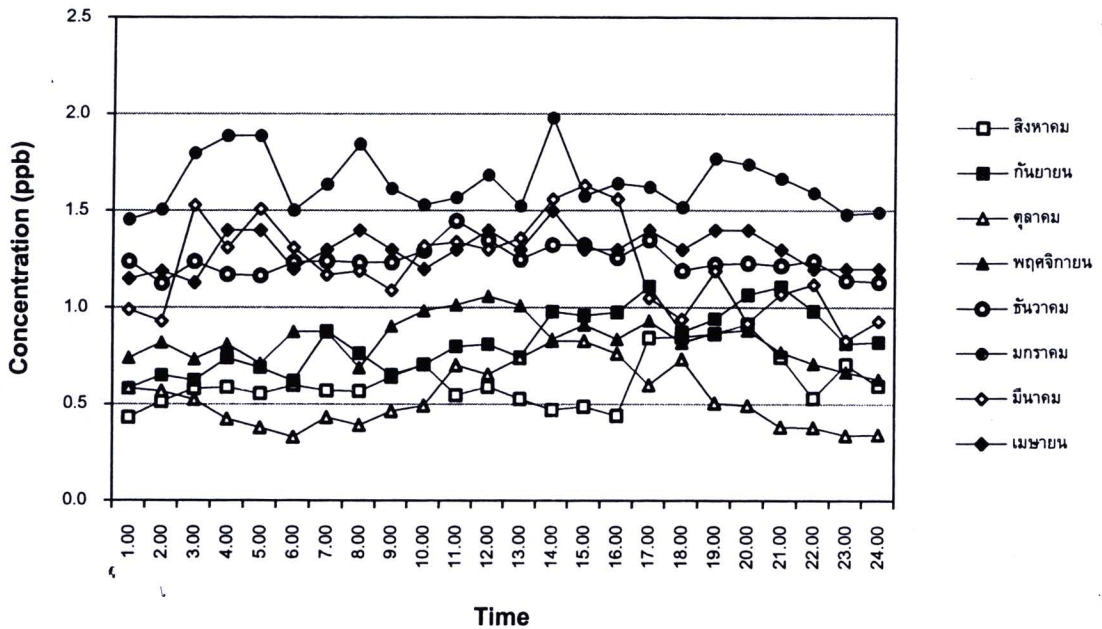


บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเข้มข้นค่าฟลักซ์ และความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบแห้งตลอดระยะเวลา 8 เดือน ได้แก่ เดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และเดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 เป็นการเก็บครอบคลุมทั้ง 3 ฤดูกาลในประเทศไทย เริ่มตั้งแต่ฤดูฝนใช้ตัวแทนของเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม และฤดูร้อนได้แก่ เดือนมีนาคมถึงเมษายน [46] โดยการเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ค่าความเข้มข้นมลพิษ ค่าความเร็วลมในแนวดิ่ง อุณหภูมิ ความชื้น Net Radiation และ Soil Heat Flux ในบริเวณพื้นที่ป่าไม้เขตร้อนบริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีวิทยาเขตราชบุรี จากนั้นนำค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างนำมาคำนวณด้วยเทคนิค Eddy Covariance และ Bowen Ratio เพื่อทำการหาค่าเฉลี่ยของมลพิษ ฟลักซ์ และความเร็วในการตกสะสมแบบแห้ง และทำการหาค่าเปรียบเทียบค่าทั้ง 2 เทคนิค และทำการหาค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อค่าฟลักซ์ และค่าความเร็วในการตกสะสมแบบแห้ง จากการศึกษาผลที่ได้มีดังนี้

4.1 ค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศทุกๆ 1 นาที และนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมงดังรูปที่ 4.1 มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.33 ถึง 1.89 ppb เป็นระยะเวลา 8 เดือน โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตรวจวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ 0.9, 1.1, 0.8, 1.1, 1.4, 2.0, 1.21 และ 1.30 ppb ในเดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และเดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 ตามลำดับ (ยกเว้นเดือนกุมภาพันธ์ที่เกิดปัญหาด้านอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง) และค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเดือนสิงหาคม กันยายน และตุลาคม พ.ศ. 2552 ซึ่งเป็นฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นต่ำกว่าในช่วงฤดูหนาว และฤดูร้อน คือ เดือนพฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และเดือน มกราคม มีนาคม เมษายน เนื่องจากน้ำฝนได้ชะก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ลอยอยู่ในบรรยากาศ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถละลายในน้ำได้ดี จึงมีผลให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในน้ำฝนมีความเข้มข้นต่ำกว่าในฤดูหนาว และฤดูร้อนตามลำดับ



รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศเดือนสิงหาคม 2552 ถึง มกราคม 2553 และ มีนาคม 2553 ถึง เมษายน 2553

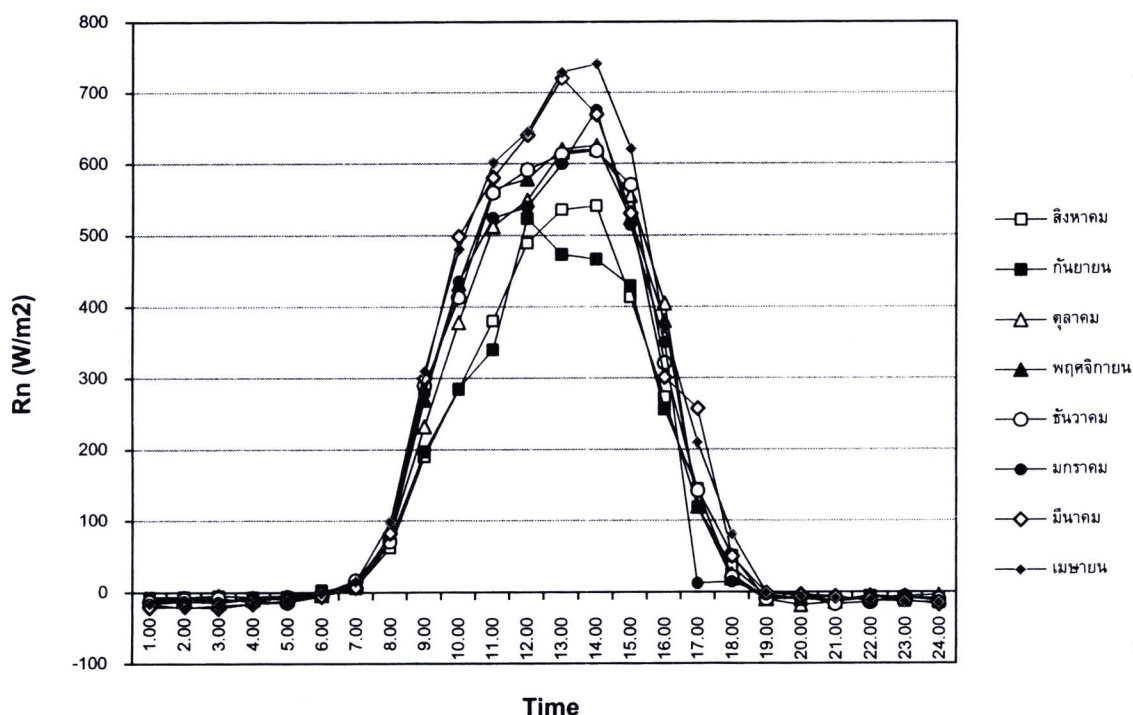
4.2 ค่าฟลักซ์และความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธี Bowen Ratio

ค่าฟลักซ์ และค่าความเร็วในการตกสะสมที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี Bowen Ratio ที่ได้จากการคำนวณเป็นระยะเวลา 8 เดือน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และเดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 ตามลำดับ มีปัจจัยค่าทางด้านจุลอุตุนิยมวิทยาเป็นค่าทางด้านสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อค่าฟลักซ์ และค่าความเร็วในการตกสะสม ซึ่งค่าที่นำมาใช้ในการคำนวณ ได้แก่ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ Net Radiation, Soil Heat Flux และอุณหภูมิอากาศ มีดังนี้

4.2.1 ค่ารังสีสุทธิ (Net Radiation, Rn)

พลังงานรังสีสุทธิที่มาจากแสงอาทิตย์ (W/m^2) ผลจากการศึกษาพบว่า ค่ารังสีสุทธิจะมีค่าเป็นบวกในช่วงที่มีแสงอาทิตย์ และจะสูงสุดในช่วงกลางวัน เป็นช่วงที่ระยะห่างระหว่างโลกและดวงอาทิตย์สั้นที่สุด ส่วนค่ารังสีสุทธิในเวลากลางคืนจะมีค่าน้อยมากซึ่งจะค่อยๆ ต่ำลงจนค่าเป็นศูนย์หรือติดลบเนื่องจากพื้นดิน และน้ำที่ดูดสะสมความร้อนไว้ในช่วงกลางวันจะคายพลังงานความร้อนออกมาทำให้อุณหภูมิอากาศที่ผิวดินสูงกว่าอากาศด้านบน ปรากฏการณ์นี้ทำให้อากาศลอยตัวขึ้นทำให้ผลต่างอุณหภูมิมีค่าเป็นลบ

จากการตรวจวัดค่าเฉลี่ยของรังสีสุทธิ จะแบ่งช่วงเป็น 2 เวลา ได้แก่ ช่วงเวลากลางวัน คือ 7.00-18.00 นาฬิกา และช่วงเวลากลางคืน คือ 19.00-6.00 นาฬิกา จากการตรวจวัดค่าเดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และเดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 ในช่วงเวลากลางวันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 277.80, 270.42, 341.94, 352.91, 352.46, 336.70, 386.67 และ 408.70 W/m^2 ส่วนในเวลากลางคืนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -7.35, -7.89, -9.23, -7.47, -9.98, -8.67, -12.20 และ -11.26 ตามลำดับ (ดังรูป 4.2) ซึ่งค่ารังสีสุทธิจะมีค่าสูงที่สุดในฤดูร้อน ได้แก่ เดือนมีนาคม และเมษายน ฤดูหนาว ได้แก่ เดือนพฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และมกราคม พ.ศ. 2553 และจะมีค่าต่ำสุดในฤดูฝน ได้แก่ เดือนสิงหาคม กันยายน และตุลาคม พ.ศ. 2552 ตามลำดับ เนื่องจากในช่วงฤดูฝนท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้ค่ารังสีสุทธิจากดวงอาทิตย์สู่พื้นดินลดลง และจะมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 12.00-14.00 นาฬิกา

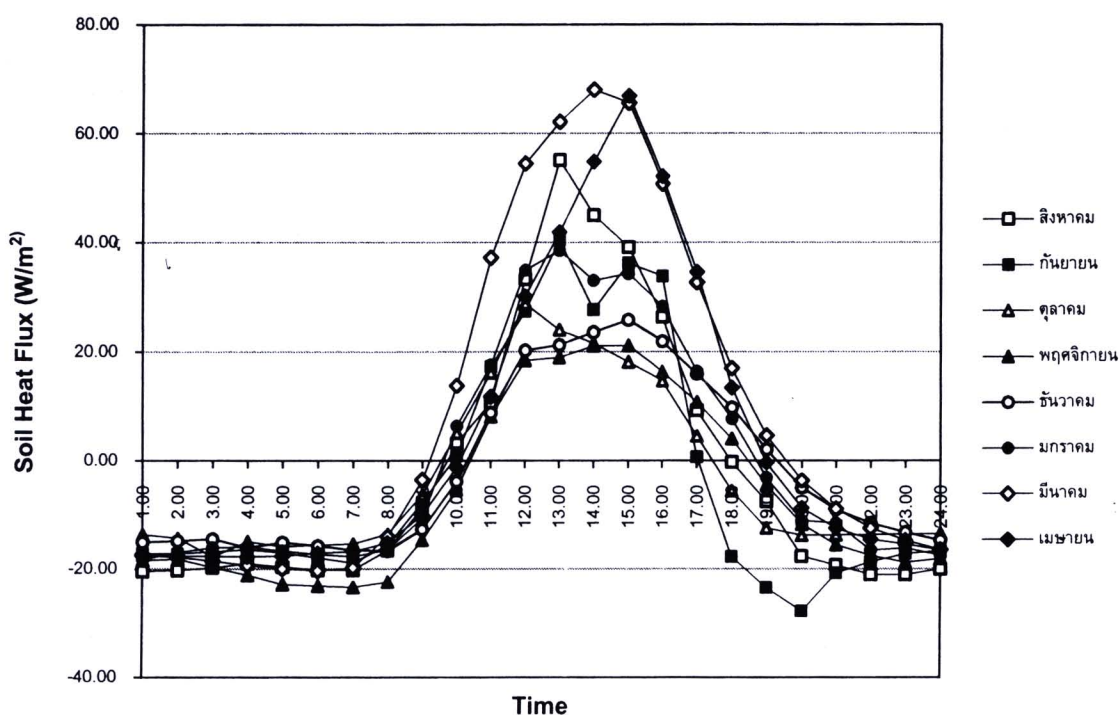


รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของ Net Radiation เดือนสิงหาคม 2552 ถึง มกราคม 2553 และ มีนาคม 2553 ถึง เมษายน 2553

4.2.2 ค่า Soil Heat Flux (G)

Soil Heat Flux (G) เป็นค่าพลังงานความร้อนที่แพร่ลงสู่ดิน และเกิดการถ่ายเทพลังงานความร้อนออกมาจากดิน โดยค่าจะค่อยๆ สูงขึ้นในกลางวัน และจะค่อยๆ ต่ำลงในช่วงเวลากลางคืน ดังรูปที่ 4.3 จากการตรวจวัดค่าเฉลี่ยสูงสุดเดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และ

เดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 ได้แก่ 55.14, 40.49, 28.83, 21.19, 25.83, 38.60, 68.04 และ 66.90 W/m^2 และค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ -21.02, -27.73, -17.74, -23.34, -16.63, -18.19, -19.74 และ -17.69 (W/m^2) ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ค่า G มีค่าสูงที่สุดในฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน ตามลำดับ เนื่องจากในช่วง ฤดูร้อนค่ารังสีสุทธรมีค่าสูงที่สุด ผิวดินก็จะรับความร้อน และดูดซับความร้อนสูงไปด้วย



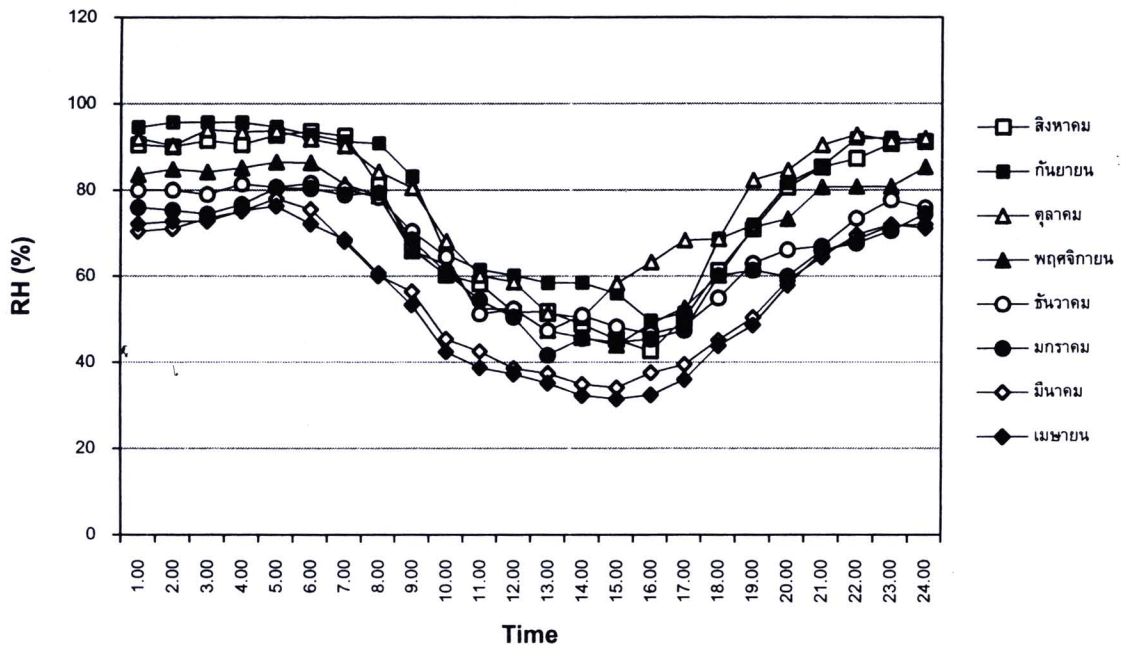
รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของ Soil Heat Flux เดือนสิงหาคม 2552 ถึง มกราคม 2553 และ มีนาคม 2553 ถึง เมษายน 2553

