



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการระดับรายวันของฝุ่นในอากาศและผลกระทบต่อ
สุขภาพในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน

โดยรองศาสตราจารย์ ดร.นายแพทย์พงศ์เทพ วิวรรณะเดชและคณะ

มกราคม 2550

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการระดับรายวันของฝุ่นในอากาศและผลกระทบต่อ
สุขภาพในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน

คณะผู้วิจัย

- | | |
|---|--|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.นายแพทย์พงศ์เทพ วิวรรณะเดช | คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 2. รองศาสตราจารย์ แพทย์หญิงมุกดา ตระกูลทิวก | คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 3. รองศาสตราจารย์ นายแพทย์เฉลิม ลีวศรีสกุล | คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 4. รองศาสตราจารย์สุวรรณ์ ยิบมันตะศิริ | คณะเศรษฐศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 5. นายแพทย์นิมิตร อินปันแก้ว | โรงพยาบาลลำพูน |

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนวิจัย จนทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณโรงพยาบาลลำพูน และโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ ที่ให้ความร่วมมือในการติดต่อ ประสาน และอำนวยความสะดวกในด้านสถานที่อย่างดียิ่ง จนทำให้การวิจัยครั้งนี้เป็นไปด้วยความราบรื่น ขอขอบพระคุณกรมควบคุมมลพิษและศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลคุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา

ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณคนไข้โรคหอบหืดในจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บบันทึกข้อมูลทุกวันด้วยความอดุสาหะอย่างยิ่ง

คณะผู้วิจัย

มกราคม 2550

รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร

ความเป็นมา

จากการศึกษาวิจัยในประเทศต่างๆ ทั่วโลก แสดงให้เห็นว่าระดับของฝุ่นในอากาศมีความสัมพันธ์กับการตายและการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด ทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง โดยเฉพาะผู้ที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ เช่น ผู้สูงอายุ เด็กเล็ก และผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ จังหวัดเชียงใหม่เป็นอีกเมืองหนึ่งที่ประสบปัญหาหมอกพิษทางอากาศ โดยเฉพาะฝุ่นขนาดเล็กซึ่งมีแหล่งกำเนิดที่สำคัญ ได้แก่ จากการเผาในที่โล่งแจ้งและจากปัญหาการจราจร และจากข้อมูลการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด ทั้งแบบผู้ป่วยนอกและรับเข้าไว้ในโรงพยาบาลแบบผู้ป่วยในของโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ที่ผ่านมา ที่มีแนวโน้มสูงขึ้น จนทำให้เกิดข้อสงสัยว่าการเจ็บป่วยที่สูงขึ้นดังกล่าวมีสาเหตุมาจากปัญหาหมอกพิษทางอากาศหรือไม่ และนับจนถึงปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาที่จะพิสูจน์ข้อสันนิษฐานดังกล่าว การศึกษานี้ต้องการศึกษาว่าระดับสารมลพิษรายวันจะมีความสัมพันธ์กับอาการ อาการแสดง และสมรรถภาพปอดของผู้ป่วยที่มีปัญหาโรคระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ ผู้ป่วยด้วยโรคหอบหืดหรือไม่ โดยทำการเปรียบเทียบใน 2 พื้นที่ ได้แก่ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน รวมทั้งจะมีการประเมินความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่เกิดจากการเจ็บป่วยของผู้ป่วยเหล่านี้ เพื่อเป็นข้อมูลที่สำคัญในการรณรงค์และจัดการปัญหาหมอกพิษทางอากาศ รวมทั้งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับประเมินผลการจัดการคุณภาพอากาศที่จะมีขึ้นในอนาคตอีกด้วย

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ใช้วิธีการศึกษาแบบ Panel study ในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสารก่อมลพิษแต่ละชนิดกับค่าความจุปอด (Peak expiratory flow) อาการและอาการแสดง และประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการเป็นโรคหอบหืดของผู้ป่วยหอบหืด 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) และเครื่องมือบันทึกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความกดอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน แสงแดดเป็นรายวัน อนึ่ง ข้อมูลคุณภาพอากาศรายวันในจังหวัดลำพูนมีเฉพาะข้อมูลระดับ

PM_{2.5} และ PM₁₀ เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ สมุดบันทึกข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลส่วนบุคคล และข้อมูลความจุปอดและอาการหอบหืด โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. รวบรวมผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดที่ขึ้นทะเบียนการรักษาไว้กับ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และโรงพยาบาลลำพูน โดยมีถิ่นพำนักอยู่ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่และปริมณฑล จำนวน 152 คน และอำเภอเมืองลำพูนและปริมณฑล จำนวน 56 คน
2. บันทึกอาการและการแสดงทางระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการใช้ยาขยายหลอดลมและความถี่ตามแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นรายวัน 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.บ้านกลางและวัดไก่อ่แก้ว
4. บันทึกข้อมูลรายวันของระดับ PM_{2.5} และ PM₁₀ และก๊าซมลพิษอื่นๆ ได้แก่ CO O₃ NO₂ SO₂ 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 ARMA (1, 1)
7. ประเมินค่าความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเป็นโรคหอบหืด โดยเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลผู้ป่วย และต้นทุนค่าเสียโอกาสอื่นๆ จากการเจ็บป่วย เช่น การสูญเสียรายได้จากการทำงานอันเนื่องมาจากการเจ็บป่วย จากข้อมูลค่ารักษาพยาบาลจากคณะแพทยศาสตร์ 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 ± 23.38 และ 46.55 ± 15.11 ปี ตามลำดับ ข้อมูลความรุนแรงของโรค พบว่ากลุ่มตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่ส่วนมากเป็นแบบ Mild persistent และในจังหวัดลำพูนเป็นแบบ Moderate

persistent ระยะเวลาของการเป็นโรคหอบหืดอยู่ในช่วง 0–10 ปี ทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 16.87 ± 16.83 และ 14.66 ± 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 ในจังหวัด**เชียงใหม่** คือ อายุ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก และส่วนสูง สำหรับจังหวัด**ลำพูน** คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด วันของสัปดาห์ และส่วนสูง

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

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

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

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง**อาการหอบหืดรายวันตอนกลางวัน** กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัด**เชียงใหม่** คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด วันของสัปดาห์ และความสัมพันธ์ (lag 0) ในจังหวัด**ลำพูน** คือ PM_{10} (lag 0)

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง**อาการหอบหืดรายวันตอนกลางคืน** กับค่าลักษณะส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในจังหวัด**เชียงใหม่** คือ เพศ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด น้ำหนัก ส่วนสูง และปริมาณฝน (lag 3) ในจังหวัด**ลำพูน** คือ ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด อุณหภูมิ (lag 0) และ แสงแดด (lag 0)

ข้อมูลเศรษฐศาสตร์พบว่า ต้นทุนการรักษาความเจ็บป่วยอันเนื่องจากโรคหอบหืดเฉลี่ยต่อคนต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยนี้ คือ 1,247.45 บาท (14,969.40 บาท/คน/ปี) ซึ่งเป็นของผู้ป่วยในจังหวัด**เชียงใหม่** เท่ากับ 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

ในจังหวัดลำพูนไม่พบว่าคุณค่า Peak expiratory flow มีความสัมพันธ์กับระดับฝุ่นรายวัน ไม่ว่าจะเป็นพิจารณาเฉพาะกลุ่มผู้ป่วย (ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด) หรือฤดูกาลของปี (ฤดูแล้งหรือฤดูฝน) แต่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลส่วนบุคคล เช่น ส่วนสูง น้ำหนัก และข้อมูลทางอุณหภูมิตามวิทยา เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ แสงแดด เป็นต้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากข้อมูลระดับฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดอาจจะยังไม่สูงมากพอที่จะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของ Peak expiratory flow ได้อย่างชัดเจน หรือการใช้ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีเพียง 1-2 สถานีในพื้นที่การศึกษาที่กว้างขวาง (ดังที่กลุ่มตัวอย่างอาศัยอยู่กระจายทั่วเขตอำเภอเมืองและปริมณฑล) อาจได้ข้อมูลที่ไม่ละเอียดพอ ซึ่งตรงกับการศึกษาอื่นๆ ทั่วโลกที่พบในแนวโน้มเดียวกัน

สำหรับอาการหอบหืดรายวันทั้งกลางวันและกลางคืน ใน 2 จังหวัด พบว่าตัวแปร PM_{10} มีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืดรายวันตอนกลางวัน ในจังหวัดลำพูน

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

flow rate และอาการหอบหืดกำเริบไปทุกวัน ที่เรียกว่า Time series ซึ่งโดยปกติรูปแบบการศึกษาแบบนี้เหมาะสมสำหรับการผลกระทบด้านสุขภาพแบบเฉียบพลัน (Acute health effects) เพราะจะเห็นความสัมพันธ์ดังกล่าวได้โดยง่าย นอกจากนี้การเลือกกลุ่มศึกษา (ดังที่การศึกษานี้เลือกเฉพาะผู้ป่วยโรคหอบหืด) มีความสำคัญต่อการตรวจหาความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ เพราะโดยปกติผู้ที่เป็โรคหอบหืดมีความไวต่อสิ่งกระตุ้นต่างๆ อยู่แล้ว ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอากาศแม้เพียงเล็กน้อย จึงย่อมมีผลต่อความเจ็บป่วยและอาการหอบหืดของผู้ป่วยกลุ่มนี้ ความสำคัญของข้อค้นพบนี้ยืนยันว่ามาตรการการรณรงค์เรื่องคุณภาพอากาศจะต้องดำเนินการต่อไปอย่างเข้มงวด เพราะมิฉะนั้นแล้วกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง ดังเช่น กลุ่มผู้ป่วยโรคหอบหืดจะได้รับผลกระทบทางลบต่อสุขภาพ ซึ่งย่อมมีผลต่อคุณภาพชีวิตและเศรษฐกิจทั้งต่อตัวผู้ป่วย ครอบครัวและของประเทศชาติโดยรวม ดังเช่นข้อมูลจากการประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการเป็นโรคหอบหืด ที่ได้จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าค่ารักษาพยาบาลและรายจ่ายส่วนบุคคลของผู้ป่วยหอบหืดแต่ละคนต่อเดือน ในจังหวัดเชียงใหม่ สูงกว่าค่าเฉลี่ยของคนภาคเหนืออื่นๆ 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 การมีเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัด มาตรการการจัดการคุณภาพอากาศว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด
2. ควรมีระบบการเฝ้าระวังโรคระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจและหลอดเลือด รวมทั้งโรคมะเร็งของระบบทางเดินหายใจ
3. ควรดำเนินมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศที่มีความเข้มงวดต่อไป รวมทั้งการหามาตรการการแก้ไขปัญหาการกำเนิดของสารก่อมลพิษที่ต้นเหตุ เช่น การจัดระบบการเก็บขยะรวมทั้งการจัดที่มีประสิทธิภาพ การจัดระบบขนส่งมวลชนที่ทั่วถึงและรวดเร็ว

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 PM₁₀ and other pollutants, i.e., CO, O₃, NO₂, and SO₂ (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 ARMA (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 ± 23.38 and 46.55 ± 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 ± 16.83 and 14.66 ± 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_{2.5} (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** (1st June to 30th 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** (1st December to 31st 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_{2.5} (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 (1st December to 31st 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 PM10 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.

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ใช้วิธีการศึกษาแบบ Panel study ในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสารก่อมลพิษแต่ละชนิดกับค่าความจุปอด (Peak expiratory flow) อาการและอาการแสดง และประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการเป็นโรคหอบหืดของผู้ป่วยหอบหืด 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) และเครื่องมือบันทึกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความกดอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน แสงแดดเป็นรายวัน เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ สมุดบันทึกข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลส่วนบุคคล และข้อมูลความจุปอดและอาการหอบหืดเป็นรายวัน

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ในจังหวัดเชียงใหม่ เมื่อพิจารณาเฉพาะตัวแปรระดับฝุ่นละออย $PM_{2.5}$ 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 สำหรับสารมลพิษอื่นในการศึกษานี้พบว่าระดับคาร์บอนมอนอกไซด์ (lag 6) มีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow ทั้งในกลุ่มผู้ป่วยเด็กและผู้ใหญ่ โดยเฉพาะหากพิจารณาทั้งสองกลุ่มรวมกันพบว่าทั้ง $PM_{2.5}$ และระดับคาร์บอนมอนอกไซด์มีความสัมพันธ์กับค่า Peak expiratory flow ทั้งคู่ แสดงว่าสารมลพิษทั้งสองร่วมกันก่อให้เกิดผลกระทบต่อค่า Peak expiratory flow ในผู้ป่วยหอบหืด

ในจังหวัดลำพูนไม่พบวาค่า Peak expiratory flow มีความสัมพันธ์กับระดับฝุ่นรายวัน ไม่ว่าจะเป็นพิจารณาเฉพาะกลุ่มผู้ป่วย (ระดับความรุนแรงของโรคหอบหืด) หรือฤดูกาลของปี (ฤดูแล้งหรือฤดูฝน) แต่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลส่วนบุคคล เช่น ส่วนสูง น้ำหนัก และข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ แสงแดด เป็นต้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากข้อมูลระดับฝุ่นที่ได้จากการตรวจวัดอาจจะยังไม่สูงมากพอที่จะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของ Peak expiratory flow ได้อย่างชัดเจน หรือการใช้

ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีเพียง 1–2 สถานีในพื้นที่การศึกษาที่กว้างขวาง (ดังที่กลุ่มตัวอย่างอาศัยอยู่กระจายทั่วเขตอำเภอเมืองและปริมณฑล) อาจได้ข้อมูลที่ไม่ละเอียดพอ ซึ่งตรงกับการศึกษาอื่นๆ ทั่วโลกที่พบในแนวโน้มเดียวกัน

สำหรับอาการหอบหืดรายวันทั้งกลางวันและกลางคืน ใน 2 จังหวัด พบว่าตัวแปร PM_{10} มีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืดรายวันตอนกลางวัน ในจังหวัดลำพูน

ข้อมูลเศรษฐศาสตร์พบว่า ต้นทุนการรักษาความเจ็บป่วยอันเนื่องจากโรคหอบหืดเฉลี่ยต่อคนต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยนี้ 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

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งนี้คือ ควรดำเนินมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศที่มีความเข้มงวดต่อไป รวมทั้งการหามาตรการการแก้ไขปัญหาการกำเนิดของสารก่อมลพิษที่ต้นเหตุ เช่น การจัดระบบการเก็บขยะรวมทั้งการจัดที่มีประสิทธิภาพ การจัดระบบขนส่งมวลชนที่ทั่วถึงและรวดเร็ว

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 (1st December to 31st 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.

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ	1
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. กระบวนการผลักดันผลงานดังกล่าวออกสู่การใช้ประโยชน์.....	9
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	10
1. ผลกระทบต่อสุขภาพพระยะสันที่มีต่อสมรรถภาพปอดและระบบทางเดินหายใจ.....	10
2. ผลกระทบต่อสุขภาพพระยะสันที่มีต่อสมรรถภาพปอดและระบบทางเดินหายใจในผู้ป่วยหอบหืด.....	11
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	18
1. กลุ่มตัวอย่าง.....	18
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	18
3. ขั้นตอนการศึกษาวิจัย	19
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	21
1. ข้อมูลทั่วไป	21
2. ข้อมูลโรคหอบหืด	22
3. ข้อมูลระดับฝุ่นรายวันและค่า Peak flow เฉลี่ยรายวัน.....	25
4. ข้อมูลระดับก๊าซพิษและค่าทางอูตุนิยมวิทยาเฉลี่ยรายวัน	33
5. การหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นและก๊าซพิษเฉลี่ยรายวัน	52
6. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสารมลพิษเดียวกับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวัน ภายหลังควบคุมตัวแปรอื่นๆ	54
7. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอูตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวัน.....	56

8. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้ารายวัน	70
9. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นรายวัน	78
10. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวัน	86
11. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นสะสมเฉลี่ยรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow	96
12. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็ก จังหวัดเชียงใหม่	99
13. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ จังหวัดเชียงใหม่	103
14. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝน	109
15. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้ง	116
16. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ	124
17. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงสูง	133
18. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับอาการหอบหืด ตอนกลางวัน	141
19. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นรายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับอาการหอบหืด ตอนกลางคืน	149
20. ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์	157
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	163
1. สรุปผลการศึกษา	163
2. การอภิปรายผล	166
3. ข้อพึงระวังในการเผยแพร่ผลงานวิจัย	168
4. ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้างต่อไป	168
5. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย	168

ภาคผนวก ก.	169
ภาคผนวก ข.	177
ภาคผนวก ค.	179
เอกสารอ้างอิง.....	183

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาการทดสอบสมรรถภาพปอดที่เปลี่ยนไปในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM_{10} $50 \mu g/m^3$	12
ตารางที่ 2 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาการทดสอบสมรรถภาพปอดที่เปลี่ยนไปในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ $PM_{2.5}$ $25 \mu g/m^3$	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 เฉลี่ยรายวันของกลุ่มตัวอย่างแยกราชจังหวัดระหว่าง 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 สารมลพิษเดี่ยวภายหลังควบคุมตัวแปรอื่นๆ จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	54
ตารางที่ 23 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า p -value ที่ lag 0–6 วันของ สารมลพิษเดี่ยวภายหลังควบคุมตัวแปรอื่นๆ จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	55
ตารางที่ 24 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า p -value ที่ lag 0–6 วันของ สารมลพิษและค่าทางอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	56
ตารางที่ 25 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า p -value ที่ lag 0–6 วันของ อนุภาคฝุ่นและค่าทางอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	59
ตารางที่ 26 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่า PM _{2.5} เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	62
ตารางที่ 27 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า PM ₁₀ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	62
ตารางที่ 28 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	62
ตารางที่ 29 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่า O ₃ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	63
ตารางที่ 30 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า NO ₂ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	63
ตารางที่ 31 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า SO ₂ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	63

[illegible]

ตารางที่ 46 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	68
ตารางที่ 47 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า p -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	68
ตารางที่ 48 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า p -value ของตัวแปรภายหลังการจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	69
ตารางที่ 49 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยและค่า p -value ของตัวแปรภายหลังการจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	69
ตารางที่ 50 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	70
ตารางที่ 51 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	70
ตารางที่ 52 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 ..	70
ตารางที่ 53 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่า O_3 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	71
ตารางที่ 54 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่า NO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 ..	71
ตารางที่ 55 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า SO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 ..	71
ตารางที่ 56 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	71
ตารางที่ 57 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	71

ตารางที่ 58 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 5 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	72
ตารางที่ 59 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	72
ตารางที่ 60 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	72
ตารางที่ 61 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ตัวแปร ส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	73
ตารางที่ 62 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.....	74
ตารางที่ 63 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.....	74
ตารางที่ 64 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 75	
ตารางที่ 65 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.75	
ตารางที่ 66 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	75
ตารางที่ 67 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	75
ตารางที่ 68 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	76

ตารางที่ 69 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	76
ตารางที่ 70 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	76
ตารางที่ 71 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ตัวแปร ส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	77
ตารางที่ 72 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ของตัว แปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	78
ตารางที่ 73 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเช้าและค่า p -value ของตัว แปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	78
ตารางที่ 74 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	79
ตารางที่ 75 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	79
ตารางที่ 76 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549 ..	79
ตารางที่ 77 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่า O_3 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549....	80
ตารางที่ 78 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า NO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.	80
ตารางที่ 79 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า SO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549..	80
ตารางที่ 80 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	80

ตารางที่ 81 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	80
ตารางที่ 82 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	81
ตารางที่ 83 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	81
ตารางที่ 84 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	81
ตารางที่ 85 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ตัวแปร ส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	82
ตารางที่ 86 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ของตัว แปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	82
ตารางที่ 87 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ของตัว แปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	83
ตารางที่ 88 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 84	
ตารางที่ 89 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 5 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.84	
ตารางที่ 90 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	84
ตารางที่ 91 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	84

ตารางที่ 92 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 5 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	84
ตารางที่ 93 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	85
ตารางที่ 94 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	85
ตารางที่ 95 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	85
ตารางที่ 96 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉพาะตอนเย็นและค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	86
ตารางที่ 97 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	87
ตารางที่ 98 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	87
ตารางที่ 99 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	87
ตารางที่ 100 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่า O_3 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	87
ตารางที่ 101 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า NO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	88

ตารางที่ 102 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่า SO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	88
ตารางที่ 103 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	88
ตารางที่ 104 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	88
ตารางที่ 105 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	89
ตารางที่ 106 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	89
ตารางที่ 107 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	89
ตารางที่ 108 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	90
ตารางที่ 109 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	90
ตารางที่ 110 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	91
ตารางที่ 111 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 5 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	92

ตารางที่ 112 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	92
ตารางที่ 113 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	92
ตารางที่ 114 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	92
ตารางที่ 115 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	93
ตารางที่ 116 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	93
ตารางที่ 117 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	93
ตารางที่ 118 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	94
ตารางที่ 119 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	95
ตารางที่ 120 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow สะสมเฉลี่ยรายวันและค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	95
ตารางที่ 121 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันและค่า p -value ของค่า $PM_{2.5}$ สะสมเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	96
ตารางที่ 122 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันและค่า p -value ของค่า PM_{10} สะสมเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	96

ตารางที่ 123 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันและค่า p -value ตัวแปร ส่วนบุคคล วันของสัปดาห์ ฝุ่นสะสมเฉลี่ยรายวัน คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัด เชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	97
ตารางที่ 124 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันและค่า p -value ของค่า $PM_{2.5}$ สะสมเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูนระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	98
ตารางที่ 125 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันและค่า p -value ของค่า PM_{10} สะสมเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูนระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	98
ตารางที่ 126 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันและค่า p -value ตัวแปร ส่วนบุคคล วันของสัปดาห์ ฝุ่นสะสมเฉลี่ยรายวัน และอุณหภูมิวิทยา จังหวัดลำพูนระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	98
ตารางที่ 127 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและ ค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	99
ตารางที่ 128 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและ ค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	100
ตารางที่ 129 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและ ค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	100
ตารางที่ 130 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและ ค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่า O_3 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	100
ตารางที่ 131 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและ ค่า p -value ที่ lag 5 วันของค่า NO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	100
ตารางที่ 132 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและ ค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่า SO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	101
ตารางที่ 133 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและ ค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	101

ตารางที่ 134 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและ ค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	101
ตารางที่ 135 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและ ค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	101
ตารางที่ 136 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและ ค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	102
ตารางที่ 137 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและ ค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	102
ตารางที่ 138 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและ ค่า p -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	102
ตารางที่ 139 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยเด็กและ ค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.01 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	103
ตารางที่ 140 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	104
ตารางที่ 141 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	104
ตารางที่ 142 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	104
ตารางที่ 143 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า O_3 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	105

ตารางที่ 144 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า NO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	105
ตารางที่ 145 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า SO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	105
ตารางที่ 146 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	105
ตารางที่ 147 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	106
ตารางที่ 148 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	106
ตารางที่ 149 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	106
ตารางที่ 150 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	106
ตารางที่ 151 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า p -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	107
ตารางที่ 152 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัด เชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	108
ตารางที่ 153 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะกลุ่มผู้ป่วยผู้ใหญ่ และค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัด เชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	108

[illegible]

ตารางที่ 164 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	112
ตารางที่ 165 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า p -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548 และ 1-30 มิถุนายน 2549	112
ตารางที่ 166 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	113
ตารางที่ 167 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548	113
ตารางที่ 168 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548	114
ตารางที่ 169 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548	114
ตารางที่ 170 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548	114
ตารางที่ 171 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548	114
ตารางที่ 172 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548	115
ตารางที่ 173 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548	115

ตารางที่ 174 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า p -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548	115
ตารางที่ 175 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูฝนและค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2548	116
ตารางที่ 176 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	117
ตารางที่ 177 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	117
ตารางที่ 178 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	117
ตารางที่ 179 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่า O_3 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	118
ตารางที่ 180 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่า NO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	118
ตารางที่ 181 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า SO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	118
ตารางที่ 182 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	118
ตารางที่ 183 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	119

ตารางที่ 184 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	119
ตารางที่ 185 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	119
ตารางที่ 186 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	119
ตารางที่ 187 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	120
ตารางที่ 188 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549.....	121
ตารางที่ 189 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	121
ตารางที่ 190 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 5 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	122
ตารางที่ 191 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	122
ตารางที่ 192 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	122
ตารางที่ 193 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	122

ตารางที่ 194 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	123
ตารางที่ 195 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	123
ตารางที่ 196 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	123
ตารางที่ 197 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะช่วงฤดูแล้งและค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม 2548 ถึง 31 มีนาคม 2549	124
ตารางที่ 198 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.....	125
ตารางที่ 199 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	125
ตารางที่ 200 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	125
ตารางที่ 201 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่า O_3 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	126
ตารางที่ 202 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า NO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	126
ตารางที่ 203 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า SO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	126

ตารางที่ 204 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	126
ตารางที่ 205 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 5 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	127
ตารางที่ 206 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 5 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	127
ตารางที่ 207 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	127
ตารางที่ 208 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	127
ตารางที่ 209 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุตุนิยมวิทยา จังหวัด เชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	128
ตารางที่ 210 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.....	129
ตารางที่ 211 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.....	129
ตารางที่ 212 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.....	130
ตารางที่ 213 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549.....	130

ตารางที่ 214 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	130
ตารางที่ 215 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	130
ตารางที่ 216 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 5 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	131
ตารางที่ 217 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	131
ตารางที่ 218 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุดมศึกษา จังหวัด ลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	131
ตารางที่ 219 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	132
ตารางที่ 220 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงต่ำ และค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	132
ตารางที่ 221 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	133
ตารางที่ 222 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	133
ตารางที่ 223 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	134

ตารางที่ 224 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่า O_3 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	134
ตารางที่ 225 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่า NO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	134
ตารางที่ 226 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่า SO_2 เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	134
ตารางที่ 227 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 5 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	135
ตารางที่ 228 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	135
ตารางที่ 229 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	135
ตารางที่ 230 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	135
ตารางที่ 231 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	136
ตารางที่ 232 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัด เชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	136
ตารางที่ 233 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.....	137

ตารางที่ 234 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.....	137
ตารางที่ 235 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	138
ตารางที่ 236 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	138
ตารางที่ 237 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	138
ตารางที่ 238 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	139
ตารางที่ 239 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	139
ตารางที่ 240 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	139
ตารางที่ 241 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	139
ตารางที่ 242 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันเฉพาะผู้ป่วยที่มีระดับ ความรุนแรงสูง และค่า p -value ตัวแปรส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัด ลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	140
ตารางที่ 243 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	141
ตารางที่ 244 แสดงจำนวนและร้อยละของความสมบูรณ์ของการบันทึกอาการหอบหืด ในจังหวัด เชียงใหม่และลำพูน	141

[illegible]

ตารางที่ 256 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า p -value ตัวแปร ส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	144
ตารางที่ 257 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า p -value ของตัว แปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	145
ตารางที่ 258 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า p -value ของตัว แปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	146
ตารางที่ 259 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	146
ตารางที่ 260 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.	146
ตารางที่ 261 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า p -value ที่ lag 5 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	147
ตารางที่ 262 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	147
ตารางที่ 263 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า p -value ที่ lag 6 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	147
ตารางที่ 264 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูนระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	147
ตารางที่ 265 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	148
ตารางที่ 266 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า p -value ตัวแปร ส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดลำพูนระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	148

ตารางที่ 267 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	149
ตารางที่ 268 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางวันและค่า p -value ของตัวแปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.05 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	149
ตารางที่ 269 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	150
ตารางที่ 270 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 5 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	150
ตารางที่ 271 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่า CO เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	150
ตารางที่ 272 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่า O_3 เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	150
ตารางที่ 273 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 5 วันของค่า NO_2 เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	150
ตารางที่ 274 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 5 วันของค่า SO_2 เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	151
ตารางที่ 275 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	151
ตารางที่ 276 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	151
ตารางที่ 277 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 4 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	151

ตารางที่ 278 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	152
ตารางที่ 279 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	152
ตารางที่ 280 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ตัวแปร ส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	152
ตารางที่ 281 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ของตัว แปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.....	153
ตารางที่ 282 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่า $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	154
ตารางที่ 283 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 3 วันของค่า PM_{10} เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549.	154
ตารางที่ 284 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าความกดอากาศเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	154
ตารางที่ 285 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	154
ตารางที่ 286 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 1 วันของค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	154
ตารางที่ 287 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 0 วันของค่าแสงแดดเฉลี่ยรายวันจังหวัดลำพูนระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	155
ตารางที่ 288 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ที่ lag 2 วันของค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	155

ตารางที่ 289 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ตัวแปร ส่วนบุคคล คุณภาพอากาศและอุณหภูมิวิทยา จังหวัดลำพูนระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	156
ตารางที่ 290 แสดงสัมประสิทธิ์ของ regression ของอาการหอบหืดตอนกลางคืนและค่า p -value ของตัว แปรภายหลังกำจัดตัวที่ให้ค่า p -value มากกว่า 0.1 ออกไป จังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	156
ตารางที่ 291 รายได้ครัวเรือนของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามชั้นรายได้ และ จังหวัดของสถานพยาบาลที่ กลุ่มตัวอย่างได้รับการรักษา	157
ตารางที่ 292 ต้นทุนการเจ็บป่วยด้วยโรคหอบหืดของกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยเด็กและผู้ป่วยผู้ใหญ่	159
ตารางที่ 293 ต้นทุนการเจ็บป่วยด้วยโรคหอบหืดของกลุ่มตัวอย่างในลำพูนและในเชียงใหม่	160
ตารางที่ 294 ค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยต่อเดือนและค่ารักษาพยาบาลและรายจ่ายส่วนบุคคลของครัวเรือนใน ภาคเหนือ	162

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 $PM_{2.5}$ จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	30
รูปที่ 5 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549	31
รูปที่ 6 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน PM_{10} จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549	32
รูปที่ 7 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน PM_{10} 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_3 จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549	36
รูปที่ 10 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน NO_2 จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549	37
รูปที่ 11 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน SO_2 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 แสดงให้เห็นว่าระดับของฝุ่นในอากาศมีความสัมพันธ์กับการตายและการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด ทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง โดยเฉพาะผู้ที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ เช่น ผู้สูงอายุ เด็กเล็ก และผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ จังหวัดเชียงใหม่เป็นอีกเมืองหนึ่งที่ประสบปัญหาหมอกพิษทางอากาศ โดยเฉพาะฝุ่นขนาดเล็กซึ่งมีแหล่งกำเนิดที่สำคัญ ได้แก่ จากการเผาในที่โล่งแจ้งและจากปัญหาการจราจร และจากข้อมูลการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด ทั้งแบบผู้ป่วยนอกและรับเข้าไว้ในโรงพยาบาลแบบผู้ป่วยในของโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ที่ผ่านมา ที่มีแนวโน้มสูงขึ้น จนทำให้เกิดข้อสงสัยว่าการเจ็บป่วยที่สูงขึ้นดังกล่าวมีสาเหตุมาจากปัญหาหมอกพิษทางอากาศหรือไม่ และนับจนถึงปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาที่จะพิสูจน์ข้อสันนิษฐานดังกล่าว การศึกษานี้ต้องการศึกษาว่าระดับฝุ่นรายวันจะมีความสัมพันธ์กับอาการแสดง และสมรรถภาพปอดของผู้ป่วยที่มีปัญหาโรคระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ ผู้ป่วยด้วยโรคหอบหืดหรือไม่ โดยทำการเปรียบเทียบใน 2 พื้นที่ ได้แก่ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน รวมทั้งจะมีการประเมินความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่เกิดจากการเจ็บป่วยของผู้ป่วยเหล่านี้ เพื่อเป็นข้อมูลที่สำคัญในการรณรงค์และจัดการปัญหาหมอกพิษทางอากาศ รวมทั้งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับประเมินผลการจัดการคุณภาพอากาศที่จะมีขึ้นในอนาคตอีกด้วย

2. ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

เป็นที่ยอมรับว่าปัญหาคุณภาพอากาศที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพในปัจจุบันเป็นผลสืบเนื่องมาสารก่อมลพิษในอากาศ เช่น ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โอโซน (O_3) และอนุภาคฝุ่น (Particulate matter) โดยเฉพาะฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า $2.5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$) และ $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) ไมครอนซึ่งมีอยู่ในบรรยากาศรอบตัวเรา สารก่อมลพิษเหล่านี้ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เพราะสามารถแทรกซึมผ่านระบบทางเดินหายใจเข้าไปจนถึงระดับเซลล์ในร่างกาย เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้โดย องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency) ประเทศสหรัฐอเมริกา เรียกว่า “มาตรฐานคุณภาพอากาศแห่งชาติ” (National Ambient Air Quality Standards) ได้กำหนดค่ามาตรฐานสำหรับ PM_{10} ไว้ที่ 50 มก/ม³ (เฉลี่ย 1 ปี) และ 150 มก/ม³ (เฉลี่ย 24 ชั่วโมง), ระดับ $\text{PM}_{2.5}$ กำหนดไว้ที่ 15 มก/ม³ (เฉลี่ย 1 ปี) และ 65 มก/ม³ (เฉลี่ย

24 ชั่วโมง) ตามลำดับ แหล่งกำเนิดที่สำคัญของฝุ่น คือ การเผาป่า ควันจากท่อไอเสียรถยนต์ และก๊าซพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม

การศึกษาวิจัยในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก แสดงให้เห็นว่าระดับของฝุ่นในอากาศ มีความสัมพันธ์กับการตายก่อนเวลาอันควรและการเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ การเจ็บป่วยที่สัมพันธ์กับมลภาวะในอากาศมีตั้งแต่การเจ็บป่วยแบบเฉียบพลัน เช่น ไอ หายใจหอบเหนื่อย และแน่นในหน้าอกทำให้หายใจไม่สะดวก ไปจนถึงการเจ็บป่วยแบบเรื้อรัง โดยเฉพาะผู้ที่ภูมิคุ้มกันต่ำ เช่น คนสูงอายุ เด็กเล็ก และผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ¹⁻⁶

การศึกษาในประเทศไทยพบว่า ฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานครมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ซึ่งระดับความรุนแรงใกล้เคียงกับผลการศึกษาในเมืองต่าง ๆ ทั่วโลก ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้⁷

- 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} ที่สูงทำให้สมรรถภาพปอดในเด็กนักเรียนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ⁸

แอ่งเชียงใหม่-ลำพูน เป็นบริเวณหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากปัญหามลพิษในอากาศเช่นเดียวกับเมืองใหญ่ๆ ทั่วโลก เนื่องมาจากผลของการพัฒนาร่วมกับสภาพทางภูมิศาสตร์และอุตุนิยมวิทยาของแอ่งเชียงใหม่-ลำพูนที่เอื้ออำนวย กล่าวคือมีลักษณะเป็นแอ่งกะทะมีภูเขาล้อมรอบ ลมสงบ อากาศแห้ง ฝุ่นมาก มีการเผาป่า-หญ้าในฤดูหนาว การศึกษาที่ผ่านมา (พ.ศ. 2529–2539) มีข้อมูลรายงานว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ในอากาศจังหวัดเชียงใหม่ได้เพิ่มขึ้นเกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ถึง 2 เท่า การศึกษาระดับฝุ่นขนาดเล็กในอากาศของจังหวัดเชียงใหม่¹⁰ ซึ่งได้ทำการวัดหาระดับของ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ในจังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่มีนาคม 2541–ตุลาคม 2542 พบค่าเฉลี่ยรายวันระดับของ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ในเชียงใหม่มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศ อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาที่จะหา

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสารก่อมลพิษกับผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนเชียงใหม่ การศึกษานี้จึงถือเป็นการศึกษาครั้งแรกที่จะพยายามหาความสัมพันธ์ดังกล่าว อันจะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องในการกำหนดนโยบายที่จะป้องกัน หรือควบคุมต้นเหตุของมลภาวะในอากาศได้อย่างเหมาะสมต่อไป อีกทั้งจะเป็นการขยายองค์ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสฝุ่นละอองในระยะยาวและผลกระทบต่อสุขภาพ และเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในอนาคต

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

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

4. กิจกรรมต่างๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยแต่ละข้อ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมหลัก	กิจกรรมรอง	ช่วงระยะเวลาดำเนินการ	จำนวนวันที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ
1. หาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสารก่อมลพิษแต่ละชนิดกับอาการและอาการแสดงในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด	1.1 รวบรวมผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด	1.1.1 รวบรวมผู้ป่วยที่ขึ้นทะเบียนการรักษาไว้กับหน่วยโรคภูมิแพ้ภาควิชาการเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์	มี.ค. 48	30 วัน	รศ.มุกิตา
		1.1.2 รวบรวมผู้ป่วยที่ขึ้นทะเบียนการรักษาไว้กับหน่วยโรคปอดภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์	มี.ค. 48	30 วัน	รศ.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.มุกิตา, รศ.เฉลิม, นพ.นิมิตร
		1.2.2 ประสานและ	เม.ย 48	30 วัน	รศ.พงศ์เทพ,

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

		อากาศ จ.เชียงใหม่จากกรมควบคุมมลพิษ			
	1.5 รวบรวมข้อมูลด้านอุตุณิยมวิทยา	1.5.1 รวบรวมข้อมูลทางอุตุณิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน เป็นรายวัน จากอุตุณิยมวิทยา จ.เชียงใหม่	พ.ค. 48-เม.ย. 49	365 วัน	รศ.พงศ์เทพ
	1.6 การวิเคราะห์ข้อมูลหาความสัมพันธ์	1.6.1 ตรวจสอบความสมบูรณ์และถูกต้องของข้อมูล	พ.ค. 48-เม.ย. 49	365 วัน	รศ.พงศ์เทพ
		1.6.2 ป้อนข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์	พ.ค. 48-เม.ย. 49	365 วัน	รศ.พงศ์เทพ
		1.6.3 ตรวจสอบความสมบูรณ์และถูกต้องของข้อมูลที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์	พ.ค. 48-เม.ย. 49	365 วัน	รศ.พงศ์เทพ
		1.6.4 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสถิติ	เม.ย. 49	30 วัน	รศ.พงศ์เทพ
2. ประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการเป็นโรคหอบหืด	2.1 การเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลผู้ป่วยและต้นทุนค่าเสียโอกาสอื่นๆ	2.1.1 สร้างแบบบันทึกข้อมูล 2.1.2 เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลผู้ป่วยและต้นทุนค่าเสียโอกาสอื่นๆ จากการเจ็บป่วย	มี.ค. 48 พ.ค. 48-เม.ย. 49	15 วัน 365 วัน	รศ.สุวรรณ์ รศ.สุวรรณ์
	2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์	2.2.1 ตรวจสอบความสมบูรณ์และถูกต้องของข้อมูล 2.2.2 ป้อนข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ 2.2.3 ตรวจสอบความสมบูรณ์และถูกต้องของข้อมูลที่ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์	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.สุวรรณ์ รศ.สุวรรณ์ รศ.สุวรรณ์

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

5. ผลที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละช่วงระยะเวลา (แบ่งเป็นราย 6 เดือน)

กิจกรรม	Outputs
6 เดือนที่ 1 - รวบรวมจำนวนผู้ป่วยและเตรียมความพร้อม - บันทึกอาการและอาการแสดงทางระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการใช้หายใจหอบเหนื่อยและความถี่ ตามแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นรายวัน โดยผู้ปกครองของเด็กและ/หรือผู้ป่วยพร้อมทั้งบันทึกสมรรถภาพปอด (Peak expiratory flow) วันละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) ด้วยเครื่อง Peak flow meter - เก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์หาระดับฝุ่น PM_{10}, $PM_{2.5}$ รายวัน ตามจุดต่างๆ ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ และลำพูน - บันทึกข้อมูลรายวันของระดับ PM_{10} และก๊าซมลพิษ - บันทึกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน เป็นรายวัน จากอุตุนิยมวิทยา จ. เชียงใหม่ - เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลผู้ป่วย และต้นทุนค่าเสียโอกาสอื่นๆ จากการเจ็บป่วย เช่น การสูญเสียรายได้จากการทำงานอันเนื่องมาจากการเจ็บป่วย - จัดสัมมนาเสนอผลการศึกษา 6 เดือนที่ 2 - บันทึกอาการและอาการแสดงทางระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการใช้หายใจหอบเหนื่อยและความถี่ ตามแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นรายวัน โดยผู้ปกครองของเด็กและ/หรือผู้ป่วยพร้อมทั้งบันทึกสมรรถภาพปอด (Peak expiratory flow) วันละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) ด้วยเครื่อง Peak flow meter (ต่อ) - เก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์หาระดับฝุ่น PM_{10}, $PM_{2.5}$ รายวัน ตามจุดต่างๆ ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ และลำพูน (ต่อ)	- ได้รายชื่อกลุ่มตัวอย่างที่สมัครใจเข้าร่วมในการศึกษา - ได้ข้อมูลเกี่ยวกับอาการ อาการแสดงของระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการใช้หายใจหอบเหนื่อยและความถี่ รวมทั้งข้อมูลสมรรถภาพปอดของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายวัน - ได้ข้อมูลระดับฝุ่นรายวันในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ และลำพูน - ได้ข้อมูลระดับ PM_{10} และก๊าซมลพิษรายวัน - ได้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาเป็นรายวัน - ได้ข้อมูลการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ - ได้ข้อคิดเห็นจากเวทีสัมมนา - ได้ข้อมูลเกี่ยวกับอาการ อาการแสดงของระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการใช้หายใจหอบเหนื่อยและความถี่ รวมทั้งข้อมูลสมรรถภาพปอดของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายวัน - ได้ข้อมูลระดับฝุ่นรายวันในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ และลำพูน

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

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 ทั้งนี้ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ผู้ป่วยทั้งหมดที่ขึ้นทะเบียนรักษาไว้กับแพทย์ในคณะผู้วิจัย เนื่องจากการศึกษาครั้งแรกในประเทศไทยจึงไม่สามารถคำนวณตัวอย่างที่เหมาะสมได้ เกณฑ์ในการคัดเลือกคือ ผู้ป่วยทุกรายที่มีอายุมากกว่า 8 ปี โดยไม่จำกัดเพศและยินดีเข้าร่วมในการศึกษา
- 6.2 บันทึกอาการและการแสดงทางระบบทางเดินหายใจ 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 โสภารักษ์และคณะ 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 โสภารักษ์ 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.สุวรรณ์)

7. ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อการดำเนินงานเสร็จสิ้น

7.1 ทราบความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นและผลกระทบทางสุขภาพ ของผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด (dose-response relationship) ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สำคัญในการหาค่ามาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับคนไทยต่อไป

7.2 ทราบผลกระทบทางเศรษฐกิจอันเนื่องมาจากการเจ็บป่วยด้วยโรคหอบหืด เพื่อสามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนนโยบายสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของชุมชนต่อไปในอนาคต

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)¹¹ ได้สรุปว่า รายงานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าทุกๆ $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ของอนุภาคฝุ่นที่เล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) 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.¹² รายงานว่าพบความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสอนุภาคฝุ่นรวม (Total suspended particle) กับการไอแบบมีเสมหะในงานที่ศึกษาในผู้ป่วยหอบหืดจำนวน 22 คน แต่ไม่สัมพันธ์กับค่า Peak flow หรืออาการหายใจเสียงหวีด การศึกษาของ Pope et al.¹³ 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_{10} ให้ค่า Odds ratio ของอาการระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง 1.01 (95% CI คือ 0.81–1.27) การศึกษาของ Ostro et al.¹⁴ รายงานว่าไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัส $\text{PM}_{2.5}$ ของกลุ่มผู้ป่วยหอบหืดจำนวน 207 คนในเมือง Denver แต่ในกลุ่มผู้ป่วยหอบหืดเด็กอายุ 7 ถึง 12 ปี จำนวน 83 คนในเมืองลอสแอนเจลิส พบความสัมพันธ์ระหว่างการหายใจเร็วกับการสัมผัสโอโซนและ PM_{10} แต่ไม่สามารถแยกผลกระทบของสารสองชนิดนี้ออกจากกันได้

ในงานวิจัยใหม่ๆ ที่ศึกษาผลกระทบของอนุภาคฝุ่นต่อสมรรถภาพปอดและอาการระบบทางเดินหายใจ ส่วนใหญ่จะเป็นการติดตามกลุ่มตัวอย่างไปช่วงเวลาหนึ่งและทำการประเมินสมรรถภาพปอดและอาการระบบทางเดินหายใจเป็นรายวันสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของ PM_{10} , $\text{PM}_{10-2.5}$ และ/หรือ $\text{PM}_{2.5}$ 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. ผลกระทบต่อสุขภาพระยะสั้นที่มีต่อสมรรถภาพปอดและระบบทางเดินหายใจในผู้ป่วยหอบหืด¹⁵

การศึกษาของ Ostro et al.¹⁶ ที่ติดตามเด็กอาฟริกัน-อเมริกัน อายุ 7–12 ปี จำนวน 87 คน ที่ยืนยันว่าเป็นโรคหอบหืดมาแล้วไม่น้อยกว่า 6 สัปดาห์ แต่อยู่ตลอดการศึกษาเพียง 83 คน ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ใจกลางเมืองลอสแอนเจลิสและค่อนข้างได้ การวิเคราะห์ใช้รายงานรายวันของอาการระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ ไอ หายใจขัดและหายใจมีเสียงหวีดเป็นตัวแปรตาม และระดับของสารมลพิษ ได้แก่ TSP ซัลเฟต ไนโตรท 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} ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อาการเพิ่มขึ้น 9% สำหรับอาการอื่นๆ ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาของ Peters et al.¹⁷ ที่ติดตามเด็กหอบหืด อายุ 6–14 ปี จำนวน 89 คนในเมืองโซโคลอฟ สาธารณรัฐเชค โดยกลุ่มตัวอย่างมีการบันทึกค่า Peak flow ทุกวันเป็นเวลา 7 เดือนในระหว่างฤดูหนาวปี ค.ศ. 1991–92 ร่วมกับการวัดคุณภาพอากาศ ได้แก่ 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.¹⁸ ในเวลาต่อมา โดยทำการเปรียบเทียบเด็กที่มีอาการหอบหืดรุนแรงน้อยที่ต้องรับประทานยา β -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.¹⁹, Peters et al.¹⁷, Romieu et al.²⁰ และ Pekkanen et al.²¹ ดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับ PM_{10} พบว่าค่า PEF เข้าที่เหลื่อม 1 วันลดลง แต่ส่วนใหญ่ของงานวิจัยไม่พบนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งพบผลในแนวเดียวกันสำหรับ $PM_{2.5}$ ในการศึกษาของ Pekkanen et al.²¹ และ Romieu et al.²⁰ แต่การศึกษาของ Peters et al.²² พบผลกระทบของ $PM_{2.5}$ มีมากกว่าเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยภาพรวมแล้ว PM_{10} และ $PM_{2.5}$ มีผลต่อสมรรถภาพปอดในผู้ป่วยหอบหืด แต่ยังไม่มีความชัดเจนว่าอนุภาคฝุ่นละอองจะมีผลกระทบมากกว่าฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า

ตารางที่ 1 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาการทดสอบสมรรถภาพปอดที่เปลี่ยนไปในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM₁₀ 50 µg/m³

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

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

ตารางที่ 2 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาการทดสอบสมรรถภาพปอดที่เปลี่ยนไปในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM_{2.5} 25 µg/m³

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

สำหรับการศึกษากับผลกระทบของ PM₁₀ พบว่ามีแนวโน้มก่อให้เกิดอาการของระบบทางเดินหายใจในผู้ป่วยหอบหืด โดยทำให้มีอาการไอ มีเสมหะ หายใจลำบากและต้องใช้ยาขยายหลอดลมเพิ่มขึ้น แม้ว่าอาการที่เพิ่มขึ้นจะไม่มีนัยสำคัญก็ตาม (ดูตารางที่ 3 ถึงตารางที่ 6) การศึกษาของ Vedal et al.²⁹ สรุปว่า 1) PM₁₀ ที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับอาการที่เพิ่มขึ้นของไอ มีเสมหะ และเจ็บคอ และ 2) เด็กที่เป็นหอบหืดมีโอกาสที่จะมีอาการได้มากกว่าเด็กปกติ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Gielen et al.¹⁹ ที่ศึกษาในเด็กที่เป็นหอบหืด พบว่าระดับ PM ต่ำๆ ทำให้มีอาการของระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นและต้องใช้ยาขยายหลอดลมมากขึ้น

ตารางที่ 3 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาอาการไอในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM₁₀ 50 µg/m³

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

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

ตารางที่ 4 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาอาการมีเสมหะในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM₁₀ 50 µg/m³

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

ตารางที่ 5 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาอาการของระบบทางเดินหายใจส่วนล่างในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM₁₀ 50 µg/m³

งานวิจัยอ้างอิง, ตำแหน่ง	ผลลัพธ์ที่วัด	ระดับอนุภาคฝุ่น เฉลี่ย (ช่วง) µg/m ³	สารมลพิษรวม	จำนวนวัน ที่เคลื่อน	ผลที่วัดที่ได้รับ มาตรฐานที่ 50 µg/m ³ ของ PM ₁₀
Vedal et al. ²⁹	ความผิดปกติ ของทางเดิน	19.1 (1, 159)	ไม่มี	0 วัน	1.10 (0.82, 1.48)

	หายใจส่วนล่าง				
Gielen et al. ¹⁹	ความผิดปกติของทางเดินหายใจส่วนล่าง	30.5 (16, 60)	Ozone	0 วัน	1.26 (0.94, 1.68)
Romieu et al. ²⁰	ความผิดปกติของทางเดินหายใจส่วนล่าง	(12, 126)	Ozone	0 วัน	1.00 (0.95, 1.05)
Romieu et al. ²³	ความผิดปกติของทางเดินหายใจส่วนล่าง	166.8 (29, 363)	Ozone	0 วัน	1.21 (1.10, 1.42)
Vedal et al. ²⁹	ความผิดปกติของทางเดินหายใจส่วนล่าง	19.1 (1, 159)	ไม่มี	2 วัน	1.16 (1.00, 1.34)
Gielen et al. ¹⁹	ความผิดปกติของทางเดินหายใจส่วนล่าง	30.5 (16, 60)	Ozone	2 วัน	1.05 (0.74, 1.48)
Segala et al. ²⁷	ความผิดปกติของทางเดินหายใจส่วนล่าง	34.2 (9, 95)	SO ₂ , NO ₂	2 วัน	1.66 (0.84, 3.30)
Romieu et al. ²⁰	ความผิดปกติของทางเดินหายใจส่วนล่าง	(12, 126)	Ozone	2 วัน	1.00 (0.93, 1.08)
Romieu et al. ²³	ความผิดปกติของทางเดินหายใจส่วนล่าง	166.8 (29, 363)	Ozone	2 วัน	1.10 (0.98, 1.24)
Delfino et al. ³²	ความผิดปกติของทางเดินหายใจส่วนล่าง	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 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาการใช้ยาขยายหลอดลมในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM₁₀ 50 µg/m³

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

การศึกษาของ Delfino et al.³² ซึ่งใช้คะแนนอาการหอบหืดในการประเมินผลกระทบจากการได้รับสารมลพิษแบบเฉียบพลัน พบว่าความเข้มข้นสูงสุดของ PM₁₀ ที่ 1 และ 8 ชั่วโมง มีผลกระทบ

มากกว่าที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง การวิเคราะห์ยังแสดงให้เห็นว่าผลของโอโซนและ PM₁₀ เป็นอิสระจากกัน ต่อมา Delfino et al. ยังศึกษาในเด็กที่เป็นหอบหืดจำนวน 22 คน อายุ 9–19 ปีในเดือนมีนาคมและเมษายน 1996 พบว่าอาการที่รบกวนต่อกิจกรรมปกติประจำวันมีความสัมพันธ์กับ PM₁₀, NO₂, และ O₃ โดย PM₁₀ และ NO₂ ให้ผลที่เสริมกัน

Romieu et al.²⁰ พบว่าเด็กที่มีอาการหอบหืดน้อยได้รับผลกระทบจาก PM ในบรรยากาศที่มีระดับสูง (ค่าเฉลี่ย 166.8 µg/m³) มากกว่าการศึกษาของ Romieu et al.²³ ที่ศึกษาในบริเวณใกล้เคียงแต่มีระดับ PM₁₀ ต่ำกว่า (ค่าเฉลี่ยคือ 54.2 µg/m³) Yu et al.³³ ได้ประมาณค่า Odds ratio ของอาการหอบหืดทุกๆ การเพิ่มขึ้น 10 µg/m³ ของ PM₁₀ และ PM_{1.0} คือ 1.18(1.05, 1.33) และ 1.09(1.01, 1.18) และเมื่อพิจารณาพร้อมกับ CO และ SO₂ ได้ค่า Odds ratio ของ PM₁₀ เป็น 1.06(0.95, 1.19) และของ PM_{1.0} เป็น 1.11(0.98, 1.26) การศึกษาของ Ostro et al.³¹ ในกลุ่มเด็กเชื้อสายอาฟริกัน-อเมริกัน โดยใช้แบบจำลอง GEE กับ PM₁₀ ค่าต่างๆ (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และ ค่าสูงสุด 1 ชั่วโมง) และค่า PM_{2.5} พบว่ามีความสัมพันธ์กับอาการหายใจลำบาก หายใจเสียงหวีด และไอ

การศึกษาของ Desqueyroux et al.³⁴ ซึ่งศึกษาในผู้ใหญ่ที่เป็นโรคหอบหืดรุนแรง 60 คน ระหว่างพฤศจิกายน 1995 ถึง พฤศจิกายน 1996 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Generalized estimating equations adjusting for autocorrelation ที่มีตัวแปรต้นได้แก่ เวลา อุณหภูมิ และสารชีวภาพที่อยู่ในอากาศ พบความสัมพันธ์ระหว่าง PM₁₀ และ O₃ กับอุบัติการณ์ของอาการหอบหืดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า Odds ratio ทุกๆ การเพิ่มขึ้น 10 µg/m³ ของ PM₁₀ คือ 1.41 (CI คือ 1.16, 1.71) แต่ระดับ PM₁₀ ไม่สัมพันธ์กับอุบัติการณ์ของอาการหอบหืดเมื่อใช้วันเหลืองที่ 1 หรือ 2 วัน แต่สัมพันธ์กับวันเหลืองที่ 3, 4 และ 5 วันอย่างมีนัยสำคัญ และ PM₁₀ ยังคงมีนัยสำคัญเมื่อได้ปรับค่าโดยพิจารณาสารมลพิษอื่นๆ รวมแล้ว ได้แก่ O₃, SO₂ และ NO₂

การศึกษาของ Just et al.³⁵ ซึ่งศึกษาในเด็กหอบหืดจำนวน 83 คน เป็นเวลา 3 เดือน ระหว่างฤดูใบไม้ผลิต่อฤดูร้อนในกรุงปารีส โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Generalized estimating equations adjusting for autocorrelation ผลการศึกษาไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง PM₁₀ และสมรรถภาพปอดหรืออาการทางระบบทางเดินหายใจ สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของ PM_{2.5} ได้รวบรวมแสดงในตารางที่ 7 ทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าระดับ PM_{2.5} มีความสัมพันธ์กับอาการไอ มีเสมหะ หรืออาการทางระบบทางเดินหายใจส่วนล่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 7 แสดงงานวิจัยที่ศึกษาอาการของระบบทางเดินหายใจในผู้ป่วยหอบหืดต่อการเพิ่มขึ้นของ PM_{2.5} 25 µg/m³

งานวิจัยอ้างอิง, ตำแหน่ง	ผลลัพธ์ที่วัด	ระดับอนุภาคฝุ่น เฉลี่ย (ช่วง) µg/m ³	สารมลพิษรวม	จำนวนวัน ที่เหลือง	ผลที่วัดที่ได้รับ มาตรฐานที่ 25 µg/m ³ ของ PM _{2.5}
Peters et al. ¹⁷	Odds Ratio ของอาการไอ	50.8 (9, 347)	SO ₂ , sulfate, H ⁺	0 วัน	1.22 (1.08, 1.38)

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

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

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) 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 เช้าและเย็นของแต่ละวัน จำนวนครั้งที่ไ้ยาขยายหลอดลมแต่ละวัน การต้องไปที่โรงพยาบาลหรือห้องฉุกเฉินในแต่ละวัน และอาการหอบหืดในตอนกลางวันและกลางคืนในแต่ละวัน โดยแบ่งเป็น 4 ระดับคือ

0 = ไม่มีอาการ

1 = มีอาการ แต่ไม่รบกวนกิจกรรมที่ทำเป็นปกติ

2 = มีอาการรบกวนกิจกรรมที่ทำเป็นปกติบ้าง

3 = มีอาการรุนแรงจนไม่สามารถทำกิจกรรมประจำวันได้

3. ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

- 3.1 รวบรวมผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดที่ขึ้นทะเบียนการรักษาไว้กับหน่วยโรคภูมิแพ้ ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ หน่วยโรคปอด ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และโรงพยาบาลลำพูน โดยมีถิ่นพำนักอยู่ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่และปริมณฑล จำนวน 152 คน และอำเภอเมืองลำพูนและปริมณฑล จำนวน 56 คน ทั้งนี้ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ผู้ป่วยทั้งหมดที่ขึ้นทะเบียนรักษาไว้กับแพทย์ในคณะผู้วิจัย เนื่องจากเป็นการศึกษาครั้งแรกในประเทศไทยจึงไม่สามารถคำนวณตัวอย่างที่เหมาะสมได้ เกณฑ์ในการคัดเลือกคือ ผู้ป่วยทุกรายที่มีอายุมากกว่า 8 ปี โดยไม่จำกัดเพศและยินดีเข้าร่วมในการศึกษา
- 3.2 บันทึกอาการและอาการแสดงทางระบบทางเดินหายใจ ลักษณะการใช้หายใจหอบเหนื่อยและความถี่ 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



- 3.3 เก็บตัวอย่างอากาศและวิเคราะห์หาระดับฝุ่นรายวัน (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง) โดยรศ.ดร.อุษณีย์ วิณิชเขตคำนวณและคณะ ตามจุดต่างๆ จำนวน 3 จุดในจังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ อำเภอแมริม, ตำบลยางเนิ้ง อำเภอสารภี และตลาดวโรรส และ 2 จุดในอำเภอเมืองลำพูน ได้แก่ อบต.บ้านกลางและวัดไก่อ่แก้ว
- 3.4 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
- 3.5 บันทึกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความกดอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน แสงแดดเป็นรายวัน โดยประสานข้อมูลจากทีม รศ.ดร.ขจรศักดิ์ โสภากาญจน์ ซึ่งขอข้อมูลจากศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน
- 3.6 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 ARMA (1, 1) เนื่องจาก Autocorrelation coefficient และ Partial autocorrelation coefficient ของ Peak Flow เฉลี่ยรายวันของผู้ป่วยหอบหืดในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนที่ lag ต่างๆ กัน (ดูรูปที่ 22 ถึงรูปที่ 25 ตามลำดับ) มีรูปแบบที่คล้ายกัน กล่าวคือ เป็นแบบ exponential decay ทั้ง Autocorrelation coefficient และ Partial autocorrelation coefficient ดังนั้น model ที่เหมาะสมคือ One autoregressive (p) และ one moving average (q) parameter^{37,38}
- 3.7 ประเมินค่าความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเป็นโรคหอบหืด โดยเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลผู้ป่วย และต้นทุนค่าเสียโอกาสอื่นๆ จากการเจ็บป่วย เช่นการสูญเสียรายได้จากการทำงานอันเนื่องมาจากการเจ็บป่วย 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 ± 23.38 และ 46.55 ± 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
เพศ				
ชาย	71	46.7	19	33.9
หญิง	81	53.3	37	66.1
ภูมิลำเนาอำเภอ				
อ.เมือง จ.เชียงใหม่	95	62.5	0	0.0
อ.เมือง จ.ลำพูน	0	0.0	56	100.0
แม่ริม	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
อาชีพ				
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 (ดูเกณฑ์การกำหนดความรุนแรงของโรคหอบหืดที่ภาคผนวก 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 ± 16.83 และ 14.66 ± 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 ± 116.62 และ 348.85 ± 95.03 ลิตร/นาที ตามลำดับ ยาที่ใช้รักษาโรคหอบหืดเป็นประจำชนิดที่ 1 คือ ยาพ่นกลุ่มสเตียรอยด์และยาขยายหลอดลม สำหรับกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่ (จำนวน 85 คน คิดเป็นร้อยละ 55.9) โดยต้องพ่นในขนาดครั้งละ 1 puff เช้า - เย็น (จำนวน 75 คน คิดเป็นร้อยละ 49.3) แต่เป็นยาพ่นกลุ่มสเตียรอยด์ สำหรับกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดลำพูน (จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 39.3) โดยต้องพ่นในขนาดครั้งละ 2 puff เช้า - เย็น (จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 26.8)

สำหรับยาที่ใช้รักษาโรคหอบหืดเป็นประจำชนิดที่ 2 คือ ยาเม็ดยาขยายหลอดลม สำหรับกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่ (จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 29.6) โดยต้องรับประทานในขนาดครั้งละ 1 เม็ดก่อนนอน (จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 16.4) และเป็นยาเม็ดยาขยายหลอดลมเช่นเดียวกัน 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
ความรุนแรง				
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
ช่วงจำนวนปีของการเป็นโรคหอบหืด				
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)	16.87 $\pm$ 16.83		14.66 $\pm$ 14.07	
ค่า peakflow สูงสุดที่เป่าได้ (ลิตร/นาที)				
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)	357.00 $\pm$ 116.62		348.85 $\pm$ 95.03	
ยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำชนิดที่ 1				
ยาพ่นกลุ่มสเตียรอยด์และยาขยายหลอดลม	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
ขนาดยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำชนิดที่ 1				
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
ยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำชนิดที่ 2				
ยาพ่นกลุ่มสเตียรอยด์และยาขยายหลอดลม	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
ขนาดยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำชนิดที่ 2				
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
ยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำวันชนิดที่ 3				
ยาเม็ดชนิดขยายหลอดลม	13	8.6	0	0.0
ยาเม็ดชนิดต้านฮีสตามีน	1	0.7	0	0.0
ยาพ่นกลุ่มสเตียรอยด์และขยายหลอดลม	0	0.0	1	1.8
ยาพ่นชนิดขยายหลอดลม	0	0.0	1	1.8
ไม่ได้ใช้	138	90.8	54	96.4
ขนาดยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำวันชนิดที่ 3				
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
ยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำวันชนิดที่ 4				
ยาเม็ดชนิดขยายหลอดลม	1	0.7	0	0.0
ยาเม็ดชนิดต้านฮีสตามีน	1	0.7	0	0.0
ไม่ได้ใช้	150	98.7	56	100.0
ขนาดยาที่ใช้รักษาโรคเป็นประจำวันชนิดที่ 4				
ครึ่งละ 1 เม็ด ก่อนนอน	2	1.3	0	0.0
ไม่ได้ใช้	150	98.7	56	100.0
ยาที่ใช้เมื่อมีอาการชนิดที่ 1				
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
ขนาดยาที่ใช้เมื่อมีอาการชนิดที่ 1				
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
ยาที่ใช้เมื่อมีอาการชนิดที่ 2				
ยาเม็ดชนิดขยายหลอดลม	6	3.9	1	1.8
ยาน้ำชนิดขยายหลอดลม	2	1.3	0	0.0
ไม่ได้ใช้	144	94.7	55	98.2
ขนาดยาที่ใช้เมื่อมีอาการชนิดที่ 2				
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 $PM_{2.5}$ และ PM_{10} รายวันของบริเวณตรวจวัดที่ดำเนินโดยรศ.ดร.อุษณีย์ วิณิชเขตคำนวณ ใน 2 บริเวณ ได้แก่ อบต.บ้านกลางและวัดไก่อ่แก้ว จังหวัดลำพูน ซึ่งเป็นข้อมูลการตรวจวัดระหว่างวันที่ 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549 (รวม 334 วัน) มีความครบถ้วนสมบูรณ์ดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่าระดับ $PM_{2.5}$ ส่วนมากอยู่ในช่วง $0-50 \mu g/m^3$ คิดเป็นจำนวนวันคือ 261 วัน (ร้อยละ 78.1) (ตารางที่ 11) สำหรับระดับ PM_{10} ส่วนมากอยู่ในช่วง $0-50 \mu g/m^3$ คิดเป็นจำนวนวันคือ 205 วัน (ร้อยละ 61.4) (ดูตารางที่ 12)

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

จำนวนวันที่ตรวจวัด (N = 334 วัน)	ลำพูน (N = 334 วัน)			
	สมบูรณ์	ร้อยละ	ไม่สมบูรณ์	ร้อยละ
$PM_{2.5}$	332	99.4	2	0.6
PM_{10}	333	99.7	1	0.3

ตารางที่ 11 แสดงข้อมูลช่วงของระดับ $PM_{2.5}$ 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
ระดับรายวัน $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)						
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
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	30.08 ± 21.33		36.83 ± 24.89		33.14 ± 22.58	

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

ประเภท	อบต.บ้านกลาง ลำพูน (N = 334 วัน)		วัดไก่อแก้ว ลำพูน (N = 334 วัน)		เฉลี่ย (N = 334 วัน)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ระดับรายวัน PM_{10} ($\mu g/m^3$)						
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 แสดงจำนวนและร้อยละของความสมบูรณ์ของการบันทึกค่า 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

ตารางที่ 14 แสดงข้อมูลช่วงของระดับ PM_{2.5} รายวัน ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548–30 มิถุนายน 2549

ประเภท	โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย (N = 306 วัน)	
	จำนวน	ร้อยละ
ระดับ PM_{2.5} รายวัน (µg/m³)		
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 PM₁₀ รายวัน ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548–30 มิถุนายน 2549

ประเภท	โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย (N = 306 วัน)	
	จำนวน	ร้อยละ
ระดับ PM₁₀ รายวัน (µg/m³)		
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)

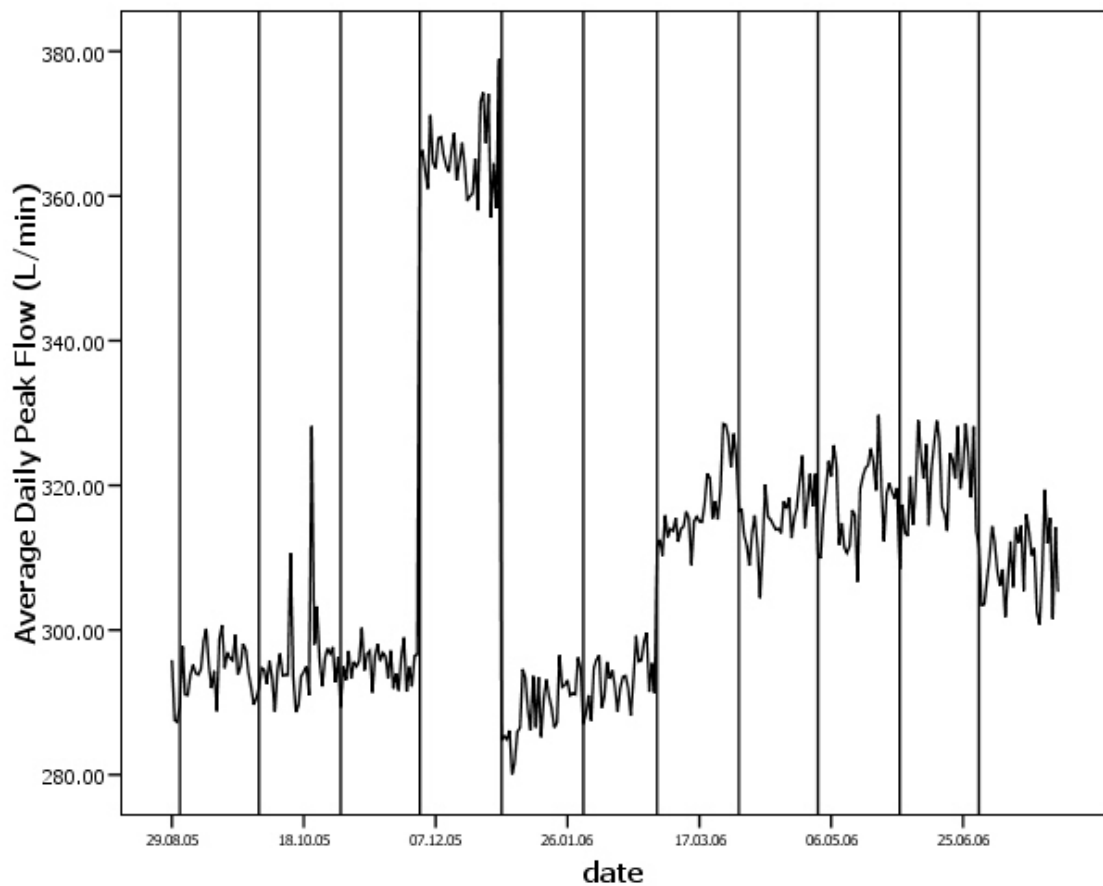
ตารางที่ 16 แสดงข้อมูลค่า Peak flow เฉลี่ยรายวันของกลุ่มตัวอย่างแยกจังหวัดระหว่าง 1 กรกฎาคม 2548–31 กรกฎาคม 2549

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

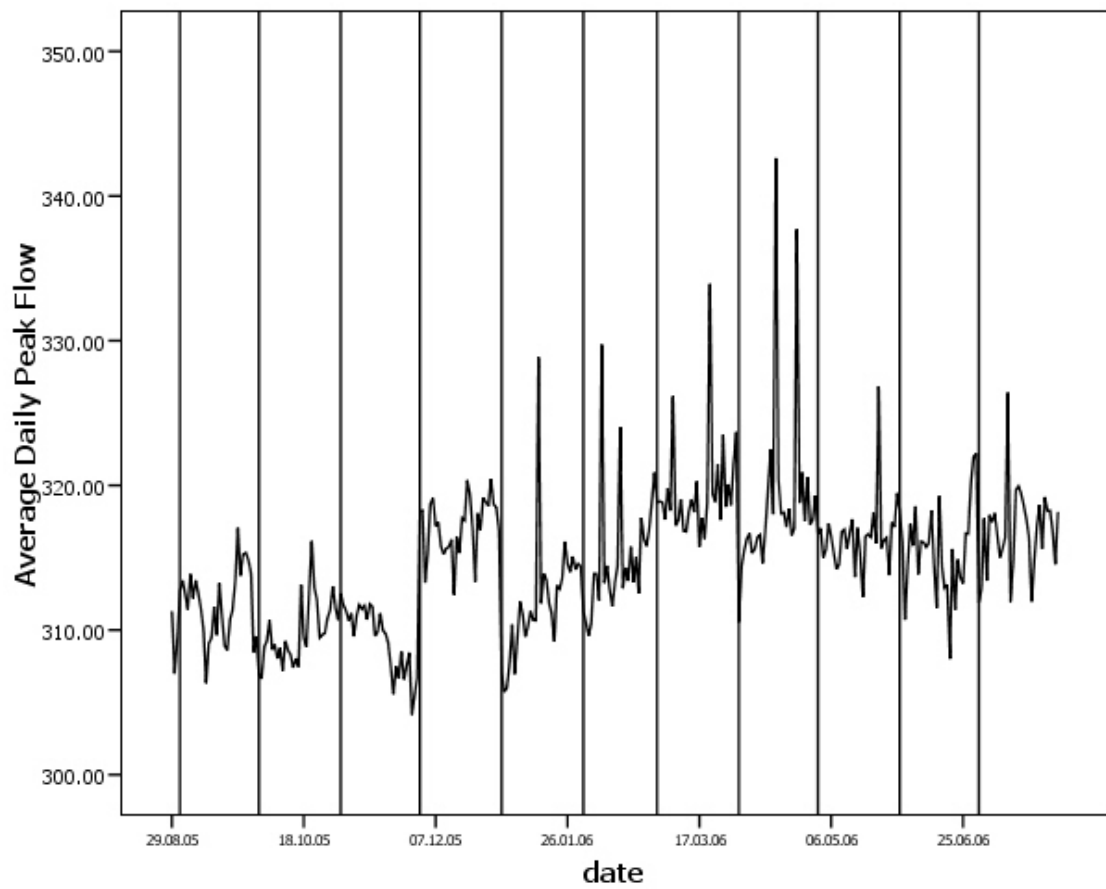
300.01–400	48	31.6	18	32.1
400.01–500	27	17.8	5	32.1
500.01–600	5	3.3	2	3.6
600.01–700	1	0.7	0	0.0
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ลิตร/นาท)	316.46 $\pm$ 98.42		290.57 $\pm$ 87.80	

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

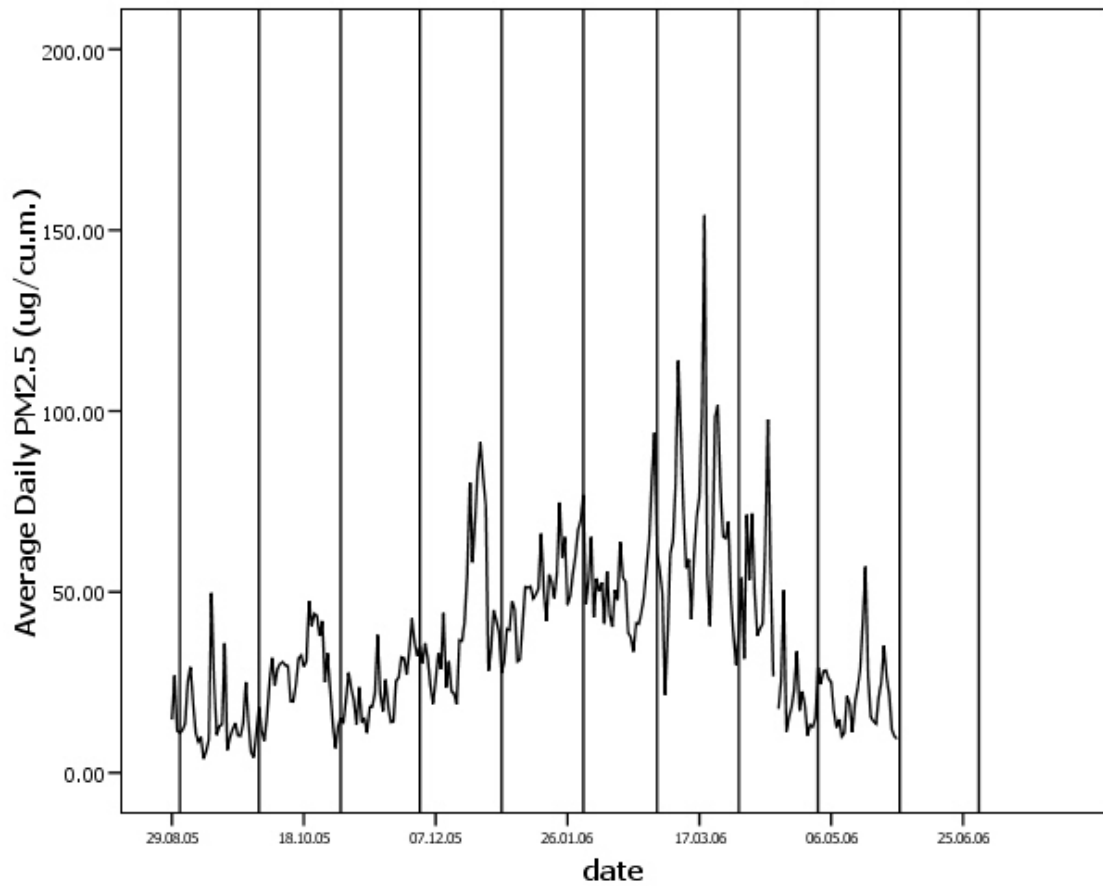
รูปที่ 2 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ย Peak flow ของกลุ่มตัวอย่างจังหวัดลำพูน ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549



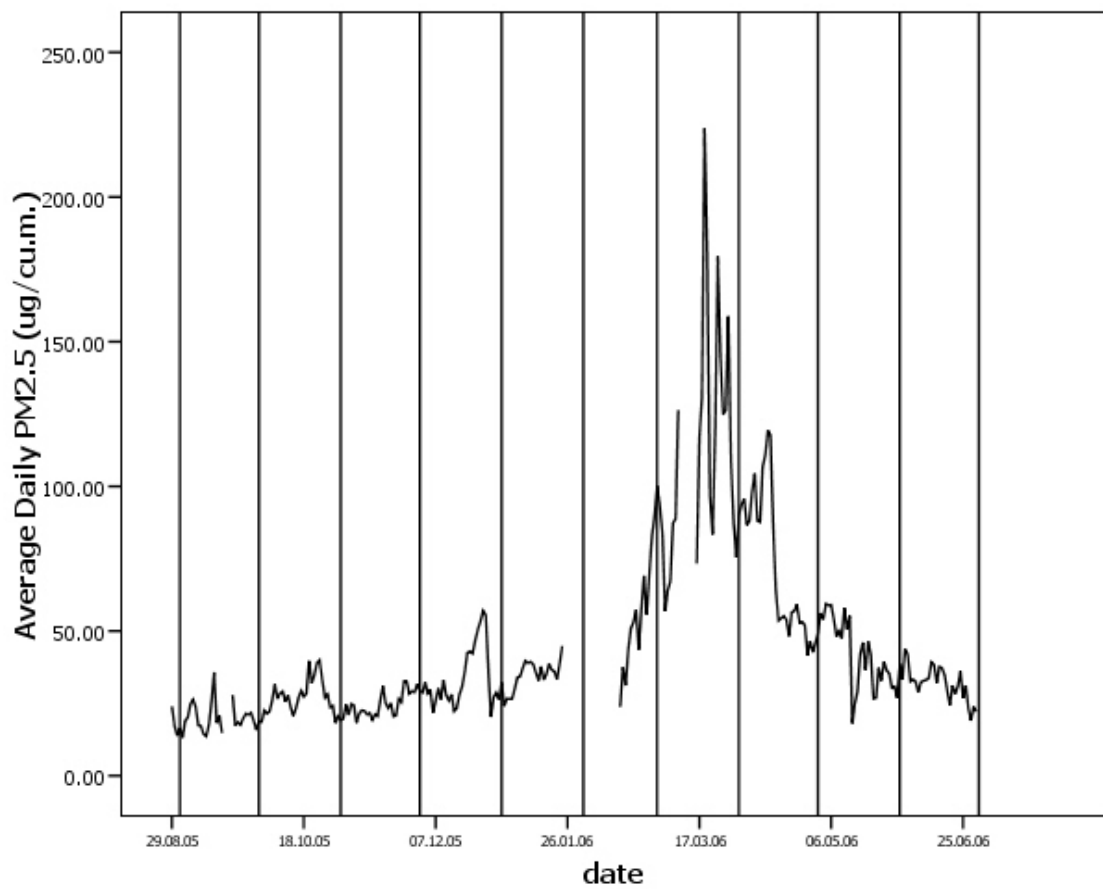
รูปที่ 3 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ย Peak flow ของกลุ่มตัวอย่างจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549



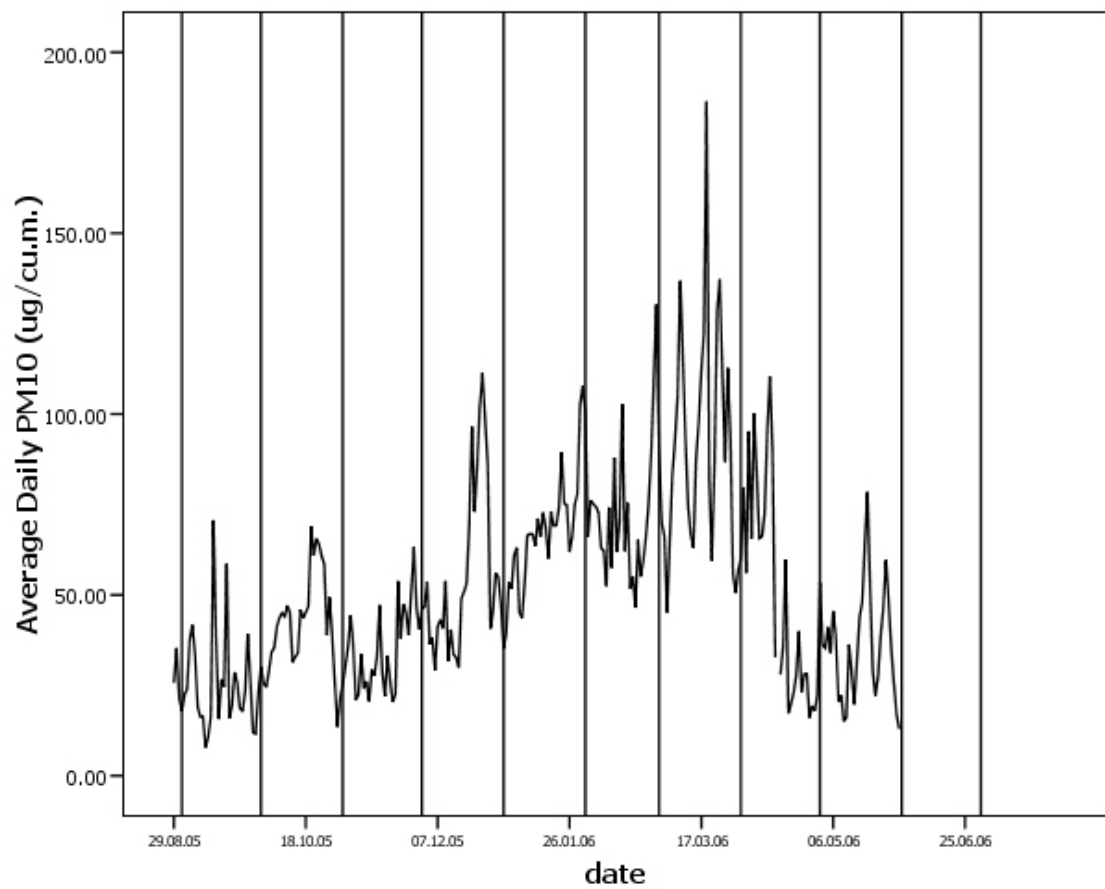
รูปที่ 4 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$ จังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 31 พฤษภาคม 2549



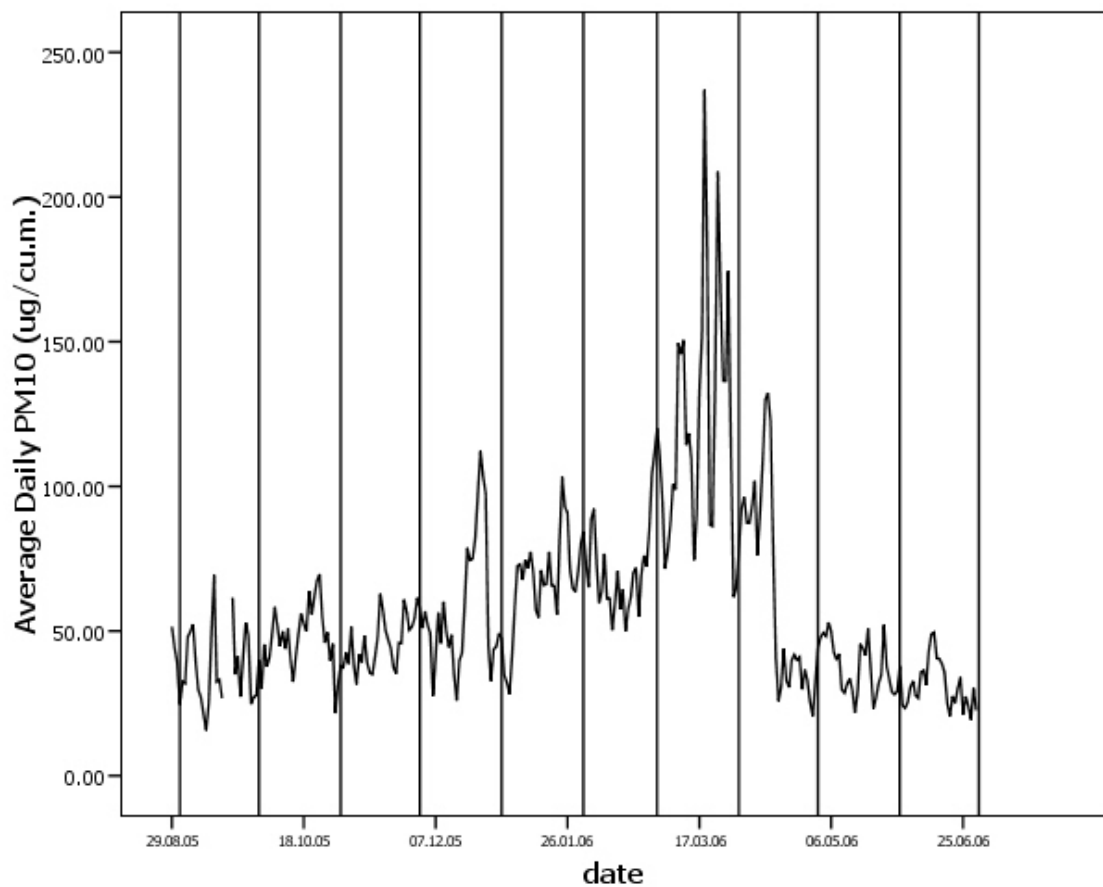
รูปที่ 5 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน $PM_{2.5}$ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



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



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



4. ข้อมูลระดับก๊าซพิษและค่าทางอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ยรายวัน

ค่าระดับก๊าซพิษเฉลี่ยรายวันของกรมควบคุมมลพิษ ที่สถานีตรวจคุณภาพอากาศโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (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

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

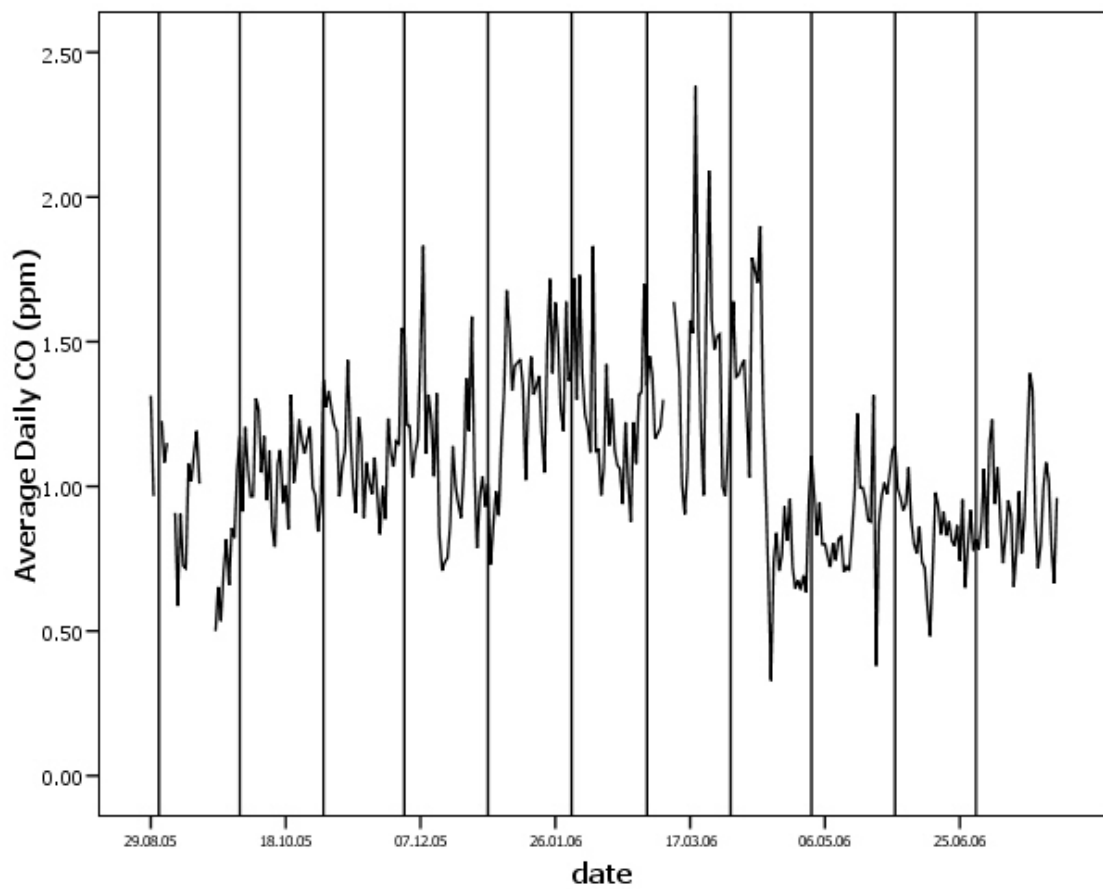
จำนวนวันที่ตรวจวัด (N = 306 วัน)	เชียงใหม่ (N = 306 วัน)			
	สมบูรณ์	ร้อยละ	ไม่สมบูรณ์	ร้อยละ
CO	294	96.1	12	3.9
O ₃	281	91.8	25	8.2
NO ₂	294	96.1	12	3.9
SO ₂	217	70.9	89	29.1

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 แสดงในรูปแบบที่ 12 ถึงรูปที่ 21 สำหรับความครบถ้วนของข้อมูลแสดงในตารางที่ 18

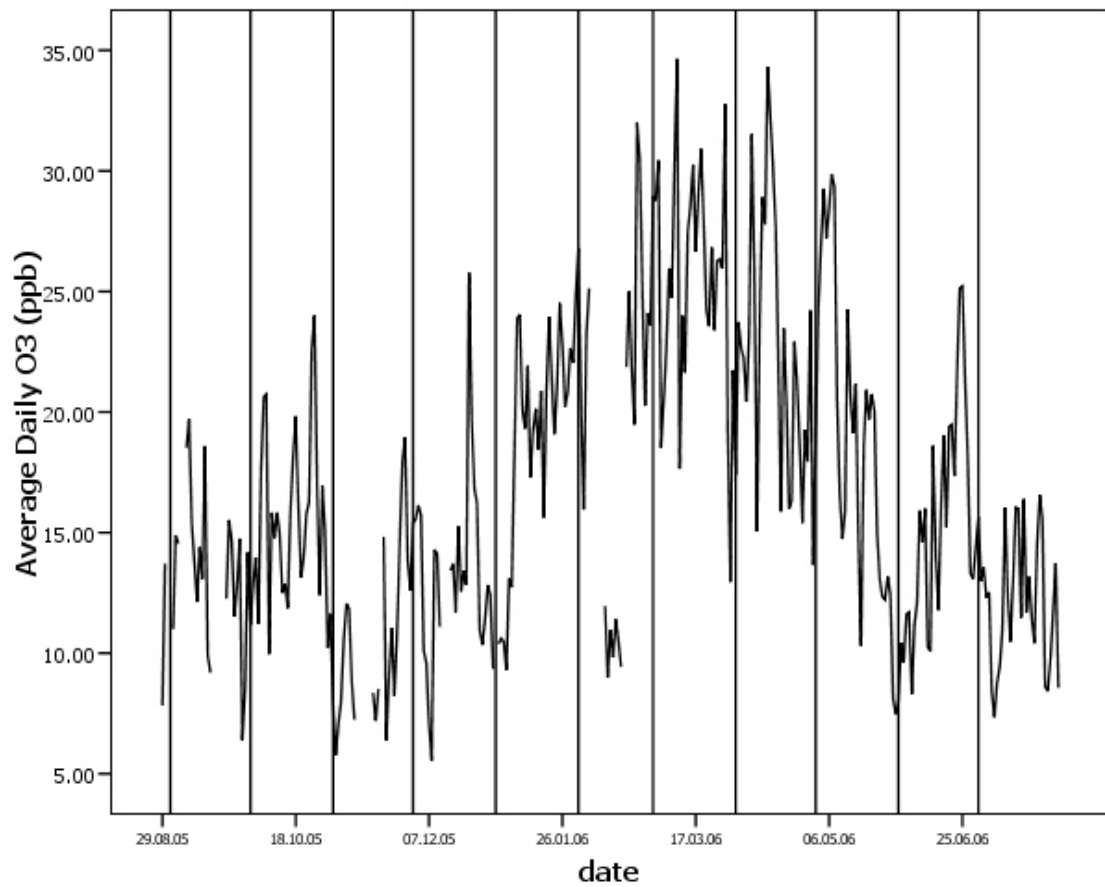
ตารางที่ 18 แสดงจำนวนและร้อยละของความสมบูรณ์ของการบันทึกค่าทางอุตุนิยมวิทยา ใน จังหวัด เชียงใหม่และลำพูน

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

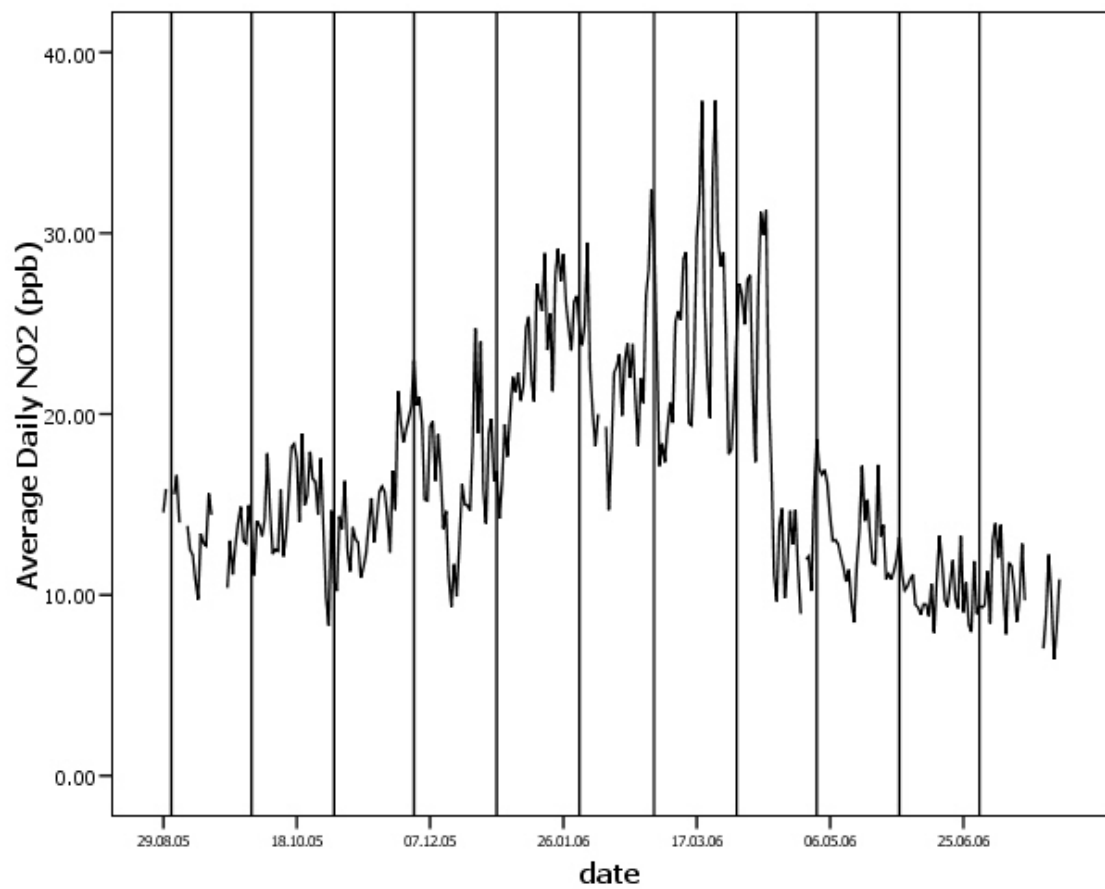
รูปที่ 8 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน CO จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549



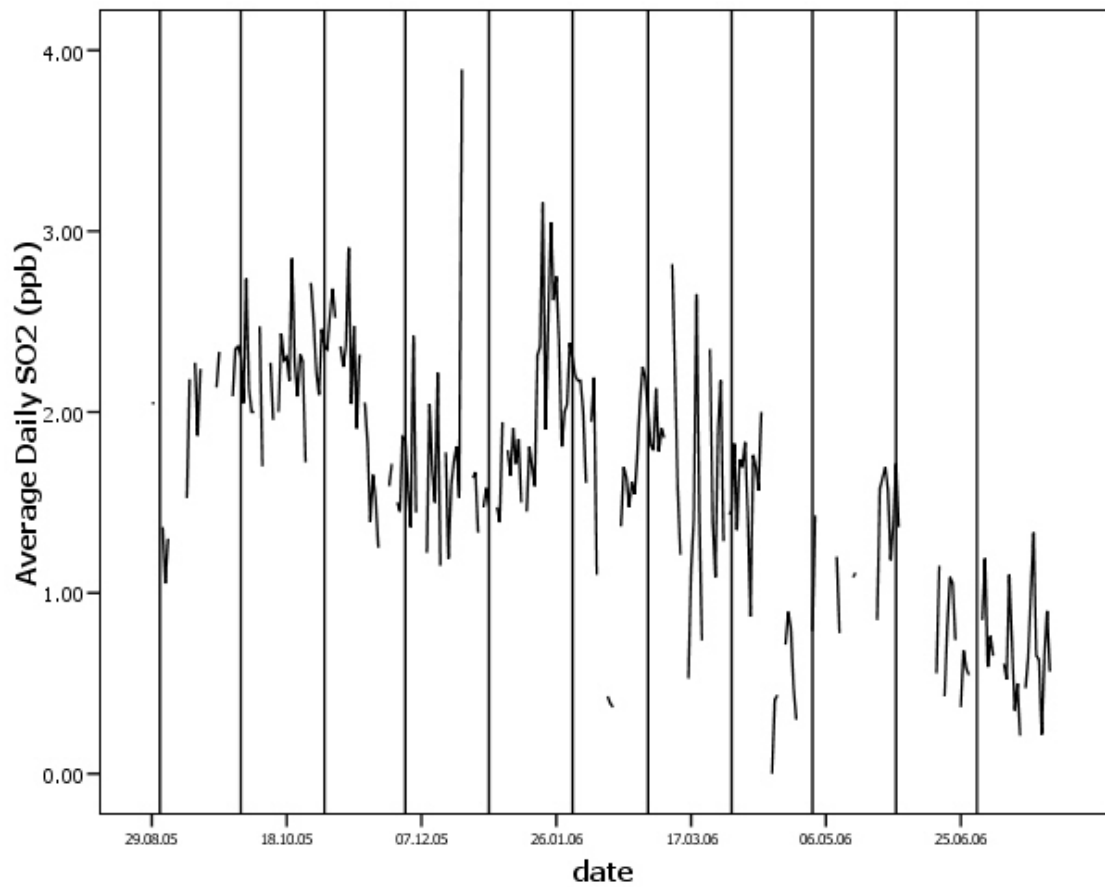
รูปที่ 9 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน O_3 จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549



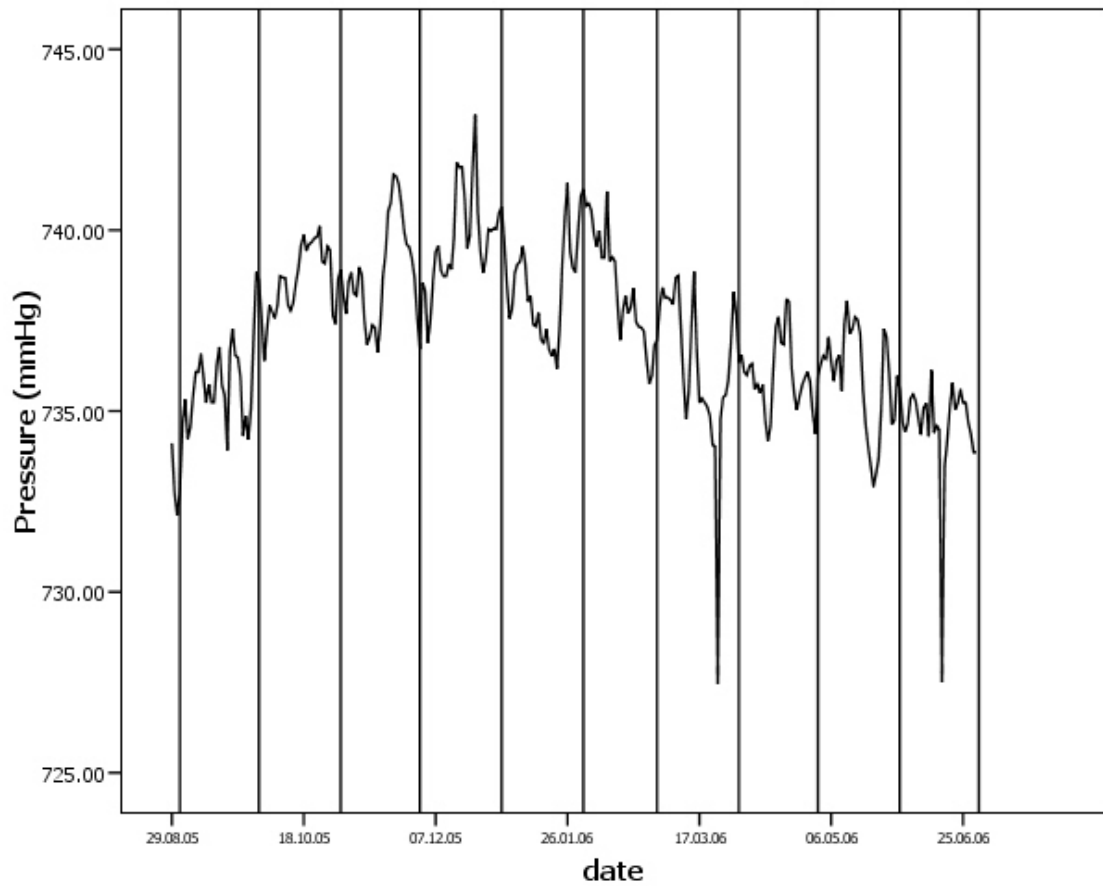
รูปที่ 10 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน NO_2 จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549



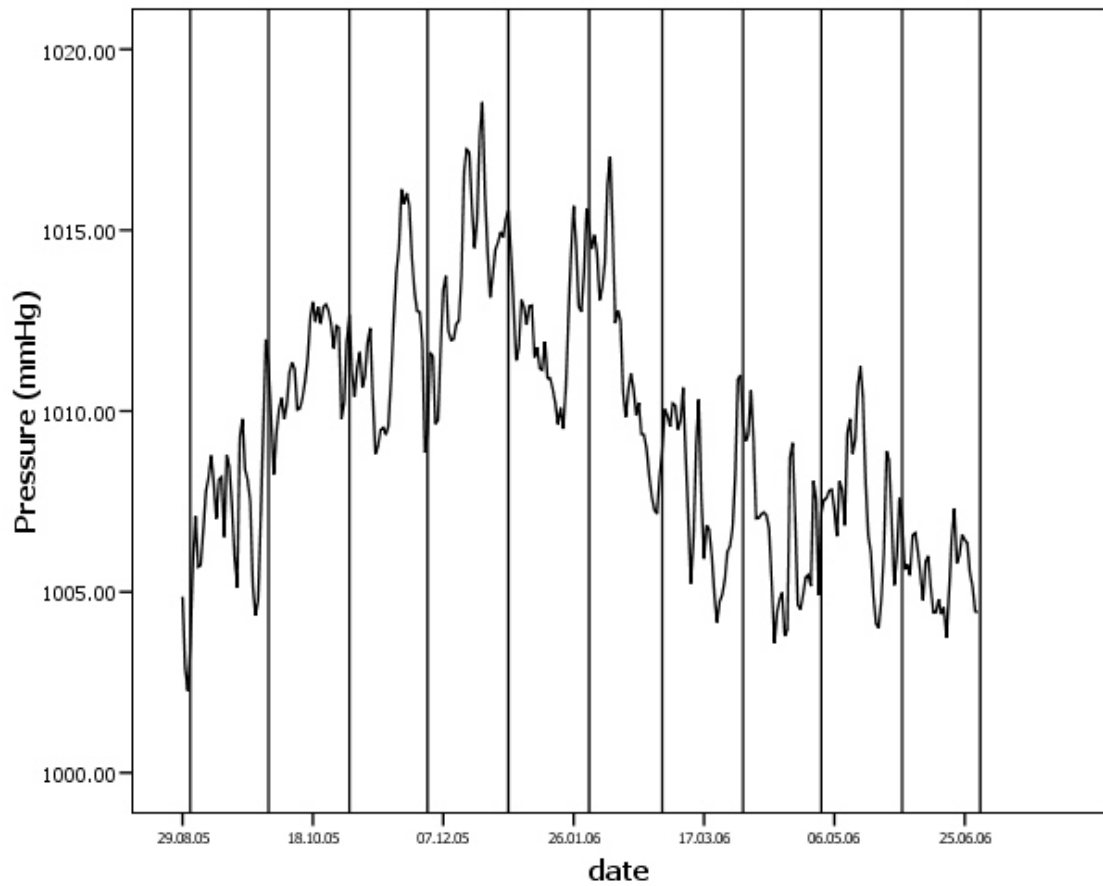
รูปที่ 11 แสดง Sequence plot ของค่าเฉลี่ยรายวัน SO_2 จังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 31 กรกฎาคม 2549



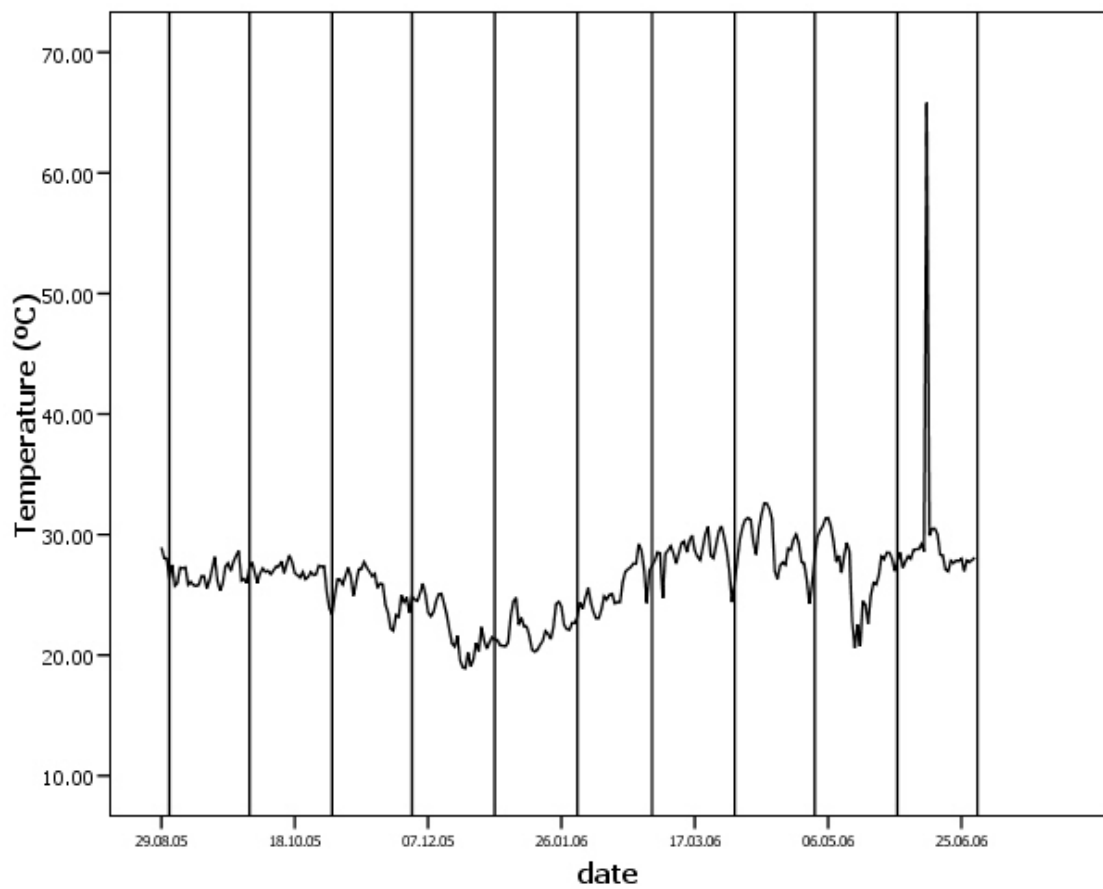
รูปที่ 12 แสดง Sequence plot ของค่าความกดอากาศรายวันจังหวัดลำพูน ระหว่าง 2 กรกฎาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



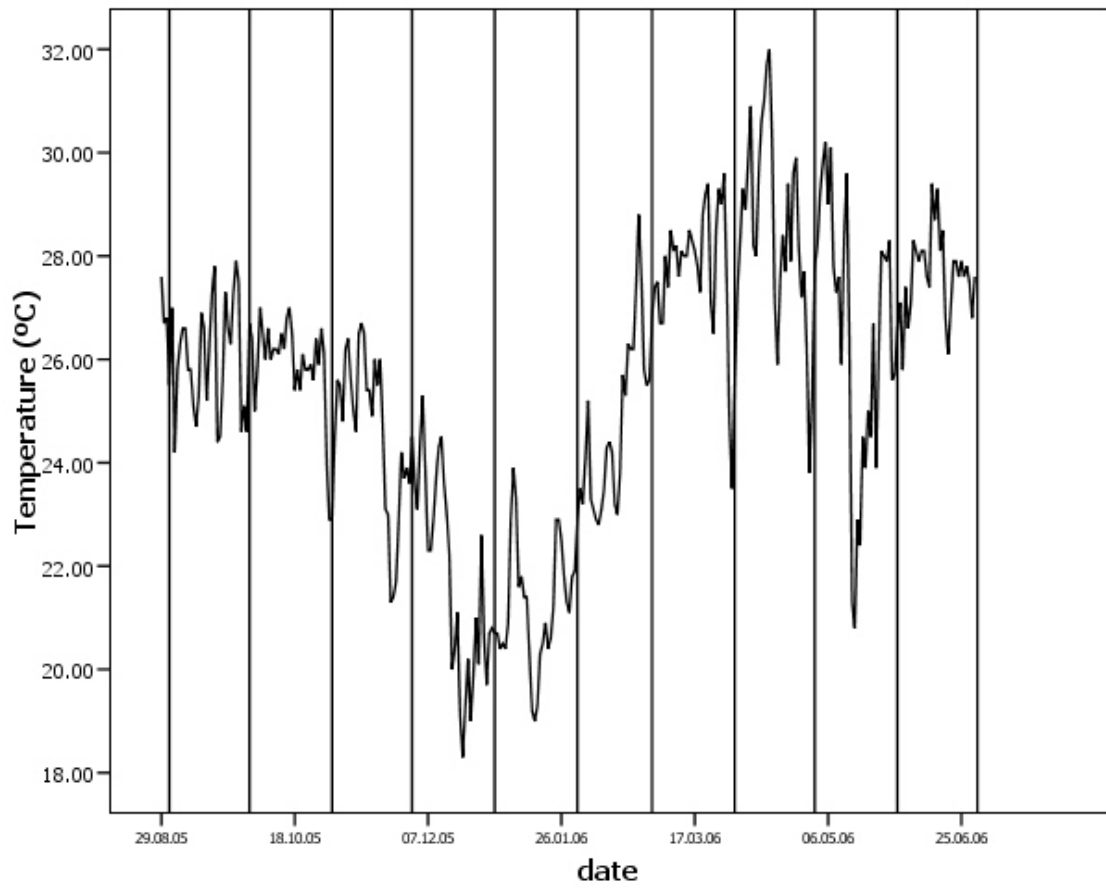
รูปที่ 13 แสดง Sequence plot ของค่าความกดอากาศรายวันจังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



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

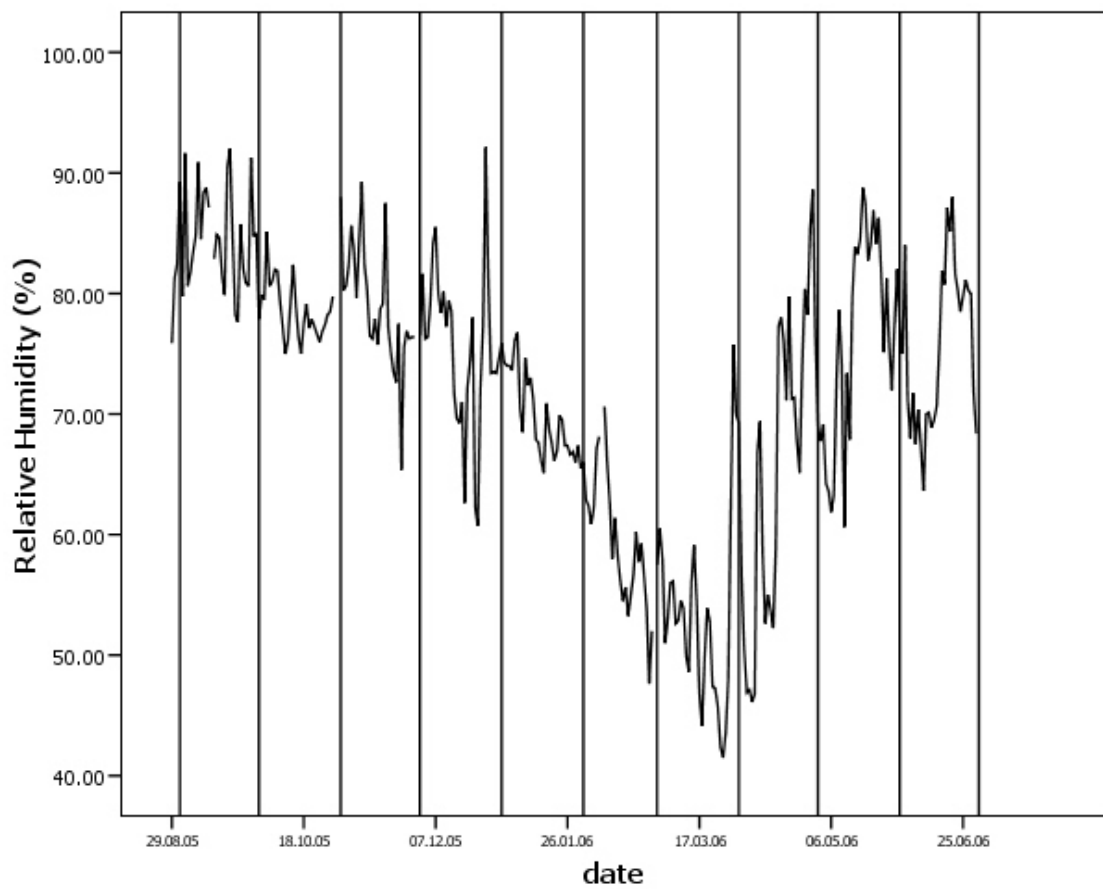


รูปที่ 15 แสดง Sequence plot ของค่าอุณหภูมิรายวันจังหวัดเชียงใหม่ 29 สิงหาคม 2548 ถึง 30 มิถุนายน 2549



o

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



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

