

การพัฒนาตัวคุณมลพิษเพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทน
จากยานพาหนะในประเทศไทย



นายสุทธิชาน์ นิลฤทธิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

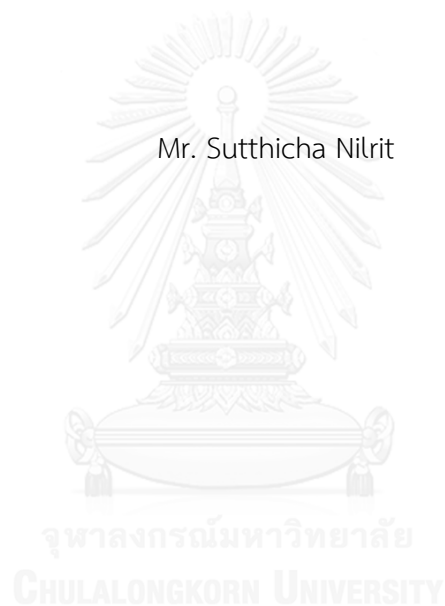
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF EMISSION FACTOR FOR ESTIMATE CARBONDIOXIDE AND METHANE
FROM VEHICLES IN THAILAND

Mr. Sutthicha Nilrit



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Environmental Science

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาตัวคุณมลพิษเพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนจากยานพาหนะในประเทศไทย

โดย

นายสุทธิชาน์ นิลฤทธิ

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. พันธุ์ศักดิ์ สัมพันธ์พานิช

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุเนตร ชุตินธรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พุกกาสิทธิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. พันธุ์ศักดิ์ สัมพันธ์พานิช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริมา ปัญญาเมธีกุล)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. สิทธิโชค พวงทองทับ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณวดี สุวิทย์)

สุทธิชาน์ นิลฤทธิ์ : การพัฒนาตัวคูณมลพิษเพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนจากยานพาหนะในประเทศไทย (DEVELOPMENT OF EMISSION FACTOR FOR ESTIMATE CARBONDIOXIDE AND METHANE FROM VEHICLES IN THAILAND) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร. พันธวีศ สัมพันธ์พานิช, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ.ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ, 205 หน้า.

การศึกษาตัวคูณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทน (EF-CO₂ และ EF-CH₄) จากยานพาหนะในประเทศไทย ได้แก่ รถยนต์ดีเซลใหญ่ (HDDV) รถยนต์ดีเซลเล็ก (LDDV) รถยนต์เบนซิน (LDGV) และรถจักรยานยนต์ (MC) และการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเชื้อเพลิงที่ใช้กับยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ที่ใช้งานจริง ได้แก่ น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซินชนิดต่าง ๆ ก๊าซ LPG และก๊าซ NGV ในครั้งนี้สามารถนำผลการศึกษาไปใช้ในการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) จากภาคการขนส่งหรือจากยานพาหนะในประเทศไทยได้ การทดลองครั้งนี้ได้นำรถยนต์มาทำการทดสอบบนแท่นทดสอบ (Chassis Dynamometer) ในห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจวัดการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และ CH₄ โดยมีการทดสอบรูปแบบของการขับขึ้นกรุงเทพมหานคร ในช่วงความเร็วต่างๆ ที่ยานพาหนะใช้เคลื่อนที่ พบว่า รถยนต์ประเภท HDDV มีค่า EF-CO₂ สูงสุด รองลงมาคือ LDDV, LDGV และ MC โดยพบค่าเฉลี่ย EF-CO₂ อยู่ในช่วงเท่ากับ 1,080.3-1,280.9, 231.9-338.1, 157.4-179.9 และ 38.2-76.5 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ และจากการทดสอบความแตกต่างของยานพาหนะแต่ละชนิดกับการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ พบว่า ค่าการปลดปล่อยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้สามารถสรุปผลการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ พบว่า รถยนต์ HDDV ที่ใช้ก๊าซ NGV มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เฉลี่ยสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซล ส่วนรถยนต์ LDDV พบว่า น้ำมันดีเซลมีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เฉลี่ยสูงกว่าก๊าซ NGV และรถยนต์ประเภท LDGV พบว่า การใช้น้ำมัน Gasohol 91 มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เฉลี่ยสูงกว่า Gasohol E20, LPG และ NGV ส่วนรถประเภท MC พบว่า น้ำมัน Gasohol 95 มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เฉลี่ยสูงกว่า Gasoline 91 และ Gasohol 91 ทุกช่วงของการใช้ความเร็ว สำหรับผลการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ จากการใช้เชื้อเพลิง NGV จากรถที่ดัดแปลงระบบเชื้อเพลิงทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ HDDV, LDDV และ LDGV พบว่า รถยนต์ประเภท HDDV มีค่าเฉลี่ย EF-CH₄ สูงสุด รองลงมาคือ LDGV และ LDDV โดยพบค่าเฉลี่ย EF-CH₄ เท่ากับ 7.22, 0.82 และ 0.17 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้กลุ่มรถประเภท LDGV มีสัดส่วนการปลดปล่อย CH₄:CO₂ เฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 0.25 อีกทั้งกลุ่มรถยนต์ประเภท LDGV (รถ Taxi) ยังมีปริมาณและระยะทางวิ่งสะสมสูงกว่ารถประเภทอื่น โดยมีค่าการปลดปล่อย EF-CH₄ เฉลี่ยเท่ากับ 1.3 กรัมต่อกิโลเมตร และยังพบว่า ผลการประเมินรถ Taxi ที่ใช้งานในประเทศไทยมีการปลดปล่อย ก๊าซ CO₂ เทียบเท่า เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 13.8 ตันต่อปีต่อคัน ทั้งนี้ค่าการปลดปล่อย GHG ของยานพาหนะในประเทศไทยเมื่อทำการเปรียบเทียบกับ US.EPA พบว่า มีค่าต่ำกว่า หากแต่มีค่าสูงกว่า IPCC อย่างไรก็ตามจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรถยนต์กับเชื้อเพลิงที่ใช้ในพื้นที่ศึกษาด้วยแบบจำลอง พบว่า ค่าตัวคูณมลพิษมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นตรง มีความสัมพันธ์ระหว่างการใช้เชื้อเพลิง จำนวนยานพาหนะ และค่าเฉลี่ยการเดินทางร่วมกัน ซึ่งส่งผลให้มีแนวโน้มการปลดปล่อย GHG เพิ่มขึ้น และสามารถนำแบบจำลองไปใช้ประโยชน์ในการประเมินการปลดปล่อย GHG จากการพัฒนาโครงการของระบบขนส่งที่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจร เพื่อช่วยในการตัดสินใจสำหรับการดำเนินโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดยานพาหนะเพื่อให้เกิดความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับประเทศไทยได้

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2559

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

5787862020 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS: CARBON DIOXIDE / DRIVING SPEEDS / EMISSION FACTOR / FUEL TYPES / GREENHOUSE GAS / METHANE

SUTTHICHA NILRIT: DEVELOPMENT OF EMISSION FACTOR FOR ESTIMATE CARBONDIOXIDE AND METHANE FROM VEHICLES IN THAILAND. ADVISOR: ASSOC. PROF. PANTAWAT SAMPANPANISH, Ph.D., CO-ADVISOR: ASST. PROF. SURAT BUALERT, Ph.D., 205 pp.

Emission Factor (EF) study is empirical functional relations between CO₂ and CH₄ for typical vehicles in Thailand from 4 different types of vehicles including heavy duty diesel vehicle (HDDV), light duty diesel vehicle (LDDV), light duty gasoline vehicle (LDGV), and motorcycle (MC). The relationships of both speed and different fuel types (diesel, gasoline, gasohol, liquid petroleum gas, and natural gas for vehicles) and speeds were also tested and developed to enable an estimation of greenhouse gas emission from a transport sector in Thailand. The emission levels of CO₂ and CH₄ in relation to Bangkok driving cycle were determined using a chassis dynamometer at the Automotive Emission Laboratory of the Pollution Control Department. Statistical analysis results clearly indicated the significant differences in EF-CO₂ from different types of vehicles ($p < 0.05$). The highest EF-CO₂ with the range of 1,080.3-1,280.9 g/km was found in HDDV. Meanwhile, ranges of EF-CO₂ from LDDV, LDGV, and MC were 231.9-338.1, 157.4-179.9, and 38.2-76.5 g/km, respectively. When concentrating on the EF-CO₂ from vehicles using different types of fuels, HDDV with NGV as the fuel emitted higher average CO₂ concentration than the HDDV with diesel fuel. In the case of LDDV, it was found that using diesel as fuel would emit higher average CO₂ levels than the use of NGV. While LDGV with gasohol 91 was monitoring higher average CO₂ levels, those LDGV types emitted with gasohol E20, LPG as well as NGV. In terms of MC at all speeds tested, MC with gasohol 95 emitted higher average CO₂ concentrations than MC with either gasoline 91 and gasohol 91. Regarding to EF-CH₄ from three types of vehicles (HDDV, LDDV, and LDGV) with NGV as a fuel source, average CH₄ levels exhausted from those vehicles were 7.22, 0.82, and 0.17 g/km, respectively. In addition, it was found that LDGV was the type of vehicle with the highest average CH₄:CO₂ emission ratio (0.25). This LDGV which is usually used as a taxi car generally had accumulated running distances than other types of vehicles tested. The values of EF-CH₄ and equivalent CO₂ emission from this LDGV were 1.3 g/km and 13.8 ton/year/vehicle. When compare the levels of GHG emission from this current study to those levels reported by US.EPA and IPCC, higher and lower levels, respectively, were found. Furthermore, a study on a relationship between volumes of vehicles and fuel consumption indicated a linear relationship among EF, fuel consumption, numbers of vehicles, and vehicles kilometer travels. The higher levels of those 3 factors could contribute to the greater GHG emission. Finally, the GHG emission transport model can be used to estimate GHG emission from the development of traffic transport projects and made the decision for most benefit implementation. Results obtained from this present study can be applied and used as a database for an efficient GHG emission control and management for the transport sector in Thailand.

Field of Study: Environmental Science

Student's Signature

Academic Year: 2016

Advisor's Signature

Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาตัวคุณมลพิษเพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนจากยานพาหนะในประเทศไทย ได้รับการสนับสนุนทุนในการทำวิจัยจากสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ให้การสนับสนุนด้านข้อมูลวิจัย และอำนวยความสะดวกในการเข้าไปศึกษาวิจัยจากห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณ ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช) ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม และหน่วยปฏิบัติการวิจัย (Research Unit) ด้านการจัดการเหมืองและอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช) และโครงการติดตามลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดิน และมลสารทางอากาศสำหรับประเทศ คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และอำนวยความสะดวกต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จ ลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.พันธวัศ สัมพันธ์พานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผศ.ดร.สุรัตน์ บัวเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำและความอนุเคราะห์ช่วยเหลือเพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปอย่างเรียบร้อยและประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พรรศนีย์ พุกกาสิทธิ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล และอาจารย์ ดร.สิทธิโชค พวงทองทับ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.พรรณวดี สุวิฒิิกะ กรรมการสอบภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ทุกความช่วยเหลือจากบุคลากรและเจ้าหน้าที่ในหลักสูตรสหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ทั้งนิสิตปริญญาเอกและปริญญาโท ที่สนับสนุนในทุกๆ เรื่อง รวมทั้งจากหลายท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้

กราบขอบพระคุณมารดา และน้องสาวที่ได้ให้โอกาสในการศึกษาครั้งนี้ และเป็นกำลังใจพร้อมให้การสนับสนุนในทุกเรื่องเสมอมา

สารบัญ

หน้า

| | |
|--|----|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ญ |
| สารบัญรูป..... | ฐ |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ | ฒ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์..... | 3 |
| 1.3 สมมติฐานการวิจัย | 3 |
| 1.4 กรอบแนวความคิด..... | 4 |
| 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 5 |
| บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 6 |
| 2.1 แนวคิดและการศึกษาเกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจก..... | 6 |
| 2.2 ปัญหาและชนิดของก๊าซเรือนกระจก..... | 7 |
| 2.3 การเกิดก๊าซเรือนกระจกและสารมลพิษอื่นจากแหล่งกำเนิดยานพาหนะ | 11 |
| 2.3.1 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกและสารมลพิษอื่น..... | 11 |
| 2.3.2 การทำงานของเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟและการเกิดมลพิษ..... | 13 |
| 2.3.3 เชื้อเพลิงที่ใช้กับยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ในประเทศไทย | 22 |
| 2.3.4 สารมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ | 35 |
| 2.3.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยไอเสียจากรถยนต์..... | 39 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 2.3.6 | มาตรฐานไอเสียจากแหล่งกำเนิดยานพาหนะในประเทศไทย | 42 |
| 2.4 | การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ | 43 |
| 2.4.1 | วิธีประเมินจากบน (Top-down)..... | 43 |
| 2.4.2 | วิธีประเมินจากล่าง (Bottom-up)..... | 44 |
| 2.4.3 | การทดสอบไอเสียจากยานพาหนะ..... | 45 |
| 2.5 | วิธีประเมินตัวคูณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ | 46 |
| 2.5.1 | พัฒนาวิธีประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ..... | 46 |
| 2.5.2 | การประเมินก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการจราจรบนถนนในพื้นที่ศึกษา | 47 |
| 2.6 | งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 48 |
| บทที่ 3 | วิธีดำเนินการวิจัย..... | 64 |
| 3.1 | ข้อมูลการทดสอบยานพาหนะจากห้องปฏิบัติการ | 64 |
| 3.2 | วิธีการทดสอบยานพาหนะ | 67 |
| 3.3 | การหาค่าตัวคูณมลพิษ (Emission Factor, EF) | 70 |
| 3.4 | การพัฒนาวิธีประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ | 71 |
| บทที่ 4 | ผลการศึกษาและอภิปรายผล..... | 85 |
| 4.1 | การศึกษาตัวคูณมลพิษของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์..... | 85 |
| 4.1.1 | ตัวคูณมลพิษของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากยานพาหนะทั้ง 4 ประเภท | 85 |
| 4.1.2 | เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยค่า EF-CO ₂ ของยานพาหนะ | 91 |
| 4.2 | การศึกษาตัวคูณมลพิษของก๊าซมีเทน..... | 101 |
| 4.2.1 | ตัวคูณมลพิษของก๊าซมีเทนที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดก๊าซ NGV จากยานพาหนะทั้ง 3 ประเภท | 101 |
| 4.2.2 | เปรียบเทียบค่าการปลดปล่อย EF-CH ₄ และ EF-CO ₂ จากยานพาหนะชนิดรถ แท็กซี่ และรถส่วนบุคคล | 109 |
| 4.3 | การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะในประเทศไทย | 118 |

| | |
|--|-----|
| 4.3.1 การเปรียบเทียบค่า EF จากแหล่งกำเนิดอื่น และการหาค่าความไว (Sensitivity) ของแบบจำลองการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ จากยานพาหนะ..... | 118 |
| 4.3.2 กรณีศึกษาแบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ | 121 |
| บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ | 131 |
| รายการอ้างอิง | 134 |
| ภาคผนวก..... | 143 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ | 205 |



