



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการระดับรายวันของฝุ่นในอากาศ  
และผลกระทบต่อสุขภาพในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด  
จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน

โดยรองศาสตราจารย์ ดร.นายแพทย์พงศ์เทพ วิวรรณะเดชและคณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

มกราคม 2550

**รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์**  
**โครงการระดับรายวันของฝุ่นในอากาศและผลกระทบต่อ**  
**สุขภาพในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน**

คณะผู้วิจัย

- |   |  |
|---|--|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.นายแพทย์พงศ์เทพ วิวรรณะเดช | คณะแพทยศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  |
| 2. รองศาสตราจารย์ แพทย์หญิงมุกิตา ตระกูลทิวากร  | คณะแพทยศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์เฉลิม ลีวัตรีสกุล | คณะแพทยศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  |
| 4. รองศาสตราจารย์สุวรรณ์ ยิบมันตะศิริ           | คณะเศรษฐศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 5. นายแพทย์นิมิตร อินปิ่นแก้ว                   | โรงพยาบาลลำพูน                         |

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)  
 (ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนวิจัย จนทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ขอบพระคุณโรงพยาบาลลำพูน และโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ ที่ให้ความร่วมมือในการติดต่อ ประสาน และอำนวยความสะดวกในด้านสถานที่อย่างดียิ่ง จนทำให้การวิจัยครั้งนี้เป็นไปด้วยความราบรื่น ขอบพระคุณกรมควบคุมมลพิษและศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลคุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา

ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณคนไข้โรคหอบหืดในจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บบันทึกข้อมูลทุกวันด้วยความอดสาหะอย่างยิ่ง

คณะผู้วิจัย

มกราคม 2550

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

## รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร

### ความเป็นมา

จากการศึกษาวิจัยในประเทศต่างๆ ทั่วโลก แสดงให้เห็นว่าระดับของฝุ่นในอากาศมีความสัมพันธ์กับการตายและการเจ็บป่วยด้วยโรกระบบทางเดินหายใจ โรกระบบหัวใจและหลอดเลือด ทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง โดยเฉพาะผู้ที่มีความเสี่ยงด้านพันธุกรรม เช่น ผู้สูงอายุ เด็กเล็ก และผู้ป่วยโรกระบบทางเดินหายใจ จังหวัดเชียงใหม่เป็นอีกเมืองหนึ่งที่ประสบปัญหามลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะฝุ่นขนาดเล็กซึ่งมีแหล่งกำเนิดที่สำคัญ ได้แก่ จากการเผาในที่โล่งแจ้งและจากปัญหาการจราจร และจากข้อมูลการเจ็บป่วยด้วยโรกระบบทางเดินหายใจ และโรกระบบหัวใจและหลอดเลือด ทั้งแบบผู้ป่วยนอกและรับเข้าไว้ในโรงพยาบาลแบบผู้ป่วยในของโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ที่ผ่านมา ที่มีแนวโน้มสูงขึ้น จนทำให้เกิดข้อสงสัยว่าการเจ็บป่วยที่สูงขึ้นดังกล่าวมีสาเหตุมาจากปัญหามลพิษทางอากาศหรือไม่ และนับจนถึงปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาที่จะพิสูจน์ข้อสันนิษฐานดังกล่าว การศึกษานี้ต้องการศึกษาว่าระดับสารมลพิษรายวันจะมีความสัมพันธ์กับอาการ อาการแสดง และสมรรถภาพปอดของผู้ป่วยที่มีปัญหาโรกระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ ผู้ป่วยด้วยโรคหอบหืดหรือไม่ โดยทำการเปรียบเทียบใน 2 พื้นที่ ได้แก่ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอลำพูน จังหวัดลำพูน รวมทั้งจะมีการประเมินความเสี่ยงทางเศรษฐกิจที่เกิดจากการเจ็บป่วยของผู้ป่วยเหล่านี้ เพื่อเป็นข้อมูลที่สำคัญในการรณรงค์และจัดการปัญหามลพิษทางอากาศ รวมทั้งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับประเมินผลการจัดการคุณภาพอากาศที่มีขึ้นในอนาคตอีกด้วย

### วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ใช้วิธีการศึกษาแบบ Panel study ในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสารก่อมลพิษแต่ละชนิดกับค่าความจุปอด (Peak expiratory flow) อาการและอาการแสดง และประเมินความเสี่ยงเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการเป็นโรคหอบหืดของผู้ป่วยหอบหืด ซึ่งอาศัยอยู่ในเขตอำเภอเมืองและปริมณฑล จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 152 คน และอำเภอเมืองและปริมณฑล จังหวัดลำพูน จำนวน 56 คน โดยมีระยะเวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 1 ปี เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษานี้แบ่งเป็น เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกคุณภาพอากาศรายวัน ได้แก่ ระดับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ), ระดับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ( $PM_{2.5}$ ), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), โอโซน ( $O_3$ ), ไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $NO_2$ ), และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) และเครื่องมือบันทึกข้อมูลทางอคูนิมิวิทยา ได้แก่ ความกดอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน แสงแดดเป็นรายวัน อนึ่ง ข้อมูลคุณภาพอากาศรายวันในจังหวัดลำพูนมีเฉพาะข้อมูลระดับ

PM<sub>2.5</sub> และ PM<sub>10</sub> เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ สมุดบันทึกข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลส่วนบุคคล และข้อมูลความจุปอดและอาการหอบหืด โดยมีขั้นตอนการศึกษาวิจัยดังนี้

1. รวบรวมผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดที่ขึ้นทะเบียนการรักษาไว้กับ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และโรงพยาบาลลำพูน โดยมีถิ่นพำนักอยู่ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่และปริมณฑล จำนวน 152 คน และอำเภอเมืองลำพูนและปริมณฑล จำนวน 56 คน
2. บันทึกอาการและอาการแสดงทางระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการใช้หายใจหอบหืดและความถี่ตามแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นรายวัน โดยผู้ปกครองของเด็กและ/หรือตัวผู้ป่วยพร้อมทั้งบันทึกสมรรถภาพปอด (Peak expiratory flow) วันละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) ด้วยเครื่อง Peak flow meter ชนิด Mini-Wright
3. เก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์หาระดับฝุ่นรายวัน (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) ด้วยเครื่อง Mini volume air sampler 2 จุดในอำเภอเมืองลำพูน ได้แก่ อบต.บ้านกลางและวัด ไก่แก้ว
4. บันทึกข้อมูลรายวันของระดับ PM<sub>2.5</sub> และ PM<sub>10</sub> และก๊าซมลพิษอื่นๆ ได้แก่ CO O<sub>3</sub> NO<sub>2</sub> SO<sub>2</sub> ที่ตรวจวัดโดยกรมควบคุมมลพิษเป็นรายวัน (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) ที่สถานีที่โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย
5. บันทึกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความกดอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน แสงแดดเป็นรายวัน ตรวจวัดโดยศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน
6. ข้อมูลที่ได้จากข้อ 2-5 นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) (สำหรับค่า Peak flow รายวัน) และ Generalized Estimating Equation (GEE) (สำหรับอาการหอบหืดในแต่ละวัน) ในการวิเคราะห์ด้วย Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) ได้กำหนดให้ค่า Peak expiratory flow มี Covariance structure เป็น ARIMA (1, 1)
7. ประเมินค่าความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเป็นโรคหอบหืด โดยเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลผู้ป่วย และต้นทุนค่าเสียโอกาสอื่นๆ จากการเจ็บป่วย เช่น การสูญเสียรายได้จากการทำงานอันเนื่องมาจากการเจ็บป่วย จากข้อมูลคำรักษาพยาบาลจากคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และจากการสัมภาษณ์

### ผลการศึกษา

การสำรวจครั้งนี้ได้จำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 208 คน จากเชียงใหม่จำนวน 152 คน จากลำพูนจำนวน 56 คน ส่วนใหญ่เป็นหญิง (ร้อยละ 53.3 และ 66.1 ตามลำดับ) มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอเมืองจังหวัดลำพูน เป็นนักเรียน/นักศึกษา และมีอาชีพรับจ้างทั่วไป อายุอยู่ในช่วง 51-60 ปี ในจังหวัดเชียงใหม่ และ 41-50 ปี ในจังหวัดลำพูน ค่าเฉลี่ยอายุ  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ  $39.89 \pm 23.38$  และ  $46.55 \pm 15.11$  ปี ตามลำดับ ข้อมูลความรุนแรงของโรค พบว่ากลุ่มตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่ส่วนมากเป็นแบบ Mild persistent และในจังหวัดลำพูนเป็นแบบ Moderate

persistent ระยะเวลาของการเป็นโรคหอบหืดอยู่ในช่วง 0–10 ปี ทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ  $16.87 \pm 16.83$  และ  $14.66 \pm 14.07$  ปี ตามลำดับ

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉลี่ย กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก ส่วนสูง ระดับ  $PM_{2.5}$  (lag 2) และระดับคาร์บอนมอนอกไซด์ (lag 6) ในจังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด ส่วนสูง และความชื้นสัมพัทธ์ (lag 4)

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะตอนเช้ากับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก ส่วนสูง และแสงแดด (lag 4) ในจังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด ส่วนสูง และความชื้นสัมพัทธ์ (lag 4)

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะตอนเย็นกับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก และส่วนสูง ในจังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด และส่วนสูง

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow สะสมเฉลี่ยรายวัน (Centered Moving Average, Span 3) กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก ส่วนสูง ระดับ  $PM_{2.5}$  (lag 0) ความกดอากาศ (lag 2) และปริมาณฝน (lag 0) ในจังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด วันของสัปดาห์ ส่วนสูง และอุณหภูมิ (lag 1)

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็ก (อายุน้อยกว่าหรือเท่ากับ 12 ปี) กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ ส่วนสูง และระดับคาร์บอนมอนอกไซด์ (lag 6) สำหรับจังหวัดลำพูน ไม่มีผู้ป่วยเด็ก

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ (อายุมากกว่า 12 ปี) กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ เพศ อายุ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก และระดับคาร์บอนมอนอกไซด์ (lag 6) สำหรับจังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด ส่วนสูง และความชื้นสัมพัทธ์ (lag 4) (เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ในกลุ่มที่ใช้ค่า Peak expiratory flow เฉลี่ย เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดลำพูนเป็นผู้ใหญ่ทั้งหมด)

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะช่วงฤดูฝน (1 มิถุนายน ถึง 30 กันยายน) กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก และส่วนสูง สำหรับจังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด วันของสัปดาห์ และส่วนสูง

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะช่วงฤดูแล้ง (1 ธันวาคม ถึง 31 มีนาคม) กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด วันของสัปดาห์ น้ำหนัก ส่วนสูง และ  $PM_{2.5}$  (lag 2) สำหรับจังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด วันของสัปดาห์ และส่วนสูง

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ [ระดับ 1 มีอาการนานๆ ครั้ง (Intermittent) และ ระดับ 2 อาการรุนแรงน้อย (Mild persistent)] กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และ  $PM_{10}$  (lag 0) สำหรับจังหวัดลำพูน คือ อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง [ระดับ 3 อาการรุนแรงปานกลาง (Moderate persistent) และ ระดับ 4 อาการรุนแรงมาก (Severe persistent)] กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ และส่วนสูง สำหรับจังหวัดลำพูน คือ วันของสัปดาห์ ความกดอากาศ (lag 3) อุณหภูมิ (lag 0) แสงแดด (lag 3) และปริมาณฝน (lag 2)

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอาการหอบหืดรายวันตอนกลางวัน กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด วันของสัปดาห์ และความชื้นสัมพัทธ์ (lag 0) ในจังหวัดลำพูน คือ  $PM_{10}$  (lag 0)

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอาการหอบหืดรายวันตอนกลางคืน กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ เพศ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก ส่วนสูง และปริมาณฝน (lag 3) ในจังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด อุณหภูมิ (lag 0) และ แสงแดด (lag 0)

ข้อมูลเศรษฐศาสตร์พบว่า ต้นทุนการรักษาความเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากโรคหอบหืดเฉลี่ยต่อคนต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยนี้ คือ 1,247.45 บาท (14,969.40 บาท/คน/ปี) ซึ่งเป็นของผู้ป่วยในจังหวัดเชียงใหม่เท่ากับ 1,396.45 บาท (16,757.39 บาท/คน/ปี) และของผู้ป่วยในกลุ่มตัวอย่างจังหวัด

ลำพูนเท่ากับ 628.53 บาท (7,542.35 บาท/คน/ปี) ในกรณีผู้ป่วยจังหวัดเชียงใหม่ค่าใช้จ่ายดังกล่าวสูงกว่าค่าเฉลี่ยต่อเดือนของคนเชียงใหม่ทุกๆ ไป (425 บาท/คน/เดือน) ถึง 3 เท่า

### การอภิปรายผล

ในจังหวัดเชียงใหม่ เมื่อพิจารณาเฉพาะตัวแปรระดับฝุ่นละออง  $PM_{2.5}$  พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow ที่ lag 2 ความสัมพันธ์นี้ยังพบต่อไปเมื่อพิจารณาเฉพาะช่วงฤดูแล้ง (1 ธันวาคม ถึง 31 มีนาคม) และค่า Peak expiratory flow แบบสะสมเฉลี่ยรายวัน (Centered Moving Average, Span 3) แต่ในกรณีหลังเป็น  $PM_{2.5}$  ที่ lag 0 แสดงว่าระดับการเปลี่ยนแปลงของ  $PM_{2.5}$  จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความจุปอดในอีก 2 วันต่อมา หรือในวันเดียวกันสำหรับกรณีเมื่อพิจารณาค่า Peak expiratory flow แบบสะสมเฉลี่ยรายวัน (Centered Moving Average, Span 3) เมื่อพิจารณาเฉพาะตัวแปรระดับฝุ่นขนาดเล็ก  $PM_{10}$  พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow เฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ [ระดับ 1 มีอาการนานๆ ครั้ง (Intermittent) และ ระดับ 2 อาการรุนแรงน้อย (Mild persistent)] ที่ lag 0 สำหรับสารมลพิษอื่นการศึกษาครั้งนี้พบว่าระดับคาร์บอนมอนอกไซด์ (lag 6) มีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow ทั้งในกลุ่มผู้ป่วยเด็กและผู้ใหญ่ โดยเฉพาะหากพิจารณาทั้งสองกลุ่มรวมกันพบว่าทั้ง  $PM_{2.5}$  และระดับคาร์บอนมอนอกไซด์มีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow ทั้งคู่ แสดงว่าสารมลพิษทั้งสองร่วมกันก่อให้เกิดผลกระทบต่อค่า Peak expiratory flow ในผู้ป่วยหอบหืด

ในจังหวัดลำพูนไม่พบว่ค่า Peak expiratory flow มีความสัมพันธ์กับระดับฝุ่นรายวัน ไม่ว่าจะพิจารณาเฉพาะกลุ่มผู้ป่วย (ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด) หรือฤดูกาลของปี (ฤดูแล้งหรือฤดูฝน) แต่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลส่วนบุคคล เช่น ส่วนสูง น้ำหนัก และข้อมูลทางอศุนิยมวิทยา เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ แสงแดด เป็นต้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากข้อมูลระดับฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดอาจจะยังไม่สูงมากพอที่จะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของ Peak expiratory flow ได้อย่างชัดเจน หรือการใช้ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีเพียง 1-2 สถานีในพื้นที่การศึกษาที่กว้างขวาง (ตั้งที่กลุ่มตัวอย่างอาศัยอยู่กระจายทั่วเขตอำเภอเมืองและปริมณฑล) อาจได้ข้อมูลที่ไม่ละเอียดพอ ซึ่งตรงกับการศึกษาอื่นๆ ทั่วโลกที่พบในแนวโน้มนี้อยู่

สำหรับอาการหอบหืดรายวันทั้งกลางวันและกลางคืน ใน 2 จังหวัด พบว่าตัวแปร  $PM_{10}$  มีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืดรายวันตอนกลางวัน ในจังหวัดลำพูน

ข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ที่แสดงให้เห็นว่ระดับฝุ่นทั้งฝุ่นละออง ( $PM_{2.5}$ ) และฝุ่นขนาดเล็ก ( $PM_{10}$ ) มีความสัมพันธ์กับค่าความจุปอดชนิด Peak expiratory flow rate และอาการหอบหืดในผู้ป่วยหอบหืดอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าในแง่ระบาดวิทยาการออกแบบการศึกษาที่เหมาะสมย่อมมีผลต่อผลการศึกษาที่ได้ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เลือกการศึกษาแบบ Panel study ที่มีการติดตามกลุ่มศึกษาไปในอนาคต โดยมีการเก็บข้อมูลคุณภาพอากาศและข้อมูลสุขภาพ ได้แก่ Peak expiratory

flow rate และอาการหอบหืดคู่กันไปทุกวัน ที่เรียกว่า Time series ซึ่งโดยปกติรูปแบบการศึกษาแบบนี้เหมาะสมสำหรับการผลกระทบด้านสุขภาพแบบเฉียบพลัน (Acute health effects) เพราะจะเห็นความสัมพันธ์ดังกล่าวได้โดยง่าย นอกจากนี้การเลือกกลุ่มศึกษา (ดังที่การศึกษานี้เลือกเฉพาะผู้ป่วยโรคหอบหืด) มีความสำคัญต่อการตรวจหาความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ เพราะโดยปกติผู้ที่เป็โรคหอบหืดมีความไวต่อสิ่งกระตุ้นต่างๆ อยู่แล้ว ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอากาศแม้เพียงเล็กน้อย จึงย่อมมีผลต่อความชุกและอาการหอบหืดของผู้ป่วยกลุ่มนี้ ความสำคัญของข้อค้นพบนี้ยืนยันว่ามาตรการการณรงค์เรื่องคุณภาพอากาศจะต้องดำเนินการต่อไปอย่างเข้มงวด เพราะมีฉะนั้นแล้วกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง ดังเช่น กลุ่มผู้ป่วยโรคหอบหืดจะได้รับผลกระทบทางลบต่อสุขภาพ ซึ่งย่อมมีผลต่อคุณภาพชีวิตและเศรษฐกิจทั้งต่อตัวผู้ป่วย ครอบครัวและของประเทศชาติโดยรวม ดังเช่นข้อมูลจากการประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการเป็นโรคหอบหืด ที่ได้จากการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าค่ารักษาพยาบาลและรายจ่ายส่วนบุคคลของผู้ป่วยหอบหืดแต่ละคนต่อเดือน ในจังหวัดเชียงใหม่ สูงกว่าค่าเฉลี่ยของคนภาคเหนือทั่วๆ ไปถึง 3 เท่า

#### ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษารั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาแบบ Longitudinal cohort ในกลุ่มผู้ป่วยโรคอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ผู้ป่วยโรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น ในประเด็นผลกระทบด้านสุขภาพอื่นๆ เช่น อาการกำเริบแบบเฉียบพลัน อัตราการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล อัตราตาย ฯลฯ
2. ควรมีการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างมะเร็งปอด กับระดับสารก่อมลพิษในอากาศ โดยเฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่

#### ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. ควรมีการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพอากาศอัตโนมัติรายวันที่จังหวัดลำพูน การศึกษารั้งนี้แสดงให้เห็นว่าระดับ  $PM_{10}$  ที่จังหวัดลำพูนมีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืดรายวัน การมีเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศจะสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัด มาตรการการจัดการคุณภาพอากาศว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด
2. ควรมีระบบการเฝ้าระวังโรคระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจและหลอดเลือด รวมทั้งโรคมะเร็งของระบบทางเดินหายใจ
3. ควรดำเนินมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศที่มีความเข้มงวดต่อไป รวมทั้งการหามาตรการการแก้ไขปัญหาการกำเนิดของสารก่อมลพิษที่ต้นเหตุ เช่น การจัดระบบการเก็บขยะรวมทั้งการกำจัดที่มีประสิทธิภาพ การจัดระบบขนส่งมูลชนที่ทั่วถึงและรวดเร็ว

## Executive Summary

### Rationale

Researches worldwide have shown that ambient particulate matter (PM) levels are related to morbidity and mortality from respiratory system, acute and chronic cardiovascular diseases, specifically in the compromised patients such as elderly, children and respiratory disease patients. Chiang Mai is one of the air-polluted cities especially it has been affected from fine PM originated from open burning, traffic problems. The statistics has shown that the out-patients and in-patients with respiratory and cardiovascular problems in the Maha Raj Nakhon Chiang Mai hospital have been increasing which might be related to air pollution, but until now it has not been proven yet. This study was to investigate the associations between the ambient air pollutants and signs, symptoms and lung capacity of the respiratory system affected patients, i.e., asthmatic patients by making a comparison between two affected areas: Muang districts in Chiang Mai and Lamphun provinces, including the evaluation of economic losses due to illness of these patients. The outcomes obtained from this study would be the basic information for air quality management assessment in the future.

### Material and Methods

The study design was a panel study in asthmatic patients to investigate the associations between the ambient air pollutants and lung capacity (Peak Expiratory Flow Rate-PEFR), signs and symptoms, including the evaluation of economic losses due to illness of these patients, who lived in Muang district and perimeter of Chiang Mai totally 152 patients and that of Lamphun totally 56 patients. The study period was around 1 year. The instruments of data collections were a log book for daily air quality records of fine PM less than 10 microns in size ( $PM_{10}$ ), ultra fine PM less than 2.5 microns in size ( $PM_{2.5}$ ), carbon monoxide (CO), ozone ( $O_3$ ), nitrogen dioxide ( $NO_2$ ), and sulphur dioxide ( $SO_2$ ); and a log book for daily meteorological records, i.e., pressure, temperature, relative humidity, rain quantity, and sunlight. However, the air quality data in Lamphun contained only  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$ . The data collection in patients was conducted using a log book consisting of personal profile, daily PEFR, and asthmatic symptoms. The study procedures were

1. Collecting asthmatic patients registered to Faculty of Medicine, Chiang Mai University and Lamphun hospital, who lived in Chiang Mai Muang district and its perimeter totally 152 cases and lived in Lamphun Muang district and its perimeter totally 56 cases.

2. Recording daily signs and symptoms of the respiratory system, bronchodilator usage and frequency in the log book designed by the investigators by the guardians of young patients or patients themselves, including their PEFR twice daily (morning and evening) with Mini-Wright peak flow meter.
3. Collecting air samples and making analyses for daily PM levels (24-hour average) with mini volume air sampler for two locations in Lamphun Muang district, i.e., Ban Klang Tambon Administration Organization and Wat Kai Keaw.
4. Recording daily  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  and other pollutants, i.e., CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, and SO<sub>2</sub> (24-hour average) obtained from air quality monitoring station located in the Yuparaj Vithayalai school.
5. Recording meteorological data, i.e., pressure, temperature, relative humidity, rain quantity, and sunlight obtained from Northern Meteorological Center in Chiang Mai and Lamphun.
6. Analysing the data obtained for steps 2-5 using Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) (for daily peak flow) and Generalized Estimating Equation (GEE) (for daily asthmatic symptoms). The covariance structure of peak expiratory flow for linear mixed effects model (repeated measures) statistics was ARIMA (1, 1).
7. Evaluating the economic losses due to illness of these patients by collecting treatment expenses and costs for opportunity loss from illness such as income loss from the Faculty of Medicine, Chiang Mai University using interview technic.

## Results

The sample size of this study was 208 cases from Chiang Mai 152 cases and Lamphun 56 cases. Most were females (53.3 and 66.1%, respectively). Their hometown were Muang districts in Chiang Mai and Lamphun. Their occupations were students and work as employee. Most aged 51–60 years in Chiang Mai but 41–50 years in Lamphun with average  $\pm$  standard deviation of  $39.89 \pm 23.38$  and  $46.55 \pm 15.11$  years respectively. The asthmatic severity was categorized as mild persistent in Chiang Mai and moderate persistent in Lamphun. The duration of illness was 0–10 years both in Chiang Mai and Lamphun with average  $\pm$  standard deviation of  $16.87 \pm 16.83$  and  $14.66 \pm 14.07$  years respectively.

The associations between average daily PEFR and personal profile, air quality and meteorological data were found statistically significant in Chiang Mai for age, asthmatic severity, weight, height,  $PM_{2.5}$  (lag 2), and CO (lag 6), and in Lamphun for asthmatic severity, height, and relative humidity (lag 4).

The associations between **morning daily PEFR** and personal profile, air quality and meteorological data were found statistically significant in **Chiang Mai** for age, asthmatic severity, weight, height, and sunlight (lag 4), and in **Lamphun** for asthmatic severity, height, and relative humidity (lag 4).

The associations between **evening daily PEFR** and personal profile, air quality and meteorological data were found statistically significant in **Chiang Mai** for age, asthmatic severity, weight, and height, and in **Lamphun** for asthmatic severity, and height.

The associations between **average cumulative daily PEFR (centered moving average, span 3)** and personal profile, air quality and meteorological data were found statistically significant in **Chiang Mai** for age, asthmatic severity, weight, height, PM<sub>2.5</sub> (lag 0), pressure (lag 2), and rain quantity (lag 0), and in **Lamphun** for asthmatic severity, day of week, height, and temperature (lag 1).

The associations between **average daily PEFR in young group (aged less than or equal to 12 years)** and personal profile, air quality and meteorological data were found statistically significant in **Chiang Mai** for height, CO (lag 6), pressure (lag 2), and rain quantity (lag 0). In **Lamphun** there were no young patients.

The associations between **average daily PEFR in adult group (aged more than 12 years)** and personal profile, air quality and meteorological data were found statistically significant in **Chiang Mai** for gender, age, asthmatic severity, weight and CO (lag 6), and in **Lamphun** for asthmatic severity, height, and relative humidity (lag 4). (This was the same as **average daily PEFR group** due to all subjects in **Lamphun** were adults.)

The associations between **average daily PEFR in rainy season (1<sup>st</sup> June to 30<sup>th</sup> September)** and personal profile, air quality and meteorological data were found statistically significant in **Chiang Mai** for age, asthmatic severity, weight and height, and in **Lamphun** for asthmatic severity, day of week, and height.

The associations between **average daily PEFR in dry season (1<sup>st</sup> December to 31<sup>st</sup> March)** and personal profile, air quality and meteorological data were found statistically significant in **Chiang Mai** for age, asthmatic severity, day of week, weight, height, and PM<sub>2.5</sub> (lag 2), and in **Lamphun** for asthmatic severity, day of week, and height.

The associations between **average daily PEFR in mild group (level 1: intermittent, and level 2: mild persistent)** and personal profile, air quality and meteorological data were found

statistically significant in **Chiang Mai** for age, weight, height, and  $PM_{10}$  (lag 0), and in **Lamphun** for age, weight, and height.

The associations between **average daily PEFR in severe group** (level 3: moderate persistent, and level 4: severe persistent) and personal profile, air quality and meteorological data were found statistically significant in **Chiang Mai** for age, and height, and in **Lamphun** for day of week, pressure (lag 3), temperature (lag 0), sunlight (lag 3), and rain quantity (lag 2).

The associations between **daytime asthmatic symptom** and personal profile, air quality and meteorological data were found statistically significant in **Chiang Mai** for asthmatic severity, day of week, and relative humidity (lag 0), and in **Lamphun** for  $PM_{10}$  (lag 0).

The associations between **nighttime asthmatic symptom** and personal profile, air quality and meteorological data were found statistically significant in **Chiang Mai** for gender, asthmatic severity, weight, height, and rain quantity (lag 3), and in **Lamphun** for asthmatic severity, temperature (lag 0), and sunlight (lag 0).

The economic data showed that the average unit cost for asthma treatment per capita per month was 1,247.45 Baht (14,969.40 Baht/person/year). For the patients in Chiang Mai, it was 1,396.45 Baht (16,757.39 Baht/person/year): and for the patients in Lamphun, it was 628.53 Baht (7,542.35 Baht/person/year). In case of Chiang Mai results, the unit cost was 3 times higher than that of general Chiang Mai residents (425 Baht/person/month).

## Discussion

In Chiang Mai, considering  $PM_{2.5}$  it was found to be related to PEFR at lag 2. This association was also found when analyzing for dry season period (1<sup>st</sup> December to 31<sup>st</sup> March) and considering the average cumulative daily PEFR (centered moving average, span 3), but for the later it was related to  $PM_{2.5}$  at lag 0. It implies that the changes of  $PM_{2.5}$  level influence the lung capacity 2 days later or it takes effects on the same day when considering the average cumulative daily PEFR (centered moving average, span 3). For  $PM_{10}$ , it was found associated with PEFR in patients categorized as mild group (level 1: intermittent, and level 2: mild persistent) at lag 0. For other pollutants, this study revealed that CO (lag 6) was associated with PEFR in both young and adult patients. When considering the entire group, both  $PM_{2.5}$  and CO were related to PEFR denoting that both pollutants synergistically affect the PEFR in asthmatic patients.

In Lamphun there was no association between PEFR and PM regardless considering any sub-group (severity of asthma) or any season (dry or wet), but there was with personal characteristics such

as height, weight and meteorological data such as relative humidity, temperature, sunlight. This might be the fact that the PM levels were not high enough to make change the PEF, or the air quality data collected from only 1-2 stations in such a wide area (as the subjects resided dispersively around the city and perimeter) might not be accurate enough. This finding was the same as most studies worldwide.

For the asthmatic symptoms both in daytime and nighttime, it was found only that  $PM_{10}$  was associated with the daytime symptom in Lamphun.

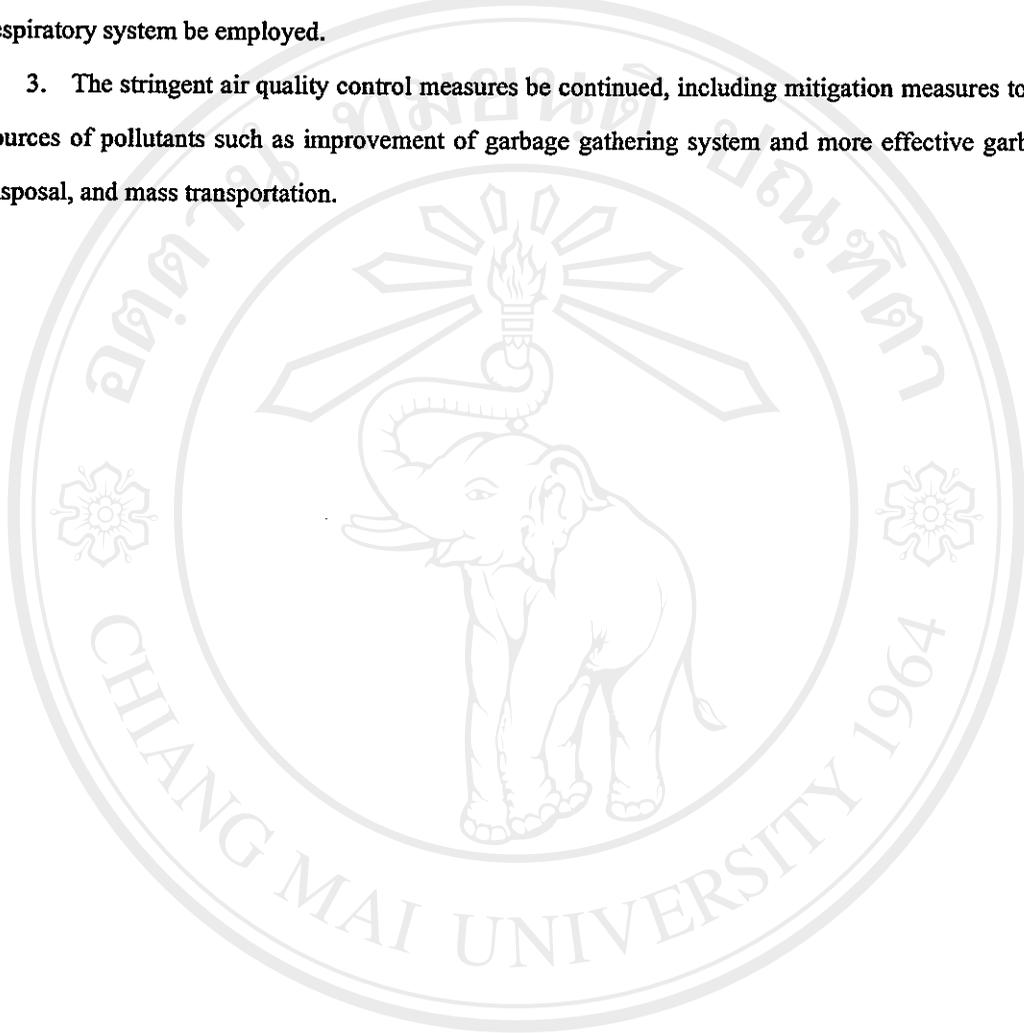
As discussed previously that both  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  were statistically associated with PEF and asthmatic symptoms, it indicates that the epidemiological study design play a major role on the study outcomes. In this study a panel study was selected to follow the subjects for a certain period of time and to collect air quality data and health data, i.e., PEF and asthmatic symptoms daily so-called time series, which is suitable for acute health effects because the association is easily detected. Furthermore, study group selection is another key success (as asthmatic patients were selected for this study) to detect the association; this is due to the fact that asthmatic patients are usually sensitive to stimulants; therefore, only a minor change of air quality is able to affect lung capacity and asthmatic symptoms. The important of the findings confirm that air quality campaign must continue stringently, otherwise the high risk group such as the asthmatic patients will get the negative impacts to their health, which in turn deteriorate their quality of life and their economy including their family and the nation as a whole. This can be seen that the treatment expenses and personal expenditure of each patient per month in Chiang Mai were 3 times higher than the average expenses of general northern residents.

#### **Recommendations for Further Study**

1. A longitudinal cohort study be conducted on other concerned diseases, e.g., patients with chronic obstructive lung disease, patients with cardiovascular diseases, etc on other health outcomes such as acute exacerbation, rate of admission to the hospital, mortality, etc.
2. A study to investigate the association between lung cancer and ambient air pollutants particularly in Chiang Mai.

### Policy Recommendations

1. An automatic real-time air quality monitoring station be installed in Lamphun. This study showed that PM<sub>10</sub> was related to daily asthmatic symptoms, so air quality data can be used as an index for efficiency evaluation of air quality management.
2. Health surveillance on respiratory and cardiovascular diseases including cancers of the respiratory system be employed.
3. The stringent air quality control measures be continued, including mitigation measures to the sources of pollutants such as improvement of garbage gathering system and more effective garbage disposal, and mass transportation.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

ขอเชิญร่วมงานงานบุญมหาชาติถวายภัตตาหาร  
สามชุกถวายบุญมหาชาติสามชุกมหาชาติ

มหาชาติมหาชาติมหาชาติ

งานบุญมหาชาติ ๑๙ ม.ย. ๒๕๕๒

เวลา ๑๐.๐๙ น.

ลิขสิทธิ์โดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright by Chiang Mai University  
All rights reserved

ขอเชิญร่วมงานงานบุญมหาชาติประจำปี ๒๕๑๓  
สมาคมชาวต่างประเทศแห่งประเทศไทย

ณ วัดบวรนิเวศราชวรวิหาร กรุงเทพมหานคร

วันศุกร์ที่ ๑๙ มิ.ย. ๒๕๑๓

เวลา ๑๐.๐๙ น.

ลิขสิทธิ์ภาพถ่ายโดยมหาวิทยาลัย  
Copyright by Chian Mai University  
All rights reserved

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้ใช้วิธีการศึกษาแบบ Panel study ในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสารก่อมลพิษแต่ละชนิดกับค่าความจุปอด (Peak expiratory flow) อาการและอาการแสดง และประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการเป็นโรคหอบหืดของผู้ป่วยหอบหืด ซึ่งอาศัยอยู่ในเขตอำเภอเมืองและปริมณฑล จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 152 คน และอำเภอเมืองและปริมณฑล จังหวัดลำพูน จำนวน 56 คน โดยมีระยะเวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 1 ปี เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้แบ่งเป็น เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกคุณภาพอากาศรายวัน ได้แก่ ระดับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ), ระดับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ( $PM_{2.5}$ ), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), โอโซน ( $O_3$ ), ไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $NO_2$ ), และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) และเครื่องมือบันทึกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความกดอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน แสงแดดเป็นรายวัน เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ สมุดบันทึกข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลส่วนบุคคล และข้อมูลความจุปอดและอาการหอบหืดเป็นรายวัน

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ในจังหวัดเชียงใหม่ เมื่อพิจารณาเฉพาะตัวแปรระดับฝุ่นละออง  $PM_{2.5}$  พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow ที่ lag 2 ความสัมพันธ์นี้ยังพบต่อไปเมื่อพิจารณาเฉพาะช่วงฤดูแล้ง (1 ธันวาคม ถึง 31 มีนาคม) และค่า Peak expiratory flow แบบสะสมเฉลี่ยรายวัน (Centered Moving Average, Span 3) แต่ในกรณีหลังเป็น  $PM_{2.5}$  ที่ lag 0 แสดงว่าระดับการเปลี่ยนแปลงของ  $PM_{2.5}$  จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความจุปอดในอีก 2 วันต่อมา หรือในวันเดียวกันสำหรับกรณีเมื่อพิจารณาค่า Peak expiratory flow แบบสะสมเฉลี่ยรายวัน (Centered Moving Average, Span 3) เมื่อพิจารณาเฉพาะตัวแปรระดับฝุ่นขนาดเล็ก  $PM_{10}$  พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow เฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ [ระดับ 1 มีอาการนานๆ ครั้ง (Intermittent) และระดับ 2 อาการรุนแรงน้อย (Mild persistent)] ที่ lag 0 สำหรับสารมลพิษอื่นการศึกษารั้งนี้พบว่าระดับคาร์บอนมอนอกไซด์ (lag 6) มีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow ทั้งในกลุ่มผู้ป่วยเด็กและผู้ใหญ่ โดยเฉพาะหากพิจารณาทั้งสองกลุ่มรวมกันพบว่าทั้ง  $PM_{2.5}$  และระดับคาร์บอนมอนอกไซด์มีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow ทั้งคู่ แสดงว่าสารมลพิษทั้งสองร่วมกันก่อให้เกิดผลกระทบต่อค่า Peak expiratory flow ในผู้ป่วยหอบหืด

ในจังหวัดลำพูนไม่พบว่าค่า Peak expiratory flow มีความสัมพันธ์กับระดับฝุ่นรายวัน ไม่ว่าจะพิจารณาเฉพาะกลุ่มผู้ป่วย (ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด) หรือฤดูกาลของปี (ฤดูแล้งหรือฤดูฝน) แต่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลส่วนบุคคล เช่น ส่วนสูง น้ำหนัก และข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ แสงแดด เป็นต้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากข้อมูลระดับฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดอาจจะยังไม่สูงมากพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Peak expiratory flow ได้อย่างชัดเจน หรือการใช้

ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีเพียง 1–2 สถานีในพื้นที่การศึกษาที่กว้างขวาง (ดังที่กลุ่มตัวอย่างอาศัยอยู่กระจายทั่วเขตอำเภอเมืองและปริมณฑล) อาจได้ข้อมูลที่ไม่ละเอียดพอ ซึ่งตรงกับการศึกษาอื่นๆ ทั่วโลกที่พบในแนวโน้มเดียวกัน

สำหรับอาการหอบหืดรายวันทั้งกลางวันและกลางคืน ใน 2 จังหวัด พบว่าตัวแปร  $PM_{10}$  มีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืดรายวันตอนกลางวัน ในจังหวัดลำพูน

ข้อมูลเศรษฐศาสตร์พบว่า ต้นทุนการรักษาความเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากโรคหอบหืดเฉลี่ยต่อคนต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยนี้ คือ 1,247.45 บาท (14,969.40 บาท/คน/ปี) ซึ่งเป็นของผู้ป่วยในจังหวัดเชียงใหม่เท่ากับ 1,396.45 บาท (16,757.39 บาท/คน/ปี) และของผู้ป่วยในกลุ่มตัวอย่างจังหวัดลำพูนเท่ากับ 628.53 บาท (7,542.35 บาท/คน/ปี) ในกรณีผู้ป่วยจังหวัดเชียงใหม่ค่าใช้จ่ายดังกล่าวสูงกว่าค่าเฉลี่ยต่อเดือนของคนเชียงใหม่ทุกๆ ไป (425 บาท/คน/เดือน) ถึง 3 เท่า

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ ควรดำเนินการควบคุมคุณภาพอากาศที่มีความเข้มงวดต่อไป รวมทั้งการหามาตรการการแก้ไขปัญหามลพิษที่ต้นเหตุ เช่น การจัดการระบบการเก็บขยะรวมทั้งการกำจัดที่มีประสิทธิภาพ การจัดการระบบขนส่งมวลชนที่ทั่วถึงและรวดเร็ว



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

## Abstract

The study design was a panel study in asthmatic patients to investigate the associations between the ambient air pollutants and lung capacity (Peak Expiratory Flow Rate-PEFR), signs and symptoms, including the evaluation of economic losses due to illness of these patients, who lived in Muang district and perimeter of Chiang Mai totally 152 patients and that of Lamphun totally 56 patients. The study period was around 1 year. The instruments of data collections were a log book for daily air quality records of fine PM less than 10 microns in size ( $PM_{10}$ ), ultra fine PM less than 2.5 microns in size ( $PM_{2.5}$ ), carbon monoxide (CO), ozone ( $O_3$ ), nitrogen dioxide ( $NO_2$ ), and sulphur dioxide ( $SO_2$ ); and a log book for daily meteorological records, i.e., pressure, temperature, relative humidity, rain quantity, and sunlight. The data collection in patients was conducted using a log book consisting of personal profile, daily PEFR, and asthmatic symptoms.

Our findings show that in Chiang Mai, considering  $PM_{2.5}$  it was found to be related to PEFR at lag 2. This association was also found when analyzing for dry season period (1<sup>st</sup> December to 31<sup>st</sup> March) and considering the average cumulative daily PEFR (centered moving average, span 3), but for the later it was related to  $PM_{2.5}$  at lag 0. It implies that the changes of  $PM_{2.5}$  level influence the lung capacity 2 days later or it takes effects on the same day when considering the average cumulative daily PEFR (centered moving average, span 3). For  $PM_{10}$ , it was found associated with PEFR in patients categorized as mild group (level 1: intermittent, and level 2: mild persistent) at lag 0. For other pollutants, this study revealed that CO (lag 6) was associated with PEFR in both young and adult patients. When considering the entire group, both  $PM_{2.5}$  and CO were related to PEFR denoting that both pollutants synergistically affect the PEFR in asthmatic patients.

In Lamphun there was no association between PEFR and PM regardless considering any subgroup (severity of asthma) or any season (dry or wet), but there was with personal characteristics such as height, weight and meteorological data such as relative humidity, temperature, sunlight. This might be the fact that the PM levels were not high enough to make change the PEFR, or the air quality data collected from only 1-2 stations in such a wide area (as the subjects resided dispersively around the city and perimeter) might not be accurate enough. This finding was the same as most studies worldwide.

For the asthmatic symptoms both in daytime and nighttime, it was found only that  $PM_{10}$  was associated with the daytime symptom in Lamphun.

The economic data showed that the average unit cost for asthma treatment per capita per month was 1,247.45 Baht (14,969.40 Baht/person/year). For the patients in Chiang Mai, it was 1,396.45 Baht (16,757.39 Baht/person/year); and for the patients in Lamphun, it was 628.53 Baht (7,542.35 Baht/person/year). In case of Chiang Mai results, the unit cost was 3 times higher than that of general Chiang Mai residents (425 Baht/person/month).

