

บทที่ 3

ผลการวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการตกสะสมของกรดเปียกและกรดแห้ง โดยการเก็บตัวอย่างน้ำฝนด้วยอุปกรณ์ Automatic wet only collector และเก็บตัวอย่างสารกรดในอากาศด้วยอุปกรณ์ 4-Stages filter pack แล้วทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ คือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเข้มข้นของไอออนบวกและไอออนลบ ได้แก่ SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+} พร้อมกับการศึกษาและติดตามข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลแหล่งปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญๆ ภายในบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยมีจุดเก็บตัวอย่างตั้งอยู่บนคาเฟ่อาคาร A ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จัดเป็นสถานีตัวแทนแถบพื้นที่ในชนบท (Rural site) เพื่อติดตามและตรวจสอบสถานการณ์การตกสะสมของกรดภายในพื้นที่ภาคใต้ และทำการศึกษการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ATMOS2 ในการประเมินค่าการตกสะสมกรดของพื้นที่ศึกษา โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบกับข้อมูลการตกสะสมกรดที่มีมาก่อนแล้วในอดีต เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ พร้อมกับการศึกษาถึงอิทธิพลของแหล่งปล่อยสารมลพิษจากพื้นที่ต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษา ผลการวิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังต่อไปนี้ คือ

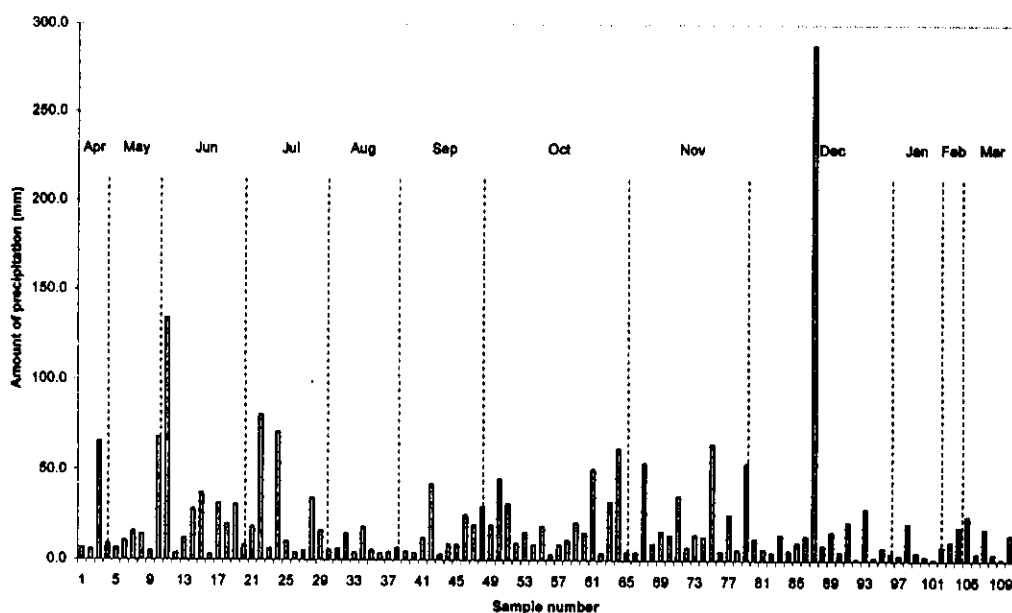
1. ผลการศึกษาการตกสะสมของกรดเปียกและกรดแห้ง

ในการวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำฝนและตัวอย่างสารกรดในอากาศ เป็นระยะเวลารวม 12 เดือน เริ่มจากวันที่ 1 เมษายน 2546 ถึง 31 มีนาคม 2547 พบว่า มีตัวอย่างน้ำฝนรวมทั้งสิ้น 110 ตัวอย่าง และมีตัวอย่างสารกรดในอากาศรวม 12 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์เป็นดังต่อไปนี้

1.1 ผลการศึกษาการตกสะสมของกรดเปียก

การศึกษาการตกสะสมของกรดเปียก เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำฝนพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเข้มข้นของไอออนที่เกี่ยวข้องกับสภาพความเป็นกรดของน้ำฝน ซึ่งประกอบด้วย SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+} และวิเคราะห์หาค่าปริมาณการตกสะสมของกรดเปียกที่ตกลงสู่พื้นที่ศึกษา จากการศึกษพบว่าตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง มีตัวอย่างน้ำฝนทั้งสิ้น 110 ตัวอย่าง มีปริมาณน้ำฝนรวม 2240.1 mm มีฝนตกมากสุดในเดือนธันวาคม 2546 มีปริมาตร 444.7

mm และมีฝนตกน้อยสุดในเดือนกุมภาพันธ์ 2547 มีปริมาณ 28.6 mm มีค่าปริมาณน้ำฝนในแต่ละวันที่ทำการเก็บตัวอย่างเป็นดังแสดงในภาพที่ 12 และมีค่าปริมาณน้ำฝนรวมในแต่ละเดือนเป็นดังแสดงในตาราง 22



ภาพที่ 12 ค่าปริมาณน้ำฝนในแต่ละวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

ตาราง 22 ค่าปริมาณน้ำฝนของพื้นที่จังหวัดสงขลาในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

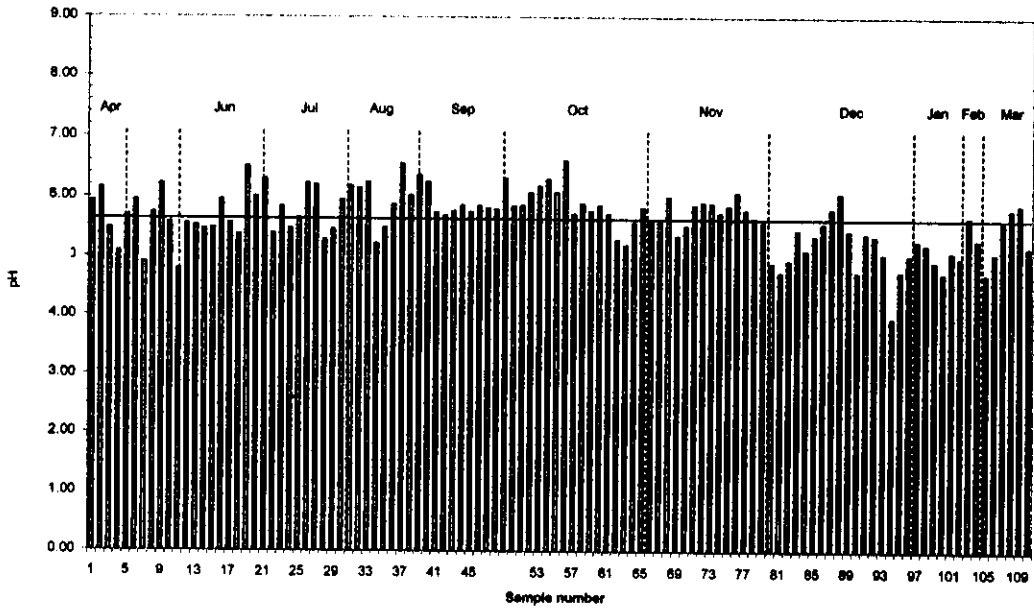
Month	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
Precipitation (mm)	87.0	119.7	308.0	250.2	63.2	157.1	357.6	320.9	444.7	38.4	28.6	64.7

1.1.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำฝน

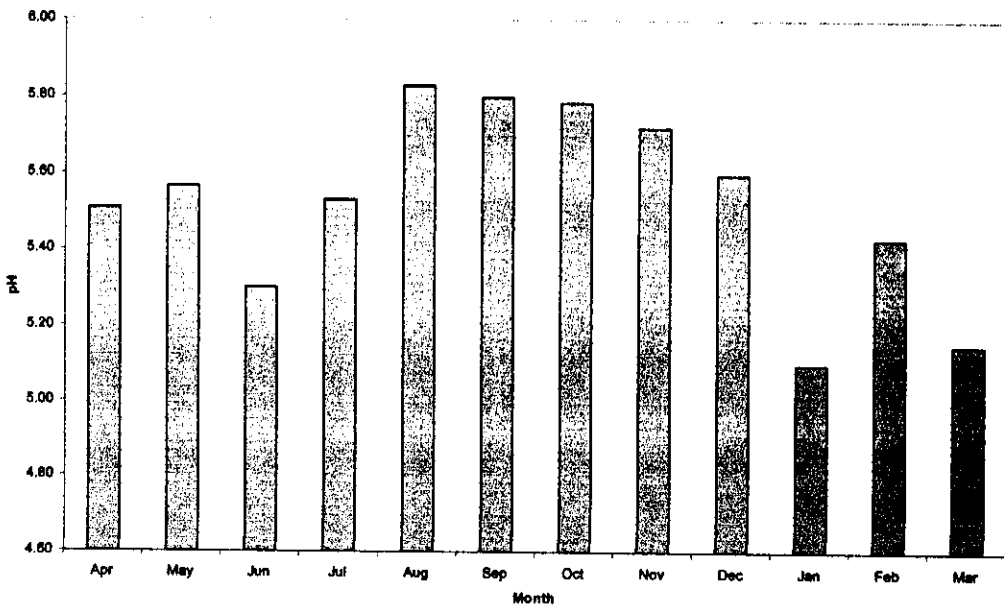
1.1.1.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง พบว่า ค่า pH ของตัวอย่างน้ำฝนมีค่าอยู่ในช่วง 3.95 – 6.60 มีค่า pH ต่ำสุด 3.95 ในตัวอย่างน้ำฝนในเดือนธันวาคม 2546 และมีค่า pH สูงสุด 6.60 ในตัวอย่างน้ำฝนในเดือนตุลาคม 2546 มีค่า pH เฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 5.59 ค่า pH ของตัวอย่างน้ำฝนตลอดระยะเวลาการศึกษาเป็นดังแสดงในภาพที่ 13 และเมื่อพิจารณา ค่า pH เฉลี่ยในแต่ละเดือน พบว่า ค่า pH จะมีค่าสูงในช่วงฤดูฝน คือระหว่างเดือนสิงหาคม –

ธันวาคม 2546 มีค่าอยู่ในช่วง 5.60 – 5.83 และมีค่าต่ำในช่วงฤดูร้อน คือระหว่างเดือนเมษายน – กรกฎาคม 2546 และมกราคม – มีนาคม 2547 มีค่าอยู่ในช่วง 5.10 – 5.57 มีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 14 และในตาราง 23



ภาพที่ 13 ค่า pH ของตัวอย่างน้ำฝนในแต่ละวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47



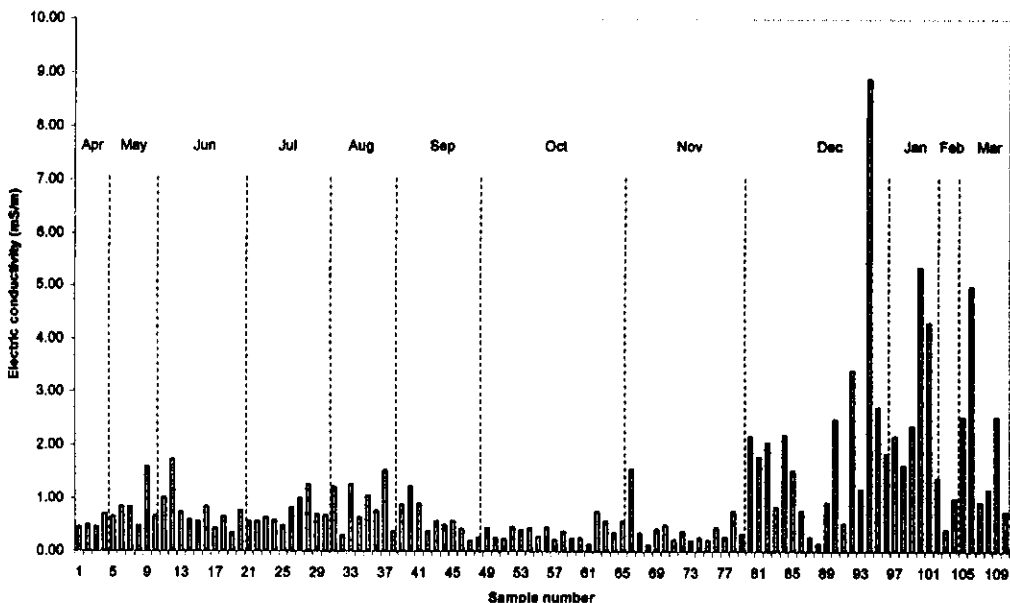
ภาพที่ 14 ค่า pH เฉลี่ยของตัวอย่างน้ำฝนในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

ตาราง 23 ค่า pH เฉลี่ยของตัวอย่างน้ำฝนในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

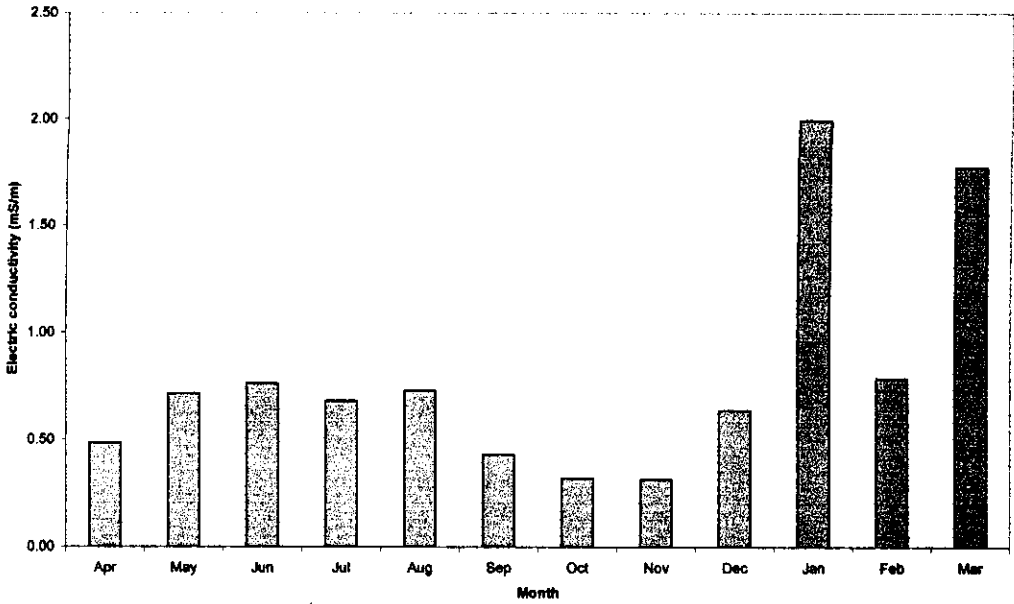
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
Min.	5.08	4.90	4.79	5.28	5.22	5.68	5.19	5.35	3.95	4.72	5.29	4.71
Max.	6.14	6.21	6.50	6.30	6.55	6.36	6.60	6.07	6.05	5.26	5.67	5.87
Mean	5.51	5.57	5.30	5.53	5.83	5.80	5.78	5.72	5.60	5.10	5.43	5.15

1.1.1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

ค่าการนำไฟฟ้าสำหรับแต่ละตัวอย่างเป็นดังแสดงในภาพที่ 15 มีค่าอยู่ในช่วง 0.13 – 8.89 mS/m มีค่าต่ำสุด 0.13 mS/m ในเดือนตุลาคม 2546 และมีค่าสูงสุด 8.89 mS/m ในเดือน ธันวาคม 2546 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 0.61 mS/m เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือน พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยจะมีค่าต่ำในช่วงฤดูฝน คือช่วงระหว่างเดือนกันยายน – ธันวาคม 2546 มีค่าอยู่ในช่วง 0.31 – 0.64 mS/m และมีค่าสูงในช่วงฤดูร้อน คือช่วงระหว่างเดือนเมษายน – สิงหาคม 2546 และ มกราคม – มีนาคม 2547 มีค่าอยู่ในช่วง 0.49 – 1.99 mS/m มีรายละเอียดดังแสดงภาพที่ 16 และในตาราง 24



ภาพที่ 15 ค่า EC ของตัวอย่างน้ำฝนในแต่ละวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47



ภาพที่ 16 ค่า EC เฉลี่ยของตัวอย่างน้ำฝนในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

ตาราง 24 ค่า EC เฉลี่ยของตัวอย่างน้ำฝนในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
Min.(mS/m)	0.45	0.47	0.35	0.48	0.30	0.20	0.14	0.13	0.15	1.38	0.41	0.75
Max.(mS/m)	0.70	1.60	1.73	1.26	1.53	1.24	0.75	1.57	8.89	5.34	1.00	4.97
Mean(mS/m)	0.49	0.72	0.76	0.68	0.73	0.43	0.32	0.31	0.64	1.99	0.79	1.78

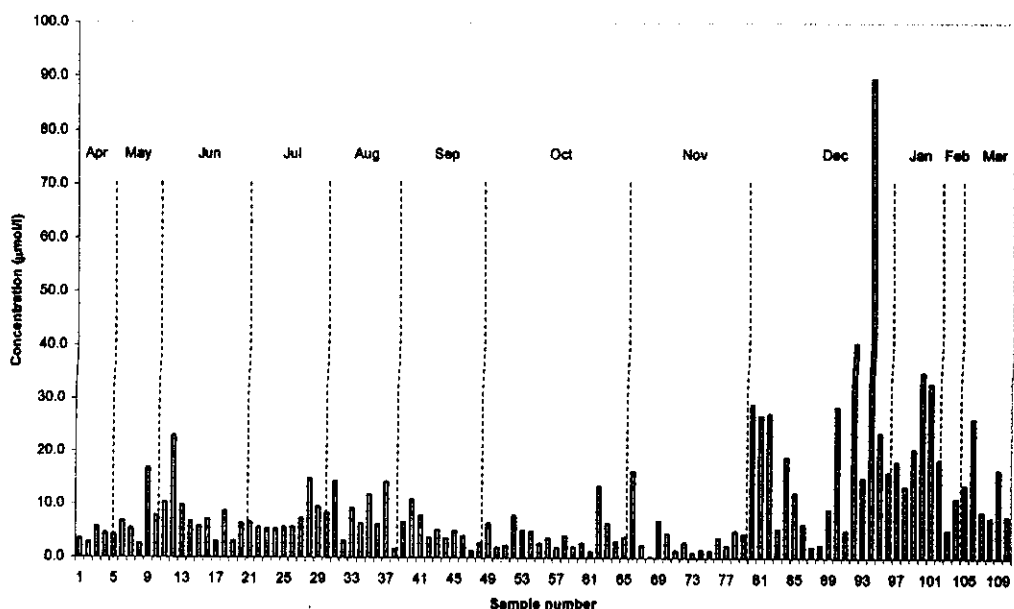
1.1.1.3 ค่าความเข้มข้นของไอออน

ค่าความเข้มข้นของไอออนที่ทำการวิเคราะห์จากตัวอย่างน้ำฝน ประกอบด้วย ค่าความเข้มข้นของไอออนลบ ได้แก่ SO_4^{2-} , NO_3^- และ Cl^- และค่าความเข้มข้นของไอออนบวก ได้แก่ NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+} มีค่าความเข้มข้นไอออนของแต่ละตัวอย่างเป็นดังต่อไปนี้ คือ

ก. ซัลเฟต (SO_4^{2-})

จากการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นของ SO_4^{2-} มีค่าอยู่ในช่วง 0.2 – 89.6 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าต่ำสุด 0.2 $\mu\text{mol/l}$ ในเดือนพฤศจิกายน 2546 และมีค่าสูงสุด 89.6 $\mu\text{mol/l}$ ในเดือน ธันวาคม 2546 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 5.9 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าสำหรับแต่ละตัวอย่างดัง

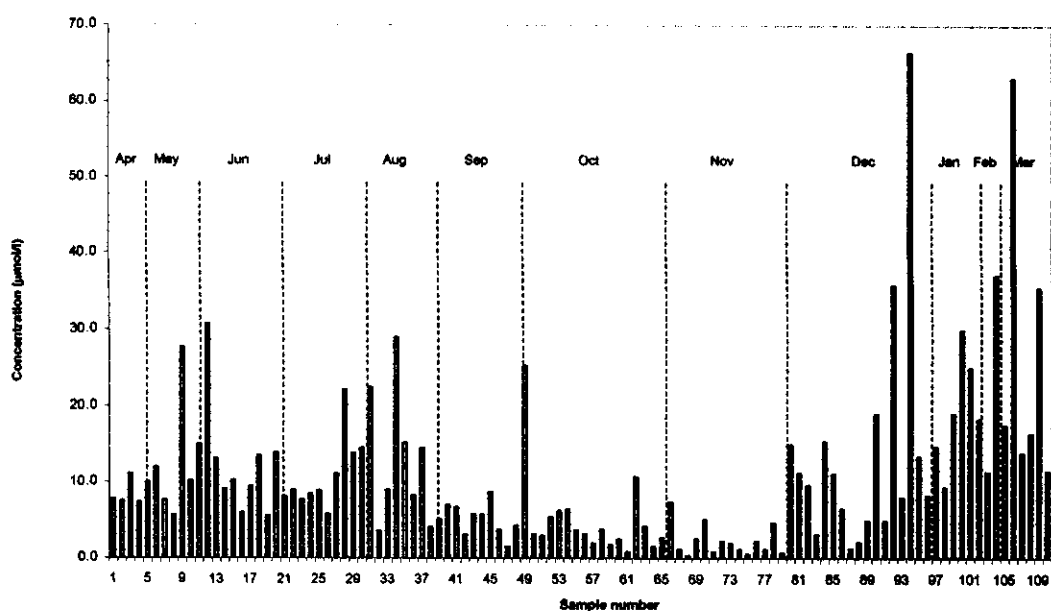
ภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ค่าความเข้มข้น SO_4^{2-} ของตัวอย่างน้ำฝน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

ข. ไนเตรต (NO_3^-)

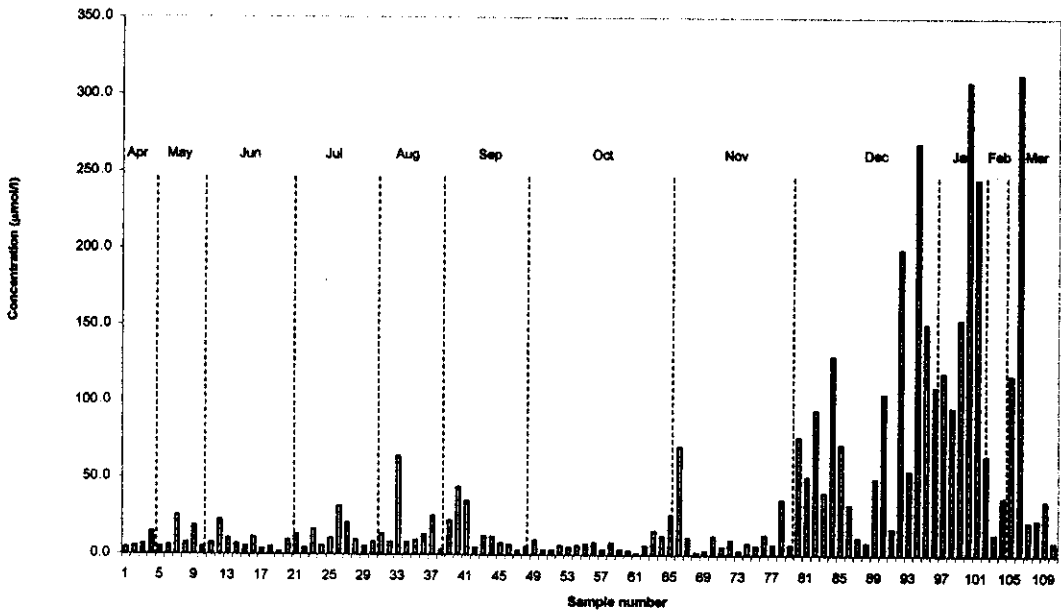
จากการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นของ NO_3^- มีค่าอยู่ในช่วง 0.3 – 66.4 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าต่ำสุด 0.3 $\mu\text{mol/l}$ ในเดือนพฤศจิกายน 2546 และมีค่าสูงสุด 66.4 $\mu\text{mol/l}$ ในเดือนธันวาคม 2546 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 7.3 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าสำหรับแต่ละตัวอย่างดังภาพที่ 18



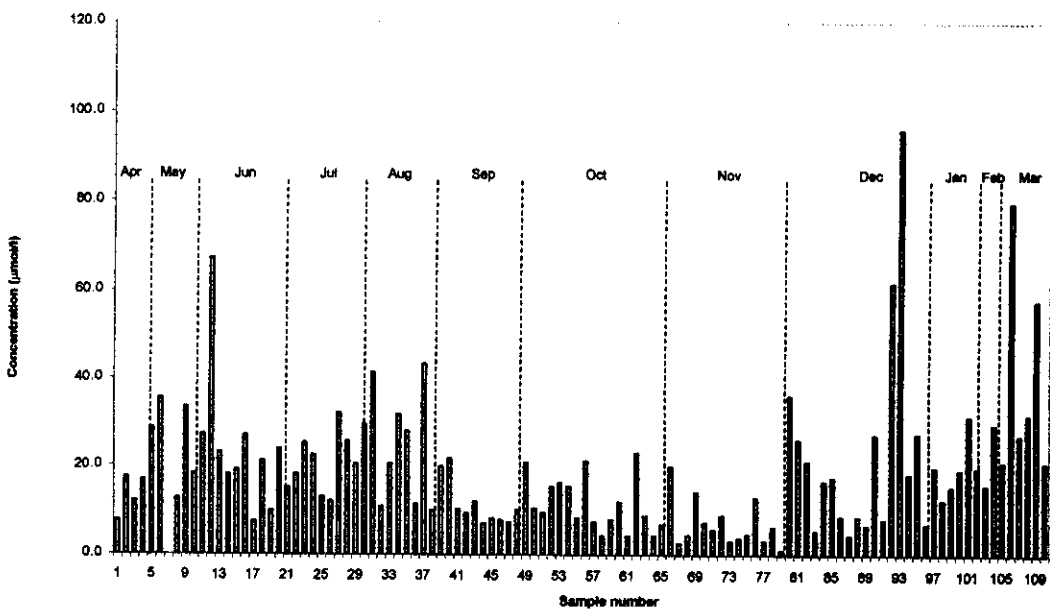
ภาพที่ 18 ค่าความเข้มข้น NO_3^- ของตัวอย่างน้ำฝน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

ก. คลอไรด์ (Cl⁻)

จากการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นของ Cl⁻ มีค่าอยู่ในช่วง 0.7 – 313.5 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าต่ำสุด 0.7 $\mu\text{mol/l}$ ในเดือนตุลาคม 2546 และมีค่าสูงสุด 313.5 $\mu\text{mol/l}$ ในเดือนมีนาคม 2547 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 15.6 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าสำหรับแต่ละตัวอย่างดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 ค่าความเข้มข้น Cl⁻ ของตัวอย่างน้ำฝน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47



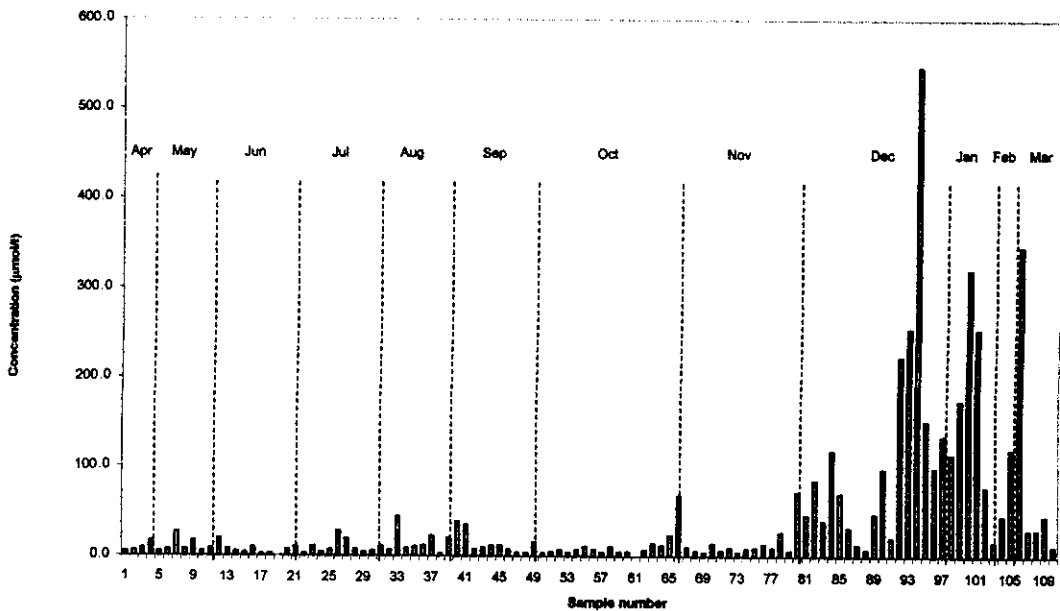
ภาพที่ 20 ค่าความเข้มข้น NH₄⁺ ของตัวอย่างน้ำฝน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

ง. แอมโมเนียม (NH_4^+)

จากการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นของ NH_4^+ มีค่าอยู่ในช่วง 0.9 – 95.9 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าต่ำสุด 0.9 $\mu\text{mol/l}$ ในเดือนพฤศจิกายน 2546 และมีค่าสูงสุด 95.9 $\mu\text{mol/l}$ ในเดือนธันวาคม 2546 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 14.1 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าสำหรับแต่ละตัวอย่างดังภาพที่ 20

จ. โซเดียม (Na^+)

จากการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นของ Na^+ มีค่าอยู่ในช่วง 0 – 546.3 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าต่ำสุด 0 $\mu\text{mol/l}$ ในเดือนตุลาคม 2546 และมีค่าสูงสุด 546.3 $\mu\text{mol/l}$ ในเดือนธันวาคม 2546 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 19.0 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าสำหรับแต่ละตัวอย่างดังภาพที่ 21



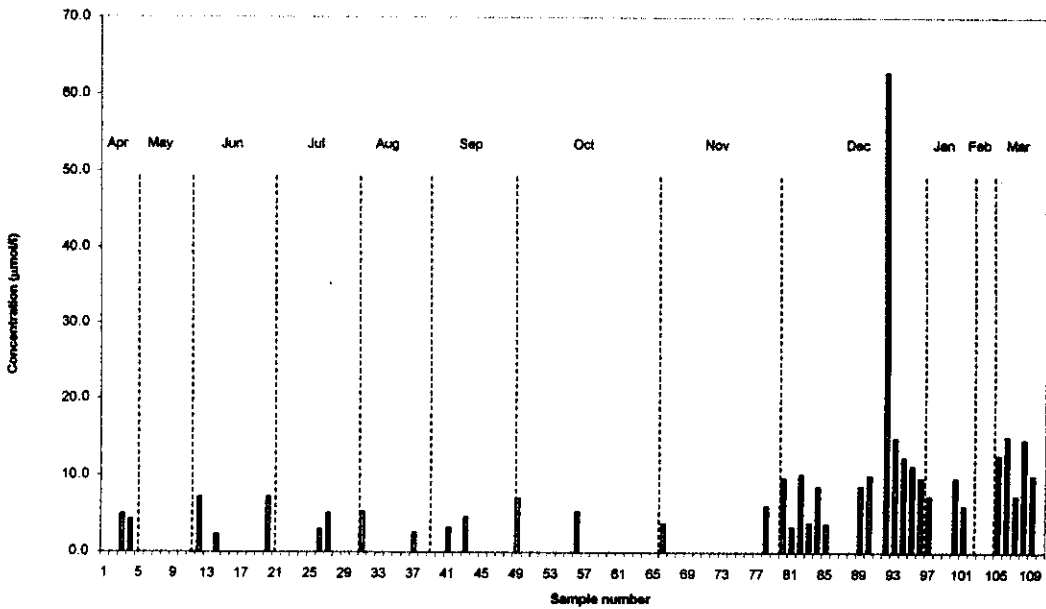
ภาพที่ 21 ค่าความเข้มข้น Na^+ ของตัวอย่างน้ำฝน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

ฉ. โพแทสเซียม (K^+)

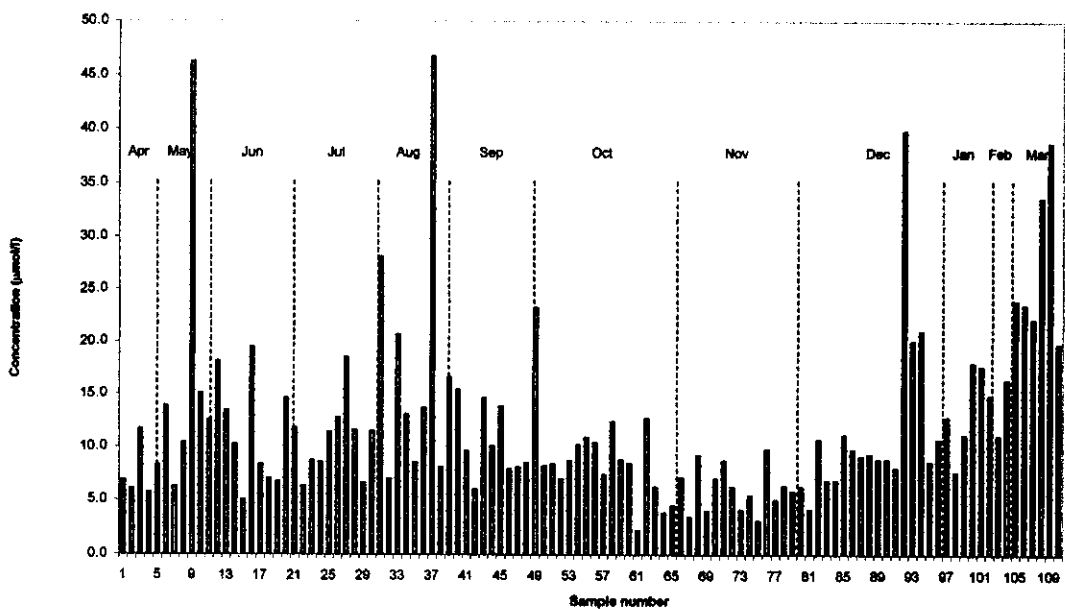
จากการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นของ K^+ มีค่าอยู่ในช่วง 0 – 62.9 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าสูงสุด 62.9 $\mu\text{mol/l}$ ในเดือนธันวาคม 2546 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 1.1 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าสำหรับแต่ละตัวอย่างดังภาพที่ 22

ข. แคลเซียม (Ca^{2+})

จากการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นของ Ca^{2+} มีค่าอยู่ในช่วง 2.2 – 46.7 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าต่ำสุด 2.2 $\mu\text{mol/l}$ ในเดือนตุลาคม 2546 และมีค่าสูงสุด 46.7 $\mu\text{mol/l}$ ในเดือนสิงหาคม 2546 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 9.5 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าสำหรับแต่ละตัวอย่างดังภาพที่ 23



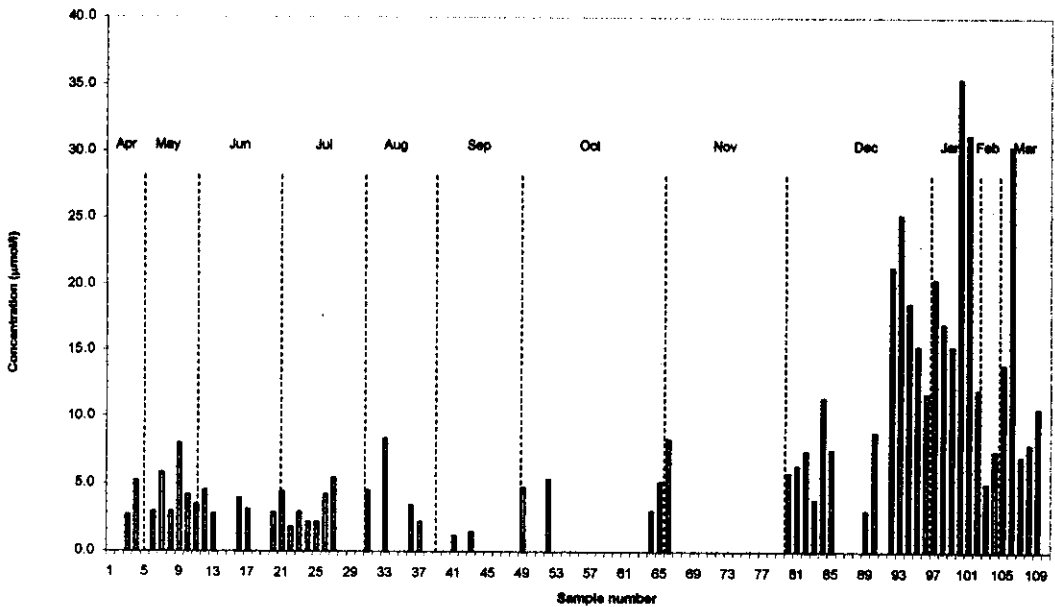
ภาพที่ 22 ค่าความเข้มข้น K^+ ของตัวอย่างน้ำฝน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47



ภาพที่ 23 ค่าความเข้มข้น Ca^{2+} ของตัวอย่างน้ำฝน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

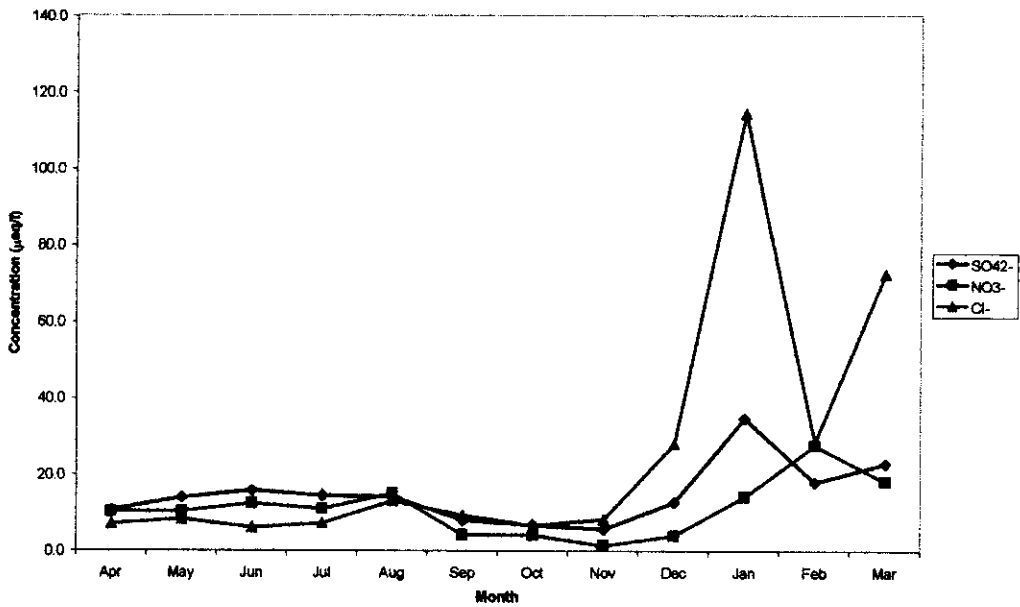
ข. แมกนีเซียม (Mg^{2+})

จากการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นของ Mg^{2+} มีค่าอยู่ในช่วง 0–35.4 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าสูงสุด 35.4 $\mu\text{mol/l}$ ในเดือนมกราคม 2547 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 2.3 $\mu\text{mol/l}$ มีค่าสำหรับแต่ละตัวอย่างดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ค่าความเข้มข้น Mg^{2+} ของตัวอย่างน้ำฝน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนลบ SO_4^{2-} , NO_3^- และ Cl^- ในแต่ละเดือน ในหน่วยไมโครกรัมสมมูลต่อลิตร พบว่า ในช่วงแรกตั้งแต่เดือนเมษายน – พฤศจิกายน 2546 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนลบทุกตัวจะมีค่าต่ำ โดยไอออน SO_4^{2-} มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.6 – 15.7 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 5.6 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนพฤศจิกายน 2546 ไอออน NO_3^- มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.3 – 15.0 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 1.3 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนพฤศจิกายน 2546 และไอออน Cl^- มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.1 – 13.1 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 6.1 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนกรกฎาคม 2546 ส่วนในช่วงหลังตั้งแต่เดือนธันวาคม 2546 – มีนาคม 2547 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนลบทุกตัวจะมีค่าสูง โดยไอออน SO_4^{2-} มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 12.7 – 34.7 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 34.7 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนมกราคม 2547 ไอออน NO_3^- มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.9 – 27.7 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 27.7 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนกุมภาพันธ์ 2547 และไอออน Cl^- มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.1 – 114.5 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 114.5 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนมกราคม 2547 มีรายละเอียดดังแสดงภาพที่ 25 และในตาราง 25

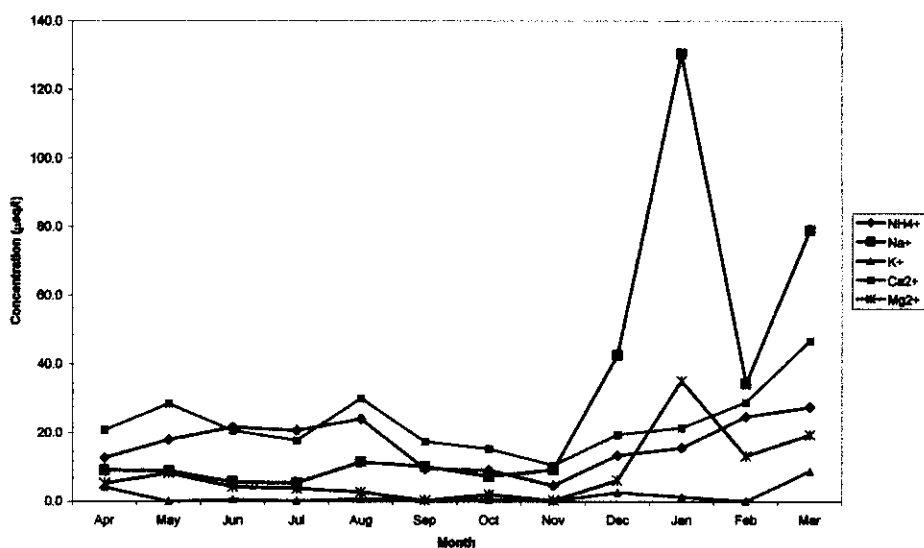


ภาพที่ 25 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนลบในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

ตาราง 25 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนลบในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

Month/ year	SO ₄ ²⁻ (µeq/l)			NO ₃ ⁻ (µeq/l)			Cl ⁻ (µeq/l)		
	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.
เม.ย. 46	10.5	11.6	5.6	10.2	11.0	7.3	6.9	14.3	4.1
พ.ค. 46	13.9	33.6	5.2	10.1	27.5	5.5	8.2	24.9	4.5
มี.ย. 46	15.7	45.8	5.8	12.3	30.6	5.5	6.1	22.4	1.6
ก.ค. 46	14.4	29.8	10.6	10.9	22.0	5.7	7.2	31.1	3.9
ต.ค. 46	14.1	28.4	3.2	15.0	28.9	3.5	13.1	63.6	3.2
ก.ย. 46	7.9	21.8	2.6	4.1	8.6	1.5	9.2	43.7	2.4
ค.ค. 46	6.7	26.8	2.2	4.0	25.2	0.8	6.6	25.7	0.7
พ.ย. 46	5.6	32.8	0.4	1.3	7.3	0.3	8.2	70.4	1.5
ธ.ค. 46	12.7	179.2	4.0	3.9	66.4	1.2	28.1	268.8	7.6
ม.ค. 47	34.7	69.8	26.8	14.1	29.8	9.2	114.5	308.2	64.2
ก.พ. 47	18.0	22.2	10.4	27.7	37.0	11.3	28.5	37.0	11.3
มี.ค. 47	22.9	52.6	14.8	18.2	63.1	11.4	72.7	313.5	8.2
1 year	11.7	179.2	0.4	7.3	66.4	0.3	15.6	313.5	0.7

เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนบวกในแต่ละเดือน พบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนบวกทุกตัว ยกเว้น ไอออน Na^+ มีค่าสูงต่ำแตกต่างกันไม่มากนักตลอดทั้งปี และโดยส่วนใหญ่แล้วมีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนลบ คือ ตั้งแต่เดือนเมษายน – พฤศจิกายน 2546 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนบวกทุกตัวจะมีค่าต่ำ โดยไอออน NH_4^+ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.6 – 24.0 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 4.6 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนพฤศจิกายน 2546 ไอออน Na^+ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.3 – 11.3 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 5.3 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนกรกฎาคม 2546 ไอออน K^+ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0 – 4.1 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนพฤษภาคม 2546 ไอออน Ca^{2+} มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10.4 – 30.0 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 10.4 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนพฤศจิกายน 2546 และไอออน Mg^{2+} มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.2 – 8.1 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.2 $\mu\text{eq/l}$ เท่ากันในเดือนสิงหาคมและพฤศจิกายน 2546 ส่วนในช่วงหลังตั้งแต่เดือนธันวาคม 2546 – มีนาคม 2547 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนบวกทุกตัวจะมีค่าสูงขึ้น โดยไอออน NH_4^+ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 13.3 – 27.3 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 27.3 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนมีนาคม 2547 ไอออน Na^+ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 34.2 – 130.3 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 130.3 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนมกราคม 2547 ไอออน K^+ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0 – 8.6 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 8.6 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนมีนาคม 2547 ไอออน Ca^{2+} มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 19.4 – 46.6 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 46.6 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนมีนาคม 2547 และไอออน Mg^{2+} มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.0 – 35.1 $\mu\text{eq/l}$ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 35.1 $\mu\text{eq/l}$ ในเดือนมกราคม 2547 มีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 26 และในตาราง 26



ภาพที่ 26 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนบวกในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

ตาราง 26 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนบวกในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

Month/ year	NH ₄ ⁺ (µeq/l)			Na ⁺ (µeq/l)			K ⁺ (µeq/l)			Ca ²⁺ (µeq/l)			Mg ²⁺ (µeq/l)		
	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.
เม.ย. 46	12.5	17.3	7.5	8.9	16.4	4.1	4.1	4.9	0	20.7	23.4	11.4	5.1	10.4	0
พ.ค. 46	17.9	35.3	0	8.7	27.3	4.6	0	0	0	28.4	92.4	12.4	8.1	16.0	0
มี.ย. 46	21.5	67.1	7.4	5.6	19.3	0	0.5	7.1	0	20.6	39.0	10.0	4.2	9.0	0
ก.ค. 46	20.6	32.2	11.9	5.3	27.6	2.4	0.1	5.0	0	17.6	37.0	12.6	3.7	10.8	0
ส.ค. 46	24.0	43.3	9.9	11.3	44.0	2.7	0.7	5.2	0	30.0	93.4	14.0	2.7	16.6	0
ก.ย. 46	9.4	21.6	7.0	10.0	39.0	3.7	0.3	4.5	0	17.4	33.2	12.0	0.2	3.0	0
ต.ค. 46	9.0	23.0	4.3	7.2	23.0	0	0.4	7.0	0	15.2	46.4	4.4	1.9	10.6	0
พ.ย. 46	4.6	19.8	0.9	9.1	67.9	4.0	0.2	3.7	0	10.4	19.6	6.2	0.2	16.6	0
ธ.ค. 46	13.3	95.9	4.3	42.5	546.3	7.0	2.5	62.9	0	19.4	79.6	8.2	6.0	50.4	0
ม.ค. 47	15.4	31.5	12.2	130.3	321.2	76.6	1.2	9.6	0	21.3	35.8	15.2	35.1	70.8	24
ก.พ. 47	24.6	29.6	15.6	34.2	44.9	15.2	0	0	0	28.8	32.6	22.0	13.1	14.8	10
มี.ค. 47	27.3	79.7	20.7	78.9	346.9	10.6	8.6	15.0	0	46.6	77.4	39.6	19.2	60.8	0
1 year	14.1	95.9	0	19.0	546.3	0	1.1	62.9	0	19.0	93.4	4.4	4.6	70.8	0

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนลบ SO₄²⁻, NO₃⁻ และ Cl⁻ พบว่า ค่าความเข้มข้นของ Cl⁻ จะมีค่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ SO₄²⁻ และ NO₃⁻ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนบวก พบว่า ค่าความเข้มข้นของ Na⁺ จะมีค่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ Ca²⁺, NH₄⁺, Mg²⁺ และ K⁺ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของทั้งไอออนบวกและไอออนลบ พบว่า ค่าความเข้มข้นไอออนเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยเป็นดังนี้ คือ Na⁺ > Cl⁻ > Ca²⁺ > NH₄⁺ > SO₄²⁻ > NO₃⁻ > Mg²⁺ > K⁺

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออน NO₃⁻/SO₄²⁻ พบว่าส่วนใหญ่แล้วค่าความเข้มข้นเฉลี่ยในแต่ละเดือนของ NO₃⁻ จะมีค่าน้อยกว่า SO₄²⁻ และมีค่าอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยรวมตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 0.74 รายละเอียดแสดงในตาราง 27

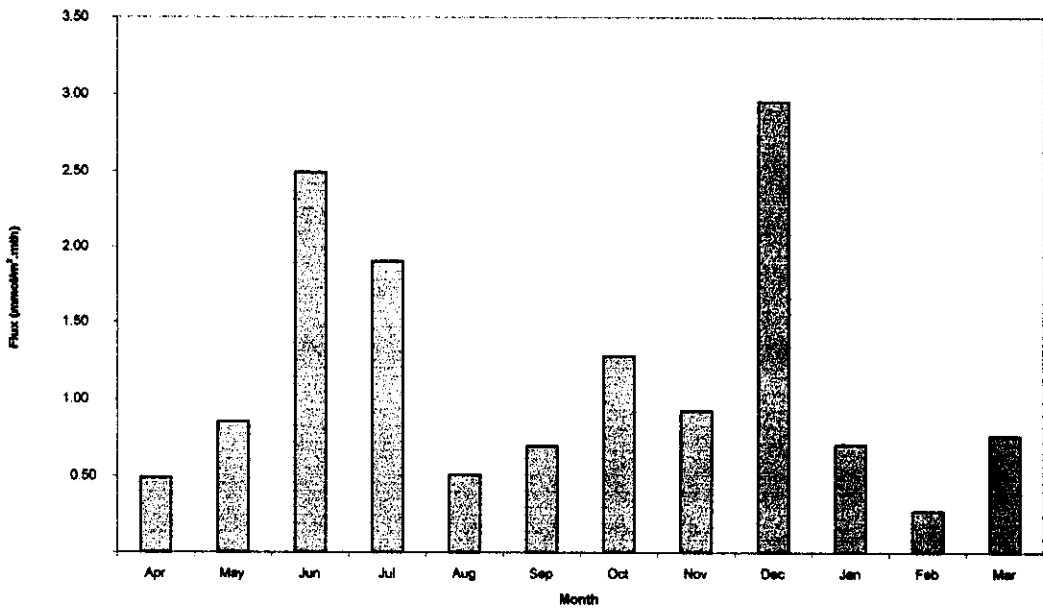
เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของความเข้มข้นไอออนระหว่างไอออนของบัพเฟอร์ คือ NH₄⁺, Ca²⁺ และ Mg²⁺ และไอออนของกรด คือ SO₄²⁻ และ NO₃⁻ พบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของบัพเฟอร์ต่อสารกรดในแต่ละเดือนจะมีค่ามากกว่า 1 และมีค่าอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยรวมตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 1.87 รายละเอียดแสดงในตาราง 27

1.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการตกสะสมของกรดเปียก

ปริมาณการตกสะสมของกรด จะพิจารณาในรูปของฟลักซ์การตกสะสมของสารกรด ที่เป็นไอออนหลักในน้ำฝนซึ่งตกลงสู่พื้นที่รองรับ คือถึงเก็บตัวอย่างของอุปกรณ์ Automatic wet only collector ในช่วงระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็นปริมาณสารกรดต่อพื้นที่ต่อเวลา ผลที่ได้เป็นดังนี้ คือ

1.1.2.1 ซัลเฟต (SO_4^{2-})

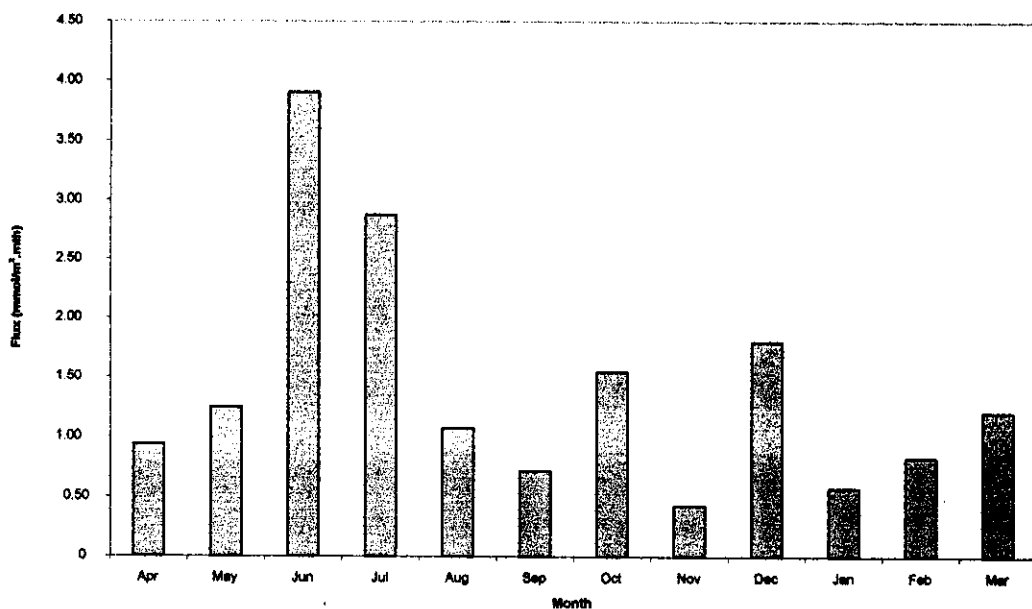
จากการศึกษาพบว่า ค่าฟลักซ์การตกสะสมของ SO_4^{2-} มีค่าอยู่ในช่วง 0.27 – 2.95 $\text{mmol/m}^2.\text{mth}$ มีค่าต่ำสุด 0.27 $\text{mmol/m}^2.\text{mth}$ ในเดือนกุมภาพันธ์ 2547 และมีค่าสูงสุด 2.95 $\text{mmol/m}^2.\text{mth}$ ในเดือนธันวาคม 2546 มีค่าฟลักซ์การตกสะสมรวมตลอดระยะเวลา 12 เดือน เท่ากับ 13.83 $\text{mmol/m}^2.\text{yr}$ และมีค่าฟลักซ์การตกสะสมในแต่ละเดือนเป็นดังภาพที่ 27



ภาพที่ 27 ค่าฟลักซ์การตกสะสม SO_4^{2-} ในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

1.1.2.2 ไนเตรต (NO_3^-)

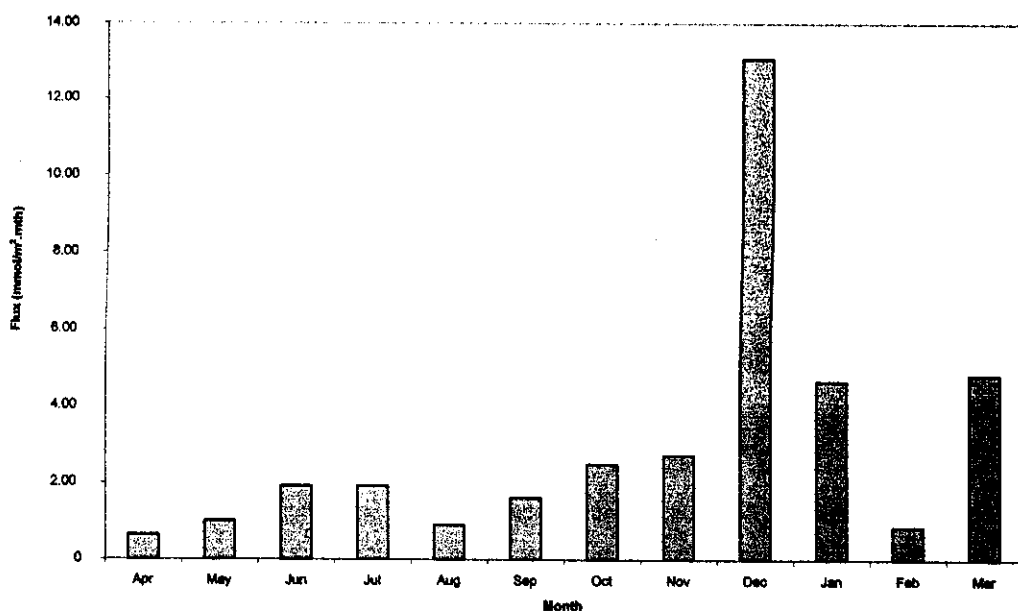
จากการศึกษาพบว่า ค่าฟลักซ์การตกสะสมของ NO_3^- มีค่าอยู่ในช่วง 0.42 – 3.90 $\text{mmol/m}^2.\text{mth}$ มีค่าต่ำสุด 0.42 $\text{mmol/m}^2.\text{mth}$ ในเดือนพฤศจิกายน 2546 และมีค่าสูงสุด 3.90 $\text{mmol/m}^2.\text{mth}$ ในเดือนมิถุนายน 2546 มีค่าฟลักซ์การตกสะสมรวมตลอดระยะเวลา 12 เดือน เท่ากับ 17.12 $\text{mmol/m}^2.\text{yr}$ และมีค่าฟลักซ์การตกสะสมในแต่ละเดือนเป็นดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 ค่าฟลักซ์การตกสะสม NO_3^- ในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46-มี.ค. 47

1.1.2.3 คลอไรด์ (Cl)

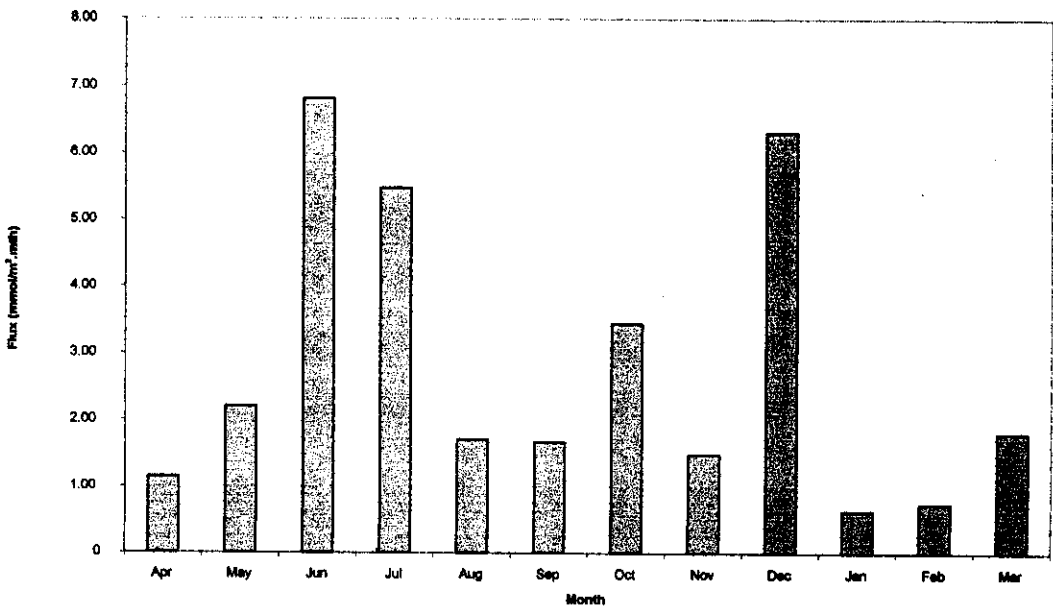
จากการศึกษาพบว่า ค่าฟลักซ์การตกสะสมของ Cl มีค่าอยู่ในช่วง $0.63 - 13.06 \text{ mmol/m}^2.\text{mth}$ มีค่าต่ำสุด $0.63 \text{ mmol/m}^2.\text{mth}$ ในเดือนเมษายน 2546 และมีค่าสูงสุด $13.06 \text{ mmol/m}^2.\text{mth}$ ในเดือนธันวาคม 2546 มีค่าฟลักซ์การตกสะสมรวมตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ $36.46 \text{ mmol/m}^2.\text{yr}$ และมีค่าฟลักซ์การตกสะสมในแต่ละเดือนเป็นดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 ค่าฟลักซ์การตกสะสม Cl⁻ ในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46-มี.ค. 47

1.1.2.4 แอมโมเนียม (NH_4^+)

จากการศึกษาพบว่า ค่าฟลักซ์การตกสะสมของ NH_4^+ มีค่าอยู่ในช่วง 0.63 – 6.81 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ มีค่าต่ำสุด 0.63 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ ในเดือนมกราคม 2547 และมีค่าสูงสุด 6.81 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ ในเดือนมิถุนายน 2546 มีค่าฟลักซ์การตกสะสมรวมตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 33.41 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{yr}$ และมีค่าฟลักซ์การตกสะสมในแต่ละเดือนเป็นดังภาพที่ 30



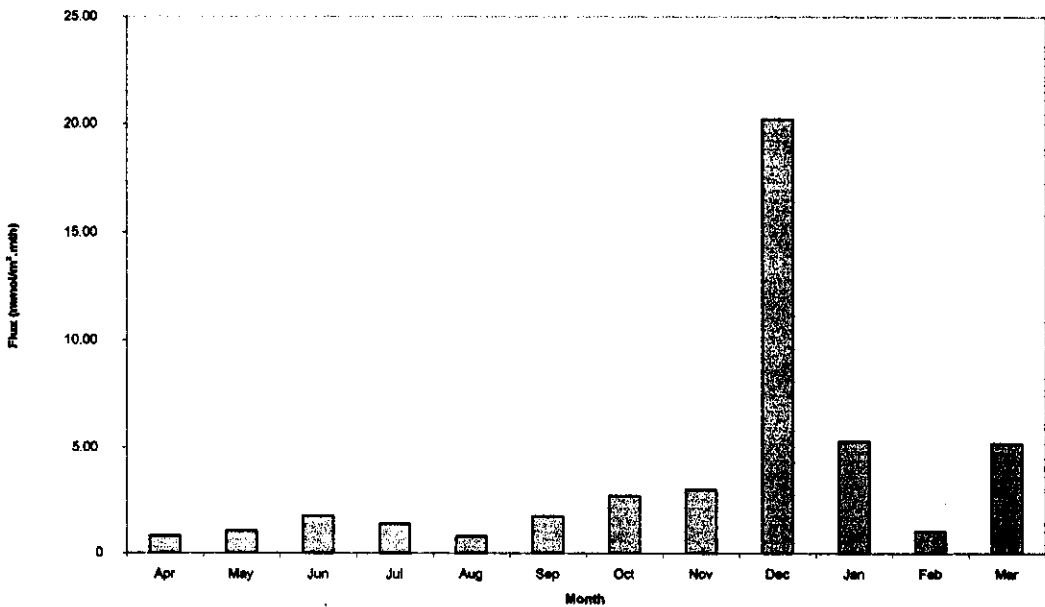
ภาพที่ 30 ค่าฟลักซ์การตกสะสม NH_4^+ ในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

1.1.2.5 โซเดียม (Na^+)

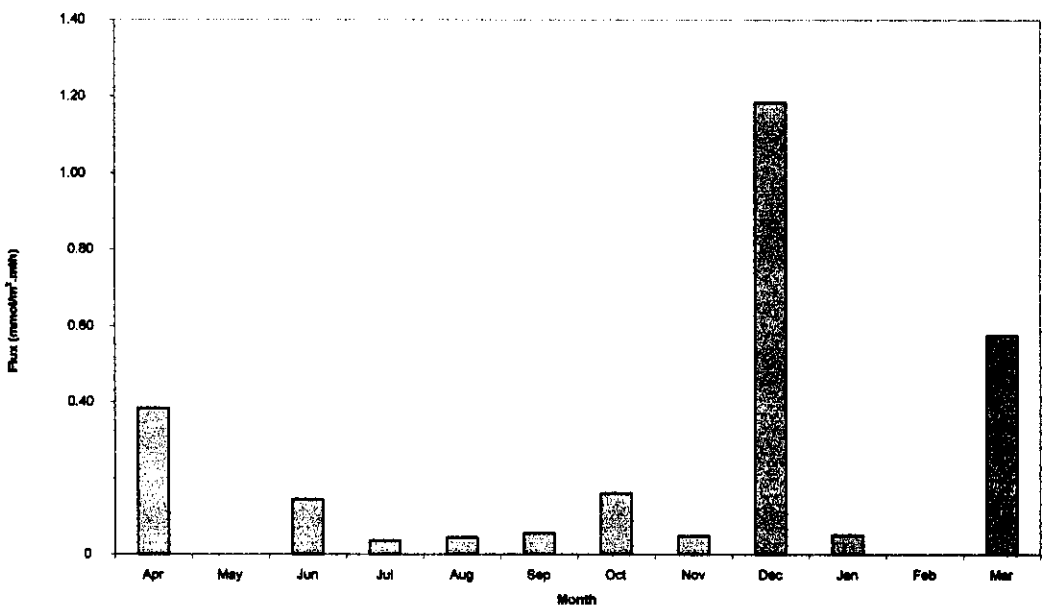
จากการศึกษาพบว่า ค่าฟลักซ์การตกสะสมของ Na^+ มีค่าอยู่ในช่วง 0.79 – 20.21 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ มีค่าต่ำสุด 0.79 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ ในเดือนสิงหาคม 2546 และมีค่าสูงสุด 20.21 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ ในเดือนธันวาคม 2546 มีค่าฟลักซ์การตกสะสมรวมตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 44.97 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{yr}$ และมีค่าฟลักซ์การตกสะสมในแต่ละเดือนเป็นดังภาพที่ 31

1.1.2.6 โพแทสเซียม (K^+)

จากการศึกษาพบว่า ค่าฟลักซ์การตกสะสมของ K^+ มีค่าอยู่ในช่วง 0 – 1.18 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ มีค่าต่ำสุด 0 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ ในเดือนพฤษภาคม 2546 และกุมภาพันธ์ 2547 และมีค่าสูงสุด 1.18 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ ในเดือนธันวาคม 2546 มีค่าฟลักซ์การตกสะสมรวมตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 2.68 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{yr}$ และมีค่าฟลักซ์การตกสะสมในแต่ละเดือนเป็นดังภาพที่ 32



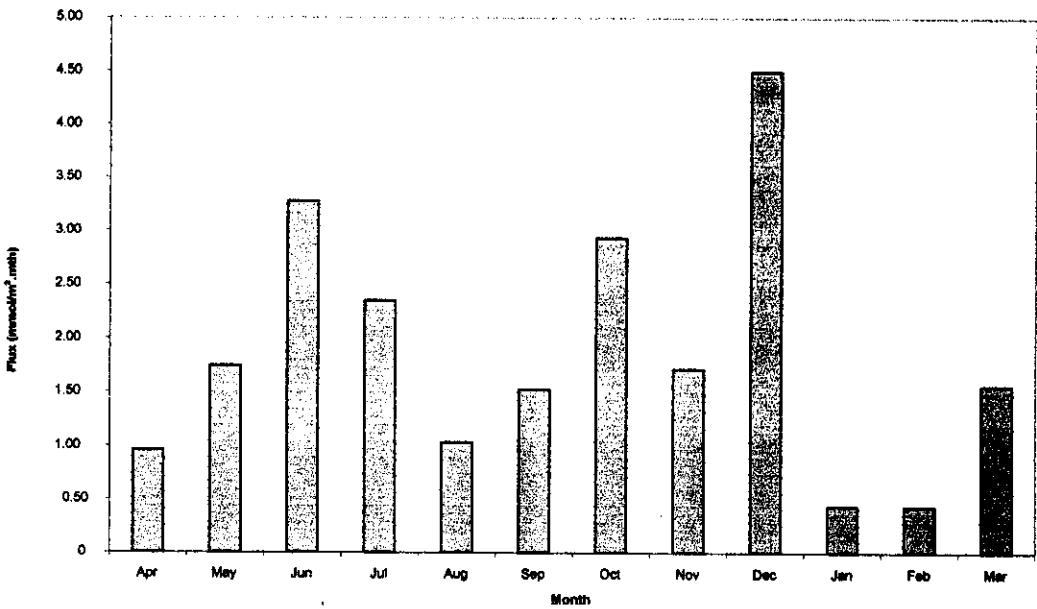
ภาพที่ 31 ค่าฟลักซ์การตกสะสม Na^+ ในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46-มี.ค. 47



ภาพที่ 32 ค่าฟลักซ์การตกสะสม K^+ ในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46-มี.ค. 47

1.1.2.7 แคลเซียม (Ca^{2+})

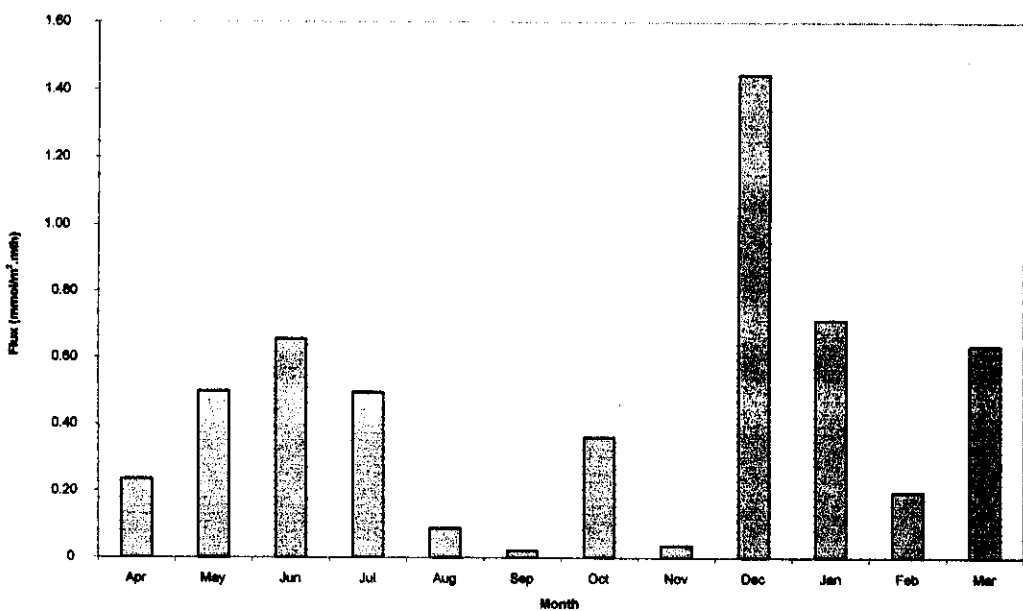
จากการศึกษาพบว่าค่าฟลักซ์การตกสะสมของ Ca^{2+} มีค่าอยู่ในช่วง 0.43–4.50 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ มีค่าต่ำสุด 0.43 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ ในเดือนกุมภาพันธ์ 2547 และมีค่าสูงสุด 4.50 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ ในเดือนธันวาคม 2546 มีค่าฟลักซ์การตกสะสมรวมตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 22.43 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{yr}$ และมีค่าฟลักซ์การตกสะสมในแต่ละเดือนเป็นดังภาพที่ 33



ภาพที่ 33 ค่าฟลักซ์การตกสะสม Ca^{2+} ในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

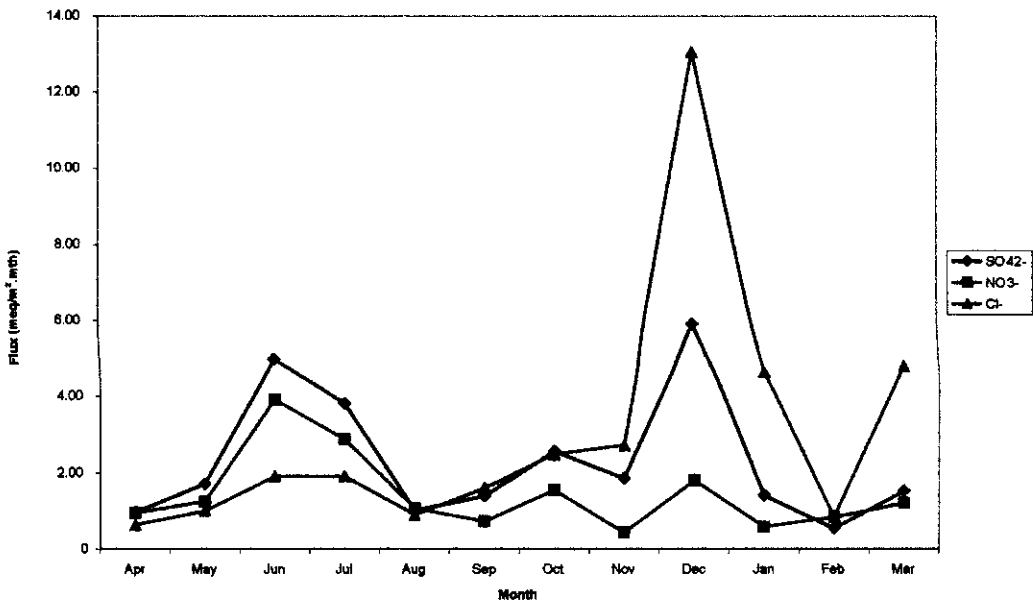
1.1.2.8 แมกนีเซียม (Mg^{2+})

จากการศึกษาพบว่า ค่าฟลักซ์การตกสะสมของ Mg^{2+} มีค่าอยู่ในช่วง 0.02 – 1.44 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ มีค่าต่ำสุด 0.02 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ ในเดือนกันยายน 2546 และมีค่าสูงสุด 1.44 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{mth}$ ในเดือนธันวาคม 2546 มีค่าฟลักซ์การตกสะสมรวมตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 5.37 $\text{mmol/m}^2\cdot\text{yr}$ และมีค่าฟลักซ์การตกสะสมในแต่ละเดือนเป็นดังภาพที่ 34



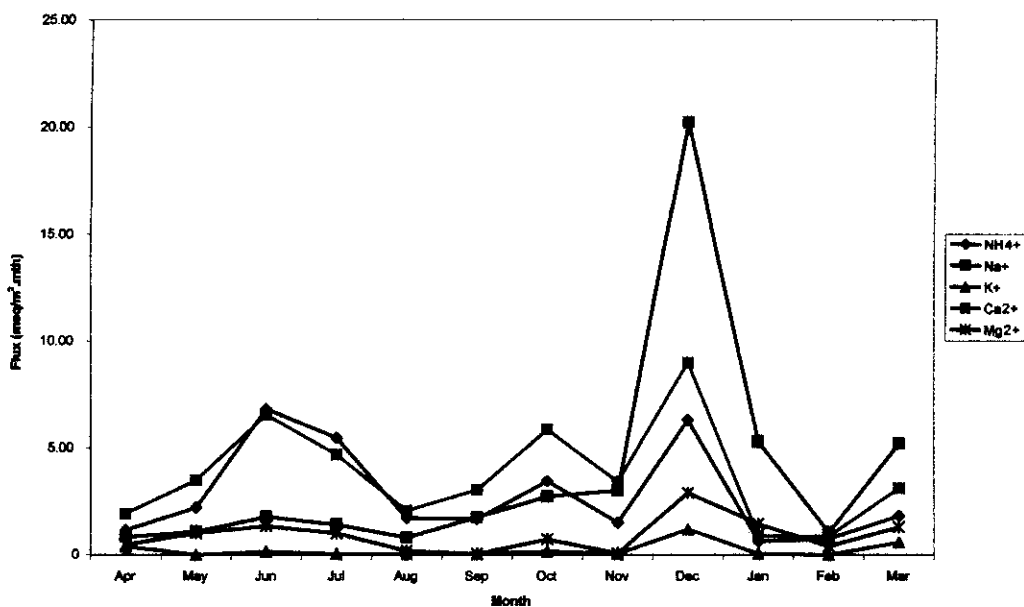
ภาพที่ 34 ค่าฟลักซ์การตกสะสม Mg^{2+} ในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

เมื่อพิจารณาค่าฟลักซ์การตกสะสมของไอออนสารกรด พบว่า ค่าฟลักซ์การตกสะสมของกรดเปียกมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณน้ำฝน และค่าความเข้มข้นสารกรด โดยจะมีค่าฟลักซ์การตกสะสมของไอออนสูงในเดือนที่มีปริมาณฝนตกมาก คือ ในช่วงเดือนมิถุนายน - กรกฎาคม 2546 และช่วงเดือนตุลาคม 2546 - มกราคม 2547 และมีค่าฟลักซ์การตกสะสมของไอออนต่ำในเดือนที่มีปริมาณฝนตกน้อย คือ ในช่วงเดือนเมษายน - พฤษภาคม, สิงหาคม - กันยายน 2546 และช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม 2547 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าฟลักซ์การตกสะสมของไอออนลบในแต่ละเดือน ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลต่อตารางเมตรต่อเดือน พบว่า ค่าฟลักซ์การตกสะสมของ Cl^- มีค่าต่ำกว่า SO_4^{2-} และ NO_3^- ในช่วงแรกคือตั้งแต่เดือนเมษายน - สิงหาคม 2546 แต่หลังจากนั้นจะมีค่าสูงกว่า SO_4^{2-} และ NO_3^- ในทุกเดือน และมีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม 2546 ส่วนค่าฟลักซ์การตกสะสมของ SO_4^{2-} และ NO_3^- เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกันจะพบว่า ค่าฟลักซ์การตกสะสมของ SO_4^{2-} จะมีค่ามากกว่า NO_3^- ในเกือบทุกเดือน ยกเว้นในเดือนกุมภาพันธ์ 2547 และเมื่อพิจารณาค่าฟลักซ์การตกสะสมรวมทั้งหมดตลอดระยะเวลา 12 เดือน พบว่า ค่าฟลักซ์การตกสะสมของไอออนลบเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$ ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 35 และภาพที่ 37

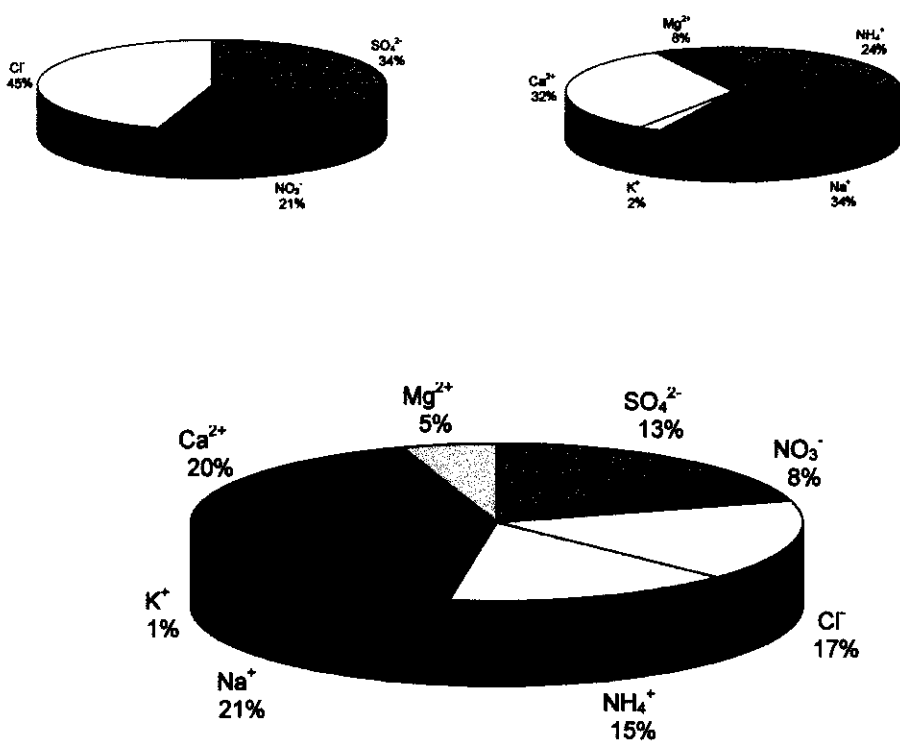


ภาพที่ 35 ค่าฟลักซ์การตกสะสมไอออนลบในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 - มี.ค. 47

เมื่อพิจารณาค่าฟลักซ์การตกสะสมของไอออนบวกในแต่ละเดือน พบว่า มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับการตกสะสมของไอออนลบ และเมื่อพิจารณาค่าฟลักซ์การตกสะสมรวมทั้งหมดตลอดระยะเวลา 12 เดือน พบว่า ค่าฟลักซ์การตกสะสมของไอออนบวกเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยเป็นดังนี้ คือ $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{NH}_4^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ มีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 36 และภาพที่ 37



ภาพที่ 36 ค่าฟลักซ์การตกสะสมไอออนบวกในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47



ภาพที่ 37 อัตราส่วนการตกสะสมของไอออนในช่วง 12 เดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนค่าฟลักซ์การตกสะสมของ $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ พบว่าส่วนใหญ่แล้วค่าฟลักซ์การตกสะสมของ NO_3^- จะมีค่าน้อยกว่า SO_4^{2-} และมีค่าอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยรวมตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 0.62 รายละเอียดแสดงในตาราง 27

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนค่าฟลักซ์การตกสะสมระหว่างบัพเฟอร์ คือ NH_4^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+} และสารกรด คือ SO_4^{2-} และ NO_3^- พบว่า ค่าฟลักซ์การตกสะสมของบัพเฟอร์ต่อสารกรดในแต่ละเดือนมีค่ามากกว่า 1 มีค่าอัตราส่วนค่าเฉลี่ยรวมตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 1.99 แสดงดังในตาราง 27

ตาราง 27 อัตราส่วนความเข้มข้นและฟลักซ์การตกสะสม ของ $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ และบัพเฟอร์กับสารกรด ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

เดือน/ปี	อัตราส่วนความเข้มข้น		อัตราส่วนฟลักซ์การตกสะสม	
	$\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$	$[\text{NH}_4^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}]/[\text{SO}_4^{2-}, \text{NO}_3^-]$	$\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$	$[\text{NH}_4^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}]/[\text{SO}_4^{2-}, \text{NO}_3^-]$
เม.ย. 46	0.96	1.85	0.96	1.85
พ.ค. 46	0.73	2.27	0.73	2.26
มิ.ย. 46	0.78	1.65	0.78	1.65
ก.ค. 46	0.76	1.66	0.76	1.67
ส.ค. 46	1.06	1.94	1.06	1.89
ก.ย. 46	0.52	2.26	0.52	2.26
ต.ค. 46	0.60	2.44	0.60	2.45
พ.ย. 46	0.23	2.21	0.23	2.19
ธ.ค. 46	0.30	2.34	0.30	2.36
ม.ค. 47	0.41	1.47	0.41	1.47
ก.พ. 47	1.55	1.45	1.55	1.45
มี.ค. 47	0.80	2.27	0.79	2.27
ค่าเฉลี่ย	0.74	1.87	0.62	1.99

ตาราง 28 ค่าฟลักซ์การตกสะสมเปียกของไอออนในช่วง 12 เดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

Unit	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
$\text{mmol/m}^2\cdot\text{yr}$	13.83	17.12	36.46	33.41	44.97	2.68	22.43	5.37
$\text{meq/m}^2\cdot\text{yr}$	27.65	17.12	36.46	33.41	44.97	2.68	44.86	10.75
$\text{g/m}^2\cdot\text{yr}$	1.33	1.06	1.29	0.60	1.03	0.10	0.90	0.13

ตาราง 29 ค่าปริมาณการตกสะสมของสารกรดเปียก ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

สารกรด	mmol/m ² .yr	g/m ² .yr
การตกสะสมของซัลเฟต	4.61	0.44
การตกสะสมของไนโตรเจน	3.86	0.24

1.1.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล

จากการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลด้วยการทำสมดุลของไอออนบวกและลบ R_1 และการเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าที่คำนวณได้กับค่าที่วัดได้ R_2 ของตัวอย่างน้ำฝนตลอดระยะเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ในการพิจารณาค่า R_1 จะแบ่งช่วงของเปอร์เซ็นต์ยอมรับได้ ออกเป็น 3 ช่วงตามช่วงของค่า C+A ดังรายละเอียดในตาราง ข.1 ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่างน้ำฝน พบว่า ตัวอย่างน้ำฝนมีจำนวนค่า R_1 ที่อยู่ในช่วงของเปอร์เซ็นต์ยอมรับได้ค่อนข้างต่ำ โดยจะมีค่า R_1 อยู่ในช่วงของเปอร์เซ็นต์ยอมรับได้น้อยเมื่อ C+A มีค่าน้อย และจะมีค่า R_1 อยู่ในช่วงของเปอร์เซ็นต์ยอมรับได้สูงเมื่อ C+A มีค่าสูง แต่ตัวอย่างน้ำฝนส่วนใหญ่ นั้น มีค่า C+A สูง คือ มีค่าอยู่ในช่วงมากกว่า 100 $\mu\text{eq/l}$ ส่วนในการพิจารณาค่า R_2 จะแบ่งช่วงของเปอร์เซ็นต์ยอมรับได้ ออกเป็น 3 ช่วงตามช่วงของค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการตรวจวัดโดยตรงจากตัวอย่างน้ำฝน มีรายละเอียดดังแสดงในตาราง ข.2 จากการวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่างน้ำฝน พบว่า ตัวอย่างน้ำฝนมีจำนวนค่า R_2 ที่อยู่ในช่วงของเปอร์เซ็นต์ยอมรับได้ค่อนข้างสูง ค่าการนำไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงของเปอร์เซ็นต์ยอมรับได้ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง 0.5 – 3.0 mS/m รายละเอียดของจำนวนค่า R_1 และ R_2 ที่มีค่าอยู่ในช่วงของเปอร์เซ็นต์ยอมรับได้เป็นดังแสดงในตาราง 30

ตาราง 30 จำนวนค่า R_1 และ R_2 ที่อยู่ในช่วงยอมรับได้ของตัวอย่างน้ำฝน

การตรวจสอบคุณภาพข้อมูล	จำนวนค่าที่ยอมรับได้	เปอร์เซ็นต์ (%)
ค่า R_1	24	22
ค่า R_2	94	85
ตัวอย่างน้ำฝน	110	100

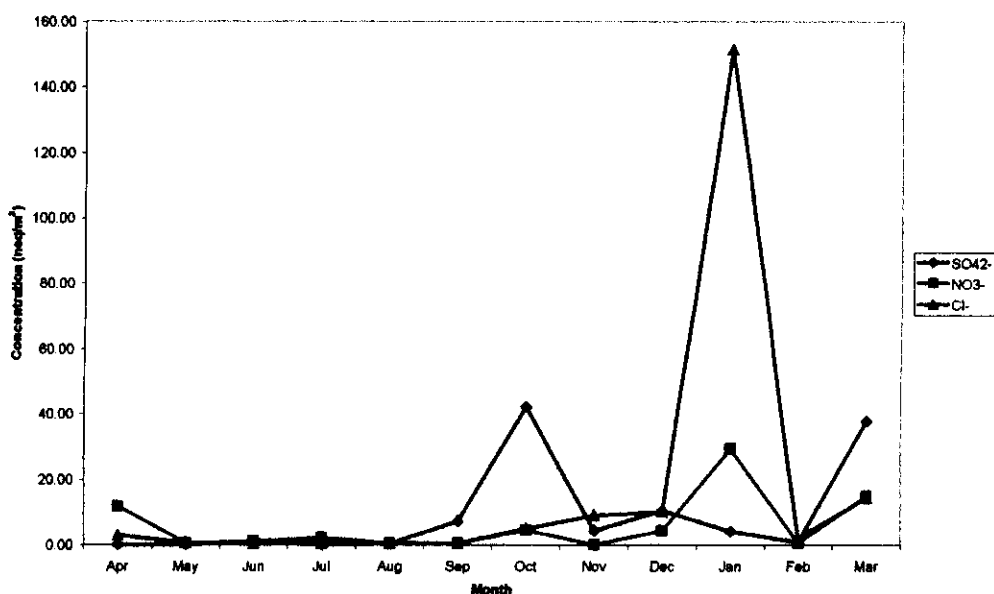
1.2 ผลการศึกษาการตกสะสมของกรดแห้ง

การศึกษาการตกสะสมของกรดแห้ง เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างสารกรดในบรรยากาศ จากตัวอย่างอากาศที่ทำการเก็บต่อเนื่องกันเป็นเวลา 7 วัน กำหนดเป็นตัวแทนสถานการณ์การตกสะสมสำหรับแต่ละเดือน พารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ ค่าความเข้มข้นของไอออนที่เกี่ยวข้องกับสภาพความเป็นกรด ได้แก่ SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+} ในการวิจัยมีการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง ผลการวิจัยเป็นดังต่อไปนี้ คือ

1.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นสารกรดแห้งในบรรยากาศ

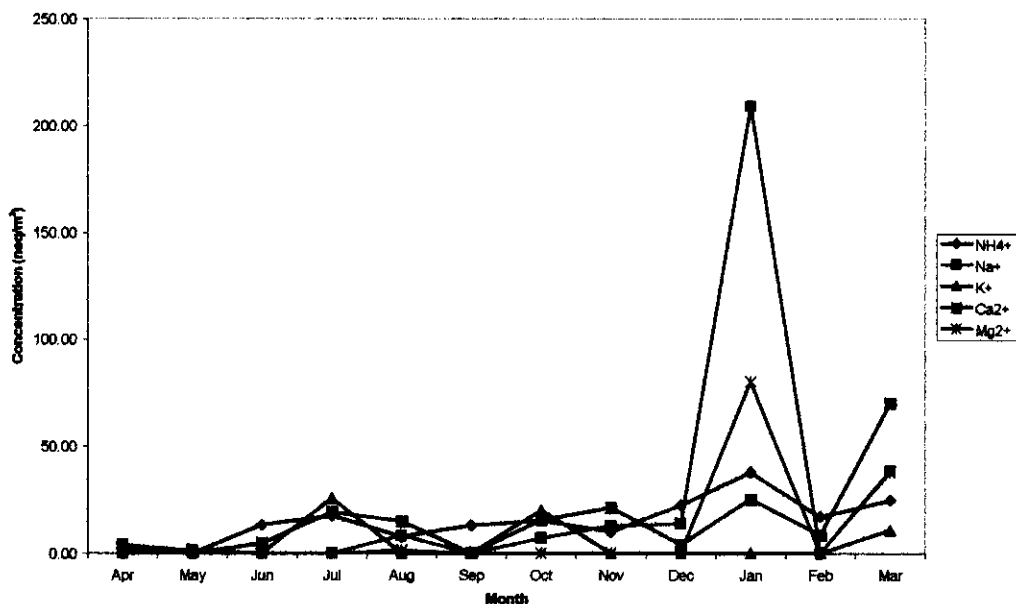
1.2.1.1 ค่าความเข้มข้นของอนุภาคสารกรดในบรรยากาศ

การตรวจวัดค่าความเข้มข้นของไอออนสารกรดแห้งต่างๆ ในบรรยากาศ ในการวิจัยนี้กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัดสำหรับแต่ละตัวอย่าง เป็นค่าเฉลี่ยซึ่งเป็นตัวแทนของแต่ละเดือนที่ทำการเก็บตัวอย่าง เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นไอออนในหน่วยนาโนกรัมสมมูลต่อลูกบาศก์เมตร พบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนลบ ซึ่งได้แก่ SO_4^{2-} , NO_3^- และ Cl^- มีค่าค่อนข้างต่ำมากในช่วงแรก คือ ตั้งแต่เดือนเมษายน – กันยายน 2546 โดยที่ไอออน SO_4^{2-} มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง $0 - 7.20 \text{ neq/m}^3$ มีค่าต่ำมากถึง $0 - 0.91 \text{ neq/m}^3$ ในเดือนเมษายน – สิงหาคม 2546 ไอออน NO_3^- มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง $0.40 - 11.74 \text{ neq/m}^3$ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.40 neq/m^3 เท่ากันในเดือนพฤษภาคมและสิงหาคม 2546 และไอออน Cl^- มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง $0.36 - 2.95 \text{ neq/m}^3$ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.36 neq/m^3 ในเดือนมิถุนายน 2546 ส่วนในช่วงหลังตั้งแต่เดือนตุลาคม 2546 – มีนาคม 2547 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนลบทุกตัวมีค่าสูงขึ้น โดยไอออน SO_4^{2-} มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง $0.82 - 42.11 \text{ neq/m}^3$ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 42.11 neq/m^3 ในเดือนตุลาคม 2546 ไอออน NO_3^- มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง $0 - 29.35 \text{ neq/m}^3$ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 29.35 neq/m^3 ในเดือนมกราคม 2547 และไอออน Cl^- มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง $1.99 - 151.46 \text{ neq/m}^3$ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 151.46 neq/m^3 ในเดือนมกราคม 2547 มีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 38 และตาราง 31 และเมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำการวิจัย พบว่า ความเข้มข้นของไอออน Cl^- มีค่ามากที่สุดและมีค่าสูงกว่าไอออนอื่นๆ มาก รองลงมาได้แก่ ไอออน SO_4^{2-} และ NO_3^- ตามลำดับ



ภาพที่ 38 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนลบในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนบวกในแต่ละเดือน พบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนบวกทุกตัวมีค่าสูงต่ำแตกต่างกันไม่มากนักตลอดทั้งปี และมีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าความเข้มข้นของไอออนลบ ยกเว้นไอออน Na^+ ซึ่งจะมีค่าสูงแตกต่างจากไอออนอื่นๆ มาก ในเดือนมกราคม 2547 โดยค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนบวกมีลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ คือ $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{NH}_4^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ มีรายละเอียดเป็นดังแสดงในภาพที่ 39 และตาราง 31

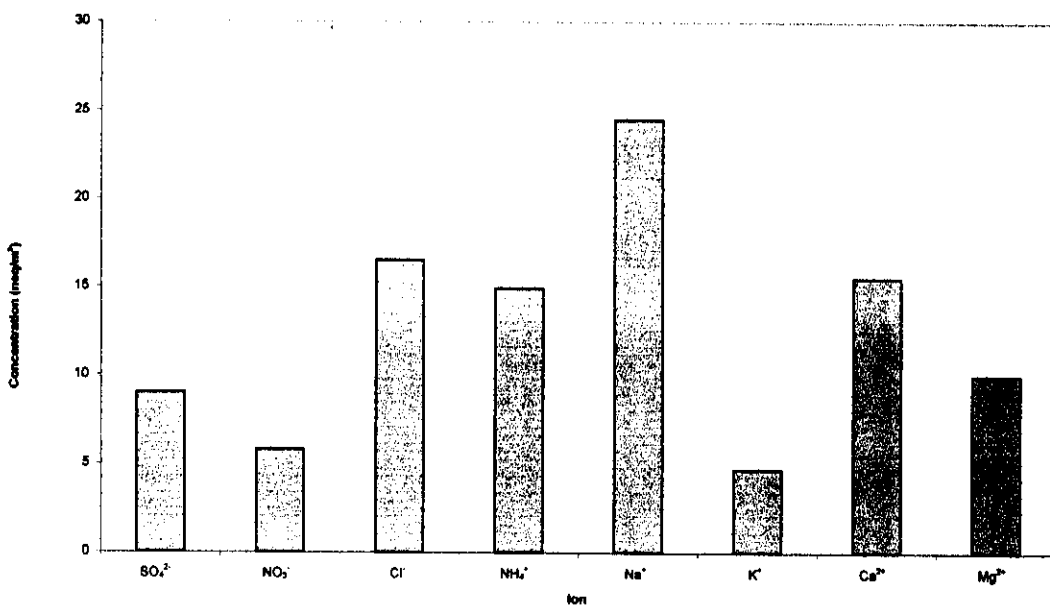


ภาพที่ 39 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนบวกในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

ตาราง 31 ค่าความเข้มข้นไอออนในบรรยากาศ ในช่วง 12 เดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Min. (neq/m ³)	0	0	0.36	0	0	0	0	0
Max. (neq/m ³)	42.11	29.35	151.46	37.91	209.17	25.68	70.11	80.11
Mean (neq/m ³)	8.99	5.77	16.45	14.87	24.54	4.68	15.49	9.95

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างค่าความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาเก็บตัวอย่าง ของทั้งไอออนบวกและไอออนลบ ผลที่ได้แสดงดังกราฟในภาพที่ 40 ซึ่งจะพบว่า ค่าความเข้มข้นไอออนเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยเป็นดังนี้ คือ Na⁺ > Cl⁻ > Ca²⁺ > NH₄⁺ > Mg²⁺ > SO₄²⁻ > NO₃⁻ > K⁺



ภาพที่ 40 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออนตลอดระยะเวลา 12 เดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นเฉลี่ยของไอออน NO₃⁻/SO₄²⁻ พบว่าส่วนใหญ่แล้วค่าความเข้มข้นเฉลี่ยในแต่ละเดือนของ NO₃⁻ จะมีค่าน้อยกว่า SO₄²⁻ และมีค่าอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยรวมตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 0.64 รายละเอียดแสดงในตาราง 32

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของความเข้มข้นไอออนระหว่างไอออนของบัพเฟอร์ คือ NH₄⁺, Ca²⁺ และ Mg²⁺ และไอออนของกรด คือ SO₄²⁻ และ NO₃⁻ พบว่า ส่วนใหญ่แล้วค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของบัพเฟอร์ต่อสารกรดในแต่ละเดือนจะมีค่ามากกว่า 1 และมีค่าอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยรวมตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 2.73 รายละเอียดแสดงในตาราง 32

ตาราง 32 อัตราส่วนความเข้มข้นไอออน ของ $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ และบัฟเฟอร์กับสารกรดแห้ง
ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

เดือน/ปี	อัตราส่วนความเข้มข้นไอออน	
	$\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$	$(\text{NH}_4^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+})/(\text{SO}_4^{2-}, \text{NO}_3^-)$
เม.ย. 46	-	0.17
พ.ค. 46	-	-
มิ.ย. 46	1.12	9.28
ก.ค. 46	-	17.98
ส.ค. 46	1.36	31.67
ก.ย. 46	0.06	1.69
ต.ก. 46	0.10	0.66
พ.ย. 46	-	7.42
ธ.ค. 46	0.40	1.82
ม.ก. 47	7.14	4.29
ก.พ. 47	0.56	20.01
มี.ค. 47	0.39	2.52
ค่าเฉลี่ย	0.64	2.73

1.2.1.2 ค่าความเข้มข้นของสารกรดสถานะก๊าซในบรรยากาศ

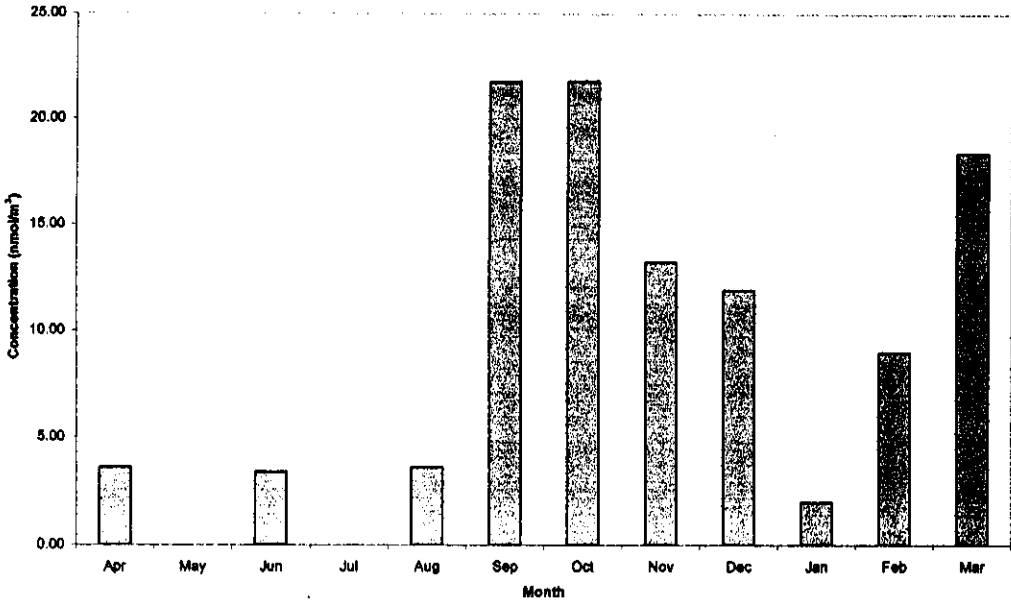
ค่าความเข้มข้นของก๊าซที่ทำการวิเคราะห์จากตัวอย่างอากาศ ประกอบด้วย ค่าความเข้มข้นของ SO_2 , HNO_3 , HCl และ NH_3 มีค่าความเข้มข้นสำหรับแต่ละตัวอย่างเป็นดังต่อไปนี้ คือ

ก. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

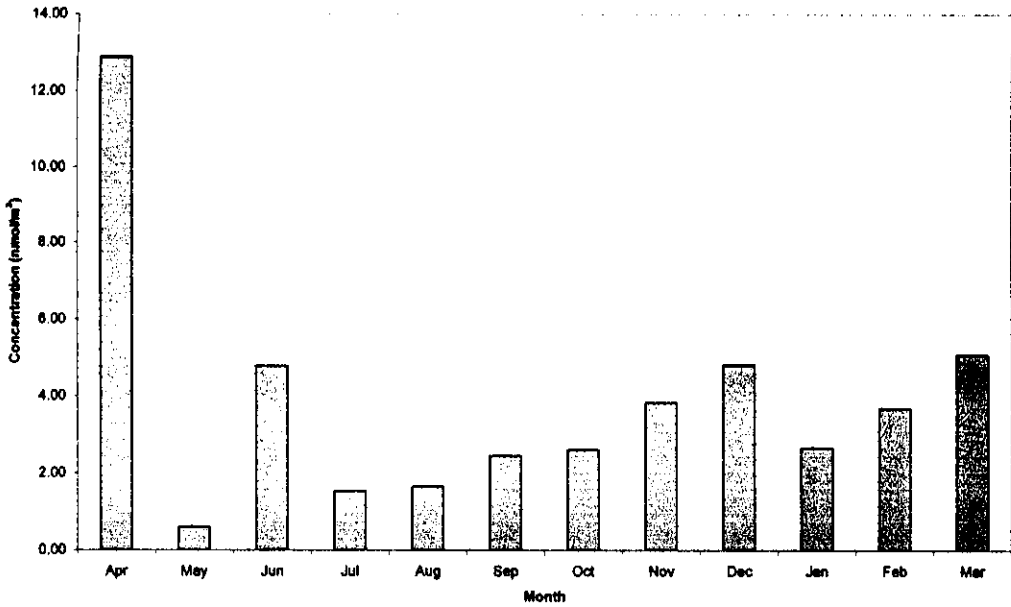
จากการศึกษา พบว่า ค่าความเข้มข้นของ SO_2 มีค่าอยู่ในช่วง 0 – 21.82 nmol/m^3 โดยมี ค่าต่ำในช่วง 5 เดือนแรก คือตั้งแต่เดือนเมษายน – สิงหาคม 2546 มีค่าต่ำสุด 0 nmol/m^3 ในเดือนพฤษภาคมและกรกฎาคม 2546 และมีค่าสูงขึ้นในช่วงหลัง ตั้งแต่เดือนกันยายน 2546 – มีนาคม 2547 มีค่าสูงสุด 21.82 nmol/m^3 ในเดือนตุลาคม 2546 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 9.04 nmol/m^3 มีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 41

ข. กรดไนตริก (HNO_3)

จากการศึกษา พบว่า ค่าความเข้มข้นของ HNO_3 มีค่าอยู่ในช่วง 0.61 – 12.89 nmol/m^3 มีค่าสูงมากในเดือนแรก หลังจากนั้นก็มีค่าต่ำลงและแตกต่างกันไม่มากนัก มีค่าสูงสุด 12.89 nmol/m^3 ในเดือนเมษายน 2546 มีค่าต่ำสุด 0.61 nmol/m^3 ในเดือนพฤษภาคม 2546 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 3.88 nmol/m^3 มีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 42



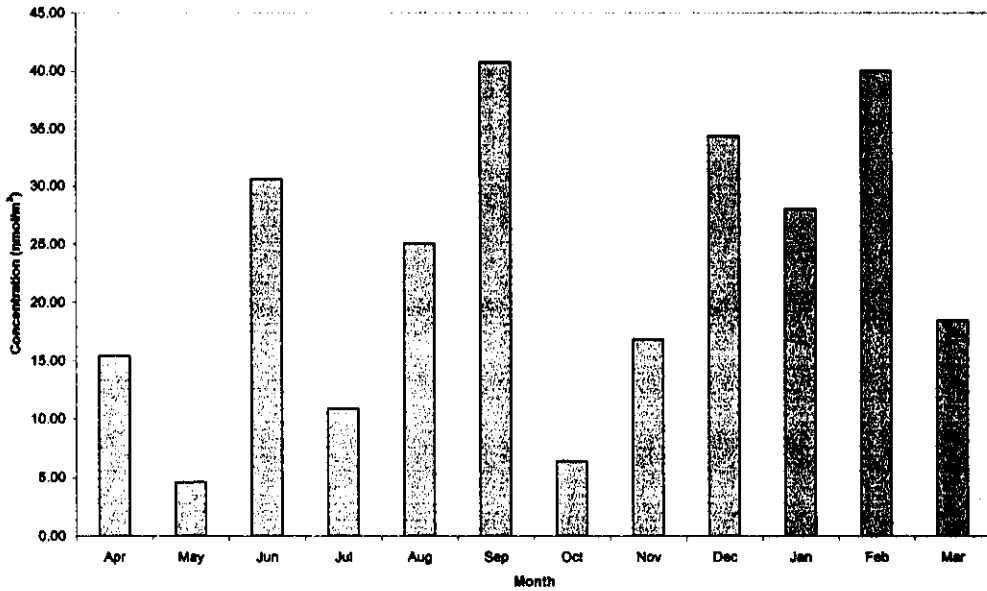
ภาพที่ 41 ค่าความเข้มข้น SO_2 ของตัวอย่างอากาศในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47



ภาพที่ 42 ค่าความเข้มข้น HNO_3 ของตัวอย่างอากาศในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

ก. ไฮโดรคลอริก (HCl)

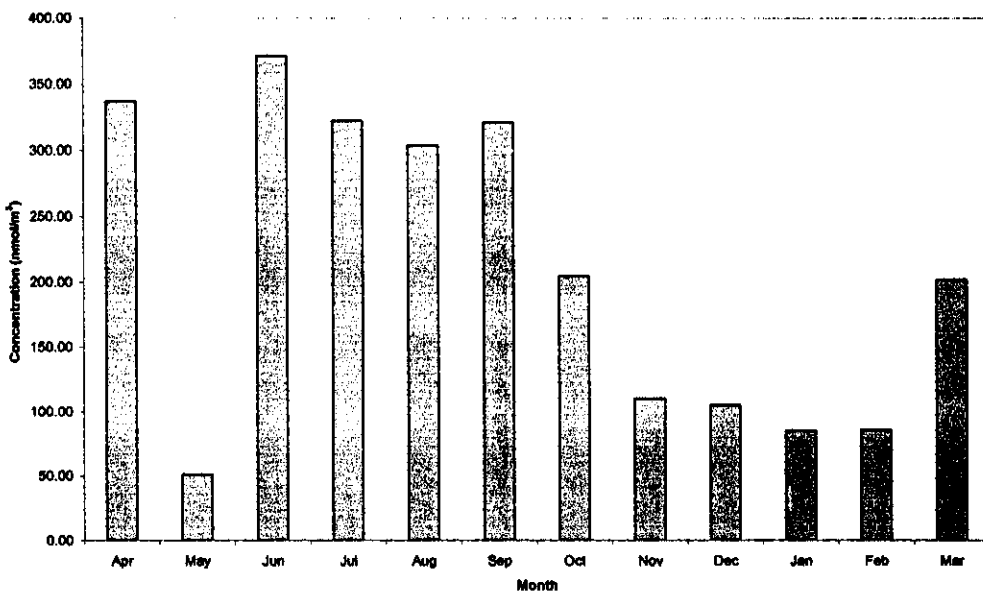
จากการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นของ HCl มีค่าอยู่ในช่วง 4.60 – 40.75 nmol/m^3 มีค่าต่ำสุด 4.60 nmol/m^3 ในเดือนพฤษภาคม 2546 และมีค่าสูงสุด 40.75 nmol/m^3 ในเดือนกันยายน 2546 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 22.62 nmol/m^3 มีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 43



ภาพที่ 43 ค่าความเข้มข้น HCl ของตัวอย่างอากาศในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

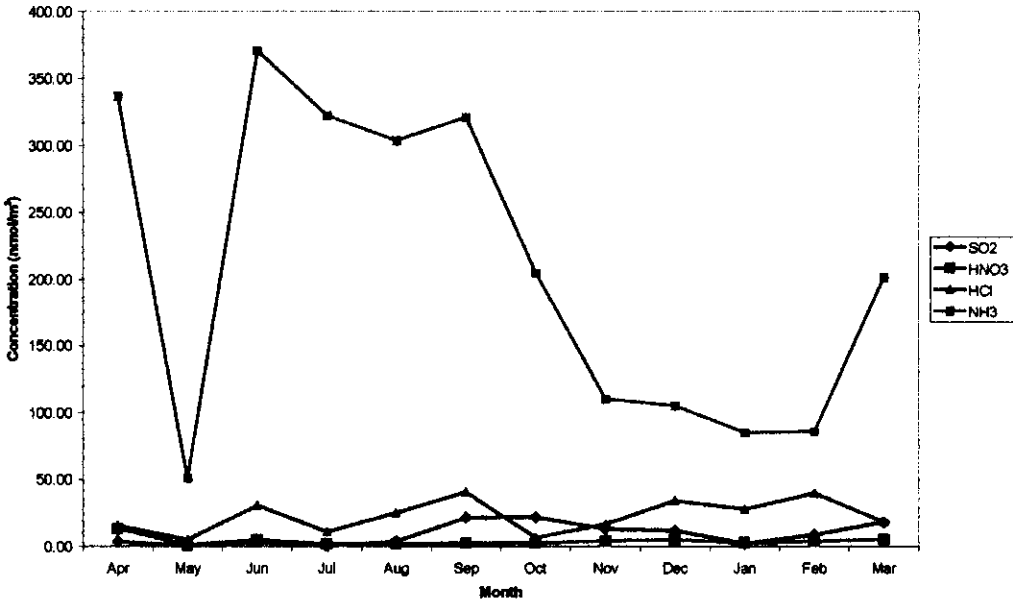
ง. แอมโมเนีย (NH₃)

จากการศึกษา พบว่า ค่าความเข้มข้นของ NH₃ มีค่าอยู่ในช่วง 50.88 – 371.19 nmol/m³ โดยมีค่าสูงในช่วงแรก ตั้งแต่เดือนเมษายน – ตุลาคม 2546 และมีค่าต่ำลงในช่วงหลัง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2546 – มีนาคม 2547 มีค่าต่ำสุด 50.88 nmol/m³ ในเดือนพฤษภาคม 2546 มีค่าสูงสุด 371.19 nmol/m³ ในเดือนมิถุนายน 2546 มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับ 208.27 nmol/m³ ซึ่งสูงกว่าค่าความเข้มข้นของก๊าซอื่นๆ มาก มีรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 44



ภาพที่ 44 ค่าความเข้มข้น NH₃ ของตัวอย่างอากาศในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นเฉลี่ยทั้งปีของก๊าซเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย พบว่า NH_3 มีค่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ $\text{HCl} > \text{SO}_2 > \text{HNO}_3$ ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 45



ภาพที่ 45 ค่าความเข้มข้นก๊าซต่างๆ ของตัวอย่างอากาศในแต่ละเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

1.2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการตกสะสมของกรดแห้ง

การคำนวณค่าฟลักซ์การตกสะสมของกรดแห้ง สามารถคำนวณได้จากค่าความเข้มข้นของสารกรดในบรรยากาศที่ทำการตรวจวัดได้และค่าความเร็วการตกสะสมของสารกรด ดังกล่าวถึงรายละเอียดมาแล้วเบื้องต้น ในการคำนวณค่าความเร็วการตกสะสมสารกรดแห้งด้วย Resistance model จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ชนิดของสารกรด และประเภทของพื้นผิวรองรับ ซึ่งในที่นี้ได้ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเป็นค่าโดยเฉลี่ยสำหรับแต่ละเดือน เพื่อเป็นตัวแทนแสดงสถานการณ์ของความเร็วกการตกสะสมในเดือนนั้นๆ ผลการคำนวณ พบว่า ค่าความต้านทานในชั้นต่างๆ สำหรับการตกสะสมของสารกรดแต่ละชนิดเป็นดังแสดงในตาราง 33 และเมื่อนำค่าความต้านทานเหล่านี้มาคำนวณค่าความเร็วการตกสะสม จากสมการ

$$\frac{1}{v_d} = r_a + r_b + r_c \quad (25)$$

จะได้ค่าความเร็วการตกสะสมของสารกรดต่างๆ ดังแสดงในตาราง 34

ตาราง 33 ค่าความต้านทานการตกสะสมกรด r_a , r_b และ r_c ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

month/year	r_a (s/cm)	r_b (s/cm)				r_c (s/cm)			
		SO ₂	HNO ₃	NH ₃	HCl	SO ₂	HNO ₃	NH ₃	HCl
เม.ย. 46	259.42	125.10	108.11	71.64	89.73	114.57	2×10^{-6}	91.63	42.67
พ.ค. 46	311.31	150.01	129.94	85.97	107.68	136.41	4×10^{-6}	200.93	37.99
มี.ย. 46	311.31	150.01	129.94	85.97	107.68	133.42	4×10^{-6}	188.90	37.61
ก.ค. 46	518.85	250.02	216.57	143.28	179.46	135.48	4×10^{-6}	197.07	37.89
ส.ค. 46	172.95	83.34	72.19	47.76	59.82	131.27	4×10^{-6}	180.82	37.33
ก.ย. 46	129.71	62.50	54.14	35.82	44.86	133.66	4×10^{-6}	189.82	37.65
ต.ค. 46	389.13	187.51	162.43	107.46	134.59	139.96	4×10^{-6}	216.42	38.49
พ.ย. 46	172.95	83.34	72.19	47.76	59.82	139.36	4×10^{-6}	213.67	38.42
ธ.ค. 46	77.83	37.50	32.49	21.49	26.92	142.35	4×10^{-6}	227.75	38.81
ม.ค. 47	86.47	41.67	36.10	23.88	29.91	131.55	4×10^{-6}	181.78	37.39
ก.พ. 47	97.28	46.88	40.61	26.86	33.65	118.19	2×10^{-6}	96.11	43.52
มี.ค. 47	172.95	83.34	72.19	47.76	59.82	120.24	2×10^{-6}	98.77	43.88

ตาราง 34 ค่าความเร็วการตกสะสมของสารกรด ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

month/year	Deposition velocity, V_d (cm/s)			
	SO ₂	HNO ₃	NH ₃	HCl
เม.ย. 46	0.20	0.27	0.24	0.26
พ.ค. 46	0.17	0.23	0.17	0.22
มี.ย. 46	0.17	0.23	0.17	0.22
ก.ค. 46	0.11	0.14	0.12	0.14
ส.ค. 46	0.26	0.41	0.25	0.37
ก.ย. 46	0.31	0.54	0.28	0.47
ต.ค. 46	0.14	0.18	0.14	0.18
พ.ย. 46	0.25	0.41	0.23	0.37
ธ.ค. 46	0.39	0.91	0.31	0.70
ม.ค. 47	0.39	0.82	0.34	0.65
ก.พ. 47	0.38	0.73	0.45	0.57
มี.ค. 47	0.27	0.41	0.31	0.36
Mean	0.25	0.44	0.25	0.38

จากผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของสารกรดในบรรยากาศ และค่าความเร็วการตกสะสมดังกล่าวมาแล้วเบื้องต้น สามารถคำนวณหาค่าปริมาณการตกสะสมของสารกรดแห่งนี้

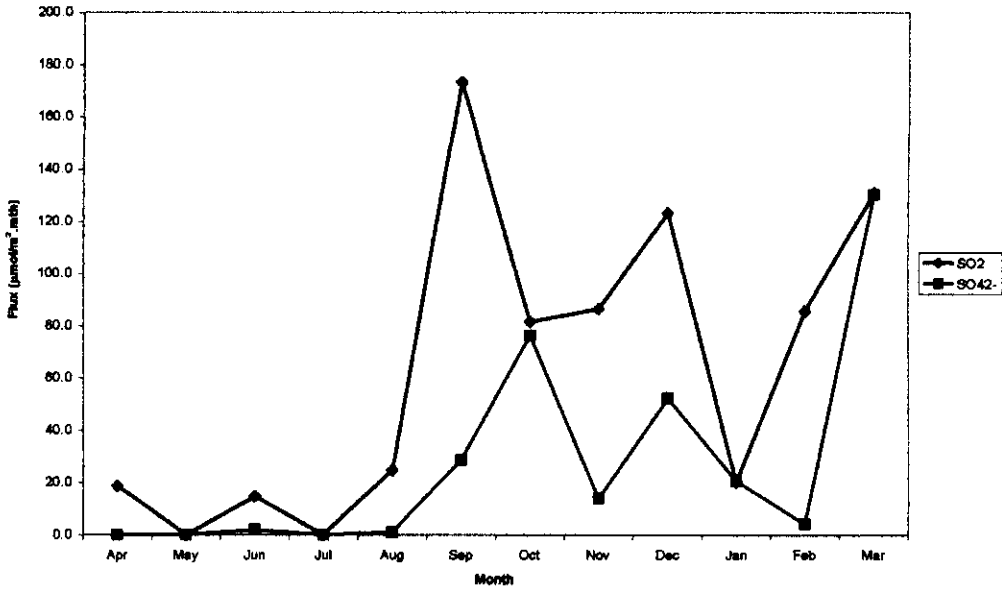
ตาราง 35 ค่าปริมาณการตกสะสมกรดแห้งเฉลี่ยรายวัน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

Month/ year	Concentration (nmol/m ³)						Flux (μmol/m ² .day)					
	SO ₂	SO ₄ ²⁻	HNO ₃	NO ₃ ⁻	HCl	NH ₃	SO ₂	SO ₄ ²⁻	HNO ₃	NO ₃ ⁻	HCl	NH ₃
เม.ย. 46	3.59	0.00	12.89	11.74	15.44	336.85	0.62	0.00	3.03	2.76	3.16	74.28
พ.ค. 46	0.00	0.00	0.61	0.40	4.60	50.88	0.00	0.00	0.12	0.08	0.66	9.62
มิ.ย. 46	3.37	0.46	4.77	1.02	30.59	371.19	0.49	0.07	0.93	0.20	4.51	70.24
ก.ค. 46	0.00	0.00	1.53	2.03	10.89	322.30	0.00	0.00	0.18	0.24	1.10	37.83
ส.ค. 46	3.58	0.16	1.65	0.43	25.06	303.74	0.80	0.04	0.58	0.15	5.39	97.16
ก.ย. 46	21.78	3.60	2.45	0.40	40.75	320.94	5.78	0.95	1.15	0.19	9.91	130.66
ต.ค. 46	21.82	21.06	2.60	4.37	6.38	204.61	2.63	2.54	0.41	0.68	0.77	31.44
พ.ย. 46	13.20	2.12	3.83	0.00	16.85	110.44	2.88	0.46	1.35	0.00	3.35	35.19
ธ.ค. 46	11.86	5.19	4.81	4.17	34.37	105.31	3.98	1.74	3.77	3.26	9.08	63.38
ม.ค. 47	1.94	2.05	2.65	29.35	28.08	85.34	0.64	0.68	1.87	20.69	8.30	47.95
ก.พ. 47	8.95	0.41	3.68	0.46	40.00	86.03	2.95	0.13	2.31	0.29	15.69	42.61
มี.ค. 47	18.41	18.92	5.07	14.90	18.45	201.61	4.22	4.34	1.79	5.25	4.99	62.96
Mean	9.04	4.50	3.88	5.77	22.62	208.27	2.08	0.91	1.46	2.82	5.58	58.61

ตาราง 36 ค่าปริมาณการตกสะสมกรดแห้งเฉลี่ยรายเดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

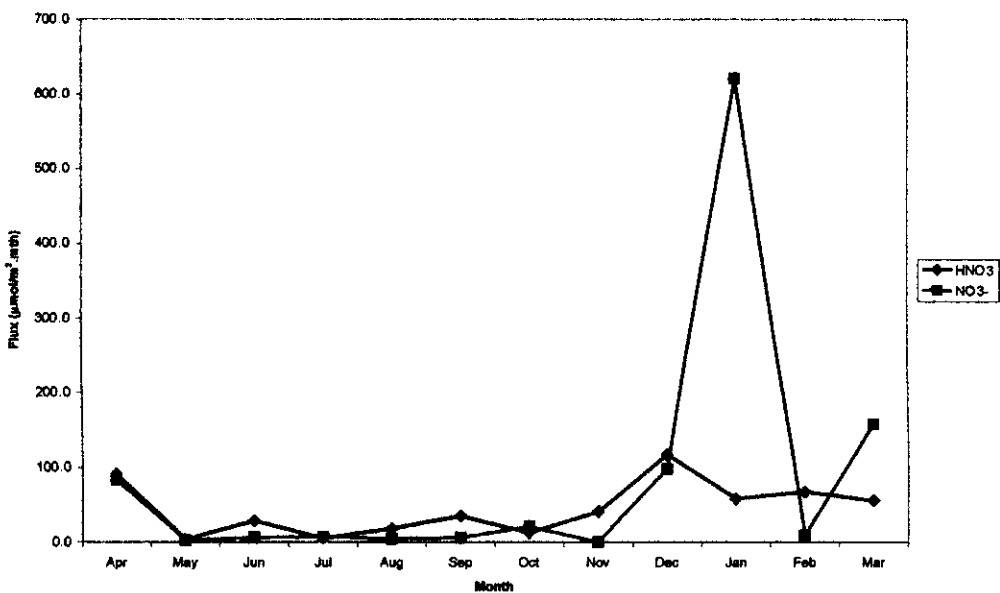
month/year	Flux (mmol/m ² .mth)					
	SO ₂	SO ₄ ²⁻	HNO ₃	NO ₃ ⁻	HCl	NH ₃
เม.ย. 46	0.019	0	0.091	0.083	0.095	2.228
พ.ค. 46	0	0	0.004	0.002	0.021	0.298
มิ.ย. 46	0.015	0.002	0.028	0.006	0.135	2.107
ก.ค. 46	0	0	0.006	0.007	0.034	1.173
ส.ค. 46	0.025	0.001	0.018	0.005	0.167	3.012
ก.ย. 46	0.173	0.029	0.034	0.006	0.297	3.920
ต.ค. 46	0.082	0.076	0.013	0.020	0.024	0.975
พ.ย. 46	0.086	0.014	0.040	0	0.100	1.056
ธ.ค. 46	0.123	0.052	0.117	0.098	0.282	1.965
ม.ค. 47	0.020	0.020	0.058	0.621	0.257	1.486
ก.พ. 47	0.086	0.004	0.067	0.009	0.455	1.236
มี.ค. 47	0.131	0.130	0.055	0.158	0.155	1.952
Total	0.759	0.329	0.531	1.014	2.022	21.407

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสถานการณ์การตกสะสมแบบแห้งระหว่าง SO_2 และ SO_4^{2-} พบว่าการตกสะสมของ SO_2 มีค่ามากกว่าการตกสะสมของ SO_4^{2-} ในทุกเดือน แสดงดังภาพที่ 46



ภาพที่ 46 การตกสะสมกรดแห้งเฉลี่ยรายเดือนของ SO_2 กับ SO_4^{2-} ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสถานการณ์การตกสะสมแบบแห้งระหว่าง HNO_3 และ NO_3^- พบว่าการตกสะสมของ HNO_3 มีค่ามากกว่าการตกสะสมของ NO_3^- ในเกือบทุกเดือน ยกเว้นในเดือนมกราคม 2547 ซึ่ง NO_3^- มีค่าสูงกว่ามาก แสดงดังภาพที่ 47



ภาพที่ 47 การตกสะสมกรดแห้งเฉลี่ยรายเดือนของ HNO_3 กับ NO_3^- ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

ตาราง 37 ค่าฟลักซ์การตกสะสมกรดแห้งในช่วงระยะเวลา 12 เดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

Unit	SO ₂	SO ₄ ²⁻	HNO ₃	NO ₃ ⁻	HCl	NH ₃
mmol/m ² .yr	0.759	0.329	0.531	1.014	2.022	21.407
mg/m ² .yr	49	32	33	63	74	364

ตาราง 38 ค่าปริมาณการตกสะสมของสารกรดแห้ง ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

สารกรด	mmol/m ² .yr	mg/m ² .yr
การตกสะสมของซัลเฟต (เนื่องจาก SO ₂ + SO ₄ ²⁻)	0.489	35
การตกสะสมของไนโตรเจน (เนื่องจาก HNO ₃ +NO ₃ ⁻)	0.347	22

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการตกสะสมกรดเปียกและกรดแห้งตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง 12 เดือน ผลที่ได้เป็นดังนี้ คือ

ตาราง 39 ค่าปริมาณการตกสะสมของกรดเปียกและกรดแห้งในช่วงเวลา 12 เดือน ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

สารกรด	การตกสะสมเปียก (mg/m ² .yr)	การตกสะสมแห้ง (mg/m ² .yr)
การตกสะสมของซัลเฟต	442	35
การตกสะสมของไนโตรเจน	240	22
รวม	682	57

เมื่อพิจารณาค่าปริมาณการตกสะสมกรดทั้งแบบเปียกและแบบแห้งในแต่ละฤดูกาล พบว่า สำหรับการตกสะสมกรดเปียก มีจำนวนตัวอย่างน้ำฝนในฤดูร้อนทั้งสิ้น 38 ตัวอย่าง มีปริมาณน้ำฝนรวมเท่ากับ 858 มิลลิเมตร มีจำนวนตัวอย่างน้ำฝนในฤดูฝนทั้งสิ้น 72 ตัวอย่าง มีปริมาณน้ำฝนรวมเท่ากับ 1382 มิลลิเมตร ส่วนสำหรับการตกสะสมกรดแห้ง มีจำนวนตัวอย่างอากาศเท่ากันในฤดูฝนและฤดูร้อน เท่ากับ 6 ตัวอย่าง และมีค่าปริมาณการตกสะสมกรดเนื่องจากซัลเฟตและไนโตรเจนดังแสดงรายละเอียดไว้ในตาราง 40

ตาราง 40 ค่าปริมาณการตกสะสมของกรดในแต่ละฤดูกาล ระหว่าง เม.ย. 46 – มี.ค. 47

ฤดู	จำนวนตัวอย่าง		การตกสะสมซัลเฟอร์ (mg/m ² .yr)		การตกสะสมไนโตรเจน (mg/m ² .yr)	
	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry
ฤดูร้อน	38	6	216	12	154	7
ฤดูฝน	72	6	226	23	86	15
รวม	110	12	442	35	240	22

2. ผลการศึกษาการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ATMOS2

จากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ATMOS2 ประเมินค่าปริมาณการตกสะสมของสารกรดภายในบริเวณพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่จังหวัดสงขลา มีตำแหน่งที่ตั้ง คือ ละติจูด 7° 1' เหนือ ลองจิจูด 100° 5' ตะวันออก โดยใช้ข้อมูล Emission และข้อมูลจุดนิคมวิทยาของทวีปเอเชีย ปี 2544 พบว่า ข้อมูล Emission เป็นข้อมูลชนิด Area sources จำนวน 3069 แหล่ง และเป็นข้อมูลชนิด Large point sources จำนวน 115 แหล่ง มีปริมาณการ Emission ทั้งหมด 3.39385×10^7 tons/year ผลที่ได้จากแบบจำลองนี้ จะเป็นข้อมูลปริมาณการตกสะสมของซัลเฟอร์ในรูปแบบของ SO₂ และ SO₄²⁻ ทั้งการตกสะสมกรดเปียกและการตกสะสมกรดแห้งและปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ในอากาศ ณ ตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดที่ระยะห่างทุก 1° ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลปริมาณการตกสะสมกรด ณ ตำแหน่งละติจูด 7° เหนือ ลองจิจูด 100° และ 101° ตะวันออก ซึ่งเป็นตำแหน่งโดยประมาณของพื้นที่ศึกษา รายละเอียดต่างๆ ของการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ATMOS2 แสดงในภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณการตกสะสมกรดเป็นดังแสดงในตารางต่อไปนี้ คือ

ตาราง 41 ค่าปริมาณการตกสะสมสารกรดบริเวณพื้นที่จังหวัดสงขลา ในปี 2544

Month/ year	Dry deposition (mg/m ² .mth)			Wet deposition (mg/m ² .mth)			Total deposition (mg/m ² .mth)
	SO ₂	SO ₄ ²⁻	SO ₂ +SO ₄ ²⁻	SO ₂	SO ₄ ²⁻	SO ₂ +SO ₄ ²⁻	
ม.ค. 44	1.9	1.9	3.8	6.3	17.7	24.0	27.7
ก.พ. 44	1.9	2.2	4.1	2.4	12.0	14.4	18.5
มี.ค. 44	1.6	1.2	2.7	8.8	16.4	25.2	27.9
เม.ย. 44	3.4	1.3	4.7	9.8	18.1	27.9	32.6
พ.ค. 44	4.3	1.5	5.8	12.5	22.5	35.0	40.8
มิ.ย. 44	4.7	2.1	6.7	10.4	24.2	34.5	41.3
ก.ค. 44	4.8	2.1	7.0	11.5	24.6	36.1	43.1
ส.ค. 44	4.7	1.8	6.4	10.9	22.7	33.6	40.1
ก.ย. 44	4.9	1.8	6.7	10.7	19.5	30.2	36.9
ต.ค. 44	2.8	1.7	4.5	12.9	19.6	32.6	37.0
พ.ย. 44	2.0	1.4	3.4	10.4	19.7	30.0	33.4
ธ.ค. 44	1.8	1.4	3.2	8.2	16.3	24.5	27.7
Total	38.8	20.3	59.1	114.9	233.1	348.0	407.1

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ATMOS2 ประเมินค่าการตกสะสมของสารกรด จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณการตกสะสมกรดที่วิเคราะห์ได้จากแบบจำลอง และค่าปริมาณการตกสะสมจริงในช่วงเวลาเดียวกันของพื้นที่ศึกษา ค่าปริมาณการตกสะสมจริงของกรดลงสู่พื้นที่ศึกษาเป็นดังแสดงในตาราง 42

ตาราง 42 ค่าปริมาณการตกสะสมกรดบริเวณพื้นที่จังหวัดสงขลา ปี 2544 (ค่าจากการตรวจวัด)

สารกรด	การตกสะสมเปียก (mg/m ² .yr)	การตกสะสมแห้ง (mg/m ² .yr)
การตกสะสมของซัลเฟต	349.4	61.5
การตกสะสมของไนโตรเจน	157.0	23.6
รวม	506.4	85.1

ที่มา : เนาวรัตน์ , 2544

เมื่อทำการศึกษาการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ATMOS2 ประเมินค่าการตกสะสมกรดต่อมา ในส่วนของการศึกษาถึงอิทธิพลของพื้นที่ของแหล่ง Emission ต่อปริมาณการตกสะสมของกรด พบว่า เมื่อเลือกใช้แหล่ง Emission ในบริเวณระยะรัศมีประมาณ 500 กิโลเมตร จากบริเวณพื้นที่ศึกษา คือ ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยและพื้นที่ติดต่อกันของประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย มีข้อมูล Emission เป็นข้อมูลชนิด Area sources จำนวน 122 แหล่ง และเป็นข้อมูลชนิด Large point sources จำนวน 1 แหล่ง มีปริมาณการ Emission ทั้งหมด 6.98900×10^5 tons/year มีผลการวิเคราะห์เป็นดังแสดงในตาราง 43

ตาราง 43 ค่าปริมาณการตกสะสมสารกรดบริเวณพื้นที่จังหวัดสงขลา ปี 2544 (รัศมี ~500 km)

Month/ year	Dry deposition (mg/m ² .mth)			Wet deposition (mg/m ² .mth)			Total deposition (mg/m ² .mth)
	SO ₂	SO ₄ ²⁻	SO ₂ +SO ₄ ²⁻	SO ₂	SO ₄ ²⁻	SO ₂ +SO ₄ ²⁻	
ม.ค. 44	1.9	1.8	3.7	6.3	16.9	23.2	26.9
เม.ย. 44	3.4	1.3	4.7	9.8	17.8	27.6	32.3
ก.ค. 44	4.8	2.1	6.9	11.5	24.6	36.1	43.0
ต.ค. 44	2.8	1.7	4.5	12.9	19.6	32.5	36.9

เมื่อเลือกใช้แหล่ง Emission ในบริเวณพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย พบว่า มีข้อมูล Emission เป็นข้อมูลชนิด Area sources จำนวน 16 แหล่ง มีปริมาณการ Emission ทั้งหมด 7.75834×10^4 tons/year มีผลการวิเคราะห์เป็นดังแสดงในตาราง 44

ตาราง 44 ค่าปริมาณการตกสะสมสารกรดบริเวณพื้นที่จังหวัดสงขลา ปี 2544 (พื้นที่ภาคใต้)

Month/ year	Dry deposition (mg/m ² .mth)			Wet deposition (mg/m ² .mth)			Total deposition (mg/m ² .mth)
	SO ₂	SO ₄ ²⁻	SO ₂ +SO ₄ ²⁻	SO ₂	SO ₄ ²⁻	SO ₂ +SO ₄ ²⁻	
ม.ค. 44	1.9	1.6	3.5	6.1	13.7	19.8	23.2
เม.ย. 44	3.3	1.2	4.5	9.4	15.2	24.6	29.1
ก.ค. 44	4.3	1.6	5.9	10.1	18.8	28.9	34.8
ต.ค. 44	2.6	1.5	4.1	11.9	16.8	28.6	32.7

และเมื่อเลือกใช้แหล่ง Emission เฉพาะในบริเวณพื้นที่จังหวัดสงขลา พบว่า มีข้อมูล Emission เป็นข้อมูลชนิด Area sources จำนวน 4 แหล่ง มีปริมาณการ Emission ทั้งหมด 3.35581×10^4 tons/year มีผลการวิเคราะห์เป็นดังแสดงในตาราง 45

ตาราง 45 ค่าปริมาณการตกสะสมสารกรดบริเวณพื้นที่จังหวัดสงขลา ปี 2544 (จังหวัดสงขลา)

Month/ year	Dry deposition (mg/m ² .mth)			Wet deposition (mg/m ² .mth)			Total deposition (mg/m ² .mth)
	SO ₂	SO ₄ ²⁻	SO ₂ +SO ₄ ²⁻	SO ₂	SO ₄ ²⁻	SO ₂ +SO ₄ ²⁻	
ม.ค. 44	1.6	1.3	2.9	5.3	9.8	15.1	18.0
เม.ย. 44	3.0	1.0	4.0	8.3	11.8	20.1	24.1
ก.ค. 44	3.4	1.3	4.7	7.4	12.7	20.0	24.7
ต.ค. 44	2.1	1.3	3.4	10.3	13.4	23.7	27.1