4.2.3 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) จากการตรวจวัดค่าจะค่อยๆ ต่ำในช่วงกลางวัน และค่าจะค่อยๆ ค่าสูงสุดในช่วงกลางคืน ดังรูปที่ 4.4 จากการตรวจวัดค่าเฉลี่ยต่ำสุดเดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และเดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 ได้แก่ 42.62, 49.65, 50.36, 44.00, 46.67, 41.67, 34.08 และ 31.48 % และค่าเฉลี่ยสูงสุดได้แก่ 93.58, 95.69, 93.51, 86.54, 81.44, 80.54, 78.08 และ 76.33 % ตามลำดับ

จากการตรวจสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำในฤดูร้อน และหนาว แต่จะสูงในฤดูฝน เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าฟลักซ์ และความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างรูปที่ 4.5 และ 4.3 พบว่าความชื้นสัมพัทธ์

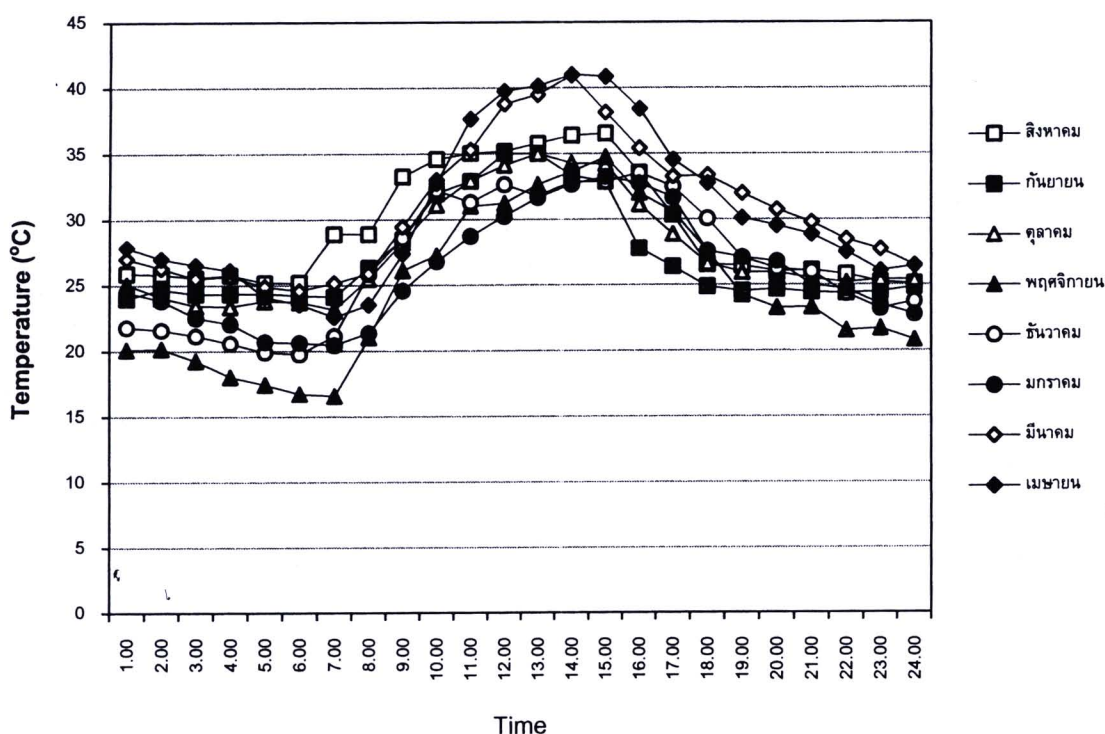
มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดร็อกไซด์สามารถละลายน้ำได้ดี เมื่อรวมตัวกับน้ำเป็นกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ดังนั้นถ้าในชั้นบรรยากาศมีความชื้นมากจะทำให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เปลี่ยนรูปไปเป็นกรดซัลฟูริกจึงทำให้ค่าความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลง และจะส่งผลทำให้ค่าฟลักซ์ต่ำลงไปด้วย



รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์ เดือนสิงหาคม 2552 ถึง มกราคม 2553 และ มีนาคม 2553 ถึง เมษายน 2553

4.2.4 ค่าอุณหภูมิบรรยากาศเฉลี่ย (Temperature, °C)

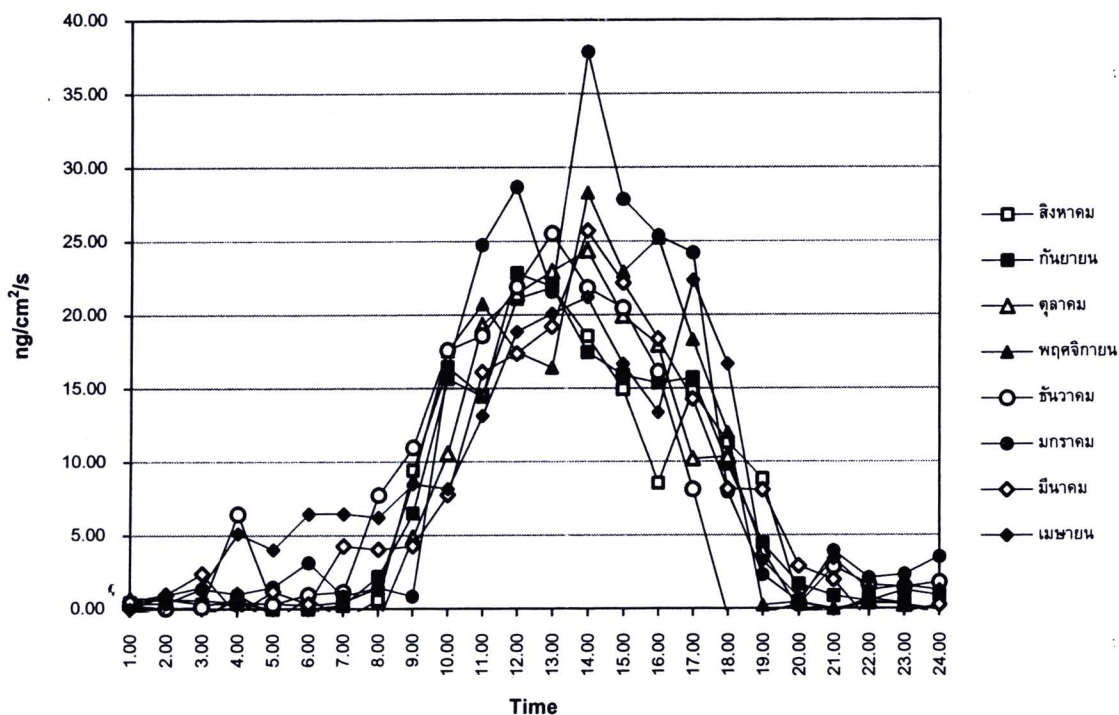
อุณหภูมิบรรยากาศที่ทำการศึกษาดังรูปที่ 4.5 อุณหภูมิจะมีแนวโน้มที่สูงในเวลากลางวันและจะค่อยๆ ต่ำลงในช่วงกลางคืน จากการตรวจวัดค่าเฉลี่ยสูงสุดเดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และเดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 ได้แก่ 36.38, 35.04, 35.02, 34.74, 32.88, 32.68, 40.97 และ 41.01 °C และค่าต่ำสุด ได้แก่ 25.1, 24.01, 23.39, 20.17, 19.77, 20.7, 24.59 และ 22.6 °C ตามลำดับ ซึ่งค่าอุณหภูมิจะผกผันรังสีสุทริเพราะถ้าหากค่ารังสีสุทริสูงอุณหภูมิก็จะสูงตามไปด้วย และเมื่ออุณหภูมิสูงค่าความกดอากาศจะต่ำ และจะทำให้มวลอากาศเบาส่งผลให้การกระจายตัวมวลสารในบรรยากาศ (Mixing Height) สูง ทำให้มลพิษสามารถกระจายมวลในอากาศได้ดี ในขณะที่อุณหภูมิต่ำความกดอากาศจะสูงทำให้มวลอากาศกดลงมา ทำให้เกิดการสะสมของมลพิษในระดับที่สูง ดังนั้นค่าฟลักซ์ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่คำนวณได้จึงมีความเข้มข้นสูงในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ คือ ในช่วงเดือนธันวาคม 2552 ถึงมกราคม 2553



รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิบรรยากาศ เดือนสิงหาคม 2552 ถึง มกราคม 2553 และ มีนาคม 2553 ถึง เมษายน 2553

4.2.5 ค่าฟลักซ์การตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เทคนิค Bowen Ratio

ฟลักซ์การตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (F , $\text{ng}/\text{cm}^2/\text{s}$) ดังรูปที่ 4.6 ที่ได้ทำการคำนวณจากสมการของ Bowen Ratio จากสมการที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณตั้งแต่เดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และเดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 ค่าเฉลี่ยของค่าฟลักซ์สูงสุดในเวลากลางวันมีค่าเท่ากับ 21.86, 22.83, 24.39, 28.30, 25.53, 37.85, 25.72 และ 21.20 $\text{ng}/\text{cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ ซึ่งค่าฟลักซ์จะมีค่าความปั่นป่วนในช่วงกลางวันมากที่สุด จากอิทธิพลของค่ารังสีสุทธิ อุณหภูมิ Soil Heat Flux และความชื้นสัมพัทธ์ และค่าฟลักซ์เฉลี่ยจะมีค่าสูงเดือนธันวาคม 2552 และเดือน มกราคม 2553 (ฤดูหนาว) เดือนมีนาคม ถึงเมษายน 2553 (ฤดูร้อน) และเดือนสิงหาคม ถึงพฤศจิกายน 2552 (ฤดูฝน)

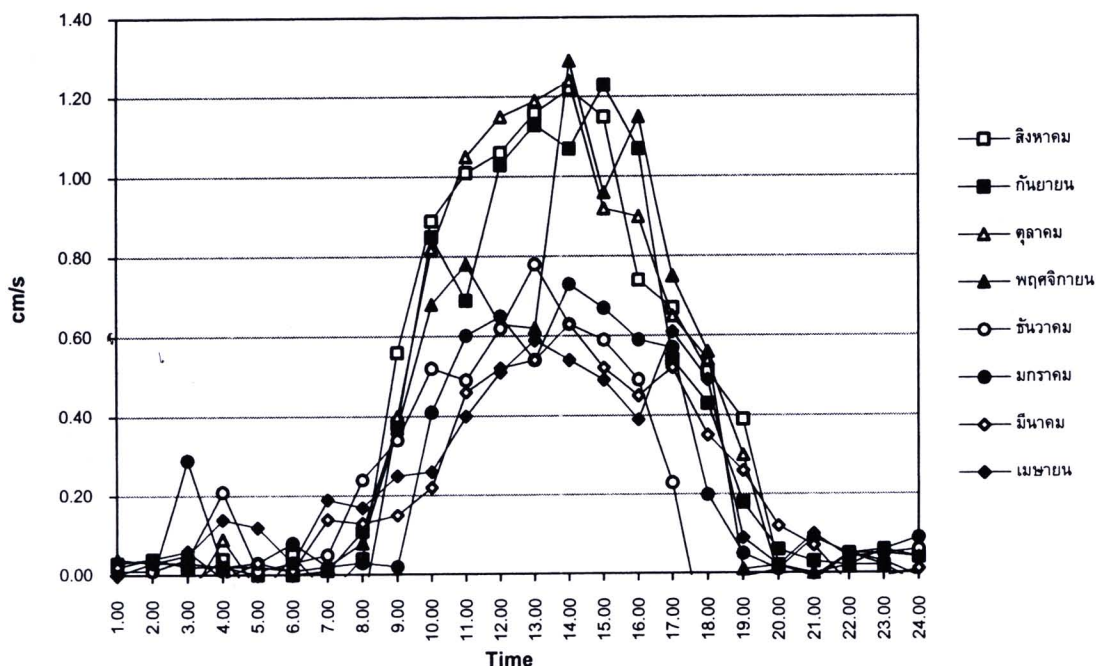


รูปที่ 4.6 ค่าฟลักซ์เทคนิค Bowen Ratio เฉลี่ย เดือนสิงหาคม 2552 ถึง มกราคม 2553 และ มีนาคม 2553 ถึง เมษายน 2553

4.2.6 ค่าความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เทคนิค Bowen Ratio

ค่าความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (V_d (cm/s)) ที่ได้ทำการคำนวณจากสมการ 2.17 โดยนำค่าฟลักซ์และความเข้มข้นของมลพิษมาคำนวณ วิธี Bowen Ratio เป็นเทคนิคที่วัดทางอ้อม (Indirect method) มีข้อจำกัดก็คือ สามารถคำนวณได้เฉพาะในช่วงที่มีแสงอาทิตย์เท่านั้น [29, 30] จากการคำนวณแนวโน้มทิศทางจะเป็นในลักษณะเดียวกัน คือ ค่าจะสูงจะในช่วงกลางวันซึ่งเป็นช่วงที่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์สูงที่สุด ทำให้ค่าความเร็วในการตกสะสมเคลื่อนที่ลงมาเป็นบวก และมีค่าความเร็วสูงที่สุด เมื่อแสงอาทิตย์เริ่มต่ำลงค่าความเร็วในการตกสะสมก็จะค่อยๆ ลดต่ำลง และยังมีการถ่ายเทพลังงานที่สะสมอยู่ในพื้นดินสู่บรรยากาศด้วย โดยในช่วงเวลาค่าถึงรุ่งเช้าอุณหภูมิผิวดินจะสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศด้านล่าง ทำให้ไม่มีการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ [28] จากการคำนวณตั้งแต่เดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และเดือน มกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 ค่าเฉลี่ยค่าความเร็วในการตกสะสมสูงสุดในเวลากลางวันมีค่าเท่ากับ 1.22, 1.23, 1.24, 1.29, 0.78, 0.73, 0.63 และ 0.59 cm/s ตามลำดับ ผลการคำนวณค่าเฉลี่ยค่าความเร็วในการตกสะสมแสดงในรูปที่ 4.7 พบว่าค่าเฉลี่ยจะสูงในช่วงเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน 2552 (ฤดูฝน) เดือนธันวาคม 2552 ถึงมกราคม 2553 (ฤดูหนาว) และเดือนมีนาคม ถึงเมษายน 2553 (ฤดูร้อน) ตามลำดับ เนื่องจากจากอิทธิพลของค่าความชื้นสัมพัทธ์ เพราะก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

สามารถละลายน้ำได้ดี เมื่อรวมตัวกับน้ำเป็นกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ดังนั้นถ้าในชั้นบรรยากาศมีความชื้นมากจะทำให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เปลี่ยนรูปไปเป็นกรดซัลฟูริกจึงทำให้ในฤดูฝนค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์น้อยที่สุด เมื่อนำมาคำนวณทำให้ในฤดูฝนมีค่า V_d มากที่สุด



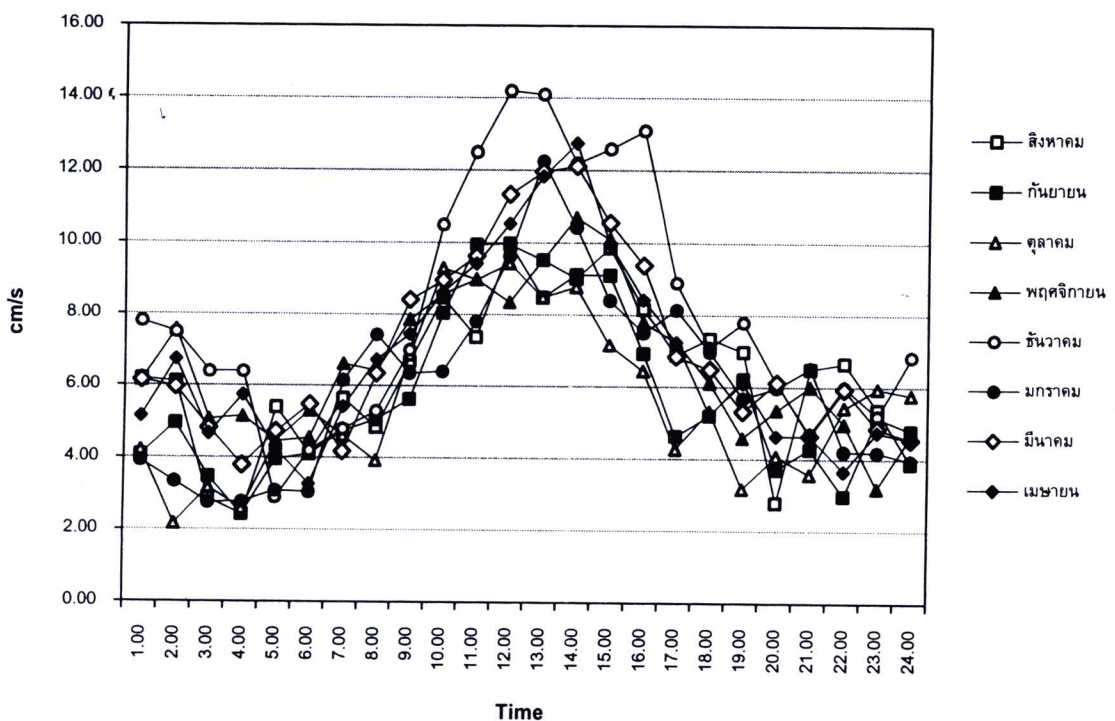
รูปที่ 4.7 ค่าความเร็วในการตกสะสมเทคนิค Bowen Ratio เฉลี่ย เดือนสิงหาคม 2552 ถึง มกราคม 2553 และ มีนาคม 2553 ถึง เมษายน 2553

4.3 ค่าฟลักซ์และความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธี Eddy Covariance

ค่าฟลักซ์ และค่าความเร็วในการตกสะสมที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี Eddy Covariance เป็นวิธีในการวัดตรง (Direct method) โดยเป็นการตรวจวัดที่ใช้ค่าความเร็วลมเป็นตัวพัดพามลพิษ เป็นวิธีที่สามารถตรวจวัดค่าฟลักซ์ และค่าความเร็วในการตกสะสมได้ตลอดเวลา จากการคำนวณเป็นระยะเวลา 8 เดือน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และเดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 ตามลำดับ มีปัจจัยค่าทางด้านจุลอุตุนิยมวิทยาเป็นค่าทางด้านสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อค่าฟลักซ์ และค่าความเร็วในการตกสะสม ซึ่งค่าที่นำมาใช้ในการคำนวณได้แก่ค่าความเร็วลมในแนวดิ่ง ดังนี้

4.3.1 ค่าความเร็วลมในแนวดิ่ง

จากการตรวจวัดค่าความเร็วลมในแนวดิ่งดังรูปที่ 4.8 เป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณค่าฟลักซ์ ค่าลมจะค่อยๆ สูงขึ้นในช่วงกลางวันและจะต่ำลงในช่วงกลางคืน จากการตรวจวัดเป็นระยะเวลา 8 เดือน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และเดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 ค่าเฉลี่ยสูงสุดในการตรวจวัด ได้แก่ 9.87, 9.12, 8.78, 10.70, 14.20, 12.26, 12.12 และ 12.75 cm/s เมื่อเปรียบเทียบตามฤดูกาล ค่าความเร็วลมในแนวดิ่งเฉลี่ยสูงในเดือนธันวาคม 2552 และเดือน มกราคม 2553 (ฤดูหนาว) เดือนมีนาคม และเมษายน 2553 (ฤดูร้อน) และเดือนสิงหาคม ถึง พฤศจิกายน 2552 (ฤดูฝน)

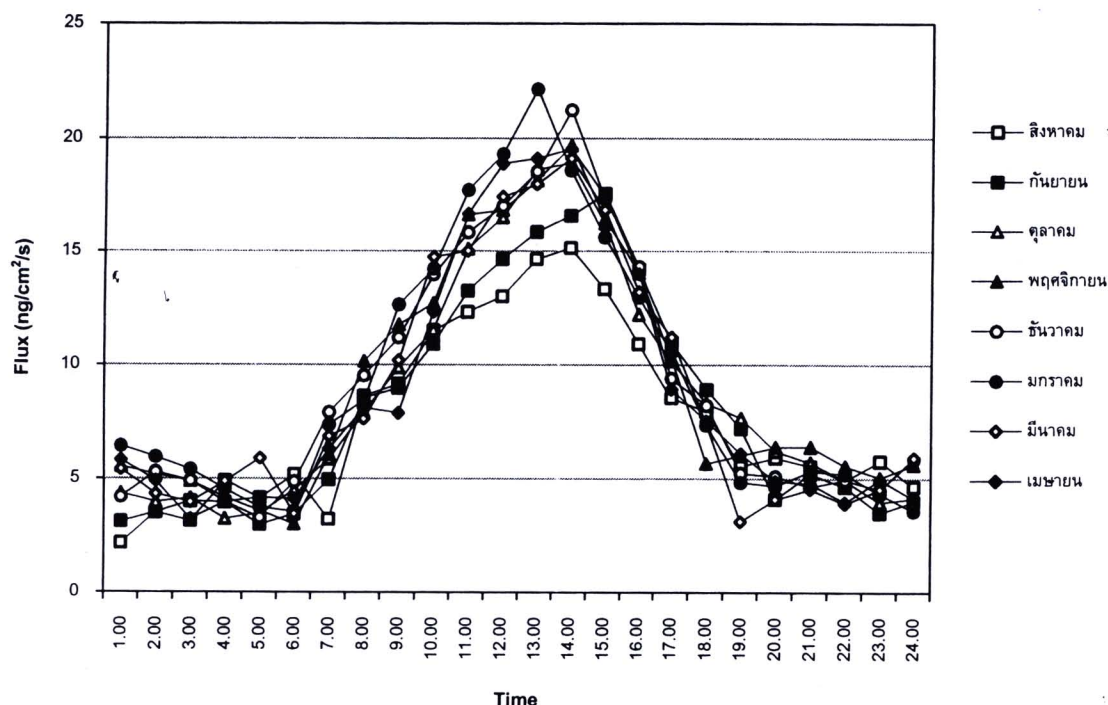


รูปที่ 4.8 ค่าความเร็วลมในแนวดิ่งเฉลี่ย เดือนสิงหาคม 2552 ถึง มกราคม 2553 และ มีนาคม 2553 ถึง เมษายน 2553

4.3.2 ค่าฟลักซ์การตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เทคนิค Eddy Covariance

จากการประเมินค่าฟลักซ์ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยใช้เทคนิคเอ็ดดี้โควาเรียนพบว่า ฟลักซ์ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีแนวโน้มสูงในเวลากลางวัน เนื่องจากอิทธิพลของความปั่นป่วนของลมในแนวดิ่ง ซึ่งมีค่าสูงในช่วงเวลากลางวัน ค่าเฉลี่ยสูงสุดของฟลักซ์ในเวลากลางวันมีค่าเท่ากับ 15.15, 17.56, 18.92, 19.69, 21.24, 22.16, 19.12 และ 19.54 $\text{ng/cm}^2/\text{s}$ ในเดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และเดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 ตามลำดับ (รูปที่ 4.9) เมื่อพิจารณาค่าฟลักซ์ในแต่ละเดือนพบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในเดือนมกราคม (ฤดูหนาว) และค่าเฉลี่ย

ต่ำสุดในเดือนสิงหาคม (ฤดูฝน) นอกจากอิทธิพลของความปั่นป่วนของลมในเวลากลางวันแล้ว เดือน ธันวาคม และมกราคม 2553 เป็นฤดูกาลที่มีความกดอากาศสูง อุณหภูมิต่ำ อากาศแห้ง (ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ) และค่ารังสีแสงอาทิตย์สูง ซึ่งแสดงถึงอิทธิพลของพารามิเตอร์ทั้งสี่ตัวนี้ โดยค่าฟลักซ์จะเพิ่มขึ้นเป็นอัตราส่วน โดยตรงกับค่าความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ และผกผันกลับกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ [11, 21, 26, 27]



