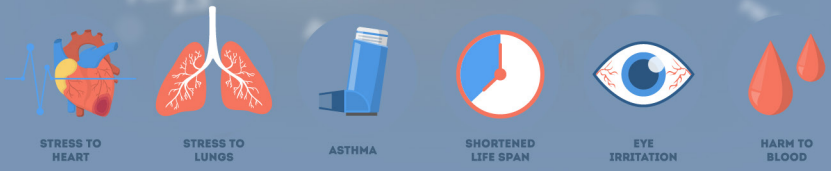
องค์ความรู้เรื่อง

ผลกระทบต่อสุขภาพ

จากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) ในประเทศไทย



รองศาสตราจารย์ ดร.ตระการ ประภัสพงษา
อาจารย์ณัฐจิต อ้นเมฆ
นายธนากร สุกุมาลย์

ศูนย์วิชาการเพื่อขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ

องค์ความรู้เรื่อง

ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) ในประเทศไทย

ISBN 978-616-94015-7-5
ชุดความรู้ องค์ความรู้เพื่อขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ
พิมพ์ครั้งแรก กรกฎาคม 2565
จำนวน 100 เล่ม

ชื่อผู้แต่ง
รองศาสตราจารย์ ดร.ตระการ ประภัสพงษา มหาวิทยาลัยมหิดล
อาจารย์ณัฐจิต อ้นเมฆ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
นายธนากร สุกุมาลย์ มหาวิทยาลัยมหิดล

คณะบรรณาธิการ
รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล
รองศาสตราจารย์ ดร.ตระการ ประภัสพงษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวดี สุวัฒิกะ

ผู้ร่วมตรวจทาน นายแพทย์หิรัญวุฒิ แพร่คุณธรรม
พิสูจน์อักษร ณัฐจิต อ้นเมฆ และ ณิชนันทน์ นันตาวงค์
ปกและรูปเล่ม โยษิตา กรกิจเจริญ

จัดพิมพ์โดย
ศูนย์วิชาการเพื่อขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ (ศวอ.)
สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
122/4 ซ.เรวดี ถ.พระราม 6 แขวงพญาไท
เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ : 02-617-1530-1 โทรสาร : 02-279-9720 E-mail : info@ccas.or.th

พิมพ์ที่
ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ เอ เอ เซอร์วิส
33 ซ.อินทามระ 4 ถ.สุทธิสารวินิจฉัย แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ : 02-279-5233 โทรสาร : 02-279-5322

สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)

คำนำ

องค์ความรู้เล่มนี้เป็นหนึ่งในชุดความรู้ องค์ความรู้เพื่อขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ ซึ่งจัดทำโดยศูนย์วิชาการเพื่อขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ (ศวอ.) ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)

ศวอ. มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นศูนย์รวมนักวิชาการในการพัฒนาองค์ความรู้เป็นฐานในการขับเคลื่อน สื่อสารชี้นำสังคม และสนับสนุนมาตรการ นโยบาย เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ อย่างมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่าย ทำหน้าที่รวบรวมองค์ความรู้ด้านฝุ่น $PM_{2.5}$ พัฒนาต่อยอดงานวิชาการ พัฒนานวัตกรรม และพัฒนาระบบข้อมูลงานวิชาการเพื่อใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่น $PM_{2.5}$ และเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจกำหนดมาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่น $PM_{2.5}$ อย่างยั่งยืน

องค์ความรู้ที่อยู่ในมือของท่านนี้เป็นเอกสารที่ผ่านการรวบรวม สังเคราะห์ ประชุมเสวนารับฟังความคิดเห็น เพื่อการสื่อสาร เผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่น $PM_{2.5}$ สู่สังคมและกลุ่มเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อปลูกฝังความเป็นเจ้าของในทรัพยากรอากาศสะอาดร่วมกัน

ทั้งนี้ ศวอ. มีเป้าหมายที่สำคัญคือสร้างการมีส่วนร่วมกับภาคีเครือข่าย ทั้งภาครัฐ ภาคประชาชน และภาคเอกชน เพื่อร่วมกันขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยร่วมจัดทำข้อเสนอแนะเกี่ยวกับมาตรการ และนโยบายในการป้องกันแก้ไขปัญหามลพิษอากาศทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

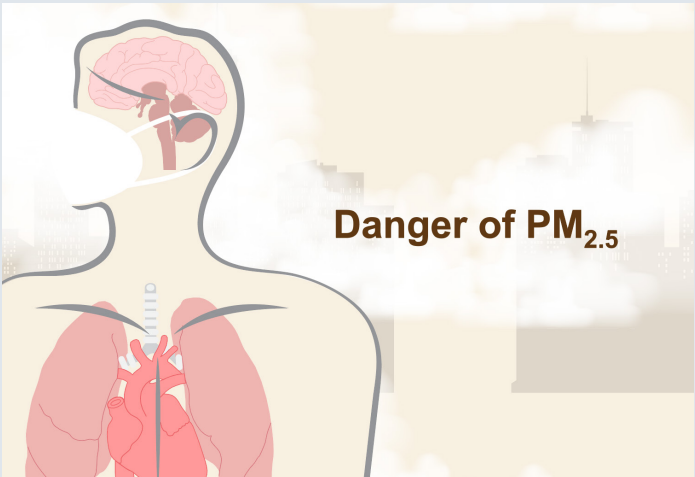
มลพิษอากาศเป็นหนึ่งในปัจจัยเสี่ยงต่อสุขภาพที่สำคัญที่ส่งผลทำให้เกิดการเจ็บป่วยและเสียชีวิตของประชาชนทั่วโลกอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ ปี ในปี 2562 มลพิษอากาศเป็นสาเหตุการตายของ 6.67 ล้านคนทั่วโลก และ 41,000 คน ในประเทศไทย ซึ่งฝุ่น $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศทั่วไป นับเป็นมลพิษอากาศที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมากที่สุด ถึงแม้ว่าในช่วงเวลาที่ผ่านมาประเทศไทยจะมีแนวโน้มสถานการณ์ฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ดีขึ้น แต่พบว่าผลกระทบต่อสุขภาพ หรืออัตราการเสียชีวิตจากฝุ่น $PM_{2.5}$ มีแนวโน้มที่แย่ลง เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรและการเพิ่มขึ้นของประชากรกลุ่มเสี่ยง ประเทศไทยมีรายงานการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศ ในพื้นที่ต่าง ๆ ในประเทศที่มีปัญหาด้านมลพิษอากาศอย่างต่อเนื่อง โดยพบว่ากลุ่มโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด และความดันโลหิตสูง โรคระบบทางเดินหายใจ และโรคมะเร็งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การรายงานของประเทศไทยที่มีอยู่ในปัจจุบัน ยังไม่ได้เป็นการนำเสนอผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ในระดับประเทศที่มีการรายงานอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ ปี เป็นการเฉพาะ ซึ่งจะพบว่าข้อมูลที่พบจะเป็นการศึกษาและรายงานจากต่างประเทศอาทิ เช่น สถานการณ์ของอากาศโลก (State of Global Air) ภาระโรคทั่วโลก (Global Burden of Disease) และฐานข้อมูลขององค์การอนามัยโลก ซึ่งจะมีข้อจำกัดและความคลาดเคลื่อนจากการใช้แบบจำลองและการคาดการณ์ข้อมูล ดังนั้น จึงมีความจำเป็นจะต้องพัฒนาองค์ความรู้ในประเทศไทยในอนาคต

สำหรับแนวทางการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่นำเสนอในชุดองค์ความรู้นี้ จะแบ่งออกเป็นทั้งหมด 2 แนวทาง ได้แก่ แนวทางการประเมินด้วยหลักการระบาดวิทยาและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ และแนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิต

o การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพด้วยหลักการระบาดวิทยาและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ: การศึกษาตามหลักการระบาดวิทยา สามารถจัดหมวดหมู่ ได้ 2 หมวดหลัก ๆ คือ การศึกษาระยะสั้น และการศึกษาระยาว ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมจากการศึกษาเชิงวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis) ของการศึกษาระยะยาว ประเภทการศึกษาติดตามผล (Cohort study) พบว่า ผู้ที่สูดรับฝุ่น $PM_{2.5}$ มีโอกาสที่จะเกิดโรคมะเร็งปอด โรคหัวใจ และโรคทางเดินหายใจ เพิ่มขึ้นร้อยละ 16 20 และ 5 ตามลำดับ จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบต่อสุขภาพและฝุ่น $PM_{2.5}$ พบว่านอกจากโรคที่พบได้บ่อย เช่น โรคหัวใจ โรคทางเดินหายใจ โรคมะเร็งปอด หรือโรคหืด เป็นต้น ที่พบว่ามีความสัมพันธ์ชัดเจนกับการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ยังมีโรคอื่น ๆ หลายชนิดที่อาจจะมีสาเหตุมาจากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ เช่นเดียวกัน เช่น ภาวะตายคลอด โรคซึมเศร้า หรือการอัตวินิบาตกรรม ปัญหาพัฒนาการของเด็ก และโรคสมองเสื่อม สำหรับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health Risk Assessment) นั้น จะประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการศึกษาระบาดวิทยา ร่วมกับข้อมูลอื่น ๆ เช่น ข้อมูลความละเอียดเชิงพื้นที่ ข้อมูลประชากร ข้อมูลคุณภาพอากาศ ข้อมูลสุขภาพ โดยในปัจจุบัน มีเครื่องมือการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ Environmental Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP) และ AirQ+ ซึ่งผลการศึกษาจากการประเมินประเภทนี้ สามารถช่วยให้ทราบได้ถึงประสิทธิภาพของมาตรการและนโยบายลดฝุ่นต่าง ๆ ผ่านการจำลองสถานการณ์บนสมมติฐานที่ว่า จะมีจำนวนผู้เสียชีวิตกี่คน หรือจะมีกี่ปีที่ที่ผู้คนจะมีช่วงชีวิตที่สั้นลงและมีสุขภาพที่ไม่สมบูรณ์ ในหน่วยของปีสุขภาวะที่สูญเสีย (Disability Adjusted Life Years : DALY) ที่จะสามารถหลีกเลี่ยงได้ หากนโยบายลดฝุ่นต่าง ๆ ที่นำมาปรับใช้ ประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ เช่น การศึกษา BenMAP ในกรุงเทพมหานคร ปี 2016 คาดว่าหากประเทศไทยสามารถปฏิบัติการลดฝุ่น $PM_{2.5}$ ได้ตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2005 (ค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ เฉลี่ยต่อปีไม่เกิน 10 มคก./ลบ.ม.) จะสามารถลดจำนวนผู้ที่เสียชีวิตด้วยโรคต่าง ๆ ที่เกิดจากฝุ่นได้มากถึงร้อยละ 71 ซึ่งคิดเป็นจำนวนผู้เสียชีวิตด้วยโรคทุกชนิดที่ไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุ โรคหัวใจ และโรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคมะเร็งปอด ได้มากถึง 3,159 959 และ 270 คน ตามลำดับ

o การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต: ในปัจจุบันมีวิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตอยู่ทั้งหมด 5 วิธีที่ทำการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ได้แก่ ReCiPe 2016, IMPACT World+, LC-IMPACT, UNEP Global Guidance และ ThaiSD โดยมีขอบเขตของวิธีการประเมินในระดับโลก และระดับประเทศ สำหรับวิธี ThaiSD (Thai Spatially Differentiated LCIA method) เป็นวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของประเทศไทยที่คำนึงถึงความแตกต่างเชิงพื้นที่ และเป็นวิธีเดียวที่พิจารณาผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยมีขอบเขตทั้งในระดับโลก ระดับประเทศ และระดับจังหวัด ทั้ง 77 จังหวัดในประเทศไทย ซึ่งภายใต้วิธี ThaiSD สามารถทำการแยกออกมาใช้ประเมิน $PM_{2.5}$ Footprint ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบในเชิงเดี่ยวโดยเฉพาะได้ โดยกรณีศึกษา $PM_{2.5}$ Footprint ในประเทศไทย ได้แก่ การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพและต้นทุนทางสุขภาพของฝุ่น $PM_{2.5}$ จากภาคการขนส่งทางถนนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล การคำนวณ $PM_{2.5}$ Footprint เพื่อส่งเสริมการขนส่งผู้โดยสารอย่างยั่งยืนในประเทศไทย และการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการใช้ประโยชน์จากฟางข้าวในประเทศไทย โดยการศึกษาเหล่านี้ ได้นำเสนอผลกระทบและผลประโยชน์ทางสุขภาพและเศรษฐศาสตร์ที่จะเกิดจากการประยุกต์ใช้สถานการณ์จำลอง/นโยบายต่าง ๆ ในภาคการขนส่งทางถนน การขนส่งผู้โดยสาร และการใช้ประโยชน์จากฟางข้าว

นอกจากนั้นแล้วเอกสารฉบับนี้ยังได้มีการนำเสนอข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและแนวทางการพัฒนางานวิจัยที่สำคัญและจำเป็น เพื่อที่จะช่วยเสริมสร้างความตระหนักรู้ และนำไปสู่การลดผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในอนาคต



PM 2.5

สารบัญ

คำนำ

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

บทที่ 1 บทนำ **12**

บทที่ 2 สถานการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) ในประเทศไทย **14**

2.1 ผลกระทบต่อสุขภาพในด้านต่าง ๆ จากฝุ่น $PM_{2.5}$ 15

2.2 สถานการณ์การเกิดโรคและผลกระทบต่อสุขภาพจากปัจจัยด้านมลพิษอากาศ 16

2.3 บทบาทหน้าที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการเฝ้าระวัง การเก็บรวบรวมข้อมูล และดำเนินการเพื่อลดผลกระทบด้านสุขภาพจากปัญหาฝุ่น $PM_{2.5}$ 19

2.4 ทิศทางในการพัฒนา การศึกษา การเฝ้าระวัง การรวบรวมข้อมูลด้านผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ และข้อเสนอแนะเชิงนโยบายของประเทศไทย 23

บทที่ 3 สถานการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) ในประเทศไทย **33**

3.1 เทคนิคที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ 33

3.2 ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากผลการศึกษาในต่างประเทศ 40

3.3 ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากผลการศึกษาในประเทศไทย 49

3.4 ข้อเสนอแนะในการลดผลกระทบต่อสุขภาพและทิศทางในการพัฒนางานวิจัยในประเทศไทย 53

บทที่ 4 ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) จากการประเมินด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต **56**

4.1 เทคนิคที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต 57

4.2 ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากผลการศึกษาในต่างประเทศ 61

4.3 ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากผลการศึกษาในประเทศไทย 73

4.4 ข้อเสนอแนะในการลดผลกระทบต่อสุขภาพ และทิศทางในการพัฒนางานวิจัยในประเทศไทย 73

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา **80**

เอกสารอ้างอิง **86**

ภาคผนวก ก **94**

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1	จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสมลพิษอากาศ ปี 2562	17
รูปที่ 2.2	แนวโน้มจำนวนผู้ป่วยและค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดเล็กแบบรายวัน ปี 2562	18
รูปที่ 2.3	แนวโน้มจำนวนผู้ป่วย (Asthma, COPD, ACS) และค่าเฉลี่ยรายวัน ระดับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)	19
รูปที่ 2.4	โครงสร้างการดำเนินงานด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับ กระทรวงสาธารณสุขและกระทรวงมหาดไทย	21
รูปที่ 2.5	แนวทางการปฏิบัติในระยะวิกฤตของการจัดตั้งศูนย์ปฏิบัติการฉุกเฉินด้านการแพทย์ และสาธารณสุข กรณีฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)	22
รูปที่ 2.6	เว็บไซต์ air4thai กรมควบคุมมลพิษ	23
รูปที่ 2.7	Facebook page กรมควบคุมมลพิษ	24
รูปที่ 2.8	ฐานข้อมูลสถิติการเกิดโรคและการเจ็บป่วยจากมลพิษอากาศ	25
รูปที่ 2.9	เว็บไซต์ของกองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข	26
รูปที่ 2.10	เว็บไซต์ของกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ	27
รูปที่ 2.11	ผลการสำรวจข้อมูลประชากร และผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่น $PM_{2.5}$	27
รูปที่ 2.12	ข้อมูลการเสียชีวิตที่เกิดจากมลพิษอากาศ	29
รูปที่ 3.1	เครื่องมือการศึกษาทางระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อมกับมลพิษอากาศ	36
รูปที่ 3.2	ภาพรวมขั้นตอนการจัดทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ	39
รูปที่ 4.1	ภาพรวมขั้นตอนการหาผลกระทบทางสุขภาพที่เกิดจากการสัมผัส กับฝุ่น $PM_{2.5}$ ภายใต้แนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิต	59
รูปที่ 4.2	ปริมาณการปล่อยฝุ่น $PM_{2.5}$ จากไอเสียรถในปี 2567	64
รูปที่ 4.3	ปริมาณการปล่อยฝุ่น $PM_{2.5}$ จากไอเสียรถในปี 2572	65
รูปที่ 4.4	ผลกระทบต่อสุขภาพจากไอเสียรถในปี 2567	66
รูปที่ 4.5	ผลกระทบต่อสุขภาพจากไอเสียรถในปี 2572	67
รูปที่ 4.6	ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในปี 2567 และ 2572	68
รูปที่ 4.7	$PM_{2.5}$ Footprint Calculator	69

รูปที่ 4.8 เดินทางด้วยยานพาหนะใด ช่วยลดผลกระทบจาก $PM_{2.5}$ ได้ดีที่สุด 70
รูปที่ 4.9 ผลกระทบและต้นทุนทางสุขภาพของฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการเดินทางประเภทต่าง ๆ ในกรุงเทพมหานคร ระยะทาง 1 กิโลเมตร ของคน 1 คน 71
รูปที่ 4.10 แนวทางการลดฝุ่น $PM_{2.5}$ และผลกระทบต่อสุขภาพ จากภาคการขนส่งทางถนนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 77

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 สรุปข้อมูลของผลการศึกษาจากต่างประเทศ 48
ตารางที่ 3.2 สรุปข้อมูลของผลการศึกษาในประเทศไทย 53
ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของวิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต สำหรับผลกระทบที่เกิดจากการก่อตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็ก 60
ตารางที่ ก.1 เอกสารอ้างอิงของวิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต 94

บทที่ 1
บทนำ

มลพิษอากาศเป็นหนึ่งในปัจจัยเสี่ยงต่อสุขภาพที่สำคัญที่ส่งผลทำให้เกิดการเจ็บป่วยและเสียชีวิตของประชาชนทั่วโลกอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ ปี โดย Health Effects Institute (2020a; 2020b) ได้ทำการศึกษาและรายงานว่า ในปี 2562 มลพิษอากาศนับเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 4 ในระดับโลก และอันดับ 7 ในประเทศไทย โดยเป็นสาเหตุการตายของ 6.67 ล้านคนทั่วโลก และ 41,000 คน ในประเทศไทย ซึ่งฝุ่น $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศทั่วไป นับเป็นมลพิษอากาศที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 7 และร้อยละ 58 ของการเสียชีวิตในระดับโลก และการเสียชีวิตในระดับโลกที่เกิดจากมลพิษอากาศทั้งหมดตามลำดับ

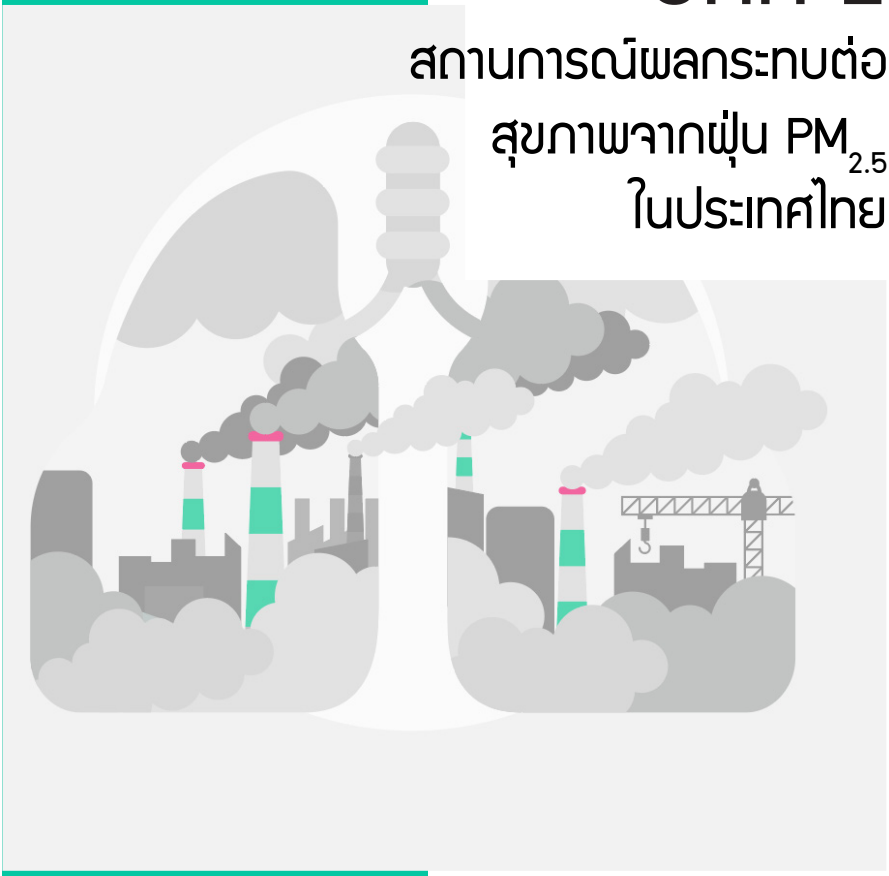
ในช่วงเวลาสิบปีที่ผ่านมา ถึงแม้ว่าสถานการณ์ฝุ่น $PM_{2.5}$ ในประเทศไทยจะมีแนวโน้มที่ดีขึ้น โดยค่าฝุ่นความเข้มข้นฝุ่น $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศทั่วไปเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตาม ผลกระทบต่อสุขภาพ หรืออัตราการเสียชีวิตจากฝุ่น $PM_{2.5}$ มีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นถึงร้อยละ 15.8 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรและการเพิ่มขึ้นของประชากรกลุ่มเสี่ยงในประเทศไทย (Health Effects Institute, 2020) ซึ่งปัญหาสุขภาพที่จะเกิดจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จะมีแนวโน้มที่จะรุนแรงมากยิ่งขึ้นเรื่อย ๆ ในอนาคต เพราะการเพิ่มขึ้นของประชากรกลุ่มเสี่ยง โดยปัจจุบันประเทศไทยเป็นสังคมสูงอายุที่มีจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีผู้สูงอายุ คิดเป็นร้อยละ 18 ของประชากรทั้งหมด ในปี 2563 ซึ่งประเทศไทยจะก้าวเข้าสู่สังคมสูงอายุอย่างสมบูรณ์ (Complete Aged Society) ในปี 2565 นี้ (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย, 2564) และคาดการณ์ว่าจะเป็นสังคมสูงอายุระดับสุดยอด (Super Aged Society) ภายในอีก 18 ปีข้างหน้า (United Nations, 2019)

องค์ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ในประเทศไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อสุขภาพในระดับประเทศที่มีการรายงานอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ ปี โดยส่วนใหญ่จะพบว่าเป็นการศึกษาและรายงานจากต่างประเทศ อาทิ เช่น สถานการณ์ของอากาศโลก (State of Global Air) (Health Effects Institute, 2020a; 2020b) ภาระโรคทั่วโลก (Global Burden of Disease) (Institute for Health Metrics and Evaluation, 2022) และฐานข้อมูลขององค์การอนามัยโลก ที่ได้ทำการศึกษา รวบรวมและคาดการณ์ข้อมูล รวมทั้งประเมินผลกระทบทั้งในระดับประเทศและระดับโลก อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากต่างประเทศอาจจะมีข้อจำกัดและความคลาดเคลื่อนจากการใช้แบบจำลองและการคาดการณ์ข้อมูล การพัฒนาองค์ความรู้ในประเทศไทยจึงมีความสำคัญและจำเป็น

การจัดทำชุดองค์ความรู้นี้ จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะรวบรวมข้อมูลและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ทั้งในและต่างประเทศ เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจให้กับประชาชนทั่วไปที่สนใจ และเป็นรากฐานสำหรับต่อยอดความรู้ทางวิชาการและงานวิจัยในอนาคต โดยแบ่งเนื้อหาที่สำคัญออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1: สถานการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ในประเทศไทย ส่วนที่ 2: ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการประเมินด้วยหลักการระบาดวิทยาและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ และส่วนที่ 3: ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการประเมินด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยในส่วนที่ 2 และ 3 นั้นจะนำเสนอทั้งเทคนิคที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรณีศึกษาทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ รวมทั้งข้อเสนอแนะเพื่อลดผลกระทบ และทิศทางในการพัฒนางานวิจัยในประเทศไทยในอนาคต

บทที่ 2

สถานการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ในประเทศไทย



2.1 ผลกระทบต่อสุขภาพในด้านต่าง ๆ จากฝุ่น $PM_{2.5}$

มลพิษอากาศจากฝุ่น $PM_{2.5}$ เป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนทั่วโลก จากรายงานการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพขององค์การอนามัยโลก พบว่าการรับสัมผัสฝุ่น $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง โรคหัวใจ มะเร็งปอด และโรคทางเดินหายใจทั้งเรื้อรังและเฉียบพลัน และโรคหืด (World Health Organization, 2021b) ซึ่งนอกจากปัจจัยทางกายภาพของฝุ่นแล้ว ยังเป็นผลมาจากสารเคมีชนิดต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของฝุ่น $PM_{2.5}$ เช่น ซัลเฟต ไนเตรต และคาร์บอนดำ ที่พบว่าเป็นส่วนประกอบของฝุ่น $PM_{2.5}$ มากที่สุดทั่วโลก ซึ่งสามารถแทรกซึมเข้าไปในปอด ระบบหัวใจและหลอดเลือดได้ และทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพมากที่สุด (Schwela & Haq, 2020)

จากรายงานขององค์การอนามัยโลกในปี 2559 พบว่า 91% ของประชากรโลกอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีคุณภาพอากาศไม่เป็นไปตามค่าแนะนำคุณภาพอากาศขององค์การอนามัยโลก ซึ่งประมาณการณ์ว่าปัญหามลพิษอากาศเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรประมาณ 4.2 ล้านคนทั่วโลก ในปี 2559 โดยมีฝุ่น $PM_{2.5}$ เป็นสาเหตุของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคระบบทางเดินหายใจ และโรคมะเร็ง ซึ่งมีอัตราการเสียชีวิตเกิดจากโรคหัวใจขาดเลือดและโรคหลอดเลือดสมอง 58% โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและการติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนล่างเฉียบพลัน 18% เกิดจากมะเร็งปอด 6% และพบว่าสาเหตุการเสียชีวิตในบางรายนั้นอาจเกิดจากปัจจัยเสี่ยงมากกว่าหนึ่งอย่างในเวลาเดียวกัน เช่น ทั้งการสูบบุหรี่และการสัมผัสมลพิษอากาศจะส่งผลต่อการเกิดมะเร็งปอดได้ และพบว่าประมาณ 91% ของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรจะเกิดขึ้นในกลุ่มประเทศที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง ซึ่งกลุ่มประเทศเหล่านี้มีจำนวนมากที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และแปซิฟิกตะวันตก (World Health Organization, 2021b)

จากรายงานสถานการณ์ของอากาศโลก (State of Global Air, 2020) ที่จัดทำโดย Health Effects Institute (2020) พบว่า ในปี 2562 มลพิษอากาศนับเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 4 ของระดับสาเหตุการเสียชีวิตในโลก และอยู่ในอันดับ 7 ของสาเหตุการเสียชีวิตในประเทศไทย โดยเป็นคิดเป็นสาเหตุการตายจำนวน 6.67 ล้านคนของประชากรทั่วโลก และ 41,000 คนของประชากรในประเทศไทย ซึ่งฝุ่น $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศทั่วไป นับเป็นมลพิษอากาศที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 7 และร้อยละ 58 ของการเสียชีวิตในระดับโลก และการเสียชีวิตในระดับโลกที่เกิดจากมลพิษอากาศทั้งหมด ตามลำดับ

จากรายงานขององค์การอนามัยโลกในปี 2562 พบว่าความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรจากมลพิษอากาศเพิ่มขึ้น คือ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 43% มะเร็งปอด 29% โรคหัวใจขาดเลือด 25% เสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมอง 24% และการเสียชีวิตและโรคจากโรคทางเดินหายใจส่วนล่างเฉียบพลัน 17% (WHO, 2019a) โดยกลุ่มที่พบความเสี่ยงสูงสุดเป็นกลุ่มที่มีฐานะยากจนและกลุ่มเปราะบาง เช่น เด็กและผู้สูงอายุ (Patella et al., 2018) และจากรายงานของ Health Effects Institute (HEI) แสดงให้ถึงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของสาเหตุการเสียชีวิต โรค และอายุขัยเฉลี่ยที่มีความสัมพันธ์กับการสัมผัสฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่มีการรายงานผลตั้งแต่ปี 2533 ถึงปี 2560 (Bu et al., 2021)

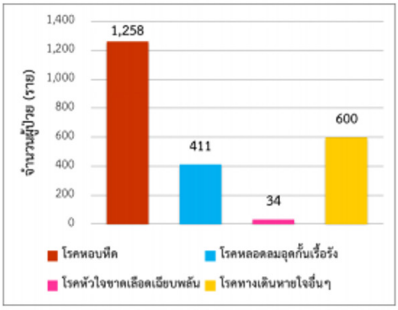
ดังนั้น จะเห็นได้ว่าผลกระทบต่อสุขภาพจากปัญหามลพิษอากาศ ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนทั่วโลกนั้นมีแนวโน้มความรุนแรงของการเกิดโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งในปี 2564 องค์การอนามัยโลก ได้มีการปรับค่าแนะนำคุณภาพอากาศใหม่ให้ลดลง ซึ่งรวมถึงกลุ่มอนุภาคฝุ่น (PM) ทั้งนี้เพื่อลดระดับมลพิษอากาศที่สำคัญ และนำสู่การลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งส่งผลให้ลดความเสี่ยงที่สำคัญต่อสุขภาพของประชากรโลก (World Health Organization, 2021b)

2.2 สถานการณ์การเกิดโรคและผลกระทบต่อสุขภาพจากปัจจัยด้านมลพิษอากาศ

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีปัญหามลพิษในระดับสูง โดยได้รับการจัดอันดับให้เป็นประเทศที่มีมลพิษมากที่สุดเป็นอันดับที่ 28 จาก 98 ประเทศทั่วโลกจากการจัดอันดับในรายงานคุณภาพอากาศโลกประจำปี 2562 ของ IQAir's 2019 World Air Quality Report โดยเฉพาะพื้นที่กรุงเทพมหานคร และจังหวัดเชียงใหม่ ที่มีการเพิ่มขึ้นของค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) ของมลพิษในอากาศที่สูงถึงระดับที่อาจเป็นอันตรายสุขภาพ และเกินค่าแนะนำในการสัมผัสฝุ่น $PM_{2.5}$ ขององค์การอนามัยโลก ถึง 2 เท่า (AQI, 2021) ข้อมูลการเสียชีวิตจากมลภาวะทางอากาศของไทย ที่เผยแพร่ในฐานข้อมูลขององค์การอนามัยโลกล่าสุดเมื่อปี 2561 พบว่าประเทศไทยมีการเสียชีวิต (attributable deaths) ที่มีสาเหตุมาจากมลพิษอากาศทั้งหมด 33,456 ราย หรือคิดเป็นจำนวน 48.71 คนต่อประชากรแสนคน โดยแยกออกเป็น 4 กลุ่มโรคคือ การติดเชื้อที่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง มะเร็งปอด โรคหัวใจขาดเลือด โรคหลอดเลือดสมอง โรคปอดอุดกั้น (World Health Organization, 2021a)

ดังนั้น ผลกระทบต่อสุขภาพจากปัญหามลพิษอากาศของไทยในปัจจุบัน จึงนับเป็นหนึ่งในอุบัติการณ์ของปัญหาสาธารณสุขและการเปลี่ยนแปลงของภาวะความเจ็บป่วยของประชาชนในประเทศ ซึ่งมีรายงานการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศ ในพื้นที่ต่าง ๆ ในประเทศที่มีปัญหาด้านมลพิษอากาศอย่างต่อเนื่อง เช่น รายงานจำนวนผู้ป่วย (รายโรค) ที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศ ปี พ.ศ. 2564 จากเขตสุขภาพต่าง ๆ ทั่วประเทศ พบว่ามีจำนวนผู้ป่วยรวมทั้งประเทศ 5,415,262 ราย โดยในพื้นที่ซึ่งเป็นกลุ่มจังหวัดในภาคเหนือตอนบนนั้น มีจำนวนผู้ป่วยสูงสุด คือ 602,373 ราย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรคทางเดินหายใจอุดกั้น กลุ่มโรคตาอักเสบ และกลุ่มโรคผิวหนังอักเสบ (กระทรวงสาธารณสุข, 2564) ข้อมูลรายงานสถานการณ์เฝ้าระวังผลกระทบสุขภาพจากมลพิษอากาศ ฝุ่นละอองขนาดเล็กในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยสำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค ระหว่างวันที่ 3 สิงหาคม 2561 – 28 มิถุนายน ปี 2562 พบว่าในช่วงเวลาดังกล่าว จำนวนผู้ป่วยที่ได้รับผลกระทบจากปัญหามลพิษทั้งสิ้น 2,303 ราย จำแนกเป็นผู้ป่วยนอก (OPD) ร้อยละ 42.29 แผนกฉุกเฉิน (ER) ร้อยละ 57.71 (กรมควบคุมโรค, 2562) และข้อมูลการเข้ารับการรักษาในแผนกผู้ป่วยนอกในประเทศ (ไม่รวมกรุงเทพมหานคร) มีจำนวนผู้เข้ารับการรักษาโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจเป็นอันดับต้น ๆ เมื่อเทียบกับโรคอื่น ๆ และมีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้นทุกปี (กระทรวงสาธารณสุข, 2560)

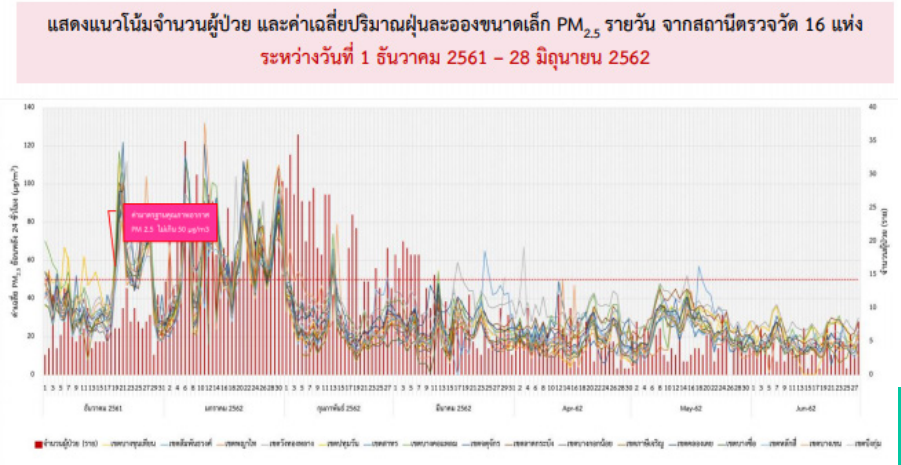
กลุ่มโรค	จำนวนผู้ป่วย (ราย)	มีโรคประจำตัว (ราย)	ไม่มีโรคประจำตัว (ราย)	ไม่ระบุโรคประจำตัว (ราย)
โรคหอบหืด	1,258	1,182	72	4
โรคหลอดลมอุดกั้นเรื้อรัง	411	407	4	-
โรคหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน	34	27	7	-
โรคทางเดินหายใจอื่นๆ	600	188	384	28
รวม	2,303	1,804	467	32



รูปที่ 2.1 จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสมลพิษอากาศ ปี 2562
ที่มา : การสาธารณสุขไทย 2559-2560, กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข

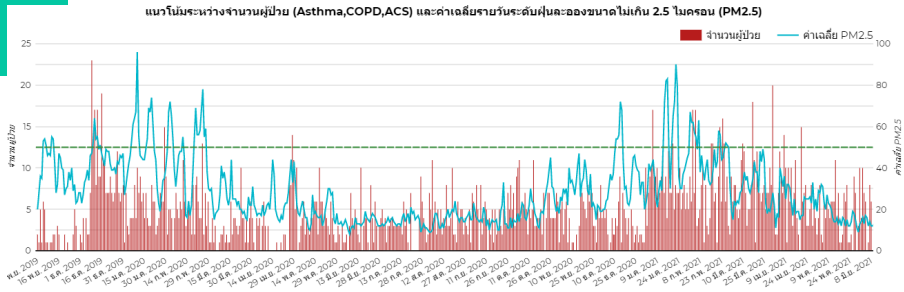
นอกจากนี้ ผลการศึกษาข้อมูลจำนวนผู้ป่วยจำแนกตามวันเริ่มป่วย และค่าระดับปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ จากสถานีตรวจวัด 16 แห่งในพื้นที่กรุงเทพมหานคร พบว่า จะมี

ปริมาณฝุ่นในระดับสูงช่วงเดือนธันวาคม ปี 2561 จนถึงเดือนมกราคม ปี 2562 มีความสัมพันธ์กัน โดยพบว่ามีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้นในเดือนมกราคม และสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งอาจเกิดจากประชาชนมีการตื่นตัวหลังตรวจพบค่าฝุ่นสูงจึงมีการไปตรวจรักษาไปโรงพยาบาลมากขึ้น ดังที่แสดงในรูปที่ 2.2 (กรมควบคุมโรค, 2562)



รูปที่ 2.2 แนวโน้มจำนวนผู้ป่วยและค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดเล็กแบบรายวัน ปี 2562
ที่มา: รายงานสถานการณ์มลพิษอากาศ
และผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก, กรมควบคุมโรค

และจากข้อมูลการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสุขภาพโดยใช้ the Environmental Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ ในพื้นที่กรุงเทพมหานครนั้น มีความสัมพันธ์กับการเสียชีวิตของประชากรที่ไม่ได้มาจากอุบัติเหตุจำนวน 4,240 ราย ซึ่งมีการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือดจำนวน 1,317 ราย และมะเร็งปอด 370 รายต่อปี (Fold N et al., 2020) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากรายงานสถานการณ์การเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนในเขตกรุงเทพมหานครตามรูปที่ 2.3 ที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มจำนวนผู้ป่วย (Asthma, COPD, ACS) และค่าเฉลี่ยรายวันระดับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) (กระทรวงสาธารณสุข, 2563b)



รูปที่ 2.3 แนวโน้มจำนวนผู้ป่วย (Asthma, COPD, ACS) และค่าเฉลี่ยรายวันระดับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)
ที่มา : กองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข

จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหามลพิษอากาศต่อสุขภาพของประชาชน แสดงให้เห็นว่ากลุ่มโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด และความดันโลหิตสูง มีจำนวนผู้ป่วยที่มากกว่ากลุ่มโรคอื่น แนวโน้ม 5 ปีที่ผ่านมา เฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ต่อปี จำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นจากปี 2555 ร้อยละ 8 อัตราการเสียชีวิต ด้วยโรคมะเร็งในปี 2556 เพิ่มขึ้นจากปี 2555 ร้อยละ 6 ซึ่งถึงแม้ว่าปัจจัยหลักของการเกิดกลุ่มโรคดังกล่าวนั้นจะเกิดจากการดำรงชีวิต ความเครียด การบริโภคอาหารที่เป็นอันตราย และพฤติกรรมส่วนบุคคล แต่ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและมลพิษอากาศก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้อาการของโรคมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นได้ (กรมควบคุมโรค, 2557)

2.3 บทบาทหน้าที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการเฝ้าระวัง การเก็บรวบรวมข้อมูล และดำเนินการเพื่อลดผลกระทบด้านสุขภาพจากปัญหาฝุ่น $PM_{2.5}$

เมื่อพิจารณาถึงบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการเฝ้าระวัง เก็บรวบรวมข้อมูล และดำเนินการเพื่อลดผลกระทบด้านสุขภาพจากปัญหาฝุ่น $PM_{2.5}$ พบว่า กระทรวงสาธารณสุข เป็นหน่วยงานหลักที่ดำเนินการดังกล่าว ซึ่งถือเป็นการดำเนินการที่เป็นการบูรณาการด้านสุขภาพ และมลพิษสิ่งแวดล้อม ตามโครงการของการดำเนินการตามระบบสาธารณสุข ตั้งแต่การบริหารงานในส่วนกลางจากระดับกระทรวง กรม และส่วนภูมิภาคในการวางแนวนโยบาย แผนงาน จนถึงการดำเนินงานด้านการเก็บข้อมูลและส่งเสริมด้านสุขภาพระดับชุมชน

แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษอากาศกรณีฝุ่นละอองขนาดเล็ก แผนบูรณาการด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข ประจำปี 2558 (กรมควบคุมโรค และกรมอนามัย, 2557) ได้เสนอแนวทางการจัดการข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ

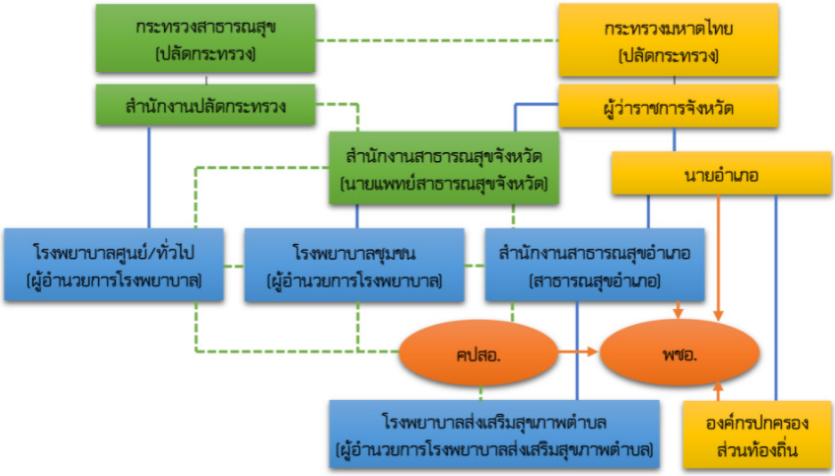
1) การเก็บข้อมูลปฐมภูมิ โดยใช้แบบสอบถาม เพื่อสอบถามข้อมูลของแหล่งฝุ่นละอองที่ประชาชนได้รับ อาการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศ และพฤติกรรมการป้องกันตัวของประชาชน

2) การเก็บข้อมูลทุติยภูมิ โดยใช้ข้อมูลอัตราป่วยจากโรงพยาบาลและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในพื้นที่ เพื่อดูแนวโน้มอัตราป่วยของกลุ่มโรคระบบทางเดินหายใจและโรคทางเดินหายใจแบบเฉียบพลัน (J00 – J99)

โดยกระทรวงสาธารณสุขที่มีบทบาทหน้าที่หลัก ในการดูแลประชาชนผู้ที่ได้รับผลกระทบจากปัญหามลพิษอากาศ การดำเนินการในการเฝ้าระวังทางสุขภาพของประชาชน นั้นอยู่ภายใต้การดูแลของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งจะครอบคลุมการรักษาพยาบาลในระดับภูมิภาค ระดับจังหวัด (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด) อำเภอ (สำนักงานสาธารณสุขอำเภอ/โรงพยาบาลอำเภอ) และระดับตำบล (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล) ข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคล ทั้งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ จะถูกรวบรวมและตรวจสอบในระดับตำบล ส่งไปยังระดับอำเภอ จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปยังระดับจังหวัดเพื่อประมวลผลและวิเคราะห์ ระดับภูมิภาค และข้อมูลภาพรวมในระดับประเทศและรายงานผลต่อไป ข้อมูลสุขภาพที่รวบรวมสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท: ทรัพยากรด้านสุขภาพ (ทรัพยากรมนุษย์ สิ่งอำนวยความสะดวกด้านสุขภาพ อุปกรณ์ และทรัพยากรทางการเงิน) บริการด้านสุขภาพ (การส่งเสริมสุขภาพ การสร้างภูมิคุ้มกัน การรักษา) และสถานะสุขภาพ (สถิติสำคัญ การตาย และการเจ็บป่วย) สถานะสุขภาพถูกจัดประเภทตามการจำแนกทางสถิติระหว่างประเทศของโรคและปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้อง ฉบับแก้ไขครั้งที่ 10 (ICD10) (Pollution Control Department et al., 2018)

เมื่อวิเคราะห์การดำเนินการตามโครงสร้างการบริหารงานทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาคนั้น มีการบูรณาการร่วมกับภาคส่วนการปกครองของกระทรวงมหาดไทย (กระทรวงสาธารณสุข, 2560) ทำให้มีการวางโครงสร้างระบบการทำงานที่ดีและมีประสิทธิภาพในการดำเนินงานตามภาระกิจด้านสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ เข้าถึงและสามารถรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีหลายส่วนงานภายในกระทรวงสาธารณสุขที่เข้ามามีบทบาท

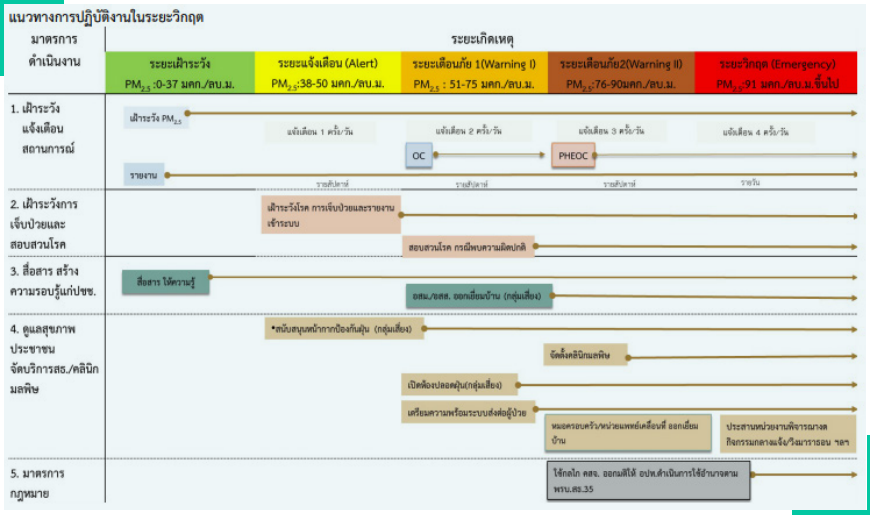
ทั้งการเก็บรวบรวมข้อมูลทางสถิติและระบาดวิทยา และสื่อสารเสนอข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อประชาชน เช่น กองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค และกลุ่มรายงานมาตรฐาน กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข เป็นต้น ดังที่แสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างการดำเนินงานด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับกระทรวงสาธารณสุขและกระทรวงมหาดไทย

ที่มา : การสาธารณสุขไทย 2559-2560, กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข

นอกจากนี้ บทบาทและการดำเนินงานที่สำคัญของกระทรวงสาธารณสุขในการลดผลกระทบด้านสุขภาพจากปัญหามลพิษอากาศ คือ การจัดตั้งศูนย์ปฏิบัติการฉุกเฉินด้านการแพทย์และสาธารณสุข กรณีฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) เมื่อปี 2562 โดยขอบเขตการดำเนินงานของศูนย์ฯ มีการดำเนินงานตั้งแต่การวางแผนงานในการดำเนินการเฝ้าระวังด้านสิ่งแวดล้อม มีการจัดตั้งเครือข่ายการเฝ้าระวังด้านสุขภาพ การเปิดคลินิกมลพิษ การสื่อสารข้อมูลด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับประชาชน การควบคุมและจัดการแหล่งกำเนิดของมลพิษและผลกระทบต่อสุขภาพ การควบคุมการดำเนินการภายใต้กฎหมายที่เกี่ยวข้อง ตามที่แสดงในรูปที่ 2.5 โดยมีเป้าหมายในการดูแลสุขภาพของประชาชน เพื่อลดและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ซึ่งมีปลัดกระทรวงสาธารณสุขเป็นผู้บัญชาการศูนย์ และกรมต่าง ๆ ภายในกระทรวงสาธารณสุขเป็นผู้รับผิดชอบในส่วนงานต่าง ๆ ตามพันธกิจของศูนย์ฯ (กระทรวงสาธารณสุข, 2563a)



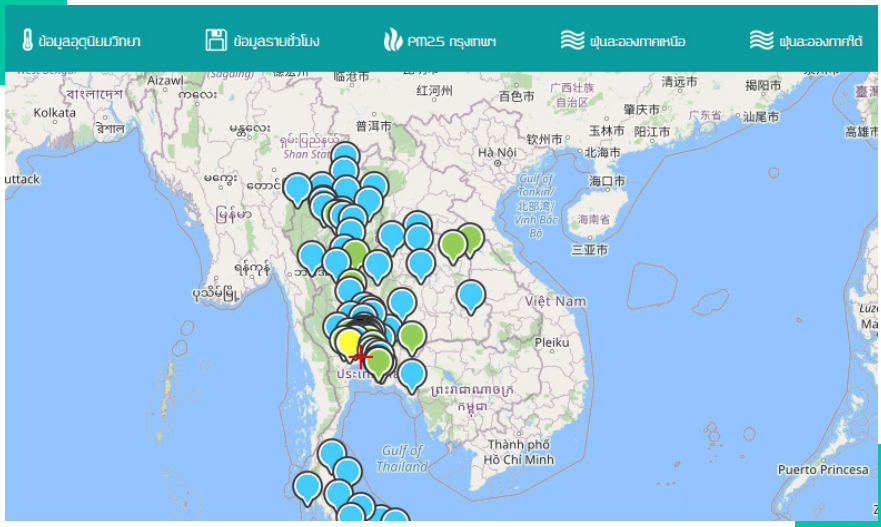
รูปที่ 2.5 แนวทางการปฏิบัติในระยะวิกฤตของการจัดตั้งศูนย์ปฏิบัติการฉุกเฉินด้านการแพทย์และสาธารณสุข กรณีฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)
ที่มา : คู่มือการดำเนินงานด้านการแพทย์และสาธารณสุข กรณีฝุ่นละอองไม่เกิน 2.5 ไมครอน ปี 2563, กระทรวงสาธารณสุข

โดยพบว่ากรมอนามัย ได้ดำเนินการตามแนวทางการดำเนินงานด้านการแพทย์และสาธารณสุข กรณีฝุ่นละอองไม่เกิน 2.5 ไมครอน ปี 2563 โดยได้มีการจัดทำแนวทางการดำเนินงานด้านการแพทย์ และสาธารณสุขเพื่อลดและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ปี 2563 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานในพื้นที่เสี่ยงมลพิษอากาศ ทั้งพื้นที่เขตเมือง พื้นที่หมอกควัน 9 จังหวัดภาคเหนือ และพื้นที่ตำบล หน้าพระลาน จังหวัดสระบุรี และพื้นที่เสี่ยงอื่น ๆ ที่นำไปสู่การดูแลสุขภาพเพื่อลดและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนต่อไป (กรมอนามัย, 2563) และมีการประชุมหาแนวทางในการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง (กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ, 2564)

2.4 ทิศทางในการพัฒนา การศึกษา การเฝ้าระวัง การรวบรวมข้อมูลด้านผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ และข้อเสนอแนะเชิงนโยบายของประเทศไทย

2.4.1 การสื่อสารข้อมูลผลกระทบต่อสุขภาพต่อประชาชน

จากผลการทบทวนข้อมูลที่เกี่ยวข้องผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ในประเทศไทย พบว่า ได้มีหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนที่เข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินการ ตั้งแต่การเฝ้าระวังระดับความเข้มข้นของมลพิษอากาศ จากจุดตรวจวัดต่าง ๆ ทั่วประเทศของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งมีการรายงานผลการตรวจวัดมลพิษอากาศ แบบรายชั่วโมง และรายวัน ผ่านทางเว็บไซต์ http://air4thai.pcd.go.th/ ของกรมควบคุมมลพิษ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.6 ที่ประชาชนทั่วไปสามารถเข้าไปดูค่าปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ ได้ และสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการเตรียมความพร้อมในการดูแลและป้องกันผลกระทบจากการสัมผัสฝุ่น $PM_{2.5}$ ได้ ซึ่งพบว่ามีประชาชนให้ความสนใจและเข้ามาติดตามปริมาณฝุ่นเว็บไซต์เป็นจำนวนมาก โดยมีสถิติจำนวนผู้เยี่ยมชมเว็บไซต์ นับตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2561 ถึง 7,322,352 ครั้ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2564) และนอกจากนี้ยังมีช่องทางในการสื่อสารข้อมูลสู่ประชาชนผ่าน Facebook ของกรมควบคุมมลพิษที่มีผู้ติดตาม มากกว่า 80,000 คน



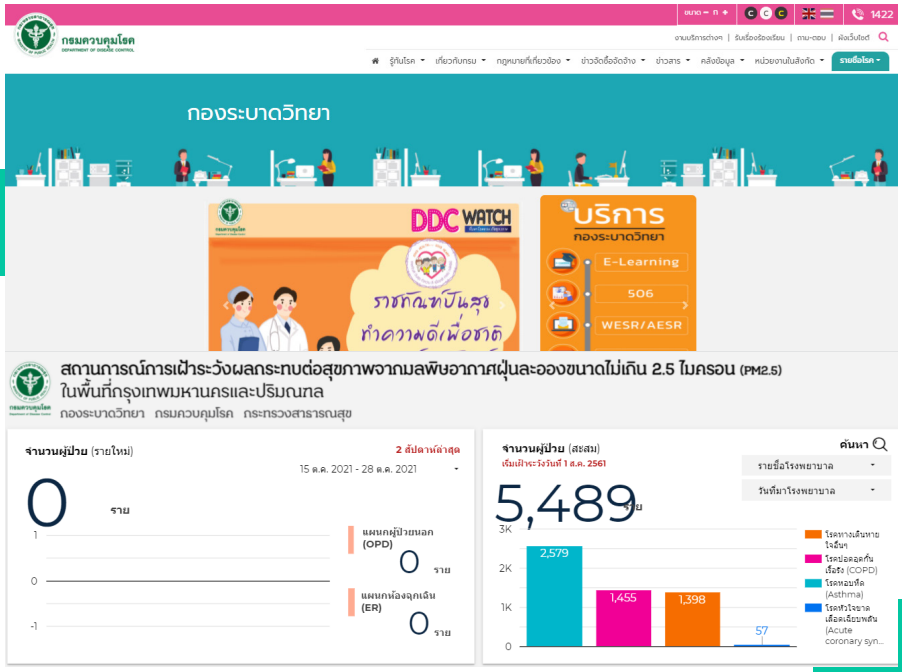
รูปที่ 2.6 เว็บไซต์ air4thai กรมควบคุมมลพิษ

การสื่อสารในแง่ของปริมาณฝุ่น ทำให้ประชาชนทั่วไปให้ความสนใจในสถานการณ์ที่ปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ มีค่าเกินกว่ามาตรฐาน โดยเฉพาะในช่วงหน้าหนาวของทุกปี แต่การสื่อสารในเรื่องของการเฝ้าระวังบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเข้าถึงประชาชนได้น้อย ทำให้ประชาชนเกิดความตระหนกมากกว่าความเข้าใจในสถานการณ์ การสื่อสารข้อมูลในด้านอื่น ๆ เช่น ปัญหาผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้น มาตรการในการลดและป้องกันของภาครัฐและเอกชน รวมทั้งบทบาทการดำเนินการของกระทรวงสาธารณสุขในการเฝ้าระวัง รวบรวมปัญหาผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศในประเทศไทย และระบบการดูแลสุขภาพที่ได้ดำเนินการอยู่ ก็จะทำให้ประชาชนรับรู้ข้อเท็จจริงได้มากขึ้น เกิดความเข้าใจ การมีส่วนร่วมและนำไปสู่ความตระหนักในการให้ความร่วมมือเพื่อลดการเกิดมลพิษอากาศที่ต้นเหตุได้อีกด้วย

รูปที่ 2.7 Facebook page กรมควบคุมมลพิษ

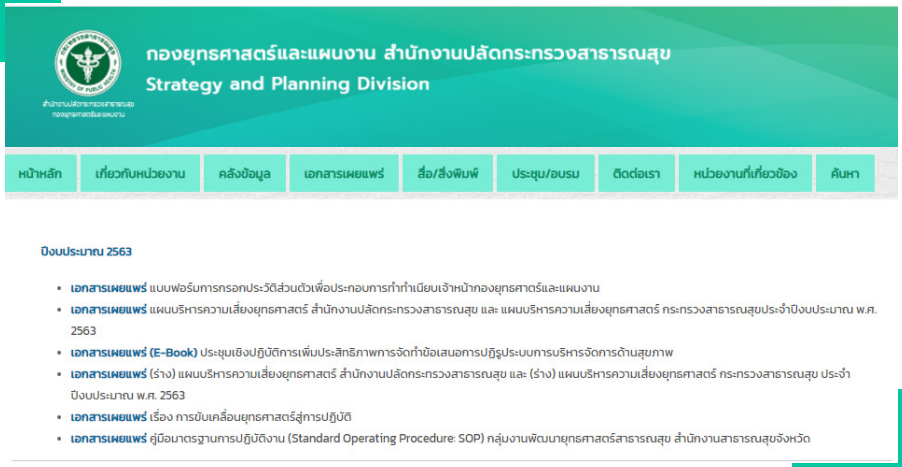
การสื่อสารรายงานการเกิดโรคและผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศสู่ประชาชน พบว่ามี 3 หน่วยงานหลักในกระทรวงสาธารณสุข ที่เข้ามาดำเนินการเรื่องนี้ ได้แก่ กองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข และกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย โดยแต่ละหน่วยงานมีข้อมูลอยู่ในเว็บไซต์ที่ประชาชนสามารถเข้าถึงได้ เช่น

1) ฐานข้อมูลสถิติการเกิดโรคและการเจ็บป่วยจากมลพิษอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลได้จากเว็บไซต์ของกองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค (https://ddc.moph.go.th/doe) ซึ่งสรุปผลการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องตามปัจจัยต่าง ๆ ไว้ ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งอยู่ในฐานข้อมูลของ https://datastudio.google.com/ ซึ่งถือเป็นการรวบรวมข้อมูลที่ครบถ้วนทันสถานการณ์ และสรุปให้เข้าใจได้ง่าย สามารถนำไปใช้ต่อได้ในการศึกษาและการวางแผนทางวิชาการทั้งด้านสาธารณสุขและด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง แต่การที่ประชาชนทั่วไปจะเข้าถึงข้อมูลเพื่อทราบข้อมูลด้านผลกระทบสุขภาพและสร้างความตระหนักในการป้องกันให้แก่ตนเองนั้นอาจเป็นเรื่องยาก เนื่องจากการเข้าถึงข้อมูลที่ค่อนข้างซับซ้อนและต้องใช้ทักษะทางดิจิตอลให้การค้นหาพอสมควร



รูปที่ 2.8 ฐานข้อมูลสถิติการเกิดโรคและการเจ็บป่วยจากมลพิษอากาศ
ที่มา: กรมควบคุมโรค

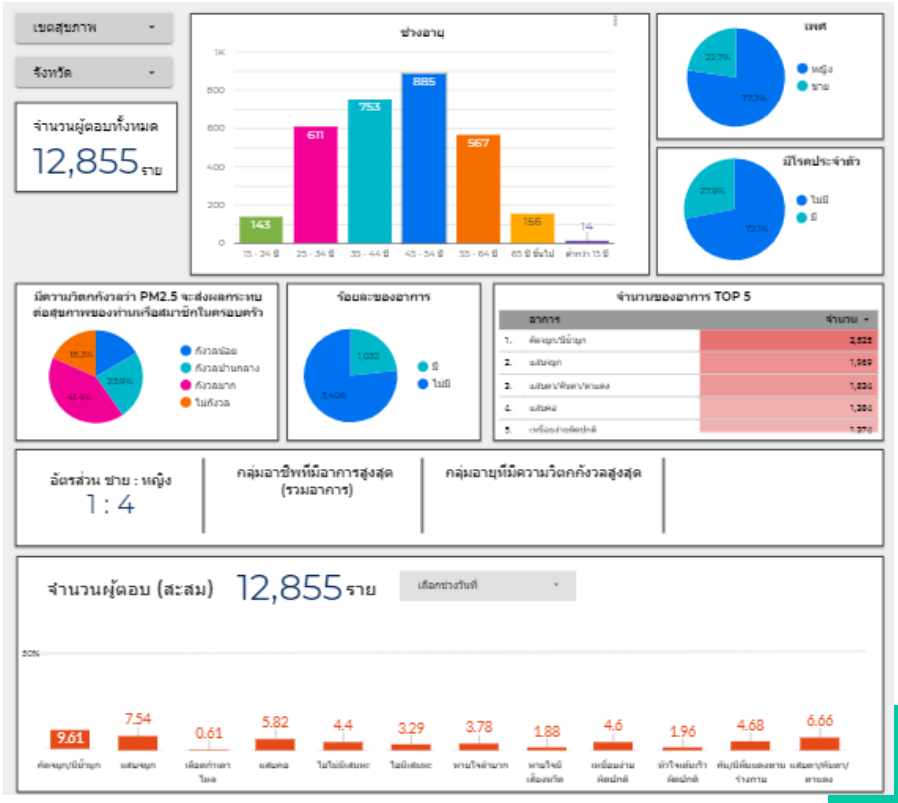
2) กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข ที่ได้รวบรวมรายงานผลการเก็บข้อมูลประชากร และข้อมูลสุขภาพของคนไทยทั้งประเทศ ซึ่งสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลของประชากรในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการเกิดโรคและการเจ็บป่วย กับผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ ในพื้นที่ต่าง ๆ เช่น โปรแกรม BenMAP สามารถสืบค้นได้ในคลังข้อมูล ของเว็บไซต์ของกองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข (https://bps.moph.go.th) ดังที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 เว็บไซต์ของกองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข
ที่มา: กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข

3) กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย ที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลประชากร และผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่น $PM_{2.5}$ รวมทั้งมาตรการการดำเนินการด้านการแพทย์และสาธารณสุข กรณีหมอกควันและฝุ่นละอองขนาดเล็ก ซึ่งมีการเผยแพร่ข้อมูลในเว็บไซต์ของกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย (https://hia.anamai.moph.go.th/th) ดังรูปที่ 2.10 และ 2.11 ซึ่งประชาชนทั่วไปสามารถเข้าไปติดตามข้อมูลได้ และรับทราบข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลสุขภาพและผลกระทบที่เกิดจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ได้

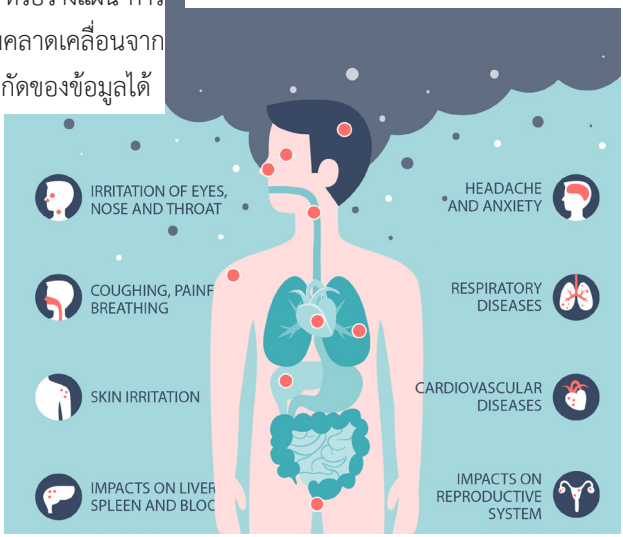
รูปที่ 2.10 เว็บไซต์ของกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ



รูปที่ 2.11 ผลการสำรวจข้อมูลประชากร และผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่น $PM_{2.5}$
ที่มา: กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

ทั้งนี้ นอกจากเว็บไซต์ของหน่วยงานที่เกี่ยวกับภายในประเทศแล้ว ข้อมูลด้านผลกระทบต่อสุขภาพจากปัญหามลพิษนั้น ยังมีการรวบรวมไว้ในฐานข้อมูลขององค์การอนามัยโลก ซึ่งรวบรวมและนำเสนอข้อมูลจากทุกประเทศทั่วโลก ประชาชนสามารถเข้าไปติดตามได้ในเว็บไซต์ขององค์การอนามัยโลก (https://www.who.int/) ดังที่แสดงในรูปที่ 2.12 ซึ่งถือเป็นเว็บไซต์ที่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย และเป็นแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ สามารถใช้ในการอ้างอิงต่าง ๆ ทางวิชาการได้ แต่พบว่าข้อมูลรายงานการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศในประเทศไทยในฐานข้อมูลขององค์การอนามัยโลกนั้นไม่ได้เป็นข้อมูลปัจจุบันและไม่ได้แสดงที่มาของข้อมูลที่ประชาชนสามารถตรวจสอบได้มามีความครบถ้วน หรือเก็บข้อมูลมาด้วยวิธีการใดจึงทำให้การนำข้อมูลจากฐานข้อมูลขององค์การอนามัยโลกมาใช้ในการอ้างอิง หรือวางแผน การดำเนินงาน ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงเนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลได้

ในขณะเดียวกัน หากพิจารณาการนำเสนอข้อมูลผลกระทบต่อสุขภาพในประเทศไทยจากแหล่งข้อมูลในระดับนานาชาติที่แตกต่างกัน จะพบว่าผลที่ได้อาจจะแตกต่างกัน และไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ เนื่องจากมีการประยุกต์ใช้วิธีการประเมิน การคาดการณ์และแหล่งข้อมูลพื้นฐานที่ต่างกัน เช่น ฐานข้อมูลขององค์การอนามัยโลกล่าสุดเมื่อปี 2561 พบว่าประเทศไทยมีการเสียชีวิตที่มีสาเหตุมาจากมลพิษอากาศ ทั้งหมด 33,456 ราย ในขณะที่รายงานสถานการณ์ของอากาศโลก (Health Effects Institute, 2020) ระบุว่าพบว่า ในปี 2562 ประเทศไทยมีการเสียชีวิตที่มีสาเหตุมาจากมลพิษอากาศ ทั้งหมด 41,000 ราย ซึ่งเราไม่สามารถจะตีความได้ว่า ประเทศไทยมีอัตราการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้น หากเปรียบเทียบชุดข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน



Thailand			
Total	48.71 [41.27 – 57.64]	58.41 [49.7 – 68.62]	39.48 [33.06 – 47]
Lower respiratory infections	13.69 [8.53 – 19.37]	14.91 [9.3 – 21.11]	12.52 [7.8 – 17.71]
Trachea, bronchus, lung cancers	4.09 [2.31 – 6.16]	5.69 [3.21 – 8.56]	2.57 [1.45 – 3.87]
Ischaemic heart disease	13.96 [10.91 – 16.86]	16.3 [13.19 – 19.15]	11.72 [8.78 – 14.61]
Stroke	8.89 [6.85 – 11.9]	10.76 [8.61 – 13.41]	7.11 [4.99 – 10.47]
Chronic obstructive pulmonary disease	8.09 [4.38 – 12.63]	10.74 [5.81 – 16.78]	5.56 [3.01 – 8.68]

รูปที่ 2.12 ข้อมูลการเสียชีวิตที่เกิดจากมลพิษอากาศ
ที่มา: องค์การอนามัยโลก

การมีช่องทางสื่อสารออนไลน์ต่าง ๆ ที่ประชาชนสามารถเข้าถึงได้ง่าย เป็นข้อมูลที่ผ่านการแปรผลวิเคราะห์ผลที่เข้าใจง่าย และมีการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ จะเป็นการพัฒนาที่สำคัญและจำเป็นในการสื่อสารข้อมูลด้านผลกระทบต่อสุขภาพให้ประชาชนได้รับรู้ และสร้างความตระหนักในการป้องกันตนเองจากผลกระทบต่อสุขภาพได้มากขึ้น

2.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลด้านสุขภาพ

การดำเนินการดูแลและเฝ้าระวังภาวะสุขภาพของประชาชน ซึ่งอยู่ภายใต้การดูแลของกระทรวงสาธารณสุข ตามระบบการส่งต่อข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ ของส่วนภูมิภาคจนถึงส่วนกลางนั้น สามารถดำเนินการเก็บข้อมูลได้เฉพาะการบริหารงานสาธารณสุขส่วนภูมิภาคที่อยู่ในการควบคุมดูแลของกระทรวงสาธารณสุขเท่านั้น แต่การเก็บข้อมูลในพื้นที่กรุงเทพมหานครนั้น มีการเก็บข้อมูลที่หลากหลาย เช่นโรงพยาบาลที่สังกัดกระทรวงสาธารณสุขก็จะมีรายงานข้อมูลไปที่กระทรวงสาธารณสุข ส่วนหนึ่งอยู่ภายใต้การดูแลของสำนักงานการบริการกรุงเทพมหานคร และเป็นของโรงพยาบาลที่เก็บข้อมูลเอง ทำให้ข้อมูลชุดหนึ่งที่สำคัญของประเทศอยู่อย่างกระจัดกระจาย ยากต่อการรวบรวมและนำมาใช้ประโยชน์ในการเฝ้าระวังและวางแผนในการลดผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศในระดับประเทศและนโยบายได้ (Pollution Control Department et al., 2018)

2.4.3 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและแนวทางการวิจัยในอนาคต

กรมควบคุมมลพิษ สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ และกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ภายใต้การสนับสนุนจาก UN Environment ได้ทำการศึกษาประเมินคุณภาพอากาศเพื่อนโยบายด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย (Pollution Control Department et al., 2018) และจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยในอนาคตเพื่อนำไปสู่การลดผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศ ดังนี้

1) ควบคุมและลดมลพิษอากาศ ณ แหล่งกำเนิด

- สร้างความตระหนักรู้ ผ่านการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ ๆ และการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศ
- ทำให้ข้อมูลสามารถเข้าถึงได้ง่าย จากประชาชนทั่วไป ภาคธุรกิจ ภาครัฐ และผู้สนใจ/เกี่ยวข้อง

2) เพิ่มประสิทธิภาพของมาตรการควบคุมต่าง ๆ

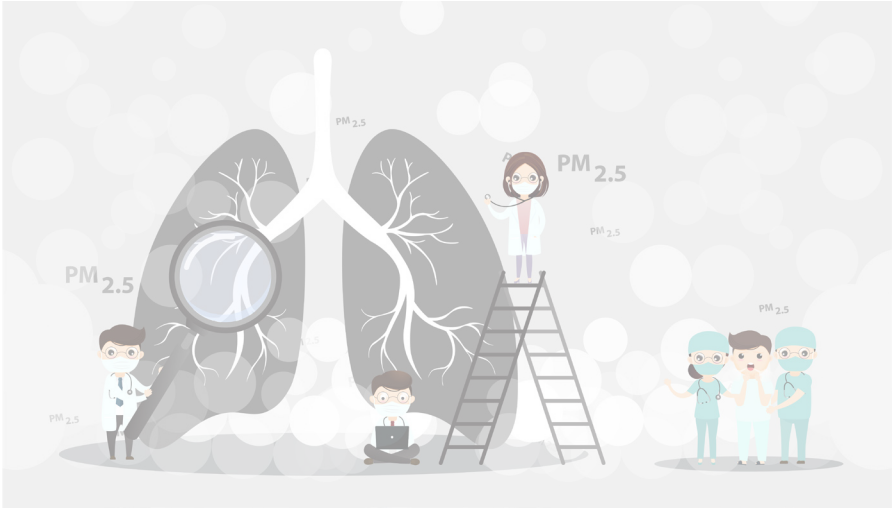
- ทบทวนและปรับแก้มาตรฐานคุณภาพอากาศในระดับประเทศ (ตามความจำเป็น) โดยพิจารณาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทั่วไป และกรณีปัญหาที่เกิดในประชากรกลุ่มเสี่ยง
- ทบทวนและปรับแก้มาตรฐานการปล่อยมลพิษอากาศ (ตามความจำเป็น) โดยพิจารณาถึงขีดความสามารถในการรองรับของพื้นที่ที่บังคับใช้ รวมทั้งพิจารณามาตรฐานคุณภาพอากาศสำหรับพื้นที่เฉพาะ เช่น ตำบลหน้าพระลาน จังหวัดสระบุรี
- เสริมสร้างขีดความสามารถของหน่วยงานท้องถิ่นในการจัดการและควบคุมการปล่อยมลพิษอากาศ

3) พัฒนาการจัดการมลพิษอากาศ

- พัฒนาระบบสำหรับการเก็บข้อมูลสุขภาพ
- พัฒนาระบบสำหรับการวินิจฉัยโรคที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และเหมาะสม รวมทั้งการแบ่งประเภทของกรณีการเจ็บป่วยและเสียชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีฉุกเฉิน
- พัฒนาความร่วมมือระหว่างโรงพยาบาลเอกชน และโรงพยาบาลภายใต้ที่การควบคุมดูแลของกระทรวงมหาดไทย และมหาวิทยาลัย ในการรายงานข้อมูลการเจ็บป่วยและเสียชีวิตไปยังกระทรวงสาธารณสุข เพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลรวมของทั้งประเทศ จะทำให้สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4) ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

- บูรณาการข้อมูลการตรวจวัดด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในฐานข้อมูลระดับชาติ
- เผยแพร่ข้อมูลผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสมลพิษอากาศ โดยมุ่งเน้นที่การให้ข้อมูลการป้องกันสุขภาพที่เหมาะสม
- ข้อมูลมลพิษอากาศรายชั่วโมงและข้อมูลสุขภาพที่ไม่ระบุตัวตน ควรเป็นข้อมูลเปิดที่นักวิจัยและประชาชนทั่วไปสามารถเข้าถึงได้ เพื่อที่จะสนับสนุนการใช้ข้อมูลเหล่านี้ให้ได้ประโยชน์สูงสุด
- จัดเตรียมรายงานระดับชาติเพื่อนำเสนอสถานการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศในทุก ๆ 2 ปี โดยหนึ่งในเป้าหมายคือการที่จะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสุขภาพและสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจน
- จัดกิจกรรมทางวิชาการร่วมกันอย่างสม่ำเสมอ เพื่อที่จะสนทนาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เกี่ยวกับสถานการณ์ล่าสุดของมลพิษอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพในประเทศ รวมทั้งผลงานวิจัยใหม่ ๆ ในหัวข้อที่เกี่ยวข้อง
- ส่งเสริมงานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศ โดยมุ่งเน้นที่สถานการณ์ในประเทศ สำหรับตัวอย่างประเด็นสำคัญที่ยังมีข้อมูลจำกัด ได้แก่ การใช้ biomarkers สำหรับการตรวจวัดการสัมผัสและผลกระทบ และผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมจากมลพิษอากาศ



บทที่ 3

ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) จากการประเมินด้วยหลักการระบาดวิทยาและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

3.1 เทคนิคที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

3.1.1 เทคนิคที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพด้วยหลักการระบาดวิทยา การศึกษาด้วยหลักการระบาดวิทยา คือการศึกษาการเกิดขึ้นและกระจายตัวของเหตุการณ์สถานะ และกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ ในกลุ่มประชากรหนึ่ง ทั้งยังศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยบ่งบอกที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ หรือกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพนั้น ๆ เพื่อใช้ความรู้ที่ได้มาในการควบคุมหรือป้องกันไม่ให้มีปัญหาทางสุขภาพนั้นเกิดขึ้นอีก โดยเครื่องมือการศึกษาทางระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อมกับมลพิษอากาศ ได้ถูกนำมาสรุปและจัดหมวดหมู่ตามที่แสดงในรูปที่ 3.1

3.1.1.1 การประเมินผลกระทบทางสุขภาพจากการสัมผัสระยะยาว

1) การศึกษาติดตามผล (Cohort study) เป็นรูปแบบการศึกษาขั้นพื้นฐานของการศึกษาแบบระบาดวิทยา โดยในวิธีการนี้ กลุ่มผู้เข้าร่วมการศึกษาที่เป็นกลุ่มเสี่ยงจากการได้รับมลพิษอากาศ (Cohort) แต่ยังไม่มีผลกระทบทางสุขภาพหรือความเจ็บป่วยใด ๆ อยู่ จะถูกระบุตัวตนและจำแนกตามคุณลักษณะต่าง ๆ ของผู้เข้าร่วมการศึกษาจากจุดตั้งต้น (Baseline) ไปจนถึงตอนที่มีการอุบัติขึ้นของโรคตามระยะเวลาที่ผ่าน เพื่อที่จะประมาณความเสี่ยงของการเกิดโรค โดยการเปรียบเทียบคุณลักษณะต่าง ๆ ของผู้เข้าร่วมการศึกษาที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการศึกษาจะมีการติดตาม (Follow-up) เป็นระยะ ๆ เพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นต่อผู้เข้าร่วมการศึกษา ซึ่งถึงแม้ว่าการศึกษาจะมีความยากลำบาก หลายประเภทเช่น การขาดการติดต่อ หรือไม่สามารถติดตามผู้เข้ารับการศึกษาได้ (Loss of follow-up) การใช้เวลาที่ยาวนานในการศึกษา (หลายปี) ความลำเอียง (Bias) ในการเลือกผู้เข้าร่วมการศึกษา แต่จุดเด่นสำคัญของการศึกษานี้คือสามารถระบุได้อย่างแน่ชัดว่า ปัจจัยเสี่ยงใด ที่อาจจะเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดโรคหรือผลกระทบทางสุขภาพนั้น ๆ ได้ (Belbasis & Bellou, 2018; Thomas, 2009)

2) การศึกษาภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) เป็นการศึกษาขนาดความชุกของโรค (Prevalence of disease) ณ ช่วงเวลาหนึ่ง โดยทั่วไปแล้วกลุ่มประชากรที่เข้าร่วมการศึกษา จะอาศัยอยู่ในเขตพื้นที่หนึ่ง เช่นระดับประเทศ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างของกลุ่มประชากรนี้จะถูกสุ่มมา (Random sampling) เพื่อให้ตอบคำถามต่าง ๆ เพื่อจัดทำเป็นข้อมูลสถานะทางสุขภาพ พร้อมกับข้อมูลลักษณะทั่วไป (Demographic data) และปัจจัยเสี่ยงทางสุขภาพที่สนใจของกลุ่มตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม การศึกษาประเภทนี้ไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยเสี่ยงที่สนใจนั้น เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคได้ เพราะไม่ได้มีการติดตามกลุ่มตัวอย่างและปริมาณการสัมผัสกับผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นก็ถูกศึกษาในช่วงเวลาเดียวกัน ดังนั้นผลการศึกษาภาคตัดขวางบ่อยครั้งจึงถูกใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการสร้างสมมติฐานต่าง ๆ สำหรับการศึกษาเชิงลึกต่อไป (Belbasis & Bellou, 2018; Thomas, 2009)

3) การศึกษาแบบ Case-control เป็นการศึกษาทางระบาดวิทยาเชิงสังเกต (Observational study) ของบุคคลที่มีโรคกับกลุ่มบุคคลที่ไม่มีโรคที่ต้องการศึกษาจากกลุ่มประชากรเดียวกัน และมีลักษณะต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน เช่น อายุ เพศ หรือเชื้อชาติ โดยใน

การออกแบบการศึกษา กลุ่มผู้เข้ารับการศึกษาจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มที่มีโรค (Case) และกลุ่มที่ไม่มีโรค (Control) ที่จะหาค่า Odds Ratio (OR) ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนของการเกิดโรคในกลุ่มผู้ที่ได้สัมผัสกับมลพิษหรือมีปัจจัยเสี่ยง ต่ออัตราส่วนการเกิดโรคของกลุ่มผู้ที่ไม่ได้รับสัมผัสกับมลพิษหรือไม่มีปัจจัยเสี่ยง ซึ่งจะสามารถบอกโอกาสของการเกิดโรคในกลุ่มที่ได้รับปัจจัยเสี่ยงได้ นอกจากนี้หากโรคที่ศึกษาเป็นโรคหายาก (rare disease) การศึกษาแบบ Case-control ก็สามารถใช้ค่า Odds Ratio แทนการหาค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Relative Risk: RR) ได้อีกด้วยเนื่องจากว่าในโรคที่หายากค่า Odds Ratio มักจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Belbasis & Bellou, 2018; Thomas, 2009)

3.1.1.2 การประเมินผลกระทบทางสุขภาพจากการสัมผัสระยะสั้น

1) การศึกษาแบบอนุกรมเวลา (Time-series study)

คือเทคนิคที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการได้รับฝุ่น $PM_{2.5}$ ในระยะสั้นก่อให้เกิดผลกระทบทางสุขภาพแบบเฉียบพลัน (Acute effects) ซึ่งวิธีการประเมินความเสี่ยงทางระบาดวิทยาแบบทั่วไปไม่อาจที่จะสามารถประเมินได้อย่างชัดเจน หรือมีค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Relative Risk: RR) แค่เล็กน้อย เนื่องจากมีตัวแปรกวน (Confounder) หลากหลายประเภท เช่น สถานที่ และผู้คนที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา จึงทำให้การประเมินทำได้ยากและไม่เห็นความสัมพันธ์ที่ชัดเจน ดังนั้น วิธีการที่มีความอ่อนไหวน้อยมากต่อการเปลี่ยนในระยะเวลาอย่าง Time-series study จึงถูกนำมาใช้ เพราะสามารถที่จะระบุความสัมพันธ์ระหว่างการอุบัติของโรคและปริมาณการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ แบบรายวันได้ เพื่อให้เห็นผลกระทบทางสุขภาพที่เกิดขึ้นต่อผู้ที่ได้รับฝุ่นละอองขนาดเล็กในระยะอันสั้นได้อย่างชัดเจน (Hassan et al., 2021; Thomas, 2009)

2) การศึกษาข้ามกลุ่ม (Case-crossover study)

คือวิธีการศึกษาการตอบสนองอย่างเฉียบพลันของผู้เข้าร่วมการศึกษาต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป โดยใช้ตัวผู้เข้าร่วมเองเป็นกลุ่มที่มีโรค (Case) และกลุ่มควบคุม (Control) ผ่านช่วงเวลาที่เปลี่ยนไป ซึ่งผู้เข้าร่วมการศึกษาจะถูกเฝ้าตามในช่วงเวลาเดียวกัน เป็นระยะเวลาหนึ่ง เช่นในวันเดียวกันของแต่ละสัปดาห์ โดยหลังจากนั้นแล้วผลกระทบทางสุขภาพของผู้เข้าร่วมการศึกษาจะถูกนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาว่ามีปัจจัย (Exposure factor) ไหนบ้างที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสุขภาพนั้น โดยเทียบกันระหว่างช่วงที่ไม่พบโรคและ

ช่วงที่มีโรคเกิดขึ้น (Hassan et al., 2021; Thomas, 2009) ยกตัวอย่างเช่นการศึกษาผลกระทบเฉียบพลันของการสัมผัสกับสารเคมีรั่วไหลจากโรงงานในหมู่บ้านแห่งหนึ่งในระยะเวลาหนึ่งเดือน อาจจะมีการเก็บข้อมูลสถานะสุขภาพของชาวบ้านทุก ๆ หนึ่งสัปดาห์เพื่อที่สุดท้ายแล้ว จะนำมาเปรียบเทียบกันจากวันเริ่มต้นและวันสุดท้ายเพื่อศึกษาการเกิดโรคจากปัจจัยเสี่ยงที่เกิดขึ้น (สารเคมี)

3) การศึกษาแบบต่อเนื่อง (Panel study)

คือวิธีการศึกษาที่คล้ายคลึงกับการศึกษาแบบ Time-series ที่มีการเก็บข้อมูลผลกระทบทางสุขภาพแบบเฉียบพลัน ที่เกิดจากมลพิษอากาศหรือปัจจัยอื่น ๆ ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามกาลเวลา ซึ่งการศึกษาแบบต่อเนื่อง จะสามารถชี้ได้ถึงระดับตัวบุคคล โดยหลักการแล้วการศึกษาประเภทนี้มีความเหมือนกันกับการศึกษาระยะยาว (Longitudinal studies) ทั่วไป หากแต่มีระยะการศึกษาที่สั้นกว่า (สัปดาห์หรือเดือน) เนื่องจากมีกลุ่มเป้าหมายหลักคือผู้ที่อ่อนไหวหรือแพ้ต่อมลพิษอากาศหรือสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป (Hassan et al., 2021; Thomas, 2009)

รูปที่ 3.1 เครื่องมือการศึกษาทางระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อมกับมลพิษอากาศ

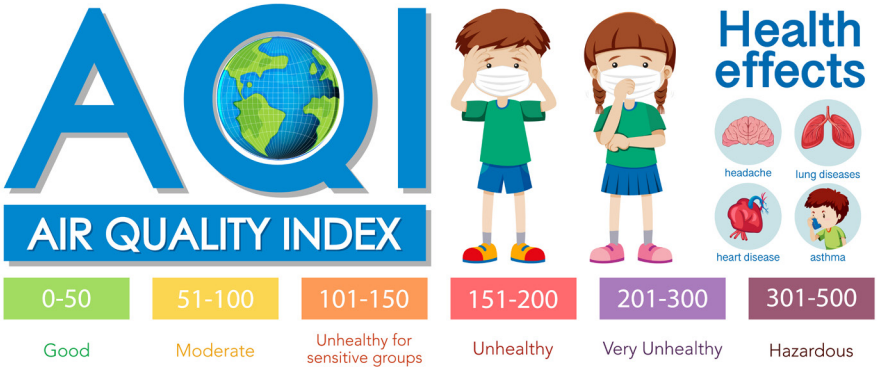
3.1.2 เทคนิคที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพด้วยหลักการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ

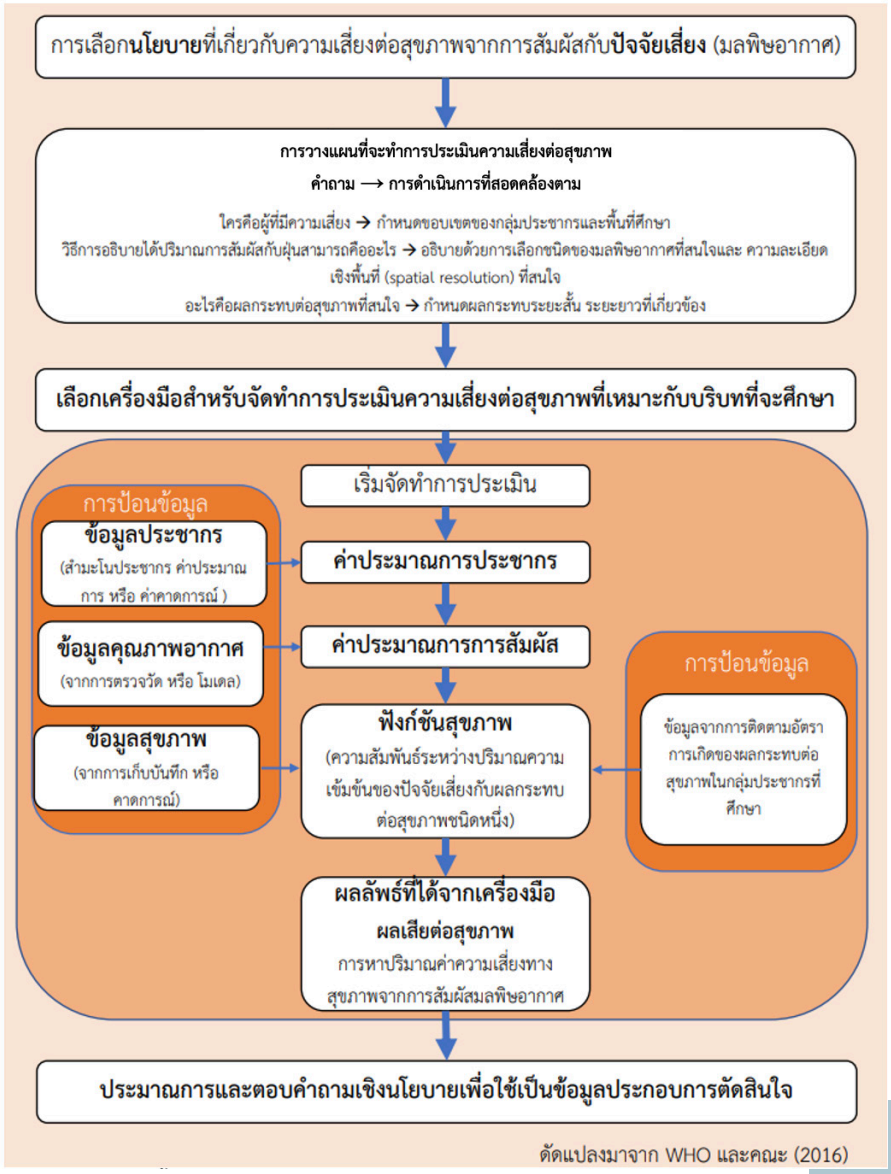
การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพคือ การประเมินทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแนวโน้มที่จะเกิดผลกระทบทางสุขภาพ จากการสัมผัสกับปัจจัยคุกคาม (Hazards) ต่าง ๆ ซึ่งในที่นี้คือฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยเป้าหมายหลักของการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ คือเพื่อที่จะประมาณการความเสี่ยงจากการสัมผัสปัจจัยคุกคามที่เกิดขึ้นทั้งในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการสัมผัส ซึ่งอาจจะสืบเนื่องมาจากผลของการปรับใช้มาตรการเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศ หรือการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอากาศ โดยการประเมินปัจจัยหลักอยู่ 3 อย่าง ประกอบไปด้วย 1) ปริมาณหรือความเข้มข้นของมลพิษอากาศ 2) จำนวนของผู้ที่สัมผัสกับมลพิษอากาศ 3) ค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพต่อความเข้มข้นของมลพิษ โดยมีข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพโดยหลัก คือ ข้อมูลประชากร ข้อมูลคุณภาพอากาศ ข้อมูลอัตราการป่วย และเสียชีวิต และข้อมูลการประเมินความเสี่ยง (ค่าสัมประสิทธิ์ β ของการเปลี่ยนแปลงระหว่างความเข้มข้นของมลพิษและผลกระทบทางสุขภาพ) โดยได้จากการศึกษาทางระบาดวิทยาเชิงปริมาณ ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกับมลพิษอากาศ และผลกระทบทางสุขภาพ ซึ่งเมื่อรวมผลการประเมินเข้าด้วยกันแล้ว ผลการศึกษาที่ได้ออกมา จะถูกนำไปใช้ในการช่วยให้ผู้มีหน้าที่ออกนโยบายหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่าง ๆ สามารถนำไปใช้ช่วยในการตัดสินใจการออกนโยบายหรือมาตรการที่จะช่วยในการปรับปรุงคุณภาพอากาศต่อไป (World Health Organization, 2016) โดยรูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นถึงภาพรวมและขั้นตอนของการจัดทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ

1) The Environmental Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP) BenMAP คือหนึ่งในเครื่องมือการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ ที่ถูกพัฒนาโดยหน่วยงานเจ้าของเรื่อง สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency : EPA) เพื่อใช้ในการช่วยเหลือการพัฒนาสิ่งแวดล้อมตามข้อบังคับของประเทศ ซึ่งเครื่องมือนี้สามารถศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยเสี่ยงหลากหลายประเภท เช่น ฝุ่น $PM_{2.5}$ หรือโอโซน (O_3) ต่อสุขภาพของประชาชน ซึ่งจุดประสงค์ของการศึกษาสามารถมีได้หลายอย่าง เช่น การหาจำนวนของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร หรือการหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร จากการเปลี่ยนแปลงของระดับและการกระจายตัวของฝุ่น $PM_{2.5}$ หรือ O_3 ในระดับ

ประเทศ ซึ่งวิธีการหลักที่ใช้ในการประเมินคือ การประเมินการกระจายเชิงพื้นที่ (Spatial distribution) ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในอดีต การเปลี่ยนแปลงของจำนวนผู้ได้รับการสัมผัสกับมลพิษ และผลกระทบทางสุขภาพโดยใช้ข้อมูลฟังก์ชันการตอบสนองต่อความเข้มข้นของมลพิษ (Concentration-Response Function: CRF) จากการศึกษาทางระบาดวิทยา ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปประมวลเพื่อหาค่าประมาณการความเสี่ยงต่อสุขภาพได้ในที่สุด (World Health Organization, 2016)

2) AirQ+ เป็นอีกหนึ่งในเครื่องมือการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งได้รับการพัฒนาโดยองค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ใช้ในประเทศแถบยุโรปสำหรับช่วงแรก โดยมีเป้าหมายที่จะ 1) นำเสนอข้อมูลผลกระทบทางสุขภาพที่สำคัญ ที่เกิดขึ้นจากมลพิษอากาศ 2) ส่งเสริมให้มีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษอากาศ ทั้งในระดับท้องถิ่นไปจนถึงระดับประเทศ 3) เพื่อเผยแพร่ข้อมูลให้แก่องค์กรท้องถิ่น 4) ให้ผลการศึกษาที่ง่ายต่อการแปลผลและสื่อสาร เช่น ค่าสัดส่วนของการเกิดโรคในกลุ่มประชากรที่สนใจอันเนื่องมาจากปัจจัยเสี่ยงนั้น ๆ (Attributable fraction) อัตราการป่วยและเสียชีวิต และจำนวนปีที่สูญเสียไปก่อนวัยอันควร (Year of Life Lost: YLL) นอกจากนี้โดยรวมแล้ว AirQ+ มีวิธีการและการใช้งานที่คล้ายคลึงกับ BenMAP ยกเว้นว่า AirQ+ ได้คำนึงถึงมลพิษอากาศในบ้านและในบรรยากาศ ในขณะที่ BenMAP สามารถประเมินได้เพียงมลพิษที่อยู่ภายนอกอาคาร และ AirQ+ ไม่ได้คำนึงถึงผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ และผู้ใช้งานหลักส่วนใหญ่ของ AirQ+ คือบุคลากรการแพทย์หรือนักสาธารณสุข เมื่อเทียบกับ BenMAP ที่มีกลุ่มผู้ใช้งานที่กว้างกว่า (Sacks et al., 2020; World Health Organization, 2016)





รูปที่ 3.2 ภาพรวมขั้นตอนการจัดทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ

3.2 ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากผลการศึกษาในต่างประเทศ

3.2.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการประเมินด้วยหลักการระบาดวิทยา

3.2.1.1 ผลกระทบทางสุขภาพจากการสัมผัสระยะยาว

1) โรคทางเดินหายใจ

Liu et al. (2017) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis) เพื่อศึกษาผลกระทบทางสุขภาพที่เกี่ยวกับโรคทางเดินระบบหายใจ จากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยได้รวบรวมผลการศึกษาติดตามผลจากหลากหลายประเทศทั่วโลกโดยส่วนมากมาจากประเทศแถบอเมริกาเหนือและยุโรป รวมทั้งสิ้น 35 การศึกษา โดยผลการศึกษาพบว่า ความเสี่ยงที่จะเกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจอย่างมีนัยสำคัญ ในสถานการณ์ที่มีมลพิษฝุ่น $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มประชากรเด็ก และบุคคล ที่มีอาการไอ โรคทางเดินหายใจส่วนล่าง หายใจเป็นเสียงวีด ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ที่อาศัยอยู่ในทวีปอเมริกา ยุโรป และ เอเชีย โดยมีค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์รวม (Pooled Relative Risk) ที่แปลผลได้ว่า ในกลุ่มเด็กมีอาการหายใจเป็นเสียงวีด อาการไอ และการเจ็บป่วยด้วยโรคติดเชื้อในระบบหายใจส่วนล่าง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ร้อยละ 8.2 7.5 และ 15.3 ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่าในสถานการณ์ที่ค่าฝุ่น $PM_{2.5}$ น้อยกว่า 25 มคก./ลบ.ม. ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์รวม (Pooled Relative Risk) มีค่าเท่ากับ 1.091 (95% CI: 1.049-1.135) และ 1.126 (95% CI: 1.067-1.190) ในสถานการณ์ที่ค่าฝุ่น $PM_{2.5}$ มากกว่าหรือเท่ากับ 25 มคก./ลบ.ม.

2) โรคมะเร็งปอด

Ciabattini et al. (2021) ได้ทำการศึกษาการทบทวนอย่างเป็นระบบ (Systematic review) และการวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis) ของการศึกษาที่มีได้คุณภาพสูงที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่น $PM_{2.5}$ และความเสี่ยงที่จะอุบัติหรือเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งปอด ทั้งสิ้น 15 การศึกษาจากประเทศแถบอเมริกาเหนือ ยุโรป และเอเชียเป็นจำนวน 8 3 และ 5 การศึกษาตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Relative Risk) ของทุก ๆ การเพิ่มขึ้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ 10 มคก./ลบ.ม. กับการอุบัติหรือเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งปอดมีค่าเท่ากับ 1.16 (95% CI: 1.09-1.23) โดยจำแนกเป็นค่าที่เกิดจากการเสียชีวิตเท่ากับ 1.17 (95% CI: 1.10-1.25) และการอุบัติของโรคเท่ากับ 1.11 (95% CI: 0.85-1.37)

3) โรคมะเร็ง

Yu et al. (2021) ได้ทำการศึกษาการทบทวนอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมาน ของการศึกษาที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ภายนอกบ้านและความเสี่ยงต่อการอุบัติหรือเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็ง ซึ่งจากการศึกษาทั้งสิ้น 21 การศึกษาพบว่า ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์รวม (Pooled Relative Risk) ของการอุบัติหรือเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งปอดทุก ๆ การเพิ่มขึ้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ 10 มคก./ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 1.16 (95% CI: 1.10-1.23) นอกจากยังพบความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของการอุบัติหรือตายด้วยโรคมะเร็งเต้านมซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.18 (95% CI: 0.81-1.73) นอกจากนี้ยังพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสฝุ่น $PM_{2.5}$ กับมะเร็งชนิดอื่น ๆ ในบางการศึกษา แต่เนื่องจากว่ายังผลการศึกษายังมีความไม่แน่นอนจึงจำเป็นต้องมีการจัดทำการวิจัยต่อไป

4) โรคหัวใจและการเสียชีวิตด้วยสาเหตุจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุ

Faustini et al. (2014) ทำการศึกษาการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมาน (ของการศึกษาที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ หรือไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) กับการเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจ การเสียชีวิตด้วยโรคทางเดินหายใจ และการเสียชีวิตด้วยสาเหตุจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุ โดยมีทั้งหมด 19 การศึกษาโดยมี 11 การศึกษาที่เกี่ยวกับฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยผลการศึกษาพบว่า ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์รวมของการเสียชีวิตด้วยสาเหตุจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุ การเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจ และการเสียชีวิตด้วยโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ ต่อทุก ๆ การเพิ่มขึ้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ 10 มคก./ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 1.05 (95% CI: 1.01–1.09) 1.20 (95% CI: 1.09–1.31) และ 1.05 (95% CI: 1.01–1.09) ตามลำดับ

5) โรคสันนิบาต หรือโรคพาร์กินสัน

Kasdagli et al. (2019) ทำการศึกษาการทบทวนอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมานของการศึกษาที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกับมลพิษอากาศกับการอุบัติของโรคสันนิบาต โดยมีการศึกษาที่เกี่ยวกับการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ อยู่ 6 การศึกษา และผลการศึกษาพบว่า ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์รวมของการเกิดของโรคสันนิบาตต่อทุก ๆ การเพิ่มขึ้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ 10 มคก./ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 1.06 (95% CI: 0.99, 1.14) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบอีกว่าผลการศึกษามีความไม่เป็น

เอกพันธ์ (heterogeneity) ค่อนข้างสูงในแต่ละการศึกษา สืบเนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างประชากรที่เข้าร่วมในแต่ละการศึกษา

6) โรคเบาหวานชนิดที่ 2 (type 2 diabetes mellitus, T2DM)

Yang et al. (2020) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์อภิมานของการศึกษาที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกับมลพิษอากาศกับการอุบัติของโรคเบาหวานชนิดที่ 2 โดยจากทั้งหมด 16 งานศึกษา มี 10 งานศึกษาที่ดูความสัมพันธ์ของฝุ่น $PM_{2.5}$ กับโรคเบาหวาน ซึ่งผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนความเสี่ยงอันตราย (Hazard Ratio : HR) ของการเกิดโรคเบาหวานต่อทุก ๆ การเพิ่มขึ้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ 10 มคก./ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 1.11 (95% CI: 1.03-1.19) นอกจากนี้ ผู้จัดทำวิจัยยังได้ทำการวิเคราะห์แบบ Stratified Analysis เพื่อยืนยันว่า ฝุ่น $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเพิ่มขึ้นของการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในกลุ่มประชากรอเมริกา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.12 (95% CI: 1.06-1.18) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ในกลุ่มประชากรยุโรป มากไปกว่านั้นยังพบว่ามีแนวโน้มที่ระดับการศึกษาและเพศ อาจส่งผลต่อการอุบัติของโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อีกด้วย

3.2.1.2 ผลกระทบทางสุขภาพจากการสัมผัสระยะสั้น

1) โรคหืดในเด็ก

Lim et al. (2016) ได้ทำการศึกษาการทบทวนอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมานของการศึกษาที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่น $PM_{2.5}$ กับจำนวนของเด็กการรับเข้าโรงพยาบาล (Admission) และการเข้ารับบริการห้องฉุกเฉินเพื่อรักษาโรคหืด โดยจากการศึกษาแบบอนุกรมเวลาและการศึกษาข้ามกลุ่ม รวมเป็น 26 การศึกษา พบว่าผลกระทบจากการได้รับฝุ่น $PM_{2.5}$ ทุก ๆ 10 มคก./ลบ.ม. มีค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์รวมของการรับเข้าโรงพยาบาลและบริการห้องฉุกเฉินเพื่อรักษาโรคหืด เท่ากับ 1.048 (95% CI: 1.028-1.067) ซึ่งสัมประสิทธิ์ของผล (effect coefficients) มีค่าแตกต่างไปตามพื้นที่ โดยพบว่าประเทศแถบเอเชีย มีค่าต่ำกว่าประเทศแถบอเมริกาเหนือและยุโรป

2) การเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจทางเดินหายใจ และทุกกลุ่มโรคที่ไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุ

Atkinson et al. (2014) ได้ทำการศึกษา ทบทวนอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมานของการศึกษาที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่น $PM_{2.5}$ กับจำนวนของผู้ที่เสียชีวิต และการรับเข้าโรงพยาบาลรายวัน โดยประกอบไปด้วยการศึกษาทั้งสิ้น

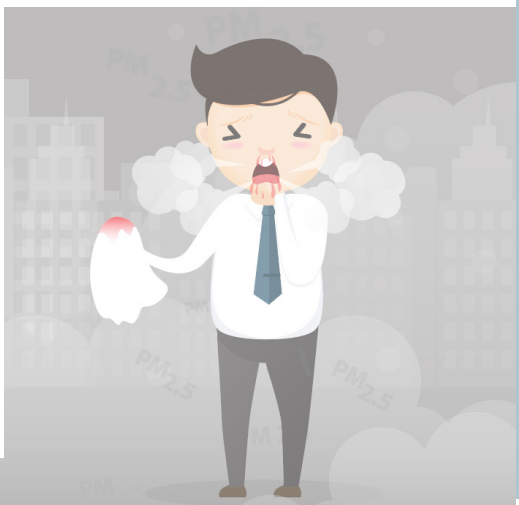
110 การศึกษาโดยส่วนมากมาจากแถบอเมริกาเหนือ และยุโรป ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ทุก ๆ การเพิ่มขึ้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ 10 มคก./ลบ.ม. จะพบการเพิ่มขึ้นของการเสียชีวิตด้วยสาเหตุจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุ ร้อยละ 1.04 (95% CI: 0.52%-1.56%) การเสียชีวิตด้วยโรคทางเดินหายใจร้อยละ 1.51 (95% CI: 1.01%-2.01%) และโรคหัวใจร้อยละ 0.84 (95% CI: 0.41%-1.28%)

3) โรคหัวใจเต้นผิดจังหวะ (Cardiac arrhythmia)

Song et al. (2016) ได้ทำการศึกษาทบทวนอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมานของการศึกษาที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษอากาศกับการเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาล หรือเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจเต้นผิดจังหวะ ประกอบไปด้วย 19 การศึกษาที่เกี่ยวกับฝุ่น $PM_{2.5}$ จากทั้งหมด 23 การศึกษา โดยผลการศึกษาพบว่า ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ต่อทุก ๆ การเพิ่มขึ้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ 10 มคก./ลบ.ม. กับการรับเข้าโรงพยาบาลหรือเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจเต้นผิดจังหวะ มีค่าเท่ากับ 1.015 (95% CI: 1.006–1.024) โดยพบความสัมพันธ์ที่ขึ้นอยู่กับเวลาระหว่างฝุ่น $PM_{2.5}$ กับโรคหัวใจเต้นผิดจังหวะทุกพื้นที่แต่ในประเทศแถบเอเชียพบว่ามีความสัมพันธ์สูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.045 (95% CI: 1.011-1.080)

4) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic Obstructive Pulmonary Disease)

Zhu et al. (2020) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์อภิมานของการศึกษาที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่น $PM_{2.5}$ กับการเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลและเสียชีวิตด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โดยจากการศึกษาทั้งสิ้น 18 การศึกษาพบว่า ต่อทุก ๆ การเพิ่มขึ้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ 10 มคก./ลบ.ม. พบการเพิ่มขึ้นของผู้ที่เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลร้อยละ 2.5 (95% CI 1.8-3.2) และเสียชีวิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.5 (95% CI 0.9%-2.2%) นอกจากนี้ เมื่อมีการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มอายุต่าง ๆ พบว่าคนแก่มีความอ่อนไหวมากกว่าที่จะได้รับผลกระทบทางสุขภาพ จากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ และยังพบค่าความเสี่ยงสูงกว่าในฤดูร้อน และในกลุ่มประเทศยุโรปเมื่อเทียบกับประเทศแถบเอเชีย



3.2.2 ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการประเมินด้วยการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ

1) เมืองย่างกุ้ง ประเทศเมียนมา

Nandar et al. (2020) ได้ทำการศึกษาการประเมินผลประโยชน์ทางสุขภาพ จากการลดลงของปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ ในเมืองย่างกุ้งโดยใช้เครื่องมือ BenMAP ในการประเมิน นอกจากนี้ ยังได้ทำการศึกษาหามูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบทางสุขภาพอีกด้วย ซึ่งใช้ข้อมูลเกี่ยวกับการเสียชีวิตที่มีสาเหตุมาจากการเสียชีวิตด้วยโรคที่ไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุทุกชนิด โรคหัวใจขาดเลือด และโรคมะเร็งปอด เป็นหลัก โดยผลการศึกษาพบว่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ ในเมืองย่างกุ้ง นั้นมีค่าเฉลี่ยรายวันที่เกินข้อแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2005 (25 มค.ก/ลบม.) ตลอดทั้งปีซึ่งส่งผลให้มีผู้ที่คาดว่าเสียชีวิตด้วยโรคที่ไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุ โรคหัวใจ และโรคมะเร็งปอด จากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ประมาณ 1,200 144 และ 48 คน ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นมูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจประมาณ 124 14.9 และ 4.96 ล้านบ้านตามลำดับ เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ (β) ของประเทศไทย และค่าความยืดหยุ่นของอุปสงค์ต่อรายได้ (Income Elasticity of Demand: ε) เท่ากับ 0.4 นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของประเทศอเมริกา จะทำให้เกิดการคาดการณ์ที่สูงเกินไป โดยพบว่ามีผู้ที่คาดว่าเสียชีวิตด้วยโรคที่ไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุ โรคหัวใจ และโรคมะเร็งปอด จากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ เกินค่าแนะนำขององค์การอนามัยโลก ที่ประมาณ 3,936 1,186 และ 195 คน ตามลำดับ

2) เมืองซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย

Broome et al. (2015) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาผลประโยชน์ทางสุขภาพจากการลดลงของปริมาณมลพิษอากาศในเมืองซิดนีย์ ที่มีปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายปีค่อนข้างต่ำประมาณ 8 มคก./ลบ.ม. ซึ่งจุดประสงค์ของการศึกษาคือเพื่อที่จะทราบว่า ค่าดัชนีภาระสุขภาพ (Health Burden) ที่เกิดจากมลพิษอากาศมีค่าเท่าไหร่ และการลดปริมาณของมลพิษอากาศถึงจุดไหน ที่จะสามารถลดจำนวนของผู้ที่ได้รับเข้าการรักษาในโรงพยาบาล การเสียชีวิตก่อนวัยอันควร และจำนวนการสูญเสียปีสุขภาวะ โดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับประชากร สุขภาพของประชากร และปริมาณของฝุ่น $PM_{2.5}$ ของปี 2007 ในโปรแกรม BenMAP เพื่อประมาณการค่าผลกระทบทางสุขภาพและผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า มีผู้ที่เสียชีวิตก่อนวัยอันควรจากการสัมผัมกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ประมาณ 430 (95% CI:

310-540) คน และจำนวนการสูญเสียปีสุขภาวะประมาณ 5,800 (95% CI: 3,900–7,600) ปี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 2 ของจำนวนการตายทั้งหมด และร้อยละ 1.8 ของจำนวนการสูญเสียปีสุขภาวะ ในปี 2007 นอกจากนี้ ยังพบว่ามีผู้ที่เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลด้วยโรคทางเดินหายใจและโรคหัวใจ ประมาณ 630 (95% CI: 410–840) คนอีกด้วย ซึ่งการจำลองการลดลงของปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ เพียงร้อยละ 10 ในปี 2007 พบว่าในระยะเวลา 10 ปีสามารถลดจำนวนผู้ที่เสียชีวิตก่อนวัยอันควรได้มากถึง 650 คน (95% CI: 430–850) และมีได้รับปีสุขภาวะเพิ่มขึ้นถึง 3,500 (95% CI: 2,300–4,600) ปี และลดจำนวนของผู้ที่เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลด้วยโรคทางเดินหายใจและโรคหัวใจลงได้มากถึง 700 (95% CI: 450–930) คน

3) กรุงเตหะราน ประเทศอิหร่าน

Bayat et al. (2019) ได้ทำการศึกษาผลกระทบทางสุขภาพและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศนอกอาคารของกรุงเตหะราน โดยมีจุดประสงค์ที่จะประเมินภาระของการเสียชีวิตที่สามารถหลีกเลี่ยงได้จากการลดปริมาณมลพิษอากาศ และผลกระทบทางเศรษฐกิจที่ตามมา ซึ่งการศึกษาใช้ข้อมูลปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ตรวจวัดได้จากในตัวเมือง และใช้ข้อมูลฟังก์ชันการตอบสนองต่อความเข้มข้นของมลพิษ หรือค่าสัมประสิทธิ์ (β) จากแบบจำลอง Global Exposure Mortality Model (GEMM) ซึ่งถูกนำไปใช้ในโปรแกรม BenMAP และผลการศึกษาพบว่า มีผู้ใหญ่อายุมากกว่า 25 ปีขึ้นไปจำนวน 7,146 (95% CI: 6,596–7,513) คน ที่เสียชีวิตจากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ในปี 2017 โดยมีสาเหตุหลักมาจากโรคหัวใจขาดเลือด โรคหลอดเลือดในสมอง โรคติดเชื้อเฉียบพลันของระบบหายใจส่วนล่าง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง และโรคมะเร็ง โดยคิดเป็นจำนวนผู้เสียชีวิตประมาณ 3,437 (95% CI: 3,315–3,516) 886 (95% CI: 693–1,002) 531 (95% CI: 414–589) 364 (95% CI: 271–420) และ 274 (95% CI: 236–298) คน ตามลำดับ ซึ่งผลการประเมินการทางเศรษฐกิจในปี 2017 พบว่า หากสามารถลดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของฝุ่น $PM_{2.5}$ ให้อยู่ที่ 2.4 มคก./ลบ.ม. ได้ จะสามารถสร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจได้มากถึง 0.591 (95% CI: 0.447–0.624) พันล้านดอลลาร์สหรัฐต่อปี ตามวิธีการประเมินด้วยหลักมูลค่าชีวิตในเชิงสถิติ (Value of Statistical Life: VSL)

4) เมืองตูริน ประเทศอิตาลี

Rizza et al. (2021) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการใช้รถยนต์ไฟฟ้าต่อคุณภาพอากาศ ของเมืองตูริน ประเทศอิตาลี โดยมีเป้าหมายที่จะประเมินและประมาณการผลประโยชน์เชิงสิ่งแวดล้อม สุขภาพ และเศรษฐกิจ จากการนำรถยนต์พลังงานไฟฟ้ามาใช้งานแทนที่รถยนต์ดีเซลทั่วไป ซึ่งได้มีการนำค่าปริมาณมลพิษในอากาศที่เกิดจากการปลดปล่อยของยานพาหนะจากเครื่องตรวจวัดมลพิษ รวมไปถึงข้อมูลเชิงสถิติเกี่ยวกับการเสียชีวิตและการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลด้วยโรคหัวใจและโรคทางเดินหายใจ มาใช้งานกับโปรแกรม BenMAP เพื่อหาผลกระทบทางสุขภาพและเศรษฐกิจ ที่เกิดขึ้นจากการลดปริมาณค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ในระหว่างปี 2025-2030 ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การลดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการนำรถยนต์พลังงานไฟฟ้ามาใช้ สามารถช่วยลดปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ ได้ถึงร้อยละ 49 และ 50 ในปี 2025 และ 2030 ตามลำดับ ซึ่งมีผลประโยชน์ทางสุขภาพคือสามารถลดจำนวนของผู้ที่เสียชีวิต เข้าโรงพยาบาลด้วยโรคทางเดินหายใจ และโรคหัวใจจากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ระยะสั้นในปี 2025 ได้ถึงประมาณ 47 56 และ 40 คน ตามลำดับ และจากการสัมผัสระยะยาวเป็นจำนวนประมาณ 153 87 และ 256 คน ตามลำดับ ซึ่งมีผลการคาดการณ์ที่ใกล้เคียงกันกับในปี 2030 นอกจากนี้ ยังพบว่ามีภาระทางเศรษฐกิจที่เกิดจากปัญหาสุขภาพที่กล่าวไปข้างต้นจากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ในระยะสั้น มากถึง 2.1 ล้านยูโร และประมาณ 4.4 ล้านยูโรสำหรับการสัมผัสระยะยาว นอกจากนี้ ยังมีการประมาณมูลค่าต้นทุนทางสังคม (Social cost) ที่เกิดจากการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร อันมีสาเหตุมาจากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ในระยะสั้นและระยะยาว มากถึง 350 ล้านยูโร และ 1,126 ล้านยูโร ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบกับสถานการณ์ปกติ ด้วยหลักมูลค่าชีวิตในเชิงสถิติ

5) 15 เมืองใหญ่ ประเทศอินเดีย

Manojkumar et al. (2021b) ได้ทำการศึกษาผลกระทบทางสุขภาพของฝุ่นละอองขนาดเล็กในเมืองใหญ่ของประเทศอินเดีย เช่น บังคาลอร์ เดลี จันทราปูร์ เป็นต้น ซึ่งมีจุดประสงค์ที่จะประเมินแนวโน้มของผลกระทบต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้น และระยะยาว ที่เกิดขึ้นต่อประชากรในเมืองเหล่านี้ โดยใช้โปรแกรม AirQ+ เพื่อประมาณค่าของจำนวนผู้ที่เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาล และผู้ที่เสียชีวิตอันมีสาเหตุมาจากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ซึ่งใช้ข้อมูลเกี่ยวกับประชากร ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น การเสียชีวิต อุบัติการณ์ และค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ของโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยผลการศึกษาพบว่ามีผู้ที่ได้รับการรักษาที่โรงพยาบาลด้วยโรคทางเดินหายใจเป็นจำนวนประมาณ 31,307 (ชาย) 28,009 (หญิง) คน และโรคหัวใจ 5,460 (ชาย) 4,882 (หญิง) คน และมีผู้ที่เสียชีวิตรวมเป็นทั้งสิ้นประมาณ 127,014 คน ในปี 2017

ทั้งนี้ข้อมูลโดยทั่วไป ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องมือและวิธีการที่ใช้ในการศึกษา ภูมิภาคและสถานที่ ช่วงปีในการจัดทำการศึกษา ผลกระทบทางสุขภาพที่เกิดขึ้น รวมไปถึงหน่วยชี้วัดที่ใช้ในการประเมินผลกระทบทางสุขภาพในต่างประเทศก็ได้ถูกนำมารวบรวมและสรุปในตารางที่ 3.1 ทั้งนี้ สำหรับการศึกษาทางระบาดวิทยา เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการศึกษาแบบ การศึกษาเชิงวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis)

ตารางที่ 3.1 สรุปข้อมูลของผลการศึกษาจากต่างประเทศ

วิธีการ	ภูมิภาค	ช่วงปี	ผลกระทบ	หน่วยชี้วัด	ขนาด	ต่ำสุด	สูงสุด	แหล่งที่มา
			หายใจมีเสียง	RR	1.07	1.02	1.13	
การศึกษาติดตามผล*	18 อเมริกาเหนือ, 1 อเมริกาใต้, 11 ยุโรป, 2 เอเชีย, 3 โอเชียเนีย	1983-2012	อาการไอ	RR	1.05	1.00	1.10	(Liu et al., 2017)
			โรคติดเชื้อเฉียบพลันของระบบหายใจส่วนล่าง	RR	1.15	1.03	1.29	
การศึกษาติดตามผล*	8 อเมริกาเหนือ, 3 ยุโรป 5 เอเชีย	2006-2019	มะเร็งปอด	RR	1.16	1.09	1.23	(Ciabattini et al., 2021)
การศึกษาติดตามผล*	11 อเมริกาเหนือ, 6 ยุโรป, 4 เอเชีย	1998-2020	มะเร็งปอด	RR	1.16	1.10	1.123	(Yu et al., 2021)
			มะเร็งเต้านม	RR	1.18	0.81	1.73	
การศึกษาติดตามผล*	4 อเมริกาเหนือ, 6 ยุโรป, 1 เอเชีย	2014-2017	โรคหัวใจ	RR	1.20	1.09	1.31	(Faustini et al., 2014)
			โรคทางเดินหายใจ	RR	1.05	1.01	1.09	
			ทุกโรค	RR	1.05	1.01	1.09	
การศึกษาติดตามผล*	5 อเมริกาเหนือ, 1 ยุโรป	2004-2018	โรคสันนิบาต	RR	1.06	0.98	1.15	(Kasdagli et al., 2019)
การศึกษาติดตามผล*	6 อเมริกาเหนือ, 3 ยุโรป, 1 เอเชีย	2011-2018	โรคเบาหวาน	HR	1.11	1.03	1.19	(Yang et al., 2020)
อนุกรมเวลา*	14 อเมริกาเหนือ, 8 ยุโรป, 3 เอเชีย	1999-2016	โรคหืดในเด็ก	RR	1.05	1.03	1.07	(Lim et al., 2016)
อนุกรมเวลา*	110 อเมริกาเหนือ และ ยุโรป	1992-2011	โรคหัวใจ	%	0.84	0.41	1.28	(Atkinson et al., 2014)
			โรคทางเดินหายใจ	%	1.51	1.01	2.01	
อนุกรมเวลา*	12 อเมริกาเหนือ, 2 ยุโรป, 5 เอเชีย	1997-2015	หัวใจเต้นผิดจังหวะ	RR	1.02	1.01	1.03	(Song et al., 2016)
อนุกรมเวลา*	7 ยุโรป, 6 เอเชีย	2010-2018	โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง	OR	1.03	1.02	1.03	(Zhu et al., 2020)
BenMAP	เมืองย่างกุ้ง ประเทศเมียนมา	2019	ทุกโรค	เสียชีวิต[1]	1,200	-	-	{Nandar et al., 2020)
			โรคหัวใจขาดเลือด	เสียชีวิต[1]	144	-	-	
			โรคมะเร็งปอด	เสียชีวิต[1]	48	-	-	
BenMAP	เมืองซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย	2007	ทุกโรค	เสียชีวิต	430	310	540	(Broome et al., 2015)
				YYL	5,800	3,900	7,600	
			โรคหัวใจ	เข้าโรงพยาบาล	270	180	370	
			โรคทางเดินหายใจ	เข้าโรงพยาบาล	150	94	200	
BenMAP	กรุงเตหะราน ประเทศอิหร่าน	2017	หัวใจขาดเลือด	เสียชีวิต	3,437	3,315	3,516	(Bayat et al., 2019)
			โรคหลอดเลือดในสมอง	เสียชีวิต	886	693	1,002	
			ติดเชื้อเฉียบพลันของระบบหายใจส่วนล่าง	เสียชีวิต	531	414	589	
			โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง	เสียชีวิต	364	271	420	
			โรคมะเร็ง	เสียชีวิต	274	236	298	
BenMAP	เมืองตูริน ประเทศอิตาลี	2025-2030	ทุกโรค	เสียชีวิต[2]	297	224.8	368.5	(Rizza et al., 2021)
			โรคทางเดินหายใจ	เข้าโรงพยาบาล[2]	170	-142	467.6	
			โรคหัวใจ	เข้าโรงพยาบาล[2]	496	337.4	651.9	
AirQ+	15 เมืองใหญ่ ประเทศอินเดีย	2017	ทุกโรค	เสียชีวิต	127,014	-	-	(Manojkumar & Srimuruganandam, 2021b)
			โรคทางเดินหายใจ	เข้าโรงพยาบาล	59,316	-	-	
			โรคหัวใจ	เข้าโรงพยาบาล	10,342	-	-	

หมายเหตุ: 1-เป็นค่าที่ได้จาก lag day 6 ซึ่งพบค่า RR สูงที่สุด, 2-ด้วยโรคหัวใจและโรคทางเดินหายใจ, 3-โรคหลายชนิดประกอบไปด้วย โรคมะเร็ง โรคตา โรคหัวใจ และโรคทางเดินหายใจ, 4-เป็นค่า DALYต่อ 1000 คน

3.3 ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากผลการศึกษาในประเทศไทย

3.3.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการประเมินด้วยหลักการระบาดวิทยา

3.3.1.1 ผลกระทบทางสุขภาพจากการสัมผัสระยะยาว

ปัจจุบันยังไม่พบการศึกษาผลกระทบทางสุขภาพจากการสัมผัสระยะยาว เช่น การศึกษาระยะยาวในประเทศไทย สืบเนื่องมาจากข้อจำกัดของข้อมูลเกี่ยวกับฝุ่น $PM_{2.5}$ เพราะมีการติดตั้งเครื่องวัดในปริมาณที่น้อย และการศึกษามีค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ค่อนข้างสูง

3.3.1.2 ผลกระทบทางสุขภาพจากการสัมผัสระยะสั้น

Pothirat et al. (2021) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์เชิงอนุกรมเวลา เพื่อศึกษาความความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกับการเสียชีวิตที่ไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุ และสาเหตุของการเสียชีวิตด้วยโรคต่าง ๆ ในจังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย โดยผลการศึกษาพบว่า ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์รวมของการเสียชีวิตที่ไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุ ต่อทุก ๆ การเพิ่มขึ้นของฝุ่น $PM_{2.5}$ 10 มคก./ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 1.016 โดยผลกระทบต่อสุขภาพด้วยโรคอื่น ๆ เช่น โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดแดงโคโรนารี (Coronary Artery Disease, CAD) หรือโรคหัวใจขาดเลือด (Ischemic Heart Disease, IHD) และการติดเชื้อในกระแสเลือด มีความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละ Lag days ที่แตกต่างออกไป

Teewunda et al. (2021) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษอากาศ กับการเข้ารับบริการแผนกผู้ป่วยนอก และการเสียชีวิตของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลผู้เสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่มีสาเหตุมาจากอุบัติเหตุ จากกระทรวงสาธารณสุข ในช่วงเวลาระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2559 ไปจนถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2563 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลแบบการศึกษาแบบอนุกรมเวลาด้วยการใช้สมการ Quasi-Poisson Regression Model ในการศึกษาความสัมพันธ์ของระดับมลพิษอากาศกับจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับบริการแผนกผู้ป่วยนอก โดยผลการศึกษาพบว่าฝุ่น $PM_{2.5}$ และการเข้ารับบริการแผนกผู้ป่วยนอก มีค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ต่อการเพิ่มขึ้นทุก 10 มคก./ลบ.ม. เท่ากับ 1.0123 (95% CI: 1.0065- 1.0182) ที่ lag 0 และสำหรับค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ของการเสียชีวิตมีค่าเท่ากับ 1.0220 (95% CI:

1.0142-1.0298) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มขึ้นของมลพิษอากาศ มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้เข้ารับบริการแผนกผู้ป่วยนอกและจำนวนผู้เสียชีวิตของประเทศไทย

3.3.2 ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการประเมินด้วยการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ

3.3.2.1 จังหวัดเชียงใหม่ สงขลา และสระบุรี

ทางกรมควบคุมมลพิษ สถาบันจุฬาภรณ์ และกรมอนามัย (2018) ได้ร่วมกันจัดทำงานวิจัยในหัวข้อ การประเมินคุณภาพอากาศเพื่อการจัดทำนโยบายทางสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย ร่วมกับ UN Environment โดยได้มีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษอากาศชนิดต่าง ๆ รวมไปถึงฝุ่น $PM_{2.5}$ และสุขภาพของประชากรซึ่งได้รับมาจากกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณหาผลกระทบทางเศรษฐกิจเกี่ยวกับสุขภาพ จากมลพิษอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ สงขลา และสระบุรี โดยใช้โปรแกรม BenMAP ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ค่าการสูญเสียปีสุขภาวะ (Disability-Adjusted Life Year: DALY) ซึ่งเป็นค่าของจำนวนปีที่เสียไปจากการมีสุขภาพที่ไม่ดี พิการ และการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร ซึ่งมีสาเหตุมาจากโรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ในปี 2017 ประกอบไปด้วย โรคมะเร็ง โรคตา โรคหัวใจ และโรคทางเดินหายใจ ถูกพบมากที่สุดในจังหวัดสงขลา โดยมีค่าการสูญเสียปีสุขภาวะประมาณ 151-264 ปี ต่อประชากร 1,000 คน ตามมาด้วยสระบุรีและเชียงใหม่ ซึ่งมีค่าประมาณ 78-317 ปี และ 33-176 ปี ต่อประชากร 1,000 คน ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังได้มีการคำนวณหาผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ ที่คาดว่าจะได้รับจากการลดปริมาณฝุ่นลงให้เท่ากับเป้าหมายที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ หรือเป้าหมายระหว่างทาง (Interim target) ในปี 2017 ซึ่งพบว่าหากประสบความสำเร็จจะสามารถสร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ ได้มากถึง 1.6-1.9 พันล้านบาทในจังหวัดเชียงใหม่และสระบุรี และ 0.9-1.2 พันล้านบาทสำหรับจังหวัดสงขลา ในปี 2017

3.3.2.2 กรุงเทพมหานคร

Fold et al. (2020) ได้ทำการศึกษาการประเมินสัดส่วนปริมาณการเสียชีวิตรายปี ที่มีสาเหตุมาจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งในประเทศไทยมีปริมาณของฝุ่นมีค่าที่เกินค่าแนะนำคุณภาพอากาศขององค์การอนามัยโลก และค่ามาตรฐานระดับประเทศเองตลอดทั้งปี จึงมีความจำเป็นอย่างมาก ที่จะจัดทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ อย่างไรก็ตามเนื่องจากว่ากรุงเทพมหานครได้มีการติดตั้งสถานีตรวจวัด

ปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ ได้ไม่นานนัก ทำให้ยังขาดข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการศึกษา ดังนั้น เพื่อให้การศึกษาดำเนินต่อไปได้ งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้ทำการคาดการณ์ค่าประมาณของฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยเทียบสัดส่วนจากข้อมูลรายวันของปริมาณฝุ่น PM_{10} ในปี 2012-2018 จากนั้นจึงได้ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ (β) ของการเปลี่ยนแปลงระหว่างความเข้มข้นของมลพิษและผลกระทบทางสุขภาพต่าง ๆ เช่น การเสียชีวิตด้วยโรคที่ไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุทุกชนิด โรคหัวใจ และ โรคมะเร็งปอด หลังจากนำข้อมูลไปใช้ในโปรแกรม BenMAP ผลการศึกษาพบว่าฝุ่น $PM_{2.5}$ มีส่วนที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตด้วยโรคต่าง ๆ มากถึง 4,240 คน โรคหัวใจ 1,317 คน และ โรคมะเร็ง 370 คน นอกจากนี้ จากการจำลองสถานการณ์ว่าหากประเทศไทยสามารถบรรลุเป้าหมายการลดปริมาณฝุ่นให้ได้เท่ากับค่ามาตรฐานของประเทศ (25 มคก./ลบ.ม.) และขององค์การอนามัยโลก (10 มคก./ลบ.ม.) จะสามารถช่วยลดจำนวนผู้เสียชีวิตในกรุงเทพมหานครได้มากถึงร้อยละ 33 และ 75 ตามลำดับ ในปี 2016

3.3.2.3 ทั่วประเทศไทย

Pinichka et al. (2017) ได้ทำการศึกษาภาระโรคที่เกิดจากฝุ่นมลพิษอากาศนอกอาคารในประเทศไทย โดยใช้วิธีการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) เข้าร่วม ซึ่งการศึกษาได้ประเมินรูปแบบเชิงพื้นที่ (Spatial Pattern) เกี่ยวกับภาระการเสียชีวิตที่เกิดจากมลพิษอากาศซึ่งรวมไปถึงฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยเลือกใช้ข้อมูลสำหรับปี 2009 ในการศึกษา โดยใช้วิธีการประเมินและเปรียบเทียบภาระโรคจากปัจจัยเสี่ยง (Comparative Risk Assessment: CRA) ที่พัฒนาโดยองค์การอนามัยโลก ร่วมกับการศึกษาภาระโรคทั่วโลก หลังจากนำข้อมูลเกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อประเมินปริมาณการสัมผัสกับมลพิษอากาศ รวมไปถึงคาดการณ์ปริมาณความเข้มข้นของค่ามลพิษอากาศ การกระจายของประชากรที่ได้รับการสัมผัสกับฝุ่น และความสัมพันธ์ของการตอบสนองต่อความเข้มข้นของฝุ่น เพื่อที่จะประมาณค่าการสัมผัสกับฝุ่นและการเสียชีวิตที่เกิดขึ้น โดยผลการศึกษาคาดการณ์ว่า มีสัดส่วนของผู้ที่เสียชีวิตจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ด้วยโรคต่าง ๆ (Population Attributable Fraction: PAF) มากถึงร้อยละ 10 และด้วยโรคมะเร็งปอดและโรคหัวใจร้อยละ 16.8 และ 14.6 ตามลำดับ นอกจากนี้ การจำลองลดปริมาณฝุ่นลงร้อยละ 20 พบว่าสามารถลดจำนวนผู้เสียชีวิตในประเทศไทยด้วยโรคต่าง ๆ โรคหัวใจ และโรคมะเร็งได้มากถึง 5,980 3,400 และ 540 คนตามลำดับ ในปี 2009

3.3.2.4 ทั่วประเทศไทย

Mueller et al. (2021) ได้ทำการศึกษาผลกระทบทางสุขภาพจากการสัมผัสกับฝุ่นละอองขนาดเล็กในระยะยาวของประเทศไทย โดยได้มีการปริมาณค่าผลกระทบทางสุขภาพและเศรษฐกิจ จากการสัมผัสกับฝุ่นละอองขนาดเล็กภายนอกอาคาร ที่เกิดขึ้นกับประชากรไทยในปี 2016 โดยได้มีการนำข้อมูลค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ได้จากเครื่องตรวจวัดทั่วประเทศในปี 1996-2016 มาใช้พร้อมกับประมาณการค่าฝุ่น $PM_{2.5}$ จากอัตราส่วนของค่าฝุ่น PM_{10} จากนั้นได้ใช้ข้อมูลประวัติการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ของในแต่ละจังหวัด เพื่อประมาณการจำนวนผู้ที่เสียชีวิตด้วยโรคติดเชื้อในระบบหายใจส่วนล่าง โรคหลอดเลือดในสมอง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคมะเร็ง และโรคหัวใจขาดเลือดและโรคเบาหวาน โดยใช้ค่าประมาณความเสี่ยงจากแบบจำลอง Global Exposure Mortality Model (GEMM) เพื่อคำนวณหาจำนวนผู้เสียชีวิต ค่าการสูญเสียปีสุขภาวะ และมูลค่าความเสียทางเศรษฐกิจตามวิธีการประเมินด้วยหลักมูลค่าชีวิตในเชิงสถิติ โดยผลการศึกษาพบว่ามีผู้ที่คาดว่าเสียชีวิตจากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ระยะยาวในปี 2016 อยู่ประมาณ 50,019 (95% CI: 42,189-57,849) คน โดยคิดเป็นค่าการสูญเสียปีสุขภาวะเท่ากับ 508,918 (95% CI: 438,345-579,492) ปี โดยมีจำนวนของผู้ที่เสียชีวิตที่คาดว่ามีสาเหตุมาจากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ด้วยโรคติดเชื้อในระบบหายใจส่วนล่าง โรคหัวใจขาดเลือด โรคหลอดเลือดในสมอง โรคมะเร็งปอดและโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง เท่ากับ 16,419 (95% CI: 9,154-21,544) 15,489 (95% CI: 14,266-16,661) 7,411 (95% CI: 3,731-10,628) 5,701(95% CI:3,537-7,596) และ 4,819 (95% CI:2,480-7,166) คน ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจเท่ากับ 60.9 (95% CI: 51.3-70.4) พันล้านดอลลาร์สหรัฐหรือร้อยละ 15 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศไทย (Gross Domestic Product: GDP) ในปี 2016 และจากการจำลองลดปริมาณค่าความเข้มของฝุ่น $PM_{2.5}$ ให้อยู่ที่ 10 มคก./ลบ.ม. และ 25 มคก./ลบ.ม. พบว่าสามารถช่วยลดจำนวนผู้เสียชีวิตได้มากถึง 28,681 คน (95% CI: 24,382-32,980) และ 4,741 (95% CI: 4,222-5,260) คนตามลำดับ ซึ่งข้อมูลรายละเอียดสำคัญของการศึกษา และผลการศึกษาในประเทศไทยได้ถูกนำมารวบรวมและสรุปดังที่แสดงให้เห็นในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สรุปข้อมูลของผลการศึกษาในประเทศไทย

วิธีการ	ภูมิภาค	ช่วงปี	ผลกระทบ	หน่วยชี้วัด	ขนาด	ต่ำสุด	สูงสุด	แหล่งที่มา
การศึกษาติดตามผล	-	-	-	-	-	-	-	-
อนุกรมเวลา	เชียงใหม่	2016-2018	ทุกโรค[1]	RR	1.016	1.001	1.032	(Pothirat et al., 2021)
			โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง[1]	RR	1.089	1.016	1.167	
			โรคหืด[1]	RR	0.946	0.891	1.092	
			โรคปอดบวม[1]	RR	0.996	0.934	1.061	
			โรคหลอดเลือดหัวใจ[1]	RR	1.086	1.002	1.117	
			โรคหัวใจล้มเหลว[1]	RR	0.990	0.935	1.049	
			โรคหลอดเลือดสมอง[1]	RR	0.983	0.936	1.032	
			ติดเชื้อในกระแสเลือด[1]	RR	1.059	1.006	1.116	
อนุกรมเวลา	ทั่วประเทศ	2559-2563	เข้าโรงพยาบาล[2]	RR	1.012	1.007	1.018	(Teewunda et al., 2021)
			เสียชีวิต[2]	RR	1.022	1.014	1.030	
BenMAP	เชียงใหม่	2017	โรคหลายชนิด[3]	DALY[4]	-	33	176	(Pollution Control Department et al., 2018)
	สงขลา		โรคหลายชนิด[3]	DALY[4]	-	151	264	
	สระบุรี		โรคหลายชนิด[3]	DALY[4]	-	78	317	
BenMAP	กรุงเทพมหานคร	2016	ทุกโรค	เสียชีวิต	4,240	-	-	(Fold N et al., 2020)
			โรคหัวใจ	เสียชีวิต	1,317	-	-	
			โรคมะเร็งปอด	เสียชีวิต	370	-	-	
BenMAP	ทั่วประเทศ	2017	ทุกโรค	เสียชีวิต	26,990	-	-	(Pinichka et al., 2017)
			โรคหัวใจ	เสียชีวิต	15,360	-	-	
			โรคมะเร็งปอด	เสียชีวิต	2,460	-	-	
BenMAP	ทั่วประเทศ	2016	ติดเชื้อในระบบหายใจส่วนล่าง	เสียชีวิต	16,419	9,154	21,544	(Mueller et al., 2021)
			โรคหัวใจขาดเลือด	เสียชีวิต	15,489	14,266	16,661	
			โรคหลอด เลือดในสมอง	เสียชีวิต	7,411	3,731	10,628	
			โรคมะเร็งปอด	เสียชีวิต	5,701	3,537	7,596	
			โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง	เสียชีวิต	4,819	2,480	7,166	

หมายเหตุ: 1-เป็นค่าที่ได้จาก lag day 6 ซึ่งพบค่า RR สูงที่สุด, 2-ด้วยโรคหัวใจและโรคทางเดินหายใจ, 3-โรคหลายชนิดประกอบไปด้วย โรคมะเร็ง โรคตา โรคหัวใจ และโรคทางเดินหายใจ, 4-เป็นค่า DALY ต่อ 1000 คน

3.4 ข้อเสนอแนะในการลดผลกระทบต่อสุขภาพ และทิศทางในการพัฒนางานวิจัยในประเทศไทย

3.4.1 ข้อเสนอแนะในการลดผลกระทบต่อสุขภาพ

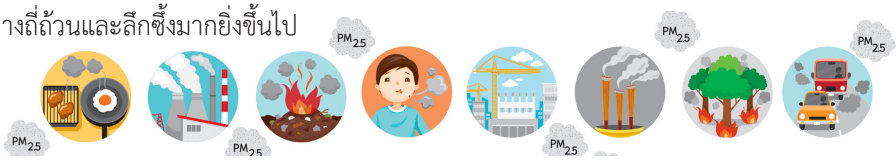
ข้อเสนอแนะหลักที่เกือบทุกการศึกษาล้วนแนะนำคือการบรรลุเป้าหมายการลดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นให้ได้ตามค่าแนะนำคุณภาพอากาศขององค์การอนามัยโลก หรืออย่างน้อยมาตรฐานของชาติที่กำหนดเอง ก็ล้วนแต่มีส่วนสามารถช่วยให้เกิดการลดลงของจำนวนผู้ที่ได้รับผลกระทบต่อการสัมผัสกับฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Atkinson et al., 2014; Fold N et al., 2020; Manojkumar & Srimuruganandam, 2021a; Pollution Control

Department et al., 2018) ($PM_{2.5}$) นอกจากนี้การลดปัจจัยเสี่ยงร่วมอื่น ๆ เช่น การสูบบุหรี่ มลพิษจากท่อไอเสีย (Rizza et al., 2021; Xu et al., 2020) ก็พบว่าสามารถช่วยลดความเสี่ยงผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นได้เช่นเดียวกัน มากไปกว่านั้น การศึกษายังพบอีกว่านอกจากโรคพบได้บ่อย เช่น โรคหัวใจ โรคทางเดินหายใจ โรคมะเร็งปอด หรือโรคหืด ที่พบว่ามีความสัมพันธ์ชัดเจนกับการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ยังมีโรคอื่น ๆ หลายชนิดที่ได้มีการพบว่าอาจจะมีสาเหตุมาจากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ เช่นเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น ภาวะตายคลอด (Stillbirth) โรคซึมเศร้า หรือการอัตวินิบาตกรรม ปัญหาพัฒนาการของเด็ก และโรคสมองเสื่อม เป็นต้น ดังนั้นประชาชนจึงควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (Rojas-Rueda et al., 2021) เพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดโรคเหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดที่มีค่าปริมาณมลพิษที่ค่อนข้างสูง เช่นจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เชียงใหม่ และสระบุรี เป็นต้น

3.4.2 ทิศทางในการพัฒนางานวิจัยในประเทศไทย

สำหรับงานวิจัยทางระบาดวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลกระทบทางสุขภาพต่อการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ข้อหลักที่ต้องพัฒนาคือการจัดทำการศึกษาผลกระทบทางสุขภาพ จากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ในระยะยาว เช่น การศึกษาระยะยาว เพื่อที่จะสร้างความเข้าใจ โรคหรือผลกระทบต่อสุขภาพ ที่เกิดจากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ในระยะยาวของประเทศไทยมากขึ้น (Paoin et al., 2021) เนื่องจากปัจจุบันยังไม่พบว่ามีการศึกษาประเภทนี้อยู่ นอกจากนี้แล้ว การศึกษาระยะสั้น เช่น การศึกษาที่ใช้การวิเคราะห์เชิงอนุกรมเวลา ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในจังหวัดอื่น ๆ ด้วย เนื่องจากปัจจุบันพบว่ามีการศึกษาเพียงที่จังหวัดเชียงใหม่ ที่ศึกษาความสัมพันธ์ของฝุ่น $PM_{2.5}$ ในแต่ละโรคเฉพาะ นอกจากนี้วิธีการศึกษา เช่น การคำนึงถึงปัจจัยของจำนวนวัน lag กลุ่มวัย ฤดูกาล และปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งควรที่จะสามารถนำไปเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่นได้ นอกจากนี้แล้วควรมีการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับความสัมพันธ์ของโรคหืด โรคปอดบวม โรคหัวใจล้มเหลว และโรคหลอดเลือดในสมองเพิ่มเติมด้วย เนื่องจากการศึกษาปัจจุบัน ยังไม่สามารถบ่งบอกความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ได้อย่างชัดเจนมากนัก (Phosri et al., 2019; Pothirat et al., 2021; Teewunda et al., 2021) รวมไปถึงการสร้างมาตรฐานให้แก่จำนวนและคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณมลพิษอากาศ เพื่อให้การศึกษามีข้อผิดพลาดน้อยลง และมีความเที่ยงตรง แม่นยำมากขึ้น เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือให้แก่การศึกษา ที่สามารถนำไปใช้ประเทศต่อได้จริง

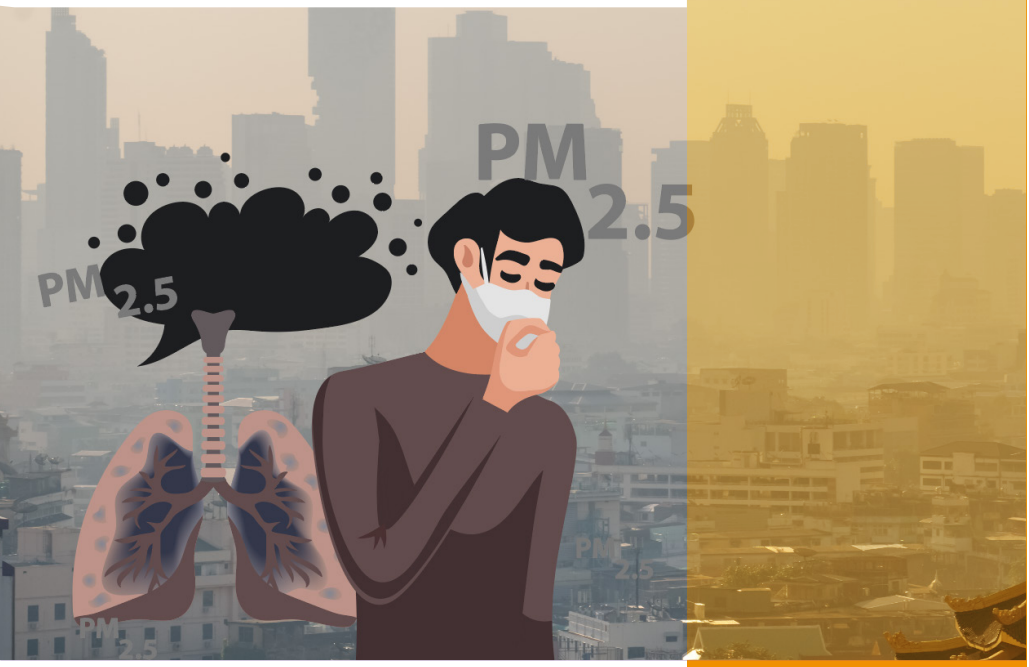
ในส่วนของการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพต่อการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ในประเทศไทยนั้น ข้อดีคือ ณ ปัจจุบันมีการศึกษาที่ได้รับการเผยแพร่อยู่บ้าง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านข้อมูล เช่น ข้อมูลปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ ข้อมูลการประเมินความเสี่ยง หรือค่าสัมประสิทธิ์ β ของการเปลี่ยนแปลงระหว่างความเข้มข้นของมลพิษและผลกระทบทางสุขภาพ ที่ได้มาจากการศึกษาติดตามผล (Cohort Study) ทำให้อาจจะไม่สามารถทำการประเมินอย่างแม่นยำและครอบคลุมได้ (Fold N et al., 2020) เพราะข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพหลายชนิดได้มาจากการประมาณการ การนำค่ามาจากประเทศอื่น การใช้ค่าจากแบบจำลอง เช่น Global Exposure Mortality Model (GEMM) (Mueller et al., 2021) ดังนั้นเพื่อให้ได้มาซึ่งผลประเมินที่มีความคลาดเคลื่อนน้อย และมีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด การเก็บข้อมูลและการทำการศึกษาทางระบาดวิทยาระยะยาว (Longitudinal Study) ควรได้รับการสนับสนุนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การนำเสนอผลการศึกษาควรเป็นไปในรูปแบบที่สามารถนำไปเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่น ๆ ได้ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในสถานการณ์ผลกระทบทางสุขภาพที่เกิดขึ้นในประเทศไทย กับต่างประเทศได้มากขึ้น เช่นเดียวกันกับเครื่องมือการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ เนื่องจากการศึกษาส่วนมากในประเทศไทยใช้เพียง BenMAP เป็นหลัก แต่ยังมีเครื่องมือประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพอีกหลายชนิด ที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ และสามารถให้ผลลัพธ์บางอย่างที่ BenMAP ไม่สามารถตอบได้ เช่น AirQ+ ที่คำนึงถึงมลพิษที่เกิดขึ้นภายในอาคารเข้าด้วย (Hassan et al., 2021) พร้อมกับชนิดของมลพิษอื่น ๆ ที่ BenMAP ไม่ได้ครอบคลุม ดังนั้นการศึกษาการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ ในอนาคตควรนำเครื่องมือหลากหลายชนิดมาใช้ เพื่อให้เกิดเปรียบเทียบและได้ผลการศึกษาที่รอบด้านมากขึ้น นอกจากนี้ควรจะมีการจัดทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของกลไกการเกิดของโรค ที่มีสาเหตุมาจากฝุ่น $PM_{2.5}$ พร้อมไปกับการประเมินและเปรียบเทียบผลกระทบจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่มีแหล่งกำเนิดการปล่อยที่แตกต่างกัน เพื่อให้เข้าใจถึงกระบวนการและขนาดของผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นต่อผู้ที่สูดดมฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้เข้าไปอย่างถี่ถ้วนและลึกซึ้งมากยิ่งขึ้นไป



หมายเหตุ: เนื้อหาในบทที่ 3 ของชุดองค์ความรู้นี้ เป็นการแปลเป็นภาษาไทยและปรับแก้เพิ่มเติมจาก Sukuman, T., Ueda, K., Sujaritpong, S., Praekunatham, H., Punnasiri, K., Wimuktayon,T., & Prapaspongsa, T. (2022). Health Impacts from $PM_{2.5}$ Exposure Using Environmental Epidemiology and Health Risk Assessment: A Review. Submitted to Applied Environmental Research on 22 April 2022.

บทที่ 4

ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) จากการประเมินด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต



4.1 เทคนิคที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ โดยเป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ บริการ รวมทั้งนโยบายต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจที่มุ่งเน้นการบริโภคและการผลิตที่มีความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม โดยขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตที่สำคัญ ตามกรอบของ ISO 14040 (ISO, 2006a) จะมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition) การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory; LCI) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต (Life cycle impact assessment; LCIA) และการตีความ (Interpretation)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต ถูกแบ่งออกเป็น 2 ลำดับขั้นได้แก่ การประเมินผลกระทบขั้นกลางและขั้นปลาย โดยประเภทผลกระทบขั้นปลายจะเป็นการประเมินความสูญเสียต่อพื้นที่ที่ต้องการการป้องกัน (Damages on Areas of Protection; AOP) แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักที่พิจารณาในปัจจุบัน ได้แก่ ผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ (Human heath) ผลกระทบต่อคุณภาพระบบนิเวศ (Ecosystem quality) และผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและบริการทางระบบนิเวศ (Natural resource and ecosystem services) (Verones et al., 2016) ซึ่งการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการก่อตัวของฝุ่น $PM_{2.5}$ เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินความสูญเสียต่อสุขภาพ (ผลกระทบขั้นปลาย) ในการประเมินวัฏจักรชีวิต และมีเทคนิคการประเมินด้วยวิธีที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแบบจำลองพื้นฐานของวิธีประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตต่าง ๆ

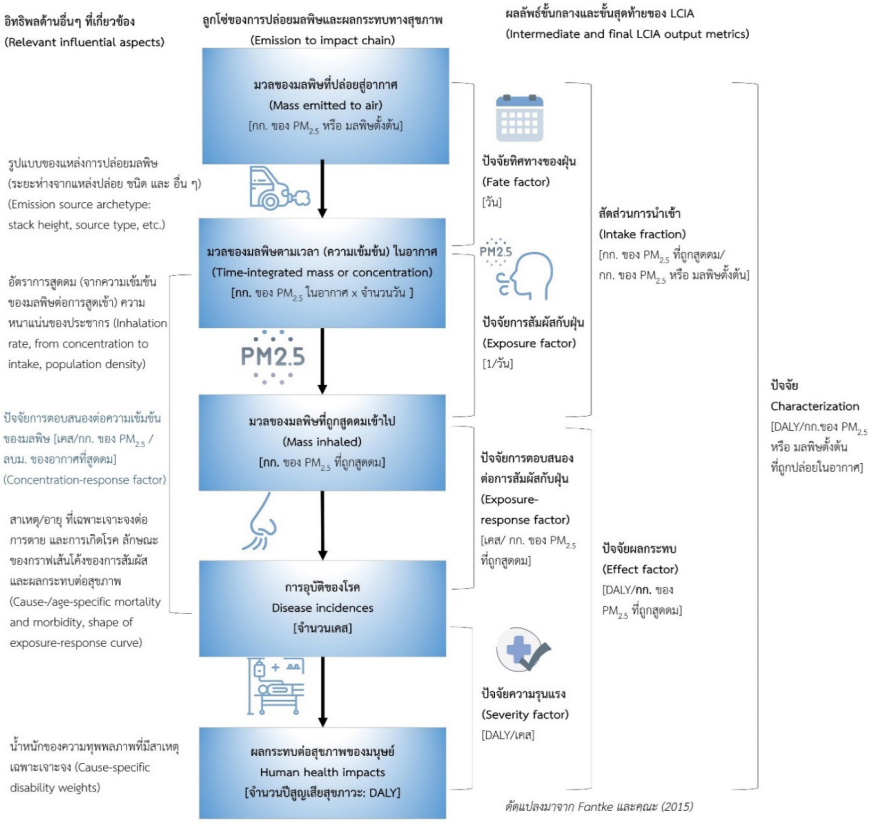
การประชุมเชิงปฏิบัติการและการปรึกษาอย่างต่อเนื่องในหลายภูมิภาค ระหว่างกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากภาคอุตสาหกรรม ภาคนโยบายสาธารณะ และภาคการศึกษา ได้มีการตกลงถึงความจำเป็นที่จะต้องมีแนวทางในระดับโลกที่เป็นฉันทามติ สำหรับตัวชี้วัดการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตด้านสิ่งแวดล้อม (Jolliet et al., 2018) โดยในปี 2559 แนวคิดริเริ่มวัฏจักรชีวิตภายใต้โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติร่วมกับสมาคมพิษวิทยาสิ่งแวดล้อมและเคมี (UNEP/SETAC Life Cycle Initiative) ได้จัดทำแนวทางระดับโลกสำหรับตัวชี้วัดการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต ซึ่งกรอบการ

ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการก่อตัวของฝุ่น $PM_{2.5}$ เป็นส่วนหนึ่งของแนวทางที่ได้แนะนำไว้ (Fantke et al., 2016) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 ซึ่งการประเมินด้วยแนวทางนี้ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการศึกษาทางระบาดวิทยา ในการคำนวณค่าปัจจัยการตอบสนองต่อการสัมผัสกับฝุ่น (Exposure-response factor) ปัจจัยความรุนแรง (Severity factor) และปัจจัยผลกระทบ (Effect factor)

วิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตที่มีการพิจารณาผลกระทบที่เกิดจากการก่อตัวของฝุ่น $PM_{2.5}$ ในปัจจุบันมีอยู่ทั้งหมด 10 วิธี ดังที่ได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 4.1 โดยจะมีขอบเขตของวิธีการประเมิน (ระดับโลก/ระดับภูมิภาค/ระดับประเทศ) ประเภทของผลกระทบที่ทำการประเมิน (ขั้นกลางและขั้นปลาย) มลสารที่ทำการพิจารณามีความแตกต่างกันไปในแต่ละวิธี

จากข้อมูลล่าสุดในเดือนธันวาคม ปี 2564 พบว่า วิธีการประเมินในปัจจุบันโดยส่วนใหญ่ จะมีขอบเขตการประเมินในระดับโลก/ระดับภูมิภาค และระดับประเทศ ซึ่งแตกต่างจากวิธีการที่ได้รวบรวมและนำเสนอไว้ โดย Prapaspongsa and Gheewala (2019) ในปี 2562 ที่พบว่า วิธีการประเมินโดยส่วนใหญ่ในช่วงเวลานั้น จะมีขอบเขตอยู่ในระดับภูมิภาค/ระดับโลก แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการพัฒนาวิธีการประเมินที่จะพิจารณาถึงความแตกต่างเชิงพื้นที่มากขึ้นเรื่อย ๆ ในอนาคต โดยจาก 10 วิธีการประเมินที่พิจารณา พบว่า มี 3 วิธีที่มีการประเมินผลกระทบทั้งขั้นกลางและขั้นปลาย 7 วิธีที่พิจารณาเฉพาะขั้นกลางหรือขั้นปลายเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง และ 5 วิธีที่ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ (ขั้นปลาย) ได้แก่ ReCiPe 2016, IMPACT World+, LC-IMPACT, UNEP Global Guidance และ ThaiSD โดยมีหน่วยการประเมินเป็นปีสุขภาวะที่สูญเสีย (Disability adjusted life year; DALY) ซึ่งหนึ่งปีสุขภาวะที่สูญเสีย (1 DALY) จะเท่ากับการสูญเสียช่วงอายุของการมีสุขภาพที่สมบูรณ์ไปจำนวน 1 ปี อันอาจเกิดจากการตายก่อนถึงวัยอันควรหรืออาจเกิดจากการมีชีวิตอยู่ด้วยความเจ็บป่วยหรือพิการ ซึ่ง DALYs นี้เป็นเครื่องชี้วัดภาระโรคที่ใช้บอกขนาดปัญหาสุขภาพในภาพรวมของประชากรได้ (สำนักงานพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ, 2558) และวิธี ThaiSD (Thai Spatially Differentiated LCIA method) เป็นวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของประเทศไทยที่คำนึงถึงความแตกต่างเชิงพื้นที่ ที่พิจารณาผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยมีขอบเขตทั้งในระดับโลก ระดับประเทศ และระดับจังหวัดใน

ประเทศไทย (77 จังหวัด) ซึ่งวิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต สำหรับผลกระทบที่เกิดจากการก่อตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็กภายใต้วิธี ThaiSD สามารถทำการแยกออกมาใช้ประเมินผลกระทบในเชิงเดี่ยวโดยเฉพาะ ได้แก่ $PM_{2.5}$ Footprint โดยจะทำการอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อที่ 4.3



รูปที่ 4.1 ภาพรวมขั้นตอนการหาผลกระทบทางสุขภาพที่เกิดจากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ภายใต้แนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิต (ตระการ ประภัสพงษา และคณะ, 2565; ดัดแปลงมาจาก Fantke et al., 2015)

ตารางที่ 4.1

รายละเอียดของวิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต สำหรับผลกระทบที่เกิดจากการก่อตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ปรับแก้จาก Prapaspongsa และ Gheewala (2019))[1]

ลำดับที่	วิธีการประเมิน (LCIA Method)	เวอร์ชั่น (ปีที่อัพเดท)[2]	ขอบเขตของวิธีการประเมิน	ชื่อประเภทผลกระทบ[3]	หน่วยการประเมินขั้นกลาง[4]	หน่วยการประเมินขั้นปลาย[4]	มลสารที่ทำการพิจารณา
1	ReCiPe 2016	1.06 (2021)	ค่าเฉลี่ยระดับโลก และค่าเฉพาะระดับประเทศ	Fine particulate matter formation	kg $PM_{2.5}$ eq	DALY	$PM_{2.5}$, NH_3, NO_3^-, NO_2, NO, NO_x, SO_2, SO, SO_x, SO_3
2	IMPACT World+	1.01 (2021)		Particulate matter formation	kg $PM_{2.5}$ eq	DALY	$PM_{2.5}$, PM_{10}, PM, NH_3, NO_x, SO_2
3	LC-IMPACT	1.00 (2021)		Particulate matter	N/A	DALY	$PM_{2.5}$, NH_3, NO_2, NO, NO_x, SO_2, SO_x, SO_3
4	EF3.0	1.03 (2021)		Particulate matter	Disease incidence (cases)	N/A	$PM_{2.5}$, PM_{10}, NH_3, NO_2, NO, NO_x, SO_2, SO, SO_3
5	EN15804 + A2	1.02 (2021)		Particulate matter	Disease incidence (cases)	N/A	$PM_{2.5}$, PM_{10}, NH_3, NO_2, NO, NO_x, SO_2, SO, SO_3
6	TRACI 2.1	1.06 (2021)	อเมริกาเหนือ	Respiratory effects	kg $PM_{2.5}$ eq	N/A	$PM_{2.5}$, CO, NH_3, NO_2, NO_x, SO_2, TSP
7	BEES+	4.10 (2021)		Human health (HH) criteria air pollutants	N/A	microDALYs	$PM_{2.5}$, PM_{10}, PM, NO, NO_x, SO_2, SO
8	Environmental Prices	1.02 (2021)	ยุโรป	Particulate matter formation	kg PM_{10} eq	N/A	$PM_{2.5}$, PM_{10}, NH_3, NO_2, NO_x, SO_2, SO, SO_x
9	UNEP Global Guidance	(2019)	ค่าเฉลี่ยระดับโลก ค่าเฉพาะระดับภูมิภาคและเมือง (3,646 เมือง)	Fine particulate matter formation	Disease incidence (cases)	DALY	$PM_{2.5}$, NO_x, SO_2, NH_3
10	ThaiSD	1.01 (2022)	ค่าเฉลี่ยระดับโลก และค่าเฉพาะระดับประเทศ/จังหวัด[5]	Fine particulate matter formation	N/A	DALY	$PM_{2.5}$, NO_x, SO_2, NH_3

[1] สามารถดูเอกสารอ้างอิงของวิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตทั้งหมดได้ในภาคผนวก ก; 2 ข้อมูลอัพเดทเดือนธันวาคม ปี 2564 โดยอ้างอิงจากโปรแกรม SimaPro 9.3.0.3 ยกเว้นวิธีที่ 9 และ 10; [3] ประเภทผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับฝุ่น $PM_{2.5}$; 4 หน่วยต่อ 1 กิโลกรัมของมลสารที่ปล่อย และ N/A หมายถึง วิธีการนั้นไม่ได้พิจารณาการประเมินผลกระทบในขั้นกลาง/ขั้นปลาย; 5 77 จังหวัดในประเทศไทย

4.2 ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากผลการศึกษาในต่างประเทศ

การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตในต่างประเทศ โดยส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในรูปแบบของการพัฒนาวิธีการประเมิน เช่น Humbert et al. (2011), Gronlund et al. (2015) และ Fantke et al. (2015; 2016; 2017; 2019) และการประเมินผลกระทบจากฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยส่วนใหญ่แล้ว จะเป็นการประเมินร่วมกับผลกระทบประเภทอื่น ๆ เพราะหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตตาม ISO 14040 และ ISO 14044 (ISO 2006a; 2006b) นั้น จะเป็นการพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมสำคัญทุกประเภทที่เกิดจากการใช้พลังงาน น้ำ ทรัพยากรอื่น ๆ และการปล่อยมลสารสู่ดิน น้ำ และอากาศ ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์และบริการที่ทำการศึกษา สำหรับการประเมินของผลกระทบในเชิงเดี่ยวในปัจจุบันจะมีเพียงแค่ 3 ประเภทผลกระทบ ได้แก่ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint) และผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ต่อยอดจาก 30 กรณีศึกษาในการทบทวนวรรณกรรมโดย Prapaspongsa and Gheewala (2019) ที่พบว่า การประเมินผลกระทบจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ภายใต้การประเมินวัฏจักรชีวิตใน 30 กรณีศึกษานั้น จะพิจารณาผลกระทบจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ในขั้นกลาง ในหน่วย kg $PM_{2.5}$ eq, kg PM_{10} eq หรือ Disease incidence เป็นหลัก สำหรับกรณีศึกษาที่ทำการประเมินผลกระทบในขั้นปลายนั้น โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ หรือความสูญเสียต่อสุขภาพมนุษย์ทั้งหมด ในหน่วย ปีสุขภาวะที่สูญเสีย แต่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสุขภาพในเชิงเดี่ยวที่เกิดจากฝุ่น $PM_{2.5}$

อย่างไรก็ตาม Bulle et al. (2019) ได้ระบุว่า จากการประยุกต์ใช้วิธี ReCiPe, IMPACT 2002+ และ IMPACT World+ ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการปล่อยมลสารและการใช้ทรัพยากรโดยมนุษย์ในระดับโลก หรืออาจจะเรียกได้ว่าเป็นการประเมินวัฏจักรชีวิตของโลก พบว่า มีผลสรุปการประเมินความสูญเสียต่อสุขภาพมนุษย์ที่สอดคล้องกันทั้ง 3 วิธี คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และฝุ่น $PM_{2.5}$ เป็นสองตัวแปรหลักที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ในภาพรวมระดับโลก ซึ่งจากข้อสรุปนี้ จะแสดงให้เห็นถึงความสำคัญในประเมินผลกระทบจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ในการพัฒนานโยบายสาธารณะเพื่อสุขภาพในอนาคต

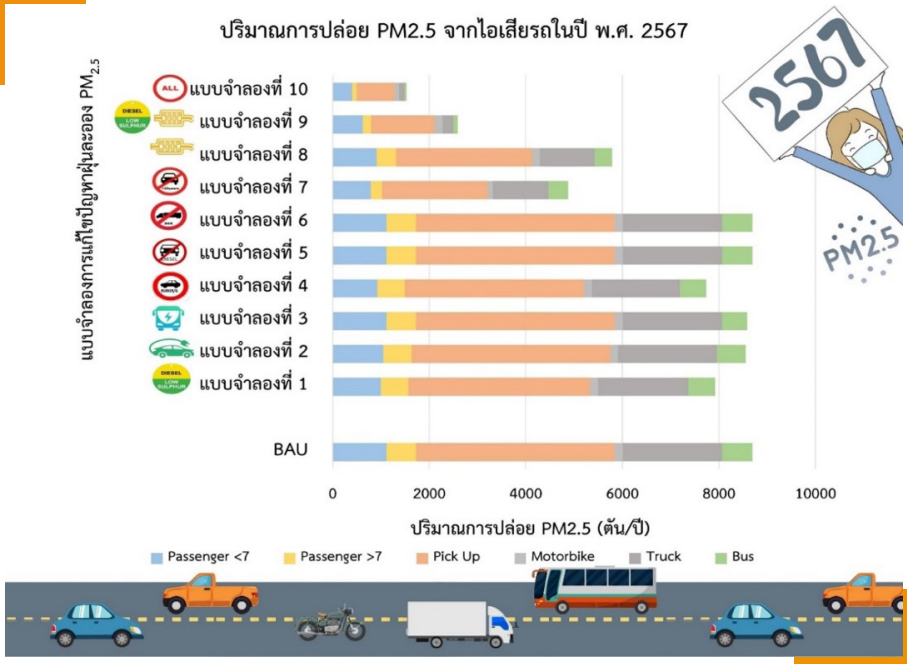
4.3 ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากผลการศึกษาในประเทศไทย

ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากกรณีศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตในประเทศไทย ในปัจจุบันยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยมีกรณีศึกษาสำคัญทั้งหมด 3 ผลงานวิจัย ได้แก่ การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพและต้นทุนทางสุขภาพของฝุ่น $PM_{2.5}$ จากภาคการขนส่งทางถนนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (Chavanaves et al., 2021) การคำนวณ $PM_{2.5}$ Footprint เพื่อส่งเสริมการขนส่งผู้โดยสารอย่างยั่งยืนในประเทศไทย (Prapaspongsa et al., 2021a; 2021b; Sakpheng et al., 2021) และการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการใช้ประโยชน์จากฟางข้าวในประเทศไทย (Deuja et al., 2022)

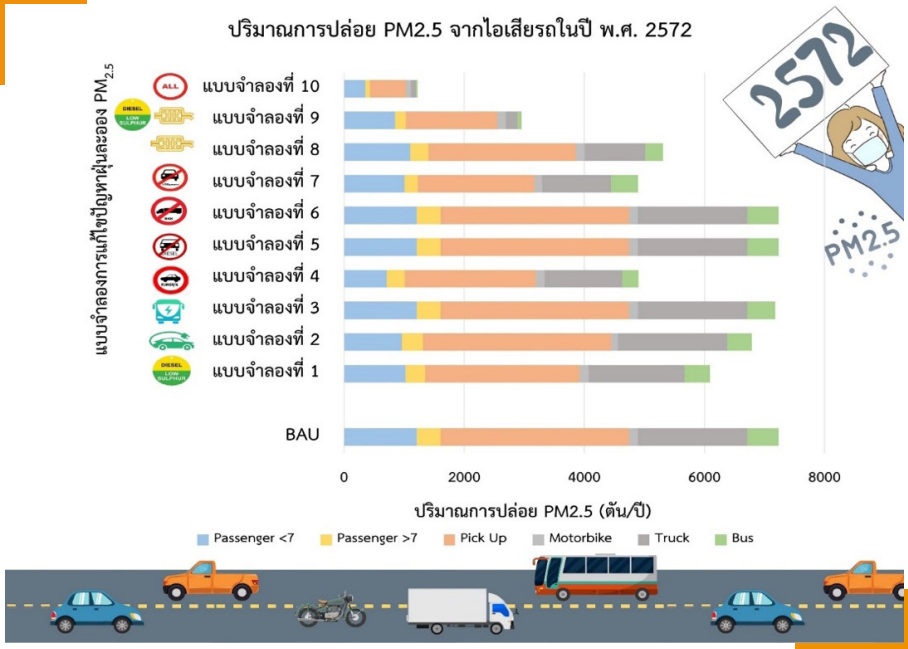
Chavanaves et al. (2021) ได้ทำการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพและต้นทุนทางสุขภาพของฝุ่น $PM_{2.5}$ จากภาคการขนส่งทางถนนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยได้มีการพัฒนาสถานการณ์จำลองโดยอ้างอิงตามแผนปฏิบัติการขับเคลื่อนวาระแห่งชาติการแก้ไขปัญหามลพิษด้านฝุ่นละออง (กรมควบคุมมลพิษ, 2562) จำนวน 10 สถานการณ์จำลอง ได้แก่ แบบจำลองที่ 1: การบังคับใช้เชื้อเพลิงกำมะถันต่ำ <10 ppm แบบจำลองที่ 2: การปรับให้รถไฟฟ้ามีสัดส่วน 50% ของรถจดทะเบียนใหม่ตั้งแต่ปี 2567 แบบจำลองที่ 3: การเปลี่ยน รถโดยสารประจำทาง ทั้งหมดให้เป็นรถไฟฟ้าในปี 2565 มีผลต่อรถโดยสารประจำทางจำนวน 13,453 คัน แบบจำลองที่ 4: การปรับมาตรฐานรถเป็นยูโร 5 ในปี 2564 และ ยูโร 6 ในปี 2565 แบบจำลองที่ 5: การห้ามรถยนต์นั่งส่วนบุคคลดีเซลวิ่งในพื้นที่กรุงเทพมหานคร แบบจำลองที่ 6: การห้ามรถบรรทุกวิ่งในพื้นที่กรุงเทพมหานคร แบบจำลองที่ 7: การห้ามรถที่มีอายุมากกว่า 20 ปีวิ่งในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และปริมณฑล แบบจำลองที่ 8: การติดตั้งตัวกรองเขม่าไอเสียในเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Particulate Filter หรือ DPF) ให้กับรถดีเซลทุกประเภทที่มีมาตรฐานตั้งแต่ยูโร 3 ลงไป แบบจำลองที่ 9: การติดตั้งตัวกรองเขม่าไอเสียในเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Particulate Filter หรือ DPF) ให้กับรถดีเซลทุกประเภทที่มีมาตรฐานตั้งแต่ยูโร 3 ลงไป ร่วมกับการบังคับใช้เชื้อเพลิงกำมะถันต่ำ <10 ppm และแบบจำลองที่ 10: การประยุกต์ใช้ทุกแบบจำลองร่วมกันหมด โดยพิจารณาการขนส่งทางถนนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ด้วยยานพาหนะทั้งหมด 6 ประเภท ได้แก่ รย.1 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน รย.2 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน รย.3 รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล รย.12 และ รย.17 (รถจักรยานยนต์) รถบรรทุก รถประจำทาง โดยพิจารณามลพิษ 4 ชนิด คือ $PM_{2.5}$

NO_x NH_3 และ SO_2 จากนั้นจะทำการประเมินปริมาณการปล่อย $PM_{2.5}$, NO_x, SO_2 และ NH_3 จากท่อไอเสีย นอกจากนี้ การศึกษานี้ได้มีการพัฒนาค่าปัจจัยที่ใช้ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ หรือ Characterization Factor (CF) ในระดับจังหวัด สำหรับจังหวัดที่ทำการศึกษา ทำให้สามารถคำนวณผลกระทบต่อสุขภาพในหน่วยของปีสุขภาวะที่สูญเสีย (DALY) เชื่อมโยงกับปริมาณมลพิษ $PM_{2.5}$, NO_x, SO_2 และ NH_3 ที่ถูกปล่อยในหน่วยกิโลกรัมในระดับจังหวัดได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยประยุกต์ใช้หลักการที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 นอกจากนั้นแล้วการศึกษานี้ได้ประเมินต้นทุนทางสุขภาพ ซึ่งคำนวณจากมูลค่าความเสียหายทางเศรษฐศาสตร์ที่เกิดจากผลกระทบต่อสุขภาพ โดย 1 ปีสุขภาวะที่สูญเสีย จะมีมูลค่าเท่ากับ 604,833 บาทในปี 2567 และ 1 DALY เท่ากับ 659,925 บาท ในปี 2572 และเมื่อทำการเปรียบเทียบ 10 แบบจำลองกับแบบจำลองสถานการณ์ปัจจุบัน (Business as usual; BAU) จะสามารถประเมินการลดผลกระทบต่อสุขภาพและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองทั้งหมดได้ ซึ่งผลการศึกษาที่สำคัญ ได้แก่ การคาดการณ์ปริมาณการปล่อยฝุ่น $PM_{2.5}$ จากไอเสียรถ ผลกระทบต่อสุขภาพจากไอเสียรถ และผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ ของ 10 แบบจำลอง และแบบจำลองสถานการณ์ปัจจุบัน ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2 ถึง 4.6

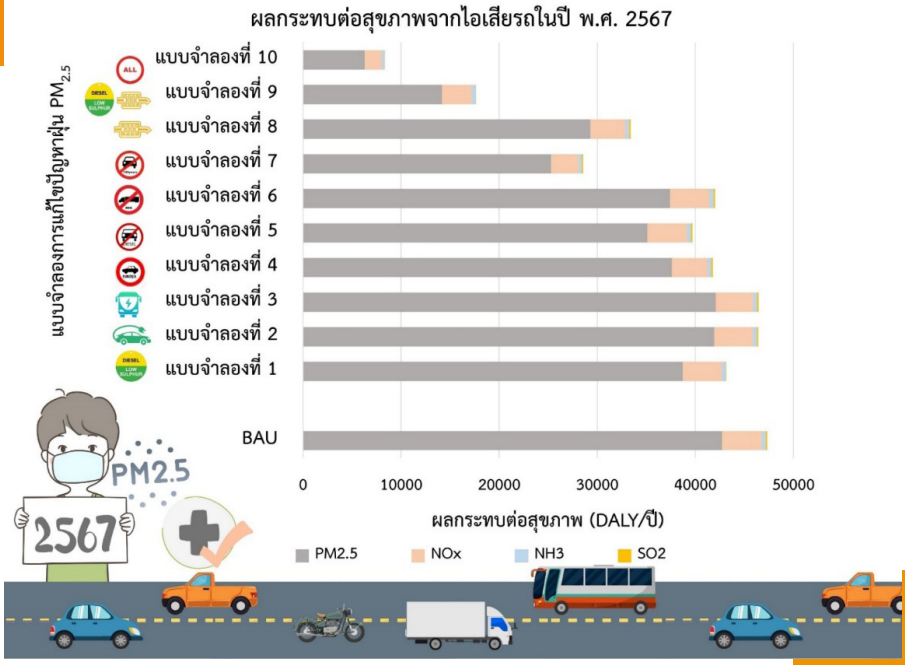
งานวิจัยนี้ พบว่าฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ถูกปล่อยในแต่ละจังหวัดได้จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่ไม่เท่ากัน โดยจากฝุ่น $PM_{2.5}$ 1 ตันที่ปล่อยออกมาในกรุงเทพมหานคร จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพเป็นจำนวน 6.06 ปีสุขภาวะที่สูญเสีย ในขณะที่ นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ นครปฐม สมุทรสาคร จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพเป็นจำนวน 0.52, 1.12, 0.69, 1.42 และ 1.61 ปีสุขภาวะที่สูญเสีย ตามลำดับ ฉะนั้นถ้าเคลื่อนย้ายการขนส่งจากกรุงเทพมหานคร ออกไปรอบนอกในจังหวัดปริมณฑล ถึงแม้ว่าจะมีการปล่อยฝุ่นเท่าเดิม แต่จะสามารถลดผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นได้ เนื่องจากอัตราการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ และเมื่อนำมาตรการตามทั้ง 10 แบบจำลอง มาใช้ก็จะช่วยลดฝุ่น ลดผลกระทบต่อสุขภาพ และเพิ่มผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด และแนวทางที่สามารถช่วยลดผลกระทบได้มากที่สุดในลำดับต่อมาคือ การประยุกต์ใช้ DPF ร่วมกับน้ำมันกำมะถันต่ำ และการปรับมาตรฐานรถเป็นยูโร 5 และยูโร 6 ในขณะเดียวกันประสิทธิภาพในการลดฝุ่นของบางมาตรการจำเป็นต้องใช้เวลาเพื่อให้เห็นผล ดังจะเห็นได้จากความแตกต่างของผลกระทบในปี 2567 และปี 2572 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากทำการปรับมาตรการต่าง ๆ มาใช้ได้เร็วมากเท่าไหร่ก็สามารถช่วยลดการสูญเสียสุขภาพได้มากขึ้นเท่านั้น



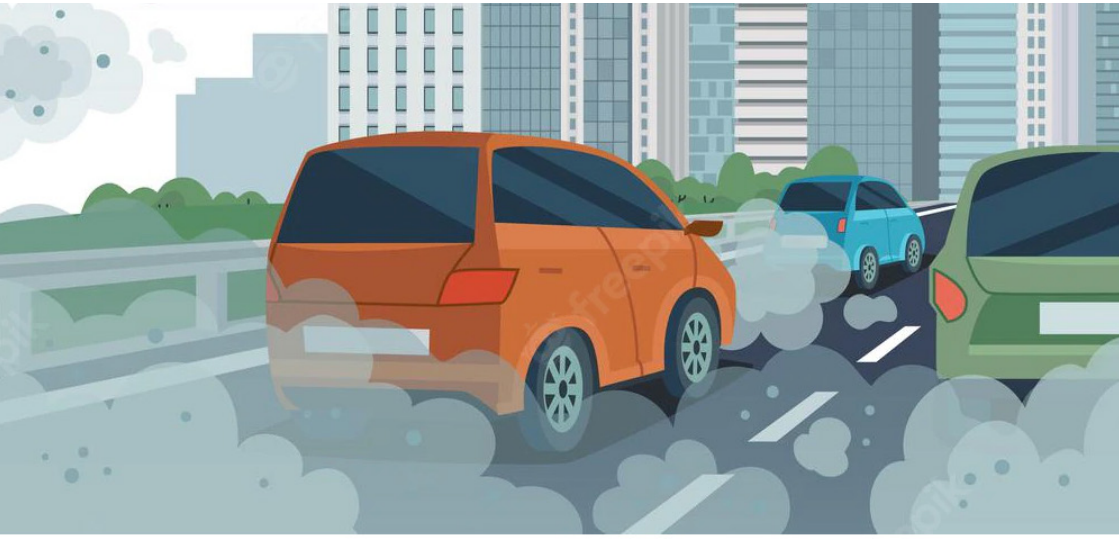
รูปที่ 4.2 ปริมาณการปล่อยฝุ่น $PM_{2.5}$ จากไอเสียรถในปี 2567
(ที่มา: ตระการ ประภัสพงษา และคณะ, 2565; ดัดแปลงมาจาก Chavanaves et al., 2021)

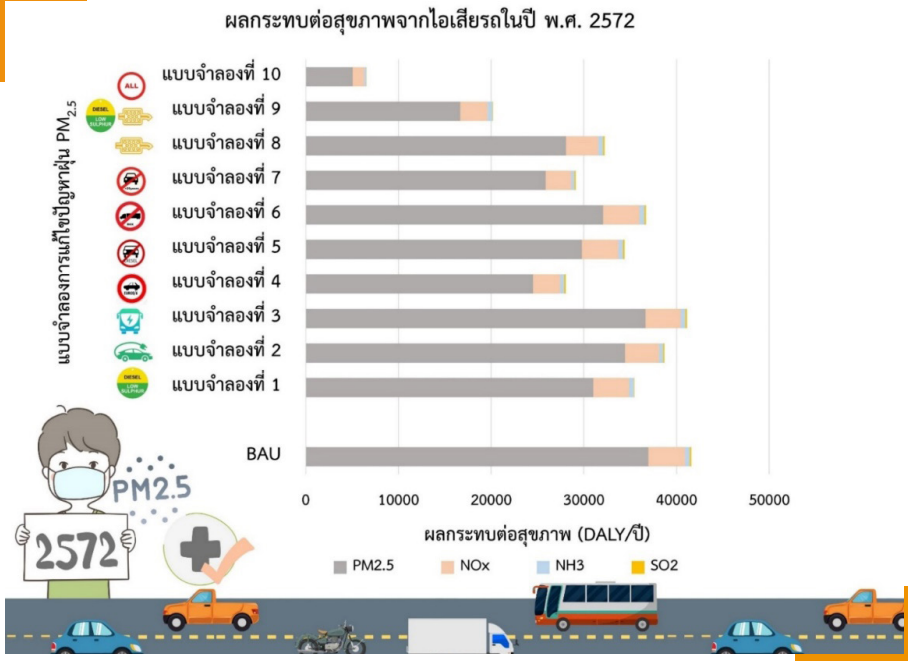


รูปที่ 4.3 ปริมาณการปล่อยฝุ่น $PM_{2.5}$ จากไอเสียรถในปี 2572
(ที่มา: ตระการ ประภัสพงษา และคณะ, 2565; ดัดแปลงมาจาก Chavanaves et al., 2021)

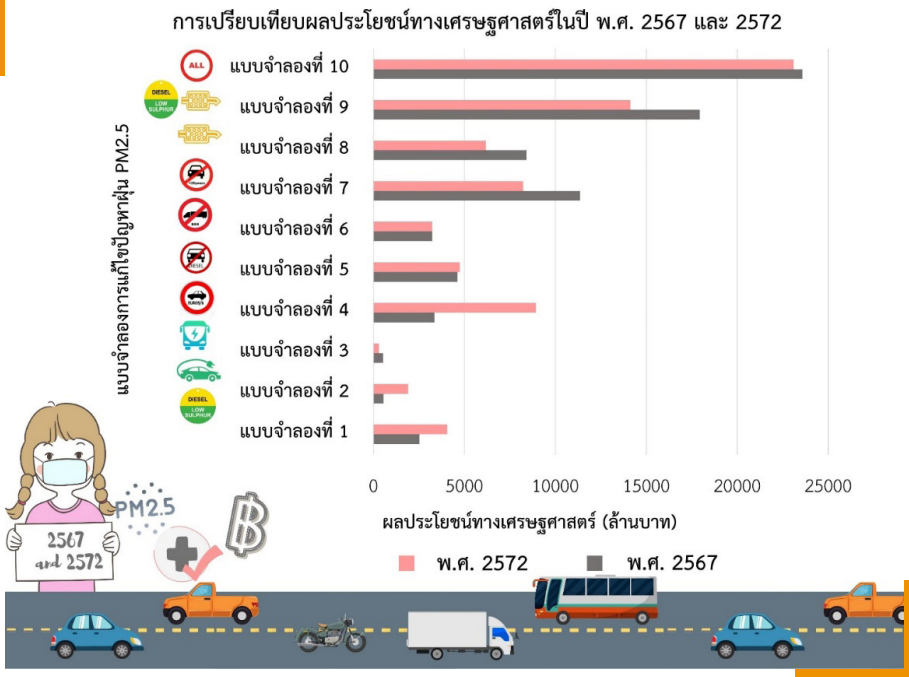


รูปที่ 4.4 ผลกระทบต่อสุขภาพจากไอเสียรถในปี 2567
(ที่มา: ตระการ ประภัสพงษา และคณะ, 2565; ดัดแปลงมาจาก Chavanaves et al., 2021)





รูปที่ 4.5 ผลกระทบต่อสุขภาพจากไอเสียรถในปี 2572
(ที่มา: ตระการ ประภัสพงษา และคณะ, 2565; ดัดแปลงมาจาก Chavanaves et al., 2021)



รูปที่ 4.6 ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในปี 2567 และ 2572
(ที่มา: ตระการ ประภัสพงษา และคณะ, 2565; ดัดแปลงมาจาก Chavanaves et al., 2021)

Prapaspongsa et al. (2021a, b) ได้ทำการพัฒนาเครื่องมือการคำนวณผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ หรือ $PM_{2.5}$ Footprint Calculator สำหรับการขนส่งผู้โดยสารด้วยยานพาหนะทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ รถโดยสารสาธารณะ เรือโดยสารสาธารณะ และรถไฟฟ้า ในรูปแบบโปรแกรม Microsoft Excel และเว็บไซต์ (https://www.eg.mahidol.ac.th/dept/egce/pmfootprint/) เพื่อให้ประชาชนทั่วไปสามารถทราบถึงผลกระทบและต้นทุนทางสุขภาพของการเกิดฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการเดินทางด้วยวิธีที่แตกต่างกันของตนเองได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.7

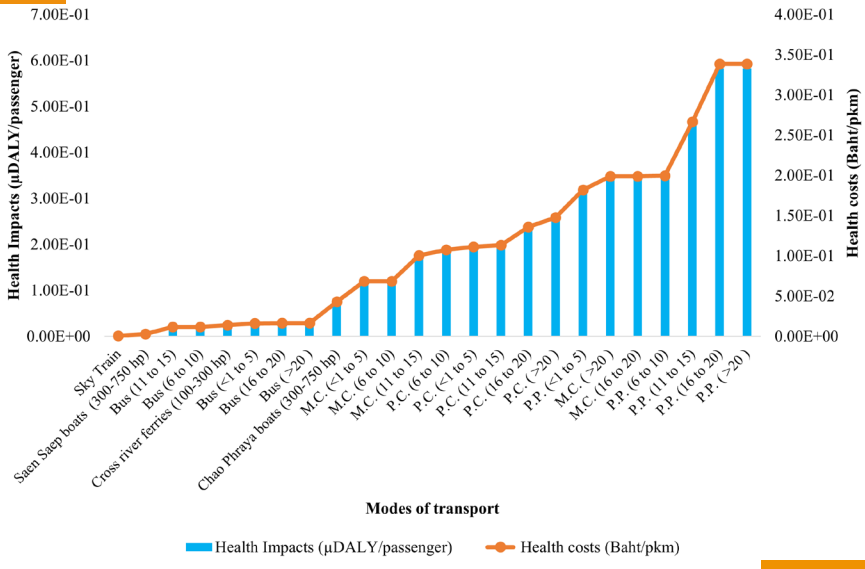
โดยจากการใช้ $PM_{2.5}$ Footprint Calculator พบว่า การเดินทางที่เกิดฝุ่น $PM_{2.5}$ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพน้อยสุด ได้แก่ รถไฟฟ้า ตามมาด้วยรถโดยสารประจำทางที่ใช้เชื้อเพลิง LPG/CNG/Gasoline เรือโดยสารประจำทาง และรถยนต์ส่วนบุคคลที่ใช้เชื้อเพลิง CNG ในขณะเดียวกันหากเลือกใช้ยานพาหนะเก่าและมีการใช้เชื้อเพลิงที่ปล่อยฝุ่น $PM_{2.5}$ มาก เช่น รถยนต์ Pick-up และรถยนต์ส่วนบุคคลที่มีอายุมากกว่า 20 ปี และใช้น้ำมันดีเซล ก็จะส่งผลได้

มากถึง 500-600 เท่า เมื่อเทียบกับการเดินทางด้วยรถไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.8 โดยยานพาหนะที่มีอายุของเทคโนโลยีที่น้อยกว่า จะอยู่ภายใต้มาตรฐานไอเสียที่สูงขึ้น ส่งผลให้มีการปล่อยฝุ่นและส่งผลกระทบสุขภาพที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับอายุยานพาหนะที่เยอะขึ้น ภายใต้มาตรฐานไอเสียที่ต่ำกว่า

รูปที่ 4.7 $PM_{2.5}$ Footprint Calculator
(ที่มา: https://www.eg.mahidol.ac.th/dept/egce/pmfootprint/)

รูปที่ 4.8 เดินทางด้วยยานพาหนะใด ช่วยลดผลกระทบจาก $PM_{2.5}$ ได้ดีที่สุด
(ที่มา: https://www.facebook.com/musefconference/)

Sakpheng et al. (2021) ได้ทำการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสุขภาพและต้นทุนทางสุขภาพของการเดินทางประเภทต่าง ๆ ของคน 1 คน ในระยะทาง 1 กิโลเมตร ในกรุงเทพมหานคร โดยทำการคาดการณ์ประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ในแต่ละปี จากสถิติการจดทะเบียนและสถิติอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในรูปที่ 4.9 โดยพบว่า การเดินทางที่ส่งผลกระทบและมีต้นทุนทางสุขภาพน้อยที่สุด คือ รถไฟฟ้า ตามมาด้วยเรือโดยสารประจำทาง (คลองแสนแสบ) และรถโดยสารประจำทาง โดยจากการศึกษานี้ อายุของยานพาหนะแต่ละประเภทจะพิจารณาทั้งมาตรฐานไอเสียและประเภทเชื้อเพลิงเฉลี่ยที่ใช้ ณ ช่วงเวลานั้น ส่งผลให้บางประเภทยานพาหนะที่มีช่วงอายุที่มากกว่าปล่อยฝุ่นและส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่น้อยกว่า เพราะประเภทของเชื้อเพลิงในช่วงเวลานั้นมีค่าฝุ่นที่ต่ำ เช่น ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas: LPG) ก๊าซธรรมชาติอัด (Compressed Natural Gas: CNG) และน้ำมันเบนซิน (Gasoline)



รูปที่ 4.9 ผลกระทบและต้นทุนทางสุขภาพของฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการเดินทางประเภทต่าง ๆ ในกรุงเทพมหานคร ระยะทาง 1 กิโลเมตร ของคน 1 คน (Sakpheng et al., 2021)

จากการศึกษา $PM_{2.5}$ Footprint ของภาคการขนส่งผู้โดยสารในประเทศไทยข้างต้น จะสรุปได้ว่า การพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะที่มีประสิทธิภาพและทั่วถึง จะเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการแก้ปัญหาฝุ่น $PM_{2.5}$ สำหรับภาคการขนส่งผู้โดยสาร และนอกจากประเภทยานพาหนะแล้ว ประเภทเชื้อเพลิง และมาตรฐานไอเสียของยานพาหนะก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ การใช้รถไฟฟ้า และยานพาหนะที่ใช้ LPG/CNG/Gasoline เป็นหลัก และยานพาหนะที่มีคุณภาพตามมาตรฐานไอเสียที่สูงขึ้น ก็จะช่วยลดการปล่อยฝุ่นและผลกระทบต่อสุขภาพได้เช่นกัน

Deuja et al. (2022) ได้ทำการพัฒนาค่า Characterization Factor (CF) ที่สามารถใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่ถูกปล่อยใน 77 จังหวัดในประเทศไทย และศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการใช้ประโยชน์จากฟางข้าว ในปี 2562 พบว่าการจัดการฟางข้าวของประเทศไทย ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ 98,900 ปีสุขภาวะที่สูญเสีย/ปี และมีต้นทุนต่อสุขภาพ คิดเป็น 56,664 ล้านบาท/ปี แต่หากเปรียบเทียบกับกรณีเผาในที่โล่ง 100% จะพบว่าการจัดการฟางข้าวของประเทศไทยสามารถลดผลกระทบต่อสุขภาพได้ถึง 81.7% นอกจากนั้นแล้ว ถ้าประเทศไทยมีการสนับสนุนการใช้ฟางข้าวเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจะช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพจากการจัดการฟางข้าวในปี 2562 ได้เท่ากับ 63,305 ปีสุขภาวะที่สูญเสีย/ปี ซึ่งคิดเป็นผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ 36,000 ล้านบาท/ปี ในขณะที่การสนับสนุนการใช้ฟางข้าวเพื่อใช้เป็นปุ๋ย/อาหารสัตว์ จะสามารถลดผลกระทบต่อสุขภาพได้มากถึง 83,842-96,526 ปีสุขภาวะที่สูญเสีย/ปี ซึ่งคิดเป็นผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ 48,000-55,000 ล้านบาท/ปี

4.4 ข้อเสนอแนะในการลดผลกระทบต่อสุขภาพ และทิศทางในการพัฒนางานวิจัยในประเทศไทย

4.4.1 ข้อเสนอแนะในการลดผลกระทบต่อสุขภาพ

การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพและต้นทุนทางสุขภาพของฝุ่น $PM_{2.5}$ จากภาคการขนส่งทางถนนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (Chavanaves และคณะ, 2021) ได้ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากแบบจำลองต่าง ๆ จัดลำดับความสามารถในการลดผลกระทบของแต่ละแบบจำลองที่ศึกษา และต่อมาได้มีการพัฒนาแนวทางที่เหมาะสมในการปฏิบัติจริงมากยิ่งขึ้น โดยได้ปรับแบบจำลองสถานการณ์ให้เป็น 7 แนวทางลดฝุ่น $PM_{2.5}$ และผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับภาคการขนส่งทางถนนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยได้นำเสนอไว้ในสมุดปกขาว “แนวทางการลดฝุ่น $PM_{2.5}$ และผลกระทบต่อสุขภาพจากภาคการขนส่งทางถนนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล” (ตระการ ประภัสพงษา และคณะ, 2565) ดังนี้

แนวทางที่ 1: การกำหนดมาตรฐานการปล่อยมลพิษ เช่น บังคับใช้น้ำมันมาตรฐานยูโร 5 (เลื่อนจากปี 2564 ออกไปเป็นปี 2567) และยูโร 6 (เลื่อนจากปี 2565 ไม่มีกำหนด) แนวทางนี้หากมีการปรับตามแผนเดิมจะสร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในปี 2572 มูลค่า 8,935 ล้านบาท และมีจำนวนปีสุขภาวะที่สูญเสียลดลงในปี 2572 เท่ากับ 13,540 ปี แนวทางนี้ประยุกต์ใช้โดยการปรับลดอัตราภาษีสรรพสามิตรถยนต์เพื่อจูงใจสำหรับบริษัทที่นำเครื่องยนต์ยูโร 5 มาใช้ก่อนกำหนด สร้างแรงจูงใจให้ประชาชนหรือผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับภาคขนส่งหันมาใช้เครื่องยนต์ยูโร 5 และการลดค่าใช้จ่ายในการนำรถมาปรับเปลี่ยนเครื่องยนต์ให้เป็นไปตามมาตรฐานกำหนดหรือการบังคับใช้กฎหมายเครื่องยนต์มาตรฐานยูโร 6 โดยข้ามมาตรฐานยูโร 5 การดำเนินการตามแนวทางนี้จะต้องรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้เสียให้รอบด้าน นำข้อเสนอจากทุกภาคส่วนมาพิจารณาอย่างถี่ถ้วนก่อนที่จะมากำหนดนโยบาย สร้างความตระหนักรู้ให้แก่ประชาชนทราบถึงประโยชน์ในการลดฝุ่นหรือปรับมาตรฐาน ซึ่งปัจจัยความสำเร็จของแนวทางนี้ เช่น ภาคอุตสาหกรรมมีความพร้อมในการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีหรือเป็นผู้นำตลาด การกำหนดอัตราภาษี ฯลฯ

แนวทางที่ 2: มาตรการการเปลี่ยนหรือปรับปรุงคุณภาพรถยนต์ที่มีอายุการใช้งานสูง จะสร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในปี 2572 มูลค่า 8,231 ล้านบาท และมี

จำนวนปีสุขภาวะที่สูญเสียลดลงในปี 2572 เท่ากับ 12,472 ปี หากมีการห้ามรถที่มีอายุมากกว่า 20 ปีวิ่งในพื้นที่ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งในความเป็นจริงแล้วอาจทำไม่ได้ เพราะกระทบชุมชนจำนวนมาก โดยแทนที่จะห้ามรถเก่าวิ่ง การดูแลรักษารถเก่าให้มีคุณภาพที่ดีและปล่อยฝุ่นน้อยลงจะเป็นทางออกที่ดีมากกว่า หนึ่งในปัจจัยความสำเร็จของแนวทางนี้ คือการลดภาษีรถยนต์ใหม่เพื่อจูงใจ และรถยนต์ใหม่ต้องมีราคาลดลงให้ประชาชนสามารถเข้าถึงได้ มีระบบขนส่งสาธารณะสะดวกสบาย ในขณะเดียวกันในแง่ปัญหาพบว่า การที่ประชาชนซื้อรถใหม่ อาจจะทำให้ปริมาณรถยนต์และฝุ่นเพิ่มขึ้น และกระทบต่อปัญหาการจราจร จึงควรส่งเสริมการซื้อรถยนต์ใหม่ควบคู่กับการลดการใช้รถยนต์เก่าหรือปรับรถเก่าให้มีคุณภาพดีขึ้น เพราะการซื้อรถใหม่ไม่ได้หมายความว่าคนจะไม่ใช้รถเก่า ขณะเดียวกันไม่ควรปรับลดอัตราภาษีอย่างก้าวกระโดด ปีแรกให้กำหนดอัตราคงที่และยกเลิกการลดอัตราภาษีรถที่ใช้งานเกิน 5 ปี ระยะที่สอง 3-5 ปีค่อยปรับเพิ่มอัตราภาษีรถเก่า นอกจากนั้นการเอารถเก่าออกจากระบบต้องมีแนวทางการจัดการซากรถเก่าและผลกระทบอื่นที่จะตามมาด้วย

แนวทางที่ 3: แนวทางการติดตั้งอุปกรณ์กรองเขม่าในเครื่องยนต์ดีเซล (DPF) สร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในปี 2572 มูลค่า 6,168 ล้านบาท และมีจำนวนปีสุขภาวะที่สูญเสียลดลง เท่ากับ 9,347 ปี ในปี 2572 โดยติดตั้งกับรถที่มีมาตรฐานตั้งแต่ยูโร 3 ลงไป โดยปัจจุบันกรมควบคุมมลพิษอยู่ระหว่างดำเนินโครงการนำร่องเพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการติดตั้ง DPF ซึ่งควรดำเนินการกับรถขนาดใหญ่หรือกลุ่มอุตสาหกรรมก่อน เพราะการบังคับรถส่วนบุคคลอาจทำได้ยาก และแทนที่จะเอารถเก่าออกไปก็ให้นำมาติดตั้งอุปกรณ์แทน แต่ปัญหาก็คือ DPF มีราคาสูงซึ่งประชาชนจะต่อต้านได้

แนวทางที่ 4: การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันต่ำกว่า 10 ppm สร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในปี 2572 มูลค่า 4,051 ล้านบาท และมีจำนวนปีสุขภาวะที่สูญเสียลดลงในปี 2572 เท่ากับ 6,138 ปี ประเทศไทยมีแผนบังคับใช้มาตรการนี้ในวันที่ 1 มกราคม 2567 ซึ่งอุตสาหกรรมน้ำมันมีความพร้อมในการนำน้ำมันที่มีกำมะถันต่ำมาจำหน่ายหน้าฝุ่นในช่วงวันที่ 1 พฤศจิกายน - 31 มีนาคม เช่น ปตท. และรายอื่น ๆ ที่มีความพร้อม โดยอุปสรรคของแนวทางนี้จะทำให้ปริมาณรถบรรทุกเพิ่มขึ้น เพราะต้องขนส่งน้ำมันจากโรงกลั่นและไม่สามารถขนส่งทางท่อน้ำมันที่มีประสิทธิภาพ การลดภาษีสรรพสามิตอาจไม่สามารถลดราคาน้ำมันได้เนื่องจากโรงกลั่นต้องนำน้ำมันดิบที่มีซัลเฟอร์ต่ำมาผลิตแทน ซึ่งมีราคาสูงและต้นทุนการผลิตน้ำมันที่กำมะถันต่ำว่า 10 ppm ก็สูงกว่าน้ำมันทั่วไป

แนวทางที่ 5: การกำหนดเขตพื้นที่การปล่อยมลพิษต่ำ กรณีห้ามรถยนต์ส่วนบุคคลดีเซลวิ่งในพื้นที่กรุงเทพมหานคร สร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในปี 2572 มูลค่า 4,744 ล้านบาท และมีจำนวนปีสุขภาวะที่สูญเสียลดลงในปี 2572 เท่ากับ 7,188 ปี และกรณีห้ามรถบรรทุกวิ่งในพื้นที่ กรุงเทพมหานครมีผลต่อรถบรรทุก 117,070 คัน ในปี 2572 และสร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในปี 2572 มูลค่า 3,223 ล้านบาท และมีจำนวนปีสุขภาวะที่สูญเสียลดลงในปี 2572 เท่ากับ 4,884 ปี แนวทางนี้ไม่สามารถทำได้จริงทั้งหมดเช่นกัน เพราะจะส่งผลกระทบมหาศาล เช่น การห้ามรถบรรทุกวิ่งเข้าพื้นที่เฉพาะ โดยเฉพาะรถขนส่งสินค้า สุดท้ายแล้วหากยังมีความจำเป็นต้องส่งของให้ถึงมือลูกค้าในพื้นที่ ก็อาจจะต้องปรับไปใช้รถกระบะจำนวนมากในการส่งสินค้าแทนรถบรรทุก และจะไม่ช่วยแก้ปัญหาที่แท้จริงได้ และยังเป็นภาระต่อผู้ดำเนินการธุรกิจต่าง ๆ จึงต้องศึกษาอย่างถี่ถ้วนก่อนจะประกาศใช้ ดังนั้นการห้ามรถยนต์บางประเภทวิ่งเข้าเขตมลพิษต่ำ หากไม่มีระบบขนส่งสาธารณะทางเลือกที่ครอบคลุมและเข้าถึงได้ สุดท้ายก็จะเป็นภาระต่อประชาชน

แนวทางที่ 6: การสนับสนุนการใช้รถยนต์ไฟฟ้า สร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ในปี 2572 มีมูลค่า 1,911 ล้านบาท และมีจำนวนปีสุขภาวะที่สูญเสียลดลงในปี 2572 เท่ากับ 2,896 ปี แนวทางนี้มีเงื่อนไขว่าให้มีรถไฟฟ้าสัดส่วน 50% ของรถจดทะเบียนใหม่ตั้งแต่ปี 2567 โดยค่อย ๆ เพิ่ม และครอบคลุมรถยนต์ 4 ประเภท แต่พบว่าแนวทางนี้มูลค่าที่น้อยเมื่อเทียบกับแนวทางอื่น เพราะเป็นประเภทของรถที่จะเปลี่ยนเป็นรถยนต์ไฟฟ้านั้นเป็นรถที่ส่งผลกระทบค่อนข้างน้อยหรือก่อฝุ่นน้อย การขับเคลื่อนแนวทางนี้คือการลดภาษีนำเข้ารถยนต์ไฟฟ้า และตั้งกองทุนอุดหนุนราคาให้ผู้ซื้อรถยนต์ไฟฟ้าบางส่วน การเก็บภาษีรถยนต์ไฟฟ้าต่ำกว่ารถยนต์ดีเซลทั่วไป และแนวทางส่งเสริมรถไฟฟ้าตามนโยบาย 30@30 คือการตั้งเป้าผลิตรถ ZEV (Zero Emission Vehicle) หรือรถยนต์ที่ปล่อยมลพิษเป็นศูนย์ให้ได้อย่างน้อย 30% ของการผลิตยานยนต์ทั้งหมดในปี 2573 และต้องเพิ่มสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าให้ทั่วถึงมากขึ้น การอุดหนุนและสนับสนุนการติดตั้งเครื่องอัดประจุในสถานีต่าง ๆ

แนวทางที่ 7: การใช้รถโดยสารประจำทางพลังงานไฟฟ้า แนวทางนี้อยู่ภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนรถโดยสารประจำทางทั้งหมดให้เป็นรถไฟฟ้าในปี 2565 ซึ่งมีผลต่อรถโดยสารประจำทาง 13,453 คัน และภาครัฐต้องสนับสนุน โดยได้สรุปแนวทางลดฝุ่นทั้ง 7 แนวทาง ไว้ในรูปที่ 4.10

ข้อเสนอแนะในการลดผลกระทบต่อสุขภาพในภาคการขนส่งผู้โดยสาร จากการศึกษา $PM_{2.5}$ Footprint ได้แก่ การส่งเสริมและพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะที่มีประสิทธิภาพทั่วถึงด้วยโครงสร้างราคาที่ประชาชนสามารถเข้าถึงได้ การสนับสนุนการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า และยานพาหนะที่ใช้ LPG/CNG/Gasoline เป็นหลัก รวมทั้งยานพาหนะที่มีคุณภาพตามมาตรฐานไอเสียที่สูงขึ้น จะเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการแก้ปัญหาลดฝุ่น $PM_{2.5}$ และผลกระทบต่อสุขภาพจากภาคส่วนนี้

ข้อเสนอแนะในการลดผลกระทบต่อสุขภาพในภาคจัดการของเสียทางการเกษตร ได้แก่ การห้ามเผา และการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของเสียทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นปุ๋ย/อาหารสัตว์ และเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งในความเป็นจริงแล้วข้อเสนอแนะเหล่านี้ เป็นที่ทราบโดยทั่วกัน และมีนโยบายที่เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะจากภาครัฐและภาคเอกชนที่จะส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ในทางปฏิบัติจริงนโยบายต่าง ๆ ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจำเป็นจะต้องศึกษาถึงปัจจัยสำคัญ และแนวทางที่จะสามารถใช้ในการขับเคลื่อนนโยบายเหล่านี้ ร่วมกับทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ต่อไปในอนาคต

รูปที่ 4.10 แนวทางการลดฝุ่น $PM_{2.5}$
และผลกระทบต่อสุขภาพจากภาคการขนส่งทางถนนในเขต กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

4.4.2 ทิศทางในการพัฒนางานวิจัยในประเทศไทย

ทิศทางการพัฒนางานวิจัยในประเทศไทยสำหรับการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการประเมินด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต จะแบ่งออกเป็นทั้งหมด 4 ประเด็น ได้แก่ ข้อมูล เครื่องมือการประเมิน $PM_{2.5}$ Footprint และการบูรณาการเครื่องมือต่าง ๆ เข้าด้วยกัน การประยุกต์ใช้เครื่องมือ และการขับเคลื่อนนโยบายจากการประยุกต์ใช้เครื่องมือ

งานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินผลกระทบทั้งหมด ข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำ มีความครบถ้วน เป็นปัจจุบัน โปร่งใส สามารถตรวจสอบได้ จะมีความสำคัญและจำเป็นมากที่สุด ซึ่งการจัดทำบัญชีรายการ ฝุ่น $PM_{2.5}$ และก๊าซตั้งต้นที่ทำให้เกิดฝุ่นทุติยภูมิสำหรับทุกภาคส่วนในประเทศไทย ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ เหล่านี้ จะช่วยให้ผลการประเมินมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้นตามไปด้วย โดยในปัจจุบัน ประเทศไทยยังไม่มีฐานข้อมูลตัวคูณมลพิษ (Emission Factors) สำหรับยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ที่มีอายุและใช้เชื้อเพลิงที่แตกต่าง ๆ กัน และสำหรับภาคส่วนอื่น ๆ ที่มีความครบถ้วนและสมบูรณ์ ในอนาคตควรจะมีการพัฒนาฐานข้อมูลตัวคูณมลพิษที่มีคุณภาพเทียบเท่าในระดับนานาชาติ เช่น EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook ที่จะมีข้อมูลที่ครบถ้วนและมีการอัพเดททุก ๆ 3-4 ปี นอกจากนั้นแล้ว ควรมีการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดฝุ่นและมลพิษอากาศอื่น ๆ ข้อมูลทางอุตุนิยมทางวิทยาและข้อมูลทางการระบาดวิทยาอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งเผยแพร่ข้อมูลต่าง ๆ อย่างโปร่งใส เข้าถึงได้ง่าย เพื่อให้ข้อมูลเหล่านี้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

เครื่องมือการประเมิน $PM_{2.5}$ Footprint สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินวัฏจักรชีวิตได้โดยพื้นฐาน ซึ่งในปัจจุบัน ได้มีการประยุกต์ใช้เป็นส่วนหนึ่งของวิธี ThaiSD (Prapaspongsa et al., 2022) ในกรณีศึกษาต่าง ๆ อยู่แล้ว อย่างไรก็ตาม $PM_{2.5}$ Footprint ยังสามารถนำไปบูรณาการร่วมกับเครื่องมืออื่น ๆ ได้ เช่น การประเมินทางเศรษฐศาสตร์และสังคม และการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi-criteria Decision Analysis; MCDA) นอกจากนั้นแล้ว หนึ่งในงานวิจัยในอนาคตที่เป็นไปได้ คือ การพัฒนา $PM_{2.5}$ Footprint Calculator สำหรับทุกภาคส่วน ทั้งในรูปแบบเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน และส่งเสริมให้เกิดการนำไปใช้โดยภาคส่วนต่าง ๆ เหมือนกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

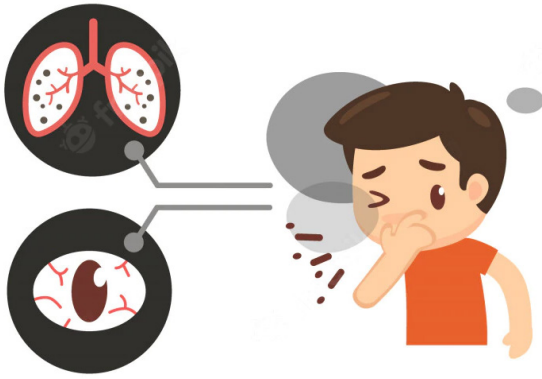
การประยุกต์ใช้เครื่องมือการประเมิน $PM_{2.5}$ Footprint ในปัจจุบันยังมุ่งเน้นที่ภาคการขนส่ง และการจัดการของเสียทางการเกษตร งานวิจัยในอนาคตจึงควรพิจารณาภาคส่วนอื่น ๆ เป็นการประเมินผลกระทบของทุกภาคส่วนในระดับประเทศ ซึ่งทิศทางงานวิจัยนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยที่กำลังดำเนินการอยู่ภายใต้โครงการ “การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และต้นทุนทางสุขภาพของการเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กในประเทศไทย” ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการทุนสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย และทุนนักวิจัยแกนนำ จากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

สุดท้ายแล้วงานวิจัยในอนาคตที่สำคัญที่สุด คือ งานที่มุ่งเน้นการขับเคลื่อนนโยบายจากการประยุกต์ใช้เครื่องมือ $PM_{2.5}$ Footprint และการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพด้วยเครื่องมืออื่น ๆ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการผลิตผลิตภัณฑ์ บริการ และประยุกต์ใช้นโยบายต่าง ๆ จากภาครัฐ ภาคอุตสาหกรรม และภาคประชาสังคม ที่สามารถช่วยลดฝุ่น $PM_{2.5}$ และผลกระทบต่อสุขภาพอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้ประเทศไทยมีอากาศที่สะอาดได้ในอนาคต

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

เอกสารองค์ความรู้ หัวข้อ “ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) ในประเทศไทย” ได้รวบรวมข้อมูลและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ทั้งในและต่างประเทศ โดยนำเสนอสถานการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ในประเทศไทย ผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการประเมินด้วยหลักการระบาดวิทยา การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ และการประเมินวัฏจักรชีวิต

ประชากรทั่วโลกมากกว่าร้อยละ 90 อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีคุณภาพอากาศที่ไม่เป็นไปตามค่าเกณฑ์แนะนำโดยองค์การอนามัยโลก โดยในปี 2562 มลพิษอากาศเป็นสาเหตุการตายของ 6.67 ล้านคนทั่วโลก และ 41,000 คน ในประเทศไทย ซึ่งฝุ่น $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศทั่วไป นับเป็นมลพิษอากาศที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมากที่สุด ถึงแม้ว่าสถานการณ์ฝุ่น $PM_{2.5}$ ในประเทศไทยจะมีแนวโน้มที่ดีขึ้น แต่ผลกระทบต่อสุขภาพ หรืออัตราการเสียชีวิตจากฝุ่น $PM_{2.5}$ มีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น เพราะการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรและการเพิ่มขึ้นของประชากรกลุ่มเสี่ยง ผลกระทบต่อสุขภาพจากปัญหามลพิษอากาศของไทย จึงนับเป็นหนึ่งในอุบัติการณ์ของปัญหาสาธารณสุขและการเปลี่ยนแปลงของภาวะความเจ็บป่วยของประชาชน ซึ่งประเทศไทยมีรายงานการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศ ในพื้นที่ต่าง ๆ ในประเทศที่มีปัญหาด้านมลพิษอากาศอย่างต่อเนื่อง เช่น รายงานจำนวนผู้ป่วย (รายโรค) ที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศ ปี พ.ศ. 2564 จากเขตสุขภาพต่าง ๆ ทั่วประเทศ พบว่ามีจำนวนผู้ป่วยรวมทั้งประเทศ 5,415,262 ราย โดยพบว่ากลุ่มโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด และความดันโลหิตสูง โรคระบบทางเดินหายใจ และโรคมะเร็งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งถึงแม้ว่าปัจจัยหลักของการเกิดกลุ่มโรคดังกล่าวนั้นจะเกิดจากการดำรงชีวิต ความเครียด การบริโภคอาหารที่เป็นอันตราย และพฤติกรรมส่วนบุคคล แต่ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและมลพิษอากาศก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้อาการของโรคมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น



กระทรวงสาธารณสุขจะมีบทบาทหน้าที่ในการเฝ้าระวัง เก็บรวบรวมข้อมูล และดำเนินการเพื่อลดผลกระทบด้านสุขภาพจากปัญหาฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยบทบาทและการดำเนินงานที่สำคัญของกระทรวงสาธารณสุขในการลดผลกระทบด้านสุขภาพจากปัญหามลพิษอากาศ คือ การจัดตั้งศูนย์ปฏิบัติการฉุกเฉินด้านการแพทย์และสาธารณสุข กรณีฝุ่น $PM_{2.5}$ เมื่อปี 2562 โดยขอบเขตการดำเนินงานของศูนย์ฯ มีการดำเนินงานตั้งแต่การวางแผนงานในการดำเนินการเฝ้าระวังด้านสิ่งแวดล้อม มีการจัดตั้งเครือข่ายการเฝ้าระวังด้านสุขภาพ การเปิดคลินิกมลพิษ การสื่อสารข้อมูลด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับประชาชน การควบคุมและจัดการแหล่งกำเนิดของมลพิษและผลกระทบต่อสุขภาพ การควบคุมการดำเนินการภายใต้กฎหมายที่เกี่ยวข้อง โดยมีเป้าหมายในการดูแลสุขภาพของประชาชน เพื่อลดและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ซึ่งการสื่อสารรายงานการเกิดโรคและผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศสู่ประชาชน พบว่ามี 3 หน่วยงานหลัก ในกระทรวงสาธารณสุข ที่เข้ามาดำเนินการเรื่องนี้ ได้แก่ กองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข และกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย

กรมควบคุมมลพิษ สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ และกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้จัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยในอนาคตเพื่อนำไปสู่การลดผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศ โดยมุ่งเน้นที่การควบคุมและลดมลพิษอากาศ ณ แหล่งกำเนิด การเพิ่มประสิทธิภาพของมาตรการควบคุมต่าง ๆ การพัฒนาการจัดการมลพิษอากาศ การบูรณาการข้อมูลการตรวจวัดด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในฐานข้อมูลระดับชาติ การเปิดเผยข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้มีความเข้าถึงได้ง่าย รวมทั้งจัดการกิจกรรมทางวิชาการต่าง ๆ เพื่อเสริมสร้างความตระหนักรู้และส่งเสริมให้เกิดการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ด้วยหลักการระบาดวิทยา สามารถจัดหมวดหมู่ ได้ 2 หมวดหลัก ๆ คือ การศึกษาระยะสั้น เช่น การศึกษาแบบอนุกรมเวลา (Time-series study) หรือการศึกษาระยาว เช่น การศึกษาติดตามผล (Cohort study) โดยผลลัพธ์ของการศึกษาเหล่านี้ จะนำไปสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโรค ในรูปแบบของค่าอัตราส่วนออด (Odd Ratio: OR) หรือค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Relative Risk: RR) ที่จะสามารถบอกให้ทราบได้ถึงอัตราส่วนของการเกิดโรค ระหว่างกลุ่มของผู้ที่

ได้รับปัจจัยเสี่ยง (ฝุ่น) ต่อผู้ที่ไม่ได้รับปัจจัยเสี่ยงได้ เช่น มีการศึกษาเชิงวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis) ซึ่งเป็นการศึกษาที่ใช้เครื่องมือทางสถิติในการรวบรวม วิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลการศึกษาทางระบาดวิทยาจากหลากหลายแหล่งเพื่อหาข้อสรุปร่วมกัน และพบว่า ค่า RR ของโรคมะเร็งปอด โรคหัวใจ และโรคทางเดินหายใจ มีค่าเท่ากับ 1.16 1.20 และ 1.05 ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่า ผู้ที่สูดรับฝุ่น $PM_{2.5}$ มีโอกาสมากกว่าที่จะเกิดโรคดังที่กล่าวไป เมื่อเทียบกับผู้ที่ไม่ได้สูดรับ ร้อยละ 16 20 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งการศึกษาความสัมพันธ์ของโรคและฝุ่น พบว่านอกจากโรคพบได้บ่อย เช่น โรคหัวใจ โรคทางเดินหายใจ โรคมะเร็งปอด หรือโรคหืด ที่พบว่ามีความสัมพันธ์ชัดเจนกับการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ยังมีโรคอื่น ๆ หลายชนิดที่อาจจะมีสาเหตุมาจากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ เช่นเดียวกัน เช่น ภาวะตายคลอด โรคซึมเศร้า หรือการอัตวินิบาตกรรม ปัญหาพัฒนาการของเด็ก และโรคสมองเสื่อม ผลการศึกษาของการศึกษาระบาดวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการศึกษาติดตามผล (Cohort Study) ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อได้ ในการจัดทำการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ (Health Risk Assessment: HRA) เนื่องจากการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจะมีการพิจารณาข้อมูลจากหลากหลายมิติร่วมกัน เช่น ข้อมูลความละเอียดเชิงพื้นที่ ข้อมูลประชากร ข้อมูลคุณภาพอากาศ ข้อมูลสุขภาพ โดยในปัจจุบัน มีเครื่องมือการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ Environmental Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP) ที่พัฒนาโดยสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency: EPA) หรือ AirQ+ ที่องค์การอนามัยโลกเป็นผู้พัฒนา ซึ่งผลการศึกษาจากการประเมินประเภทนี้ สามารถช่วยให้ทราบได้ถึงประสิทธิภาพของมาตรการและนโยบายลดฝุ่นต่าง ๆ ผ่านการจำลองสถานการณ์บนสมมติฐานที่ว่า จะมีจำนวนผู้เสียชีวิตกี่คน หรือจะมีกี่ปีที่ที่ผู้คนจะมีช่วงชีวิตที่สั้นลงและมีสุขภาพที่ไม่สมบูรณ์ ในหน่วยของปีสุขภาวะที่สูญเสีย (Disability Adjusted Life Years: DALY) ที่จะสามารถหลีกเลี่ยงได้ หากนโยบายลดฝุ่นต่าง ๆ ที่นำมาปรับใช้ ประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ยกตัวอย่างเช่น การศึกษา BenMAP ในกรุงเทพมหานคร ปี 2016 คาดว่าหากประเทศไทยสามารถปฏิบัติการลดฝุ่น $PM_{2.5}$ ได้ตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2005 (ค่าความเข้มข้น $PM_{2.5}$ เฉลี่ยต่อปีไม่เกิน 10 มคก./ลบม.) จะสามารถลดจำนวนผู้ที่เสียชีวิตด้วยโรคต่าง ๆ ที่เกิดจากฝุ่นได้มากถึงร้อยละ 71 ซึ่งคิดเป็นจำนวน

ผู้เสียชีวิตด้วยโรคทุกชนิดที่ไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุ โรคหัวใจ และโรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคมะเร็งปอด ได้มากถึง 3,159 959 และ 270 คน ตามลำดับ

สำหรับงานวิจัยในอนาคตทางระบาดวิทยาในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลกระทบทางสุขภาพต่อการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ข้อหลักที่ต้องพัฒนา คือ การจัดทำการศึกษาผลกระทบทางสุขภาพ จากการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ในระยะยาว เช่น การศึกษาตามยาว เนื่องจากปัจจุบันยังไม่พบว่ามีการศึกษาประเภทนี้อยู่ และในส่วนของการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพต่อการสัมผัสกับฝุ่น $PM_{2.5}$ ในประเทศไทยนั้น ยังมีข้อจำกัดทางด้านข้อมูล ทำให้อาจจะไม่สามารถทำการประเมินอย่างแม่นยำและครอบคลุมได้ การเก็บข้อมูลและการทำการศึกษาทางระบาดวิทยาตามยาวควรได้รับการสนับสนุนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การศึกษาการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ ในอนาคตควรนำเครื่องมือหลากหลายชนิดมาใช้ เพื่อให้เกิดเปรียบเทียบและได้ผลการศึกษาที่รอบด้านมากขึ้น

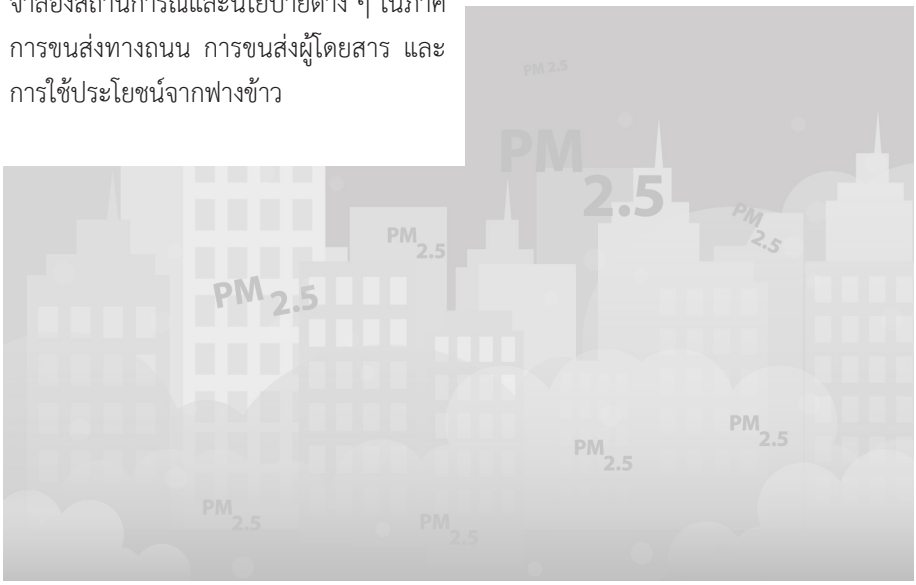
การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการก่อตัวของฝุ่น $PM_{2.5}$ เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินความสูญเสียต่อสุขภาพ (ผลกระทบขั้นปลาย) ในการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยในปัจจุบันมีอยู่ทั้งหมด 5 วิธี ได้แก่ ReCiPe 2016, IMPACT World+, LC-IMPACT, UNEP Global Guidance และ ThaiSD โดยมีขอบเขตของวิธีการประเมินในระดับโลก และระดับประเทศ สำหรับวิธี ThaiSD (Thai Spatially Differentiated LCIA method) เป็นวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของประเทศไทยที่คำนึงถึงความแตกต่างเชิงพื้นที่ และเป็นวิธีเดียวที่พิจารณาผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยมีขอบเขตทั้งในระดับโลก ระดับประเทศ และระดับจังหวัด ทั้ง 77 จังหวัดในประเทศไทย ซึ่งภายใต้วิธี ThaiSD สามารถทำการแยกออกมาใช้ประเมิน $PM_{2.5}$ Footprint ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบในเชิงเดี่ยวโดยเฉพาะได้

การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตในต่างประเทศ จะอยู่ในรูปแบบของการพัฒนาวิธีการประเมินเป็นส่วนใหญ่ โดยการศึกษาในต่างประเทศส่วนใหญ่นั้นจะเป็นการประเมินที่พิจารณาผลกระทบต่อสุขภาพ หรือความสูญเสียต่อสุขภาพมนุษย์ทั้งหมด ในหน่วยปีสุขภาวะที่สูญเสีย แต่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสุขภาพในเชิงเดี่ยวที่เกิดจากฝุ่น $PM_{2.5}$ โดยเฉพาะ อย่างไรก็ตาม การประเมินวัฏจักรชีวิตของโลก พบว่า ฝุ่น $PM_{2.5}$ เป็นหนึ่งในสองตัวแปรหลักที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ในภาพรวมระดับโลก ซึ่งแสดงให้เห็นถึง

ความสำคัญในประเมินผลกระทบจากฝุ่น $PM_{2.5}$ ในการพัฒนานโยบายสาธารณะเพื่อสุขภาพในอนาคต

การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากกรณีศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตในประเทศไทย ในปัจจุบันยังมี 3 ผลงานวิจัยหลัก ได้แก่ การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพและต้นทุนทางสุขภาพของฝุ่น $PM_{2.5}$ จากภาคการขนส่งทางถนนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล การคำนวณ $PM_{2.5}$ Footprint เพื่อส่งเสริมการขนส่งผู้โดยสารอย่างยั่งยืนในประเทศไทย และการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการใช้ประโยชน์จากฟางข้าวในประเทศไทย จากการศึกษาเหล่านี้ได้มีการจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อลดฝุ่น $PM_{2.5}$ และผลกระทบต่อสุขภาพจากการประเมินแบบจำลองสถานการณ์และนโยบายต่าง ๆ ในภาคการขนส่งทางถนน การขนส่งผู้โดยสาร และการใช้ประโยชน์จากฟางข้าว

งานวิจัยในประเทศไทยสำหรับการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่น $PM_{2.5}$ จากการประเมินด้วยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตในอนาคต มีความจำเป็นจะต้องพัฒนาข้อมูลบัญชีรายการฝุ่น $PM_{2.5}$ และก๊าซตั้งต้นที่ทำให้เกิดฝุ่นทุติยภูมิสำหรับทุกภาคส่วนในประเทศไทยให้มีความถูกต้อง แม่นยำ มีความครบถ้วน เป็นปัจจุบัน โปร่งใส สามารถตรวจสอบได้ ควรมีการบูรณาการเครื่องมือการประเมิน $PM_{2.5}$ Footprint และเครื่องมืออื่น ๆ เข้าด้วยกัน และควรมีการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่ครอบคลุม และส่งเสริมการขับเคลื่อนนโยบายจากการประยุกต์ใช้เครื่องมือเพื่อส่งเสริมให้เกิดการผลิตผลิตภัณฑ์ บริการ และประยุกต์ใช้นโยบายต่าง ๆ จากภาครัฐ ภาคอุตสาหกรรม และภาคประชาสังคม



เอกสารอ้างอิง

AQI. (2021). Air quality in Thailand Air quality index (AQI) and $PM_{2.5}$ air pollution in Thailand. Retrieved from https://www.iqair.com/th-en/thailand

Atkinson, R. W., Kang, S., Anderson, H. R., Mills, I. C., & Walton, H. A. (2014). Epidemiological time series studies of $PM_{2.5}$ and daily mortality and hospital admissions: a systematic review and meta-analysis. Thorax, 69(7), 660-665. doi:10.1136/thoraxjnl-2013-204492

Bayat, R., Ashrafi, K., Shafiepour Motlagh, M., Hassanvand, M. S., Daroudi, R., Fink, G., & Künzli, N. (2019). Health impact and related cost of ambient air pollution in Tehran. Environ Res, 176, 108547. doi:10.1016/j.envres.2019.108547

Belbasis, L., & Bellou, V. (2018). Introduction to Epidemiological Studies. Methods Mol Biol, 1793, 1-6. doi:10.1007/978-1-4939-7868-7_1

Broome, R. A., Fann, N., Cristina, T. J., Fulcher, C., Duc, H., & Morgan, G. G. (2015). The health benefits of reducing air pollution in Sydney, Australia. Environ Res, 143(Pt A), 19-25. doi:10.1016/j.envres.2015.09.007

Bu, X., Xie, Z., Liu, J., Wei, L., Wang, X., Chen, M., & Ren, H. (2021). Global $PM_{2.5}$-attributable health burden from 1990 to 2017: Estimates from the Global Burden of disease study 2017. Environ Res, 197, 111123. doi:10.1016/j.envres.2021.111123

Bulle, C., Margni, M., Patouillard, L., Boulay, A.-M., Bourgault, G., De Bruille, V., Cao, V., Hauschild, M., Henderson, A., Humbert, S., Kashef-Haghighi, S., Kounina, A., Laurent, A., Levasseur, A., Liard, G., Rosenbaum, R.K., Roy, P.-O., Shaked, S., Fantke, P. & Jolliet, O. (2019). IMPACT World+: a globally regionalized life cycle impact assessment method. International Journal of Life Cycle Assessment, 24(9) 1653-1674.

Chavanaves, S., Fantke, P., Limpaseni, W., Attavanich, W., Panyametheekul, S., Gheewala, S.H. & Prapaspongsa, T. (2021). Health Impacts and Costs of Fine Particulate Matter Formation from Road Transport in Bangkok Metropolitan Region. Atmospheric Pollution Research, 12(10) 101191.

Ciabattini, M., Rizzello, E., Lucaroni, F., Palombi, L., & Boffetta, P. (2021). Systematic review and meta-analysis of recent high-quality studies on exposure to particulate matter and risk of lung cancer. Environmental Research, 196, 110440. doi:https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110440

Deuja, A., Ueda, K., Panyametheekul, S., Gheewala, S. H. & Prapaspongsa T. (2022) Health Impacts and Cost Assessment of Fine Particulate Matter Formation from Rice Straw Utilization in Thailand. Thai Environmental Engineering Journal, 36(1) 33-47.

Faustini, A., Rapp, R., & Forastiere, F. (2014). Nitrogen dioxide and mortality: review and meta-analysis of long-term studies. Eur Respir J, 44(3), 744-753. doi:10.1183/09031936.00114713

Fantke, P., Evans, J., Hodas, N., Apte, J., Jantunen, M., Jolliet, O. & McKone, T.E. (2016). Health impacts of fine particulate matter. In: Frischknecht, R., Jolliet, O. (Eds.), Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators: Volume 1. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative, Paris, pp. 76-99.

Fantke, P., Jolliet, O., Evans, J.S., Apte, J.S., Cohen, A.J., Hänninen, O.O., Hurley, F., Jantunen, M.J., Jerrett, M., Levy, J.I. & Loh, M.M. (2015). Health effects of fine particulate matter in life cycle impact assessment: findings from the Basel Guidance Workshop. International Journal of Life Cycle Assessment, 20(2) 276-288.

Fantke, P., Jolliet, O., Apte, J.S., Hodas, N., Evans, J., Weschler, C.J., Stylianou, K.S., Jantunen, M. & McKone, T.E. (2017). Characterizing aggregated exposure to primary particulate matter: recommended intake fractions for indoor and outdoor sources. Environmental science & technology, 51(16) 9089-9100.

Fantke, P., McKone, T.E., Tainio, M., Jolliet, O., Apte, J.S., Stylianou, K.S., Illner, N., Marshall, J.D., Choma, E.F. & Evans, J.S. (2019). Global effect factors for exposure to fine particulate matter. Environmental science & technology, 53(12) 6855-6868.

Fold N, R. N., Allison, M. R., B, C. W., Thao, P. T. B., Bonnet, S., Garivait, S., . . . Pengjan, S. (2020). An Assessment of Annual Mortality Attributable to Ambient $PM_{2.5}$ in Bangkok, Thailand. International journal of environmental research and public health, 17(19). doi:10.3390/ijerph17197298

Gronlund, C.J., Humbert, S., Shaked, S., O'Neill, M.S. & Jolliet, O. (2015). Characterizing the burden of disease of particulate matter for life cycle impact assessment. Air Quality, Atmosphere & Health, 8(1), 29-46.

Hassan, A., Ilyas, S. Z., Agathopoulos, S., Hussain, S. M., Jalil, A., Ahmed, S., & Baqir, Y. (2021). Evaluation of adverse effects of particulate matter on human life. Heliyon, 7(2), e05968. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e05968

Health Effects Institute. 2020a. State of Global Air 2020. Special Report. Boston, MA:Health Effects Institute.

Health Effects Institute. 2020b. State of Global Air 2020 Country Profile - Thailand. Retrieved from: https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/documents/2021-06/soga-country-profile-thailand.pdf.

Humbert, S., Marshall, J.D., Shaked, S., Spadaro, J.V., Nishioka, Y., Preiss, P., McKone, T.E., Horvath, A. & Jolliet, O. (2011). Intake fraction for particulate matter: recommendations for life cycle impact assessment. Environmental science & technology, 45(11), 4808-4816.

ISO. (2006a). ISO 14040:2006. Environmental management - Life cycle assessment – Principles and framework. International Standard Organization (ISO), Geneva, Switzerland.

ISO. (2006b). ISO 14044:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. International Standard Organization (ISO), Geneva, Switzerland.

Jolliet, O., Antón, A., Boulay, A.A., Cherubini, F., Fantke, P., Levasseur, A., McKone, T.E., Michelsen, O., Canals, M.L., Motoshita, M., Pfister S., Verones, F., Vigon, B. & Frischknecht, R. (2018). Global guidance on environmental life cycle impact assessment indicators: impacts of climate change, fine particulate matter formation, water consumption and land use. International Journal of Life Cycle Assessment, 23(11) 2189-2207.

Kasdagli, M. I., Katsouyanni, K., Dimakopoulou, K., & Samoli, E. (2019). Air pollution and Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis up to 2018. Int J Hyg Environ Health, 222(3), 402-409. doi:10.1016/j.ijheh.2018.12.006

Lim, H., Kwon, H. J., Lim, J. A., Choi, J. H., Ha, M., Hwang, S. S., & Choi, W. J. (2016). Short-term Effect of Fine Particulate Matter on Children's Hospital Admissions and Emergency Department Visits for Asthma: A Systematic Review and Meta-analysis. J Prev Med Public Health, 49(4), 205-219. doi:10.3961/jpmph.16.037

Liu, Q., Xu, C., Liu, H., Shao, W., Zhang, C., Gu, A., . . . Zhao, P. (2017). Effect of exposure to ambient $PM_{2.5}$ pollution on the risk of respiratory tract diseases: A meta-analysis of cohort studies. Journal of Biomedical Research, 31(2), 130-142. doi:10.7555/JBR.31.20160071

Manojkumar, N., & Srimuruganandam, B. (2021a). Health benefits of achieving fine particulate matter standards in India – A nationwide assessment. Science of The Total Environment, 763, 142999. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142999

Manojkumar, N., & Srimuruganandam, B. (2021b). Health effects of particulate matter in major Indian cities. Int J Environ Health Res, 31(3), 258-270. doi:10.1080/09603123.2019.1651257

Mueller, W., Vardoulakis, S., Steinle, S., Loh, M., Johnston, H. J., Precha, N., . . . Cherrie, J. W. (2021). A health impact assessment of long-term exposure to particulate air pollution in Thailand. Environmental Research Letters, 16(5), 055018. doi:10.1088/1748-9326/abe3ba

Nandar, S. L., Bonnet, S., Garivait, S., & Thao, P. T. (2020). Assessment of health benefits using BenMAP-CE in Myanmar. Journal of Sustainable Energy & Environment, 11, 123-129.

Paoin, K., Ueda, K., Vathesatogkit, P., Ingviya, T., Buya, S., Phosri, A., . . . Sritara, P. (2021). Effects of long-term air pollution exposure on ankle-brachial index and cardio-ankle vascular index: A longitudinal cohort study using data from the Electricity Generating Authority of Thailand study. Int J Hyg Environ Health, 236, 113790. doi:10.1016/j.ijheh.2021.113790

Patella, V., Florio, G., Magliacane, D., Giuliano, A., Crivellaro, M. A., Di Bartolomeo, D., . . . Ridolo, E. (2018). Urban air pollution and climate change:"The Decalogue: Allergy Safe Tree" for allergic and respiratory diseases care. Clinical and Molecular Allergy, 16(1), 1-11.

Phosri, A., Ueda, K., Phung, V. L. H., Tawatsupa, B., Honda, A., & Takano, H. (2019). Effects of ambient air pollution on daily hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases in Bangkok, Thailand. Sci Total Environ, 651(Pt 1), 1144-1153. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.09.183

Pinichka, C., Makka, N., Sukkumnoed, D., Chariyalertsak, S., Inchai, P., & Bundhamcharoen, K. (2017). Burden of disease attributed to ambient air pollution in Thailand: A GIS-based approach. PloS one, 12(12), e0189909-e0189909. doi:10.1371/journal.pone.0189909

Pollution Control Department, Chulabhorn Research Institute & Department of Health (2018). Air Quality Assessments for Health and Environment Policies in Thailand. Retrieved from https://www.pcd.go.th/publication/15135/

Pothirat, C., Chaiwong, W., Liwsrisakun, C., Bumroongkit, C., Deesomchok, A., Theerakittikul, T., . . . Phetsuk, N. (2021). 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, 31(5), 538-547. doi:10.1080/09603123.2019.1673883

Prapaspongsa, T. & Gheewala, S.H. (2019) Impact Assessment for Fine Particulate Matter Formation in LCA: Methods and Applications. Proceedings of National Conference on Air Quality in Thailand: $PM_{2.5}$, 12 December 2019, Bangkok, Thailand.

Prapaspongsa, T., Chavanaves, S., Deuja, A., Sakpheng, P., Balasuriya, B.T.G. & Gheewala, S.H. (2021a) $PM_{2.5}$ Footprint Calculator v1.01: A tool for environmentally sustainable passenger transport in Thailand - Background Report. Retrieved from www.eg.mahidol.ac.th/dept/egce/pmfootprint/

Prapaspongsa T., Chavanaves S., Deuja A., Sakpheng P., Balasuriya B.T.G. & Gheewala S.H. (2021b) $PM_{2.5}$ Footprint Calculator v1.01: A tool for environmentally sustainable passenger transport in Thailand (Microsoft Excel Version). Retrieved from www.eg.mahidol.ac.th/dept/egce/pmfootprint/

Rizza, V., Torre, M., Tratzi, P., Fazzini, P., Tomassetti, L., Cozza, V., . . . Petracchini, F. (2021). Effects of deployment of electric vehicles on air quality in the urban area of Turin (Italy). Journal of Environmental Management, 297, 113416. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113416

Rojas-Rueda, D., Morales-Zamora, E., Alsufyani, W. A., Herbst, C. H., AlBalawi, S. M., Alsukait, R., & Alomran, M. (2021). Environmental risk factors and health: an umbrella review of meta-analyses. International journal of environmental research and public health, 18(2), 704.

Sacks, J. D., Fann, N., Gumy, S., Kim, I., Ruggeri, G., & Mudu, P. (2020). Quantifying the Public Health Benefits of Reducing Air Pollution: Critically Assessing the Features and Capabilities of WHO's AirQ+ and U.S. EPA's Environmental Benefits Mapping and Analysis Program—Community Edition (BenMAP—CE). Atmosphere, 11(5). doi:10.3390/atmos11050516

Sakpheng, P., Chavanaves, S., Chutinthorn, M., Saengdao, S., Limpaseni, W., Panyametheekul, S., Winijkul, E., Fantke, P., Gheewala, S.H. & Prapaspongsa, T. (2021) $PM_{2.5}$ footprint: a tool for enhancing sustainable passenger transport. Proceedings of 8th International Conference on Green and Sustainable Innovation (ICGSI), 10-12 November 2021, Hybrid Conference, Krabi, Thailand. Retrieved from www.eg.mahidol.ac.th/dept/egce/pmfootprint/

Schwela, D. H., & Haq, G. (2020). Strengths and Weaknesses of the WHO Global Ambient Air Quality Database. Aerosol and Air Quality Research, 20(5), 1026-1037.

Song, X., Liu, Y., Hu, Y., Zhao, X., Tian, J., Ding, G., & Wang, S. (2016). Short-Term Exposure to Air Pollution and Cardiac Arrhythmia: A Meta-Analysis and Systematic Review. International journal of environmental research and public health, 13(7). doi:10.3390/ijerph13070642

Teewunda, D., Tawatsupa, B., Punnasiri, K., Pumipan, T., & Chatwilai, N. (2021). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษทางอากาศกับการเข้ารับบริการแผนกผู้ป่วยนอกและการเสียชีวิตของประเทศไทย. Thailand Journal of Health Promotion and Environmental Health-วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม, 44(3), 103-114.

Thomas, D. C. (2009). Statistical methods in environmental epidemiology: Oxford University Press, USA.

United Nations. (2019). World Population Prospect: The 2019 Revision. Retrieved from: https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/

Verones, F., Henderson, A.D., Laurent, A., Ridoutt, B., Ugaya, C. & Hellweg, S. (2016). LCIA framework and modelling guidance. In: Frischknecht, R., Jolliet, O. (Eds.), Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators: Volume 1. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative, Paris, pp. 40-57.

World Health Organization. (2016). Health risk assessment of air pollution: General principles.

World Health Organization. (2021a). Ambient air pollution attributable deaths. . . Retrieved from https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/ambient-air-pollution-attributable-deaths

World Health Organization. (2021b). WHO global air quality guidelines: particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide: executive summary.

Xu, D., Chen, Y., Wu, L., He, S., Xu, P., Zhang, Y., . . . Lou, X. (2020). Acute effects of ambient $PM_{2.5}$ on lung function among schoolchildren. Scientific Reports, 10(1), 4061. doi:10.1038/s41598-020-61003-4

Yang, M., Cheng, H., Shen, C., Liu, J., Zhang, H., Cao, J., & Ding, R. (2020). Effects of long-term exposure to air pollution on the incidence of type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of cohort studies. Environmental Science and Pollution Research, 27(1), 798-811. doi:10.1007/s11356-019-06824-1

Yu, P., Guo, S., Xu, R., Ye, T., Li, S., Sim, M. R., . . . Guo, Y. (2021). Cohort studies of long-term exposure to outdoor particulate matter and risks of cancer: A systematic review and meta-analysis. The Innovation, 2(3), 100143. doi:https://doi.org/10.1016/j.xinn.2021.100143

Zhu, R.-X., Nie, X.-H., Chen, Y.-H., Chen, J., Wu, S.-W., & Zhao, L.-H. (2020). Relationship Between Particulate Matter ($PM_{2.5}$) and Hospitalizations and Mortality of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patients: A Meta-Analysis. The American Journal of the Medical Sciences, 359(6), 354-364. doi:https://doi.org/10.1016/j.amjms.2020.03.016

กรมควบคุมมลพิษ. (2562). แผนปฏิบัติการขับเคลื่อนวาระแห่งชาติ การแก้ไขปัญหามลพิษด้านฝุ่นละออง. เข้าถึงได้จาก: https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2021/02/pcd-new-2021-02-18_08-03-46_086635.pdf

กรมควบคุมมลพิษ. (2564). สถิติจำนวนผู้เยี่ยมชมเว็ปไซต์ air4thai กรมควบคุมมลพิษ. Retrieved from http://air4thai.pcd.go.th/webV2/

กรมควบคุมโรค. (2557). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ. ศ. 2557. เข้าถึงได้จาก: https://www.pcd.go.th/publication/8387/

กรมควบคุมโรค. (2562). รายงานสถานการณ์มลพิษอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก. เข้าถึงได้จาก:https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/940820191121040835.pdf

กรมควบคุมโรค, & กรมอนามัย. (2557). แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศ กรณีฝุ่นละอองขนาดเล็ก, แผนบูรณาการด้าน สิ่งแวดล้อมและสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข ประจำปี 2558. เข้าถึงได้จาก: http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER17/DRAWER002/GENERAL/DATA0000/00000200.PDF

กรมอนามัย. (2563). แนวทางการดำเนินงานด้านการแพทย์และสาธารณสุขเพื่อลดและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก. เข้าถึงได้จาก: http://49.231.15.21/crhfileload/upload/files/TEAF2562121615042245.pdf

กระทรวงสาธารณสุข. (2560). การสาธารณสุขไทย. Retrieved from http://www.cco.moph.go.th/cco24/status/thailand%20health%20profile.pdf

กระทรวงสาธารณสุข. (2563a). คู่มือการดำเนินงานด้านการแพทย์และสาธารณสุข กรณีฝุ่นละอองไม่เกิน 2.5 ไมครอน ปี 2563. เข้าถึงได้จาก: http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/downloads/do_manual_$PM_{2.5}$.pdf

กระทรวงสาธารณสุข. (2563b). สถาณการณ์เฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ (Surveillance Database) Retrieved from https://apps.doe.moph.go.th/

กระทรวงสาธารณสุข. (2564). คลังข้อมูลสุขภาพ การป่วยด้วยโรคจากมลพิษทางอากาศ. เข้าถึงได้จาก: https://hdcservice.moph.go.th/hdc/reports/report.php?source=pformated/format1.php&cat_id=9c647c1f31ac73f4396c2cf987e7448a&id=297c1cb035778f-7b49357693e6867e6c

กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ. (2564). ประชุมปรึกษาหารือมาตรการและแนวทางการดำเนินงานด้านการแพทย์และสาธารณสุข กรณี หมอกควันและฝุ่นละอองขนาดเล็ก ปี 2565. กรมอนามัย. เข้าถึงได้จาก: https://hia.anamai.moph.go.th/th/news-anamai/207215

ตระการ ประภัสพงษา, พัชรากร ชุมสาย ณ อยุธยา, ธนากร สุกุมาลย์, สินธุนนท์ ชวนะเวสน์. สมุดปกขาว “แนวทางการลดฝุ่น $PM_{2.5}$ และผลกระทบต่อสุขภาพจากภาคการขนส่งทางถนน ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล”. นครปฐม: มหาวิทยาลัยมหิดล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม; 2565. ทุนอุดหนุนโครงการขับเคลื่อนนโยบายชี้นำสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.

มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย (มส.ผส.). (2564). สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2563. นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล

สำนักงานพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ. (2558). รายงานภาระโรคและการบาดเจ็บของประชากรไทย พ.ศ. 2556. เข้าถึงได้จาก: http://www.thaincd.com/document/file/download/knowledge/report_BOD_2556.pdf

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1

เอกสารอ้างอิงของวิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต

ลำดับที่	วิธีการประเมิน	เอกสารอ้างอิง
1	ReCiPe 2016	ReCiPe 2016 v1.1. A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level Report I: Characterization. RIVM Report 2016-0104a M.A.J. Huijbregts et al.: http://www.rivm.nl/en/Topics/L/Life_Cycle_Assessment_LCA/Downloads/Documents_ReCiPe2017/Report_ReCiPe_Update_2017 Huijbregts M.A.J., Steinmann Z.J.N., Elshout P.M.F., Stam G., Verones F., Vieira M., Zijp M., Hollander A., van Zelm R. ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. Int J Life Cycle Assess (2017) 22: 138: https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-016-1246-y
2	IMPACT World+	Bulle, C., Margni, M., Patouillard, L. et al. IMPACT World+: a globally regionalized life cycle impact assessment method. Int J Life Cycle Assess 24, 1653–1674 (2019). https://doi.org/10.1007/s11367-019-01583-0
3	LC-IMPACT	Verones, F., Huijbregts, M.A.J., Azevedo, L.B., Chaudhary, A., Cosme, N., de Baan, L., Fantke, P., Hauschild, Henderson, A.D., M., Jolliet, O., Mutel, C.L., Owsianiak, M., Pfister, S., Preiss, P., Roy, P.-O., Scherer, L., Steinmann, Z., van Zelm, R., Van Dingenen, R., Vieira, M., van Goethem, T., Hellweg, S. (2020). LC-IMPACT Version 1.0. A spatially differentiated life cycle impact assessment approach. https://lc-impact.eu/Verones, F., Hellweg, S., Antón, A., Azevedo, L.B., Chaudhary, A., Cosme, N., Cucurachi, S., de Baan, L., Dong, Y., Fantke, P., Golsteijn, L., Hauschild, M.,

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1

เอกสารอ้างอิงของวิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต

ลำดับที่	วิธีการประเมิน	เอกสารอ้างอิง
		Heijungs, R., Jolliet, O., Juraske, R., Larsen, H., Laurent, A., Mutel, C.L., Margni, M., Núñez, M., Owsianiak, M., Pfister, S., Ponsioen, T., Preiss, P., Rosenbaum, R.K., Roy, P.-O., Sala, S., Steinmann, Z., van Zelm, R., Van Dingenen, R., Vieira, M., Huijbregts, M.A.J. (2020). LC-IMPACT: A regionalized life cycle damage assessment method. Journal of Industrial Ecology, 24(6), 1201-1219. All data and documents are also available at Zenodo https://doi.org/10.5281/zenodo.6200606
4	EF3.0	Fazio, S. Castellani, V. Sala, S., Schau, EM. Secchi, M. Zampori, L., Supporting information to the characterisation factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods, EUR 28888 EN, European Commission, Ispra, 2018, ISBN 978-92-79-76742-5, doi:10.2760/671368, JRC109369. Normalization and weighting sets from Annex 2 of the Product Environmental Footprint Category Rules Guidance. Normalization: World population used to calculate the NF per person: 6895889018 people; Source: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Pop ulation Division (2011). World Population Prospects: The 2010 Revision, DVD Edition – Extended Dataset (United Nations publication, Sales No. E.11.XIII.7). Weighting: Sala S., Cerutti A.K., Pant R., Development of a weighting approach for the Environmental Footprint, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISB 978-92-79-68041-0.

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1

เอกสารอ้างอิงของวิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต

ลำดับที่	วิธีการประเมิน	เอกสารอ้างอิง
5	EN15804 + A2	European Commission – Joint Research Centre (2021). EN 15804 reference package. https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/EN15804.xhtml
6	TRACI 2.1	Bare, J.; Gloria, T.; Norris, G. 2006. Development of the Method and U.S. Normalization Database for Life Cycle Impact Assessment and Sustainability Metrics. Environ Sci Techol 40 (16):5108-5115. Bare, J.C.; Norris, G.A.; Pennington, D.W.; McKone, T. 2003. TRACI: The Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts. Journal of Industrial Ecology. http://mitpress.mit.edu/journals/pdf/jiec_6_3_49_0.pdf- Frischknecht, R.; Jungbluth, N.; Althaus, H.J.; Doka, G.; Dones, R.; Hischier, R.; Hellweg, S.; Humbert, S.; Margni, M.; Nemecek, T.; Spielmann, M. 2007. Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods: Data v2.0. ecoinvent report No. 3, Swiss centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Switzerland. Ryberg, M.; Vieira, M.D.M.; Zgola, M.; Bare, J.; Rosenbaum, R.K. 2014. Updated US and Canadian normalization factors for TRACI 2.1. Clean Technologies and Environmental Policy 16: 329-339.
7	BEES+	Gloria, T.P.; Lippiatt, B.C.; Cooper, J. 2007. Life Cycle Impact Assessment Weights to Support Environmentally Preferable Purchasing in the United States. Environ Sci Technol 41 (21):7551-7557. Lippiatt, B.C. 2007. BEES 4.0: Building for Environmental and Economic Sustainability. Technical Manual and User Guide. NISTIR 7423. National Institute of Standards and Technology.

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1

เอกสารอ้างอิงของวิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต

ลำดับที่	วิธีการประเมิน	เอกสารอ้างอิง
8	Environmental	Prices S.M. de Bruyn, S. Ahdour, M, Bijleveld, L. de Graaff, A. Schroten, Handboek Milieuprijzen 2017, Methodische onderbouwing van kengetallen gebruikt voor waardering van emissies enmilieu-impacts, CE Delft, 2017. S.M. de Bruyn, M, Bijleveld, L. de Graaff, E. Schep, A. Schroten, R. Vergeer, S. Ahdour. Environmental Prices Handbook, EU28 version, CE Delft, 2018.
9	UNEP Global Guidance	Fantke P., Jolliet O., Apte J.S., Cohen A.J., Evans J.S., Hän ninen O.O., Hurley F., Jantunen M.J., Jerrett M., Levy J.I., Loh M.M., Marshall J.D., Miller B.G., Preiss P., Spadaro J.V., Tainio M., Tuomisto J.T., Weschler C.J., McKone T.E., “Health effects of fine particulate matter in life cycle impact assessment: conclusions from the Basel Guidance Workshop,” International Journal of Life Cycle Assess-ment, vol. 20, pp. 276–288, 2015. Jolliet O., Antón A., Boulay A.A., Cherubini F., Fantke P., Levasseur A., McKone T.E., Michelsen O., Canals M.L., Motoshita M., Pfister S., Verones F., Vigon B., Frischknecht R., “Global guidance on environmental life cycle impact assessment indicators: impacts of climate change, fine particulate matter forma-tion, water consumption and land use,” International Journal of Life Cycle Assessment, vol. 23, issue 11, pp. 2189-2207, 2018. Fantke P., Evans J., Hodas N., Apte J., Jantunen M., Jolliet O., McKone T.E., “Health impacts of fine particulate matter,” In: Frischknecht R., Jolliet O. (eds.), Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators Volume 1. United Nations Environment

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1

เอกสารอ้างอิงของวิธีการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต

ลำดับที่	วิธีการประเมิน	เอกสารอ้างอิง
		Programme, 2016, ch. 4, pp. 76-99. Fantke P., Jolliet O., Apte J.S., Hodas N., Evans J., Weschler C.J., Stylianou K.S., Jantunen M., McKone T.E., "Characterizing Aggregated Exposure to Primary Particulate Matter: Recommended Intake Fractions for Indoor and Outdoor Sources," Environmental Science & Technology, vol. 51, pp. 9089–9100, 2017. Fantke P., McKone T.E., Tainio M., Jolliet O., Apte J.S., Stylianou K.S., Illner N., Marshall J.D., Choma E.F., Evans J.S., "Global effect factors for exposure to fine particulate matter," Environmental Science & Technology, vol. 53, pp. 6855-6868, 2019. Science & Technology, vol. 53, pp. 6855-6868, 2019.
10	ThaiSD	Prapaspongsa T., Mankong P., Rotthong M., Sakpheng P., Chavanaves S., Balasuriya B.T.G., Deuja A., Oo P.Z., Gheewala S.H (2022) ThaiSD v1.1: Thai Spatially Differentiated Life Cycle Impact Assessment Method version 1.1 – Background Report.

ศูนย์วิชาการเพื่อขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษอากาศ (ศวอ.)
อาคารสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
122/4 ซอยเรวดี (แยกซอยศาสนา 28) ถนนพระราม 6
แขวงพญาไท เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ : 02-617-1530-1 / โทรสาร : 02-279-9720
อีเมล : info@ccas.or.th
เว็บไซต์ : www.ccas.or.th
https://www.facebook.com/CCAS.EEAT

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)
อาคารศูนย์เรียนรู้สุขภาวะ 99/8 ซอยงามดูพลี ถนนพระรามสี่
แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
โทรศัพท์ : 02-343-1500
เว็บไซต์ : www.thaihealth.or.th
https://www.facebook.com/thaihealth

PM2.5
PM2.5
PM2.5