บทที่ 9

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

9.1 บทสรุป

ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นความเสี่ยงด้านสุขภาพที่สำคัญสำหรับประเทศไทย โดยปัญหามลพิษทางอากาศได้ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตก่อนวัยอันควรในประเทศไทยสูงถึง 48,819 คน ณ ปี 2556 และส่งผลให้เกิด Welfare loss คิดเป็นมูลค่า 63,369 ล้านเหรียญสหรัฐ หรือคิดเป็นร้อยละ 6.29 ของ GDP อีกทั้งทำให้เกิดการสูญเสียผลิตภาพแรงงานสูงถึง 2,361 ล้านเหรียญสหรัฐ (World Bank and Institute for Health Metrics and Evaluation, 2016) มลพิษทางอากาศมีหลายรูปแบบทั้งฝุ่นละออง สารตะกั่ว ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) ก๊าซโอโซน (O_3) รวมถึงสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: VOC) แต่สารมลพิษที่มีการกล่าวถึงอย่างกว้างขวางในประเทศไทยในปัจจุบันคือฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ พบว่าประเทศไทยเผชิญปัญหามลพิษจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) มาอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลความเข้มข้นของ PM2.5 ในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานครในช่วงปี พ.ศ. 2554-2562 พบว่าระดับความเข้มข้นของ PM2.5 ในจังหวัดกรุงเทพมหานครสูงกว่าค่ามาตรฐานตามข้อแนะนำขององค์การอนามัยโลกและมาตรฐานของกระทรวงสิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (US EPA) โดยระดับความเข้มข้นของ PM2.5 มีค่าสูงมากในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคมของทุกปี โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) มีแหล่งกำเนิดจากหลายแหล่ง เช่น การคมนาคมขนส่งและการจราจร การก่อสร้าง การรื้อถอนอาคารและสิ่งปลูกสร้าง การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นศึกษามาตรการป้องกันและจัดการปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ในภาคยานยนต์และขนส่ง โดยพิจารณาประสิทธิผลของแต่ละมาตรการในการบรรเทาปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก รวมถึงวิเคราะห์ผลกระทบของแต่ละมาตรการต่อผู้มีส่วนได้เสียต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยให้ความสำคัญกับมาตรการที่ทำให้ได้คุณภาพอากาศที่ดีขึ้น มีมาตรฐานสิ่งแวดล้อมที่ดี และมีต้นทุนในการดำเนินนโยบายที่สมเหตุสมผล กล่าวคือประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินมาตรการต้องสูงกว่าความสูญเสียของสังคม

จากการทบทวนการศึกษาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ พบว่าสำหรับภาคยานยนต์และขนส่ง มาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่น PM2.5 ที่สำคัญมี 4 มาตรการหลักๆ ได้แก่ มาตรการยกระดับมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นมาตรฐาน Euro 5 มาตรการยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียรถยนต์เป็นมาตรฐาน Euro 5 การปรับโครงสร้างภาษีสรรพสามิต และมาตรการ Phase-out รถยนต์เก่าไว้ที่มีอายุการใช้งานเกิน 15 ปี หรือ 20 ปี โดยภายใต้การศึกษานี้ ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากแต่

ละมาตรการคือปริมาณฝุ่น PM2.5 ที่ปล่อยจากยานพาหนะที่ลดลงเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการบังคับใช้ 4 มาตรการข้างต้น (Basecase) และต้นทุนที่เกิดขึ้นจากมาตรการ คือผลกระทบหรือต้นทุนของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกลุ่มต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการมีมาตรการ โดยการศึกษานี้พิจารณาผลกระทบของมาตรการต่อกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอย่างรอบด้าน ได้แก่ ภาครัฐ ผู้ผลิตรถยนต์ ผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โรงกลั่นน้ำมัน รวมถึงผู้ขับขี่รถยนต์/เจ้าของรถยนต์ **โดยในการศึกษานี้ คณะผู้วิจัยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยฝุ่นละออง PM2.5 ที่ลดได้ (Unit cost effectiveness ratio) สำหรับ 3 มาตรการ ได้แก่ มาตรการยกระดับมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นมาตรฐาน Euro 5 มาตรการยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียรถยนต์เป็นมาตรฐาน Euro 5 และมาตรการ Phase-out รถยนต์เก่าที่มีอายุการใช้งานเกิน 15 หรือ 20 ปี ขึ้นไป โดยวัตถุประสงค์สำคัญคือเพื่อหามาตรการที่ทำให้ได้คุณภาพอากาศดีขึ้นและมีต้นทุนในการดำเนินนโยบายที่สมเหตุสมผล**

จากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองการระบายสารมลพิษทางอากาศแบบ Tier 2 Top-down Approach โดยใช้ข้อมูลจำนวนยานพาหนะจำแนกตามประเภทเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงที่ใช้ ระยะทางการเดินทางต่อปี ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง อายุเครื่องยนต์ อุปกรณ์ควบคุมการระบายสารมลพิษ และความถี่ในการบำรุงรักษายานพาหนะ พบว่าแต่ละมาตรการมีประสิทธิภาพในการช่วยลดการปล่อย PM2.5 จากยานพาหนะเมื่อเทียบกับกรณี Basecase ที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 9.1)

จากตารางที่ 9.1 พบว่าหากพิจารณาแต่ละมาตรการแบบแยกส่วนกัน (พิจารณาทีละหนึ่งมาตรการ โดยกำหนดให้มาตรการด้านอื่นๆ ที่ไม่ได้พิจารณาไม่เปลี่ยนแปลงจากกรณี Basecase) พบว่ามาตรการที่มีประสิทธิผลมากที่สุดในการลดปริมาณ PM2.5 ที่ปล่อยจากยานพาหนะคือมาตรการ Phase-out รถยนต์เก่าที่มีอายุการใช้งานเกิน 15 ปีขึ้นไป ซึ่งภายใต้กรณีนี้ ปริมาณ PM2.5 ที่ปล่อยจากยานพาหนะทุกประเภทรวมกันเท่ากับ 9,442 ตัน/ปี หรือลดลงประมาณ 21,017 ตัน/ปี เมื่อเทียบกับกรณี Basecase รองลงมาคือมาตรการ Phase-out รถยนต์เก่าที่มีอายุการใช้งานเกิน 20 ปีขึ้นไป ซึ่งภายใต้กรณีนี้ ปริมาณ PM2.5 ที่ปล่อยจากยานพาหนะทุกประเภทรวมกันเท่ากับ 17,393 ตัน/ปี หรือลดลงประมาณ 13,066 ตัน/ปี เมื่อเทียบกับกรณี Basecase อันดับที่สามคือมาตรการยกระดับมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นมาตรฐาน Euro 5 ซึ่งปล่อย PM2.5 22,870 ตัน/ปี หรือลดลงจากกรณี Basecase ประมาณ 7,588 ตัน/ปี สำหรับมาตรการยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียของรถยนต์ใหม่ทั้งหมดในปี 2562 เป็นมาตรฐาน Euro 5 ปล่อย PM2.5 ประมาณ 29,433 ตัน/ปี หรือลดลงประมาณ 1,026 ตัน/ปี จากกรณี Basecase (กรณีที่ใช้เทคโนโลยี SCR ในการควบคุมการระบายไอเสีย) หรือปล่อย PM2.5 ประมาณ 29,450 ตัน/ปี หรือลดลงประมาณ 1,009 ตัน/ปี จากกรณี Basecase (กรณีที่ใช้เทคโนโลยี EGR ในการควบคุมการระบายไอเสีย) สำหรับมาตรการการปรับโครงสร้างภาษีสรรพสามิตรถยนต์ใหม่ ปริมาณ PM2.5 ที่สามารถลดได้เมื่อเทียบกับกรณี Basecase ค่อนข้างน้อย ดังนั้น ในการวิเคราะห์สัดส่วนต้นทุนที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยประสิทธิภาพ (Unit Cost Effectiveness Ratio) คณะผู้วิจัยจึงเน้นที่ 3 มาตรการที่มี

ประสิทธิภาพในการลดปริมาณการปล่อย PM2.5 จากภาคยานยนต์และขนส่งสูง ประกอบด้วย การ Phase-out รถยนต์เก่าที่มีอายุการใช้งานเกิน 15 ปี และ 20 ปี การยกระดับมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นมาตรฐาน Euro 5 และการยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียรถยนต์เป็นมาตรฐาน Euro 5

ตารางที่ 9.1 ปริมาณการปล่อย PM2.5 จากยานพาหนะภายใต้แต่ละมาตรการเปรียบเทียบกับ Basecase

ประเภทยานพาหนะ	Basecase (ตัน/ปี)	ยกระดับมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงเป็น Euro 5 (ตัน/ปี)	ยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียรถยนต์เป็น Euro 5 เทคโนโลยี SCR (ตัน/ปี)	ยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียรถยนต์เป็น Euro 5 เทคโนโลยี EGR (ตัน/ปี)	Phase-out รถยนต์เก่าที่มีอายุการใช้งานเกิน 15 ปี (ตัน/ปี)	Phase-out รถยนต์เก่าที่มีอายุการใช้งานเกิน 20 ปี (ตัน/ปี)
รถบรรทุกขนาดใหญ่	21,873	16,187	21,059	21,076	4,863	11,811
รถบรรทุกขนาดเล็ก	6,408	4,827	6,281	6,281	3,055	3,844
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	2,166	1,844	2,082	2,082	1,513	1,726
รถแท็กซี่	12	12	11	11	11	11
รวม	30,459	22,870	29,433	29,450	9,442	17,393

ที่มา : คำนวณโดยคณะผู้วิจัย

นอกจากการวิเคราะห์ประสิทธิผลของแต่ละมาตรการในการลดปริมาณ PM2.5 ที่ปล่อยจากยานพาหนะแล้ว คณะผู้วิจัยทำการวิเคราะห์สัดส่วนต้นทุนที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยประสิทธิภาพ (Unit cost effectiveness ratio) ภายใต้ทั้ง 3 มาตรการ ได้แก่ มาตรการยกระดับมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นมาตรฐาน Euro 5 มาตรการยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียรถยนต์เป็นมาตรฐาน Euro 5 และมาตรการกำหนดอายุการใช้งานรถยนต์เก่าไว้ที่ 15 ปี และ 20 ปี

ตารางที่ 9.2 Unit Cost Effectiveness Ratio ของมาตรการแต่ละประเภท ณ ราคาคงที่ปี พ.ศ. 2562

มาตรการที่นำเสนอ	Unit CE ratio ของต้นทุนสังคม (บาทต่อตัน PM2.5 ที่ลดลงต่อปี)
การเปลี่ยนมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นมาตรฐาน Euro 5 ณ อัตราคิดลดที่ร้อยละ 3 ร้อยละ 7 และร้อยละ 10	1,035,032 – 1,611,105
การยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียรถยนต์ใหม่ในปี 2562 ทั้งหมด เป็นมาตรฐาน Euro 5	
- เทคโนโลยี SCR ในการควบคุมการระบายไอเสีย	15,588,603
- เทคโนโลยี EGR ในการควบคุมการระบายไอเสีย	15,851,246
การห้ Phase-out รถยนต์เก่าร่วมกับการให้เงินอุดหนุนจากรัฐในรูปของส่วนลดราคาเมื่อซื้อรถยนต์ใหม่หรือการลดหย่อนภาษีเป็นเงิน 100,000 บาทต่อคัน	
- การ Phase-out รถยนต์เก่าที่มีอายุเกิน 15 ปี	14,027,116
- การ Phase-out รถยนต์เก่าที่มีอายุเกิน 20 ปี	14,920,182

ที่มา : จากการคำนวณโดยคณะผู้วิจัย

จากตารางที่ 9.2 พบว่า มาตรการที่มี Unit Cost Effectiveness Ratio ต่ำที่สุดคือมาตรการยกระดับมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นมาตรฐาน Euro 5 รองลงมาคือมาตรการ Phase-out รถยนต์เก่าที่มีอายุการใช้งานเกิน 15 ปี และการ Phase-out รถยนต์เก่าที่มีอายุการใช้งานเกิน 20 ปี ตามลำดับ สำหรับมาตรการยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียรถยนต์ใหม่ในปี 2562 เป็นมาตรฐาน Euro 5 เป็นมาตรการที่มี Unit Cost Effectiveness Ratio สูงที่สุด

อย่างไรก็ดี การประมาณต้นทุนดังกล่าวเป็นการประมาณที่สูงกว่าความเป็นจริง เพราะในการวิเคราะห์คำนึงถึงต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการมีมาตรการเพียงอย่างเดียวแต่ไม่ได้รวมประโยชน์ร่วม (Co-benefit) ของมาตรการที่ส่งผลทำให้มลพิษประเภทอื่นลดลงไปด้วย ซึ่งในที่สุดจะส่งผลดีต่อทั้งสุขภาพของมนุษย์และประโยชน์ในด้านอื่น เช่น ทัศนียภาพที่ดีขึ้น ผลผลิตการเกษตรที่สูงขึ้น และผลดีต่อระบบนิเวศเป็นต้น

จากผลการวิเคราะห์ Unit Cost Effectiveness Ratio มิได้หมายความว่า ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจควรจะเลือกมาตรการใดมาตรหนึ่งในการดำเนินการ เพราะมาตรการเหล่านี้ควรดำเนินไปพร้อมๆ กันเพื่อให้ประสิทธิภาพในการลด PM2.5 สูงสุด เช่น มาตรการยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียรถยนต์เป็นมาตรฐาน Euro 5 จะมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ PM2.5 ที่ปล่อยได้มีประสิทธิผลสูงสุดก็ต่อเมื่อมีคุณภาพของเชื้อเพลิงที่มีค่ากำมะถันในระดับที่ต่ำกว่า 10 ppm ซึ่งหมายความว่าควรใช้ควบคู่กับน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีมาตรฐาน Euro 5 เช่นเดียวกัน การยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียรถยนต์เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการปรับมาตรฐานเชื้อเพลิงให้สอดคล้องกันหรือการบังคับใช้มาตรฐาน Euro 5 สำหรับรถยนต์ก่อนที่จะมีน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐาน Euro 5 ออกจำหน่าย ย่อมทำให้ประสิทธิภาพในการลดการปล่อย PM2.5 ลดลงเช่นกัน

9.2 ข้อสังเกตเพิ่มเติมของคณะผู้วิจัย

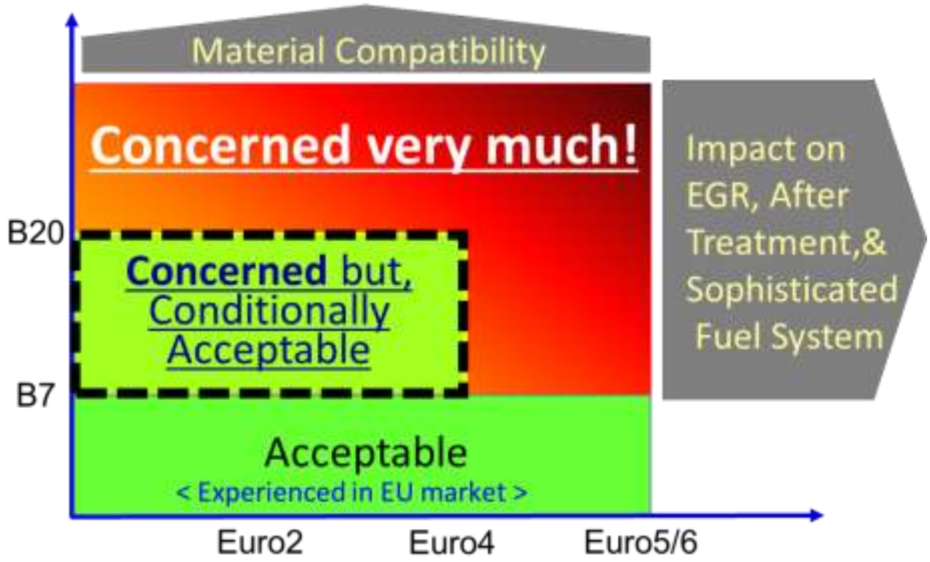
9.2.1 น้ำมันไบโอดีเซล

ส่วนหนึ่งของการศึกษานี้ให้ความสำคัญกับการศึกษาประสิทธิผลของมาตรการยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียรถยนต์เป็นมาตรฐาน Euro 5 ดังนั้น ในส่วนนี้ คณะผู้วิจัยจึงขอตั้งข้อสังเกตเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบของมาตรการด้านอื่นของภาครัฐต่อประสิทธิผลของมาตรการยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียรถยนต์เป็นมาตรฐาน Euro 5 ในการช่วยลดปัญหา PM2.5 ที่ปล่อยจากภาคยานยนต์และขนส่ง หนึ่งในนโยบายที่ภาครัฐให้ความสำคัญคือนโยบายสนับสนุนไบโอดีเซล ซึ่งเป็นนโยบายที่มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันและมีเป้าหมายเพื่อสร้างสมดุลปาล์มน้ำมันทั้งระบบของประเทศให้มีความยั่งยืน โดยแนวนโยบายของกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงานคือการกำหนดให้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วบี 10 (B10) เป็นน้ำมันดีเซลฐานสำหรับรถยนต์ดีเซลทั่วไป ทั้งนี้ เพื่อทำให้ปริมาณความต้องการใช้น้ำมันปาล์มดิบในประเทศเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ดี การศึกษาของคณะอนุกรรมการด้านน้ำมันเชื้อเพลิงและสารหล่อลื่นของสมาคมผู้ผลิตรถยนต์ญี่ปุ่น (Japan Automobile Manufacturers Association: JAMA) ในปี 2562 พบว่าในยุโรปซึ่งมีการบังคับใช้มาตรฐานการระบายไอเสีย Euro 5 ในปี 2552 และมาตรฐาน Euro 6 ในปี 2557 พบว่าน้ำมันมาตรฐาน (Reference Fuel) ซึ่งใช้สำหรับทดสอบมลพิษสำหรับเครื่องยนต์มาตรฐาน Euro 5 คือน้ำมัน B5 และสำหรับมาตรฐาน Euro 6 คือน้ำมัน B7 และในปัจจุบัน น้ำมันดีเซลที่มีจำหน่ายในท้องตลาดในยุโรปยังคงเป็นน้ำมัน B7 โดยสาเหตุสำคัญที่ยังไม่มีการบังคับใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่สูงกว่า B7 เช่น น้ำมัน B10 เนื่องจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซล B10 ภายใต้มาตรฐานการระบายไอเสีย Euro 5 อยู่นอกเงื่อนไขที่สามารถยอมรับได้ในปัจจุบัน (รูปที่ 9.1) แกนตั้งของรูปที่ 9.1 แสดงสัดส่วนการผสมน้ำมันไบโอดีเซลและแกนนอนแสดงมาตรฐานการระบายไอเสียของรถยนต์ จากรูปพบว่า น้ำมันไบโอดีเซล B20 สามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์มาตรฐานการระบายไอเสีย Euro 4 ภายใต้เงื่อนไข (Concerned but

conditionally acceptable) แต่หากมีการนำน้ำมันไบโอดีเซล B10 มาใช้ควบคู่กับรถยนต์ที่มีมาตรฐานการระบายไอเสียมาตรฐาน Euro 5 จะอยู่นอกเงื่อนไขที่สามารถยอมรับได้ในปัจจุบัน เนื่องจากจะส่งผลเสียกับระบบบำบัดมลพิษที่มีความละเอียดอ่อนมากในรถยนต์ที่มีมาตรฐานการระบายไอเสีย Euro 5 หรือ Euro 6 (JAMA, 2019)

รูปที่ 9.1 สัดส่วนการผสมน้ำมันไอโอดีเซลและมาตรฐานการระบายไอเสียของรถยนต์



ที่มา : JAMA (2019)

หากพิจารณาคุณสมบัติโดยทั่วไปของน้ำมันไบโอดีเซล (ตารางที่ 9.3) พบว่าน้ำมันไบโอดีเซลมีลักษณะด้อยบางประการที่ไม่สามารถแก้ไขหรือควบคุมได้โดยการปรับปรุงมาตรฐานน้ำมัน กล่าวคือ น้ำมันไบโอดีเซลมีจุดเดือดสูงและมีค่าความร้อนต่ำ โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการที่มีจุดเดือดสูงคือเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เกิดการผสมของน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำมันเครื่องซึ่งมีผลมาจากกระบวนการ DPF Regeneration การที่น้ำมันไบโอดีเซลมีจุดเดือดที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลและให้พลังงานน้อยกว่าจะมีลักษณะที่เด่นชัดมากขึ้นเมื่อมีสัดส่วนการผสมไบโอดีเซลที่มากขึ้น นอกจากนี้ ผลกระทบที่เกิดจากการที่น้ำมันไบโอดีเซลมีค่าความร้อนต่ำคือ ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์และอุณหภูมิไอเสีย เนื่องจากในรถยนต์ที่มีมาตรฐานการระบายไอเสีย Euro 5 จำเป็นต้องมีการติดตั้ง Diesel Particulate Filter (DPF) เพื่อลดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก เพิ่มเติมจาก Diesel Oxidation Catalyst (DOC) ที่มีอยู่แล้วภายใต้มาตรฐาน Euro 4 โดยตัว DPF ทำหน้าที่ดักจับฝุ่นละออง หลังจากที่สะสมเขม่าจนอุดตันแล้ว รถยนต์จำเป็นต้องมีการเผาเขม่า โดยการเผาเขม่าที่ DPF ต้องใช้อุณหภูมิสูง โดยวิธีการเพิ่มอุณหภูมิคือรถจะตั้งใจฉีดน้ำมันเกินหลังการจุดระเบิด (Post Injection) ในจังหวะที่ลูกสูบระบายไอเสียออก น้ำมันที่ฉีดออกมาในรอบหลังนี้ เมื่อเจอความร้อนสูงในห้องเผาไหม้ ปกติจะระเหยกลายเป็นไอ และไอน้ำมันนี้จะไหลไปจนถึง DPF และถูกเผาไหม้พร้อมกับเขม่าที่ DPF ซึ่งทำให้ฝุ่นที่อยู่ใน DPF ถูกเผาไหม้จนหมด เมื่อ DPF

เกิดการอุดตันใหม่ ก็จะเผาเขม่าใหม่ วนเป็นวัฏจักรไปเรื่อยๆ อย่างไรก็ดี เมื่อมีการใช้น้ำมันไบโอดีเซล เนื่องจากค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลและน้ำมันไบโอดีเซลแตกต่างกันเกือบร้อยละ 10 ส่งผลให้ความร้อนไม่เพียงพอที่จะเผาไหม้ฝุ่นที่ดักอยู่ที่ DPF และทำให้กระบวนการเผาไหม้ฝุ่นที่ DPF เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ และทำให้ DPF ได้รับความเสียหายและไม่สามารถใช้งานได้ในที่สุด

ตารางที่ 9.3 คุณสมบัติทั่วไปของน้ำมันไบโอดีเซล

คุณลักษณะของน้ำมันไบโอดีเซล	ผลกระทบที่เกิดขึ้น	สามารถควบคุมด้วยมาตรฐานน้ำมันหรือไม่
เกิดปฏิกิริยากับอากาศและเสื่อมสภาพได้ง่าย	กัดกร่อนชิ้นส่วนและทำให้มีการอุดตัน	ควบคุมได้
ง่ายต่อการตกตะกอน	อุดตันในไส้กรองน้ำมัน	ควบคุมได้
มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี	เกิดสนิม มีการกัดกร่อน มีการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์	ควบคุมได้
จุดเดือดสูง	เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดการผสมของน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำมันเครื่องซึ่งเป็นสาเหตุทำให้น้ำมันเครื่องเสื่อมสภาพและไม่สามารถหล่อลื่นเครื่องยนต์ได้ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องยนต์	ไม่สามารถควบคุมได้
ค่าความร้อนต่ำ	ส่งผลต่อประสิทธิภาพเครื่องยนต์และอุณหภูมิไอเสีย	ไม่สามารถควบคุมได้
สามารถละลายได้สูง (High Solubility)	ทำให้คราบโคลนในเครื่องยนต์เกิดการลอกตัว และส่งผลให้ไส้กรองน้ำมันอุดตัน	ไม่สามารถควบคุมได้

ที่มา : JAMA (2019)

ดังนั้น คณะผู้วิจัยเสนอให้ภาครัฐมีความชัดเจนเกี่ยวกับน้ำมันไบโอดีเซลที่จะใช้ควบคู่กับรถยนต์ที่มีมาตรฐานการระบายไอเสียระดับ Euro 5 โดยการศึกษาของ JAMA (2019) มีข้อเสนอแนะ 2 ประการที่สำคัญ หนึ่ง ควรมีน้ำมันไบโอดีเซล B7 มาตรฐาน Euro 5 (ซึ่งมีปริมาณกำมะถัน 10 ppm) วางจำหน่ายในตลาดสำหรับใช้คู่กับรถยนต์มาตรฐาน Euro 5 และ Euro 6 สอง ภาครัฐควรออกประกาศเพื่อแนะนำผู้ใช้งานรถยนต์ที่มีมาตรฐานการระบายไอเสีย Euro 5 และ Euro 6 ให้ใช้น้ำมัน B7 ซึ่งมีมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงระดับ Euro 5 จนกว่ากระบวนการทดสอบเกี่ยวกับความเข้ากันได้ (Compatibility) ของรถยนต์ที่มีมาตรฐานการระบายไอเสีย Euro 5 และน้ำมันไบโอดีเซลที่สูงกว่า B7 เช่น B10 เป็นต้น จะเสร็จสมบูรณ์

9.2.2 ระยะเวลาในการเปลี่ยนผ่านระหว่างมาตรฐานการระบายไอเสียของรถยนต์ต่าง ๆ

การยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียของรถยนต์ (มาตรฐาน Euro) ไปสู่มาตรฐาน Euro ที่เข้มงวดขึ้นสร้างผลกระทบโดยตรงต่อผู้ผลิตรถยนต์ในการปรับตัวและการเตรียมความพร้อม การศึกษาของ JAMA (2015) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการเปลี่ยนผ่านจากมาตรฐาน Euro 4 ไปยังมาตรฐาน Euro 5 หรือจาก Euro 5 ไปยังมาตรฐาน Euro 6 คือ 2 ปี สำหรับการผลิตรถยนต์โมเดลใหม่ (New model) และ 4 ปี สำหรับการผลิตรถยนต์ที่มีการปรับโฉมโมเดล (Carry-over model) โดยระยะเวลา Grace Period ดังกล่าวต้องการให้มีเวลาเพียงพอสำหรับการกระจายการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐาน Euro ที่สูงขึ้นให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ทั่วประเทศ โดยทาง JAMA คาดการณ์ว่าจำเป็นต้องใช้เวลามากกว่า 1 ปี ในการกระจายน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐานที่สูงขึ้นให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ทั่วประเทศ

คณะผู้วิจัยเสนอให้ภาครัฐพิจารณาถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเปลี่ยนผ่านจากมาตรฐาน Euro 5 ไปมาตรฐาน Euro 6 โดยคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ร่วมกัน ได้แก่ ศักยภาพและความพร้อมของผู้ผลิตรถยนต์แต่ละราย สภาพเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ ณ เวลานั้น ๆ เพื่อประมาณการถึงความสอดคล้องระหว่างกำลังการซื้อของผู้บริโภคและปริมาณการผลิตรถยนต์ที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้เกิดการประหยัดต่อขนาด (Economies of Scale) ของผู้ผลิตรถยนต์ นอกจากนี้ ภาครัฐยังต้องพิจารณาถึงความสอดคล้องระหว่างการบังคับใช้มาตรฐานการระบายไอเสียของรถยนต์และมาตรฐานของน้ำมันเชื้อเพลิงดังที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าประสิทธิภาพในการลดการปล่อยฝุ่น PM2.5 จะสูงที่สุดหากใช้รถยนต์ที่มีมาตรฐาน Euro ที่สูงขึ้นควบคู่กับน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่ากำมะถันต่ำหรือน้ำมันที่มีมาตรฐาน Euro ที่สูงเหมือนกัน

9.3 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ผลที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับให้ผู้กำหนดนโยบาย (Policymaker) ใช้ประกอบการตัดสินใจในการดำเนินมาตรการหรือนโยบายเพื่อจัดการปัญหา PM2.5 ที่เกิดจากภาคยานยนต์และขนส่ง โดยคณะผู้วิจัยมีประเด็นที่เป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายที่สำคัญดังนี้

1. **แนวทางการแก้ไขปัญหา PM2.5 ในภาคยานยนต์ที่มีประสิทธิผลมากที่สุดคือแนวทางแบบ System Approach** กล่าวคือการดำเนินนโยบายยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียรถยนต์ให้เป็นมาตรฐาน Euro 5 ควบคู่ไปกับการยกระดับมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงไปสู่มาตรฐาน Euro 5 พร้อม ๆ กัน ซึ่งหมายความว่าเมื่อภาครัฐต้องการยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียในรถยนต์ใหม่ให้เป็นมาตรฐาน Euro 5 หรือต้องการติดตั้ง (Retrofit) อุปกรณ์ดักจับฝุ่น PM2.5 หรือ DPF ในรถยนต์เก่า เพื่อให้การลดการปล่อย PM2.5 มีประสิทธิภาพสูงสุด ควรที่จะใช้ควบคู่กับน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่ากำมะถันต่ำมากๆ โดยจะได้ผลดีที่สุดเมื่อใช้ควบคู่กับน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่ากำมะถัน 10-15 ppm หรือ Ultra-low-sulfur-fuel (ULSF)

ซึ่งหากพิจารณาค่ากำมะถันในน้ำมันมาตรฐาน Euro 5 พบว่ามีค่ากำมะถัน 10 ppm จากการศึกษาของ World Bank (2019) พบว่าหากมีการนำน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่ากำมะถันสูงมาใช้กับรถยนต์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ประเภท DPF จะส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องยนต์ (Malfunctioned Engine) และอาจส่งผลทำให้อุปกรณ์ดักจับฝุ่น PM2.5 เช่น DPF เกิดการอุดตันเร็วกว่ากำหนด ซึ่งเพิ่มต้นทุนในการบำรุงรักษา (Maintenance Cost) ให้กับผู้ขับขี่รถยนต์ โดยจากการทบทวนบทเรียนในต่างประเทศ พบว่าหลายประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่น ประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศในทวีปยุโรป ได้มีการนำแนวทาง System Approach มาใช้ ดังนั้น เรื่อง Timing ในการบังคับใช้มาตรฐานการระบายไอเสียของรถยนต์ Euro 5 และมาตรการน้ำมันเชื้อเพลิงระดับ Euro 5 เป็นเรื่องที่สำคัญ เพื่อให้ได้รับประสิทธิภาพในการลดการปล่อย PM2.5 สูงสุด

2. **ถึงแม้ว่าผลการศึกษาจะชี้ให้เห็นว่ามาตรการยกระดับมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงจาก Euro 4 ไป Euro 5 จะเป็นมาตรการที่มีค่า Unit Cost Effectiveness Ratio ต่ำที่สุด แต่คณะผู้วิจัยเสนอว่าภาครัฐไม่ควรเลือกดำเนินการเฉพาะมาตรการใดมาตรการหนึ่งเท่านั้น ควรดำเนินมาตรการต่าง ๆ ควบคู่กันไป** ทั้งมาตรการยกระดับมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิง มาตรการยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียของรถยนต์ รวมถึงมาตรการจัดการรถยนต์เก่า เช่น การ Phase-out รถยนต์เก่าที่มีอายุการใช้งานสูง การเพิ่มความเข้มงวดในการตรวจเช็คสภาพรถยนต์ การปรับโครงสร้างภาษีรถยนต์ประจำปีให้มีอัตราที่สูงขึ้นเมื่อรถยนต์มีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้น เป็นต้น

3. **สำหรับการ Phase-out รถยนต์เก่าที่มีอายุการใช้งานเกิน 15 ปี หรือ 20 ปี ประเด็นที่ควรให้ความสำคัญคือประเด็นด้านความเหลื่อมล้ำ (Inequality) เนื่องจากผู้ใช้รถยนต์เก่าจำนวนมากอาจเป็นผู้ที่มีรายได้น้อย** การที่ไม่อนุญาตให้ผู้มีรายได้น้อยเหล่านี้ใช้รถยนต์เก่าอาจส่งสร้างภาระและต้นทุนเพิ่มเติมแก่คนกลุ่มนี้ ดังนั้น หากภาครัฐพิจารณานำมาตรการนี้มาใช้ในประเทศไทย ภาครัฐอาจจำเป็นที่จะต้องให้การอุดหนุน (Subsidies) หรือมาตรการลดหย่อนภาษีเงินได้บุคคลธรรมดาหรือภาษีเงินได้นิติบุคคลให้กับผู้ที่นำรถยนต์เก่าที่มีอายุการใช้งาน 15 ปีขึ้นไปมาเทิร์นหรือเปลี่ยนเป็นรถยนต์ใหม่ อย่างไรก็ดี คณะผู้วิจัยมีข้อสังเกตว่าการที่ภาครัฐให้การอุดหนุนหรือการลดหย่อนภาษี ควรมีการกำหนด Conditionality เช่น รถยนต์ใหม่ที่ซื้อควรเป็นรถยนต์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและปล่อยมลพิษทางอากาศต่ำ เช่น รถยนต์ที่มีมาตรฐานการระบายไอเสียระดับ Euro 5 ขึ้นไป หรือรถยนต์พลังงานไฟฟ้า (EV) เป็นต้น ในกรณีของประเทศสเปน มีการให้เงินอุดหนุนระหว่าง 400 ยูโร ถึง 4,000 ยูโร หากมีการนำรถยนต์เก่ามาเทิร์นเพื่อซื้อรถยนต์ใหม่ที่ปล่อยมลพิษต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หากรถยนต์คันใหม่ที่ซื้อเป็นรถยนต์ไฟฟ้า เงินอุดหนุนที่ผู้ซื้อรถจะได้รับเท่ากับ 4,000 ยูโร แต่

ถ้าหากรถยนต์คันใหม่ที่ซื้อเป็นรถยนต์ไฮบริด ผู้ซื้อรถจะได้รับเงินอุดหนุนจำนวน 600 ยูโร ทั้งนี้ เพื่อจูงใจให้ผู้ซื้อรถยนต์ซื้อรถยนต์ที่ปล่อยมลพิษต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

4. **มาตรการที่ใช้แก้ปัญหา PM2.5 ที่เกิดจากภาคยานยนต์และขนส่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท โดยจำแนกเป็นมาตรการระยะสั้น ระยะกลางและระยะยาว** โดยมาตรการระยะสั้น ประกอบด้วย การยกระดับความเข้มข้นในการตรวจสภาพรถยนต์เก่า การส่งเสริมการจัดทำ Emission Inventory Modelling สำหรับยานพาหนะเพื่อใช้ประกอบการวางแผนในการจัดการปัญหา PM2.5 จากภาคยานยนต์อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน รวมถึงการตรวจจับรถยนต์เก่าที่ปล่อยไอเสียเกินค่ามาตรฐานอย่างเข้มงวด สำหรับมาตรการระยะกลาง ได้แก่ การส่งเสริมการยกระดับมาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงให้มีมาตรฐานที่สูงขึ้นควบคู่ไปกับการยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียรถยนต์ใหม่ รวมถึงการ Phase-out รถยนต์เก่าที่มีอายุการใช้งานสูง การปฏิรูปการเก็บภาษีรถยนต์ประจำปีให้มีอัตราภาษีที่สูงขึ้นตามอายุการใช้งานของรถยนต์ สำหรับมาตรการระยะยาว ได้แก่ การมีมาตรการส่งเสริมรถยนต์พลังงานไฟฟ้า (EV) ที่ชัดเจน การส่งเสริมการพัฒนาโครงข่ายรถไฟฟ้าและรถไฟใต้ดินให้มีความครอบคลุมมากยิ่งยิ้น เป็นต้น

5. **ภาครัฐควรมีความชัดเจนเกี่ยวกับทิศทางนโยบายการสนับสนุนไบโอดีเซลและการยกระดับมาตรฐานการระบายไอเสียของรถยนต์** เนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซลมีจุดเดือดสูงและมีค่าความร้อนต่ำ โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการที่มีจุดเดือดสูงคือเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เกิดการผสมของน้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำมันเครื่องซึ่งมีผลมาจากกระบวนการ DPF Regeneration การที่น้ำมันไบโอดีเซลมีจุดเดือดที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลและให้พลังงานน้อยกว่าจะมีลักษณะที่เด่นชัดมากขึ้นเมื่อมีสัดส่วนการผสมไบโอดีเซลที่มากขึ้น นอกจากนี้ ผลกระทบที่เกิดจากการที่น้ำมันไบโอดีเซลมีค่าความร้อนต่ำคือ ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์และอุณหภูมิไอเสีย ดังนั้น ภาครัฐต้องคำนึงถึงผลกระทบจากการนำน้ำมันไบโอดีเซลโดยเฉพาะไบโอดีเซลที่สูงกว่า B7 มาใช้ในรถยนต์ที่มีมาตรฐานการระบายไอเสียระดับ Euro 5 ขึ้นไป เพราะการขัดแย้งกันของ 2 นโยบาย อาจเพิ่มภาระให้กับประชาชนและเจ้าของรถยนต์ เพราะน้ำมันไบโอดีเซลที่สูงกว่า B7 อยู่นอกเงื่อนไขที่จะสามารถยอมรับได้ในปัจจุบัน ซึ่งจะส่งผลเสียกับระบบบำบัดมลพิษที่มีความละเอียดอ่อนมากในรถยนต์ที่มีมาตรฐานการระบายไอเสียระดับ Euro 5 หรือ Euro 6

6. **ภาครัฐควรพิจารณาอย่างถี่ถ้วนเกี่ยวกับระยะเวลา Grace Period ในการเปลี่ยนผ่านของมาตรฐานการระบายไอเสียของรถยนต์และของน้ำมันจากมาตรฐาน Euro 5 ไป Euro 6** เนื่องจากทั้งผู้ผลิตรถยนต์ ผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ และโรงกลั่นน้ำมัน จำเป็นต้องใช้ทั้งเวลาและเงินลงทุนในการเตรียมการเปลี่ยนผ่าน ดังนั้น คณะผู้วิจัยเสนอให้ทางภาครัฐลองพิจารณาจาก

ประสบการณ์ของต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศในสหภาพยุโรปที่มีประสบการณ์การเปลี่ยนผ่านจากมาตรฐาน Euro 5 ไป Euro 6 แล้ว พร้อมทั้งส่งเสริมให้มีการศึกษาในประเด็นดังกล่าวอย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ได้ระยะเวลาสำหรับการเปลี่ยนผ่านที่เหมาะสมสำหรับบริบทของประเทศไทยและกระทบผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่างๆ น้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

กรมการขนส่งทางบก (2560). “กรมการขนส่งทางบก ยืนยัน!!! ไม่มีการประกาศเพิ่มอัตราภาษีรถเก่าใช้งานแล้วแต่อย่างใด ยังคงใช้อัตราภาษีรถประจำปีเท่าเดิม ตามที่กฎหมายกำหนด พร้อมสร้างความมั่นใจในความปลอดภัยของสภาพรถ” (10 มิถุนายน 2560), https://www.dlt.go.th/th/public-news/view.php?_did=1717

กรมการขนส่งทางบก (2562). “รายงานประจำปี 2561”

กรมควบคุมมลพิษ (2555). “รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2554”

กรมควบคุมมลพิษ (2560). “รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2559”

กรมควบคุมมลพิษ (2561ก). “โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล”

กรมควบคุมมลพิษ (2561ข). http://www.pcd.go.th/info_serv/air_roadInspect.htm

กรมควบคุมมลพิษ (2562ก). “รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561”

กรมควบคุมมลพิษ (2562ข). “แผนปฏิบัติการขับเคลื่อนวาระแห่งชาติ: การแก้ไขปัญหามลพิษด้านฝุ่นละออง”

กรมควบคุมมลพิษ (2562ค). “สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงของประเทศไทย ปี2561”

กรมควบคุมมลพิษ (2563). “ข้อมูลย้อนหลังรายงานสถานการณ์และคุณภาพอากาศประเทศไทย”, http://air4thai.pcd.go.th/webV2/history/

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2562). เอกสารเผยแพร่ “PM2.5 กับอุตสาหกรรม”, https://www.diw.go.th/hawk/content.php?mode=job&page=0, สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2563). “การใช้รถร่วมกัน”, https://actionforclimate.deqp.go.th/?p=6701, สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พ.ค. 2563.

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2558). “แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศ กรณีฝุ่นละอองขนาดเล็ก”

กลุ่มสถิติการขนส่ง กรมการขนส่งทางบก (2563). “ข้อมูลรถจดทะเบียนสะสม” https://web.dlt.go.th/statistics, สืบค้นเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563

ข่าวสด (2562). “ครม.หั่นภาษีรถไฟฟ้าเหลือ0% แก้ฝุ่นพิษ ปิคอัพลดตามเครื่องยนต์ สูญรายได้ 1,500 ล้าน,” วันที่ 5 มี.ค. 2562, https://www.khaosod.co.th/economics/news_2277893

ประชาชาติธุรกิจ (2561). “10 ค่ายเด้งรับรถยนต์ไฟฟ้า “บีโอไอ” เคาะไฮบริด 5 หมื่นล้าน” https://www.prachachat.net/motoring/news-272224, สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563.

มติคณะรัฐมนตรี (2551). มติคณะรัฐมนตรี เรื่อง ร่างพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. .... (รวมพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522 และพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 เข้าด้วยกัน) วันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ.2551

มติคณะรัฐมนตรี (2555). มติคณะรัฐมนตรี เรื่อง การปรับโครงสร้างภาษีสรรพสามิตรถยนต์ วันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2555

มติคณะรัฐมนตรี (2562). มติคณะรัฐมนตรี เรื่อง แผนปฏิบัติการขับเคลื่อนวาระแห่งชาติ "การแก้ไขปัญหามลพิษด้านฝุ่นละออง" วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2562

มติคณะรัฐมนตรี (2562). มติคณะรัฐมนตรี ลดภาษี “รถกระบะ – รถยนต์ไฟฟ้า” 1-2% หนุนอุตฯยานยนต์ผลิตรถไฟฟ้า – บี 20 แก้ฝุ่นพิษ”, Thaipublica, วันที่ 5 มีนาคม 2562, https://thaipublica.org/2019/03/double-cab-electric-vehicle-reduced-tax/

มติชน (2562). “รถยูโร5ราคาเพิ่ม3-4% เอกชนวอนรัฐอุดหนุน,” วันที่ 12 มีนาคม 2562, https://www.matichon. co.th/ news-monitor/news_1401554

วิษณุ อรรถวานิช (2562). “ต้นทุนของสังคมไทยจากมลพิษทางอากาศและมาตรการรับมือ,” aBRIDGEd, Issue 7/2019

สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (2555). หมอกควันในภาคเหนือ ความรุนแรง ผลกระทบ สาเหตุและแนวทางการแก้ไข, ชุดโครงการวิจัยเพื่อพัฒนานโยบายและขับเคลื่อนระบบสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ระยะที่ 2

สำนักคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง กรมธุรกิจพลังงาน (2552). “เอกสารเผยแพร่ น้ำมันยูโร 4 คืออะไร”, http://www.doeb.go.th/knowledge/data/uro_4.pdf, สืบค้นเมื่อวันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2563

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2563). “ภาษีสรรพสามิตรถยนต์” http://car.go.th/new/Excisecar, สืบค้นเมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563.

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง (2554). “รู้รอบตัว มลพิษทางอากาศ บทเรียน แนวคิดและการจัดการ”

สุพัฒน์ หวังวงศ์พัฒนา (2561). “ฝุ่น PM2.5 แก้อย่างไรให้ตรงจุด,” เอกสารนำเสนอในการเสวนาแก้ไขปัญหา PM2.5, วันที่ 23 มีนาคม 2561

องค์การอนามัยโลก (WHO) (2018). https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health

เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

Aakko, P., Harju, T., Niemi, M., Rantanen-Kolehmainen, L. (2006). PAHS CONTENT OF DIESEL FUEL AND AUTOMOTIVE EMISSIONS (Report No. VTT-R-1155-06). VTT Technical Research Centre of Finland. Retrieved from https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut /muut/2006/VTT-1155-06-AROM.pdf

ACT Canada. (2005). Report on Canadian Alternative Transportation Programs, Retrieved from https://www.ccme.ca/files/Resources/air/mobile_sources/jia_trnsprt_alt_rpt_e.pdf

Al-Aly, Z., Bowe, B. (2020). Air Pollution and Kidney Disease. Clinical Journal of American Society of Nephrology, 15 (3): 301-303

Automobile Association of Singapore (AAS) (2020). COE Prices. Retrieved from https://www.aas.com.sg/resources/coe/coe-prices.html

Barboza, T. (2014). L.A., Central Valley have worst air quality, American Lung Assn. says. Retrieved from https://www.latimes.com/science/la-me-0430-air-pollution-20140430-story.html

Bowe, B., Xie, Y., Yan, Y., Xian, H., Al-Aly, Z. (2020). Diabetes Minimally Mediated the Association Between PM2.5 Air Pollution and Kidney Outcomes. Scientific Reports, 10 (4586): 1-9

Bresciani, C., et al. (2018). Carpooling: Facts and new Trends.

Calderón-Garcidueñas, L., Torres-Jardón, R., Kulesza, R. J., Mansour, Y., González-González, L. O., Gónzalez-Maciel, A., ..., Mukherjee, P. S. (2020). Alzheimer disease starts in childhood in polluted Metropolitan Mexico City. A major health crisis in progress. Environmental Research, 183 (109137): 1-14

California Air Resources Board (2020). History. Retrieved from https://ww2.arb.ca.gov/about/history

California Climate Investments (2020). Implementation Manual for the Clean Vehicle Rebate Project (CVRP). Retrieved from https://cleanvehiclerebate.org/sites/default/files/docs/nav/transportationcvrp/documents/CVRP-Implementation-Manual.pdf

Cheng, Y., Lee, S., Gu, Z., Ho, K., Zhang, Y., Huang, Y., Cao, J., Zhang, R. (2015). PM2.5 and PM10–2.5 chemical composition and source apportionment near a Hong Kong roadway. Particuology, 18: 96–104

Chow, J. C., Watson, J. G., Kuhns, H., Etyemezian, V., Lowenthal, D.H., Crow, D., Kohl, S. D., Engelbrecht, J. P., Green, M.K. (2004). Source profiles for industrial, mobile and area sources in the big bend regional aerosol visibility and observational (BRAVO) study. Chemosphere, 54 (2): 185-208

Cong, H. (2019). Saigon to Double Car Registration Fees. VNExpress International. Retrieved from https://e.vnexpress.net/news/business/economy/saigon-to-double-car-registration-fees-3993235.html

Department of Motor Vehicle (2020). Smog information. Retrieved from https://www.dmv.ca.gov/portal/dmv/detail/vr/smogfaq

Devos, O., Combet, E., Tassel, P., Paturel, L. (2006). EXHAUST EMISSIONS OF PAHSs OF PASSENGER CARS. Polycyclic Aromatic Compounds, 26 (1): 69-78

Dieselnet (2020). Diesel Exhaust Particle Size. Retrieved from https://dieselnet.com/tech/dpm_size.php

Dominici, F., Wang, Y., Correia, A. W., Ezzati, M., Pope III, C. A., Dockery, D. W. (2015). Chemical Composition of Fine Particulate Matter and Life Expectancy: In 95 US Counties Between 2002 and 2007. Epidemiology, 26 (4): 556-564

Europa Commission (2013). "Stakeholder Consultation: Euro 5 emission limit for light-duty vehicle - contribution". Retrieved from https://circabc.europa.eu/sd/a/66c4c6c22a53-43c5-aedd-0a21f0ae8bb7/euro-5-emission-limits-consultation-contributions_en.pdf

European Automobile Manufacturers Association (2018). 2017 ACEA Tax Guide. Retrieved from https://www.acea.be/uploads/news_documents/ACEA_Tax_Guide_2017.pdf

Fenech, S. and Aquilina, N. J. (2020). Trends in ambient ozone, nitrogen dioxide, and particulate matter concentrations over the Maltese Islands and the corresponding health impacts. Science of the Total Environment. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134527

Foundation for Promoting Personal Mobility and Ecological Transportation (Eco-Mo Foundation) (2018). Transport and Environment in Japan. Foundation for Promoting Personal Mobility and Ecological Transportation (Eco-Mo Foundation). Retrieved from http://www.ecomo.or.jp/english/pdf/tej2018.pdf

Fu, P., Guo, X., Cheung, F. M. H., Yung, K. K. L. (2019). The association between PM2.5 exposure and neurological disorders: A systematic review and meta-analysis. Science of the Total Environment, 655: 1240-1248

Gostiša N. (2018). Registered road motor vehicles and trailers, Slovenia, 2017. Retrieved from https://www.stat.si/StatWeb/en/News/Index/7297

Government of Singapore (2016). Annual Age Distribution of Cars, Annual Age Distribution of Cars. Retrieved from https://data.gov.sg/dataset/age-distribution-of-cars

Greater London Authority (2019). Central London Ultra Low Emission Zone - Six Month Report. Retrieved from https://www.london.gov.uk/sites/default/files/ulez_six_month_evaluation_report_oct19.pdf

JAMA (2015). “TAIA request for JAMA recommendation on implementation plan of the next step of exhaust emission standard in Thailand”

Janta, R., Sekigushi, K., Yamagushi, R., Sopajaree, K., Pongpiachan, S., Chetiyanukornkul, T. (2020). Ambient PM2.5, polycyclic aromatic hydrocarbons and biomass burning tracer in Mae Sot District, western Thailand. Atmospheric Pollution Research, 11: 27-39

Karavalakis, G., Bakeas, E., Fontaras, G., Stournas, S. (2011). (Effect of biodiesel origin on regulated and particle-bound PAHS (polycyclic aromatic hydrocarbon) emissions from a Euro 4 passenger car. Energy, 36: 5328-5337

Kodjak, D. (2015). Briefing Paper: Policies to Reduce Fuel Consumption, Air Pollution and Carbon Emissions from Vehicles in G20 Nations

Land Transport Authority of Singapore (LTA) (2019a). Road Tax. Retrieved from https://www.onemotoring.com.sg/content/onemotoring/home/owning/ongoing-car-costs/road-tax.html

Land Transport Authority of Singapore (LTA) (2019b). Motor Vehicle Population By Vehicle Type. Retrieved from https://www.lta.gov.sg/content/dam/ltagov/who_we_are/statistics_and_publications/statistics/pdf/MVP01-1_MVP_by_type.pdf

Land Transport Authority of Singapore (LTA) (2020a). Deregister a Vehicle. Retrieved from https://www.onemotoring.com.sg/content/onemotoring/home/selling-deregistering/deregister-a-vehicle.html

Land Transport Authority of Singapore (LTA) (2020b). Vehicle Tax Structure. Retrieved from https://www.onemotoring.com.sg/content/onemotoring/home/buying/upfront-vehicle-costs/tax-structure.html

Land Transport Directorate (2017). Registering & Licensing of New & Used Motor Vehicle. Retrieved from https://www.transport.gov.mt/Land-registering-and-licensing-a-motor-vehicle-POL02.pdf-f948

Li, R., Sun, Q., Lam, S. M., Chen, R., Zhu, J., Gu, W., Liu, C. (2020). Sex-dependent effects of ambient PM2.5 pollution on insulin sensitivity and hepatic lipid metabolism in mice. Particle and Fibre Toxicology, 17 (14): 1-14

Long, M., Zhang, C., Xu, D., Fu, W., Gan, X., Li, F., Xu, D. (2020). PM2.5 aggravates diabetes via the systemically activated IL-6-mediated STAT3/SOCS3 pathway in rats' liver. Environmental Pollution, 256 (113342): 1-11

Lyft Inc. (2019). Working Toward a Fully Electric Future. Retrieved from http://www.lyft.com/blog/posts/lyft-denver-ev-2019

Malaysian Automotive Association (MAA) (2018). Malaysia: Duties & Taxes on Motor Vehicles. Retrieved from http://www.maa.org.my/pdf/duties_ taxes_on_motor_vehicles.pdf

Malta Transport (2019). Government Grant on the Purchase of Environment-friendly Vehicles. Retrieved from https://news.transport.gov.mt/wpcontent/uploads/2019/01/Notice-Scrappage-Scheme-M1-Vehicles-2019_English.pdf

Matsumoto, N. (2015). Japan's Experience with Short-Lived Climate Pollutants: The Case of Black Carbon. Ministry of the Environment Japan and Institute for Global Environmental Studies. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/278850518_Japan's_Experience_with_Short-Lived_Climate_Pollutants_The_Case_of_Black_Carbon

McGrath, M. (2019). ULEZ: How does London's new emissions zone compare? BBC. Retrieved from https://www.bbc.com/news/science-environment-47816360

MelitaUnipol Insurance Agency (2009). Registration Tax and Annual Circulation Licence Fees Guidelines. Retrieved from http://www.melitaunipol.com/Files/MelitaUnipol/MUIA/DOWNLOADS/Others/Motor/Registration.pdf

Menon, G. and S. Guttikunda (2010). Electronic Road Pricing: Experience & Lessons from Singapore. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/327280854_Electronic_Road_Pricing_Experience_Lessons_from_Singapore

Ministry of Transport Singapore (MOT) (2020a). ERP. Retrieved from https://www.mot.gov.sg/About-MOT/Land-Transport/Motoring/ERP

Ministry of Transport Singapore (MOT) (2020b). Vehicle Ownership Controls. Retrieved from https://www.mot.gov.sg/About-MOT/Land-Transport/Motoring/Vehicle-Ownership/

National Statistics Office Malta (2019). Motor Vehicles: Q3/2019. Retrieved fromhttps://nso.gov.mt/en/News_Releases/View_by_Unit/Unit_B3/Environment_Energy_Transport_and_Agriculture_Statistics/Documents/2019/News2019_174.pdf

National Tax Research Center (2017). The Road Tax or Motor Vehicle User's Charge in Selected ASEAN MemberCountries. NTRC Tax Research Journal, XXIX.5 (September-October 2017). Retrieved from The Road Tax or Motor Vehicle User's Charge in Selected ASEAN MemberCountries

NZ Transport Agency (2009). Carpooling Guidelines. Retrieved from http://www.nzta.govt.nz

Panuwat T., Sunthorn T. and Wichsinee W. (2017). The Future of Thailand's Automotive Industry: Policy Considerations TDRI Quarterly Review, vol.32, no.2 (June 2017)

Pejhan, A., Agah, J., Adli, A., Mehrabadi, S., Roufinia, R., Mokamel, A., Miri, M. (2019). Exposure to air pollution during pregnancy and newborn liver function. Chemosphere, 226: 447-453

Pongpiachan, S., Hattayanone, M., Suttinun, O., Khumsup, C., Kittikoon, I., Hirunyatrakul, P., Cao, J. (2017). Assessing human exposure to PM10-bound polycyclic aromatic hydrocarbons during fireworks displays. Atmospheric Pollution Research, 8 (5): 816-827

Pongpiachan, S., Iijima, A. (2015). Assessment of selected metals in the ambient air PM10 in urban sites of Bangkok (Thailand). Environmental Science and Pollution Research, 23: 2948-2961

Pongpiachan, S., Tipmanee, D., Khumsup, C., Kittikoon, I., Hirunyatrakul, P. (2015a). Assessing risks to adults and preschool children posed by PM2.5-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHSs) during a biomass burning episode in Northern Thailand. Science of the Total Environment, 508: 435-444

Pongpiachan. S., Iijima, A., Cao, J. (2018). Hazard Quotients, Hazard Indexes, and Cancer Risks of Toxic Metals in PM10 during Firework Displays. Atmosphere, 9 (4): 144-161

Ruehl, C., et al. (2014). Similarities and Differences between "Traditional" and "Clean" Diesel PM. Emission Control Science and Technology, 1-7.Runkel, M. and Mahler, A. (2018). Fair & Low Carbon Vehicle Taxation in Europe: A comparison of CO2-based car taxation in Eu-28, Norway and Switzerland. Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS). Retrieved from https://www. Transportenvironment.org/sites/te/files/2018_03_Vehicle_taxation_GBE_report.pdf

Schaller, B. (2018). The New Automobility: Lyft, Uber and the Future of American Cities. Retrieved from http://www.schallerconsult.com/rideservices/automobility.pdf

Schneider, T. (2019). Taxi and Ridehailing Usage in New York City. Retrieved from http://toddwschneider.com /dashboards/nyc-taxi-ridehailing-uber-lyft-data

Schwaab, J. A. and S. Thielmann (2002). Policy Guidelines For Road Transport Pricing: A Practical Step-by-Step Approach. (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) & United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP), Eds.). United Nations Economic and Social Commission for

Asia and the Pacific (ESCAP). Retrieved from https://www.unescap.org/sites/default/files/roadprice_fulltext.pdf

Shi L., et al. (2015). Carpool Effects on Air Quality in Los Angeles. Retrieved from https://www.slideshare.net/JikunLian/carpool-effects-on-air-quality-in-los-angeles

Shou, Y., Huang, Y., Zhu, X., Liu, C., Hu, Y., Wang, H. (2019). A review of the possible associations between ambient PM2.5 exposures and the development of Alzheimer's disease. Ecotoxicology and Environmental Safety, 174: 344-352

Singapore Customs (2018). Duty Rates. Retrieved from https://www.customs.gov.sg/businesses/importing-goods/importing-dutiable-motor-vehicles/duty-rates

Tajai, P., S. Tunmuntong and W. Wibulpolprasert (2017). The Future of Thailand's Automotive Industry: Policy Considerations. TDRI Quarterly Review, vol.32, no.2, June 2017

Thomson Reuters (2020). § 1962.2 Zero-Emission Vehicle Standards for 2018 and Subsequent Model Year Passenger Cars, Light-Duty Trucks, and Medium-Duty Vehicles. Retrieved from https://govt.westlaw.com/calregs/Document/I5 0 5 CA5 1 BB0AD454499B57FC8B03D7856?viewType=FullText&originationContext=documenttoc&transitionType=CategoryPageItem&contextData=(sc.Default)

Transport and Environment (2017). Diesel: The True Dirty Story. Retrieved from https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/2017_09_Diesel_report_final.pdf

TransportPolicy.net (2018a). EU: Light-Duty Emissions. Retrieved from https://www.transportpolicy.net/standard/eu-light-duty-emissions

TransportPolicy.net (2018b). EU: Fuels: Diesel and Gasoline. Retrieved from https://www.transportpolicy.net/standard/eu-fuels-diesel-and-gasoline/

U.S. Environmental Protection Agency (2005). Carpool Incentive Programs: Implementing Commuter Benefits as one of the nation's best workplaces for commuters.

U.S. EPA (2020). Particulate Matter (PM) Pollution: Particulate Matter (PM) Basics. Retrived from https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM,

Uber Technologies Inc. (2019). Vehicle requirements in the UK. Retrieved from https://www.uber.com/gb/en/drive/requirements/vehicle-requirements/

UNEP (2018). Summary Report, Clean Fuels and Vehicles in Asia: Implementing the Global Strategy, 20 March 2018, United Nations Conference Centre, Bangkok Thailand

Utsunomiya, Y. (2003). Clearing the Air: New Rules Target Metropolis' Diesel Exhaust. The Japan Times. Retrieved from https://www.japantimes.co.jp/news/2003/09/30/ national/new-rules-target-metropolis-diesel-exhaust/#.XkZK4RMzYWp

Victoria Transport Policy Program (2016). Online TDM Encyclopedia. Retrieved from https://www.vtpi.org/tdm/index.php

Wang, J., Jiang, H., Jiang, H., Mo, Y., Geng, X., Li., J., ..., Zhang, G. (2020). Source apportionment of water-soluble oxidative potential in ambient total suspended particulate from Bangkok: Biomass burning versus fossil fuel combustion. Atmospheric Environment, 235 (117624): 1-8

Wappelhorst, S., P. Mock, and Z. Yang (2018). Using Vehicle Taxation Policy to Lower Transport Emissions: An Overview for Passenger Cars in Europe. The International Council on Clean Transportation (ICCT). Retrieved from https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU_vehicle_taxation_Report_20181214_0.pdf

WHO (2020). Ambient (Outdoor) Air Pollution: WHO Air Quality Guideline Values. Retrieved from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health

World Bank (2016). The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action, World Bank Group and Institute for Health Metrics and Evaluation

World Bank (2019). Cleaning the Air of Tehran, One Bus at a Time: retrofit solutions for the ageing diesel bus fleet in Tehran. Technological Assessment, Economic Analysis, and International Best Practices.

Yan, R., Ku, T., Yue, H., Li, G., Sang, N. (2020). PM2.5 exposure induces age-dependent hepatic lipid metabolism disorder in female mice. Journal of Environmental Sciences, 89: 227-237

Yang, B., Fan, S., Thiering, E., Seissler, J., Nowak, D., Dong, G., Heinrich, J. (2020). Ambient air pollution and diabetes: A systematic review and meta-analysis. Environmental Research, 180 (108817): 1-11