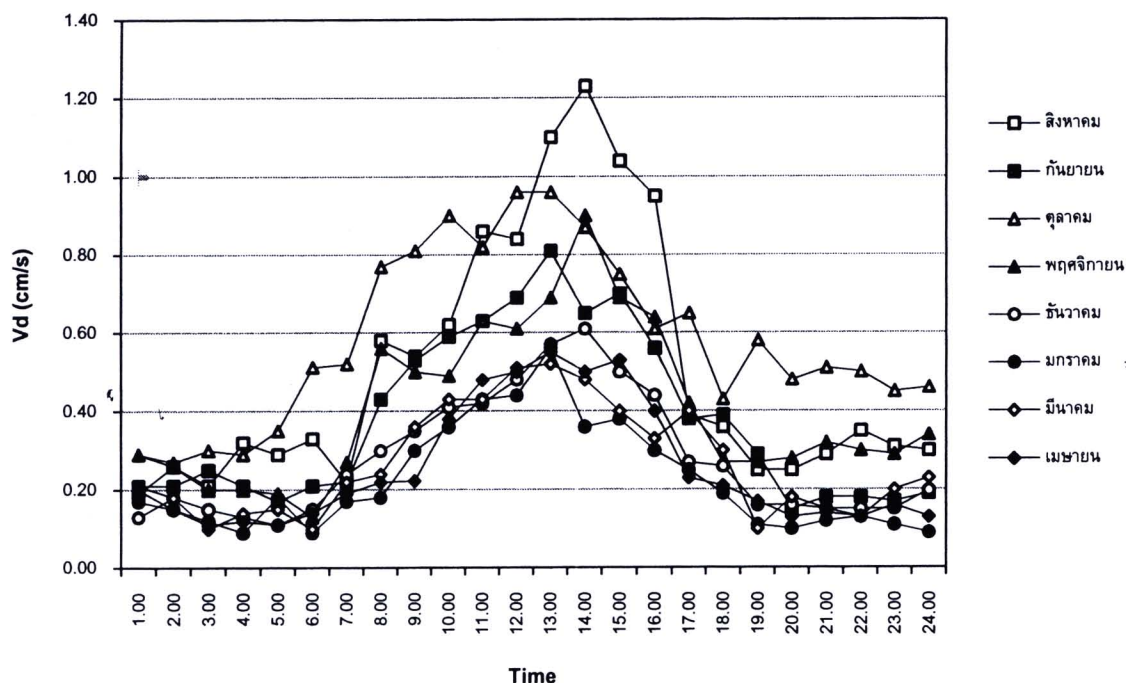
รูปที่ 4.9 ค่าฟลักซ์เทคนิค Eddy Covariance เฉลี่ย เดือนสิงหาคม 2552 ถึง มกราคม 2553 และ มีนาคม 2553 ถึง เมษายน 2553

4.3.3 ค่าความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เทคนิค Eddy Covariance

ค่าความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (V_d (cm/s)) ที่ได้ทำการคำนวณจากสมการ 2.17 โดยนำค่าฟลักซ์ และความเข้มข้นของมลพิษมาคำนวณ วิธี Eddy Covariance เป็นเทคนิคที่วัดทางตรง (Direct method) สามารถทำการตรวจวัดมลพิษได้ตลอดเวลา จากการคำนวณทิศทางจะเป็นไปทิศทางเดียวกันค่าจะสูงที่สุดในช่วงกลางวัน ซึ่งเป็นช่วงที่อิทธิพลของค่าความเร็วลมในแนวตั้งสูงที่สุด และจากในช่วงเวลากลางวันนี่เองเป็นช่วงที่ค่ารังสีสุทธิสูงที่สุด ทำให้ค่าความเร็วในการตกสะสมมีค่าสูงที่สุด และจะค่อยๆ ลดต่ำลง

จากการคำนวณตั้งแต่เดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และเดือน มกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 (รูปที่ 4.10) ค่าเฉลี่ยค่าความเร็วในการตกสะสมสูงสุดในเวลา

กลางวันมีค่าเท่ากับ 1.23, 0.81, 0.96, 0.9, 0.57, 0.56, 0.52 และ 0.55 cm/s และค่าเฉลี่ยค่าความเร็วในการตกสะสมต่ำสุดในเวลากลางคืนมีค่าเท่ากับ 0.19, 0.15, 0.27, 0.13, 0.11, 0.09, 0.10 และ 0.11 cm/s ตามลำดับ



รูปที่ 4.10 ค่าความเร็วในการตกสะสมเทคนิค Eddy Covariance เฉลี่ย เดือนสิงหาคม 2552 ถึง มกราคม 2553 และมีนาคม 2553 ถึง เมษายน 2553

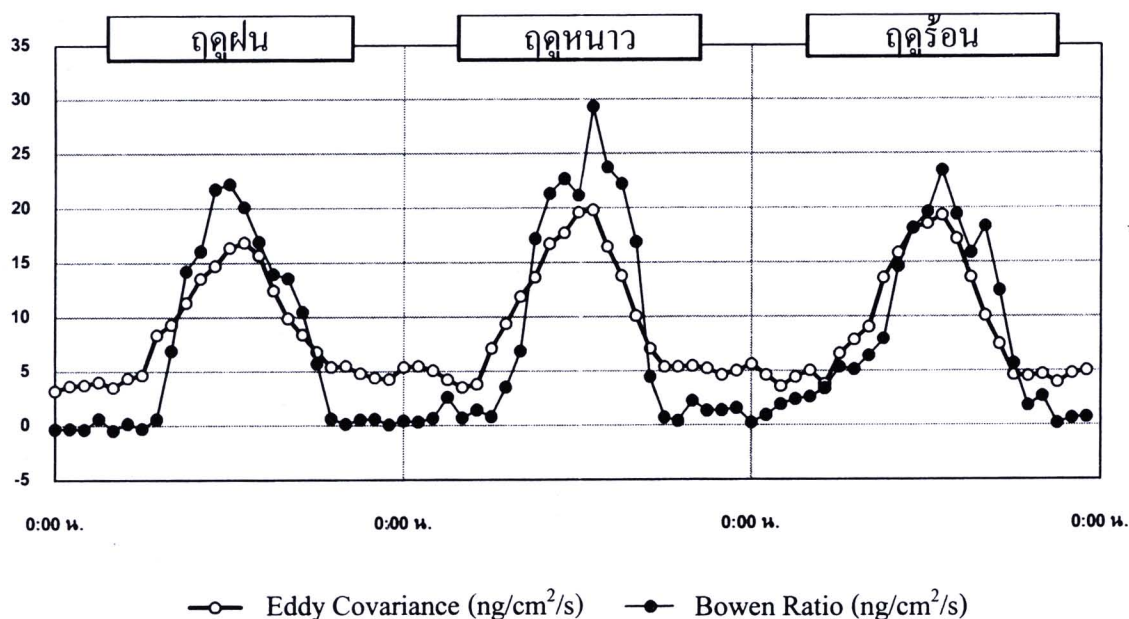
4.4 การเปรียบเทียบค่าฟลักซ์และความเร็วในการตกสะสมแบบแห้ง

จากการทดลองด้วยวิธี Bowen Ratio และ Eddy Covariance ค่าฟลักซ์ และค่าความเร็วในการตกสะสม ค่าฟลักซ์ที่ได้จากวิธี Bowen Ratio และ Eddy Covariance มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยได้รับอิทธิพลมาจาก รังสีสุทธี และอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศ ที่ทำการตรวจวัด โดยพารามิเตอร์ดังกล่าวจะมีค่าสูงในช่วงกลางวัน และจะมีค่าต่ำในช่วงกลางคืน ค่ารังสีสุทธีเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าฟลักซ์ และค่าอุณหภูมิแปรผกผันโดยตรงกับรังสีสุทธี เพราะหากค่ารังสีสุทธีสูงส่งผลให้อุณหภูมิสูงตามไปด้วย จึงทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี Bowen Ratio สูงในช่วงที่มีความเข้มของรังสีสุทธีสูง ส่วนค่าฟลักซ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี Eddy Covariance จะสูงเมื่ออุณหภูมิสูง อิทธิพลของสภาพบรรยากาศยังมีผลต่อค่าฟลักซ์ อธิบายได้ว่า ค่าความกดอากาศจะต่ำ ทำให้มวลอากาศเบาส่งผลให้การกระจายตัวมวลสารในบรรยากาศ (Mixing height) สูงทำให้ค่าความเร็วลมในแนวตั้งสูงตามไปด้วย และในช่วงนี้เองมลพิษสามารถแพร่กระจายมวลในอากาศได้ดี และในขณะที่อุณหภูมิค่าความกดอากาศจะสูงทำให้มวลอากาศกดลงมา ทำให้เกิดการสะสมของ

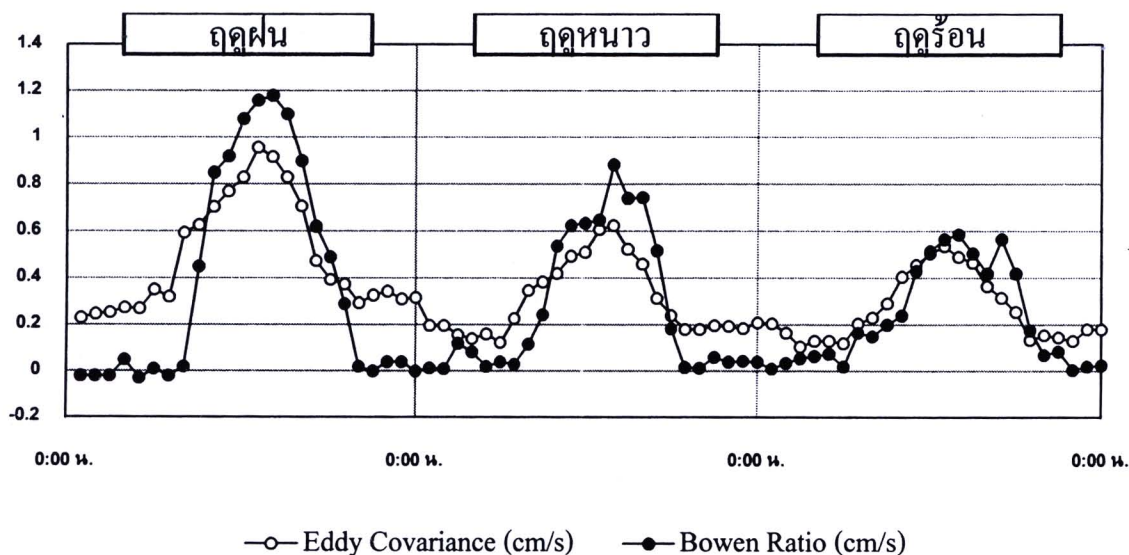
มลพิษในระดับที่สูง ดังนั้นค่าฟลักซ์ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่คำนวณได้จึงมีความเข้มข้นสูงในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ

ส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์เป็นอีกพารามิเตอร์หนึ่งที่ส่งผลต่อค่าฟลักซ์ และค่าความเร็วในการตกสะสม เนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถละลายน้ำได้ดี เมื่อรวมตัวกับน้ำเป็นกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ดังนั้นถ้าในชั้นบรรยากาศมีความชื้นมากจะทำให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เปลี่ยนรูปไปเป็นกรดซัลฟูริก จึงทำให้ค่าความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลง และจะส่งผลทำให้ค่าฟลักซ์ต่ำลงไปด้วย และเมื่อในชั้นบรรยากาศมีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำจะส่งผลให้ค่าความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูง

จากการเปรียบเทียบเทคนิคเอ็ดดี้โคเวเรียน และอัตราส่วนโบเวนมา ในระหว่างฤดูกาลดังรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 พบว่า ในเวลากลางวัน ค่าฟลักซ์ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธีโบเวนมีค่าสูงกว่าเทคนิคเอ็ดดี้โคเวเรียน ค่าฟลักซ์ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่ามากที่สุดในฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝนจากอิทธิพลจากค่าต่างๆ ทางจุลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ค่าความเร็วลม จากอิทธิพลของค่ารังสีสุทธิ อุณหภูมิ Soil Heat Flux และความชื้นสัมพัทธ์ และค่าความเร็วในการตกสะสมแบบแห้งของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะสูงที่สุดในช่วงสิงหาคม ถึง พฤศจิกายน 2552 (ฤดูฝน) เดือนธันวาคม 2552 ถึง มกราคม 2553 (ฤดูหนาว) และเดือนมีนาคม ถึง เมษายน 2553 (ฤดูร้อน) ตามลำดับ



รูปที่ 4.11 ค่าฟลักซ์เฉลี่ย 3 ฤดูกาล



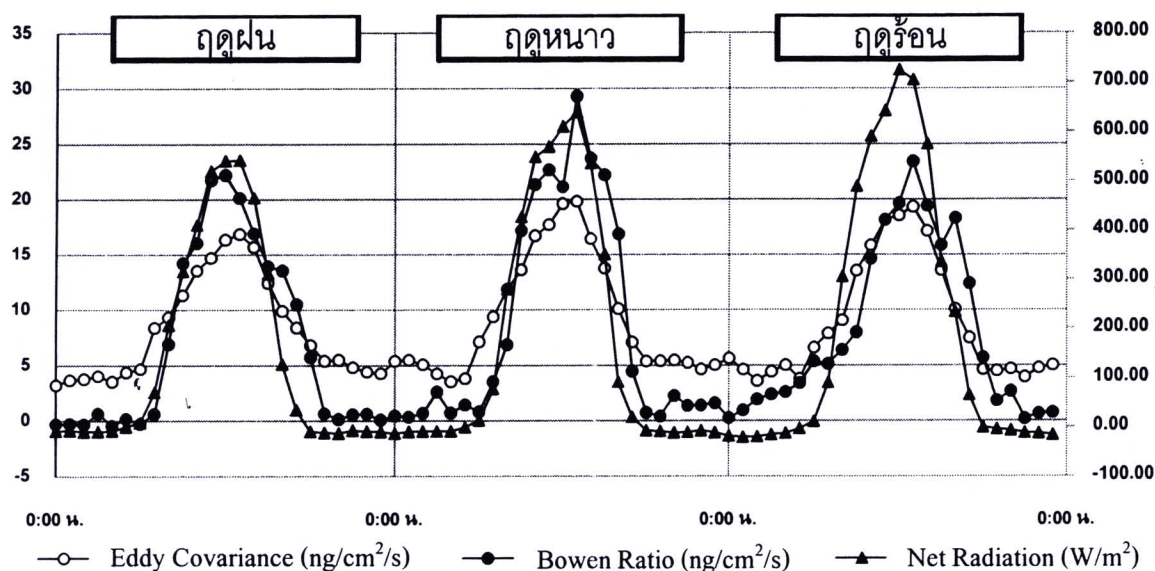
รูปที่ 4.12 ค่าความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 3 ฤดูกาล

4.5 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟลักซ์ ความเร็วในการตกสะสมแบบแห้ง รังสีสุทธิ และความชื้นสัมพัทธ์

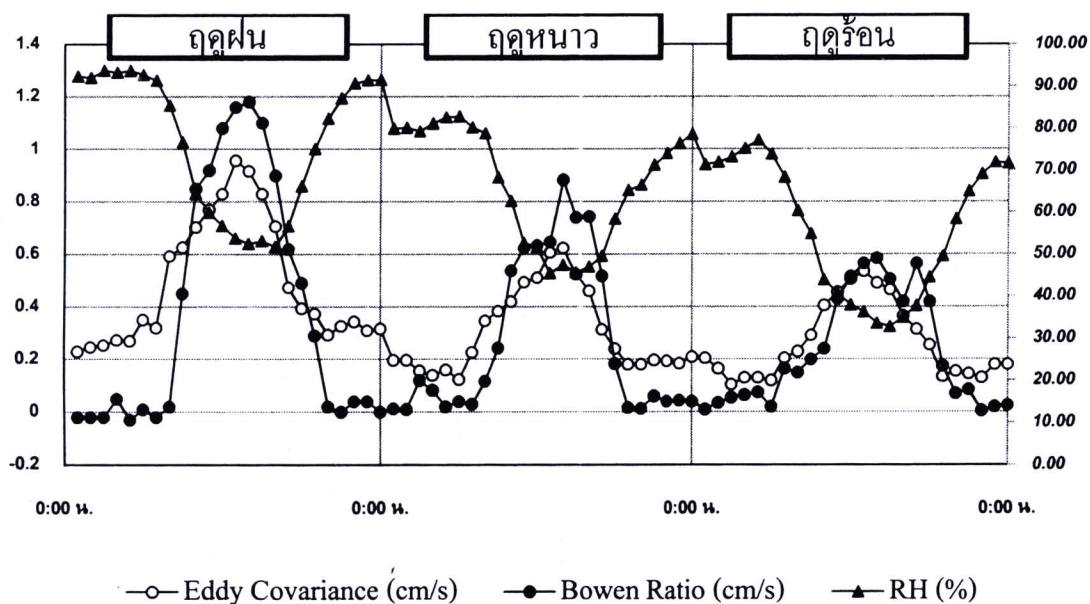
จากการศึกษาฟลักซ์ด้วยเทคนิค Bowen Ratio และ Eddy Covariance เห็นได้ว่าค่าฟลักซ์ได้รับอิทธิพลจากค่ารังสีสุทธิ Soil Heat Flux อุณหภูมิ ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ โดยค่าฟลักซ์มีค่าค่อยๆ สูงขึ้นในช่วงกลางวัน และค่อยๆ ต่ำลงในช่วงกลางคืน ได้รับอิทธิพลมาจากค่ารังสีสุทธิ ดังรูปที่ 4.13 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าฟลักซ์ และรังสีสุทธิ พบว่าค่าฟลักซ์จะมีค่าสูงในช่วงที่ค่ารังสีสุทธิสูงในช่วงกลางวันเวลาประมาณ 12.00-14.00 น. โดยค่ารังสีสุทธิมีค่าสูงที่สุดในช่วงฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน จากอิทธิพลของฤดูกาลประเทศไทย [46]

จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และความชื้นสัมพัทธ์ จากรูปที่ 4.14 พบว่าค่าความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะแปรผกผันกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ เมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงค่าความเร็วในการตกสะสมจะต่ำ เนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถละลายน้ำได้ดี เมื่อรวมตัวกับน้ำเป็นกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) จะมีขนาดเล็กลง ส่งผลให้การแขวนตัวลอยอยู่ในบรรยากาศจะนานขึ้น ความเร็วของการตกจึงช้าลง โดยอัตราความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 0.6 cm/s และของอนุภาคซัลเฟต จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2 cm/s ในฤดูฝน [48] ดังนั้นถ้าในชั้นบรรยากาศมีความชื้นมากจะทำให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เปลี่ยนรูปไปเป็นกรดซัลฟูริกจึงทำให้ค่าความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำในช่วงเดือนสิงหาคม ถึง พฤศจิกายน 2552 (ฤดูฝน) เดือน

ธันวาคม 2552 ถึงมกราคม 2553 (ฤดูหนาว) และเดือนมีนาคม ถึง เมษายน 2553 (ฤดูร้อน) ตามลำดับ จึงทำให้ค่าความเร็วในการตกสะสมสูงในช่วงเดือนสิงหาคม ถึง พฤศจิกายน 2552 (ฤดูฝน) เดือน ธันวาคม 2552 ถึงมกราคม 2553 (ฤดูหนาว) และเดือนมีนาคม ถึง เมษายน 2553 (ฤดูร้อน) ตามลำดับ



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟลักซ์ และรังสีสุทธิ เฉลี่ย 3 ฤดูกาล



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วการตกสะสม และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 3 ฤดูกาล

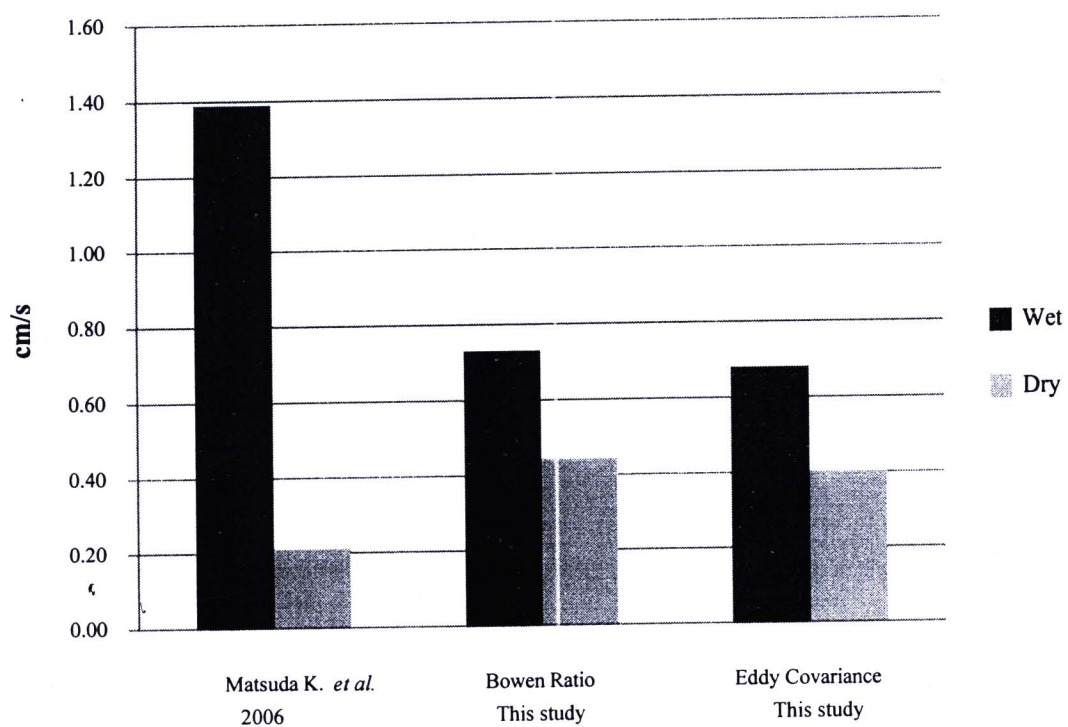
4.6 การเปรียบเทียบค่า V_d กับงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาพบว่า ค่าความเร็วในการตกสะสมจะมีค่าสูงที่สุดในช่วงกลางวัน และจะมีค่าต่ำสุดในช่วงเวลากลางคืนจากอิทธิพลของค่าต่างๆ ทางจุลอุตุนิยมวิทยา จากการศึกษา และทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่า ค่าความเร็วของการตกสะสมแบบแห้งจะสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวันของทุกพื้นที่ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบ V_d กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะผิวดิน	สถานที่	ระยะเวลา	V_d (cm/s)	อ้างอิง
ป่าปลูกเต็งรัง	ประเทศไทย	Aug. 2009 - Apr. 2010	กลางวัน: 0.52 กลางคืน: 0.12	This Work
นาข้าว	ประเทศไทย	Jul. - Dec.2007	กลางวัน: 0.49 กลางคืน: 0.04	[4]
มันสำปะหลัง	ประเทศไทย	Jun. 2004 - May. 2005	กลางวัน: 0.24 กลางคืน 0.01	[23]
นาข้าว	ประเทศไทย	May. 2003 - Apr. 2004	กลางวัน: 1.13 กลางคืน: 0.03	[11]

นอกจากนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเร็วในการตกสะสมแบบแห้งของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์บนพื้นที่ป่าที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดย Matsuda K. และคณะ, 2006 ได้ทำการศึกษาความเร็วในการตกสะสมด้วยเทคนิค Gradient Method โดยลักษณะพื้นที่ป่าคล้ายกับป่าบริเวณมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งเป็นลักษณะป่าแบบป่าผลัดใบ เมื่อทำการเปรียบเทียบงานวิจัยพบว่าค่าความเร็วในการตกสะสมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน (รูปที่ 4.15) คือ ค่าความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะสูงในช่วงอากาศเปียก (ฤดูฝน) และจะต่ำในฤดูที่อากาศแห้ง (ฤดูร้อนและฤดูฝน) จากอิทธิพลของค่าความชื้นสัมพัทธ์ เนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ ไดออกไซด์สามารถละลายน้ำได้ดี ดังนั้นถ้าในชั้นบรรยากาศมีความชื้นมากจะทำให้ก๊าซซัลเฟอร์ ไดออกไซด์เปลี่ยนรูปไปเป็นกรดซัลฟูริกจึงทำให้ในฤดูฝนค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ ไดออกไซด์น้อยที่สุด เมื่อนำมาคำนวณจึงทำให้ในฤดูฝนมีค่า V_d มากที่สุด



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบ V_d ระหว่างพื้นที่ป่าไม้ผลัดใบ