

การตรวจวัดสารมลพิษอากาศและการทำนายคุณภาพอากาศด้วยแบบจำลอง ISCST3
บริเวณพื้นที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ



นางสาวทัศนวรรณ ธีระเวชวงศ์

สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5222-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MEASUREMENT OF AIR POLLUTANTS AND PREDICTION OF AIR QUALITY
BY ISCST3 MODEL AT MAE-MOH POWER PLANT

Miss Tassawan Theerawetchawong



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science (Inter-department)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-5222-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตรวจวัดสารมลพิษอากาศและการทำนายคุณภาพอากาศด้วย แบบจำลอง ISCST3 บริเวณพื้นที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ
โดย	นางสาวทัศนวรรณ ชีระเวชวงศ์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. วนิดา จินศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กิระนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมใจ เพ็งปรีชา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. วนิดา จินศาสตร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ชีระคุปต์)

..... กรรมการ
(ดร. วนิตา สุรพิพิธ)

ทั้ศวรรษ ริระเวทรวงศ์ : การตรวจวัดสารมลพิษอากาศและการทำนายคุณภาพอากาศด้วยแบบจำลอง ISCST3 บริเวณพื้นที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ (MEASUREMENT OF AIR POLLUTANTS AND PREDICTION OF AIR QUALITY BY ISCST3 MODEL AT MAE-MOH POWER PLANT) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. วณิดา จินศาสตร์, อาจารย์ที่ปรึกษาช่วย : อาจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ, 123 หน้า. ISBN 974-17-5222-9

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ทำการตรวจวัดสารมลพิษอากาศคือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนบริเวณพื้นที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะช่วงวันที่ 27 พฤศจิกายน 2544 ถึง 7 มกราคม 2545 ณ จุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 พื้นที่ คือ บริเวณบ้านพัก สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ตรวจวัดโดยใช้ passive sampler ส่วนฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนตรวจวัดด้วยเครื่องเก็บอากาศเฉพาะบุคคลพร้อมหัวแยกไซโคลน ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้นำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบต่อเนื่อง ความสัมพันธ์ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่างค่าการตรวจวัดและค่าจากเครื่องตรวจวัดแบบต่อเนื่อง พบว่ามีความสัมพันธ์สูงในทุกพื้นที่แต่สำหรับก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์ต่ำยกเว้นที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด แบบจำลอง ISCST3 ถูกนำมาใช้ในการคำนวณความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศสำหรับการตรวจสอบระยะสั้น ผลจากแบบจำลองในการศึกษาค้นคว้าพบว่าให้ค่าการทำนายต่ำกว่าค่าการตรวจวัด นั่นคือแบบจำลองที่เลือกใช้อาจจะไม่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ซับซ้อน

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.....
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.....
ปีการศึกษา 2546.....

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาช่วย.....

: MAJOR Inter-department Program in Environmental Science

KEYWORDS : passive sampler / ISCST3 / SO₂ / NO₂ / PM₁₀

TASSAWAN THEERAWETCHAWONG : MEASUREMENT OF AIR POLLUTANTS AND PREDICTION OF AIR QUALITY BY ISCST3 MODEL AT MAE-MOH POWER PLANT.

THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. WANIDA JINSART, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : SURAT BAULERD, Ph.D. 123 pp. ISBN 974-17-5222-9

Air pollutants; SO₂, NO₂ and PM₁₀ were measured at Mae-Moh Power Plant area during November 2001 – January 2002. Three sampling sites, housing area, main meteorological station and Ban Sobpad meteorological station were selected. SO₂ and NO₂ were measured using passive sampler, PM₁₀ was measured using personal air sampler with cyclone attached. SO₂, NO₂ and PM₁₀ concentrations were compared with the result from continuous monitoring. Correlations of SO₂, PM₁₀ between field measurement and continuous monitoring were high at all sites, but correlation of NO₂ was very low except at Ban Sobpad meteorological station. ISCST3 model was used to predict the air pollutants concentration for the short term monitoring data. The prediction from this model showed the underestimate values compared with the measurement values. This may be due to the selected air modelling was not suitable for this complex areas.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Inter-department: Environmental Science.....

Student's signature.....

Field of study : Environmental Science.....

Advisor's signature.....

Academic year : 2003.....

Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วณิดา จินศาสตร์อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีและให้ความอนุเคราะห์ด้านอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง อีกทั้งความช่วยเหลืออย่างดีจาก อาจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และ Assoc. Prof. Martin Hooper สำหรับคำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่าง ๆ

กราบขอบพระคุณ ดร. สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา รองอธิบดี (CIO) กรมควบคุมมลพิษ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือวิเคราะห์ Ion chromatography เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษทุกท่านที่ให้ความสะดวกและความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ในงานวิเคราะห์

กราบขอบพระคุณผู้ช่วยผู้จัดการใหญ่ธุรกิจผลิตไฟฟ้า2 ผู้จัดการแผนกสิ่งแวดล้อมโรงไฟฟ้าแม่เมาะ และเจ้าหน้าที่ฝ่ายสิ่งแวดล้อมโรงไฟฟ้าแม่เมาะทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้าน ข้อมูล สถานที่สำหรับเก็บตัวอย่างและที่พักตลอดช่วงเวลาของการดำเนินการวิจัย

กราบขอบพระคุณคณาจารย์หลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ รวมถึงบัณฑิตวิทยาลัยและมูลนิธิชิน โสภณพานิช สำหรับเงินทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยใคร่กราบขอบพระคุณบิดา-มารดาและเพื่อน ๆ ทุกคนสำหรับกำลังใจ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ฏ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย.....	3
1.4 สมมติฐานของการศึกษาวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.6 คำจำกัดความ.....	4
2. ทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....	8
2.2 สารมลพิษอากาศ.....	8
2.2.1 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	8
2.2.2 ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์.....	10
2.2.3 ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน.....	12
2.3 มาตรฐานของสารมลพิษอากาศในบรรยากาศ.....	14
2.4 การตรวจวัดสารมลพิษอากาศ.....	14
2.4.1 การตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	14
2.4.2 การตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์.....	17
2.4.3 การตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน.....	19
2.5 passive sampler.....	20
2.6 แบบจำลองการแพร่กระจายของสารมลพิษ.....	22

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.6.1	ทฤษฎีพื้นฐานของแบบจำลอง.....22
2.6.2	ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศ.....24
2.6.2.1	ทิศทางลม และ ความเร็วลม24
2.6.2.2	อุณหภูมิ24
2.6.2.3	สภาพความคงตัวของบรรยากาศ.....24
2.6.2.4	ความสูงผสม.....24
2.7	แม่เกาะ.....30
2.7.1	ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะอุตุนิยมวิทยา.....30
2.7.2	ระดับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่น ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในพื้นที่แม่เกาะ.....32
2.8	เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....35
2.8.1	งานวิจัยด้าน passive sampler.....35
2.8.2	งานวิจัยด้านฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน.....37
2.8.3	งานวิจัยด้านแบบจำลองคุณภาพอากาศ ISCST3.....38
3.	วิธีการวิจัย.....40
3.1	วิธีดำเนินการ.....40
3.2	พื้นที่ศึกษา.....41
3.3	การตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์โดยใช้ passive sampler.....43
3.3.1	สารเคมี.....43
3.3.2	เครื่องมือและอุปกรณ์.....44
3.3.3	วิธีการตรวจวัด.....46
3.3.4	การเตรียมสารละลายมาตรฐาน.....49
3.3.5	การคำนวณปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....51
3.4	การตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนโดยใช้ personal air sampler.....52
3.4.1	อุปกรณ์.....52
3.4.2	วิธีการตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน.....53

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.4.3 การคำนวณปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน.....	54
3.5 การทำนายปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่น ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วยแบบจำลอง ISCST3.....	56
3.5.1 รวบรวมข้อมูลของพื้นที่ศึกษาเพื่อใช้ในแบบจำลอง ISCST3.....	57
3.5.2 สร้างแฟ้มอนุกรมวิธานตามรูปแบบที่แบบจำลอง ISCST3 กำหนด.....	58
3.5.3 สร้างแฟ้ม runstream file สำหรับ run แบบจำลอง ISCST3.....	58
3.5.4 ประมวลผล.....	59
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	61
4 ผลการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล.....	62
4.1 เปรียบเทียบผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธี passive และวิธี active.....	62
4.1.1 บ้านพักเรือนรับรอง.....	62
4.1.2 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก.....	63
4.1.3 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด.....	65
4.2 เปรียบเทียบผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วย passive และวิธี active.....	66
4.2.1 บ้านพักเรือนรับรอง.....	66
4.2.2 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก.....	67
4.2.3 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด.....	69
4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วยวิธี personal air sampler และเครื่องตรวจวัดฝุ่นแบบ β -attenuation	70
4.3.1 บ้านพักเรือนรับรอง.....	70
4.3.2 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก.....	71
4.3.3 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด.....	72
4.4 สรุปข้อมูลสำหรับนำเข้าแบบจำลอง ISCST3.....	74
4.5 ผลการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3.....	75
4.5.1 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	75

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.5.2 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์.....	77
4.5.3 ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน.....	79
4.6 เปรียบเทียบผลการทำนายความเข้มข้นระหว่างแบบจำลองและการตรวจวัดจริง.....	81
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	82
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	82
5.1.1 ผลการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	82
5.1.2 ผลการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์.....	82
5.1.3 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน.....	83
5.1.4 ผลการเปรียบเทียบวิธีการตรวจวัดด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient).....	83
5.1.5 ผลการคำนวณด้วย ISCST3.....	84
5.2 อภิปรายผล.....	85
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	87
รายการอ้างอิง.....	88
ภาคผนวก	96
ภาคผนวก ก.....	97
ภาคผนวก ข.....	101
ภาคผนวก ค.....	114
ภาคผนวก ง.....	117
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	123

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1	เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเทคนิคการติดตามตรวจสอบ สารมลพิษทางอากาศ.....	6
ตารางที่ 2.1	ผลกระทบจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม.....	9
ตารางที่ 2.2	ผลกระทบจากก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม.....	11
ตารางที่ 2.3	ผลกระทบของความเข้มข้นของฝุ่นละอองต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม.....	13
ตารางที่ 2.4	มาตรฐานคุณภาพอากาศสำหรับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน.....	16
ตารางที่ 2.5	ระดับความคงตัวของบรรยากาศตามแบบของ Pasquill.....	25
ตารางที่ 2.6	ระดับความคงตัวของบรรยากาศแบ่งตามดัชนีการแผ่รังสีรวมและความเร็วลม.....	26
ตารางที่ 2.7	การแผ่รังสีตาม solar attitude.....	27
ตารางที่ 2.8	ข้อดีและข้อเสียของการตรวจวัดสารมลพิษในอากาศกับการใช้แบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์.....	28
ตารางที่ 3.1	รูปแบบเพิ่มคุณูนิยมหาวิทยาลัยผิพื้นสำหรับนำเข้า PCRAMMET	59
ตารางที่ 3.3	รูปแบบเพิ่มความสูงผสมสำหรับนำเข้า PCRAMMET	59
ตารางที่ 3.1	รูปแบบเพิ่มคำสั่งสำหรับ PCRAMMET	60
ตารางที่ 4.1	สรุปข้อมูลสำหรับนำเข้าแบบจำลอง ISCST3.....	74
ตารางที่ 4.2	ตำแหน่งจุดรับผลกระทบ.....	75
ตารางที่ 4.3	ค่า fractional bias และ RMSE.....	81
ตารางที่ 5.1	ผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient).....	83
ตารางที่ 5.2	สรุปค่า RMSE และ fractional bias.....	85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 ปริมาณการใช้ถ่านหินของโรงไฟฟ้าแม่เมาะระหว่างปี 2538-2546.....	1
รูปที่ 2.1 ไดอะแกรมของเครื่อง sulfur dioxide analyzer.....	17
รูปที่ 2.2 ไดอะแกรมของเครื่อง nitrogen dioxide analyzer.....	19
รูปที่ 2.3 PM ₁₀ gravimetric high volumn.....	20
รูปที่ 2.4 Beta Attenuation Mass Monitor.....	20
รูปที่ 2.5 กระจายกลุ่มคว้นแบบ Gaussian.....	23
รูปที่ 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายทางแนวราบ (y) และทางแนวตั้ง (z).....	24
รูปที่ 2.7 หลักการทำงานของแบบจำลองคุณภาพอากาศ.....	27
รูปที่ 2.8 ลักษณะพื้นที่แอ่งแม่เมาะในรูปแบบ 3 มิติ.....	30
รูปที่ 2.9 ลักษณะพื้นที่ของแอ่งแม่เมาะในรูปแบบ 2 มิติ.....	31
รูปที่ 2.10 รูปแบบของลมที่พัดบริเวณหุบเขาในเวลากลางวันและกลางคืน.....	31
รูปที่ 2.11 ทิศทางของคว้นในเวลากลางวันและกลางคืน.....	32
รูปที่ 2.12 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่แม่เมาะ.....	33
รูปที่ 2.13 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงในพื้นที่แม่เมาะปี 2544.....	34
รูปที่ 2.14 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงในพื้นที่แม่เมาะปี 2544.....	34
รูปที่ 2.15 ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมงในพื้นที่แม่เมาะปี 2544.....	35
รูปที่ 3.1 ตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าหน่วย 4-13 และพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 บริเวณ คือ บ้านพัก เรือนรับรอง สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด.....	41
รูปที่ 3.2 พื้นที่ศึกษาบริเวณบ้านพักเรือนรับรอง (ho).....	42
รูปที่ 3.3 พื้นที่ศึกษาบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก (ms).....	42
รูปที่ 3.4 พื้นที่ศึกษาสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด (sp).....	42
รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบของ passive spler.....	45
รูปที่ 3.6 การติดตั้ง passive sampler พร้อม protective shield ในพื้นที่ศึกษา.....	47
รูปที่ 3.7 วิธีตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์.....	48
รูปที่ 3.8 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟต (SO ₄ ²⁻).....	49
รูปที่ 3.9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองตัวอย่างพร้อม vial.....	49
รูปที่ 3.10 เครื่องมือ ion chromatography สำหรับวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟต(SO ₄ ²⁻).....	50

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.11 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (NO_2).....	50
รูปที่ 3.12 สารละลายมาตรฐานที่ผ่านการเติม coloring solution.....	51
รูปที่ 3.13 เครื่อง Spectrophotometer สำหรับวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน.....	51
รูปที่ 3.14 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเล็กกว่า 10 ไมครอน และชุดปรับเทียบ.....	53
รูปที่ 3.15 วิธีตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน.....	55
รูปที่ 3.16 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเล็กกว่า 10 ไมครอน.....	56
รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง.....	60
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่บ้านพัก.....	63
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่บ้านพัก.....	63
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก.....	64
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก.....	64
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด.....	65
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด.....	66
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่บ้านพัก.....	67
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่บ้านพัก.....	67
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก.....	68
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก.....	68

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.11	เปรียบเทียบปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด.....	69
รูปที่ 4.12	ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด.....	69
รูปที่ 4.13	ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่บ้านพัก.....	70
รูปที่ 4.14	ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่าง personal air sampler กับ β -attenuation ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก.....	71
รูปที่ 4.15	ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่าง personal air sampler กับ β -attenuation ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก.....	72
รูปที่ 4.16	ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่าง personal air sampler กับ β -attenuation ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด.....	73
รูปที่ 4.17	ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่าง personal air sampler กับ β -attenuation ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด.....	73
รูปที่ 4.18	ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่บ้านพัก.....	75
รูปที่ 4.19	ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก.....	76
รูปที่ 4.20	ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด.....	76
รูปที่ 4.21	ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่บ้านพัก.....	77
รูปที่ 4.22	ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก.....	78
รูปที่ 4.23	ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด.....	78

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.24 ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการ
 คำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่บ้านพัก.....79

รูปที่ 4.25 ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการ
 คำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก.....80

รูปที่ 4.26 ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการ
 คำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด.....80



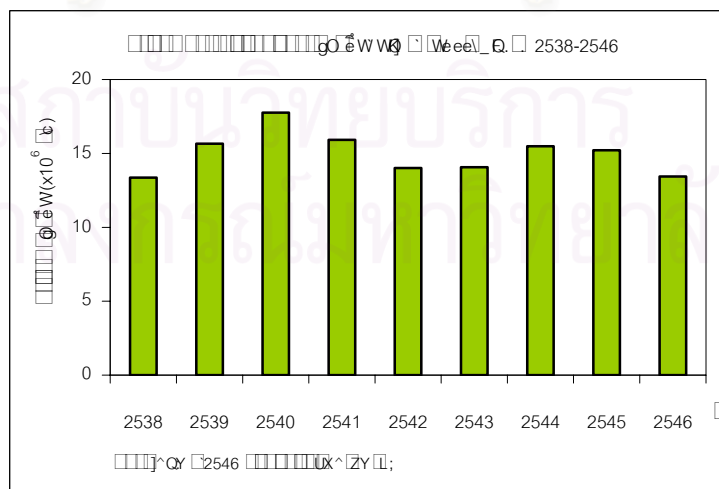
สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากรายงานสถานการณ์คุณภาพอากาศในพื้นที่แม่เมาะตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535-2545 พบว่ามลพิษอากาศยังคงเป็นปัญหาหลักในพื้นที่แม่เมาะโดยเฉพาะก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ถึงแม้ว่าโดยรวมจะมีปริมาณลดลงและเริ่มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 (ค่ามาตรฐานก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงเท่ากับ $780 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ส่วนปริมาณฝุ่นละอองยังคงมีค่าสูงเกินมาตรฐานในหลาย ๆ พื้นที่ (ค่ามาตรฐานฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมงเท่ากับ $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (กรมควบคุมมลพิษ, กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, 2544b: 31-33 และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, ฝ่ายการผลิตโรงไฟฟ้าแม่เมาะ, 2544) พื้นที่แม่เมาะเป็นที่ตั้งของโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีหน่วยผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งหมด 13 หน่วย (ปัจจุบันใช้เฉพาะหน่วย 4-13) และมีกำลังการผลิต 2,625 เมกะวัตต์ ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า (มีองค์ประกอบของกำมะถันประมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ปริมาณซัลเฟอร์ 22-38% และความชื้นประมาณ 27-31%) โดยที่ปริมาณความต้องการใช้ถ่านหินลิกไนต์ประมาณ 42,800 ตันต่อวัน (หน่วยที่ 4-7 ใช้ปริมาณถ่านหิน 136 ตันต่อชั่วโมง หน่วยที่ 8-13 ใช้ปริมาณถ่านหิน 278 ตันต่อชั่วโมง) (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, ฝ่ายการผลิตโรงไฟฟ้าแม่เมาะ, 2544) รูปที่ 1.1 แสดงปริมาณการใช้ถ่านหินระหว่างปี 2538-2546 เฉลี่ยประมาณ 15 ล้านตันต่อปี



รูปที่ 1.1 ปริมาณการใช้ถ่านหินของโรงไฟฟ้าแม่เมาะระหว่างปี 2538-2546
ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2546

ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้ามีการปล่อย ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน และฝุ่นละออง สูบรยากาศ ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนและสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) จะพบว่าสารมลพิษอากาศโดยเฉพาะก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีปริมาณสูงทั้งนี้เนื่องจากสภาพอากาศในฤดูหนาวมีความคงตัวสูง ประกอบกับลักษณะพื้นที่เป็นแอ่งระหว่างหุบเขา (ความสูงเฉลี่ย 320-360 เมตรระดับน้ำทะเล) มีแนวเทือกเขาล้อมรอบ 3 ด้านความสูงประมาณ 500-600 เมตร ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่สามารถแพร่กระจายได้ตามปกติ ดังกรณีเหตุการณ์ในปี 2535 และ 2541 ซึ่งปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงสูงถึง 3,418 และ 567 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ทำให้กลุ่มคนที่อ่อนแอ เช่นคนที่เคยได้รับสารพิษเป็นเวลานาน เด็กคนชรา คนเป็นโรคระบบทางเดินหายใจมีอาการเจ็บป่วยเฉียบพลัน จากรายงานของวิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2544) ทำการเปรียบเทียบการเจ็บป่วยของเด็กนักเรียนที่แม่เมาะกับเด็กนักเรียนในอำเภออื่น ๆ พบว่าเด็กนักเรียนที่แม่เมาะจะเจ็บป่วยมากกว่าเด็กที่อื่นถึง 0.5 ครั้งต่อปี และมีโอกาสป่วยเป็นโรคหลอดลมอักเสบมากกว่าถึง 3 เท่า ส่วนการศึกษาของ Thanh และ Lefevre (2000) ชี้ให้เห็นว่าจำนวนการตายก่อนวัยอันควรและการเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลด้วยโรคระบบทางเดินหายใจของประชาชนในพื้นที่แม่เมาะต่อปีเท่ากับ 0.96 และ 0.39 ตามลำดับ นอกจากนี้การศึกษาของนันทวันและคณะ (2543) ชี้ให้เห็นว่ามลพิษอากาศในอำเภอแม่เมาะมีผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว ถึงแม้ว่าระดับของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะลดลงแต่ประชาชนในพื้นที่มีอัตราการเสี่ยงต่ออาการเจ็บป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจตลอดจนอาการเรื้อรังสูงกว่าประชาชนที่อยู่นอกพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีอัตราเสี่ยงประมาณ 2-5.6 เท่า และอาการไอเรื้อรังมีอัตราเสี่ยงสูงที่สุดในเด็กและผู้ใหญ่ นอกจากนี้ชาวบ้านในพื้นที่แม่เมาะมีอาการเจ็บป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจสูงกว่า พรหมเพิ่ม พรหมมาส (2544) ได้ศึกษาโรคระบบทางเดินหายใจในผู้ปฏิบัติงานโรงไฟฟ้าแม่เมาะเพื่อดูอุบัติการณ์ของโรคระบบการหายใจเรื้อรัง 4 ชนิด (โรคหอบหืด, โรคหลอดลมอุดตันเรื้อรัง, โรคโพรงจมูกอักเสบเรื้อรัง และโรคซิลิโคซิส) ที่เกี่ยวเนื่องกับการประกอบอาชีพไม่พบว่ามีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผู้ปฏิบัติงานสองกลุ่ม แม้ว่าผู้ปฏิบัติงานกลุ่มเสี่ยงมีผู้ที่สูบบุหรี่มากกว่า

การจัดการคุณภาพแวดล้อมในพื้นที่แม่เมาะจึงต้องมีการติดตามและเฝ้าระวังสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันมีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้งหมด 18 สถานี (การไฟฟ้าฝ่ายผลิต 13 สถานี และกรมควบคุมมลพิษ 5 สถานี) อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดในสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศค่อนข้างมีราคาแพง และบุคลากรต้องมีความเชี่ยวชาญสูงในการใช้งานและการบำรุงรักษา ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิคการตรวจวัดด้วย passive sampler ซึ่ง

เป็นอุปกรณ์ที่ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า สะดวกในการใช้งาน และมีราคาถูก มาใช้ในการตรวจวัดสารมลพิษอากาศในพื้นที่แม่เมาะ เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการตรวจวัดสารมลพิษอากาศ นอกจากนี้ได้นำแบบจำลอง ISCST3 มาใช้ในการประเมินความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศในพื้นที่แม่เมาะ ซึ่งการประเมินความเข้มข้นของมลพิษอากาศด้วยแบบจำลองเป็นวิธีที่ใช้อย่างแพร่หลายในการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่มีต่อผู้รับมลพิษ เนื่องจากสามารถประเมินได้รวดเร็วและมีค่าใช้จ่ายถูก โดยแบบจำลองจะใช้ข้อมูลของแหล่งกำเนิด ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลสภาพพื้นที่ของโครงการ เพื่อการจำลองสภาพบรรยากาศและคำนวณความเข้มข้น ณ จุดที่สนใจ ข้อมูลที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลอง ISCST3 จะนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลการตรวจวัดจริงในพื้นที่ เพื่อเป็นการศึกษาความแม่นยำของแบบจำลองเมื่อนำมาใช้ในพื้นที่ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 หาปริมาณสารมลพิษอากาศ คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ด้วย passive sampler และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วย personal air sampler ในพื้นที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

1.2.2 หาคความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจากการตรวจวัดจริงกับการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 พื้นที่ทำการศึกษา

1.3.1.1 บริเวณบ้านพักเรือนรับรอง

1.3.1.2 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก

1.3.1.3 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด

1.3.2 ช่วงเวลาทำการศึกษา

เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2544 – เดือนมกราคม พ.ศ. 2545

1.4 สมมุติฐานของการวิจัย

ปริมาณสารมลพิษอากาศ คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากทำนายด้วยแบบจำลอง ISCST3 มีความสัมพันธ์กันและผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เป็นการพัฒนาเทคนิควิธีการติดตามตรวจสอบสารมลพิษอากาศและนำไปใช้ร่วมกับวิธีติดตามตรวจสอบแบบต่อเนื่องได้

1.5.2 สามารถใช้แบบจำลอง ISCST3 ทำนายปริมาณสารมลพิษทางอากาศ บริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะได้

1.5.3 สามารถพยากรณ์แนวโน้มปริมาณสารมลพิษอากาศได้เพื่อใช้ในการติดตามและเฝ้าระวังมลพิษอากาศในพื้นที่เสี่ยงอื่น ๆ ต่อไป

1.6 คำจำกัดความ

1.6.1 ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) เป็นฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อสุขภาพเนื่องจากสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้

1.6.2 วิธี passive หมายถึง วิธีการเก็บตัวอย่างที่อาศัยหลักการแพร่และไม่ใช้ไฟฟ้าในการเก็บตัวอย่าง

1.6.3 วิธี active หมายถึง วิธีการเก็บตัวอย่างที่มีการใช้ปั๊มดูดอากาศในการเก็บตัวอย่าง

1.6.4 personal air sampler หมายถึง เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นละอองเฉพาะบุคคล

1.6.5 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น (surface meteorological data) หมายถึง ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจวัดทั่วไปที่ระดับความสูง 10 เมตร เช่น ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ เป็นต้น

1.6.6 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับบน (upper meteorological data) หมายถึง ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจวัดโดยใช้ radiosonde เช่น อุณหภูมิที่ระดับความสูงต่าง ๆ

1.6.7 ระยะเวลาเฉลี่ย (average time) หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารมลพิษ เช่น ระยะเวลาเฉลี่ย 1 หรือ 24 ชั่วโมง

1.6.8 ความสูงผสม (mixing height) หมายถึง ความสูงของสภาพบรรยากาศจากผิวพื้นซึ่งอากาศสามารถผสมหรือถ่ายเทมวลกันได้

1.6.9 ระดับความคงตัวของบรรยากาศ (stability class) หมายถึง สภาพความเสถียรของบรรยากาศที่มีอิทธิพลต่อการกระจายตัวหรือเจือจางของสารมลพิษอากาศ ซึ่งมี 7 ระดับ

1.6.9.1 สภาพความคงตัวของบรรยากาศแบบ A หมายถึง สภาพของบรรยากาศที่ไม่เสถียร (extremely unstable)

1.6.9.1 สภาพความคงตัวของบรรยากาศแบบ B หมายถึง สภาพของบรรยากาศที่ไม่เสถียรปานกลาง (moderately unstable)

1.6.9.1 สภาพความคงตัวของบรรยากาศแบบ C หมายถึง สภาพของบรรยากาศที่ไม่เสถียรเล็กน้อย (slightly unstable)

1.6.9.1 สภาพความคงตัวของบรรยากาศแบบ D หมายถึง สภาพของบรรยากาศที่เป็นกลาง (neutral)

1.6.9.1 สภาพความคงตัวของบรรยากาศแบบ E หมายถึง สภาพของบรรยากาศที่เสถียรเล็กน้อย (slightly stable)

1.6.9.1 สภาพความคงตัวของบรรยากาศแบบ F หมายถึง สภาพของบรรยากาศที่เสถียรปานกลาง (moderately stable) สภาพที่ไม่มีการเคลื่อนไหวหรือการผสมกันในแนวตั้ง ทำให้สารมลพิษซึ่งถูกปล่อยอยู่ที่ผิวพื้นคงอยู่อย่างนั้น

1.6.9.1 สภาพความคงตัวของบรรยากาศแบบ G หมายถึง สภาพของบรรยากาศที่ค่อนข้างเสถียร (extremely stable)

1.6.10 ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (isolation) หมายถึง ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งต่อหน่วยพื้นที่

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเทคนิคการติดตามตรวจสอบสารมลพิษทางอากาศ

วิธี	ข้อดี	ข้อเสีย	ราคาต่อหน่วยตัวอย่าง
passive sampler	<ul style="list-style-type: none"> - มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา จึงง่ายต่อการเคลื่อนย้าย - ราคาถูก - มีวิธีการใช้งาน และการดูแลรักษาง่าย - สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ - สามารถใช้ได้ในพื้นที่ที่ห่างไกล เนื่องจากไม่ต้องใช้ไฟฟ้าในการทำงาน - ไม่มีเสียงรบกวนซึ่งสามารถนำมาตรวจวัดสารมลพิษภายในสถานที่ทำงานได้ - ในการใช้งานไม่ต้องเปรียบเทียบเครื่องมือ 	<ul style="list-style-type: none"> - ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ใช้ ระยะเวลา มี ระยะเวลาสูงเพื่อป้องกันการปนเปื้อน - ไม่สามารถรู้ช่วงเวลาที่มีความเข้มข้นสูงหรือต่ำ - ต้องใช้เวลาในการตรวจวัดที่เหมาะสม เนื่องจากมีความไวหรือการตอบสนองช้า - ไม่สามารถตรวจวัดสารมลพิษบางชนิดได้ 	US\$ 10-70
active sampler	<ul style="list-style-type: none"> - ราคาถูก - ใช้งานง่ายและเชื่อถือได้ - มีความไวและความแม่นยำในการตรวจวัดสูง 	<ul style="list-style-type: none"> - ต้องใช้แรงงานจำนวนมาก - personal sampling pump มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก และมีราคาสูง - มีเสียงรบกวนจาก pump 	US\$ 1,000-3,000

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของเทคนิคการติดตามตรวจสอบสารมลพิษทางอากาศ (ต่อ)

วิธี	ข้อดี	ข้อเสีย	ราคาต่อหน่วยตัวอย่าง
automatic analyzer	<ul style="list-style-type: none"> - มีประสิทธิภาพสูง - สามารถตรวจวัดได้อย่างต่อเนื่อง ข้อมูลเป็นแบบ on-line - สามารถให้ข้อมูลเป็นรายชั่วโมง 	<ul style="list-style-type: none"> - มีความยุ่งยากในการใช้งาน - เครื่องมือมีราคาแพง - ผู้ใช้ต้องต้องความเชี่ยวชาญสูงในการใช้งานและการดูแลรักษา - ค่าใช้จ่ายสูง 	US\$ 10,000-20,000
remote sensor	<ul style="list-style-type: none"> - เหมาะสำหรับการตรวจวัดใกล้แหล่งกำเนิดและการตรวจวัดแบบ vertical - สามารถใช้ในการตรวจวัดที่ซับซ้อน 	<ul style="list-style-type: none"> - มีความยุ่งยากในการใช้งาน การปรับเทียบและการ validate - ไม่สามารถเปรียบเทียบกับเครื่องเก็บตัวอย่างเฉพาะจุดได้ - มี interference เนื่องจาก atmospheric visibility 	>US\$ 70,00-200,000

ที่มา: WHO, 1995; UNEP/WHO, 1996; Bower, 1998

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

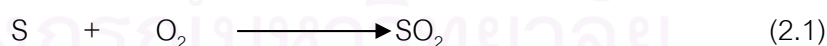
2.1 แนวคิดและทฤษฎี

จากผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อันเนื่องมาจากการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นละอองในกระบวนการผลิต จึงได้มีมาตรการในการลดผลกระทบดังกล่าวรวมทั้งมีการตรวจวัดและเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง ในปัจจุบันเครื่องมือหลายชนิดถูกนำมาใช้ในการตรวจวัดรวมถึงแบบจำลองคุณภาพอากาศที่มักนำมาใช้ควบคู่กับการตรวจวัดเพื่อการประเมินที่ถูกต้องยิ่งขึ้นและนำไปสู่การจัดการที่มีประสิทธิภาพ

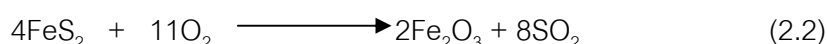
2.2 สารมลพิษอากาศ

2.2.1 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสี และไม่ติดไฟ อยู่ในรูปก๊าซหรือละลายในหยดน้ำ ประมาณร้อยละ 70 ของปริมาณซัลเฟอร์ทั้งหมดที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศมาจากการกระทำของมนุษย์ โดยที่ประมาณร้อยละ 87-94 มาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงธรรมชาติ เช่น ถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งพบว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยจากการเผาไหม้ถ่านหินมีมากกว่า 13 ล้านตันต่อปี ซัลเฟอร์ที่ถูกปล่อยออกมาเกือบทั้งหมดอยู่ในรูป SO_2 ซึ่งเกิดจากการที่ซัลเฟอร์ถูกออกซิไดซ์โดยก๊าซออกซิเจน ดังสมการที่ 2.1



ในกรณีของถ่านหินซัลเฟอร์ส่วนใหญ่ปะปนอยู่ในรูปของ ไอรอนไพไรต์ (iron pyrite: FeS_2) เมื่อนำสารนี้มาเผาซัลเฟอร์ใน FeS_2 จะถูกออกซิไดซ์ได้ SO_2 ดังสมการที่ 2.2



ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการรับสัมผัส การรับสัมผัสที่ความเข้มข้นสูงๆ จะมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ปอดและอาจเป็นโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง โดยที่คนส่วนใหญ่จะ

เริ่มมีอาการไอและระคายเคืองคอเมื่อรับสัมผัสก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 5 ppm ($13,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) เป็นระยะเวลา 3 นาทีถึง 3 ชั่วโมง แต่ทั้งนี้เมื่อก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รวมตัวกับฝุ่นละอองจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพมากขึ้นจากการศึกษาที่มหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ดและนิวยอร์กพบว่าซัลเฟตแอโรซอลในปริมาณสูง ๆ มีความสัมพันธ์กับอัตราการตายที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากโรคเกี่ยวกับปอด เช่น โรคหืดและโรคหลอดลมอักเสบ (US. EPA, 1999a) นอกจากนี้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังมีผลต่อความเป็นกรดของแม่น้ำและทะเลสาบ ทำให้เกิดการสึกกร่อนของสิ่งก่อสร้างโดยเฉพาะที่ทำจากหินปูน มีผลต่อพืชในส่วนหนึ่งของโครงสร้างของใบทำให้ขอบใบหรือเส้นกลางใบกลายเป็นสีขาว ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ ในระยะเวลานานก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำให้ใบเหี่ยวมีสีน้ำตาลเนื่องจาก chlorophyll ซีดจางลง ส่วนที่ระดับความเข้มข้นสูง ๆ ในระยะเวลาดัง ๆ เนื้อเยื่อจะถูกทำลายและใบร่วงในที่สุด ซึ่งพืชที่ไวต่อซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้แก่ อัลฟาฟ่า ฝ้าย ข้าว และแอปเปิ้ล โดยจะถูกทำลายที่ความเข้มข้น $780 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในเวลา 8 ชั่วโมง

ตารางที่ 2.1 ผลกระทบจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อมนุษย์		
ความเข้มข้น (ppm)	ระยะเวลาสัมผัส	ผลกระทบต่อสุขภาพ
400	-	ปอดมีอาการบวมน้ำและมีการอักเสบที่หลอดลม
20	-	ระคายเคืองตาและมีอาการไอในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพแข็งแรง
15	1 ชั่วโมง	ลดประสิทธิภาพของเมือกในหลอดลม
10	10 นาที	หลอดลมอักเสบ
8	-	เกิดอาการระคายเคืองในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี
5	10 นาที	เพิ่มความต้านทานในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพแข็งแรงขณะนอนพัก
1	10 นาที	เพิ่มความต้านทานในผู้ป่วยโรคหอบหืดขณะนอนพักและในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพแข็งแรงขณะออกกำลังกาย
0.5	10 นาที	เพิ่มความต้านทานในผู้ป่วยโรคหอบหืดขณะออกกำลังกาย
0.5	-	เริ่มรับรู้
0.19	24 ชั่วโมง	เป็นโรคทางเดินหายใจเรื้อรังมากขึ้นในผู้ใหญ่
0.07	1 ปี	เป็นโรคทางเดินหายใจเรื้อรังมากขึ้นในเด็ก

ผลกระทบจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อสิ่งแวดล้อม		
ความเข้มข้น (ppm)	ระยะเวลา รับสัมผัส	ผลกระทบต่อพืช
10	2 ชั่วโมง	เกิดความเสียหายในพืช
1	5 นาที	เกิดความเสียหายในพืชที่ไวต่อความชื้น
0.5	1 ชั่วโมง	เกิดความเสียหายในพืชที่ไวต่อความชื้น
0.2	3 ชั่วโมง	เกิดความเสียหายในพืชที่ไวต่อความชื้น

ที่มา: Utah Air Monitoring Center, 2001a

2.2.2 ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติมีกลิ่นฉุน ละลายน้ำได้ สีแดงเจือน้ำตาล ที่อุณหภูมิปกติมีสภาพเป็นก๊าซและเป็นรูปหนึ่งของไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x : $\text{NO} + \text{NO}_2$) จัดเป็นก๊าซมลพิษที่เป็น photochemical oxidants ที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตและส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เกิดจากการรวมตัวของไนตริกออกไซด์ (NO) กับออกซิเจนในปฏิกิริยา oxidation โดยไนตริกออกไซด์เกิดจากเชื้อเพลิงซึ่งมาจากสารประกอบไนโตรเจนในเชื้อเพลิงและเชิงความร้อนจากการที่ก๊าซไนโตรเจนในอากาศถูกออกซิไดซ์ ที่อุณหภูมิสูงโดยไนตริกออกไซด์จากทั้ง 2 แหล่งจะถูกออกซิไดซ์เป็นไนโตรเจนไดออกไซด์อย่างรวดเร็วดังสมการที่ 2.3 – 2.6

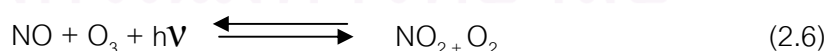
รูปแบบการเกิดก๊าซไนตริกออกไซด์ ($>1500\text{ }^{\circ}\text{C}$)



รูปแบบการเกิดก๊าซไนตริกออกไซด์ ($<1500\text{ }^{\circ}\text{C}$)



หรือ



ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีแหล่งกำเนิดจากภาวะทางธรรมชาติ ได้แก่ ไฟแลบ ไฟผ่าภูเขาไฟระเบิด ปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ในดิน โดยกระบวนการ nitrification และ denitrification และจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ ยานพาหนะ จากการผลิตกระแสไฟฟ้า จากโรงงานอุตสาหกรรมทั้งในส่วนของการเผาไหม้ในการใช้เชื้อเพลิงภายในโรงงานอุตสาหกรรมและจากการกระบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมผลิตกรดดินประสิว จากการศึกษาระดับปริมาณก๊าซไนโตรเจน

ออกไซด์ (NO_x) ซึ่งเป็นก๊าซที่ก่อให้เกิดไนโตรเจนไดออกไซด์พบว่า 75% ของปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์จากการปล่อยของยานพาหนะและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ขณะที่ 30-40% มาจากสารประกอบไนโตรเจนในกระบวนการเกษตรกรรม