It is recommended that the stringent air quality control measures continue, including mitigation measures to the sources of pollutants such as improvement of garbage gathering system and more effective garbage disposal, and mass transportation.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

## สารบัญ

<b>บทที่ 1 บทนำ</b> .....	<b>1</b>
1. หลักการและเหตุผล.....	1
2. ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง.....	1
3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
4. กิจกรรมต่างๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยแต่ละข้อ.....	3
5. ผลที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละช่วงระยะเวลา (แบ่งเป็นราย 6 เดือน).....	6
6. แนวทาง/ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	8
7. ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อการดำเนินงานเสร็จสิ้น.....	9
8. กระบวนการผลิตค้นผลงานดังกล่าวออกสู่การใช้ประโยชน์.....	9
<b>บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม</b> .....	<b>10</b>
1. ผลกระทบต่อสุขภาพระยะสั้นที่มีต่อสมรรถภาพปอดและระบบทางเดินหายใจ.....	10
2. ผลกระทบต่อสุขภาพระยะสั้นที่มีต่อสมรรถภาพปอดและระบบทางเดินหายใจในผู้ป่วยหอบหืด.....	11
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย</b> .....	<b>18</b>
1. กลุ่มตัวอย่าง.....	18
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	18
3. ขั้นตอนการศึกษาวิจัย.....	19
<b>บทที่ 4 ผลการศึกษา</b> .....	<b>21</b>
1. ข้อมูลทั่วไป.....	21
2. ข้อมูลโรคหอบหืด.....	22
3. ข้อมูลระดับฝุ่นรายวันและค่า Peak flow เฉลี่ยรายวัน.....	25
4. ข้อมูลระดับก๊าซพิษและค่าทางอุนิยมวิทยาเฉลี่ยรายวัน.....	33
4. การหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นและก๊าซพิษเฉลี่ยรายวัน.....	52
5. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวัน.....	54
6. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้ารายวัน.....	68
7. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นรายวัน.....	76
8. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุนิยมวิทยากับค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวัน.....	84

9. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็ก จังหวัดเชียงใหม่.....	94
10. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ จังหวัดเชียงใหม่ .....	98
11. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝน.....	104
12. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้ง .....	111
13. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ.....	119
14. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง.....	128
15. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับอาการหอบหืด ตอนกลางคืน .....	144
16. ข้อมูลค่านเศรษฐศาสตร์ .....	152
<b>บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>158</b>
1. สรุปผลการศึกษา.....	158
2. การอภิปรายผล .....	161
3. ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษารั้งต่อไป .....	163
4. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย.....	163
ภาคผนวก ก. ....	164
ภาคผนวก ข. ....	172
เอกสารอ้างอิง.....	174

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาการทดสอบสมรรถภาพปอดที่เปลี่ยนแปลงไปในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ $PM_{10}$ $50 \mu g/m^3$ .....	12
ตารางที่ 2 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาการทดสอบสมรรถภาพปอดที่เปลี่ยนแปลงไปในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ $PM_{2.5}$ $25 \mu g/m^3$ .....	13
ตารางที่ 3 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาอาการไอในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ $PM_{10}$ $50 \mu g/m^3$ .....	13
ตารางที่ 4 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาอาการมีเสมหะในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ $PM_{10}$ $50 \mu g/m^3$ ...	14
ตารางที่ 5 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาอาการของระบบทางเดินหายใจส่วนล่างในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ $PM_{10}$ $50 \mu g/m^3$ .....	14
ตารางที่ 6 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาการใช้ยาขยายหลอดลมในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ $PM_{10}$ $50 \mu g/m^3$ .....	15
ตารางที่ 7 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาอาการของระบบทางเดินหายใจในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ $PM_{2.5}$ $25 \mu g/m^3$ .....	16
ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มศึกษาแยกตามจังหวัดที่ศึกษา.....	21
ตารางที่ 9 แสดงข้อมูลโรคหอบหืดของกลุ่มศึกษาแยกตามจังหวัดที่ศึกษา.....	23
ตารางที่ 10 แสดงจำนวนและร้อยละของความสมบูรณ์ของการบันทึกค่า Particulate matter ใน จังหวัดลำพูนระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548–31 พฤษภาคม 2549 .....	25
ตารางที่ 11 แสดงข้อมูลช่วงของระดับ $PM_{2.5}$ รายวันจังหวัดลำพูนระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548–31 พฤษภาคม 2549.....	25
ตารางที่ 12 แสดงข้อมูลช่วงของระดับ $PM_{10}$ รายวันจังหวัดลำพูนระหว่าง 1 กรกฎาคม 2548–31 พฤษภาคม 2549.....	26
ตารางที่ 13 แสดงจำนวนและร้อยละของความสมบูรณ์ของการบันทึกค่า Particulate matter ใน จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548–30 มิถุนายน 2549.....	26
ตารางที่ 14 แสดงข้อมูลช่วงของระดับ $PM_{2.5}$ รายวัน ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548–30 มิถุนายน 2549 .....	27
ตารางที่ 15 แสดงข้อมูลช่วงของระดับ $PM_{10}$ รายวัน ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548–30 มิถุนายน 2549 .....	27
ตารางที่ 16 แสดงข้อมูลค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันของกลุ่มตัวอย่างแยกรายจังหวัดระหว่าง 1 กรกฎาคม 2548–31 กรกฎาคม 2549.....	27

ตารางที่ 17 แสดงจำนวนและร้อยละของความสมบูรณ์ของการบันทึกค่าระดับก๊าซพิษ ในจังหวัด เชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548–30 มิถุนายน 2549 .....	34
ตารางที่ 18 แสดงจำนวนและร้อยละของความสมบูรณ์ของการบันทึกค่าทางอุตุนิยมวิทยา ใน จังหวัด เชียงใหม่และลำพูน.....	34
ตารางที่ 19 แสดงจำนวนและร้อยละของความสมบูรณ์ของการบันทึกค่า Peak flow ใน จังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน .....	48
ตารางที่ 20 แสดงค่าสหสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นและก๊าซพิษเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ .....	53
ตารางที่ 21 แสดงค่าสหสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน .....	54
ตารางที่ 22 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 0–6 วันของ สารมลพิษและค่าทางอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	54
ตารางที่ 23 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 0–6 วันของ อนุภาคฝุ่นและค่าทางอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	57
ตารางที่ 24 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า PM <sub>2.5</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	60
ตารางที่ 25 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า PM <sub>10</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	60
ตารางที่ 26 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	60
ตารางที่ 27 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า O <sub>3</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	61
ตารางที่ 28 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า NO <sub>2</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	61
ตารางที่ 29 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า SO <sub>2</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	61
ตารางที่ 30 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า ความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	61
ตารางที่ 31 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	61

ตารางที่ 32 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	62
ตารางที่ 33 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า แสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	62
ตารางที่ 34 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่า ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	62
ตารางที่ 35 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ตัวแปรส่วน บุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	63
ตารางที่ 36 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ของตัวแปร ภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	63
ตารางที่ 37 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ของตัวแปร ภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	64
ตารางที่ 38 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	65
ตารางที่ 39 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	65
ตารางที่ 40 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า ความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549....	65
ตารางที่ 41 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	65
ตารางที่ 42 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	65
ตารางที่ 43 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า แสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	66
ตารางที่ 44 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	66

ตารางที่ 45 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	66
ตารางที่ 46 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	67
ตารางที่ 47 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	67
ตารางที่ 48 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	68
ตารางที่ 49 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	68
ตารางที่ 50 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	68
ตารางที่ 51 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า $O_3$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 ...	69
ตารางที่ 52 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า $NO_2$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	69
ตารางที่ 53 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $SO_2$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	69
ตารางที่ 54 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	69
ตารางที่ 55 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	69
ตารางที่ 56 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	70

ตารางที่ 57 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	70
ตารางที่ 58 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	70
ตารางที่ 59 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ตัวแปร ส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	71
ตารางที่ 60 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ของตัว แปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	72
ตารางที่ 61 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ของตัว แปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	72
ตารางที่ 62 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 73	
ตารางที่ 63 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549. 73	
ตารางที่ 64 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	73
ตารางที่ 65 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	73
ตารางที่ 66 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	74
ตารางที่ 67 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	74

ตารางที่ 68 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	74
ตารางที่ 69 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ตัวแปร ส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	75
ตารางที่ 70 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	76
ตารางที่ 71 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	76
ตารางที่ 72 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	77
ตารางที่ 73 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	77
ตารางที่ 74 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549..	77
ตารางที่ 75 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า $O_3$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 ...	78
ตารางที่ 76 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า $NO_2$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549..	78
ตารางที่ 77 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $SO_2$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 ..	78
ตารางที่ 78 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	78
ตารางที่ 79 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	78

ตารางที่ 80 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	79
ตารางที่ 81 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	79
ตารางที่ 82 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	79
ตารางที่ 83 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ตัวแปร ส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	80
ตารางที่ 84 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	80
ตารางที่ 85 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	81
ตารางที่ 86 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 82	
ตารางที่ 87 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549. 82	
ตารางที่ 88 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	82
ตารางที่ 89 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	82
ตารางที่ 90 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	82

ตารางที่ 91 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	83
ตารางที่ 92 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	83
ตารางที่ 93 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	83
ตารางที่ 94 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	84
ตารางที่ 95 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	85
ตารางที่ 96 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	85
ตารางที่ 97 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	85
ตารางที่ 98 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า $O_3$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	85
ตารางที่ 99 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า $NO_2$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	86
ตารางที่ 100 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า $SO_2$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	86

ตารางที่ 101 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	86
ตารางที่ 102 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	86
ตารางที่ 103 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	87
ตารางที่ 104 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	87
ตารางที่ 105 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	87
ตารางที่ 106 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	88
ตารางที่ 107 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	88
ตารางที่ 108 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	89
ตารางที่ 109 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	90
ตารางที่ 110 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	90

ตารางที่ 111 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	90
ตารางที่ 112 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	90
ตารางที่ 113 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	91
ตารางที่ 114 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	91
ตารางที่ 115 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	91
ตารางที่ 116 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุดมศึกษา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	92
ตารางที่ 117 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	93
ตารางที่ 118 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	93
ตารางที่ 119 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	94
ตารางที่ 120 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	94





ตารางที่ 141 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	101
ตารางที่ 142 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	101
ตารางที่ 143 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	102
ตารางที่ 144 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	103
ตารางที่ 145 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	103
ตารางที่ 146 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549.....	104
ตารางที่ 147 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549.....	104
ตารางที่ 148 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549.....	105
ตารางที่ 149 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า $O_3$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549.....	105
ตารางที่ 150 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่า $NO_2$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549.....	105

ตารางที่ 151 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า $SO_2$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549 .....	105
ตารางที่ 152 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549.....	106
ตารางที่ 153 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549.....	106
ตารางที่ 154 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549.....	106
ตารางที่ 155 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549.....	106
ตารางที่ 156 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549.....	107
ตารางที่ 157 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและจุดนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549.....	107
ตารางที่ 158 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549.....	108
ตารางที่ 159 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 .....	108
ตารางที่ 160 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 .....	109

ตารางที่ 161 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548.....	109
ตารางที่ 162 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548.....	109
ตารางที่ 163 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548.....	109
ตารางที่ 164 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548.....	110
ตารางที่ 165 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548.....	110
ตารางที่ 166 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิคมวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548.....	110
ตารางที่ 167 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548.....	111
ตารางที่ 168 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	112
ตารางที่ 169 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	112
ตารางที่ 170 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	112

ตารางที่ 171 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า $O_3$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549 .....	113
ตารางที่ 172 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า $NO_2$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549 .....	113
ตารางที่ 173 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $SO_2$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549 .....	113
ตารางที่ 174 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	113
ตารางที่ 175 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	114
ตารางที่ 176 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	114
ตารางที่ 177 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	114
ตารางที่ 178 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	114
ตารางที่ 179 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุศุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	115
ตารางที่ 180 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549 .....	116

ตารางที่ 181 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	116
ตารางที่ 182 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	117
ตารางที่ 183 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	117
ตารางที่ 184 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	117
ตารางที่ 185 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	117
ตารางที่ 186 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	118
ตารางที่ 187 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	118
ตารางที่ 188 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	118
ตารางที่ 189 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	119
ตารางที่ 190 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงค่า และค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	120



ตารางที่ 201 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัด เชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	123
ตารางที่ 202 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	124
ตารางที่ 203 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	124
ตารางที่ 204 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	125
ตารางที่ 205 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	125
ตารางที่ 206 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	125
ตารางที่ 207 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	125
ตารางที่ 208 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	126
ตารางที่ 209 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	126
ตารางที่ 210 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัด ลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	126



ตารางที่ 221 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	130
ตารางที่ 222 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	130
ตารางที่ 223 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	131
ตารางที่ 224 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิอากาศ จังหวัด เชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	131
ตารางที่ 225 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	132
ตารางที่ 226 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	132
ตารางที่ 227 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	133
ตารางที่ 228 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	133
ตารางที่ 229 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	133
ตารางที่ 230 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	134

ตารางที่ 231 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	134
ตารางที่ 232 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	134
ตารางที่ 233 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	134
ตารางที่ 234 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัด ลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	135
ตารางที่ 235 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	136
ตารางที่ 236 แสดงจำนวนและร้อยละของความสมบูรณ์ของการบันทึกอาการหอบหืด ในจังหวัด เชียงใหม่และลำพูน.....	136
ตารางที่ 237 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	137
ตารางที่ 238 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	137
ตารางที่ 239 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	137
ตารางที่ 240 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า $O_3$ เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	137
ตารางที่ 241 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า $NO_2$ เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	138

ตารางที่ 242 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า $SO_2$ เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	138
ตารางที่ 243 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	138
ตารางที่ 244 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	138
ตารางที่ 245 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	138
ตารางที่ 246 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	139
ตารางที่ 247 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	139
ตารางที่ 248 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอคูนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	139
ตารางที่ 249 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	140
ตารางที่ 250 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	141
ตารางที่ 251 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	141
ตารางที่ 252 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	141

ตารางที่ 253 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	142
ตารางที่ 254 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	142
ตารางที่ 255 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	142
ตารางที่ 256 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูนระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	142
ตารางที่ 257 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	143
ตารางที่ 258 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูนระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	143
ตารางที่ 259 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	144
ตารางที่ 260 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	144
ตารางที่ 261 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	145
ตารางที่ 262 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	145

ตารางที่ 263 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	145
ตารางที่ 264 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า O <sub>3</sub> เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	145
ตารางที่ 265 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า NO <sub>2</sub> เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	145
ตารางที่ 266 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า SO <sub>2</sub> เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	146
ตารางที่ 267 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	146
ตารางที่ 268 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	146
ตารางที่ 269 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	146
ตารางที่ 270 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	147
ตารางที่ 271 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	147
ตารางที่ 272 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ตัวแปร ส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและดัชนีมหาวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	147
ตารางที่ 273 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ของตัว แปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	148

ตารางที่ 274 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 149	149
ตารางที่ 275 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า $PM_{10}$ เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 149	149
ตารางที่ 276 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	149
ตารางที่ 277 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	149
ตารางที่ 278 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	150
ตารางที่ 279 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูนระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	150
ตารางที่ 280 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	150
ตารางที่ 281 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ตัวแปร ส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและจุดนิยมนิเวศวิทยา จังหวัดลำพูนระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	151
ตารางที่ 282 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า $p$ -value ของตัว แปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	151
ตารางที่ 283 รายได้ครัวเรือนของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามชั้นรายได้ และ จังหวัดของสถานพยาบาลที่ กลุ่มตัวอย่างได้รับการรักษา.....	152
ตารางที่ 284 ต้นทุนการเจ็บป่วยด้วยโรคหอบหืดของกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยเด็กและผู้ป่วยผู้ใหญ่.....	154
ตารางที่ 285 ต้นทุนการเจ็บป่วยด้วยโรคหอบหืดของกลุ่มตัวอย่างในลำพูนและในเชียงใหม่.....	155
ตารางที่ 286 ค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยต่อเดือนและค่ารักษาพยาบาลและรายจ่ายส่วนบุคคลของครัวเรือนใน ภาคเหนือ .....	157

สารบัญรูป

รูปที่ 1 แสดง Peak flow meter ชนิด Mini-Wright.....	19
รูปที่ 2 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ย Peak flow ของกลุ่มตัวอย่างจังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549 .....	28
รูปที่ 3 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ย Peak flow ของกลุ่มตัวอย่างจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549 .....	29
รูปที่ 4 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน PM <sub>2.5</sub> จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	30
รูปที่ 5 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน PM <sub>2.5</sub> จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	31
รูปที่ 6 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน PM <sub>10</sub> จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	32
รูปที่ 7 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน PM <sub>10</sub> จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	33
รูปที่ 8 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน CO จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549 .....	35
รูปที่ 9 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน O <sub>3</sub> จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549 .....	36
รูปที่ 10 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน NO <sub>2</sub> จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549.....	37
รูปที่ 11 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน SO <sub>2</sub> จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549.....	38
รูปที่ 12 แสดง Sequence plot ของค่าความกดอากาศรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	39
รูปที่ 13 แสดง Sequence plot ของค่าความกดอากาศรายวันจังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	40
รูปที่ 14 แสดง Sequence plot ของค่าอุณหภูมิรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	41
รูปที่ 15 แสดง Sequence plot ของค่าอุณหภูมิรายวันจังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	42

รูปที่ 16 แสดง Sequence plot ของค่าความชื้นสัมพัทธ์รายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	43
รูปที่ 17 แสดง Sequence plot ของค่าความชื้นสัมพัทธ์รายวันจังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	44
รูปที่ 18 แสดง Sequence plot ของค่าปริมาณฝนรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	45
รูปที่ 19 แสดง Sequence plot ของค่าปริมาณฝนรายวันจังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	46
รูปที่ 20 แสดง Sequence plot ของค่าปริมาณแสงแดดรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 .....	47
รูปที่ 21 แสดง Sequence plot ของค่าปริมาณแสงแดดรายวันจังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	48
รูปที่ 22 แสดง Autocorrelation Coefficient ของค่า Peak Flow เฉลี่ยรายวันของผู้ป่วยหอบหืดในจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	49
รูปที่ 23 แสดง Partial Autocorrelation Coefficient ของค่า Peak Flow เฉลี่ยรายวันของผู้ป่วยหอบหืดในจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	50
รูปที่ 24 แสดง Autocorrelation Coefficient ของค่า Peak Flow เฉลี่ยรายวันของผู้ป่วยหอบหืดในจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	51
รูปที่ 25 แสดง Partial Autocorrelation Coefficient ของค่า Peak Flow เฉลี่ยรายวันของผู้ป่วยหอบหืดในจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 .....	52

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1. หลักการและเหตุผล

จากการศึกษาวิจัยในประเทศต่างๆ ทั่วโลก แสดงให้เห็นว่าระดับของฝุ่นในอากาศมีความสัมพันธ์กับการตายและการเจ็บป่วยด้วยโรกระบบทางเดินหายใจ โรกระบบหัวใจและหลอดเลือด ทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง โดยเฉพาะผู้ที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ เช่น ผู้สูงอายุ เด็กเล็ก และผู้ป่วยโรกระบบทางเดินหายใจ จังหวัดเชียงใหม่เป็นอีกเมืองหนึ่งที่ประสบปัญหามลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะฝุ่นขนาดเล็กซึ่งมีแหล่งกำเนิดที่สำคัญ ได้แก่ จากการเผาในที่โล่งแจ้งและจากปัญหาการจราจร และจากข้อมูลการเจ็บป่วยด้วยโรกระบบทางเดินหายใจ และโรกระบบหัวใจและหลอดเลือด ทั้งแบบผู้ป่วยนอกและรับเข้าไว้ในโรงพยาบาลแบบผู้ป่วยในของโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ที่ผ่านมามีแนวโน้มสูงขึ้น จนทำให้เกิดข้อสงสัยว่าการเจ็บป่วยที่สูงขึ้นดังกล่าวมีสาเหตุมาจากปัญหามลพิษทางอากาศหรือไม่ และนับจนถึงปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาที่จะพิสูจน์ข้อสันนิษฐานดังกล่าว การศึกษานี้ต้องการศึกษาว่าระดับฝุ่นรายวันจะมีความสัมพันธ์กับอาการ อาการแสดง และสมรรถภาพปอดของผู้ป่วยที่มีปัญหาโรกระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ ผู้ป่วยด้วยโรคหอบหืดหรือไม่ โดยทำการเปรียบเทียบใน 2 พื้นที่ ได้แก่ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน รวมทั้งจะมีการประเมินความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่เกิดจากการเจ็บป่วยของผู้ป่วยเหล่านี้ เพื่อเป็นข้อมูลที่สำคัญในการรณรงค์และจัดการปัญหามลพิษทางอากาศ รวมทั้งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับประเมินผลการจัดการคุณภาพอากาศที่จะมีขึ้นในอนาคตอีกด้วย

### 2. ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

เป็นที่ยอมรับว่าปัญหาคุณภาพอากาศที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพในปัจจุบันเป็นผลสืบเนื่องมาสารก่อมลพิษในอากาศ เช่น ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) โอโซน (O<sub>3</sub>) และอนุภาคฝุ่น (Particulate matter) โดยเฉพาะฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 (PM<sub>2.5</sub>) และ 10 (PM<sub>10</sub>) ไมครอนซึ่งมีอยู่ในบรรยากาศรอบตัวเรา สารก่อมลพิษเหล่านี้ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีความอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เพราะสามารถแทรกซึมผ่านระบบทางเดินหายใจเข้าไปจนถึงระดับเซลล์ในร่างกาย เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้โดย องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency) ประเทศสหรัฐอเมริกา เรียกว่า “มาตรฐานคุณภาพอากาศแห่งชาติ” (National Ambient Air Quality Standards) ได้กำหนดค่ามาตรฐานสำหรับ PM<sub>10</sub> ไว้ที่ 50 มก/ม<sup>3</sup> (เฉลี่ย 1 ปี) และ 150 มก/ม<sup>3</sup> (เฉลี่ย 24 ชั่วโมง), ระดับ PM<sub>2.5</sub> กำหนดไว้ที่ 15 มก/ม<sup>3</sup> (เฉลี่ย 1 ปี) และ 65 มก/ม<sup>3</sup> (เฉลี่ย

24 ชั่วโมง) ตามลำดับ แหล่งกำเนิดที่สำคัญของฝุ่น คือ การเผาป่า ควันจากท่อไอเสียรถยนต์ และก๊าซพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม

การศึกษาวิจัยในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก แสดงให้เห็นว่าระดับของฝุ่นในอากาศ มีความสัมพันธ์กับการตายก่อนเวลาอันควรและการเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ การเจ็บป่วยที่สัมพันธ์กับมลภาวะในอากาศมีตั้งแต่การเจ็บป่วยแบบเฉียบพลัน เช่น ไอ หายใจหอบเหนื่อย และแน่นในหน้าอกทำให้หายใจไม่สะดวก ไปจนถึงการเจ็บป่วยแบบเรื้อรัง โดยเฉพาะผู้ที่มิภูมิต้านทานต่ำ เช่นคนสูงอายุ เด็กเล็ก และผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ<sup>1-6</sup>

การศึกษาในประเทศไทยพบว่า ฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานครมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ซึ่งระดับความรุนแรงใกล้เคียงกับผลการศึกษาในเมืองต่าง ๆ ทั่วโลก ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้<sup>7</sup>

- เมื่อระดับฝุ่นขนาดเล็ก ( $PM_{10}$ ) สูงขึ้น 30 มก./ลบ.ม. จะพบการตายโดยธรรมชาติ (Natural mortality) เพิ่มขึ้น 3-5% การตายด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ (Respiratory mortality) เพิ่มขึ้น 7-20% และการตายด้วยโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular mortality) เพิ่มขึ้น 2-5%

- เมื่อฝุ่นขนาดเล็ก ( $PM_{10}$ ) เพิ่มขึ้น 30 มก./ลบ.ม. อัตราการเข้ารับการรักษาโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจและหลอดเลือดในโรงพยาบาลเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.5 และ 5.3 ตามลำดับ โดยเฉพาะในผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 17.6 และ 7.6 ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงว่าจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับรักษาในโรงพยาบาลกับระดับฝุ่นขนาดเล็กในอากาศมีความสัมพันธ์กัน

- หากฝุ่นขนาดเล็ก ( $PM_{10}$ ) เพิ่มขึ้น 30 มก./ลบ.ม. กลุ่มผู้ใหญ่ที่อาศัยและทำงานในร้านค้าที่ไม่ได้ใช้เครื่องปรับอากาศ มีอาการของระบบทางเดินหายใจทั้งส่วนบนและส่วนล่างแบบเฉียบพลันรายวัน เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดคิดเป็นร้อยละ 26 และ 20 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่ทำงานในห้องปรับอากาศจะมีการเพิ่มของอาการในระบบทางเดินหายใจส่วนบนและส่วนล่างเพิ่มขึ้นร้อยละ 9 และ 5 ส่วนในกลุ่มเด็กเพิ่มขึ้นร้อยละ 9 และ 7 ตามลำดับ

- การศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อสมรรถภาพปอดในเด็กเล็กในกรุงเทพมหานคร พบว่าระดับความเข้มข้นของฝุ่น  $PM_{10}$  ที่สูงทำให้สมรรถภาพปอดในเด็กนักเรียนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ<sup>8</sup>

แอ่งเชียงใหม่-ลำพูน เป็นบริเวณหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาหมอกพิษในอากาศเช่นเดียวกับเมืองใหญ่ๆ ทั่วโลก เนื่องมาจากผลของการพัฒนาร่วมกับสภาพทางภูมิศาสตร์และอุตุนิยมวิทยาของแอ่งเชียงใหม่-ลำพูนที่เอื้ออำนวย กล่าวคือมีลักษณะเป็นแอ่งกะทะมีภูเขาล้อมรอบ ลมสงบ อากาศแห้ง ฝุ่นมาก มีการเผาป่า-หญ้าในฤดูหนาว การศึกษาที่ผ่านมา (พ.ศ. 2529-2539) มีข้อมูลรายงานว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก ( $PM_{10}$ ) ในอากาศจังหวัดเชียงใหม่ได้เพิ่มขึ้นเกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ถึง 2 เท่า การศึกษาระดับฝุ่นขนาดเล็กในอากาศของจังหวัดเชียงใหม่<sup>9</sup> ซึ่งได้ทำการวัดหาระดับของ  $PM_{2.5}$  และ  $PM_{10}$  ในจังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่มีนาคม 2541-ตุลาคม 2542 พบค่าเฉลี่ยรายวันระดับของ  $PM_{2.5}$  และ  $PM_{10}$  ในเชียงใหม่มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศ อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาที่จะหา

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสารก่อมลพิษกับผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนเชียงใหม่ การศึกษานี้จึงถือเป็นการศึกษากครั้งแรกที่จะพยายามหาความสัมพันธ์ดังกล่าว อันจะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องในการกำหนดนโยบายที่จะป้องกัน หรือควบคุมต้นเหตุของมลภาวะในอากาศได้อย่างเหมาะสมต่อไป อีกทั้งจะเป็นการขยายองค์ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสฝุ่นละอองในระยะยาวและผลกระทบต่อสุขภาพ และเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในอนาคต

### 3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 3.1 หาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสารก่อมลพิษแต่ละชนิดกับค่าความจุปอด (Peak expiratory flow) อาการและอาการแสดงในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด
- 3.2 ประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการเป็นโรคหอบหืด

### 4. กิจกรรมต่างๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยแต่ละข้อ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง	ช่วงระยะเวลา ดำเนินการ	จำนวน วันที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ	
1. หาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสารก่อมลพิษแต่ละชนิดกับอาการและอาการแสดงในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด	1.1 รวบรวมผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด	1.1.1 รวบรวมผู้ป่วยที่ขึ้นทะเบียนการรักษาไว้กับหน่วยโรคภูมิแพ้ภาควิชาวามเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์	มี.ค. 48	30 วัน	รศ.มุกดา	
		1.1.2 รวบรวมผู้ป่วยที่ขึ้นทะเบียนการรักษาไว้กับหน่วยโรคปอดภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์	มี.ค. 48	30 วัน	ศศ.เฉลิม	
		1.1.3 รวบรวมผู้ป่วยที่ขึ้นทะเบียนการรักษาไว้กับหน่วยโรคปอด รพ.ลำพูน	มี.ค. 48	30 วัน	นพ.นิมิตร	
	1.2 การบันทึกอาการและอาการแสดงทางระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการใช้ยาขยายหลอดลมและความถี่	1.2.1 สร้างแบบบันทึกข้อมูล		มี.ค. 48	15 วัน	รศ.พงศ์เทพ, รศ.มุกดา, ศศ.เฉลิม, นพ.นิมิตร
			1.2.2 ประสานและ	เม.ย 48	30 วัน	รศ.พงศ์เทพ,

		อบรมผู้ปกครอง/ผู้ป่วย ในการบันทึกอาการ อาการแสดง ลักษณะ การใช้ยาขยายหลอดลม และความถี่ 1.2.3 รวบรวมข้อมูล	พ.ค. 48-เม.ย. 49	365 วัน	รศ.มุกิตา, ศศ. เฉลิม, นพ. นิมิตร  รศ.พงศ์เทพ, รศ.มุกิตา, ศศ. เฉลิม, นพ. นิมิตร
1.3 การบันทึก สมรรถภาพปอด (Peak Expiratory Flow) วัน ละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) ด้วยเครื่อง peak flow meter	1.3.1 สร้างแบบบันทึก ข้อมูล	มี.ค. 48	15 วัน	รศ.พงศ์เทพ, รศ.มุกิตา, ศศ. เฉลิม, นพ. นิมิตร	
	1.3.2 ประสานและ อบรมผู้ปกครอง/ผู้ป่วย ในการบันทึก สมรรถภาพปอด (Peak Expiratory Flow) วัน ละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น)	เม.ย 48	30 วัน	รศ.พงศ์เทพ, รศ.มุกิตา, ศศ. เฉลิม, นพ. นิมิตร	
	1.3.3 รวบรวมข้อมูล	พ.ค. 48-เม.ย. 49	365 วัน	รศ.พงศ์เทพ, รศ.มุกิตา, ศศ. เฉลิม, นพ. นิมิตร	
1.4 เก็บตัวอย่างอากาศ และวิเคราะห์หาคะ ฝุ่นรายวัน	1.4.1 เก็บตัวอย่าง อากาศและวิเคราะห์ห าคะฝุ่น PM10 รายวัน ตามจุดต่างๆ ในเขต อำเภอเมืองเชียงใหม่ และลำพูน	พ.ค. 48-เม.ย. 49	365 วัน	รศ.จรรยาศักดิ์, รศ.พงศ์เทพ	
	1.4.2 เก็บตัวอย่าง อากาศและวิเคราะห์ห าคะฝุ่น PM2.5 รายวัน ตามจุดต่างๆ ใน เขตอำเภอเมือง เชียงใหม่และลำพูน	พ.ค. 48-เม.ย. 49	365 วัน	รศ.อุษณีย์, รศ. พงศ์เทพ	
	1.4.3 รวบรวมข้อมูล ระดับ PM10 และก๊าซ มลพิษที่สถานีตรวจ	พ.ค. 48-เม.ย. 49	365 วัน	รศ.พงศ์เทพ	

		อากาศ จ.เชียงใหม่จาก กรมควบคุมมลพิษ			
	1.5 รวบรวมข้อมูลด้าน อุตุณิยมวิทยา	1.5.1 รวบรวมข้อมูล ทางอุตุณิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความชื้น สัมพัทธ์ ปริมาณฝน เป็นรายวัน จาก อุตุณิยมวิทยา จ. เชียงใหม่	พ.ค. 48-เม.ย. 49	365 วัน	รศ.พงศ์เทพ
	1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล หาความสัมพันธ์	1.6.1 ตรวจสอบความ สมบูรณ์และถูกต้อง ของข้อมูล	พ.ค. 48-เม.ย. 49	365 วัน	รศ.พงศ์เทพ
		1.6.2 ป้อนข้อมูลเข้า คอมพิวเตอร์	พ.ค. 48-เม.ย. 49	365 วัน	รศ.พงศ์เทพ
		1.6.3 ตรวจสอบความ สมบูรณ์และถูกต้อง ของข้อมูลที่ป้อนเข้า คอมพิวเตอร์	พ.ค. 48-เม.ย. 49	365 วัน	รศ.พงศ์เทพ
		1.6.4 วิเคราะห์ข้อมูล ด้วยโปรแกรมสถิติ	เม.ย. 49	30 วัน	รศ.พงศ์เทพ
2. ประเมินความเสี่ยง เชิงเศรษฐศาสตร์ของ การเจ็บป่วยอัน เนื่องมาจากการเป็นโรค หอบหืด	2.1 การเก็บข้อมูล ค่าใช้จ่ายในการ รักษาพยาบาลผู้ป่วย และต้นทุนค่าเสีย โอกาสอื่นๆ	2.1.1 สร้างแบบบันทึก ข้อมูล 2.1.2 เก็บข้อมูล ค่าใช้จ่ายในการ รักษาพยาบาลผู้ป่วย และต้นทุนค่าเสีย โอกาสอื่นๆ จากการ เจ็บป่วย	มี.ค. 48 พ.ค. 48-เม.ย. 49	15 วัน 365 วัน	รศ.สุวรรณรัตน์ รศ.สุวรรณรัตน์
	2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อประเมินความ สูญเสียเชิง เศรษฐศาสตร์	2.2.1 ตรวจสอบความ สมบูรณ์และถูกต้อง ของข้อมูล 2.2.2 ป้อนข้อมูลเข้า คอมพิวเตอร์ 2.2.3 ตรวจสอบความ สมบูรณ์และถูกต้อง ของข้อมูลที่ป้อนเข้า คอมพิวเตอร์	พ.ค. 48-เม.ย. 49 พ.ค. 48-เม.ย. 49 พ.ค. 48-เม.ย. 49	365 วัน 365 วัน 365 วัน	รศ.สุวรรณรัตน์ รศ.สุวรรณรัตน์ รศ.สุวรรณรัตน์

		2.2.4 วิเคราะห์ข้อมูล ด้วยโปรแกรมสถิติ	เม.ย. 49	30 วัน	รศ.สุวรรณี
--	--	---	----------	--------	------------

5. ผลที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละช่วงระยะเวลา (แบ่งเป็นราย 6 เดือน)

กิจกรรม	Outputs
<b>6 เดือนที่ 1</b>	
1. รวบรวมจำนวนผู้ป่วยและเตรียมความพร้อม	1. ได้รายชื่อกลุ่มตัวอย่างที่สมัครใจเข้าร่วมในการศึกษา
2. บันทึกอาการและอาการแสดงทางระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการไอชายหายหลอดลมและความถี่ ความแบบ บันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นรายวัน โดยผู้ปกครองของ เด็กและ/หรือตัวผู้ป่วยพร้อมทั้งบันทึกสมรรถภาพปอด (Peak expiratory flow) วันละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) ด้วย เครื่อง Peak flow meter	2. ได้ข้อมูลเกี่ยวกับอาการ อาการแสดงของระบบทางเดิน หายใจ ลักษณะการไอชายหายหลอดลมและความถี่ รวมทั้งข้อมูลสมรรถภาพปอดของกลุ่มตัวอย่างเป็น รายวัน
3. เก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์หาระดับฝุ่น $PM_{10}$ $PM_{2.5}$ รายวัน ความจุคต่างๆ ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ และลำพูน	3. ได้ข้อมูลระดับฝุ่นรายวันในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ และลำพูน
4. บันทึกข้อมูลรายวันของระดับ $PM_{10}$ และก๊าซมลพิษ	4. ได้ข้อมูลระดับ $PM_{10}$ และก๊าซมลพิษรายวัน
5. บันทึกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความชื้น สัมพัทธ์ ปริมาณฝน เป็นรายวัน จากอุตุนิยมวิทยา จ. เชียงใหม่	5. ได้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาเป็นรายวัน
6. เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลผู้ป่วย และ ต้นทุนค่าเสียโอกาสอื่นๆ จากการเจ็บป่วย เช่น การ สูญเสียรายได้จากการทำงานอันเนื่องมาจากการเจ็บป่วย	6. ได้ข้อมูลการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์
7. จัดสัมมนาเสนอผลการศึกษา	7. ได้ข้อคิดเห็นจากเวทีสัมมนา
<b>6 เดือนที่ 2</b>	
8. บันทึกอาการและอาการแสดงทางระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการไอชายหายหลอดลมและความถี่ ความแบบ บันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นรายวัน โดยผู้ปกครองของ เด็กและ/หรือตัวผู้ป่วยพร้อมทั้งบันทึกสมรรถภาพปอด (Peak expiratory flow) วันละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) ด้วย เครื่อง Peak flow meter (ต่อ)	8. ได้ข้อมูลเกี่ยวกับอาการ อาการแสดงของระบบทางเดิน หายใจ ลักษณะการไอชายหายหลอดลมและความถี่ รวมทั้งข้อมูลสมรรถภาพปอดของกลุ่มตัวอย่างเป็น รายวัน
9. เก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์หาระดับฝุ่น $PM_{10}$ $PM_{2.5}$ รายวัน ความจุคต่างๆ ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ และลำพูน (ต่อ)	9. ได้ข้อมูลระดับฝุ่นรายวันในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ และลำพูน

<p>10. บันทึกข้อมูลรายวันของระดับ <math>PM_{10}</math> และก๊าซมลพิษ (ต่อ)</p> <p>11. บันทึกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน เป็นรายวัน จากอุตุนิยมวิทยา จ. เชียงใหม่ (ต่อ)</p> <p>12. เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลผู้ป่วย และต้นทุนค่าเสียโอกาสอื่นๆ จากการเจ็บป่วย เช่น การสูญเสียรายได้จากการทำงานอันเนื่องมาจากการเจ็บป่วย (ต่อ)</p> <p>13. จัดสัมมนาเสนอผลการศึกษา</p>	<p>10. ได้ข้อมูลระดับ <math>PM_{10}</math> และก๊าซมลพิษรายวัน</p> <p>11. ได้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาเป็นรายวัน</p> <p>12. ได้ข้อมูลการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์</p> <p>13. ได้ข้อคิดเห็นจากเวทีสัมมนา</p>
<p><b>6 เดือนที่ 3</b></p>	
<p>14. บันทึกอาการและอาการแสดงทางระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการใช้หายใจหอบเหนื่อยและความถี่ ตามแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นรายวัน โดยผู้ปกครองของเด็กและ/หรือผู้ป่วยพร้อมทั้งบันทึกสมรรถภาพปอด (Peak expiratory flow) วันละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) ด้วยเครื่อง Peak flow meter (ต่อ)</p> <p>15. เก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์หาระดับฝุ่น <math>PM_{10}</math> <math>PM_{2.5}</math> รายวัน ตามจุดต่างๆ ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ และลำพูน (ต่อ)</p> <p>16. บันทึกข้อมูลรายวันของระดับ <math>PM_{10}</math> และก๊าซมลพิษ (ต่อ)</p> <p>17. บันทึกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน เป็นรายวัน จากอุตุนิยมวิทยา จ. เชียงใหม่ (ต่อ)</p> <p>18. เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลผู้ป่วย และต้นทุนค่าเสียโอกาสอื่นๆ จากการเจ็บป่วย เช่น การสูญเสียรายได้จากการทำงานอันเนื่องมาจากการเจ็บป่วย (ต่อ)</p> <p>19. ตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล</p> <p>20. จัดทำรายงาน</p> <p>21. จัดสัมมนาเสนอผลการศึกษา</p>	<p>14. ได้ข้อมูลเกี่ยวกับอาการ อาการแสดงของระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการใช้หายใจหอบเหนื่อยและความถี่ รวมทั้งข้อมูลสมรรถภาพปอดของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายวัน</p> <p>15. ได้ข้อมูลระดับฝุ่นรายวันในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ และลำพูน</p> <p>16. ได้ข้อมูลระดับ <math>PM_{10}</math> และก๊าซมลพิษรายวัน</p> <p>17. ได้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาเป็นรายวัน</p> <p>18. ได้ข้อมูลการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์</p> <p>19. ได้ข้อมูลที่วิเคราะห์ทางสถิติและผลการศึกษา</p> <p>20. ได้รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์</p> <p>21. ได้ข้อคิดเห็นจากเวทีสัมมนา</p>

## 6. แนวทาง/ขั้นตอนการดำเนินงาน

การศึกษานี้จะใช้วิธีการศึกษาแบบ Panel study ในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด ซึ่งอาศัยอยู่ในเขตอำเภอเมืองและปริมณฑล จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 152 คน และอำเภอเมืองและปริมณฑล จังหวัดลำพูน จำนวน 56 คน โดยมีระยะเวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 1 ปี และมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

- 6.1 รวบรวมผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดที่ขึ้นทะเบียนการรักษาไว้กับหน่วยโรคภูมิแพ้ ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ หน่วยโรคปอด ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และโรงพยาบาลลำพูน โดยมีถิ่นพำนักอยู่ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่และปริมณฑล จำนวน 152 คน และอำเภอเมืองลำพูนและปริมณฑล จำนวน 56 คน ทั้งนี้ในการศึกษารั้งนี้ใช้ผู้ป่วยทั้งหมดที่ขึ้นทะเบียนรักษาไว้กับแพทย์ในคณะผู้วิจัย เนื่องจากเป็นการศึกษารั้งแรกในประเทศไทยจึงไม่สามารถคำนวณตัวอย่างที่เหมาะสมได้ เกณฑ์ในการคัดเลือกคือ ผู้ป่วยทุกรายที่มีอายุมากกว่า 8 ปี โดยไม่จำกัดเพศและยินดีเข้าร่วมในการศึกษา
- 6.2 บันทึกอาการและอาการแสดงทางระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการใช้ยาขยายหลอดลมและความถี่ ตามแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นรายวัน โดยผู้ปกครองของเด็กและ/หรือตัวผู้ป่วย พร้อมทั้งบันทึกสมรรถภาพปอด (Peak expiratory flow) วันละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) ด้วยเครื่อง Peak flow meter ชนิด Mini-Wright
- 6.3 เก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์หาระดับฝุ่นรายวัน ตามจุดต่างๆ จำนวน 3 จุดในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ และ 1 จุดในอำเภอเมืองลำพูน ซึ่งจะกำหนดจุดติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศตามความหนาแน่นของผู้ป่วยที่เข้ามาในการศึกษาโดยมีรายละเอียดดังนี้
  - 5.3.1 การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อหาปริมาณ  $PM_{10}$  โดยใช้เครื่อง High volume air sampler ปริมาณฝุ่นที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง โดยประสานข้อมูลกับทีมวิจัยนำโดย รศ.ดร.ขจรศักดิ์ โสภจรรย์และคณะ ซึ่งจะทำการเก็บฝุ่น  $PM_{10}$  และรศ.ดร.อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ ซึ่งจะทำการเก็บฝุ่น  $PM_{2.5}$
- 6.4 บันทึกข้อมูลรายวันของระดับ  $PM_{2.5}$  และ  $PM_{10}$  และก๊าซมลพิษอื่นๆ ได้แก่  $CO$   $O_3$   $NO_2$   $SO_2$  ที่ตรวจวัดโดยกรมควบคุมมลพิษเป็นรายวัน โดยมีสถานีตรวจวัด 2 สถานี คือ ที่โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย และที่ศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่ แต่ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลเฉพาะสถานีที่โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย เนื่องจากเป็นบริเวณที่อยู่ในเขตเมือง
- 6.5 บันทึกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความกดอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน แสงแดดเป็นรายวัน โดยประสานข้อมูลจากทีม รศ.ดร.ขจรศักดิ์ โสภจรรย์ ซึ่งขอข้อมูลจากศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน
- 6.6 ข้อมูลที่ได้จากข้อ 5.2-5.5 จะนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) และ Generalized Estimating Equation (GEE) (โดยรศ.นพ.พงศ์เทพ)

6.7 ประเมินค่าความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเป็นโรคหอบหืด โดยเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลผู้ป่วย และต้นทุนค่าเสียโอกาสอื่นๆ จากการเจ็บป่วย เช่นการสูญเสียรายได้จากการทำงานอันเนื่องมาจากการเจ็บป่วย จากข้อมูลค่ารักษาพยาบาลจากคณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ และจากการสัมภาษณ์ (โดยรศ.สุวรรณี)

7. ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อการดำเนินงานเสร็จสิ้น

7.1 ทราบความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นและผลกระทบทางสุขภาพ ของผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด (dose-response relationship) ซึ่งจะเป็ข้อมูลที่สำคัญในการหาค่ามาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับคนไทยต่อไป

7.2 ทราบผลกระทบทางเศรษฐกิจอันเนื่องมาจากการเจ็บป่วยด้วยโรคหอบหืด เพื่อสามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผน นโยบายสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของชุมชนต่อไปในอนาคต

8. กระบวนการผลักดันผลงานดังกล่าวออกสู่การใช้ประโยชน์

ในการศึกษาครั้งนี้หากพบความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวันและอาการ อาการแสดงรวมทั้งสมรรถภาพปอดของผู้ป่วยโรคหอบหืดจะเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับผู้กำหนดนโยบายในการจัดการคุณภาพอากาศที่เหมาะสมต่อไป รวมทั้งจะมีการรณรงค์ให้ภาคประชาชนมีความตระหนักและมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาดังกล่าวในรูปของการจัดสัมมนาและสื่อเอกสารแผ่นพับ รวมทั้งจะมีการร่วมมือกับหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนในการรณรงค์ แก้ไข และจัดการปัญหาคุณภาพอากาศของเมืองเชียงใหม่ต่อไป

## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรม

#### 1. ผลกระทบต่อสุขภาพระยะสั้นที่มีต่อสมรรถภาพปอดและระบบทางเดินหายใจ

ในเอกสารการทบทวนผลของอนุภาคฝุ่นที่มีต่อสุขภาพชื่อว่า Air Quality Criteria for Particulate Matter ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency)<sup>11</sup> ได้สรุปว่า รายงานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าทุกๆ  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ของอนุภาคฝุ่นที่เล็กกว่า  $10 \mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) ที่เพิ่มขึ้นทำให้ Peak expiratory flow rate (PEF) ลดลง 2 ถึง 5 ลิตร/นาที นอกจากนี้ยังทำให้เกิดอาการแบบเฉียบพลันที่พบบ่อยๆ เพิ่มขึ้น 3 ชนิดคือ อาการของทางเดินหายใจส่วนบน ทางเดินหายใจส่วนล่าง และไอ โดยพบว่าค่า odds ratio เป็นบวกและมากกว่าครึ่งของงานวิจัยทั้งหมดให้ค่า 95% Confidence interval (CI) ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ (หมายความว่าค่า Lower bound มากกว่า 1) สภาพการไอเรื้อรัง และหลอดลมอักเสบยังพบว่ามีความสัมพันธ์กับอนุภาคฝุ่น

ในการศึกษาที่ทำในผู้ป่วยโรคหอบหืด Lebowitz et al.<sup>12</sup> รายงานว่าพบความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสอนุภาคฝุ่นรวม (Total suspended particle) กับการไอแบบมีเสมหะในงานที่ศึกษาในผู้ป่วยหอบหืดจำนวน 22 คน แต่ไม่สัมพันธ์กับค่า Peak flow หรืออาการหายใจเสียงหวีด การศึกษาของ Pope et al.<sup>13</sup> ที่ศึกษาอาการของระบบทางเดินหายใจในผู้ป่วยหอบหืด 2 กลุ่ม พบว่ากลุ่มแรกซึ่งเป็นเด็กนักเรียนจำนวน 34 คนให้ค่า Odds ratio ของอาการระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง 1.28 (95% CI คือ 1.06–1.56) และอีกกลุ่มหนึ่งจำนวน 21 คน อายุ 8 ถึง 72 ปีที่สัมผัส PM<sub>10</sub> ให้ค่า Odds ratio ของอาการระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง 1.01 (95% CI คือ 0.81–1.27) การศึกษาของ Ostro et al.<sup>14</sup> รายงานว่าไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัส PM<sub>2.5</sub> ของกลุ่มผู้ป่วยหอบหืดจำนวน 207 คนในเมือง Denver แต่ในกลุ่มผู้ป่วยหอบหืดเด็กอายุ 7 ถึง 12 ปี จำนวน 83 คนในเมืองลอสแอนเจลิส พบความสัมพันธ์ระหว่างการหายใจเร็วกับการสัมผัสโอโซนและ PM<sub>10</sub> แต่ไม่สามารถแยกผลกระทบของสารสองชนิดนี้ออกจากกันได้

ในงานวิจัยใหม่ๆ ที่ศึกษาผลกระทบของอนุภาคฝุ่นต่อสมรรถภาพปอดและอาการระบบทางเดินหายใจ ส่วนใหญ่จะเป็นการติดตามกลุ่มตัวอย่างไปช่วงเวลาหนึ่งและทำการประเมินสมรรถภาพปอดและอาการระบบทางเดินหายใจเป็นรายวันสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของ PM<sub>10</sub>, PM<sub>10-2.5</sub> และ/หรือ PM<sub>2.5</sub> การวัดสมรรถภาพปอดส่วนมากวัดเป็นรายวันด้วยค่าต่างๆ ได้แก่ Forced expiratory volume (FEV), Forced vital capacity (FVC) และ Peak expiratory flow rate (PEF) ซึ่งวัดทั้งเช้าและบ่าย อาการทางระบบทางเดินหายใจที่วัด ได้แก่ ไอ มีเสมหะ หายใจลำบาก หายใจเสียงหวีด และการใช้ยาขยายหลอดลม

## 2. ผลกระทบต่อสุขภาพระยะสั้นที่มีต่อสมรรถภาพปอดและระบบทางเดินหายใจในผู้ป่วยหอบหืด<sup>15</sup>

การศึกษาของ Ostro et al.<sup>16</sup> ที่ติดตามเด็กออฟริกัน-อเมริกัน อายุ 7-12 ปี จำนวน 87 คน ที่ยืนยันว่าเป็นโรคหอบหืดมาแล้วไม่น้อยกว่า 6 สัปดาห์ แต่อยู่ตลอคการศึกษาเพียง 83 คน ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ใจกลางเมืองลอสแอนเจลิสและก่อนมาทางใต้ การวิเคราะห์ใช้รายงานรายวันของอาการระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ ไอ หายใจขัดและหายใจมีเสียงหวีดเป็นตัวแปรตาม และระดับของสารมลพิษ ได้แก่ TSP ซัลเฟต ไนเตรท ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และ  $PM_{10}$  เป็นตัวแปรอิสระ ผลการศึกษาพบว่า  $PM_{10}$  ที่ได้จาก 3 เมืองในนครลอสแอนเจลิสมีค่าเฉลี่ย  $56 \mu g/m^3$  (ช่วง 19 ถึง  $101 \mu g/m^3$ ) จากการวิเคราะห์ด้วย General logistic regression with generalized estimating equation (GEE) พบว่าการหายใจขัดมีความสัมพันธ์กับระดับ  $PM_{10}$  และโอโซนอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถประมาณได้ว่า ทุกๆ  $10 \mu g/m^3$  ของ  $PM_{10}$  ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้มีอาการเพิ่มขึ้น 9% สำหรับอาการอื่นๆ ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาของ Peters et al.<sup>17</sup> ที่ติดตามเด็กหอบหืด อายุ 6-14 ปี จำนวน 89 คนในเมืองโซโคลอฟ สาธารณรัฐเชค โดยกลุ่มตัวอย่างมีการบันทึกค่า Peak flow ทุกวันเป็นเวลา 7 เดือนในระหว่างฤดูหนาวปี ค.ศ. 1991-92 ร่วมกับการวัดคุณภาพอากาศได้แก่  $PM_{10}$  ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ TSP ซัลเฟต และอนุภาคที่มีความเป็นกรดสูง พบว่าค่าเฉลี่ยของ  $PM_{10}$  คือ  $55 \mu g/m^3$  สูงสุด  $171 \mu g/m^3$  ผลการวิเคราะห์โดยสถิติ Linear regression สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลสมรรถภาพปอด และ Logistic regression สำหรับผลลัพธ์ที่มี 2 ทางเลือก พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างระดับอนุภาคฝุ่นกับสมรรถภาพปอดหรืออาการทางระบบทางเดินหายใจ

ในการศึกษาของ Peters et al.<sup>18</sup> ในเวลาต่อมา โดยทำการเปรียบเทียบเด็กที่มีอาการหอบหืดรุนแรงน้อยที่ต้องรับประทานยา  $\beta$ -agonist (31 คน) และไม่ต้องรับประทานยา (51 คน) ระหว่างฤดูหนาวปี ค.ศ. 1991-92 ในเมืองโซโคลอฟ สาธารณรัฐเชค พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่าง PEF กับค่าเฉลี่ย 5 วันของซัลเฟต (ช่วง Interquartile คือ  $56 \mu g/m^3$ ) และความสัมพันธ์ดังกล่าวพบเด่นชัดในกลุ่มที่ต้องรับประทานยา (-5.62 ค่า CI คือ -9.93 ถึง -1.30 ลิตร/นาที) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ต้องรับประทานยา (-1.35 ค่า CI คือ -3.69 ถึง -0.99 ลิตร/นาที)

โดยสรุปการศึกษาส่วนใหญ่ชี้ให้เห็นว่าค่า Peak flow มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยสำหรับการสัมผัส  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  ดังแสดงในการศึกษาของ Gielen et al.<sup>19</sup>, Peters et al.<sup>17</sup>, Romieu et al.<sup>20</sup> และ Pekkanen et al.<sup>21</sup> ดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับ  $PM_{10}$  พบว่าค่า PEF เข้าที่เหลี่ยม 1 วันลดลง แต่ส่วนใหญ่ของงานวิจัยไม่พบนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งพบผลในแนวเดียวกันสำหรับ  $PM_{2.5}$  ในการศึกษาของ Pekkanen et al.<sup>21</sup> และ Romieu et al.<sup>20</sup> แต่การศึกษาของ Peters et al.<sup>22</sup> พบผลกระทบของ  $PM_{2.5}$  มีมากกว่าเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยภาพรวมแล้ว  $PM_{10}$  และ  $PM_{2.5}$  มีผลต่อสมรรถภาพปอดในผู้ป่วยหอบหืด แต่ยังไม่มีความชัดเจนว่าอนุภาคฝุ่นละเอียดจะมีผลกระทบมากกว่าฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า

ตารางที่ 1 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาการทดสอบสมรรถภาพปอดที่เปลี่ยนไปในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM<sub>10</sub> 50 µg/m<sup>3</sup>

งานวิจัยอ้างอิง, ตำแหน่ง	ผลลัพธ์ที่วัด	ระดับอนุภาคฝุ่นเฉลี่ย (ช่วง) µg/m <sup>3</sup>	สารมลพิษรวม	จำนวนวันที่เหลือ	ผลที่วัดที่ได้รับมาตรฐานที่ 50 µg/m <sup>3</sup> ของ PM <sub>10</sub>
Pekkanen et al. <sup>21</sup>	PEFR เข้า	14 (10, 23)	NO <sub>2</sub>	0 วัน	-2.71 (-6.57, 1.15)
Gielen et al. <sup>19</sup>	PEFR เข้า	30.5 (16, 60)	Ozone	1 วัน	1.39 (-0.57, 3.35)
Romieu et al. <sup>23</sup>	PEFR เข้า	166.8 (29, 363)	Ozone	1 วัน	-4.70 (-7.65, -1.70)
Romieu et al. <sup>20</sup>	PEFR เข้า	(12, 126)	Ozone	1 วัน	-0.65 (-5.32, 3.97)
Peters et al. <sup>24</sup>	PEFR เข้า	47 (29, 73)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	1 วัน	-0.84 (-1.62, -0.06)
Peters et al. <sup>22</sup>	PEFR เข้า	55 (? , 71)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	1 วัน	-1.30 (-2.36, -0.24)
Gielen et al. <sup>19</sup>	PEFR เข้า	30.5 (16, 60)	Ozone	2 วัน	0.34 (-1.78, 2.46)
Romieu et al. <sup>23</sup>	PEFR เข้า	166.8 (29, 363)	Ozone	2 วัน	-4.90 (-8.40, -1.50)
Romieu et al. <sup>20</sup>	PEFR เข้า	(12, 126)	Ozone	2 วัน	2.47 (-1.75, 6.75)
Gielen et al. <sup>19</sup>	PEFR เย็น	30.5 (16, 60)	Ozone	0 วัน	-0.30 (-2.24, 1.64)
Romieu et al. <sup>23</sup>	PEFR เย็น	166.8 (29, 363)	Ozone	0 วัน	-4.80 (-8.00, -1.70)
Romieu et al. <sup>20</sup>	PEFR เย็น	(12, 126)	Ozone	0 วัน	-1.32 (-6.82, 4.17)
Pekkanen et al. <sup>21</sup>	PEFR เย็น	14 (10, 23)	NO <sub>2</sub>	0 วัน	-0.35 (-4.31, 3.61)
Peters et al. <sup>25</sup>	PEFR เย็น	112	SO <sub>2</sub> , sulfate, PSA	0 วัน	-1.03 (-1.98, -0.08)
Peters et al. <sup>24</sup>	PEFR เย็น	47 (29, 73)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	0 วัน	-0.92 (-1.96, 0.12)
Peters et al. <sup>22</sup>	PEFR เย็น	55 (? , 71)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	0 วัน	-0.37 (-1.82, 1.08)
Timonen & Pekkanen <sup>26</sup> Urban	PEFR เย็น	18 (? , 60)	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	0 วัน	-1.10 (-5.20, 3.00)
Timonen & Pekkanen <sup>26</sup>	PEFR เย็น	13 (? , 37)	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	0 วัน	-1.66 (-8.26, 4.94)
Gielen et al. <sup>19</sup>	PEFR เย็น	30.5 (16, 60)	Ozone	2 วัน	-2.32 (-5.36, 0.72)
Romieu et al. <sup>23</sup>	PEFR เย็น	166.8 (29, 363)	Ozone	2 วัน	-3.65 (-7.20, 0.03)
Romieu et al. <sup>20</sup>	PEFR เย็น	(12, 126)	Ozone	2 วัน	-0.04 (-4.29, 4.21)
Segala et al. <sup>27</sup>	PEFR เข้า	34.2 (9, 95)	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub>	2 วัน	-0.62 (-1.52, 0.28)
Pekkanen et al. <sup>21</sup>	PEFR เย็น	14 (10, 23)	NO <sub>2</sub>	2 วัน	0.14 (-6.97, 7.25)
Peters et al. <sup>22</sup>	PEFR เย็น	55 (? , 71)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	2 วัน	-2.31 (-4.53, -0.10)
Timonen & Pekkanen <sup>26</sup> Urban	PEFR เย็น	18 (? , 60)	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	2 วัน	-1.13 (-4.75, 2.52)
Timonen & Pekkanen <sup>26</sup>	PEFR เย็น	13 (? , 37)	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	2 วัน	0.38 (-6.37, 7.13)
Peters et al. <sup>25</sup>	PEFR เย็น	112	SO <sub>2</sub> , sulfate, PSA	5 วัน	-1.12 (-2.13, -0.10)
Peters et al. <sup>24</sup>	PEFR เย็น	47 (29, 73)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	1-5 วัน	-1.34 (-2.83, 0.15)
Timonen & Pekkanen <sup>26</sup> Urban	PEFR เย็น	18 (? , 60)	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	1-4 วัน	-0.73 (-7.90, 6.44)
Timonen & Pekkanen <sup>26</sup>	PEFR เย็น	13 (? , 37)	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	1-4 วัน	-4.18 (-20.94, 12.58)
Hiltermann et al. <sup>28</sup>	PEFR เฉลี่ยเช้าและเย็น	39.7 (16, 98)	Ozone, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	1 วัน	-0.90 (-3.84, 2.04)

Hiltermann et al. <sup>28</sup>	PEFR เฉลี่ยเช้าและเย็น	39.7 (16, 98)	Ozone, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	2 วัน	-0.50 (-4.22, 3.22)
Hiltermann et al. <sup>28</sup>	PEFR เฉลี่ยเช้าและเย็น	39.7 (16, 98)	Ozone, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	1-7 วัน	-2.20 (-10.43, 6.03)
Vedal et al. <sup>29</sup>	PEFR เฉลี่ยเช้าและเย็น	19.1 (1, 159)	ไม่มี	1-4 วัน	-1.35 (-2.70, -.05)

ตารางที่ 2 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาการทดสอบสมรรถภาพปอดที่เปลี่ยนไปในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM<sub>2.5</sub> 25 µg/m<sup>3</sup>

งานวิจัยอ้างอิง, ตำแหน่ง	ผลลัพธ์ที่วัด	ระดับอนุภาคฝุ่นเฉลี่ย (ช่วง) µg/m <sup>3</sup>	สารมลพิษรวม	จำนวนวันที่เหลือ	ผลที่วัดที่ปรับมาตรฐานที่ 25 µg/m <sup>3</sup> ของ PM <sub>2.5</sub>
Romieu et al. <sup>23</sup>	PEFR เช้า	85.7 (23, 177)	Ozone	1 วัน	-3.65 (-8.25, 1.90)
Peters et al. <sup>22</sup>	PEFR เช้า	50.8 (9, 347)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	1 วัน	-0.71 (-1.30, 0.12)
Romieu et al. <sup>23</sup>	PEFR เช้า	85.7 (23, 177)	Ozone	2 วัน	-3.68 (-9.37, 2.00)
Peters et al. <sup>17</sup>	PEFR เช้า	50.8 (9, 347)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	1-5 วัน	-1.19 (-1.18, 0.57)
Romieu et al. <sup>23</sup>	PEFR เย็น	85.7 (23, 177)	Ozone	0 วัน	-4.27 (-7.12, -0.85)
Peters et al. <sup>22</sup>	PEFR เย็น	50.8 (9, 347)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	0 วัน	-0.75 (-1.66, 0.17)
Romieu et al. <sup>23</sup>	PEFR เย็น	85.7 (23, 177)	Ozone	2 วัน	-2.55 (-7.84, 2.740)
Peters et al. <sup>22</sup>	PEFR เย็น	50.8 (9, 347)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	1-5 วัน	-1.79 (-2.64, -0.95)

สำหรับการศึกษเกี่ยวกับผลกระทบของ PM<sub>10</sub> พบว่ามีแนวโน้มก่อให้เกิดอาการของระบบทางเดินหายใจในผู้ป่วยหอบหืด โดยทำให้มีอาการไอ มีเสมหะ หายใจลำบากและต้องใช้ยาขยายหลอดลมเพิ่มขึ้น แม้ว่าอาการที่เพิ่มขึ้นจะไม่มีนัยสำคัญก็ตาม (ดูตารางที่ 3 ถึงตารางที่ 6) การศึกษาของ Vedal et al.<sup>29</sup> สรุปว่า 1) PM<sub>10</sub> ที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับอาการที่เพิ่มขึ้นของไอ มีเสมหะ และเจ็บคอ และ 2) เด็กที่เป็นหอบหืดมีโอกาสที่จะมีอาการได้มากกว่าเด็กปกติ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Gielen et al.<sup>19</sup> ที่ศึกษาในเด็กที่เป็นหอบหืด พบว่าระดับ PM ค่าๆ ทำให้มีอาการของระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นและต้องใช้ยาขยายหลอดลมมากขึ้น

ตารางที่ 3 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาอาการไอในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM<sub>10</sub> 50 µg/m<sup>3</sup>

งานวิจัยอ้างอิง, ตำแหน่ง	ผลลัพธ์ที่วัด	ระดับอนุภาคฝุ่นเฉลี่ย (ช่วง) µg/m <sup>3</sup>	สารมลพิษรวม	จำนวนวันที่เหลือ	ผลที่วัดที่ปรับมาตรฐานที่ 50 µg/m <sup>3</sup> ของ PM <sub>10</sub>
Vedal et al. <sup>29</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	19.1 (1, 159)	ไม่มี	0 วัน	1.40 (1.04, 1.88)
Gielen et al. <sup>19</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	30.5 (16, 60)	Ozone	0 วัน	2.19 (0.77, 6.20)
Hiltermann et al. <sup>28</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	39.7 (16, 98)	Ozone, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	0 วัน	0.93 (0.83, 1.04)
Peters et al. <sup>22</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	55 (? , 71)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	0 วัน	1.32 (1.16, 1.50)
Peters et al. <sup>17</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	47 (29, 73)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	0 วัน	1.01 (0.97, 1.07)

Romieu et al. <sup>20</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	(12, 126)	Ozone	0 วัน	1.21 (1.10, 1.33)
Romieu et al. <sup>23</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	166.8 (29, 363)	Ozone	0 วัน	1.27 (1.16, 1.42)
Vedal et al. <sup>29</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	19.1 (1, 159)	ไม่มี	2 วัน	1.40 (1.13, 1.73)
Glelen et al. <sup>19</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	30.5 (16, 60)	Ozone	2 วัน	2.19 (0.47, 10.24)
Segala et al. <sup>27</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ ตอนกลางวัน	34.2 (9, 95)	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub>	2 วัน	(values not given because not significant)
Neukirch et al. <sup>30</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ ตอนกลางวัน	34.2 (9, 95)	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub>	3 วัน	(values not given because not significant)
Romieu et al. <sup>23</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	166.8 (29, 363)	Ozone	2 วัน	1.27 (1.07, 1.50)
Romieu et al. <sup>20</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	(12, 126)	Ozone	2 วัน	1.00 (0.92, 1.10)
Ostro et al. <sup>31</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	47 (11, 119) 24 ชั่วโมง	Ozone, NO <sub>2</sub>	3 วัน	1.32 (1.12, 1.55)
Hiltermann et al. <sup>28</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	39.7 (16, 98)	Ozone, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	1-7 วัน	0.94 (0.82, 1.08)
Peters et al. <sup>22</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	55 (? , 71)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	1-5 วัน	1.30 (1.09, 1.55)
Peters et al. <sup>17</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	47 (29, 73)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	1-5 วัน	1.10 (1.04, 1.17)
Ostro et al. <sup>31</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	102 (47, 360) 1 ชั่วโมงสูงสุด	ozone, NO <sub>2</sub>	3 วัน	1.05 (1.02, 1.18)

ตารางที่ 4 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาอาการมีเสมหะในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM<sub>10</sub> 50 µg/m<sup>3</sup>

งานวิจัยอ้างอิง, ตำแหน่ง	ผลลัพธ์ที่วัด	ระดับอนุภาคฝุ่นเฉลี่ย (ช่วง) µg/m <sup>3</sup>	สารมลพิษรวม	จำนวนวันที่เหลือ	ผลที่วัดที่ได้รับมาตรฐานที่ 50 µg/m <sup>3</sup> ของ PM <sub>10</sub>
Vedal et al. <sup>29</sup>	Odds Ratio ของการมีเสมหะ	19.1 (1, 159)	ไม่มี	0 วัน	1.28 (0.86, 1.89)
Peters et al. <sup>17</sup>	Odds Ratio ของการมีเสมหะ	47 (29, 73)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	0 วัน	1.13 (1.04, 1.23)
Romieu et al. <sup>20</sup>	Odds Ratio ของการมีเสมหะ	(12, 126)	Ozone	0 วัน	1.05 (0.83, 1.36)
Romieu et al. <sup>23</sup>	Odds Ratio ของการมีเสมหะ	166.8 (29, 363)	Ozone	0 วัน	1.21 (1.00, 1.48)
Vedal et al. <sup>29</sup>	Odds Ratio ของการมีเสมหะ	19.1 (1, 159)	ไม่มี	2 วัน	1.40 (1.03, 1.90)
Romieu et al. <sup>20</sup>	Odds Ratio ของการมีเสมหะ	(12, 126)	Ozone	2 วัน	1.00 (0.86, 1.16)
Romieu et al. <sup>23</sup>	Odds Ratio ของการมีเสมหะ	166.8 (29, 363)	Ozone	2 วัน	1.16 (0.91, 1.49)
Peters et al. <sup>17</sup>	Odds Ratio ของการมีเสมหะ	47 (29, 73)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	1-5 วัน	1.17 (1.09, 1.27)

ตารางที่ 5 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาอาการของระบบทางเดินหายใจส่วนล่างในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM<sub>10</sub> 50 µg/m<sup>3</sup>

งานวิจัยอ้างอิง, ตำแหน่ง	ผลลัพธ์ที่วัด	ระดับอนุภาคฝุ่นเฉลี่ย (ช่วง) µg/m <sup>3</sup>	สารมลพิษรวม	จำนวนวันที่เหลือ	ผลที่วัดที่ได้รับมาตรฐานที่ 50 µg/m <sup>3</sup> ของ PM <sub>10</sub>
Vedal et al. <sup>29</sup>	ความคิดปกติของทางเดิน	19.1 (1, 159)	ไม่มี	0 วัน	1.10 (0.82, 1.48)

	หายใจส่วนล่าง				
Gielen et al. <sup>19</sup>	ความคิดปกติ ของทางเดิน หายใจส่วนล่าง	30.5 (16, 60)	Ozone	0 วัน	1.26 (0.94, 1.68)
Romieu et al. <sup>20</sup>	ความคิดปกติ ของทางเดิน หายใจส่วนล่าง	(12, 126)	Ozone	0 วัน	1.00 (0.95, 1.05)
Romieu et al. <sup>23</sup>	ความคิดปกติ ของทางเดิน หายใจส่วนล่าง	166.8 (29, 363)	Ozone	0 วัน	1.21 (1.10, 1.42)
Vedal et al. <sup>29</sup>	ความคิดปกติ ของทางเดิน หายใจส่วนล่าง	19.1 (1, 159)	ไม่มี	2 วัน	1.16 (1.00, 1.34)
Gielen et al. <sup>19</sup>	ความคิดปกติ ของทางเดิน หายใจส่วนล่าง	30.5 (16, 60)	Ozone	2 วัน	1.05 (0.74, 1.48)
Segala et al. <sup>27</sup>	ความคิดปกติ ของทางเดิน หายใจส่วนล่าง	34.2 (9, 95)	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub>	2 วัน	1.66 (0.84, 3.30)
Romieu et al. <sup>20</sup>	ความคิดปกติ ของทางเดิน หายใจส่วนล่าง	(12, 126)	Ozone	2 วัน	1.00 (0.93, 1.08)
Romieu et al. <sup>23</sup>	ความคิดปกติ ของทางเดิน หายใจส่วนล่าง	166.8 (29, 363)	Ozone	2 วัน	1.10 (0.98, 1.24)
Delfino et al. <sup>32</sup>	ความคิดปกติ ของทางเดิน หายใจส่วนล่าง	24 h 26 (6, 51)	Ozone	0 วัน	1.47 (0.90 – 2.39)
		8-h 43 (23–73)	Ozone	0 วัน	2.17 (1.33 – 3.58)
		1-h 57 (30–108)	Ozone	0 วัน	1.78 (1.25 – 2.53)

ตารางที่ 6 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาการใช้จ่ายยาหลอดลมในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM<sub>10</sub> 50 µg/m<sup>3</sup>

งานวิจัยอ้างอิง, ตำแหน่ง	ผลลัพธ์ที่วัด	ระดับอนุภาคฝุ่น เฉลี่ย (ช่วง) µg/m <sup>3</sup>	สารมลพิษรวม	จำนวนวัน ที่เหลื่อม	ผลที่วัดที่ได้รับ มาตรฐานที่ 50 µg/m <sup>3</sup> ของ PM <sub>10</sub>
Gielen et al. <sup>19</sup>	Odds Ratio ของการใช้ยา ขยายหลอดลม	30.5 (16, 60)	Ozone	0 วัน	0.94 (0.59, 1.50)
Hiltermann et al. <sup>28</sup>	Odds Ratio ของการใช้ยา ขยายหลอดลม	39.7 (16, 98)	Ozone, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	0 วัน	1.03 (0.93, 1.15)
Peters et al. <sup>17</sup>	Odds Ratio ของการใช้ยา ขยายหลอดลม	47 (29, 73)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	0 วัน	1.06 (0.88, 1.27)
Gielen et al. <sup>19</sup>	Odds Ratio ของการใช้ยา ขยายหลอดลม	30.5 (16, 60)	Ozone	2 วัน	2.90 (1.81, 4.66)
Hiltermann et al. <sup>28</sup>	Odds Ratio ของการใช้ยา ขยายหลอดลม	39.7 (16, 98)	Ozone, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	1–7 วัน	1.12 (1.00, 1.25)
Peters et al. <sup>17</sup>	Odds Ratio ของการใช้ยา ขยายหลอดลม	47 (29, 73)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	1–5 วัน	1.23 (0.96, 1.58)

การศึกษานี้ของ Delfino et al.<sup>32</sup> ซึ่งใช้คะแนนอาการหอบหืดในการประเมินผลกระทบจากการได้รับสารมลพิษแบบเฉียบพลัน พบว่าความเข้มข้นสูงสุดของ PM<sub>10</sub> ที่ 1 และ 8 ชั่วโมง มีผลกระทบ

มากกว่าที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง การวิเคราะห์ยังแสดงให้เห็นว่าผลของโอโซนและ PM<sub>10</sub> เป็นอิสระจากกัน ต่อมา Delfino et al. ยังศึกษาในเด็กที่เป็นหอบหืดจำนวน 22 คน อายุ 9–19 ปีในเดือนมีนาคมและเมษายน 1996 พบว่าอาการที่รบกวนต่อกิจกรรมปกติประจำวันมีความสัมพันธ์กับ PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, และ O<sub>3</sub> โดย PM<sub>10</sub> และ NO<sub>2</sub> ให้ผลที่เสริมกัน

Romieu et al.<sup>20</sup> พบว่าเด็กที่มีอาการหอบหืดน้อยได้รับผลกระทบจาก PM ในบรรยากาศที่มีระดับสูง (ค่าเฉลี่ย 166.8 µg/m<sup>3</sup>) มากกว่าการศึกษาของ Romieu et al.<sup>23</sup> ที่ศึกษาในบริเวณใกล้เคียงแต่มีระดับ PM<sub>10</sub> ต่ำกว่า (ค่าเฉลี่ยคือ 54.2 µg/m<sup>3</sup>) Yu et al.<sup>33</sup> ได้ประมาณค่า Odds ratio ของอาการหอบหืดทุกๆ การเพิ่มขึ้น 10 µg/m<sup>3</sup> ของ PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> คือ 1.18(1.05, 1.33) และ 1.09(1.01, 1.18) และเมื่อพิจารณาพร้อมกับ CO และ SO<sub>2</sub> ได้ค่า Odds ratio ของ PM<sub>10</sub> เป็น 1.06(0.95, 1.19) และของ PM<sub>2.5</sub> เป็น 1.11(0.98, 1.26) การศึกษาของ Ostro et al.<sup>31</sup> ในกลุ่มเด็กเชื้อสายอาฟริกัน-อเมริกัน โดยใช้แบบจำลอง GEE กับ PM<sub>10</sub> ค่าต่างๆ (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และ ค่าสูงสุด 1 ชั่วโมง) และค่า PM<sub>2.5</sub> พบว่ามีความสัมพันธ์กับอาการหายใจลำบาก หายใจเสียงหวีด และไอ

การศึกษาของ Desqueyroux et al.<sup>34</sup> ซึ่งศึกษาในผู้ใหญ่ที่เป็นโรคหอบหืดรุนแรง 60 คน ระหว่าง พฤศจิกายน 1995 ถึง พฤศจิกายน 1996 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Generalized estimating equations adjusting for autocorrelation ที่มีตัวแปรต้นได้แก่ เวลา อุณหภูมิอากาศ และสารชีวภาพที่อยู่ในอากาศ พบความสัมพันธ์ระหว่าง PM<sub>10</sub> และ O<sub>3</sub> กับอุบัติการณ์ของอาการหอบหืดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า Odds ratio ทุกๆ การเพิ่มขึ้น 10 µg/m<sup>3</sup> ของ PM<sub>10</sub> คือ 1.41 (CI คือ 1.16, 1.71) แต่ระดับ PM<sub>10</sub> ไม่สัมพันธ์กับอุบัติการณ์ของอาการหอบหืดเมื่อใช้วันเหลือมที่ 1 หรือ 2 วัน แต่สัมพันธ์กับวันเหลือมที่ 3, 4 และ 5 วันอย่างมีนัยสำคัญ และ PM<sub>10</sub> ยังคงมีนัยสำคัญเมื่อได้ปรับค่าโดยพิจารณาสารมลพิษอื่นๆ ร่วมแล้ว ได้แก่ O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> และ NO<sub>2</sub>

การศึกษาของ Just et al.<sup>35</sup> ซึ่งศึกษาในเด็กหอบหืดจำนวน 83 คน เป็นเวลา 3 เดือน ระหว่างฤดูใบไม้ผลิต่อฤดูร้อนในกรุงปารีส โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Generalized estimating equations adjusting for autocorrelation ผลการศึกษาไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง PM<sub>10</sub> และสมรรถภาพปอดหรืออาการทางระบบทางเดินหายใจ สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของ PM<sub>2.5</sub> ได้รวบรวมแสดงในตารางที่ 7 ทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าระดับ PM<sub>2.5</sub> มีความสัมพันธ์กับอาการไอ มีเสมหะ หรืออาการทางระบบทางเดินหายใจส่วนล่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 7 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาอาการของระบบทางเดินหายใจในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM<sub>2.5</sub> 25 µg/m<sup>3</sup>

งานวิจัยอ้างอิง, ตำแหน่ง	ผลลัพธ์ที่วัด	ระดับอนุภาคฝุ่นเฉลี่ย (ช่วง) µg/m <sup>3</sup>	สารมลพิษร่วม	จำนวนวันที่เหลือม	ผลที่วัดที่ได้รับมาตรฐานที่ 25 µg/m <sup>3</sup> ของ PM <sub>2.5</sub>
Peters et al. <sup>17</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	50.8 (9, 347)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	0 วัน	1.22 (1.08, 1.38)

Romieu et al. <sup>23</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	85.7 (23, 177)	Ozone	0 วัน	1.27 (1.08, 1.42)
Tiittanen et al. <sup>36</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	15 (3, 55)	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, ozone	0 วัน	1.04 (0.86, 1.20)
Romieu et al. <sup>23</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	85.7 (23, 177)	Ozone	2 วัน	1.16 (0.98, 1.33)
Tiittanen et al. <sup>36</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	15 (3, 55)	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, ozone	2 วัน	1.24 (1.02, 1.51)
Ostro et al. <sup>31</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	40.8 (4, 208)	Ozone, NO <sub>2</sub>	3 วัน	1.02 (0.98, 1.06)
Peters et al. <sup>17</sup>	Odds Ratio ของอาการไอ	50.8 (9, 347)	SO <sub>2</sub> , sulfate, H <sup>+</sup>	1-5 วัน	1.02 (0.90, 1.17)
Romieu et al. <sup>23</sup>	Odds Ratio ของการมีเสมหะ	85.7 (23, 177)	Ozone	0 วัน	1.21 (0.98, 1.48)
Romieu et al. <sup>23</sup>	Odds Ratio ของการมีเสมหะ	85.7 (23, 177)	Ozone	2 วัน	1.16 (0.99, 1.39)
Romieu et al. <sup>23</sup>	Odds Ratio ของความ ผิดปกติของ ทางเดินหายใจ ส่วนล่าง	85.7 (23, 177)	Ozone	0 วัน	1.21 (1.05, 1.42)
Romieu et al. <sup>23</sup>	Odds Ratio ของความ ผิดปกติของ ทางเดินหายใจ ส่วนล่าง	85.7 (23, 177)	Ozone	2 วัน	1.16 (1.05, 1.42)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ใช้วิธีการศึกษาแบบ Panel study ในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสารก่อมลพิษแต่ละชนิดกับค่าความจุปอด (Peak expiratory flow) อาการและอาการแสดงและประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการเป็นโรคหอบหืด

#### 1. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด ซึ่งอาศัยอยู่ในเขตอำเภอเมืองและปริมณฑล จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 152 คน และอำเภอเมืองและปริมณฑล จังหวัดลำพูน จำนวน 56 คน โดยมีระยะเวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 1 ปี

#### 2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษากครั้งนี้แบ่งเป็น เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกคุณภาพอากาศรายวัน ได้แก่ ระดับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ), ระดับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ( $PM_{2.5}$ ), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), โอโซน ( $O_3$ ), ไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $NO_2$ ), และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) และเครื่องมือบันทึกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความกดอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน แสงแดดเป็นรายวัน อนึ่ง ข้อมูลคุณภาพอากาศรายวันในจังหวัดลำพูนมีเฉพาะข้อมูลระดับ  $PM_{2.5}$  และ  $PM_{10}$  ซึ่งเก็บโดยรศ.ดร.อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณและคณะ เนื่องจากจังหวัดลำพูนยังไม่มีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ

เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ สมุดบันทึกข้อมูล (ดูภาคผนวก ก.) ประกอบด้วย

1. ข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ ชื่อ อายุ วันเดือนปีเกิด อาชีพ ปีที่เริ่มเป็นหอบหืด ความรุนแรงของโรคหอบหืด (ประเมินโดยแพทย์ผู้รักษา) ยาและขนาดยาที่ใช้ในแต่ละวันเพื่อป้องกันและบรรเทาอาการหอบหืด ส่วนสูง น้ำหนัก อัตราลมหายใจออกที่แรงที่สุดที่เคยเป่าได้

2. ข้อมูลความจุปอดและอาการหอบหืด ได้แก่ ค่า Peak flow เข้าและเย็นของแต่ละวัน จำนวนครั้งที่ใช้ยาขยายหลอดลมแต่ละวัน การต้องไปที่โรงพยาบาลหรือห้องฉุกเฉินในแต่ละวัน และอาการหอบหืดในตอนกลางวันและกลางคืนในแต่ละวัน โดยแบ่งเป็น 4 ระดับคือ

0 = ไม่มีอาการ

1 = มีอาการ แต่ไม่รบกวนกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ

2 = มีอาการรบกวนกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ

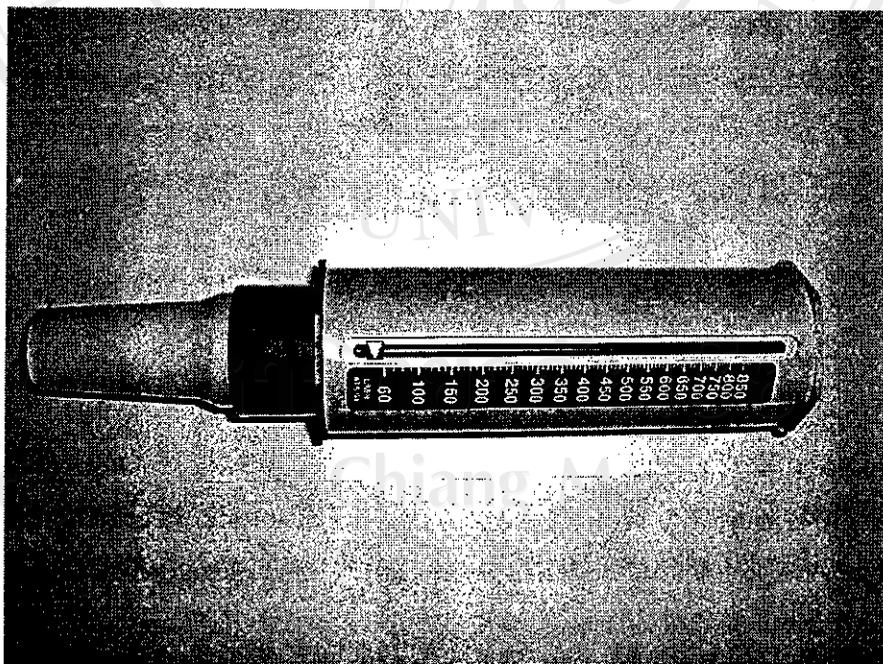
3 = มีอาการรุนแรงจนไม่สามารถทำกิจกรรมประจำวันได้

### 3. ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

8. รวบรวมผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดที่ขึ้นทะเบียนการรักษาไว้กับหน่วยโรคภูมิแพ้ ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ หน่วยโรคปอด ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และโรงพยาบาลลำพูน โดยมีถิ่นพำนักอยู่ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่และปริมณฑล จำนวน 152 คน และอำเภอเมืองลำพูนและปริมณฑล จำนวน 56 คน ทั้งนี้ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ผู้ป่วยทั้งหมดที่ขึ้นทะเบียนรักษาไว้กับแพทย์ในคณะผู้วิจัย เนื่องจากเป็นการศึกษาครั้งแรกในประเทศไทยจึงไม่สามารถคำนวณตัวอย่างที่เหมาะสมได้ เกณฑ์ในการคัดเลือกคือ ผู้ป่วยทุกรายที่มีอายุมากกว่า 8 ปี โดยไม่จำกัดเพศและยินดีเข้าร่วมในการศึกษา
9. บันทึกอาการและอาการแสดงทางระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการใช้ยาขยายหลอดลมและความถี่ ตามแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นรายวัน โดยผู้ปกครองของเด็กและ/หรือตัวผู้ป่วย พร้อมทั้งบันทึกสมรรถภาพปอด (Peak expiratory flow) วันละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) ด้วยเครื่อง Peak flow meter ชนิด Mini-Wright (ดูรูปที่ 1)

รูปที่ 1 แสดง Peak flow meter ชนิด Mini-Wright



10. เก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์หาระดับฝุ่นรายวัน (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) โดยรศ.ดร.อุษณีย์ วินิจเขตคำนวนและคณะ ตามจุดต่างๆ จำนวน 3 จุดในจังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ อำเภอแมริม, ตำบลยางหนึ่ง อำเภอสารภี และตลาดวโรรส และ 2 จุดในอำเภอเมืองลำพูน ได้แก่ อบต.บ้านกลางและวัดไก่อ่แก้ว
11. บันทึกข้อมูลรายวันของระดับ  $PM_{2.5}$  และ  $PM_{10}$  และก๊าซมลพิษอื่นๆ ได้แก่  $CO$   $O_3$   $NO_2$   $SO_2$  ที่ตรวจวัดโดยกรมควบคุมมลพิษเป็นรายวัน (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) โดยมีสถานีตรวจวัด 2 สถานี คือ ที่โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย และที่ศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่ แต่ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลเฉพาะสถานีที่โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย เนื่องจากเป็นบริเวณที่อยู่ในเขตเมือง
12. บันทึกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความกดอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน แสงแดดเป็นรายวัน โดยประสานข้อมูลจากทีม รศ.ดร.ขจรศักดิ์ โสภาจารีย์ ซึ่งขอข้อมูลจากศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน
13. ข้อมูลที่ได้จากข้อ 3.2-3.5 นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) (สำหรับค่า Peak flow รายวัน) และ Generalized Estimating Equation (GEE) (สำหรับอาการหอบหืดในแต่ละวัน) ในการวิเคราะห์ด้วย Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) ได้กำหนดให้ค่า Peak expiratory flow มี Covariance structure เป็น ARIMA (1, 1) เนื่องจาก Autocorrelation coefficient และ Partial autocorrelation coefficient ของ Peak Flow เฉลี่ยรายวันของผู้ป่วยหอบหืดในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนที่ lag ต่างๆ กัน (ดูรูปที่ 22 ถึงรูปที่ 25 ตามลำดับ) มีรูปแบบที่คล้ายกัน กล่าวคือเป็นแบบ exponential decay ทั้ง Autocorrelation coefficient และ Partial autocorrelation coefficient ดังนั้น model ที่เหมาะสมคือ One autoregressive (p) และ one moving average (q) parameter<sup>37,38</sup>
14. ประเมินค่าความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเป็นโรคหอบหืด โดยเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลผู้ป่วย และต้นทุนค่าเสียโอกาสอื่นๆ จากการเจ็บป่วย เช่นการสูญเสียรายได้จากการทำงานอื่นเนื่องมาจากการเจ็บป่วย จากข้อมูลค่ารักษาพยาบาลจากคณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ และจากการสัมภาษณ์

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

#### 1. ข้อมูลทั่วไป

การสำรวจครั้งนี้ได้จำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 208 คน จากเชียงใหม่จำนวน 152 คน เป็นชาย 71 คน (ร้อยละ 46.7) หญิง 81 คน (ร้อยละ 53.3) จากลำพูนจำนวน 56 คน เป็นชาย 19 คน (ร้อยละ 33.9) หญิง 37 คน (ร้อยละ 66.1) ส่วนมากมีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 95 คน คิดเป็นร้อยละ 62.5 และอยู่ในอำเภอเมืองจังหวัดลำพูน จำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ส่วนใหญ่เป็นนักเรียน/นักศึกษาเชียงใหม่ จำนวน 52 คน คิดเป็นร้อยละ 34.2 และมีอาชีพรับจ้างทั่วไป จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 17.9 ของกลุ่มตัวอย่าง มีอายุอยู่ในช่วง 51–60 ปี ในจังหวัดเชียงใหม่จำนวน 36 คน และจังหวัดลำพูนอยู่ในช่วง 41–50 ปีจำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 23.7 และ 33.9 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอายุ  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ  $39.89 \pm 23.38$  และ  $46.55 \pm 15.11$  ปี ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มศึกษาแยกตามจังหวัดที่ศึกษา

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (N = 208 คน)	เชียงใหม่ (N = 152 คน)		ลำพูน (N = 56 คน)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
<b>เพศ</b>				
ชาย	71	46.7	19	33.9
หญิง	81	53.3	37	66.1
<b>ภูมิลำเนาอำเภอ</b>				
อ.เมือง จ.เชียงใหม่	95	62.5	0	0.0
อ.เมือง จ.ลำพูน	0	0.0	56	100.0
แมริม	8	5.3	0	0.0
สันทราย	12	7.9	0	0.0
สารภี	22	14.5	0	0.0
หางดง	15	9.9	0	0.0
<b>อาชีพ</b>				
นักเรียน/นักศึกษา	52	34.2	5	8.9
ข้าราชการบำนาญ	20	13.2	5	8.9
ครู	3	2.0	3	5.4
ตำรวจ	0	0.0	1	1.8
พยาบาล	2	1.3	0	0.0
ลูกจ้างบริษัท/เอกชน	2	1.3	4	7.1
ลูกจ้างรัฐวิสาหกิจ	1	1.7	0	0.0
รับจ้างทั่วไป	13	8.6	10	17.9
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	10	6.6	7	12.5
เกษตรกร	3	2.0	6	10.7
แม่บ้าน/พ่อบ้าน	29	19.1	9	16.1
ผู้ช่วยพยาบาล	1	0.7	1	1.8
รับราชการ	14	9.2	5	8.9
พระ/สามเณร	1	0.7	0	0.0
ว่างงาน	1	0.7	0	0.0

อายุ				
0-10 ปี	28	18.4	1	1.8
11-20 ปี	23	15.1	4	7.1
21-30 ปี	6	3.9	2	3.6
31-40 ปี	8	5.3	7	12.5
41-50 ปี	19	12.5	19	33.9
51-60 ปี	36	23.7	14	25.0
61-70 ปี	20	13.2	7	12.5
71-80 ปี	12	7.9	2	3.6
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ปี)	39.89 $\pm$ 23.38		46.55 $\pm$ 15.11	

## 2. ข้อมูลโรคหอบหืด

ความรุนแรงของโรค (คู่มือการกำหนดความรุนแรงของโรคหอบหืดที่ภาคผนวก ข.) พบว่า กลุ่มตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่ส่วนมากเป็นแบบ Mild persistent จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 39.5 และในจังหวัดลำพูนเป็นแบบ Moderate persistent จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 46.4 ระยะเวลาของการเป็นโรคหอบหืดอยู่ในช่วง 0-10 ปี จำนวน 74 คนในจังหวัดเชียงใหม่ คิดเป็นร้อยละ 48.7 และจำนวน 25 คนในจังหวัดลำพูน คิดเป็นร้อยละ 44.6 ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ  $16.87 \pm 16.83$  และ  $14.66 \pm 14.07$  ปี ตามลำดับ ค่า Peak flow สูงสุดที่เป่าได้สำหรับกลุ่มตัวอย่างจากจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนอยู่ในช่วง 301-400 ลิตร/นาที จำนวน 45 คน และ 20 คน คิดเป็นร้อยละ 29.6 และ 35.7 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ  $357.00 \pm 116.62$  และ  $348.85 \pm 95.03$  ลิตร/นาที ตามลำดับ ยาที่ใช้รักษาโรคหอบหืดเป็นประจำชนิดที่ 1 คือ ยาพ่นกลุ่มสเตียรอยด์และยาขยายหลอดลม สำหรับกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่ (จำนวน 85 คน คิดเป็นร้อยละ 55.9) โดยต้องพ่นในขนาดครั้งละ 1 puff เข้า - เย็น (จำนวน 75 คน คิดเป็นร้อยละ 49.3) แต่เป็นยาพ่นกลุ่มสเตียรอยด์ สำหรับกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดลำพูน (จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 39.3) โดยต้องพ่นในขนาดครั้งละ 2 puff เข้า - เย็น (จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 26.8)

สำหรับยาที่ใช้รักษาโรคหอบหืดเป็นประจำชนิดที่ 2 คือ ยาเม็ดยานขยายหลอดลม สำหรับกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่ (จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 29.6) โดยต้องรับประทานในขนาดครั้งละ 1 เม็ดก่อนนอน (จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 16.4) และเป็นยาเม็ดยานขยายหลอดลมเช่นเดียวกัน สำหรับกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดลำพูน (จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 41.1) โดยต้องรับประทานในขนาดครั้งละ 1 เม็ดก่อนนอน (จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 25.0)

สำหรับยาที่ใช้รักษาโรคหอบหืดเมื่อมีอาการชนิดที่ 1 คือ ยาพ่นชนิดขยายหลอดลม สำหรับกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่ (จำนวน 90 คน คิดเป็นร้อยละ 59.2) โดยต้องพ่นในขนาดครั้งละ 1 puff เมื่อมีอาการ (จำนวน 85 คน คิดเป็นร้อยละ 55.9) และเป็นยาพ่นชนิดขยายหลอดลมเช่นเดียวกัน สำหรับกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดลำพูน (จำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 82.1) โดยต้องพ่นในขนาดครั้งละ 1 puff เมื่อมีอาการ (จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 66.1) (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 แสดงข้อมูลโรคหอบหืดของกลุ่มศึกษาแยกตามจังหวัดที่ศึกษา

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (N = 208 คน)	เชียงใหม่ (N = 152 คน)		ลำพูน (N = 56 คน)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
<b>ความรุนแรง</b>				
Mild intermittent	32	21.1	8	14.3
Mild persistent	60	39.5	21	37.5
Moderate persistent	53	34.9	26	46.4
Severe persistent	7	4.6	1	1.8
<b>ช่วงจำนวนปีของการเป็นโรคหอบหืด</b>				
0-10 ปี	74	48.7	25	44.6
11-20 ปี	38	25.0	16	28.6
21-30 ปี	13	8.6	8	14.3
31-40 ปี	11	7.2	3	5.4
41-50 ปี	4	2.6	1	1.8
51-60 ปี	6	3.9	2	3.6
61-70 ปี	5	3.3	1	1.8
71-80 ปี	1	0.7	0	0.0
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ปี)	<b>16.87 <math>\pm</math> 16.83</b>		<b>14.66 <math>\pm</math> 14.07</b>	
<b>ค่า peakflow สูงสุดที่เป่าได้ (ลิตร/นาที)</b>				
0-100	1	0.7	0	0.0
101-200	15	9.9	3	5.4
201-300	37	24.3	17	30.4
301-400	45	29.6	20	35.7
401-500	38	25.0	13	23.2
501-600	14	9.2	2	3.6
601-700	2	1.3	0	0.0
ข้อมูลไม่สมบูรณ์	0	0.0	1	1.8
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ลิตร/นาที)	<b>357.00 <math>\pm</math> 116.62</b>		<b>348.85 <math>\pm</math> 95.03</b>	
<b>ยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำชนิดที่ 1</b>				
ยาพ่นกลุ่มสเตียรอยด์และขยายหลอดลม	85	55.9	15	26.8
ยาพ่นกลุ่มสเตียรอยด์	32	21.1	22	39.3
ยาเม็ดชนิดขยายหลอดลม	5	3.3	10	17.9
ไม่ได้ใช้	30	19.7	9	16.1
<b>ขนาดยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำชนิดที่ 1</b>				
ครั้งละ 1 puff เข้า	5	3.3	7	12.5
ครั้งละ 2 puff เข้า	1	0.7	2	3.6
ครั้งละ 1 puff เข้า - เย็น	75	49.3	11	19.6
ครั้งละ 2 puff เข้า - เย็น	23	15.1	15	26.8
ครั้งละ 1 puff ก่อนนอน	10	6.6	2	3.6
ครั้งละ 1 เม็ด ก่อนนอน	3	2.0	1	1.8
ครั้งละ 1 เม็ด เข้า - เย็น	0	0.0	9	16.1
ไม่ได้ใช้	30	19.7	9	16.1
ข้อมูลไม่สมบูรณ์	5	3.3	0	0.0
<b>ยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำชนิดที่ 2</b>				
ยาพ่นกลุ่มสเตียรอยด์และขยายหลอดลม	7	4.6	1	1.8
ยาพ่นกลุ่มสเตียรอยด์	5	3.3	5	8.9
ยาเม็ดชนิดขยายหลอดลม	45	29.6	23	41.1
ยาพ่นชนิดขยายหลอดลม	1	0.7	0	0.0
ไม่ได้ใช้	94	61.8	27	48.2
<b>ขนาดยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำชนิดที่ 2</b>				
ครั้งละ 1 puff เข้า	2	1.3	2	3.6
ครั้งละ 2 puff เข้า	0	0.0	1	1.8
ครั้งละ 1 puff เข้า - เย็น	7	4.6	0	0.0

ครึ่งละ 2 puff เข้า – เย็น	3	2.0	3	5.4
ครึ่งละ 1 puff ก่อนนอน	1	0.7	0	0.0
ครึ่งละ 1 เม็ด ก่อนนอน	25	16.4	14	25.0
ครึ่งละ 1 เม็ด เข้า – เย็น	10	6.6	7	12.5
ครึ่งละ 1 เม็ด เข้า – กลางวัน – เย็น – ก่อนนอน	0	0.0	1	1.8
ครึ่งละ 1/2 เม็ด เข้า – เย็น	9	5.9	1	1.8
ไม่ได้ใช้	94	61.8	27	48.2
ข้อมูลไม่สมบูรณ์	1	0.7	0	0.0
<b>ยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำวันชนิดที่ 3</b>				
ยาเม็ดชนิดขยายหลอดลม	13	8.6	0	0.0
ยาเม็ดชนิดต้านฮีสตามีน	1	0.7	0	0.0
ยาพ่นกลุ่มสเตียรอยด์และยาขยายหลอดลม	0	0.0	1	1.8
ยาพ่นชนิดขยายหลอดลม	0	0.0	1	1.8
ไม่ได้ใช้	138	90.8	54	96.4
<b>ขนาดยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำวันชนิดที่ 3</b>				
ครึ่งละ 1 เม็ด ก่อนนอน	8	5.3	0	0.0
ครึ่งละ 1 puff เข้า – เย็น	0	0.0	1	1.8
ครึ่งละ 1 เม็ด เข้า – เย็น	4	2.6	0	0.0
ครึ่งละ 1/2 เม็ด เข้า – เย็น	2	1.3	0	0.0
ครึ่งละ 1 เม็ด ก่อนนอน	0	0.0	1	1.8
ไม่ได้ใช้	138	90.8	54	96.4
<b>ยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำวันชนิดที่ 4</b>				
ยาเม็ดชนิดขยายหลอดลม	1	0.7	0	0.0
ยาเม็ดชนิดต้านฮีสตามีน	1	0.7	0	0.0
ไม่ได้ใช้	150	98.7	56	100.0
<b>ขนาดยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำวันชนิดที่ 4</b>				
ครึ่งละ 1 เม็ด ก่อนนอน	2	1.3	0	0.0
ไม่ได้ใช้	150	98.7	56	100.0
<b>ยาที่ใช้เมื่อมีอาการชนิดที่ 1</b>				
ยาพ่นชนิดขยายหลอดลม	90	59.2	46	82.1
ยาเม็ดชนิดขยายหลอดลม	18	11.8	2	3.6
ยาน้ำชนิดขยายหลอดลม	3	2.0	0	0.0
ไม่ได้ใช้	41	27.0	8	14.3
<b>ขนาดยาที่ใช้เมื่อมีอาการชนิดที่ 1</b>				
ครึ่งละ 1 puff เมื่อมีอาการ	85	55.9	37	66.1
ครึ่งละ 2 puff เมื่อมีอาการ	17	11.2	10	17.9
ครึ่งละ 4 puff เมื่อมีอาการ	1	0.7	0	0.0
ครึ่งละ 1/2 เม็ด เมื่อมีอาการ	2	1.3	1	1.8
ครึ่งละ 1 เม็ด เมื่อมีอาการ	2	1.3	0	0.0
ครึ่งละ 1/2 ช้อนชา เมื่อมีอาการ	1	0.7	0	0.0
ครึ่งละ 1 ช้อนชา เมื่อมีอาการ	3	2.0	0	0.0
ไม่ได้ใช้	41	27.0	8	14.3
<b>ยาที่ใช้เมื่อมีอาการชนิดที่ 2</b>				
ยาเม็ดชนิดขยายหลอดลม	6	3.9	1	1.8
ยาน้ำชนิดขยายหลอดลม	2	1.3	0	0.0
ไม่ได้ใช้	144	94.7	55	98.2
<b>ขนาดยาที่ใช้เมื่อมีอาการชนิดที่ 2</b>				
ครึ่งละ 1 เม็ด เมื่อมีอาการ	3	2.0	1	1.8
ครึ่งละ 1/2 เม็ด เมื่อมีอาการ	3	2.0	0	0.0
ครึ่งละ 1 ช้อนชา เมื่อมีอาการ	2	1.3	0	0.0
ไม่ได้ใช้	144	94.7	55	98.2

### 3. ข้อมูลระดับฝุ่นรายวันและค่า Peak flow เฉลี่ยรายวัน

ระดับ PM<sub>2.5</sub> และ PM<sub>10</sub> รายวันของบริเวณตรวจวัดที่ดำเนิน โดยรศ.ดร.อุษณีย์ วินิจเขตคำนวน ใน 2 บริเวณ ได้แก่ อบต.บ้านกลางและวัดไก่อ่แก้ว จังหวัดลำพูน ซึ่งเป็นข้อมูลการตรวจวัดระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 (รวม 334 วัน) มีความครบถ้วนสมบูรณ์ดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่าระดับ PM<sub>2.5</sub> ส่วนมากอยู่ในช่วง 0–50 µg/m<sup>3</sup> คิดเป็นจำนวนวันคือ 261 วัน (ร้อยละ 78.1) (ตารางที่ 11) สำหรับระดับ PM<sub>10</sub> ส่วนมากอยู่ในช่วง 0–50 µg/m<sup>3</sup> คิดเป็นจำนวนวันคือ 205 วัน (ร้อยละ 61.4) (ดู ตารางที่ 12)

ตารางที่ 10 แสดงจำนวนและร้อยละของความสมบูรณ์ของการบันทึกค่า Particulate matter ใน จังหวัด ลำพูนระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548–31 พฤษภาคม 2549

จำนวนวันที่ตรวจวัด (N = 334 วัน)	ลำพูน (N = 334 วัน)			
	สมบูรณ์	ร้อยละ	ไม่สมบูรณ์	ร้อยละ
PM <sub>2.5</sub>	332	99.4	2	0.6
PM <sub>10</sub>	333	99.7	1	0.3

ตารางที่ 11 แสดงข้อมูลช่วงของระดับ PM<sub>2.5</sub> รายวันจังหวัดลำพูนระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548–31 พฤษภาคม 2549

ประเภท	อบต.บ้านกลาง ลำพูน (N = 334 วัน)		วัดไก่อ่แก้ว ลำพูน (N = 334 วัน)		เฉลี่ย (N = 334 วัน)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
<b>ระดับรายวัน PM<sub>2.5</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>						
0–50	251	75.1	230	68.9	261	78.1
50.01–100	46	13.8	78	23.4	68	20.4
100.01–150	2	0.6	8	2.4	2	0.6
150.01–200	0	0.0	1	0.3	1	0.3
ข้อมูลไม่สมบูรณ์	35	10.5	17	5.1	2	0.6
<b>ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน</b>	<b>30.08 ± 21.33</b>		<b>36.83 ± 24.89</b>		<b>33.14 ± 22.58</b>	

ตารางที่ 12 แสดงข้อมูลช่วงของระดับ  $PM_{10}$  รายวันจังหวัดลำพูนระหว่าง 1 กรกฎาคม 2548-31 พฤษภาคม 2549

ประเภท	อบต.บ้านกลาง ลำพูน (N = 334 วัน)		วัดไถ่แก้ว ลำพูน (N = 334 วัน)		เฉลี่ย (N = 334 วัน)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
<b>ระดับรายวัน <math>PM_{10}</math> (<math>\mu g/m^3</math>)</b>						
0-50	198	59.3	190	56.9	205	61.4
50.01-100	89	26.6	114	34.1	108	32.3
100.01-150	11	3.3	23	6.9	19	5.7
150.01-200	1	0.3	2	0.6	1	0.3
ข้อมูลไม่สมบูรณ์	35	10.5	1	0.3	1	0.3
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	43.20 $\pm$ 26.10		51.33 $\pm$ 30.29		47.79 $\pm$ 27.94	

การตรวจวัดระดับ  $PM_{2.5}$  และ  $PM_{10}$  รายวันของกรมควบคุมมลพิษที่สถานีตรวจคุณภาพอากาศ โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นข้อมูลการตรวจวัดระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 (รวม 306 วัน) มีความครบถ้วนสมบูรณ์ดังแสดงในตารางที่ 13 พบว่าระดับ  $PM_{2.5}$  โดยเฉลี่ยส่วนมากอยู่ในช่วง 0-50  $\mu g/m^3$  คิดเป็นจำนวนวันคือ 203 วัน (ร้อยละ 66.3) เช่นเดียวกับระดับ  $PM_{10}$  โดยเฉลี่ยส่วนมากอยู่ในช่วง 0-50  $\mu g/m^3$  คิดเป็นจำนวนวันคือ 160 วัน (ร้อยละ 52.3) (ดูตารางที่ 14 และ ตารางที่ 15)

ตารางที่ 13 แสดงจำนวนและร้อยละของความสำเร็จของการบันทึกค่า Particulate matter ใน จังหวัด เชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548-30 มิถุนายน 2549

จำนวนวันที่ตรวจวัด (N = 306 วัน)	เชียงใหม่ (N = 306 วัน)			
	สมบูรณ์	ร้อยละ	ไม่สมบูรณ์	ร้อยละ
$PM_{2.5}$	276	90.2	30	9.8
$PM_{10}$	303	99.0	3	1.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 14 แสดงข้อมูลช่วงของระดับ PM<sub>2.5</sub> รายวัน ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548–30 มิถุนายน 2549

ประเภท	โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย (N = 306 วัน)	
	จำนวน	ร้อยละ
ระดับ PM <sub>2.5</sub> รายวัน (µg/m <sup>3</sup> )		
0-50	203	66.3
50.01-100	55	18.0
100.01-150	14	4.6
150.01-200	3	1.0
200.01-250	1	0.3
ข้อมูลไม่สมบูรณ์	30	9.8
ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	43.75 ± 31.03	

ตารางที่ 15 แสดงข้อมูลช่วงของระดับ PM<sub>10</sub> รายวัน ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548–30 มิถุนายน 2549

ประเภท	โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย (N = 306 วัน)	
	จำนวน	ร้อยละ
ระดับ PM <sub>10</sub> รายวัน (µg/m <sup>3</sup> )		
0-50	160	52.3
50.01-100	113	36.9
100.01-150	23	7.5
150.01-200	5	1.6
200.01-250	2	0.7
ข้อมูลไม่สมบูรณ์	3	1.0
ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	58.07 ± 32.76	

ค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันของกลุ่มตัวอย่างจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนระหว่างวันที่ 1 กรกฎาคม 2548–31 กรกฎาคม 2549 แสดงในตารางที่ 16 พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 200.01–300 ลิตร/นาที่ ในจังหวัดเชียงใหม่ คิดเป็นจำนวน 51 คน (ร้อยละ 33.6) และอยู่ในช่วง 200.01–300 ลิตร/นาที่ ในจังหวัดลำพูน คิดเป็นจำนวน 25 คน (ร้อยละ 44.6)

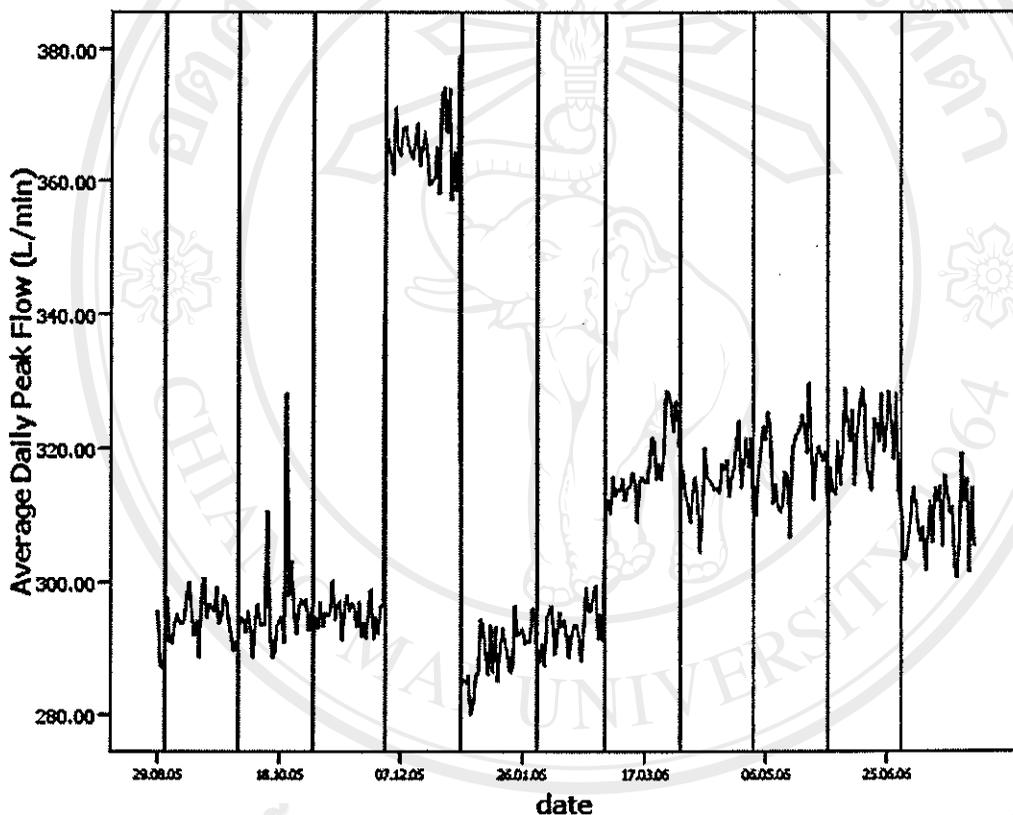
ตารางที่ 16 แสดงข้อมูลค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันของกลุ่มตัวอย่างแยกจังหวัดระหว่าง 1 กรกฎาคม 2548–31 กรกฎาคม 2549

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (N = 208 คน)	เชียงใหม่ (N = 152 คน)		ลำพูน (N = 56 คน)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ค่า peak flow เฉลี่ยรายวัน (ลิตร/นาที่)				
0-100	0	0.0	1	1.8
100.01-200	20	13.2	5	8.9
200.01.300	51	33.6	25	44.6

300.01–400	48	31.6	18	32.1
400.01–500	27	17.8	5	32.1
500.01–600	5	3.3	2	3.6
600.01–700	1	0.7	0	0.0
<b>ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ลิตร/นาที)</b>	<b>316.46 ± 98.42</b>		<b>290.57 ± 87.80</b>	

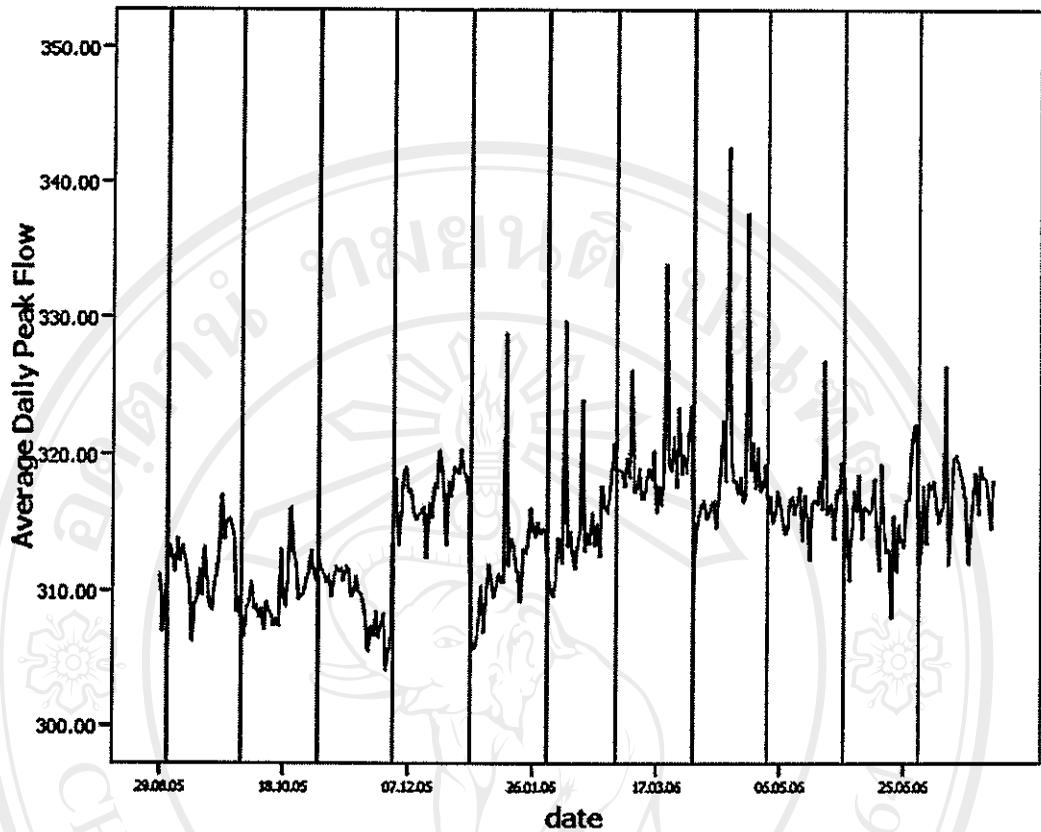
การทำ Sequence plot ของค่าเฉลี่ย Peak flow ของกลุ่มตัวอย่างจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ และค่าเฉลี่ยรายวัน  $PM_{2.5}$  และ  $PM_{10}$  ของทั้งสองจังหวัด แสดงในรูปที่ 2 ถึงรูปที่ 7

รูปที่ 2 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ย Peak flow ของกลุ่มตัวอย่างจังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549



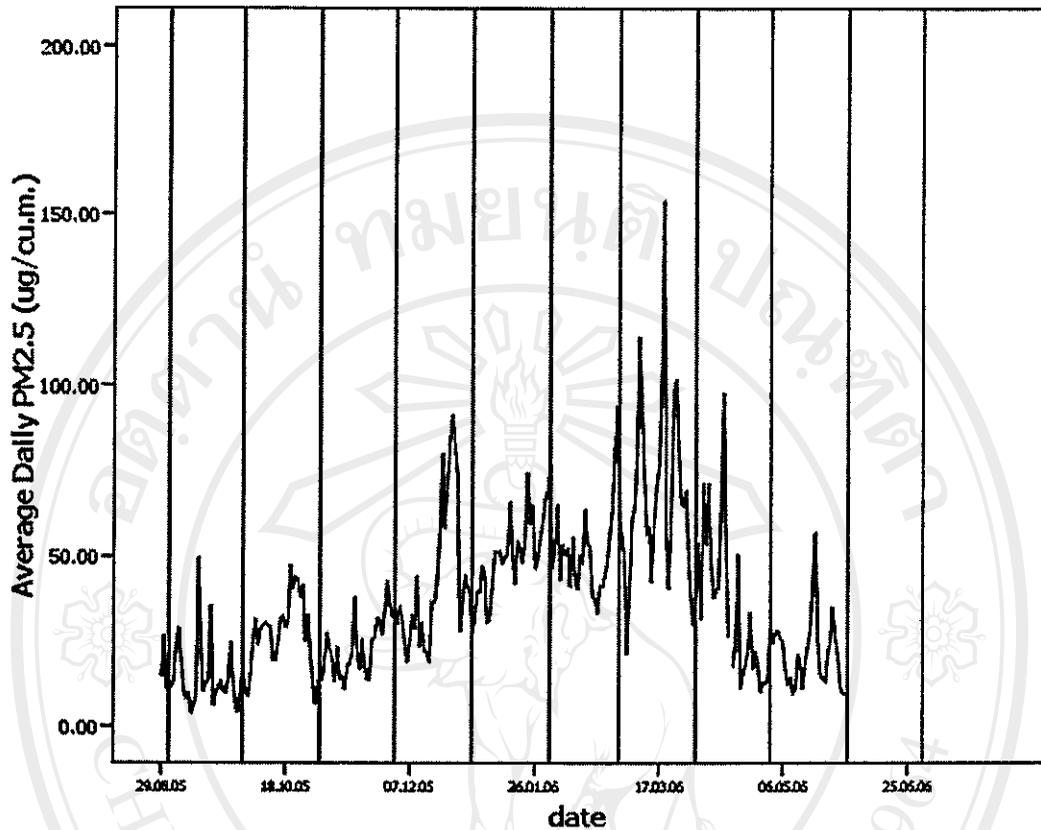
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 3 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ย Peak flow ของกลุ่มตัวอย่างจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549



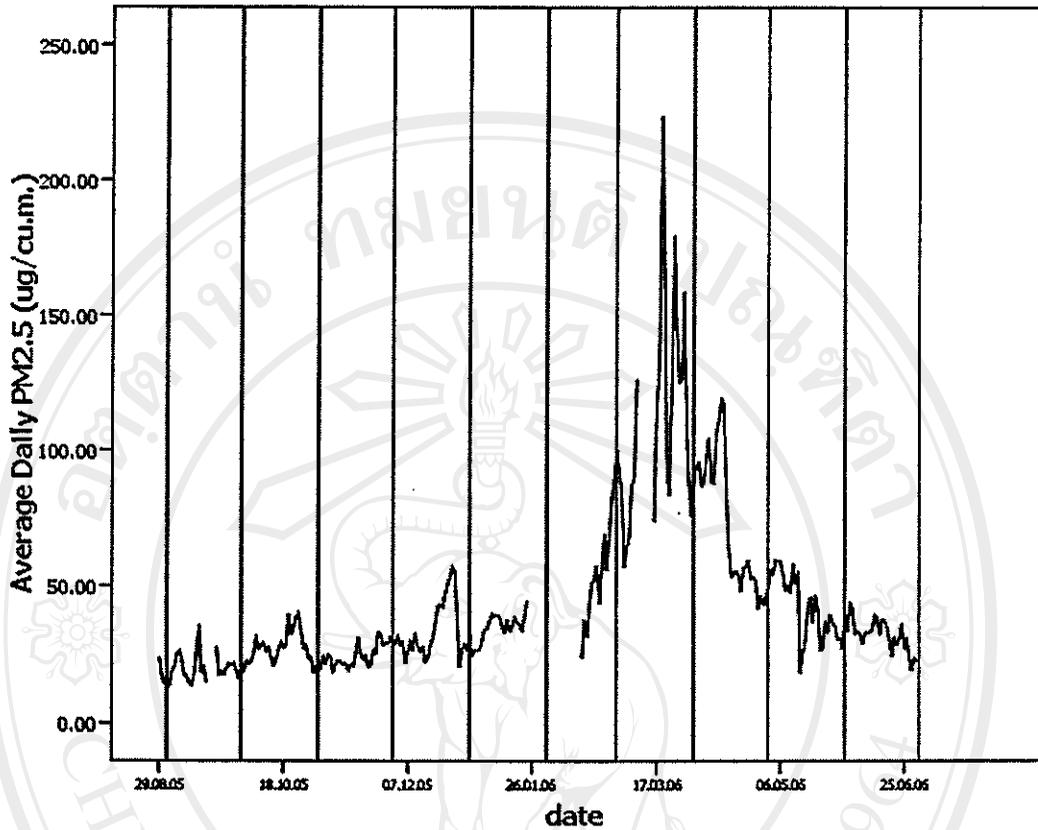
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 4 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน  $PM_{2.5}$  จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549



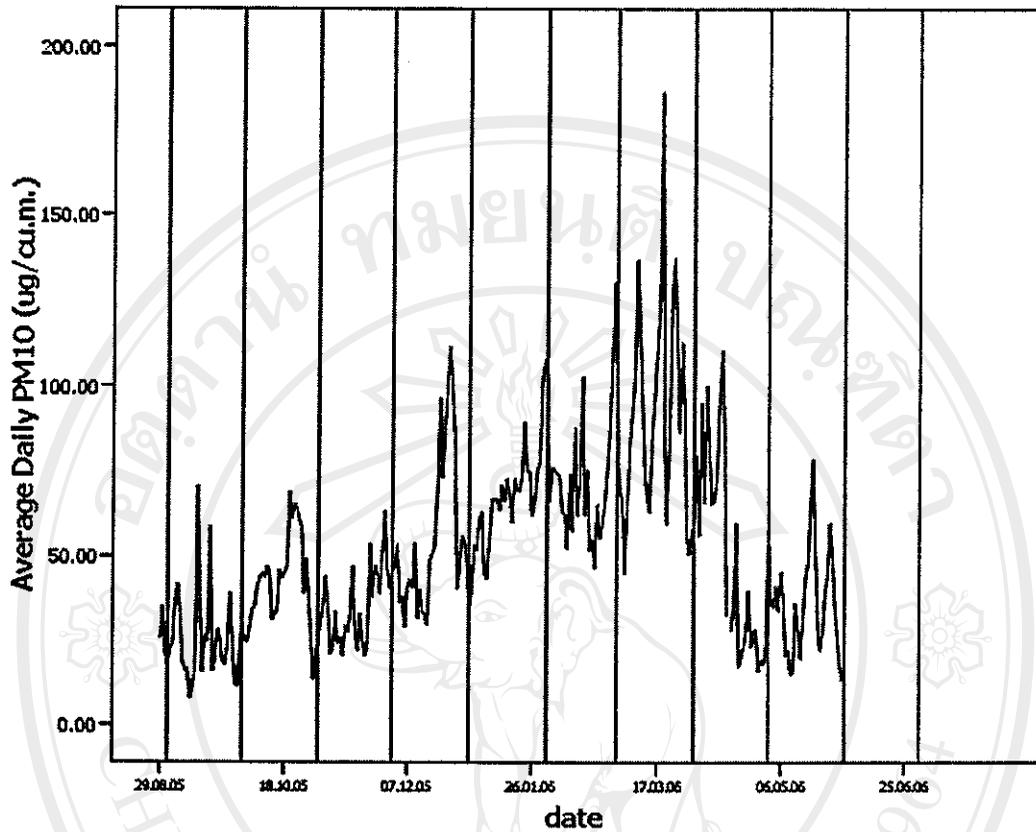
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 5 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน  $PM_{2.5}$  จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



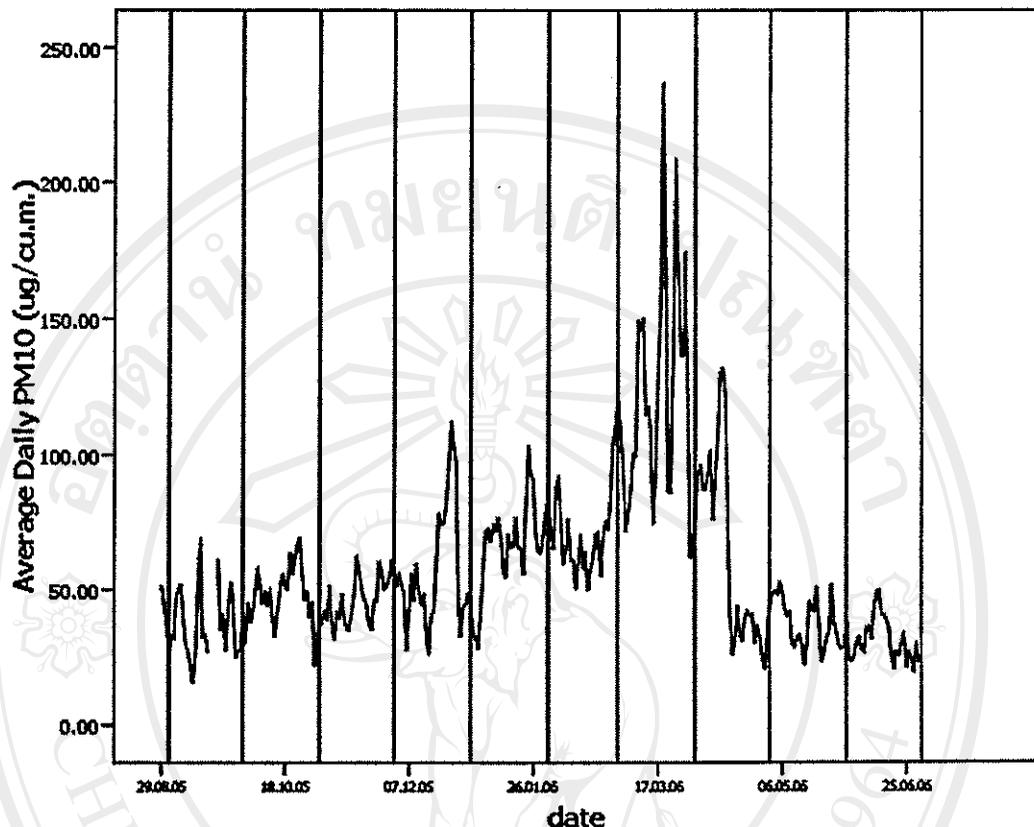
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 6 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน  $PM_{10}$  จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 7 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน  $PM_{10}$  จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



#### 4. ข้อมูลระดับก๊าซพิษและค่าทางอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ยรายวัน

ค่าระดับก๊าซพิษเฉลี่ยรายวันของกรมควบคุมมลพิษ ที่สถานีตรวจคุณภาพอากาศโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) โอโซน ( $O_3$ ) ไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $NO_2$ ) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) ซึ่งเป็นข้อมูลการตรวจวัดระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 (รวม 306 วัน) ความครบถ้วนของการบันทึกข้อมูลแสดงใน แสดงในรูปที่ 8 ถึงรูปที่ 11

ลิขสิทธิ์ © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 17 แสดงจำนวนและร้อยละของความสมบูรณ์ของการบันทึกค่าระดับก๊าซพิษ ในจังหวัด เชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548–30 มิถุนายน 2549

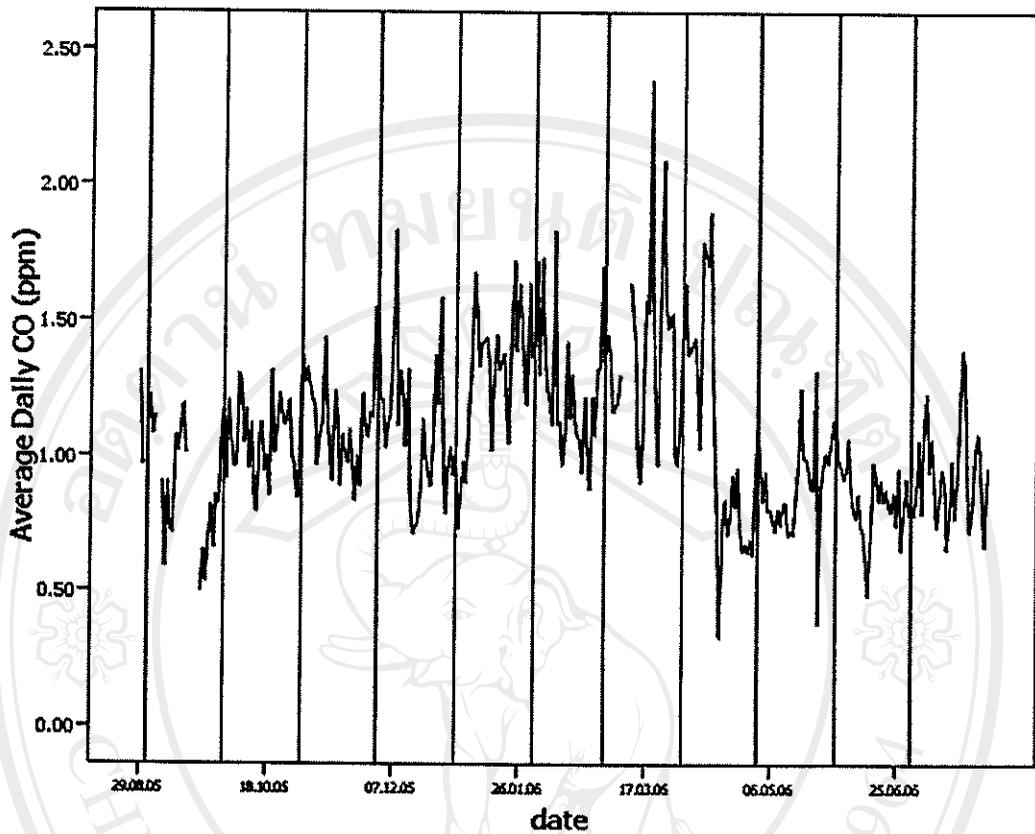
จำนวนวันที่ตรวจวัด (N = 306 วัน)	เชียงใหม่ (N = 306 วัน)			
	สมบูรณ์	ร้อยละ	ไม่สมบูรณ์	ร้อยละ
CO	294	96.1	12	3.9
O <sub>3</sub>	281	91.8	25	8.2
NO <sub>2</sub>	294	96.1	12	3.9
SO <sub>2</sub>	217	70.9	89	29.1

ค่าทางอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ยรายวันของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ และศูนย์อุตุนิยมวิทยาจังหวัด ลำพูน (ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 รวม 364 วัน) และเชียงใหม่ (ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 รวม 306 วัน) ได้แก่ ความกดอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน และแสงแดด แสดงในรูปที่ 12 ถึงรูปที่ 21 สำหรับความครบถ้วนของข้อมูลแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงจำนวนและร้อยละของความสมบูรณ์ของการบันทึกค่าทางอุตุนิยมวิทยา ใน จังหวัด เชียงใหม่และลำพูน

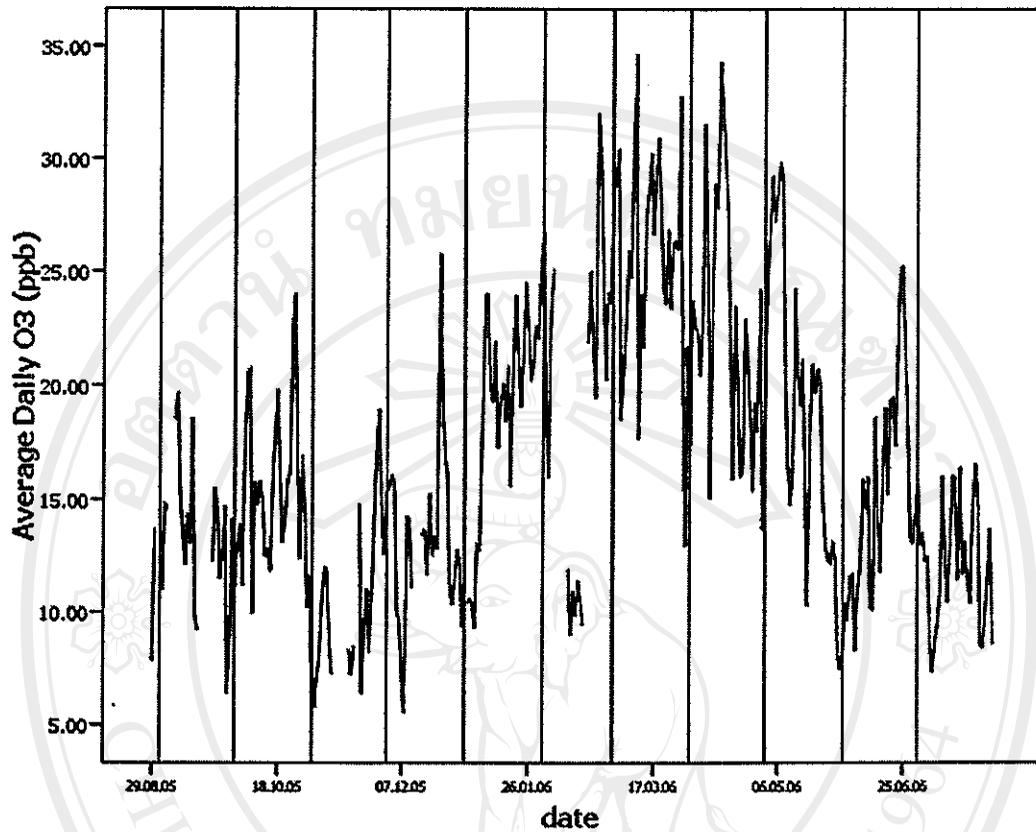
ค่าอุตุนิยมวิทยา	เชียงใหม่ (N = 306 วัน)				ลำพูน (N = 364 วัน)			
	สมบูรณ์	ร้อยละ	ไม่ สมบูรณ์	ร้อยละ	สมบูรณ์	ร้อยละ	ไม่ สมบูรณ์	ร้อยละ
ความกดอากาศ	306	100.0	0	0.0	364	100.0	0	0.0
อุณหภูมิ	306	100.0	0	0.0	364	100.0	0	0.0
ความชื้นสัมพัทธ์	306	100.0	0	0.0	358	98.4	6	1.6
ปริมาณฝน	296	96.7	10	3.3	325	89.3	39	10.7
แสงแดด	306	100.0	0	0.0	319	87.6	45	12.4

รูปที่ 8 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน CO จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549



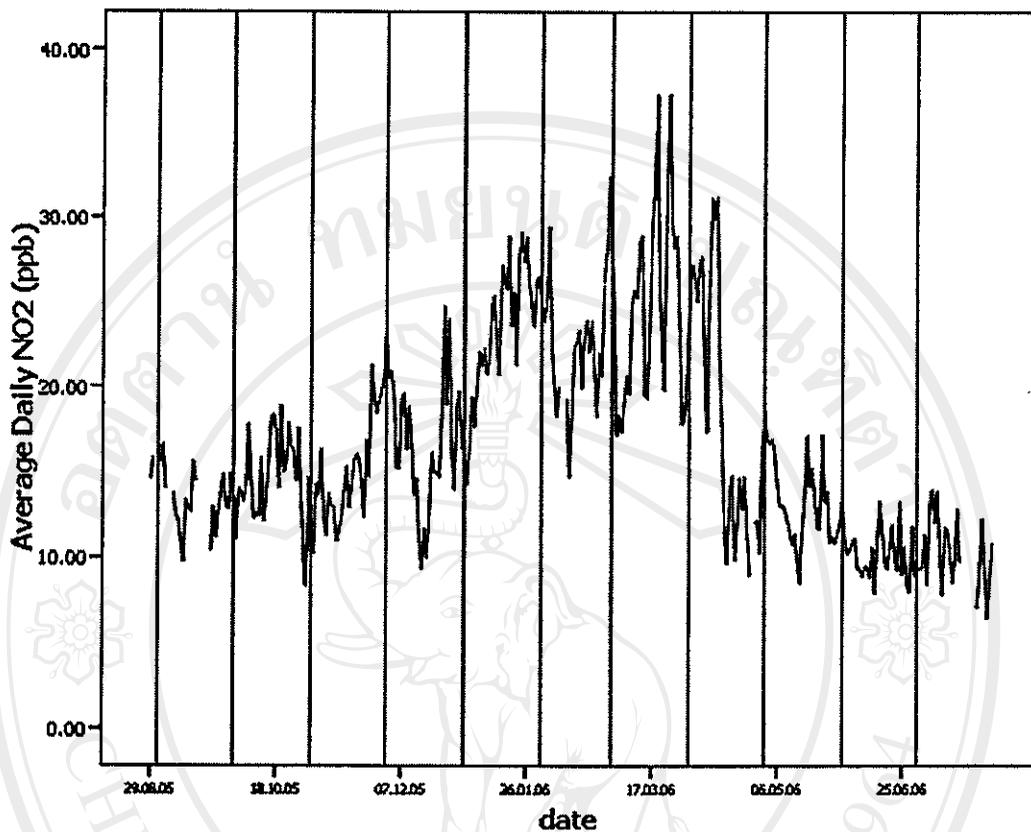
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 9 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน  $O_3$  จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549



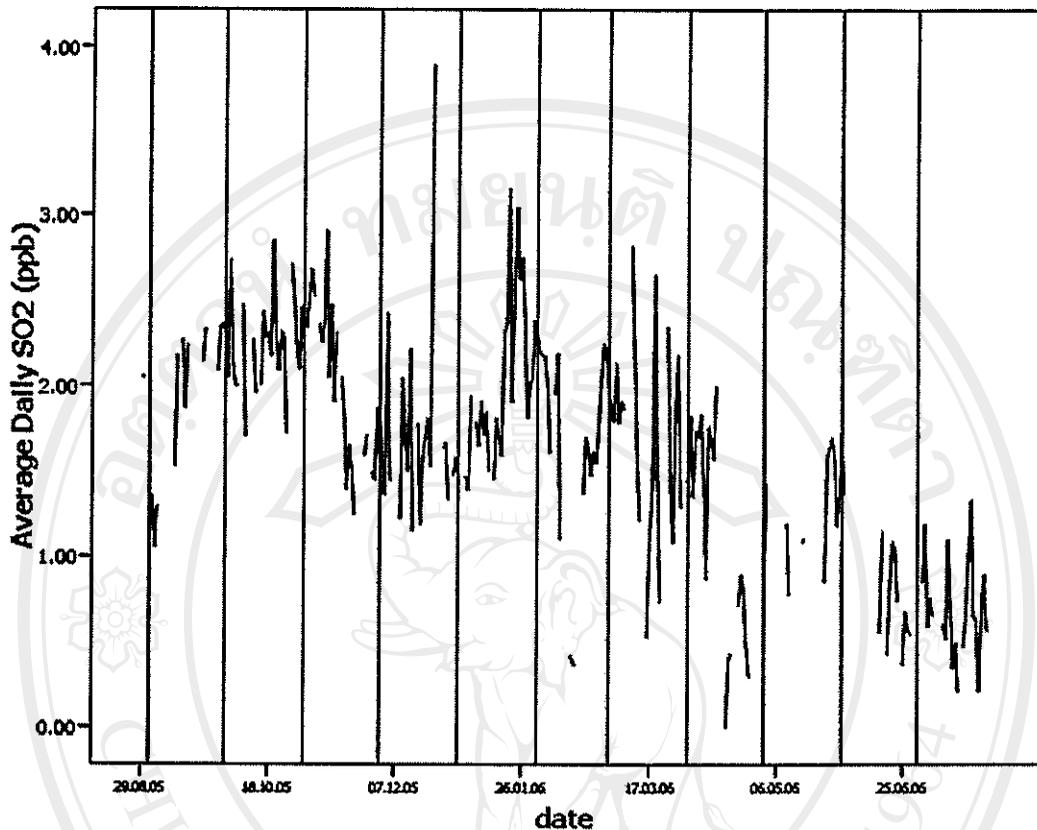
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 10 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน  $\text{NO}_2$  จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549



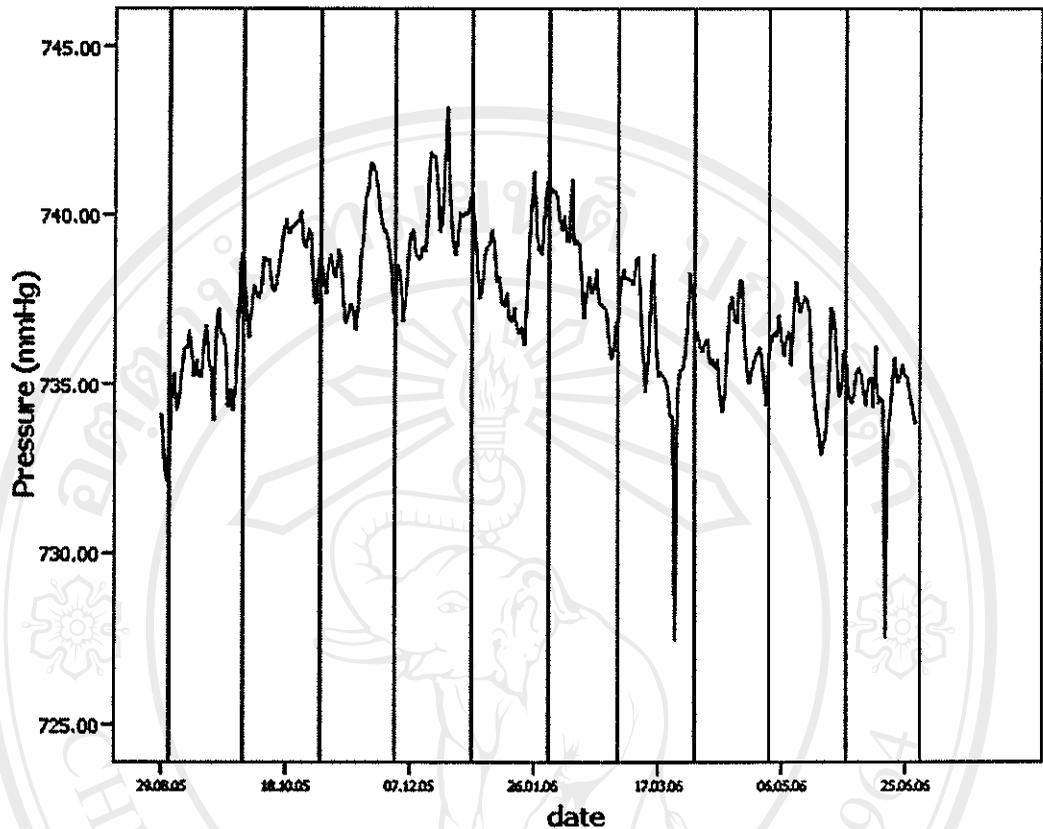
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 11 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน  $\text{SO}_2$  จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549



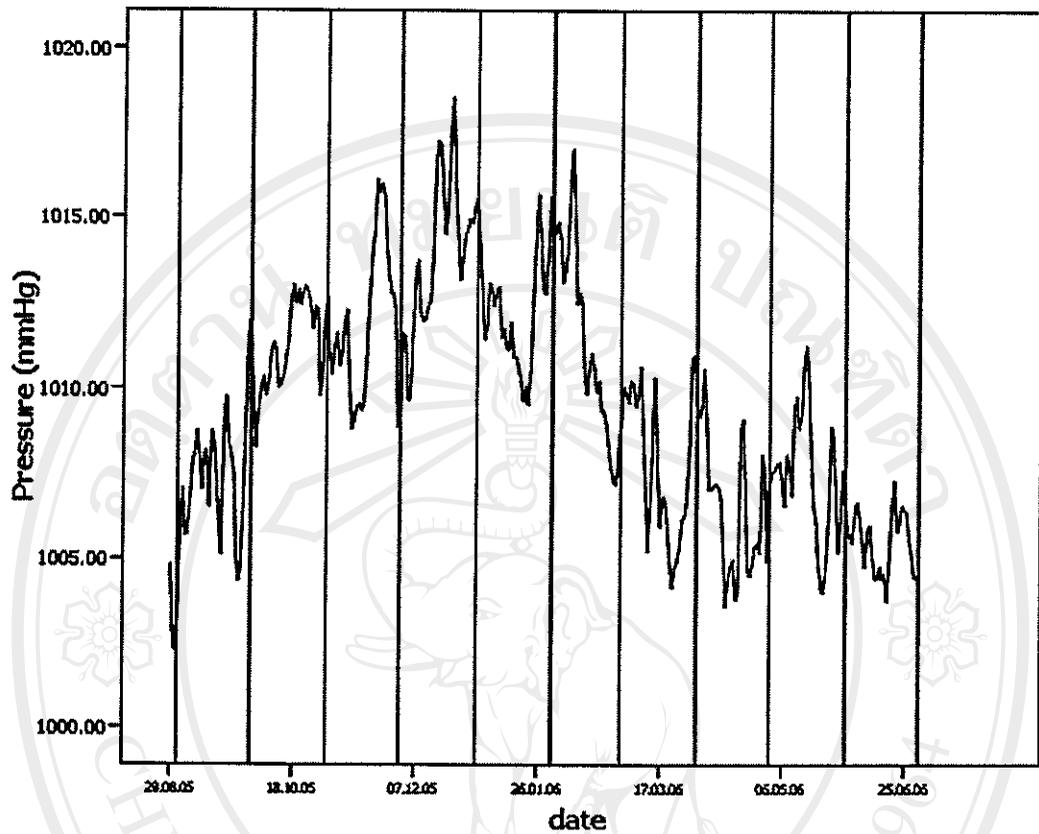
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 12 แสดง Sequence plot ของค่าความกดอากาศรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



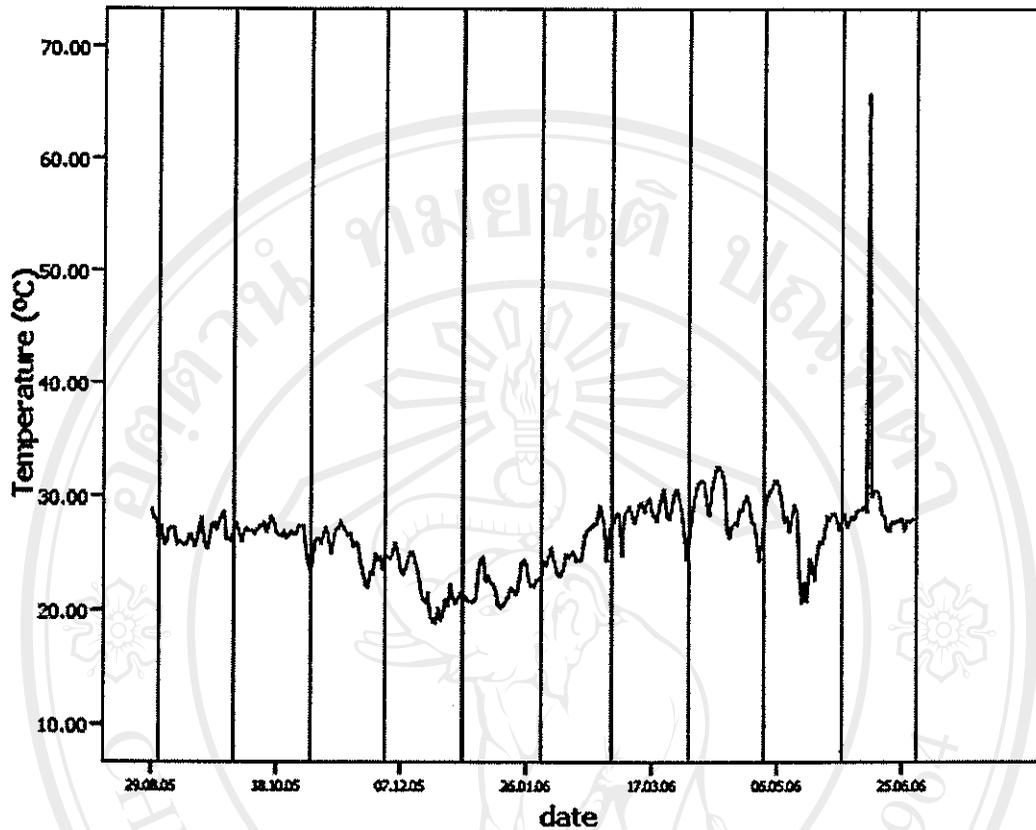
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 13 แสดง Sequence plot ของค่าความกดอากาศรายวันจังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



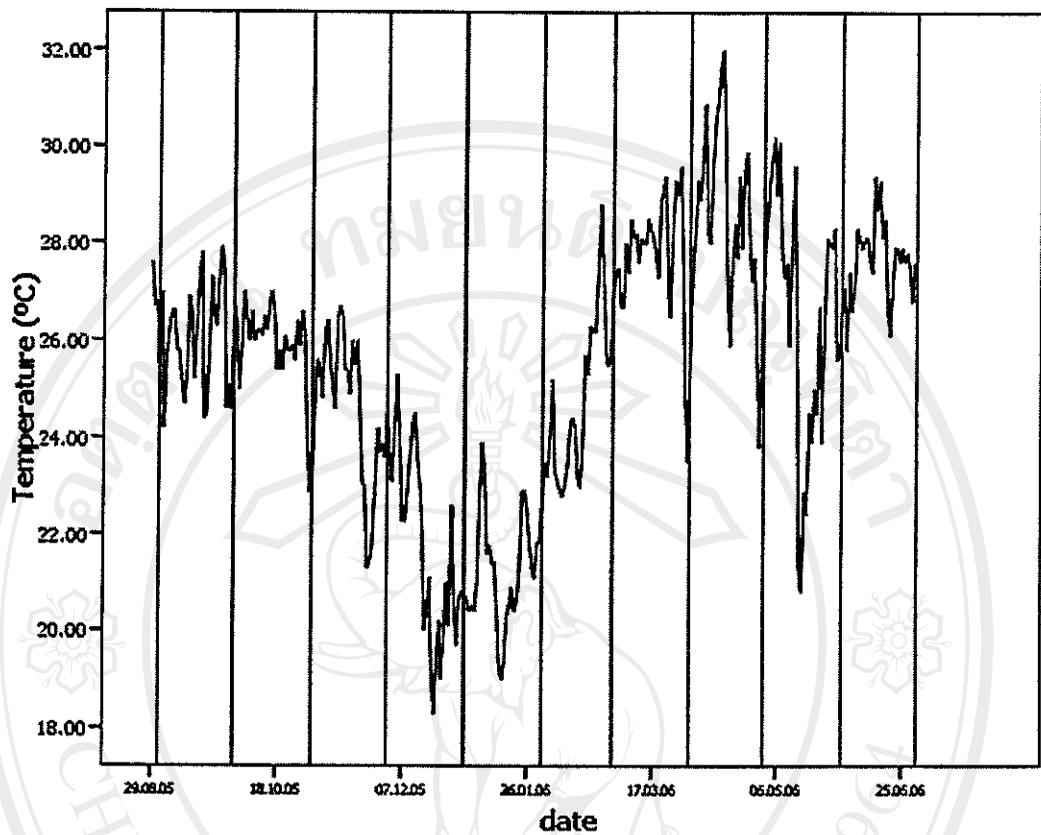
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 14 แสดง Sequence plot ของค่าอุณหภูมิรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



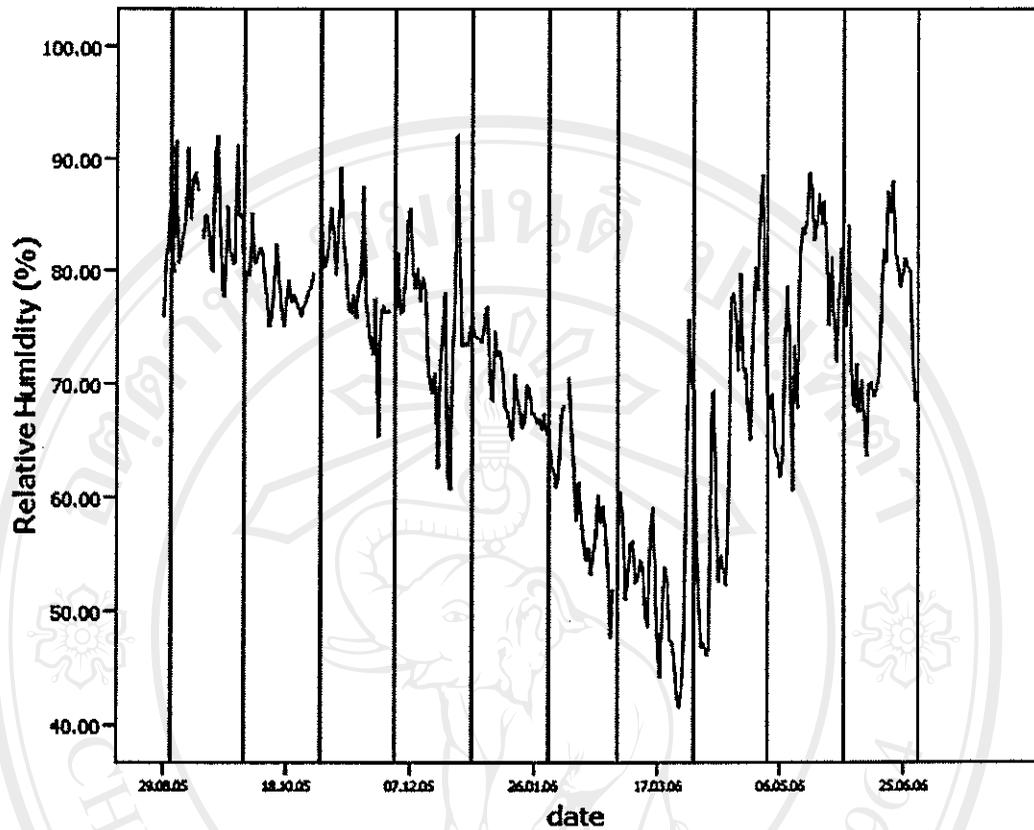
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 15 แสดง Sequence plot ของค่าอุณหภูมิรายวันจังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



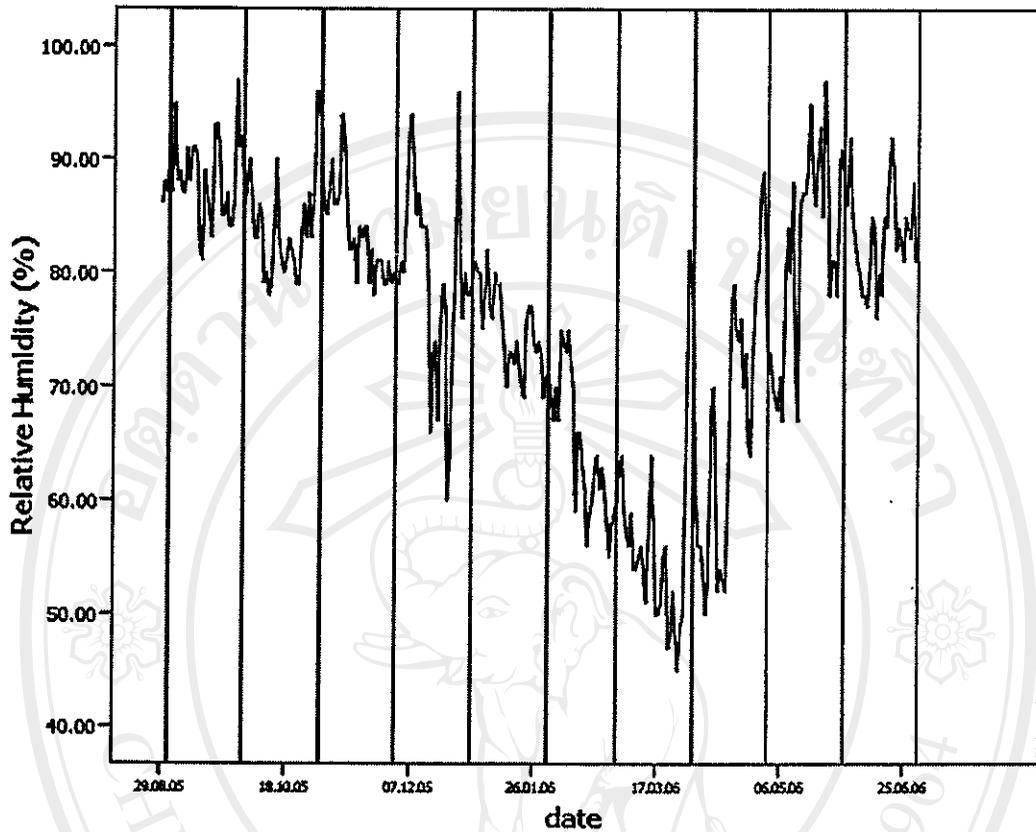
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 16 แสดง Sequence plot ของค่าความชื้นสัมพัทธ์รายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



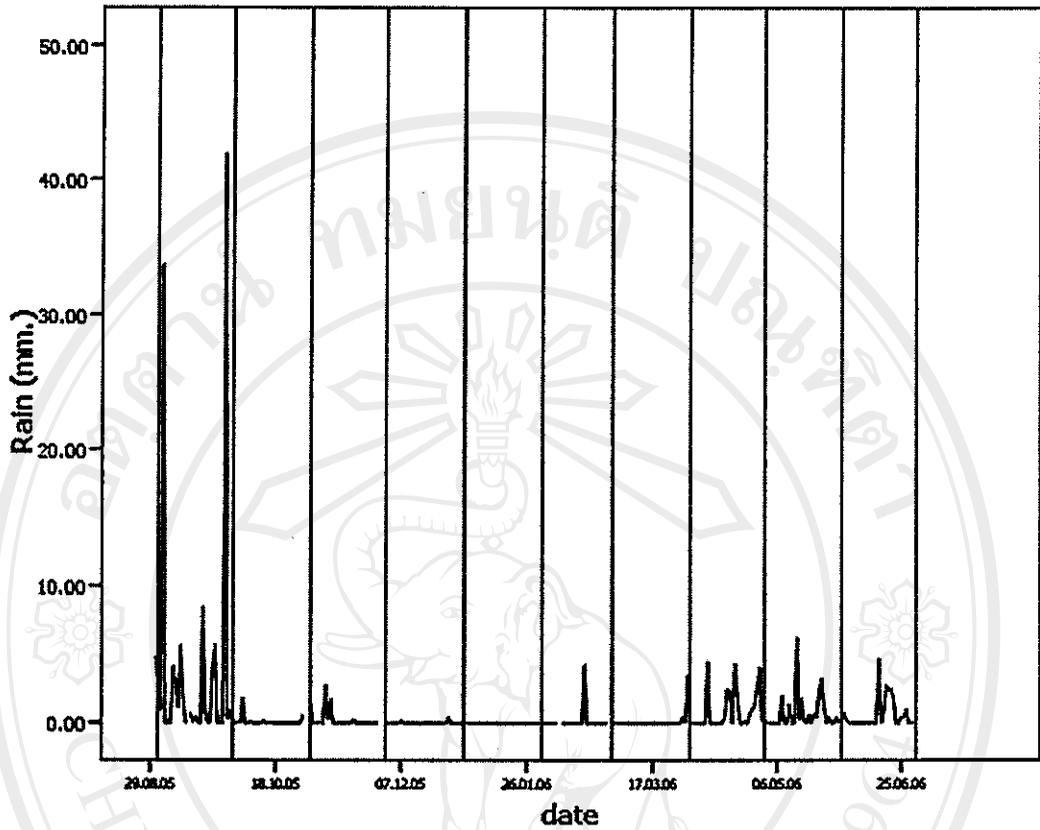
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 17 แสดง Sequence plot ของค่าความชื้นสัมพัทธ์รายวันจังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



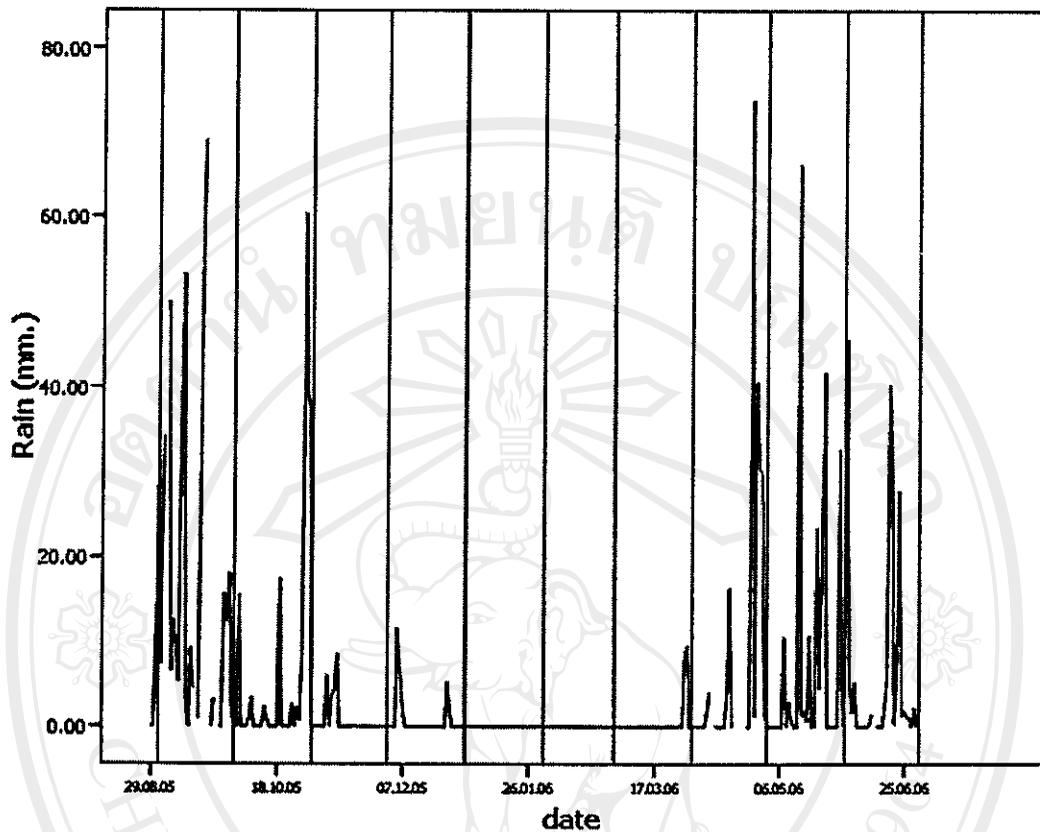
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 18 แสดง Sequence plot ของค่าปริมาณฝนรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



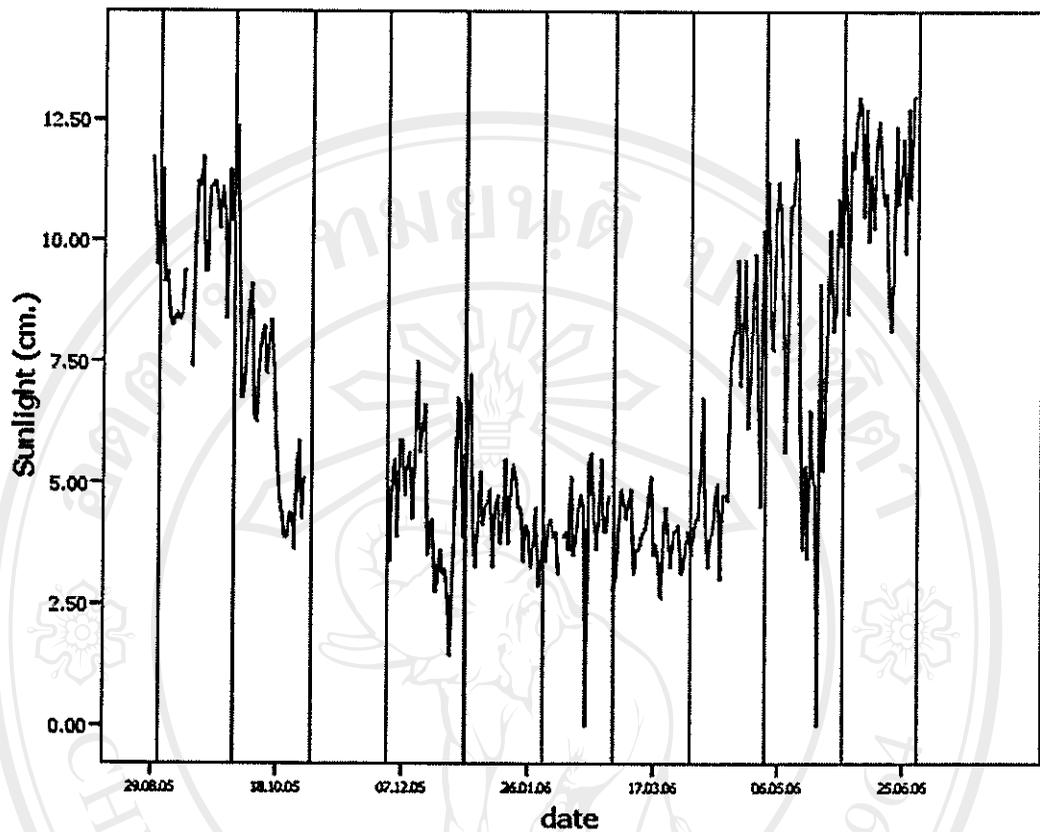
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 19 แสดง Sequence plot ของค่าปริมาณฝนรายวันจังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



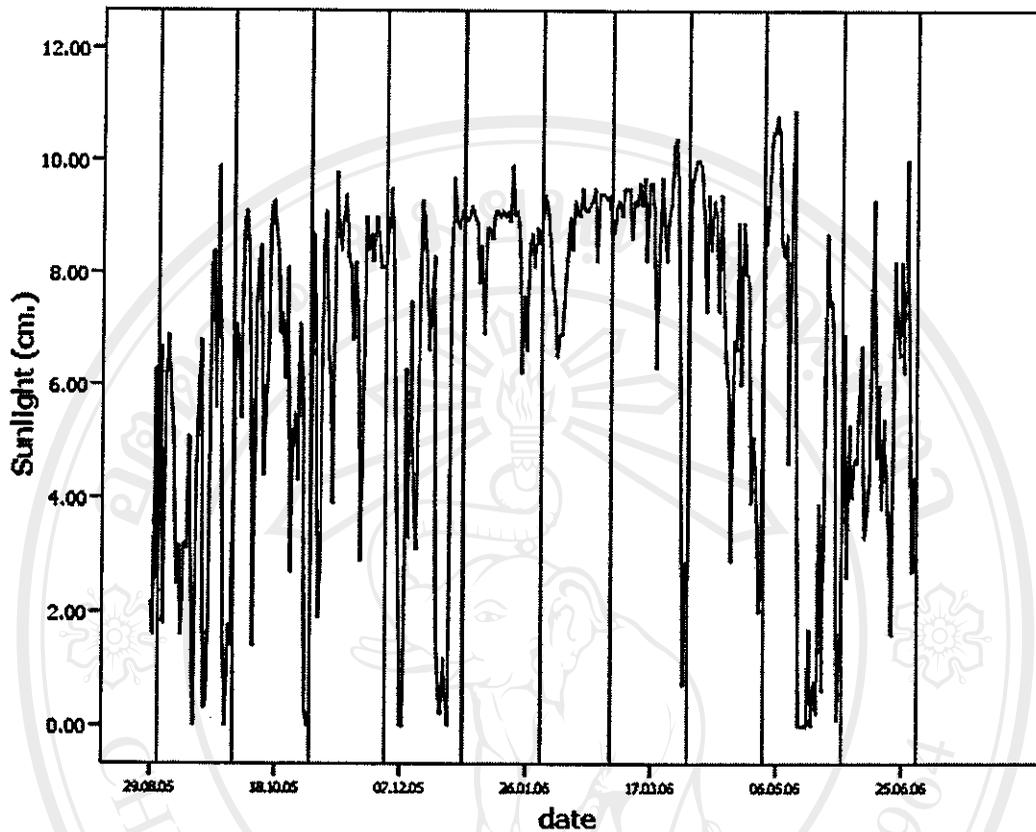
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 20 แสดง Sequence plot ของค่าปริมาณแสงแดดรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 21 แสดง Sequence plot ของค่าปริมาณแสงแดดรายวันจังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



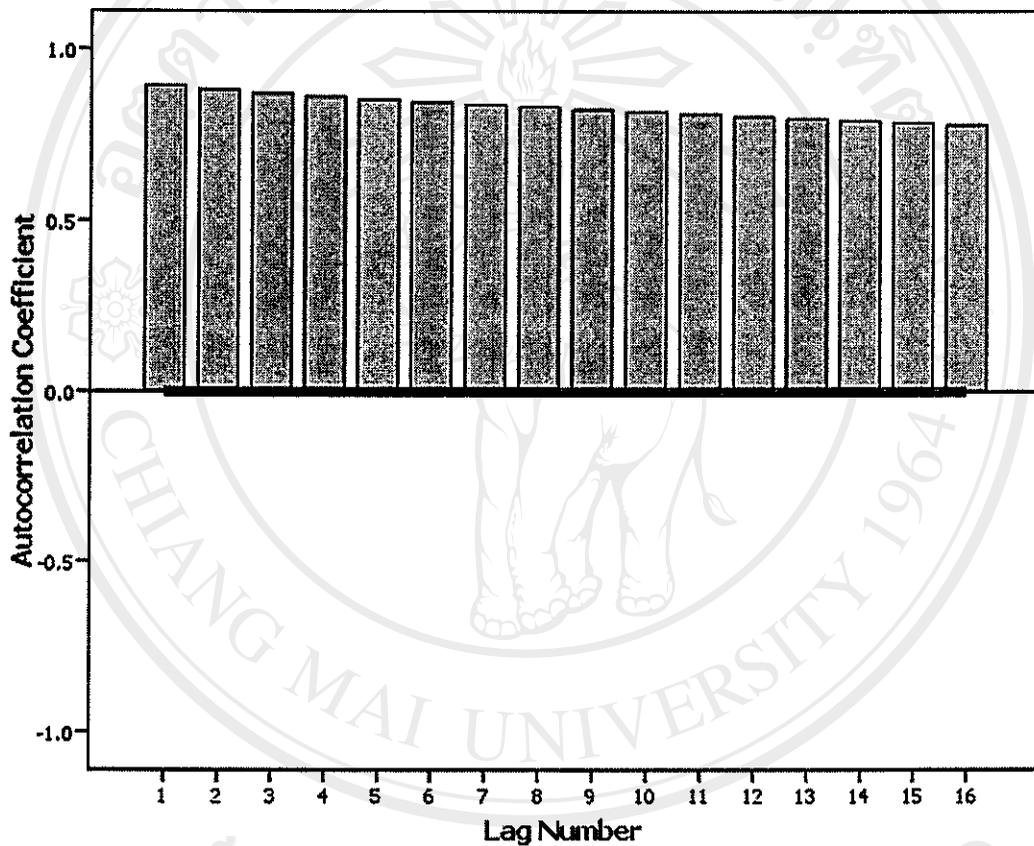
ความสำเร็จของการบันทึกค่า Peak flow ในช่วงเช้าและเย็น ที่กลุ่มตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่มีการบันทึกทุกวันตั้งแต่วันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 และกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดลำพูนมีการบันทึกทุกวันตั้งแต่วันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 แสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 แสดงจำนวนและร้อยละของความสำเร็จของการบันทึกค่า Peak flow ใน จังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (N = 208 คน)	เชียงใหม่ (N = 152 คน)				ลำพูน (N = 56 คน)			
	สมบูรณ์	ร้อยละ	ไม่ สมบูรณ์	ร้อยละ	สมบูรณ์	ร้อยละ	ไม่ สมบูรณ์	ร้อยละ
Peak flow ตอนเช้า	17	11.2	135	88.8	0	0.0	56	100.0
Peak flow ตอนเย็น	14	9.2	138	90.8	0	0.0	56	100.0

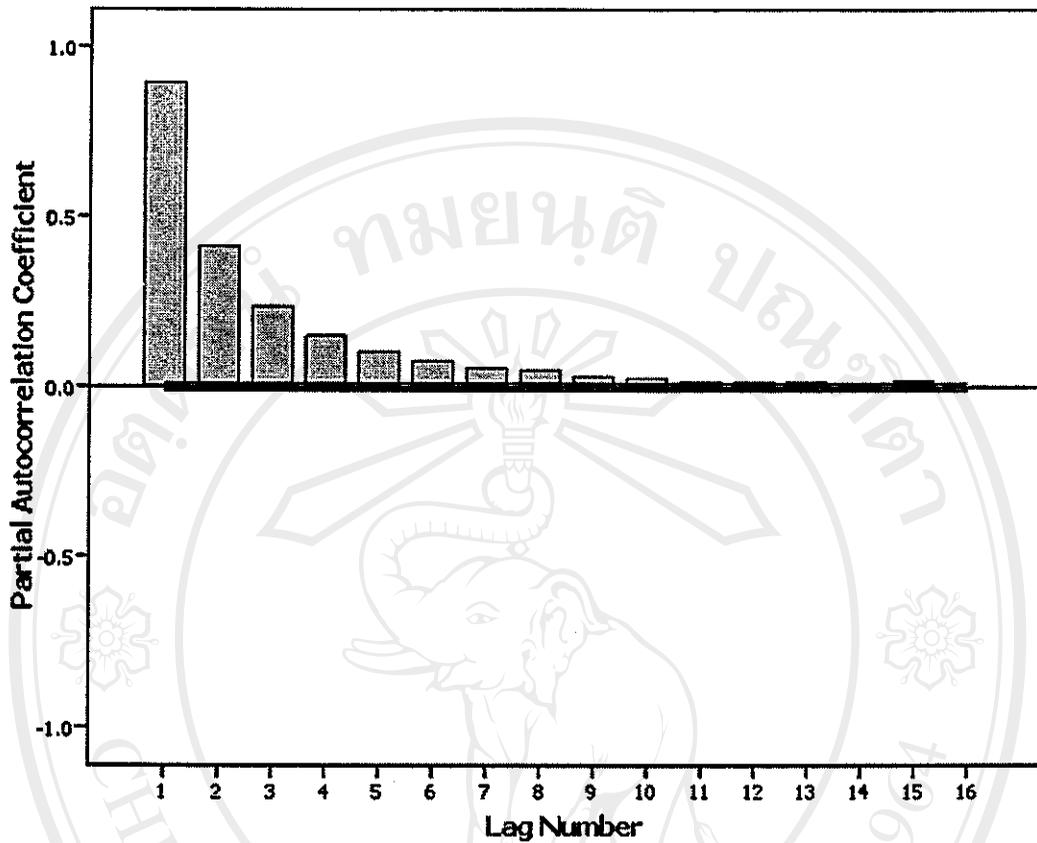
สำหรับค่า Autocorrelation coefficient และ Partial autocorrelation coefficient ของ Peak Flow เฉลี่ยรายวันของผู้ป่วยหอบหืดในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนที่ lag ต่างๆ กัน แสดงในรูปที่ 22 ถึงรูปที่ 25 ตามลำดับ ซึ่งมีรูปแบบที่คล้ายกัน กล่าวคือ เป็นแบบ exponential decay ทั้ง Autocorrelation coefficient และ Partial autocorrelation coefficient ดังนั้น model ที่เหมาะสมคือ One autoregressive (p) และ one moving average (q) parameter<sup>37,38</sup>

รูปที่ 22 แสดง Autocorrelation Coefficient ของค่า Peak Flow เฉลี่ยรายวันของผู้ป่วยหอบหืดในจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



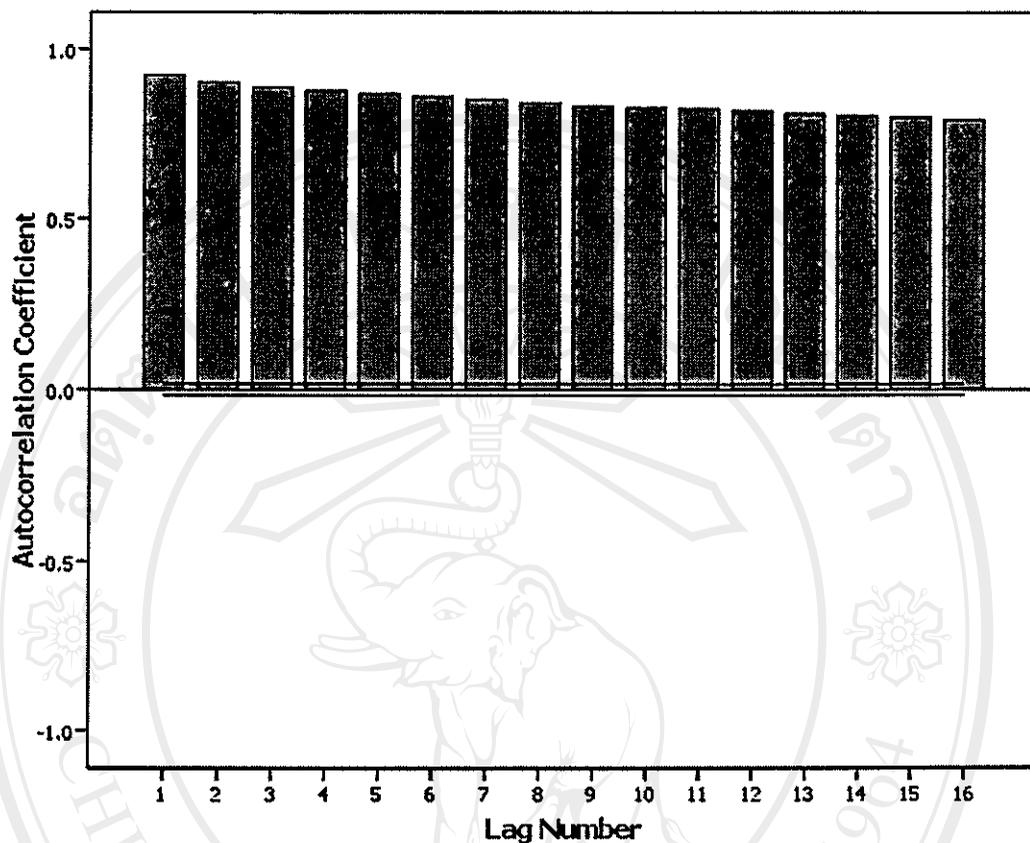
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 23 แสดง Partial Autocorrelation Coefficient ของค่า Peak Flow เฉลี่ยรายวันของผู้ป่วยหอบหืด ในจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



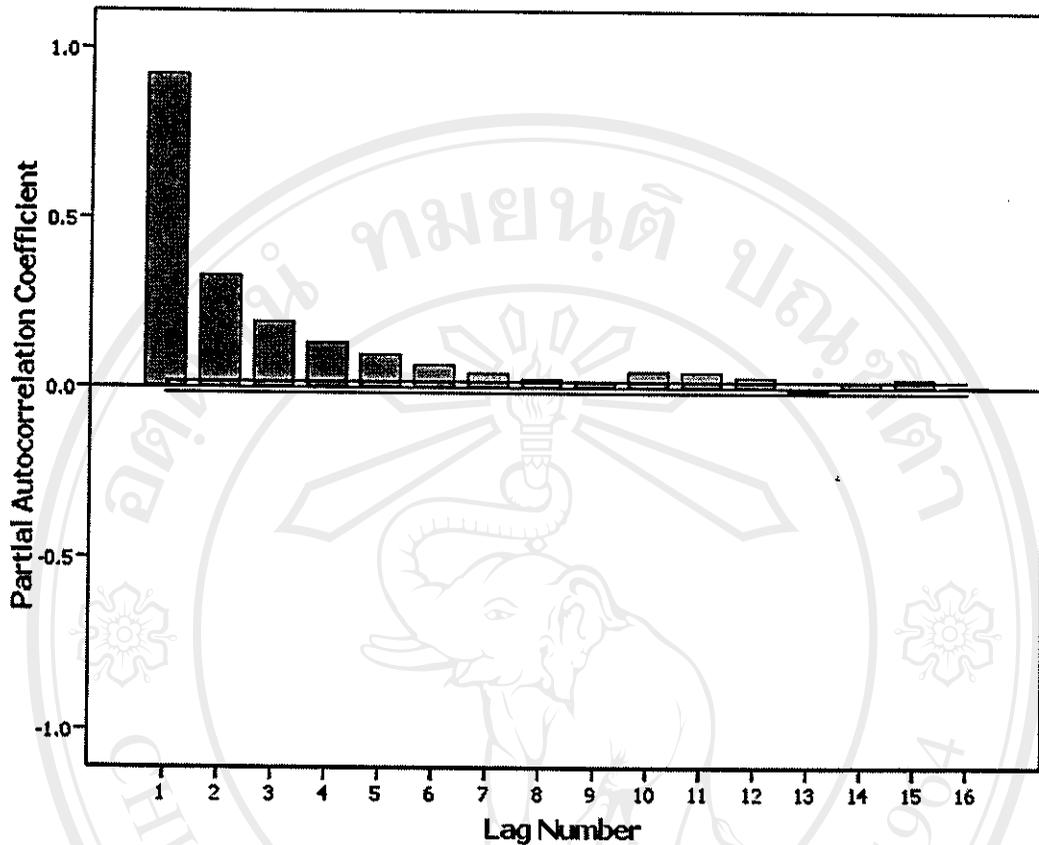
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 24 แสดง Autocorrelation Coefficient ของค่า Peak Flow เฉลี่ยรายวันของผู้ป่วยหอบหืดใน  
จังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

รูปที่ 25 แสดง Partial Autocorrelation Coefficient ของค่า Peak Flow เฉลี่ยรายวันของผู้ป่วยหอบหืด ในจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549



#### 4. การหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นและก๊าซพิษเฉลี่ยรายวัน

ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างระดับฝุ่น 2 ขนาด คือ  $PM_{2.5}$  และ  $PM_{10}$  และระดับก๊าซพิษเฉลี่ยรายวันของกรมควบคุมมลพิษ ที่สถานีตรวจคุณภาพอากาศโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โอโซน ( $O_3$ ) ไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $NO_2$ ) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) แสดงในตารางที่ 20 และค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างระดับฝุ่น 2 ขนาด คือ  $PM_{2.5}$  และ  $PM_{10}$  ในจังหวัดลำพูนแสดงในตารางที่ 21

ลิขสิทธิ์ © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 20 แสดงค่าสหสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นและก๊าซพิษเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่

สารมลพิษ		PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ระดับ CO เฉลี่ย รายวันที่ สถานีร. ยุพราช (ppm)	ระดับ O <sub>3</sub> เฉลี่ย รายวันที่ สถานีร. ยุพราช (ppb)	ระดับ NO <sub>2</sub> เฉลี่ย รายวันที่ สถานีร. ยุพราช (ppb)	ระดับ SO <sub>2</sub> เฉลี่ย รายวันที่ สถานีร. ยุพราช (ppb)
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Pearson Correlation	1	0.876(**)	0.729(**)	0.568(**)	0.826(**)	0.225(**)
	<i>p</i> -value	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Pearson Correlation	0.876(**)	1	0.529(**)	0.671(**)	0.672(**)	-0.069
	<i>p</i> -value	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.340
ระดับ CO เฉลี่ย รายวันที่ สถานีร. ยุพราช (ppm)	Pearson Correlation	0.729(**)	0.529(**)	1	0.226(**)	0.822(**)	0.425(**)
	<i>p</i> -value	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000
ระดับ O <sub>3</sub> เฉลี่ย รายวันที่ สถานีร. ยุพราช (ppb)	Pearson Correlation	0.568(**)	0.671(**)	0.226(**)	1	0.489(**)	0.074
	<i>p</i> -value	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.264
ระดับ NO <sub>2</sub> เฉลี่ย รายวันที่ สถานีร. ยุพราช (ppb)	Pearson Correlation	0.826(**)	0.672(**)	0.822(**)	0.489(**)	1	0.331(**)
	<i>p</i> -value	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.000
ระดับ SO <sub>2</sub> เฉลี่ย รายวันที่ สถานีร. ยุพราช (ppb)	Pearson Correlation	0.225(**)	-0.069	0.425(**)	0.074	0.331(**)	1
	<i>p</i> -value	0.001	0.340	0.000	0.264	0.000	-

\*\*มีนัยสำคัญที่ *p*-value < 0.01

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 21 แสดงค่าสหสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน

สารมลพิษ		PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Pearson Correlation	1	0.976(**)
	<i>p</i> -value	–	0.000
PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Pearson Correlation	0.976(**)	1
	<i>p</i> -value	0.000	–

\*\*มีนัยสำคัญที่ *p*-value < 0.01

5. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวัน

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันกับระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดเชียงใหม่ และการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันกับระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 22 และตารางที่ 23 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับเชียงใหม่เป็นระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 และสำหรับลำพูนเป็นระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 ทั้งนี้เนื่องจากกระยะเริ่มต้นของการเก็บข้อมูล มีความล่าช้าจากผู้ช่วยจำนวนหนึ่งค่อยๆ ทอยเข้ามาในการศึกษาทำให้เริ่มต้นไม่พร้อมกัน อนึ่ง ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 22 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า *p*-value ที่ lag 0–6 วันของสารมลพิษและค่าทางอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Items	Parameters	$\beta$	Std. Error	<i>p</i> -value
PM <sub>2.5</sub>	Intercept	312.02	7.6540	<0.0001
	Lag 0	-0.03685	0.01353	0.0065*
	Intercept	312.10	7.6616	<0.0001
	Lag 1	-0.03552	0.01356	0.0088*

	Intercept	311.74	7.6751	<0.0001
	Lag 2	0.03817	0.01333	0.0042*
	Intercept	311.67	7.6611	<0.0001
	Lag 3	0.004657	0.01339	0.7280
	Intercept	311.67	7.6537	<0.0001
	Lag 4	0.01209	0.01338	0.3660
	Intercept	311.60	7.6124	<0.0001
	Lag 5	0.01098	0.01261	0.3840
	Intercept	311.62	7.6437	<0.0001
Lag 6	0.01350	0.01290	0.2954	
PM <sub>10</sub>	Intercept	311.97	7.6912	<0.0001
	Lag 0	-0.02526	0.01058	0.0170*
	Intercept	312.07	7.6958	<0.0001
	Lag 1	-0.02154	0.01062	0.0426*
	Intercept	311.70	7.7180	<0.0001
	Lag 2	0.02042	0.01049	0.0515
	Intercept	311.66	7.7071	<0.0001
	Lag 3	0.003441	0.01051	0.7434
	Intercept	311.68	7.6979	<0.0001
	Lag 4	0.01143	0.01050	0.2763
	Intercept	311.62	7.6924	<0.0001
	Lag 5	0.01131	0.01047	0.2801
	Intercept	311.66	7.7048	<0.0001
Lag 6	0.006622	0.01065	0.5342	
CO	Intercept	311.78	7.6952	<0.0001
	Lag 0	-0.8697	0.7260	0.2309
	Intercept	311.94	7.6829	<0.0001
	Lag 1	-0.7672	0.7184	0.2855
	Intercept	311.62	7.7258	<0.0001
	Lag 2	0.4758	0.7199	0.5086
	Intercept	311.57	7.7245	<0.0001
	Lag 3	-0.2513	0.7216	0.7277
	Intercept	311.74	7.7397	<0.0001
	Lag 4	0.5842	0.7233	0.4193
	Intercept	311.55	7.7318	<0.0001
	Lag 5	-0.9158	0.7253	0.2068
	Intercept	311.63	7.7288	<0.0001
Lag 6	2.3363	0.7259	0.0013*	
O <sub>3</sub>	Intercept	311.70	7.6979	<0.0001
	Lag 0	0.02757	0.04166	0.5081
	Intercept	311.92	7.6792	<0.0001
	Lag 1	-0.04366	0.04111	0.2883
	Intercept	311.58	7.7194	<0.0001
	Lag 2	0.04683	0.04119	0.2556
	Intercept	311.63	7.7785	<0.0001
	Lag 3	-0.04338	0.04464	0.3311
	Intercept	311.73	7.7743	<0.0001
	Lag 4	0.1025	0.04310	0.0174*
	Intercept	311.57	7.7748	<0.0001
	Lag 5	0.02163	0.04337	0.6179
	Intercept	311.58	7.7757	<0.0001
Lag 6	-0.05883	0.04358	0.1770	
NO <sub>2</sub>	Intercept	311.78	7.7016	<0.0001
	Lag 0	-0.05600	0.05672	0.3235
	Intercept	311.94	7.6970	<0.0001

	Lag 1	-0.06148	0.05606	0.2728
	Intercept	311.60	7.7418	<0.0001
	Lag 2	-0.01872	0.05630	0.7395
	Intercept	311.56	7.7403	<0.0001
	Lag 3	-0.02610	0.05640	0.6435
	Intercept	311.68	7.7324	<0.0001
	Lag 4	0.007648	0.05446	0.8883
	Intercept	311.51	7.7268	<0.0001
	Lag 5	0.04746	0.05447	0.3836
	Intercept	311.51	7.7246	<0.0001
	Lag 6	0.1594	0.05476	0.0036*
<b>SO<sub>2</sub></b>	Intercept	311.81	7.7697	<0.0001
	Lag 0	-0.8541	0.4427	0.0537
	Intercept	312.08	7.7497	<0.0001
	Lag 1	-0.00497	0.3962	0.9900
	Intercept	312.01	7.7935	<0.0001
	Lag 2	0.1207	0.4581	0.7922
	Intercept	312.29	7.8290	<0.0001
	Lag 3	0.6613	0.5299	0.2120
	Intercept	312.42	7.8212	<0.0001
	Lag 4	0.3106	0.5315	0.5589
	Intercept	312.40	7.8264	<0.0001
	Lag 5	-0.1297	0.5695	0.8198
	Intercept	311.84	7.8460	<0.0001
	Lag 6	1.0050	0.5699	0.0778
<b>Pressure</b>	Intercept	311.93	7.6824	<0.0001
	Lag 0	0.09754	0.1404	0.4873
	Intercept	312.03	7.6884	<0.0001
	Lag 1	-0.1858	0.1412	0.1880
	Intercept	311.67	7.7131	<0.0001
	Lag 2	-0.2474	0.1414	0.0801
	Intercept	311.68	7.7029	<0.0001
	Lag 3	-0.1293	0.1414	0.3604
	Intercept	311.70	7.6950	<0.0001
	Lag 4	-0.1004	0.1419	0.4792
	Intercept	311.64	7.6907	<0.0001
	Lag 5	-0.1234	0.1421	0.3852
	Intercept	311.67	7.6994	<0.0001
	Lag 6	-0.00794	0.1424	0.9555
<b>Temperature</b>	Intercept	311.91	7.6826	<0.0001
	Lag 0	-0.1723	0.1456	0.2368
	Intercept	312.06	7.6886	<0.0001
	Lag 1	0.2031	0.1459	0.1639
	Intercept	311.67	7.7133	<0.0001
	Lag 2	0.003241	0.1460	0.9823
	Intercept	311.68	7.7030	<0.0001
	Lag 3	0.1322	0.1464	0.3665
	Intercept	311.70	7.6949	<0.0001
	Lag 4	0.1547	0.1466	0.2912
	Intercept	311.64	7.6905	<0.0001
	Lag 5	0.2301	0.1466	0.1166
	Intercept	311.67	7.6994	<0.0001
	Lag 6	0.02857	0.1467	0.8456
<b>Humidity</b>	Intercept	311.93	7.6825	<0.0001
	Lag 0	0.03052	0.03334	0.3600

	Intercept	312.04	7.6885	<0.0001
	Lag 1	-0.02291	0.03351	0.4942
	Intercept	311.67	7.7133	<0.0001
	Lag 2	0.009002	0.03357	0.7886
	Intercept	311.68	7.7029	<0.0001
	Lag 3	-0.03362	0.03356	0.3164
	Intercept	311.70	7.6950	<0.0001
	Lag 4	-0.06362	0.03362	0.0585
	Intercept	311.63	7.6906	<0.0001
	Lag 5	-0.06097	0.03355	0.0692
	Intercept	311.67	7.6994	<0.0001
	Lag 6	0.04381	0.03339	0.1895
Sunlight	Intercept	311.93	7.6824	<0.0001
	Lag 0	-0.00296	0.06958	0.9661
	Intercept	312.04	7.6886	<0.0001
	Lag 1	0.06000	0.06974	0.3896
	Intercept	311.67	7.7133	<0.0001
	Lag 2	-0.01149	0.07004	0.8697
	Intercept	311.66	7.7030	<0.0001
	Lag 3	0.03916	0.07035	0.5778
	Intercept	311.68	7.6950	<0.0001
	Lag 4	0.08825	0.07073	0.2122
	Intercept	311.62	7.6906	<0.0001
	Lag 5	0.05872	0.07048	0.4047
Intercept	311.67	7.6994	<0.0001	
Lag 6	-0.03521	0.07062	0.6181	
Rain	Intercept	312.16	7.7028	<0.0001
	Lag 0	-0.01162	0.01514	0.4425
	Intercept	312.20	7.6695	<0.0001
	Lag 1	-0.03487	0.01439	0.0154*
	Intercept	312.13	7.7011	<0.0001
	Lag 2	-0.01313	0.01504	0.3825
	Intercept	311.52	7.6939	<0.0001
	Lag 3	0.004872	0.01412	0.7301
	Intercept	311.74	7.7112	<0.0001
	Lag 4	-0.00893	0.01528	0.5588
	Intercept	311.61	7.6730	<0.0001
	Lag 5	0.004997	0.01449	0.7302
Intercept	311.68	7.6609	<0.0001	
Lag 6	-0.00071	0.01414	0.9602	

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 23 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 0-6 วัน ของอนุภาคฝุ่นและค่าทางอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Items	Parameters	$\beta$	Std. Error	$p$ -value
PM <sub>2.5</sub>	Intercept	295.30	10.6042	<0.0001
	Lag 0	-0.02309	0.01614	0.1525
	Intercept	295.48	10.6364	<0.0001

	Lag 1	0.002639	0.01609	0.8697
	Intercept	295.36	10.6412	<0.0001
	Lag 2	0.006963	0.01614	0.6661
	Intercept	295.36	10.6304	<0.0001
	Lag 3	-0.01292	0.01611	0.4225
	Intercept	295.44	10.6055	<0.0001
	Lag 4	0.01828	0.01610	0.2564
	Intercept	295.26	10.5763	<0.0001
	Lag 5	-0.00504	0.01590	0.7512
	Intercept	295.00	10.6235	<0.0001
PM <sub>10</sub>	Lag 6	-0.00181	0.01587	0.9093
	Intercept	295.26	10.5977	<0.0001
	Lag 0	-0.02082	0.01296	0.1081
	Intercept	295.40	10.6295	<0.0001
	Lag 1	0.007337	0.01292	0.5700
	Intercept	295.25	10.6225	<0.0001
	Lag 2	0.001212	0.01297	0.9256
	Intercept	295.27	10.6224	<0.0001
	Lag 3	-0.00619	0.01297	0.6333
	Intercept	295.42	10.6081	<0.0001
	Lag 4	0.01514	0.01297	0.2432
	Intercept	295.33	10.6014	<0.0001
	Lag 5	-0.00898	0.01288	0.4856
	Intercept	295.05	10.6373	<0.0001
Lag 6	0.000432	0.01286	0.9732	
Pressure	Intercept	295.28	10.5961	<0.0001
	Lag 0	-0.06529	0.2053	0.7505
	Intercept	295.41	10.6259	<0.0001
	Lag 1	-0.1862	0.2051	0.3640
	Intercept	295.27	10.6181	<0.0001
	Lag 2	-0.07142	0.2042	0.7265
	Intercept	295.29	10.6187	<0.0001
	Lag 3	0.1456	0.2052	0.4781
	Intercept	295.44	10.6061	<0.0001
	Lag 4	0.1653	0.2059	0.4221
	Intercept	295.32	10.5977	<0.0001
	Lag 5	0.2249	0.2059	0.2748
	Intercept	295.07	10.6335	<0.0001
Lag 6	0.02252	0.2073	0.9135	
Temperature	Intercept	295.29	10.5954	<0.0001
	Lag 0	0.3683	0.1879	0.0500
	Intercept	295.42	10.6249	<0.0001
	Lag 1	0.2769	0.1887	0.1424
	Intercept	295.26	10.6182	<0.0001
	Lag 2	0.1178	0.1893	0.5339
	Intercept	295.32	10.6180	<0.0001
	Lag 3	-0.1550	0.1894	0.4133
	Intercept	295.43	10.6065	<0.0001
	Lag 4	0.1047	0.1898	0.5812
	Intercept	295.30	10.5979	<0.0001
	Lag 5	0.1781	0.1895	0.3473
Intercept	295.06	10.6335	<0.0001	
Lag 6	0.02802	0.1903	0.8829	
Humidity	Intercept	295.30	10.6631	<0.0001
	Lag 0	0.006857	0.04057	0.8658

	Intercept	295.43	10.6464	<0.0001
	Lag 1	-0.02541	0.04047	0.5300
	Intercept	295.25	10.6848	<0.0001
	Lag 2	0.001762	0.04028	0.9651
	Intercept	295.26	10.6826	<0.0001
	Lag 3	0.01868	0.03993	0.6400
	Intercept	295.45	10.6611	<0.0001
	Lag 4	-0.08611	0.04020	0.0322*
	Intercept	295.33	10.6085	<0.0001
	Lag 5	0.009046	0.04050	0.8233
	Intercept	295.07	10.6610	<0.0001
	Lag 6	0.02323	0.04034	0.5648
Sunlight	Intercept	295.56	10.8270	<0.0001
	Lag 0	-0.1492	0.1509	0.3229
	Intercept	295.51	10.7700	<0.0001
	Lag 1	0.1922	0.1500	0.2002
	Intercept	295.32	10.7717	<0.0001
	Lag 2	0.1046	0.1495	0.4840
	Intercept	295.34	10.7118	<0.0001
	Lag 3	-0.2366	0.1481	0.1103
	Intercept	295.61	10.7225	<0.0001
	Lag 4	0.01082	0.1498	0.9424
	Intercept	295.54	10.6652	<0.0001
	Lag 5	0.07664	0.1505	0.6106
Intercept	295.32	10.7138	<0.0001	
Lag 6	-0.08276	0.1509	0.5834	
Rain	Intercept	296.44	10.9087	<0.0001
	Lag 0	-0.02465	0.06430	0.7015
	Intercept	295.95	10.9041	<0.0001
	Lag 1	-0.05906	0.06277	0.3468
	Intercept	296.08	10.8445	<0.0001
	Lag 2	-0.07152	0.06220	0.2502
	Intercept	295.95	10.9058	<0.0001
	Lag 3	0.01593	0.06184	0.7967
	Intercept	295.85	10.8896	<0.0001
	Lag 4	0.02203	0.06191	0.7220
	Intercept	296.00	10.8155	<0.0001
	Lag 5	0.008746	0.06231	0.8884
Intercept	295.89	10.8451	<0.0001	
Lag 6	0.02730	0.06242	0.6618	

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 24 ถึง ตารางที่ 34 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับเชียงใหม่จะเป็นระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30

มิถุนายน 2549 ทั้งนี้เนื่องจากระยะเริ่มต้นของการเก็บข้อมูล Peak flow ในจังหวัดเชียงใหม่มีความล่าช้าจากผู้ช่วยจำนวนหนึ่งค่อยๆ ทอยเข้ามาในการศึกษาทำให้เริ่มต้นไม่พร้อมกัน ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้นตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 24 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.74	7.6751	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	0.03817	0.01333	0.0042*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 25 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.97	7.6912	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	-0.02526	0.02526	0.0170*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 26 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.63	7.7288	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน CO	2.3363	0.7259	0.0013*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ลิขสิทธิ์ © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 27 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เดลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า  $O_3$  เดลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.73	7.7743	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $O_3$	0.1025	0.04310	0.0174*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 28 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เดลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า  $NO_2$  เดลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.51	7.7246	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $NO_2$	0.1594	0.05476	0.0036*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 29 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เดลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $SO_2$  เดลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.81	7.7697	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $SO_2$	-0.8541	0.4427	0.0537

ตารางที่ 30 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เดลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.67	7.7131	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	-0.2474	0.1414	0.0801

ตารางที่ 31 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เดลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.64	7.6905	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.2301	0.2301	0.1166

ตารางที่ 32 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.701	7.6950	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.06362	0.03362	0.0585

ตารางที่ 33 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.68	7.6950	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	0.08825	0.07073	0.2122

ตารางที่ 34 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.20	7.6695	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.03487	0.01439	0.0154*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , CO,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 35 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ age, severity, dayofweek, weight, height,  $PM_{2.5}$  (lag 2),  $PM_{10}$  (lag 0), CO (lag 6) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 36 แล้วตัดตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป เหลือ Model สุดท้ายดังแสดงในตารางที่ 37

ตารางที่ 35 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-253.97	76.4465	0.0011
Sex (1)	14.1576	12.1743	0.2468
Age	-1.8380	0.3331	<0.0001*
Severity (1)	55.0628	30.5004	0.0731
Severity (2)	64.8109	27.8905	0.0216*
Severity (3)	64.9579	27.5144	0.0196*
day of week (0)	0.2674	0.7050	0.7046
day of week (1)	0.8428	0.6742	0.2116
day of week (2)	1.7065	0.6619	0.0101*
day of week (3)	0.7056	0.6986	0.3128
day of week (4)	0.9845	0.7142	0.1684
day of week (5)	1.1574	0.7404	0.1184
Weight	2.2027	0.5582	0.0001*
Height	2.9766	0.6035	<0.0001*
PM <sub>2.5</sub> (lag 2)	0.05731	0.01691	0.0007*
PM <sub>10</sub> (lag 0)	-0.02302	0.01375	0.0942
CO (lag 6)	-2.1188	1.2316	0.0854
O <sub>3</sub> (lag 4)	-0.00071	0.05235	0.9891
NO <sub>2</sub> (lag 6)	0.1347	0.08996	0.1345
SO <sub>2</sub> (lag 0)	-0.2098	0.4936	0.6708
Pressure (lag 2)	-0.1765	0.1877	0.3470
Temperature (lag 5)	0.03957	0.1869	0.8323
Humidity (lag 4)	0.01670	0.04791	0.7274
Sunlight (lag 4)	0.04996	0.09898	0.6138
Rain (lag 1)	-0.02470	0.02289	0.2805

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 36 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-263.46	74.8203	0.0006
Age	-1.9199	0.3211	<0.0001
Severity (1)	58.2343	29.8392	0.0529
Severity (2)	66.7701	27.3363	0.0158*
Severity (3)	64.3892	27.0438	0.0186*
day of week (0)	0.9427	0.6434	0.1432
day of week (1)	0.1284	0.6391	0.8409
day of week (2)	1.1584	0.6466	0.0736

day of week (3)	0.5948	0.6405	0.3533
day of week (4)	0.3962	0.6368	0.5340
day of week (5)	0.6385	0.6366	0.3162
Weight	2.1069	0.5483	0.0002*
Height	3.1350	0.5838	<0.0001*
PM <sub>2.5</sub> (lag 2)	0.03400	0.01476	0.0213*
PM <sub>10</sub> (lag 0)	-0.01564	0.01175	0.1833
CO (lag 6)	1.8338	0.7701	0.0173*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 37 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ของตัวแปร ภายหลังจากกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-264.17	74.6299	0.0005
Age	-1.9128	0.3203	<0.0001*
Severity (1)	58.6514	29.7625	0.0507
Severity (2)	67.0162	27.2662	0.0152*
Severity (3)	64.5899	26.9746	0.0179*
Weight	2.0980	0.5469	0.0002*
Height	3.1417	0.5824	<0.0001*
PM <sub>2.5</sub> (lag 2)	0.04112	0.01377	0.0028*
CO (lag 6)	1.8226	0.7483	0.0149*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันกับระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงใน การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับ ลำพูนจะเป็นระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 ดังแสดงใน ตารางที่ 38 ถึงตารางที่ 44 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 38 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.30	10.6042	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	-0.02309	0.01614	0.1525

ตารางที่ 39 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.26	10.5977	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	-0.02082	0.01296	0.1081

ตารางที่ 40 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.32	10.5977	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	0.2249	0.2059	0.2748

ตารางที่ 41 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.29	10.5954	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.3683	0.1879	0.0500

ตารางที่ 42 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.45	10.6611	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.08611	0.04020	0.0322*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 43 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.34	10.7118	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	-0.2366	0.1481	0.1103

ตารางที่ 44 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	296.08	10.8445	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.07152	0.06220	0.2502

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 45 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ severity, Height, Pressure (lag 5), และ Humidity (lag 4) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 46 แล้วตัดตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป เหลือ Model สุดท้ายดังแสดงในตารางที่ 47

ตารางที่ 45 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล อุณหภูมิอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	16.9494	173.18	0.9225
Sex (1)	5.2227	22.5942	0.8182
Age	-0.7643	0.6488	0.2447
Severity (1)	-162.44	76.0422	0.0379*
Severity (2)	-212.60	72.3186	0.0051*
Severity (3)	-207.98	71.0334	0.0052*
day of week (0)	1.2441	0.9697	0.2004
day of week (1)	-0.06273	0.9755	0.9488
day of week (2)	0.4227	0.9753	0.6650

day of week (3)	0.1683	0.9492	0.8594
day of week (4)	-0.7908	0.9367	0.3992
day of week (5)	-1.0269	0.9500	0.2805
Weight	0.8699	1.0218	0.3989
Height	2.9207	1.1880	0.0177*
PM <sub>10</sub> (lag 0)	-0.05185	0.03638	0.1541
PM <sub>2.5</sub> (lag 0)	0.03110	0.04330	0.4727
Pressure (lag 5)	0.4491	0.2559	0.0793
Temperature (lag 0)	0.3407	0.2343	0.1459
Humidity (lag 4)	-0.1146	0.05144	0.0259*
Sunlight (lag 3)	-0.1768	0.1665	0.2884
Rain (lag 2)	-0.06703	0.06736	0.3197

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 46 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ของตัวแปร ภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-66.8893	151.41	0.6606
Severity (1)	-128.06	67.1232	0.0622
Severity (2)	-191.55	64.9758	0.0049*
Severity (3)	-184.91	64.5767	0.0061*
Height	3.4016	0.8597	0.0002*
Pressure (lag 5)	0.1927	0.2112	0.3614
Humidity (lag 4)	-0.08408	0.04055	0.0381*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 47 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า  $p$ -value ของตัวแปร ภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-65.7000	151.81	0.6670
Severity(1)	-128.20	67.3124	0.0626
Severity(2)	-191.38	65.1594	0.0050*
Severity(3)	-184.75	64.7598	0.0063*
Height	3.3942	0.8619	0.0003*
Humidity (lag 4)	-0.08758	0.04035	0.0300*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

6. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้ารายวัน

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้ารายวันกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , CO,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 48 ถึงตารางที่ 58 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับเชียงใหม่จะเป็นระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 ทั้งนี้เนื่องจากระยะเริ่มต้นของการเก็บข้อมูล Peak flow ในจังหวัดเชียงใหม่มีความล่าช้าจากผู้ป่วยจำนวนหนึ่งค่อยๆ ทอยเข้ามาในการศึกษาทำให้เริ่มต้นไม่พร้อมกัน ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 48 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.87	7.6874	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	0.01080	0.01333	0.4090

ตารางที่ 49 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.73	7.7682	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	0.008532	0.01333	0.5221

ตารางที่ 50 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.80	7.7832	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน CO	3.0236	0.9245	0.0011*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 51 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า  $O_3$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.79	7.8164	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $O_3$	0.1541	0.05158	0.0028*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 52 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า  $NO_2$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.72	7.7946	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $NO_2$	-0.1316	0.07168	0.0664

ตารางที่ 53 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $SO_2$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.18	7.7994	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $SO_2$	-0.5931	0.6231	0.3411

ตารางที่ 54 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.94	7.7574	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	-0.2290	0.1765	0.1945

ตารางที่ 55 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.70	7.7630	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.2652	0.1838	0.1489

ตารางที่ 56 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.63	7.7598	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.05705	0.04208	0.1751

ตารางที่ 57 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.67	7.7630	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	0.1693	0.08874	0.0564

ตารางที่ 58 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.02	7.7070	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.02769	0.01600	0.0835

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าเฉลี่ยรายวันกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $CO$ ,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 59 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ age, severity, weight, height,  $SO_2$  (lag 0), แสงแดด (lag 4) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 60 แล้วตัดตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป เหลือ Model สุดท้ายดังแสดงในตารางที่ 61

ตารางที่ 59 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ตัวแปร ส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-266.00	74.4969	0.0005
Sex (1)	16.4183	11.8628	0.1685
Age	-1.7382	0.3247	<0.0001*
Severity (1)	55.9077	29.7086	0.0619
Severity (2)	66.1399	27.1699	0.0162*
Severity (3)	66.1399	26.8062	0.0148*
day of week (0)	-0.3022	0.5693	0.5956
day of week (1)	0.2351	0.5282	0.6564
day of week (2)	0.3694	0.5187	0.4765
day of week (3)	0.2647	0.5694	0.6421
day of week (4)	0.3443	0.5842	0.5558
day of week (5)	0.6837	0.5836	0.2418
Weight	2.1486	0.5441	0.0001*
Height	3.0404	0.5881	<0.0001*
PM <sub>2.5</sub> (lag 0)	0.01750	0.01197	0.1439
PM <sub>10</sub> (lag 4)	-0.00674	0.009044	0.4560
CO (lag 6)	-1.0773	0.6887	0.1178
O <sub>3</sub> (lag 4)	-0.04426	0.04090	0.2792
NO <sub>2</sub> (lag 3)	-0.01195	0.04905	0.8075
SO <sub>2</sub> (lag 0)	-0.6303	0.3702	0.0887
Pressure (lag 1)	-0.05385	0.1447	0.7097
Temperature (lag 4)	-0.01858	0.1622	0.9088
Humidity (lag 5)	-0.04317	0.03111	0.1653
Sunlight (lag 4)	0.1799	0.07235	0.0129*
Rain (lag 1)	-0.02476	0.01835	0.1773

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright© by Chiang Mai University  
 All rights reserved

ตารางที่ 60 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-263.04	76.6872	0.0008
Age	-1.8512	0.3288	<0.0001*
Severity (1)	56.3612	30.6347	0.0679
Severity (2)	66.9783	28.0571	0.0183*
Severity (3)	63.1119	27.7564	0.0245*
Weight	2.1867	0.5612	0.0001*
Height	3.0947	0.5982	<0.0001*
SO <sub>2</sub> (lag 0)	-0.6307	0.6244	0.3124
Sunlight (lag 4)	0.2828	0.1285	0.0278*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 61 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-272.16	75.7432	0.0004
Age	-1.8480	0.3249	<0.0001*
Severity (1)	57.3963	30.2291	0.0596
Severity (2)	66.7793	27.6897	0.0171*
Severity (3)	63.6733	27.3944	0.0215*
Weight	2.0791	0.5546	0.0003*
Height	3.1873	0.5909	<0.0001*
Sunlight (lag 4)	0.1693	0.08873	0.0564

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้ารายวันกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 62 ถึงตารางที่ 68 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับลำพูนจะเป็นระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม

2549 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 62 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.28	10.9060	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	0.03530	0.02355	0.1340

ตารางที่ 63 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.19	10.8740	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	-0.02799	0.01884	0.1373

ตารางที่ 64 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.03	10.8904	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	0.2411	0.2992	0.4204

ตารางที่ 65 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.21	10.8971	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.5117	0.2735	0.0614

Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 66 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.31	10.8904	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.1474	0.05765	0.0106*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 67 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.20	11.0903	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	-0.3138	0.2180	0.1500

ตารางที่ 68 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.81	11.0726	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.1522	0.09157	0.0966

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะตอนเช้ากับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 69 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ severity, day of week, height, ความชื้นสัมพัทธ์ (lag 4) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 70 แล้วตัดตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป เหลือ Model สุดท้ายดังแสดงในตารางที่ 71

ตารางที่ 69 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	42.1595	182.18	0.8180
Sex (1)	4.8463	23.7553	0.8392
Age	-0.7055	0.6812	0.3056
Severity (1)	-167.64	80.2504	0.0422*
Severity (2)	-219.75	76.3191	0.0060*
Severity (3)	-217.73	74.9570	0.0056*
day of week (0)	2.4129	1.4463	0.0962
day of week (1)	0.2109	1.4497	0.8844
day of week (2)	1.0975	1.4404	0.4467
day of week (3)	0.3919	1.4413	0.7859
day of week (4)	-0.1268	1.4175	0.9288
day of week (5)	0.006743	1.4648	0.9963
Weight	0.8064	1.0745	0.4567
Height	2.8106	1.2494	0.0292*
PM <sub>2.5</sub> (lag 4)	0.02450	0.02911	0.4000
PM <sub>10</sub> (lag 0)	-0.02824	0.02360	0.2315
Pressure (lag 6)	0.03790	0.3782	0.9202
Temperature (lag 4)	-0.09907	0.4007	0.8047
Humidity (lag 4)	-0.1896	0.09024	0.0357*
Sunlight (lag 3)	-0.3008	0.2490	0.2271
Rain (lag 1)	-0.1453	0.09972	0.1451

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright© by Chiang Mai University  
 All rights reserved

ตารางที่ 70 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-44.9708	157.93	0.7770
Severity (1)	-130.25	70.1199	0.0691
Severity (2)	-193.01	67.8621	0.0064*
Severity (3)	-189.83	67.4447	0.0070*
day of week (0)	1.3842	1.0959	0.2075
day of week (1)	-0.5264	1.1115	0.6361
day of week (2)	-0.3414	1.1120	0.7590
day of week (3)	-0.1288	1.0921	0.9062
day of week (4)	-0.8869	1.0816	0.4128
day of week (5)	-0.7385	1.0800	0.4946
Height	3.2837	0.8964	0.0006*
Humidity (lag 4)	-0.1607	0.05838	0.0059*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 71 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-45.2863	157.90	0.7754
Severity (1)	-130.21	70.1069	0.0692
Severity (2)	-192.94	67.8496	0.0064*
Severity (3)	-189.77	67.4323	0.0070*
Height	3.2841	0.8963	0.0006*
Humidity (lag 4)	-0.1513	0.05789	0.0090*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

## 7. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นรายวัน

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นรายวันกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $CO$ ,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วย

โปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 72 ถึงตารางที่ 82 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับเชียงใหม่จะเป็นระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 ทั้งนี้เนื่องจากกระยะเริ่มต้นของการเก็บข้อมูล Peak flow ในจังหวัดเชียงใหม่มีความล่าช้าจากผู้ปฏิบัติงานหนึ่งค่อขๆ ทขยอเข้ามาในการศึกษาทำให้เริ่มต้นไม่พร้อมกัน ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 72 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.18	7.7716	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	-0.08185	0.02316	0.0004

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 73 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.03	7.7516	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	-0.05235	0.01618	0.0012*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 74 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.51	7.7909	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน CO	1.7368	1.1019	0.1150

Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 75 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า  $O_3$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.62	7.8214	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $O_3$	0.1416	0.06763	0.0363*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 76 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า  $NO_2$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.42	7.7938	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $NO_2$	0.2193	0.08602	0.0108*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 77 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $SO_2$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.62	7.7861	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $SO_2$	-1.1355	0.5965	0.0570

ตารางที่ 78 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.59	7.7728	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	-0.3804	0.2166	0.0790

ตารางที่ 79 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.05	7.7546	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.4137	0.2231	0.0636

ตารางที่ 80 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.57	7.7729	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.1041	0.05141	0.0429*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 81 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.03	7.7546	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	0.1721	0.1068	0.1072

ตารางที่ 82 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.29	7.7623	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.03676	0.02278	0.1066

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 83 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ age, severity, day of week, weight, height, CO (lag 6), อุณหภูมิ (lag 1) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงใน

ตารางที่ 84 แล้วตัดตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป เหลือ Model สุดท้ายดังแสดงในตารางที่ 85

ตารางที่ 83 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-248.29	77.6371	0.0017
Sex (1)	14.2913	12.3675	0.2498
Age	-1.8988	0.3383	<0.0001*
Severity (1)	52.5183	30.9814	0.0922
Severity (2)	63.1689	28.3249	0.0273*
Severity (3)	65.2701	27.9402	0.0209*
day of week (0)	1.2106	1.2868	0.3470
day of week (1)	1.5900	1.2166	0.1916
day of week (2)	3.5835	1.1695	0.0022*
day of week (3)	1.3696	1.2538	0.2750
day of week (4)	1.6797	1.2593	0.1826
day of week (5)	1.5105	1.2768	0.2371
Weight	2.1770	0.5668	0.0002*
Height	2.9717	0.6130	<0.0001*
PM <sub>2.5</sub> (lag 0)	-0.08374	0.05740	0.1447
PM <sub>10</sub> (lag 0)	-0.00416	0.04947	0.9330
CO (lag 6)	-4.4344	2.2377	0.0475*
O <sub>3</sub> (lag 2)	-0.03637	0.09046	0.6877
NO <sub>2</sub> (lag 6)	0.2281	0.1651	0.1671
SO <sub>2</sub> (lag 0)	-0.5454	0.9246	0.5553
Pressure (lag 4)	0.08412	0.3253	0.7960
Temperature (lag 1)	0.6742	0.3699	0.0684
Humidity (lag 4)	-0.02489	0.06998	0.7221
Sunlight (lag 1)	0.06307	0.1702	0.7109
Rain (lag 1)	-0.00264	0.03990	0.9472

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 84 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-261.75	76.5169	0.0008
Age	-1.9567	0.3281	<0.0001*
Severity (1)	59.4163	30.5436	0.0537
Severity (2)	66.8759	27.9760	0.0181*

Severity (3)	66.0833	27.6754	0.0183*
day of week (0)	0.6365	0.9880	0.5196
day of week (1)	-0.2444	0.9773	0.8026
day of week (2)	1.7641	1.0032	0.0790
day of week (3)	0.4154	0.9867	0.6739
day of week (4)	-0.07211	0.9810	0.9414
day of week (5)	0.4181	0.9842	0.6711
Weight	2.0913	0.5603	0.0003*
Height	3.1378	0.5970	<0.0001*
CO (lag 6)	1.8316	1.1121	0.0996
Temperature (lag 1)	0.4277	0.2350	0.0687

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 85 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-254.33	76.2853	0.0011
Age	-1.9599	0.3280	<0.0001*
Severity (1)	55.8458	30.5343	0.0695
Severity (2)	65.3645	28.0146	0.0210*
Severity (3)	63.8332	27.7146	0.0227*
Weight	2.0845	0.5607	0.0003*
Height	3.1091	0.5949	<0.0001*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นรายวันกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 86 ถึงตารางที่ 92 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับลำพูนจะเป็นระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 86 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.43	11.0236	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	-0.02090	0.01884	0.2675

ตารางที่ 87 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.30	11.0357	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	-0.01680	0.01512	0.2665

ตารางที่ 88 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.47	11.0024	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	0.3668	0.2405	0.1272

ตารางที่ 89 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.37	11.0255	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.3456	0.2185	0.1137

ตารางที่ 90 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.28	11.0477	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	0.07236	0.04710	0.1245

ตารางที่ 91 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.23	11.1073	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	0.2353	0.1735	0.1751

ตารางที่ 92 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.66	11.2508	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.04136	0.07090	0.5597

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะตอนเย็นกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 93 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ severity และ height มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 94

ตารางที่ 93 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-1.3618	178.23	0.9939
Sex (1)	4.0316	23.2501	0.8631
Age	-0.8064	0.6670	0.2327
Severity (1)	-165.07	78.3738	0.0406*
Severity (2)	-214.44	74.5281	0.0060*
Severity (3)	-207.02	73.1974	0.0069*
day of week (0)	0.08262	1.1344	0.9420
day of week (1)	-0.2849	1.1206	0.7994
day of week (2)	0.7553	1.1268	0.5031
day of week (3)	0.1360	1.1391	0.9050
day of week (4)	-0.3016	1.1205	0.7880

day of week (5)	-1.2578	1.1300	0.2665
Weight	0.9686	1.0516	0.3617
Height	3.0198	1.2226	0.0172*
PM <sub>2.5</sub> (lag 0)	-0.02889	0.02209	0.1909
PM <sub>10</sub> (lag 5)	-0.02825	0.01842	0.1252
Pressure (lag 4)	0.07841	0.3033	0.7960
Temperature (lag 0)	0.3107	0.2851	0.2758
Humidity (lag 5)	0.04462	0.06415	0.4867
Sunlight (lag 1)	0.2560	0.1917	0.1818
Rain (lag 2)	-0.07026	0.07762	0.3654

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 94 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-87.2667	158.14	0.5835
Severity (1)	-129.68	70.2894	0.0710
Severity (2)	-190.87	68.0234	0.0071*
Severity (3)	-181.98	67.6073	0.0096*
Height	3.5253	0.8974	0.0003*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

#### 8. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวัน

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันด้วยวิธี Centered Moving Average, Span 3 กับระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กัน ตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 95 ถึงตารางที่ 105 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับเชียงใหม่จะเป็นระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 ทั้งนี้เนื่องจากกระยะเริ่มต้นของการเก็บข้อมูล Peak flow ในจังหวัดเชียงใหม่มีความล่าช้าจากผู้ป่วยจำนวนหนึ่งค่อยๆ ทอยเข้ามาในการศึกษาทำให้เริ่มต้นไม่พร้อมกัน ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 95 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.92	5.3687	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	-0.01573	0.004930	0.0014*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 96 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.84	5.1178	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	0.007408	0.003682	0.0442*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 97 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.99	5.1263	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน CO	0.4133	0.2111	0.0502

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 98 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า  $O_3$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.07	5.1199	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $O_3$	0.02852	0.01375	0.0381*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 99 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า  $\text{NO}_2$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.96	5.1964	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $\text{NO}_2$	0.02748	0.01900	0.1482

ตารางที่ 100 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า  $\text{SO}_2$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.88	6.6419	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $\text{SO}_2$	0.2758	0.2032	0.1747

ตารางที่ 101 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.86	5.0678	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	-0.07920	0.05393	0.1420

ตารางที่ 102 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.90	5.0640	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.06762	0.04829	0.1615

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 103 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.85	5.0622	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.02543	0.01098	0.0206*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 104 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.84	5.0619	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	0.01764	0.02152	0.4125

ตารางที่ 105 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.99	5.0184	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.01809	0.005664	0.0014*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.001

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $CO$ ,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 106 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ age, severity, day of week, weight, height,  $PM_{2.5}$  (lag 0),  $PM_{10}$  (lag 3),  $NO_2$  (lag 6), ความกดอากาศ (lag 2), และปริมาณฝน (lag 0) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1)

covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 107 แล้วตัดตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป เหลือ Model สุดท้ายดังแสดงในตารางที่ 108

ตารางที่ 106 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-268.33	64.9613	<0.0001
Sex (1)	16.3617	10.3232	0.1152
Age	-1.8173	0.2832	<0.0001*
Severity (1)	54.8254	25.8257	0.0355*
Severity (2)	66.0777	23.6361	0.0059*
Severity (3)	67.0672	23.3324	0.0047*
day of week (0)	-0.3056	0.4327	0.4802
day of week (1)	0.3539	0.4272	0.4076
day of week (2)	0.09159	0.4398	0.8351
day of week (3)	0.2546	0.4236	0.5479
day of week (4)	0.5398	0.4150	0.1938
day of week (5)	0.7059	0.4070	0.0832
Weight	2.0802	0.4751	<0.0001*
Height	3.1075	0.5128	<0.0001*
PM <sub>2.5</sub> (lag 0)	-0.02287	0.008703	0.0086*
PM <sub>10</sub> (lag 3)	0.01722	0.01009	0.0878
CO (lag 3)	-0.4301	0.6066	0.4783
O <sub>3</sub> (lag 3)	-0.02635	0.03076	0.3917
NO <sub>2</sub> (lag 6)	0.07316	0.03660	0.0456*
SO <sub>2</sub> (lag 2)	0.3665	0.2591	0.1573
Pressure (lag 2)	-0.2543	0.1199	0.0340*
Temperature (lag 2)	-0.09713	0.1243	0.4345
Humidity (lag 4)	0.002431	0.02985	0.9351
Sunlight (lag 4)	0.04643	0.06739	0.4908
Rain (lag 0)	-0.02225	0.01243	0.0735

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 107 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-262.20	46.5161	<0.0001
Age	-1.9176	0.2007	<0.0001*
Severity (1)	54.3326	18.3533	0.0036*
Severity (2)	69.5984	16.8489	<0.0001*

Severity (3)	68.0037	16.6854	<0.0001*
day of week (0)	-0.03756	0.2099	0.8580
day of week (1)	0.2020	0.2628	0.4423
day of week (2)	0.04898	0.2914	0.8666
day of week (3)	0.2470	0.2846	0.3857
day of week (4)	0.1865	0.2608	0.4748
day of week (5)	0.08084	0.2036	0.6915
Weight	2.0166	0.3416	<0.0001*
Height	3.1621	0.3632	<0.0001*
PM <sub>2.5</sub> (lag 0)	-0.01581	0.005015	0.0016*
PM <sub>10</sub> (lag 3)	0.007701	0.004179	0.0654
NO <sub>2</sub> (lag 6)	0.03613	0.01943	0.0629
Pressure (lag 2)	-0.1569	0.06258	0.0122*
Rain (lag 0)	-0.01546	0.006265	0.0136*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 108 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-266.88	45.6787	<0.0001
Age	-1.9214	0.1969	<0.0001*
Severity (1)	53.3308	18.0187	0.0036*
Severity (2)	69.1896	16.5394	<0.0001*
Severity (3)	66.9932	16.3800	<0.0001*
Weight	2.0362	0.3352	<0.0001*
Height	3.1906	0.3566	<0.0001*
PM <sub>2.5</sub> (lag 0)	-0.01650	0.005069	0.0011*
Pressure (lag 2)	-0.1747	0.05908	0.0031*
Rain (lag 0)	-0.01406	0.006248	0.0245*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันกับระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 109 ถึงตารางที่ 115 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับลำพูนจะเป็นระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 109 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	296.60	8.0818	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	0.003383	0.004787	0.4797

ตารางที่ 110 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	296.43	8.0712	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	0.003077	0.003764	0.4137

ตารางที่ 111 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	296.67	8.0611	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	0.06910	0.06674	0.3005

ตารางที่ 112 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	296.46	8.0431	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.2253	0.06301	0.0004*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 113 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	296.59	8.0802	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	0.01733	0.01300	0.1825

ตารางที่ 114 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	297.43	8.1916	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	-0.06797	0.04359	0.1189

ตารางที่ 115 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	297.87	8.2456	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.02153	0.01961	0.2721

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 116 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ age, severity, day of week, height, และอุณหภูมิ (lag 1) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 117 แล้วตัดตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป เหลือ Model สุดท้ายดังแสดงในตารางที่ 118

ตารางที่ 116 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	52.4253	118.36	0.6598
Sex (1)	11.9110	15.4209	0.4437
Age	-0.7600	0.4461	0.0951
Severity (1)	-171.04	51.6942	0.0018*
Severity (2)	-220.03	49.2768	<0.0001*
Severity (3)	-210.51	48.4545	<0.0001*
day of week (0)	0.5956	0.3071	0.0533
day of week (1)	0.6914	0.3905	0.0776
day of week (2)	0.5756	0.4156	0.1670
day of week (3)	0.5850	0.4260	0.1706
day of week (4)	0.1015	0.4150	0.8069
day of week (5)	-0.00438	0.3154	0.9889
Weight	0.9354	0.6952	0.1849
Height	2.6972	0.8096	0.0017*
PM <sub>2.5</sub> (lag 5)	0.001837	0.006233	0.7683
PM <sub>10</sub> (lag 2)	-0.00068	0.005076	0.8935
Pressure (lag 4)	0.08018	0.08836	0.3642
Temperature (lag 1)	0.3223	0.09796	0.0010*
Humidity (lag 6)	0.02247	0.01744	0.1977
Sunlight (lag 0)	-0.04002	0.05239	0.4449
Rain (lag 1)	0.01465	0.02384	0.5389

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright© by Chiang Mai University  
 All rights reserved

ตารางที่ 117 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-23.5303	105.70	0.8248
Age	-0.6619	0.4185	0.1202
Severity (1)	-156.85	47.3691	0.0017*
Severity (2)	-216.02	45.5169	<0.0001*
Severity (3)	-203.22	45.0341	<0.0001*
day of week (0)	0.4101	0.2325	0.0787
day of week (1)	0.4184	0.3181	0.1893
day of week (2)	0.1605	0.3522	0.6488
day of week (3)	-0.00334	0.3516	0.9924
day of week (4)	-0.3255	0.3175	0.3060
day of week (5)	-0.5715	0.2318	0.0142*
Height	3.4665	0.5996	<0.0001*
Temperature (lag 1)	0.2238	0.06325	0.0004*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 118 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-49.8949	105.23	0.6375
Severity (1)	-137.14	46.0918	0.0045*
Severity (2)	-199.69	44.7067	<0.0001*
Severity (3)	-188.53	44.4345	<0.0001*
day of week (0)	0.4103	0.2325	0.0785
day of week (1)	0.4187	0.3180	0.1889
day of week (2)	0.1607	0.3522	0.6485
day of week (3)	-0.00312	0.3516	0.9929
day of week (4)	-0.3254	0.3175	0.3062
day of week (5)	-0.5716	0.2318	0.0142*
Height	3.3372	0.5988	<0.0001*
Temperature (lag 1)	0.2238	0.06325	0.0004*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

9. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็ก จังหวัดเชียงใหม่

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็ก (อายุน้อยกว่าหรือเท่ากับ 12 ปี) กับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 119 ถึงตารางที่ 129 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับเชียงใหม่จะเป็นระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 ทั้งนี้เนื่องจากกระยะเริ่มต้นของการเก็บข้อมูล Peak flow ในจังหวัดเชียงใหม่มีความล่าช้าจากผู้ป่วยจำนวนหนึ่งค่อยๆ ทอยเข้ามาในการศึกษาทำให้เริ่มต้นไม่พร้อมกัน ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 119 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	248.44	11.5757	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	-0.07020	0.03565	0.0489*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 120 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	248.38	11.3534	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	-0.03243	0.02445	0.1848

ตารางที่ 121 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	247.60	11.4970	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน CO	-1.7756	1.5795	0.2610

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 122 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า O<sub>3</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	247.82	11.7820	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน O <sub>3</sub>	-0.2326	0.09445	0.0138*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 123 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า NO<sub>2</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	247.79	11.5306	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน NO <sub>2</sub>	-0.2539	0.1237	0.0401*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 124 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า SO<sub>2</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	247.18	11.8330	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน SO <sub>2</sub>	1.7959	1.1013	0.10317

ตารางที่ 125 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	248.67	11.4828	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	-0.4797	0.3332	0.1500

ตารางที่ 126 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	248.67	11.4084	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	-0.7935	0.3291	0.0159*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 127 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	247.90	11.3540	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	0.08846	0.07935	0.2650

ตารางที่ 128 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	248.74	11.4101	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	-0.2189	0.1620	0.1767

ตารางที่ 129 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	248.34	11.4397	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.05295	0.03309	0.1096

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , CO,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 130 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ height และ CO (lag 6) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 131

ตารางที่ 130 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-198.40	136.99	0.1605
Sex (1)	-4.7291	14.7962	0.7520
Age	-3.4126	7.3079	0.6447
Severity (1)	-14.4746	25.4801	0.5753
Severity (2)	-17.0567	26.2122	0.5214
day of week (0)	-0.7718	2.1166	0.7158
day of week (1)	-1.7623	2.3182	0.4481
day of week (2)	2.7183	2.2199	0.2224
day of week (3)	0.6630	2.3655	0.7796
day of week (4)	0.8445	2.1950	0.7009
day of week (5)	2.3336	2.0573	0.2582
Weight	1.8514	1.2157	0.1409
Height	3.3300	1.5639	0.0437*
$PM_{2.5}$ (lag 3)	-0.08197	0.1069	0.4434
$PM_{10}$ (lag 3)	0.000750	0.09536	0.9937
CO (lag 6)	-5.5229	2.4954	0.0270*

O <sub>3</sub> (lag 3)	-0.2363	0.1562	0.1306
NO <sub>2</sub> (lag 5)	-0.07134	0.1937	0.7127
SO <sub>2</sub> (lag 3)	1.7679	1.7983	0.3256
Pressure (lag 6)	0.4699	0.5272	0.3729
Temperature (lag 4)	-0.3292	0.6825	0.6296
Humidity (lag 0)	0.08204	0.1311	0.5315
Sunlight (lag 4)	0.04695	0.2972	0.8745
Rain (lag 1)	-0.04592	0.05208	0.3780

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 131 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.01 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-310.00	54.0022	<0.0001
Height	4.2978	0.4138	<0.0001*
CO (lag 6)	-1.7483	1.5761	0.2674

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

#### 10. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ จังหวัดเชียงใหม่

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ (มากกว่าหรือเท่ากับ 13 ปี) กับระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 132 ถึงตารางที่ 142 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับเชียงใหม่จะเป็นระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 ทั้งนี้เนื่องจากกระยะเริ่มต้นของการเก็บข้อมูล Peak flow ในจังหวัดเชียงใหม่มีความล่าช้าจากผู้ป่วยจำนวนหนึ่งค่อยๆ ทอยเข้ามาในการศึกษาทำให้เริ่มต้นไม่พร้อมกัน ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 132 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	328.49	8.5361	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	-0.04857	0.01425	0.0007*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 133 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	328.49	8.6090	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	-0.03180	0.01150	0.0057*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 134 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	328.40	8.6494	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน CO	3.2164	0.8142	<0.0001*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 135 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า  $O_3$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	328.39	8.6934	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $O_3$	-0.08807	0.04873	0.0707

ตารางที่ 136 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า  $\text{NO}_2$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	328.26	8.6428	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $\text{NO}_2$	0.1943	0.06086	0.0014*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 137 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $\text{SO}_2$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	328.34	8.6785	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $\text{SO}_2$	-0.8026	0.4680	0.0863

ตารางที่ 138 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	328.20	8.6574	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	-0.3179	0.1566	0.042

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 139 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	328.14	8.6322	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.3799	0.1636	0.0203*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 140 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	328.13	8.6327	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.08717	0.03718	0.0191

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 141 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	328.10	8.6327	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	0.1569	0.07858	0.0458

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 142 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	328.68	8.5761	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.03085	0.01598	0.0536

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่กับระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 143 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ sex, age, severity,

day of week, weight, CO (lag 6) และปริมาณฝน (lag 1) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 144 แล้วตัดตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป เหลือ Model สุดท้ายดังแสดงในตารางที่ 145

ตารางที่ 143 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	107.54	157.63	0.4965
Sex (1)	41.1886	16.9461	0.0167*
Age	-2.2843	0.4054	<0.0001*
Severity (1)	53.0976	35.3944	0.1364
Severity (2)	67.7320	30.1449	0.0266*
Severity (3)	67.2327	29.6131	0.0251*
day of week (0)	0.3188	0.7551	0.6730
day of week (1)	0.9771	0.7081	0.1681
day of week (2)	1.3714	0.6959	0.0492*
day of week (3)	0.5975	0.7422	0.4211
day of week (4)	0.8989	0.7461	0.2287
day of week (5)	0.1535	0.7737	0.8427
Weight	2.3034	0.6230	0.0003*
Height	0.7378	1.0601	0.4879
PM <sub>2.5</sub> (lag 0)	-0.03141	0.03463	0.3645
PM <sub>10</sub> (lag 0)	-0.02131	0.03002	0.4778
CO (lag 6)	-2.2157	1.3313	0.0961
O <sub>3</sub> (lag 6)	0.003029	0.05242	0.9539
NO <sub>2</sub> (lag 6)	0.1296	0.09598	0.1770
SO <sub>2</sub> (lag 0)	-0.1811	0.4992	0.7168
Pressure (lag 2)	-0.2484	0.1844	0.1780
Temperature (lag 4)	0.03935	0.2343	0.8666
Humidity (lag 4)	-0.01487	0.05521	0.7877
Sunlight (lag 4)	-0.02578	0.1041	0.8043
Rain (lag 1)	-0.04050	0.02370	0.0875

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 144 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	213.80	43.8155	<0.0001
Sex (1)	49.3773	14.2726	0.0008*
Age	-2.3545	0.3884	<0.0001*
Severity (1)	52.6866	34.6173	0.1308
Severity (2)	67.1750	29.4929	0.0246*
Severity (3)	67.9551	28.9648	0.0207*
day of week (0)	0.2457	0.6924	0.7228
day of week (1)	0.3040	0.6936	0.6613
day of week (2)	0.8911	0.6956	0.2006
day of week (3)	1.0540	0.7051	0.1354
day of week (4)	0.1484	0.6901	0.8298
day of week (5)	0.2129	0.6891	0.7574
Weight	2.4961	0.5383	<0.0001*
CO (lag 6)	2.5909	0.7906	0.0011*
Rain (lag 1)	-0.02637	0.01817	0.1466

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 145 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	214.45	43.9862	<0.0001
Sex (1)	49.6621	14.3306	0.0008*
Age	-2.3476	0.3898	<0.0001*
Severity (1)	52.4398	34.7578	0.1342
Severity (2)	67.1341	29.6098	0.0253*
Severity (3)	67.9836	29.0786	0.0212*
Weight	2.4858	0.5404	<0.0001*
CO (lag 6)	3.2186	0.8141	<0.0001*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

11. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝน

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝน (1 มิถุนายน ถึง 30 กันยายน) กับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $CO$ ,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 146 ถึงตารางที่ 156 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับเชียงใหม่อยู่ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 146 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.81	7.9191	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	0.08006	0.04814	0.0963

ตารางที่ 147 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.50	7.9284	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	-0.03556	0.02129	0.0949

Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 148 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.54	7.9821	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน CO	1.3086	1.5756	0.4063

ตารางที่ 149 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า O<sub>3</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.46	7.9830	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน O <sub>3</sub>	0.1213	0.07100	0.0877

ตารางที่ 150 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่า NO<sub>2</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.59	7.8880	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน NO <sub>2</sub>	0.2209	0.1362	0.1049

ตารางที่ 151 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า SO<sub>2</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.60	8.0980	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน SO <sub>2</sub>	-3.3262	1.0879	0.0023*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 152 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.65	7.9095	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	-0.3636	0.1993	0.0681

ตารางที่ 153 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.83	7.9380	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.5218	0.2233	0.0195*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 154 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	311.75	7.9383	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.08645	0.05782	0.1349

ตารางที่ 155 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.41	7.9276	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	0.2109	0.09116	0.0207*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 156 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.17	7.9331	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.06506	0.01638	<0.0001*

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , CO,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 157 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ age, severity, weight, และ height มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 158

ตารางที่ 157 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-268.53	83.0687	0.0015
Sex (1)	15.8175	13.0806	0.2286
Age	-1.8395	0.3570	<0.0001*
Severity (1)	64.0370	32.5374	0.0510
Severity (2)	68.3022	29.6736	0.0228*
Severity (3)	70.8103	29.2820	0.0169*
day of week (0)	-3.2485	8.4489	0.7008
day of week (1)	15.9530	16.6305	0.3379
day of week (2)	-5.3756	7.1532	0.4527
day of week (4)	3.7335	3.5946	0.2994
day of week (5)	8.9058	6.3583	0.1619
Weight	2.1929	0.5975	0.0003*
Height	3.0039	0.6535	<0.0001*
$PM_{2.5}$ (lag 0)	0.2785	0.2788	0.3179
$PM_{10}$ (lag 5)	-0.6575	0.5487	0.2310
CO (lag 2)	-32.5487	25.0686	0.1944
$O_3$ (lag 2)	1.1894	1.0768	0.2695
$NO_2$ (lag 1)	1.3051	1.4403	0.3650
$SO_2$ (lag 3)	3.6035	24.1011	0.8812

Pressure (lag 0)	-1.4731	7.2600	0.8392
Temperature (lag 1)	0	.	.
Humidity (lag 1)	0	.	.
Sunlight (lag 5)	0	.	.
Rain (lag 1)	0	.	.

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 158 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-271.58	78.1710	0.0007
Age	-1.8648	0.3364	<0.0001*
Severity (1)	54.6021	31.2149	0.0824
Severity (2)	66.3706	28.6194	0.0218*
Severity (3)	61.0597	28.3047	0.0326*
Weight	2.0899	0.5748	0.0004*
Height	3.1922	0.6099	<0.0001*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 159 ถึง ตารางที่ 165 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับลำพูนจะเป็นระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 159 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	291.58	11.2822	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	-0.06159	0.03430	0.0726

ตารางที่ 160 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	291.75	11.2707	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	0.03981	0.02403	0.0976

ตารางที่ 161 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	291.61	11.2345	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	-0.4163	0.3293	0.2061

ตารางที่ 162 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	291.53	11.2277	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.8061	0.3447	0.0194*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 163 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	291.48	11.2339	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.07822	0.05432	0.1500

ตารางที่ 164 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	291.88	11.4003	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	0.7311	0.2842	0.0101*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 165 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	292.82	11.8183	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	0.1068	0.08311	0.1990

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 166 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ severity, day of week, และ height มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 167 แล้วตัดตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป เหลือ Model สุดท้ายดังแสดงในตารางที่ 168

ตารางที่ 166 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-10.1724	198.22	0.9593
Sex (1)	10.4458	25.5293	0.6843
Age	-0.8510	0.7299	0.2495

Severity (1)	-135.07	88.1592	0.1322
Severity (2)	-182.78	83.9931	0.0346*
Severity (3)	-180.20	82.5322	0.0340*
day of week (0)	2.2074	1.6166	0.1731
day of week (1)	1.1564	1.7079	0.4988
day of week (2)	2.7405	1.6867	0.1052
day of week (3)	1.8604	1.7251	0.2816
day of week (4)	2.8963	1.7358	0.0962
day of week (5)	1.5627	1.6745	0.3514
Weight	1.0786	1.1504	0.3533
Height	2.8256	1.3507	0.0419*
PM <sub>2.5</sub> (lag 3)	-0.03992	0.06750	0.5543
PM <sub>10</sub> (lag 4)	0.02963	0.04263	0.4872
Pressure (lag 0)	-0.4797	0.5265	0.3623
Temperature (lag 0)	1.1684	0.8854	0.1871
Humidity (lag 0)	0.06092	0.1437	0.6717
Sunlight (lag 4)	0.2831	0.4428	0.5226
Rain (lag 3)	0.02316	0.09291	0.8031

ตารางที่ 167 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-123.44	170.18	0.4716
Severity (1)	-110.87	75.8754	0.1502
Severity (2)	-169.74	73.4700	0.0250*
Severity (3)	-164.05	73.0481	0.0292*
day of week (0)	2.4974	1.1317	0.0280*
day of week (1)	1.9773	1.1828	0.0956
day of week (2)	1.2866	1.1886	0.2798
day of week (3)	2.3540	1.1832	0.0475*
day of week (4)	0.6098	1.1664	0.6015
day of week (5)	-0.8728	1.1331	0.4417
Height	3.6056	0.9646	0.0005*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

## 12. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้ง

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้ง (1 ธันวาคม ถึง 31 มีนาคม) กับระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag

0 ถึง lag 6 ในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 168 ถึงตารางที่ 178 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับเชียงใหม่จะเป็นระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 168 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.12	7.9115	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	0.03812	0.01616	0.0184*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 169 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.04	7.9758	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	-0.02350	0.01408	0.0951

ตารางที่ 170 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.13	7.9772	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน CO	1.5376	1.0931	0.1596

ตารางที่ 171 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า  $O_3$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.20	8.0038	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $O_3$	-0.09035	0.08373	0.2806

ตารางที่ 172 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า  $NO_2$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.13	7.9840	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $NO_2$	-0.07585	0.08597	0.3776

ตารางที่ 173 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $SO_2$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.05	8.0471	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $SO_2$	-0.9577	0.5845	0.1013

ตารางที่ 174 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.03	7.9761	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	-0.6128	0.2732	0.0249*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 175 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.09	7.9755	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	-0.5522	0.3322	0.0965

ตารางที่ 176 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.05	7.9755	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	0.1064	0.06664	0.1104

ตารางที่ 177 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	313.13	7.9760	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	-0.3859	0.2004	0.0541

ตารางที่ 178 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	312.99	7.9783	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	0.1008	0.2026	0.6188

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $CO$ ,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จาก

การทดสอบข้างต้นในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 179 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ age, severity, day of week, weight, height, และ PM<sub>2.5</sub> (lag 2) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 180

ตารางที่ 179 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-240.99	81.2913	0.0036
Sex (1)	14.7754	12.9162	0.2546
Age	-1.9127	0.3522	<0.0001*
Severity (1)	47.0441	32.2226	0.1465
Severity (2)	62.7504	29.3605	0.0343*
Severity (3)	61.8550	28.9481	0.0344*
day of week (0)	1.4325	1.7061	0.4013
day of week (1)	2.6648	1.5155	0.0790
day of week (2)	3.9944	1.5590	0.0106*
day of week (3)	0.9838	1.6886	0.5603
day of week (4)	3.2808	1.6526	0.0474*
day of week (5)	1.6369	1.6466	0.3204
Weight	2.2404	0.5883	0.0002*
Height	2.9174	0.6392	<0.0001*
PM <sub>2.5</sub> (lag 2)	0.08786	0.03424	0.0103*
PM <sub>10</sub> (lag 0)	-0.02277	0.02568	0.3751
CO (lag 2)	-0.5243	2.0234	0.7956
O <sub>3</sub> (lag 3)	-0.1264	0.1168	0.2795
NO <sub>2</sub> (lag 3)	-0.1488	0.1204	0.2166
SO <sub>2</sub> (lag 0)	-0.4047	0.9549	0.6717
Pressure (lag 4)	0.4784	0.4848	0.3238
Temperature (lag 2)	-0.1874	0.4300	0.6630
Humidity (lag 2)	0.06777	0.1467	0.6440
Sunlight (lag 6)	-0.2736	0.3169	0.3880
Rain (lag 0)	-0.09745	0.2446	0.6904

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 180 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-251.72	79.4601	0.0019
Age	-1.9783	0.3395	<0.0001*
Severity (1)	48.7042	31.4027	0.1232
Severity (2)	63.5867	28.6345	0.0280*
Severity (3)	60.5627	28.3035	0.0341*
day of week (0)	2.2424	1.1402	0.0495*
day of week (1)	0.9883	1.1576	0.3935
day of week (2)	2.9289	1.1443	0.0106*
day of week (3)	0.8725	1.1609	0.4525
day of week (4)	1.5199	1.1447	0.1846
day of week (5)	1.3637	1.1792	0.2478
Weight	2.1376	0.5752	0.0003*
Height	3.0893	0.6166	<0.0001*
PM <sub>2.5</sub> (lag 2)	0.03484	0.01689	0.0392*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งกับระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 181 ถึง ตารางที่ 187 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับลำพูนจะเป็นระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 181 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า PM<sub>2.5</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	297.07	12.5810	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน PM <sub>2.5</sub>	-0.02172	0.01442	0.1320

ตารางที่ 182 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	296.94	12.5879	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	-0.02776	0.01211	0.0219*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 183 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	297.10	12.5823	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	0.2556	0.1946	0.1890

ตารางที่ 184 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	297.23	12.5889	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.3370	0.2239	0.1324

ตารางที่ 185 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	297.07	12.6026	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	0.1052	0.06312	0.0957

ตารางที่ 186 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	297.32	12.5638	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	-0.3450	0.1936	0.0748

ตารางที่ 187 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	297.09	12.5921	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	0.9287	0.5537	0.0935

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 188 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ severity, day of week และ height มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วย โปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 189

ตารางที่ 188 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	37.9249	194.45	0.8463
Sex (1)	13.1138	26.0066	0.6166
Age	-0.8034	0.7573	0.2945
Severity (1)	-184.95	84.4554	0.0339*
Severity (2)	-229.10	80.2683	0.0066*
Severity (3)	-221.36	78.7315	0.0073*
day of week (0)	0.6008	0.9348	0.5209

day of week (1)	1.0985	0.9619	0.2543
day of week (2)	0.2614	0.9769	0.7892
day of week (3)	2.1493	0.9508	0.0245*
day of week (4)	1.4955	1.0311	0.1480
day of week (5)	-0.7890	0.9754	0.4192
Weight	0.9778	1.1574	0.4028
Height	2.8499	1.3374	0.0387*
PM <sub>2.5</sub> (lag 0)	-0.01110	0.01693	0.5120
PM <sub>10</sub> (lag 5)	-0.02339	0.01670	0.1614
Pressure (lag 0)	-0.02004	0.2554	0.9375
Temperature (lag 0)	0.4566	0.2953	0.1222
Humidity (lag 6)	0.04527	0.07687	0.5559
Sunlight (lag 0)	-0.2948	0.2096	0.1597
Rain (lag 3)	0.3412	0.6439	0.5962

ตารางที่ 189 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p-value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p-value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		p-value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-49.1912	177.20	0.7825
Severity (1)	-161.28	78.0201	0.0443*
Severity (2)	-218.35	75.5017	0.0058*
Severity (3)	-209.09	75.0071	0.0076*
day of week (0)	0.2313	0.8476	0.7851
day of week (1)	1.2637	0.8804	0.1522
day of week (2)	0.3278	0.8756	0.7084
day of week (3)	1.9297	0.8746	0.0281*
day of week (4)	0.9784	0.8660	0.2595
day of week (5)	-0.9827	0.8526	0.2500
Height	3.4650	1.0081	0.0012*

\*มีนัยสำคัญที่ p-value < 0.05

### 13. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ ได้แก่ ระดับ 1 มีอาการนานๆ ครั้ง (Intermittent) และ ระดับ 2 อาการรุนแรงน้อย (Mild persistent) (ดูภาคผนวก ข.) กับระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า p-value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ

lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 190 ถึงตารางที่ 200 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับเชียงใหม่จะเป็นระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝนจะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เกิดขึ้นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 190 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	317.59	10.0693	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	0.07423	0.02333	0.0015*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 191 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	318.33	10.0534	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	-0.04996	0.01840	0.0066*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 192 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	317.83	10.1370	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน CO	3.4998	1.2257	0.0043*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 193 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า  $O_3$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	318.00	10.1877	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $O_3$	0.1833	0.07268	0.0117*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 194 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า  $NO_2$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	317.68	10.1434	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $NO_2$	0.2365	0.09280	0.0108*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 195 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า  $SO_2$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	318.13	10.2601	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $SO_2$	1.2330	0.9895	0.2128

ตารางที่ 196 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	317.71	10.1153	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	-0.4104	0.2362	0.0823

ตารางที่ 197 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	317.80	10.0979	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.3876	0.2441	0.1123

ตารางที่ 198 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	317.79	10.0975	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.1220	0.05646	0.0308*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 199 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	317.78	10.0988	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	0.1389	0.1885	0.2412

ตารางที่ 200 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	318.68	10.0262	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.04242	0.02317	0.0671

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ กับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $CO$ ,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด,

และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 201 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ age, weight, height และ  $PM_{10}$  (lag 0) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 202

ตารางที่ 201 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนมุกกุด คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-162.68	77.1485	0.0379
Sex (1)	25.0102	14.2867	0.0836
Age	-1.3033	0.3790	0.0009*
day of week (0)	-0.2169	1.7321	0.9004
day of week (1)	-1.0803	1.8208	0.5532
day of week (2)	-0.3875	1.8011	0.8298
day of week (3)	-0.5522	1.7988	0.7590
day of week (4)	-0.1405	1.8588	0.9398
day of week (5)	-0.5049	1.8191	0.7814
Weight	2.2448	0.6326	0.0006*
Height	2.6274	0.6669	0.0002*
$PM_{2.5}$ (lag 2)	-0.00360	0.03821	0.9249
$PM_{10}$ (lag 0)	-0.04889	0.02963	0.0990
CO (lag 6)	-1.3326	3.2118	0.6782
$O_3$ (lag 4)	0.06068	0.1125	0.5895
$NO_2$ (lag 6)	0.2255	0.2439	0.3551
$SO_2$ (lag 6)	-0.1860	1.3756	0.8924
Pressure (lag 2)	-0.6044	0.4801	0.2081
Temperature (lag 5)	0.4087	0.5991	0.4951
Humidity (lag 5)	0.01965	0.1186	0.8685
Sunlight (lag 4)	0.07903	0.2098	0.7065
Rain (lag 1)	-0.08342	0.05150	0.1053

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ลิขสิทธิ์ © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 202 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-156.63	76.2940	0.0431
Age	-1.4392	0.3640	0.0002*
Weight	2.2739	0.6292	0.0005*
Height	2.6924	0.6546	<0.0001*
PM <sub>10</sub> (lag 0)	-0.04992	0.01840	0.0067*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ ได้แก่ ระดับ 1 มีอาการนานๆ ครั้ง (Intermittent) และ ระดับ 2 อาการรุนแรงน้อย (Mild persistent) (ดูภาคผนวก ข.) กับ ระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 203 ถึงตารางที่ 209 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับลำพูนจะเป็นระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 203 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า PM<sub>2.5</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	294.25	14.7943	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน PM <sub>2.5</sub>	-0.02934	0.01796	0.1023

Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 204 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	294.23	14.7998	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	-0.02170	0.01444	0.1329

ตารางที่ 205 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	294.14	14.9045	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	-0.3301	0.2304	0.1519

ตารางที่ 206 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	294.04	14.9029	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.2920	0.2134	0.1712

ตารางที่ 207 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	294.28	14.9807	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.07217	0.04540	0.1120

ตารางที่ 208 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	294.27	15.0941	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	0.1963	0.1656	0.2359

ตารางที่ 209 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	295.26	14.9673	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.05931	0.07321	0.4179

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ กับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 210 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ age, weight, height, และความชื้นสัมพัทธ์ (lag 4) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 211 แล้วตัดตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป เหลือ Model สุดท้ายดังแสดงในตารางที่ 212

ตารางที่ 210 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-154.52	175.38	0.3870
Sex (1)	29.6436	28.5098	0.3088
Age	-1.8121	0.8432	0.0419*

day of week (0)	-0.1509	1.0272	0.8834
day of week (1)	-0.08357	1.0739	0.9381
day of week (2)	-0.00495	1.0783	0.9963
day of week (3)	-0.6311	1.0787	0.5593
day of week (4)	-1.1327	1.0531	0.2837
day of week (5)	-1.3264	1.0243	0.1971
Weight	2.2878	1.2109	0.0710
Height	2.4928	1.3333	0.0738
PM <sub>2.5</sub> (lag 0)	-0.02423	0.04770	0.6114
PM <sub>10</sub> (lag 0)	0.000631	0.04032	0.9875
Pressure (lag 1)	-0.2727	0.2859	0.3403
Temperature (lag 2)	0.2730	0.2564	0.2870
Humidity (lag 4)	-0.1085	0.05947	0.0681
Sunlight (lag 5)	0.2265	0.1831	0.2161
Rain (lag 0)	-0.04595	0.07983	0.5649

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 211 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-192.26	165.78	0.2571
Age	-2.0120	0.8007	0.0188*
Weight	2.5019	1.1478	0.0389*
Height	2.7510	1.2601	0.0386*
Humidity (lag 4)	-0.07204	0.04539	0.1125

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 212 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-195.34	162.21	0.2398
Age	-1.9605	0.7830	0.0192*
Weight	2.4590	1.1211	0.0378*
Height	2.7749	1.2324	0.0334*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

14. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง ได้แก่ ระดับ 3 อาการรุนแรงปานกลาง (Moderate persistent) และ ระดับ 4 อาการรุนแรงมาก (Severe persistent) (ดูภาคผนวก ข.) กับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $CO$ ,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่าง ๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 213 ถึงตารางที่ 223 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับเชียงใหม่จะเป็นระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 213 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	303.41	11.5932	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	0.01658	0.009082	0.0679

ตารางที่ 214 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	303.45	11.4529	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	0.01243	0.006611	0.0601

ตารางที่ 215 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	302.88	11.4694	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน CO	0.6081	0.4427	0.1696

ตารางที่ 216 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่า O<sub>3</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	303.06	11.5676	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน O <sub>3</sub>	0.02036	0.02659	0.4439

ตารางที่ 217 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า NO<sub>2</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	303.25	11.5134	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน NO <sub>2</sub>	-0.04897	0.03476	0.1589

ตารางที่ 218 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่า SO<sub>2</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	301.91	11.8116	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน SO <sub>2</sub>	0.7508	0.3107	0.0157*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 219 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	303.54	11.4878	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	0.1079	0.09245	0.2434

ตารางที่ 220 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	303.60	11.5738	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.2229	0.09401	0.0178*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 221 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	303.59	11.5730	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.05171	0.02108	0.0142*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 222 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	303.51	11.5739	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	0.08158	0.04427	0.0654

ตารางที่ 223 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	302.29	11.5183	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.02324	0.01052	0.0271*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูงกับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , CO,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 224 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ age, day of week, height,  $PM_{2.5}$  (lag 6) และแสงแดด (lag 3) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 225 แล้วตัดตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป เหลือ Model สุดท้ายดังแสดงในตารางที่ 226

ตารางที่ 224 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-203.48	184.17	0.2740
Sex (1)	-9.2160	23.4230	0.6955
Age	-2.7631	0.6192	<0.0001*
day of week (0)	0.3852	0.6259	0.5387
day of week (1)	0.2070	0.6380	0.7457
day of week (2)	1.1191	0.6983	0.1099
day of week (3)	0.8005	0.6547	0.2223
day of week (4)	1.4380	0.6788	0.0348*
day of week (5)	0.8842	0.6454	0.1716
Weight	1.5727	1.1445	0.1750
Height	3.6002	1.3967	0.0127*
$PM_{2.5}$ (lag 6)	-0.05144	0.03053	0.0920
$PM_{10}$ (lag 6)	0.04418	0.02876	0.1245

CO (lag 6)	1.1274	1.0378	0.2774
O <sub>3</sub> (lag 2)	0.02502	0.04167	0.5483
NO <sub>2</sub> (lag 3)	-0.06670	0.05284	0.2069
SO <sub>2</sub> (lag 6)	0.3411	0.4588	0.4573
Pressure (lag 5)	0.05104	0.1620	0.7528
Temperature (lag 3)	0.1499	0.2218	0.4990
Humidity (lag 3)	-0.03293	0.04459	0.4602
Sunlight (lag 3)	0.1568	0.09306	0.0921
Rain (lag 1)	-0.00495	0.02319	0.8308

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 225 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-267.97	157.19	0.0937
Age	-2.5939	0.5671	<0.0001*
day of week (0)	0.1445	0.4145	0.7276
day of week (1)	0.1852	0.4268	0.6647
day of week (2)	0.4246	0.4346	0.3292
day of week (3)	0.2812	0.4276	0.5112
day of week (4)	0.4328	0.4222	0.3060
day of week (5)	0.7000	0.4088	0.0877
Height	4.5307	1.0129	<0.0001*
PM <sub>2.5</sub> (lag 6)	0.01726	0.009136	0.0589
Sunlight (lag 3)	0.09466	0.04854	0.0512

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 226 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-287.80	153.70	0.0663
Age	-2.5629	0.5550	<0.0001*
Height	4.6425	0.9907	<0.0001*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง ได้แก่ ระดับ 3 อาการรุนแรงปานกลาง (Moderate persistent) และ ระดับ 4 อาการรุนแรงมาก (Severe persistent) (ดูภาคผนวก ข.) กับระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และ ปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ใน จังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า *p*-value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 227 ถึงตารางที่ 233 การเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์สำหรับลำพูนจะเป็น ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 227 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า *p*-value ที่ lag 4 วันของค่า PM<sub>2.5</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		<i>p</i> -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	297.14	15.3634	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน PM <sub>2.5</sub>	0.04212	0.02780	0.1298

ตารางที่ 228 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า *p*-value ที่ lag 4 วันของค่า PM<sub>10</sub> เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		<i>p</i> -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	297.04	15.3614	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน PM <sub>10</sub>	0.03109	0.02240	0.1652

ตารางที่ 229 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า *p*-value ที่ lag 3 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		<i>p</i> -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	297.16	15.3652	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	0.4483	0.3509	0.2015

ตารางที่ 230 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	296.76	15.4580	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.8509	0.3212	0.0081*

ตารางที่ 231 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	297.00	15.4770	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.09772	0.06838	0.1530

ตารางที่ 232 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	297.37	15.5383	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	-0.5307	0.2550	0.0374*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 233 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	298.13	15.7616	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.1570	0.1050	0.1347

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง กับระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า *p*-value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 234 จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า *p*-value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ day of week, ความกดอากาศ (lag 3), อุณหภูมิ (lag 0), แสงแดด (lag 3) และปริมาณฝน (lag 2) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) with ARIMA (1, 1) covariance structure ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 235

ตารางที่ 234 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า *p*-value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		<i>p</i> -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-243.42	389.12	0.5383
Sex (1)	-2.8350	44.2036	0.9495
Age	0.5494	1.0864	0.6183
day of week (0)	3.2032	1.6613	0.0557
day of week (1)	0.5686	1.6440	0.7299
day of week (2)	1.5400	1.6546	0.3535
day of week (3)	1.5368	1.6356	0.3489
day of week (4)	0.1610	1.6050	0.9202
day of week (5)	0.08110	1.6536	0.9610
Weight	0.3589	1.8472	0.8478
Height	3.0962	2.7408	0.2714
PM <sub>2.5</sub> (lag 4)	0.03505	0.06614	0.5963
PM <sub>10</sub> (lag 4)	0.001666	0.05556	0.9761
Pressure (lag 3)	0.7954	0.4482	0.0760
Temperature (lag 0)	0.9341	0.3908	0.0169*
Humidity (lag 4)	-0.09945	0.08937	0.2659
Sunlight (lag 3)	-0.5143	0.2871	0.0733
Rain (lag 2)	-0.2145	0.1128	0.0572

\*มีนัยสำคัญที่ *p*-value < 0.05

Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 235 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง และค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	297.47	16.1017	<0.0001
day of week (0)	2.7463	1.6062	0.0893
day of week (1)	0.2130	1.5974	0.8941
day of week (2)	1.2022	1.5857	0.4495
day of week (3)	1.4904	1.5711	0.3443
day of week (4)	-0.1479	1.5658	0.9249
day of week (5)	-0.3262	1.5816	0.8369
Pressure (lag 3)	0.6965	0.4250	0.1013
Temperature (lag 0)	0.8843	0.3740	0.0181*
Sunlight (lag 3)	-0.5337	0.2772	0.0543
Rain (lag 2)	-0.2108	0.1108	0.0571

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

#### 15. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับอาการหอบหืดตอนกลางวัน

ความสมบูรณ์ของการบันทึกอาการหอบหืดตอนกลางวันและกลางคืน ที่กลุ่มตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่มีการบันทึกทุกวันตั้งแต่วันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 และกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดลำพูนมีการบันทึกทุกวันตั้งแต่วันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 แสดงในตารางที่ 236

ตารางที่ 236 แสดงจำนวนและร้อยละของความสมบูรณ์ของการบันทึกอาการหอบหืด ในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (N = 208 คน)	เชียงใหม่ (N = 152 คน)				ลำพูน (N = 56 คน)			
	สมบูรณ์	ร้อยละ	ไม่ สมบูรณ์	ร้อยละ	สมบูรณ์	ร้อยละ	ไม่ สมบูรณ์	ร้อยละ
อาการหอบหืดตอน กลางวัน	57	37.5	95	62.5	0	0.0	56	100.0
อาการหอบหืดตอน กลางคืน	56	36.8	96	63.2	0	0.0	56	100.0

การหาความสัมพันธ์ระหว่างอาการหอบหืดตอนกลางวันรายวัน (ไม่มีอาการหรือมีแต่ไม่รบกวนการปฏิบัติกิจกรรมประจำวัน และ มีอาการและรบกวนการปฏิบัติกิจกรรมประจำวัน) กับระดับฝุ่น

PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝน รายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัด เชียงใหม่ ด้วยสถิติ Generalized Estimating Equation (GEE) (independent structure) ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า *p*-value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 237 ถึงตาราง ที่ 247 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 237 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า *p*-value ที่ lag 3 วันของค่า PM<sub>2.5</sub> เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		<i>p</i> -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8600	0.3428	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน PM <sub>2.5</sub>	-0.0026	0.0012	0.0347*

\*มีนัยสำคัญที่ *p*-value < 0.05

ตารางที่ 238 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า *p*-value ที่ lag 0 วันของค่า PM<sub>10</sub> เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		<i>p</i> -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8444	0.3326	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน PM <sub>10</sub>	0.0022	0.0013	0.0842

ตารางที่ 239 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า *p*-value ที่ lag 4 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		<i>p</i> -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.1898	0.3371	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน CO	-0.0828	0.0597	0.1655

ตารางที่ 240 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า *p*-value ที่ lag 3 วันของค่า O<sub>3</sub> เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		<i>p</i> -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8656	0.3432	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน O <sub>3</sub>	0.0101	0.0061	0.1002

ตารางที่ 241 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า NO<sub>2</sub> เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8323	0.3372	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน NO <sub>2</sub>	-0.0107	0.0061	0.0822

ตารางที่ 242 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่า SO<sub>2</sub> เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8460	0.3258	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน SO <sub>2</sub>	-0.0831	0.0831	0.1688

ตารางที่ 243 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8400	0.3314	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	0.0308	0.0263	0.2422

ตารางที่ 244 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8396	0.3313	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.0229	0.0219	0.2956

ตารางที่ 245 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8412	0.3290	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.0100	0.0037	0.0068*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 246 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8400	0.3291	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	0.0087	0.0072	0.2283

ตารางที่ 247 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8121	0.3259	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.0066	0.0040	0.1033

การหาความสัมพันธ์ระหว่างอาการหอบหืดตอนกลางวันรายวันกับระดับ  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $CO$ ,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Generalized Estimating Equation (GEE) (independent structure) ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 248

จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ severity, day of week, Humidity (lag 0) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Generalized Estimating Equation (GEE) (independent structure) ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 249 แล้วตัดตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป เหลือ Model สุดท้ายดังแสดงในตารางที่ 250

ตารางที่ 248 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-4.9406	3.2070	0.1234
Sex (1)	-0.3966	0.5833	0.4965
Age	0.0003	0.0085	0.9682
Severity (1)	-2.4353	1.1349	0.0319*
Severity (2)	-1.3260	1.0103	0.1894
Severity (3)	-0.8523	1.0142	0.4007
day of week (0)	0.1011	0.1370	0.4605

day of week (1)	0.2452	0.1238	0.0477*
day of week (2)	0.2512	0.1594	0.1151
day of week (3)	-0.0746	0.1573	0.6352
day of week (4)	-0.1194	0.1637	0.4660
day of week (5)	-0.1560	0.1022	0.1270
Weight	-0.0070	0.0306	0.8194
Height	0.0167	0.0301	0.5793
PM <sub>2.5</sub> (lag 3)	-0.0010	0.0025	0.6819
PM <sub>10</sub> (lag 0)	0.0018	0.0028	0.5118
CO (lag 4)	-0.0955	0.3254	0.7691
O <sub>3</sub> (lag 3)	0.0131	0.0115	0.2546
NO <sub>2</sub> (lag 4)	-0.0167	0.0213	0.4350
SO <sub>2</sub> (lag 4)	0.0468	0.1025	0.6479
Pressure (lag 4)	0.0397	0.0381	0.2975
Temperature (lag 4)	0.0608	0.0556	0.2739
Humidity (lag 0)	-0.0218	0.0081	0.0070*
Sunlight (lag 0)	-0.0110	0.0126	0.3826
Rain (lag 4)	-0.0020	0.0052	0.6948

ตารางที่ 249 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า *p*-value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า *p*-value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		<i>p</i> -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.8646	0.9016	0.0015
Severity (1)	-2.1899	0.9789	0.0253*
Severity (2)	-1.2082	0.9791	0.2172
Severity (3)	-0.7850	1.0696	0.4630
day of week (0)	0.1053	0.0843	0.2116
day of week (1)	0.1343	0.0915	0.1423
day of week (2)	0.1652	0.0921	0.0729
day of week (3)	0.0126	0.0733	0.8637
day of week (4)	0.0140	0.0731	0.8484
day of week (5)	-0.0642	0.0649	0.3225
Humidity (lag 0)	-0.0113	0.0037	0.0023*

\*มีนัยสำคัญที่ *p*-value < 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 250 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.8099	0.9002	0.0018
Severity (1)	-2.1883	0.9786	0.0253*
Severity (2)	-1.2074	0.9787	0.2173
Severity (3)	-0.7847	1.0692	0.4630
Humidity (lag 0)	-0.0101	0.0037	0.0055*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างอาการหอบหืดตอนกลางวันรายวัน (ไม่มีอาการหรือมีแต่ไม่รบกวนการปฏิบัติกิจกรรมประจำวัน และ มีอาการและรบกวนการปฏิบัติกิจกรรมประจำวัน) กับระดับฝุ่น  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Generalized Estimating Equation (GEE) (independent structure) ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 251 ถึงตารางที่ 257 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 251 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.7258	0.3617	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	0.0022	0.0013	0.0812

ตารางที่ 252 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.7261	0.3618	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	0.0033	0.0012	0.0121*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 253 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.7353	0.3643	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	0.0176	0.0159	0.2679

ตารางที่ 254 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.7267	0.3622	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.0205	0.0137	0.1341

ตารางที่ 255 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 6 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.7346	0.3654	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.0060	0.0045	0.1888

ตารางที่ 256 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูนระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.7333	0.3779	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	-0.0277	0.0126	0.0283*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 257 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.7676	0.3851	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	0.0067	0.0099	0.5003

การหาความสัมพันธ์ระหว่างอาการหอบหืดตอนกลางวันรายวันกับระดับ  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Generalized Estimating Equation (GEE) (independent structure) ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 258

จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่  $PM_{2.5}$  (lag 0), และ  $PM_{10}$  (lag 0) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Generalized Estimating Equation (GEE) (independent structure) ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงใน แล้วตัดตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป เหลือ Model สุดท้ายดังแสดงในตารางที่ 260

ตารางที่ 258 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูนระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-4.2100	6.1193	0.4915
Sex (1)	0.6060	1.3951	0.6640
Age	-0.0301	0.0263	0.2520
Severity (1)	-1.1868	2.1004	0.5720
Severity (2)	-1.5753	1.3012	0.2261
Severity (3)	1.3295	1.0809	0.2187
day of week (0)	-0.1125	0.1052	0.2850
day of week (1)	-0.0646	0.0721	0.3700
day of week (2)	0.0296	0.0705	0.6745
day of week (3)	-0.0639	0.0750	0.3945
day of week (4)	0.1458	0.0967	0.1314
day of week (5)	-0.0056	0.0567	0.9218
Weight	-0.0307	0.0393	0.4345
Height	0.0238	0.0428	0.5780
$PM_{2.5}$ (lag 0)	-0.0064	0.0038	0.0936
$PM_{10}$ (lag 0)	0.0079	0.0042	0.0614
Pressure (lag 5)	-0.0096	0.0237	0.6844
Temperature (lag 0)	0.0110	0.0223	0.6233
Humidity (lag 6)	-0.0040	0.0044	0.3651

Sunlight (lag 2)	-0.0201	0.0148	0.1742
Rain (lag 2)	0.0051	0.0124	0.6789

ตารางที่ 259 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.7264	0.3619	<0.0001
PM <sub>2.5</sub> (lag 0)	-0.0043	0.0025	0.0882
PM <sub>10</sub> (lag 0)	0.0059	0.0024	0.0116*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 260 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.7261	0.3618	<0.0001
PM <sub>10</sub> (lag 0)	0.0030	0.0012	0.0121*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

#### 15. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับอาการหอบหืดตอนกลางวัน

การหาความสัมพันธ์ระหว่างอาการหอบหืดตอนกลางวันรายวัน (ไม่มีอาการหรือมีแต่ไม่รบกวนการปฏิบัติกิจกรรมประจำวัน และ มีอาการและรบกวนการปฏิบัติกิจกรรมประจำวัน) กับระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Generalized Estimating Equation (GEE) (independent structure) ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า  $p$ -value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 261 ถึงตารางที่ 271 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 261 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8643	0.2706	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	0.0024	0.0019	0.2173

ตารางที่ 262 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8018	0.2683	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	0.0009	0.0013	0.4912

ตารางที่ 263 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8053	0.2682	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน CO	-0.1235	0.0750	0.0998

ตารางที่ 264 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่า  $O_3$  เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8271	0.2746	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $O_3$	0.0088	0.0050	0.0767

ตารางที่ 265 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า  $NO_2$  เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.7889	0.2693	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $NO_2$	0.0103	0.0070	0.1410

ตารางที่ 266 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า  $p$ -value ที่ lag 5 วันของค่า SO<sub>2</sub> เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.7086	0.2709	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน SO <sub>2</sub>	0.1514	0.0627	0.0157*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 267 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8045	0.2651	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	0.0188	0.0202	0.3516

ตารางที่ 268 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8100	0.2679	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.0289	0.0177	0.1015

ตารางที่ 269 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า  $p$ -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8108	0.2681	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.0100	0.0039	0.0106*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 270 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.8046	0.2650	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	0.0076	0.0092	0.4045

ตารางที่ 271 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-3.7541	0.2703	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	-0.0135	0.0052	0.0099*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างอาการหอบหืดตอนกลางวันรายวันกับระดับ  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , CO,  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยสถิติ Generalized Estimating Equation (GEE) (independent structure) ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 272

จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ sex, severity, weight, height, Rain (lag 3) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Generalized Estimating Equation (GEE) (independent structure) ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 273

ตารางที่ 272 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.1365	0.7661	0.0053
Sex (1)	0.5480	0.1176	<0.0001*
Age	-0.0037	0.0032	0.2456
Severity (1)	-2.3568	0.2816	<0.0001*
Severity (2)	-1.0967	0.1735	<0.0001*
Severity (3)	-1.0467	0.1705	<0.0001*
day of week (0)	0.1104	0.2057	0.5914

day of week (1)	0.2251	0.2048	0.2717
day of week (2)	0.1108	0.2039	0.5868
day of week (3)	-0.0703	0.2193	0.7484
day of week (4)	-0.1387	0.2302	0.5468
day of week (5)	-0.2005	0.2104	0.3406
Weight	0.0293	0.0048	<0.0001*
Height	-0.0145	0.0059	0.0143*
PM <sub>2.5</sub> (lag 0)	0.0055	0.0055	0.3148
PM <sub>10</sub> (lag 5)	-0.0012	0.0043	0.7818
CO (lag 1)	0.0617	0.2522	0.8067
O <sub>3</sub> (lag 0)	0.0113	0.0142	0.4275
NO <sub>2</sub> (lag 5)	0.0140	0.0245	0.5685
SO <sub>2</sub> (lag 5)	0.1748	0.1608	0.2770
Pressure (lag 0)	0.0199	0.0599	0.7395
Temperature (lag 4)	-0.0925	0.0695	0.1834
Humidity (lag 4)	-0.0154	0.0144	0.2845
Sunlight (lag 0)	0.0037	0.0258	0.8850
Rain (lag 3)	-0.0126	0.0067	0.0592

ตารางที่ 273 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า *p*-value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า *p*-value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		<i>p</i> -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-1.1272	0.4733	0.0172
Sex	0.6175	0.0770	<0.0001*
Severity (1)	-2.6685	0.1937	<0.0001*
Severity (2)	-1.0500	0.1124	<0.0001*
Severity (3)	-1.2221	0.1141	<0.0001*
Weight	0.0245	0.0032	<0.0001*
Height	-0.0202	0.0037	<0.0001*
Rain (lag 3)	-0.0133	0.0038	0.0005*

\*มีนัยสำคัญที่ *p*-value < 0.05

การหาความสัมพันธ์ระหว่างอาการหอบหืดตอนกลางวันรายวัน (ไม่มีอาการหรือมีแต่ไม่รบกวนการปฏิบัติกิจกรรมประจำวัน และ มีอาการและรบกวนการปฏิบัติกิจกรรมประจำวัน) กับระดับฝุ่น PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวันที่ละตัวแปร โดยเลือก Lag period สำหรับตัวแปรที่ค่าต่างๆ กันตั้งแต่ lag 0 ถึง lag 6 ในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Generalized Estimating Equation (GEE) (independent structure) ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 แล้วเลือกค่า *p*-value ที่น้อยที่สุดของแต่ละ lag ได้ผลคังแสดงในตารางที่ 274 ถึงตารางที่ 280 ตัวแปรต้นทุกตัว ยกเว้น ตัวแปรปริมาณฝน จะมีการเปลี่ยนรูป (Transform) ข้อมูลก่อนด้วยวิธี differencing order 1 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บเป็นรายวันมี autocorrelation

ตารางที่ 274 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า  $PM_{2.5}$  เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.3724	0.3105	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$	0.0023	0.0010	0.0201*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 275 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 3 วันของค่า  $PM_{10}$  เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.3718	0.3102	<0.0001
ค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{10}$	0.0018	0.0010	0.0525

ตารางที่ 276 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.3719	0.3105	<0.0001
ค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน	-0.0161	0.0156	0.3029

ตารางที่ 277 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.3720	0.3105	<0.0001
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน	0.0239	0.0136	0.0793

ลิขสิทธิ์สงวนลิขสิทธิ์ของ Chiang Mai University  
Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 278 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า  $p$ -value ที่ lag 1 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.3665	0.3103	<0.0001
ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน	-0.0072	0.0037	0.0547

ตารางที่ 279 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า  $p$ -value ที่ lag 0 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูนระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.4090	0.3169	<0.0001
ค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวัน	-0.0178	0.0097	0.0666

ตารางที่ 280 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า  $p$ -value ที่ lag 2 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-2.3752	0.3158	<0.0001
ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน	0.0058	0.0080	0.4640

การหาความสัมพันธ์ระหว่างอาการหอบหืดตอนกลางคืนรายวันกับระดับ  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , ความกดอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, แสงแดด, และปริมาณฝนรายวัน โดยนำตัวแปรทั้งหมดเข้าใน Model พร้อมกัน และเลือก Lag period ที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยที่สุดที่ได้จากการทดสอบข้างต้นในจังหวัดลำพูน ด้วยสถิติ Generalized Estimating Equation (GEE) (independent structure) ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 281

จากนั้นเลือกเฉพาะตัวแปรที่ให้ค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.1 ได้แก่ severity, Temperature (lag 0), และ Sunlight (lag 0) มาทำการทดสอบด้วยสถิติ Generalized Estimating Equation (GEE) (independent structure) ด้วยโปรแกรมสถิติ SAS version 9.0 อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 282

Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

ตารางที่ 281 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูนระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	0.3952	5.2748	0.9403
Sex (1)	0.9794	0.8766	0.2638
Age	-0.0137	0.0181	0.4490
Severity (1)	-3.5318	1.2344	0.0042*
Severity (2)	-2.4952	1.2332	0.0430*
Severity (3)	-1.3655	0.7630	0.0735
day of week (0)	-0.0630	0.0881	0.4746
day of week (1)	-0.0689	0.0713	0.3337
day of week (2)	-0.0141	0.0689	0.8377
day of week (3)	-0.0468	0.0839	0.5767
day of week (4)	0.0484	0.0768	0.5286
day of week (5)	0.0378	0.0695	0.5867
Weight	0.0119	0.0281	0.6725
Height	-0.0094	0.0421	0.8229
PM <sub>2.5</sub> (lag 3)	0.0013	0.0022	0.5479
PM <sub>10</sub> (lag 3)	0.0007	0.0024	0.7540
Pressure (lag 0)	-0.0220	0.0188	0.2424
Temperature (lag 0)	0.0475	0.0195	0.0149*
Humidity (lag 1)	-0.0074	0.0053	0.1630
Sunlight (lag 0)	-0.0290	0.0141	0.0404*
Rain (lag 2)	0.0067	0.0094	0.4796

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

ตารางที่ 282 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า  $p$ -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า  $p$ -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549

Model	Unstandardized Coefficients		$p$ -value
	$\beta$	Std. Error	
ค่าคงที่	-0.3663	0.0001	<0.0001
Severity (1)	-3.6970	0.5921	<0.0001*
Severity (2)	-2.7673	0.7439	0.0002*
Severity (3)	-1.5834	0.3944	<0.0001*
Temperature (lag 0)	0.0422	0.0163	0.0099*
Sunlight (lag 0)	-0.0275	0.0109	0.0119*

\*มีนัยสำคัญที่  $p$ -value < 0.05

## 16. ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนการเป็นโรคหอบหืดนั้น ไม่ได้วิเคราะห์ในรูปแบบของ “ความเต็มใจจ่าย” (willingness to pay) ทั้งนี้เนื่องจากการวิเคราะห์ความเต็มใจจ่าย นั้น จะต้องมีกรสร้างเหตุการณ์สมมุติ (hypothetical case) ขึ้นว่าถ้าไม่มีฝุ่นเลย หรือ มีเท่านั้นเท่านี้ ผู้ตอบแบบสอบถามจะเต็มใจจ่ายเพื่อให้คน ไม่มีอาการที่เกี่ยวข้องกับการหอบหืดเป็นจำนวนเท่าใด การวิเคราะห์โดยวิธีการสมมุติเหตุการณ์ให้ประเมินค่า (Contingent Valuation Method) นี้จะมีความหมายต่อเมื่อผู้ตอบแบบสอบถามมีความเข้าใจต่อเหตุการณ์สมมุติตรงกัน ประการสำคัญมีหลักฐานทางวิชาการว่าขนาดของกลุ่มตัวอย่างจะต้องมีขนาดใหญ่ (600 ตัวอย่างขึ้นไป) ผลของการวิเคราะห์แบบความเต็มใจจ่ายจึงจะมีความน่าเชื่อถือ (เรณู สุขารมณ, “วิธีการสมมุติเหตุการณ์ให้ประเมินค่าสินค้าที่ไม่ผ่านตลาด” รวมบทความที่ระลึกครบรอบ 60 ปี อาจารย์อัมมาร สยามวาลา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2542) ดังนั้นสำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์แต่ในรูปแบบของต้นทุนการเจ็บป่วย (Cost of illness) เท่านั้น

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ/ประเมินต้นทุนความเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากโรคหอบหืดนั้น ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยที่ร่วมในโครงการวิจัยจำนวน 201 ราย โดยเริ่มสัมภาษณ์ในเดือนสิงหาคม 2348 และได้ทยอยสัมภาษณ์เรื่อยมา สิ้นสุดการสัมภาษณ์และเก็บข้อมูลเมื่อเดือนสิงหาคม 2549 โดยกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยที่รักษาที่โรงพยาบาลประจำจังหวัดลำพูนนั้นเป็นผู้ที่มีที่พักอาศัยอยู่ในจังหวัดลำพูนทั้งหมดจำนวน 39 ราย ส่วนผู้ป่วยที่รับการรักษาจากโรงพยาบาลทหารนครเชียงใหม่มีจำนวน 162 ราย มี 2 รายพักอาศัยอยู่ในจังหวัดลำพูนและจัดอยู่ในกลุ่มตัวอย่างเชียงใหม่

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานะทางเศรษฐกิจของกลุ่มตัวอย่าง พบผู้ป่วยโรคหอบหืดในกลุ่มตัวอย่างกระจายตัวอยู่ตามชั้นเงินได้ต่างๆ อย่างไรก็ตามสำหรับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด และส่วนกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยจังหวัดเชียงใหม่ มีการกระจุกตัวอยู่ในกลุ่มชั้นรายได้ที่มากกว่า 30,000 บาท มากที่สุดเมื่อเทียบกับชั้นเงินได้อื่นๆ (ประมาณร้อยละ 25) ในขณะที่ผู้ป่วยที่รับการรักษาที่โรงพยาบาลประจำจังหวัดลำพูนประมาณร้อยละ 50 มาจากครัวเรือนที่มีรายได้ครัวเรือนน้อยกว่า 10,000 บาทต่อเดือน ดังแสดงในตารางที่ 283

ตารางที่ 283 รายได้ครัวเรือนของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามชั้นรายได้ และ จังหวัดของสถานพยาบาลที่กลุ่มตัวอย่างได้รับการรักษา

ชั้นรายได้	เชียงใหม่		ลำพูน		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
น้อยกว่า 5000	20	11.34	5	12.82	25	12.43
5001-10000	22	13.58	14	37.89	36	17.91

10001-15000	26	16.05	5	12.82	31	15.42
15001-20000	21	12.96	6	15.38	27	13.43
20001-25000	10	6.17	2	5.13	12	5.97
25001-30000	20	12.34	3	7.69	23	11.44
มากกว่า 30000	43	26.54	4	10.25	47	23.38
รวม	162	100.00	39	100.00	201	100.00

อย่างไรก็ตามผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่ต้องเสียค่ายาและค่าบริการทางการแพทย์เอง เพราะสามารถเบิกค่ารักษาพยาบาลจากทางราชการได้ หรือไม่ก็อยู่ในโครงการ 30 บาท/ประกันสังคม ในจำนวนผู้ป่วยที่เข้าร่วมโครงการมาตั้งแต่ต้น มีผู้ป่วยจำนวน 201 รายที่ได้ข้อมูลสมบูรณ์พอสำหรับการคำนวณหาต้นทุนในการเจ็บป่วยอันเนื่องจากโรคหอบหืด ในจำนวนนี้มีเพียง 17 ราย หรือร้อยละ 8.45 ที่ต้องรับภาระค่ารักษาพยาบาลเอง ที่เหลือจำนวน 184 ราย หรือ ร้อยละ 91.55 สามารถเบิกค่ารักษาพยาบาลจากทางราชการ หรืออยู่ในโครงการ 30 บาท/ประกันสังคม มีผู้ป่วยบางรายในโครงการ 30 บาท ไม่ต้องการเข้ารับการรักษาในสถานพยาบาลใกล้บ้านตามที่ตกลงไว้ในโครงการ 30 บาท ต้องการมารับการรักษาที่โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ ดังนั้นจึงต้องออกค่ารักษาพยาบาลเอง

สำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนการเจ็บป่วยนั้น ได้วิเคราะห์โดยแยกค่าใช้จ่ายระหว่างกลุ่มเด็กและกลุ่มผู้ใหญ่ และระหว่างกลุ่มผู้ป่วยที่รับการรักษาที่โรงพยาบาลประจำจังหวัดลำพูน กับ โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ เป็นต้นทุนการเจ็บป่วยในรอบ 1 ปี คือ มิถุนายน/กรกฎาคม 2548 ถึง มิถุนายน/กรกฎาคม 2549

ในการคำนวณต้นทุนการเจ็บป่วย ทั้งค่ายาและค่ารักษา และต้นทุนอื่นๆ ใช้วิธีเก็บข้อมูลทุก 3 เดือน อย่างไรก็ตามพบว่าค่าใช้จ่ายในการรักษาโดยเฉพาะค่ายาและค่าบริการทางการแพทย์ไม่ได้มีลักษณะเป็นฤดูกาล ทั้งนี้ผู้ป่วยในกลุ่มตัวอย่างเกือบทั้งหมดไม่ได้มาพบแพทย์เมื่อมีอาการเจ็บป่วยจากโรคหอบหืด แต่มาพบแพทย์ตามที่ได้นัดหมายไว้ล่วงหน้าไม่ว่าจะมีอาการหอบหรือไม่ การรักษาจึงมีลักษณะเป็นการรักษาแบบป้องกัน ค่าใช้จ่ายจากการเจ็บป่วยจึงขึ้นอยู่กับขนาดความรุนแรงของการเจ็บป่วยของผู้ป่วยแต่ละราย ความถี่ในการมีนัดพบแพทย์ และชนิดของยาที่สถานพยาบาลแต่ละแห่งเลือกใช้ในการรักษามากกว่าฤดูกาล ในการคำนวณค่ายาและค่าบริการทางการแพทย์นั้น ใช้บัญชีราคายาและค่ารักษาของโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ปี 2548 ในการคำนวณ เฉพาะผู้ป่วยในจังหวัดลำพูนในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 รายที่ต้องนอนค้างคืนโรงพยาบาลเพื่อรับการรักษาจากอาการหอบ การประเมินต้นทุนการรักษาการเจ็บป่วยที่ต้องนอนโรงพยาบาลใช้ข้อมูลค่ารักษาพยาบาลจากโรงพยาบาลประจำ

จังหวัดลำพูนที่เกิดขึ้นจริง ส่วนค่ายาและค่าบริการทางการแพทย์อื่นๆ ใช้บัญชีราคาขายของโรงพยาบาล มหาราชนครเชียงใหม่เช่นเดียวกับผู้ป่วยทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

ในการคำนวณต้นทุนการเจ็บป่วยระหว่างผู้ป่วยเด็กและผู้ใหญ่ ผู้ป่วยที่มีอายุต่ำกว่า หรือเท่ากับ 12 ปีเมื่อเริ่มงานวิจัย ถือเป็นผู้ป่วยเด็ก ผู้ป่วยที่มีอายุ 13 ปีขึ้นไปถือว่าเป็นผู้ป่วยผู้ใหญ่ เพราะ ได้รับยาในขนาดเดียวกับผู้ใหญ่ ผู้ป่วยที่รับการรักษาจากโรงพยาบาลจังหวัดลำพูนเป็นผู้ป่วยผู้ใหญ่ ทั้งหมด ผู้ป่วยเด็กในกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยในจังหวัดเชียงใหม่ทั้งหมด

ผลการศึกษาพบว่าสำหรับผู้ป่วยในกลุ่มตัวอย่างมีค่าใช้จ่ายในการรักษาโรคหอบหืดเฉลี่ย เท่ากับ 15,044.25 บาท/คน/ปี ต้นทุนการเจ็บป่วยแตกต่างกันระหว่างผู้ป่วยในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเด็ก หรือ ผู้ใหญ่ คือ สำหรับผู้ป่วยเด็กเท่ากับ 8,009.37 บาท /คน/ปี และสำหรับผู้ใหญ่คือ 15,044.25 บาท/ คน/ปี สำหรับกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยทั้งหมด ค่ายาและค่าบริการทางการแพทย์มีสัดส่วนสูงประมาณร้อยละ 93 ของต้นทุนการเจ็บป่วยจากโรคหอบหืดทั้งหมด ในขณะที่สัดส่วนดังกล่าวของผู้ป่วยเด็กในกลุ่ม ตัวอย่างอยู่ที่ร้อยละ 84 ดังแสดงในตารางที่ 284 สำหรับค่ายาและค่าบริการทางการแพทย์คำนวณ เฉพาะที่ใช้รักษาโรคหอบหืดเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากผู้ป่วยที่มีอายุมักมีโรคอื่นๆ ด้วย และอาจได้รับยาเพื่อ รักษาโรคอื่นๆ ด้วย

ต้นทุนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การรักษา เช่น ค่าเดินทางมาพบแพทย์ รายได้ที่เสียไปเนื่องจากการ เจ็บป่วย พบว่ามีสัดส่วนที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับค่ายาและค่าบริการทางการแพทย์ทั้งหมด โดยสำหรับ ผู้ป่วยทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่างสัดส่วนนี้อยู่ที่ประมาณร้อยละ 7 ในขณะที่สัดส่วนนี้สำหรับผู้ป่วยเด็กและ ผู้ป่วยผู้ใหญ่อยู่ที่ร้อยละ 16 และร้อยละ 6 ตามลำดับ ดังในตารางที่ 284

ตารางที่ 284 ต้นทุนการเจ็บป่วยด้วยโรคหอบหืดของกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยเด็กและผู้ใหญ่

กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด (N=201)	ต้นทุนการเจ็บป่วย ทั้งหมด (บาท)	ค่ายาและค่าบริการทาง การแพทย์ (บาท)	ต้นทุนอื่นๆ (บาท)
รวมทั้งหมด	3,008,849	2,800,836	208,013
เฉลี่ย/คน/ปี	14,969.40	13,934.51	1,034.89
ร้อยละ	100.00	93.09	6.90
กลุ่มตัวอย่างเด็ก (N=32)	ต้นทุนการเจ็บป่วย ทั้งหมด (บาท)	ค่ายาและค่าบริการทาง การแพทย์ (บาท)	ต้นทุนอื่นๆ (บาท)
รวมทั้งหมด	256,300	215,158	41,142
เฉลี่ย/คน/ปี	8,009.37	6,723.69	1,285.69
ร้อยละ	100.00	83.95	16.05
กลุ่มตัวอย่างผู้ใหญ่	ต้นทุนการเจ็บป่วย	ค่ายาและค่าบริการทาง	ต้นทุนอื่นๆ (บาท)

(N=169)	ทั้งหมด (บาท)	การแพทย์ (บาท)	
รวมทั้งหมด	2,752,549	2,585,678	166,871
เฉลี่ย/คน/ปี	16,287.27	15,299.87	987.40
ร้อยละ	100.00	93.94	6.06

เมื่อแยกผู้ป่วยในกลุ่มตัวอย่างออกเป็นผู้ป่วยกลุ่มจังหวัดลำพูนและกลุ่มจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าผู้ป่วยจังหวัดเชียงใหม่ มีต้นทุนการรักษาความเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากโรคหอบหืดเฉลี่ยสูงกว่าผู้ป่วยในจังหวัดลำพูนมาก (16,57.39 บาท/คน/ปี เมื่อเทียบกับ 7,542.37 บาท/คน/ปี) และสูงกว่าเกือบสามเท่าตัวเมื่อนำเฉพาะต้นทุนการรักษาของผู้ป่วยผู้ใหญ่ในจังหวัดเชียงใหม่มาเปรียบเทียบกับ (19,057.34 บาท/คน/ปี) กับต้นทุนการรักษาของผู้ป่วยในจังหวัดลำพูนซึ่งเป็นผู้ป่วยผู้ใหญ่ทั้งหมด ที่น่าสังเกต คือผู้ป่วยในจังหวัดลำพูนมีต้นทุนการรักษาโรคหอบหืดเฉลี่ย/คน/ปี ใกล้เคียงกับต้นทุนในการรักษาผู้ป่วยเด็ก (7542.37 บาท/คน/ปีเทียบกับ 8009.37บาท/คน/ปี) ดังแสดงในตารางที่ 285 ซึ่งในกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาผู้ป่วยเด็กอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ทั้งหมด จากการศึกษาที่ใช้ พบว่าผู้ป่วยเด็กและผู้ป่วยผู้ใหญ่ในจังหวัดลำพูนได้รับประเภทยาที่ใช้ในการรักษาที่มีราคาใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 285 ต้นทุนการเจ็บป่วยด้วยโรคหอบหืดของกลุ่มตัวอย่างในลำพูนและในเชียงใหม่

กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด (N=201)	ต้นทุนการเจ็บป่วย ทั้งหมด (บาท)	ค่ายาและบริการทาง การแพทย์ (บาท)	ต้นทุนอื่นๆ (บาท)
รวมทั้งหมด	3,008,849	2,800,836	208,013
เฉลี่ย/คน/ปี	14,969.40	13,934.51	1,034.89
ร้อยละ	100.00	93.09	6.90
กลุ่มตัวอย่างลำพูน (N=39)	ต้นทุนการเจ็บป่วย ทั้งหมด (บาท)	ค่ายาและบริการทาง การแพทย์ (บาท)	ต้นทุนอื่นๆ (บาท)
รวมทั้งหมด	294,152	253,366	40,786
เฉลี่ย/คน/ปี	7,542.35	6,496.56	1,045.79
ร้อยละ	100.00	86.13	13.86
กลุ่มตัวอย่างเชียงใหม่ (N=162)	ต้นทุนการเจ็บป่วย ทั้งหมด (บาท)	ค่ายาและบริการทาง การแพทย์ (บาท)	ต้นทุนอื่นๆ (บาท)
รวมทั้งหมด	2,714,697	2,547,470	167,227
เฉลี่ย/คน/ปี	16,757.39	15,725.12	10,32.26
ร้อยละ	100.00	93.84	6.16

กลุ่มตัวอย่างเด็ก เชียงใหม่ (N=32)	ต้นทุนการเจ็บป่วย ทั้งหมด (บาท)	ค่ายาและบริการทาง การแพทย์ (บาท)	ต้นทุนอื่นๆ (บาท)
เฉลี่ย/คน/ปี	8,009.37	6,723.69	1,285.69
ร้อยละ	100.00	83.95	16.05
กลุ่มตัวอย่างผู้ใหญ่ เชียงใหม่ (N=130)	ต้นทุนการเจ็บป่วย ทั้งหมด (บาท)	ค่ายาและบริการทาง การแพทย์ (บาท)	ต้นทุนอื่นๆ (บาท)
เฉลี่ย/คน/ปี	19057.34	18079.94	126085
ร้อยละ	100.00	94.87	5.13

เมื่อศึกษาต้นทุนอื่นๆ อันเนื่องจากการรักษาโรคหอบหืดที่ไม่ใช่ค่ายาและค่าบริการทางการแพทย์ เช่น ค่าเดินทางไปกลับบ้าน-สถานพยาบาล รายได้ที่ขาดเนื่องจากต้องขาดงานเพื่อรับการรักษา เป็นต้น พบว่าสำหรับผู้ป่วยในจังหวัดลำพูน ต้นทุนอื่นๆ นี้มีสัดส่วนค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับของผู้ป่วยผู้ใหญ่ในจังหวัดเชียงใหม่ (ร้อยละ 13.86 ของต้นทุนการเจ็บป่วยทั้งหมด เทียบกับร้อยละ 6.16) ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้ป่วยในจังหวัดลำพูนมีอาชีพรับจ้างหรือค้าขายเป็นส่วนใหญ่ จึงขาดรายได้เมื่อกขาดงานจากการเจ็บป่วย ผู้ป่วยเด็กมีสัดส่วนต้นทุนอื่นๆ ต่อต้นทุนการรักษาพยาบาลทั้งหมดสูงกว่าของกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยผู้ใหญ่ไม่ว่าในจังหวัดลำพูนหรือเชียงใหม่ ที่เป็นเช่นนี้เพราะค่าเดินทางของกลุ่มผู้ป่วยเด็กจะสูงเพราะผู้ปกครองต้องเสียค่าเดินทางมาส่งยังสถานพยาบาลด้วย นอกเหนือจากขาดรายได้รายวันในกรณีที่มีอาชีพรับจ้าง หรือ ค้าขายอีกด้วย

เมื่อศึกษาว่าต้นทุนค่าใช้จ่ายรักษาความเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากโรคหอบหืดเป็นภาระกับผู้ป่วยมากน้อยเพียงใด โดยเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือนในภาคเหนือที่เก็บรวบรวมโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ ที่มีค่ารักษาพยาบาลและรายจ่ายส่วนบุคคลโดยเฉลี่ยของครัวเรือนในภาคเหนือ และของจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนในปี 2547 เท่ากับ 421 บาท 425 บาท และ 390 บาท ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 286 ในขณะที่ต้นทุนการรักษาความเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากโรคหอบหืดเฉลี่ยต่อคนต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยนี้ คือ 1,247.45 บาท (14,969.40 บาท/คน/ปี) ของผู้ป่วยในจังหวัดเชียงใหม่เท่ากับ 1,396.45 บาท (16,757.39 บาท/คน/ปี) และของผู้ป่วยในกลุ่มตัวอย่างจังหวัดลำพูนเท่ากับ 628.53 บาท (7,542.35 บาท/คน/ปี) ซึ่งเป็นตัวเลขที่สูงกว่าตัวเลขของสำนักงานสถิติแห่งชาติมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาว่าเป็นรายจ่ายเฉลี่ยของเฉพาะผู้ป่วยเพียง 1 คนที่เป็นโรคหอบหืด ไม่ใช่เฉลี่ยของครัวเรือน โดยขนาดของครัวเรือนของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้คือ 3.8 คน

ตารางที่ 286 ค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยต่อเดือนและค่ารักษาพยาบาลและรายจ่ายส่วนบุคคลของครัวเรือนในภาคเหนือ

จังหวัด	ขนาดของครัวเรือนโดยเฉลี่ย	ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อเดือน	ค่ารักษาพยาบาลและรายจ่ายส่วนบุคคล
ภาคเหนือ	3.5	8210	421
เชียงใหม่	3.3	8600	425
ลำพูน	3.3	8037	390

ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2548 ค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือนในภาคเหนือ

[www.nso.go.th](http://www.nso.go.th) 14 กรกฎาคม 2548



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### 1. สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ หาคความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสารก่อมลพิษแต่ละชนิดกับค่าความจุปอด (Peak expiratory flow) อาการและอาการแสดงในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด รวมทั้งประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการเป็นโรคหอบหืด ใช้วิธีการศึกษาแบบ Panel study ในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด ซึ่งอาศัยอยู่ในเขตอำเภอเมืองและปริมณฑล จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 152 คน และอำเภอเมืองและปริมณฑล จังหวัดลำพูน จำนวน 56 คน โดยมีระยะเวลาในการเก็บข้อมูลประมาณ 1 ปี ทั้งนี้ผู้ป่วยแต่ละรายจะต้องบันทึกอาการและอาการแสดงทางระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการใช้ยาขยายหลอดลมและความถี่ ความแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นรายวัน โดยผู้ปกครองของเด็กและ/หรือตัวผู้ป่วยพร้อมทั้งบันทึกสมรรถภาพปอด (Peak expiratory flow) วันละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) ด้วยเครื่อง peak flow meter ร่วมไปกับการเก็บข้อมูลฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) และเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ( $PM_{2.5}$ ) ระดับก๊าซพิษ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โอโซน ( $O_3$ ) ไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $NO_2$ ) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) ที่สถานีตรวจวัดอากาศโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ และการเก็บด้วยเครื่อง Mini Volume Air sampler ดำเนินการโดยรศ.ดร. อุษณีย์ วิจิเขตค่านวม และข้อมูลอุณหภูมิจากศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ และศูนย์อุตุนิยมวิทยาจังหวัดลำพูน ได้แก่ ความกดอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน และแสงแดด จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Linear Mixed Effects Model (Repeated Measures) (สำหรับค่า Peak flow รายวัน) และ Generalized Estimating Equation (GEE) (สำหรับอาการหอบหืดในแต่ละวัน) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS version 9.0

การสำรวจครั้งนี้ได้จำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 208 คน จากเชียงใหม่จำนวน 152 คน จากลำพูนจำนวน 56 คน ส่วนใหญ่เป็นหญิง (ร้อยละ 53.3 และ 66.1 ตามลำดับ) ส่วนมากมีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอเมืองจังหวัดลำพูน เป็นนักเรียน/นักศึกษา และมีอาชีพรับจ้างทั่วไป อายุอยู่ในช่วง 51-60 ปี ในจังหวัดเชียงใหม่ และ 41-50 ปี ในจังหวัดลำพูน ค่าเฉลี่ยอายุ  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ  $39.89 \pm 23.38$  และ  $46.55 \pm 15.11$  ปี ตามลำดับ ข้อมูลความรุนแรงของโรค พบว่ากลุ่มตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่ส่วนมากเป็นแบบ Mild persistent และในจังหวัดลำพูนเป็นแบบ Moderate persistent ระยะเวลาของการเป็นโรคหอบหืดอยู่ในช่วง 0-10 ปี ทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ  $16.87 \pm 16.83$  และ  $14.66 \pm 14.07$  ปี ตามลำดับ

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉลี่ย กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัด เชียงใหม่ คือ อายุ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก ส่วนสูง ระดับ  $PM_{2.5}$  (lag 2) และระดับ คาร์บอนมอนนอกไซด์ (lag 6) ในจังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด ส่วนสูง และ ความชื้นสัมพัทธ์ (lag 4)

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะตอนเช้ากับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ใน จังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก ส่วนสูง และแสงแดด (lag 4) ใน จังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด ส่วนสูง และความชื้นสัมพัทธ์ (lag 4)

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะตอนเย็นกับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ใน จังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก และส่วนสูง ในจังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด และส่วนสูง

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow สะสมเฉลี่ยรายวัน (Centered Moving Average, Span 3) กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มี ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก ส่วนสูง ระดับ  $PM_{2.5}$  (lag 0) ความกดอากาศ (lag 2) และปริมาณฝน (lag 0) ในจังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด วันของสัปดาห์ ส่วนสูง และอุณหภูมิ (lag 1)

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็ก (อายุน้อยกว่า หรือเท่ากับ 12 ปี) กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มี ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ ส่วนสูง และระดับคาร์บอนมอนนอกไซด์ (lag 6) สำหรับจังหวัดลำพูน ไม่มีผู้ป่วยเด็ก

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ (อายุ มากกว่า 12 ปี) กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มี ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ เพศ อายุ ระดับความรุนแรงของโรค หอบหืด น้ำหนัก และระดับคาร์บอนมอนนอกไซด์ (lag 6) สำหรับจังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรง ของโรคหอบหืด ส่วนสูง และความชื้นสัมพัทธ์ (lag 4) (เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ในกลุ่มที่ใช้ค่า Peak expiratory flow เฉลี่ย เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดลำพูนเป็นผู้ใหญ่ทั้งหมด)

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะช่วงฤดูฝน (1 มิถุนายน ถึง 30 กันยายน) กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก และ ส่วนสูง สำหรับจังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด วันของสัปดาห์ และส่วนสูง

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะช่วงฤดูแล้ง (1 ธันวาคม ถึง 31 มีนาคม) กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด วันของสัปดาห์ น้ำหนัก ส่วนสูง และ  $PM_{2.5}$  (lag 2) สำหรับจังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด วัน ของสัปดาห์ และส่วนสูง

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรง ต่ำ [ระดับ 1 มีอาการนานๆ ครั้ง (Intermittent) และ ระดับ 2 อาการรุนแรงน้อย (Mild persistent)] กับค่า ลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และ  $PM_{10}$  (lag 0) สำหรับจังหวัดลำพูน คือ อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Peak expiratory flow เฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรง สูง [ระดับ 3 อาการรุนแรงปานกลาง (Moderate persistent) และ ระดับ 4 อาการรุนแรงมาก (Severe persistent)] กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ อายุ และส่วนสูง สำหรับจังหวัดลำพูน คือ วันของ สัปดาห์ ความกดอากาศ (lag 3) อุณหภูมิ (lag 0) แสงแดด (lag 3) และปริมาณฝน (lag 2)

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอาการหอบหืดรายวันตอนกลางวัน กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัด เชียงใหม่ คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด วันของสัปดาห์ และความชื้นสัมพัทธ์ (lag 0) ใน จังหวัดลำพูน คือ  $PM_{10}$  (lag 0)

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอาการหอบหืดรายวันตอนกลางคืน กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัด เชียงใหม่ คือ เพศ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก ส่วนสูง และปริมาณฝน (lag 3) ใน จังหวัดลำพูน คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด อุณหภูมิ (lag 0) และ แสงแดด (lag 0)

ข้อมูลเศรษฐศาสตร์พบว่า ต้นทุนการรักษาความเจ็บป่วยอันเนื่องจากโรคหอบหืดเฉลี่ยต่อคน ต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยนี้ คือ 1,247.45 บาท (14,969.40 บาท/คน/ปี) ซึ่งเป็นของผู้ป่วยใน จังหวัดเชียงใหม่เท่ากับ 1,396.45 บาท (16,757.39 บาท/คน/ปี) และของผู้ป่วยในกลุ่มตัวอย่างจังหวัด ลำพูนเท่ากับ 628.53 บาท (7,542.35 บาท/คน/ปี) ในกรณีผู้ป่วยจังหวัดเชียงใหม่ค่าใช้จ่ายดังกล่าวสูงกว่า ค่าเฉลี่ยต่อเดือนของคนเชียงใหม่ทั่วไป (425 บาท/คน/เดือน) ถึง 3 เท่า

## 2. การอภิปรายผล

ในจังหวัดเชียงใหม่ เมื่อพิจารณาเฉพาะตัวแปรระดับฝุ่นละออง  $PM_{2.5}$  พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow ที่ lag 2 ความสัมพันธ์นี้ยังพบต่อไปเมื่อพิจารณาเฉพาะช่วงฤดูแล้ง (1 ธันวาคม ถึง 31 มีนาคม) และค่า Peak expiratory flow แบบสะสมเฉลี่ยรายวัน (Centered Moving Average, Span 3) แต่ในกรณีหลังเป็น  $PM_{2.5}$  ที่ lag 0 แสดงว่าระดับการเปลี่ยนแปลงของ  $PM_{2.5}$  จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความจุปอดในอีก 2 วันต่อมา หรือในวันเดียวกันสำหรับกรณีเมื่อพิจารณาค่า Peak expiratory flow แบบสะสมเฉลี่ยรายวัน (Centered Moving Average, Span 3) ผลการศึกษานี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Romieu et al.<sup>23</sup> ที่พบว่าระดับ  $PM_{2.5}$  (lag 0) ร่วมกับโอโซนมีความสัมพันธ์กับ Peak expiratory flow ตอนเช้า และ Peters et al.<sup>22</sup> ที่พบว่าระดับ  $PM_{2.5}$  (lag 1-5) ร่วมกับ  $SO_2$ , sulfate,  $H^+$  มีความสัมพันธ์กับ Peak expiratory flow ตอนเย็น เมื่อพิจารณาเฉพาะตัวแปรระดับฝุ่นขนาดเล็ก  $PM_{10}$  พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow เฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงค่า [ระดับ 1 มีอาการนานๆ ครั้ง (Intermittent) และ ระดับ 2 อาการรุนแรงน้อย (Mild persistent)] ที่ lag 0 ผลการศึกษานี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Romieu et al.<sup>23</sup> ที่พบว่าระดับ  $PM_{10}$  (lag 2) ร่วมกับโอโซนมีความสัมพันธ์กับ Peak expiratory flow ตอนเช้า และ Peters et al.<sup>22</sup> ที่พบว่าระดับ  $PM_{10}$  (lag 0) ร่วมกับ  $SO_2$ , sulfate,  $H^+$  มีความสัมพันธ์กับ Peak expiratory flow ตอนเย็น สำหรับสารมลพิษอื่นการศึกษาครั้งนี้พบว่าระดับคาร์บอนมอนอกไซด์ (lag 6) มีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow ทั้งในกลุ่มผู้ป่วยเด็กและผู้ใหญ่ โดยเฉพาะหากพิจารณาทั้งสองกลุ่มรวมกันพบว่าทั้ง  $PM_{2.5}$  และระดับคาร์บอนมอนอกไซด์มีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow ทั้งคู่ แสดงว่าสารมลพิษทั้งสองร่วมกันก่อให้เกิดผลกระทบต่อค่า Peak expiratory flow ในผู้ป่วยหอบหืด และมีความเป็นไปได้ที่ระดับคาร์บอนมอนอกไซด์อาจสัมพันธ์กับภาวะทางสุขภาพอื่นๆ เช่น โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งน่าจะได้มีการศึกษาต่อไป

ในจังหวัดลำพูนไม่พบว่าระดับฝุ่นรายวันมีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow ไม่ว่าจะพิจารณาเฉพาะกลุ่มผู้ป่วย (ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด) หรือฤดูกาลของปี (ฤดูแล้งหรือฤดูฝน) แต่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลส่วนบุคคล เช่น ส่วนสูง น้ำหนัก และข้อมูลทางอศุนิยมวิทยา เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ แสงแดด เป็นต้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากข้อมูลระดับฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดอาจจะยังไม่สูงมากพอที่จะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของ Peak expiratory flow ได้อย่างชัดเจน หรือการใช้ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีเพียง 1-2 สถานีในพื้นที่การศึกษาที่กว้างขวาง (ตั้งที่กลุ่มตัวอย่างอาศัยอยู่กระจายทั่วเขตอำเภอเมืองและปริมณฑล) อาจได้ข้อมูลที่ไม่ละเอียดพอ ซึ่งตรงกับการศึกษาอื่นๆ ทั่วโลกที่พบในแนวโน้มเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่เชียงใหม่สามารถพบความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวันกับค่า Peak expiratory flow ในขณะที่จังหวัดลำพูนไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว อาจอธิบายได้ว่าข้อมูลระดับฝุ่นที่ได้จากสถานีตรวจวัดอากาศในจังหวัดเชียงใหม่เป็นระบบอัตโนมัติที่เป็นมาตรฐานยอมรับกันทั่วโลก มีความถูกต้องแม่นยำกว่าข้อมูลจากลำพูนที่ได้จากการเก็บตัวอย่างอากาศมาหาปริมาณฝุ่นในห้องปฏิบัติการ ซึ่งอาจมีความผิดพลาดได้ทุกขั้นตอนตั้งแต่การเตรียม

กระดาษกรอง อัตราการดูดอากาศของเครื่องเก็บอากาศมีความคงที่เพียงใด การเคลื่อนย้ายกระดาษกรอง มาสู่ห้องปฏิบัติการมีการป้องกันมิให้น้ำหนักของกระดาษกรองเพิ่มขึ้นจากสาเหตุหลายประการ เช่น ความชื้น ใต้คืออย่างไร การชั่งน้ำหนักกระดาษกรองได้ค่าที่ถูกต้องมากน้อยเพียงใด ฯลฯ

สำหรับอาการหอบที่รายวันทั้งกลางวันและกลางคืน ใน 2 จังหวัด พบว่าตัวแปร  $PM_{10}$  มีความสัมพันธ์กับอาการหอบที่รายวันตอนกลางวัน ในจังหวัดลำพูน นอกจากนี้มักเป็นข้อมูลทาง อุดมศึกษา ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน อุณหภูมิ และแสงแดด ผลการศึกษานี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Romieu et al.<sup>23</sup> และ Delfino et al.<sup>32</sup> ที่พบว่าระดับ  $PM_{10}$  ร่วมกับโอโซน และ Vedal et al.<sup>29</sup> ที่พบว่าระดับ  $PM_{10}$  มีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของทางเดินหายใจส่วนล่าง อย่างไรก็ตาม การพบความสัมพันธ์ระหว่างอาการหอบที่รายวันตอนกลางวันกับ  $PM_{10}$  ในจังหวัดลำพูนเป็นข้อเตือนใจได้ว่า ระดับฝุ่นขนาดเล็กอาจมีผลกระทบต่ออาการทางระบบทางเดินหายใจได้ การให้ความสำคัญกับบรรณรค์เพื่อลดระดับสารก่อมลพิษในบรรยากาศลง เช่น การห้ามเผาขยะ การควบคุมการเผาป่า การควบคุมระดับควันพิษจากรถยนต์ การควบคุมฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง ฯลฯ จึงยังมีความจำเป็นต่อไป

ข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษานี้ที่แสดงให้เห็นว่าระดับฝุ่นทั้งฝุ่นละเอียด ( $PM_{2.5}$ ) และฝุ่นขนาดเล็ก ( $PM_{10}$ ) มีความสัมพันธ์กับค่าความจุปอดชนิด Peak expiratory flow rate และอาการหอบหืด ในผู้ป่วยหอบหืดอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าในแง่ระบาดวิทยาการออกแบบการศึกษาที่เหมาะสมย่อมมีผลต่อผลการศึกษาที่ได้ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เลือกการศึกษาแบบ Panel study ที่มีการติดตามกลุ่มศึกษาไปในอนาคต โดยมีการเก็บข้อมูลคุณภาพอากาศและข้อมูลสุขภาพ ได้แก่ Peak expiratory flow rate และอาการหอบหืดทุกวัน ี่เรียกว่า Time series ซึ่งโดยปกติรูปแบบการศึกษาแบบนี้เหมาะสมสำหรับการผลกระทบต่อด้านสุขภาพแบบเฉียบพลัน (Acute health effects) เพราะจะเห็นความสัมพันธ์ดังกล่าวได้โดยง่าย โดยเฉพาะ Peak expiratory flow rate และอาการหอบหืดอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้วันต่อวันเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอากาศ นอกจากนี้การเลือกกลุ่มศึกษา (ดังที่การศึกษานี้เลือกเฉพาะผู้ป่วยโรคหอบหืด) มีความสำคัญต่อการตรวจหาความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ เพราะโดยปกติผู้ที่เป็นโรคหอบหืดมีความไวต่อสิ่งกระตุ้นต่างๆ อยู่แล้ว ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอากาศแม้เพียงเล็กน้อย จึงย่อมมีผลต่อความจุปอดและอาการหอบหืดของผู้ป่วยกลุ่มนี้ ซึ่งหากเป็นในคนปกติที่มีสุขภาพดียากที่จะเห็นการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ นอกเสียจากว่าระดับสารมลพิษในอากาศจะสูงมากๆ ซึ่งโดยปกติก็มักพบได้ไม่บ่อยนัก ความสำคัญของข้อค้นพบนี้ยืนยันว่ามาตรการบรรณรค์เรื่องคุณภาพอากาศจะต้องดำเนินการต่อไปอย่างเข้มงวด เพราะมิฉะนั้นแล้วกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง ดังเช่น กลุ่มผู้ป่วยโรคหอบหืดจะได้รับผลกระทบทางลบต่อสุขภาพ ซึ่งย่อมมีผลต่อคุณภาพชีวิตและเศรษฐกิจทั้งต่อตัวผู้ป่วย ครอบครัวและของประเทศชาติโดยรวม ดังเช่นข้อมูลจากการประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการเป็นโรคหอบหืด ที่ได้จากการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าค่ารักษาพยาบาลและรายจ่ายส่วนบุคคลของผู้ป่วยหอบหืดแต่ละคนต่อเดือน ในจังหวัด เชียงใหม่ สูงกว่าค่าเฉลี่ยของคนภาคเหนือทั่วๆ ไปถึง 3 เท่า และมีความเป็นไปได้ว่าคุณภาพอากาศที่

เลวร้ายอาจส่งผลให้เกิดผู้ป่วยหอบหืดรายใหม่ ซึ่งหากเป็นเช่นนั้นย่อมซ้ำเติมภาระความสูญเสียต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศได้ ซึ่งจะต้องมีการศึกษาเพื่อยืนยันข้อสมมติฐานดังกล่าวต่อไป

### 3. ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษารังต่อไป

1. ควรทำการศึกษาแบบ Longitudinal cohort ในกลุ่มผู้ป่วยโรคอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ผู้ป่วยโรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น ในประเด็นผลกระทบด้านสุขภาพอื่นๆ เช่น อาการกำเริบแบบเฉียบพลัน อัตราการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล อัตราตาย ฯลฯ

2. ควรมีการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างมะเร็งปอด กับระดับสารก่อมลพิษในอากาศ โดยเฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่

### 4. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. ควรมีการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพอากาศอัตโนมัติรายวันที่จังหวัดลำพูน การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าระดับ  $PM_{10}$  ที่จังหวัดลำพูนมีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืดรายวัน การมีเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศจะสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัด มาตรการการจัดการคุณภาพอากาศว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด

2. ควรมีระบบการเฝ้าระวังโรกระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจและหลอดเลือด รวมทั้งโรคมะเร็งของระบบทางเดินหายใจ

3. ควรดำเนินมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศที่มีความเข้มงวดต่อไป รวมทั้งการหามาตรการการแก้ไขปัญหาคำเนิดของสารก่อมลพิษที่ต้นเหตุ เช่น การจัดระบบการเก็บขยะรวมทั้งการกำจัดที่มีประสิทธิภาพ การจัดระบบขนส่งมวลชนที่ทั่วถึงและรวดเร็ว



# ภาคผนวก ก.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

Subjected No. ....

ชื่อผู้ป่วย.....

ชื่อโครงการวิจัย ระดับรายวันของฝุ่นในอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด  
จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน

ข้อปฏิบัติในการกรอกแบบบันทึก

1. ขอความกรุณากรอกรายละเอียดของท่านเกี่ยวกับโรคหืด ตามหัวข้อที่ระบุไว้ โดยเริ่มกรอกให้ตรงกับวันที่เริ่มเข้าร่วมงานวิจัย
2. ในกรณีที่ท่านลืมกรอกข้อมูลและไม่สามารถจดจำข้อมูลได้หรือไม่ได้เป่าทดสอบสมรรถภาพปอด กรุณาเว้นช่องว่างไว้โดยไม่ต้องเดา
3. ในกรณีที่ท่านต้องไปพบแพทย์ก่อนนัดหรือต้องนอนโรงพยาบาลเนื่องจากมีอาการของระบบการหายใจ ขอความกรุณาเขียนสมุดเล่มนี้ให้แพทย์กรอกข้อมูลทุกครั้ง
4. นำสมุดแบบบันทึกเล่มนี้มาพบแพทย์ตามนัดทุกครั้ง

รศ.ดร.นพ.พงศ์เทพ วิวรรณนะเดช

หัวหน้าโครงการวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

Subjected No. ....

ชื่อผู้ป่วย.....อายุ.....ปี

เกิดเมื่อวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

(สำหรับเด็ก) ชื่อบิดา.....ชื่อมารดา.....

ที่อยู่ (ที่อาศัยอยู่จริง).....

โทรศัพท์ บ้าน.....มือถือ.....

โรงเรียนหรือที่ทำงานอยู่ที่.....

อาชีพ.....

เริ่มเป็นหืดตั้งแต่ปี พ.ศ.....

ความรุนแรง

Mild intermittent

Mild persistent

Moderate persistent

Severe persistent

ยาที่ต้องใช้เมื่อเริ่มเข้าสู่งานวิจัย

○ ยาที่ใช้ทุกวัน (Controllers) และขนาดยาที่ใช้

1. ....

2. ....

3. ....

○ ยาที่ใช้เมื่อมีอาการ (Reliever) และขนาดยาที่ใช้

1. ....

2. ....

3. ....

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ยาที่ใช้เมื่อสิ้นสุดงานวิจัย

○ ยาที่ใช้ทุกวัน (Controllers) และขนาดยาที่ใช้

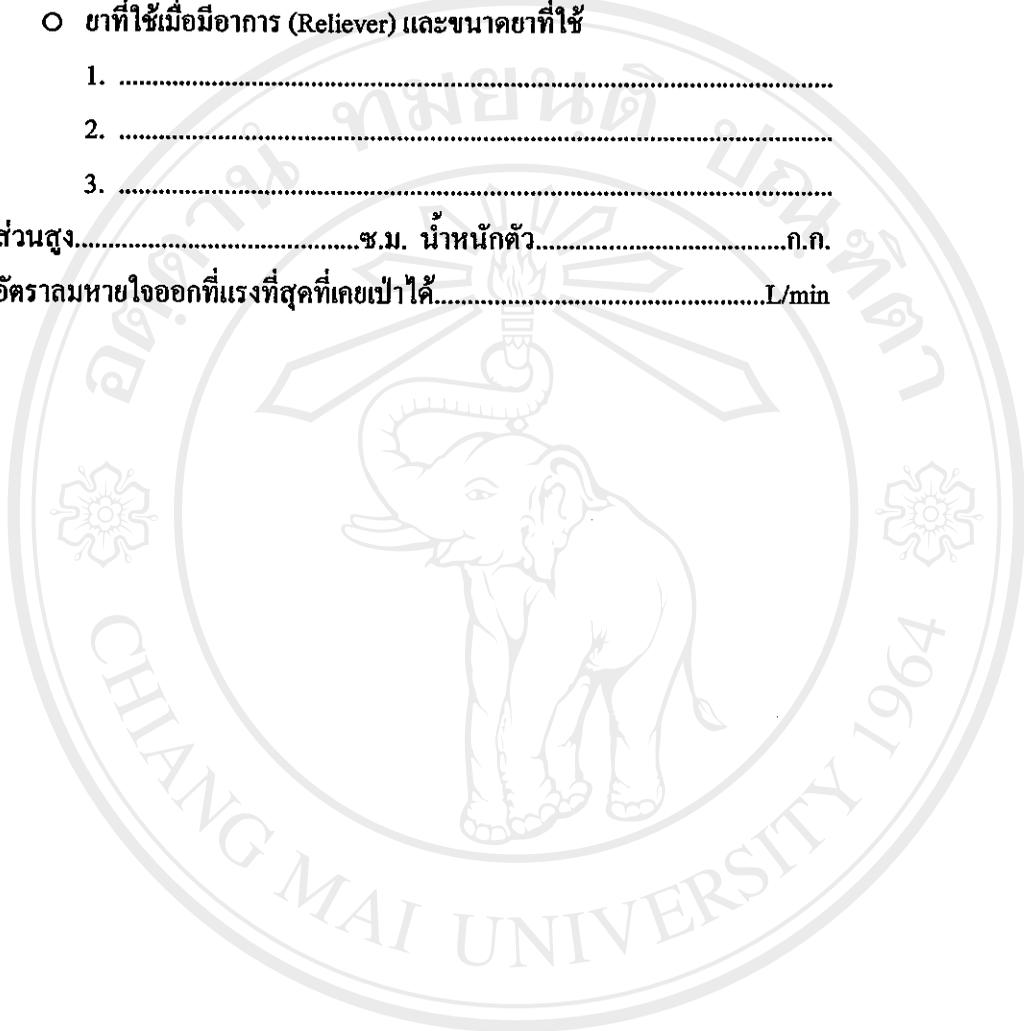
1. ....
2. ....
3. ....

○ ยาที่ใช้เมื่อมีอาการ (Reliever) และขนาดยาที่ใช้

1. ....
2. ....
3. ....

ส่วนสูง.....ซ.ม. น้ำหนักตัว.....ก.ก.

อัตราการหายใจออกที่แรงที่สุดที่เคยเป่าได้.....L/min



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

Subjected No. ....

ชื่อผู้ป่วย.....

วันที่เริ่มเข้าร่วมงานวิจัย.....

สมุดบันทึกวันที่ 1-14 เดือนมิถุนายน 2548

วัน (วันที่)	ค่าพีคโพล		อาการ		จำนวน ครั้ง ที่ให้นยา ขยาย หลอดลม	ต้องเพิ่ม ยาประจำ เป็น	ต้องไปที่ โรงพยา- บาลหรือ ห้อง ฉุกเฉิน
	เช้า	เย็น	กลางวัน	กลางคืน (ขณะ หลับ)			
พุธ (1)							
พฤหัสบดี (2)							
ศุกร์ (3)							
เสาร์ (4)							
อาทิตย์ (5)							
จันทร์ (6)							
อังคาร (7)							
พุธ (8)							
พฤหัสบดี (9)							
ศุกร์ (10)							
เสาร์ (11)							
อาทิตย์ (12)							
จันทร์ (13)							
อังคาร (14)							

อาการ (ไอ, หอบ, หายใจมีเสียงคัง)

0 = ไม่มีอาการ

1 = มีอาการ แต่ไม่รบกวนกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ

2 = มีอาการรบกวนกิจกรรมที่ทำเป็นประจำบ้าง

3 = มีอาการรุนแรงจนไม่สามารถทำกิจกรรมประจำวันได้

ลิขสิทธิ์ © by Chiang Mai University  
All rights reserved

สมุดบันทึกวันที่ 15-30 เดือนมิถุนายน 2548

วัน (วันที่)	ค่าชีพจร		อาการ		จำนวน ครั้ง ที่ไอ ขยาย หลอดลม	ต้องเพิ่ม ยาประจำ เป็น	ต้องไปที่ โรงยา- บาลหรือ ห้อง ฉุกเฉิน
	เช้า	เย็น	กลางวัน	กลางคืน (ขณะ หลับ)			
พุธ (15)							
พฤหัสบดี (16)							
ศุกร์ (17)							
เสาร์ (18)							
อาทิตย์(19)							
จันทร์ (20)							
อังคาร (21)							
พุธ (22)							
พฤหัสบดี (23)							
ศุกร์ (24)							
เสาร์ (25)							
อาทิตย์(26)							
จันทร์ (27)							
อังคาร (28)							
พุธ (29)							
พฤหัสบดี (30)							

อาการ (ไอ, หอบ, หายใจมีเสียงดัง)

0 = ไม่มีอาการ

1 = มีอาการ แต่ไม่รบกวนกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ

2 = มีอาการรบกวนกิจกรรมที่ทำเป็นประจำบ้าง

3 = มีอาการรุนแรงจนไม่สามารถทำกิจกรรมประจำวันได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved

Subjected No. .... ชื่อผู้ป่วย.....

วันที่เริ่มเข้าร่วมงานวิจัย.....

สมุดบันทึกวันที่ 1-14 เดือนกรกฎาคม 2548

วัน (วันที่)	คำศัพท์		อาการ		จำนวน ครั้งที่ ใช้ยา ขยาย หลอดลม	ต้องเพิ่ม ยาประจำ เป็น	ต้องไปที่ โรงพยา- บาลหรือ ห้อง ฉุกเฉิน
	เช้า	เย็น	กลางวัน	กลางคืน (ขณะ หลับ)			
ศุกร์ (1)							
เสาร์ (2)							
อาทิตย์ (3)							
จันทร์ (4)							
อังคาร (5)							
พุธ (6)							
พฤหัสบดี (7)							
ศุกร์ (8)							
เสาร์ (9)							
อาทิตย์(10)							
จันทร์ (11)							
อังคาร (12)							
พุธ (13)							
พฤหัสบดี (14)							

อาการ (ไอ, หอบ, หายใจมีเสียงดัง)

0 = ไม่มีอาการ

1 = มีอาการ แต่ไม่รบกวนกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ

2 = มีอาการรบกวนกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ

3 = มีอาการรุนแรงจนไม่สามารถทำกิจกรรมประจำวันได้

ลิขสิทธิ์ © by Chiang Mai University  
All rights reserved

สมุดบันทึกวันที่ 15-31 เดือนกรกฎาคม 2548

วัน (วันที่)	ค่าพีคโพล		อาการ		จำนวน ครั้งที่ ไอ้ชา ขยาย หลอดลม	ต้องเพิ่ม ยาประจำ เป็น	ต้องไปที่ โรงพยา- บาลหรือ ห้อง ฉุกเฉิน
	เช้า	เย็น	กลางวัน	กลางคืน (ขณะ หลับ)			
ศุกร์ (15)							
เสาร์ (16)							
อาทิตย์ (17)							
จันทร์ (18)							
อังคาร (19)							
พุธ (20)							
พฤหัสบดี (21)							
ศุกร์ (22)							
เสาร์ (23)							
อาทิตย์ (24)							
จันทร์ (25)							
อังคาร (26)							
พุธ (27)							
พฤหัสบดี (28)							
ศุกร์ (29)							
เสาร์ (30)							
อาทิตย์(31)							

อาการ (ไอ, หอบ, หายใจมีเสียงดัง)

0 = ไม่มีอาการ

1 = มีอาการ แต่ไม่รบกวนกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ

2 = มีอาการรบกวนกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ

3 = มีอาการรุนแรงจนไม่สามารถทำกิจกรรมประจำวันได้

ลิขสิทธิ์ © by Chiang Mai University  
All rights reserved



# ภาคผนวก ข.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

เกณฑ์การจำแนกความรุนแรงของโรคหอบหืด

ระดับความรุนแรง	อาการช่วงกลางวัน	อาการช่วงกลางคืน	PEF หรือ FEV <sub>1</sub>
			PEF variability
ระดับ 1 มีอาการนานๆ ครั้ง (Intermittent)	<ul style="list-style-type: none"> <li>มีอาการหอบหืดน้อยกว่าสัปดาห์ละ 1 ครั้ง</li> <li>มีการจับหืดช่วงสั้นๆ</li> <li>มีค่า PEF ปกติช่วงที่ไม่มีอาการจับหืด</li> </ul>	มีอาการหอบเวลา กลางคืนน้อยกว่า 2 ครั้งต่อเดือน	$\geq 80\%$ $< 20\%$
ระดับ 2 อาการรุนแรงน้อย (Mild persistent)	<ul style="list-style-type: none"> <li>มีอาการหอบหืดอย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง แต่น้อยกว่า 1 ครั้งต่อวัน</li> <li>เวลาจับหืดอาจมีผลต่อการทำกิจกรรมและการนอนหลับ</li> </ul>	มีอาการหอบเวลา กลางคืนมากกว่า 2 ครั้งต่อเดือน	$\geq 80\%$ 20–30%
ระดับ 3 อาการรุนแรงปานกลาง (Moderate persistent)	<ul style="list-style-type: none"> <li>มีอาการหอบทุกวัน</li> <li>เวลาจับหืดมีผลต่อการทำกิจกรรมและการนอนหลับ</li> </ul>	มีอาการหอบเวลา กลางคืนมากกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์	$60\%–80\%$ $> 30\%$
ระดับ 4 อาการรุนแรงมาก (Severe persistent)	<ul style="list-style-type: none"> <li>มีอาการหอบตลอดเวลา</li> <li>มีการจับหืดบ่อย และมีข้อจำกัดในการทำกิจกรรมต่างๆ</li> </ul>	มีอาการหอบเวลา กลางคืนบ่อยๆ	$\leq 60\%$ $> 30\%$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright© by Chiang Mai University  
 All rights reserved

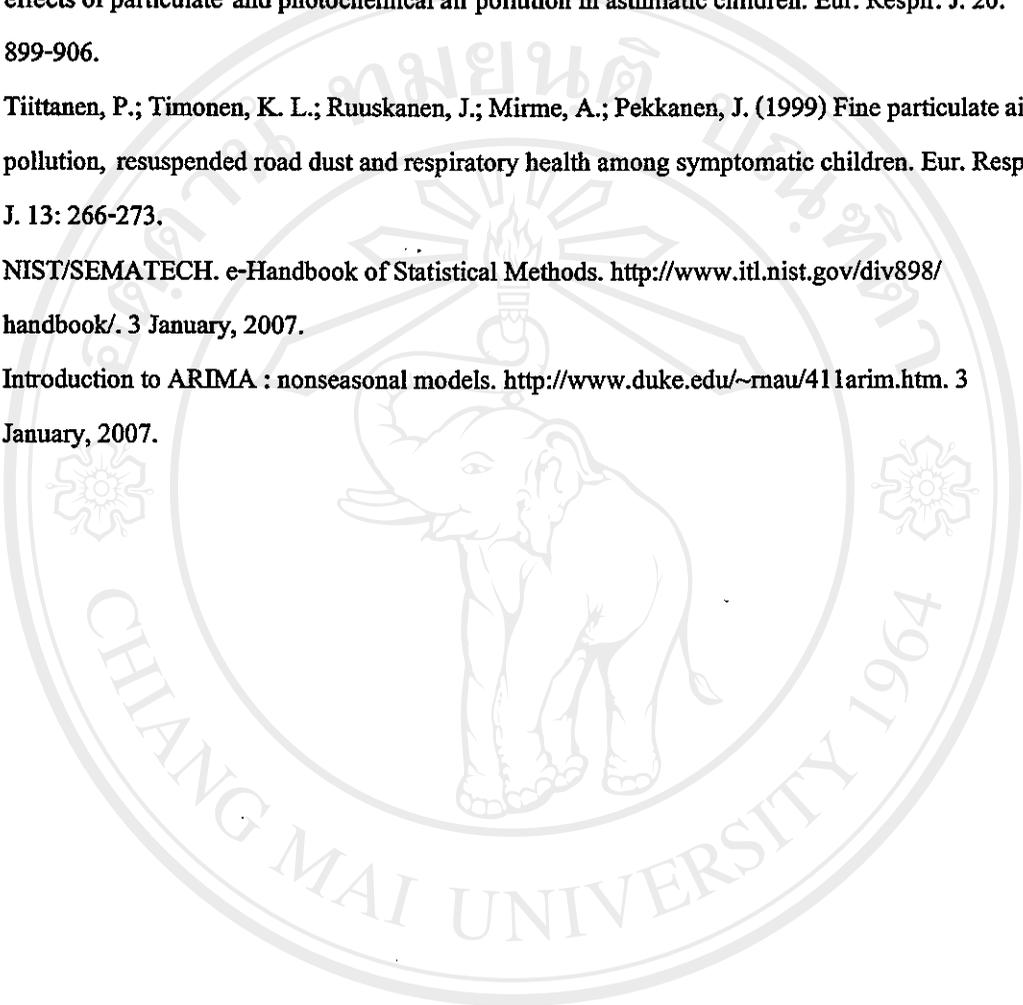
## เอกสารอ้างอิง

1. Thurston GD, Ito K, Lippmann M, Scott MB, Fine JM. Summertime haze air pollution and children with asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155:654-60.
2. Taggart SCO, Custovic A, Francis HC, Faragher EB, Yates CJ, Higgins BG, Woodcock A. Asthmatic bronchial responsiveness varies with ambient levels of summertime air pollution. *Eur Respir J* 1996; 9:1146-54.
3. Delfino RJ, Coate BD, Zeiger RS, Seltzer JM, Street DH, Koutrakis P. Daily asthma severity in relation to personal ozone exposure and outdoor fungal spores. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154:633-41.
4. Defino RJ, Murphy-Moulton AM, Burnett RT, Brook JR, Becklake MR. Effects of air pollution on emergency room visits for respiratory illnesses in Montreal, Quebec. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155:568-76.
5. Hiltermann TJN, de Bruijne CR, Stolk J, Zwinderman AH, Spijksma FTM, Roemer W, Steerenberg PA, Fischer PH, van Bree L, Hiemstra PS. Effects of photochemical air pollution and allergen exposure on upper respiratory tract inflammation in asthmatics. *Am J Respir Crit Care Med* 1997.
6. Gielen MH, Van Der Zee SC, Van Wijnen JH, Van Steen CJ, Brunekreef B. Acute effects of summer air pollution on respiratory health of asthmatic children. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155:2105-8.
7. รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงปี 2541 ของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
8. Sritusnee U, Vichit-vadakan N, Wongtim S, Benjapon-pitak S, Charom-ratanakul, Plungsuchon S. Lung function impact of PM10 on children in Bangkok. *J Environ Med* 2000; 2:46-51.
9. โครงการรวบรวม จัดเก็บลงผลและประมวลผลข้อมูลมลพิษทางอากาศและข้อมูลปัญหาสุขภาพของประชาชนในจังหวัดเชียงใหม่ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2540
10. อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ ระดับฝุ่นขนาดเล็ก 2.5 และ 10 ไมครอน (PM 2.5 & PM 10) ในอากาศจังหวัดเชียงใหม่ เชียงใหม่เวชสาร, 2000 (รอตีพิมพ์)
11. Environmental Protection Agency. Air quality criteria for particulate matter volume II. Office of Research and Development, Washington DC, October 1999.

- 
12. Lebowitz, M. D.; Collins, L.; Holberg, C. J. (1987) Time series analyses of respiratory responses to indoor and outdoor environmental phenomena. *Environ. Res.* 43: 332-341.
  13. Pope, C. A., III. (1989) Respiratory disease associated with community air pollution and a steel mill, Utah Valley. *Am. J. Public Health* 79: 623-628.
  14. Ostro, B. D.; Lipsett, M. J.; Wiener, M. B.; Selner, J. C. (1991) Asthmatic responses to airborne acid aerosols. *Am. J. Public Health* 81: 694-702.
  15. Environmental Protection Agency. Air quality criteria for particulate matter volume II. Office of Research and Development, Washington DC, October 2004.
  16. Ostro, B. D.; Lipsett, M. J.; Mann, J. K.; Braxton-Owens, H.; White, M. C. (1995) Air pollution and asthma exacerbations among African-American children in Los Angeles. In: Phalen, R. F.; Bates, D. V., eds. Proceedings of the colloquium on particulate air pollution and human mortality and morbidity, part II; January 1994; Irvine, CA. *Inhalation Toxicol.* 7: 711-722.
  17. Peters, A.; Dockery, D. W.; Heinrich, J.; Wichmann, H. E. (1997c) Short-term effects of particulate air pollution on respiratory morbidity in asthmatic children. *Eur. Respir. J.* 10: 872-879.
  18. Peters, A.; Kotesovec, F.; Skorkovsky, J.; Brynda, J.; Heinrich, J. (1999a) Akute Auswirkung der Schwebstaubkonzentrationen in der Außenluft auf die Mortalität - Vergleichsstudie Nordost-Bayern / Nordböhmen. Abschlußbericht [Acute effects of suspended particle concentrations in the atmosphere on mortality - a study comparing northeast Bavaria and north Bohemia. Final report]. Bavaria, Federal Republic of Germany: Institut für Epidemiologie; report no. GSF-EP S 1/99.
  19. Gielen, M. H.; Van Der Zee, S. C.; Van Wijnen, J. H.; Van Steen, C. J.; Brunekreef, B. (1997) Acute effects of summer air pollution on respiratory health of asthmatic children. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 155: 2105-2108.
  20. Romieu, I.; Meneses, F.; Ruiz, S.; Huerta, J.; Sienna, J. J.; White, M.; Etzel, R.; Hernandez, M. (1997) Effects of intermittent ozone exposure on peak expiratory flow and respiratory symptoms among asthmatic children in Mexico City. *Arch. Environ. Health* 52: 368-376.
  21. Pekkanen, J.; Timonen, K. L.; Ruuskanen, J.; Reponen, A.; Mirme, A. (1997) Effects of ultrafine and fine particles in urban air on peak expiratory flow among children with asthmatic symptoms. *Environ. Res.* 74: 24-33.
  22. Peters, A.; Wichmann, H. E.; Tuch, T.; Heinrich, J.; Heyder, J. (1997b) Respiratory effects are associated with the number of ultrafine particles. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 155: 1376-1383.

- 
23. Romieu, I.; Meneses, F.; Ruiz, S.; Sienna, J. J.; Huerta, J.; White, M. C.; Etzel, R. A. (1996) Effects of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in Mexico City. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 154: 300-307.
  24. Peters, A.; Doring, A.; Wichmann, H.-E.; Koenig, W. (1997a) Increased plasma viscosity during an air pollution episode: a link to mortality? *Lancet* 349: 1582-1587.
  25. Peters, A.; Goldstein, I. F.; Beyer, U.; Franke, K.; Heinrich, J.; Dockery, D. W.; Spengler, J. D.; Wichmann, H.-E. (1996) Acute health effects of exposure to high levels of air pollution in eastern Europe. *Am. J. Epidemiol.* 144: 570-581.
  26. Timonen, K. L.; Pekkanen, J. (1997) Air pollution and respiratory health among children with asthmatic or cough symptoms. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 156: 546-552.
  27. Segala, C.; Fauroux, B.; Just, J.; Pascual, L.; Grimfeld, A.; Neukirch, F. (1998) Short-term effect of winter air pollution on respiratory health of asthmatic children in Paris. *Eur. Respir. J.* 11: 677-685.
  28. Hiltermann, T. J. N.; Stolk, J.; Van der Zee, S. C.; Brunekreef, B.; De Bruijne, C. R.; Fischer, P. H.; Ameling, C. B.; Sterk, P. J.; Hiemstra, P. S.; Van Bree, L. (1998) Asthma severity and susceptibility to air pollution. *Eur. Respir. J.* 11: 686-693.
  29. Vedal, S.; Petkau, J.; White, R.; Blair, J. (1998) Acute effects of ambient inhalable particles in asthmatic and nonasthmatic children. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 157: 1034-1043.
  30. Neukirch, F.; Ségala, C.; Le Moullec, Y.; Korobaëff, M.; Aubier, M. (1998) Short-term effects of low-level winter pollution on respiratory health of asthmatic adults. *Arch. Environ. Health* 53: 320-328.
  31. Ostro, B.; Lipsett, M.; Mann, J.; Braxton-Owens, H.; White, M. (2001) Air pollution and exacerbation of asthma in African-American children in Los Angeles. *Epidemiology* 12: 200-208.
  32. Delfino, R. J.; Zeiger, R. S.; Seltzer, J. M.; Street, D. H. (1998a) Symptoms in pediatric asthmatics and air pollution: differences in effects by symptom severity, anti-inflammatory medication use and particulate averaging time. *Environ. Health Perspect.* 106: 751-761.
  33. Yu, O.; Sheppard, L.; Lumley, T.; Koenig, J. Q.; Shapiro, G. G. (2000) Effects of ambient air pollution on symptoms of asthma in Seattle-area children enrolled in the CAMP study. *Environ. Health Perspect.* 108: 1209-1214.

- 
34. Desqueyroux, H.; Pujet, J.-C.; Prosper, M.; Squinazi, F.; Momas, I. (2002) Short-term effects of low-level air pollution on respiratory health of adults suffering from moderate to severe asthma. *Environ. Res. A* 89: 29-37.
35. Just, J.; Ségala, C.; Sahraoui, F.; Priol, G.; Grimfeld, A.; Neukirch, F. (2002) Short-term health effects of particulate and photochemical air pollution in asthmatic children. *Eur. Respir. J.* 20: 899-906.
36. Tiittanen, P.; Timonen, K. L.; Ruuskanen, J.; Mirme, A.; Pekkanen, J. (1999) Fine particulate air pollution, resuspended road dust and respiratory health among symptomatic children. *Eur. Respir. J.* 13: 266-273.
37. NIST/SEMATECH. e-Handbook of Statistical Methods. <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>. 3 January, 2007.
38. Introduction to ARIMA : nonseasonal models. <http://www.duke.edu/~mau/411arim.htm>. 3 January, 2007.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved