

ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดเล็ก
กับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก
และการเสียชีวิต ด้วยโรกระบบทางเดินหายใจ
ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ประเทศไทย

นายคุณุตม์ ทองพันซัง
นางสาวพนิตา เจริญสุข
นางสาวณัฐวีร์ (วาสนา) ลุนสำโรง
นางสุธิดา อุทะพันธุ์

กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกและการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) นำข้อมูลมลพิษอากาศและข้อมูลอุตุนิยมิวิทยา จากกรมควบคุมมลพิษ และข้อมูลการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกจากสำนักงานหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า และข้อมูลผู้เสียชีวิตจากระบบบริการข้อมูลสถิติชีพประเทศไทย กระทรวงสาธารณสุข ในช่วงระหว่าง ตุลาคม 2556 - ธันวาคม 2562 โดยใช้การศึกษาแบบเคส-ครอสโอเวอร์ และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยแบบจำลองปัวซองแบบมีเงื่อนไข (Conditional Poisson Model) ซึ่งมีการควบคุมตัวแปรกวนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ผลการศึกษาพบว่า การรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กเพิ่มขึ้นทุก 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความเสี่ยงในการเข้ารับการรักษาพยาบาลด้วยโรคระบบทางเดินหายใจในแผนกผู้ป่วยนอก อันเนื่องมาจากการรับสัมผัส PM_{10} เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.21 (95% CI: 0.13, 0.28) และมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความเสี่ยงการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ อันเนื่องมาจากการรับสัมผัส $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.82 (95% CI: 0.02, 1.63) หากควบคุมความเข้มข้นของ PM ไม่ให้เกินครึ่งหนึ่งของค่ามาตรฐาน ($60 \mu g/m^3$ สำหรับ PM_{10} และ $25 \mu g/m^3$ สำหรับ $PM_{2.5}$) จะสามารถช่วยลดจำนวนผู้ป่วย ที่เข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ อันเนื่องมาจากการรับสัมผัส PM_{10} ได้จำนวน 29,813 ราย (95% CI: 1,065, 67,612) คิดเป็นร้อยละ 0.56 (95% CI: 0.02, 1.27) และลดจำนวนผู้เสียชีวิตสาเหตุจากโรคระบบทางเดินหายใจ อันเนื่องมาจากการรับสัมผัส $PM_{2.5}$ ได้จำนวน 983 ราย (95% CI: 32, 1,718) คิดเป็นร้อยละ 1.47 (95% CI: 0.05, 3.26) ข้อมูลจากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนนโยบายการจัดการปัญหา PM ในระดับจังหวัดเพื่อคุ้มครองสุขภาพของประชาชนจากผลกระทบของ PM ต่อไป สำหรับข้อมูล PM ที่ยังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ ควรใช้การประมาณค่าด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (geostatistical analysis) ในการศึกษาในอนาคต

คำสำคัญ: ฝุ่นละอองขนาดเล็ก, การเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก, การเสียชีวิต, โรคระบบทางเดินหายใจ, เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก, การศึกษาแบบเคส-ครอสโอเวอร์

Abstract

This study aimed to explore the association between particulate matter and outpatient department visits, and mortality for respiratory diseases in the Eastern Economic Corridor (EEC), Thailand. Particulate Matter concentration data were obtained from Pollution Control Department, outpatient visits for respiratory diseases were obtained from the National Health Security office, and mortality for respiratory diseases were retrieved from the National Vital Statistic System by Ministry of Public Health between October 2013 and December 2019. A case-crossover design and Conditional Poisson Model were applied to explore the relationship by adjusting for many potential confounders, including temperature, and relative humidity. A 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in the PM_{10} was associated with significant increases in OPD visits for respiratory diseases (0.21, 95% CI 0.13, 0.28). A 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in $\text{PM}_{2.5}$ was associated with significant increases in mortality from respiratory diseases (0.82, 95% CI 0.02, 1.63). Preventing PM_{10} concentrations from being higher than 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ could decrease OPD visits by more than 29,813 for respiratory diseases and could decrease mortality by more than 983 from respiratory diseases if preventing $\text{PM}_{2.5}$ concentrations from being higher than 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The results can be a based-line data to strengthen the policy and preventative intervention to further minimize the adverse health effects of air pollution and protect a population's health. For the future study should be done by geostatistical analysis.

Keywords: Particulate matter, outpatient department visits, mortality, Respiratory disease, Eastern Economic Corridor, Case-crossover study

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ กรมควบคุมมลพิษได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน และความชื้นสัมพัทธ์ สำนักงานหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ด้วยสิทธิ์หลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า และกองยุทธศาสตร์และแผนงาน กระทรวงสาธารณสุข ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการเสียชีวิต ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

ขอขอบคุณกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย โดยนางนภพรรณ นันทพงษ์ ผู้อำนวยการกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ ในการยินยอมและสนับสนุนให้ใช้งบประมาณ สถานที่ และเครื่องมือของกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย ในการศึกษา

ขอขอบคุณผู้ร่วมการศึกษา ในการร่วมกันกำหนดหัวข้อ กรอบแนวคิดการศึกษา และสรุปผลการศึกษา และจัดทำข้อเสนอแนะ และขอบคุณอาจารย์ ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี ที่ปรึกษาในการศึกษาครั้งนี้ ช่วยพัฒนารูปแบบวิธีการศึกษาและสถิติที่ใช้ในการศึกษา ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้ศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	7
1.1 หลักการและเหตุผล	7
1.2 วัตถุประสงค์	8
1.3 ตัวแปรในการศึกษา	8
1.4 คำนิยาม	8
1.5 ขอบเขตการศึกษา	9
1.6 กรอบแนวคิด	9
บทที่ 2 การศึกษาที่เกี่ยวข้อง	11
2.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศ.....	11
2.2 ข้อมูลทางพิษวิทยา	13
2.3 รูปแบบวิธีการศึกษา	13
2.4 ความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Relative risk: RR) ของมลพิษอากาศกับการเกิดโรค.....	15
2.5 การศึกษาเปรียบเทียบภาระโรคจากปัจจัยเสี่ยงในประชากร	20
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการศึกษา	21
3.1 รูปแบบการศึกษา	21
3.2 พื้นที่ศึกษา.....	21
3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	22
3.4 ตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อม	22
3.5 ตัวแปรด้านสุขภาพ	22
3.6 สถิติที่ใช้ในการศึกษา	23
บทที่ 4 ผลการศึกษา	25

4.1 ข้อมูลลพิษอากาศ.....	25
4.2 ข้อมูลผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ	26
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกับการเข้ารับการรักษายาบาลในแผนก ผู้ป่วยนอก และการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ	27
4.4 ร้อยละของการเข้ารับการรักษายาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก และการเสียชีวิตด้วยโรคระบบ ทางเดินหายใจ อันเนื่องมาจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก	29
บทที่ 5 อภิปรายผล	36
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม	40

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษอากาศและสุขภาพ.....	16
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผู้ป่วยนอกด้วยโรคต่าง ๆ ในพื้นที่ EEC ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562 ...	26
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการเสียชีวิตด้วยโรคต่าง ๆ ในพื้นที่ EEC ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562 ...	26
ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง PM_{10} และการเข้ารับการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอกจากกลุ่มโรคต่าง ๆ...	27
ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง $PM_{2.5}$ และการเข้ารับการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอกจากกลุ่มโรคต่าง ๆ	28
ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง PM_{10} และการเสียชีวิตจากกลุ่มโรคต่าง ๆ	28
ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง $PM_{2.5}$ และการเสียชีวิตจากกลุ่มโรคต่าง ๆ	29
ตารางที่ 4.7 ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิตจากโรกระบบทางเดินหายใจจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก.....	30
ตารางที่ 4.8 ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิตจากโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก	31
ตารางที่ 4.9 ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิตจากโรคปอดบวมจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก.....	32
ตารางที่ 4.10 ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิตจากโรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเฉียบพลันจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก	33
ตารางที่ 4.11 ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิตจากโรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจส่วนบนจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก	34
ตารางที่ 4.12 ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิตจากโรกระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเรื้อรังจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก	35

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

พื้นที่เขตเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออกเป็นพื้นที่เป้าหมายการพัฒนา ภายใต้นโยบายการพัฒนาพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor; EEC) ประเทศไทย มุ่งเน้นการพัฒนาพื้นที่ 3 จังหวัด ในภาคตะวันออก ได้แก่ ระยอง ชลบุรี และฉะเชิงเทรา จะช่วยยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคการผลิตและภาคบริการ บนฐานของเทคโนโลยีสมัยใหม่และนวัตกรรม โดยเน้นการพัฒนาในอุตสาหกรรมเป้าหมาย โครงสร้างพื้นฐาน ต่อยอดการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก (Eastern Seaboard) ซึ่งจะมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมไทย ปัจจุบันในพื้นที่ดังกล่าว มีแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทโรงงานโดยเป็นโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการ ตาม พรบ.โรงงาน จำนวนกว่า 9,000 โรงงาน (1) มีจำนวนรถจดทะเบียนสะสมทุกประเภทกว่า 2.8 ล้านคัน (2) สถานการณ์ฝุ่นละอองขนาดเล็กในพื้นที่ EEC มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศไทย 1.50 เท่า สำหรับฝุ่นละออง ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) และ 1.96 เท่า สำหรับฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) (3) โดยฝุ่นละอองขนาดเล็กจะประกอบไปด้วยอนุภาคของแข็ง และ/หรือ อนุภาคของเหลวขนาดเล็ก มีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามแหล่งกำเนิด สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง และเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือด เป็นผลทำให้เกิดโรกระบบทางเดินหายใจ อากาศระคายเคืองทางเดินหายใจ หายใจลำบาก โรคหลอดเลือดหัวใจ เกิดการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรในผู้ที่เป็โรคหัวใจหรือโรกระบบทางเดินหายใจ เกิดอาการหัวใจวาย หากได้รับสัมผัสในปริมาณมากหรือเป็นระยะเวลานาน จะเกิดการสะสมในเนื้อเยื่อปอด ทำให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลง เกิดอาการหอบหืดเรื้อรัง นำไปสู่โรคหลอดลมอุดกั้นเรื้อรัง และอาจเกิดมะเร็งปอดได้ในกลุ่มเสี่ยง ผู้ที่เป็นโรคหัวใจหรือโรกระบบทางเดินหายใจ เด็ก ผู้สูงอายุ มีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบมากที่สุด (4) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กในระยะเวลายาวนาน มีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยด้วยโรกระบบทางเดินหายใจที่เข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกฉุกเฉิน และแผนกผู้ป่วยนอกเพิ่มขึ้นในประเทศแคนาดา และจีน ก่อให้เกิดอัตราการขาดเรียนของเด็กนักเรียนเพิ่มขึ้น อัตราตายในทารกและเด็กเล็กเพิ่มขึ้น ในขณะที่การรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็นระยะเวลานาน ก่อให้เกิดการพัฒนาของปอดล่าช้าในเด็กอายุต่ำกว่า 14 ปี เพิ่มความเสี่ยงของการตายในเด็กทารก และการเกิดภาวะทารกแรกเกิดน้ำหนักตัวน้อย เพิ่มอัตราตายด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือด และอัตราตายด้วยโรคมะเร็งปอด (5-14) ในขณะที่ในพื้นที่ EEC มีประชากรที่มีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านกว่า 3 ล้านคน (15) กลายเป็นประชากรกลุ่มเสี่ยง มีผู้ป่วยด้วยโรกระบบทางเดินหายใจกว่า 1.3 ล้านคนต่อปี และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดเล็ก กับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกและการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มเติมเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน (Baseline data) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดเล็ก กับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกและการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ก่อนการพัฒนาพื้นที่ และเพื่อเป็นหลักฐานแสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงต่อโรคระบบทางเดินหายใจจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กในระยะเวลาสั้น เพื่อให้ผู้รับผิดชอบในการกำหนดนโยบายได้มีมาตรการในการดำเนินงานลดมลพิษจากฝุ่นละอองขนาดเล็กลง เกิดการปกป้องคุ้มครองสุขภาพประชาชนได้อย่างทันการ

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกและการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

1.3 ตัวแปรในการศึกษา

1. ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ประกอบด้วย ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) และ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)
2. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ประกอบด้วย อุณหภูมิเฉลี่ยและความชื้นสัมพัทธ์
3. ข้อมูลการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ตามรหัสการวินิจฉัยโรคหลักตามบัญชีจำแนกโรคระหว่างประเทศฉบับที่ 10 (International Classification of Disease 10th Revision: ICD-10) รหัส J00-J99
4. ข้อมูลผู้เสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ตามรหัสการวินิจฉัยโรคหลักตามบัญชีจำแนกโรคระหว่างประเทศฉบับที่ 10 (International Classification of Disease 10th Revision: ICD-10) รหัส J00-J99

1.4 คำนิยาม

1. ฝุ่นละอองขนาดเล็ก หมายถึง ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) และ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)
2. การเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก หมายถึง ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก และแผนกฉุกเฉิน ด้วยสิทธิประกันสุขภาพถ้วนหน้า ในสถานบริการสาธารณสุขทุกแห่ง ได้แก่ โรงพยาบาลรัฐ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล โรงพยาบาลเอกชน คลินิกเอกชน เป็นต้น ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง
3. เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก หมายถึง จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดระยอง และจังหวัดชลบุรี

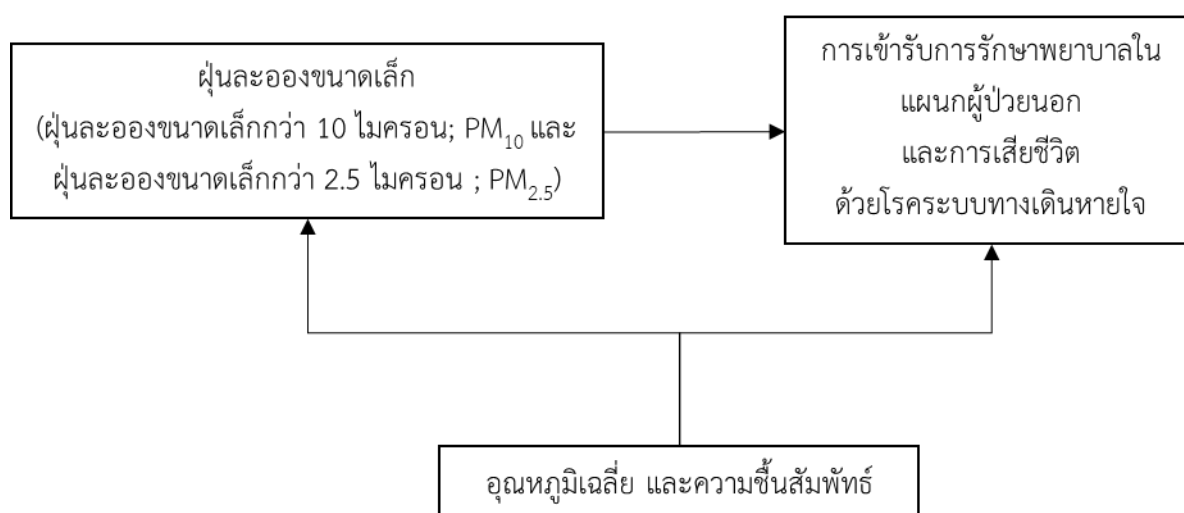
4. โรคระบบทางเดินหายใจ หมายถึง โรคที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ ตามรหัสการวินิจฉัยโรคหลัก ตามบัญชีจำแนกโรคระหว่างประเทศฉบับที่ 10 (International Classification of Disease 10th Revision: ICD-10) รหัส J00-J99 จำแนก ได้ดังนี้

- 4.1 โรคระบบทางเดินหายใจ (J00-J99)
- 4.2 โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน (J00-J06)
- 4.3 โรคปอดบวม (J10-J18)
- 4.4 โรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเฉียบพลัน (J00-J22)
- 4.5 โรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจส่วนบน (J30-J39)
- 4.6 โรคระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเรื้อรัง (J40-J47)

1.5 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้ มีขอบเขตของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก ประกอบด้วย ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) และ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) กับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ด้วยสิทธิหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า ในสถานบริการการสาธารณสุขทุกแห่ง และการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ประกอบด้วยประชากรที่เข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ด้วยสิทธิหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า และประชากรที่เสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจทุกราย ในพื้นที่จังหวัด ฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง ในระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562 รวมเป็นจำนวน 2,283 วัน ทั้งนี้ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก และผู้เสียชีวิตได้รับการวินิจฉัยโรคและวินิจฉัยสาเหตุ การเสียชีวิตตามรหัสการวินิจฉัยโรคตามบัญชีจำแนกโรคระหว่างประเทศฉบับที่ 10 (ICD-10) ว่าเป็น โรคระบบทางเดินหายใจ (J00 – J99)

1.6 กรอบแนวคิด



บทที่ 2

การศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศ

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) เป็นอนุภาคของแข็งและของเหลวที่พบในอากาศทั่วโลก มีองค์ประกอบของของแข็งขนาดเล็กหรือหยดของเหลวที่มีขนาดเล็กมาก อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ที่จะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจะไม่ลอยอยู่ในอากาศเป็นเวลานาน และตกสะสมอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิด ในขณะที่อนุภาคที่มีขนาดเล็กมากจะสามารถลอยลอยอยู่ในอากาศได้ในระยะทางไกลและเป็นระยะเวลานาน เมื่อหายใจนำอากาศที่มีองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กเข้าไป อาจนำไปสู่การเกิดปัญหาสุขภาพที่ร้ายแรงได้ PM จึงเป็นหนึ่งในมลพิษทางอากาศที่สำคัญ ที่อาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพของมนุษย์ (4)

แหล่งกำเนิดหลักของฝุ่นละอองขนาดเล็กเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์และธรรมชาติ แหล่งกำเนิดหลักส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่หลากหลาย ได้แก่ กิจกรรมทางการเกษตร กระบวนการทางอุตสาหกรรม การเผาไหม้ไม้และเชื้อเพลิงฟอสซิล กิจกรรมการก่อสร้างและการรื้อถอน และการจราจร และแหล่งกำเนิดหลักจากธรรมชาติ ก็มีส่วนทำให้เกิดปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กโดยรวมเช่นกัน โดยรวมถึงฝุ่นจากลมพัดและการเกิดไฟป่า (16) ในขณะที่แหล่งกำเนิดรองของฝุ่นละอองขนาดเล็ก เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างมลพิษในอากาศ ได้แก่ SO_x, NO_x, VOCs และแอมโมเนียซึ่งถือเป็นสารตั้งต้นของการเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดเล็กจึงมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบ ทั้งนี้ องค์ประกอบหลักของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ได้แก่ ซัลเฟต ไนเตรต แอมโมเนีย โซเดียมคลอไรด์ ฝุ่นคาร์บอน ฝุ่นแร่ และน้ำ ฝุ่นละอองขนาดเล็กจึงมีองค์ประกอบที่หลากหลายทั้งอนุภาคของแข็งและของเหลวของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ลอยอยู่ในอากาศ ตามแต่ประเภทของแหล่งกำเนิด

แม้ว่าอนุภาคของฝุ่นละอองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมครอน ($\leq PM_{10}$) จะสามารถเข้าสู่ร่างกายและเข้าสู่ปอดได้ แต่อนุภาคของฝุ่นละอองที่อันตรายต่อสุขภาพยิ่งกว่านั้นก็คืออนุภาคของฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ไมครอนหรือน้อยกว่า ($\leq PM_{2.5}$) เนื่องจากสามารถเข้าสู่ปอดและเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดได้ การสัมผัสกับฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็นระยะเวลานานมีส่วนทำให้เกิดความเสี่ยงต่อโรคระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคมะเร็งปอด (17)

ในปี พ.ศ. 2559 องค์การอนามัยโลกได้คาดประมาณการมีประชากรจำนวน 4.2 ล้านคนทั่วโลกเสียชีวิตก่อนวัยอันควรทุกปีอันเนื่องมาจากการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ ทั้งในเมืองและชนบท การเสียชีวิตนี้ส่วนหนึ่งเกิดจากการสัมผัสกับฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ร้อยละ 91 ของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร เกิดขึ้นในประเทศที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง และปัญหานี้พบมากที่สุด ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และภาคพื้นแปซิฟิกตะวันตกตามการแบ่งพื้นที่ของ WHO จากรายงานคุณภาพอากาศล่าสุด ร้อยละ 97 ของเมืองในประเทศที่มีรายได้ต่ำและปานกลางซึ่งมีประชากรมากกว่า

100,000 คน ไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำคุณภาพอากาศของ WHO ได้ และ ร้อยละ 91 ของประชากรโลก อาศัยอยู่ในสถานที่ที่ไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์คำแนะนำคุณภาพอากาศของ WHO (18)

การศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่า การรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10} และ $PM_{2.5}$) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับจำนวนการตายและการเจ็บป่วยที่เพิ่มขึ้นในหลายส่วนของโลก การสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กในระยะสั้นมีความสัมพันธ์กับอัตราการขาดเรียน การไอ และหายใจมีเสียงหวีด (19) รวมทั้งมีความสัมพันธ์กับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกฉุกเฉิน การเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล และการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ โดยเฉพาะในทารกและเด็กเล็ก นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์กับกลุ่มโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดอย่างมีนัยสำคัญ (5,20) อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดเล็กและผลกระทบต่อสุขภาพนั้น มีความแตกต่างกันไปตามฤดูกาล โดยที่การประมาณการผลกระทบจะเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูหนาว การสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็นเวลานานอาจทำให้อายุขัยลดลงหนึ่งถึงสามปี (13,14,21) และการวิจัยที่ผ่านมาได้ยืนยันว่าการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กในระยะยาวมีความสัมพันธ์กับการตาย การรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กในระยะยาวยังมีความเชื่อมโยงกับการเจริญเติบโตของการทำงานของปอดที่ลดลงในเด็กและวัยรุ่น (7-9,14,21) การกระตุ้นการพัฒนาของโรคหอบหืดในเด็กอายุไม่เกิน 14 ปี (10,11) การสร้างความเสียหายที่สำคัญต่อทางเดินหายใจ (13) และความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของภาวะเด็กแรกเกิดน้ำหนักตัวน้อยและการตายของทารก (22)

WHO's International Agency for Research on Cancer (IARC) จึงได้จำแนก $PM_{2.5}$ ให้เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ โดยองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับอัตราการเกิดมะเร็งที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะโรคมะเร็งปอด (22) และ US.EPA ได้กำหนดให้ฝุ่นละอองขนาดเล็กก่อให้เกิดภัยคุกคามต่อสุขภาพที่ร้ายแรง เป็นสาเหตุของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร ทั้งการรับสัมผัสในระยะสั้นและระยะยาว ทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด (เช่น หัวใจวาย โรคหลอดเลือดสมอง โรคหัวใจ ภาวะหัวใจล้มเหลว) มีแนวโน้มที่จะทำให้โรคระบบทางเดินหายใจมีความรุนแรงขึ้น (เช่น โรคหอบหืด แย่ลง ปอดอุดกั้นเรื้อรัง การอักเสบ) อาจก่อให้เกิดมะเร็ง อาจทำให้เกิดอันตรายต่อระบบสืบพันธุ์และพัฒนาการได้ (23)

2.2 ข้อมูลทางพิษวิทยา

การหายใจเอาฝุ่นละอองขนาดเล็กเข้าไปสู่ร่างกายสามารถกระตุ้นให้โรคต่าง ๆ มีอาการที่รุนแรงขึ้นได้ ไม่เพียงแต่โรคระบบทางเดินหายใจเท่านั้น แต่ยังส่งผลถึงระบบหัวใจและหลอดเลือด และอาจรวมถึงอวัยวะและเนื้อเยื่ออื่น ๆ ข้อมูลทางพิษวิทยาแสดงถึงภาวะที่มีอนุมูลอิสระมากจนสารต้านอนุมูลอิสระมีไม่เพียงพอ (Oxidative stress) และเกิดการอักเสบ (inflammation) เป็นกลไกสำคัญที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กนำไปสู่การเกิดผลกระทบที่รุนแรง นอกจากนี้ ฝุ่นละอองขนาดเล็กยังมีผลต่อชนิดของเซลล์ที่สำคัญซึ่งเป็นกลไกการแพ้ การอักเสบ และ Profibrotic (24) การได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กในระยะเวลานานสามารถกระตุ้นกระบวนการอักเสบ ทำให้เกิดการอุดตันของทางเดินหายใจ ลดการทำงานของการทำงานของแลกเปลี่ยนก๊าซ กระตุ้นให้โรคที่เป็นอยู่มีอาการแสดงที่แย่ลง และส่งผลต่อปอด ได้แก่ หลอดลมอักเสบ หอบหืด ปอดอุดกั้นเรื้อรัง และ โรคมะเร็งปอด (25-27) เนื่องจากฝุ่นละอองขนาดเล็กมีคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่แตกต่างกันไป จึงส่งผลต่อขนาดของอนุภาค (10) การยึดเกาะ (28,29) ความสามารถในการละลาย (10) พื้นที่ผิว องค์ประกอบที่อาจประกอบด้วยสารก่อกลายพันธุ์ (11,12,22) สารพิษ (23,30) หรือสารประกอบอินทรีย์ (31,32) การได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กในระดับความเข้มข้นที่สูง ทำให้เกิดการอักเสบเฉียบพลันที่สามารถกระตุ้นให้เกิดโรคหอบหืด ทำให้อาการแย่ลง และจำเป็นต้องได้รับยาและเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล (25,27,33) นอกจากนี้ การได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กในระยะเวลานานอาจทำให้ความชุกของโรคหอบหืดเพิ่มขึ้น (26,34)

นอกจากนี้ การสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ปล่อยออกมาจากไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลซึ่งรวมถึงสารประกอบคาร์บอน ซึ่งมีสารอินทรีย์และโลหะหนักสะสมอยู่ ประกอบไปด้วยสารก่อมะเร็งและสารก่อกลายพันธุ์ที่มีความเชื่อมโยงกับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของการเกิดเนื้องอกในปอด (35,36) ทั้งนี้ การอักเสบเรื้อรังเป็นกลไกสำคัญของการเกิดมะเร็งปอด (37,38) นอกจากนี้ การสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจากแหล่งกำเนิดอื่นอาจก่อให้เกิดการติดเชื้อเนื่องจากแบคทีเรียหรือไวรัสที่เกาะติดเป็นองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (24,25)

2.3 รูปแบบวิธีการศึกษา

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากปัจจัยเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม รวมถึงผลกระทบของการสัมผัสมลพิษอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ได้แก่ PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂, O₃ และ CO สามารถประเมินได้ทั้งผลกระทบจากการสัมผัสในระยะเวลาด้าน (ชั่วโมง วัน หรือสัปดาห์) และผลกระทบจากการสัมผัสในระยะยาว (ปี) ซึ่งจะใช้วิธีการที่ต่างกันออกไป นั่นคือ การประเมินผลกระทบจากการสัมผัสในระยะเวลาด้านจะใช้ข้อมูลรายชั่วโมง รายวัน หรือรายสัปดาห์ ที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลอยู่เป็นประจำโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในขณะที่การประเมินผลกระทบจากการสัมผัสในระยะยาวจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากการติดตามในแต่ละบุคคล เป็นระยะเวลานาน (ข้อมูลจากการศึกษาแบบ Cohort) ซึ่งวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาจึงมีความแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของข้อมูล เช่น การศึกษาแบบอนุกรมเวลา (Time-series design) หรือการศึกษาแบบเคส-ครอสโอเวอร์ (Case-crossover design)

2.3.1 การศึกษาแบบอนุกรมเวลา (Time-series analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยแบบอนุกรมเวลา (Time-series regression) เป็นวิธีการทางระบาดวิทยาที่นิยมใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสปัจจัยเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมในระยะเวลาสั้น โดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา ดังนั้นปัจจัยใดที่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงตามเวลาจะไม่นำมาพิจารณาเป็นตัวแปรทวน เช่น เพศ อายุ พฤติกรรมการกิน พฤติกรรมการสูบบุหรี่ เป็นต้น ซึ่งในการวิเคราะห์แบบอนุกรมเวลาจะพิจารณาตัวแปรตาม เช่น จำนวนผู้ป่วยรายวัน จำนวนผู้เสียชีวิตรายวัน เป็นต้น ให้มีการกระจายตัวแบบปัวซอง (Poisson distribution) โดยความน่าจะเป็นของผู้ป่วยหรือผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้น ณ วันใด ๆ สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Prob}(y ; \lambda) = \frac{\lambda^y e^{-\lambda}}{y!} \quad , (1)$$

จากสมการดังกล่าว y คือจำนวนผู้ป่วยหรือผู้เสียชีวิต ณ วันใด ๆ ในชุดข้อมูล และ λ คือจำนวนผู้ป่วยหรือผู้เสียชีวิตที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ณ วันใด ๆ โดยได้จากการใช้แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยในสมการที่ 2 โดยที่จากสมการที่ 1 ค่า λ จะเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้นตัวแปรอื่น ๆ ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาจะนำมาพิจารณาเป็นตัวแปรทวนด้วย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ฤดูกาล เป็นต้น ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยอนุกรมเวลา (ที่ y ณ วันใด ๆ มีการกระจายตัวแบบปัวซอง) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพสามารถใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\log(E(Y_t)) = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_n x_n \quad , (2)$$

จากสมการที่ 2 Y_t คือจำนวนผู้ป่วยหรือเสียชีวิต ณ วันใด ๆ และ $E(Y_t)$ หรือ λ คือจำนวนผู้ป่วยที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ณ วันใด ๆ ($E(Y_t)$ ได้จากการอธิบายโดยตัวแปร $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n$ ในสมการที่ 2 และ $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$ คือค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ตามลำดับ

โดยทั่วไปตัวแปรทวนที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยแบบอนุกรมเวลา ได้แก่ ฤดูกาล วันของสัปดาห์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์ เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวจะมีอิทธิพลต่อจำนวนการเจ็บป่วยหรือเสียชีวิต กล่าวคือในวันทำการปกติ จำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาพยาบาลอาจจะมากกว่าในวันเสาร์ วันอาทิตย์ หรือวันหยุดนักขัตฤกษ์ ดังนั้นปัจจัยดังกล่าวจำเป็นต้องนำมาพิจารณาด้วย หลังจากใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบอนุกรมเวลาแล้ว จำเป็นต้องมีการพิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลองด้วย โดยการพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) กับค่าคาดการณ์ (ค่าที่อธิบายโดยตัวแปร X ในสมการที่ 2 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนสามารถคำนวณได้จากจำนวนผู้ป่วยหรือผู้เสียชีวิตจริงลบจำนวนผู้ป่วยหรือผู้เสียชีวิตที่อธิบายโดยตัวแปร $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ (ค่าคาดการณ์) (39)

2.3.2 การศึกษาแบบเคส-ครอสโอเวอร์ (Case-crossover design)

การศึกษาแบบ Case-crossover design เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น มลพิษอากาศ เป็นต้น และผลกระทบต่อสุขภาพในระยะสั้น ซึ่งเป็นการศึกษาที่มีการเปรียบเทียบการสัมผัสที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ได้รับผลกระทบ (Hazard period) และช่วงเวลาที่ไม่มีผลกระทบ (Control period) ในแต่ละบุคคล ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีการควบคุมตัวแปรกวนของแต่ละบุคคลโดยอัตโนมัติ และค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์สามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบปริมาณการสัมผัสที่พบในช่วงเวลาที่ได้รับผลกระทบกับช่วงเวลาที่ไม่มีผลกระทบ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการศึกษาแบบ Case-crossover design นั้นเหมาะสำหรับการศึกษาที่มีลักษณะปริมาณการสัมผัสของแต่ละบุคคลเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้น โรคที่สนใจเกิดขึ้นทันทีหลังจากการสัมผัสปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่สนใจ

รูปแบบการศึกษา Case-crossover design ใช้การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์แบบ Conditional logistic regression model หรือ Conditional Poisson model โดยการวิเคราะห์การถดถอยนี้สามารถมีช่วงเวลาควบคุมมากกว่า 1 ช่วงภายในกลุ่มเดียวกัน เพื่อกำจัดตัวแปรกวนที่เกี่ยวข้อง คือ ในกรณีที่มีการใช้ช่วงเวลาควบคุมเพียงแค่ 1 ช่วง หมายความว่าปริมาณการสัมผัสในวันที่ t ที่นาย ก ได้รับและมีผลกระทบเกิดขึ้น (Hazard period) จะนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณการสัมผัสของวันอื่นที่นาย ก ไม่ได้รับผลกระทบ (Control period) ซึ่งโดยทั่วไปแล้ววันที่ได้รับผลกระทบและวันที่เลือกมาใช้เป็นวันควบคุมจะเป็นวันเดียวกันของสัปดาห์ในเดือนและปีเดียวกัน เช่น ปริมาณการสัมผัสในวันจันทร์ทำให้นาย ก มีผลกระทบเกิดขึ้น จะนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณการสัมผัสในวันจันทร์ของสัปดาห์อื่น ๆ ในเดือนเดียวกันของปีนั้น ๆ ที่ไม่มีผลกระทบเกิดขึ้น เป็นต้น ซึ่งการใช้รูปแบบการควบคุมดังกล่าวจะมีการควบคุมปัจจัยในเชิงของเวลาวันของสัปดาห์ และฤดูกาลโดยอัตโนมัติ (40,41)

ตามหลักการสันนิษฐาน (Assumption) ของการศึกษารูปแบบ Case-crossover โดยทั่วไปแล้วช่วงเวลาที่ได้รับผลกระทบ 1 ช่วง จะมี 3 หรือ 4 ช่วงเวลาควบคุม กล่าวคือ ถ้าปริมาณการสัมผัสในวันจันทร์ทำให้มีผลกระทบเกิดขึ้นกับนาย ก ดังนั้นปริมาณการสัมผัสของนาย ก ในวันจันทร์อื่น ๆ ในเดือนนั้น ๆ ของปีเดียวกัน จะนำมาใช้เป็นช่วงเวลาควบคุม ซึ่งจะมี 3 หรือ 4 สัปดาห์ในแต่ละเดือน หรือ ถ้าปริมาณการสัมผัสในวันศุกร์ทำให้มีผลกระทบเกิดขึ้นกับนาย ข ดังนั้นปริมาณการสัมผัสในวันศุกร์อื่น ๆ ในเดือนนั้น ๆ ของปีเดียวกัน จะนำมาใช้เป็นช่วงเวลาควบคุมของนาย ข เป็นต้น โดยค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์โลจิสติกส์ลักษณะนี้ ได้มีการแสดงออกมาในรูป Odds ratio (ORs)

2.4 ความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Relative risk: RR) ของมลพิษอากาศกับการเกิดโรค

ความสัมพันธ์ระยะสั้นระหว่างการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกับการเกิดโรคมีการศึกษาในหลายพื้นที่ทั่วโลก เช่น อเมริกา จีน สวีเดน ไทย เป็นต้น โดยตัวชี้วัดของการเกิดโรคที่นำมาใช้ในการศึกษาส่วนใหญ่เป็นข้อมูลการการเสียชีวิต ข้อมูลการนอนโรงพยาบาล และข้อมูลการใช้บริการห้องฉุกเฉิน (แผนกผู้ป่วยนอก) ตามที่ได้แสดงในตารางที่ 2.1

ผลของการศึกษาพบว่า การรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคเชิงเส้น (Linear) กล่าวคือ เมื่อปริมาณการรับสัมผัสเพิ่มขึ้น ความเสี่ยงของการเกิดโรค ไม่ว่าจะเป็นความเสี่ยงของการตาย หรือความเสี่ยงของการเข้ารับการรักษานในโรงพยาบาลด้วยโรคใด ๆ จะเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความเสี่ยงที่ได้จากการศึกษานั้นแสดงในรูปของความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR) หรือร้อยละความเสี่ยงที่เปลี่ยนไปต่อหน่วยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศที่เพิ่มขึ้น ซึ่งนิยมใช้ต่อ 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือต่อ 1 ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile Range: IQR) (ค่าควอไทล์ที่ 3 – ค่าควอไทล์ที่ 1) ที่เพิ่มขึ้น โดยความสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยงสัมพัทธ์และร้อยละความเสี่ยงที่เปลี่ยนไป สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\% \text{Change} = (\text{RR} - 1) \times 100, \quad (3)$$

เช่น การศึกษาของ Yu และคณะที่ตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 2019 ซึ่งหาความสัมพันธ์ระหว่าง PM_{10} กับการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ พบว่าทุก ๆ 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของ PM_{10} ที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กับการเข้ารับการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจด้วยค่า $\text{RR} = 1.011$ (95% CI: 1.000, 1.021) สำหรับประชากรทุกเพศทุกวัย หรือร้อยละของการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น 1.1% (95% CI: 0.0 – 2.1) เมื่อ PM_{10} เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นต้น (42)

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษอากาศและสุขภาพ

มลพิษอากาศ	ชนิดของผลกระทบ	กลุ่มโรค	ค่าความเสี่ยง (95% CI)	หน่วยความเสี่ยง	วิธีการศึกษา	พื้นที่ที่ศึกษา	ผู้แต่ง (ปีที่แต่ง)
PM_{10}	การเข้าแผนกฉุกเฉิน	โรคปอดอักเสบในเด็ก	OR: 1.109 (1.024, 1.200)	IQR (52.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Case-crossover analysis	เมืองเกาสง ประเทศไต้หวัน	Cheng และคณะ (2019) (43)
PM_{10}	การเข้าแผนกฉุกเฉิน	โรคระบบทางเดินหายใจ	RR: 1.005 (0.998, 1.011)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Time-series analysis	4 เมืองของประเทศโคลอมเบีย	Rodríguez-Villamizar และคณะ (2019) (44)
PM_{10}	การเข้าแผนกฉุกเฉิน	โรคระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง	RR: 0.970 (0.890, 1.050)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Time-series analysis	กรุงโรม ประเทศอิตาลี	Solimini และ Renzi (2017) (45)
PM_{10}	การเข้าแผนกฉุกเฉิน	โรคระบบทางเดินหายใจ	RR: 1.001 (0.996, 1.005)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Time-series analysis	นครหลานโจว ประเทศจีน	Chen และคณะ (2020) (46)
PM_{10}	การเข้าแผนกฉุกเฉิน	การติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเฉียบพลัน	RR: 0.998 (0.997, 0.999)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Time-series analysis	กรุงบัวโนสไอเรส ประเทศอาร์เจนตินา	Ferrero และคณะ (2019) (47)
PM_{10}	การเสียชีวิต	โรคระบบทางเดินหายใจ	RR: 1.011 (1.000, 1.021)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Time-series analysis	เมืองฉางโจว ประเทศจีน	Yu และคณะ (2019) (42)

มลพิษ อากาศ	ชนิดของ ผลกระทบ	กลุ่มโรค	ค่าความเสี่ยง (95% CI)	หน่วยความ เสี่ยง	วิธี การศึกษา	พื้นที่ที่ศึกษา	ผู้แต่ง (ปีที่ แต่ง)
PM ₁₀	การเสียชีวิต	โรคเรื้อรังของ ระบบทางเดิน หายใจส่วนล่าง	RR: 1.018 (1.006, 1.030)	10 µg/m ³	Time- series analysis	เมืองฉางโจว ประเทศจีน	Yu และคณะ (2019) (42)
PM ₁₀	การเสียชีวิต	โรคหอบหืด	OR: 1.003 (0.994, 1.012)	10 µg/m ³	Case- crossover analysis	มณฑลหูเป่ย์ ประเทศจีน	Liu และคณะ (2019) (48)
PM ₁₀	การเสียชีวิต	โรกระบบทางเดิน หายใจ	RR: 1.000 (0.998, 1.001)	10 µg/m ³	Time- series analysis	เมืองอาหฺวาซ ประเทศ อิหร่าน	Dastoorpoor และคณะ (2020) (49)
PM ₁₀	การเสียชีวิต	โรกระบบทางเดิน หายใจ	RR: 1.005 (1.004, 1.006)	10 µg/m ³	Time- series analysis	652 เมือง ใน 24 ประเทศ	Liu และคณะ (2019) (50)
PM ₁₀	การเสียชีวิต	โรคปอดอุดกั้น เรื้อรัง	RR: 0.988 (0.943, 1.035)	10 µg/m ³	Time- series analysis	จังหวัด เชียงใหม่ ประเทศไทย	Pothirat และคณะ (2019) (51)
PM ₁₀	การเสียชีวิต	โรคหอบหืด	RR: 1.031 (0.951, 1.118)	10 µg/m ³	Time- series analysis	จังหวัด เชียงใหม่ ประเทศไทย	Pothirat และคณะ (2019) (51)
PM ₁₀	การเสียชีวิต	โรคปอดบวม เฉียบพลัน	RR: 0.979 (0.937, 1.023)	10 µg/m ³	Time- series analysis	จังหวัด เชียงใหม่ ประเทศไทย	Pothirat และคณะ (2019) (51)
PM ₁₀	การเสียชีวิต	โรกระบบทางเดิน หายใจ	RR: 1.003 (1.000, 1.006)	10 µg/m ³	Time- series analysis	เมืองหลาน โจว ประเทศ จีน	Wu และคณะ (2019) (52)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรคปอดอักเสบใน เด็ก	OR: 1.140 (1.051, 1.238)	IQR (31.4 µg/m ³)	Case- crossover analysis	เมืองเกาสง ประเทศ ไต้หวัน	Cheng และ คณะ (2019) (43)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรกระบบทางเดิน หายใจ	RR: 1.000 (0.994, 1.007)	5 µg/m ³	Time- series analysis	4 เมืองของ ประเทศ โคลอมเบีย	Rodriguez- Villamizar และคณะ (2019) (44)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรกระบบทางเดิน หายใจเรื้อรัง	RR: 0.990 (0.850, 1.150)	10 µg/m ³	Time- series analysis	กรุงโรม ประเทศอิตาลี	Solimini และ Renzi (2017) (45)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรคปอดอักเสบใน เด็ก	OR: 0.992 (0.971, 1.015)	10 µg/m ³	Time- series analysis	เมืองฉางโจว ประเทศจีน	Yu และคณะ (2018) (53)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรคติดเชื้อระบบ หายใจส่วนต้น เฉียบพลันในเด็ก	OR: 1.004 (0.997, 1.012)	10 µg/m ³	Time- series analysis	เมืองฉางโจว ประเทศจีน	Yu และคณะ (2018) (53)

มลพิษ อากาศ	ชนิดของ ผลกระทบ	กลุ่มโรค	ค่าความเสี่ยง (95% CI)	หน่วยความ เสี่ยง	วิธี การศึกษา	พื้นที่ที่ศึกษา	ผู้แต่ง (ปีที่ แต่ง)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรกระบบทางเดิน หายใจ	RR: 0.960 (0.870, 1.060)	IQR (103 µg/m ³)	Case- crossover analysis	เมืองธากา ประเทศ บังกลาเทศ	Khan และคณะ (2019) (54)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรกระบบทางเดิน หายใจรวม	RR: 1.004 (0.995, 1.013)	IQR (76.0 µg/m ³)	Time- series analysis	กรุงปักกิ่ง ประเทศจีน	Chi และคณะ (2019) (55)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรคหอบหืด	RR: 0.988 (0.942, 1.034)	IQR (76.0 µg/m ³)	Time- series analysis	กรุงปักกิ่ง ประเทศจีน	Chi และคณะ (2019) (55)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรคหลอดลม อักเสบ	RR: 0.915 (0.848, 0.983)	IQR (76.0 µg/m ³)	Time- series analysis	กรุงปักกิ่ง ประเทศจีน	Chi และคณะ (2019) (55)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรคปอดอุดกั้น เรื้อรัง	RR: 0.998 (0.957, 1.040)	IQR (76.0 µg/m ³)	Time- series analysis	กรุงปักกิ่ง ประเทศจีน	Chi และคณะ (2019) (55)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรกระบบทางเดิน หายใจ	RR: 1.007 (0.978, 1.036)	10 µg/m ³	Time- series analysis	มลรัฐ อาร์คันซอ สหรัฐอเมริกา	Rodopoulou และคณะ (2015) (56)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรคติดเชื้อระบบ ทางเดินหายใจ เฉียบพลัน	RR: 0.987 (0.947, 1.028)	10 µg/m ³	Time- series analysis	มลรัฐ อาร์คันซอ สหรัฐอเมริกา	Rodopoulou และคณะ (2015) (56)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	ปอดบวม	RR: 0.971 (0.889, 1.060)	10 µg/m ³	Time- series analysis	มลรัฐ อาร์คันซอ สหรัฐอเมริกา	Rodopoulou และคณะ (2015) (56)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรคหอบหืด	RR: 1.138 (0.986, 1.313)	10 µg/m ³	Time- series analysis	มลรัฐ อาร์คันซอ สหรัฐอเมริกา	Rodopoulou และคณะ (2015) (56)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรคปอดบวม	RR: 1.065 (1.011, 1.114)	IQR (8.91 µg/m ³)	Case- crossover analysis	มลรัฐแมสซาชูเซตส์ สหรัฐอเมริกา	Zanobetti และ Schwartz (2006) (57)
PM _{2.5}	การเข้าแผนก ฉุกเฉิน	โรคหอบหืดในเด็ก	OR: 1.028 (1.012, 1.044)	IQR (5.92 µg/m ³)	Case- crossover analysis	มลรัฐจอร์เจีย สหรัฐอเมริกา	Huang และ คณะ (2019) (58)
PM _{2.5}	การเสียชีวิต	โรคเรื้อรังของ ระบบทางเดิน หายใจส่วนล่าง	RR: 1.025 (1.009, 1.042)	10 µg/m ³	Time- series analysis	เมืองฉางโจว ประเทศจีน	Yu และคณะ (2019) (42)
PM _{2.5}	การเสียชีวิต	โรกระบบทางเดิน หายใจ	RR: 1.017 (1.002, 1.032)	10 µg/m ³	Time- series analysis	เมืองฉางโจว ประเทศจีน	Yu และคณะ (2019) (42)

มลพิษ อากาศ	ชนิดของ ผลกระทบ	กลุ่มโรค	ค่าความเสี่ยง (95% CI)	หน่วยความ เสี่ยง	วิธี การศึกษา	พื้นที่ที่ศึกษา	ผู้แต่ง (ปีที่ แต่ง)
PM _{2.5}	การเสียชีวิต	โรคหอบหืด	OR: 1.003 (0.991, 1.016)	10 µg/m ³	Case- crossover analysis	มณฑลหูเป่ย์ ประเทศจีน	Liu และคณะ (2019) (48)
PM _{2.5}	การเสียชีวิต	โรคระบบทางเดิน หายใจ	RR: 0.999 (0.996, 1.003)	10 µg/m ³	Time- series analysis	นครอาหฺวาช ประเทศ อิหร่าน	Dastoorpoor และคณะ (2020) (49)
PM _{2.5}	การเสียชีวิต	โรคปอดอุดกั้น เรื้อรัง	RR: 1.012 (0.941, 1.090)	10 µg/m ³	Time- series analysis	จังหวัด เชียงใหม่ ประเทศไทย	Pothirat และคณะ (2019) (51)
PM _{2.5}	การเสียชีวิต	โรคหอบหืด	RR: 1.025 (0.885, 1.187)	10 µg/m ³	Time- series analysis	จังหวัด เชียงใหม่ ประเทศไทย	Pothirat และคณะ (2019) (51)
PM _{2.5}	การเสียชีวิต	โรคปอดบวม เฉียบพลัน	RR: 0.967 (0.910, 1.027)	10 µg/m ³	Time- series analysis	จังหวัด เชียงใหม่ ประเทศไทย	Pothirat และคณะ (2019) (51)
PM _{2.5}	การเสียชีวิต	โรคระบบทางเดิน หายใจ	ER: 0.999 (0.991, 1.007)	10 µg/m ³	Time- series analysis	นครหลาน โจว ประเทศจีน	Wu และคณะ (2019) ¹ (52)
PM _{2.5}	การเสียชีวิต	โรคระบบทางเดิน หายใจ	RR: 1.077 (1.003, 1.157)	IQR (ไม่ระบุ)	Time- series analysis	6 เมืองของ ประเทศ เกาหลีใต้	Yoo และคณะ (2019) (59)
PM _{2.5}	การเสียชีวิต	โรคปอดเรื้อรัง	RR: 1.009 (0.999, 1.018)	10 µg/m ³	Time- series analysis	กรุงโซล ประเทศ เกาหลีใต้	Jung และคณะ (2019) (60)

2.5 การศึกษาเปรียบเทียบภาระโรคจากปัจจัยเสี่ยงในประชากร

ภาระโรค (Burden of Disease) เป็นการวัดสถานะสุขภาพของประชากร โดยประเมินจากภาระความสูญเสียทางสุขภาพเป็นหน่วยของการสูญเสียปีสุขภาวะ (Disability Adjusted Life Years: DALYs) ที่ประกอบด้วยความสูญเสียจากการตายก่อนวัยอันควร (Year of Life Lost: YLL) และความสูญเสียจากความเจ็บป่วยและพิการ (Years lived with disability: YLD)

ปีสุขภาวะที่สูญเสีย (DALY) เป็นดัชนีวัดสถานะสุขภาพของประชากรซึ่งเป็นที่รู้จักและใช้กันแพร่หลายในระดับนานาชาติ โดยวัดการสูญเสียทางสุขภาพจากความเจ็บป่วย พิการและการตาย ในหน่วยนับเป็นปี ซึ่งหนึ่งหน่วยปีสุขภาวะที่สูญเสีย (1 DALY) เท่ากับการสูญเสียเวลาของการมีสุขภาพที่สมบูรณ์ไปจำนวน 1 ปี ความสูญเสียนี้อาจเกิดจากการตายก่อนถึงวัยอันควร หรืออาจเกิดจากการมีชีวิตอยู่ด้วยความเจ็บป่วยหรือพิการ

การสูญเสียปีสุขภาวะจากการตายก่อนวัยอันควร (YLL) เป็นจำนวนปีที่สูญเสียไปก่อนวัยอันควร หรือการตายก่อนเวลาอันควร (premature death) เป็นการวัดที่อยู่บนพื้นฐานของเวลาของชีวิตที่สูญเสียไปจากการตายก่อนเวลาอันสมควร โดยเทียบกับอายุขัยเฉลี่ย (Life Expectancy) ที่บุคคลหนึ่งจะสามารถมีชีวิตอยู่ได้

การสูญเสียปีสุขภาวะจากภาวะบกพร่องทางสุขภาพ (YLD) จำนวนปีที่สูญเสียจากภาวะบกพร่องทางสุขภาพ เป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งของดัชนีวัดภาระโรคคำนวณได้จากอุบัติการณ์การเกิดโรคและความผิดปกติ (disability incidence) ระยะเวลาที่มีภาวะบกพร่องทางสุขภาพนั้นๆ (disability duration) อายุที่เริ่มมีภาวะบกพร่องทางสุขภาพ (age at onset) ตามระดับความรุนแรงของโรค หรือความผิดปกติ (disability by severity class)

แต่อย่างไรก็ตาม การทราบขนาดของภาระโรคอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ เนื่องจากมุ่งเน้นไปยังภาระโรคที่เกิดขึ้น ควรต้องศึกษาถึงสาเหตุหรือปัจจัยกำหนดโรค (Disease determinants) ต่าง ๆ จึงมีการพัฒนาการศึกษาเปรียบเทียบภาระโรคจากปัจจัยเสี่ยง (Comparative Risk Assessment : CRA) เพื่อประมาณการภาระโรคที่เป็นผลจากปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. Attributable burden เป็นการศึกษาภาระโรคจากปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในปีนั้น ๆ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลของปัจจัยเสี่ยงกับระดับปัจจัยเสี่ยงต่ำสุดในทางทฤษฎี (Theoretical Minimum)

2. Avoidable burden เป็นการศึกษาการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงผลของภาระโรคที่สามารถหลีกเลี่ยงได้ในอนาคต โดยแสดงเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงปัจจัยเสี่ยงในรูปแบบที่เป็นไปได้ในหลายระดับ (Alternative distribution of risk factor หรือ Counterfactual distribution)

นอกจากนี้แล้วองค์การอนามัยโลกได้ระบุถึงตัวชี้วัดที่สามารถบ่งบอกถึงการคาดการณ์ความเสี่ยงสุขภาพในหน่วย อัตราป่วย (Morbidity) อัตราตาย (Mortality) จำนวนผู้ป่วยหรือผู้เสียชีวิตที่เกี่ยวข้องอันเนื่องมาจากสาเหตุที่สนใจ (Attributable risk; AR) การเปลี่ยนแปลงอายุคาดเฉลี่ย (Change in life expectancy) หรือการคาดการณ์การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของผู้ป่วยหรือเสียชีวิต เป็นต้น

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการศึกษา

3.1 รูปแบบการศึกษา

การศึกษานี้ใช้รูปแบบวิธีการศึกษาแบบเคส-ครอสโอเวอร์ (Case-Crossover design) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดเล็ก กับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกและการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก โดยใช้ข้อมูลความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ด้วยสิทธิ์หลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า ในสถานบริการสาธารณสุขทุกแห่ง และการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ประกอบด้วยประชากรที่เข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ด้วยสิทธิ์หลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า และประชากรที่เสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจทุกรายในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง ในระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562 รวมเป็นจำนวน 2,283 วัน ทั้งนี้ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก และผู้เสียชีวิตได้รับการวินิจฉัยโรคและวินิจฉัยสาเหตุการเสียชีวิตตามรหัสการวินิจฉัยโรคตามบัญชีจำแนกโรคระหว่างประเทศฉบับที่ 10 (ICD-10) ว่าเป็นโรคระบบทางเดินหายใจ (J00 – J99) นอกจากนี้ปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์จะถูกนำมาพิจารณาด้วย เช่น อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

3.2 พื้นที่ศึกษา

เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย ประกอบด้วย 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง

3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา ได้แก่ ประชากรทุกเพศ ทุกวัย ที่เข้ารับการรักษายาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก ด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ด้วยสิทธิ์ประกันสุขภาพถ้วนหน้า ในสถานบริการการสาธารณสุขทุกแห่ง จากฐานข้อมูลของสำนักงานหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า และประชากรที่เสียชีวิตทุกราย ในพื้นที่จังหวัด ฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง ในระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562 รวมเป็นจำนวน 2,283 วัน ทั้งนี้ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษายาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก และผู้เสียชีวิตได้รับการวินิจฉัยโรคและวินิจฉัยสาเหตุการเสียชีวิตตามรหัสการวินิจฉัยโรคตามบัญชีจำแนกโรกระหว่างประเทศฉบับที่ 10 (ICD-10) ว่าเป็นโรคระบบทางเดินหายใจ (J00 – J99) ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าว มีจำนวนผู้ป่วยเข้ารับการรักษายาบาลด้วยโรคระบบทางเดินหายใจด้วยสิทธิ์ประกันสุขภาพถ้วนหน้า ในสถานบริการการสาธารณสุขทุกแห่ง ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว จำนวนรวมทั้งสิ้น 5,323,737 คน และมีจำนวนผู้เสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ จำนวนทั้งสิ้น 8,141 คน ในช่วงเวลา 2,283 วัน

3.4 ตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อม

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM_{10} , $PM_{2.5}$ รายวัน และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยและความชื้นสัมพัทธ์รายชั่วโมง ในช่วงวันที่ 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562 ได้จากฐานข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งถูกตรวจวัดโดยสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ จำนวน 9 สถานี ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก โดยมีการนำข้อมูลความเข้มข้นรายชั่วโมงมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม หากข้อมูลความเข้มข้นรายชั่วโมงในแต่ละวันจากแต่ละสถานี มีจำนวนน้อยกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนข้อมูลทั้งหมดในวันนั้น ๆ (18 ชั่วโมง จาก 24 ชั่วโมง) จะถือว่าเป็นข้อมูลสูญหาย (Missing)

3.5 ตัวแปรด้านสุขภาพ

ข้อมูลการเข้ารับการรักษายาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจรายวัน ที่เข้ารับการรักษานในสถานบริการการสาธารณสุขทุกแห่ง ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่พื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก รายบุคคล ด้วยสิทธิ์หลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า ได้จากสำนักงานหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า โดยข้อมูลการเข้ารับการรักษายาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก ประกอบด้วยรหัสสถานพยาบาลที่เข้ารับการรักษ สถานที่ตั้งของสถานพยาบาล วันที่เข้ารับการรักษ อายุ เพศ รหัสการวินิจฉัยโรคหลักตามบัญชีจำแนกโรกระหว่างประเทศฉบับที่ 10 (International Classification of Disease 10th Revision: ICD-10) รหัส J00-J99 ในช่วงวันที่ 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562

ข้อมูลผู้เสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจรายวัน ในพื้นที่พื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก รายบุคคล ได้จากระบบบริการข้อมูลสถิติชีพประเทศไทย กองยุทธศาสตร์และแผนงาน กระทรวงสาธารณสุข โดยข้อมูลเสียชีวิต ประกอบด้วยจังหวัดที่เสียชีวิต วันที่เสียชีวิต อายุ เพศ รหัสการเสียชีวิตตามรหัสการวินิจฉัยโรคหลักตามบัญชีจำแนกโรกระหว่างประเทศฉบับที่ 10 (International Classification of Disease 10th Revision: ICD-10) รหัส J00-J99 ในช่วงวันที่ 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562

3.6 สถิติที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบ Case-crossover design โดยกำหนดให้ผู้ป่วยหรือผู้เสียชีวิตแต่ละคนเป็น Case และ Control ของตัวเอง ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งในการศึกษานี้การรับสัมผัสมลพิษอากาศในวันที่ป่วยหรือหรือเสียชีวิต (Case) ถูกนำมาเปรียบเทียบกับ การรับสัมผัสมลพิษอากาศในวันอื่น ๆ ซึ่งเป็นวันของสัปดาห์เดียวกัน ในเดือนและปีเดียวกัน (Control) ซึ่งการจับคู่ Case และ Control แบบ Bi-directional control periods คือการจับคู่ ของ Control ก่อนและหลัง Case จะเป็นการขจัดอิทธิพลของ การรับสัมผัสในระยะยาว (Long-term trends) ฤดูกาล วันในสัปดาห์ วันหยุด ที่จะส่งผลกระทบต่อระดับของการรับสัมผัส อีกทั้งการ Matched case-control ที่บุคคลเดียวกัน จะช่วยกำจัดอิทธิพลของเพศ อายุ หรือปัจจัยกำหนดส่วนบุคคลไปโดยปริยาย โดยความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสมลพิษอากาศแต่ละชนิดและการป่วยหรือการเสียชีวิตด้วยกลุ่มโรคต่าง ๆ ได้มีการวิเคราะห์โดยใช้สถิติ Conditional Poisson Model ดังสมการ

$$\text{Log}(E(Y_t)) = \alpha + \beta_1 \text{airpol}_t + \text{ns}(\text{temp}_t, 3\text{df}) + \text{ns}(\text{RH}_t, 3\text{df}) + \text{province}_t + \text{stratum}_t \quad (4)$$

โดยที่ $\text{Log}(E(Y_t))$ คือ จำนวนผู้ป่วยหรือเสียชีวิตคาดการณ์ ณ วันที่ t จาก Quasi-Poisson regression model

$Y_{t,t}$ คือ จำนวนผู้ป่วยหรือผู้เสียชีวิตที่ ณ วันที่ t

α คือ ค่า Intercept หรือค่าตัดแกน y เมื่อค่าของแกน x มีค่าเท่ากับ 0

β_1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยต่อความเข้มข้นของมลพิษอากาศที่เพิ่มขึ้น 1 หน่วย

airpol_t คือ มลพิษอากาศอากาศ ณ วันที่ t

ns เป็นการควบคุมตัวแปรกวนโดยใช้ Natural cubic splines function สำหรับแนวโน้มในระยะยาวที่ระดับความเป็นอิสระ (Degrees of Freedom: df) ของอุณหภูมิเฉลี่ยและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันเท่ากับ 3 ต่อปี

temp_t คือ อุณหภูมิ ณ วันที่ t

RH_t คือ ความชื้นสัมพัทธ์ ณ วันที่ t

province_t คือ ตัวแปรกลุ่มจังหวัด (ฉะเชิงเทรา, ชลบุรี, ระยอง) ณ วันที่ t

stratum_t คือ กลุ่มของ Case-Control ณ วันที่ t โดยกำหนดเป็นกลุ่มของวันในสัปดาห์-เดือน-ปี เดียวกัน เพื่อควบคุมการกระจายตัวของข้อมูล (Over dispersion) และสามารถวิเคราะห์ทุกจังหวัดพร้อมกันได้ ณ วันที่ t

ผลจากการศึกษาจะนำเสนอด้วยค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Relative Risk; RR) ของการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ และการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ต่อการเพิ่มขึ้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กทุก 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าสัมประสิทธิ์ (β_1) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error: SE)

การประเมินภาระการป่วยหรือการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ที่เกี่ยวข้องกับการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก คำนวณโดยใช้สมการที่ 5 สำหรับประเมินร้อยละของผู้ป่วยหรือผู้เสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ และสมการที่ 6 สำหรับประเมินจำนวนผู้ป่วยหรือผู้เสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจที่เกี่ยวข้องกับการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยกำหนดค่าอ้างอิงในสมการที่ 5 เป็นมาตรฐานคุณภาพอากาศของมลพิษอากาศแต่ละชนิดของประเทศไทย และใช้ค่าอ้างอิงเป็นร้อยละ 50 ของมาตรฐานคุณภาพอากาศแต่ละชนิดของประเทศไทย

$$AF_{x,t} = 1 - \exp(-\beta_{x,t}) \quad , (5)$$

$$AN_{x,t} = AF_{x,t} \times n_t \quad , (6)$$

โดยที่ $AF_{x,t}$ และ $AN_{x,t}$ คือร้อยละและจำนวนผู้ป่วยหรือผู้เสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจที่เกี่ยวข้องกับการรับสัมผัสมลพิษอากาศชนิด x ณ วันที่ t ตามลำดับ และ $\beta_{x,t}$ มีค่าเท่ากับ [(ความเข้มข้นของมลพิษอากาศชนิด x - ค่าอ้างอิง) * β] ณ วันที่ t

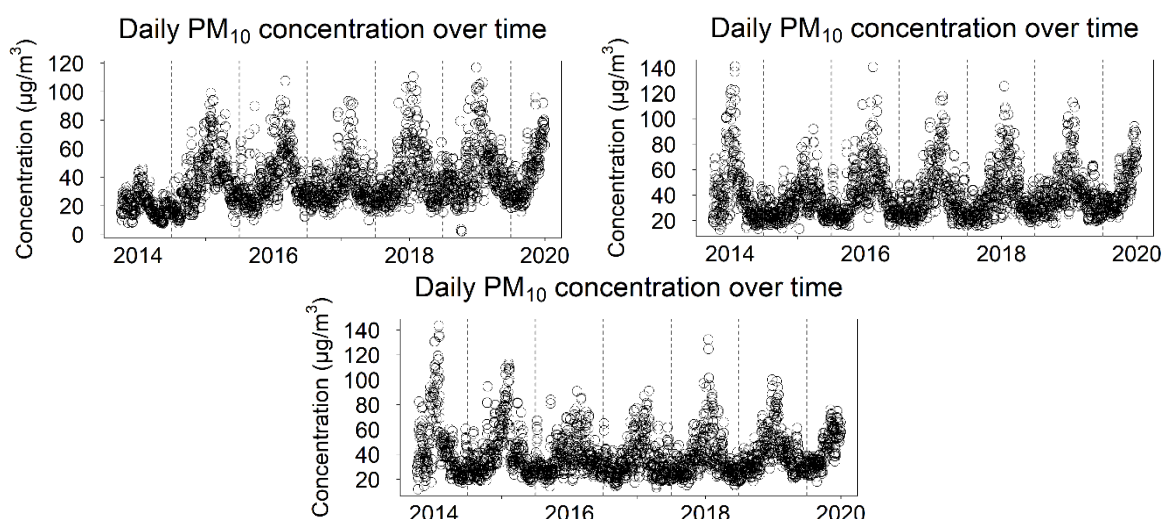
จำนวนผู้ป่วยหรือผู้เสียชีวิตจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก คำนวณได้จากผลรวมของ AN (Attributable number) ในแต่ละวันตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา และร้อยละของผู้ป่วยหรือผู้เสียชีวิต เกี่ยวข้องกับการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Attributable fraction: AF) คือ สัดส่วนของ AN ต่อจำนวนผู้ป่วยหรือผู้เสียชีวิตทั้งหมดในกลุ่มโรคระบบทางเดินหายใจตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา และช่วงความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 มีการคำนวณโดยใช้ Monte Carlo simulations ภายใต้สมมติฐานของการแจกแจงแบบปกติของค่าผลกระทบที่ได้

บทที่ 4

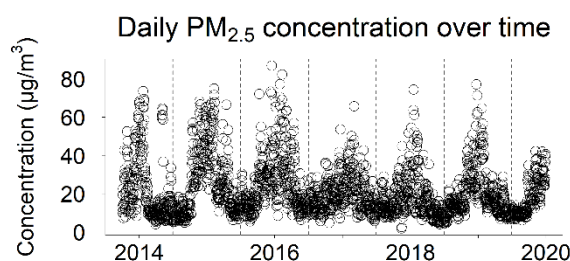
ผลการศึกษา

4.1 ข้อมูลมลพิษอากาศ

การเปลี่ยนแปลงของมลพิษอากาศมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบเดียวกันในทุก ๆ จังหวัด กล่าวคือ จะมีความเข้มข้นของมลพิษอากาศสูงในช่วงปลายปี ต่อเนื่องถึงต้นปีของปีถัดไป ค่าความเข้มข้นของ PM_{10} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ในช่วงระยะเวลาที่ศึกษา 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562 จังหวัดฉะเชิงเทรามีค่าเท่ากับ 36.89 ± 18.04 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จังหวัดชลบุรีมีค่าเท่ากับ 40.29 ± 18.92 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และจังหวัดระยองมีค่าเท่ากับ 39.97 ± 18.12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ในช่วงระยะเวลาที่ศึกษา จังหวัดระยองมีค่าเท่ากับ 21.56 ± 13.84 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่จังหวัดฉะเชิงเทรา และจังหวัดชลบุรีมีค่าสูงกว่าร้อยละ 25 ข้อมูลดังกล่าวจึงไม่นำมาพิจารณา



รูปที่ 1 ค่าความเข้มข้นของ PM_{10} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง รายจังหวัด (ก) จังหวัดฉะเชิงเทรา (ข) จังหวัดชลบุรี และ (ค) จังหวัดระยอง ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562



รูปที่ 2 ค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง จังหวัดระยอง ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562

4.2 ข้อมูลผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ

การเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ในระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562 (2,283 วัน) พบว่า มีผู้ป่วยเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ด้วยสิทธิ์การรักษาสิทธิ์ประกันสุขภาพถ้วนหน้า ในสถานบริการสาธารณสุขทุกแห่งที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก จำนวน 5,323,737 คน แบ่งเป็นจังหวัดฉะเชิงเทรา 341,399 คน (ร้อยละ 6.41) ชลบุรี 3,165,359 คน (ร้อยละ 59.46) และ ระยอง 1,816,979 คน (ร้อยละ 34.13) รายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผู้ป่วยนอกด้วยโรคต่าง ๆ ในพื้นที่ EEC ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562

สาเหตุการเข้ารับการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอก		จำนวนผู้เข้ารับการรักษา			
ICD-10	ชื่อโรค	ฉะเชิงเทรา	ชลบุรี	ระยอง	EEC
J00-J99	โรคระบบทางเดินหายใจ	341,399	3,165,359	1,816,979	5,323,737
J00-J06	โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	277,225	2,322,587	1,388,759	3,988,571
J10-J18	โรคปอดบวม	5,231	114,988	50,066	170,285
J00-J22	โรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเฉียบพลัน	21,785	177,860	92,200	291,845
J30-J39	โรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจส่วนบน	4,655	177,557	90,561	272,773
J40-J47	โรคระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเรื้อรัง	31,611	349,943	184,496	566,050

การเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ในระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562 (2,283 วัน) พบว่ามีผู้เสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษ จำนวน 8,141 คน แบ่งเป็นจังหวัดฉะเชิงเทรา 1,109 คน (ร้อยละ 13.62) ชลบุรี 3,459 คน (ร้อยละ 42.49) และ ระยอง 3,573 คน (ร้อยละ 43.89) รายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการเสียชีวิตด้วยโรคต่าง ๆ ในพื้นที่ EEC ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2556 – 31 ธันวาคม 2562

สาเหตุการตาย		จำนวนผู้เสียชีวิต			
ICD-10	ชื่อโรค	ฉะเชิงเทรา	ชลบุรี	ระยอง	EEC
J00-J99	โรคระบบทางเดินหายใจ	1,109	3,459	3,573	8,141
J00-J06	โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	20	23	15	58
J10-J18	โรคปอดบวม	150	1,655	1,388	3,193
J00-J22	โรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเฉียบพลัน	8	8	202	218
J30-J39	โรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจส่วนบน	0	11	9	20
J40-J47	โรคระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเรื้อรัง	64	394	376	834

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก และการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ

ความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสมลพิษอากาศแต่ละชนิดและการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก รวมถึงการเสียชีวิตด้วยกลุ่มโรคต่าง ๆ แสดงเป็นค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Relative risk: RR) และช่วงความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ตลอดจนค่าสัมประสิทธิ์ (β_1) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error: SE) ต่อการเพิ่มขึ้น 1 หน่วยของมลพิษอากาศ โดยที่ PM_{10} และ $PM_{2.5}$ มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก และการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก พบว่าเมื่อรับสัมผัส PM_{10} เพิ่มขึ้น 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะมีความสัมพันธ์ทำให้ความเสี่ยงต่อการเข้ารับการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น ร้อยละ 0.21 (95% CI: 0.13 – 0.28) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หรือเมื่อรับสัมผัส PM_{10} เพิ่มขึ้น 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะมีความสัมพันธ์ทำให้ความเสี่ยงต่อการเข้ารับการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.21 (95% CI: 0.13 – 0.28) (ตารางที่ 4.3) ในขณะที่การรับสัมผัส $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้น 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยกลุ่มโรคระบบทางเดินหายใจ แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง PM_{10} และการเข้ารับการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอกจากกลุ่มโรคต่าง ๆ

การเข้ารับการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอก	ค่าความเสี่ยงต่อ 1 $\mu g/m^3$ ของ PM_{10} ที่เพิ่มขึ้น		
	สัมประสิทธิ์	SE	ความเสี่ยงสัมพัทธ์ (95% CI)
โรคระบบทางเดินหายใจ	0.002098	0.000382	1.0021 (1.0013, 1.0028)
โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	0.002198	0.000382	1.0022 (1.0014, 1.0029)
โรคปอดบวม	0.001898	0.000586	1.0019 (1.0007, 1.0030)
โรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเฉียบพลัน	0.001599	0.000458	1.0016 (1.0007, 1.0025)
โรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจส่วนบน	0.002397	0.000611	1.0024 (1.0012, 1.0036)
โรคระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเรื้อรัง	0.001499	0.000509	1.0015 (1.0005, 1.0025)

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง PM_{2.5} และการเข้ารับการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอกจากกลุ่มโรคต่าง ๆ

การเข้ารับการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอก	ค่าความเสี่ยงต่อ 1 µg/m ³ ของ PM _{2.5} ที่เพิ่มขึ้น		
	สัมประสิทธิ์	SE	ความเสี่ยงสัมพัทธ์ (95% CI)
โรคระบบทางเดินหายใจ	0.000300	0.000663	1.0003 (0.9990, 1.0016)
โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	0.000200	0.000638	1.0002 (0.9990, 1.0015)
โรคปอดบวม	0.001199	0.001198	1.0012 (0.9988, 1.0035)
โรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเฉียบพลัน	0.000800	0.000943	1.0008 (0.9990, 1.0027)
โรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจส่วนบน	0.000500	0.001224	1.0005 (0.9981, 1.0029)
โรคระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเรื้อรัง	0.000500	0.001045	1.0005 (0.9985, 1.0026)

ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก และการเสียชีวิตจากโรคระบบทางเดินหายใจ ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก พบว่าเมื่อรับสัมผัส PM₁₀ เพิ่มขึ้น 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเสียชีวิตจากโรคระบบทางเดินหายใจ แต่เมื่อพิจารณาจากกลุ่มโรคแล้วพบว่า การรับสัมผัส PM₁₀ เพิ่มขึ้น 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความสัมพันธ์ทำให้ความเสี่ยงต่อการเข้ารับการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน โรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเฉียบพลัน และโรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจส่วนบน เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.35 (95% CI: 2.20 – 4.51), 9.56 (95% CI: 7.60 – 11.56), และ 7.36 (95% CI: 5.19 – 9.57) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) และการรับสัมผัส PM_{2.5} เพิ่มขึ้น 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะมีความสัมพันธ์ทำให้ความเสี่ยงในการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น ร้อยละ 0.82 (95% CI: 0.02 – 1.63) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง PM₁₀ และการเสียชีวิตจากกลุ่มโรคต่าง ๆ

สาเหตุการเสียชีวิต	ค่าความเสี่ยงต่อ 1 µg/m ³ ของ PM ₁₀ ที่เพิ่มขึ้น		
	สัมประสิทธิ์	SE	ความเสี่ยงสัมพัทธ์ (95% CI)
โรคระบบทางเดินหายใจ	0.001599	0.001987	1.0016 (0.9977, 1.0055)
โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	0.032951	0.005702	1.0335 (1.0220, 1.0451)
โรคปอดบวม	0.002397	0.002443	1.0024 (0.9976, 1.0072)
โรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเฉียบพลัน	0.091302	0.009220	1.0956 (1.0760, 1.1156)
โรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจส่วนบน	0.071017	0.010407	1.0736 (1.0519, 1.0957)
โรคระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเรื้อรัง	-0.001301	0.003550	0.9987 (0.9918, 1.0057)

ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง PM_{2.5} และการเสียชีวิตจากกลุ่มโรคต่าง ๆ

สาเหตุการเสียชีวิต	ค่าความเสี่ยงต่อ 1 µg/m ³ ของ PM _{2.5} ที่เพิ่มขึ้น		
	สัมประสิทธิ์	SE	ความเสี่ยงสัมพัทธ์ (95% CI)
โรคระบบทางเดินหายใจ	0.008167	0.004074	1.0082 (1.0002, 1.0163)
โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	0.058740	0.018085	1.0605 (1.0236, 1.0988)
โรคปอดบวม	0.013212	0.005136	1.0133 (1.0031, 1.0235)
โรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเฉียบพลัน	0.046120	0.014468	1.0472 (1.0179, 1.0773)
โรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจส่วนบน	NA	NA	NA
โรคระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเรื้อรัง	0.019607	0.008730	1.0198 (1.0025, 1.0374)

หมายเหตุ: NA คือ ไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากไม่มีข้อมูลหรือจำนวนตัวอย่างน้อยเกินไป

4.4 ร้อยละของการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก และการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ อันเนื่องมาจากการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก

การสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กเพิ่มขึ้น 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่มีความสัมพันธ์ทำให้ความเสี่ยงต่อการเข้ารับการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอก หรือเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะถูกนำมาคำนวณเป็นร้อยละและจำนวนของการเข้ารับ การรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก หรือเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ โดยใช้สมการที่ 5 และ 6 โดยค่าอ้างอิงที่ใช้ในสมการที่ 5 เป็นค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของมลพิษอากาศแต่ละชนิดของประเทศไทย และใช้ค่าอ้างอิงเป็นร้อยละ 50 ของมาตรฐานคุณภาพอากาศแต่ละชนิดของประเทศไทย

ร้อยละของการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกและการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจจากการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก พบว่า ร้อยละของการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจอันเนื่องมาจากการสัมผัส PM₁₀ จะลดลงร้อยละ 0.01 (95% CI: 0.00 - 0.02) หรือคิดเป็นจำนวน 532 ราย (95% CI: 53, 1,065) ในกรณีที่ PM₁₀ มีค่าไม่เกินมาตรฐาน (120 µg/m³) และลดลงร้อยละ 0.56 (95% CI: 0.02 - 1.27) หรือคิดเป็นจำนวน 29,813 ราย (95% CI: 1,065, 67,612) ในกรณีที่ PM₁₀ มีค่าไม่เกินร้อยละ 50 ของค่ามาตรฐาน (60 µg/m³)

ในขณะที่ร้อยละของการเสียชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจจากการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจะลดลงร้อยละ 0.20 (95% CI: 0.01 - 0.45) หรือคิดเป็นจำนวน 17 ราย (95% CI: 1, 37) ในกรณีที่ PM_{2.5} มีค่าไม่เกินมาตรฐาน (50 µg/m³) และลดลงร้อยละ 1.47 (95% CI: 0.05 - 3.26) หรือคิดเป็นจำนวน 983 ราย (95% CI: 32, 1,718) ในกรณีที่ PM_{2.5} มีค่าไม่เกินร้อยละ 50 ของค่ามาตรฐาน (25 µg/m³) (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิตจากโรคระบบทางเดินหายใจจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก

	จังหวัด	ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิต (ความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95)		จำนวนการป่วยและการเสียชีวิต (ความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95)	
		ร้อยละ 100	ร้อยละ 50	ร้อยละ 100	ร้อยละ 50
PM ₁₀ (120 µg/m ³)					
การป่วย	ฉะเชิงเทรา	0.00	0.39 (0.01 - 0.87)	0	1,331 (34, 2970)
	ชลบุรี	0.01 (0.00 - 0.02)	0.59 (0.02 - 1.34)	317 (32, 633)	18,676 (633, 42,416)
	ระยอง	0.01 (0.00 - 0.02)	0.54 (0.02 - 1.19)	182 (18, 363)	9,812 (363, 21,622)
	EEC	0.01 (0.00 - 0.02)	0.56 (0.02 - 1.27)	532 (53, 1,065)	29,813 (1,065, 67,612)
การเสียชีวิต	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	-	-	-	-
	EEC	-	-	-	-
PM _{2.5} (50 µg/m ³)					
การป่วย	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	-	-	-	-
	EEC	-	-	-	-
การเสียชีวิต	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	0.45 (0.01 - 1.02)	3.36 (0.12 - 7.55)	16 (1, 36)	120 (4, 270)
	EEC	0.20 (0.01 - 0.45)	1.47 (0.05 - 3.26)	17 (1, 37)	983 (32, 1,718)

หมายเหตุ: - คือ ไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ และ การป่วย คือ การใช้ข้อมูลการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอก

ตารางที่ 4.8 ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิตจากโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก

	จังหวัด	ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิต (ความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95)		จำนวนการป่วยและการเสียชีวิต (ความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95)	
		ร้อยละ 100	ร้อยละ 50	ร้อยละ 100	ร้อยละ 50
PM ₁₀ (120 µg/m ³)					
การป่วย	ฉะเชิงเทรา	0.00	0.41 (0.01 - 0.91)	0	1,137 (28, 2,523)
	ชลบุรี	0.01 (0.00 - 0.02)	0.63 (0.02 - 1.43)	232 (23, 465)	14,632 (465, 33,213)
	ระยอง	0.01 (0.00 - 0.02)	0.58 (0.02 - 1.30)	139 (14, 278)	8,055 (278, 18,054)
	EEC	0.01 (0.00 - 0.02)	0.60 (0.02 - 1.33)	399 (40, 798)	23,931 (798, 53,048)
การเสียชีวิต	ฉะเชิงเทรา	0.00	15.00 (0.48 - 33.02)	0	3 (0, 33)
	ชลบุรี	0.00	13.04 (0.40 - 28.92)	0	13 (0, 29)
	ระยอง	0.00	6.67 (0.21 - 14.89)	0	7 (0, 15)
	EEC	0.00	12.07 (0.39 - 27.10)	0	12 (0, 27)
PM _{2.5} (50 µg/m ³)					
การป่วย	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	-	-	-	-
	EEC	-	-	-	-
การเสียชีวิต	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	0.00	20.00 (0.64 - 45.42)	0	3 (0, 7)
	EEC	0.00	5.17 (0.18 - 11.43)	0	3 (0, 7)

หมายเหตุ: - คือ ไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ และ การป่วย คือ การใช้ข้อมูลการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอก

ตารางที่ 4.9 ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิตจากโรคปอดบวมจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก

	จังหวัด	ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิต (ความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95)		จำนวนการป่วยและการเสียชีวิต (ความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95)	
		ร้อยละ 100	ร้อยละ 50	ร้อยละ 100	ร้อยละ 50
PM ₁₀ (120 µg/m ³)					
การป่วย	ฉะเชิงเทรา	0.00	0.38 (0.01 - 0.87)	0	19 (0, 46)
	ชลบุรี	0.00	0.42 (0.01 - 0.94)	0	483 (11, 1,081)
	ระยอง	0.01 (0.00 - 0.02)	0.32 (0.01 - 0.72)	5 (0, 10)	160 (5, 360)
	EEC	0.00	0.39 (0.01 - 0.87)	0	664 (17, 1,481)
การเสียชีวิต	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	-	-	-	-
	EEC	-	-	-	-
PM _{2.5} (50 µg/m ³)					
การป่วย	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	-	-	-	-
	EEC	-	-	-	-
การเสียชีวิต	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	0.94 (0.03 - 2.10)	5.69 (0.18 - 12.88)	13 (0, 29)	79 (2, 179)
	EEC	0.41 (0.01 - 0.92)	2.47 (0.07 - 5.55)	13 (0, 29)	79 (2, 177)

หมายเหตุ: - คือ ไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ และการป่วย คือ การใช้ข้อมูลการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอก

ตารางที่ 4.10 ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิตจากโรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเฉียบพลันจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก

	จังหวัด	ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิต (ความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95)		จำนวนการป่วยและการเสียชีวิต (ความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95)	
		ร้อยละ 100	ร้อยละ 50	ร้อยละ 100	ร้อยละ 50
PM ₁₀ (120 µg/m ³)					
การป่วย	ฉะเชิงเทรา	0.00	0.32 (0.01 - 0.72)	0	70 (2, 157)
	ชลบุรี	0.01 (0.00 - 0.02)	0.46 (0.02 - 1.05)	18 (2, 36)	818 (36, 1,868)
	ระยอง	0.01 (0.00 - 0.02)	0.38 (0.01 - 0.85)	9 (1, 18)	350 (9, 784)
	EEC	0.01 (0.00 - 0.02)	0.42 (0.01 - 0.94)	29 (3, 58)	1,226 (29, 2,743)
การเสียชีวิต	ฉะเชิงเทรา	0.00	25.00 (0.74 - 55.40)	0	2 (0, 4)
	ชลบุรี	0.00	12.50 (0.41 - 28.00)	0	1 (0, 2)
	ระยอง	0.00	3.47 (0.11 - 7.93)	0	7 (0, 16)
	EEC	0.00	4.59 (0.15 - 10.41)	0	10 (0, 23)
PM _{2.5} (50 µg/m ³)					
การป่วย	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	-	-	-	-
	EEC	-	-	-	-
การเสียชีวิต	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	0.45 (0.01 - 1.04)	2.48 (0.08 - 5.54)	1 (0, 2)	5 (0, 11)
	EEC	0.46 (0.02 - 1.04)	2.29 (0.08 - 5.08)	1 (0, 2)	5 (0, 11)

หมายเหตุ: - คือ ไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ และ การ ป่วย คือการใช้ข้อมูลการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอก

ตารางที่ 4.11 ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิตจากโรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจส่วนบนจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก

	จังหวัด	ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิต (ความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95)		จำนวนการป่วยและการเสียชีวิต (ความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95)	
		ร้อยละ 100	ร้อยละ 50	ร้อยละ 100	ร้อยละ 50
PM ₁₀ (120 µg/m ³)					
การป่วย	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	0.00	9.09 (0.29 - 20.70)	0	16,140 (515, 36,754)
	ระยอง	0.00	11.11 (0.31 - 25.03)	0	10,061 (281, 22,667)
	EEC	0.00	10.00 (0.32 - 21.78)	0	27,277 (873, 59,410)
การเสียชีวิต	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	0.00	13.04 (0.40 - 28.92)	0	1 (0, 3)
	ระยอง	0.00	6.67 (0.21 - 14.89)	0	1 (0, 1)
	EEC	0.00	12.07 (0.39 - 27.10)	0	2 (0, 5)
PM _{2.5} (50 µg/m ³)					
การป่วย	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	-	-	-	-
	EEC	-	-	-	-
การเสียชีวิต	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	-	-	-	-
	EEC	-	-	-	-

หมายเหตุ: - คือ ไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ และ การป่วย คือ การใช้ข้อมูลการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอก

ตารางที่ 4.12 ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิตจากโรคระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเรื้อรังจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก

	จังหวัด	ร้อยละของการป่วยและการเสียชีวิต (ความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95)		จำนวนการป่วยและการเสียชีวิต (ความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95)	
		ร้อยละ 100	ร้อยละ 50	ร้อยละ 100	ร้อยละ 50
PM ₁₀ (120 µg/m ³)					
การป่วย	ฉะเชิงเทรา	0.00	0.26 (0.01 - 0.58)	0	82 (3, 183)
	ชลบุรี	0.00	0.41 (0.01 - 0.92)	0	1,435 (35, 3,219)
	ระยอง	0.01 (0.00 - 0.02)	0.36 (0.01 - 0.81)	18 (2, 37)	664 (18, 1,494)
	EEC	0.00	0.38 (0.01 - 0.86)	0	2,151 (57, 4,868)
การเสียชีวิต	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	-	-	-	-
	EEC	-	-	-	-
PM _{2.5} (50 µg/m ³)					
การป่วย	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	-	-	-	-
	EEC	-	-	-	-
การเสียชีวิต	ฉะเชิงเทรา	-	-	-	-
	ชลบุรี	-	-	-	-
	ระยอง	0.80 (0.03 - 1.79)	5.32 (0.16 - 12.02)	3 (0, 7)	20 (0, 45)
	EEC	0.36 (0.01 - 0.80)	2.40 (0.08 - 5.49)	3 (0, 7)	20 (0, 46)

หมายเหตุ: - คือ ไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ และ การป่วย คือ การใช้ข้อมูลการรักษาพยาบาลแผนกผู้ป่วยนอก

บทที่ 5

อภิปรายผล

ผลจากการศึกษา พบความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) กับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกฉุกเฉิน ด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ มีความสอดคล้องกับการศึกษาในเมืองเกาสง ประเทศไต้หวัน ที่พบค่าความเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในกลุ่มโรคปอดอักเสบในเด็ก อาจเป็นเพราะเป็นการศึกษาในกลุ่มเด็ก ที่มีความอ่อนไหวมากกว่ากลุ่มผู้ใหญ่ (43) และมีความแตกต่างจากผลการศึกษาในนครหลานโจว ประเทศจีน (9) และใน 4 เมือง ของประเทศโคลอมเบีย (44) และ ที่พบความเสี่ยงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และการศึกษาในกรุงโรม ประเทศอิตาลี (45) และกรุงบัวโนสไอเรส ประเทศอาร์เจนตินา (47) ไม่พบความเสี่ยงระหว่างการรับสัมผัส PM_{10} กับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ และความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) กับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกฉุกเฉิน ด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ที่พบความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีความสอดคล้องกับหลายการศึกษา ในโรคระบบทางเดินหายใจรวม ใน 4 เมือง ของประเทศโคลอมเบีย (44) มลรัฐอาร์คันซอร์ สหรัฐอเมริกา(56) เมืองหางโจว (61) และกรุงปักกิ่ง (62) ประเทศจีน ที่พบความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และพบการศึกษาที่มีความแตกต่างจากการศึกษานี้ โดยพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสัมพันธ์ทางสถิติ ด้วยโรคปอดอักเสบในเด็ก ในเมืองเกาสง ประเทศไต้หวัน (43) และโรคหอบหืดในเด็ก ในมลรัฐจอร์เจีย สหรัฐอเมริกา (43) โรคปอดบวม ในมลรัฐแมสซาชูเซตส์ สหรัฐอเมริกา (56) นอกจากนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัส $PM_{2.5}$ การเข้ารับการรักษาพยาบาลด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ในเมืองธากา ประเทศบังกลาเทศ (54) โรคหอบหืด โรคหลอดลมอักเสบ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ในกรุงโรม ประเทศอิตาลี (45) กรุงปักกิ่ง ประเทศจีน (63) และโรคปอดบวม มลรัฐอาร์คันซอ สหรัฐอเมริกา (56)

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) กับการเสียชีวิตสาเหตุโรคระบบทางเดินหายใจ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีความสอดคล้องกับการศึกษาในเมืองอาห์วาซ ประเทศอิหร่าน (64) และโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในจังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย (65) นอกจากนี้ ยังพบความแตกต่างจากการศึกษาใน 652 เมือง ใน 24 ประเทศ (50) และเมืองหลานโจว ประเทศจีน (52) ที่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) กับการเสียชีวิตสาเหตุโรคระบบทางเดินหายใจมีความสอดคล้องกับการศึกษาใน 6 เมือง ของประเทศเกาหลีใต้ (59) และเมืองกวางโจว ประเทศจีน (66) และโรคเรื้อรังของระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ในเมืองฉางโจว ประเทศจีน (42) ที่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สาเหตุที่ผลการศึกษามีความแตกต่างจากการศึกษาอื่น ๆ อาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างกันของปัจจัยระดับบุคคล เช่น ปัจจัยในเรื่องของอายุ ที่พบว่าในกลุ่มเด็กและทารก จัดเป็นกลุ่มเสี่ยงต่อการรับสัมผัส PM อันเนื่องมาจากการพัฒนาของปอด ที่ยังพัฒนาไม่เต็มที่ ระบบต่าง ๆ ของร่างกาย ระบบทางเดินหายใจ ระบบภูมิคุ้มกัน ยังพัฒนาได้ไม่เต็มที่ ระบบการกำจัดสารมลพิษออกยังไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ อีกทั้งระดับการรับ

สัมผัสในกลุ่มเด็กมีโอกาสที่รับสัมผัสสูงกว่าผู้ใหญ่ เนื่องจากการเล่นภายนอกบ้าน ทำให้มีระยะเวลาการรับสัมผัสยาวนาน อีกทั้งมีการหายใจผ่านทางปากที่ไม่มีการกรองอากาศเหมือนการหายใจผ่านทางจมูก อัตราการหายใจของเด็กที่มากกว่าผู้ใหญ่ (67,68) ดังที่พบในการศึกษาในประเทศสวีเดน พบว่าการรับสัมผัสมลพิษอากาศมีความสัมพันธ์กับโรคระบบทางเดินหายใจในเด็กอายุ 12 ปีแรก โดยเฉพาะในช่วงอายุ 8-12 ปี (69-71) ในประเทศแคนาดา พบว่าอัตราการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยในด้วยโรคระบบทางเดินหายใจในเด็กอายุ 6-12 ปี มีความสัมพันธ์กับการรับสัมผัส PM_{10} (72) ในประเทศจีน พบความสัมพันธ์ของการเพิ่มขึ้นของ PM_{10} ทุก 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความสัมพันธ์กับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกด้วยการติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนเฉียบพลันในเด็กอายุ 0-14 ปี (7) และในประเทศเวียดนาม พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น PM_{10} กับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยในด้วยโรคเรื้อรังของทางเดินหายใจส่วนล่าง ในฤดูหนาว (พฤศจิกายน - เมษายน) (73) นอกจากนี้ เพศหญิง เป็นเพศที่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัส $PM_{2.5}$ สูงกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญ หรือแม้กระทั่งกลุ่มเสี่ยงที่เป็นผู้สูงอายุ ที่มีอายุมากกว่า 65 ปี (29) และบุคคลที่มีโรคประจำตัว (Pre-existing conditions) พบว่ามีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคอื่นเนื่องมาจากการรับสัมผัสมลพิษอากาศอีกด้วย (24,26,74,75) ปัจจัยสภาพอุตุนิยมวิทยา ที่มีการพบความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัส $PM_{2.5}$ กับการเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก ด้วยโรคระบบทางเดินหายใจในฤดูหนาวมากกว่าในฤดูร้อน (14,21) ปัจจัยความชื้นสัมพัทธ์ และความกดอากาศ ที่มีผลต่อความเข้มข้นของมลพิษอากาศ องค์ประกอบของมลพิษอากาศ (76) สถานที่อยู่อาศัย อาทิ ใกล้ถนน ชุมชนเมือง เขตอุตสาหกรรม ที่เป็นพื้นที่ที่มีการปลดปล่อยมลพิษที่สูงกว่าในพื้นที่ชนบท การรับสัมผัสมลพิษอากาศภายในบ้าน (Indoor air pollution) ภูมิประเทศ เป็นต้น (6,68,77-81)

ผลจากการศึกษาเหล่านี้ สามารถอธิบายได้ด้วยหลักฐานทางด้านพิษวิทยาว่า การสะสมของ PM_{10} ในระบบทางเดินหายใจ เป็นตัวกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (82) โดยกระบวนการทำงานของเซลล์และการผลิตเมือกในหลอดลมขนาดเล็ก (Alveolar macrophages) และกระบวนการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาวที่บริเวณถุงลม เช่น Pulmonary alveolar macrophages และ เซลล์ Natural killer ส่งผลให้ความสามารถในการต่อต้านการติดเชื้อต่าง ๆ ลดลง จึงทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจได้ง่ายขึ้น (24,83,84) นอกจากนี้ PM_{10} ยังกระตุ้นยีนที่ทำให้เกิดการอักเสบโดยกลไกของอนุมูลอิสระ และภาวะ Oxidative stress มีผลทำให้เกิดการทำลายและการอักเสบของท่อทางเดินหายใจและเนื้อเยื่อปอด การอักเสบที่รุนแรงนำไปสู่ภาวะถุงลมโป่งพอง ทางเดินหายใจอุดตัน การแลกเปลี่ยนก๊าซลดลง ในคนปกติ นำไปสู่การเป็นโรคระบบทางเดินหายใจ (77) เช่น โรคหอบหืด (69,85-89) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (88-93) และโรคมะเร็งปอด (88,89,94-96) สำหรับผู้ที่มีโรคประจำตัว เช่น ผู้ที่เป็นโรคหอบหืดหรือหลอดลมอักเสบเรื้อรังอยู่แล้ว จะทำให้อาการมีความรุนแรงมากขึ้น (26)

การศึกษานี้มีข้อจำกัดหลายประการ โดยเฉพาะข้อมูลความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ที่มีข้อมูลที่สามารถใช้ได้เพียง 1 จังหวัด และการศึกษานี้จะใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ศึกษา เพื่อเป็นตัวแทนของระดับการรับสัมผัสมลพิษอากาศของประชาชน ซึ่งวิธีการเฉลี่ยค่าความเข้มข้นจากทุกสถานีตรวจวัดนี้ อาจทำให้ค่าที่ได้ ไม่เท่ากับค่าความเข้มข้นจริงที่แต่ละคนได้รับสัมผัส เนื่องจากปริมาณการรับสัมผัสของแต่ละบุคคล อาจมีความแตกต่างกัน อันเป็นผลมาจากปัจจัยส่วนบุคคล เช่น อายุ เพศ หรือพฤติกรรมส่วน

บุคคล เช่น ระยะเวลาในการทำกิจกรรมนอกบ้าน ความถี่ของการรับสัมผัส การใช้เครื่องฟอกอากาศ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลต่อความสัมพันธ์ ของการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก และการเข้ารับการ รักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอกหรือการเสียชีวิตด้วยโรกระบบทางเดินหายใจ (6,68,77-81) อีกทั้ง การศึกษานี้ไม่ได้ทำการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของครอบครัวทางด้านสังคม เศรษฐกิจ หรือรูปแบบการใช้ชีวิต ที่ อาจส่งผลต่อความสัมพันธ์กับการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก นอกจากนี้ อากาศที่หายใจ มีคุณสมบัติเป็นของ ผสม โดยประกอบไปด้วยก๊าซ อนุภาค มลพิษทางอากาศ ที่มาจากแหล่งกำเนิดมลพิษที่แตกต่างกัน และผล ของการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในชั้นบรรยากาศ จึงควรมีการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการรับสัมผัส มลพิษอากาศหลายชนิด (multi-pollutant) หรือเปรียบเทียบกับกลุ่มเพศ อายุ ฤดูกาล เพื่อเปรียบเทียบความ เสี่ยงกัน รวมถึงการระบุผลกระทบต่อสุขภาพที่สนใจอย่างชัดเจน มีความเฉพาะเจาะจง เช่น โรคติดเชื้อเฉียบพลันของระบบทางเดินหายใจส่วนต้น โรคปอดอักเสบ โรคหืด เป็นต้น เพื่อนำไปสู่การควบคุมและป้องกันที่ เหมาะสมเฉพาะโรค อีกทั้งการศึกษาในอนาคตจำเป็นต้องมีการศึกษาอิทธิพลของ สภาพเศรษฐกิจและสังคม เช่น รายได้ ระดับการศึกษา ความชุกในการใช้เครื่องปรับอากาศหรือเครื่องกรองอากาศ เป็นต้น ต่อ ความสัมพันธ์ของ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก กับการเจ็บป่วย และการประมาณค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก ด้วยเทคนิค การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (geostatistical analysis) ให้มีความครอบคลุมทุกพื้นที่ เพื่อการนำไปใช้เป็นหลักฐาน สนับสนุน ในการขับเคลื่อนนโยบายและมาตรการทางด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม อันจะเป็นประโยชน์ในการ กำหนดมาตรการในการคุ้มครองสุขภาพประชาชนทุกกลุ่มวัยต่อไป

ผลการศึกษา นี้ จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสถานการณ์ฝุ่นละอองขนาดเล็ก และการเข้ารับการ รักษาพยาบาลและการเสียชีวิตด้วยโรกระบบทางเดินหายใจ ในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกได้ อีกทั้ง ยังใช้เป็นหลักฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก กับผลกระทบต่อสุขภาพ เพื่อใช้ในการกำหนดนโยบายหรือมาตรการในป้องกันและการลดผลกระทบต่อสุขภาพต่อไป เช่น หน่วยงาน ภาครัฐที่กำกับดูแลแหล่งกำเนิดมลพิษต่าง ๆ ควรต้องตระหนักถึงผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนเพิ่มมากขึ้น และดำเนินการกำกับดูแลสถานประกอบการ หรือแหล่งกำเนิดมลพิษ ให้ลดการปลดปล่อยมลพิษลง หรือ หน่วยงานที่มีหน้าที่สนับสนุนส่งเสริมสภาพแวดล้อม จำเป็นต้องมีหน้าที่ส่งเสริมสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการมี สุขภาพดีของประชาชน และหน่วยงานสาธารณสุขเอง จำเป็นต้องดำเนินการส่งเสริมสุขภาพของประชาชนให้ มีความเข้มแข็ง เตรียมการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพ และเตรียมการ ทรัพยากรต่าง ๆ ในการรองรับการ รักษาพยาบาล ในวันที่ปริมาณฝุ่นสูง ซึ่งอาจมีผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้น

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

เมื่อรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กในบรรยากาศในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ความเสี่ยงของการเกิดโรคที่ทำให้ต้องเข้ารับการรักษาพยาบาลในแผนกผู้ป่วยนอก หรือการเสียชีวิต ด้วยโรกระบบทางเดินหายใจ จะเพิ่มขึ้น ในลักษณะความสัมพันธ์เชิงเส้น ซึ่งค่าความเสี่ยงที่ได้จากการศึกษา แสดงในรูปของความเสี่ยงสัมพัทธ์ Odds ratio หรือร้อยละความเสี่ยงที่เปลี่ยนไป (Percent change) ต่อหน่วยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศที่เพิ่มขึ้น

จากการศึกษานี้พบว่า ฝุ่นละอองขนาดเล็กในบรรยากาศโดยทั่วไปเพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กับการเข้ารับการรักษาพยาบาลและการเสียชีวิตด้วยโรกระบบทางเดินหายใจ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อลดความเข้มข้นของมลพิษอากาศลงในระดับต่าง ๆ ทำให้ภาระโรคจากการเจ็บป่วย หรือเสียชีวิตด้วยโรกระบบทางเดินหายใจลดลงไป

จากข้อจำกัดของการศึกษานี้ การศึกษาในอนาคตควรพิจารณาการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นของพฤติกรรมสุขภาพ องค์ประกอบของมลพิษ ผลกระทบต่อสุขภาพที่เป็นโรคต่าง ๆ นอกเหนือจากนี้ รวมถึงการศึกษา Health co-benefits เพิ่มเติม ในขณะที่ข้อมูลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กในบรรยากาศ อาจใช้การประมาณค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Geostatistical analysis) เพื่อให้มีข้อมูลความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กในบรรยากาศครอบคลุมทุกพื้นที่ นำไปสู่การพัฒนาระบบเตือนภัยในชุมชน โดยสถานบริการสาธารณสุข เพื่อเฝ้าระวังและหลีกเลี่ยงความเสี่ยงจากการมลพิษอากาศ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10} , $PM_{2.5}$) ที่เพิ่มขึ้น ที่มีความสัมพันธ์กับการเข้ารับการรักษาพยาบาลหรือเสียชีวิต รวมถึงการป้องกัน การจัดการความเสี่ยง โดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารความเสี่ยง ก่อนเกิดเหตุ จึงเป็นสิ่งที่ต้องเร่งดำเนินการต่อไป

บรรณานุกรม

1. Department of Industrial Works. Factory Statistics [Internet]. 2020. Available from: <https://www.diw.go.th/webdiw/static-fac/>
2. Department of Land Transport. Number of Vehicle Registered in Thailand as of 31 December 2020 [Internet]. 2020. Available from: <https://web.dlt.go.th/statistics/>
3. Pollution Control Department. Booklet on Thailand State of Pollution 2018 [Internet]. 2019. 6–18 p. Available from: [http://www.pcd.go.th/file/Booklet on Thailand State of Pollution 2018.pdf](http://www.pcd.go.th/file/Booklet%20on%20Thailand%20State%20of%20Pollution%202018.pdf)
4. United States Environmental Protection Agency. Particulate Matter (PM) Pollution [Internet]. 2018. Available from: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
5. Pope CA, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc*. 2006;56(6):709–42.
6. Liu Y, Xie S, Huo X, Wang J, Peng Z, Zhang H, et al. Short-term effects of ambient air pollution on pediatric outpatient visits for respiratory diseases in Yichang city, China. *Environ Pollut* [Internet]. 2017 [cited 2019 Jul 7];227:116–24. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.04.029>
7. Li YR, Xiao CC, Li J, Tang J, Geng XY, Cui LJ, et al. Association between air pollution and upper respiratory tract infection in hospital outpatients aged 0–14 years in Hefei, China: a time series study. *Public Health*. 2018;156:92–100.
8. Szyszkowicz M, Kousha T, Castner J, Dales R. Air pollution and emergency department visits for respiratory diseases: A multi-city case crossover study. *Environ Res*. 2018;163(February):263–9.
9. Chai G, He H, Sha Y, Zhai G, Zong S. Effect of PM_{2.5} on daily outpatient visits for respiratory diseases in Lanzhou, China. *Sci Total Environ* [Internet]. 2019;649:1563–72. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.384>
10. James Gauderman W, Frank Gilliland G, Vora H, Avol E, Stram D, McConnell R, et al. Association between air pollution and lung function growth in Southern California children: Results from a second cohort. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(1):76–84.
11. Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, Vora H, Thomas D, Berhane K, et al. The Effect of Air Pollution on Lung Development from 10 to 18 Years of Age. *N Engl J Med* [Internet]. 2004;351(11):1057–67. Available from: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa040610>

12. Gehring U, Wijga AH, Hoek G, Bellander T, Berdel D, Bröske I, et al. Exposure to air pollution and development of asthma and rhinoconjunctivitis throughout childhood and adolescence: A population-based birth cohort study. *Lancet Respir Med*. 2015;3(12):933–42.
13. Pope CA. Epidemiology of fine particulate air pollution and human health: Biologic mechanisms and who's at risk? *Environ Health Perspect*. 2000;108(SUPPL. 4):713–23.
14. Wang Y, Zu Y, Huang L, Zhang H, Wang C, Hu J. Associations between daily outpatient visits for respiratory diseases and ambient fine particulate matter and ozone levels in Shanghai, China. *Environ Pollut* [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 14];240:754–63. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.029>
15. The Bureau of Registration Administration. Population [Internet]. Official statistics registration systems. 2021 [cited 2020 Nov 10]. Available from: https://stat.bora.dopa.go.th/new_stat/webPage/statByYear.php
16. Chuersuwan N, Nimrat S, Lekphet S, Kerdumrai T. Levels and major sources of PM_{2.5} and PM₁₀ in Bangkok Metropolitan Region. *Environ Int*. 2008;34(5):671–7.
17. World Health Organization. Air pollution [Internet]. World Health Organization. 2018. Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
18. World Health Organization. WHO Global Ambient Air Quality Database (update 2018) [Internet]. World Health Organization. Available from: <https://www.who.int/airpollution/data/cities/en/>
19. American Lung Association. Particle Pollution [Internet]. American Lung Association. 2019. Available from: <https://www.lung.org/our-initiatives/healthy-air/outdoor/air-pollution/particle-pollution.html>
20. Dominici F, McDermott A, Zeger SL, Samet JM. On the use of generalized additive models in time-series studies of air pollution and health. *Am J Epidemiol*. 2002;156(3):193–203.
21. Liu C, Liu Y, Zhou Y, Feng A, Wang C, Shi T. Short-term effect of relatively low level air pollution on outpatient visit in Shennongjia, China. *Environ Pollut* [Internet]. 2019;245:419–26. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.120>
22. Hamra GB, Guha N, Cohen A, Laden F, Raaschou-Nielsen O, Samet JM, et al. Outdoor particulate matter exposure and lung cancer: A systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2014;122(9):906–11.
23. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Integrated Science Assessment for Particulate Matter. 2009;(December 2009):61.

24. van Berlo D, Hullmann M, Schins RPF. Toxicology of Ambient Particulate Matter. In: Luch A, editor. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology: Volume 3: Environmental Toxicology* [Internet]. Basel: Springer Basel; 2012. p. 165–217. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_7
25. Dockery DW, Pope CA, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, et al. An Association between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities. *N Engl J Med* [Internet]. 1993 Dec 9;329(24):1753–9. Available from: <https://doi.org/10.1056/NEJM199312093292401>
26. Nel AE, Diaz-Sanchez D, Ng D, Hiura T, Saxon A. Enhancement of allergic inflammation by the interaction between diesel exhaust particles and the immune system. *J Allergy Clin Immunol*. 1998;102(4 II):539–54.
27. Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL. Fine Particulate Air Pollution and Mortality in 20 U.S. Cities, 1987–1994. *N Engl J Med* [Internet]. 2000 [cited 2019 Jul 7];343(24):1742–9. Available from: <https://doi.org/10.1056/NEJM200012143432401>
28. Ghio AJ, Kim C, Devlin RB. Pulmonary inflammation in healthy human volunteers. *Crit Care Med* [Internet]. 2000;162(3):981–8. Available from: <http://ajrccm.atsjournals.org/cgi/reprint/162/3/981>
29. Shi L, Zanobetti A, Kloog I, Coull BA, Koutrakis P, Melly SJ, et al. Low-concentration PM_{2.5} and mortality: Estimating acute and chronic effects in a population-based study. *Environ Health Perspect*. 2016;124(1):46–52.
30. Schwartz J. Air Pollution and Children’s Health. *Pediatrics* [Internet]. 2004;113(4):1037–43. Available from: http://pediatrics.aappublications.org/content/113/Supplement_3/1037
31. Shea KM. Global environmental change and children’s health: Understanding the challenges and finding solutions. *J Pediatr*. 2003;143(2):149–54.
32. Kelishadi R, Poursafa P. The Effects of Climate Change and Air Pollution on Children and Mothers’ Health. In: Pinkerton KE, Rom WN, editors. *Global Climate Change and Public Health*. Humana Press; 2014. p. 273–7.
33. von Klot S, Wölke G, Tuch T, Heinrich J, Dockery DW, Schwartz J, et al. Increased asthma medication use in association with ambient fine and ultrafine particles. *Eur Respir J*. 2002;20(3):691–702.
34. De Haar C, Hassing I, Bol M, Bleumink R, Pieters R. Ultrafine but not fine particulate matter causes airway inflammation and allergic airway sensitization to co-administered antigen in mice. *Clin Exp Allergy*. 2006;36(11):1469–79.

35. Guaita R, Pichiule M, Maté T, Linares C, Díaz J. Short-term impact of particulate matter (PM_{2.5}) on respiratory mortality in Madrid. *Int J Environ Health Res* [Internet]. 2011;21:260–74. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21644129>
36. Sofer T, Baccarelli A, Cantone L, Coull B, Maity A, Schwartz J. Methylation Pattern in the Asthma Pathway. *Epigenomics*. 2013;5(2):147–54.
37. Barnett AG, Williams GM, Schwartz J, Neller AH, Best TL, Petroeschevsky AL, et al. Air pollution and child respiratory health: A case-crossover study in Australia and New Zealand. *Am J Respir Crit Care Med*. 2005;171(11):1272–8.
38. Zhang Y, Ni H, Bai L, Cheng Q, Zhang H, Wang S, et al. The short-term association between air pollution and childhood asthma hospital admissions in urban areas of Hefei City in China: A time-series study. *Environ Res* [Internet]. 2019;169(October 2018):510–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.11.043>
39. Zeger SL, Irizarry R, Peng RD. on Time Series Analysis of Public Health and Biomedical Data. *Annu Rev Public Health*. 2006;27(1):57–79.
40. Maclure M. The case-crossover design: A method for studying transient effects on the risk of acute events. *Am J Epidemiol*. 2017;185(11):1174–83.
41. Jaakkola JJK. Case-crossover design in air pollution epidemiology. *Eur Respir Journal, Suppl*. 2003;21(40):81–5.
42. Yu Y, Yao S, Dong H, Wang L, Wang C, Ji X, et al. Association between short-term exposure to particulate matter air pollution and cause-specific mortality in Changzhou, China. *Environ Res* [Internet]. 2019;170:7–15. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935118306224>
43. Cheng CY, Cheng SY, Chen CC, Pan HY, Wu KH, Cheng FJ. Ambient air pollution is associated with pediatric pneumonia: A time-stratified case-crossover study in an urban area. *Environ Heal A Glob Access Sci Source*. 2019;18(1):1–9.
44. Rodríguez-Villamizar LA, Rojas-Roa NY, Fernández-Niño JA. Short-term joint effects of ambient air pollutants on emergency department visits for respiratory and circulatory diseases in Colombia, 2011–2014. *Environ Pollut*. 2019 May 1;248:380–7.
45. Solimini AG, Renzi M. Association between Air Pollution and Emergency Room Visits for Atrial Fibrillation. *Int J Environ Res Public Health*. 2017 Jun;14(6).
46. Chen F, Deng Z, Deng Y, Qiao Z, Lan L, Meng Q, et al. Attributable risk of ambient PM₁₀ on daily mortality and years of life lost in Chengdu, China. *Sci Total Environ*. 2017 Mar 1;581–582:426–33.

47. Ferrero F, Abrutzky R, Ossorio MF, Torres F. Effects of contamination and climate in the Pediatric Emergency Department visits for acute respiratory infection in the City of Buenos Aires. *Arch Argent Pediatr*. 2019;117(6):368–74.
48. Liu Y, Pan J, Zhang H, Shi C, Li G, Peng Z, et al. Short-term exposure to ambient air pollution and asthma mortality. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019;200(1):24–32.
49. Dastoorpoor M, Riahi A, Yazdaninejhad H, Borsi SH, Khanjani N, Khodadadi N, et al. Exposure to particulate matter and carbon monoxide and cause-specific Cardiovascular-Respiratory disease mortality in Ahvaz. *Toxin Rev [Internet]*. 2021 Oct 2;40(4):1362–72. Available from: <https://doi.org/10.1080/15569543.2020.1716256>
50. Liu C, Chen R, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Tong S, et al. Ambient Particulate Air Pollution and Daily Mortality in 652 Cities. *N Engl J Med*. 2019;381(8):705–15.
51. Pothirat C, Chaiwong W, Liwsrisakun C, Bumroongkit C, Deesomchok A, Theerakittikul T, et al. The short-term associations of particular matters on non-accidental mortality and causes of death in Chiang Mai, Thailand: a time series analysis study between 2016-2018. *Int J Environ Health Res [Internet]*. 2019 [cited 2020 Feb 2];00(00):1–10. Available from: <https://doi.org/10.1080/09603123.2019.1673883>
52. Wu T, Ma Y, Wu X, Bai M, Peng Y, Cai W, et al. Association between particulate matter air pollution and cardiovascular disease mortality in Lanzhou, China. *Environ Sci Pollut Res*. 2019;(1):15262–72.
53. Yu Y, Yao S, Dong H, Ji M, Chen Z, Li G, et al. Short-term effects of ambient air pollutants and myocardial infarction in Changzhou, China. *Environ Sci Pollut Res*. 2018;25(22):22285–93.
54. Khan R, Konishi S, Ng CFS, Umezaki M, Kabir AF, Tasmin S, et al. Association between short-term exposure to fine particulate matter and daily emergency room visits at a cardiovascular hospital in Dhaka, Bangladesh. *Sci Total Environ*. 2019 Jan 1;646:1030–6.
55. Chi R, Li H, Wang Q, Zhai Q, Wang D, Wu M, et al. Association of emergency room visits for respiratory diseases with sources of ambient PM_{2.5}. *J Environ Sci*. 2019 Dec 1;86:154–63.
56. Rodopoulou S, Samoli E, Chalbot MCG, Kavouras IG. Air pollution and cardiovascular and respiratory emergency visits in Central Arkansas: A time-series analysis. *Sci Total Environ*. 2015 Dec 1;536:872–9.
57. Zanobetti A, Schwartz J. Air pollution and emergency admissions in Boston, MA. *J Epidemiol Community Health [Internet]*. 2006 Oct 1;60(10):890 LP – 895. Available from: <http://jech.bmj.com/content/60/10/890.abstract>

58. Huang J, Li G, Qian X, Xu G, Zhao Y, Huang J, et al. The burden of ischemic heart disease related to ambient air pollution exposure in a coastal city in South China. *Environ Res.* 2018 Jul 1;164:255–61.
59. Yoo SE, Park JS, Lee SH, Park CH, Lee CW, Lee SB, et al. Comparison of short-term associations between PM_{2.5} components and mortality across six major cities in South Korea. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(16):6–8.
60. Jung EJ, Na W, Lee KE, Jang JY. Elderly mortality and exposure to fine particulate matter and ozone. *J Korean Med Sci.* 2019;34(48):1–14.
61. Fu Q, Mo Z, Lyu D, Zhang L, Qin Z, Tang Q, et al. Air pollution and outpatient visits for conjunctivitis: A case-crossover study in Hangzhou, China. *Environ Pollut [Internet].* 2017 [cited 2020 Feb 29];231:1344–50. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.109>
62. Tian L, Yang C, Zhou Z, Wu Z, Pan X, Clements ACA. Spatial patterns and effects of air pollution and meteorological factors on hospitalization for chronic lung diseases in Beijing, China. *Sci China Life Sci.* 2019;62(10):1381–8.
63. Yao L, Lu N. Spatiotemporal distribution and short-term trends of particulate matter concentration over China, 2006–2010. *Environ Sci Pollut Res.* 2014;21(16):9665–75.
64. Dastoorpoor M, Sekhavatpour Z, Masoumi K, Mohammadi MJ, Aghababaeian H, Khanjani N, et al. Air pollution and hospital admissions for cardiovascular diseases in Ahvaz, Iran. *Sci Total Environ.* 2019 Feb 20;652:1318–30.
65. Pothirat C, Chaiwong W, Liwsrisakun C, Bumroongkit C, Deesomchok A, Theerakittikul T, et al. Acute effects of air pollutants on daily mortality and hospitalizations due to cardiovascular and respiratory diseases. *J Thorac Dis.* 2019;11(7):3070–83.
66. Yang J, Ou CQ, Song YF, Li L, Chen PY, Liu QY. Estimating years of life lost from cardiovascular mortality related to air pollution in Guangzhou, China. *Sci Total Environ.* 2016 Dec 15;573:1566–72.
67. Centers for Disease Control and Prevention. Children’s Environmental Health [Internet]. 2020 [cited 2019 Apr 14]. Available from: <https://ephrtracking.cdc.gov/showChildEHMain?r=a>
68. Kulkarni N, Grigg J. Effect of air pollution on children. *Paediatr Child Health (Oxford).* 2008;18(5):238–43.
69. Ding L, Zhu D, Peng D, Zhao Y. Air pollution and asthma attacks in children: A case–crossover analysis in the city of Chongqing, China. *Environ Pollut [Internet].* 2017 [cited 2019 Jun 15];220:348–53. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.070>

70. Jedrychowski W, Flak E, Mróz E. The adverse effect of low levels of ambient air pollutants on lung function growth in preadolescent children. *Environ Health Perspect.* 1999;107(8):669–74.
71. Gruzieva O, Bergström A, Hulchiy O, Kull I, Lind T, Melén E, et al. Exposure to air pollution from traffic and childhood asthma until 12 years of age. *Epidemiology.* 2013;24(1):54–61.
72. Lin M, Chen Y, Burnett RT, Villeneuve PJ, Krewski D. The influence of ambient coarse particulate matter on asthma hospitalization in children: Case-crossover and time-series analyses. *Environ Health Perspect.* 2005;110(6):575–81.
73. Le TG, Ngo L, Mehta S, Do VD, Thach TQ, Vu XD, et al. Effects of short-term exposure to air pollution on hospital admissions of young children for acute lower respiratory infections in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Res Rep Health Eff Inst.* 2012 Jun;(169):5–83.
74. Ostro B, Chestnut L, Vichit-Vadakan N, Laixuthai A. The impact of particulate matter on daily mortality in Bangkok, Thailand. *J Air Waste Manag Assoc.* 1999;49(9):100–7.
75. Brauer M, Amann M, Burnett RT, Cohen A, Dentener F, Ezzati M, et al. Exposure assessment for estimation of the global burden of disease attributable to outdoor air pollution. Vol. 46, *Environmental Science and Technology.* 2012. p. 652–60.
76. Tippayawong N, Lee A. Concentrations and elemental analysis of airborne particulate matter in Chiang Mai, Thailand. *ScienceAsia.* 2006;32(1):39–46.
77. Kim KH, Kabir E, Kabir S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environ Int [Internet].* 2015 [cited 2019 Jun 15];74:136–43. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.005>
78. Wang IJ, Tung TH, Tang CS, Zhao ZH. Allergens, air pollutants, and childhood allergic diseases. *Int J Hyg Environ Health [Internet].* 2016 [cited 2019 May 25];219(1):66–71. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2015.09.001>
79. Ko FWS, Tam W, Wong TW, Lai CKW, Wong GWK, Leung TF, et al. Effects of air pollution on asthma hospitalization rates in different age groups in Hong Kong. *Clin Exp Allergy.* 2007;37(9):1312–9.
80. Lu F, Xu D, Cheng Y, Dong S, Guo C, Jiang X, et al. Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM_{2.5} and PM₁₀ pollution in the Chinese population. *Environ Res [Internet].* 2015 [cited 2019 Jun 15];136:196–204. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2014.06.029>
81. Brown JS, Gordon T, Price O, Asgharian B. Thoracic and respirable particle definitions for human health risk assessment. *Part Fibre Toxicol.* 2013;10(1):1–12.

82. Henderson RF, Benson JM, Hahn FF, Hobbs CH, Jones RK, Mauderly JL, et al. New approaches for the evaluation of pulmonary toxicity: Bronchoalveolar lavage fluid analysis. *Toxicol Sci.* 1985;5(3):451–8.
83. Anderson JO, Thundiyil JG, Stolbach A. Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health. *J Med Toxicol.* 2012;8(2):166–75.
84. Feng S, Gao D, Liao F, Zhou F, Wang X. The health effects of ambient PM_{2.5} and potential mechanisms. *Ecotoxicol Environ Saf* [Internet]. 2016 [cited 2020 Feb 2];128:67–74. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.01.030>
85. Centers for Disease Control and Prevention. Asthma and the Environment [Internet]. 2016 [cited 2019 May 25]. Available from: <https://ephrtracking.cdc.gov/showAsthmaAndEnv.action>
86. Jacquemin B, Siroux V, Sanchez M, Carsin A-E, Schikowski T, Adam M, et al. Ambient air pollution and adult asthma incidence in six european cohorts (Escape). *Environ Health Perspect* [Internet]. 2015 [cited 2020 Feb 2];123(6):613–21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1408206>
87. Lee SL, Wong WHS, Lau YL. Association between air pollution and asthma admission among children in Hong Kong. *Clin Exp Allergy.* 2006;36(9):1138–46.
88. Kurt OK, Zhang J, Pinkerton KE. Pulmonary health effects of air pollution. *Curr Opin Pulm Med.* 2016;22(2):138–43.
89. Guan WJ, Zheng XY, Chung KF, Zhong NS. Impact of air pollution on the burden of chronic respiratory diseases in China: time for urgent action. *Lancet* [Internet]. 2016 [cited 2020 Feb 2];388(10054):1939–51. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31597-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31597-5)
90. Centers for Disease Control and Prevention. Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) [Internet]. 2019 [cited 2019 May 25]. Available from: <https://ephrtracking.cdc.gov/showCOPDLanding.action>
91. Liu S, Zhou Y, Wang X, Wang D, Lu J, Zheng J, et al. Biomass fuels are the probable risk factor for chronic obstructive pulmonary disease in rural South China. *Thorax.* 2007;62(10):889–97.
92. Hu G, Zhong N, Ran P. Air pollution and COPD in China. *J Thorac Dis.* 2015;7(1):59–66.
93. Yao H, Rahman I. Current concepts on oxidative/carbonyl stress, inflammation and epigenetics in pathogenesis of chronic obstructive pulmonary disease. *Toxicol Appl Pharmacol* [Internet]. 2011 [cited 2020 Feb 2];254(2):72–85. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.taap.2009.10.022>

94. Yu XJ, Yang MJ, Zhou B, Wang GZ, Huang YC, Wu LC, et al. Characterization of Somatic Mutations in Air Pollution-Related Lung Cancer. *EBioMedicine* [Internet]. 2015 [cited 2020 Feb 2];2(6):583–90. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ebiom.2015.04.003>
95. Cohen AJ, Anderson HR, Ostro B, Pandey KD, Krzyzanowski M, Künzli N, et al. The global burden of disease due to outdoor air pollution. *J Toxicol Environ Heal - Part A*. 2005;68(13–14):1301–7.
96. Demetriou CA, Raaschou-Nielsen O, Loft S, Møller P, Vermeulen R, Palli D, et al. Biomarkers of ambient air pollution and lung cancer: A systematic review. *Occup Environ Med*. 2012;69(9):619–27.