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจเนื่องจากมีคุณสมบัติ oxidizing agent ก๊าซไนโตรเจนสามารถเข้าไปสู่ส่วนลึกของระบบทางเดินหายใจได้ง่ายและส่งผลกระทบต่อส่วนล่างของระบบทางเดินหายใจรวมถึงหลอดลมเล็กและถุงอากาศ alveoli ของปอดนำไปสู่การอักเสบภายในปอด และจะเกิดผลร้ายแรงเมื่อก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ร่วมกับอนุภาคหรือก๊าซอื่น เกิดฝนกรดซึ่งส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำ วัสดุก่อสร้าง พืช ถ้าพืชได้รับในปริมาณสูง จะทำให้น้ำหนักของพืชลดลง เส้นใยมีสีซีด พืชหยุดการเจริญเติบโตและใบเหี่ยว อีกทั้งก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ยังก่อให้เกิด photochemical smog เนื่องมาจากออกไซด์ของไนโตรเจน เมื่อได้รับแสงจะเกิดปฏิกิริยาที่ซับซ้อนและเกิดเป็นสารพิษที่เป็นพิษร้ายแรง

ตารางที่ 2.2 ผลกระทบของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อมนุษย์		
ความเข้มข้น (ppm)	ระยะเวลาสัมผัส	ผลกระทบต่อสุขภาพ
300	-	เสียชีวิตอย่างเฉียบพลัน
150	-	เสียชีวิตภายใน 2-3 สัปดาห์ด้วยโรคหลอดลมฝอยอุดตัน
50	-	หลอดลมทำงานผิดปกติ, เป็นโรคหลอดลมฝอยอักเสบ
10	-	ความสามารถในการรับรู้กลิ่นไนโตรเจนไดออกไซด์ลดลง
5	15 นาที	ความสามารถในการล่าเหยื่อของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำและปลาในผู้ใหญ่ ภาวะร่างกายปกติลดลง
2.5	2 ชั่วโมง	เพิ่มความต้านทานของทางเดินหายใจในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพแข็งแรง
1.0	15 นาที	เพิ่มความต้านทานของทางเดินหายใจในหลอดลม
0.1	1 ชั่วโมง	เพิ่มความต้านทานของทางเดินอากาศและเพิ่มความตึงตัวของทางเดินหายใจของผู้ป่วยหอบหืด
0.12	-	เริ่มรับรู้กลิ่นไนโตรเจนไดออกไซด์

ผลกระทบของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อสิ่งแวดล้อม		
ความเข้มข้น (ppm)	ระยะเวลาสัมผัส	ผลต่อสิ่งแวดล้อม
2.0	4 ชั่วโมง	ใบพืชได้รับความเสียหาย
1.0	48 ชั่วโมง	เกิดจุดเล็กๆ บริเวณใบของ pinto bean, endive and cotton
0.3	-	สีของวัตถุในระยะ 1 กิโลเมตรเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล
0.25	-	ลดการเจริญเติบโตของมะเขือเทศและส้ม
0.2	8 ชั่วโมง	ผ้าสีขาวเปลี่ยนเป็นสีเหลือง
0.1	12 สัปดาห์	สีของฝ้ายและใยสังเคราะห์จางลง
0.1	20 สัปดาห์	ลดการเจริญเติบโตของหญ้า Kentucky blue grass
0.05	12 สัปดาห์	สีของฝ้ายและใยสังเคราะห์จางลง
0.03	-	สีของวัตถุในระยะ 10 กิโลเมตรเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล
0.003	-	สีของวัตถุในระยะ 100 กิโลเมตรเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

ที่มา: Utah Air Monitoring Center, 2001b

2.2.3 ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เป็นอนุภาคที่ถูกปล่อยในรูปแบบของการควบแน่น หรือ การทำให้เป็นผงละอองขนาดเล็ก (atomization) ซึ่งสามารถมีสภาพเป็นได้ทั้งของแข็งและของเหลวที่ความดันและอุณหภูมิปกติ สามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานเนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำเพราะขนาดอนุภาคซึ่งมีขนาดเล็ก แหล่งกำเนิดที่สำคัญของฝุ่นละออง ได้แก่ ฝุ่นจากดิน ฝุ่นจากยานพาหนะ การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากโรงงานอุตสาหกรรม การผลิตพลังงานไฟฟ้า การก่อสร้าง เป็นต้น ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง และถุงลม ทำให้เกิดการระคายเคือง แสบจุก ไอ จาม มีเสมหะ เยื่อหุ้มปอดถูกทำลายเนื่องจากการสะสมของฝุ่นในถุงลมปอดทำให้การทำงานของปอดเสื่อมลง ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ โรคในระบบหัวใจและหลอดเลือด โดยที่ปัญหาเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (Jinsart et al, in press) จากการศึกษาพบว่าอัตราการเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลด้วยโรคในระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจและหลอดเลือดจะสูงขึ้นเมื่อระดับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนสูงขึ้น อีกทั้งผู้ใหญ่อายุอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองสูงจะมีโอกาสป่วยเป็นโรคในระบบทางเดินหายใจ

เฉียบพลันสูงเป็นสองเท่าของคนที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่พบว่าเด็กนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีฝุ่นละอองสูง ($PM_{10} > 100 \mu g/m^3$) จะมีอัตราป่วยด้วยโรคในระบบทางเดินหายใจสูงกว่าเด็กที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีฝุ่นละอองต่ำ ($PM_{10} < 50 \mu g/m^3$) (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, วิทยาลัยการสาธารณสุข, 2538) และระดับของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่สูงขึ้นจะมีผลต่อการทำงานของปอดในเด็กนักเรียนชั้นประถม โดยที่ระดับความรุนแรงของอาการป่วยจะเปลี่ยนแปลงตามระดับของฝุ่นละออง จากการศึกษาทั่วโลกพบว่าฝุ่นละอองสามารถทำให้เสียชีวิตก่อนเวลาอันสมควร ได้มีการประมาณว่าในแต่ละปีอาจจะมีผู้ที่เสียชีวิตก่อนวัยอันสมควร ประมาณ 4,000 ถึง 5,500 คน และถ้าในวันหนึ่งระดับของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเพิ่มขึ้น $30 \mu g/m^3$ (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) จะสัมพันธ์กับการเพิ่มของการตายรายวันประมาณ 3% (บริษัท แยกเลอร์ เบลล์ เซอวิส, 2541) นอกจากนี้ฝุ่นละอองยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ใบเหลืองและเฉา ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลง และอนุภาคฝุ่นละอองที่ปิดปากใบยังทำให้เกิดการสะสมความร้อนไว้ภายในมากขึ้นเนื่องจากดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น 1,750-1,850 นาโนเมตรมากขึ้น อีกทั้งยังลดความสามารถในการมองเห็นเนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นอนุภาคของแข็งที่ดูดซับและหักเหแสงได้ทั้งนี้ขึ้นกับขนาด ความหนาแน่น และองค์ประกอบของฝุ่นละออง ประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการศึกษาผลกระทบของอนุภาคฝุ่นละอองต่อความสามารถในการมองเห็นพบว่าช่วงของการมองเห็นลดลงถึง 70% จากสภาวะเดิม เกิดการกักร้อนผิวหน้าของโลหะ หินอ่อน หรือวัตถุอื่น ๆ

ตารางที่ 2.3 ผลกระทบของความเข้มข้นของฝุ่นละอองต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบของความเข้มข้นของฝุ่นละอองต่อมนุษย์		
ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)	ระยะเวลาที่รับสัมผัส	ผลกระทบต่อสุขภาพ
750	24 ชั่วโมงและ $SO_2 > 715 \mu g/m^3$	เพิ่มปริมาณการตายและความเจ็บป่วยอย่างชัดเจน
350	ได้รับติดต่อกัน 24 ชั่วโมง	อัตราการตายเพิ่มขึ้นเนื่องจากโรคหลอดลมอักเสบ
300	ได้รับติดต่อกัน 24 ชั่วโมงและ $SO_2 > 630 \mu g/m^3$	ผู้ป่วยโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรังจะอาการแย่ลง

ความเข้มข้น ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	สถานการณ์และเวลาที่ได้รับ	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
200	24 ชั่วโมงและ $\text{SO}_2 > 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$	เพิ่มอัตราการเจ็บป่วยของคนงานและการหยุดงานที่เพิ่มขึ้น
150	สัมพันธ์กับความชื้นที่มีค่าน้อยกว่า 70%	ลดความสามารถในการมองเห็น
140	ได้รับติดต่อกัน 24 ชั่วโมง	การทำงานของปอดในเด็กลดลง
100-130	ร่วมกับ $\text{SO}_2 > 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	เกิดโรคทางเดินหายใจกับเด็กๆ มากขึ้น
ผลกระทบต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองต่อสิ่งแวดล้อม		
ความเข้มข้น ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	สถานการณ์และเวลาที่ได้รับ	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
60-180	ตลอดปี ร่วมกับไอน้ำและ SO_2	เร่งปฏิกิริยาการกัดกร่อนของเหล็กและสังกะสี

ที่มา: Utah Air Monitoring Center, 2001c

2.3 มาตรฐานของสารมลพิษอากาศในบรรยากาศ

เป็นการกำหนดระดับความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศในบรรยากาศสูงสุดที่ยินยอมให้มีได้ในบรรยากาศตามกฎหมายเพื่อป้องกันมิให้เกิดอันตรายต่อประชาชนหรือระบบนิเวศน์ ซึ่งคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2538 (ที่สภาวะ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ) สำหรับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ดังตารางที่ 2.4

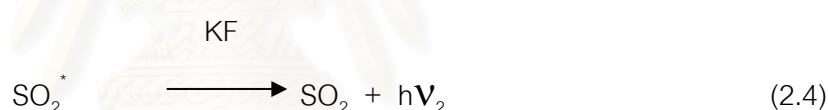
2.4 การตรวจวัดสารมลพิษอากาศ

2.4.1 การตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง

2.4.1.1 วิธี Pararosaniline หลักการทำงาน คือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากอากาศจะถูกดูดจับไว้ในสารละลาย potassium หรือ sodium tetrachloromercurate (TCM) สารละลายจะทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ 1,2-dichlorosulfito mercurate complex ซึ่งเสถียร

และไม่ถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจน หรือออกซิเดนท์ที่แข็งแรง เช่น โอโซนและออกไซด์ของไนโตรเจน สารประกอบ เชนซ์อนนี้เมื่อเติมสาร pararosaniline และ formaldehyde จะเกิดสีของสารประกอบ pararosaniline methyl sulfonic acid ซึ่งจะถูกวัดความสามารถในการดูดซึมแสง ณ ที่ช่วงคลื่น 548 นาโนเมตร

2.4.1.2 วิธี Fluorescence วิธีนี้ใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่สุดคือช่วง 190-230 nm หลอด UV จะปล่อยรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่น 214 nm กระตุ้นโมเลกุลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไปสู่สถานะที่สูงขึ้น (excite state) สมการที่ 2.3 โมเลกุลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกกระตุ้นต้องกลับไปสู่ ground state โดยคายพลังงานแสงตามปฏิกิริยา ออกมาสู่สถานะที่ต่ำลง สมการที่ 2.4 แสงที่ปล่อยออกมาจะถูกตรวจจับด้วย photomultiplier tube (PMT) นอกจากนี้ยังใช้ IGR tube ดักจับไฮโดรคาร์บอนซึ่งเป็นตัว interfere ที่สำคัญ



2.4.1.3 วิธี Conductrometric เมื่อผสมตัวอย่างอากาศซึ่งมี SO_2 และ SO_3 อยู่กับสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีกรดกำมะถันอยู่ด้วย SO_2 จะทำปฏิกิริยากับ H_2O_2 ส่วน SO_3 จะทำปฏิกิริยากับน้ำ กลายเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ทั้งคู่ ความเข้มข้นของ SO_x ในตัวอย่างสามารถหาได้โดยการวัดค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะของสารละลายทำปฏิกิริยา ซึ่งจะแปรผันค่าเป็นสัดส่วนกับปริมาณของกรดกำมะถันที่เกิดขึ้น วิธีนี้จะให้ความเข้มข้นรวมของ SO_2 และ SO_3 ในอากาศ แต่โดยทั่วไปการแสดงผลจะแสดงเป็นความเข้มข้นของ SO_2

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานคุณภาพอากาศสำหรับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในบรรยากาศ¹

ประเทศ	1 ชั่วโมง			24 ชั่วโมง			1 ปี		
	SO ₂ (ppb)	NO ₂ (ppb)	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (ppb)	NO ₂ (ppb)	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (ppb)	NO ₂ (ppb)	PM ₁₀ (µg/m ³)
ไทย	300	170	-	120	-	120	40	-	50
อเมริกา ²	-	-	-	140	-	150	20	53	50
WHO	120	110	-	44	-	-	20	21-26	-
ออสเตรเลีย	200	160	-	-	-	-	20	-	-
นิวซีแลนด์	120	150	-	44	-	120	20	-	50

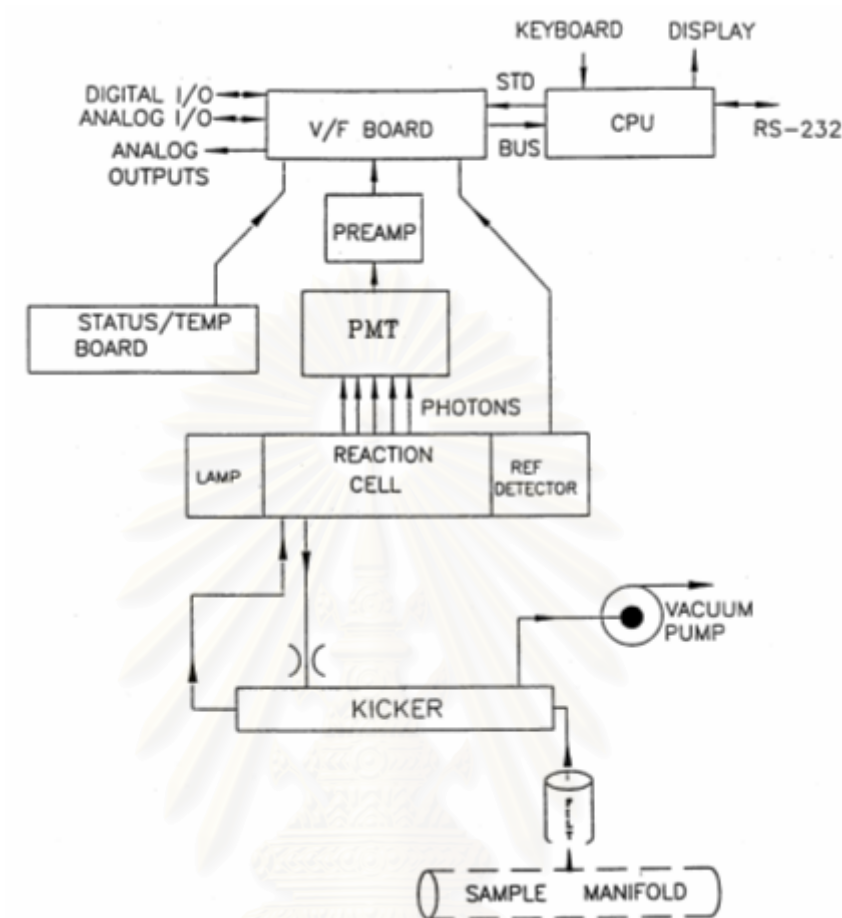
ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2544b; US.EPA, 2001; นภาพร พานิช และแสงสันต์ พานิช, 2544

หมายเหตุ: ¹:ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2538) ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 112 ตอนที่ 42ง

วันที่ 25 พฤษภาคม 2538

²:ค่ามาตรฐานสำหรับprimary

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 ไดอะแกรมของเครื่อง sulfur dioxide analyzer

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2544a: 4-21

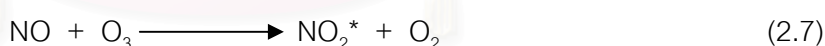
2.4.2 การตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์แบบต่อเนื่อง

2.4.2.1 วิธี Saltman เป็นวิธีการในการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และไนตริกออกไซด์ (NO) โดยมีหลักการตรวจวัดโดยวิธีการดูดกลืนแสง (light absorption) ซึ่งใช้สาร reagent saltman ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) จะกลายเป็นไนโตรที่ไอออนเมื่อละลายน้ำแล้วทำปฏิกิริยากับสาร reagent saltman (เป็นสารละลายของกรดซัลฟานิลิก: sulfanilic acid, n-(1-naphthyl) ethylenediamine และกรดอะซิติก: glacial acetic water) ให้สารย้อมสีอะโซ (azo dye) ซึ่งมีสีทึบ อัตราส่วนของแสงที่ถูกดูดกลืนในสารละลายทำปฏิกิริยานี้จะแปรผันเป็นสัดส่วนกับปริมาณสารย้อมสีอะโซที่เกิดขึ้น การตรวจวัดความเข้มข้นของสีนี้ในสารละลายจะทำโดยวิธีการสเปกโตรเมตริก การตรวจวัดความเข้มข้นของไนตริกออกไซด์ (NO) ในตัวอย่างอากาศ

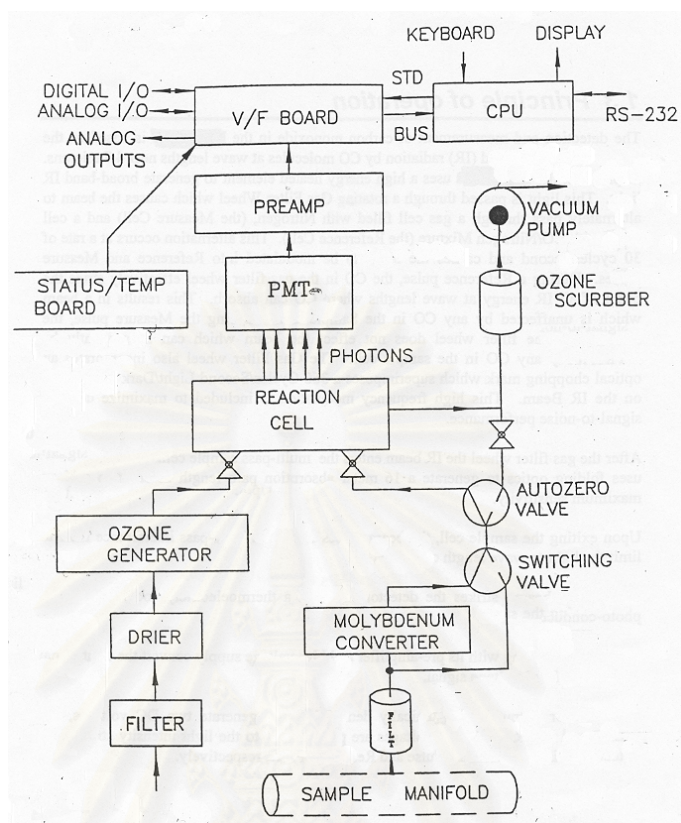
ใช้วิธีเดียวกันแต่จะทำหลังจากที่ออกซิไดซ์ NO ให้เป็น NO₂ โดยสารละลายกรดกำมะถันและโพแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต

วิธีการทำงานของเครื่องตรวจวัด NO_x เป็นแบบคาบวิธี Saltman จากปริมาณที่แน่นอนของสารละลายทำปฏิกิริยาจะถูกใส่ไว้ในขวดอิมพินเจอร์สองขวดแล้วปล่อยให้ตัวอย่างอากาศไหลผ่านขวดทั้งสองในอัตราที่คงที่ภายในคาบเวลาที่แน่นอน ไนโตรเจนไดออกไซด์จะถูกดูดกลืนในขวดอิมพินเจอร์แรก ส่วนไนตริกออกไซด์ซึ่งไม่ถูกดูดกลืนในขวดแรกจะถูกออกซิไดซ์ให้เป็น NO₂ ก่อนในสารละลายของกรดกำมะถันและโพแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต ซึ่งอยู่ในเครื่องออกซิไดเซอร์ แล้วจึงถูกดูดกลืนในขวดอิมพินเจอร์ที่สอง การดูดกลืนของ NO₂ ในสารละลายทำปฏิกิริยา (reagent Saltman) จะไม่รวดเร็วเท่ากับการละลายของ SO_x ในสารละลายกรดกำมะถันและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในเครื่องวิเคราะห์ SO₂ ด้วยเหตุนี้จึงต้องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซให้คงที่ (ประมาณ 100-300 m³/min) ต่อสารละลายทำปฏิกิริยา 30-50 มิลลิลิตร และต้องใช้อิมพินเจอร์ที่ออกแบบพิเศษให้มีประสิทธิภาพในการดูดกลืนสูงขึ้น อัตราส่วนของแสงที่ถูกดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 540-550 นาโนเมตร จะถูกตรวจอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ ช่วงเวลาตรวจวัดค่ามีให้เลือกสองช่วงคือ 0-0.5 และ 0-1 ppm

2.4.2.2 วิธี Chemiluminescence เครื่องตรวจวัดชนิดนี้ตรวจวัดได้ทั้ง ไนตริกออกไซด์ (NO) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) โดยใช้หลักการตรวจวัดแบบ photometric detection ของ chemiluminescence จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง NO และ O₃ สมการ 2.7 และ 2.8



ตัวอย่างอากาศที่ถูกดูดเข้ามาจะถูกแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลาเท่า ๆ กัน ช่วงแรก ตัวอย่างจะเข้าไปที่ reaction chamber โดยตรง ส่วนอีกช่วงหนึ่งตัวอย่างอากาศจะผ่านเข้าไปที่ NO₂ - NO converter ก่อนเข้าไปที่ reaction chamber NO ในตัวอย่างอากาศจะทำปฏิกิริยากับ O₃ ที่เกิดจากเครื่องผลิตก๊าซโอโซน (ozone generator) จะได้ NO₂^{*} ที่ได้รับการกระตุ้นพลังงานหลังจากนั้น NO₂^{*} จะปล่อยพลังงานแสงออกมาซึ่งจะถูกจับโดย photo-multiplier ตัวอย่างอากาศทั้งสองจะมี solenoid valve สลับแยกทางเดินตัวอย่างอากาศไปสู่ reaction chamber ช่วงแรกจะได้ค่าความเข้มข้น NO ส่วนช่วงหลังจะได้ค่าความเข้มข้น total oxide of nitrogen (NO_x = NO + NO₂) ความแตกต่างระหว่างสองค่าจะได้ NO₂ (NO_x - NO)



รูปที่ 2.2 ไดอะแกรมของเครื่อง nitrogen dioxide analyzer

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2544a: 4-23

2.4.3 การตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

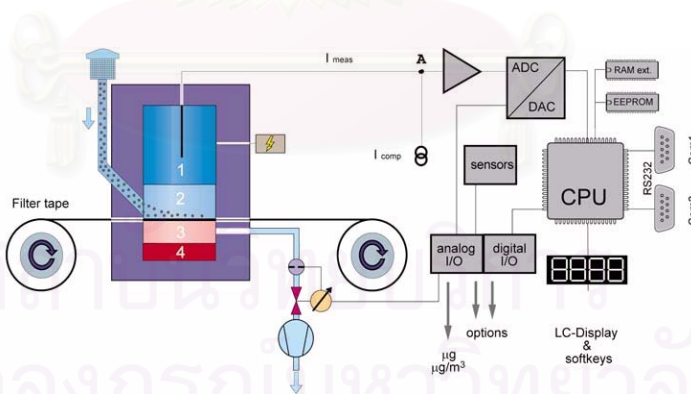
2.4.3.1 วิธี Gravimetric high volume อากาศถูกดูดไหลผ่านเข้าสู่เครื่องโดยควบคุมอัตราการไหลของอากาศให้คงที่ที่อัตรา 40 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (1.02-1.24 m³/min) ตัวอย่างอากาศจะถูกบังคับให้ไหลเข้า circumferential inlet ซึ่งเป็นช่องเปิดที่ขอบด้านบนโดยรอบของหัววัดขนาดรูปโดม (Size Selective Inlet: SSI) แล้วไหลเข้ารูเปิด acceleration jet ซึ่งเป็นช่องเปิดขนาดเล็กที่จะทำให้อากาศไหลผ่านเข้ารูเปิดด้วยความเร็วที่พอเหมาะทำให้ฝุ่นขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอนที่มากับอากาศพุ่งเข้าชนและเกาะติดที่แผ่นดักฝุ่น collection shim เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองที่ตกลงมาแล้วลอยฟุ้งขึ้นมาอีกอาจใช้ silicone grease spray พันทาจากนั้นฝุ่นละอองที่เหลือซึ่งมีขนาดต่ำกว่า 10 ไมครอนจะไหลผ่านเข้ารูเปิด vent tube ไหลเข้าไปเกาะติดที่กระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วชั่งน้ำหนักกระดาษกรองภายหลังจากผ่านการดูดอากาศดังกล่าว

ผลต่างระหว่างน้ำหนักก่อนและหลังการเก็บตัวอย่างจะเป็นน้ำหนักของฝุ่นละอองในปริมาตรอากาศที่ถูกดูด



รูปที่ 2.3 PM₁₀ gravimetric high volumn

2.4.3.2 วิธี β -attenuation mass monitor ใช้หลักการการดูดซึมของรังสีเบต้าที่เพิ่มขึ้นในสัดส่วนกับมวลของวัตถุ ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จะถูกเก็บไว้ filter tape ที่ Beta gauge และรังสีเบต้าจะวัดความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนบน filter tape และแปลงสัญญาณกลับไปเป็นความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในบรรยากาศ



รูปที่ 2.4 β -attenuation mass monitor

2.5 passive sampler

passive sampler เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดก๊าซมลพิษที่อาศัยหลักการแพร่ของโมเลกุลของก๊าซมลพิษผ่านส่วนประกอบที่เปิดและแพร่ผ่าน diffusion barrier โดยมีอัตราการเก็บตัวอย่างคงที่ และก๊าซมลพิษจะถูกจับบนกระดาษกรองที่ทำให้มีตัวด้วยสารประกอบที่ละลายน้ำและมี

ความจำเพาะเจาะจงกับสารที่ทำการตรวจวัดที่ส่วนปิดในส่วนท้ายของอุปกรณ์ โดยการแพร่ผ่านของโมเลกุลเป็นไปตาม Fick's first law (Panther et al, 1999) passive sampler มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนดังนี้ (กฤติมา ทศชนะ, 2543)

1. ส่วนประกอบที่เป็นโครงร่างของ passive sampler หรือ cascade เป็นส่วนประกอบที่ทำหน้าที่ประกอบส่วนอื่นเข้าด้วยกัน โดยขนาดพื้นที่หน้าตัดและความยาวของส่วนที่เป็นโครงร่างในส่วนของการแผ่ซ่านของ passive sampler จะส่งผลกระทบต่ออัตราการเก็บตัวอย่างซึ่งอัตราการเก็บตัวอย่าง (S) มีค่าเท่ากับ $D \cdot A/L$ วัสดุที่ใช้อาจทำจากโพลีเอทิลีนหรือพลาสติก ซึ่งขึ้นกับบริษัทผู้ผลิต

2. กระดาษกรองที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (impregnated absorbing pad) ประกอบด้วยกระดาษกรองและสารเคมีที่ใช้ในการดูดซับก๊าซมลพิษ กระดาษกรองส่วนใหญ่จะใช้ชนิด glass fiber filter ส่วนสารเคมีที่ใช้ในการดูดซับสารมลพิษนั้นจะแตกต่างกันตามชนิดของก๊าซมลพิษที่ต้องการตรวจวัด ในการใช้งานส่วนประกอบนี้ต้องทำการเปลี่ยนทุกครั้งเมื่อทำการเก็บตัวอย่าง

3. diffusion barrier เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการเก็บกักปริมาตรอากาศภายใน passive sampler ช่วยในการรักษาอัตราการเก็บตัวอย่างให้คงที่และยังเป็นส่วนประกอบที่ป้องกันแมลงหรือฝุ่นละออง ซึ่งในบางบริษัทอาจมีตะแกรงสแตนเลส (stainless steel mesh) และ Teflon filter แต่บางบริษัทอาจมีเพียง Teflon filter เท่านั้น

แรกเริ่ม passive sampler ถูกนำมาพัฒนาและใช้ในการตรวจวัดปริมาณการรับสัมผัสก๊าซมลพิษของบุคคลในสถานประกอบการ โดย Palm et al. (1976) ในการตรวจวัดปริมาณ NO_2 ที่นักเรียนชั้นประถมรับสัมผัสโดยใช้ passive sampler พบว่ารูปแบบของกิจกรรมปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ที่รับสัมผัสมีความสัมพันธ์กับการใช้ชีวิตในเมืองและในชนบท โดยที่ปริมาณที่เด็กนักเรียนในเขตเมืองและชนบทรับสัมผัสมีค่า $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ (Marika และ Lennart, 1994) การศึกษาของ Keywood et al. (1998) การติดตามตรวจสอบสารมลพิษที่บุคคลรับสัมผัสในประเทศ พบว่ามีค่า 11.1 ± 3.6 ppb และมีค่าลดลงจากช่วงฤดูหนาวถึงฤดูร้อนซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนภายนอกที่ลดลง จากการศึกษาครั้งนี้ชี้ว่าสามารถใช้ passive sampler ในการติดตามตรวจสอบปริมาณการรับสัมผัสไนโตรเจนระดับบุคคลได้ดี และมีความไวมากพอที่จะตรวจวัดในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันได้ Garrett et al. (1999) ทำการศึกษาที่ Latrobe Valley, Victoria. ประเทศออสเตรเลีย เก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์โดยใช้ passive samplers ในบ้าน 80 หลัง พบว่า ปริมาณของ NO_2 ในบ้านจะมีปริมาณสูงกว่านอกบ้าน ส่วนในฤดูหนาวมีปริมาณสูงกว่าทุกฤดู โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง $0.7-246 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา

ของ Chao และ Law (2000) ที่หาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ที่บุคคลรับสัมผัสในประเทศฮ่องกงพบว่าสภาพแวดล้อมในอาคารมีผลกระทบต่อปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ที่บุคคลรับสัมผัส ซึ่งค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ที่บุคคลรับสัมผัสมีค่า $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยที่การประกอบอาหารเป็นสาเหตุหลักที่มีผลต่อระดับไนโตรเจนภายในอาคาร Chao (2001) เปรียบเทียบระดับของไนตริก, ไนโตรเจนไดออกไซด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และโอโซนจากการตรวจวัดด้วย passive sampler ภายในและภายนอกเขตที่พักอาศัยในฮ่องกงพบว่าอัตราส่วนเฉลี่ยของไนตริกออกไซด์, ไนโตรเจนไดออกไซด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และโอโซนภายในต่อภายนอกมีค่า 0.98 ± 0.19 , 0.79 ± 0.3 , 1.01 ± 0.78 , 0.4 ± 0.31 ppb ตามลำดับซึ่งชี้ว่าอาคารที่พักในฮ่องกงมีผลต่อการสะสมของมลสารทั้ง 4 ชนิด สำหรับผลการศึกษาของกฤติมา ทศชนะ (2543) ซึ่งได้ติดตามตรวจสอบไนโตรเจนไดออกไซด์ที่บุคคลได้รับสัมผัสในบรรยากาศภายในและภายนอกที่พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานครและนครปฐมด้วย passive sampler พบว่าปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ที่บุคคลได้รับสัมผัสในระยะเวลา 24 ชั่วโมงในกลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับการได้รับสัมผัสขณะอยู่นอกที่พักอาศัยมากกว่าขณะอยู่ในที่พักที่ระดับนัยสำคัญ < 0.05

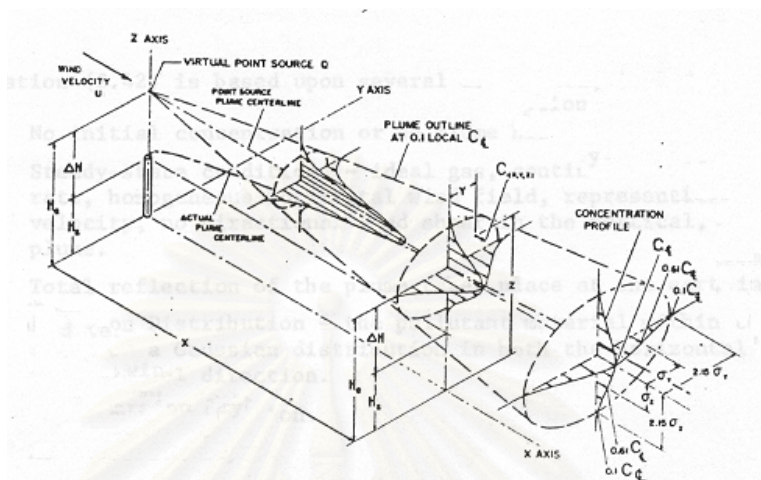
2.6 แบบจำลองการแพร่กระจายของสารมลพิษ

เป็นเทคนิคสำหรับการคำนวณความเข้มข้นของสารมลพิษที่ออกสู่บรรยากาศ องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (US. EPA) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองการแพร่กระจายไว้ 2 ประเภท คือ แบบจำลองที่คัดเลือกแล้ว (preferred models) เป็นแบบจำลองที่เป็นที่ยอมรับและเลือกใช้ในการศึกษา เช่น ISC, UAM, CMD เป็นต้น และแบบจำลองที่เป็นทางเลือกอื่น (alternative models) เป็นแบบจำลองที่ถูกเลือกในกรณีที่ไม่ได้มีแบบจำลองที่คัดเลือกแล้วที่เหมาะสมภายใต้ข้อกำหนดและต้องทำการสอบเทียบก่อนเพื่อให้สามารถใช้งานที่รองรับกฎเกณฑ์ทางสิ่งแวดล้อมได้ เช่น SDM, LONGZ, WYNDvalley เป็นต้น

2.6.1 ทฤษฎีพื้นฐานของแบบจำลอง (แสงสันต์:2541; นภาพรและแสงสันต์, 2544; Schnelle และ Dey, 1999; Turner, 1994)

แบบจำลองนี้มีพื้นฐานจาก Gaussian plume model คือเมื่อสารมลพิษถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดควันจะยกตัวลอยขึ้นสูงแล้วเบี่ยงเบนไปตามอิทธิพลของลมและเป็นแบบ normal distribution ในแนวนอน (แกน y) และในแนวตั้ง (แกน z) โดยที่ความเข้มข้นตรงกลางจะ

มีค่าสูงและลดลงตามระยะทางที่ห่างจากแหล่งกำเนิด รูปที่ 2.5 ซึ่งมีสูตรในการคำนวณตามสมการที่ 2.10



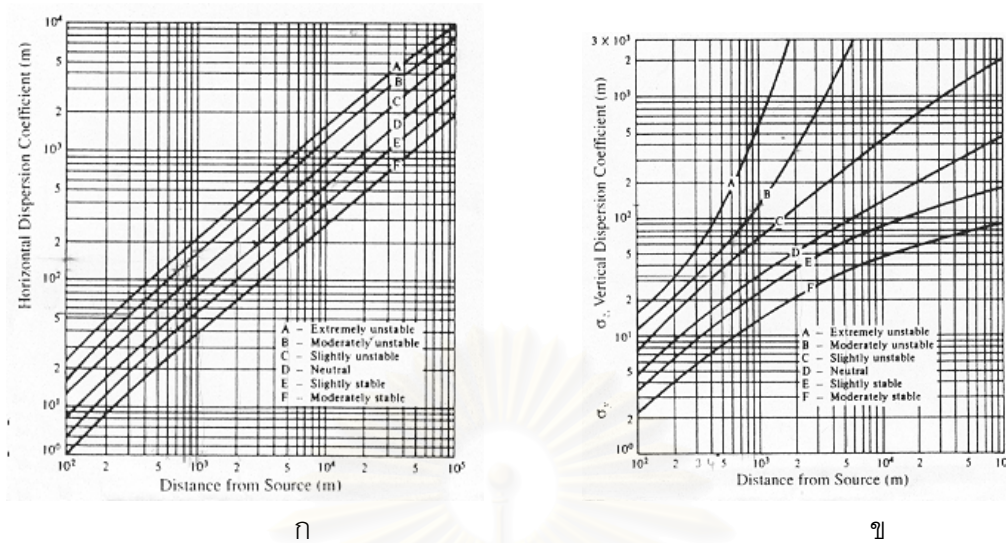
รูปที่ 2.5 การกระจายกลุ่มควันแบบ Gaussian

$$X(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\mu\sigma_y\sigma_z} \left[\exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (2.10)$$

เมื่อ

- X = ความเข้มข้นสารมลพิษที่ตำแหน่ง (x,y,z) (g/m^3)
- Q = อัตราการระบายสารมลพิษจากแหล่งกำเนิด (g/s)
- σ_y และ σ_z = สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในแนวราบและแนวตั้งตามลำดับ (m)
- μ = ความเร็วลม (m/s)
- H = ความสูงของปล่องหรือแหล่งกำเนิด (m)
- x = ระยะจากแหล่งกำเนิดถึงจุดที่ต้องการทราบความเข้มข้นในแนวทิศลม (m)
- y = ระยะจากแหล่งกำเนิดไปตั้งฉากกับแนวแกน x (m)
- z = ความสูงของจุดที่ต้องการทราบความเข้มข้นจากระดับพื้น (m)

ซึ่งสัมประสิทธิ์ของการกระจาย (diffusion coefficients) σ_y และ σ_z สามารถหาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ของการกระจายในแนวแกน y และแนวแกน z กับระยะทางตามลมกับสภาพความคงตัวของบรรยากาศ (Turner, 1994) รูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ก. แนวราบ (y) ข. แนวตั้ง (z)

2.6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศ

2.6.2.1 ทิศทางลม และ ความเร็วลม (wind direct และ wind speed) ลมเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อการแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศซึ่งจะชี้ทิศทางการแพร่กระจาย ทิศทางลมมีค่า 0-360 องศา โดยถือว่า 0 องศาเป็นลมที่พัดมาจากทางทิศเหนือ และ 180 องศาเป็นลมที่พัดมาจากทิศใต้ ส่วนความเร็วลมมีหน่วยเป็นน็อต (1 น็อต เท่ากับ 1.944 เมตรต่อวินาที)

2.6.2.2 อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิของบรรยากาศมีผลต่อการกระจายตัวของสารมลพิษที่ปล่อยออกจากปล่องของโรงงาน ถ้าบรรยากาศภายนอกมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศที่ปล่อยออกจากปล่อง การกระจายตัวก็จะเกิดแตกต่างด้วย

2.6.2.3 ความสูงผสม (mixing height) เป็นความสูงของสภาพบรรยากาศจากพื้นผิว (ground level) ที่มวลอากาศสามารถผสมหรือถ่ายเทมวลกันได้ ซึ่งค่าจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาในแต่ละวันและฤดูกาล เช่น ฤดูร้อนมีค่าความสูงผสมสูงกว่าฤดูหนาว

2.6.2.4 สภาพความคงตัวของบรรยากาศ (stability class) คือความต้านทานในการเคลื่อนที่ของมวลอากาศในแนวตั้งหรือความสามารถในการต้านทานการแปรปรวน โดยจะพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามความสูง (lapse rate) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $0.98^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ที่สภาวะอากาศแห้งหรือ dry adiabatic lapse rate Pasquill (1961) ได้แนะนำวิธีจัดประเภทความคงตัวของบรรยากาศโดยใช้ความปั่นป่วนเชิงกลและเชิงความร้อน ความปั่นป่วนเชิงกลพิจารณาจากความเร็วลมผิวพื้น (ความสูง 10 เมตรเหนือพื้นดิน) ส่วนความปั่นป่วนเชิงความร้อนจะพิจารณาจากค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์สำหรับช่วงกลางวัน และใช้ปริมาณการปกคลุมของ

เมฆในท้องฟ้าสำหรับช่วงกลางวัน แบ่งออกเป็น 6 ระดับคือ A, B, C, D, E และ F (ตารางที่ 2.5) โดยระดับ A แสดงถึงบรรยากาศที่ไม่คงตัว D แสดงถึงบรรยากาศเป็นกลาง และ F แสดงถึงบรรยากาศที่ค่อนข้างคงตัว บางครั้งอาจแบ่งถึงระดับ G ในกรณีที่ความเร็วลมต่ำมากในเวลากลางวันซึ่งอากาศมีความคงตัวสูงมาก (Turner, 1994)

ตารางที่ 2.5 ระดับความคงตัวของบรรยากาศตามแบบ Pasquill

surface wind speed (at 10 m) (m/s)	day time Isolation			night-time cloudiness	
	strong ($I > 700$) W/m^2	moderate ($350 \leq I \leq 700$) W/m^2	slight ($I < 350$) W/m^2	thinly overcast or $\geq 4/8$ cloudiness	$\leq 3/8$ cloudiness
<2	A	A-B	B	G	G
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

remark: A: extremely unstable, B: moderately unstable, C: slightly unstable, D: neutral, E: slightly stable, F: moderately stable, G: extremely stable

ที่มา: Turner, 1994

หมายเหตุ:

1. กลางคืน (night time) หมายถึง ช่วงเวลารวมถึง 1 ชั่วโมงก่อนพระอาทิตย์ตกและ 1 ชั่วโมงหลังจากพระอาทิตย์ขึ้น
2. แสงอาทิตย์มาก (strong isolation) หมายถึง องศาพระอาทิตย์กว่า 60° ท้องฟ้าโปร่ง
3. แสงอาทิตย์ปานกลาง (moderate isolation) หมายถึง องศาพระอาทิตย์ ระหว่าง $35^\circ - 60^\circ$ ท้องฟ้าโปร่งหรือองศาว่า 60° แต่ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน
4. แสงอาทิตย์น้อย (slight isolation) หมายถึง ช่วงที่ท้องฟ้าโปร่งและมีองศาพระอาทิตย์ ระหว่าง $15^\circ - 35^\circ$ หรือช่วงหน้าร้อนที่มีเมฆมาก

Turner ได้จำแนกประเภทของความคงตัวของบรรยากาศโดยดัดแปลงจาก Pasquill โดยพิจารณาจากความเร็วลมและค่าดัชนีการแผ่รังสีช่วงรวม 4 ถึง -2 แบ่งได้ 7 ระดับ ดังตารางที่ 2.6 Schnelle and Dey, 1999) โดยที่

1. ถ้าการปกคลุมของเมฆทั้งหมดเป็น 10/10 และ น้อยกว่า 7000 ฟุต ให้ใช้ค่าดัชนีการแผ่รังสีรวมเป็น 0 ทั้งกลางวันและกลางคืน

2. ช่วงกลางคืน

2.1 ถ้าการปกคลุมของเมฆทั้งหมด $< 4/10$ ใช้ค่าดัชนีการแผ่รังสีรวมเท่ากับ -2

2.2 ถ้าการปกคลุมของเมฆทั้งหมด $> 4/10$ ใช้ค่าดัชนีการแผ่รังสีรวมเท่ากับ -1

3. ช่วงกลางวัน

3.1 จำแนกประเภทการแผ่รังสีตามตารางที่ 2.8

3.2 ถ้าการปกคลุมของเมฆ $< 5/10$ ใช้ดัชนีการแผ่รังสีรวมตามตารางที่ 2.7

3.3 ถ้าการปกคลุมของเมฆทั้งหมด $> 5/10$ ใช้ค่าดัชนีการแผ่รังสีรวมดังนี้

3.3.1 ถ้า ceiling < 7000 ฟุต ให้ใช้ค่าเท่ากับ -2

3.3.2 ถ้า ceiling > 7000 ฟุต แต่ $< 16,000$ ฟุต ให้ใช้ค่าเท่ากับ -1

3.3.3 ถ้าการปกคลุมของเมฆเท่ากับ 10/10 ให้ใช้ค่าเท่ากับ -1 (กรณี ceiling > 7000 ฟุต)

3.3.4 ถ้าค่าตัวเลขการแผ่รังสีนอกเหนือกรณี 1-3 ให้ใช้ค่าตัวเลขการแผ่รังสีเท่ากับค่าการแผ่รังสีนั้นๆ

3.3.5 ถ้าค่าตัวเลขการแผ่รังสีน้อยกว่า 1 ให้ใช้ค่าเท่ากับ 1

3.3.6 ให้ใช้ค่าดัชนีการแผ่รังสีในตารางที่ 2.7 สัมพันธ์กับค่าตัวเลขการแผ่รังสี

ตารางที่ 2.6 ระดับความคงตัวบรรยากาศแบ่งตามดัชนีการแผ่รังสีรวมและความเร็วลม

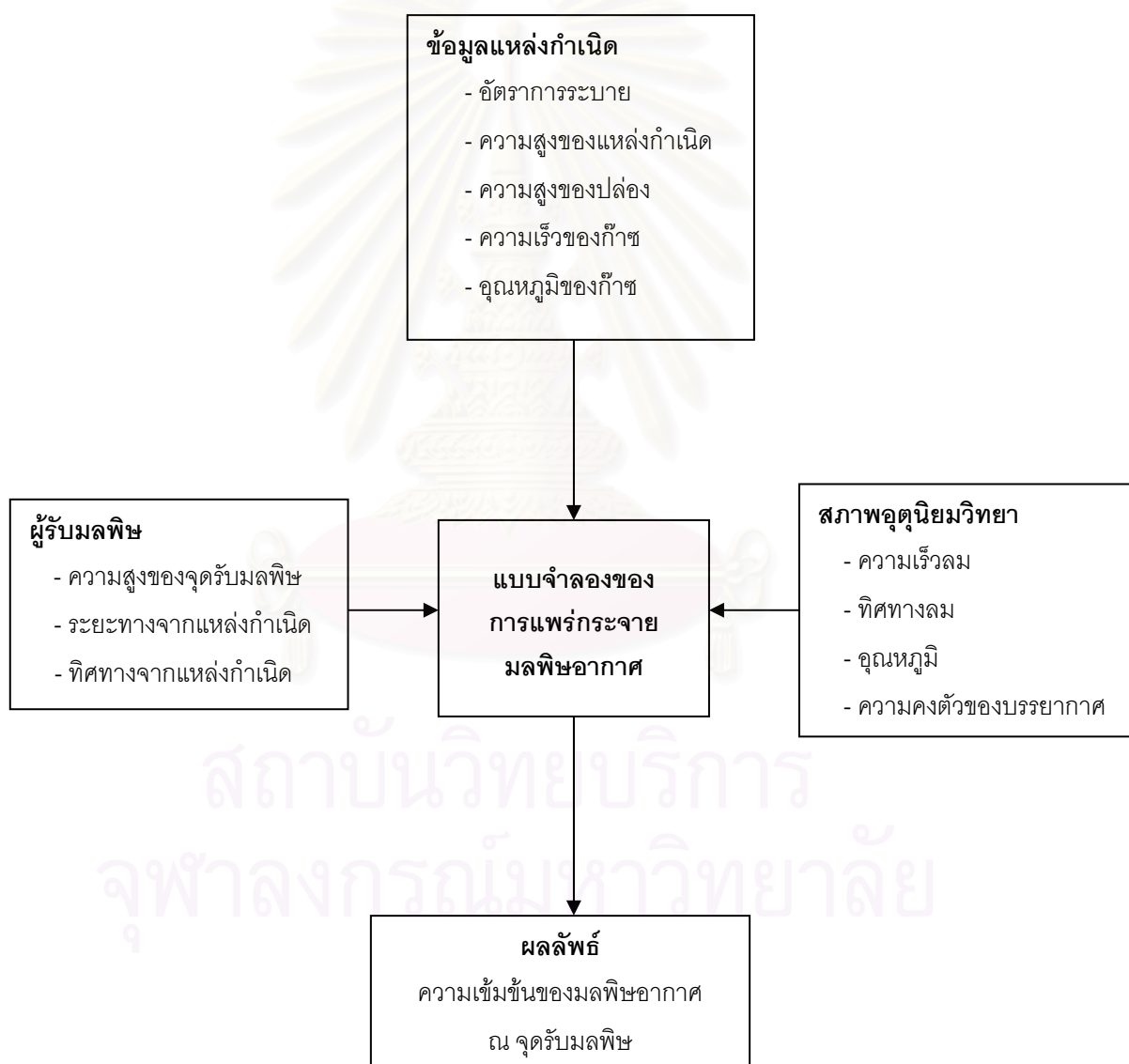
wind speed (knot)	net radiation index						
	4	3	2	1	2	-1	-2
0,1	1	1	2	3	4	6	7
2,3	1	2	2	3	4	6	7
4,5	1	2	3	4	4	5	6
6	2	2	3	4	4	5	6
7	2	2	3	4	4	4	5
8,9	2	3	3	4	4	4	5
10	3	3	4	4	4	4	5
11	3	3	4	4	4	4	4
≥ 12	3	4	4	4	4	4	4

ที่มา: Schnelle และ Dey, 1999

ตารางที่ 2.7 การแผ่รังสีตาม solar altitude

solar altitude (a)	Insolation	Insolation class number
$60 < a$	strong	4
$35 < a < 60$	moderate	3
$15 < a < 35$	slight	2
$a < 15$	weak	1

ที่มา: Schnelle และ Dey, 1999



รูปที่ 2.7 หลักการทำงานของแบบจำลองคุณภาพอากาศ

ที่มา: Turner, 1994

ตารางที่ 2.8 ข้อดีและข้อเสียของการตรวจวัดสารมลพิษในอากาศกับการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (แสงสันต์ พานิช, 2541, นพภาพร พานิชและแสงสันต์ พานิช, 2544)

วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย
การตรวจวัดสารมลพิษในอากาศ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ได้ค่าความเข้มข้นของมลพิษในอากาศที่ถูกต้อง ความผิดพลาดอยู่ที่การวิเคราะห์ 2. หากตรวจวัดต่อเนื่องอย่างมีหลักเกณฑ์จะสามารถยืนยันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างถูกต้องที่สุด (เฉพาะจุดที่ตรวจวัด) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. เครื่องมือที่ใช้มีราคาแพง 2. ไม่สามารถตั้งเครื่องมือไว้ต่อเนื่องได้เป็นเวลานานและหลายๆ จุดให้เพียงพอ 3. ในกรณีที่ยังไม่ได้สร้างหรือมีแหล่งกำเนิดมลพิษ จะเป็นการวัดความเข้มข้นของมลพิษที่มีอยู่เพื่อใช้เปรียบเทียบในอนาคตเท่านั้นไม่สามารถนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบ 4. ถ้าไม่สามารถตรวจวัดได้เป็นเวลานานและหลายจุดเพียงพอจะทำให้การประเมินผลกระทบผิดพลาดได้เนื่องจากความผันแปรของอตุณิยมวิทยา
การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	<ol style="list-style-type: none"> 1. สามารถประเมินผลกระทบทุกกรณีที่ทราบหรือคาดคะเนจากแหล่งกำเนิดมลพิษและสภาพอตุณิยมวิทยา จึงสามารถใช้ประเมินผลกระทบจากแหล่งกำเนิดที่ยังไม่ได้สร้างหรือมีขึ้น 2. มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการตรวจวัดจริงแต่ให้ผลที่กว้างขวางและละเอียดกว่า 	<ol style="list-style-type: none"> 1. หากข้อมูลแหล่งกำเนิดหรือสภาพอตุณิยมวิทยามีความคลาดเคลื่อน การประเมินก็จะให้ผลผิดพลาดไปด้วย 2. ความผิดพลาดของข้อมูลแหล่งกำเนิด เช่น อัตราการปล่อยสารมลพิษจะทำให้ผลที่คำนวณได้ผิดพลาดไปในสัดส่วนเดียวกัน

ตารางที่ 2.8 ข้อดีและข้อเสียของการตรวจวัดสารมลพิษในอากาศกับการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

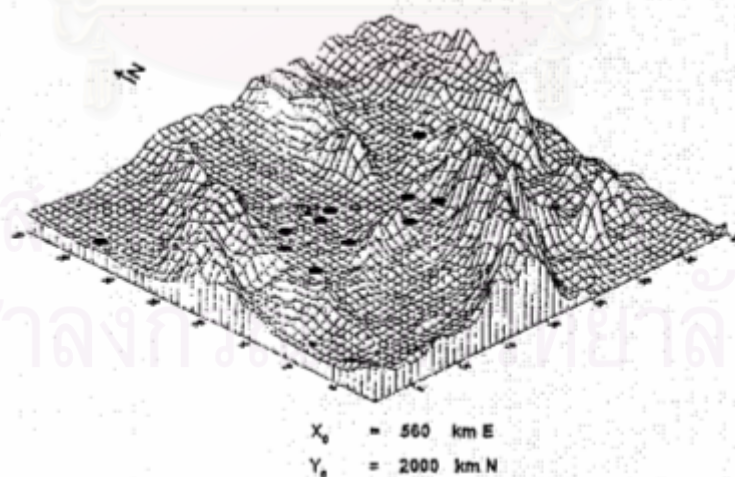
วิธีการ	ข้อดี	ข้อเสีย
การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	<p>3. สามารถทราบผลได้อย่างรวดเร็ว จึงเป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบเบื้องต้นที่ดี เช่น การเลือกจุดตรวจวัดที่เหมาะสมหรือประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงแหล่งกำเนิด</p> <p>4. สามารถใช้ในการคาดการณ์ในกรณีเกิดอุบัติเหตุการรั่วไหลของก๊าซพิษ ซึ่งช่วยป้องกันอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงาน</p>	<p>3. ความผิดพลาดของข้อมูลอื่นๆ เช่น ความสูงของปล่อง อุณหภูมิ หรือความเร็วและทิศทางลมจะทำให้ผลที่คำนวณผิดพลาดมากขึ้นแล้วแต่กรณี</p> <p>4. เนื่องจากผลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความสวยงาม น่าเชื่อถือจึงอาจได้รับการยอมรับและเชื่อถือมากเกินไปกว่าความถูกต้องของแบบจำลอง ซึ่งควรมีการตรวจสอบความถูกต้องและยืนยันผลการตรวจวัดจริงอยู่เสมอ</p>
การใช้ทั้งสองวิธีเสริมกัน	<p>1. ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถได้ผลอย่างรวดเร็ว เพื่อแสดงจุดที่คาดว่าจะมีผลกระทบสูงแล้วจึงตั้งจุดตรวจวัดด้วยวิธีการเคมีหรือฟิสิกส์ที่จุดนั้นๆ</p> <p>2. นำผลการตรวจวัดที่ได้จริงนั้นมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อปรับแต่งข้อมูลที่ใช้กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น</p>	

2.7 แม่เมาะ

2.7.1 ลักษณะภูมิประเทศและสภาพทางอุตุนิยมวิทยา

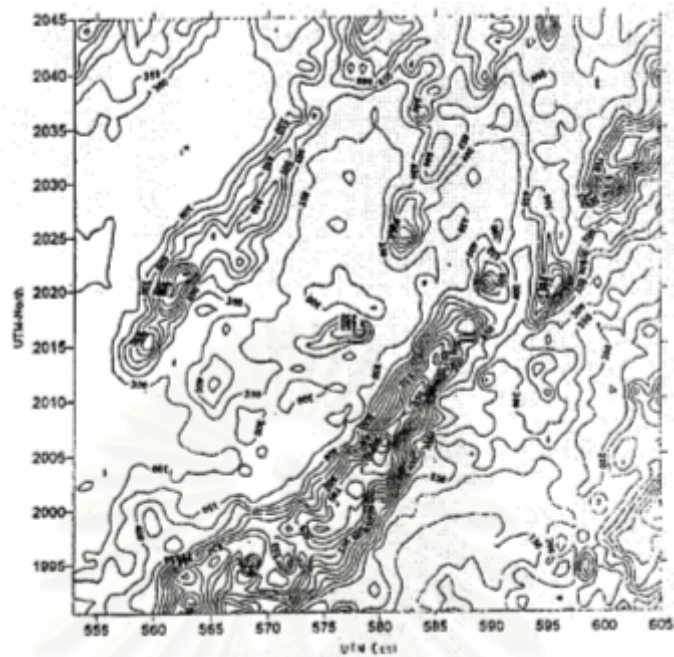
แอ่งแม่เมาะตั้งอยู่ในพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ที่ละติจูด $18^{\circ} 18' 21''$ เหนือ และลองจิจูด $99^{\circ} 44' 02''$ มีพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบหุบเขา ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 150 ตารางกิโลเมตร กว้างประมาณ 9 กิโลเมตร ยาวประมาณ 17 กิโลเมตร ทอดยาวตามแนวทิศเหนือ-ใต้ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, ฝ่ายการผลิตโรงไฟฟ้าแม่เมาะ, 2544) รูปที่ 2.8 และ 2.9 บริเวณที่ราบมีความสูงประมาณ 320-360 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ระดับความสูงรอบ ๆ ภูเขาประมาณ 500-750 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล ประกอบด้วยพื้นที่ชั้นล่างแบนจนถึงเป็นลูกคลื่น

พื้นที่แม่เมาะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม) และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์) อุณหภูมิค่อนข้างผันแปร อุณหภูมิสูงสุดในเดือนเมษายนซึ่งสูงมากกว่า 30°C และต่ำสุดในเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคมซึ่งมีอุณหภูมิตั้งแต่ 20°C ในช่วงเวลากลางวันเนื่องจากได้รับความร้อนจึงทำให้ลมพัดในทิศทางพัดจากหุบเขาขึ้นสู่ยอดเขา ในทางตรงกันข้ามกับเวลากลางคืนที่ทิศลมจะพัดตรงข้าม แสดงดังรูปที่ 2.10 อีกทั้งทิศทางของควันที่ปล่อยออกจากโรงไฟฟ้าก็แตกต่างกันในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน แสดงดังรูปที่ 2.11

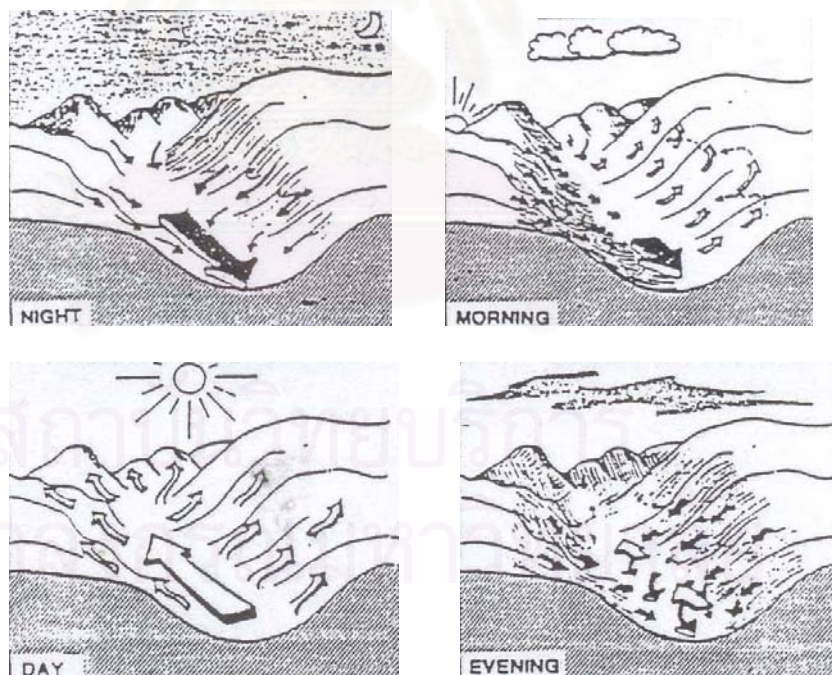


รูปที่ 2.8 ลักษณะพื้นที่แอ่งแม่เมาะในรูปแบบ 3 มิติ

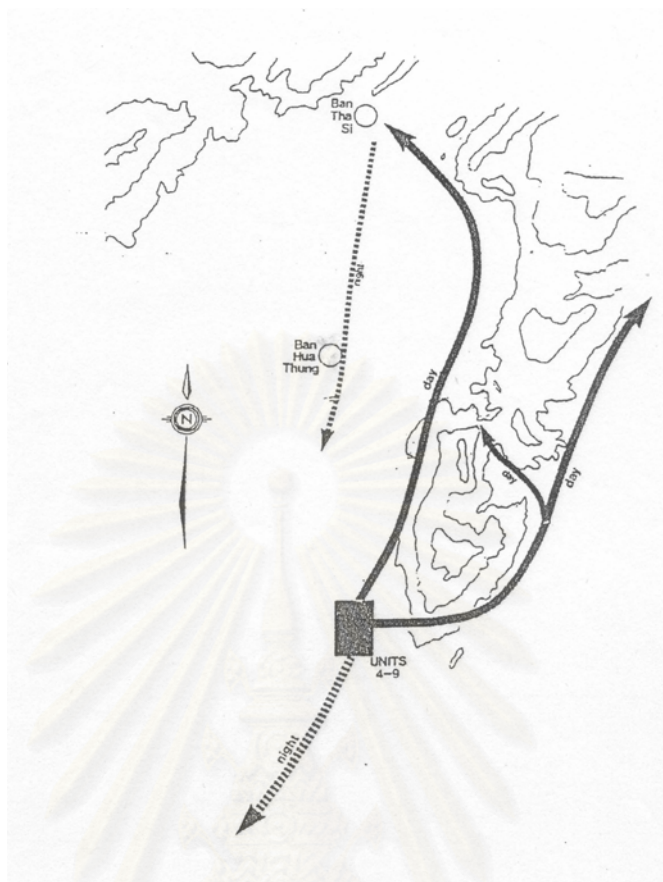
ที่มา: Piromyaporn, 2000a cited in PCD, 1998



รูปที่ 2.9 ลักษณะพื้นที่ของแอ่งแม่เมาะ
ที่มา: Kowalewsky, 1998



รูปที่ 2.10 รูปแบบของลมที่พัดบริเวณหุบเขาในเวลากลางวันและกลางคืน
ที่มา: Doolgindachbaporn, 1995 อ้างถึง PICKETT, 1987

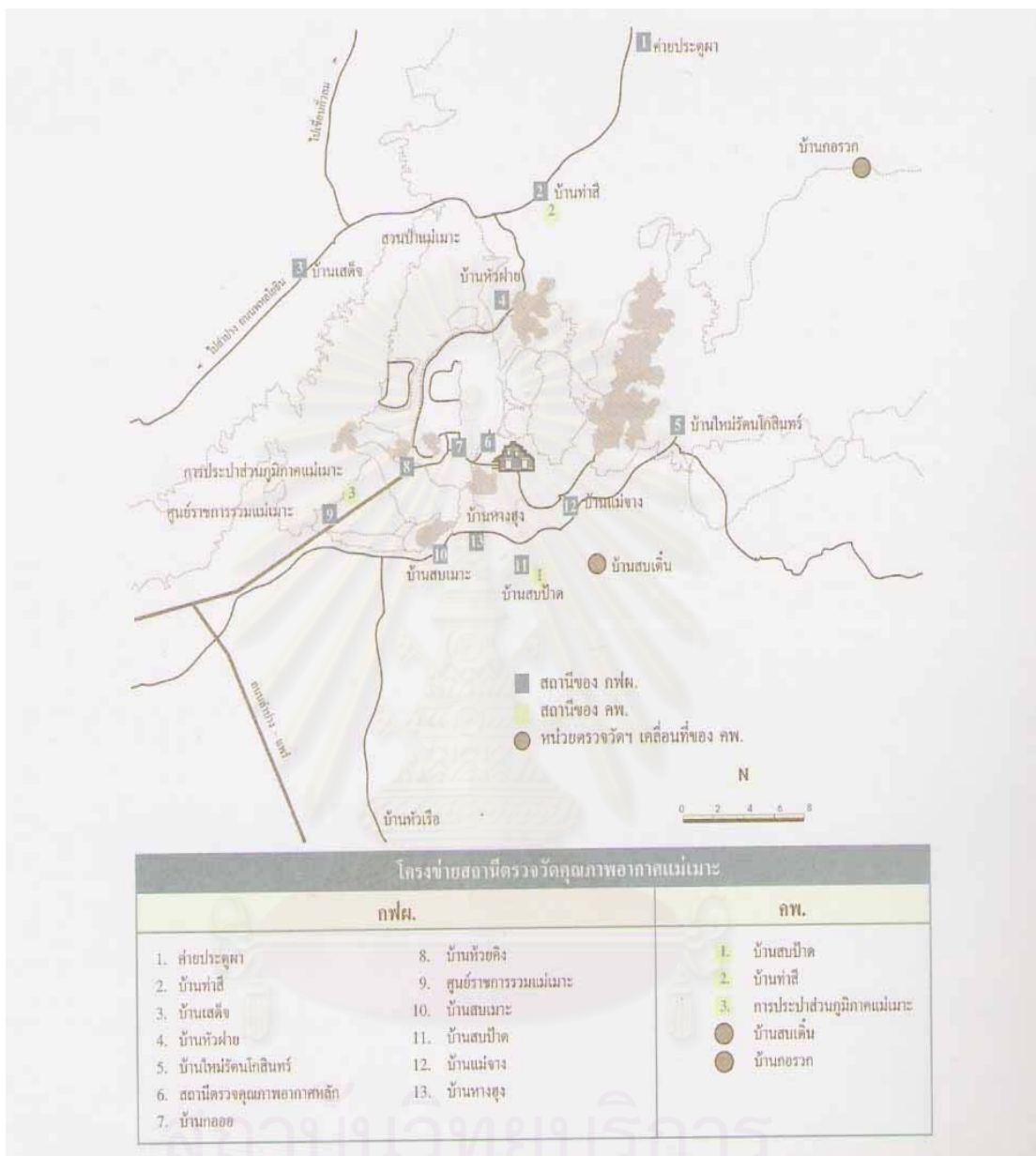


รูปที่ 2.11 ทิศทางของควันในเวลากลางวันและกลางคืน

ที่มา: Piromyaporn, 2000b cited in Sargent and Lubdy, 1994

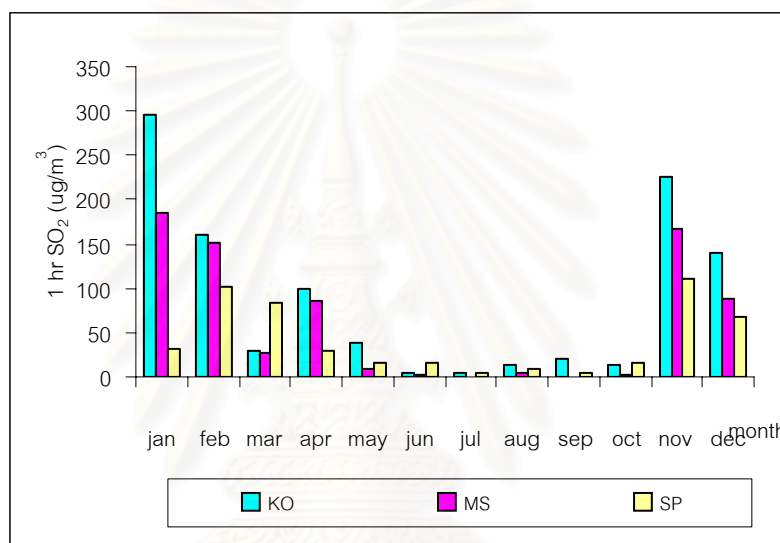
2.7.2 ระดับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในพื้นที่แม่เมาะ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตเริ่มจัดตั้งเครือข่ายในการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศมาตั้งแต่ 1981 ในปัจจุบันนี้มีทั้งหมด 18 สถานี รูปที่ 2.12 ทำการติดตามตรวจสอบมลสารทั้งหมด 8 ชนิด คือ SO_2 , NO, NO_2 , NO_x , CO, O_3 , TSP, PM_{10} และตรวจวัดสภาพอุตุนิยมวิทยาในระดับผิวพื้นที่ 10 เมตร และ 100 เมตร (ตรวจวัดที่ความสูง 10, 50 และ 100 เมตร) ได้แก่ อุณหภูมิของบรรยากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์, ความกดอากาศ, ทิศทางลมและความเร็วลม ตรวจวัดอุตุนิยมวิทยา ระดับบนด้วย doppler sodar ประกอบด้วย ทิศทาง, ความเร็วลม, อุณหภูมิ, ความคงตัวของบรรยากาศ และค่าความสูงผสม ทุก ๆ 25 เมตรจาก 50 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลจนถึง 525 เมตร

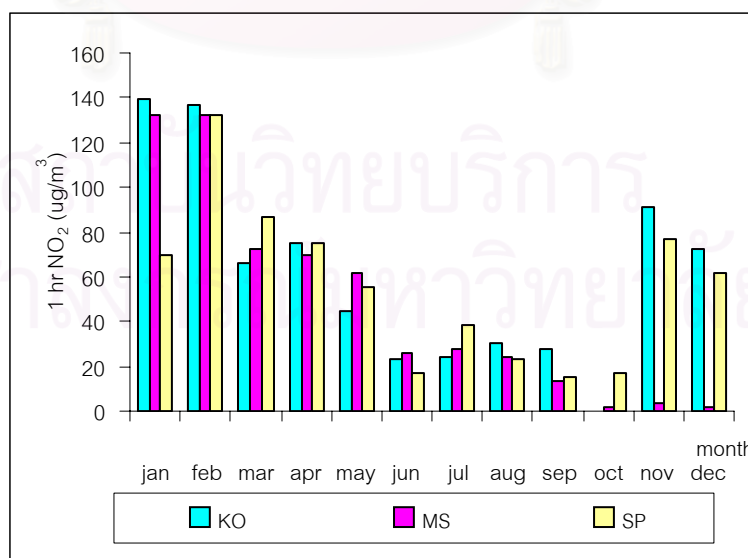


รูปที่ 2.12 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่แม่เมาะ
 ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, 2544b: 32

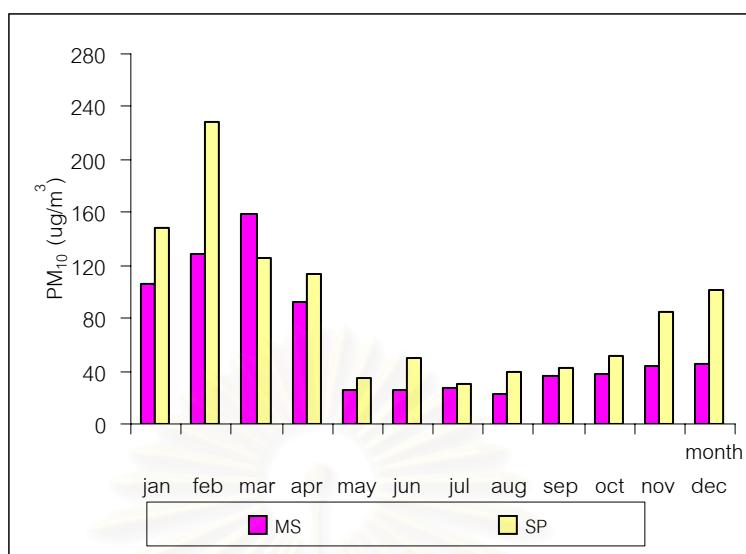
จากรูปที่ 2.13-2.15 แสดงปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่บ้านกอ-อ (ko) สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก (ms) และบ้านสบป่าด (sp) ในปี พ.ศ. 2544 พบว่าในช่วงฤดูหนาวก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจะมีปริมาณสูงและลดลงในช่วงฤดูฝน โดยที่ค่าระดับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่มีค่าเกินมาตรฐานเนื่องมาจากกิจกรรมในบริเวณเหมืองและที่ทิ้งดิน รวมทั้งกิจกรรมการขนถ่ายถ่านลิกไนต์และถ่านลอย



รูปที่ 2.13 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงในพื้นที่แม่เมาะปี 2544



รูปที่ 2.14 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงในพื้นที่แม่เมาะปี 2544



รูปที่ 2.15 ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมงในพื้นที่แม่เมาะปี 2544

2.8 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 งานวิจัยด้าน passive sampler

passive sampler ถูกนำมาใช้แพร่หลายในการตรวจวัดการรับสัมผัสมลพิษในสถานประกอบการแต่ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา passive sampler ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการติดตามตรวจสอบสารมลพิษอากาศในบรรยากาศมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเหมาะสำหรับการตรวจวัดแบบต่อเนื่องและการตรวจวัดแบบ multipoint อีกทั้งโครงสร้างไม่ซับซ้อนสะดวกต่อการใช้งาน มีราคาถูก และไม่ต้องใช้แบตเตอรี่หรือปั๊ม มีงานวิจัยหลาย ๆ เรื่องชี้ให้เห็นว่า passive sampler สามารถใช้เป็นวิธีมาตรฐานในการตรวจวัดสารมลพิษในบรรยากาศ เช่นผลการเปรียบเทียบวิธีการตรวจวัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ Virolahti ทางตะวันออกเฉียงใต้ของ Finland ทั้งหมด 4 วิธีคือ 2,3 stage filter pack, absorption solution, monitor และ passive sampler พบว่าวิธี passive sampling ให้ผลที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นและวิธีการตรวจวัดด้วย passive sampler สามารถใช้แทนวิธี absorption solution ได้ (Makkonen และ Juntto, 1997) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Krochmal และ Kalina (1997) ที่ชี้ให้เห็นว่าสามารถใช้ passive sampler ในการตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระดับสเกลใหญ่ ๆ ได้ ส่วน Ayers et al. (1998) ได้นำ passive sampler ที่ออกแบบโดย Ferm (1991) มาทดสอบในการตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ประเทศออสเตรเลียซึ่งพบว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดด้วย passive

sampler ให้ค่าที่สอดคล้องกับผลที่ได้จาก active sampler ในการศึกษาของ Panter et al. (1999) ได้เปรียบเทียบวิธีการในการตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive sampling โดยใช้ passive sampler ที่พัฒนาจาก Ferm (1991) และวิธี active sampling (chemiluminescence detector) ที่เมือง Traralgon และเมือง Moe ใน Latrobe Valley ประเทศออสเตรเลียโดยทำการตรวจวัดจำนวน 14 คู่ตัวอย่างระยะเวลาการตรวจวัด 7 วัน ผลการศึกษาพบว่าปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี passive และวิธี active ที่ Traralgon มีค่าเท่ากับ 6.60 ± 1.57 ppb และ 7.16 ± 1.44 ppb ตามลำดับ และค่า mean difference สำหรับทุกคู่เท่ากับ 0.436 ส่วนปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี passive และวิธี active ที่ Moe มีค่าเท่ากับ 5.29 ± 1.67 ppb และ 5.15 ± 1.89 ppb ตามลำดับ และค่า mean difference สำหรับทุกคู่เท่ากับ 0.436 ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากวิธีการตรวจวัดทั้งสองวิธีที่ความเชื่อมั่น 95% นอกจากนี้ Panther และ Martin (2001) นำ passive sampler ที่พัฒนาโดย Ferm มาใช้ในการตรวจวัด NO_2 , SO_2 , และ O_3 ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร พบว่าผลการตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์วิธี passive กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วยวิธี active ให้ผลที่สอดคล้องกันแต่ผลการตรวจวัดโอโซนด้วย passive sampler ให้ค่าต่ำกว่า

การศึกษาของ Ferm และ Svanberg (1998) ศึกษาประสิทธิภาพของเทคนิคการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์แบบ passive และ active ในเขตเมืองประเทศสวีเดนพบว่าเทคนิคทั้งสองให้ค่าสอดคล้องกันที่ ca. $\pm 15\%$ Keywood et al. (1998) ใช้ passive sampler ที่พัฒนาโดย CSIRO ตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และเปรียบเทียบค่าระหว่าง passive และ active ด้วยสหสัมพันธ์ถดถอยพบว่ามีความสัมพันธ์กัน กฤติมา ทศชนะ (2543) เปรียบเทียบปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการเก็บด้วย passive sampler และจากเครื่องมือ chemiluminescence detector (active sampler) ด้วย linear regression พบว่ามีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นสูง ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเท่ากับ 0.995 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ และมีสมการความถดถอยดังนี้ chemiluminescence detector = 0.269 passive sampler + 15.362 Yamada et al. (1999) ได้นำ passive sampler มาวิเคราะห์หาไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และโอโซน บริเวณภูเขา Hiei ในเมืองเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น ทั้งหมด 13 จุดตามความสูง เก็บตัวอย่างทั้งหมด 13 จุด พบว่า Yanagisawa-type และ Ogawa-type passive sampler สามารถใช้ในการตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และโอโซนในเขตภูเขาได้แต่ระยะเวลาในการตรวจวัดโอโซนต้องมากกว่า 10 วัน อุณหภูมิและความชื้นไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับ ค่า RSD ของ

ไนโตรเจนไดออกไซด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และโอโซนเท่ากับ 1.4%, 3-10% และ 2-5% ตามลำดับ ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงตามความชื้นของภูเขาทั้งแบบรายวันและฤดูกาล โดยที่มีค่าสูงสุดในฤดูหนาวและต่ำสุดในฤดูร้อน มีค่าลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าต่ำกว่าไนโตรเจนไดออกไซด์และค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งมีค่าสูงที่สุดที่ระดับความสูง 600-700 เมตร ความเข้มข้นของโอโซนเพิ่มขึ้นตามความสูงที่เพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดในฤดูใบไม้ผลิและต่ำสุดในฤดูหนาว นอกจากนี้ Lee, Yanagisawa, Spengler และ Davis (1995) ได้ประเมินความเที่ยงตรงของ nitrogen dioxide diffusive badge ด้วยวิธีการตรวจวัดซ้ำ ผลที่ได้พบว่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์มีค่า 0.9779

2.8.2 ผู้ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับผู้ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่มีผลต่อบุคคลได้รวบรวมไว้ ดังนี้ Monn et al. (1997) ศึกษาความสัมพันธ์ของผู้ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนและผู้ขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในที่พักอาศัย นอกที่พักอาศัย และปริมาณที่บุคคลรับสัมผัสในสวิสเซอร์แลนด์พบว่า ปริมาณที่บุคคลรับสัมผัสมีค่ามากกว่าความเข้มข้นของสารมลพิษภายในที่พักอาศัย และมีความสัมพันธ์กับระดับมลพิษภายนอกที่พักอาศัย ซึ่งสัดส่วนของผู้ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนภายในที่พักอาศัยต่อภายนอกที่พักอาศัยมีค่าประมาณ 0.7 Janssen et al. (1999) ศึกษาความสัมพันธ์ของผู้ละอองขนาดเล็ก ที่แต่ละคนได้รับกับที่พบในบรรยากาศ โดยศึกษาในเด็กที่อาศัยอยู่ในเมือง Wageningen ประเทศเนเธอร์แลนด์ พบว่าปริมาณที่ได้รับในแต่ละคนนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนกับปริมาณผู้ละอองขนาดเล็กและผู้ละอองขนาดเล็กที่มีในบรรยากาศในเวลาที่เด็กไม่ได้อยู่ในห้องเรียน โดยที่แต่ละคนได้รับฝุ่นนั้นมีค่ามากกว่าที่พบในบรรยากาศ $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ งานวิจัยของ Jinsart et al. (1999) ซึ่งเก็บตัวอย่างผู้ละอองขนาดเล็กกรัมต่อนในกรุงเทพฯ นนทบุรีและอยุธยา ด้วยเครื่องเก็บอากาศเฉพาะแบบบุคคล ติดหัวแยกขนาดฝุ่นอิมแพคเตอร์ เมื่อเปรียบเทียบค่าผู้ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่เก็บได้กับค่าที่เก็บจากเครื่อง high volumn ของกรมควบคุมมลพิษ พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมากมีนัยสำคัญทางสถิติ ($R=0.92$) อูมา เสวตสกุลานนท์ (2540) ศึกษาผลของผู้ละอองที่มีต่ออัตราการซึมผ่านของสารรังสีไอโซโทป TC-99M DTPA ของปอดตำรวจจราจรในกรุงเทพมหานคร โดยเก็บผู้ละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน โดยใช้ เครื่องเก็บอากาศแบบพกติดตัว (personal sampler) พบว่าปริมาณฝุ่นเฉลี่ยสูงสุดคือ บริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิมีค่าเท่ากับ 0.42 ± 0.29 และ $0.40 \pm 0.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และพบว่าปริมาณผู้ละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน มีความสัมพันธ์กับค่าอัตราการซึมผ่านของสารเภสัชรังสีในปอด วนิดา ทรัพย์สุข (2543) ศึกษาผลของผู้ขนาดเล็กและก๊าซไนโตรเจน

ได้ออกไซด์ภายในที่พักอาศัยที่มีต่อสุขภาพของแม่บ้านและเด็กในกรุงเทพมหานครโดยปริมาณ NO_2 นั้นพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นและค่าพารามิเตอร์สมรรถภาพปอด สมานชัย เลิศกมลวิทย์ (2543) วัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศเฉพาะบุคคลติดหัวแยกฝุ่นอิมแพคเตอร์ และเปรียบเทียบค่าที่ได้กับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบเทปใช้รังสีเบต้าที่สถานเฝ้าระวังดินแดงของกรมควบคุมมลพิษ พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($r = 0.948$, $p = 0.004$) ศิริวรรณ แก้วงาม (2543) เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{10} ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง High volume air sampler และ personal air sampler ด้วย paired sample t-test พบว่าเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่างที่เท่าเทียมกัน ที่ความเชื่อมั่น 95% และจากการหาค่าความสัมพันธ์ของสมการเส้นถดถอยด้วยวิธี linear regression ซึ่งให้เห็นว่าฝุ่นละออง PM_{10} ที่เก็บจากเครื่องมือ 2 ชนิดนี้มีความสัมพันธ์กันดี และแปรตามกัน ($r = 0.824$)

2.8.3 งานวิจัยด้านแบบจำลองคุณภาพอากาศ ISCST3

การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในบรรยากาศเป็นวิธีที่ใช้แพร่หลายในการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศซึ่งมีผลต่อผู้รับมลพิษ วราวุธ เสือดี (2541) ศึกษามลภาวะอากาศในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิตพร้อมคำนวณสารมลพิษอากาศด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISCST พบว่าความเข้มข้น 24 ชั่วโมงสูงสุดของฝุ่นละอองเท่ากับ 79.3 ug/m^3 การศึกษาของนุจริย์ ชูวิเชียร (2542) เปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISC และ AUSPLUME ในการทำนายความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พบว่าการทำนายความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$) แต่ค่าเฉลี่ยจากการทำนายด้วยแบบจำลองทั้งสองใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างอยู่ในช่วง $0.01\text{-}3.91 \text{ ug/m}^3$ และมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง นั่นคือการทำนายความเข้มข้นด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISC และ AUSPLUME สามารถทำนายผลซึ่งกันและกันได้ด้วยความถูกต้องร้อยละ 93.8 กนิษฐา ผจญอรិพ่าย (2544) ใช้แบบจำลอง ISCST3 เพื่อคำนวณความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่เกิดจากโรงไหมหินจำนวน 48 โรงในตำบลหน้าพระลานและบริเวณใกล้เคียง ผลที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองให้ค่าต่ำกว่าค่าการตรวจวัดจริง

Taylor (1996) ได้ทดสอบแบบจำลอง ISCST3 เพื่อประเมินความเข้มข้นรายชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดจากโรงงานที่ North Carolina พบว่าภายในระยะทาง 1 กิโลเมตร แบบจำลองนี้ให้ผลที่ดีในสภาวะที่ความคงตัวบรรยากาศอยู่ในระดับปกติและที่สภาวะที่มีความคงตัว แต่ให้ผลที่ต่ำในสภาวะที่ไม่คงตัว จากรายงานการวิจัยของ การศึกษาของ Kumar, Bellam และ Sud (1999) ซึ่งใช้แบบจำลอง ISCST และ ISCLT ในการพยากรณ์ความเข้มข้นซัลเฟอร์ ไดออกไซด์รายเดือนและรายปีในพื้นที่ชุมชนเมือง ซึ่งค่าที่ได้จากแบบจำลองทั้งสองชนิดให้ค่าต่ำกว่าค่าที่ตรวจวัด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง ISCST และ ISCLT พบว่า ISCST ให้ค่าที่ใกล้เคียงกว่าดังนั้น ISCST3 จึงมีความเหมาะสมมากกว่าในการพยากรณ์ ส่วน Hyde et al. (1999) ประเมินค่าฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วย ISCST3 โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทำนายกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดพบว่าแบบจำลองให้ผลที่ต่ำกว่าค่าที่ตรวจวัดจริง ประมาณ 25% และในการศึกษาของ Kouchi et al. (2001) ซึ่งได้พัฒนาแบบจำลองการแพร่กระจายทางอากาศเพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมโดยใช้แบบจำลอง ISC ซึ่งตัวแปรที่มีการปรับเปลี่ยน ได้แก่ ความสูงของปล่อง ความเร็วลม ตำแหน่งของแหล่งกำเนิด โดยขึ้นกับความกว้างของอาคาร ความสูงของอาคาร การจัดเรียงตัวของอาคาร พบว่าแบบจำลองที่มีการปรับแล้วจะให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด ($r=0.927$) มากกว่าแบบจำลองที่ไม่ได้ปรับ ($r=0.652$) Taylor (1996) ทดสอบ ISCST3 โดยนำผลที่ได้จากการคำนวณเทียบกับค่าตรวจวัดจริงพบว่าแบบจำลองให้ผลที่ดีในสภาพบรรยากาศที่เป็นกลางและมีความคงตัวแต่จะให้ค่าต่ำในสภาพบรรยากาศที่ไม่คงตัว Patel และ Kumar (1998) ประเมินความเข้มข้นของ mercury ด้วย ISCST2 และ ISCLT2 พบว่า ISCST2 ให้ผลการทำนายที่สอดคล้องกับค่าตรวจวัดจริงขณะที่ ISCLT2 ให้ค่าต่ำกว่าค่าตรวจวัด สรุปว่าแบบจำลอง ISCST2 ให้ผลที่ดีว่าแบบจำลอง ISCLT2

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบวิธีการตรวจวัดสารมลพิษอากาศในพื้นที่แม่เมาะ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ 1.) การตรวจวัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธี passive โดยใช้ passive sampler และเปรียบเทียบกับวิธี active ด้วยเทคนิค UV-fluorescence 2.) การตรวจไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธี passive โดยใช้ passive sampler และเปรียบเทียบกับวิธี active ด้วยเทคนิค chemilluminescence 3.) การตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วย เครื่องเก็บอากาศเฉพาะบุคคล (personal air sampler) และเปรียบเทียบกับวิธี β -attenuation 4.) คำนวณปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนโดยใช้แบบจำลอง ISCST3 และเปรียบเทียบกับข้อมูลการตรวจวัดจริง

3.1 การดำเนินงาน

3.1.1 ทำการสำรวจเบื้องต้นเพื่อกำหนดพื้นที่ศึกษา เตรียมวัสดุ-อุปกรณ์พร้อมทั้งตรวจสอบเครื่องมือก่อนนำไปใช้งาน ศึกษาการใช้งานแบบจำลอง ISCST3 และรวบรวมเอกสารงานวิจัย

3.1.2 เก็บตัวอย่างปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ด้วย passive sampler และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วย เครื่องเก็บอากาศเฉพาะบุคคล (personal air sampler) ในพื้นที่ศึกษา โดยเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ในช่วงฤดูหนาว (เดือนพฤศจิกายน 2544 ถึง เดือนมกราคม 2545)

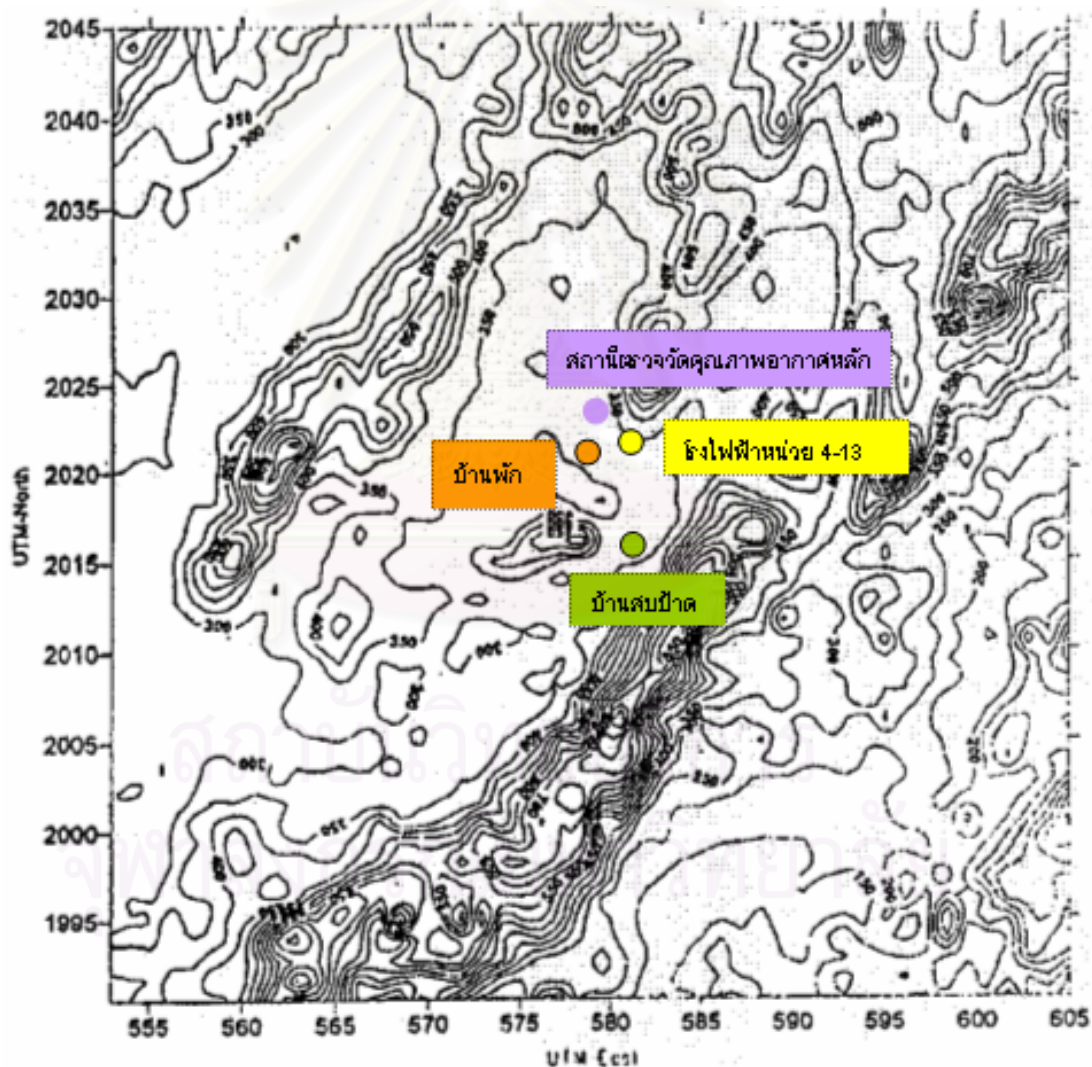
3.1.3 วิเคราะห์ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยเครื่องมือ ion chromatography ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วย spectrophotometer และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก (gravimetric method) ผลที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ

3.1.4 คำนวณปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วยแบบจำลอง ISCST3 เปรียบเทียบผลที่ได้กับผลที่ได้จากการตรวจวัด

3.2 พื้นที่ศึกษา (รูปที่ 3.1)

พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้เป็นพื้นที่บริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปางมีทั้งหมด 3 แห่งดังนี้

1. บ้านพักเรือนรับรอง (ho) ตั้งอยู่ใกล้กับเหมืองถ่านหิน (รูปที่ 3.2)
2. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก (ms) ตั้งอยู่ใกล้โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วย 4-13 (รูปที่ 3.3) ห่าง 2 กิโลเมตร
3. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด (sp) ตั้งอยู่ทางทิศใต้และห่างจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ 5.45 กิโลเมตร (รูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าหน่วย 4-13 และพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 บริเวณ คือ บ้านพักเรือนรับรอง สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด

ที่มา: Kowalewsky, 1998



รูปที่ 3.2 พื้นที่ศึกษาบริเวณบ้านพักเรือนรับรอง (ho)



รูปที่ 3.3 พื้นที่ศึกษาบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก (ms)



รูปที่ 3.4 พื้นที่ศึกษาสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด (sp)

3.3 การตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์โดยใช้ passive sampler

วิธีการตรวจวัดดำเนินการตามวิธีของ Gippsland Centre for Environmental Science มหาวิทยาลัย MONASH ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งพัฒนามาจากวิธีการตรวจวัดของ CSIRO

3.3.1 สารเคมี

3.3.1.1 absorbing solution สารละลายที่ใช้ในการดูดจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

3.3.1.1.1 sodium hydroxide (NaOH)

3.3.1.1.2 methanol (CH_2Cl_2)

3.3.1.2 absorbing solution สารละลายที่ใช้ในการดูดจับก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

3.3.1.2.1 sodium hydroxide (NaOH)

3.3.1.2.2 sodium iodide (NaI)

3.3.1.2.3 methanol (CH_2Cl_2)

3.3.1.3 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

3.3.1.3.1 high purity stock standard sulphate ($1000 \mu\text{g/ml SO}_4^{2-}$)

3.3.1.3.2 working standard sulphate ($10 \mu\text{g/ml SO}_4^{2-}$)

3.3.1.3.3 mobile phase

3.3.1.3.4 sodium carbonate (Na_2CO_3)

3.3.1.3.5 sodium bicarbonate (NaHCO_3)

3.3.1.4 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

3.3.1.4.1 coloring reagent

3.3.1.4.1.1 sulphanilic acid ($4\text{-(NH}_2\text{)C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$)

3.3.1.4.1.2 N-1-napthethylene diamine dihydrochloride

3.3.1.4.1.3 orthophosphoric acid (H_3PO_4)

3.3.1.4.2 NaI solution สำหรับเจือจาง working standard

3.3.1.4.3 stock standard sodium nitrite (0.1 M NaNO_2)

3.3.1.4.4 working standard ($100 \mu\text{M NaNO}_2$)

- 3.3.1.5 demineralised water
- 3.3.1.6 dichloromethane (CH₂Cl₂)
- 3.3.1.7 high purity nitrogen gas 99.99%

3.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.3.2.1 passive sampler เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดก๊าซมลพิษที่อาศัยหลักการแพร่ของโมเลกุลของก๊าซมลพิษผ่านส่วนประกอบที่เปิดและแพร่ผ่าน diffusion barrier โดยมีอัตราการเก็บตัวอย่างคงที่ และก๊าซมลพิษจะถูกจับบนกระดาษกรองที่ทำให้อิมมัลชันด้วยสารประกอบที่ละลายน้ำ และมีความจำเพาะเจาะจงกับสารที่ทำกรตรวจวัดที่ส่วนปิดในส่วนท้ายของอุปกรณ์ ประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

3.3.2.1.1 ตลับใส่กระดาษกรองแบบ 3 ชั้น (filter cascade) ขนาด 37 mm

3.3.2.1.2 กระดาษกรองชนิด Teflon ของ Whatman ขนาด 37 mm
pore size 2 µm

3.3.2.1.3 กระดาษกรองชนิด GF/A ของ Whatman ขนาด 37 mm
pore size 1.6 µm

3.3.2.2 protective shelter

3.3.2.3 ชุดกรองตัวอย่าง ประกอบด้วย

3.3.2.3.1 plastic syringe

3.3.2.3.2 disposable syringe filter (DISMIC-25, Advantec) ชนิด
mixed cellulose ester (hydrophilic) ขนาด 37 mm pore size 0.45 µm

3.3.2.4 ชุดกรอง mobile phase ประกอบด้วย

3.3.2.4.1 ชุดกรอง ของ Millipore

3.3.2.4.2 filter ชนิด GS ขนาด 47 mm pore size 0.22 µm

3.3.2.4.3 pump

3.3.2.5 ion chromatography (Water) ประกอบด้วย pump (Water 600),
detector (Water 432), autosampler (Water 717), suppresser (Alltech) และ Bus SAT/IN

3.3.2.6 Water IC-Pak Anion HC Column 4.6 X 150 mm

3.3.2.7 vial ขนาด 1 ml

3.3.2.8 spectrophotometer บริษัท Thermo Spectronic รุ่น GENESYS20
พร้อม cuvet ขนาด 2 ml

3.3.2.9 volumetric flask ขนาด 50, 100, 1000, 2000 ml

3.3.2.10 ขวดพลาสติก ขนาด 2 L

3.3.2.10 หลอดทดลอง (test tube)

3.3.2.11 บีกเกอร์

3.3.2.12 คีมคีบปลายแหลม (forcep)

3.3.2.13 autopipet (Gilson): P100, P1000, P5000

3.3.2.14 โถดูดความชื้น (desiccator)

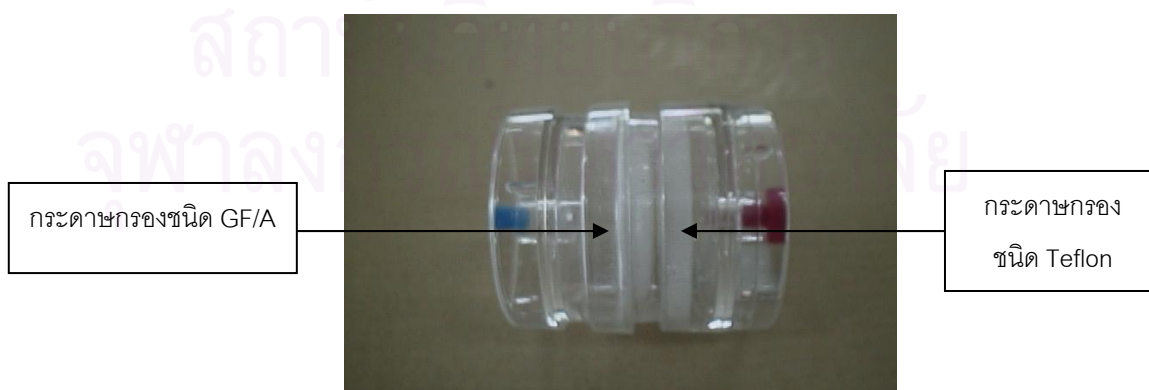
3.3.2.15 ultrasonic bath

3.3.2.16 ถุงซีป (sealable plastic bags) พร้อม label

3.3.2.17 laboratory sealing film ของ Whatman



ก



ข

รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบของ passive sampler

3.3.3 วิธีการการตรวจวัด

3.3.3.1 ทำความสะอาดกระดาศกรงและตลับใส่กระดาศกรงโดยการชะด้วย demineralised water 2 ครั้ง จากนั้นชะด้วยเมธานอล 1 ครั้งและเป่าให้แห้งด้วย high purity nitrogen 99.99%

3.3.3.2 เคลือบกระดาศกรงด้วยสารละลายที่ใช้ในการดูดซับซึ่งจำเพาะกับชนิดของก๊าซที่ทำการตรวจวัดจำนวน 50 μl โดยที่

3.3.3.2.1 ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโซเดียมไอโอดด์ (NaI) เกิดการ reducing เปลี่ยน NO_2 เป็น NO_2^- เกิดปฏิกิริยาดังสมการ 3.1 (Keywood et al., 1998)



3.3.3.2.2 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เคลือบด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งทำปฏิกิริยากับ SO_2 เปลี่ยนเป็น SO_4^{2-} เกิดปฏิกิริยาดังสมการ 3.2 (Panther et al., 1999)



จากนั้นนำกระดาศกรงที่ผ่านการเคลือบสารละลายดูดซับมาเป่าแห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน แล้วบรรจุลงในตลับกระดาศกรง พันรอบตลับใส่กระดาศกรงด้วย laboratory sealing film และเก็บไว้ในถุงซิปล

3.3.3.3 นำ passive sampler ติดตั้งกับ protective shelter และเปิดส่วนประกอบที่ 1 ของ passive sampler ออก บันทึกวัน/เดือน/ปี และเวลาเริ่มการตรวจวัด เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง นาน 5 วันต่อเดือนต่อสถานี

3.3.3.4 หลังระยะเวลาในการตรวจวัด 24 ชั่วโมง ปิด passive sampler ด้วยส่วนประกอบที่ 1 ของ passive sampler พันรอบตลับใส่กระดาศกรงด้วย laboratory sealing film และเก็บไว้ในถุงซิปล บันทึกวัน/เดือน/ปี และเวลาสิ้นสุดการตรวจวัด

3.3.3.5 วิเคราะห์หาปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

3.3.3.5.1 ไนโตรเจนไดออกไซด์ นำกระดาษกรองมาสกัดด้วยน้ำกลั่นปราศจากอิออน 5 ml ทิ้งไว้ข้ามคืน ดูดสารละลายตัวอย่างจำนวน 2 ml ลงในหลอดทดลองจากนั้นเติม coloring solution (N-1naphthylethylenediamine dihydrochloride) จำนวน 4 ml เขย่าและทิ้งไว้ 15 นาที สารละลายตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู จากนั้นวัดปริมาณไนโตรเจนด้วยเครื่องมือ spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

3.3.3.5.2 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นำกระดาษกรองมาสกัดด้วยน้ำกลั่นปราศจากอิออน 5 ml sonicate ใน ultrasonic bath เป็นเวลา 15 นาที กรองตัวอย่างด้วย cellulose syringe filter ลงใน vial ขนาด 1 ml จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตด้วยเครื่องมือ ion chromatography

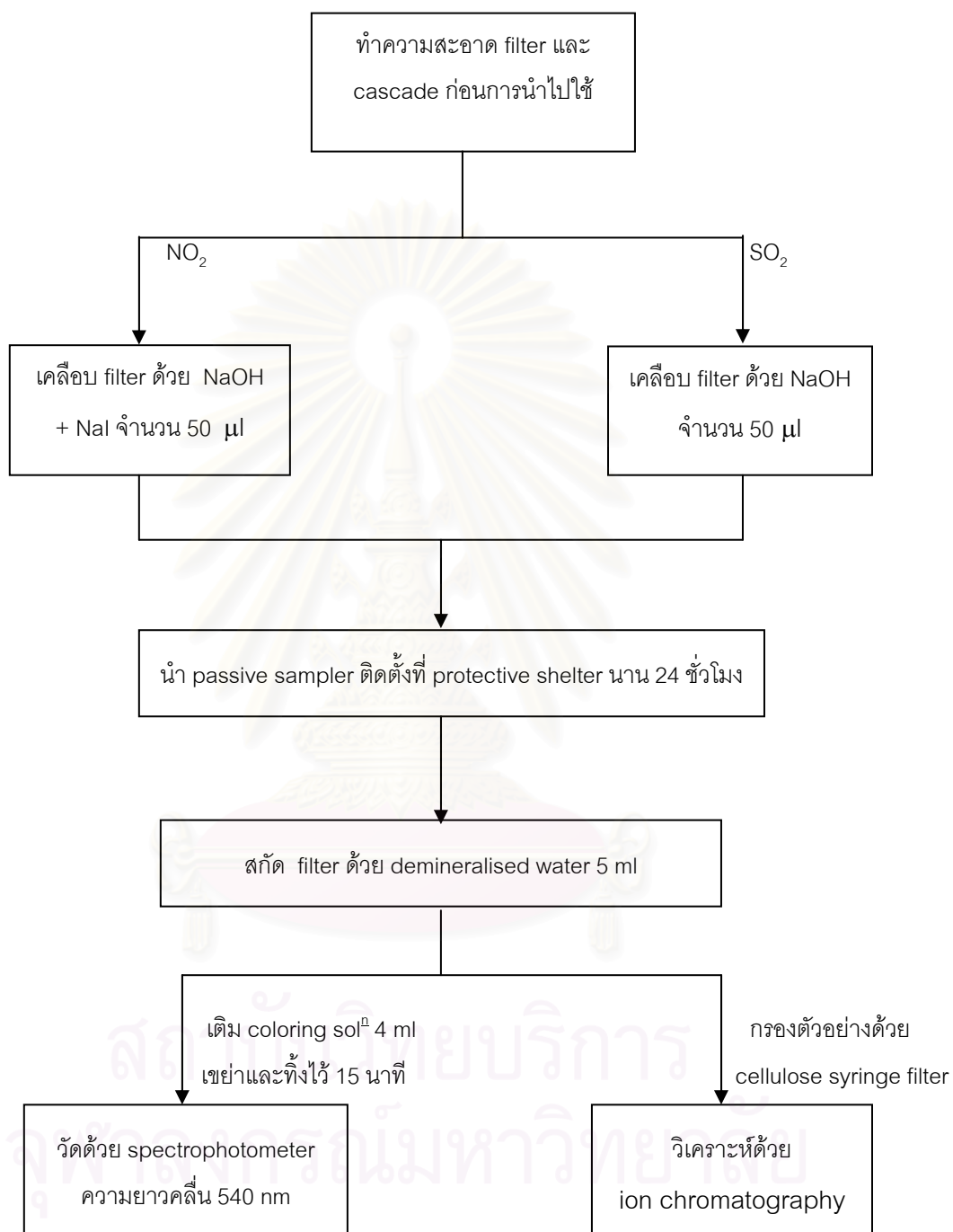
สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์

column	: Water IC-Pak Anion HC Column 4.6 X 150 mm
mobile phase	: 1.7mM Na ₂ CO ₃ /1.8mM NaHCO ₃
flow rate	: 1.5 L/min
time	: 27 min
inject volume	: 50 µl
detector	: conductivity (Water 432)
suppressor	: anion suppressor (Altech)

3.3.3.6 คำนวณความเข้มข้นปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศ



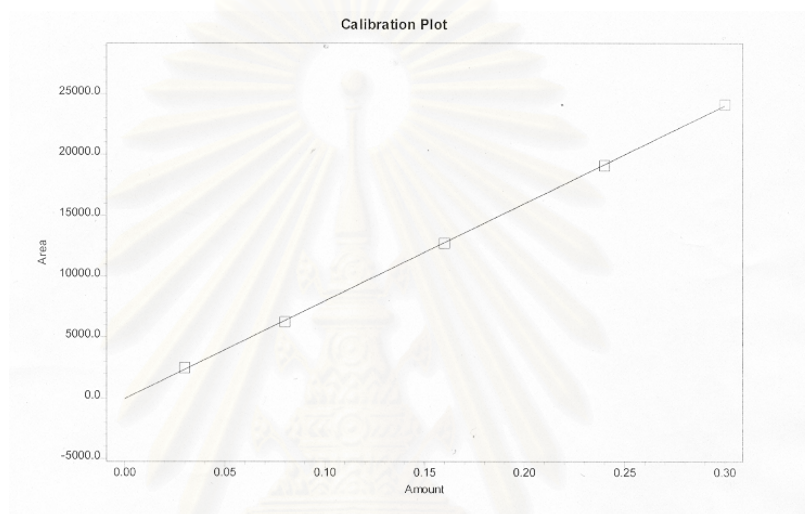
รูปที่ 3.6 การติดตั้ง passive sampler พร้อม protective shield ในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 3.7 วิธีตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

3.3.4 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

3.3.4.1 ซัลเฟอไรโดออกไซด์ ใช้สารละลายมาตรฐาน high purity stock standard sulphate ($1000 \mu\text{g/ml SO}_4^{2-}$) สำหรับการเตรียมกราฟมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.04, 0.08, 0.16, 0.24 และ $0.3 \mu\text{g/ml}$ นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ ion chromatography ที่สภาวะเดียวกับการวิเคราะห์สารละลายตัวอย่าง ซึ่งจะได้กราฟมาตรฐานดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟต (SO_4^{2-})

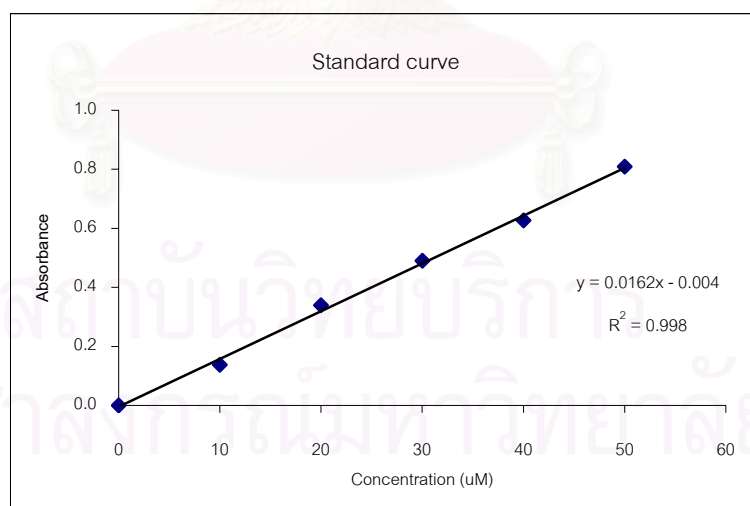


รูปที่ 3.9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองตัวอย่างพร้อม vial



รูปที่ 3.10 เครื่องมือ ion chromatography สำหรับวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟต (SO_4^{2-})

3.3.4.2 ไนโตรเจนไดออกไซด์ เตรียมสารละลายมาตรฐานสำหรับทำกราฟมาตรฐานด้วย working standard ($100 \mu\text{M NaNO}_2$) และ NaI solution ที่ความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 40, 50 μM โดยวิเคราะห์ด้วยวิธีการเดียวกันกับการวิเคราะห์สารละลายตัวอย่าง สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงจากการวัดด้วย spectrophotometer ที่ λ_{max} 540 นาโนเมตรและความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน เพื่อหาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในตัวอย่างและนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดได้ แสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)



รูปที่ 3.12 สารละลายมาตรฐานที่ผ่านการเติม coloring solution



รูปที่ 3.13 เครื่อง spectrophotometer สำหรับวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ (NO_2^-)

3.3.5 คำนวณปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

$$\text{ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์} \quad [\text{NO}_2] = \frac{[\text{NO}_2^-]_{\text{VL}}}{\text{DA}t} \quad (3.3)$$

$$\text{ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์} \quad [\text{SO}_2] = \frac{[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{VL}}}{\text{DA}t} \quad (3.4)$$

- เมื่อ
- $[\text{NO}_2]$ = ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ (nmole/m^3)
 - $[\text{NO}_2^-]$ = ความเข้มข้นของไนไตรท์ ในตัวอย่าง (μM)
 - $[\text{SO}_2]$ = ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศ (nmole/m^3)
 - $[\text{SO}_4^{2-}]$ = ความเข้มข้นของซัลเฟตในตัวอย่าง (μM)
 - V = ปริมาณการสกัดตัวอย่าง (mL)

L = ความยาวของเส้นทางการแพร่ (diffusion path) ของ passive sampler (m)

D = ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ (m^2/s)

- ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ มีค่า 1.54×10^{-5} (m^2/s)

- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีค่า 1.32×10^{-5} (m^2/s)

A = พื้นที่หน้าตัดของเส้นทางการแพร่ของ passive sampler (m^2)

t = ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (s)

$$\text{การเปลี่ยนหน่วย} \quad [ppbv] = [air]RT \times 10^{-3} \quad m^3/L \quad (3.5)$$

เมื่อ $[air]$ = ความเข้มข้นของก๊าซที่ศึกษา (mol/m^3)

R = ค่าคงที่ของก๊าซมีค่าเท่ากับ 0.0821 (L.atm/mol.K)

T = อุณหภูมิระหว่างการเก็บตัวอย่าง (K)

3.4 การตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนโดยใช้ personal air sampler

3.4.1 อุปกรณ์

3.4.1.1 personal air sampler หรือเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดตัวเฉพาะบุคคล ของ Gilian รุ่น Gilair-3 อัตราการไหล 750-5,000 cc/min

3.4.1.2 single unit charger หรือเครื่องอัดประจุไฟฟ้า ของ Gilian ขนาด 240 V

3.4.1.3 Gilian Gilibrator-2 Calibration system หรือเครื่องปรับอัตราการไหลมาตรฐานของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ ของบริษัท SENSIDYNE

3.4.1.4 nylon cyclone ของบริษัท SENSIDYNE ขนาด 10 mm อัตราการไหล 1.7 L/min ประกอบด้วยสายยางนำอากาศ (tubing) และอุปกรณ์ต่อเชื่อม สำหรับต่อเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศกับตลับใส่กระดาษกรองที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการรั่วของอากาศ

3.4.1.5 ตลับใส่กระดาษกรองแบบ 3 ชั้น (filter cascade) ขนาด 37 mm

3.4.1.6 กระดาษกรองชนิด glass fiber filter ของ Whatman ขนาด 37 mm

รูพรุน 1.5 μm

3.4.1.7 เครื่องชั่ง 5 ตำแหน่ง รุ่น TC205 ของบริษัท Denver Instrument Company

3.4.1.6 โถดูดความชื้น (desiccator)

3.4.1.7 คีมคีบปากแหลม (forcep)

3.4.1.8 ถุงซีป (sealable plastic bags) พร้อม label



รูปที่ 3.14 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเล็กกว่า 10 ไมครอน และชุดปรับเทียบ

3.4.2 วิธีการตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

การหาปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจะใช้วิธีการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (gravimetric method) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมในการวัดหามวลของกระดาศกรอง โดยจะทำการคำนวณหามวลสุทธิจากการชั่งน้ำหนักของกระดาศกรองก่อนและหลังการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก โดยที่กระดาศกรองต้องปรับสภาพในตู้ desicator เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง (อุณหภูมิ 15-30 °C, ความชื้นสัมพัทธ์ 20-40%)

3.4.2.1 เตรียมกระดาศกรองและเครื่องเก็บตัวอย่างส่วนบุคคล personal air sampler สำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

3.4.2.1.1 อบกระดาศกรองชนิด glass fiber ในตู้ดูดความชื้นที่มีซิลิกาเจลประมาณ 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักกระดาศกรองก่อนการใช้งานด้วยเครื่องชั่ง 5 ตำแหน่ง และใส่ในถุงซีปพร้อมระบุหมายเลขตัวอย่าง

3.4.2.1.2 ปรับเทียบความถูกต้องของเครื่อง personal air sampler ด้วยเครื่องปรับอัตราการไหลมาตรฐานของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ (Gillian Gillibrator-2 Calibration system) โดยให้มีอัตราการไหล 1.7 L/min

3.4.2.2 นำกระดาศกรองใส่ในตลับใส่กระดาศกรองและประกอบเข้ากับไซโคลนที่ทำความสะอาดโดยการเป่าลมไล่ฝุ่นละอองแล้ว จากนั้นต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ personal air

sampler ติดตั้งอุปกรณ์ในพื้นที่ศึกษา เปิดเครื่องพร้อมบันทึกวัน/เดือน/ปี เวลา และอัตราการไหลของอากาศเริ่มต้น โดยให้อัตราการไหลคงที่ที่ 1.7 ลิตรต่อนาที เก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จำนวน 5 วันต่อเดือนต่อสถานี

3.4.2.3 เมื่อครบระยะเวลาในการตรวจวัด 24 ชั่วโมง ปิดเครื่องพร้อมบันทึกวัน/เดือน/ปี เวลา และอัตราการไหลของอากาศเมื่อสิ้นสุดการตรวจวัด นำกระดาษกรองตัวอย่างใส่ลงในถุงซิปลง จากนั้นอบกระดาษกรองตัวอย่างในตู้ดูดความชื้นที่มีซิลิกาเจล ประมาณ 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักกระดาษกรองหลังการใช้งานด้วยเครื่องชั่ง 5 ตำแหน่ง

3.4.2.4 คำนวณปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วยวิธีการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (gravimetric method)

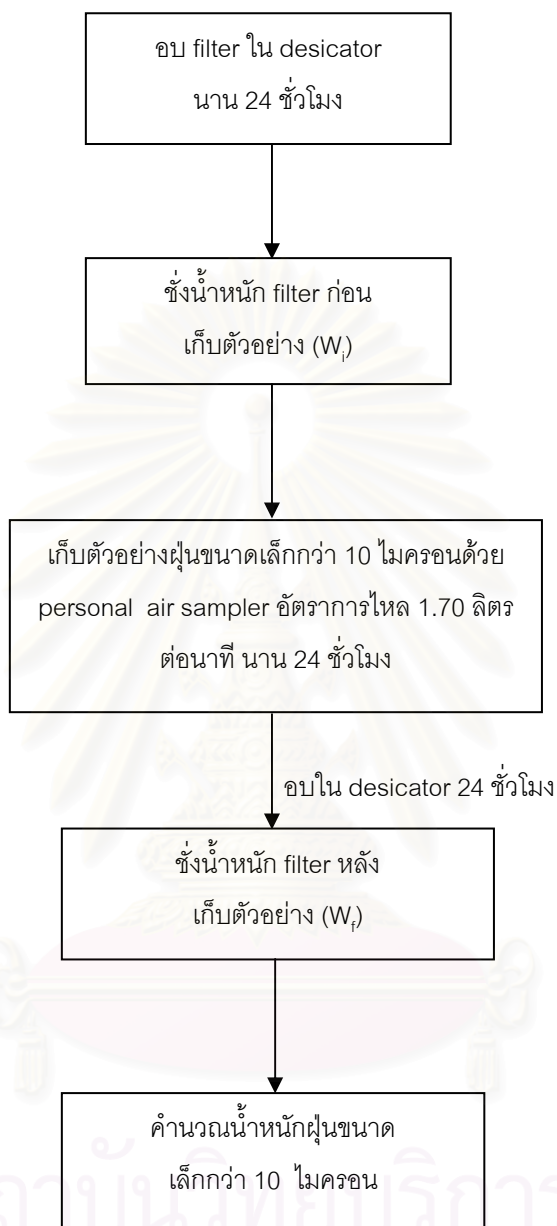
3.4.3 การคำนวณปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

$$PM_{10} = \frac{(W_f - W_i)}{V} \times 10^6 \quad (3.6)$$

โดยที่ $V = Q_{std} \times t \quad (3.7)$

$$Q_{std} = \left(\frac{P_s}{T_s} \right) \left(\frac{T_{std}}{P_{std}} \right) \quad (3.8)$$

เมื่อ	V	= ปริมาตรอากาศ (m^3)
	Q_{std}	= อัตราการไหลมาตรฐาน (m^3/min)
	Q_s	= อัตราการไหลของเครื่อง (L/min)
	P_s	= ความดันอากาศที่จุดเก็บตัวอย่าง (mmHg)
	P_{std}	= ความดันมาตรฐาน 760 mmHg
	T_s	= อุณหภูมิที่จุดเก็บตัวอย่าง ($^{\circ}K$)
	T_{std}	= อุณหภูมิมาตรฐาน 298 $^{\circ}K$
	t	= เวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง (min)
	PM_{10}	= ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ($\mu g/m^3$)
	W_f	= น้ำหนักหลังเก็บตัวอย่าง (mg)
	W_i	= น้ำหนักก่อนเก็บตัวอย่าง (mg)



รูปที่ 3.15 วิธีตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

หมายเหตุ: ต้องทำการ calibrate เครื่อง personal air sampler ก่อนการใช้งาน



รูปที่ 3.16 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเล็กกว่า 10 ไมครอน

3.5 การทำนายปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วยแบบจำลอง ISCST3

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้นำแบบจำลอง ISCST3 (Industrial Source Complex Short Term3) มาใช้ในการคำนวณปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในพื้นที่แม่เมาะและเปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดจริง โดย download จาก web site ของหน่วยงาน Support Center for Regulatory Air Models สังกัดองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US. Environmental Protection Agency: US. EPA) (<http://www.epa.gov/ttn/scram>) แบบจำลอง ISCST3 เป็นแบบจำลองที่ US. EPA ใช้อ้างอิงในการใช้งานทางราชการ ซึ่งมีลักษณะเป็นมาตรฐาน (regulatory model) สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงแก้ไขและคำนวณแบบละเอียด (refined model) ซึ่งพื้นฐานของแบบจำลองนี้เป็นแบบ straight-line, steady state gaussian plume equation สามารถคำนวณความเข้มข้นของสารมลพิษที่แพร่กระจายจากแหล่งกำเนิดได้หลาย ๆ แหล่งพร้อมกันอีกทั้งสามารถคำนวณความเข้มข้นปกติ การตกในสภาพแห้ง (dry deposition) และการตกพร้อมกับฝน (wet deposition) และใช้ได้กับแหล่งกำเนิดประเภทต่าง ๆ เช่น แหล่งกำเนิดแบบจุด (point sources) แหล่งกำเนิดแบบปริมาตร (volume sources) แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ (area sources) และแหล่งกำเนิดแบบบ่อเปิด (open pit sources) US. EPA แนะนำใน CFR 40 appendix w to part51 (1998) ให้นำใช้แบบจำลอง ISC ในกรณีเหล่านี้ คือ พื้นที่อุตสาหกรรมที่ซับซ้อน, พื้นที่ชนบทหรือในเมือง ระยะเวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมงถึง 1 ปี และการระบายมลพิษเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

ISCST3 เป็นแบบจำลองที่ศึกษาคุณภาพอากาศในระยะเวลาด้าน จะรับข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายชั่วโมง เพื่อคำนวณลักษณะการเคลื่อนและการแพร่กระจายของสารมลพิษ และคำนวณค่าเฉลี่ยที่จุดสังเกตการณ์ซึ่งสามารถคิดความเข้มข้นแต่ละชั่วโมง สามารถคำนวณค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในช่วงเวลาที่ต้องการ เช่น ความเข้มข้นทุก 1, 3, 8 และ 24 ชั่วโมง นอกจากนี้สามารถหาค่าความเข้มข้นสูงสุดและความเข้มข้นสูงสุดในอันดับต่าง ๆ

โดยสมมติฐานที่ใช้คำนวณในแบบจำลอง ISCST3 มีดังนี้ (Schnelle and Dey, 1999)

1. การยกตัวของควันใช้วิธีของ Briggs
2. การไหลของอากาศหลังปล่องขนาดใหญ่ ใช้วิธีของ Briggs
3. การไหลการเคลื่อนที่ของอากาศที่อยู่ใกล้เคียงปล่อง ใช้โปรแกรม BPIP
4. ไม่ใช้ fumigation (การกระจายของควันใต้ชั้นอุณหภูมิมิกชัน)
5. สมมติให้ลมในแต่ละชั่วโมงมีทิศทางและความเร็วเดียวกันในทุกจุด
6. ให้ควันลอยเป็นเส้นตรงเสมอ
7. สมมติความเร็วลมในแนวตั้งเป็นศูนย์
8. สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายอ้างอิงของ Turner (1969), Briggs และ Pasquill

โดยใช้ระดับความคงตัวของบรรยากาศ A-F

9. กรณีควันไปพบชั้นอุณหภูมิมิกชัน ใช้วิธีสะท้อนกลับจนกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งของกลุ่มควันเท่ากับ 1.6 เท่าของชั้นความสูงผสม จากนั้นสมมติให้ความสูงทุกความสูงมีการกระจายของควันเท่ากันหมด (uniform vertical mixing) ในกรณีที่ควันไปกระทบพื้นดินให้สมมติการสะท้อนกลับเช่นเดียวกัน

ในการคำนวณปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วยแบบจำลอง ISCST3 มีรายละเอียดในการศึกษาดังนี้

3.5.1 รวบรวมข้อมูลของพื้นที่ศึกษาเพื่อใช้ในแบบจำลอง ISCST3

3.5.1.1 ข้อมูลแหล่งกำเนิด ประกอบด้วยที่ตั้งของแหล่งกำเนิดตามระบบ UTM coordinate (m) ความสูงของฐานของแหล่งกำเนิดจากระดับน้ำทะเล (m) ความสูงของปล่อง (m), เส้นผ่าศูนย์กลางปากปล่อง (m), อุณหภูมิก๊าซที่ระบายออกจากปากปล่อง (K), ความเร็วของก๊าซที่ปากปล่อง (m/s) และอัตราการปล่อยสารมลพิษ (g/s) จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

3.5.1.2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วย ความเร็วลม (m/s) ทิศทางลม (องศา) อุณหภูมิบรรยากาศ (K) ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นข้อมูลรายชั่วโมง จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านกอ-ออ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย) สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด (กรมควบคุมมลพิษ) ส่วนค่าระดับความคงตัวของบรรยากาศในรูปแบบของ Pasquill's classification และความสูงผสม (m) ได้จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

3.5.1.1 ข้อมูลผู้รับผลกระทบหรือจุดรับผลกระทบ ได้แก่ พิกัดตำแหน่งที่ตั้งและระดับความสูงของแต่ละจุด จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

3.5.2 สร้างเพิ่มข้อมูลอุตุนิยมวิทยาตามรูปแบบที่แบบจำลอง ISCST3 กำหนด

การสร้างเพิ่มข้อมูลอุตุนิยมวิทยาสำหรับนำเข้าแบบจำลอง ISCST3 จะใช้โปรแกรม PCRAMMET ซึ่งเป็นโปรแกรมในการประมวลข้อมูลอุตุนิยมวิทยาโดย download มาจาก web site ของหน่วยงาน Support Center for Regulatory Air Models สังกัด US. EPA (<http://www.epa.gov/ttn/scram>) ข้อมูลสำหรับนำเข้าโปรแกรม PCRAMMET ต้องมีลักษณะเป็นเพิ่มข้อมูลในรูปดิจิทัลของข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 2 ชนิดคือ เพิ่มอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นและเพิ่มข้อมูลความสูงผสม (US. EPA, 1999b)

3.5.2.1 เพิ่มอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น อยู่ในรูป dat file และมีรูปแบบการจัดเรียงข้อมูลดังตารางที่ 3.1 (ตัวอย่างเพิ่มในภาคผนวก ข รูป ข.1)

3.5.2.2 เพิ่มข้อมูลความสูงผสม อยู่ในรูป txt file และมีรูปแบบการจัดเรียงข้อมูลดังตารางที่ 3.2 (ตัวอย่างเพิ่มในภาคผนวก ข รูป ข.2)

รูปแบบคำสั่งแสดงดังตารางที่ 3.3 ผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างเพิ่มข้อมูลอุตุนิยมวิทยาโดยใช้โปรแกรม PCRAMMET จะอยู่ในรูปแอสกี ASCII (ตัวอย่างเพิ่มในภาคผนวก ข รูป ข.3)

3.5.3 สร้างเพิ่ม (Runstream file) สำหรับ run แบบจำลอง ISCST3

เพิ่ม Runstream file เป็นเพิ่มคำสั่งในการ run model ซึ่งแบ่งเป็น 5 ส่วนหลัก คือ คำสั่งหลัก (CO pathway) ข้อมูลแหล่งกำเนิด (SO pathway) ข้อมูลผู้รับมลพิษ (RE pathway) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (ME pathway) และการแสดงผล (OU pathway) ตามคู่มือการใช้งาน ISCST3 (US. EPA, 1995b) ตัวอย่างเพิ่มในภาคผนวก ค รูป ค.1 คำนวณความเข้มข้นที่ระยะ

เวลาเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ที่ตำแหน่ง 3 ตำแหน่งโดยกำหนดตามระบบ UTM (m) โดยมีพิกัด X และ Y ดังนี้ (576600, 2023200) (577950, 2023840) และ (580980, 2017360) ซึ่งเป็นตำแหน่งของ สถานีบ้านกอ-ออ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบ ป่าดตามลำดับ

3.5.4 ประมวลผล

คำนวณปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในระยะเวลาเฉลี่ย 24 ชั่วโมงด้วยแบบจำลอง ISCST3

ตารางที่ 3.1 รูปแบบแฟ้มข้อมูลนิยามวิทยาผิวพื้นสำหรับนำเข้า PCRAMMET

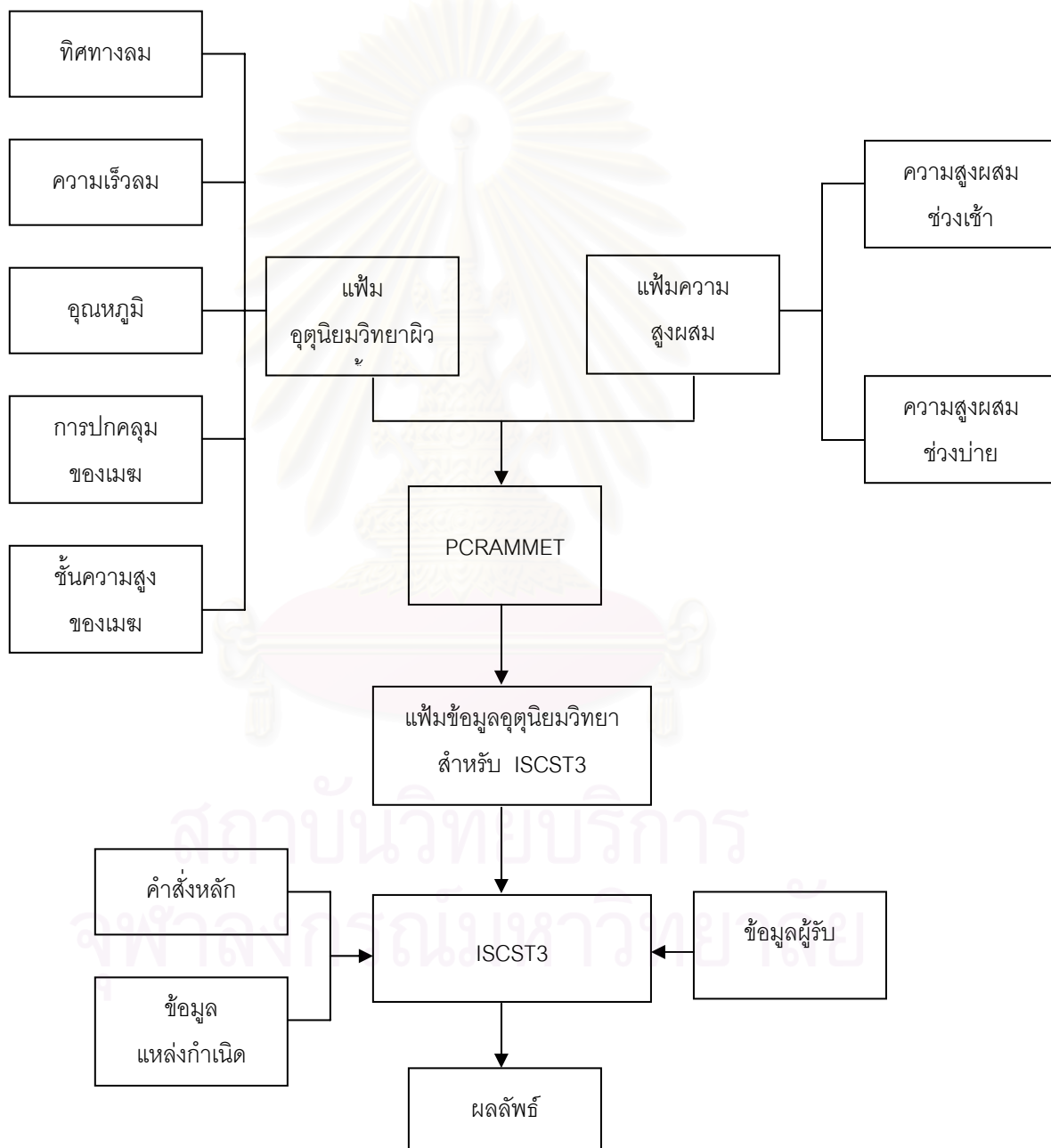
ชื่อข้อมูล	คอลัมน์
หมายเลขสถานีตรวจวัดอากาศระดับผิวพื้น	1-5
ปี	6-7
เดือน	8-9
วัน	10-11
ชั่วโมง	12-13
ความสูงของเมฆ (หน่วยร้อยของฟุต)	14-16
ทิศทางลม (หน่วยสิบองศา)	17-18
ความเร็วลม (น็อต)	19-21
อุณหภูมิบรรยากาศ (ฟาร์เรนไฮต์)	22-24
ปริมาณเมฆทั้งฟ้า	25-26
การปกคลุมของเมฆแบบ Opaque	27-28

ตารางที่ 3.2 รูปแบบแฟ้มความสูงผสมสำหรับนำเข้า PCRAMMET

ชื่อข้อมูล	คอลัมน์
หมายเลขสถานีตรวจวัดอากาศระดับบน	1-5
ปี	6-7
เดือน	8-9
วัน	10-11
ค่า mixing height ช่วงเช้า	14-17
ค่า mixing height ช่วงบ่าย	32-35

ตารางที่ 3.3 รูปแบบเพิ่มคำสั่งสำหรับ PCRAMMET

NONE	No deposition calculations
MAEMOH.TXT	Mixing height data file
MAEMOH.DAT	Hourly surface data file
SCRAM	Surface data format
18.182	Station latitude (decimal degrees)
99.440	Station longitude (decimal degrees)
-7	Station time zone



รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 หาความสัมพันธ์ของการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ระหว่างวิธี passive และวิธี active ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient)

3.6.2 หาความสัมพันธ์ของการตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่างวิธี personal air sampler และวิธี β -attenuation ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient)

3.6.3 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่างการตรวจวัดจริงกับการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ด้วย fractional bias (FB) และ RMSE



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัยครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี passive และวิธี active และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการตรวจวัดกับผลที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ซึ่งประกอบด้วยผลการวิจัย 5 ส่วนดังนี้ 1.) ผลการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธี passive และวิธี active 2.) ผลการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธี passive และวิธี active 3.) ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วย personal air sampler และ β -attenuation 4.) ผลการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจากการคำนวณด้วย ISCST3 กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง

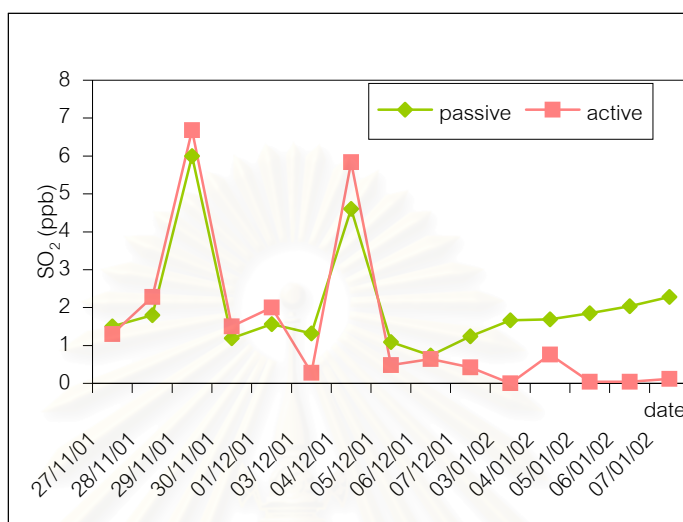
4.1 เปรียบเทียบผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบวิธี passive และวิธี active

ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดแบบวิธี passive โดยใช้ passive sampler นำมาเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ซึ่งเป็นการตรวจวัดแบบวิธี active โดยใช้เครื่องตรวจวัด UV-fluorescence detector ในช่วงเวลาเดียวกัน ได้ผลดังนี้

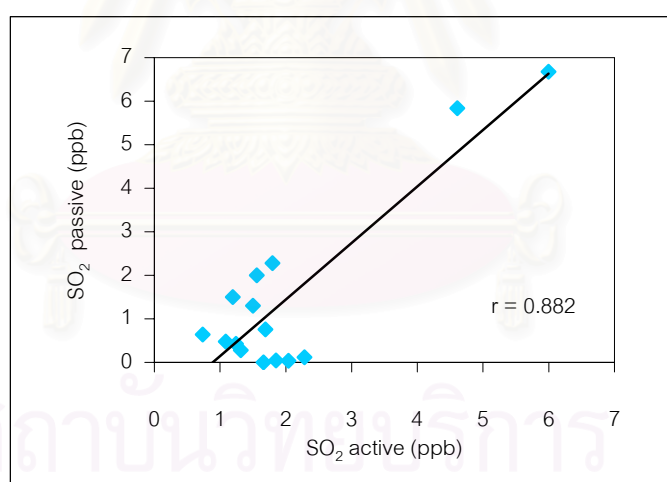
4.1.1 บ้านพักเรือนรับรอง

ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดแบบวิธี passive โดยใช้ passive sampler มีค่าอยู่ในช่วง 0.74-6.00 ppb และวิธี active โดยใช้ UV-fluorescence detector มีค่าอยู่ในช่วง DL-6.68 ppb รูปที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไปตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 ปี พ.ศ. 2538 กำหนดค่าเฉลี่ยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศ 24 ชั่วโมงเท่ากับ $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ พบว่าไม่เกินค่ามาตรฐาน

เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบที่ $p < 0.01$ (2-tailed) พบว่ามีความสัมพันธ์สูงระหว่างวิธีตรวจวัดทั้งสอง ($r = 0.882$, $p = 0.00$) รูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่บ้านพัก



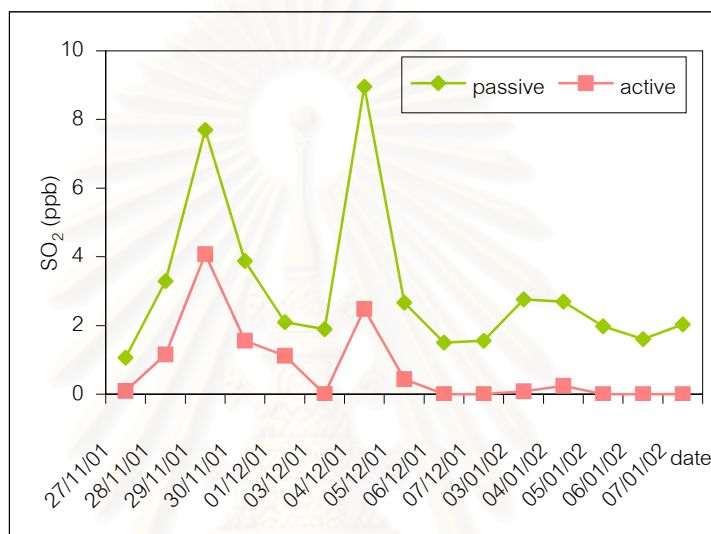
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่บ้านพัก

4.1.2 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก

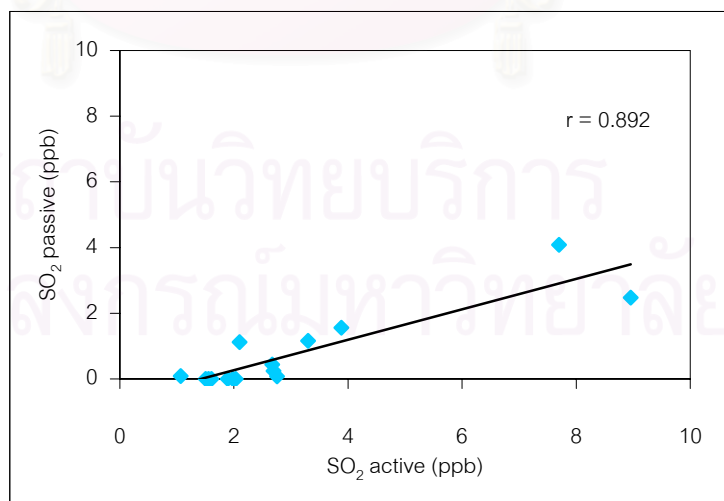
ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดแบบวิธี passive โดยใช้ passive sampler มีค่าอยู่ในช่วง 1.06-8.96 ppb และวิธี active โดยใช้ UV-fluorescence detector มีค่าอยู่ในช่วง DL-4.08 ppb รูปที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของก๊าซซัลเฟอร์

ไดออกไซด์ ในบรรยากาศโดยทั่วไปตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 ปี พ.ศ. 2538 กำหนดค่าเฉลี่ยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศ 24 ชั่วโมงเท่ากับ $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ พบว่าไม่เกินค่ามาตรฐาน

เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบที่ $p < 0.01$ (2-tailed) พบว่ามีความสัมพันธ์สูงระหว่างวิธีตรวจวัดทั้งสอง ($r = 0.892$, $p = 0.00$) รูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก

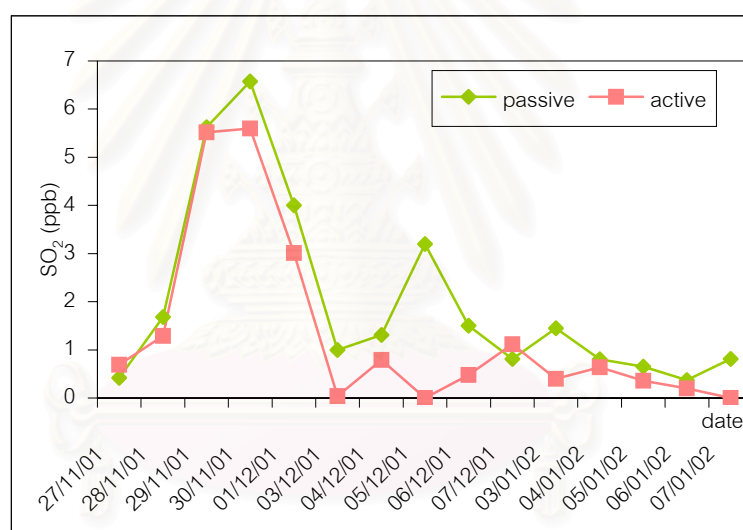


รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก

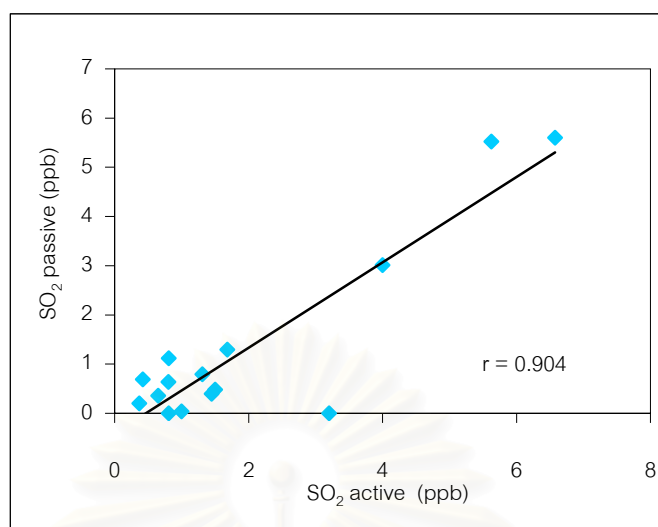
4.1.3 สถานีอนามัยบ้านสบป่าด

ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดแบบวิธี passive โดยใช้ passive sampler มีค่าอยู่ในช่วง 0.37-6.58 ppb และวิธี active โดยใช้ UV-fluorescence detector มีค่าอยู่ในช่วง DL-5.60 ppb รูปที่ 4.5 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในบรรยากาศโดยทั่วไปตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 ปี พ.ศ. 2538 กำหนดค่าเฉลี่ยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศ 24 ชั่วโมงเท่ากับ $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ พบว่าไม่เกินค่ามาตรฐาน

เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบที่ $p < 0.01$ (2-tailed) พบว่ามีความสัมพันธ์สูงระหว่างวิธีตรวจวัดทั้งสอง ($r = 0.904$, $p = 0.00$) รูปที่ 4.6



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่บ้านสบป่าด



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่บ้านสบป่าด

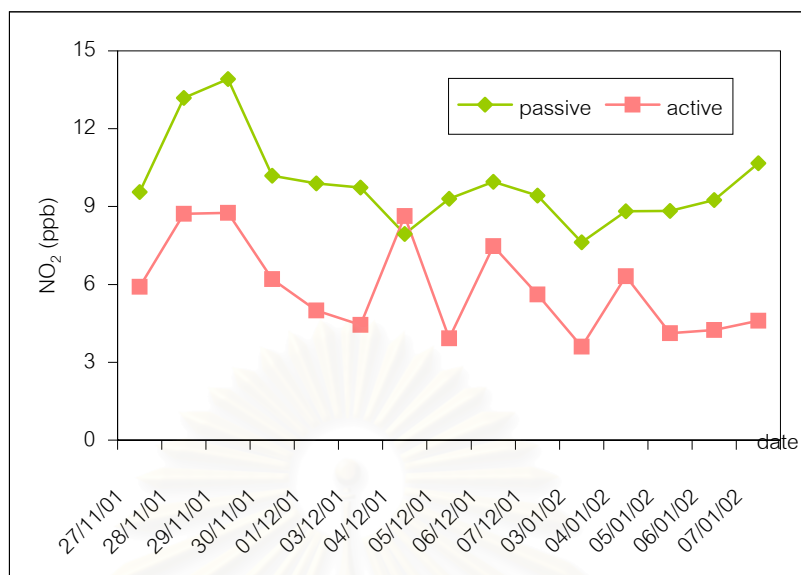
4.2 เปรียบเทียบผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์แบบวิธี passive และวิธี active

ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดแบบวิธี passive โดยใช้ passive sampler นำมาเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ซึ่งเป็นการตรวจวัดแบบวิธี active โดยใช้เครื่องตรวจวัด chemilluminescence detector ในช่วงเวลาเดียวกัน ได้ผลดังนี้

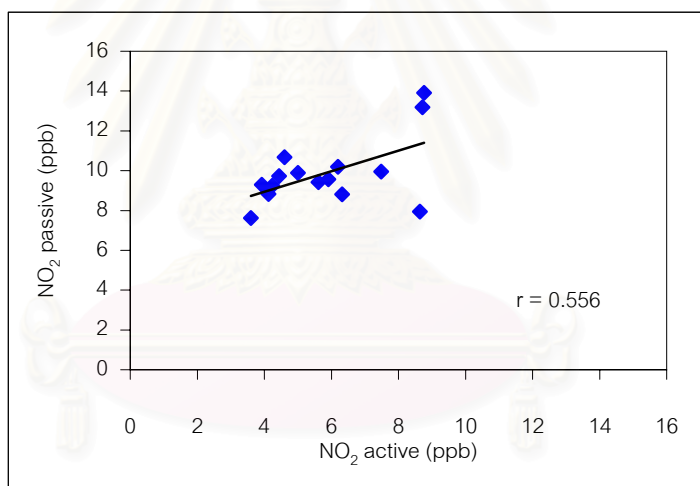
4.2.1 บ้านพักเรือนรับรอง

ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการตรวจวัดแบบวิธี passive โดยใช้ passive sampler มีค่าอยู่ในช่วง 1.19-10.04 ppb ส่วนค่าที่ได้จากการตรวจวัดแบบวิธี active โดยใช้ chemilluminescence detector มีค่าอยู่ในช่วง 3.60-8.76 ppb แสดงดังรูปที่ 4.8

เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบที่ $p < 0.01$ (2-tailed) พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างวิธีตรวจวัดทั้งสอง ($r = 0.556$, $p = 0.00$) รูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่บ้านพัก

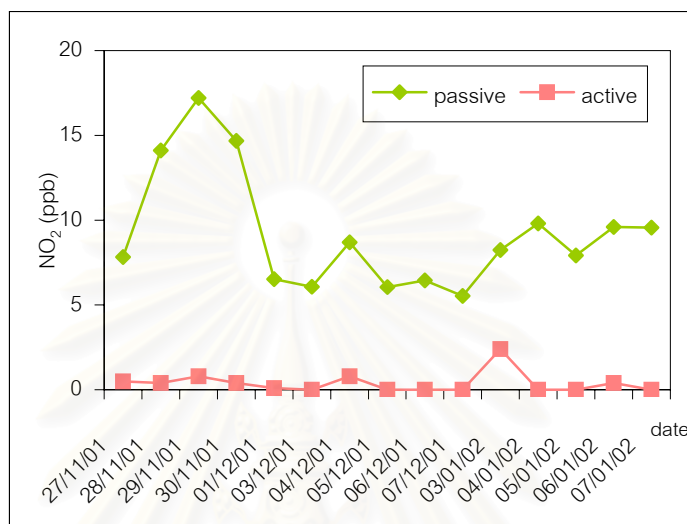


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่บ้านพัก

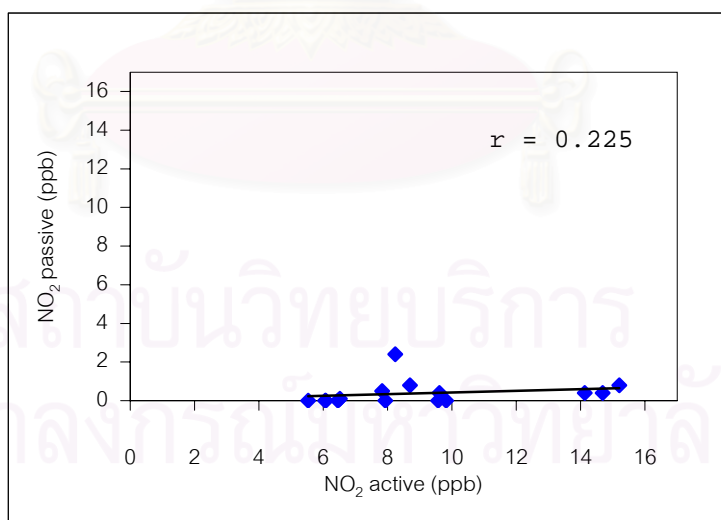
4.2.2 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก

ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการตรวจวัดแบบวิธี passive โดยใช้ passive sampler มีค่าอยู่ในช่วง 5.53-17.20 ppb ส่วนค่าที่ได้จากการตรวจวัดแบบวิธี active โดยใช้ chemilluminescence detector มีค่าอยู่ในช่วง DL-2.40 ppb แสดงดังรูปที่ 4.9

เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบที่ $p < 0.01$ (2-tailed) พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างวิธีตรวจวัดทั้งสอง ($r = 0.225$, $p = 0.484$) รูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก

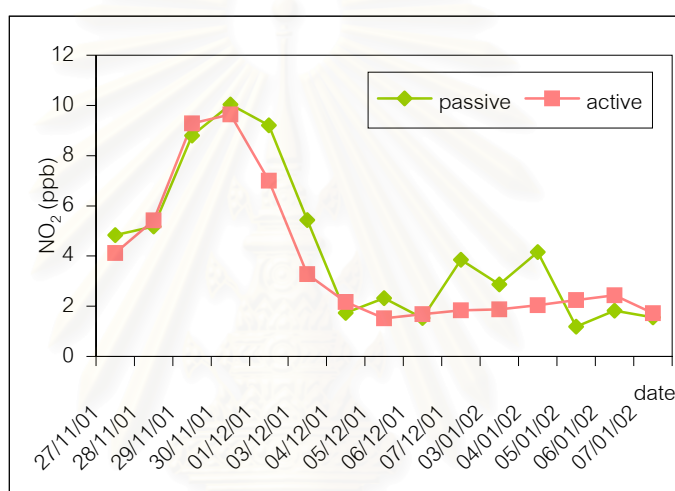


รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก

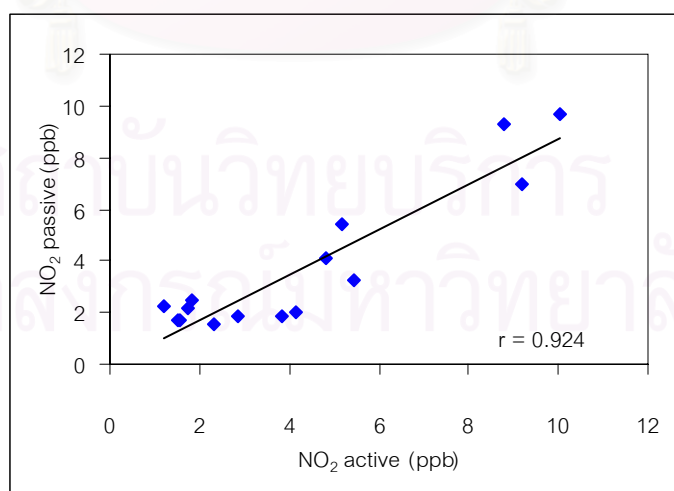
4.2.3 สถานีอนามัยบ้านสบป่าด

ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากการตรวจวัดแบบวิธี passive โดยใช้ passive sampler มีค่าอยู่ในช่วง 1.18-10.03 ppb ส่วนค่าที่ได้จากการตรวจวัดแบบวิธี active โดยใช้ chemiluminescence detector มีค่าอยู่ในช่วง 1.52-9.64 ppb แสดงดังรูป 4.11

เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบที่ $p < 0.01$ (2-tailed) พบว่ามีความสัมพันธ์สูงระหว่างวิธีตรวจวัดทั้งสอง ($r = 0.924$, $p = 0.00$) รูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่บ้านสบป่าด



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธี passive และวิธี active ที่บ้านสบป่าด

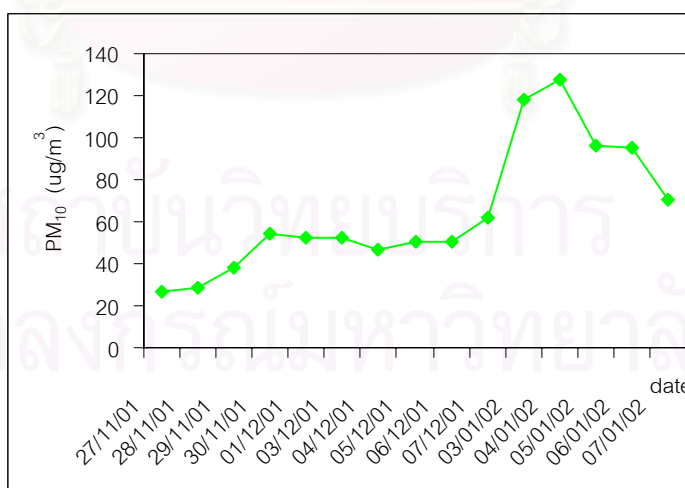
4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วย personal air sampler และเครื่องตรวจวัดฝุ่นแบบ β -attenuation

ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ได้จากการตรวจวัดด้วย personal air sampler นำมาเปรียบเทียบกับปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ซึ่งเป็นการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฝุ่นแบบ β -attenuation ในช่วงเวลาเดียวกัน ได้ผลดังนี้

4.3.1 บ้านพักเรือนรับรอง

ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วย personal air sampler แสดงดังรูปที่ 4.13 โดยค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย personal air sampler มีค่าอยู่ในช่วง 26.66-127.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในบรรยากาศ โดยทั่วไปตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 ปี พ.ศ. 2538 กำหนดค่าเฉลี่ยฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในบรรยากาศ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ พบว่าในวันที่ 4 พฤศจิกายน 2544 มีค่าเกินค่ามาตรฐานเล็กน้อย โดยตรวจวัดได้ 127.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

เนื่องจากในพื้นที่ไม่มีการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วยเครื่องตรวจวัดฝุ่นแบบ β -attenuation จึงไม่มีผลของความสัมพันธ์ระหว่างวิธีตรวจวัดทั้งสองวิธี

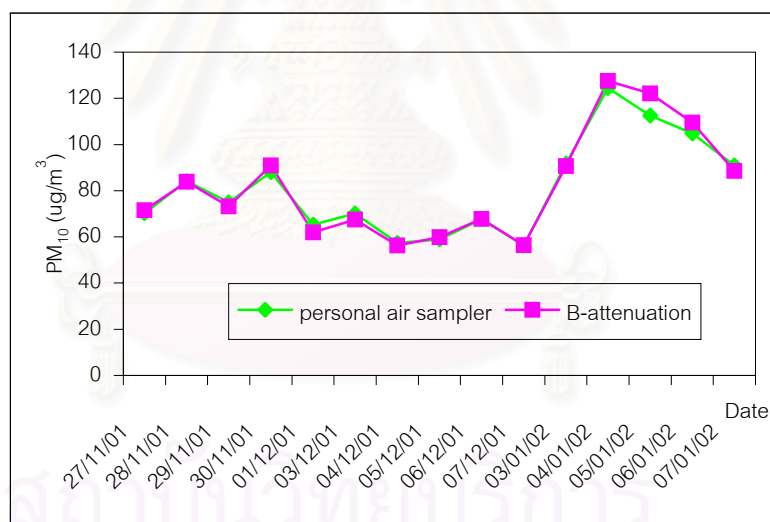


รูปที่ 4.13 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วย personal air sampler ที่บ้านพักเรือนรับรอง

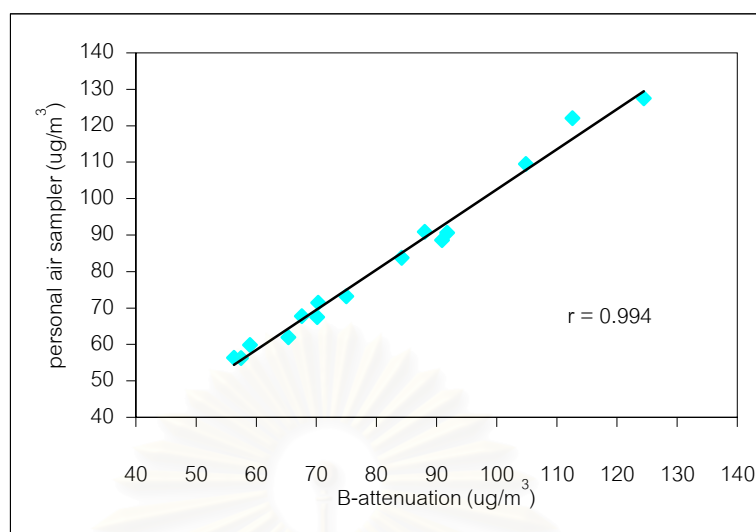
4.3.2 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก

ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วย personal air sampler และเครื่องตรวจวัดฝุ่นแบบ β -attenuation แสดงดังรูปที่ 4.14 ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจากการตรวจวัดด้วย personal air sampler มีค่าอยู่ในช่วง 56.31-124.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ส่วนค่าที่ได้จากการตรวจวัดฝุ่นแบบ β -attenuation มีค่าอยู่ในช่วง 56.28-127.52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในบรรยากาศโดยทั่วไปตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 ปี พ.ศ. 2538 กำหนดค่าเฉลี่ยฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในบรรยากาศ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ พบว่าในวันที่ 4 พฤศจิกายน 2544 มีค่าเกินค่ามาตรฐานเล็กน้อย โดยตรวจวัดได้ 124.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบที่ $p < 0.01$ (2-tailed) พบว่ามีความสัมพันธ์สูงระหว่างวิธีตรวจวัดทั้งสอง ($r = 0.994$, $p = 0.00$) รูปที่ 4.15



รูปที่ 4.14 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่าง personal air sampler กับ β -attenuation ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก

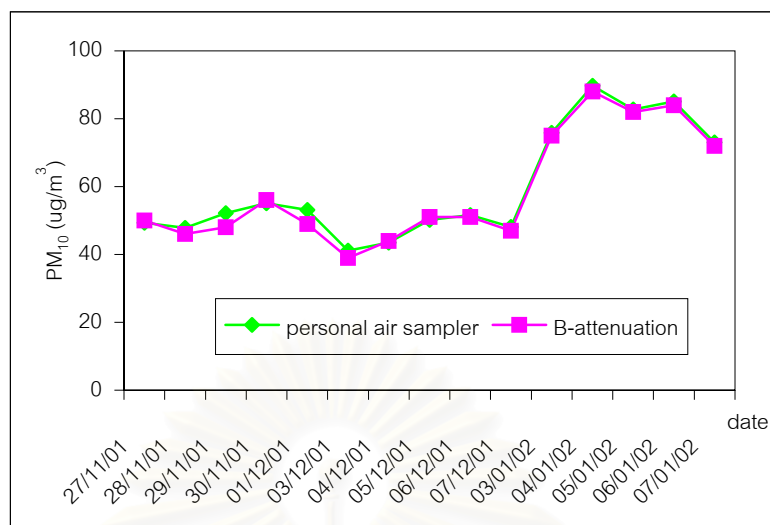


รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่าง personal air sampler กับ β -attenuation ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก

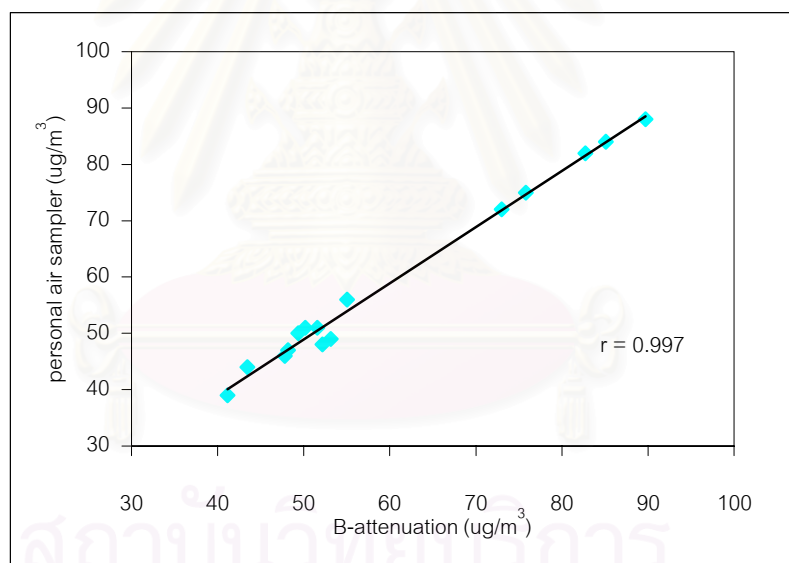
4.3.3 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด

ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วย personal air sampler และเครื่องตรวจวัดฝุ่นแบบ β -attenuation แสดงดังรูปที่ 4.16 ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจากการตรวจวัดด้วย personal air sampler มีค่าอยู่ในช่วง 41.13-89.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ส่วนค่าที่ได้จากการตรวจวัดฝุ่นแบบด้วย β -attenuation มีค่าอยู่ในช่วง 39.0-88.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในบรรยากาศโดยทั่วไปตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 ปี พ.ศ. 2538 กำหนดค่าเฉลี่ยฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในบรรยากาศ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบที่ $p < 0.01$ (2-tailed) พบว่ามีความสัมพันธ์สูงระหว่างวิธีตรวจวัดทั้งสอง ($r = 0.997$, $p = 0.00$) รูปที่ 4.17



รูปที่ 4.16 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่าง personal air sampler กับเครื่องตรวจวัดฝุ่นแบบ β -attenuation ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ของการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนระหว่าง personal air sampler กับเครื่องตรวจวัดแบบ β -attenuation ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด

4.4 สรุปผลข้อมูลสำหรับนำเข้าแบบจำลอง ISCST3

จากข้อมูลแหล่งกำเนิดของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต พบว่าแหล่งกำเนิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเป็นแหล่งกำเนิดแบบปล่อย (point sources) จำนวน 10 ปล่อย ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาเป็นที่ราบระหว่างหุบเขา (ความสูงประมาณ 320-360 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล) ล้อมรอบด้วยเนินเขาสลับซับซ้อน (ความสูงประมาณ 500-750 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล)

ในส่วนของข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในช่วงศึกษาดูรายละเอียดในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.1 สรุปข้อมูลแหล่งกำเนิดของพื้นที่แม่เมาะ

หน่วย	พิกัดตามระบบ UTM (m)		ความสูงของปล่อย (m)	เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อย (m)	ความเร็วของก๊าซที่ปากปล่อย (m/s)	อุณหภูมิของก๊าซที่ปากปล่อย (K)	ความสูง (m)	อัตราการระบาย SO ₂ (g/s)	อัตราการระบาย NO ₂ (g/s)	อัตราการระบาย PM ₁₀ (g/s)
	X	Y								
4	579730	2023160	150	5.75	20.23	376.59	320	1.50e+01	3.17e+01	1.43e+00
5	579730	2023100	150	5.75	20.23	376.59	320	1.54e+01	3.25e+01	1.47e+00
6	579730	2023040	150	5.75	25.56	376.30	320	1.27e+01	2.68e+01	1.38e+00
7	579730	2022980	150	5.75	25.56	376.30	320	1.11e+01	2.35e+01	1.24e+00
8	579770	2022900	150	5.75	21.82	363.40	320	3.47e+01	6.68e+01	2.63e+00
9	579770	2022810	150	5.75	22.21	367.62	320	3.24e+01	5.98e+01	2.40e+00
10	579770	2022720	150	5.75	20.16	362.67	320	3.09e+01	6.02e+01	2.59e+00
11	579770	2022630	150	5.75	19.86	360.41	320	2.75e+01	5.08e+01	2.64e+00
12	579770	2022540	150	5.75	21.32	351.60	320	3.94e+01	8.46e+01	2.61e+00
13	579770	2022450	150	5.75	19.04	353.48	320	3.30e+01	6.75e+01	2.46e+00

ตำแหน่งจุดรับผลกระทบ ในการศึกษานี้มี 3 ตำแหน่ง (ตารางที่ 4.2) โดยให้แบบจำลองคำนวณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วยข้อมูลแหล่งกำเนิดและอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ศึกษาจริงในช่วงวันที่ 27 พฤศจิกายน 2544 ถึง 7 มกราคม 2545 ระยะเวลาเฉลี่ย 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.2 ตำแหน่งจุดรับผลกระทบ

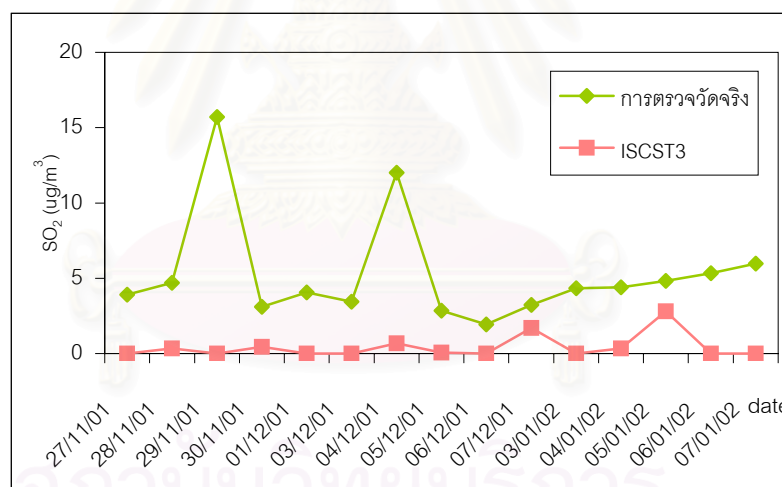
site	พิกัดตามระบบ UTM (m)		ความสูง (m)
	X	Y	
สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก (ms)	577950	2023840	320
บ้านกอออก (ko)	576600	2023200	300
สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด (sp)	580980	2017360	310

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิต, 2543

4.5 ผลการคำนวณด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ ISCST3

4.5.1 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

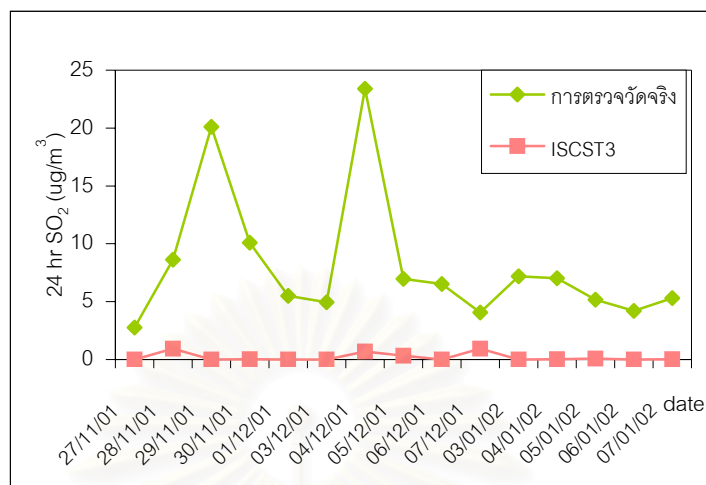
4.5.1.1 บ้านพัก



รูปที่ 4.18 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่บ้านพัก

ผลการคำนวณปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่บ้านพักพบว่าแบบจำลอง ISCST3 ให้ค่าต่ำกว่าการตรวจวัดจริง โดยที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากการตรวจวัดจริงเท่ากับ $15.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากแบบจำลอง ISCST3 เท่ากับ $2.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ จากรูปที่ 4.18 จะเห็นว่าในวันที่ 5 มกราคม 2545 ค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากว่าบ้านพักอยู่ในตำแหน่งได้ลม

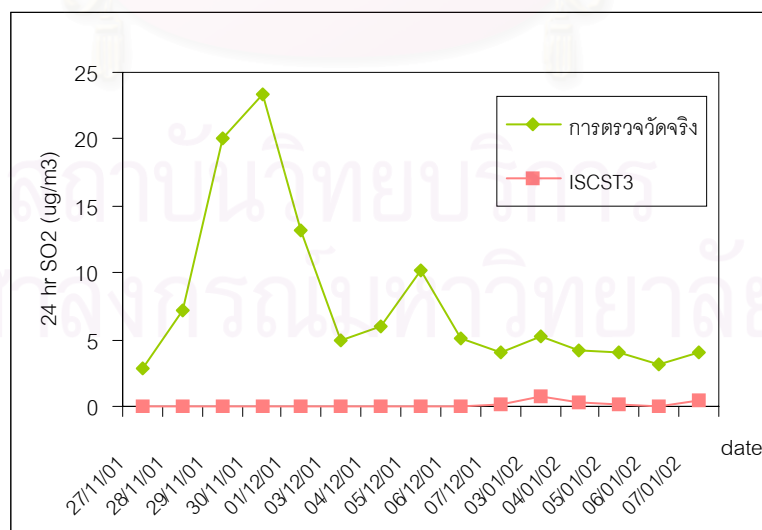
4.5.1.2 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก



รูปที่ 4.19 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก

ผลการคำนวณปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลักพบว่าแบบจำลอง ISCST3 ให้ค่าต่ำกว่าการตรวจวัดจริง โดยที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากการตรวจวัดจริงเท่ากับ $23.40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากแบบจำลอง ISCST3 เท่ากับ $0.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$

4.5.1.3 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด

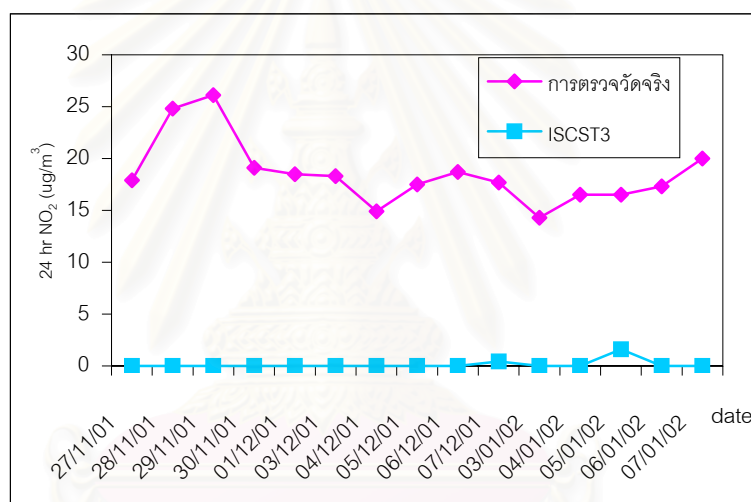


รูปที่ 4.20 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด

ผลการคำนวณปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าตพบว่าแบบจำลอง ISCST3 ให้ค่าต่ำกว่าการตรวจวัดจริง โดยที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากการตรวจวัดจริงเท่ากับ $26.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากแบบจำลอง ISCST3 เท่ากับ $2.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ จากรูปที่ 4.20 จะเห็นว่าในวันที่ 4 มกราคม 2545 ค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าสูงที่สุดทั้งนี้เนื่องจากว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าตอยู่ในตำแหน่งใต้ลม และมีความเร็วลมประมาณ 2.5 m/s

4.5.2 ปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์

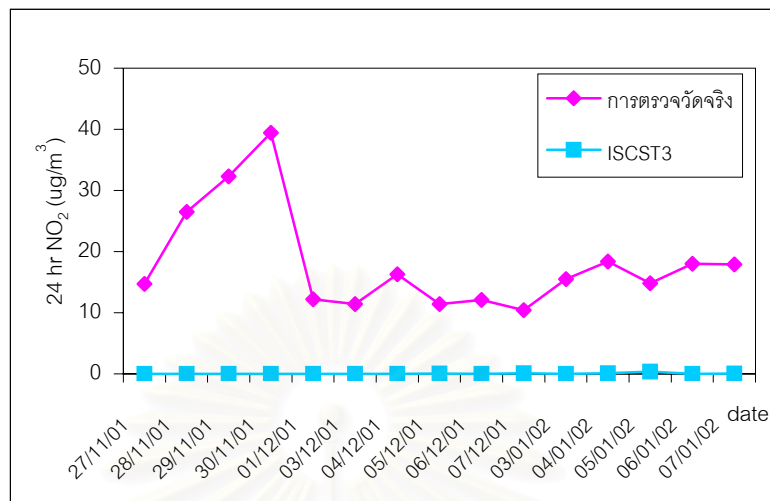
4.5.2.1 บ้านพัก



รูปที่ 4.21 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่บ้านพัก

ผลการคำนวณปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่บ้านพักพบว่าแบบจำลอง ISCST3 ให้ค่าต่ำกว่าการตรวจวัดจริง โดยที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากการตรวจวัดจริงเท่ากับ $20.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากแบบจำลอง ISCST3 เท่ากับ $1.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ จากรูปที่ 4.21 จะเห็นว่าในวันที่ 5 มกราคม 2545 ค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าสูงที่สุดทั้งนี้เนื่องจากว่าบ้านพักอยู่ในตำแหน่งใต้ลม

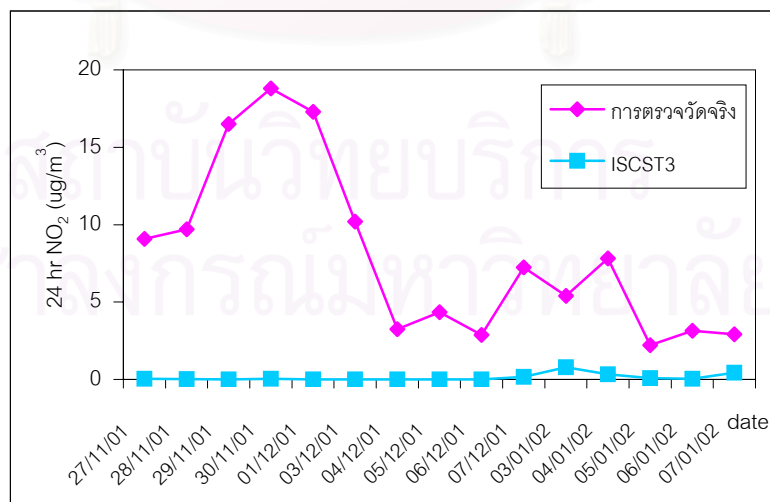
4.5.2.2 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก



รูปที่ 4.22 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก

ผลการคำนวณปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลักพบว่าแบบจำลอง ISCST3 ให้ค่าต่ำกว่าการตรวจวัดจริง โดยที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากการตรวจวัดจริงเท่ากับ $39.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากแบบจำลอง ISCST3 เท่ากับ $0.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$

4.5.2.3 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด

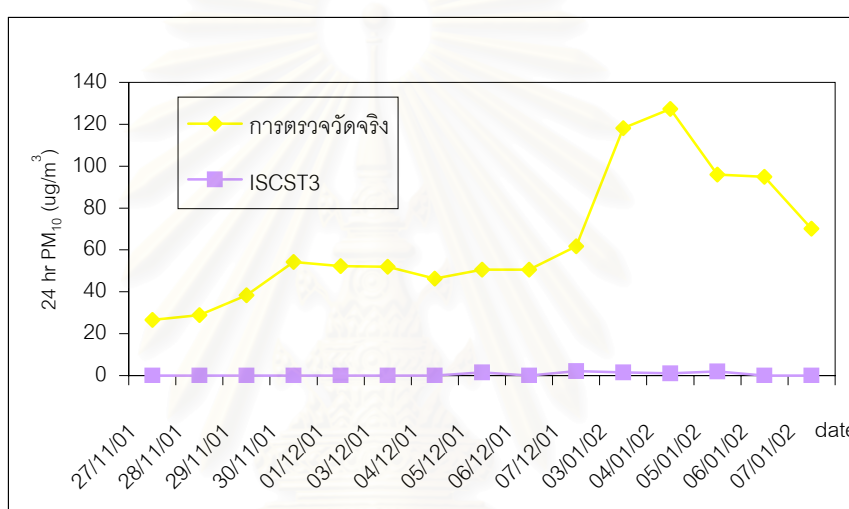


รูปที่ 4.23 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด

ผลการคำนวณปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าดพบว่าแบบจำลอง ISCST3 ให้ค่าต่ำกว่าการตรวจวัดจริง โดยที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากการตรวจวัดจริงเท่ากับ $18.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากแบบจำลอง ISCST3 เท่ากับ $0.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$

4.5.3 ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

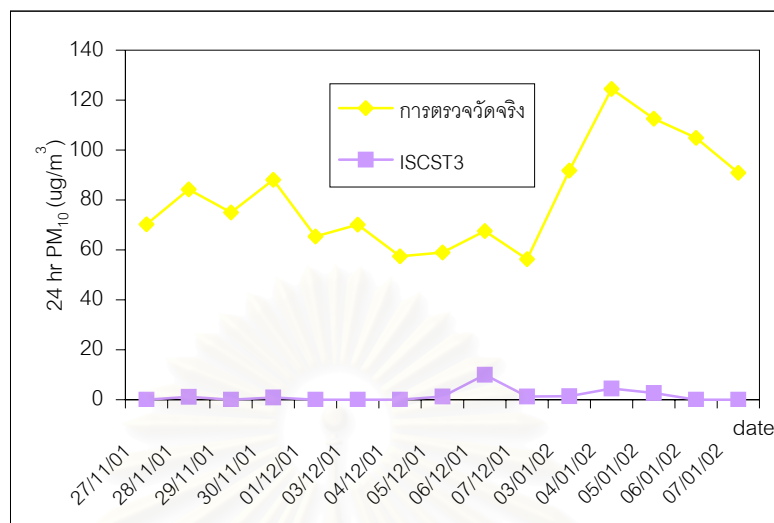
4.5.3.1 บ้านพัก



รูปที่ 4.24 ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่บ้านพัก

ผลการคำนวณปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่บ้านพักพบว่าแบบจำลอง ISCST3 ให้ค่าต่ำกว่าการตรวจวัดจริง โดยที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากการตรวจวัดจริงเท่ากับ $127.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากแบบจำลอง ISCST3 เท่ากับ $5.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$

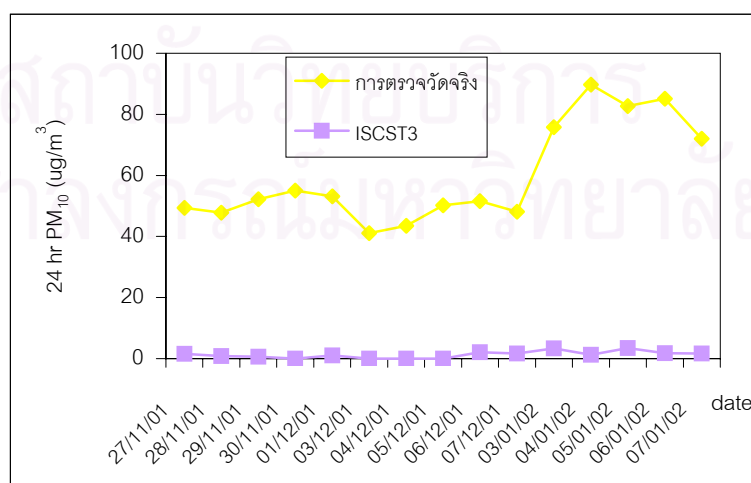
4.5.3.2 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก



รูปที่ 4.25 ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก

ผลการคำนวณปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลักพบว่าแบบจำลอง ISCST3 ให้ค่าต่ำกว่าการตรวจวัดจริง โดยที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากการตรวจวัดจริงเท่ากับ $124.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากแบบจำลอง ISCST3 เท่ากับ $4.52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ จากรูปที่ 4.25 จะเห็นว่าในวันที่ 4 มกราคม 2545 ค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองมีค่าสูงที่สุดทั้งนี้เนื่องจากว่าบ้านพักอยู่ในตำแหน่งได้ลม

4.5.3.3 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด



รูปที่ 4.26 ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ได้จากการตรวจวัดจริงและจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด

ผลการคำนวณปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าดพบว่าแบบจำลอง ISCST3 ให้ค่าต่ำกว่าการตรวจวัดจริง โดยที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากการตรวจวัดจริงเท่ากับ $89.71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดจากแบบจำลอง ISCST3 เท่ากับ $3.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$

4.6 เปรียบเทียบผลการทำนายความเข้มข้นระหว่างแบบจำลองและการตรวจวัดจริง

ให้แบบจำลองทำนายความเข้มข้นด้วยข้อมูลแหล่งกำเนิดและอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ศึกษาจริงในช่วงวันที่ 27 พฤศจิกายน 2544 ถึง 7 มกราคม 2545 ในตำแหน่งสถานีตรวจวัด 3 สถานี คือ บ้านพักเรือนรับรอง สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก และสถานีบ้านสบป่าด โดยใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 24 ชั่วโมง พบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วยแบบจำลอง ISCST3 ให้ค่าต่ำกว่าการตรวจวัดจริงในทุกตำแหน่งที่ตรวจวัด เมื่อนำมาทดสอบด้วยค่า fractional bias (สมการที่ 4.1) และ ค่า RMSE (root mean square error) ได้ผลดังนี้

$$FB = \frac{\overline{Co - Cp}}{0.5 * (\overline{Co} + \overline{Cp})} \quad (4.1)$$

เมื่อ FB = fractional bias ควรอยู่ในช่วง -2.0 ถึง $+2.0$

\overline{Co} = ค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัด

\overline{Cp} = ค่าเฉลี่ยจากแบบจำลอง

ตารางที่ 4.3 ค่า fractional bias และค่า RMSE

สารมลพิษ	FB	RMSE
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	1.91	5.72
ไนโตรเจนไดออกไซด์	1.97	8.50
ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน	1.98	10.25

จากตาราง 4.3 จะเห็นว่าค่า fractional bias มีค่าเป็นบวกชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองให้ผลการทำนายต่ำกว่าการตรวจวัด (underprediction) ซึ่งแบบจำลองที่ดีควรให้ค่า fractional bias เท่ากับ 0 และค่า RMSE มีค่าสูง ซึ่งแบบจำลองที่ดีควรมีค่า RMSE เข้าใกล้ 1

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 ผลการตรวจวัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์

บ้านพัก ค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วยวิธี passive มีค่าอยู่ในช่วง 0.74-6.00 ppb ส่วนค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วยวิธี active มีค่าอยู่ในช่วง DL-6.68 ppb (ค่า low resolution ของเครื่องตรวจวัดเท่ากับ 0.05 ppm)

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก ค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย passive มีค่าอยู่ในช่วง 1.06-8.96 ppb ส่วนค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย active มีค่าอยู่ในช่วง DL-4.08 ppb (ค่า low resolution ของเครื่องตรวจวัดเท่ากับ 0.05 ppm)

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด ค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย passive มีค่าอยู่ในช่วง 0.37-6.58 ppb ส่วนค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย active มีค่าอยู่ในช่วง DL-5.60 ppb (ค่า low resolution ของเครื่องตรวจวัดเท่ากับ 1 ppb)

5.1.2 ผลการตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์

บ้านพัก ค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย passive มีค่าอยู่ในช่วง 1.19-10.04 ppb ส่วนค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย active มีค่าอยู่ในช่วง 3.60-8.76 ppb (ค่า low resolution ของเครื่องตรวจวัดเท่ากับ 0.05 ppm)

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก ค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย passive มีค่าอยู่ในช่วง 5.53-17.20 ppb ส่วนค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย active มีค่าอยู่ในช่วง DL-0.24 ppb (ค่า low resolution ของเครื่องตรวจวัดเท่ากับ 0.05 ppm)

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด ค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย passive มีค่าอยู่ในช่วง 1.18-10.03 ppb ส่วนค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย active มีค่าอยู่ในช่วง 1.52-9.64 ppb (ค่า low resolution ของเครื่องตรวจวัดเท่ากับ 1 ppb)

5.1.3 ผลการตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

บ้านพัก ค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย personal air sampler มีค่าอยู่ในช่วง 26.66-127.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก ค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย personal air sampler มีค่าอยู่ในช่วง 56.31-124.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ส่วนค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย β -attenuation มีค่าอยู่ในช่วง 56.28-127.52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ค่า low resolution ของเครื่องตรวจวัด β -attenuation อยู่ที่ระดับ 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด ค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย personal air sampler มีค่าอยู่ในช่วง 41.13-89.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ส่วนค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วย β -attenuation มีค่าอยู่ในช่วง 39.0-88.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ค่า low resolution ของเครื่องตรวจวัด β -attenuation อยู่ที่ระดับ 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

5.1.4 ผลการเปรียบเทียบวิธีการตรวจวัด ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient)

ตารางที่ 5.1 ผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient)

สารมลพิษ	พื้นที่ศึกษา		
	บ้านพัก	สถานีตรวจวัดฯ หลัก	บ้านสบป่าด
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	0.882	0.892	0.904
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	0.556	0.225*	0.924
ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน	-	0.994	0.995

หมายเหตุ: ระดับนัยสำคัญของการทดสอบที่ $p < 0.01$ (2-tailed)

* ไม่มีความสัมพันธ์

ผลการเปรียบเทียบวิธีการตรวจวัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธี passive โดยใช้ passive sampler และวิธี active โดยใช้ UV-fluorescence detector ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) พบว่าการตรวจวัดทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นสูงทั้งที่บ้านพัก สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าด และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.882, 0.892 และ 0.904 ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญทาง

สถิติ $p=0.00$ ส่วนผลการเปรียบเทียบวิธีการตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธี passive โดยใช้ passive sampler และวิธี active โดยใช้ chemilluminescence detector พบว่าที่บ้านพักและสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่ามีความสัมพันธ์ระหว่างวิธีตรวจวัดทั้งสองวิธีโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.556 และ 0.924 ตามลำดับที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p=0.00$ แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างวิธีตรวจวัดทั้งสองวิธีที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก ($r = 0.225, p=0.484$) ทั้งนี้เนื่องจากกว่าค่าต่ำสุดที่เครื่องตรวจวัด chemilluminescence detector ที่บ้านพักและสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลักวัดตรวจวัดได้เท่ากับ 0.5 ppm

ผลการเปรียบเทียบวิธีการตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วย personal air sampler และเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองแบบ β -attenuation พบว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นสูง และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.994 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p=0.00$ ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่ามีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นสูงและมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.995 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p=0.00$ (เนื่องจากที่บ้านพักไม่มีการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองแบบ β -attenuation จึงไม่มีผลเปรียบเทียบการตรวจวัดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจากวิธีทั้งสอง)

จากตาราง 5.1 พบว่าที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าจะมีความสัมพันธ์สหสัมพันธ์สูงทุกชนิดการตรวจวัดสารมลพิษ ทั้งนี้อาจเนื่องจากว่าตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าอยู่ในตำแหน่งทิศใต้ของโรงไฟฟ้า ซึ่งในช่วงฤดูหนาวทิศทางลมส่วนใหญ่จะพัดไปทางทิศใต้ ประกอบกับ resolution ของเครื่องตรวจวัดที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่าจะมีความละเอียดมากกว่าอีก 2 พื้นที่ ทำให้เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการตรวจวัดกับค่าที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจึงมีความแตกต่างกันน้อยกว่า

5.1.5 ผลการคำนวณด้วย ISCST3

ผลการคำนวณพบว่าค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่บ้านพัก สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่า เท่ากับ 2.18, 0.95 และ 2.80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่บ้านพัก สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่า เท่ากับ 1.59, 0.36 และ 0.79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่บ้านพัก สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบ้านสบป่า เท่ากับ 5.04, 4.52 และ 3.48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ จากการทดสอบแบบจำลอง ISCST3 ในการทำนาย

ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ด้วยค่า RMSE และ fractional bias พบว่าแบบจำลองให้ค่าต่ำกว่าการตรวจวัดจริง

ตารางที่ 5.2 สรุปค่า RMSE และ fractional bias

สารมลพิษ	fractional bias	RMSE
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	1.91	5.72
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	1.97	8.50
ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน	1.98	10.25

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 การศึกษาในครั้งนี้ทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์โดยใช้ passive sampler ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งผลที่ได้จากการตรวจวัดเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดแบบต่อเนื่องจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ที่ศึกษาอยู่ใกล้แหล่งกำเนิด ซึ่งโดยทั่วไประยะเวลาที่ใช้ในการตรวจวัดสารมลพิษอากาศในบรรยากาศอย่างน้อย 1-2 วัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดด้วยวิธี passive โดยใช้ passive sampler และวิธี active โดยใช้ UV-fluorescence detector และ chemiluminescence detector พบว่ามีความสัมพันธ์กัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ayers et al. (1998), Panter et al. (1999) และ กฤติมา ทศชนะ (2543) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ค่าที่ตรวจวัดโดย passive sampler ในการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้ นอกจากนี้เนื่องจาก passive sampler ยังมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ราคาถูก ใช้งานง่าย และไม่ต้องใช้ไฟฟ้าในการทำงานดังนั้นในการศึกษาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่ที่เครื่องมือขนาดใหญ่เข้าไปไม่ถึง หรือในพื้นที่ที่ไม่มีกระแสไฟฟ้า ก็สามารถใช้ passive sampler ได้

5.2.2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ตรวจวัดด้วย personal air sampler และเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองแบบ β -attenuation พบว่ามีความสัมพันธ์กันสูง จากผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ค่าที่ตรวจวัดด้วย personal air sampler ในการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในบรรยากาศได้ ซึ่งจากการศึกษาของ

ศิริวรรณ แก้วงาม (2543) ที่ได้นำ personal air sampler มาใช้ในการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน พบว่า personal air sampler ก็สามารถใช้ตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในบรรยากาศได้ ดังนั้นในการศึกษาปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนในพื้นที่ที่มีความยากลำบากในการขนย้ายอุปกรณ์ หรือในพื้นที่ที่เครื่องมือขนาดใหญ่เข้าไปไม่ถึง ก็สามารถใช้ personal air sampler ในการตรวจวัดได้ นอกจากนี้ข้อดีของ personal air sampler คือมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา มีความคล่องตัวสูงในการใช้งาน

5.2.3 ผลการทำนายปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วยแบบจำลอง ISCST3 ที่ระยะเวลาเฉลี่ย 24 ชั่วโมง พบว่าค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจะมีค่าที่สูงกว่าค่าการทำนายของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยแบบจำลอง ISCST3 ในทุกพื้นที่ อธิบายได้ว่าเนื่องจากฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เป็นอนุภาคของแข็งซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี แต่สำหรับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แบบจำลองจะนำค่าครึ่งชีวิต (half life) ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาคิดคำนวณร่วมด้วยซึ่งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะลดลงทุก 4 ชั่วโมงราวร้อยละ 50 (US EPA, 1995: 1-46) ส่วนก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นสารมลพิษที่ไม่ได้เกิดจากปล่องโดยตรงแต่เกิดหลังจากที่มีการระบาย NO ออกมา โดยที่ NO ในบรรยากาศเปลี่ยนไปเป็น NO₂ โดยปฏิกิริยา

$$\text{NO} + \text{O}_3 \longrightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$$

5.2.4 ผลการคำนวณปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนด้วยแบบจำลอง ISCST3 พบว่าให้ค่าต่ำกว่าการตรวจวัดจริงในทุกพื้นที่ ทั้งนี้อาจเนื่องจากกว่าในการศึกษาคั้งนี้คิดเฉพาะแหล่งกำเนิดที่มาจากปล่องเท่านั้น (จัดเป็น point source) ซึ่งอาจมีแหล่งกำเนิดอื่นอีก เช่น แหล่งกำเนิดที่เป็น line source เช่น จากระถยนต์ รถจักรยานยนต์ หรือแหล่งกำเนิดที่เป็น area source นอกจากนี้พื้นฐานของแบบจำลองที่ใช้เป็นแบบ steady state gaussian โดยจะสมมติให้ลมในแต่ละชั่วโมงมีทิศทางและความเร็วเดียวกันในทุกจุดตลอดเวลาการทดลอง แต่เนื่องจากสภาพพื้นที่ของแม่เกาะเป็นแอ่งระหว่างหุบเขา ขนาบข้างด้วยภูเขา 2 แนว กระแสลมที่พัดไม่สม่ำเสมอตลอดเวลาและทิศทางลมในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนก็แตกต่างกัน ประกอบกับสมมติให้ควันลอยเป็นเส้นตรงเสมอและไม่ใช้การคำนวณการกระจายตัวของควันได้ชั้นอุณหภูมิผกผัน (fumigation) ในกรณีที่ควันลอยไปพบชั้นอุณหภูมิผกผัน จะใช้วิธีสะท้อนกลับจนกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งของกลุ่ม

ควันท่ำกับ 1.6 เท่าของชั้น mixing height หลังจากนั้นจะสมมติให้ความสูงทุกความสูงมีการกระจายของควันท่ำกันหมด

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนา passive sampler ในการตรวจวัดสารมลพิษอากาศเพื่อใช้ในการติดตามตรวจสอบสารมลพิษอากาศให้แพร่หลายเนื่องจากช่วยลดค่าใช้จ่ายและสามารถใช้ passive sampler ตรวจวัดในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าได้

2. ในการตรวจวัดสารมลพิษด้วย passive sampler ควรระวังในขั้นตอนการเคลือบสารเคมีที่ใช้ในการดูดจับ และการเก็บรักษา ก่อนและหลังการตรวจวัดเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจส่งผลกระทบต่อผลการตรวจวัด

3. การศึกษาในครั้งนี้เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ISCST3 ในการทำนายความเข้มข้นของสารมลพิษในพื้นที่แม่เมาะ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง ISCST3 ภายใต้สภาวะการทดลองในครั้งนี้ให้ผลต่ำกว่าค่าการตรวจวัดจริง ทั้งนี้อาจเนื่องจากไม่ได้คิดแหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศจากแหล่งอื่นร่วมด้วย อีกทั้งในการทำนาย แบบจำลอง ISCST3 สมมติให้ความเร็วลมและทิศทางลมคงที่ในทุกจุดและไม่คิดกรณี fumigation ซึ่งน่าจะทดลองโดยนำแบบจำลองที่เป็น non-steady state gaussian puff dispersion model มาลองใช้ในการทำนายปริมาณสารมลพิษอากาศ เนื่องจากแบบจำลอง puff dispersion model เป็น multi layer อีกทั้งสามารถคำนวณตามทิศทางลมที่ผันแปรได้และคิดกรณี fumigation ร่วมด้วย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, ฝ่ายการผลิตโรงไฟฟ้าแม่เมาะ. 2544. รายงานการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมโรงไฟฟ้าแม่เมาะ 8 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2544). การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, กองปฏิบัติการระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์. ปริมาณถ่านหินที่ใช้ที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ[online]. 2546. แหล่งที่มา:
<http://cmis.egat.or.th/prodstat/consum.cfm> [16 พฤศจิกายน 2545]
- กฤติมา ทศชนะ. 2543. การติดตามตรวจสอบก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์โดยใช้ Passive Gas Sampler. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กนิษฐา ผจญอรทัย. 2544. การศึกษาเชิงสโตแคสติกของความเข้มข้นฝุ่นปลิวจากโรงไหมหินบริเวณหน้าพระลานโดยการจำลองแบบมอนติ-คาร์โลของแบบจำลอง ISCST3. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ควบคุมมลพิษ, กรม และสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2543. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการประเมินคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.
- ควบคุมมลพิษ, กรม. 2544a. เอกสารประกอบโครงการฝึกอบรมการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ. หน้า 4-19 ถึง 4-23.
- ควบคุมมลพิษ, กรม, กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. 2544b. สถานการณ์มลพิษทางอากาศบริเวณพื้นที่แม่เมาะ จังหวัดลำปาง หน้า 31-33 ในสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงปี 2543. กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, วิทยาลัยการสาธารณสุข. 2538. การสำรวจสภาพปัญหาฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในกรุงเทพมหานครและแนวโน้มเชิงนโยบาย. รายงานเสนอต่อสำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข.

- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, วิทยาลัยการสาธารณสุข. 2544. การศึกษาผลกระทบจากมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพประชาชน อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พ.ศ. 2537-2543. รายงานเสนอต่อสำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข.
- นภาพพร พานิช และ แสงสันต์ พานิช. 2544. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
- นุจรีร์ ชูวิเชียร. 2542. การเปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISC และ AUSPLUME ในการทำงานนายความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- นันทวัน วิจิตรวาทการ, ไพพรรณ พิชยานนท์, สมเกียรติ วงษ์ทิม, วิชัย เอกพลากร และ นิตยา วัจนภูมิ. 2543. การศึกษาผลกระทบจากมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพประชาชน อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พ.ศ. 2537-2543. วิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรเพิ่ม พรมาส. 2544. รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาโรคระบบการหายใจในผู้ปฏิบัติงานโรงไฟฟ้าแม่เมาะ. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
- วนิดา ทรัพย์สุข. 2543. ผลของฝุ่นขนาดเล็กและก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในที่พักอาศัยต่อสุขภาพของแม่บ้านและเด็กในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วราวุธ เสือดี. 2541. รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษามลภาวะทางอากาศในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- วราวุธ เสือดี. 2544. การเตรียมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลองการกระจายมลพิษทางอากาศ. ในเอกสารประกอบการประชุมสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง "Air Pollution Modeling and its Application", หน้า 1-14. 22-26 พฤษภาคม 2544 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สมานชัย เลิศกมลวิทย์. 2543. การหาปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$, $PM_{10-2.5}$, PM_{10}) และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นในบรรยากาศภายในอาคาร และฝุ่นที่บุคคลได้รับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- แสงสันต์ พานิช. 2541. ตำราประกอบกรอบรรมหลักสูตรด้านสิ่งแวดล้อม เรื่อง การจัดการคุณภาพอากาศ. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- ศิริวรรณ แก้วงาม. 2543. สัณฐานและองค์ประกอบธาตุของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุมา เสวตสกุลานนท์. 2543. ผลของฝุ่นละอองที่มีต่ออัตราการซึมผ่านของรังสีไอโซโทป Tc-99m DTPA ของปอดตำรวจจราจรในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- แฮกเลอร์ เบลลี เซอร์วิส, บริษัท. 2541. โครงการศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร (สรุปสำหรับผู้บริหาร). รายงานเสนอกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ภาษาอังกฤษ

- Ayers, G. P., Keywood, M. D., Gillett, R., Manins, P. C., Malfroy, H., and Bardsley, T. 1998. Validation of Passive Diffusion Samplers for SO₂ and NO₂. Atmospheric Environment 32(20) : 3587-3592.
- Bower, J. 1998. Effective Air Pollution Monitoring: The UK Experience. Financing Environmental Infrastructure, Monitoring and Enforcement, and Information Technology Application vol.5 PCD. International Conference and Exhibition on Pollution Prevention and Control 12-16 November 1997 Bangkok: Queen Sirikit National Convention Center, 102-109.
- Chao, C. Y. H. 2001. Comparison between Indoor and Outdoor Air Contaminant Levels in Residential Building from Passive Sampler Study. Building and Environment 36 : 999-1007.
- Chao, C. Y. H., and Law, A. 2000. A Study of Personal Exposure to Nitrogen Dioxide Using Passive Samplers. Building and Environment 35 : 545-553.

- Desqueyroux, H., Pujet, J. C., Prosper, M., Squinazi, F., and Momas, I. 2002. Short-Term Effects of Low-Level Air Pollution on Respiratory Health of Adults Suffering from Moderate to Severe Asthma. Environmental Research Section A 89 : 29-37.
- Devalia, J. L., Rusznak, C., Wang, J., Khair, O. A., Abdelaziz, M. M., Calderon, M. A., and Davies, R. J. 1996. Air Pollutants and Respiratory Hypersensitivity. Toxicology Letters 86 : 169-176.
- Doolgindachbaporn, T. 1995. Culpuff Dispersion Model Study of Ambient SO₂ Concentrations around the Mae Moh Thermal Power Plant in Thailand. Master's Thesis. Cited in Pickett. Atmospheric pollution, 1987.
- Ferm, M., and Svanberg, P. A. 1998. Cost-Efficient Techniques for Urban and Background Measurements of SO₂ and NO₂. Atmospheric Environment 32(8) : 1377-1381.
- Garrett, M. H., Hooper, M. A. and Hooper, B. M. 1999. Nitrogen Dioxide in Australian Home: Level and Source. Air & Waste Management Association 49: 76-81.
- Janssen, N. A. H., Hoek, G., Harssema, H., Brunekreef, B. 1999. Personal Exposure to Fine Particles in Children Correlate Closely with Ambient Fine Particles. Arch. Environ. Health 54 (2): 95-101.
- Jinsart, W., Tamura, K., Loetkamonwit, S., Thepanondh, S., Karita, K., and Yano, E. in press. Roadside Particulate Air Pollution level in Bangkok, Thailand. An International Journal Archives of Environmental Health .
- Karita, K., Yano, E., Jinsart, W., Doungrutai, B., and Tanura, K. 2001. Respiratory Symptoms and Pulmonary Function among Traffic Police in Bangkok, Thailand. Archives of Environmental Health 56(5) September/October : 467-470.
- Keywood, M. D., Beer, T., Ayers, G. P., Gillett, R. W., Powrll, J., and Manins, P. C. 1998. The Use of Passive Gas Samplers to Monitor Personal Exposure to Environmental Pollutants. Clean Air Journal (Australia & New Zealand) 32 : 32-36.
- Kouchi, A., Okabayashi, K., Okamoto, S., Yoshikado, H., Yamamoto, S., Kobayashi, M., and Koizumi, M. 2001. Development of Atmospheric Dispersion Model for Environmental Impact Assessment of Complicated Industrial Area. 7th

- International Conference Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes pp. 1-5. 28-31 May Italy: Belgirate.
- Krochmal, D., and Kalina, A. 1997. Measurements of Nitrogen Dioxide and Sulphur Dioxide Concentrations in Urban and Rural Areas of Poland Using a Passive Sampling Method. Environmental Pollution 96(3) : 401-407.
- Kowalewsky, J. K. 1998. Development and Implementation of a Mathematical Model for Simulating The Meteorology and Air Pollution Situation in The Mae Moh Valley District. "International Conference and Exhibition on Pollution Prevention and Control", p 511-543. 2-16 November 1997 Queen Sirikit National Convention Center.
- Lee, K., Yanagisawa, Y., Spengler, J. D., and Davis, R. 1995. Assessment of Precision of a Passive Sampler by Duplicate Measurement. Environment International 21(4) : 407-412.
- Makkonen, U., and Junnto, S. 1997. Field Comparison of Measurement Methods for Sulphur Dioxide and Aerosol Sulphate. Atmospheric Environment 31(7) : 983-990.
- Monn, C., Brandli, O., Schindler, C., Ackermann-Liebrich, U., Leuenberger, P., and SAPALDIA Team. 1998. Personal Exposure to Nitrogen Dioxide in Switzerland. The Science of the Total Environment 215 : 243-251.
- Panther, B., and Hooper, M. A. 2001. Case Study I: The Use of Passive Samplers to Assess Environmental Impact in Bangkok 1-8 pp. National Workshop on Innovation Air Quality Monitoring Tools for Gases and Odours 12 June 2001 Bangkok : Thailand.
- Panther, B., Xingqun, C., Hooper, B., Zhide, H., and Hooper, M. 1999. Passive Sampler Technology for the Monitoring of Combustion-related Acidic Gases. The First International Power and Energy Conference paper no. 136 : 8 pp.
- Piromyaporn, C. 2000a. Development of a Synoptic Climatological Approach to Predict Ambient SO₂ Concentrations at The Mae Moh Valley. Master's Thesis. School of Environmental Resources and Development, Asian Institute of

- Technology. Cited in PCD. Report of Impact Evaluation of the Mae Moh Mine Expansion Project, 1998.
- Piromyaporn, C. 2000b. Development of a Synoptic Climatological Approach to Predict Ambient SO₂ Concentrations at The Mae Moh Valley. Master's Thesis. School of Environmental Resources and Development, Asian Institute of Technology. Cited in Sargent and Lundy. Development of System Wide Emission Control Strategies Applicable to Mae Moh Power Plant Thailand, 1994.
- Santis, F. D., Allegrini, I., Fazio, M. C., Pasella, D., and Piredda, R. 1997. Development of a Passive Sampling Technique for the Determination of Nitrogen Dioxide and Sulphur Dioxide in Ambient Air. Analytica Chimica Acta 346 : 127-134.
- Schnelle, B. K., and Dey, R. P. 1999. Atmospheric Dispersion Modeling Compliance Guide. New York : McGraw-Hill,
- Thanh, B. D., and Lefevre, T. 2000. Assessing health impacts of air pollution from electricity generation: the case of Thailand. Environmental Impact Assessment Review 20: 137-158.
- Turner, D. B. 1994. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. Washington DC
- UNEP/WHO. 1996. GEMS/Air Quality Management Capability in 20 Major Cities. WHO/EOS/95.7, UNEP/DEIA/AR 96.2. United Nations Environment Program, Nairobi.
- US. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Technical Support Division. 1992. Protocol for Determining The Best Performing Model. EPA-454/R-92-025. Research Triangle Park, NC.
- US. Environmental Protection Agency. 1995a. 5th. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42 Lignite Combustion Volume I: Stationary Point and Area Source section 1.7 Lignite Combustion. Research Triangle Park, NC.
- US. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards Emission, Monitoring and Analysis Division. 1995b. User's Guide for the Industrial Source Complex Short (ISC3) Dispersion Models Volume I - User Instructions. EPA-454/B-95-003a. Research Triangle Park, NC.

- US. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards Emission, Monitoring and Analysis Division. 1995c. User's Guide for the Industrial Source Complex Short (ISC3) Dispersion Models Volume II – Description of Model Algorithms. EPA-454/B-95-003b. Research Triangle Park, NC.
- US. Environmental Protection Agency. 1998. CFR 40 Appendix W to Part 51: Guideline on Air Quality Models. Research Triangle Park, NC.
- US. Environmental Protection Agency. November 1999a. Acid Rain Program: Environmental Effects of Acid Rain[online]. Available from: <http://www.epa.gov/acidrain/effects/envben.html> [18 มิถุนายน 2545].
- US. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality planning and Standards Emission, Monitoring and Analysis Division. 1999b. PCRAMMET User's Guide. EPA-454/B-96-001. Research Triangle Park, NC.
- US. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. 2001. National Ambient Air Quality Standards[online]. Available from: <http://www.epa.gov/airs/criteria.html> [18 มิถุนายน 2545].
- Utah Air Monitoring Center, Department of Environmental Quality, Division of Air Quality. 2001a. Sulfur Dioxide[online]. Available from: <http://www.airmonitoring.utah.gov/So2.htm> [5 april 2002]
- Utah Air Monitoring Center, Department of Environmental Quality, Division of Air Quality. 2001b. Nitrogen Dioxide[online]. Available from: <http://www.airmonitoring.utah.gov/No2.htm> [5 april 2002]
- Utah Air Monitoring Center, Department of Environmental Quality, Division of Air Quality. 2001c. Particulate less than 10 μm [online]. Available from: <http://www.airmonitoring.utah.gov/pm10.htm> [5 april 2002]
- Williams, R., et al. 2000. Indoor, Outdoor, and Personal Exposure Monitoring of Particulate Air Pollution: the Baltimore Elderly Epidemiology-exposure Pilot Study. Atmospheric Environment 34 : 4193-4204.

- Wong, C. M., Ma, S., Hedley, A. J., and Lam, T. H. 2001. Effect of Air Pollution on Daily Mortality in Hong Kong. Environmental Health Perspectives 109(4 April) : 335-340.
- World Health Organization. 1995. Instrumental Air Monitoring Technique[online] Available from: http://www.who.int/environmental_information/Air/Guidelines/Chapter5.htm [9 ธันวาคม 2544]
- World Meteorological Organization Global Atmosphere Watch. 1997. Report on Passive Samplers for Atmospheric Chemistry Measurements and their Role in GAW. WMO TD No.829.
- Yamada, E., Kimura, M., Tomozawa, K., and Fuse, Y. 1999. Simple Analysis of Atmospheric NO₂, SO₂ and O₃ in Mountains by Using Passive Samplers. Environmental Science Technology 33(23) : 4141-4145.



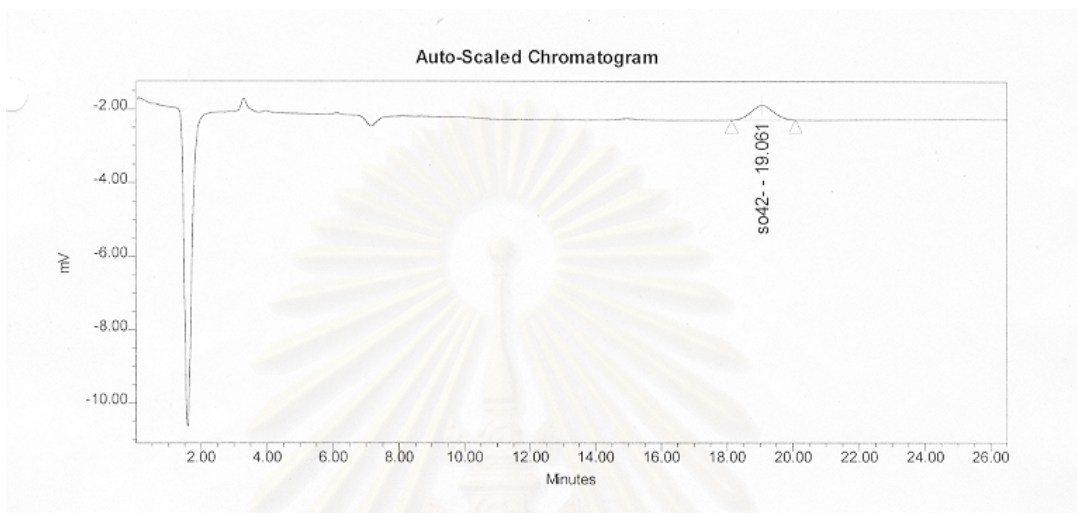
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก



รูปที่ ก.1 chromatogram ของ SO_4^{2-} จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง IC

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ช่วงวันที่ 27 พฤศจิกายน 2544 ถึง วันที่ 7 มกราคม 2545

date	ho		ms		sp	
	passive (ppb)	active (ppb)	passive (ppb)	active (ppb)	passive (ppb)	active (ppb)
27/11/01	1.50±0.09	1.30±1.11	1.06±0.54	0.09±0.29	0.42±0.14	0.69±2.41
28/11/01	1.80±0.10	2.28±3.23	3.30±0.14	1.16±2.25	1.68±0.40	1.29±2.76
29/11/01	6.00±0.49	6.68±17.53	7.70±0.30	4.08±12.99	5.63±0.52	5.52±13.50
30/11/01	1.19±0.07	1.50±1.05	3.88±0.16	1.56±3.86	6.58±0.28	5.60±10.95
01/12/01	1.56±0.23	2.00±0.87	2.10±0.76	1.12±2.47	4.00±0.17	3.01±6.89
03/12/01	1.32±0.51	0.28±0.46	1.89±0.96	0.00±0.00	1.00±0.40	0.04±0.20
04/12/01	4.61±0.52	5.84±13.76	8.96±0.86	2.48±7.25	1.31±0.02	0.76±1.84
05/12/01	1.09±0.53	0.48±1.87	2.67±0.08	0.44±1.50	3.20±0.11	0.00±0.00
06/12/01	0.74±0.54	0.64±1.93	1.5±0.07	0.00±0.00	1.50±0.01	0.48±0.59
07/12/01	1.24±0.55	0.42±1.14	1.56±0.01	0.00±0.00	0.81±0.01	1.12±0.33
03/01/02	1.66±0.56	0.00±0.00	2.76±0.82	0.08±0.28	1.45±0.54	0.40±0.65
04/01/02	1.69±0.57	0.76±1.17	2.69±0.59	0.24±0.44	0.81±0.25	0.64±0.95
05/01/02	1.85±0.58	0.04±0.20	1.98±0.15	0.00±0.00	0.65±0.01	0.36±0.49
06/01/02	2.04±0.59	0.04±0.20	1.61±0.25	0.00±0.00	0.37±0.03	0.20±0.50
07/01/02	2.29±0.60	1.20±0.44	2.03±0.29	0.00±0.00	0.81±0.01	0.00±0.00

ตารางที่ ก.2 ผลการตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในช่วงวันที่ 27 พฤศจิกายน 2544 ถึง วันที่ 7 มกราคม 2545

date	ho		ms		sp	
	passive (ppb)	active (ppb)	passive (ppb)	active (ppb)	passive (ppb)	active (ppb)
27/11/01	9.56±0.43	5.91±4.59	7.82±0.23	0.50±0.21	4.83±0.21	4.12±3.97
28/11/01	13.19±0.76	8.72±8.39	14.12±0.21	0.40±0.20	5.17±0.41	5.42±4.63
29/11/01	13.91±0.07	8.76±11.01	17.20±2.05	0.80±0.28	8.80±0.14	9.28±10.06
30/11/01	10.19±0.13	6.20±5.47	16.48±0.00	0.40±0.20	10.03±0.14	9.64±10.58
01/12/01	9.89±0.31	5.00±4.42	6.52±0.87	0.10±0.23	9.21±0.37	7.00±5.64
03/12/01	9.74±0.06	4.44±3.64	6.08±0.96	0.00±0.00	5.44±0.66	3.28±1.43
04/12/01	7.95±0.18	8.64±10.19	8.69±0.60	0.80±0.28	1.73±0.23	2.17±2.84
05/12/01	9.30±0.61	3.92±4.40	6.06±1.21	0.00±0.00	2.32±0.93	1.52±1.48
06/12/01	9.96±0.91	7.48±6.92	6.45±0.30	0.00±0.00	1.53±0.48	1.68±1.55
07/12/01	9.43±1.24	5.62±4.73	5.53±0.54	0.00±0.00	3.85±0.18	1.84±1.86
03/01/02	7.62±0.94	3.60±3.21	8.24±0.90	2.40±0.83	2.87±2.12	1.88±1.36
04/01/02	8.82±0.77	6.32±4.78	9.82±1.19	0.00±0.00	4.16±1.90	2.04±1.17
05/01/02	8.83±0.77	4.13±3.63	7.93±0.30	0.00±0.00	1.18±0.12	2.24±1.39
06/01/02	9.25±0.18	4.24±3.69	9.61±0.12	0.40±0.20	1.83±0.12	2.44±2.06
07/01/02	10.67±0.24	4.60±3.91	9.57±0.07	0.00±0.00	1.55±0.53	1.72±0.98

ตารางที่ ก.3 ผลที่ตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนช่วงวันที่ 27 พฤศจิกายน 2544 ถึง วันที่ 7 มกราคม 2545

date	ho		ms		sp	
	personal ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	β -attenuation ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	personal ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	β -attenuation ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	personal ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	β -attenuation ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
27/11/01	26.66 \pm 1.87	-	70.29 \pm 2.31	71.50 \pm 38.35	49.37 \pm 1.99	50.04 \pm 34.63
28/11/01	28.90 \pm 2.00	-	84.19 \pm 2.02	83.80 \pm 56.71	47.80 \pm 2.85	45.50 \pm 30.33
29/11/01	38.42 \pm 1.03	-	74.98 \pm 2.00	73.24 \pm 40.36	52.20 \pm 2.00	47.72 \pm 38.73
30/11/01	54.19 \pm 1.47	-	88.03 \pm 1.97	90.88 \pm 35.52	55.05 \pm 1.58	55.68 \pm 39.22
01/12/01	52.27 \pm 1.76	-	65.34 \pm 2.13	62.00 \pm 28.25	53.13 \pm 1.64	49.00 \pm 37.69
03/12/01	51.91 \pm 2.03	-	70.16 \pm 2.02	67.48 \pm 54.30	41.13 \pm 2.00	39.36 \pm 40.59
04/12/01	46.33 \pm 1.97	-	57.45 \pm 4.06	56.28 \pm 30.93	43.46 \pm 0.11	44.46 \pm 47.38
05/12/01	50.61 \pm 2.35	-	58.97 \pm 2.04	59.84 \pm 33.80	50.16 \pm 1.32	50.72 \pm 44.80
06/12/01	50.66 \pm 1.64	-	67.59 \pm 2.03	67.76 \pm 26.23	51.60 \pm 0.00	51.24 \pm 34.79
07/12/01	61.81 \pm 1.78	-	56.31 \pm 1.94	56.36 \pm 32.73	48.16 \pm 0.62	46.64 \pm 31.19
03/01/02	118.22 \pm 2.31	-	91.78 \pm 4.19	90.60 \pm 30.14	75.82 \pm 0.73	75.40 \pm 4.22
04/01/02	127.29 \pm 2.45	-	124.47 \pm 8.19	127.52 \pm 61.64	89.71 \pm 0.92	87.56 \pm 36.91
05/01/02	95.99 \pm 0.98	-	112.58 \pm 10.07	122.08 \pm 53.86	82.74 \pm 1.88	82.04 \pm 31.53
06/01/02	94.87 \pm 1.01	-	104.83 \pm 1.97	109.52 \pm 48.09	85.11 \pm 0.69	84.16 \pm 49.47
07/01/02	70.18 \pm 1.23	-	90.89 \pm 1.98	88.60 \pm 36.36	73.00 \pm 0.23	72.00 \pm 43.06

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ข.1 เพิ่มข้อมูลคุณิยมหาวิทยาลัยระดับฉวพื้นสำหรับนำเข้า PCRAMMET

48328011127 0000280010590000
48328011127 1000280010590000
48328011127 2000360010590000
48328011127 3000300010580000
48328011127 4000150000570000
48328011127 5083210000560000
48328011127 6167200000560101
48328011127 7250230000560101
48328011127 8167260000560101
48328011127 9083240010570000
4832801112710000270010660000
4832801112711083260020710101
4832801112712167210030730101
4832801112713250270030740202
4832801112714250360030740202
4832801112715250330020750303
4832801112716250360020750303
4832801112717167360010740202
4832801112718083360010710101
4832801112719000340010690000
4832801112720000280000650000
4832801112721000320000630000
4832801112722000290000610000
4832801112723000170000590000
48328011128 0000200000580000
48328011128 1000220000570000
48328011128 2000130000560000
48328011128 3000220000550000
48328011128 4000260000540000
48328011128 5000240000530000
48328011128 6000250000520000
48328011128 7000240010520000
48328011128 8000290010520000
48328011128 9000270010550000
4832801112810000280010600000
4832801112811083280020660001
4832801112812167290020710101
4832801112813250280020750202
4832801112814250270030760202
4832801112815250290020770202
4832801112816250260030770202
4832801112817167260020760101
4832801112818083340010740101
4832801112819000290010690000
4832801112820000340010660000
4832801112821000130010630000
4832801112822000290000620000
4832801112823000360000600000
48328011129 0000220000590000
48328011129 1000290000580000
48328011129 2000220000570000
48328011129 3000260000560000
48328011129 4000290000560000
48328011129 5083200010550101
48328011129 6167240000540101
48328011129 7250190000540202
48328011129 8250270010540202
48328011129 9250340010580101
4832801112910250280020630101
4832801112911167280020680101
4832801112912083240020730000
4832801112913000320020760000
4832801112914000280020780000
4832801112915000350020820000
4832801112916000320020800000
4832801112917000340010790000



ศูนย์วิทยบริการ
รณัฒมหาวิทยาลัย

4832801112918000360010750000
4832801112919000270010700000
4832801112920000280010690000
4832801112921000280000660000
4832801112922000150000640000
4832801112923000180000630000
48328011130 0000360000630000
48328011130 1000270000620000
48328011130 2000210000600000
48328011130 3000210000590000
48328011130 4000240000580000
48328011130 5083190000580202
48328011130 6167260000570303
48328011130 7250260010560505
48328011130 8250230000570505
48328011130 9250250010610404
4832801113010250220010650404
4832801113011250280020710404
4832801113012250350020750505
4832801113013250270020770505
4832801113014250230020790505
4832801113015250270030800404
4832801113016250270020810404
4832801113017167260020800404
4832801113018083170010770303
4832801113019000230010730303
4832801113020000240010710202
4832801113021000340010700101
4832801113022000180000670000
4832801113023000360000660101
48328011201 0000290000650000
48328011201 1000230000650000
48328011201 2000330010640000
48328011201 3000260000640000
48328011201 4000270000630000
48328011201 5083230000620201
48328011201 6167220010620503
48328011201 7250280000620704
48328011201 8250250010620704
48328011201 9250290010640704
4832801120110250250010680704
4832801120111250220020710704
4832801120112250280020750604
4832801120113250260020780604
4832801120114250230030790503
4832801120115250240030800503
4832801120116250270020810402
4832801120117167220020810301
4832801120118083190010790101
4832801120119000280010780000
4832801120120000250010750000
4832801120121000250000730000
4832801120122000240010700000
4832801120123000300010690000
48328011202 0000210000680000
48328011203 1000240000670000
48328011203 2000280000670000
48328011203 3000240010660000
48328011203 4000260000660000
48328011203 5000210000650101
48328011203 6000250000640202
48328011203 7000240000640303
48328011203 8067240000640303
48328011203 9133260010680202
4832801120310200270020730202
4832801120311200230020770202
4832801120312200240020800202
4832801120313200280020830202
4832801120314200270030840202
4832801120315200240030850303
4832801120316200240030850303
4832801120317133240020850202
4832801120318067360000810101
4832801120319000360010760000



มหาวิทยาลัย
วิทยบริการ
รัตนมหาวิทยาลัย

4832801120320000340010730000
4832801120321000360010710000
4832801120322000270000690000
4832801120323000260000680000
48328011204 0000210000670000
48328011204 1000310010660000
48328011204 2067350000650101
48328011204 3133230000650101
48328011204 4200220000640202
48328011204 521720000630303
48328011204 6233310010630505
48328011204 7250270000630606
48328011204 8167220000640505
48328011204 9083310010660404
4832801120410000310010720303
4832801120411083250020770303
4832801120412167220020810202
4832801120413250260030840202
4832801120414250260030850303
4832801120415250290020850303
4832801120416250260040850404
4832801120417167260030850303
4832801120418083180010820101
4832801120419000120010790000
4832801120420000280010760000
4832801120421000270000730000
4832801120422000120000710000
4832801120423083210000690202
48328011205 0167300000680505
48328011205 1250240000670707
48328011205 2250290010670606
48328011205 3250240010660505
48328011205 4250310010650404
48328011205 5167330000650404
48328011205 6083210000650404
48328011205 7000270000650404
48328011205 8000290000650303
48328011205 9000290010680303
4832801120510000270010740202
4832801120511067250020790202
4832801120512133290030820303
4832801120513200230010840303
4832801120514200230030850303
4832801120515200220020850404
4832801120516200300020860404
4832801120517133230020850303
4832801120518067140010820303
4832801120519000120010790202
4832801120520000220010760101
4832801120521000360000740101
4832801120522000260000720000
483280112052300027001070000
48328011206 0000190000690000
48328011206 1000280000690000
48328011206 2000340000680000
48328011206 3000200000670000
48328011206 4000290000660000
48328011206 5000180000660000
48328011206 6000270000650000
48328011206 7000340010650000
48328011206 8000330000660000
48328011206 9000270000670000
4832801120610000370010720000
4832801120611083280020780101
4832801120612167360020840101
4832801120613250220020820202
4832801120614250340010820202
4832801120615250190010830202
4832801120616250300010830202
4832801120617250360010830202
4832801120618250290010810202
4832801120619250360010790202
4832801120620250280010760202
4832801120621250310010740101



มหาวิทยาลัย
วิทยบริการ
รณมหาวิทยาลัย

4832801120622250220010720101
4832801120623167280010710101
48328011207 0083220010710202
48328011207 1000330000700202
48328011207 2083330000700202
48328011207 3167180010690303
48328011207 4250310000690303
48328011207 5250270010680404
48328011207 6250250010680404
48328011207 7250320010680505
48328011207 8250270010680505
48328011207 9250240010720404
4832801120710250280010750404
4832801120711250270010780404
4832801120712250260020810505
4832801120713250360030800505
4832801120714250180020810505
4832801120715250220020810505
4832801120716250270020810505
4832801120717250210010820505
4832801120718250170010800404
4832801120719250150010770404
4832801120720167250010740303
4832801120721083210010730101
4832801120722000230000710000
4832801120723083210010700101
48328011208 0167250000690303
48328020103 1000360020680000
48328020103 2000360010650000
48328020103 3000260000630000
48328020103 4000230000620000
48328020103 5000230000610101
48328020103 6000210000600202
48328020103 7000230000600303
48328020103 8067260010610303
48328020103 9133300010620202
4832802010310200330020671202
4832802010311200360040700202
4832802010312200330030720202
4832802010313200360030740202
4832802010314200360040750202
4832802010315200360040750303
4832802010316200360030750303
4832802010317133360030750202
4832802010318067360030730101
4832802010319000360020710000
4832802010320000340020690000
4832802010321000260000650000
4832802010322000320010630000
4832802010323000360000620000
48328020104 0000360000600000
48328020104 1000360000590000
48328020104 2067280000580101
48328020104 3133360000570101
48328020104 4200180000570202
48328020104 5217250010570303
48328020104 6233180000550505
48328020104 7250190010550606
48328020104 8167240010540505
48328020104 9083250010570404
4832802010410000260010630303
4832802010411083290020690303
4832802010412167270020720202
4832802010413250360030740202
4832802010414250330040750303
4832802010415250360030760303
4832802010416250330030760404
4832802010417167360030760303
4832802010418083360010740101
4832802010419000360000700000
4832802010420000360000690000
4832802010421000320010660000
4832802010422000280000640000
4832802010423083310010620202



มหาวิทยาลัย
วิทยบริการ
รณัฒมหาวิทยาลัย

48328020105 0167230010620505
48328020105 1250150000610707
48328020105 2250180000600606
48328020105 3250300000590505
48328020105 4250210000580404
48328020105 5167220000570404
48328020105 6083120000570404
48328020105 7000170000570404
48328020105 8000200000560303
48328020105 9000180000580303
4832802010510000260000620202
4832802010511067300010680202
4832802010512133260020720303
4832802010513200120030750303
4832802010514200230020760303
4832802010515200270020770404
4832802010516200360020770404
4832802010517133360030770303
4832802010518067360010750303
4832802010519000330000710202
4832802010520000260000690101
4832802010521000300000660101
4832802010522000250000650000
4832802010523000320000640000
48328020106 0000360000610000
48328020106 1000360000600000
48328020106 2000210000580000
48328020106 3000270000580000
48328020106 4000300000580000
48328020106 5000370000580000
48328020106 6000320000570000
48328020106 7000200000560000
48328020106 8000240000550000
48328020106 9000140000580000
4832802010610000250010630000
4832802010611083300010690101
4832802010612167340020730101
4832802010613250330020770202
4832802010614250280030780202
4832802010615250350030800202
4832802010616250360030800202
4832802010617250360030800202
4832802010618250360020780202
4832802010619250360010740202
4832802010620250230000710202
4832802010621250250010690101
4832802010622250210000670101
4832802010623167210000650101
48328020107 0083320000630202
48328020107 1000130000620202
48328020107 2083100000600202
48328020107 3167210000590303
48328020107 4250280000590303
48328020107 5250210000580404
48328020107 6250240000580404
48328020107 7250270000570505
48328020107 8250220000570505
48328020107 9250200010600404
4832802010710250260010670404
4832802010711250360020720404
4832802010712250360030740505
4832802010713250310020760505
4832802010714250340020770505
4832802010715250350020770505
4832802010716250360030780505
4832802010717250360030770505
4832802010718250360020760404
4832802010719250360020730404
4832802010720167360010710303
4832802010721083280000690101
4832802010722000260000670000
4832802010723083300000650101
48328020108 0083260000630101



มหาวิทยาลัย
รัตนมหาวิทาลัย

ข.2 เพิ่มข้อมูลความสูงผสมสำหรับนำเข้า PCRAMMET

48328011127	335	596
48328011128	110	778
48328011129	205	414
48328011130	112	599
48328011201	208	639
48328011202	222	741
48328011203	150	640
48328011204	177	630
48328011205	255	668
48328011206	275	666
48328011207	219	828
48328011208	367	750
48328011209	245	737
48328011210	226	762
48328011211	119	749
48328011212	156	787
48328011213	165	633
48328011214	249	808
48328011215	185	835
48328011216	175	875
48328011217	84	617
48328011218	293	855
48328011219	184	717
48328011220	183	616
48328011221	196	761
48328011222	197	670
48328011223	366	851
48328011224	276	776
48328011225	98	978
48328011226	168	882
48328011227	127	772
48328011228	261	795
48328011229	182	795
48328011230	221	924
48328011231	335	872
48328020101	177	630
48328020102	999	999
48328020103	246	748
48328020104	160	862
48328020105	177	1015
48328020106	125	952
48328020107	182	730
48328020108	150	938

ข.3 เพิ่มคุณสมบัติวิทยาในรูปแบบ ASCII สำหรับแบบจำลอง ISCST3

48328	1	48328	1				
11127	1	99.0000	1.0000	288.2	7	809.3	335.0
11127	2	179.0000	1.0000	288.2	7	801.5	335.0
11127	3	124.0000	1.0000	287.6	7	793.7	335.0
11127	4	331.0000	0.0000	287.0	7	785.9	335.0
11127	5	29.0000	0.0000	286.5	7	778.1	335.0
11127	6	22.0000	0.0000	286.5	7	770.3	335.0
11127	7	53.0000	0.0000	286.5	7	762.6	335.0
11127	8	82.0000	0.0000	286.5	7	754.8	335.0
11127	9	56.0000	1.0000	287.0	7	747.0	335.0
11127	10	92.0000	1.0000	292.0	7	739.2	335.0
11127	11	85.0000	1.0289	294.8	7	731.4	335.0
11127	12	27.0000	1.5433	295.9	7	723.6	335.0
11127	13	88.0000	1.5433	296.5	7	715.8	335.0
11127	14	181.0000	1.5433	296.5	7	708.0	335.0
11127	15	148.0000	1.0289	297.0	7	708.0	708.0
11127	16	184.0000	1.0289	297.0	7	708.0	708.0
11127	17	178.0000	1.0000	296.5	7	708.0	708.0
11127	18	182.0000	1.0000	294.8	7	708.0	708.0
11127	19	165.0000	1.0000	293.7	7	708.0	708.0
11127	20	100.0000	0.0000	291.5	6	708.0	708.0
11127	21	142.0000	0.0000	290.4	5	708.0	708.0
11127	22	115.0000	0.0000	289.3	4	708.0	708.0
11127	23	348.0000	0.0000	288.2	3	708.0	708.0
11127	24	25.0000	0.0000	287.6	2	708.0	708.0
11128	1	44.0000	0.0000	287.0	3	562.3	110.0
11128	2	315.0000	0.0000	286.5	4	586.8	586.8
11128	3	39.0000	0.0000	285.9	5	611.3	110.0
11128	4	77.0000	0.0000	285.4	6	635.8	110.0
11128	5	64.0000	0.0000	284.8	7	660.4	110.0
11128	6	72.0000	0.0000	284.3	7	684.9	110.0
11128	7	57.0000	1.0000	284.3	7	709.4	110.0
11128	8	110.0000	1.0000	284.3	7	733.9	110.0
11128	9	89.0000	1.0000	285.9	7	758.4	110.0
11128	10	101.0000	1.0000	288.7	7	782.9	110.0
11128	11	104.0000	1.0289	292.0	7	807.5	110.0
11128	12	111.0000	1.0289	294.8	7	832.0	110.0
11128	13	99.0000	1.0289	297.0	7	856.5	110.0
11128	14	87.0000	1.5433	297.6	7	881.0	110.0
11128	15	110.0000	1.0289	298.2	7	881.0	881.0
11128	16	79.0000	1.5433	298.2	7	881.0	881.0
11128	17	80.0000	1.0289	297.6	7	881.0	881.0
11128	18	165.0000	1.0000	296.5	7	881.0	881.0
11128	19	114.0000	1.0000	293.7	7	881.0	881.0
11128	20	156.0000	1.0000	292.0	6	881.0	881.0
11128	21	309.0000	1.0000	290.4	5	881.0	881.0
11128	22	109.0000	0.0000	289.8	4	881.0	881.0
11128	23	178.0000	0.0000	288.7	3	881.0	881.0
11128	24	36.0000	0.0000	288.2	2	881.0	881.0
11129	1	110.0000	0.0000	287.6	3	1146.4	205.0
11129	2	42.0000	0.0000	287.0	4	1101.8	1101.8
11129	3	76.0000	0.0000	286.5	5	1057.1	205.0
11129	4	106.0000	0.0000	286.5	6	1012.5	205.0
11129	5	18.0000	1.0000	285.9	7	967.8	205.0
11129	6	65.0000	0.0000	285.4	7	923.2	205.0
11129	7	10.0000	0.0000	285.4	7	878.5	205.0
11129	8	94.0000	1.0000	285.4	7	833.9	205.0
11129	9	163.0000	1.0000	287.6	7	789.2	205.0

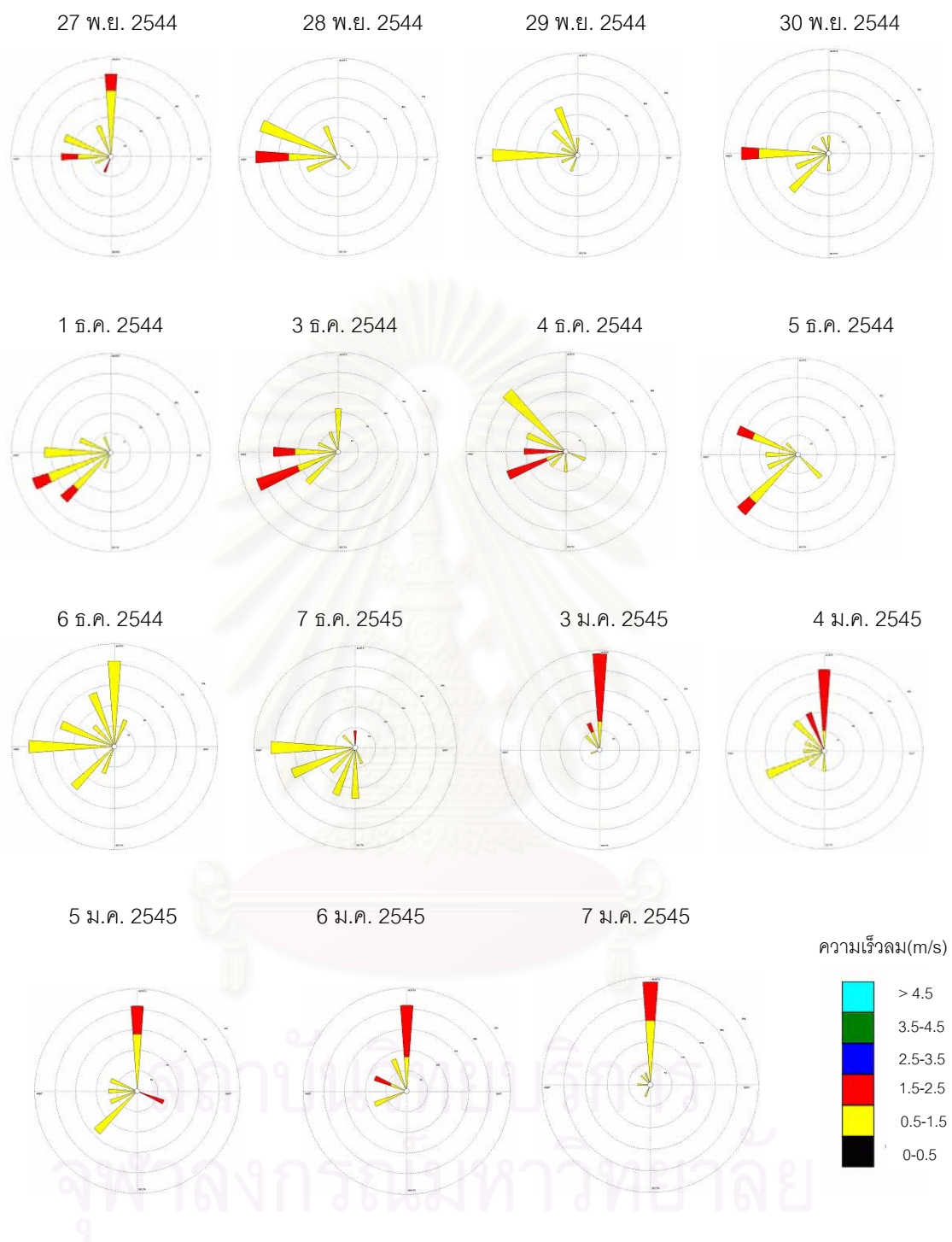
1112910	103.0000	1.0289	290.4	7	744.6	205.0
1112911	98.0000	1.0289	293.2	7	699.9	205.0
1112912	64.0000	1.0289	295.9	7	655.3	205.0
1112913	142.0000	1.0289	297.6	7	610.6	205.0
1112914	97.0000	1.0289	298.7	7	566.0	205.0
1112915	175.0000	1.0289	300.9	7	566.0	566.0
1112916	143.0000	1.0289	299.8	7	566.0	566.0
1112917	163.0000	1.0000	299.3	7	566.0	566.0
1112918	176.0000	1.0000	297.0	7	566.0	566.0
1112919	89.0000	1.0000	294.3	7	566.0	566.0
1112920	97.0000	1.0000	293.7	6	566.0	566.0
1112921	101.0000	0.0000	292.0	5	566.0	566.0
1112922	328.0000	0.0000	290.9	4	566.0	566.0
1112923	358.0000	0.0000	290.4	3	566.0	566.0
1112924	183.0000	0.0000	290.4	2	566.0	566.0
11130 1	93.0000	0.0000	289.8	3	367.9	112.0
11130 2	32.0000	0.0000	288.7	4	401.2	401.2
11130 3	32.0000	0.0000	288.2	5	434.5	112.0
11130 4	60.0000	0.0000	287.6	6	467.8	112.0
11130 5	8.0000	0.0000	287.6	7	501.2	112.0
11130 6	77.0000	0.0000	287.0	7	534.5	112.0
11130 7	81.0000	1.0000	286.5	6	567.8	112.0
11130 8	54.0000	0.0000	287.0	6	601.1	112.0
11130 9	66.0000	1.0000	289.3	7	634.4	112.0
1113010	38.0000	1.0000	291.5	7	667.7	112.0
1113011	96.0000	1.0289	294.8	7	701.1	112.0
1113012	175.0000	1.0289	297.0	6	734.4	112.0
1113013	88.0000	1.0289	298.2	6	767.7	112.0
1113014	52.0000	1.0289	299.3	6	801.0	112.0
1113015	88.0000	1.5433	299.8	7	801.0	801.0
1113016	86.0000	1.0289	300.4	7	801.0	801.0
1113017	84.0000	1.0289	299.8	7	801.0	801.0
1113018	346.0000	1.0000	298.2	7	801.0	801.0
1113019	46.0000	1.0000	295.9	7	801.0	801.0
1113020	65.0000	1.0000	294.8	6	801.0	801.0
1113021	161.0000	1.0000	294.3	5	801.0	801.0
1113022	4.0000	0.0000	292.6	4	801.0	801.0
1113023	180.0000	0.0000	292.0	3	801.0	801.0
1113024	114.0000	0.0000	291.5	2	801.0	801.0
112 1 1	55.0000	0.0000	291.5	3	937.6	208.0
112 1 2	151.0000	1.0000	290.9	4	914.7	914.7
112 1 3	82.0000	0.0000	290.9	5	891.7	208.0
112 1 4	94.0000	0.0000	290.4	6	868.7	208.0
112 1 5	51.0000	0.0000	289.8	7	845.8	208.0
112 1 6	39.0000	1.0000	289.8	7	822.8	208.0
112 1 7	105.0000	0.0000	289.8	7	799.8	208.0
112 1 8	70.0000	1.0000	289.8	7	776.8	208.0
112 1 9	108.0000	1.0000	290.9	7	753.9	208.0
112 110	74.0000	1.0000	293.2	7	730.9	208.0
112 111	45.0000	1.0289	294.8	7	707.9	208.0
112 112	102.0000	1.0289	297.0	7	684.9	208.0
112 113	83.0000	1.0289	298.7	7	662.0	208.0
112 114	55.0000	1.5433	299.3	7	639.0	208.0
112 115	56.0000	1.5433	299.8	7	639.0	639.0
112 116	90.0000	1.0289	300.4	7	639.0	639.0
112 117	42.0000	1.0289	300.4	7	639.0	639.0
112 118	9.0000	1.0000	299.3	7	639.0	639.0
112 119	102.0000	1.0000	298.7	7	639.0	639.0
112 120	74.0000	1.0000	297.0	6	639.0	639.0
112 121	74.0000	0.0000	295.9	5	639.0	639.0
112 122	59.0000	1.0000	294.3	4	639.0	639.0
112 123	121.0000	1.0000	293.7	3	639.0	639.0

112	124	34.0000	0.0000	293.2	2	639.0	639.0	
112	3	1	63.0000	0.0000	292.6	3	638.2	150.0
112	3	2	103.0000	0.0000	292.6	4	638.3	638.3
112	3	3	63.0000	1.0000	292.0	5	638.4	150.0
112	3	4	84.0000	0.0000	292.0	6	638.6	150.0
112	3	5	27.0000	0.0000	291.5	7	638.7	150.0
112	3	6	70.0000	0.0000	290.9	7	638.9	150.0
112	3	7	60.0000	0.0000	290.9	7	639.0	150.0
112	3	8	64.0000	0.0000	290.9	7	639.1	150.0
112	3	9	78.0000	1.0000	293.2	7	639.3	150.0
112	310	88.0000	1.0289	295.9	7	639.4	150.0	
112	311	49.0000	1.0289	298.2	7	639.6	150.0	
112	312	57.0000	1.0289	299.8	7	639.7	150.0	
112	313	96.0000	1.0289	301.5	7	639.9	150.0	
112	314	87.0000	1.5433	302.0	7	640.0	150.0	
112	315	61.0000	1.5433	302.6	7	640.0	640.0	
112	316	56.0000	1.5433	302.6	7	640.0	640.0	
112	317	59.0000	1.0289	302.6	7	640.0	640.0	
112	318	183.0000	0.0000	300.4	7	640.0	640.0	
112	319	180.0000	1.0000	297.6	7	640.0	640.0	
112	320	164.0000	1.0000	295.9	6	640.0	640.0	
112	321	178.0000	1.0000	294.8	5	640.0	640.0	
112	322	93.0000	0.0000	293.7	4	640.0	640.0	
112	323	82.0000	0.0000	293.2	3	640.0	640.0	
112	324	35.0000	0.0000	292.6	2	640.0	640.0	
112	4	1	129.0000	1.0000	292.0	3	648.5	177.0
112	4	2	169.0000	0.0000	291.5	4	647.0	647.0
112	4	3	48.0000	0.0000	291.5	5	645.6	177.0
112	4	4	36.0000	0.0000	290.9	6	644.2	177.0
112	4	5	19.0000	0.0000	290.4	7	642.8	177.0
112	4	6	128.0000	1.0000	290.4	6	641.4	177.0
112	4	7	90.0000	0.0000	290.4	6	639.9	177.0
112	4	8	37.0000	0.0000	290.9	6	638.5	177.0
112	4	9	134.0000	1.0000	292.0	7	637.1	177.0
112	410	131.0000	1.0000	295.4	7	635.7	177.0	
112	411	70.0000	1.0289	298.2	7	634.3	177.0	
112	412	43.0000	1.0289	300.4	7	632.8	177.0	
112	413	82.0000	1.5433	302.0	7	631.4	177.0	
112	414	82.0000	1.5433	302.6	7	630.0	177.0	
112	415	107.0000	1.0289	302.6	7	630.0	630.0	
112	416	77.0000	2.0578	302.6	6	630.0	630.0	
112	417	84.0000	1.5433	302.6	7	630.0	630.0	
112	418	357.0000	1.0000	300.9	7	630.0	630.0	
112	419	302.0000	1.0000	299.3	7	630.0	630.0	
112	420	100.0000	1.0000	297.6	6	630.0	630.0	
112	421	88.0000	0.0000	295.9	5	630.0	630.0	
112	422	299.0000	0.0000	294.8	4	630.0	630.0	
112	423	27.0000	0.0000	293.7	3	630.0	630.0	
112	424	118.0000	0.0000	293.2	2	630.0	630.0	
112	5	1	58.0000	0.0000	292.6	3	597.8	255.0
112	5	2	113.0000	1.0000	292.6	4	603.2	603.2
112	5	3	64.0000	1.0000	292.0	5	608.6	255.0
112	5	4	131.0000	1.0000	291.5	6	614.0	255.0
112	5	5	148.0000	0.0000	291.5	7	619.4	255.0
112	5	6	33.0000	0.0000	291.5	7	624.8	255.0
112	5	7	92.0000	0.0000	291.5	7	630.2	255.0
112	5	8	115.0000	0.0000	291.5	7	635.6	255.0
112	5	9	112.0000	1.0000	293.2	7	641.0	255.0
112	510	87.0000	1.0000	296.5	7	646.4	255.0	
112	511	73.0000	1.0289	299.3	7	651.8	255.0	
112	512	112.0000	1.5433	300.9	7	657.2	255.0	
112	513	48.0000	1.0000	302.0	7	662.6	255.0	

112 514	50.0000	1.5433	302.6	7	668.0	255.0
112 515	44.0000	1.0289	302.6	7	668.0	668.0
112 516	116.0000	1.0289	303.2	7	668.0	668.0
112 517	48.0000	1.0289	302.6	7	668.0	668.0
112 518	317.0000	1.0000	300.9	7	668.0	668.0
112 519	305.0000	1.0000	299.3	7	668.0	668.0
112 520	41.0000	1.0000	297.6	6	668.0	668.0
112 521	185.0000	0.0000	296.5	5	668.0	668.0
112 522	76.0000	0.0000	295.4	4	668.0	668.0
112 523	86.0000	1.0000	294.3	3	668.0	668.0
112 524	10.0000	0.0000	293.7	2	668.0	668.0
112 6 1	100.0000	0.0000	293.7	3	669.7	275.0
112 6 2	164.0000	0.0000	293.2	4	669.4	669.4
112 6 3	18.0000	0.0000	292.6	5	669.1	275.0
112 6 4	108.0000	0.0000	292.0	6	668.8	275.0
112 6 5	4.0000	0.0000	292.0	7	668.6	275.0
112 6 6	88.0000	0.0000	291.5	7	668.3	275.0
112 6 7	164.0000	1.0000	291.5	7	668.0	275.0
112 6 8	146.0000	0.0000	292.0	7	667.7	275.0
112 6 9	94.0000	0.0000	292.6	7	667.4	275.0
112 610	186.0000	1.0000	295.4	7	667.1	275.0
112 611	102.0000	1.0289	298.7	7	666.9	275.0
112 612	184.0000	1.0289	302.0	7	666.6	275.0
112 613	41.0000	1.0289	300.9	7	666.3	275.0
112 614	163.0000	1.0000	300.9	7	666.0	275.0
112 615	8.0000	1.0000	301.5	7	666.0	666.0
112 616	118.0000	1.0000	301.5	7	666.0	666.0
112 617	178.0000	1.0000	301.5	7	666.0	666.0
112 618	111.0000	1.0000	300.4	7	666.0	666.0
112 619	182.0000	1.0000	299.3	7	666.0	666.0
112 620	104.0000	1.0000	297.6	6	666.0	666.0
112 621	129.0000	1.0000	296.5	5	666.0	666.0
112 622	43.0000	1.0000	295.4	4	666.0	666.0
112 623	102.0000	1.0000	294.8	3	666.0	666.0
112 624	36.0000	1.0000	294.8	2	666.0	666.0
112 7 1	146.0000	0.0000	294.3	3	528.6	219.0
112 7 2	150.0000	0.0000	294.3	4	551.6	551.6
112 7 3	360.0000	1.0000	293.7	5	574.7	219.0
112 7 4	126.0000	0.0000	293.7	6	597.7	219.0
112 7 5	94.0000	1.0000	293.2	7	620.7	219.0
112 7 6	70.0000	1.0000	293.2	7	643.8	219.0
112 7 7	145.0000	1.0000	293.2	6	666.8	219.0
112 7 8	90.0000	1.0000	293.2	6	689.8	219.0
112 7 9	64.0000	1.0000	295.4	7	712.9	219.0
112 710	97.0000	1.0000	297.0	7	735.9	219.0
112 711	94.0000	1.0000	298.7	7	758.9	219.0
112 712	76.0000	1.0289	300.4	6	781.9	219.0
112 713	179.0000	1.5433	299.8	6	805.0	219.0
112 714	4.0000	1.0289	300.4	6	828.0	219.0
112 715	44.0000	1.0289	300.4	6	828.0	828.0
112 716	92.0000	1.0289	300.4	6	828.0	828.0
112 717	33.0000	1.0000	300.9	6	828.0	828.0
112 718	351.0000	1.0000	299.8	7	828.0	828.0
112 719	328.0000	1.0000	298.2	7	828.0	828.0
112 720	66.0000	1.0000	296.5	7	828.0	828.0
112 721	26.0000	1.0000	295.9	6	828.0	828.0
112 722	49.0000	0.0000	294.8	5	828.0	828.0
112 723	35.0000	1.0000	294.3	4	828.0	828.0
112 724	67.0000	0.0000	293.7	3	828.0	828.0
2 1 3 1	180.0000	1.0289	293.2	4	900.1	900.1
2 1 3 2	176.0000	1.0000	291.5	5	888.4	246.0
2 1 3 3	84.0000	0.0000	290.4	6	876.7	246.0

2 1 3 4	50.0000	0.0000	289.8 7	865.0	246.0
2 1 3 5	47.0000	0.0000	289.3 7	853.3	246.0
2 1 3 6	29.0000	0.0000	288.7 7	841.6	246.0
2 1 3 7	46.0000	0.0000	288.7 7	829.9	246.0
2 1 3 8	79.0000	1.0000	289.3 7	818.2	246.0
2 1 3 9	118.0000	1.0000	289.8 7	806.5	246.0
2 1 310	154.0000	1.0289	292.6 7	794.8	246.0
2 1 311	182.0000	2.0578	294.3 6	783.1	246.0
2 1 312	148.0000	1.5433	295.4 7	771.4	246.0
2 1 313	181.0000	1.5433	296.5 7	759.7	246.0
2 1 314	182.0000	2.0578	297.0 6	748.0	246.0
2 1 315	177.0000	2.0578	297.0 6	748.0	748.0
2 1 316	180.0000	1.5433	297.0 7	748.0	748.0
2 1 317	179.0000	1.5433	297.0 7	748.0	748.0
2 1 318	181.0000	1.5433	295.9 7	748.0	748.0
2 1 319	177.0000	1.0289	294.8 7	748.0	748.0
2 1 320	158.0000	1.0289	293.7 7	748.0	748.0
2 1 321	77.0000	0.0000	291.5 6	748.0	748.0
2 1 322	139.0000	1.0000	290.4 5	748.0	748.0
2 1 323	181.0000	0.0000	289.8 4	748.0	748.0
2 1 324	177.0000	0.0000	288.7 3	748.0	748.0
2 1 4 1	176.0000	0.0000	288.2 4	645.0	645.0
2 1 4 2	96.0000	0.0000	287.6 5	661.7	160.0
2 1 4 3	178.0000	0.0000	287.0 6	678.4	160.0
2 1 4 4	359.0000	0.0000	287.0 7	695.1	160.0
2 1 4 5	71.0000	1.0000	287.0 7	711.8	160.0
2 1 4 6	2.0000	0.0000	285.9 6	728.5	160.0
2 1 4 7	6.0000	1.0000	285.9 6	745.2	160.0
2 1 4 8	58.0000	1.0000	285.4 6	761.9	160.0
2 1 4 9	66.0000	1.0000	287.0 7	778.5	160.0
2 1 410	77.0000	1.0000	290.4 7	795.2	160.0
2 1 411	107.0000	1.0289	293.7 7	811.9	160.0
2 1 412	93.0000	1.0289	295.4 7	828.6	160.0
2 1 413	185.0000	1.5433	296.5 7	845.3	160.0
2 1 414	152.0000	2.0578	297.0 6	862.0	160.0
2 1 415	181.0000	1.5433	297.6 7	862.0	862.0
2 1 416	150.0000	1.5433	297.6 7	862.0	862.0
2 1 417	183.0000	1.5433	297.6 7	862.0	862.0
2 1 418	179.0000	1.0000	296.5 7	862.0	862.0
2 1 419	177.0000	0.0000	294.3 7	862.0	862.0
2 1 420	179.0000	0.0000	293.7 7	862.0	862.0
2 1 421	137.0000	1.0000	292.0 6	862.0	862.0
2 1 422	99.0000	0.0000	290.9 5	862.0	862.0
2 1 423	132.0000	1.0000	289.8 4	862.0	862.0
2 1 424	48.0000	1.0000	289.8 3	862.0	862.0
2 1 5 1	335.0000	0.0000	289.3 4	723.4	723.4
2 1 5 2	4.0000	0.0000	288.7 5	745.8	177.0
2 1 5 3	117.0000	0.0000	288.2 6	768.2	177.0
2 1 5 4	30.0000	0.0000	287.6 7	790.7	177.0
2 1 5 5	42.0000	0.0000	287.0 7	813.1	177.0
2 1 5 6	305.0000	0.0000	287.0 7	835.5	177.0
2 1 5 7	352.0000	0.0000	287.0 7	858.0	177.0
2 1 5 8	25.0000	0.0000	286.5 7	880.4	177.0
2 1 5 9	359.0000	0.0000	287.6 7	902.8	177.0
2 1 510	78.0000	0.0000	289.8 7	925.3	177.0
2 1 511	118.0000	1.0000	293.2 7	947.7	177.0
2 1 512	79.0000	1.0289	295.4 7	970.1	177.0
2 1 513	298.0000	1.5433	297.0 7	992.6	177.0
2 1 514	50.0000	1.0289	297.6 7	1015.0	177.0
2 1 515	95.0000	1.0289	298.2 7	1015.0	1015.0
2 1 516	178.0000	1.0289	298.2 7	1015.0	1015.0
2 1 517	179.0000	1.5433	298.2 7	1015.0	1015.0

2	1	518	176.0000	1.0000	297.0	7	1015.0	1015.0
2	1	519	147.0000	0.0000	294.8	7	1015.0	1015.0
2	1	520	77.0000	0.0000	293.7	7	1015.0	1015.0
2	1	521	122.0000	0.0000	292.0	6	1015.0	1015.0
2	1	522	70.0000	0.0000	291.5	5	1015.0	1015.0
2	1	523	138.0000	0.0000	290.9	4	1015.0	1015.0
2	1	524	182.0000	0.0000	289.3	3	1015.0	1015.0
2	1	6 1	176.0000	0.0000	288.7	4	1072.3	1072.3
2	1	6 2	33.0000	0.0000	287.6	5	1063.0	125.0
2	1	6 3	95.0000	0.0000	287.6	6	1053.8	125.0
2	1	6 4	123.0000	0.0000	287.6	7	1044.5	125.0
2	1	6 5	192.0000	0.0000	287.6	7	1035.3	125.0
2	1	6 6	136.0000	0.0000	287.0	7	1026.0	125.0
2	1	6 7	18.0000	0.0000	286.5	7	1016.8	125.0
2	1	6 8	62.0000	0.0000	285.9	7	1007.5	125.0
2	1	6 9	318.0000	0.0000	287.6	7	998.3	125.0
2	1	610	68.0000	1.0000	290.4	7	989.0	125.0
2	1	611	125.0000	1.0000	293.7	7	979.8	125.0
2	1	612	156.0000	1.0289	295.9	7	970.5	125.0
2	1	613	151.0000	1.0289	298.2	7	961.3	125.0
2	1	614	105.0000	1.5433	298.7	7	952.0	125.0
2	1	615	172.0000	1.5433	299.8	7	952.0	952.0
2	1	616	182.0000	1.5433	299.8	7	952.0	952.0
2	1	617	182.0000	1.5433	299.8	7	952.0	952.0
2	1	618	185.0000	1.0289	298.7	7	952.0	952.0
2	1	619	178.0000	1.0000	296.5	7	952.0	952.0
2	1	620	51.0000	0.0000	294.8	7	952.0	952.0
2	1	621	72.0000	1.0000	293.7	6	952.0	952.0
2	1	622	26.0000	0.0000	292.6	5	952.0	952.0
2	1	623	32.0000	0.0000	291.5	4	952.0	952.0
2	1	624	136.0000	0.0000	290.4	3	952.0	952.0
2	1	7 1	308.0000	0.0000	289.8	4	1154.4	1154.4
2	1	7 2	283.0000	0.0000	288.7	5	1121.7	182.0
2	1	7 3	30.0000	0.0000	288.2	6	1089.1	182.0
2	1	7 4	105.0000	0.0000	288.2	7	1056.4	182.0
2	1	7 5	33.0000	0.0000	287.6	7	1023.8	182.0
2	1	7 6	56.0000	0.0000	287.6	7	991.2	182.0
2	1	7 7	89.0000	0.0000	287.0	6	958.5	182.0
2	1	7 8	44.0000	0.0000	287.0	6	925.9	182.0
2	1	7 9	20.0000	1.0000	288.7	7	893.2	182.0
2	1	710	84.0000	1.0000	292.6	7	860.6	182.0
2	1	711	183.0000	1.0289	295.4	7	827.9	182.0
2	1	712	182.0000	1.5433	296.5	6	795.3	182.0
2	1	713	131.0000	1.0289	297.6	6	762.6	182.0
2	1	714	156.0000	1.0289	298.2	6	730.0	182.0
2	1	715	167.0000	1.0289	298.2	6	730.0	730.0
2	1	716	185.0000	1.5433	298.7	6	730.0	730.0
2	1	717	184.0000	1.5433	298.2	6	730.0	730.0
2	1	718	184.0000	1.0289	297.6	7	730.0	730.0
2	1	719	181.0000	1.0289	295.9	7	730.0	730.0
2	1	720	182.0000	1.0000	294.8	7	730.0	730.0
2	1	721	98.0000	0.0000	293.7	6	730.0	730.0
2	1	722	82.0000	0.0000	292.6	5	730.0	730.0
2	1	723	121.0000	0.0000	291.5	4	730.0	730.0
2	1	724	85.0000	0.0000	290.4	3	730.0	730.0



รูปที่ ข.1 ผังลมที่แม่เมาะช่วงวันที่ 27 พ.ย. 2544 – 7 ม.ค. 2545

ภาคผนวก ค

ค.1 เพิ่มคำสั่งแบบจำลอง ISCST3 สำหรับทำนายปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

```

CO STARTING
  TITLEONE SO2 at MaeMoh
  MODELOPT DFAULT RURAL CONC
  AVERTIME 24 PERIOD
  POLLUTID SO2
  TERRHGTS ELEV
  RUNORNOT RUN
CO FINISHED

SO STARTING
  LOCATION STACK4 POINT 579730 2023160 320.0
  LOCATION STACK5 POINT 579730 2023100 320.0
  LOCATION STACK6 POINT 579730 2023040 320.0
  LOCATION STACK7 POINT 579730 2022980 320.0
  LOCATION STACK8 POINT 579770 2022900 320.0
  LOCATION STACK9 POINT 579770 2022810 320.0
  LOCATION STACK10 POINT 579770 2022720 320.0
  LOCATION STACK11 POINT 579770 2022630 320.0
  LOCATION STACK12 POINT 579770 2022540 320.0
  LOCATION STACK13 POINT 579770 2022450 320.0
** Point Source QS HS TS VS DS
** Parameters:
  SRCPARAM STACK4 150.01 150.0 376.59 20.23 5.75
  SRCPARAM STACK5 154.12 150.0 376.59 20.23 5.75
  SRCPARAM STACK6 126.90 150.0 376.30 25.56 5.75
  SRCPARAM STACK7 114.53 150.0 376.30 25.56 5.75
  SRCPARAM STACK8 346.84 150.0 363.40 21.82 5.75
  SRCPARAM STACK9 300.01 150.0 367.62 22.21 5.75
  SRCPARAM STACK10 309.05 150.0 362.67 20.16 5.75
  SRCPARAM STACK11 279.37 150.0 360.41 19.86 5.75
  SRCPARAM STACK12 394.48 150.0 351.60 21.32 5.75
  SRCPARAM STACK13 329.68 150.0 353.48 19.04 5.75
  SRCGROUP ALL
SO FINISHED

RE STARTING
  DISCCART 577950 2023840 320.0
**RCPDESCR MAIN STATION
  DISCCART 576600 2023200 300.0
**RCPDESCR KO OR
  DISCCART 580980 2017360 310.0
**RCPDESCR BAN SOBPAD
RE FINISHED

ME STARTING
  INPUTFIL MAEMOH1.ASC
  ANEMHGHT 10 METERS
  SURFDATA 48328 2001 LAMPANG
  UAIRDATA 48328 2001 LAMPANG
  STARTEND 01 11 27 1 02 01 07 24
ME FINISHED

OU STARTING
  RECTABLE ALLAVE FIRST-FOURTH
  MAXTABLE ALLAVE 50
  DAYTABLE ALLAVE
OU FINISHED

```

ค.2 เพิ่มคำสั่งแบบจำลอง ISCST3 สำหรับทำนายปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์

```

CO STARTING
  TITLEONE NO2 at MaeMoh
  MODELOPT DFAULT RURAL CONC
  AVERTIME 24 PERIOD
  POLLUTID NO2
  TERRHGTS ELEV
  RUNORNOT RUN
CO FINISHED

SO STARTING
  LOCATION STACK4 POINT 579730 2023160 320.0
  LOCATION STACK5 POINT 579730 2023100 320.0
  LOCATION STACK6 POINT 579730 2023040 320.0
  LOCATION STACK7 POINT 579730 2022980 320.0
  LOCATION STACK8 POINT 579770 2022900 320.0
  LOCATION STACK9 POINT 579770 2022810 320.0
  LOCATION STACK10 POINT 579770 2022720 320.0
  LOCATION STACK11 POINT 579770 2022630 320.0
  LOCATION STACK12 POINT 579770 2022540 320.0
  LOCATION STACK13 POINT 579770 2022450 320.0
** Point Source QS HS TS VS DS
** Parameters:
  SRCPARAM STACK4 31.69 150.0 376.59 20.23 5.75
  SRCPARAM STACK5 32.54 150.0 376.59 20.23 5.75
  SRCPARAM STACK6 26.77 150.0 376.30 25.56 5.75
  SRCPARAM STACK7 23.51 150.0 376.30 25.56 5.75
  SRCPARAM STACK8 66.77 150.0 363.40 21.82 5.75
  SRCPARAM STACK9 59.79 150.0 367.62 22.21 5.75
  SRCPARAM STACK10 60.23 150.0 362.67 20.16 5.75
  SRCPARAM STACK11 50.79 150.0 360.41 19.86 5.75
  SRCPARAM STACK12 84.58 150.0 351.60 21.32 5.75
  SRCPARAM STACK13 67.48 150.0 353.48 19.04 5.75
  SRCGROUP ALL
SO FINISHED

RE STARTING
  DISCCART 577950 2023840 320.0
**RCPDESCR MAIN STATION
  DISCCART 576600 2023200 300.0
**RCPDESCR KO OR
  DISCCART 580980 2017360 310.0
**RCPDESCR BAN SOBPAD
RE FINISHED

ME STARTING
  INPUTFIL MAEMOH1.ASC
  ANEMHGHT 10 METERS
  SURFDATA 48328 2001 LAMPANG
  UAIRDATA 48328 2001 LAMPANG
  STARTEND 01 11 27 1 02 01 07 24
ME FINISHED

OU STARTING
  RECTABLE ALLAVE FIRST-FOURTH
  MAXTABLE ALLAVE 50
  DAYTABLE ALLAVE
OU FINISHED

```

ค.3 เพิ่มคำสั่งแบบจำลอง ISCST3 สำหรับทำนายปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

```

CO STARTING
  TITLEONE PM10 at MaeMoh
  MODELOPT DFAULT RURAL CONC
  AVERTIME 24 ANNUAL
  POLLUTID PM10
  TERRHGTS ELEV
  RUNORNOT RUN
CO FINISHED

SO STARTING
  LOCATION STACK4 POINT 579730 2023160 320.0
  LOCATION STACK5 POINT 579730 2023100 320.0
  LOCATION STACK6 POINT 579730 2023040 320.0
  LOCATION STACK7 POINT 579730 2022980 320.0
  LOCATION STACK8 POINT 579770 2022900 320.0
  LOCATION STACK9 POINT 579770 2022810 320.0
  LOCATION STACK10 POINT 579770 2022720 320.0
  LOCATION STACK11 POINT 579770 2022630 320.0
  LOCATION STACK12 POINT 579770 2022540 320.0
  LOCATION STACK13 POINT 579770 2022450 320.0
** Point Source QS HS TS VS DS
** Parameters:
  SRCPARAM STACK4 1.43 150.0 376.59 20.23 5.75
  SRCPARAM STACK5 1.47 150.0 376.59 20.23 5.75
  SRCPARAM STACK6 1.38 150.0 376.30 25.56 5.75
  SRCPARAM STACK7 1.24 150.0 376.30 25.56 5.75
  SRCPARAM STACK8 2.63 150.0 363.40 21.82 5.75
  SRCPARAM STACK9 2.40 150.0 367.62 22.21 5.75
  SRCPARAM STACK10 2.59 150.0 362.67 20.16 5.75
  SRCPARAM STACK11 2.64 150.0 360.41 19.86 5.75
  SRCPARAM STACK12 2.61 150.0 351.60 21.32 5.75
  SRCPARAM STACK13 2.46 150.0 353.48 19.04 5.75
  SRCGROUP ALL
SO FINISHED

RE STARTING
  DISCCART 577950 2023840 320.0
**RCPDESCR MAIN STATION
  DISCCART 576600 2023200 300.0
**RCPDESCR KO OR
  DISCCART 580980 2017360 310.0
**RCPDESCR BAN SOBPAD
RE FINISHED

ME STARTING
  INPUTFIL MAEMOH1.ASC
  ANEMHGHT 10 METERS
  SURFDATA 48328 2001 LAMPANG
  UAIRDATA 48328 2001 LAMPANG
  STARTEND 01 11 27 1 02 01 07 24
ME FINISHED

OU STARTING
  RECTABLE ALLAVE FIRST
  MAXTABLE ALLAVE 50
  DAYTABLE ALLAVE
OU FINISHED

```

ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง.1 ผลการคำนวณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 24 ชั่วโมงจากแบบจำลอง ISCST3 และค่าจากการตรวจวัด ช่วงวันที่ 27 พ.ย. 2544 - 7 ม.ค. 2545

วันที่	พื้นที่ศึกษา	ISCST3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	การตรวจวัดจริง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
27/11/44	บ้านพัก	0.00	3.92
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	2.77
	บ้านสบป่าด	0.29	1.01
28/11/44	บ้านพัก	0.34	4.70
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.16	8.62
	บ้านสบป่าด	0.13	4.39
29/11/44	บ้านพัก	0.00	15.7
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	20.1
	บ้านสบป่าด	0.04	14.7
30/11/44	บ้านพัก	0.45	3.11
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.02	10.1
	บ้านสบป่าด	0.02	17.2
01/12/44	บ้านพัก	0.00	4.07
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	5.49
	บ้านสบป่าด	0.02	10.4
03/12/44	บ้านพัก	0.00	3.44
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	4.94
	บ้านสบป่าด	0.08	26.1
04/12/44	บ้านพัก	0.68	12.0
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.56	23.4
	บ้านสบป่าด	0.04	3.42
05/12/44	บ้านพัก	0.07	2.85
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.07	6.97
	บ้านสบป่าด	0.01	8.36
06/12/44	บ้านพัก	0.00	1.93
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.03	6.53
	บ้านสบป่าด	1.27	3.92

วันที่	พื้นที่ศึกษา	ISCST3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	การตรวจวัดจริง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
07/12/44	บ้านพัก	1.69	3.24
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.06	4.07
	บ้านสบป่าด	1.12	2.12
03/01/45	บ้านพัก	0.00	4.34
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.02	7.20
	บ้านสบป่าด	2.04	3.78
04/01/45	บ้านพัก	0.35	4.41
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.04	7.02
	บ้านสบป่าด	2.18	2.11
05/01/45	บ้านพัก	2.80	4.83
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.07	5.17
	บ้านสบป่าด	0.60	1.69
06/01/45	บ้านพัก	0.00	5.33
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.95	4.21
	บ้านสบป่าด	0.31	0.96
07/01/45	บ้านพัก	0.00	5.98
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.02	5.30
	บ้านสบป่าด	0.28	2.11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.2 ผลการคำนวณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 24 ชั่วโมงจากแบบจำลอง ISCST3 และค่าจากการตรวจวัด ช่วงวันที่ 27 พ.ย. 2544 - 7 ม.ค. 2545

วันที่	พื้นที่ศึกษา	ISCST3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	การตรวจวัดจริง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
27/11/44	บ้านพัก	0.00	17.9
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	14.7
	บ้านสบป่าด	0.05	9.07
28/11/44	บ้านพัก	0.00	24.8
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	26.5
	บ้านสบป่าด	0.02	9.71
29/11/44	บ้านพัก	0.00	26.1
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	32.3
	บ้านสบป่าด	0.01	16.5
วันที่	พื้นที่ศึกษา	ISCST3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	การตรวจวัดจริง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
30/11/44	บ้านพัก	0.00	19.1
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	39.4
	บ้านสบป่าด	0.03	18.8
01/12/44	บ้านพัก	0.00	18.5
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	12.2
	บ้านสบป่าด	0.00	17.3
03/12/44	บ้านพัก	0.00	18.3
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	11.4
	บ้านสบป่าด	0.00	10.2
04/12/44	บ้านพัก	0.00	14.9
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.01	16.3
	บ้านสบป่าด	0.00	3.25
05/12/44	บ้านพัก	0.00	17.5
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.05	11.4
	บ้านสบป่าด	0.00	4.35
06/12/44	บ้านพัก	0.00	18.7
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	12.1
	บ้านสบป่าด	0.00	2.87

วันที่	พื้นที่ศึกษา	ISCST3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	การตรวจวัดจริง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
07/12/44	บ้านพัก	0.44	17.7
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.10	10.4
	บ้านสบป่าด	0.17	7.23
03/01/45	บ้านพัก	0.00	14.3
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	15.5
	บ้านสบป่าด	0.79	5.39
04/01/45	บ้านพัก	0.00	16.5
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.08	18.4
	บ้านสบป่าด	0.34	7.81
05/01/45	บ้านพัก	1.59	16.5
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.36	14.8
	บ้านสบป่าด	0.09	2.22
06/01/45	บ้านพัก	0.00	17.3
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	18.0
	บ้านสบป่าด	0.05	3.14
07/01/45	บ้านพัก	0.00	20.0
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.03	17.9
	บ้านสบป่าด	0.43	2.91

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.3 เปรียบเทียบผลจากการคำนวณความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมงจากแบบจำลอง ISCST3 และค่าจากการตรวจวัด ช่วงวันที่ 27 พ.ย. 2544 - 7 ม.ค. 2545

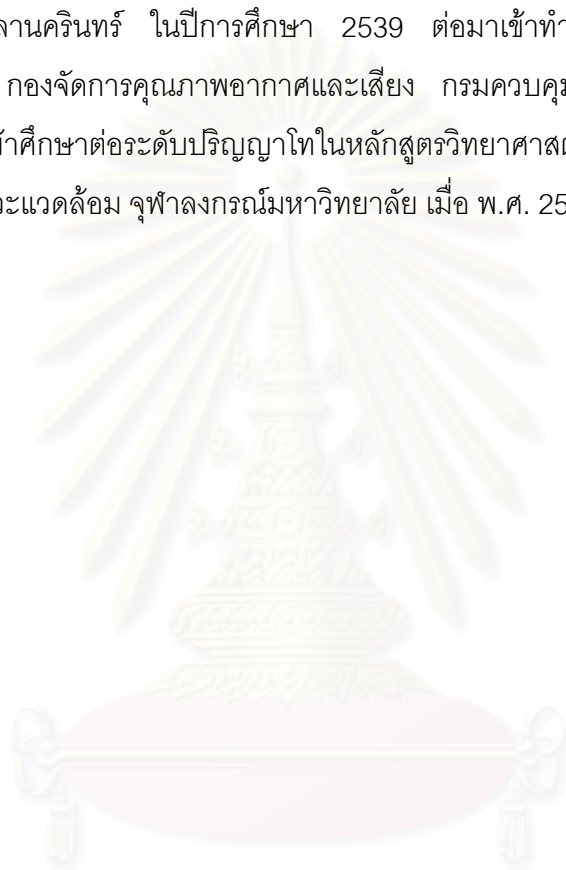
วันที่	พื้นที่ศึกษา	ISCST3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	การตรวจวัดจริง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
27/11/44	บ้านพัก	0.00	26.66
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	70.29
	บ้านสบป่าด	1.59	49.37
28/11/44	บ้านพัก	0.00	28.90
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	1.13	84.19
	บ้านสบป่าด	0.85	47.80
29/11/44	บ้านพัก	0.00	38.42
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	74.98
	บ้านสบป่าด	0.62	52.20
30/11/44	บ้านพัก	0.00	54.19
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.91	88.03
	บ้านสบป่าด	0.00	55.05
01/12/44	บ้านพัก	0.00	52.27
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	65.34
	บ้านสบป่าด	1.01	53.13
03/12/44	บ้านพัก	0.00	51.91
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	70.16
	บ้านสบป่าด	0.00	41.13
04/12/44	บ้านพัก	0.00	46.33
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	0.00	57.45
	บ้านสบป่าด	0.00	43.46
05/12/44	บ้านพัก	1.51	50.61
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	1.31	58.97
	บ้านสบป่าด	0.00	50.16
06/12/44	บ้านพัก	0.00	50.66
	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก	1.01	67.59
	บ้านสบป่าด	2.10	51.60

วันที่	พื้นที่ศึกษา	ISCST3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	การตรวจวัดจริง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
07/12/44	บ้านพัก สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก บ้านสบป่าด	2.10 1.32 1.67	61.81 56.31 48.16.
03/01/45	บ้านพัก สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก บ้านสบป่าด	1.58 1.45 3.32	118.22 91.78 75.82
04/01/45	บ้านพัก สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก บ้านสบป่าด	1.06 4.52 1.26	127.29 124.47 89.71
05/01/45	บ้านพัก สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก บ้านสบป่าด	2.02 2.65 3.48	95.99 112.58 82.74
06/01/45	บ้านพัก สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก บ้านสบป่าด	1.23 0.00 1.75	94.87 104.83 85.11
07/01/45	บ้านพัก สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศหลัก บ้านสบป่าด	5.04 0.00 1.64	70.18 90.89 72.00

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ทศวรรณ วีระเวชวงศ์ เกิดวันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ. 2517 ที่จังหวัดพัทลุง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีในหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (ชีววิทยา) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2539 ต่อมาเข้าทำงานที่ห้องปฏิบัติการคุณภาพอากาศและเสียง กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษเป็นระยะเวลา 2 ปี 6 เดือน และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโทในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2543



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย