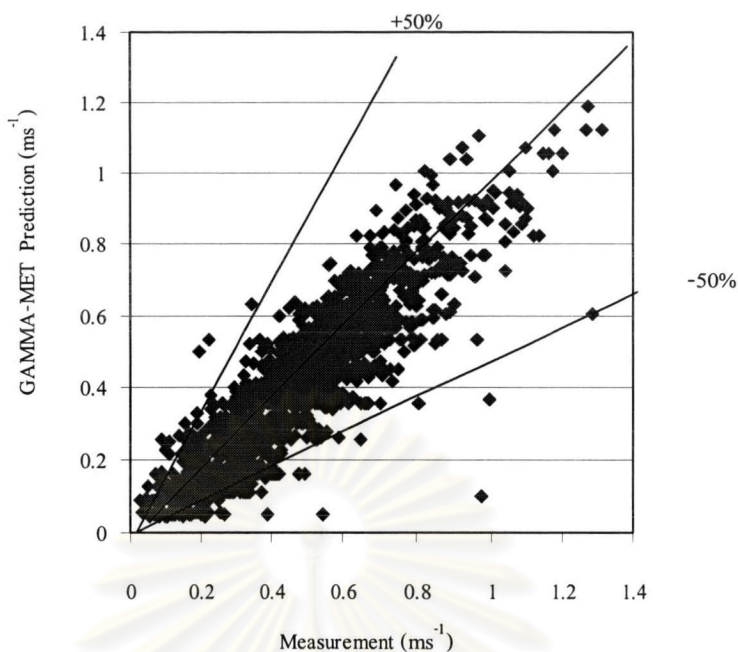
ผลการเปรียบเทียบความเร็วเสียดทาน ที่ได้จากการตรวจวัดโดยสถานีตรวจวัด Dunlop ในเขต Birmingham กับผลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ในแต่ละแบบจำลอง พบว่าในการประเมินด้วย Fraction Bias Test แบบจำลองที่ให้ค่าใกล้เคียง 0 มากที่สุดคือความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ตรวจวัดและค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ได้แก่แบบจำลอง RAMMET และผลที่ได้มีค่าเป็นบวกหมายความว่าผลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองมีค่าต่ำกว่าที่ได้จากการตรวจวัดแต่ไม่มากนัก เช่นเดียวกับผลที่ได้จากการประเมินด้วย Correlation Coefficient ซึ่งให้ผลของแบบจำลอง RAMMET ใกล้เคียง 1 คือความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ตรวจวัดและค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุดเช่นเดียวกัน และผลการประเมินโดยใช้ Factor of Two ดังรูปที่ 4.15- 4.17 พบว่าแบบจำลอง RAMMET ให้ผลความแตกต่างที่มีค่าอยู่ในช่วงเท่ากับ 95.97% ของข้อมูลทั้งหมด โดยมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 2040 ข้อมูล และมีเปอร์เซ็นต์ของ Missing Data เท่ากับ 5% ของข้อมูลทั้งหมด ดังนั้นผลจากการเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดในส่วน of ค่าความเร็วเสียดทาน พบว่าแบบจำลอง RAMMET มีค่าความถูกต้องมากที่สุด หลังจากนั้นเป็น GAMMA-MET และ AERMET ตามลำดับ แต่ผลที่ได้ในแต่ละแบบจำลองจะมีค่าไม่แตกต่างกันมากซึ่งสรุปผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.15 ผลเปรียบเทียบค่าความเร็วเสียดทาน ระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัดบริเวณสถานีตรวจวัด Dunlop และค่าที่คำนวณได้โดยแบบจำลอง RAMMET



รูปที่ 4.16 ผลเปรียบเทียบค่าความเร็วเสียดทาน ระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัดบริเวณสถานีตรวจวัด Dunlop และค่าที่คำนวณได้โดยแบบจำลอง AERMET



รูปที่ 4.17 ผลเปรียบเทียบค่าความเร็วเสียดทาน ระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัดบริเวณสถานีตรวจวัด Dunlop และค่าที่คำนวณได้โดยแบบจำลอง GAMMA-MET

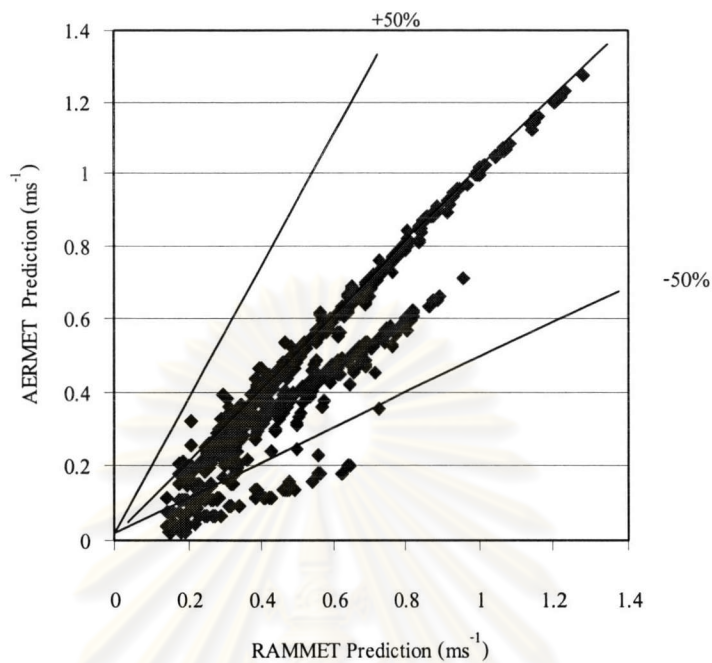
ตารางที่ 4.1 ผลค่าความเร็วเสียดทานที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับ การตรวจวัด

	FB	R	FAC2(%)	Missing Data(%)
RAMMET	0.0458	0.7264	95.97	5
AERMET	0.2136	0.6567	76.34	7
GAMMA-MET	0.1684	0.7227	89.59	7
จำนวนข้อมูลทั้งหมด	2040			

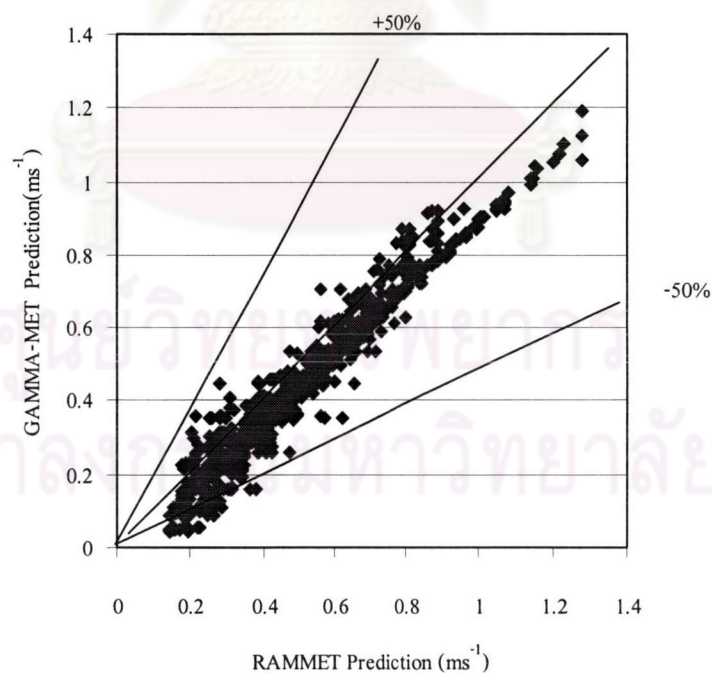
จากผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของความเร็วเสียดทานของแบบจำลองในหัวข้อที่ผ่านมาพบว่าแบบจำลอง RAMMET ให้ผลที่ได้ใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดมากที่สุดจึงทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างแบบจำลอง RAMMET เปรียบเทียบกับแบบจำลอง AERMET และ GAMMA-MET โดยใช้แบบจำลอง RAMMET เป็นแบบจำลองอ้างอิงพบว่าเมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ Fraction Bias Test แบบจำลอง GAMMA-MET กับ RAMMET ให้ผลเปรียบเทียบที่เข้าใกล้ 0 มากที่สุด คือมีความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยผลที่ได้เป็นบวกหมายความว่าแบบจำลอง RAMMET ให้ผลที่ได้สูงกว่าแบบจำลอง GAMMA-MET แต่ไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อประเมินด้วย Correlation Coefficient และ Factor of Two แล้วพบว่าแบบจำลอง RAMMET และ GAMMA-MET ก็จะให้ผลที่ใกล้เคียงกันมากที่สุดเช่นเดียวกัน คือ 0.9742 และ 93.85% ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.18 – 4.19 ดังนั้นพบว่าแบบจำลอง GAMMA-MET



ให้ค่าใกล้เคียงกับแบบจำลอง RAMMET มากที่สุดเหมาะสมในการใช้ทดแทนกับแบบจำลอง RAMMET ดังผลสรุปในตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.18 ผลเปรียบเทียบค่าความเร็วเสียดทาน ระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RAMMET และค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง AERMET



รูปที่ 4.19 ผลเปรียบเทียบค่าความเร็วเสียดทาน ระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RAMMET และค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง GAMMA-MET



ตารางที่ 4.2 ผลเปรียบเทียบค่าความเร็วเสียดทานที่ระหว่างแบบจำลอง

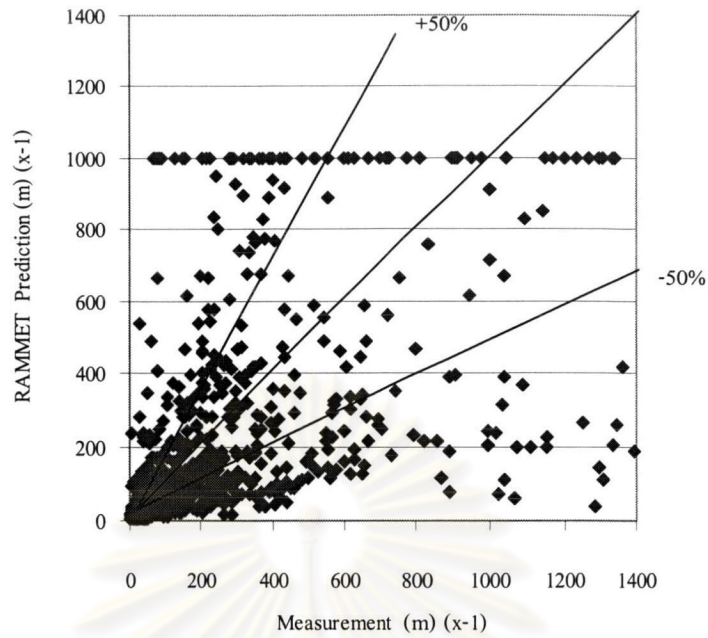
	FB	R	FAC2	Missing Data
RAMMET- AERMET	0.1744	0.9443	78.81%	9%
RAMMAET- GAMMA-MET	0.1194	0.9742	93.85%	
จำนวนข้อมูล	2040			

#### 4.2.2 ผลการเปรียบเทียบค่า Monin-Obukhov Length

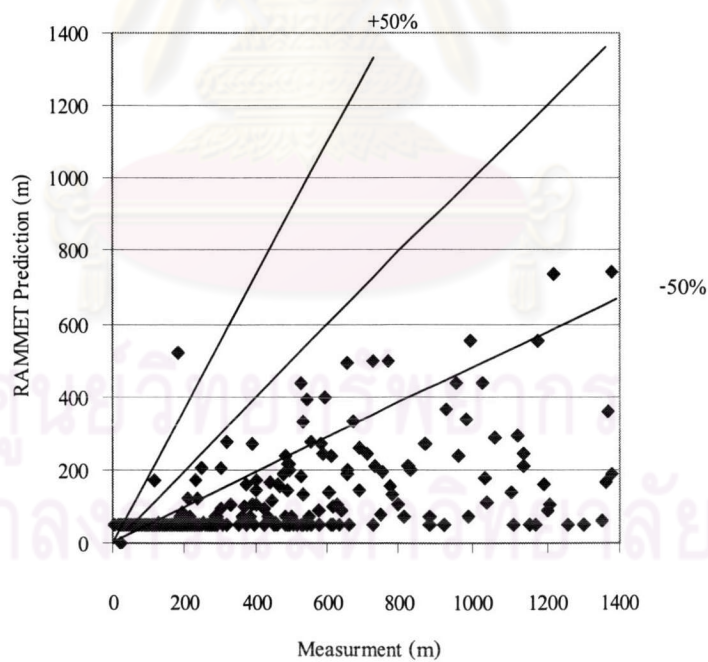
ในการเปรียบเทียบค่า Monin-Obukhov Length เป็นข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันกับข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าความเร็วเสียดทาน ซึ่งในการเปรียบเทียบค่า Monin-Obukhov Length มีผลเกี่ยวเนื่องในเรื่องของแสงเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นในการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดกับผลที่ได้จากการคำนวณจะแบ่งช่วงเวลา คือเป็นช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืน โดยผลที่ได้พบว่าในช่วงเวลากลางวันผลการเปรียบเทียบโดย Fraction Bias Test พบว่าแบบจำลอง GAMMA-MET ให้ค่าเข้าใกล้ 0 มากที่สุด คือมีความแตกต่างระหว่างค่าตรวจวัดและค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองน้อยที่สุด รองลงมาคือแบบจำลอง RAMMET และ AERMET ตามลำดับ แต่ผลของ Correlation Coefficient พบว่าแบบจำลองที่มีความสัมพันธ์กันมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันมากที่สุดได้แก่แบบจำลอง RAMMET เช่นเดียวกับผลของ Factor of Two พบว่าแบบจำลอง RAMMET จะให้ค่าของ Factor of Two อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้มากที่สุดคือ 50.69% หลังจากนั้นแบบจำลองที่ให้ความสัมพันธ์ที่ดีถัดมาได้แก่แบบจำลอง GAMMA-MET และ AERMET ตามลำดับเช่นเดียวกับผลของความเร็วเสียดทาน โดยผลจะแสดงดังรูปที่ 4.20 4.22 และ 4.24

ในช่วงเวลากลางคืนแบบจำลอง GAMMA-MET ให้ผลของ Fraction Bias Test ที่ดีที่สุดเช่นเดียวกับในช่วงของเวลากลางวัน แต่สำหรับผลของ Correlation Coefficient และ Factor of Two พบว่าแบบจำลอง RAMMET ให้ค่าความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดสำหรับวิธีการทดสอบนี้โดยให้ค่า Correlation Coefficient เท่ากับ 0.1722 และให้ค่าของ Factor of Two เท่ากับ 23.06% ซึ่งผลที่ได้มีลักษณะที่เป็นไปในแนวโน้มเดียวกันกับในช่วงเวลากลางวัน ดังแสดงในรูปที่ 4.21 4.23 และ 4.25 และดังตารางสรุปที่ 4.3

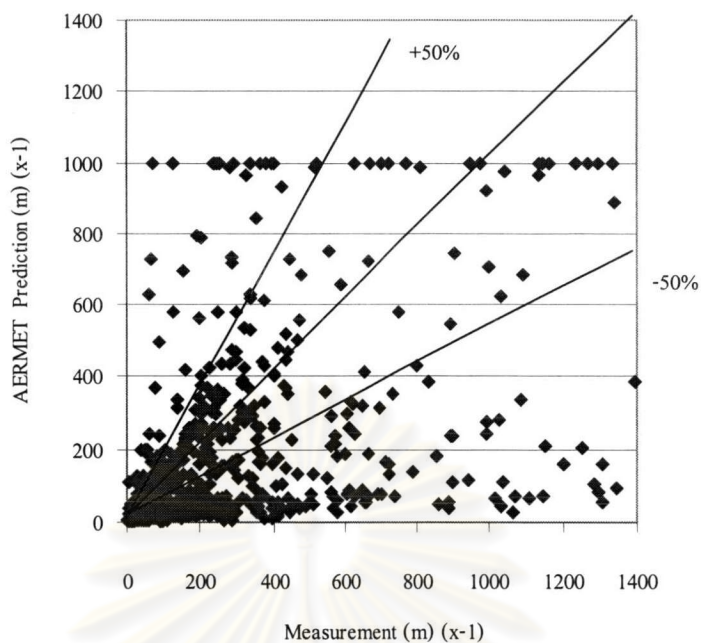
สำหรับผลของ GAMMA-MET ที่ให้ค่าของ Fraction Bias Test ดีกว่าแสดงว่าผลที่ได้มีค่าเฉลี่ยของการตรวจวัดและที่ได้จากแบบจำลองใกล้เคียงกัน แต่ก็จะมีข้อมูลที่มีสัดส่วนของค่าตรวจวัดกับค่าที่ได้จากแบบจำลองที่อยู่ในช่วง 0.5 ถึง 2.0 น้อยกว่าแบบจำลอง RAMMET



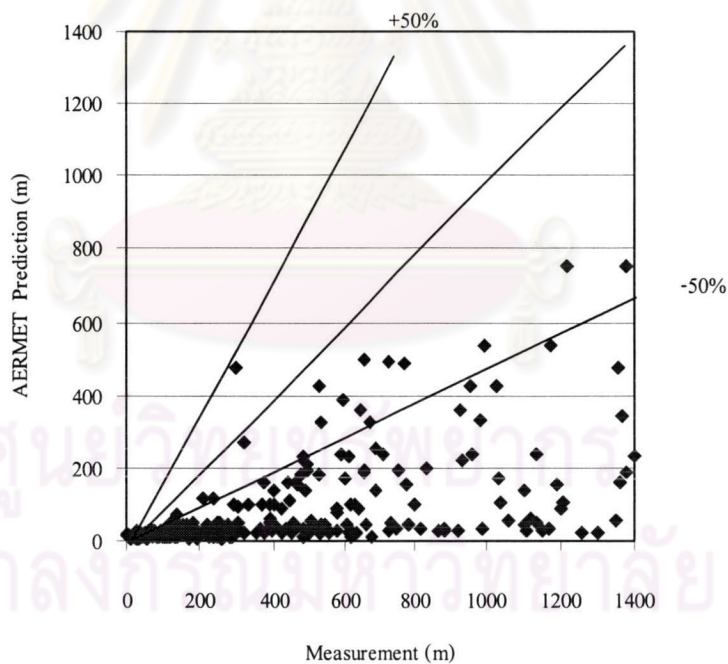
รูปที่ 4.20 ผลการเปรียบเทียบค่า Monin-Obukhov Length ระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัด Dunlop และจากการคำนวณโดยแบบจำลอง RAMMET ในช่วงเวลากลางวัน



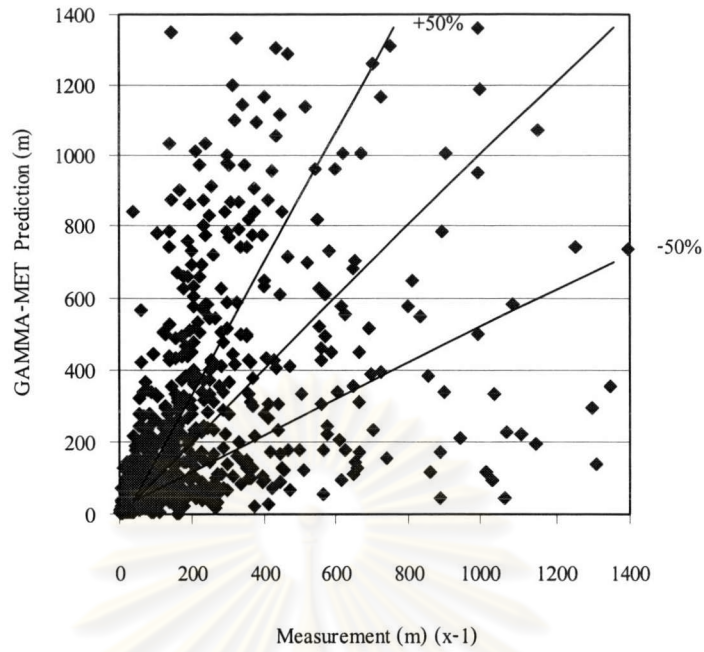
รูปที่ 4.21 ผลการเปรียบเทียบค่า Monin-Obukhov Length ระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัด Dunlop และจากการคำนวณโดยแบบจำลอง RAMMET ในช่วงเวลากลางคืน



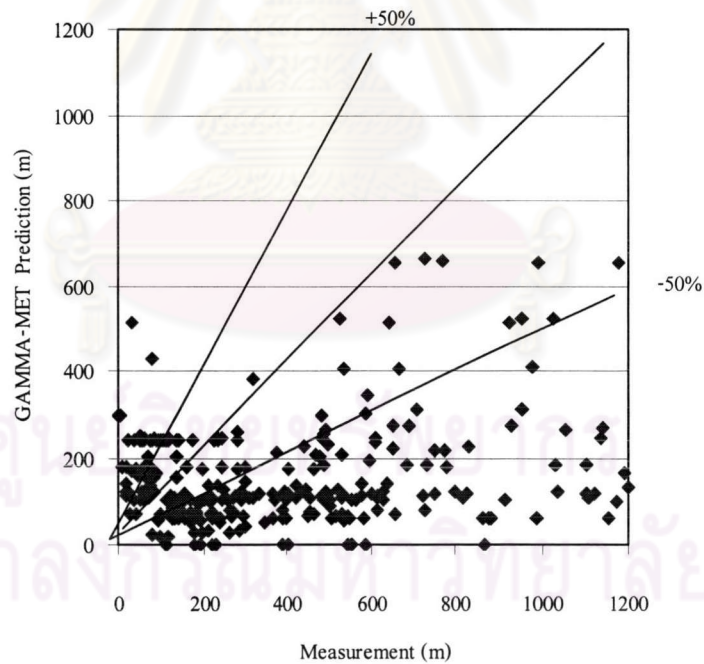
รูปที่ 4.22 ผลการเปรียบเทียบค่า Monin-Obukhov Length ระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัด Dunlop และจากการคำนวณโดยแบบจำลอง AERMET ในช่วงเวลากลางวัน



รูปที่ 4.23 ผลการเปรียบเทียบค่า Monin-Obukhov Length ระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัด Dunlop และจากการคำนวณโดยแบบจำลอง AERMET ในช่วงเวลากลางคืน



รูปที่ 4.24 ผลการเปรียบเทียบค่า Monin-Obukhov Length ระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัด Dunlop และจากการคำนวณโดยแบบจำลอง GAMMA-MET ในช่วงเวลากลางวัน



รูปที่ 4.25 ผลการเปรียบเทียบค่า Monin-Obukhov Length ระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัด Dunlop และจากการคำนวณโดยแบบจำลอง GAMMA-MET ในช่วงเวลากลางคืน

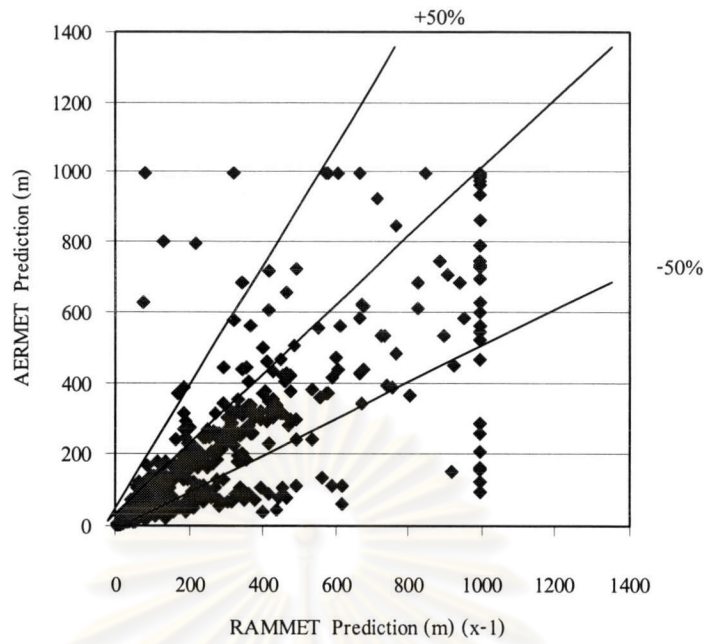


ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบค่า Monin-Obukhov Length ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับ การตรวจวัด

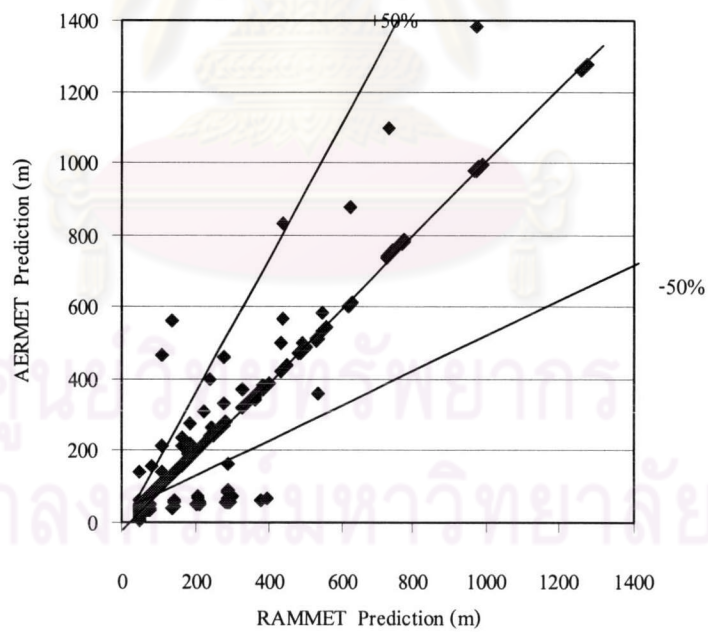
		FB	R	FAC2	Missing Data
กลางวัน	RAMMET	0.7679	0.2956	50.69%	15%
	AERMET	1.0921	0.2584	40.0%	21%
	GAMMA-MET	-0.0204	0.1977	47.87%	26%
กลางคืน	RAMMET	1.7385	0.1722	23.06%	59%
	AERMET	1.7274	0.1201	11.14%	58%
	GAMMA-MET	1.6154	0.1318	20.65%	54%
จำนวนข้อมูล		1020			

การเปรียบเทียบความแตกต่างของ Monin-Obukhov Length ที่ได้ในแต่ละแบบจำลองจะแบ่งเป็นช่วงกลางวันและกลางคืน โดยพบว่าจากการทดสอบในหัวข้อที่ผ่านมาแบบจำลอง RAMMET ให้ผลความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดคั้งนั้นเมื่อนำแบบจำลองอีก 2 แบบจำลองมาเปรียบเทียบกับแบบจำลอง RAMMET พบว่าในช่วงเวลากลางวันผลของ Fraction Bias Test แบบจำลอง AERMET ให้ผลที่ใกล้เคียงกับแบบจำลอง RAMMET มากที่สุด เช่นเดียวกับการทดสอบด้วย Factor of Two ที่แบบจำลอง AERMET มีค่าใกล้เคียงกับแบบจำลอง RAMMET มากที่สุด คือให้ผลที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ของ Factor of Two เท่ากับ 68.69% แต่เมื่อทดสอบด้วย Correlation Coefficient แล้วพบว่าแบบจำลอง GAMMA-MET ให้ความสัมพันธ์กับแบบจำลอง REMMET มากที่สุด โดยให้ค่า Correlation Coefficient เท่ากับ 0.8625 ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง RAMMET และ AERMET มีค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางใกล้เคียงกันมากกว่า และมีค่าการกระจายของข้อมูลในช่วงยอมรับได้มากกว่า แต่มีค่าที่สัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกันน้อยกว่าแบบจำลอง GAMMA-MET เนื่องจากแบบจำลอง GAMMA-MET ให้ค่า Correlation Coefficient ที่สูงที่สุด โดยผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.26 และ 4.28

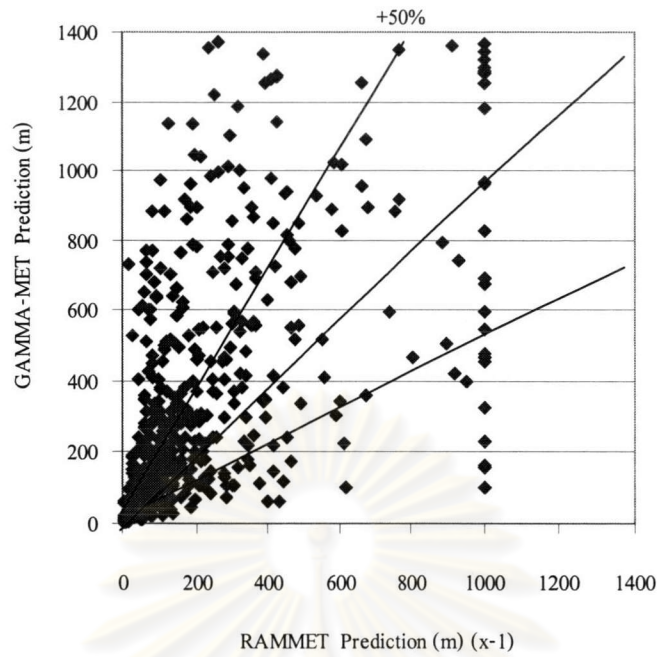
ในช่วงเวลากลางคืนผลที่ได้เป็นเช่นเดียวกับในช่วงเวลากลางวันคือการทดสอบโดย Fraction Bias Test ให้ค่าความสัมพันธ์ของ RAMMET และ AERMET มากที่สุด แต่ผลของ Correlation Coefficient และ Factor of Two ให้ผลของความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดสำหรับ RAMMET และ GAMMA-MET โดยผลของ Factor of Two ที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.27 และ 4.29 และแสดงดังตารางสรุปที่ 4.4



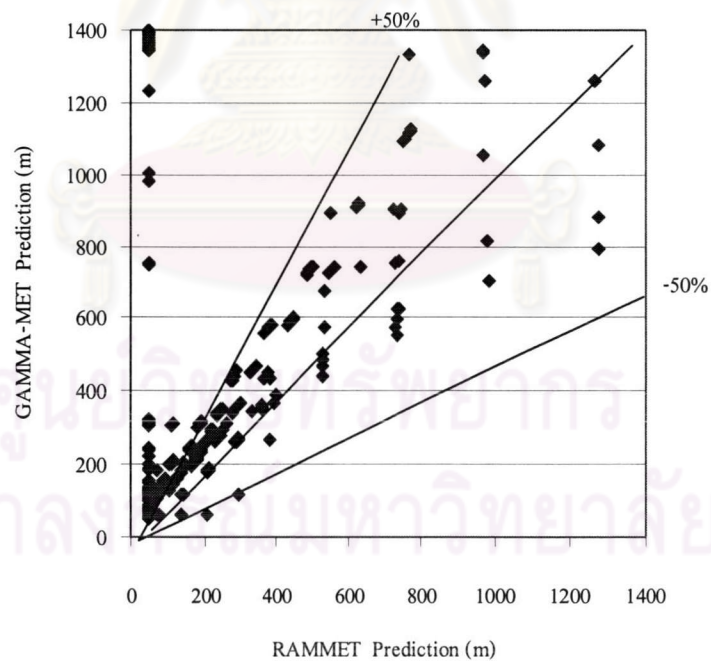
รูปที่ 4.26 ผลเปรียบเทียบค่า Monin-Obukhov Length ระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RAMMET และ AERMET ในช่วงเวลากลางวัน



รูปที่ 4.27 ผลเปรียบเทียบค่า Monin-Obukhov Length ระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RAMMET และ AERMET ในช่วงเวลากลางคืน



รูปที่ 4.28 ผลเปรียบเทียบค่า Monin-Obukhov Length ระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RAMMET และ GAMMA-MET ในช่วงเวลากลางวัน



รูปที่ 4.29 ผลเปรียบเทียบค่า Monin-Obukhov Length ระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลอง RAMMET และค่า GAMMA-MET ในช่วงเวลากลางคืน



ตารางที่ 4.4 ผลความแตกต่างของค่า Monin-Obukhov Length ระหว่างแบบจำลอง

		FB	R	FAC2	Missing Data
กลางวัน	RAMMET -AERMET	-0.2526	0.4841	68.69%	27%
	RAMMET - GAMMA-MET	1.0123	0.8625	55.14%	
กลางคืน	RAMMET -AERMET	-0.0281	0.440	60.48%	9%
	RAMMET - GAMMA-MET	0.5906	0.6846	67.43%	
จำนวนข้อมูล		1020			

จากการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลองพบว่าแบบจำลอง RAMMET ให้ผลที่ได้ใกล้เคียงกับการตรวจวัดมากที่สุดแต่แบบจำลอง RAMMET มีข้อจำกัดในการใช้สำหรับพื้นที่ที่มีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่เกิน 1.3 เมตรเท่านั้น และแบบจำลองที่ให้ผลที่ได้ใกล้เคียงกับการตรวจวัดรองลงมาได้แก่แบบจำลอง GAMMA-MET และสามารถที่จะใช้ได้กับพื้นที่ที่มีค่าความขรุขระพื้นผิวที่สูงได้ถึง 9 เมตร ดังนั้นแบบจำลองที่เลือกใช้ในการศึกษาส่วนสุดท้ายที่ศึกษาถึงความขรุขระพื้นผิวต่อผลของลักษณะการคงตัวบรรยากาศจึงเลือกใช้แบบจำลอง GAMMA-MET ในการศึกษา

### 4.3 การคำนวณค่าความขรุขระพื้นผิว

ผลจากการคำนวณค่าความขรุขระพื้นผิวในพื้นที่ที่ใช้ทดสอบแบ่งผลที่ได้จากการคำนวณออกเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่พื้นที่บริเวณสถานีตรวจวัดโรงเรียนหน้าพระลาน จังหวัดสระบุรี ของกรมควบคุมมลพิษ และพื้นที่บริเวณสถานีตรวจวัดคึกวิทยาาสตร์ทั่วไป จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.3.1 ค่าความขรุขระพื้นผิวบริเวณโรงเรียนหน้าพระลาน

##### 1) ลักษณะพื้นที่บริเวณโรงเรียนหน้าพระลาน

บริเวณพื้นที่ศึกษาโรงเรียนหน้าพระลานมีลักษณะเป็นพื้นที่ที่มีความเป็นเมืองค่อนข้างต่ำ อาคารส่วนใหญ่ในพื้นที่เป็นอาคารพาณิชย์ซึ่งมีความสูงประมาณ 2-4 ชั้น อาคารเรียนภายในโรงเรียนประมาณ 3 ชั้น และอาคารที่มีลักษณะเป็นที่พักอาศัยประมาณ 2 ชั้น โดยมีพื้นที่ที่ทำการศึกษาในบริเวณนี้เท่ากับ 70650 ตารางเมตร ภาพถ่ายทางอากาศแสดงลักษณะพื้นที่แสดงดังรูปที่ 4.30 รายละเอียดสิ่งกีดขวางในบริเวณพื้นที่แสดงในตารางที่ 4.5 และในการตรวจวัดถึงผลความขรุขระพื้นผิวบริเวณพื้นที่ศึกษาโรงเรียนหน้าพระลานจะนำข้อมูลการตรวจวัดอุตุนิยมหาวิทยาลัยจากกรมควบคุมมลพิษในช่วงวันที่ 1 กรกฎาคม 2546 – 30 มิถุนายน 2547 เพื่อใช้ในการคำนวณความขรุขระพื้นผิวเปรียบเทียบกับผลความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวางต่อไป



อุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษาจะมีการตรวจวัดที่ระดับ 10 เมตร อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 91% ความถี่ของทิศทางลมที่มามากที่สุดเท่ากับ 213 องศา ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที ความเข้มแสง 165 วัตต์ต่อตารางเมตร



รูปที่ 4.30 พื้นที่ศึกษานี้ตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาโรงเรียนหน้าพระลาน จังหวัดสระบุรี

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดสิ่งกีดขวางในพื้นที่ศึกษาโรงเรียนหน้าพระลาน

สิ่งกีดขวาง	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (เมตร)	สัดส่วนความสูงต่อพื้นที่
ในโรงเรียนหน้าพระลาน			
1. อาคารเรียน 1	10.5	407.8	0.0606
2. ห้องน้ำชาย	3.2	41.3	0.0019
3. ห้องน้ำหญิง	3.2	40.0	0.0018
4. อาคารเรียน 2	10.5	491.8	0.0731
5. อาคารทั่วไป 2	3.5	984.9	0.0488
6. อาคารก่อสร้าง	10.5	121.7	0.0181
นอกโรงเรียนหน้าพระลาน			
7. อาคารพาณิชย์ 4	7.0	418.9	0.0415
8. อาคารพาณิชย์ 5	3.5	825.6	0.0409

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดสิ่งกีดขวางในพื้นที่ศึกษาโรงเรียนหน้าพระลาน (ต่อ)

สิ่งกีดขวาง	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (เมตร)	สัดส่วนความสูงต่อพื้นที่
9. กลุ่มอาคารพาณิชย์ 6	7.0	1633.3	0.1618
10. กลุ่มบ้านอยู่อาศัย 1	3.5	8601.8	0.4261
11. โบสถ์ในวัด	12.0	745.4	0.1266
12. อาคารพาณิชย์ 2	10.5	271.0	0.0403
13. อาคารพาณิชย์ 3	10.5	363.2	0.0540
14. อาคารพาณิชย์ 1	10.5	437.0	0.0650
15. ธนาคาร	14.0	784.7	0.1555
รวมพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างทั้งหมด		16168.5	
พื้นที่ที่เป็นที่โล่ง		54481.5	
ความสูงเฉลี่ยในบริเวณพื้นที่	1.316		

หมายเหตุ : สัดส่วนความสูงต่อพื้นที่หมายถึงความสูงเฉลี่ยเทียบต่อพื้นที่ของสิ่งปลูกสร้าง

## 2) ค่าความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวาง

ผลการคำนวณค่าความขรุขระพื้นผิวจากลักษณะสิ่งกีดขวางในบริเวณพื้นที่ศึกษาโรงเรียนหน้าพระลานพบว่าผลที่ได้จะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.04 – 2.63 เมตร โดยวิธีการของ Nikaradse ในปี 1933 จะให้ค่าที่ต่ำที่สุด และวิธีการของ Rapuach ในปี 1991 จะให้ค่าที่สูงที่สุด โดยผลทั้งหมดที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการคำนวณความขรุขระพื้นผิวจากลักษณะสิ่งกีดขวางบริเวณพื้นที่ศึกษาโรงเรียนหน้าพระลาน

วิธีคำนวณค่าความขรุขระพื้นผิว	$Z_0$ (m)	อ้างอิง
1. $Z_0 = h / 30$	0.04	Nikaradse (1933)
2. $\text{Log } Z_0 = -0.883 + 0.997 \log h$	0.17	Tanner and Pelton (1960)
3. $\text{Log } Z_0 = -1.385 + 1.417 \log h$	0.06	Kung (1963)
4. $\text{Log } Z_0 = -1.24 + 1.19 \log h$	0.08	Sellers (1965)
5. $Z_0 = 0.5 h \lambda f$	0.09	Lettau (1969)
6. $Z_0/h = 1.08 \lambda_p - 0.08$	0.22	Counihan (1971)
7. $Z_0 = 2 h$	2.63	Rapuach (1991)

### 3) ค่าความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากการตรวจวัดอุตุนิยมวิทยา

ผลจากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาของกรมควบคุมมลพิษในช่วงระหว่างวันที่ 1 กรกฎาคม 2546 จนถึงวันที่ 30 มิถุนายน 2547 พบว่าการคำนวณโดยใช้ความเร็วลม 2 ระดับได้ค่าความขรุขระพื้นผิวเท่ากับ 0.65 เมตรและเมื่อคำนวณโดยใช้วิธีการองค์ประกอบของลมได้ค่าความขรุขระพื้นผิวเท่ากับ 0.84 เมตร โดยวิธีการคำนวณและผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการคำนวณความขรุขระพื้นผิวจากความเร็วลมบริเวณพื้นที่ศึกษาโรงเรียนหน้าพระลาน

วิธีการคำนวณ	สูตรคำนวณ	$Z_0$ (m)	อ้างอิง
ความเร็วลม 2 ระดับ	$\ln(z_0) = \frac{u_1 \ln(z_2) - u_2 \ln(z_1)}{u_1 - u_2}$	0.65	Sempreviva
องค์ประกอบของลม	$u_{(z)} = u_* / k (\ln(z/z_0))$	0.84	Sempreviva

### 4) การเปรียบเทียบค่าความขรุขระพื้นผิว

เมื่อนำผลค่าความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวางวิธีต่างๆมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการตรวจวัดองค์ประกอบของลมพบว่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่ได้อยู่ในช่วงระหว่าง -95% ถึง 212% โดยวิธีการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวางที่ให้ค่าใกล้เคียงกับการตรวจวัดมากที่สุดได้แก่วิธีของ Counihan ในปี 1971 และเมื่อนำผลของวิธีที่ใช้ค่าความเร็วลม 2 ระดับมาเปรียบเทียบกับวิธีการตรวจวัดองค์ประกอบของลมด้วย พบว่าให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างน้อยที่สุดเท่ากับ -23% คือมีค่าแตกต่างจากค่าที่ได้จากการคำนวณจากองค์ประกอบของลม 23% โดยผลที่ได้จะแสดงดังตารางที่ 4.8

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 4.8 ผลเปรียบเทียบวิธีการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวางกับการตรวจวัดองค์ประกอบของลม

ผลการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวาง		ผลการคำนวณจากองค์ประกอบของลม $u_{(z)} = u_* / k (\ln(z/z_0))$	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
วิธีการคำนวณ	$Z_0$ (m)		
1. $Z_0 = h / 30$	0.04	0.84	-95
2. $\text{Log } Z_0 = -0.883 + 0.997 \log h$	0.17		-79
3. $\text{Log } Z_0 = -1.385 + 1.417 \log h$	0.06		-93
4. $\text{Log } Z_0 = -1.24 + 1.19 \log h$	0.08		-90
5. $Z_0 = 0.5 h \lambda f$	0.09		-89
6. $Z_0/h = 1.08 \lambda_p - 0.08$	0.22		-74
7. $Z_0 = 2 h$	2.63		213
8. $\ln(z_0) = \frac{u_1 \ln(z_2) - u_2 \ln(z_1)}{u_1 - u_2}$	0.65		-23

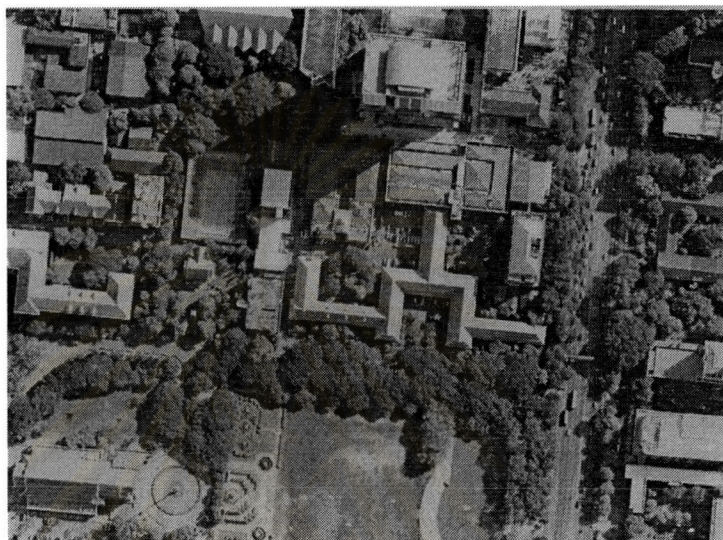
จากผลเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของวิธีการตรวจวัดทั้งหมดกับวิธีการตรวจวัดจากองค์ประกอบของลมพบว่า การตรวจวัดด้วยอุตุนิยมวิทยาในวิธีของความเร็วม 2 ระดับให้ค่าความขรุขระพื้นผิวที่ใกล้เคียงกับค่าความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากการตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาจากองค์ประกอบของลมมากที่สุด และจากการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวางเปรียบเทียบกับการวัดค่าความขรุขระพื้นผิวจากองค์ประกอบของลม พบว่ามีช่วงความแตกต่างอยู่มากในแต่ละวิธีที่ใช้ในการคำนวณ โดยพบว่าวิธีที่ให้ค่าความขรุขระพื้นผิวใกล้เคียงกับการตรวจวัดจากองค์ประกอบมากที่สุดได้แก่วิธีของ Counihan

#### 4.3.2 ค่าความขรุขระพื้นผิวบริเวณตึกวิทยาศาสตร์ทั่วไป จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

##### 1) ลักษณะพื้นที่บริเวณตึกวิทยาศาสตร์ทั่วไป จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริเวณพื้นที่ศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีความเป็นเมืองที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ศึกษาโรงเรียนหน้าพระลานจังหวัดสระบุรี พื้นที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยอาคารเรียน โดยมีพื้นที่ศึกษาทั้ง 70650 ตารางเมตรเท่ากับพื้นที่ศึกษาสระบุรี โดยมีภาพถ่ายทางอากาศแสดงดังรูปที่ 4.31 และสิ่งกีดขวางที่มีอยู่ในบริเวณนี้แสดงในตารางที่ 4.9

อุดมศึกษาที่ทำการตรวจวัดที่ศึกษาศาสตร์ทั่วไป จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจะเป็นการตรวจวัด 2 ระดับ โดยมีความสูงจากพื้นดินอยู่ที่ 19 เมตร และ 32 เมตร โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 2.1 และ 2.2 เมตรต่อวินาที ความถี่ของทิศทางลมที่มาเท่ากับ 194 และ 192 องศาตามลำดับ อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 29.5 องศาเซลเซียสทั้ง 2 ระดับ ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % มีค่าความเข้มแสงเท่ากับ 304 วัตต์ต่อตารางเมตร



รูปที่ 4.31 พื้นที่ศึกษาศานิตตรวจวัดอุดมศึกษาที่ศึกษาศาสตร์ทั่วไป จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ตารางที่ 4.9 สิ่งกีดขวางที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สิ่งกีดขวาง	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (เมตร)	สัดส่วนความสูงต่อพื้นที่
1. วิทยาศาสตร์ภาพถ่ายและวัสดุ	20	1084.2	0.3069
2. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร	19	792.6	0.2132
3. อาคารแถบ นีละนิธิ	18	2983.1	0.7600
4. ฟิสิกส์ 1	19	2984.7	0.8027
5. วิทยาศาสตร์ทั่วไป	14	903.5	0.1790
6. ชีววิทยาและเคมี 2	21	3285.7	0.9766
7. คณิตศาสตร์	11	1183.6	0.1843
8. สุขานิสิตหญิง	6	31.5	0.0027
9. ภาควิชาฟิสิกส์	6	270.9	0.0230
10. วิศวกรรมศาสตร์ 3	29	3965.4	1.6277
11. วิศวกรรมศาสตร์ 1	21	1035.7	0.3079

ตารางที่ 4.9 สิ่งกีดขวางที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษาจุพาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ต่อ)

สิ่งกีดขวาง	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (เมตร)	สัดส่วนความสูงต่อพื้นที่
12. อาคารปฏิบัติการเจริญวิศวกรรม	14	1510.5	0.2993
13. อาคารชาล เอ็มสัน เกเตอร์ด	14	1430.0	0.2834
14. ห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์และ ไมโครคอมพิวเตอร์	14	174.0	0.0345
15. อาคารที่พักอาจารย์	12	180.0	0.0306
16. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า	20	638.2	0.1807
17. หอประวัติจุฬา	7	440.0	0.0436
18. หอประชุม	19	3183.2	0.8561
19. สระว่ายน้ำ	5	1800.0	0.1274
20. ต้นไม้	13	5500.0	1.0120
รวมพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างทั้งหมด		33376.9	
พื้นที่ที่เป็นที่โล่ง		37273.1	
ความสูงเฉลี่ยในบริเวณพื้นที่	8.25		

หมายเหตุ : ความสูงต่อพื้นที่หมายถึงความสูงเฉลี่ยเทียบต่อพื้นที่ของสิ่งปลูกสร้าง

## 2) ค่าความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวาง

ผลค่าความขรุขระพื้นผิวที่คำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวาง 7 วิธีบริเวณ  
ศึกษาศาสตร์ทั่วไป จุพาลงกรณ์มหาวิทยาลัยพบว่าค่าความขรุขระพื้นผิวที่ได้อยู่ในช่วงระหว่าง  
0.27 – 16.5 เมตร โดยวิธีของ Nikaradas ให้ค่าความขรุขระพื้นผิวที่ต่ำที่สุดและวิธีการของ  
Rapuach ให้ค่าความขรุขระพื้นผิวที่สูงที่สุด เช่นเดียวกับผลที่คำนวณได้บริเวณพื้นที่โรงเรียน  
หน้าพระลาน จังหวัดสระบุรี โดยผลค่าความขรุขระพื้นผิวที่ได้ในแต่ละวิธีแสดงดังตารางที่ 4.10

จุพาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 4.10 ผลการคำนวณความขรุขระพื้นผิวจากลักษณะสิ่งกีดขวางบริเวณพื้นที่ศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีคำนวณค่าความขรุขระพื้นผิว	$Z_0$ (m)	อ้างอิง
1. $Z_0 = h / 30$	0.27	Nikaradse (1933)
2. $\text{Log } Z_0 = -0.883 + 0.997 \log h$	1.07	Tanner and Pelton (1960)
3. $\text{Log } Z_0 = -1.385 + 1.417 \log h$	0.81	Kung (1963)
4. $\text{Log } Z_0 = -1.24 + 1.19 \log h$	0.71	Sellers (1965)
5. $Z_0 = 0.5 h \lambda f$	1.17	Lettau (1969)
6. $Z_0/h = 1.08 \lambda_p - 0.08$	3.55	Counihan (1971)
7. $Z_0 = 2 h$	16.5	Rapuach (1991)

### 3) ค่าความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากการตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัย

บริเวณพื้นที่ศึกษาตึกวิทยาศาสตร์ทั่วไปมีการตรวจวัดความเร็วลม 2 ระดับเพียงอย่างเดียว ดังนั้นค่าความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากการตรวจวัดบริเวณนี้จะมาจากการตรวจวัดความเร็วลม 2 ระดับโดยใช้ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 15 มกราคม 247 - วันที่ 30 กันยายน 2547 ในการคำนวณโดยผลการคำนวณที่ได้จะได้ค่าความขรุขระพื้นผิวเท่ากับ 2.4 เมตร ซึ่งมีวิธีการคำนวณและผลแสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการคำนวณความขรุขระพื้นผิวจากความเร็วลมบริเวณพื้นที่ศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการคำนวณ	สูตรคำนวณ	$Z_0$ (m)	อ้างอิง
ความเร็วลม 2 ระดับ	$\ln(z_0) = \frac{u_1 \ln(z_2) - u_2 \ln(z_1)}{u_1 - u_2}$	2.4	A.M.Sempreviva

### 4) การเปรียบเทียบค่าความขรุขระพื้นผิว

ผลการเปรียบเทียบความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากการตรวจวัดโดยความเร็วลม 2 ระดับ และได้จากการคำนวณโดยการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวาง พบว่าค่าความแตกต่างที่ได้อยู่ในช่วงระหว่าง -89% ถึง 588% โดยวิธีการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวางที่ให้ค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการตรวจวัดความเร็วลม 2 ระดับมากที่สุดได้แก่วิธีของ Counihan โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเท่ากับ 48% เช่นเดียวกับพื้นที่ศึกษาบริเวณโรงเรียนหน้าพระลาน จังหวัดสระบุรีผลที่ได้ทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลเปรียบเทียบการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวางกับการตรวจวัดจากความเร็วลม 2 ระดับบริเวณพื้นที่ศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวาง		ผลการคำนวณจาก การตรวจวัดอุตุนิยมวิทยา 2 ระดับ	เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่าง
วิธีคำนวณ	$Z_0$ (m)		
1. $Z_0 = h / 30$	0.27	2.4	-89
2. $\text{Log } Z_0 = -0.883 + 0.997 \log h$	1.07		-55
3. $\text{Log } Z_0 = -1.385 + 1.417 \log h$	0.81		-66
4. $\text{Log } Z_0 = -1.24 + 1.19 \log h$	0.71		-70
5. $Z_0 = 0.5 h \lambda f$	1.17		-51
6. $Z_0/h = 1.08 \lambda_p - 0.08$	3.55		48
7. $Z_0 = 2 h$	16.5		588

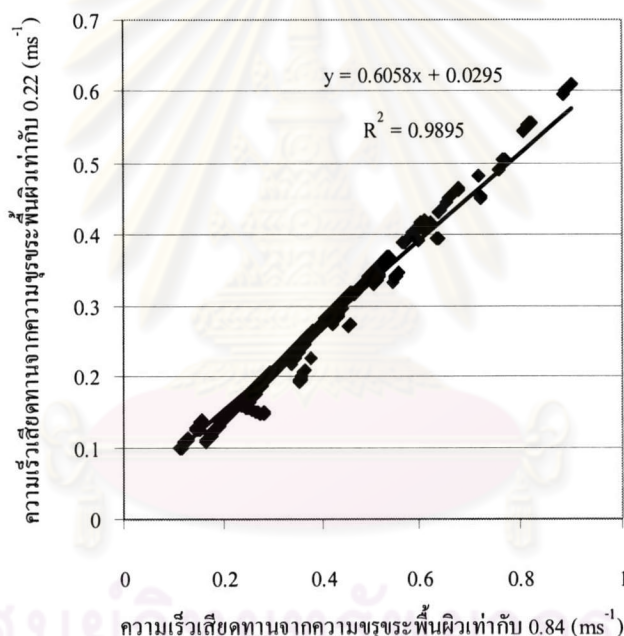
จากผลการศึกษาค่าความขรุขระพื้นผิวจากลักษณะสิ่งกีดขวางเปรียบเทียบกับค่าความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากการคำนวณโดยการตรวจวัดความเร็วลม 2 ในบริเวณพื้นที่ศึกษาจุฬาลงกรณ์พบว่าวิธีของ Counihan ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับการตรวจวัดโดยความเร็วลม 2 ระดับมากที่สุดเช่นเดียวกับการศึกษาในพื้นที่สระบุรี ดังนั้นจากการศึกษาถึงวิธีความเหมาะสมของวิธีการคำนวณค่าความขรุขระพื้นผิวจากลักษณะสิ่งกีดขวางจึงพบว่าในบริเวณพื้นที่ทั้ง 2 พื้นที่ วิธีของ Counihan ให้ค่าที่ใกล้เคียงและเหมาะสมกับวิธีที่ใช้ในการตรวจวัดที่อ้างอิงมากที่สุด ดังนั้นในการตรวจวัดค่าความขรุขระพื้นผิวในเขตกรุงเทพมหานครในการศึกษาต่อไปที่ไม่มีการติดตั้งการตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาในลักษณะขององค์ประกอบของลม หรือไม่มีการตรวจวัดอุตุนิยมวิทยา 2 ระดับจะใช้วิธีการของ Counihan ในการคำนวณหาค่าความขรุขระพื้นผิว

#### 4.4 ผลของวิธีการคำนวณค่าความขรุขระพื้นผิวที่มีต่อค่าความเร็วเสียดทานและค่า Monin-Obukhov Length

จากการศึกษาในหัวข้อที่ 4.3 ได้ผลความขรุขระพื้นผิวจากลักษณะสิ่งกีดขวางที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับผลที่ได้จากวิธีอ้างอิงทั้ง 2 วิธีได้แก่วิธีที่คำนวณจากองค์ประกอบของลมและความเร็วลม 2 ระดับ และในขั้นตอนการศึกษานี้เป็นการทดสอบถึงผลความแตกต่างของความเร็วเสียดทานและ Monin-Obukhov Length เมื่อมีการใช้ค่าความขรุขระพื้นผิวที่ถูกต้องซึ่งได้จากการตรวจวัดเปรียบเทียบกับความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากลักษณะสิ่งกีดขวาง เพื่อศึกษาว่าเมื่อความ

ขรุขระพื้นผิวที่ไม่ถูกต้องแน่นอนแล้วส่งผลต่อความถูกต้องของค่าความเร็วเสียดทานและ Monin-Obukhov Length อย่างไร

ผลจากการเปรียบเทียบที่สถานีตรวจวัดสระบุรีโดยมีค่าความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากการคำนวณ โดยการตรวจวัดองค์ประกอบของลมมีค่าความขรุขระพื้นผิวเท่ากับ 0.84 เมตร เปรียบเทียบกับผลความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากวิธีการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวาง โดยมีค่าความขรุขระพื้นผิวเท่ากับ 0.22 เมตร พบว่าแบบจำลอง RAMMET จะให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ใช้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลความเร็วเสียดทานที่ใช้ค่าความขรุขระพื้นผิวต่างวิธีกันมีค่าเท่ากับ 0.9895 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันค่อนข้างสูง แต่จะพบว่าผลของข้อมูลความเร็วเสียดทานที่ได้จากการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวางให้ค่าที่ต่ำกว่าผลที่ได้จากการคำนวณ โดยการตรวจวัดองค์ประกอบของลม โดยมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเท่ากับ -22.95% ดังรูปที่ 4.32

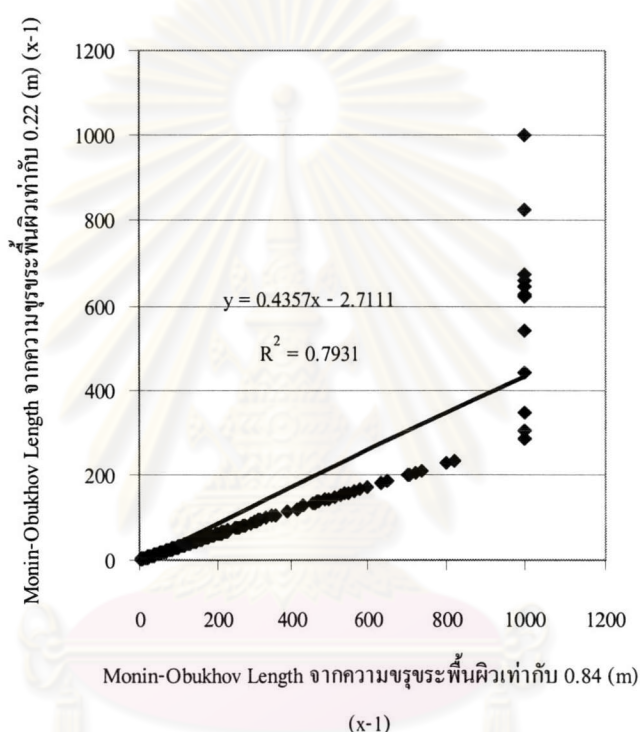


รูปที่ 4.32 ผลเปรียบเทียบความเร็วเสียดทาน เมื่อมีค่าความขรุขระพื้นผิวต่างกันจากแบบจำลอง RAMMET

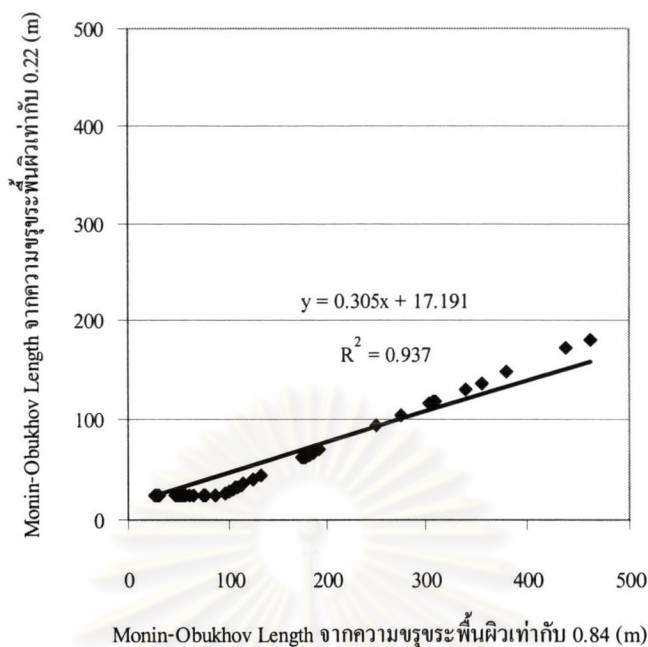
และผลของ Monin-Obukhov Length ที่ได้จากการใช้ค่าความขรุขระพื้นผิวที่แตกต่างกันจากแบบจำลอง RAMMET แบ่งผลที่ได้ออกเป็น 2 ส่วน คือในช่วงกลางวันและกลางคืน ซึ่งผลที่ได้จากในช่วงกลางวันพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในช่วงเวลากลางวันเท่ากับ 0.7931 แสดงให้เห็นว่าผลของ Monin-Obukhov Length ที่ได้มีความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน แต่พบว่าเมื่อใช้ค่าความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวางมาใช้ในการคำนวณ ให้ผลของ Monin-Obukhov Length ที่ได้ต่ำกว่าการใช้ค่าความขรุขระพื้นผิวจากการตรวจวัดองค์ประกอบของลมมาคำนวณในแบบจำลอง RAMMET โดยมีเปอร์เซ็นต์



ความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ -66.59% และในช่วงเวลากลางคืนจะพบว่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ได้จะมีค่าเท่ากับ 0.937 ซึ่งจะมีค่าสูงกว่าในช่วงเวลากลางวัน แสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลากลางคืนความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจะไปในทิศทางเดียวกันและมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันมากกว่าในช่วงเวลากลางวัน และในช่วงเวลากลางคืนพบว่าผลจากการใช้ค่าความขรุขระพื้นผิวจากทางลักษณะสิ่งกีดขวางให้ผลของ Monin-Obukhov Length ที่มีค่าต่ำกว่าการใช้ความขรุขระพื้นผิวจากการคำนวณ โดยองค์ประกอบของโดยมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเท่ากับ -1.49% เนื่องจากผลที่ได้จากแบบจำลอง โดยส่วนใหญ่จะเป็นค่า Monin-Obukhov Length ที่ถูกกำหนดโดยแบบจำลอง โดยเป็นค่าที่ต่ำที่สุดคือ 25 เมตร ดังแสดงรูปที่ 4.33 และ 4.34



รูปที่ 4.33 ผลเปรียบเทียบ Monin-Obukhov Length เมื่อมีค่าความขรุขระพื้นผิวต่างกันจากแบบจำลอง RAMMET ในช่วงเวลากลางวัน

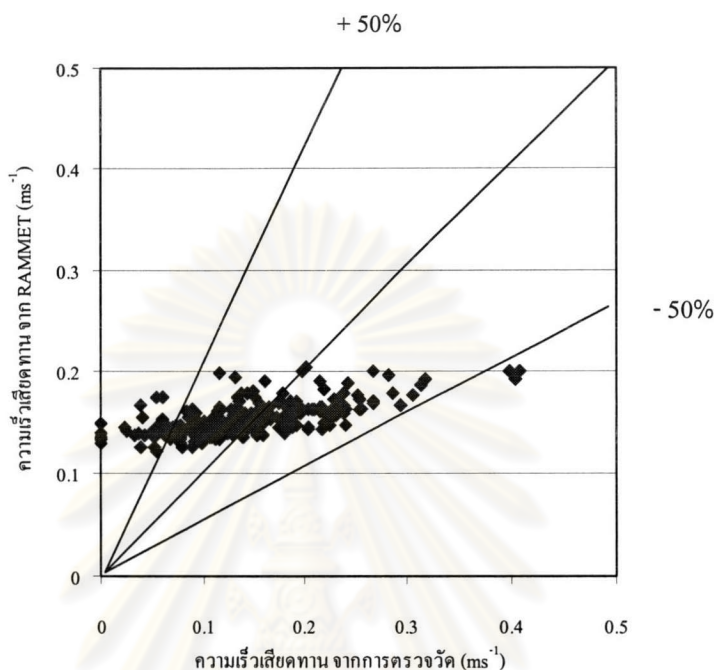


รูปที่ 4.34 ผลเปรียบเทียบ Monin-Obukhov Length เมื่อมีค่าความขรุขระพื้นผิวแตกต่างกันจากแบบจำลอง RAMMET ในช่วงเวลากลางคืน

ผลความแตกต่างของความเร็วเสียดทานและ Monin-Obukhov Length บริเวณพื้นที่ศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีค่าความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากการคำนวณจากการตรวจวัดอุณหภูมิตามวิธี 2 ระดับ เท่ากับ 2.4 เมตร เปรียบเทียบกับผลความขรุขระพื้นผิวที่ได้จากวิธีการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวางโดยมีค่าความขรุขระพื้นผิวเท่ากับ 3.55 เมตร ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลอง RAMMET โดยใช้ค่าความขรุขระพื้นผิวที่ต่างกันจะไม่สามารถเปรียบเทียบได้ เนื่องจากแบบจำลอง RAMMET มีข้อจำกัดของการใช้ค่าความขรุขระพื้นผิวอยู่ที่ค่าที่มากที่สุดที่นำมาใช้ได้เท่ากับ 1.3 เมตร ดังนั้นในการเปรียบเทียบความแตกต่างของการใช้ค่าความขรุขระพื้นผิวบริเวณพื้นที่ศึกษาศึกษาวิทยาศาสตร์ทั่วไป จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดยแบบจำลอง RAMMET จึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้

ในการหาค่าความเร็วเสียดทานสามารถหาได้โดยตรงจากการคำนวณองค์ประกอบของลมที่ได้จากการตรวจวัดตามสมการในบทที่ 2 ซึ่งให้ค่าที่ถูกต้องแน่นอนเพราะเป็นค่าจากการตรวจวัดแต่หากไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดองค์ประกอบของลม แบบจำลองคณิตศาสตร์สามารถคำนวณค่าความเร็วเสียดทานได้ ซึ่งการเปรียบเทียบกับการตรวจวัดนี้สามารถทำได้เฉพาะพื้นที่ศึกษาสระบุรีเนื่องจากการตรวจวัดองค์ประกอบของลม โดยความแตกต่างของค่าความเร็วเสียดทานที่ได้จากการตรวจวัดและที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองผลที่ได้พบว่าค่า Fraction Bias Test ที่ได้มีค่าเท่ากับ -0.0871 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงให้เห็นว่าผลที่ได้จากทั้ง 2 แบบมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และค่า Correlation Coefficient ที่ได้เท่ากับ 0.6576

แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันแต่ไม่สูงมากนัก และมีค่า Factor of Two เท่ากับ 79.89 % แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง ยังมีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ โดยผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.35



รูปที่ 4.35 ผลเปรียบเทียบความเร็วเสียดทานที่ได้จากการตรวจวัดและจากแบบจำลอง RAMMET พื้นที่ศึกษาสระบุรี

#### 4.5 ผลของค่าความขรุขระพื้นผิวต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า Monin-Obukhov Length

##### 4.5.1 ลักษณะของพื้นที่

ในการศึกษาได้เลือกพื้นที่ศึกษาที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาตามผลของความขรุขระพื้นผิวที่แตกต่างกัน โดยวิธีที่ใช้ในการคำนวณค่าความขรุขระพื้นผิวใช้วิธีที่ได้จากการคำนวณจากลักษณะสิ่งกีดขวางจากหัวข้อที่ 4.3 โดยมีพื้นที่ศึกษาดังนี้

##### 1) พื้นที่ศึกษาบริเวณถนนแจ้งวัฒนะ

พื้นที่ที่ศึกษาบริเวณถนนแจ้งวัฒนะอยู่บริเวณค่ายทหารพัน 2 รอ. ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 70650 ตารางเมตร มีรัศมีของพื้นที่เท่ากับ 150 เมตร สิ่งกีดขวางที่มีอยู่ในพื้นที่โดยส่วนใหญ่จะเป็นต้นไม้ ไม่มีอาคารหรือกลุ่มอาคารมากนักดังภาพถ่ายทางอากาศที่ 4.36 แสดงดังตารางที่ 4.13





รูปที่ 4.36 พื้นที่ศึกษาบริเวณถนนแจ้งวัฒนะ

ตารางที่ 4.13 รายละเอียดสิ่งกีดขวางที่มีอยู่ในพื้นที่ถนนแจ้งวัฒนะ

สิ่งกีดขวาง	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตารางเมตร)	สัดส่วนความสูงต่อ พื้นที่
1. กลุ่มต้นไม้ 1	10	1260	0.178
2. กลุ่มต้นไม้ 2	9	1350	0.172
3. กลุ่มต้นไม้ 3	9	810	0.103
4. กลุ่มต้นไม้ 4	8	729	0.083
5. กลุ่มต้นไม้ 5	10	540	0.076
6. กลุ่มต้นไม้ 6	11	765	0.119
7. กลุ่มต้นไม้ 7	11	720	0.112
8. อาคารเยี่ยมญาติ	3.5	90	0.004
9. อาคารประชุม	8	693	0.078
พื้นที่มีสิ่งก่อสร้างทั้งหมด		6957	
พื้นที่ว่าง		63693	
ความสูงเฉลี่ย	0.93		

หมายเหตุ : ความสูงต่อพื้นที่หมายถึงความสูงเฉลี่ยเทียบกับพื้นที่ของสิ่งปลูกสร้าง

## 2) พื้นที่ศึกษาบริเวณถนนราชดำเนินกลาง

พื้นที่ศึกษาบริเวณถนนราชดำเนินกลางอยู่บริเวณโรงเรียนสอนภาษาอังกฤษติดถนนราชดำเนิน โดยพื้นที่บริเวณนี้ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มอาคารพาณิชย์ 4 ชั้น พื้นที่ศึกษาทั้งหมดครอบคลุมพื้นที่ 70650 ตารางเมตร เช่นเดียวกับพื้นที่ศึกษาถนนแจ้งวัฒนะ รัศมีของพื้นที่เท่ากับ 150 เมตร โดยลักษณะพื้นที่ศึกษาบริเวณถนนราชดำเนินดังรูปที่ 4.37 และ สิ่งกีดขวางที่มีอยู่ในพื้นที่แสดงดังตารางที่ 4.14



รูปที่ 4.37 พื้นที่ศึกษาบริเวณถนนราชดำเนินกลาง

ตารางที่ 4.14 รายละเอียดสิ่งกีดขวางที่มีอยู่ในพื้นที่บริเวณถนนราชดำเนินกลาง

สิ่งกีดขวาง	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตารางเมตร)	สัดส่วนความสูงต่อ พื้นที่
1. กลุ่มตึกแถว 1	12	2430	0.413
2. กลุ่มตึกแถว 2	12	3564	0.605
3. กลุ่มตึกแถว 3	12	2880	0.489
4. กลุ่มตึกแถว 4	12	900	0.153
5. กลุ่มตึกแถว 5	12	1080	0.183
6. กลุ่มตึกแถว 6	12	495	0.084
7. กลุ่มตึกแถว 7	12	1800	0.306
8. กลุ่มตึกแถว 8	12	1296	0.220
9. กลุ่มตึกแถว 9	12	2016	0.342



ตารางที่ 4.14 รายละเอียดสิ่งกีดขวางที่มีอยู่ในพื้นที่บริเวณถนนราชดำเนินกลาง (ต่อ)

สิ่งกีดขวาง	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตารางเมตร)	สัดส่วนความสูงต่อ พื้นที่
10. กลุ่มตึกแถว 10	12	1296	0.220
11. กลุ่มตึกแถว 11	12	810	0.138
12. กลุ่มตึกแถว 12	12	1944	0.330
13. กลุ่มต้นไม้ 1	11	300	0.047
14. กลุ่มต้นไม้ 2	10	150	0.021
15. กลุ่มต้นไม้ 3	10	105	0.015
16. กลุ่มต้นไม้ 4	10	100	0.014
17. กลุ่มต้นไม้ 5	10	150	0.021
พื้นที่มีสิ่งก่อสร้างทั้งหมด		21316	
พื้นที่ว่าง		49334	
ความสูงเฉลี่ย	3.60		

หมายเหตุ : ความสูงต่อพื้นที่หมายถึงความสูงเฉลี่ยเทียบต่อพื้นที่ของสิ่งปลูกสร้าง

### 3) พื้นที่ศึกษาบริเวณโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย

พื้นที่ศึกษาบริเวณ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยครอบคลุมพื้นที่ 70650 ตารางเมตร รัศมีของพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 150 เมตร โดยอาคารส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาภายในโรงเรียนเป็นอาคารเรียนที่มีความสูงประมาณ 3 ชั้น จนถึงอาคารที่มีความสูงประมาณ 14 ชั้น และบริเวณภายนอกโรงเรียนจะเป็นอาคารสำนักงานของบริษัทต่างๆ และในพื้นที่ศึกษามีกลุ่มของต้นไม้อยู่เป็นช่วงๆ ลักษณะของพื้นที่ศึกษาแสดงดังรูปที่ 4.38 และรายละเอียดของพื้นที่ศึกษาแสดงดังตารางที่ 4.15





รูปที่ 4.38 พื้นที่ศึกษาบริเวณโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย

ตารางที่ 4.15 รายละเอียดสิ่งกีดขวางที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษาบริเวณโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย

สิ่งกีดขวาง	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตารางเมตร)	สัดส่วนความสูงต่อ พื้นที่
1. อาคารภายในโรงเรียนกรุงเทพ คริสเตียนด้านหน้า	15	1150	0.244
2. อาคาร 14 ชั้นภายในโรงเรียน	49	850	0.589
3. อาคารฝ่ายประถมภายใน โรงเรียน	14	1620	0.321
4. อาคารโรงเรียนกรุงเทพด้านหน้า	21	485	0.144
5. อาคารหอประชุม	8	1080	0.122
6. อาคาร BBC	60	1350	1.146
7. อาคารโรงเรียนกรุงเทพคริส เตียนวิทยาลัยด้านข้าง	12	1050	0.178
8. อาคารร้าง	30	1150	0.488
9. อาคาร Bangkok code	16	504	0.114
10. อาคารโรงงาน	7	1260	0.125
11. โบสถ์	9	350	0.044
12. กลุ่มต้นไม้ 1	9	2250	0.286
13. กลุ่มต้นไม้ 2	12	1150	0.195
14. กลุ่มต้นไม้ 3	9	2475	0.315

ตารางที่ 4.15 รายละเอียดสิ่งกีดขวางที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษาบริเวณกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย (ต่อ)

สิ่งกีดขวาง	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตารางเมตร)	สัดส่วนความสูงต่อ พื้นที่
15. กลุ่มต้นไม้ 4	13	1250	0.230
16. กลุ่มต้นไม้ 5	12	1550	0.263
17. กลุ่มต้นไม้ 6	10	1450	0.205
พื้นที่ที่มีสิ่งก่อสร้างทั้งหมด		20974	
พื้นที่ว่าง		49676	
ความสูงเฉลี่ย	5.01		

หมายเหตุ : ความสูงต่อพื้นที่หมายถึงความสูงเฉลี่ยเทียบกับพื้นที่ของสิ่งปลูกสร้าง

#### 4) พื้นที่ศึกษาบริเวณถนนสาทร

พื้นที่ศึกษาบริเวณถนนสาทรอยู่บริเวณโรงแรมบันยันทรี ซึ่งพื้นที่ของถนนสาทรส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยอาคารสูง โดยเป็นอาคารสำนักงาน โรงแรม หรืออาคารที่พักอาศัยต่างๆ โดยการศึกษาครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 70650 ตารางเมตร โดยลักษณะพื้นที่ศึกษาแสดงดังรูปที่ 4.39 และ รายละเอียดสิ่งกีดขวางที่มีอยู่ในพื้นที่แสดงดังตารางที่ 4.16



รูปที่ 4.39 พื้นที่ศึกษาบริเวณถนนสาทร



ตารางที่ 4.16 รายละเอียดสิ่งกีดขวางที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษาบริเวณถนนสาทร

สิ่งกีดขวาง	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตารางเมตร)	สัดส่วนความสูงต่อ พื้นที่
1. อาคารกรุงเทพประกันภัย	82.5	1755	2.049
2. อาคารไทยวา	90	2430	3.096
3. โรงแรมบันยันทรี	170	684	1.646
4. คอนโดหลังโรงแรมบันยันทรี	92.5	1180	1.545
5. อาคารที่พักสถานทูตมาเลเซีย	65	441	0.406
6. คอนโดสาทรการ์เดนที่ 1	100	1170	1.656
7. โรงแรมด้านหน้าสถานทูต มาเลเซีย	32.5	4331	1.992
8. คอนโดสาทรการ์เดนที่ 2	100	1170	1.656
9. อาคารสถานทูตฝรั่งเศส	15	1620	0.344
10. อาคารสถานทูตฝรั่งเศส 2	9	792	0.101
11. อาคาร TISCO	55	4275	3.328
12. อาคารสุคนคอรท์ 1	10	1260	0.178
13. อาคารสุคนคอรท์ 2	25	630	0.223
14. อาคาร BANK THAI	65	1224	1.126
15. อาคารสิริสาทร	47.5	1300	0.874
16. อาคารศิลป์ไทยการไฟฟ้า	15	1120	0.238
17. อาคารสำนักงาน	10	1120	0.159
18. อาคารบุปผิจิตร	40	990	0.561
19. คอนโด SLD	22.5	270	0.086
20. คอนโด	35	648	0.321
21. อาคาร Centre Point	25	504	0.178
22. กลุ่มอาคารบ้าน 2 ชั้น	6	2034	0.173
23. กลุ่มต้นไม้	9	1080	0.137
พื้นที่มีสิ่งก่อสร้างทั้งหมด		32028	
พื้นที่ว่าง		38622	
ความสูงเฉลี่ย	22.07		

หมายเหตุ : ความสูงต่อพื้นที่หมายถึงความสูงเฉลี่ยเทียบต่อพื้นที่ของสิ่งปลูกสร้าง



#### 4.5.2 ค่าความขรุขระพื้นผิวของพื้นที่ศึกษา

จากผลการศึกษาในหัวข้อที่ 4.3 พบว่าวิธีการคำนวณของ Counihan ให้ผลที่ได้ใกล้เคียงกับวิธีการที่ใช้เป็นวิธีอ้างอิงมากที่สุด ดังนั้นในการคำนวณศึกษาถึงความขรุขระพื้นผิวในครั้งนี้จึงใช้วิธีของ Counihan ในการคำนวณ โดยผลที่ได้พบว่าบริเวณพื้นที่ศึกษาถนนสาทร โรงแรมบันยันทรี มีค่าความขรุขระค่อนข้างสูงมากเนื่องจากลักษณะอาคารบริเวณนั้นเป็นอาคารสำนักงานและโรงแรมซึ่งมีความสูงมาก และพื้นที่บริเวณค่ายทหารถนนแจ้งวัฒนะมีค่าความขรุขระพื้นผิวดำที่สุดเนื่องจากในพื้นที่บริเวณนั้นโดยรอบเป็นพื้นที่โล่งมีอาคารค่อนข้างน้อยมาก โดยผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.17

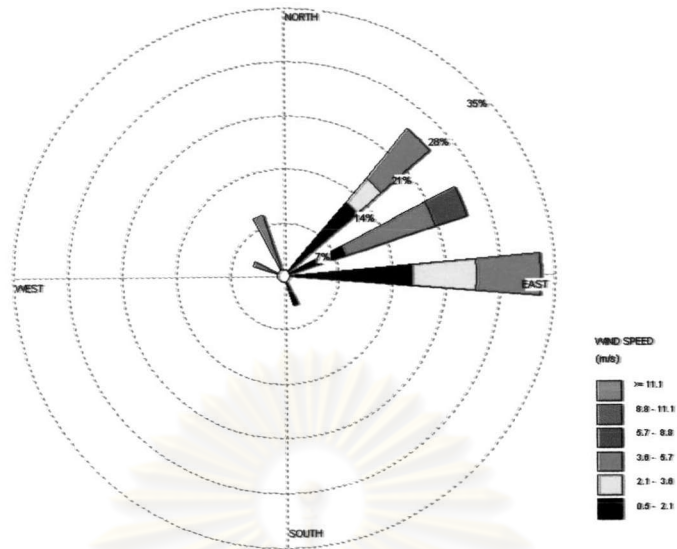
ตารางที่ 4.17 ค่าความขรุขระพื้นผิวของพื้นที่ศึกษา

สถานที่ทำการทดสอบ	ค่าความขรุขระพื้นผิว (เมตร)
1. บริเวณค่ายทหารถนนแจ้งวัฒนะ	0.02
2. บริเวณถนนราชดำเนินกลาง	0.88
3. บริเวณโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย	1.21
3. บริเวณถนนสาทร	9.04

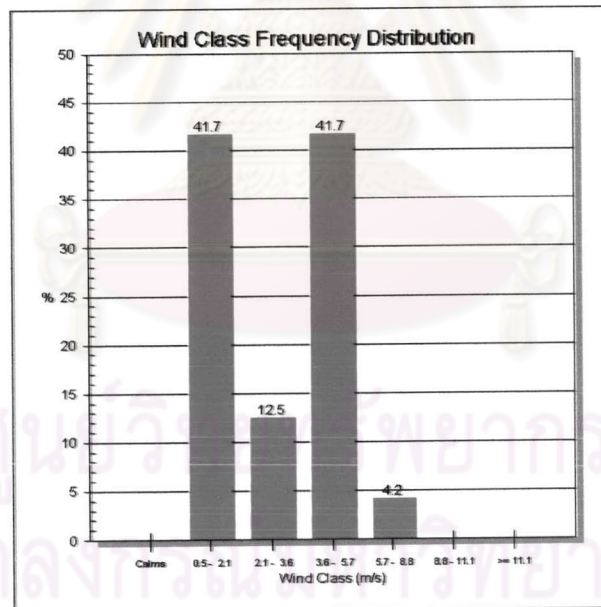
#### 4.5.3 ลักษณะความเร็วลมและทิศทางลมของพื้นที่ศึกษา

ในการตรวจวัดลักษณะอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษาทิศทางลม โดยส่วนใหญ่ในพื้นที่จะเป็นทิศทางลมที่มีการพัดจากแหล่งกำเนิดมลสารหรือจากบริเวณถนนเข้ามาสู่กลุ่มอาคารเป็นส่วนใหญ่ เพื่อนำไปศึกษาถึงสัดส่วนการกระจายตัวของมลสารในพื้นที่ที่มีค่าความขรุขระพื้นผิวที่แตกต่างกันต่อไป โดยมีข้อมูลการตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาในภาคผนวก ก

จากการตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาในบริเวณพื้นที่ถนนแจ้งวัฒนะที่ทำการตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาในช่วงระหว่างวันที่ 2 เมษายน 2547 ถึงวันที่ 5 เมษายน 2547 ในช่วงระหว่างเวลา 9.00 น. ถึง 15.00 น. ลมส่วนใหญ่ที่มาในบริเวณที่ทำการตรวจวัดมาจากทางบริเวณในช่วงระหว่างทิศเหนือถึงทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และมีบางส่วนมาจากทางบริเวณระหว่างทิศตะวันตก โดยความเร็วลมส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.5-2.1 เมตรต่อวินาทีและ 3.6-5.7 เมตรต่อวินาที โดยมีความถี่ของความเร็วลมในสองช่วงนี้เท่ากับ 41.7 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วลมในช่วง 2.1-3.6 เมตรต่อวินาทีมีความถี่ที่เกิดเท่ากับ 12.5 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วลมในช่วง 5.7-8.8 เมตรต่อวินาทีมีความถี่ที่เกิดเท่ากับ 4.2 เปอร์เซ็นต์ โดยผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.40 และ 4.41

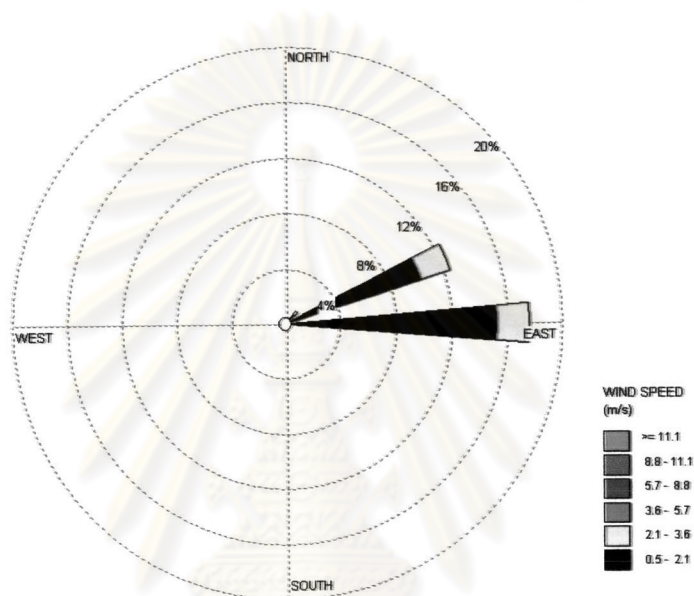


รูปที่ 4.40 ผังความเร็วลมและทิศทางลมบริเวณพื้นที่ศึกษาดนนแจ้งวัฒนะ ระหว่างวันที่ 2-5 เมษายน 2547 เวลา 9.00 น.-15.00 น.



รูปที่ 4.41 กราฟความถี่ความเร็วลมบริเวณพื้นที่ศึกษาดนนแจ้งวัฒนะ ระหว่างวันที่ 2-5 เมษายน 2547 เวลา 9.00 น.-15.00 น.

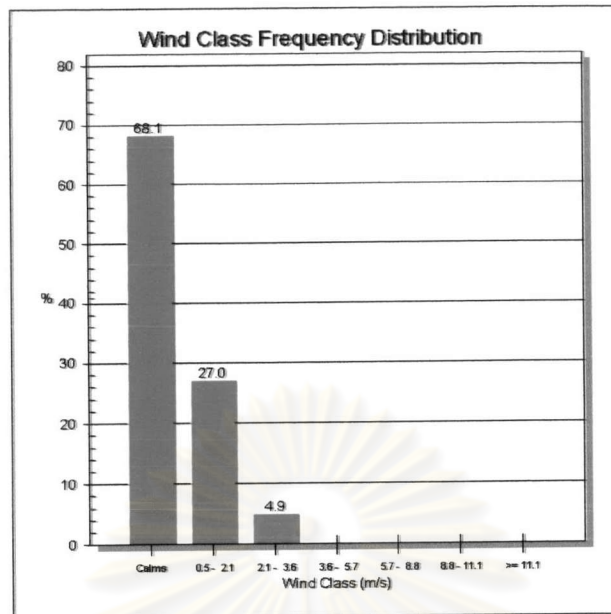
สำหรับลักษณะอุตุนิยมวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษาถนนราชดำเนินกลางในช่วงระหว่างวันที่ 12 มีนาคม 2547 ถึงวันที่ 15 มีนาคม 2547 ในช่วงระหว่างเวลา 9.00 น. ถึง 15.00 น.พบว่า ทิศทางลมส่วนใหญ่มาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือและบางส่วนมาจากในช่วงทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือ โดยความเร็วลมส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่เป็นความเร็วลมสงบโดยมีความถี่ของความเร็วลมในช่วงนี้เท่ากับ 68.1 เปอร์เซ็นต์ และความถี่ความเร็วลมถัดมาในช่วง 27 เปอร์เซ็นต์มีความเร็วลมอยู่ในช่วงระหว่าง 0.5-2.1 เมตรต่อวินาที และความเร็วลมในช่วง 2.1-3.6 เมตรต่อวินาทีที่มีความถี่เท่ากับ 4.9 เปอร์เซ็นต์ โดยผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.42 และ 4.43



รูปที่ 4.42 ผังความเร็วลมและทิศทางลมบริเวณพื้นที่ศึกษาถนนราชดำเนินกลาง ระหว่างวันที่ 12-15 มีนาคม 2547 เวลา 9.00 น. – 15.00 น.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

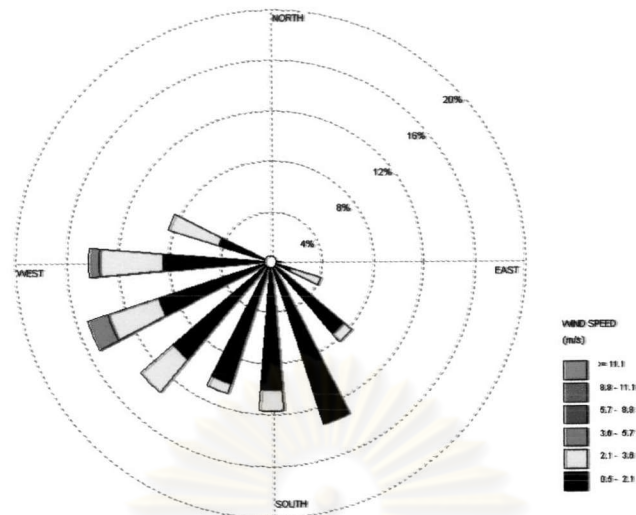




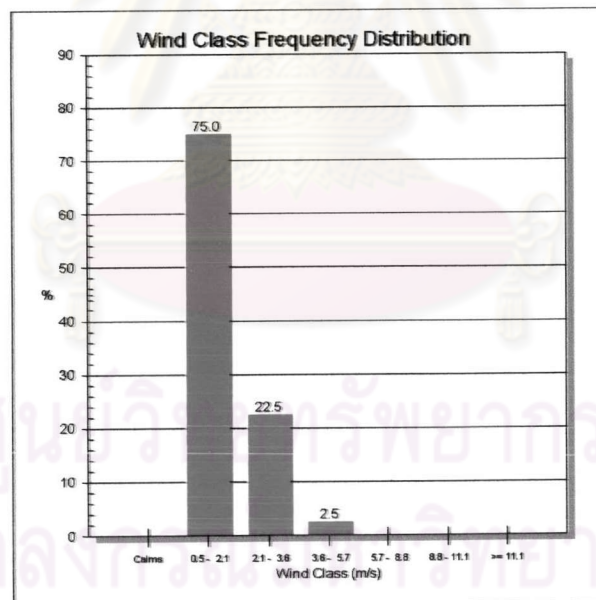
รูปที่ 4.43 กราฟความถี่ความเร็วลมบริเวณพื้นที่ศึกษาถนนราชดำเนินกลาง ระหว่างวันที่ 12-15 มีนาคม 2547 เวลา 9.00 น. – 15.00 น.

ลักษณะอุตุนิยมวิทยาบริเวณ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยในช่วงระหว่างวันที่ 16 กันยายน 2547 ถึงวันที่ 19 กันยายน 2547 ระหว่างเวลา 9.00 น. ถึง 15.00 น.พบว่าทิศทางลมส่วนใหญ่มาจากช่วงระหว่างทิศใต้และทิศตะวันตกโดยความเร็วลมส่วนใหญ่อยู่ในช่วงระหว่าง 0.5-2.1 เมตรต่อวินาที โดยมีความถี่เท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วลมในช่วง 2.1-3.5 เมตรต่อวินาทีที่มีความถี่เท่ากับ 22.5 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วลมสูงคืออยู่ในช่วงระหว่าง 3.6-5.7 เมตรต่อวินาทีที่มีความถี่เกิดขึ้นน้อยที่สุดคือ 2.5 เปอร์เซ็นต์ โดยผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.44 และ 4.45

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

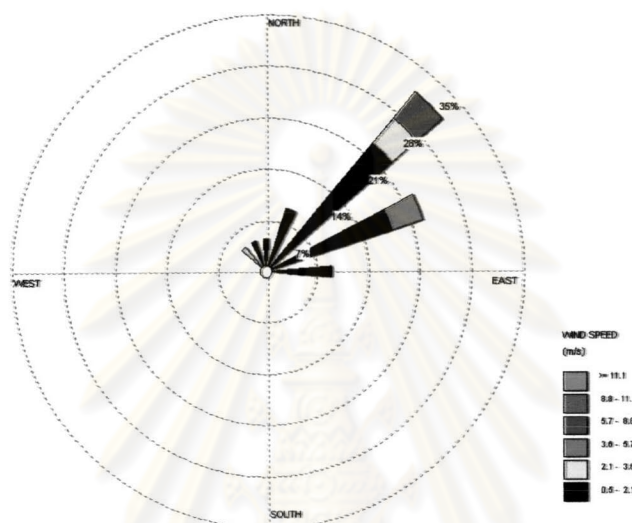


รูปที่ 4.44 ผังความเร็วลมและทิศทางลมบริเวณพื้นที่ศึกษาโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย ระหว่างวันที่ 16 – 19 กันยายน 2547 เวลา 9.00 น. – 15.00 น.



รูปที่ 4.45 กราฟความถี่ความเร็วลมบริเวณพื้นที่ศึกษาโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย ระหว่างวันที่ 16 – 19 กันยายน 2547 เวลา 9.00 น. – 15.00 น.

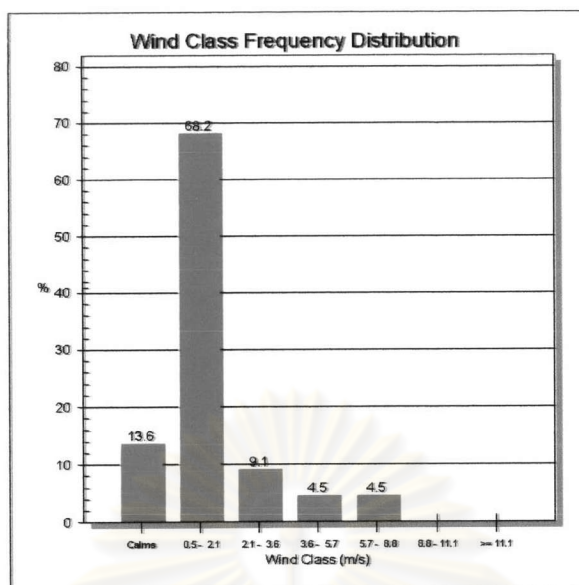
และลักษณะอุตุนิยมวิทยาพื้นที่ศึกษาบริเวณถนนสาทรในพื้นที่โรงแรม  
 บันยันทรีระหว่างวันที่ 28 พฤษภาคม 2547 จนถึงวันที่ 31 พฤษภาคม 2547 ในช่วงเวลา 9.00  
 น.- 15.00 น. พบว่าทิศทางลมโดยส่วนใหญ่มาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือแต่มีบางส่วนที่มาจาก  
 ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ โดยความเร็วลมส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.5 – 2.1 เมตรต่อวินาทีมากที่สุดโดย  
 มีความถี่ที่เกิดขึ้นในช่วงนี้เท่ากับ 68.2 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วลมสงบมีความถี่ที่เกิดขึ้น  
 รองลงมาเท่ากับ 12.6 เปอร์เซ็นต์ โดยผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.46 และ 4.47



รูปที่ 4.46 พังความเร็วลมและทิศทางลมบริเวณพื้นที่ศึกษาถนนสาทร ระหว่างวันที่ 28 – 31  
 พฤษภาคม 2547 เวลา 9.00 น. – 15.00 น.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.47 กราฟความถี่ความเร็วลมบริเวณพื้นที่ศึกษาถนนสาทร ระหว่างวันที่ 28 – 31 พฤษภาคม 2547 เวลา 9.00 น. – 15.00 น.

#### 4.5.4 ลักษณะการคงตัวของบรรยากาศของพื้นที่ศึกษา

จากการตรวจวัดอุณหภูมิตามบริเวณพื้นที่ที่ศึกษาพร้อมทั้งได้นำข้อมูลของค่าการปกคลุมเมฆจากกรมอุตุนิยมวิทยาและค่าความเข้มแสงจากการตรวจวัดบริเวณสถานีตรวจวัดตึกวิทยาศาสตร์ทั่วไป จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเข้าสู่แบบจำลอง GAMMA-MET ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดที่เลือกมาจาก 3 แบบจำลองเพื่อหาค่าของ Monin-Obukhov Length ที่จะนำไปบอกถึงลักษณะการคงตัวของบรรยากาศพบว่า พื้นที่ศึกษา 4 พื้นที่ ได้แก่พื้นที่แจ้งวัฒนะ ถนนราชดำเนินกลาง โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย และถนนสาทร มีค่าของ Monin-Obukhov Length ที่ได้อยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง -67 ม. -1.8 ถึง -7.7 ม. -24.3 ถึง -247 ม. และ -23.7 ถึง -6257 ม. ตามลำดับ โดยจะพบว่าสำหรับพื้นที่ถนนแจ้งวัฒนะและราชดำเนินกลางจะได้ค่าลักษณะการคงตัวของบรรยากาศในช่วงเวลาที่ศึกษาอยู่ในช่วงของ Very Unstable ทั้งหมด 100% และในพื้นที่ศึกษาโรงเรียน กรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยจะได้ผลที่ได้อยู่ในช่วงของ Very Unstable 75% และ Unstable 25% และพื้นที่ศึกษาถนนสาทรจะให้ค่าอยู่ในช่วง Very Unstable และ Unstable เท่ากันคือ 50% ซึ่งผลที่ได้จะสอดคล้องกันไปไปในแนวทางเดียวกันกับการทดสอบความไวของแบบจำลองที่เมื่อทำการทดสอบแล้วพบว่าเมื่อค่าความขรุขระพื้นผิวเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ลักษณะการคงตัวของบรรยากาศจากช่วงของ Very Unstable เข้าสู่ในช่วงของ Unstable โดยผลที่ได้จะแสดงดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ค่า Monin-Obukhov Length จากแบบจำลอง

พื้นที่ศึกษา	วันที่	การคงตัวของบรรยากาศ		L	
		Very Unstable (%) (-100 m.<L<0 m.)	Unstable (%) (-10 <sup>5</sup> m.<L<-100 m.)	ค่าสูงสุด (m)	ค่าต่ำสุด (m)
แจ้งวัฒนะ	2 - 5 / 4 / 2547	100	-	-1	-67
ราชดำเนินกลาง	12 - 15 / 3 / 2547	100	-	-1.8	-7.7
โรงเรียน กรุงเทพคริสเตียน วิทยาลัย	16 - 19 / 9/ 2547	75	25	-24.3	-247
สาทร	28 - 31 / 5 / 2547	50	50	-23.7	-6257

#### 4.5.5 ปริมาณฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่ศึกษา

จากบริเวณพื้นที่ศึกษานอกจากการตรวจวัดอนุภาคมวิทยาแล้ว ได้ทำการตรวจวัดสัดส่วนการกระจายตัวของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM-10) ในบริเวณริมถนนและบริเวณผ่านกลุ่มอาคารในบริเวณพื้นที่ศึกษาเข้าไปแล้วพบว่า จากพื้นที่ศึกษาทั้ง 4 พื้นที่ได้แก่พื้นที่ศึกษาถนนแจ้งวัฒนะ ราชดำเนินกลาง โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย และถนนสาทร ได้ค่าสัดส่วนการกระจายตัวของฝุ่นเฉลี่ยเท่ากับ 0.94, 0.65, 0.91 และ 0.86 ตามลำดับ โดยสาเหตุที่ส่งผลให้ลักษณะการกระจายตัวในพื้นที่ถนนราชดำเนินมีค่าน้อยที่สุดถึงแม้ว่าจะมีลักษณะอากาศเป็นแบบ Unstable ทั้งหมด 100% ในช่วงที่ทำการศึกษาเนื่องจากพื้นที่ศึกษาบริเวณถนนราชดำเนินกลางมีลักษณะของอาคารเป็นตึกแถวและมีการวางตัวของอาคารชิดกันไปโดยตลอด ซึ่งแตกต่างจากพื้นที่ศึกษาบริเวณ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย และถนนสาทร ที่มีลักษณะอาคารเป็นอาคารสูงเดี่ยวๆ ไม่ได้วางตัวเป็นแนวชิดกันตลอดเหมือนถนนราชดำเนินกลาง ประกอบกับบริเวณพื้นที่ถนนราชดำเนินกลางมีกลุ่มต้นไม้ใหญ่และหนาที่บไปตลอดแนวถนนซึ่งจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการกระจายตัวของมลสารได้น้อยกว่าพื้นที่อื่น สำหรับพื้นที่พื้นที่ศึกษาอีก 3 พื้นที่จะมีลักษณะการกระจายตัวของฝุ่นเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับลักษณะการคงตัวของบรรยากาศโดยในพื้นที่ที่มีลักษณะการคงตัวของบรรยากาศเป็นแบบ Very Unstable มากกว่าจะมีการกระจายตัวของฝุ่นได้ดีกว่า โดยรายละเอียดปริมาณฝุ่นในบริเวณริมถนนและปริมาณฝุ่นเมื่อตรวจวัดหลังจากผ่านกลุ่มอาคารเข้ามา รวมถึงสัดส่วนการกระจายตัวของมลสารแสดงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ปริมาณฝุ่นและสัดส่วนความแตกต่างในพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	วัน/เวลา	ความเข้มข้นฝุ่นบริเวณริมถนน ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	ความเข้มข้นฝุ่นบริเวณด้านหลังอาคาร ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	สัดส่วนความเข้มข้นฝุ่น	สัดส่วนเฉลี่ย
แจ้งวัฒนะ	3/4/2547 9.00-12.00 น.	46.8	46.5	0.99	0.94
	3/4/2547 12.00-15.00 น.	45.1	40.8	0.90	
	4/4/2547 9.00-12.00 น.	72.9	66.3	0.91	
	4/4/2547 12.00-15.00 น.	56.8	54.9	0.97	
	5/4/2547 9.00-12.00 น.	63.2	60.5	0.96	
	5/4/2547 12.00-15.00 น.	57.1	51.4	0.90	
ราชดำเนิน	13/3/2547 9.00-12.00 น.	99.4	76.2	0.77	0.65
	13/3/2547 12.00-15.00 น.	96.7	76.0	0.79	
	14/3/2547 9.00-12.00 น.	91.1	53.7	0.59	
	14/3/2547 12.00-15.00 น.	92.2	51.4	0.56	
	15/3/2547 9.00-12.00 น.	96.8	49.5	0.51	
	15/3/2547 12.00-15.00 น.	85.1	56.5	0.66	
โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย	16/9/2547 9.00-15.00 น.	38	36.0	0.95	0.91
	17/9/2547 9.00-15.00 น.	82	73.7	0.90	
	18/9/2547 9.00-15.00 น.	40	35.3	0.88	
	19/9/2547 9.00-15.00 น.	38	34.3	0.90	
สาทร	29/5/2004 9.00-12.00 น.	86.0	76.6	0.89	0.86
	29/5/2004 12.00-15.00 น.	55.9	47.5	0.85	
	30/5/2004 9.00-12.00 น.	46.3	43.8	0.95	
	30/5/2004 12.00-15.00 น.	40.8	32.4	0.79	
	31/5/2004 9.00-12.00 น.	41.0	37.8	0.92	
	31/5/2004 12.00-15.00 น.	36.8	28.9	0.78	