สารบัญตาราง

หน้า

| | | |
|---------------|---|----|
| ตารางที่ 2.1 | เปรียบเทียบ GHG ที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000-2010 จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง.... | 8 |
| ตารางที่ 2.2 | ศักยภาพในการทำให้เกิดสถานะเรือนกระจกของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ..... | 11 |
| ตารางที่ 2.3 | ตัวอย่างสัดส่วนการระบายสารมลพิษต่างๆ จากยานพาหนะ (ร้อยละ)..... | 12 |
| ตารางที่ 2.4 | มาตรฐานไอเสียรถยนต์นั่ง (น้ำหนักบรรทุกน้อยกว่า 1,305 กก.)..... | 24 |
| ตารางที่ 2.5 | มาตรฐานไอเสียรถยนต์ทั่วไป (น้ำหนักบรรทุก 1,305–1,760 กิโลกรัม)..... | 25 |
| ตารางที่ 2.6 | มาตรฐานไอเสียรถยนต์ใช้งานหนัก (น้ำหนักบรรทุกมากกว่า 1,760 กิโลกรัม)..... | 25 |
| ตารางที่ 2.7 | มาตรฐานน้ำมันเบนซิน | 25 |
| ตารางที่ 2.8 | มาตรฐานน้ำมันดีเซล | 26 |
| ตารางที่ 2.9 | ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในภาคการขนส่งของประเทศไทย พ.ศ. 2551-2555 | 31 |
| ตารางที่ 2.10 | รายชื่อประเทศที่มีจำนวนรถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติมากที่สุด 10 ลำดับ | 32 |
| ตารางที่ 2.11 | จำนวนรถยนต์จดทะเบียนสะสมจำแนกตามเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2551-2555..... | 33 |
| ตารางที่ 2.12 | เปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษจากการใช้น้ำมันเบนซินและ CNG | 50 |
| ตารางที่ 2.13 | ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในเอเชีย พ.ศ. 2543: หน่วยล้านตัน | 52 |
| ตารางที่ 2.14 | อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ สำหรับการขนส่งทางถนนของ IPCC..... | 54 |
| ตารางที่ 2.15 | ตัวแปรที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก ภาคการขนส่งทางถนน | 54 |
| ตารางที่ 2.16 | เปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษตามระยะทางการใช้งานของรถยนต์ที่ใช้ก๊าซ ธรรมชาติอัดและน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง | 59 |
| ตารางที่ 3.1 | ตัวอย่างกลุ่มยานพาหนะกลุ่มที่ 1 สำหรับวิเคราะห์ค่า EF-CO ₂ กับเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ | 65 |

| | |
|--|-----|
| ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างยานพาหนะกลุ่มที่ 2 ที่ใช้ในการทดสอบค่า EF-CO ₂ แบ่งตามช่วงความเร็ว..... | 65 |
| ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างยานพาหนะกลุ่มที่ 3 ที่ใช้เชื้อเพลิง NGV สำหรับการวิเคราะห์ ค่า EF-CH ₄ | 66 |
| ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างยานพาหนะกลุ่มที่ 4 เครื่องยนต์เบนซินที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์ค่า EF-CH ₄ แบ่งตามช่วงความเร็ว..... | 66 |
| ตารางที่ 3.5 ปัจจัยในการศึกษาความสัมพันธ์ของค่า EF จากการปลดปล่อย ก๊าซ CO ₂ และ CH ₄ ของยานพาหนะ | 71 |
| ตารางที่ 3.6 รายละเอียดแบบจำลอง Excel Model สำหรับการประเมินก๊าซ CO ₂ | 80 |
| ตารางที่ 3.7 ผลกระทบของสภาพความขรุขระของถนนกับปริมาณการใช้เชื้อเพลิง..... | 82 |
| ตารางที่ 4.1 ค่า EF-CO ₂ ของยานพาหนะทั้ง 4 ประเภท กับค่าเฉลี่ยความเร็วและอัตราการใช้น้ำมัน โดยการศึกษาความแตกต่างทางสถิติ (p<0.05)..... | 87 |
| ตารางที่ 4.2 ค่า EF-CO ₂ จากผลการศึกษาเปรียบเทียบกับต่างประเทศ..... | 90 |
| ตารางที่ 4.3 การปลดปล่อยก๊าซ EF-CO ₂ จากเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ดีเซล | 92 |
| ตารางที่ 4.4 การปลดปล่อยค่า EF-CO ₂ จากเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ของเครื่องยนต์เบนซิน..... | 93 |
| ตารางที่ 4.5 ค่า EF-CH ₄ และ EF-CO ₂ ของยานพาหนะทั้ง 3 ชนิดกับค่าเฉลี่ยความเร็วและอัตราการใช้เชื้อเพลิงโดยการศึกษาความแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05)..... | 102 |
| ตารางที่ 4.6 สัดส่วนการปลดปล่อยค่า EF-CH ₄ และ EF-CO ₂ ของยานพาหนะที่ใช้ก๊าซ NGV | 107 |
| ตารางที่ 4.7 ค่า EF-CH ₄ และ EF-CO ₂ เปรียบเทียบผลการศึกษากับต่างประเทศ..... | 108 |
| ตารางที่ 4.8 การปลดปล่อยก๊าซ EF-CH ₄ และ EF-CO ₂ จากรถยนต์ชนิด Taxi และ Passenger Car | 109 |
| ตารางที่ 4.9 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CH ₄ และ CO ₂ ของรถยนต์ทดสอบ..... | 116 |
| ตารางที่ 4.10 ค่าการปลดปล่อย EF-CO ₂ และ EF-CH ₄ จากยานพาหนะทุกชนิดจาก ห้องปฏิบัติการ | 117 |
| ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบค่า EF ของยานพาหนะของประเทศไทยกับแหล่งกำเนิดอื่น | 118 |

| | |
|--|-----|
| ตารางที่ 4.12 คาคการณ์ปริมาณก๊าซ CO ₂ จากยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นในโครงการ ระยะเวลา 20 ปี..... | 123 |
| ตารางที่ 4.13 สรุปผลการสำรวจปริมาณจราจรตามแนวถนนรัตนธิเบศร์ | 125 |
| ตารางที่ 4.14 คาคการณ์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ จากยานพาหนะ บนถนนรัตนธิเบศร์..... | 128 |
| ตารางที่ 4.15 วิธีประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ จากยานพาหนะด้วยแบบจำลอง | 130 |



สารบัญรูป

| | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 1.1 แผนผังและขอบเขตการดำเนินการ | 4 |
| รูปที่ 2.1 โมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์..... | 8 |
| รูปที่ 2.2 โมเลกุลของก๊าซมีเทน..... | 9 |
| รูปที่ 2.3 โมเลกุลของก๊าซไนตรัสออกไซด์..... | 10 |
| รูปที่ 2.4 กระบวนการผลิตก๊าซ LPG จากก๊าซธรรมชาติ | 28 |
| รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติ (NGV)..... | 30 |
| รูปที่ 2.6 ตัวอย่าง E.C.E Driving Mode ของยุโรป..... | 40 |
| รูปที่ 2.7 ตัวอย่าง Japan 10 Mode Driving Cycle ของประเทศญี่ปุ่น | 40 |
| รูปที่ 2.8 ตัวอย่าง Bangkok Driving Mode เดือนตุลาคม-ธันวาคม ปี 1990..... | 40 |
| รูปที่ 2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยไอเสีย | 42 |
| รูปที่ 2.10 การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาจากยานพาหนะ | 47 |
| รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ จากยานพาหนะของโครงการ | 76 |
| รูปที่ 3.2 รูปแบบการประยุกต์ใช้แบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ จากยานพาหนะ..... | 77 |
| รูปที่ 3.3 รูปแบบข้อมูลการนำเข้า..... | 78 |
| รูปที่ 3.4 รูปแบบผลลัพธ์ของการศึกษา (Out Put) การปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ จากยานพาหนะ . | 83 |
| รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวคูณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร ของ ยานพาหนะทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ a) HDDV b) LDDV c) LDGV และ d) MC..... | 89 |
| รูปที่ 4.2 การปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ จากเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล และก๊าซ NGV..... | 97 |
| รูปที่ 4.3 การปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ จากเครื่องยนต์เบนซินที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ a) รถยนต์ ประเภทเบนซินเล็ก และ b) รถยนต์ประเภทจักรยานยนต์ ที่ช่วงความเร็ว 0-20, 20-40 และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง | 101 |

| | |
|---|-----|
| รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย EF ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร ของยานพาหนะแต่ละประเภท a) EF-CH ₄ และ b) EF-CO ₂ | 105 |
| รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบสัดส่วนของ CH ₄ :CO ₂ ของยานพาหนะแต่ละประเภท..... | 107 |
| รูปที่ 4.6 การปลดปล่อยค่า EF-CH ₄ และ EF-CO ₂ จากรถ Taxi และ Passenger Car..... | 110 |
| รูปที่ 4.7 a) การปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ และ CH ₄ และ b) และอัตราการใช้เชื้อเพลิง | 115 |
| รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบค่า EF ของประเทศไทยจากห้องปฏิบัติการและแหล่งอื่น | 119 |
| รูปที่ 4.9 แนวโน้มความสัมพันธ์ของค่าความไวของการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ กับค่า EF a) การใช้น้ำมันรถยนต์ และ b) ค่าเฉลี่ยการเดินทาง..... | 120 |
| รูปที่ 4.10 แนวโน้มความสัมพันธ์ของค่าความไวของการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ กับพื้นที่ศึกษา. | 121 |
| รูปที่ 4.11 แผนผังปริมาณการจราจรเฉลี่ยรายชั่วโมงของถนนรัตนานิเบศร์ | 126 |
| รูปที่ 4.12 ปริมาณการจราจรของยานพาหนะแต่ละชนิดบนถนนรัตนานิเบศร์ | 127 |
| รูปที่ 4.13 ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ บนถนนรัตนานิเบศร์ | 129 |

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

| | | |
|---------------------|---|---|
| cc. | = | ความจุของกระบอกสูบ (Cubic Centimeters) |
| CH ₄ | = | ก๊าซมีเทน (Methane) |
| CO | = | ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide) |
| CO ₂ | = | ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) |
| CO ₂ -eq | = | ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon Dioxide Equivalent) |
| CVS | = | ระบบเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่ (Constant Volume Sampler) |
| EF | = | ค่าตัวคูณมลพิษ (Emission Factor) |
| EF-CH ₄ | = | ค่าตัวคูณมลพิษของก๊าซมีเทน (Emission Factor of CH ₄) |
| EF-CO ₂ | = | ค่าตัวคูณมลพิษของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Emission Factor of CO ₂) |
| GHG | = | ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) |
| GWP | = | ค่าศักยภาพทำให้โลกร้อน (Global Warming Potential) |
| g/km | = | กรัมต่อกิโลเมตร (Gram per Kilometer) |
| HDDV | = | รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (Heavy Duty Diesel Vehicle) |
| IPCC | = | คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change) |
| LDDV | = | รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (Light Duty Diesel Vehicle) |
| LDGV | = | รถยนต์เบนซินขนาดเล็ก (Light Duty Gasoline Vehicle) |
| MC | = | รถจักรยานยนต์ (Motorcycle) |
| NGV | = | ก๊าซธรรมชาติอัด (Natural Gas for Vehicles) |
| N ₂ O | = | ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide) |
| ppm | = | ส่วนในล้านส่วน (Parts per Million) |
| ppb | = | ส่วนในพันล้านส่วน (Parts per Billion) |
| Tuk-Tuk | = | รถตุ๊กตุ๊ก (Tuk-Tuk) |
| US.EPA | = | องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United State Environment Protection Agency) |
| UNEP | = | โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Programme) |
| WMO | = | องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization) |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มลพิษทางอากาศในเขตเมืองส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากปริมาณยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จัดเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษแบบเคลื่อนที่ (Mobile Source) ที่มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) เป็นแหล่งพลังงานสำคัญ โดยมีสารประกอบคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักกระจายออกทางท่อไอเสีย และเป็นที่ยอมรับกันว่า การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ทำให้มีการปลดปล่อยมลพิษชนิดต่าง ๆ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้รับโดยตรง สามารถแบ่งมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาเป็น 2 สถานะ คือ ก๊าซ (Gaseous) ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (HC) ซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) ควันขาว ควันดำ และอนุภาค (Particle Airborne-Pollutants) ได้แก่ ฝุ่นละออง (Particulate Matter) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) ซึ่งจัดเป็นมลพิษอีกรูปแบบที่สำคัญ (Bauer และ Forest, 2001) เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีเทน (CH₄) และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ซึ่งเป็นกลุ่มมลพิษที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC, 2007) นอกจากนี้เชื้อเพลิงปิโตรเลียมที่ใช้กับยานพาหนะต่าง ๆ แล้ว ในประเทศไทยยังมีการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกที่มีความต้องการมากขึ้นในภาคการขนส่ง คือ ก๊าซธรรมชาติอัดสำหรับยานพาหนะ (Natural Gas for Vehicles, NGV) จัดเป็นแหล่งกำเนิดที่มีศักยภาพในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย ซึ่งมีการใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้นในเขตเมือง (Guo และคณะ, 2011)

ก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากยานพาหนะ เกิดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงในห้องเผาของเครื่องยนต์จากจังหวะระเบิด และถูกระบายออกในรูปของไอเสีย (Exhaust) ส่งออกทางท่อไอเสีย (วงศ์พันธ์ ลิ้มเสนีย์ และคณะ, 2543) ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยมีความสัมพันธ์กับความเร็วของยานพาหนะที่ใช้ (Wang, และคณะ, 2016) ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีไอเสียที่ดัดแปลง จะสามารถพัฒนาเครื่องยนต์ให้มีการเปลี่ยนรูปของมลพิษไปอยู่ในรูป ที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (พูลพร แสงบางปลา, 2537) เช่น การพัฒนาอุปกรณ์บำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ดังนั้นเมื่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศจึงทำให้เกิดพลังงานความร้อนสะสมในชั้นบรรยากาศ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อรวมกับก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น (IPCC, 2007) ทำให้เพิ่มศักยภาพในการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) สำหรับการวัดและการประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากจากยานพาหนะจำนวนมากบนท้องถนนซึ่งเป็นแหล่งมลพิษที่เคลื่อนที่นั้น สามารถกระทำ

ได้ยาก แนวทางเลือกหนึ่งที่สามารถกระทำได้คือ การวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ โดยสามารถแบ่งชนิดของยานพาหนะเป็น 4 ประเภท คือ 1) รถจักรยานยนต์ 2) รถยนต์เบนซิน 3) รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก และ 4) รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (กรมควบคุมมลพิษ, 2542) สำหรับวิธีการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะมีด้วยกันหลายวิธีการ เช่น การวัดโดยตรง (Direct Measurement) การวิเคราะห์สมดุลมวล (Mass Balance) การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) รวมถึงการวิเคราะห์เชื้อเพลิงที่ใช้ (Fuel Analysis) เป็นต้น เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการปลดปล่อยมลพิษต่าง ๆ (Schiffer, 2013) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการปลดปล่อยมลพิษในรูปแบบของการประเมินการปลดปล่อยด้วยตัวคูณมลพิษ (Emission Factor, EF) โดยในต่างประเทศได้มีการศึกษาเกี่ยวกับวิธีประเมินรูปแบบการปลดปล่อยมลพิษจากไอเสียยานพาหนะหลายชนิด เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน คาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของซัลเฟอร์ และสารอินทรีย์ระเหยง่าย เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยได้มีการศึกษาวิธีประเมินการปลดปล่อยมลพิษและตัวคูณมลพิษค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาวิธีประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากไอเสียยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาได้คำนวณจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของรถยนต์ และข้อมูลเปรียบเทียบจากแหล่งอ้างอิงอื่น (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) จึงไม่สามารถอธิบายลักษณะเฉพาะของตัวคูณมลพิษจากยานพาหนะแต่ละชนิดได้ดีเท่าที่ควร โดยทั่วไปการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) จากแหล่งกำเนิดยานพาหนะมี 2 วิธี คือ 1) วิธีแบบรวม (Top-down Method) และ 2) วิธีแบบละเอียด (Bottom-up Method) โดยวิธีแบบรวม คำนวณโดยใช้ตัวคูณมลพิษ (Emission Factor, EF) จากตัวอย่างทดสอบและหาความสัมพันธ์กับเชื้อเพลิงที่ใช้ (Zhang และคณะ, 2015) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว แต่อาจมีข้อเสียคือ ค่า EF ที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนสูง ส่วนวิธีแบบละเอียด จะประเมินการปลดปล่อยโดยใช้ค่า EF ของรถยนต์ชนิดต่าง ๆ โดยการวัดจริงควบคู่ไปกับการเก็บข้อมูลต่าง ๆ จากภาคสนามหรือห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นวิธีที่ยุ่งยาก ซับซ้อน ใช้เวลาและงบประมาณมาก (Power, 1998) หากแต่สามารถประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะด้วยการประยุกต์ใช้ระหว่างวิธีแบบหยาบและแบบละเอียด โดยพิจารณาการปลดปล่อย GHG ของรถยนต์ชนิดต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดรถยนต์ อายุรถยนต์ รูปแบบการขับขี่ ลักษณะเชื้อเพลิงที่ใช้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยมลพิษชนิดต่าง ๆ (Clack, 2002) ปัจจัยดังกล่าวสามารถนำมาจัดทำฐานข้อมูลมลพิษจากยานพาหนะ (USEPA, 1992) และเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดจริงจากตัวแทนของยานพาหนะในประเทศไทย ที่สามารถพัฒนาวิธีการประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะได้ (Reynolds, 2000) นอกจากนี้เพื่อการประยุกต์ใช้กับสภาพการจราจร โดยหาความสัมพันธ์ของปัจจัยทาง

สิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณรถยนต์ที่เพิ่มขึ้น การใช้เชื้อเพลิง และลักษณะเฉพาะในเขตเมืองที่มีผลต่อการปลดปล่อย GHG ได้

ดังนั้นในการศึกษาคำนี้จึงมุ่งพัฒนาวิธีประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และก๊าซ CH₄ จากไอเสียยานพาหนะ รวมทั้งค่า EF ของก๊าซ CO₂ และก๊าซ CH₄ จากยานพาหนะที่ได้รับการทดสอบ โดยข้อมูลจะได้รับการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่มีการจำลองสถานะของยานพาหนะแต่ละชนิดเสมือนจริง ด้วยปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดเครื่องยนต์ อายุเครื่องยนต์ ระดับความเร็ว ลักษณะการขับขี่ ชนิดเชื้อเพลิงต่าง ๆ และรูปแบบการขับขี่ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลที่ได้รับคือ ค่าตัวคูณมลพิษของก๊าซเรือนกระจกเป็นปริมาณความเข้มข้นต่อหน่วยระยะทางต่อคัน ทั้งนี้เพื่อนำมาพัฒนาวิธีการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ รวมทั้งสามารถนำมาศึกษาได้อย่างต่อเนื่องด้วยการใช้ข้อมูลสภาพการจราจร เพื่อทำการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากพื้นที่ศึกษา และการหาความสัมพันธ์ของก๊าซเรือนกระจกกับยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง โดยผลการศึกษาในครั้งนี้มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ในการสนับสนุนฐานข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะของประเทศ เพื่อประโยชน์ในการปรับตัวต่อผลกระทบอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจเกิดขึ้น และเป็นแนวทางเลือกในการช่วยลดก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะที่มีประสิทธิภาพสูงสุดของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 พัฒนารูปแบบการประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนจากยานพาหนะสำหรับประเทศไทย

1.2.2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนจากยานพาหนะ ได้แก่ ชนิดรถยนต์ ชนิดเชื้อเพลิง ความเร็วที่ใช้เคลื่อนที่ เป็นต้น

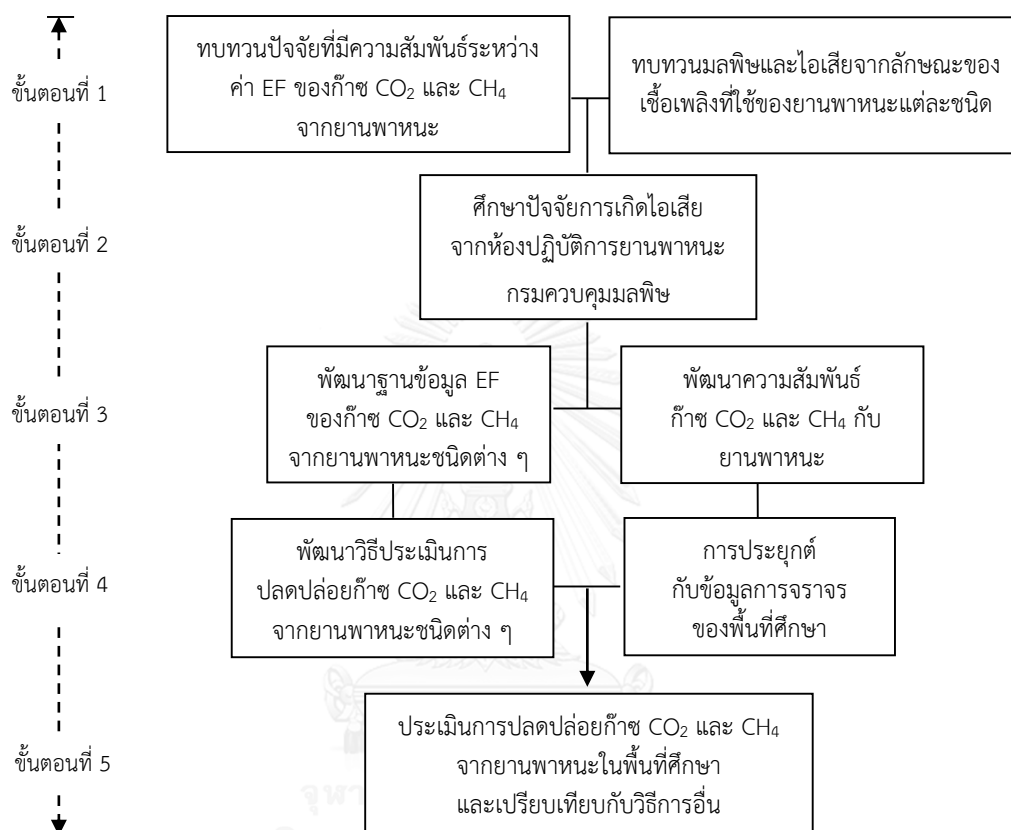
1.2.3 เปรียบเทียบวิธีการประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของยานพาหนะในปัจจุบัน

1.3 สมมติฐานการวิจัย

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดจากยานพาหนะ มีความสัมพันธ์กับระยะทางที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ได้ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทนที่ถูกปลดปล่อยจากยานพาหนะต่างชนิดกันจะมีปริมาณที่แตกต่างกัน

1.4 กรอบแนวความคิด

การศึกษาครั้งนี้มุ่งพัฒนาวิธีการประเมินก๊าซเรือนกระจกและค่าตัวคูณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทนจากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ สำหรับประเทศไทย โดยสามารถแสดงขอบเขตของการดำเนินงานได้ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แผนผังและขอบเขตการดำเนินการ

1.5 ขอบเขตการศึกษา

1.5.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และก๊าซ CH₄ จากยานพาหนะ ได้แก่ ชนิดของยานพาหนะ ชนิดเชื้อเพลิง ระยะทางการใช้งาน และปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น รถจักรยานยนต์ รถยนต์เบนซิน รถยนต์ดีเซลเล็ก และรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ จากห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

1.5.2 ศึกษาก๊าซเรือนกระจกจากไอเสียของยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ที่ใช้เชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide, CO₂) และมีเทน (Methane, CH₄)

1.5.3 พัฒนารูปแบบการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และก๊าซ CH₄ จากยานพาหนะสำหรับประเทศไทย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ฐานข้อมูลสำหรับการคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ ได้แก่ ก๊าซ CO_2 และก๊าซ CH_4 ซึ่งมีความสำคัญในการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ

1.6.2 วิธีการประเมินที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 และก๊าซ CH_4 ของยานพาหนะชนิดต่าง ๆ

1.6.3 สามารถนำข้อมูลของก๊าซ CO_2 และก๊าซ CH_4 จากยานพาหนะมาประยุกต์ใช้สำหรับโครงการวางแผนลดมลพิษ และคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น ตลอดจนใช้เป็นแนวทางเตรียมการป้องกันและแก้ไขปัญหาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดยานพาหนะได้



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและการศึกษาเกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจก

แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกแบบเคลื่อนที่ (Mobile Source) ได้แก่ รถยนต์ เรือยนต์ และเครื่องบินจากการคมนาคม โดยเฉพาะรถยนต์หรือยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ที่มีการใช้เชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน และมีการระบายไอเสียออกทางท่อไอเสียนั้น ได้ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งจัดเป็นกลุ่มก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ โดยเริ่มจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์และระบายไอเสีย (Exhaust) ออกมาจากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ เมื่อพิจารณาจากข้อมูลการเพิ่มปริมาณก๊าซ CO_2 ในชั้นบรรยากาศที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ส่งผลกระทบให้เกิดสภาวะโลกร้อน (Global Warming) ได้อีกด้วย (IPCC, 2007) การศึกษาการปลดปล่อย GHG และมลพิษมีหลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะในต่างประเทศมีการศึกษารูปแบบการประเมินการปลดปล่อยด้วยตัวคูณมลพิษ (Emission Factor, EF) สำหรับประเทศไทยยังมีข้อมูลค่อนข้างจำกัด ไม่แพร่หลาย และยังขาดข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ในขณะที่ต่างประเทศได้มีการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการประเมิน และค่าการปลดปล่อยมลพิษจากไอเสียยานพาหนะหลายชนิด เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน คาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของซัลเฟอร์ และสารอินทรีย์ระเหยง่าย เป็นต้น และมีการเผยแพร่อย่างกว้างขวาง ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาที่เน้นวิธีการประเมินแบบละเอียด (Bottom-up Method) ด้วยการใช้ตัวคูณมลพิษ (Emission Factor, EF) จากตัวอย่างทดสอบและหาความสัมพันธ์กับเชื้อเพลิงที่ใช้ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็ว และมีความคลาดเคลื่อนน้อย เนื่องจากเป็นการทดลองที่ใช้ตัวอย่างจริงในการทดสอบเพื่อประเมินปริมาณการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้ข้อมูลจากการวัดจริง และสามารถใช้เป็นตัวแทนของยานพาหนะสำหรับประเทศไทยได้ มีประโยชน์ต่อการนำไปพัฒนาวิธีการประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสภาพการจราจรในพื้นที่ศึกษาที่ต้องการ เพื่อหาความสัมพันธ์ของการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณรถยนต์ที่เพิ่มขึ้น การใช้เชื้อเพลิง และลักษณะเฉพาะของเมืองที่มีผลต่อการปลดปล่อย GHG ได้อีกด้วย

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงมุ่งพัฒนาวิธีประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะรวมทั้งค่า EF ของ GHG จากยานพาหนะ โดยใช้ข้อมูลจากการทดสอบยานพาหนะแต่ละชนิดในห้องปฏิบัติการที่จำลองสภาวะเสมือนจริง ด้วยการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดเครื่องยนต์ อายุ

เครื่องยนต์ ระดับความเร็ว ลักษณะการขับขี่ ชนิดเชื้อเพลิงต่าง ๆ และรูปแบบการขับขี่ เป็นต้น ซึ่งจะได้ข้อมูลของค่า EF จาก GHG เป็นปริมาณความเข้มข้นต่อหน่วยระยะทางต่อคัน เพื่อนำไปพัฒนาวิธีการประเมินการปลดปล่อย GHG ในพื้นที่ศึกษา และการหาความสัมพันธ์ระหว่าง GHG กับชนิดยานพาหนะต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง โดยผลการศึกษาที่ได้รับจะมีความสำคัญต่อการนำไปใช้เพื่อการสนับสนุนฐานข้อมูลปริมาณการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ สำหรับประเทศไทยได้

2.2 ปัญหาและชนิดของก๊าซเรือนกระจก

ในสภาวะปัจจุบันพบว่า ปริมาณของ GHG มีระดับความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เริ่มตั้งแต่ยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรมในอดีต หากแต่ปริมาณ GHG ในปัจจุบันนี้มีระดับความเข้มข้นสูงกว่าสมัชชาแห่งโลก สาเหตุสำคัญเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้มีการปลดปล่อยและปริมาณของ GHG ที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเป็นวงกว้าง ถึงแม้ว่ากลไกการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกจะปรับตัวได้เองตามธรรมชาติ (Dynamic) เพื่อให้เกิดสภาวะสมดุล (Equilibrium) หากแต่กิจกรรมต่าง ๆ ที่มนุษย์กระทำทำให้เกิดขึ้นนั้นมักส่งผลให้เกิดการเร่งการปลดปล่อย GHG เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อ GHG ถูกปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไปจากเดิม และเกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้อย่างรวดเร็วขึ้น ทั้งนี้ปัญหาการเพิ่มขึ้นของ GHG ในปัจจุบัน ทำให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับที่รุนแรง และการเพิ่มขึ้นของปริมาณ GHG จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (Fuel Combustion) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000-2010 (แสดงดังตารางที่ 2.1) พบว่ามีแนวโน้มการปลดปล่อย GHG ที่เพิ่มขึ้นทุกปี และเป็นปัญหาใกล้ตัวของคนทุกประเทศ แม้ว่ากระแสการรณรงค์เพื่อให้ทุกคนตระหนักถึงสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงอันเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ได้กลายเป็นกระแสที่ทุกคนกล่าวถึง และได้ร่วมมือกันเพื่อหาช่วยทางลดระดับการปลดปล่อย GHG ให้มีปริมาณลดลง และจำกัดการปลดปล่อย GHG ทุกชนิดจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เพื่อให้สอดคล้องและเป็นไปตามข้อตกลงที่ทุกประเทศได้ทำร่วมกัน โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีเทน (CH₄) และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) จากแหล่งกำเนิดยานพาหนะ และกลุ่มก๊าซฟลูออรีเนต (Fluorinated Gas) ได้แก่ ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulfur Hexafluoride) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydro Fluorocarbon) และเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Per Fluorocarbons) นับเป็นกลุ่ม GHG ซึ่งกำหนดไว้ในพิธีสารเกียวโต ซึ่งได้ถึงกำหนดการบังคับใช้ในปี พ.ศ. 2548 และหมดอายุลงเมื่อปี พ.ศ. 2557 ทั้งนี้ยังใช้แนวทางของพิธีสารเกียวโตเพื่อออกแบบการประเมินการปล่อย GHG อย่างต่อเนื่องจนถึงในปัจจุบัน เพื่อใช้ควบคุมและลดการเพิ่มปริมาณ GHG จากกิจกรรมต่าง ๆ ของประเทศสมาชิกในกลุ่มร่วมกัน

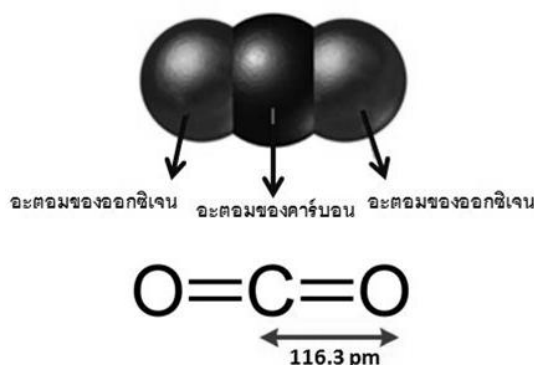
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบ GHG ที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000-2010 จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

| ก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (Greenhouse Gas from Fuel Combustion) | ปริมาณการปลดปล่อย (กิกะตันต่อปี, Gt/y) | ร้อยละที่เพิ่ม ต่อปี |
|--|---|-------------------------|
| คาร์บอนไดออกไซด์ | 38±2.7 | 3 |
| มีเทน | 7.8±1.9 | 16 |
| ไนตรัสออกไซด์ | 1.0±0.2 | 20 |
| ภาพรวมการปลดปล่อย GHG | 49±4.5 | 1-2 |

ที่มา: IPCC (2014)

2.2.1 รูปพรรณสัณฐานของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

องค์ประกอบของก๊าซ CO₂ มีโมเลกุลประกอบด้วยอะตอมของธาตุคาร์บอน (C) จำนวนหนึ่งอะตอมอยู่ตรงกลาง และออกซิเจน (O₂) จำนวน 2 อะตอมอยู่หัวและท้ายของโมเลกุล โดยมีโครงสร้างเป็นเส้นตรงจับตัวกันด้วยพันธะคู่ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 44.0095 กรัมต่อโมล ในสภาวะอุณหภูมิและความดันปกติ นั้น ก๊าซ CO₂ จะมีความหนาแน่นประมาณ 1.98 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งหนักกว่าอากาศประมาณ 1.5 เท่า และเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งจะเรียกว่า น้ำแข็งแห้ง (Dry Ice) (IPCC, 2008) โดยสามารถแสดงโมเลกุลของก๊าซ CO₂ ได้ดังรูปที่ 2.1



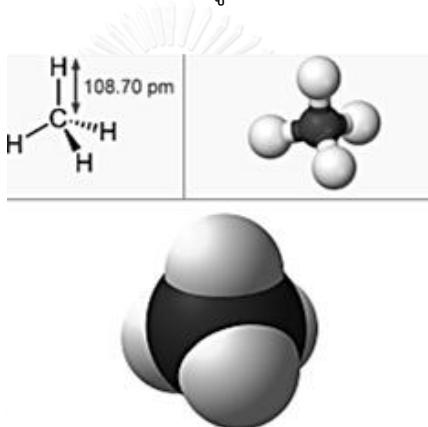
รูปที่ 2.1 โมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ก๊าซ CO₂ สามารถเกิดการปลดปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศได้หลายลักษณะ เช่น ภูเขาไฟระเบิด การหายใจของสิ่งมีชีวิต หรือการเผาไหม้ของสารประกอบอินทรีย์ แต่ในปัจจุบันแหล่งกำเนิดหลักได้แก่ กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ประโยชน์ของก๊าซนี้ คือ เป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เพื่อใช้คาร์บอนและออกซิเจนในการสังเคราะห์แสง และทำการปล่อยก๊าซออกซิเจนออกมาสู่บรรยากาศ สำหรับให้สิ่งมีชีวิตใช้ในการหายใจ โดยการใช้ก๊าซ CO₂ ของ

พืชนี้เป็นการลดปริมาณ GHG ลงได้อีกทางหนึ่ง เนื่องจาก CO₂ จัดเป็นก๊าซชนิดหนึ่งที่เป็นสาเหตุสำคัญของปรากฏการณ์เรือนกระจกที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นทุกปีอย่างมีนัยสำคัญ

2.2.2 รูปพรรณสัณฐานของก๊าซมีเทน (CH₄)

องค์ประกอบของก๊าซ CH₄ ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน (C) จำนวนหนึ่ง อะตอมอยู่ตรงกลาง และไฮโดรเจน (H) จำนวน 4 อะตอมอยู่รอบ ๆ อะตอมของ C และมีลักษณะทางกายภาพแบบเป็นก๊าซไม่มีสี (Colorless Gas) โดยมีมวลต่อหนึ่งโมลเท่ากับ 16.042 กรัมต่อโมล ในสถานะอุณหภูมิและความดันปกติที่ก๊าซ CH₄ จะมีความหนาแน่นในสถานะก๊าซเท่ากับ 0.717 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีจุดหลอมเหลวเท่ากับ -182.5 °C มีจุดเดือดเท่ากับ -161.6 °C และมีความสามารถละลายน้ำได้ (IPCC, 2008) แสดงดังรูปที่ 2.2

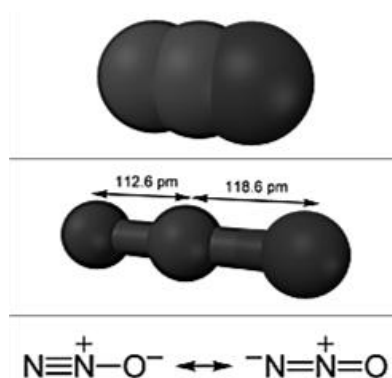


รูปที่ 2.2 โมเลกุลของก๊าซมีเทน

ก๊าซ CH₄ เป็นก๊าซไม่มีสี สามารถติดไฟได้ จัดเป็นสารประกอบกลุ่มไฮโดรคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด เช่น มีเทน (Methane) อีเทน (Ethane) โพรเพน (Propane) และ บิวเทน (Butane) เป็นต้น มีองค์ประกอบส่วนใหญ่อยู่ในก๊าซธรรมชาติสำหรับใช้เป็นพลังงานให้กับการยานพาหนะถึงร้อยละ 70 ส่วนก๊าซ CH₄ ในรูปแบบอื่นเกิดจากแหล่งกำเนิดเกษตรกรรม เช่น การหมักมูลสัตว์เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงราคาถูก การเลี้ยงวัว และนำมูลมาหมักเพื่อผลิตก๊าซ เป็นต้น

2.2.3 รูปพรรณสัณฐานของก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O)

องค์ประกอบของก๊าซ N₂O มีโมเลกุลประกอบด้วยอะตอมของไนโตรเจน (N) จำนวน 2 อะตอม และออกซิเจน (O₂) จำนวน 1 อะตอม โดยมีอะตอมของ N จับกันด้วยพันธะสาม และโมเลกุล N ที่อยู่ตรงกลางจับกับ O₂ ด้วยพันธะเดี่ยว มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงจับกัน ก๊าซ N₂O มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 44.0128 กรัมต่อโมล ที่สถานะอุณหภูมิและความดันปกติ มีความหนาแน่นประมาณ 1,222.8 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีจุดหลอมเหลวเท่ากับ -90.86 °C และจุดเดือดเท่ากับ -88.48 °C (IPCC, 2008) แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โมเลกุลของก๊าซไนตรัสออกไซด์

โดยหน่วยงาน USEPA (2008) รายงานว่า ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) แตกต่างกับ ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) ตรงที่ก๊าซ N_2O เป็น GHG ที่สำคัญ โดยก๊าซ N_2O ปริมาณ 1 หน่วยน้ำหนัก สามารถส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนได้มากกว่าก๊าซ CO_2 ปริมาณเท่ากันถึง 298 เท่า แต่เนื่องจาก ในชั้นบรรยากาศมีปริมาณก๊าซ N_2O สะสมอยู่ไม่มาก จึงมีแนวโน้มส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนน้อยกว่า ก๊าซ CO_2 ที่มีปริมาณมากกว่าในชั้นบรรยากาศในภาพรวม ซึ่งก๊าซ N_2O จัดเป็น GHG ลำดับที่ 4 ในเชิงปริมาณรองจากก๊าซ CO_2 , CH_4 และไอน้ำ (H_2O) ซึ่งในภาคส่วนเกษตรกรรมจัดเป็นแหล่งปลดปล่อยหลักของก๊าซ N_2O มากที่สุด โดยเกิดจากการพรวนดิน และการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน รวมทั้งของเสียจากสัตว์ก็มีส่วนช่วยเพิ่มแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซ N_2O เพิ่มขึ้นอีกด้วย ซึ่งกิจกรรมปศุสัตว์ เช่น โค กระบือ ไก่ และสุกร อาจปล่อยก๊าซ N_2O มากถึงร้อยละ 65 ทั้งนี้การปลดปล่อยก๊าซ N_2O จากแหล่งอุตสาหกรรมมีเพียงประมาณร้อยละ 20 เท่านั้น เช่น การผลิตไนลอน และการผลิตกรดไนตริก เป็นต้น ส่วนการเผาเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้นพบว่า มีปริมาณค่อนข้างน้อยมาก (USEPA, 2008)

หน่วยงานไอพีซีซี (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) เป็นหน่วยงานร่วมระหว่างรัฐบาล ซึ่งทำงานด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ และเป็นหน่วยงานพิเศษของ องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization, WMO) กับองค์การสหประชาชาติ (United Nations Environment Programme, UNEP) มีสำนักงานดำเนินงานตั้งอยู่ที่กรุงเจนีวา ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ โดยมีสมาชิกเป็นตัวแทนจากประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกประมาณ 200 ประเทศ ได้รวบรวมการศึกษาวิจัยและสังเคราะห์ความก้าวหน้าทางวิชาการด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยจัดทำเป็นรายงานผลการศึกษาลำดับที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก และตีพิมพ์เผยแพร่ในเชิงวิชาการและเชิงนโยบายทุก 4 ปี และได้ดำเนินการประเมินพร้อมจัดทำ

ฐานข้อมูล GHG จากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ประกอบด้วยก๊าซหลัก 6 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน และซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออไรด์ โดยในแต่ละชนิดมีค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ในส่วนของ GHG จากแหล่งกำเนิดจากยานพาหนะ จะพิจารณาเฉพาะก๊าซ CO₂ และ CH₄ ซึ่งเกิดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ เช่น หากมีการปลดปล่อยก๊าซ CH₄ ในปริมาณ 1 ตัน จะเทียบเท่าการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ได้ 25 ตัน เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจกของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ

| ชนิดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) | ศักยภาพในการทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก (Global Warming Potentials) เทียบกับปริมาณก๊าซ CO ₂ |
|---|---|
| คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) | 1 |
| มีเทน (CH ₄) | 25 |
| ไนตรัสออกไซด์ (N ₂ O) | 298 |
| ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) | 124 - 14,800 |
| เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) | 7,390 - 12,200 |
| ซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออไรด์ (SF ₆) | 22,800 |

ที่มา: (IPCC, 2008)

2.3 การเกิดก๊าซเรือนกระจกและสารมลพิษอื่นจากแหล่งกำเนิดยานพาหนะ

2.3.1 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกและสารมลพิษอื่น

เมื่อพิจารณาการทำงานของเครื่องยนต์และระบบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ เพื่ออธิบายสัดส่วนการระบายก๊าซเรือนกระจกและสารมลพิษต่าง ๆ จากยานพาหนะดังข้อมูลในตารางที่ 2.3 พบว่า ความแตกต่างของลักษณะเครื่องยนต์ เชื้อเพลิง และเงื่อนไขเฉพาะของเครื่องยนต์ในแต่ละชนิด สามารถทำให้ปริมาณสารมลพิษที่เกิดขึ้นเหล่านี้แตกต่างกันออกไป ซึ่งแหล่งกำเนิดหลักของก๊าซเรือนกระจก และสารมลพิษในยานพาหนะสามารถแบ่งได้เป็น 3 แหล่งกำเนิด (พูลพร แสงบางปลา, 2537) ได้แก่

1) ระบบไอเสีย (Exhaust Gas) จะมี GHG และสารมลพิษอื่นที่ระบายออกมาจากรบบนี้ในปริมาณมากที่สุดในรูปของไอเสีย ซึ่งเกิดจากผลของการสันดาปเชื้อเพลิง และสารอื่น เช่น สารไฮโดรคาร์บอน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ยังเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ หรือออกไซด์ของไนโตรเจน

ที่เกิดจากการเผาไหม้ของก๊าซไนโตรเจน หรือเกิดจากอากาศที่เติมเข้าไปเพื่อสันดาปกับอากาศที่อุณหภูมิสูง เป็นต้น

2) ก้านอ่าง (Crankcase Blow by Gas) ภายในห้องข้อเหวี่ยงจะมีไอเสียบางส่วนซึมผ่านลูกสูบออกมาในจังหวะอัด และจังหวะกำลัง โดยทั่วไปเรียกก๊าซพวกนี้ว่า ไอน้ำมันเครื่อง (Blow by Gas) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารไฮโดรคาร์บอน สำหรับเครื่องยนต์เบนซินชนิดสี่จังหวะนั้นจะพบ สารไฮโดรคาร์บอนมีการระบายออกมาจากระบบนี้ประมาณร้อยละ 25 ของไฮโดรคาร์บอนทั้งหมดที่ปลดปล่อยจากยานพาหนะ

3) การระเหย (Fuel Evaporative Gas) คือ สารไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยจากส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ เช่น ถังน้ำมัน และคาร์บูเรเตอร์สำหรับเครื่องยนต์รุ่นเก่า ซึ่งปริมาณจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของบรรยากาศ อุณหภูมิของเครื่องยนต์ และความสามารถในการระเหยของน้ำมัน

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างสัดส่วนการระบายสารมลพิษต่าง ๆ จากยานพาหนะ (ร้อยละ)

| แหล่งกำเนิด | เบนซิน 4 จังหวะ | | | เบนซิน 2 จังหวะ | | |
|----------------------|-----------------|----|-----|-----------------|----|-----|
| | CO | HC | NOx | CO | HC | NOx |
| Exhaust Gas | 100 | 55 | 100 | 100 | 80 | 100 |
| Blow by Gas | - | 25 | - | - | - | - |
| Fuel Evaporative Gas | | 20 | - | - | 20 | - |

ที่มา: พูลพร แสงบางปลา (2537)

4) หน่วยสำหรับใช้วัดความเป็นสารมลพิษ มี 3 ชนิด ได้แก่

4.1) หน่วยวัดโดยปริมาตร เช่น ปริมาตรหนึ่งในหนึ่งล้านส่วน (Part per Million, ppm) ซึ่งปริมาณมลพิษมีปริมาณสูงมากขึ้น 10 เท่า จะใช้ปริมาตรหนึ่งในร้อยล้านส่วน (Part per Billion, ppb) และปริมาณสูงมากกว่า 100 เท่า จะใช้ปริมาตรหนึ่งในร้อยล้านส่วน (Part per Hundred Million, ppb) ตามลำดับ

4.2) หน่วยวัดโดยน้ำหนักอากาศ เป็นการวัดมลพิษในรูปการวัดน้ำหนักต่อปริมาตรอากาศ ส่วนใหญ่จะใช้วัดสารที่เป็นของแข็งหรือของเหลว หรือใช้วัดสารในสถานะแก๊สที่มีน้ำหนักมากก็ได้ เช่น หน่วยไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Microgram per Cubic Meter, $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ซึ่งสามารถแปลงหน่วยได้โดยใช้น้ำหนักโมเลกุล และปริมาตร 1 โมเลกุลของสารที่สภาวะ 25°C หรือ 1 บรรยากาศก็ได้ เช่น $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = (\text{ppm} \times 24,500/\text{mol. Wt.}) \times 10^{-6}$ เป็นต้น

4.3) หน่วยวัดตามน้ำหนักและทิศทาง เป็นหน่วยวัดแสดงมลพิษในรูปของน้ำหนักต่อระยะทาง โดยใช้วัดสารมลพิษจากยานพาหนะตามน้ำหนักของมลพิษในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร (Gram per Kilometer, g/km) ซึ่งใช้ร่วมกับระบบการตรวจวัดมลพิษด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่ (Constance Volume Sampler, CVS)

2.3.2 การทำงานของเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟและการเกิดมลพิษ

เครื่องยนต์ที่ใช้งานในยานพาหนะโดยทั่วไป ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องยนต์ชนิดสันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) อาศัยกำลังจากการเผาไหม้ของส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบไอดี ก่อนที่จะไหลเข้ากระบอกสูบโดยใช้อุปกรณ์ชนิดคาร์บูเรเตอร์ หรือใช้ระบบหัวฉีดเชื้อเพลิง แล้วอัดจนถึงอัตราส่วนกำลังอัดที่กำหนด โดยใช้หัวเทียนเป็นตัวจุดระเบิด ทำให้เกิดการสันดาปขึ้น เพื่อดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ สำหรับเครื่องยนต์เบนซินจะใช้เชื้อเพลิงเบาที่มีการระเหยง่าย เช่น น้ำมันเบนซิน แก๊สโซฮอล์ ก๊าซธรรมชาติ และก๊าซปิโตรเลียมเหลว ทั้งนี้ในส่วนของเครื่องยนต์ดีเซลจะใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543) ซึ่งเครื่องยนต์แต่ละชนิดมีหลักการทำงานดังนี้

1) เครื่องยนต์ของรถยนต์เบนซิน เป็นเครื่องยนต์แบบ 4 จังหวะ ซึ่งมีกระบวนการทำงาน 4 ขั้นตอน ในการที่จะจุดระเบิดเชื้อเพลิงกับอากาศ เพื่อให้เกิดพลังงานความร้อนอย่างต่อเนื่องทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สามารถขับลูกสูบให้เคลื่อนที่ โดยมีการทำงานเป็นวัฏจักรดังนี้

1.1) จังหวะดูด วาล์วไอดีจะเปิด และวาล์วไอดีจะเปิด เป็นจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงทำให้ส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศถูกดูดเข้ากระบอกสูบผ่านทางวาล์วไอดี

1.2) จังหวะอัด เป็นจังหวะที่ลูกสูบเลื่อนลงสุด วาล์วไอดี และวาล์วไอดีจะปิด ส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศที่ถูกดูดเข้าไปในกระบอกสูบจะถูกอัดอย่างรุนแรงจนทำให้มีอุณหภูมิสูงในช่วงจังหวะที่ลูกสูบเลื่อนขึ้น

1.3) จังหวะระเบิด เกิดเมื่อลูกสูบขึ้นบนสุดแล้ว จะมีกระแสไฟฟ้ามายังหัวเทียน ซึ่งจะทำให้เกิดประกายไฟ จากนั้นส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศ จะทำให้เกิดการเผาไหม้และระเบิด การระเบิดนี้จะดันให้ลูกสูบเลื่อนลงทำให้เพลาค้อเหวี่ยงหมุน

1.4) จังหวะคาย วาล์วไอดีจะเปิดในจังหวะที่ลูกสูบลงสุด จากนั้นไอดีที่เกิดจากการเผาไหม้จะถูกปล่อยออกจากกระบอกสูบทางวาล์วไอดี

ในการทำงานระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เบนซิน จะทำหน้าที่คลุกเคล้าส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศให้รวมเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งส่วนผสมนี้จะถูกส่งผ่านไปยังกระบอกสูบแต่ละสูบในปริมาณที่เท่า ๆ กัน โดยปริมาณและความเข้มข้นของส่วนผสมนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ และสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ รวมทั้งยังต้องมีการควบคุมอัตราส่วนของปริมาณอากาศกับเชื้อเพลิงให้มีความเหมาะสม เพื่อให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์ ประหยัดเชื้อเพลิง และเป็น การลดปริมาณสารมลพิษในไอเสียได้ โดยระบบการจ่ายเชื้อเพลิง สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ คือ 1) ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ (Carburetor System) ในยานพาหนะสมัยเก่า และ 2) ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Fuel Injection System) สำหรับยานพาหนะที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงในสมัยใหม่นั้น ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่เหมาะสมจะถูกดูดเข้าห้องเผาไหม้ แล้วถูกอัดจนถึงอัตราส่วนกำลังอัดที่กำหนด หัวเทียนก็จะจุดการระเบิด และเกิดการสันดาปขึ้น (พูลพร แสงบางปลา, 2537) ซึ่งปัจจัยและโอกาสในการเกิดมลพิษจากเครื่องยนต์เบนซินมี ดังนี้

(1) การสันดาปของเครื่องยนต์เบนซิน การสันดาปจะมีประสิทธิภาพดีและให้สารมลพิษที่เป็นพิษน้อย จะมีปัจจัยควบคุมหลายชนิด ซึ่งบางชนิดมีความสัมพันธ์หรือผลกระทบต่อ กันอีกด้วย นอกจากนั้นรูปแบบการออกแบบของห้องเผาไหม้ จังหวะการจุดระเบิด และตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ยังมีผลกระทบต่อ การสันดาป ซึ่งต้องพิจารณาว่าความเหมาะสมที่สามารถควบคุมระดับมลพิษให้อยู่ในมาตรฐานไอเสียได้อีกด้วย โดยอัตราส่วนอากาศและน้ำมัน การจุดระเบิดและการสันดาปที่ดีนั้น จะมีผลมาจากอัตราส่วนของอากาศ และเชื้อเพลิงที่มีปริมาณมากเพียงพอและเหมาะสม ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อ การลามของเปลวไฟ และอุณหภูมิของเปลวไฟ ในเครื่องยนต์เบนซิน โดยการผสมเชื้อเพลิง และการแจกจ่ายส่วนผสม (Formation and Distribution) จะต้องสามารถปรับตัวให้เข้ากับความเร็ว และภาระตามที่กำหนดได้ เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถผสมเชื้อเพลิง และอากาศให้หนาหรือบาง และสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ และกำลังของเครื่องยนต์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อเพลิงในส่วนผสม ซึ่งถูกควบคุมโดยสญญากาศจากกระบอกสูบโดยมีลิ้นผีเสื้อ (Throttle) เป็นตัวควบคุม

(2) สารมลพิษจากเครื่องยนต์เบนซิน เชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับเครื่องยนต์จะเป็นน้ำมันเบนซิน (Gasoline) น้ำมันแก๊สโซฮอล์ (Gasohol) แก๊สหุงต้ม (Liquid Petroleum Gas, LPG) หรือก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas for Vehicles, NGV) ก็ได้ ซึ่งเชื้อเพลิงจะถูกดูดเข้าไปผสมกับอากาศแล้วถูกส่งไปยังห้องเผาไหม้ในกระบวนการเผาไหม้ โดยก๊าซ CO_2 และ H_2O ซึ่งจัดเป็นก๊าซเรือนกระจกจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในระบบอย่างสมบูรณ์ แต่เนื่องจากในอากาศมีปริมาณ N_2 อยู่ประมาณร้อยละ 79 ในสภาวะที่อุณหภูมิสูงอาจทำให้เกิด NO_x ได้ (ส่วนใหญ่จะเป็น

NO และ NO₂) ส่วนก๊าซ CO ก็อาจเกิดได้เนื่องจากการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ หากแต่ถ้าปริมาณ O₂ เพิ่มขึ้นก็อาจมีโอกาสเปลี่ยนเป็นก๊าซ CO₂ ต่อไป อีกทั้งยังมีก๊าซ HC ที่เกิดขึ้นจากการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ในจังหวะลูกสูบคาย ดังนั้นมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาจะมีส่วนประกอบต่างกันขึ้นอยู่กับกระบวนการเผาไหม้ และปัจจัยต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กันกับส่วนประกอบของไอเสียในขณะที่มีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงอย่างดี (Stoichiometric) และการสันดาปตามสภาวะปกติ (วงค์พันธ์ และคณะ, 2543) ดังนี้

(2.1) การเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในสภาวะสมดุลที่อุณหภูมิและความดันคงที่ขณะหนึ่ง จะมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วหากเพิ่มอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง และอุณหภูมิของก๊าซที่เผาไหม้ก็จะลดลง และหากปฏิกิริยาทางเคมีสมดุลจะทำให้ความเข้มข้นของ CO ที่อุณหภูมิไอเสียจะต่ำ และเมื่อส่วนผสมบางและจะมีปริมาณก๊าซ O₂ เหลือ แต่สภาพความเป็นจริงแล้วความเข้มข้นของ ก๊าซ CO จะไม่เป็นไปตามสภาวะสมดุล โดยก๊าซ CO จะมีความเข้มข้นสูงกว่า ส่งผลให้อุณหภูมิและความดันของไอเสียไม่เป็นไปตามอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิงที่กำหนด เนื่องจากความเร็วในการออกซิไดซ์ (Oxidize) ของก๊าซ CO จะหยุดไปทำให้เกิดก๊าซ CO ที่เข้มข้นมากในจังหวะคายของลูกสูบ

(2.2) การเกิดก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ในสภาวะที่อุณหภูมิสูง ความเร็วในการออกซิไดซ์ของ HC จะใช้เวลารวดเร็วมาก ทำให้ก๊าซ HC ที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์โดยเฉพาะส่วนที่ผสมน้ำมันที่มีปริมาณมากหรือการฉีบน้ำมันที่หนาเกินไป และอีกสาเหตุที่ก๊าซ HC ไม่ถูกเผาไหม้ เนื่องจากผนังห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิต่ำ และเปลวไฟจะไม่ลามไปที่ที่มีส่วนผสมน้อย (ตรงบริเวณผนังห้องเผาไหม้) ดังนั้นส่วนผสมตรงนั้นจะไม่เกิดการเผาไหม้ และยังคงเป็นก๊าซ HC อยู่และจะถูกขับเคลื่อนออกมาในจังหวะคาย และผสมกับก๊าซที่เผาไหม้แล้วที่อุณหภูมิสูง และหากยังมีปริมาณ O₂ เหลืออยู่ในกระบอกสูบในปริมาณมาก ดังแสดงให้เห็นได้ว่า ยังสามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงต่อเนื่องได้ โดยหากอุณหภูมิไอเสียมีค่าสูง การเผาไหม้จะเกิดอย่างต่อเนื่อง จนวาล์วไอเสียเปิดแล้วยังสามารถเผาต่อไปในท่อไอเสีย อย่างไรก็ตามปริมาณก๊าซ HC จะเพิ่มขึ้นในกรณีที่มีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงลดลงเพราะปริมาณก๊าซ O₂ ช่วยในการเผาไหม้ไม่เพียงพอ

(2.3) การเกิดก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จากเครื่องยนต์เบนซินส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบของก๊าซ NO และ NO₂ เพียงเล็กน้อย ซึ่งหากก๊าซ NO ถูกปลดปล่อยออกไปในอากาศ จะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็นก๊าซ NO₂ โดยความเข้มข้นของก๊าซ NO ในไอเสีย จะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสูงสุดของการเผาไหม้ และอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง ทั้งนี้ในกรณีส่วนผสมของอากาศและน้ำมันหนา พบว่า ปริมาณก๊าซ NO จะลดลงเร็วมาก ส่งผลให้ความเข้มข้นของก๊าซ NO ในไอเสียจากเครื่องยนต์จริงจะสูงมาก ซึ่งไม่เป็นไปตามสภาวะสมดุล และมี

ผลกระทบต่ออุณหภูมิความดันระหว่างจังหวะคายด้วย โดยความเร็วของปฏิกิริยาการออกซิไดซ์ก๊าซ NO จะช้ามาก กรณีส่วนผสมบางส่วนอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงนานเกินไปก๊าซ NO จะค่อย ๆ เกิดขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้ก๊าซที่เผาไหม้แล้วจนถึงขีดสูงสุดของความเข้มข้นในสภาวะสมดุล หลังจากนั้นก๊าซ NO จะแตกตัวในจังหวะคายทำให้ความเข้มข้นลดลงไป อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาการแตกตัวของก๊าซ NO จะช้ามาก และมีความเข้มข้นลดลงน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ลดได้ ส่งผลให้ปริมาณก๊าซ NO ที่ถูกปลดปล่อยออกมากับไอเสียจึงมีค่าสูง

(2.4) อัตราส่วนผสมของอากาศต่อเชื้อเพลิง (Air/Fuel) โดยทั่วไป ความเข้มข้นของมลพิษจะแปรผันตามส่วนผสมของอากาศ และน้ำมัน เช่น ก๊าซ CO จะแปรผันตามอัตราส่วนผสมโดยตรง ส่วนปัจจัยอื่นมีผลน้อยมาก แต่ปริมาณก๊าซ HC และอัตราการฉีดเชื้อเพลิงจะเพิ่มถ้าส่วนผสมมีปริมาณบางไป เนื่องจากการลามของเปลวไฟที่ไม่สมบูรณ์ และการเผาไหม้ที่ผิดเวลา ปริมาณก๊าซ NO จะสูงสุดที่ส่วนผสมหนึ่ง และจะลดลงอย่างรวดเร็วหากส่วนผสมหมดหรือบางกว่า

(2.5) ช่วงเวลาจุดระเบิดต่ำ ในช่วงเวลาจุดระเบิดต่ำความเข้มข้นของก๊าซ NO_x จะลดลงอย่างรวดเร็ว จากที่มีค่าอัตราส่วนพอดิในเครื่องยนต์ทั่วไปที่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุม สารมลพิษ เช่น การตั้งช่วงเวลาในการจุดระเบิดล่าช้าไป จะทำให้ความเข้มข้นของ NO_x ลดลงได้ โดยอัตราการเกิดก๊าซ NO_x จะมีค่าสูงหรือต่ำ เป็นผลมาจากอุณหภูมิของการสันดาป และการบำรุงรักษา ระบบการจุดระเบิด ซึ่งการเกิดก๊าซ NO_x จะมีอัตราการเกิดก๊าซลดลงเร็วกว่าทางด้านของส่วนผสม หนา และการจุดระเบิดล่าช้า นั้น จะลดปริมาณก๊าซ HC ได้อีกด้วย สาเหตุเกิดจากในระบบมีเวลาในการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่ทัน ทำให้ต้องเผาเชื้อเพลิงต่อไปในจังหวะคาย และอาจเผาไหม้ต่อไปในท่อไอเสีย ส่งผลให้อุณหภูมิไอเสียมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นหากส่วนผสมบางจะมีผลทำให้ก๊าซ HC มีปริมาณต่ำ

(2.6) ในกระบวนการเผาไหม้ที่สภาวะไอดี อุณหภูมิของไอดีจะมีค่าสูง ทำให้ก๊าซ NO_x มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณอากาศที่เข้าห้องเผาไหม้บางลง และทำให้กำลังของเครื่องยนต์ตก สำหรับผลกระทบของอุณหภูมิไอดีต่อก๊าซ HC มีน้อยมาก แต่ความดันไอดีที่มีค่าต่ำจะ ช่วยลดปริมาณก๊าซ NO_x ได้ โดยไปเพิ่มปริมาณของก๊าซ HC ในอากาศแทน ส่วนความชื้นในอากาศ หากมีค่าสูง จะมีผลทำให้ก๊าซ NO_x ลดลง เนื่องจากอุณหภูมิของเปลวไฟมีค่าลดลง เนื่องมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

(2.7) ปริมาณก๊าซชนิดต่าง ๆ ที่ค้างอยู่ในกระบอกสูบ หากมีปริมาณ ก๊าซที่ค้างมาก จะทำให้อุณหภูมิของก๊าซที่เผาไหม้ลดต่ำลง ปริมาณก๊าซ HC จะเพิ่มขึ้น และเกิดก๊าซ NO_x ขึ้นด้วย ส่วนในเครื่องยนต์ 2 จังหวะจะมีปริมาณก๊าซ NO_x ต่ำ เนื่องจากก๊าซที่ค้างในกระบอกสูบเดิมมีปริมาณสูงอยู่แล้วทำให้ไม่เกิดการเผาไหม้

(2.8) ความดันย้อนกลับจากไอเสีย ในช่วงเข้าหรือออกไม่ทันจะทำให้เกิดความดันย้อนกลับขึ้น ส่งผลให้มีก๊าซค้างอยู่ในกระบอกสูบมากขึ้น ทำให้ลดปริมาณก๊าซ NO_x ได้ แต่ความดันกลับมีผลต่อก๊าซ HC น้อยมาก

(2.9) อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น หากมีอุณหภูมิสูงจะเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ NO_x แต่จะไม่ค่อยมีผลสำหรับการลดปริมาณก๊าซ HC

(2.10) ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ เช่น รูปแบบของห้องเผาไหม้ที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวของผนังต่อปริมาตรในห้องเผาไหม้ไม่มาก จะทำให้ปริมาณก๊าซ HC มีค่าต่ำ แต่ปริมาณก๊าซ NO_x จะมีค่าสูง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของการวางหัวเทียนสำหรับจุดระเบิดอีกด้วย และอัตราส่วนกำลังอัดที่มีค่าสูง จะทำให้เครื่องยนต์สามารถเพิ่มกำลังได้ดี และมีประสิทธิภาพสูง บางกรณีอัตราส่วนกำลังอัดที่สูงจะเพิ่มปริมาณก๊าซ HC และลดปริมาณก๊าซ NO_x ได้ แต่ถ้าส่วนผสมของเชื้อเพลิงมีปริมาณบางเกินไป จะทำให้ปริมาณก๊าซ NO_x เพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งปริมาตรอากาศของช่วงชักในกระบอกสูบที่สูง จะช่วยลดก๊าซ HC ได้ แต่จะเพิ่มปริมาณก๊าซ NO_x แทน

(2.11) สภาพการใช้งานจริงของยานพาหนะ ในช่วงความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO, HC และ NO_x น้อยมาก ความเร็วรอบสูง ส่งผลให้ภาระเครื่องยนต์สูงจะมีการปลดปล่อยก๊าซ NO_x ในปริมาณมาก ส่วนที่ความเร็วรอบต่ำ ภาระของเครื่องยนต์ต่ำ จะพบปริมาณก๊าซ HC และก๊าซ CO สูง โดยความเข้มข้นของก๊าซ NO_x จะเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วรอบ และกำลังของเพลลา และแปรตามส่วนผสมของอากาศ และเชื้อเพลิงในเวลาจุดระเบิดอีกด้วย

(2.12) ชนิดของเชื้อเพลิงปิโตรเลียมที่ใช้กับเครื่องยนต์เบนซิน เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซ LPG และ NGV เป็นเชื้อเพลิง จะมีการปลดปล่อยก๊าซ HC น้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันมาก และค่าก๊าซ NO_x จะมีค่าสูงกว่าด้วย เนื่องจากเชื้อเพลิงในรูปก๊าซสำเร็จรูปจะสามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกับอากาศได้ดี การลุกไหม้จึงสมบูรณ์กว่าน้ำมัน และปฏิกิริยาการเผาไหม้จะเหลือก๊าซ HC ในปริมาณน้อย ในขณะที่เดียวกันการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดก๊าซ จะมีการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณก๊าซ NO_x เพิ่มขึ้นด้วย

2) เครื่องยนต์ของรถยนต์ดีเซล ในห้องเผาไหม้ปฏิกิริยาการสันดาปมีหลักการทำงานคือ การดูดอากาศที่ไม่มีน้ำมันเชื้อเพลิงผสมอยู่เข้าไปในกระบอกสูบ ในจังหวะอัดอากาศจะใช้แต่อากาศอย่างเดียว ส่วนน้ำมันจะถูกฉีดเข้าสู่กระบอกสูบในช่วงเวลาตอนปลายของจังหวะอัดอากาศ ซึ่งภายในเครื่องยนต์ดีเซลจะมีความดัน และอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการจุดระเบิดน้ำมันที่ฉีดเข้าไปภายในกระบอกสูบ โดยอัตราส่วนการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะถูกควบคุมโดย

อัตราการฉีดน้ำมัน ลักษณะของการเผาไหม้จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เพื่อช่วยทำให้แรงอัดในกระบอกสูบ มีความสม่ำเสมอและต่อเนื่อง เมื่อน้ำมันเข้าสู่ระบบเผาไหม้ น้ำมันดีเซลจะถูกฉีดเข้ามาในลูกสูบมี ลักษณะเป็นละอองฝอยเมื่อได้รับความร้อน ส่วนผิวของหยดน้ำมันก็จะระเหยออก โดยไอของน้ำมัน จะผสมกับอากาศที่ถูกอัดเกิดเป็นสารผสมขึ้น และกระจายตัวในบริเวณลูกสูบ โดยมีอัตราส่วนระหว่าง อากาศ และเชื้อเพลิงต่างกันไปในแต่ละส่วน และแต่ละเวลา ซึ่งการเผาไหม้จะเกิดขึ้นได้เองเมื่อ อุณหภูมิและอัตราส่วนของเชื้อเพลิงมีความพอดีกัน หยดน้ำมันในรูปของละอองฝอยขนาดต่าง ๆ ที่ ถูกฉีดเข้ามาจะกระจายไปที่วาล์วกระบอกสูบหมุนเวียนวนไปวนมาทำให้เกิดการเผาไหม้ขึ้นได้หลาย ๆ แห่ง โดยไม่มีความแน่นอน และโดยทั่วไปจะติดหลาย ๆ จุดรอบ ๆ บริเวณที่ฉีดน้ำมันเข้ามาก่อน และหลังจากเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้แล้วจะมีน้ำมันส่วนหนึ่งที่ยังไม่ถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ เมื่อ วาล์วไอเสียถูกเปิดออกเพื่อขับถ่ายไอเสีย (Exhaust Gas) ควันดำ (Smoke) และเถ้าถ่าน (Ash) จะ เข้าสู่ระบบท่อไอเสีย และจะยังมีส่วนของน้ำมันที่เผาไหม้ไม่หมดบางส่วนตกค้างอยู่ เช่น คราบเขม่า ควันที่เกาะจับบริเวณหัวฉีด ผนังเสื้อสูบ ลูกสูบ แหวนลูกสูบ และควัน โดยเฉพาะควันที่มีกรดกำมะถัน ผสมอยู่มากจะไปกัดกร่อนโลหะ และลดประสิทธิภาพของน้ำมันหล่อลื่น และเครื่องยนต์ให้เสื่อม คุณภาพเร็วขึ้นอีกด้วย ส่วนไอเสียส่วนที่เหลือจะถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปเครื่องยนต์ดีเซล มี 4 จังหวะ มีการทำงานของลูกสูบในหนึ่งรอบ ได้แก่ ดูดอากาศ อัดอากาศ ถ่ายทอดกำลัง (ระเบิด) และปล่อยไอเสีย (คาย) โดยลูกสูบจะหมุนสองรอบ คือ เลื่อนขึ้นสองครั้งและลงสองครั้ง รวมทั้งหมด 4 ครั้ง และมีการฉีดน้ำมันเข้าห้องสันดาปในช่วงปลายจังหวะอัดอากาศเพื่อส่งกำลังให้รถเคลื่อนที่ได้ (พูลพร แสงบางปลา, 2537) ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของเครื่องยนต์ดีเซลได้ดังนี้

2.1) การสันดาปของเครื่องยนต์ดีเซล สามารถแบ่งออกได้ 4 ช่วง คือ

(1) ช่วงจุดไฟล่าช้า (Ignition Delay) คือ ช่วงเวลาระหว่างที่เริ่มฉีดน้ำมัน เชื้อเพลิงไปจนถึงจุดที่เริ่มติดไฟ ในช่วงนี้มีความสำคัญมากต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ รวมทั้ง ผลกระทบอย่างมากต่อเสียง การสั่นสะเทือน และไอเสียที่ปล่อยออกมา เมื่อช่วงจุดไฟล่าช้าการเผา ไหม้จะไม่รุนแรง และการสั่นสะเทือนจะน้อย ทำให้เครื่องยนต์มีเสียงเบา และก๊าซ NO_x ที่ปล่อย ออกมาจะมีปริมาณน้อย โดยช่วงจุดไฟล่าช้าขึ้นอยู่กับค่าซีเทน (Cetane Number) ของเชื้อเพลิง อุณหภูมิ และความดันของการอัด รวมทั้งการตั้งเวลาการฉีดน้ำมัน และการหมุนเวียนของก๊าซใน กระบอกสูบ ซึ่งในช่วงนี้จะมีระยะเวลาสั้น และมีการส่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณน้อย และช้าลง

(2) ช่วงความดันขึ้นเร็ว (Rapid Pressure Rise Period) คือ ช่วงเวลาที่เริ่ม ติดไฟจนถึงความดันสูงสุดหรือช่วงความดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ถ้าความดันขึ้นเร็วมากเกินไปจะทำให้ เครื่องยนต์เกิดการสั่น และการน็อคได้ ส่งผลให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลง และเกิดสารมลพิษในไอ เสียมากขึ้น โดยอัตราของค่าความดันจะดี เมื่อมีช่วงจุดไฟล่าช้าที่เหมาะสม ถ้าช่วงที่ยาวอัตราความ

ดันจะยิ่งสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะถ้าช่วงไพล่าซามีช่วงเวลานานจะส่งผลให้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าไปในกระบอกสูบมีการสะสมมากขึ้น และเมื่อเกิดการติดไฟในหลาย ๆ จุดขึ้นพร้อม ๆ กัน จะทำให้ความดันในกระบอกสูบเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเกินไป

(3) ช่วงการเผาไหม้ลาม (Combustion Propagation) เมื่อห้องเผาไหม้เกิดการติดไฟขึ้นแล้วปฏิกิริยาการเผาไหม้ก็จะลามทันที ซึ่งระบบจะมีการปรับตัวให้สม่ำเสมอขึ้นแล้วก็ช้าลง ทั้งนี้เพราะเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้ามาอย่างต่อเนื่องจะมีการระเหย และดึงความร้อนจากกระบอกสูบ โดยเชื้อเพลิงที่ระเหยจะกระจายไปทั่วกระบอกสูบรวมตัวผสมกับอากาศ และติดไฟต่อไป แต่การติดไฟที่สมบูรณ์จะใช้ช่วงระยะเวลานานขึ้น เพราะสารผสมที่กระจายในห้องเผาไหม้มีความไม่สม่ำเสมอ และปริมาณออกซิเจนในกระบอกสูบจะลดลงส่งผลให้ก๊าซไอเสียมีปริมาณเพิ่มขึ้น และจะไปรบกวนระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิง ทั้งนี้เชื้อเพลิงที่ยังไม่ถูกเผาไหม้จะมีความร้อนสูง แต่ขาดก๊าซ O_2 ทำให้เกิดอนุภาคของแข็งหรือฝุ่นละอองซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นธาตุคาร์บอน

(4) ช่วงหลังการเผาไหม้ โดยในช่วงนี้น้ำมันเชื้อเพลิงจะหยุดฉีดแล้ว แต่การเผาไหม้ยังลามอย่างต่อเนื่อง ลักษณะของเชื้อเพลิงที่กระจายไปรอบ ๆ กระบอกสูบโดยไม่มีก๊าซออกซิเจน และสารอนุภาคของแข็งหรือฝุ่นละอองที่เกิดก็จะลามติดไฟอย่างช้า ๆ ถึงแม้ว่าลิ้นที่หัวฉีดจะปิดไปแล้ว แต่ก็เกิดน้ำมันรั่วออกมาอีกได้หรือเรียกว่า การฉีดตกค้าง (Secondary Injection) เนื่องจากความดันที่ค้างในท่อน้ำมันที่เกิดขึ้น ส่งผลให้เกิดน้ำมันรั่วออกมา ทำให้ไม่สามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ทำให้เกิดควันดำ และก๊าซ HC ปลดปล่อยออกมาในรูปของไอเสีย

2.2) สารมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซล มลพิษที่พบมากที่สุดที่ไอเสียเครื่องยนต์ดีเซล ได้แก่ ก๊าซ NO_x ฝุ่นละออง รวมทั้งควันดำที่มีก๊าซ HC และ CO เป็นองค์ประกอบบ้างแล้วแต่กรณี ซึ่งมีความแตกต่างกับเครื่องยนต์เบนซิน ในขณะที่การปลดปล่อย GHG ได้แก่ ก๊าซ CO_2 นั้นเหมือนกับเครื่องยนต์เบนซิน ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการสันดาปภายในกระบอกสูบ และคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่แตกต่างกันไป โดยสามารถอธิบายการเกิดสารมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซลได้ดังนี้

(1) ก๊าซ CO มีกระบวนการเกิดในเครื่องยนต์ดีเซลคล้ายกับเครื่องยนต์เบนซิน โดยก๊าซ CO จะเกิดมากเมื่ออัตราการให้อากาศเพิ่ม และลดลงอย่างรวดเร็ว จากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง ส่งผลให้เกิดควันดำขึ้น โดยทั่วไปเครื่องยนต์ดีเซลจะมีระบบอัดอากาศที่มีปริมาณอากาศมากอยู่แล้วทำให้ปริมาณก๊าซ CO ที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยกว่าเครื่องยนต์เบนซิน

(2) ก๊าซ HC จากเครื่องยนต์ดีเซล จะถูกปลดปล่อยออกมาน้อยมากเหมือนกับก๊าซ CO แต่ปริมาณก๊าซ HC จะสูงขึ้นเมื่อส่วนผสมของอากาศ และเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นเกินไป ทำให้เชื้อเพลิงมีโอกาสสัมผัสผนังเสื้อสูบที่อุณหภูมิต่ำ จึงเป็นสาเหตุให้ก๊าซ HC ไม่ทำปฏิกิริยา

กับออกซิเจนในกระบวนการเผาไหม้เลย ในทางตรงกันข้ามหากส่วนผสมของอากาศ และเชื้อเพลิงมีขนาดบางเกินไป จะส่งผลให้เปลวไฟดับลง ทำให้ปริมาณก๊าซ HC เพิ่มสูงขึ้น หรือมีเศษของน้ำมัน น้ำมันหล่อลื่นในเสื่อสูบ และกระบอกสูบที่เหลือหลังจากระบบได้ฉีดน้ำมันแล้ว ซึ่งส่วนที่เหลือไม่ได้ถูกเผาไหม้โดยสมบูรณ์ทำให้เกิดก๊าซ HC ขึ้นได้

(3) ก๊าซ NO_x ในระบบเครื่องยนต์ดีเซลมีกระบวนการเกิดคล้ายกับเครื่องยนต์เบนซิน ซึ่งไม่สามารถที่จะระบุได้ชัดเจนว่าก๊าซ NO_x จะเกิดขึ้นได้ในปริมาณมากหรือน้อยในกระบอกสูบ เนื่องจากอัตราส่วนของอากาศ และเชื้อเพลิงกับอุณหภูมินั้นมีความแปรปรวน และซับซ้อน ซึ่งในช่วงเวลาการเผาไหม้ในกระบอกสูบที่มีปริมาณออกซิเจนมาก จะทำให้ระบบมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และรวดเร็ว และหากมีอุณหภูมิเผาไหม้สูงเป็นเวลานานจะทำให้ก๊าซ NO_x มีปริมาณสูงในช่วงนี้ไปด้วย

(4) ฝุ่นละอองและควันดำ จากน้ำมันดีเซลที่ฉีดเข้ากระบอกสูบจะมีการกระจาย และความหนาแน่นที่ไม่เท่ากันทั้งกระบอกสูบ เมื่อแกนน้ำมัน และก๊าซ O_2 ปะทะกับอุณหภูมิที่สูงในกระบอกสูบจะเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ และช่วงเวลาที่ก๊าซ O_2 ถูกใช้หมดไปแล้วจะพบว่า มีเศษเชื้อเพลิงที่อยู่ภายในกระบอกสูบ เสื่อสูบ และเชื้อเพลิงหยดหลังการฉีดน้ำมัน โดยจะอยู่ในรูปของละอองคาร์บอน และจะควบแน่นกลายเป็นฝุ่นละอองที่มีอนุภาคเล็ก ๆ เมื่อสัมผัสกับอากาศและถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของฝุ่นละออง และควันดำ

2.3) ปัจจัยที่มีผลต่อสารมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซล ปัจจัยที่มีความสำคัญคือรูปแบบของห้องเผาไหม้ที่พยายามให้อากาศที่ถูกอัดเข้าไปสามารถเผาไหม้ให้ได้มากที่สุด เพื่อให้เกิดการผสมของอากาศ และเชื้อเพลิงให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีวัตถุประสงค์ให้เกิดการสูญเสียความร้อนจากผนังเสื่อสูบให้น้อยที่สุด ในส่วนเครื่องยนต์ดีเซลที่มีรอบเครื่องยนต์ต่ำ ในแต่ละช่วงชักจะมีเวลานานพอที่จะให้อากาศ และเชื้อเพลิงผสมกันได้เป็นอย่างดี ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลที่มีรอบเครื่องยนต์สูงจะมีเวลาในช่วงของการสันดาปที่สั้นมาก ดังนั้นให้อากาศ และเชื้อเพลิงได้ผสมกันเป็นเนื้อเดียวกัน จึงได้มีการออกแบบให้มีระบบการฉีดน้ำมันที่กระจายตัวได้สอดคล้องกับห้องเผาไหม้ที่มีการหมุนเวียนอากาศที่ดี เพื่อให้ระบบมีการเผาไหม้สมบูรณ์ โดยทั่วไปอาจแยกแบ่งระบบการฉีดเชื้อเพลิง คือ 1) แบบฉีดโดยตรง (Direct Injection) เชื้อเพลิงจะถูกฉีดกระจายเข้าหาลูกสูบจากหัวฉีดแบบหลายรู ซึ่งวางอยู่ในตำแหน่งตรงกลางของห้องเผาไหม้เพื่อให้เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นลำดับ 2) แบบฉีดโดยอ้อม (Indirect Injection) จะมีการเพิ่มการเผาไหม้ช่วย (Sub-chamber) อีกห้องหนึ่ง โดยมีช่องทางต่อเชื่อมกันระหว่างห้องเผาไหม้ทั้งสองห้อง ทำให้ก๊าซหมุนเวียนได้ดีขึ้น และเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้มีความสมบูรณ์มากขึ้น เนื่องจากมีความดันในห้องเผาไหม้ที่ช่วยผลัก

กระแทกอากาศ และน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้หลักได้นั่นเอง โดยทั่วไปปัจจัยที่มีผลต่อสารมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซล มีดังนี้

(1) ระบบการฉีดเชื้อเพลิง ในระบบจะมีการตั้งเวลาฉีดน้ำมันที่สัมพันธ์กับการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ โดยการฉีดน้ำมันเพื่อให้ได้กำลังมาก และประหยัดน้ำมันนั้น จะส่งผลให้ช่วงเวลาในการจุดระเบิดมีความล่าช้าลง เพราะความดัน และอุณหภูมิในระหว่างช่วงจุดระเบิดข้างนั้นมีค่าสูงมาก ส่งผลให้ช่วงเวลาของการเผาไหม้กับส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันน้อยลง ทำให้มีโอกาสเกิดก๊าซ NO_x ลดลง โดยอัตราการฉีดน้ำมันกับปริมาณของน้ำมันที่ฉีดเข้ากระบอกสูบต่อหน่วยเวลาของการเผาไหม้ที่มากหรือน้อยนั้น จะมีผลกระทบต่อการผลิตเชื้อเพลิงกับอากาศ รวมทั้งการเผาไหม้และการลามของเปลวไฟที่เกิดขึ้นเร็วหรือช้า จะส่งผลต่อการเกิดก๊าซ NO_x และอาการน็อคของเครื่องยนต์อีกด้วย ทั้งนี้อัตราการฉีดเชื้อเพลิงโดยเฉพาะในช่วงของการจุดระเบิดมีผลต่อการเกิดก๊าซ NO_x มาก รวมทั้งการฉีดน้ำมันที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดการเผาไหม้ล่าช้า ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยควันดำ ก๊าซ CO และก๊าซ HC

(2) ระบบไอดีที่มีการหมุนเวียนของอากาศในห้องเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล โดยทั่วไปจะมีอากาศเพียงพออยู่แล้ว แต่จะมีบางส่วนในห้องเผาไหม้ที่มีปริมาณเชื้อเพลิงมาก ซึ่งจะทำให้เกิดควันดำ ก๊าซ CO และก๊าซ HC ขึ้นได้ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการทำให้เชื้อเพลิงได้เผาไหม้กับอากาศให้เร็วที่สุด เช่น การใช้อุปกรณ์เทอร์โบชาร์จเจอร์จะช่วยลดควันดำ ก๊าซ CO และก๊าซ HC ได้ รวมทั้งความชื้นในอากาศจะมีผลต่อไอเสียมาก ความชื้นยิ่งสูงปริมาณก๊าซ NO_x สามารถเกิดขึ้นได้มาก และหากมีอุณหภูมิไอดีสูงกับปริมาณก๊าซ NO_x สูง จะส่งผลให้เกิดควันดำสูงอีกด้วย

(3) ก๊าซในกระบอกสูบคงค้าง จะทำให้อุณหภูมิในการเผาไหม้ลดต่ำลง ปริมาณก๊าซ NO_x และออกซิเจนจะลดลง ทำให้เกิดควันดำมากขึ้น ซึ่งในความเป็นจริงแล้วเครื่องยนต์ดีเซลมีปริมาณอากาศเพียงพออยู่แล้ว

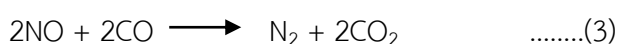
(4) อัตราส่วนของกำลังอัด หากมีค่าอัตราส่วนสูงจะทำให้อุณหภูมิของไอดีที่เข้าสู่สูงขึ้นด้วย ทำให้การจุดระเบิดเกิดได้เร็วขึ้น ปริมาณก๊าซ HC จะลดลงสำหรับห้องเผาไหม้แบบฉีดโดยอ้อม ในขณะที่ในห้องเผาไหม้แบบฉีดโดยตรงนั้น ปริมาณก๊าซ HC จะลดลงเช่นกัน หากแต่ก๊าซ NO_x จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น

(5) ปัจจัยต่าง ๆ เช่น ภาวะของเครื่องยนต์ ความเร็วรอบ และถ้าอัตราส่วนระหว่างอากาศ และน้ำมันมีค่าคงที่ในการเปลี่ยนความเร็วรอบของเครื่องยนต์ จะทำให้การปลดปล่อยก๊าซ NO_x และควันดำ มีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งมีความแตกต่างกับเครื่องยนต์เบนซิน ทั้งนี้การ

ปรับภาวะของเครื่องยนต์เบนซินด้วยการเหยียบคันเร่ง จึงเป็นการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างอากาศกับน้ำมัน และส่งผลทำให้ปริมาณก๊าซ HC และ CO เพิ่มขึ้น

(6) ชนิดของเชื้อเพลิง ค่าตรรกษณีสี่เทนจะมีผลต่อการจุดไฟล่า ส่งผลต่อการเกิดก๊าซ NO_x ด้วยแต่ไม่ค่อยมีผลกระทบต่อมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากเทคโนโลยีของเครื่องยนต์ที่ได้มีการปรับปรุงให้ทันสมัย และได้มาตรฐานควบคุมเชื้อเพลิงทำให้ช่วยลดปริมาณมลพิษจากการสันดาปของเครื่องยนต์ดีเซลได้เหมือนกัน

3) อุปกรณ์แคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic Converter Instrument) คือ อุปกรณ์บรรจุก๊าซที่สามารถเปลี่ยนแปลง และเร่งปฏิกิริยาทางเคมี โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงตัวเอง สำหรับติดตั้งกับเครื่องยนต์เบนซินและดีเซล ซึ่งภายในอุปกรณ์จะมีสารที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) มีชื่อเรียกว่า Platinum Group Metals (PGM) สารนี้จะเคลือบหรือฉาบไว้บนวัสดุเซรามิกรวมเรียกว่า “สารตั้งต้น (Substrate)” โดยตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) วัสดุของ Catalyst และ 2) วัสดุเซรามิก ซึ่งฉาบอยู่บนวัสดุที่มีรูพรุน เช่น สาร Activated Alumina สำหรับวัสดุ Catalyst ที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ Platinum (Pt), Palladium (Pd) และ Rhodium (Rh) ลักษณะของ Catalytic Converter ที่ใช้ในรถยนต์จะเป็นกล่องโลหะติดตั้งอยู่ในระบบท่อไอเสีย (Exhaust Pipe) หรือระหว่างท่อไอเสียของเครื่องยนต์ (Exhaust Manifold) กับท่อเก็บเสียง ในปัจจุบันแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ชนิด 3 ทาง (Three-way Catalysts) เป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง และเป็นที่ยอมรับใช้กันมาก เนื่องจากสารมลพิษ ได้แก่ CO, HC และ NO_x จะถูกบำบัดไปพร้อมกับระบบการทำงานในตัวเอง โดยไม่ต้องใช้อากาศเพิ่มเติมจากภายนอกอีกด้วย เมื่อเกิดไอเสีย (Exhaust) ไหลผ่านเข้าไปในระบบของ Catalytic Converter สาร PGM จะทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) และ รีดักชัน (Reduction) ทำให้ก๊าซ HC และ CO ถูกออกซิไดส์เป็นก๊าซ CO_2 และก๊าซไนโตรเจน (N_2) ในขณะเดียวกันก๊าซ NO_x และก๊าซ HC ก็ทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นก๊าซ CO_2 N_2 และ H_2O ดังสมการ (1) ถึง (3)



2.3.3 เชื้อเพลิงที่ใช้กับยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ในประเทศไทย

ชนิดและคุณสมบัติของเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหลายชนิดที่มีโมเลกุล และน้ำหนักแตกต่างกัน เกิดจากการกลั่นลำดับ

ส่วนของน้ำมันดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม และบ่อก๊าซธรรมชาติ ซึ่งคุณสมบัติของเชื้อเพลิงประกอบด้วย (กรมธุรกิจพลังงาน, 2559)

1) ค่าความร้อน (Heating Value) คือ ปริมาณความร้อนที่เชื้อเพลิงให้พลังงานสำหรับยานพาหนะใช้ขับเคลื่อนหลังจากการเผาไหม้ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก

2) ความสามารถในการระเหย (Volatility) คือ ความสามารถของการระเหยต่ออุณหภูมิของเชื้อเพลิง สำหรับใช้เผาไหม้เชื้อเพลิงในส่วนที่มีการระเหยของชนิดเครื่องยนต์ที่ต่างกัน ซึ่งจำเป็นต้องเลือกเชื้อเพลิงที่มีความเหมาะสมกับอุณหภูมินั้น ๆ เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

3) เลขออกเทน (Octane Number) คือ ค่าตัวเลขบอกความต้านทานต่ออุณหภูมิและความดันในการติดไฟของเชื้อเพลิง โดยความดัน และอุณหภูมิที่มีค่าสูงจะเรียกเชื้อเพลิงนั้นมีเลขออกเทนสูง ตัวอย่างเช่น การทำให้น้ำมันเบนซิน (Gasoline) มีค่าออกเทนสูงขึ้น มักจะใช้สารเติมแต่ง เช่น สารเมทิลเทอเทียรีบิวทิลอีเทอร์ (Methyl Tertiary Butyl Ether, MTBE) และเอทานอล (Ethanol) เป็นต้น

4) เลขซีเทน (Cetane Number) คือ ค่าแสดงระดับการติดไฟของเชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซลที่สภาวะความดัน และอุณหภูมิหนึ่ง เพื่อทดสอบความเร็วของช่วงเวลาที่สามารถติดไฟได้

5) จุดวาบไฟ (Flash Point) คือ จุดที่อุณหภูมิของเชื้อเพลิงสามารถจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะเป็นไอระเหย และสามารถติดไฟวาบขึ้นได้

6) จุดติดไฟ (Fire Point) คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถจะเกิดสถานะไอระเหยและติดไฟต่อไปได้เอง

7) ความถ่วงจำเพาะ คือ ค่าน้ำหนักของเชื้อเพลิงต่อปริมาตรของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน โดยทั่วไปนิยมใช้เป็นค่า API Gravity ย่อมาจาก American Petroleum Institute Gravity เมื่อค่า API Gravity มีค่าสูง จะทำให้เชื้อเพลิงชนิดนั้นมีค่าซีเทนสูงด้วย

8) ปริมาณกำมะถัน คือ ค่ากำมะถันที่มีในเชื้อเพลิง ซึ่งถ้ามีปริมาณมากจะส่งผลเสียต่อเครื่องยนต์ เนื่องจากสารกำมะถันสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและน้ำ เกิดเป็นกรดกำมะถัน และสามารถทำให้วัสดุที่เป็นโลหะเกิดการผุกร่อนได้

9) สารประกอบคาร์บอนส่วนเกิน (Carbon Residue) คือ ปริมาณคาร์บอนที่ยังเหลือในเชื้อเพลิงภายหลังจากการเผาไหม้แล้ว อาจเกิดจากปริมาณอากาศหรือออกซิเจนที่ไม่เพียงพอส่งผลให้การสันดาปของเครื่องยนต์ไม่สมบูรณ์ และเกิดสารประกอบคาร์บอนเหลืออยู่ในห้องเผาไหม้

10) ควันดำ (Ash) คือ เขม่าที่เกิดหลังจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแล้ว ถ้าเชื้อเพลิงชนิดใด มีปริมาณซัลเฟอร์สูง เชื้อเพลิงชนิดนั้นจะไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน

กรมธุรกิจพลังงาน (2559) ได้แบ่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในประเทศไทยเป็น 4 ประเภท คือ น้ำมันเบนซินชนิดพิเศษ และธรรมดา แบ่งเป็น น้ำมันเบนซิน 95 เบนซิน 91 แก๊สโซฮอล์ 95 แก๊สโซฮอล์ 91 และแก๊สโซฮอล์ E85 ส่วนเชื้อเพลิงอีก 3 ประเภท คือ น้ำมันดีเซล ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) และก๊าซธรรมชาติ (NGV) ซึ่งเชื้อเพลิงทั้ง 4 ประเภทนี้ ได้มาจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม โดยกลุ่มประเทศในทวีปยุโรปหรือ ยุโรป (EURO) ได้มีการวางกฎระเบียบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมสำหรับด้านการใช้เชื้อเพลิงในภาคการขนส่ง และได้เริ่มมีการควบคุมการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะอย่างเป็นระบบตั้งแต่ปี ค.ศ. 1992 (พ.ศ. 2535) โดยมีการกำหนดมาตรฐานไอเสีย สำหรับยานพาหนะควบคู่กับมาตรฐานของเชื้อเพลิง เพื่อให้ยานพาหนะที่ผลิตจำหน่ายออกมา มีการควบคุมไอเสียไม่ให้เกิดเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ผลจากมาตรการดังกล่าว ทำให้เกิดการพัฒนาเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยียานพาหนะ เพื่อควบคุมการปลดปล่อยมลพิษให้ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน และการควบคุมคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเบนซินและดีเซล ก็ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อลดการก่อให้เกิดมลพิษให้น้อยลงอีกด้วย และได้ถูกพัฒนาให้มีความเข้มงวดมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับสภาพสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ซึ่งคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงได้มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพที่เข้มงวดควบคู่กับมาตรฐานไอเสีย โดยน้ำมันเบนซินจะเป็นไปตามมาตรฐาน EN 228 และน้ำมันดีเซลจะเป็นไปตามมาตรฐาน EN 590 ซึ่งพิจารณามลพิษที่ส่งผลต่อสุขภาพคนโดยตรง ทั้งนี้สามารถแสดงมาตรฐานไอเสียของยานพาหนะได้ดังตารางที่ 2.4 ถึงตารางที่ 2.8 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานไอเสียรถยนต์นั่ง (น้ำหนักบรรทุกน้อยกว่า 1,305 กก.)

| มาตรฐาน | เริ่มใช้ (ค.ศ.) | ปริมาณไอเสียตามชนิดเครื่องยนต์ (กรัม/กิโลเมตร) | | | | | | | | | |
|---------|-----------------|--|-------|--------|-------|-----------------|-------|---------------------|-------|--------|-------|
| | | CO | | HC | | NO _x | | HC+ NO _x | | PM | |
| | | เบนซิน | ดีเซล | เบนซิน | ดีเซล | เบนซิน | ดีเซล | เบนซิน | ดีเซล | เบนซิน | ดีเซล |
| Euro 1 | 1994 | 2.72 | 2.72 | - | - | - | - | 0.97 | 0.97 | - | 0.14 |
| Euro 2 | 1998 | 2.2 | 1.0 | - | - | - | - | 0.5 | 0.7 | - | 0.08 |
| Euro 3 | 2001 | 2.3 | 0.64 | 0.2 | - | 0.15 | 0.5 | - | 0.56 | - | 0.05 |
| Euro 4 | 2006 | 1.0 | 0.5 | 0.1 | - | 0.08 | 0.25 | - | 0.3 | - | 0.025 |
| Euro 5 | 2009 | 1.0 | 0.5 | 0.1 | - | 0.06 | 0.18 | - | 0.23 | 0.005 | 0.005 |
| Euro 6 | 2015 | 1.0 | 0.5 | 0.1 | - | 0.06 | 0.08 | - | 0.23 | 0.005 | 0.005 |

ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน (2559)

ตารางที่ 2.5 มาตรฐานไอเสียรถยนต์ทั่วไป (น้ำหนักบรรทุกทุก 1,305–1,760 กิโลกรัม)

| มาตรฐาน | เริ่มใช้ (ค.ศ.) | ปริมาณไอเสียตามชนิดเครื่องยนต์ (กรัม/กิโลเมตร) | | | | | | | | | |
|---------|--------------------|--|-------|--------|-------|-----------------|-------|---------------------|-------|--------|-------|
| | | CO | | HC | | NO _x | | HC+ NO _x | | PM | |
| | | เบนซิน | ดีเซล | เบนซิน | ดีเซล | เบนซิน | ดีเซล | เบนซิน | ดีเซล | เบนซิน | ดีเซล |
| Euro 1 | 1994 | 5.17 | 5.17 | - | - | - | - | 1.4 | 1.4 | - | 0.19 |
| Euro 2 | 1998 | 4.0 | 1.25 | - | - | - | - | 0.65 | 1.0 | - | 0.12 |
| Euro 3 | 2001 | 4.17 | 0.8 | 0.25 | - | 0.180 | 0.65 | - | 0.72 | - | 0.07 |
| Euro 4 | 2006 | 1.81 | 0.63 | 0.13 | - | 0.1 | 0.33 | - | 0.39 | - | 0.04 |
| Euro 5 | 2009 | 1.81 | 0.63 | 0.13 | - | 0.075 | 0.24 | - | 0.30 | 0.005 | 0.005 |
| Euro 6 | 2015 | 1.81 | 0.63 | 0.13 | - | 0.075 | 0.11 | - | 0.19 | 0.005 | 0.005 |

ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน (2559)

ตารางที่ 2.6 มาตรฐานไอเสียรถยนต์ใช้งานหนัก (น้ำหนักบรรทุกมากกว่า 1,760 กิโลกรัม)

| มาตรฐาน | เริ่มใช้ (ค.ศ.) | ปริมาณไอเสียตามชนิดเครื่องยนต์ (กรัม/กิโลเมตร) | | | | | | | | | |
|---------|--------------------|--|-------|--------|-------|-----------------|-------|--------------------|-------|--------|-------|
| | | CO | | HC | | NO _x | | HC+NO _x | | PM | |
| | | เบนซิน | ดีเซล | เบนซิน | ดีเซล | เบนซิน | ดีเซล | เบนซิน | ดีเซล | เบนซิน | ดีเซล |
| Euro 1 | 1994 | 69 | 69 | - | - | - | - | 1.7 | 49 | - | 0.25 |
| Euro 2 | 1998 | 50 | 15 | - | - | - | - | 0.8 | 0.96 | - | 0.17 |
| Euro 3 | 2001 | 522 | 0.95 | 0.29 | - | 0.210 | 0.780 | - | 0.86 | - | 0.1 |
| Euro 4 | 2006 | 227 | 0.95 | 0.16 | - | 0.110 | 0.39 | - | 0.46 | - | 0.06 |
| Euro 5 | 2009 | 227 | 0.74 | 0.16 | - | 0.082 | 0.28 | - | 0.35 | 0.005 | 0.005 |
| Euro 6 | 2015 | 227 | 0.74 | 0.16 | - | 0.082 | 0.125 | - | 0.215 | 0.005 | 0.005 |

ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน (2559)

ตารางที่ 2.7 มาตรฐานน้ำมันเบนซิน

| มาตรฐาน | เริ่มใช้ (ค.ศ.) | อะโรมาติก (% Volume) | โอเลฟิน (% Volume) | เบนซีน (% Volume) | กำมะถัน (% Volume) |
|---------|--------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| Euro 1 | 1994 | ไม่กำหนด | ไม่กำหนด | ไม่กำหนด | N/A |
| Euro 2 | 1998 | ไม่กำหนด | ไม่กำหนด | 5.0 | 500 |
| Euro 3 | 2001 | 42 | 18 | 1.0 | 150 |
| Euro 4 | 2006 | 35 | 18 | 1.0 | 50 |
| Euro 5 | 2009 | 35 | 18 | 1.0 | 10 |

ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน (2559)

ตารางที่ 2.8 มาตรฐานน้ำมันดีเซล

| มาตรฐาน | เริ่มใช้ (ค.ศ.) | โพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (PAH) (% Volume) | กำมะถัน (% Volume) |
|---------|-----------------|---|-----------------------|
| Euro 1 | 1994 | ไม่กำหนด | N/A |
| Euro 2 | 1998 | ไม่กำหนด | 500 |
| Euro 3 | 2001 | 11 | 350 |
| Euro 4 | 2006 | 11 | 50 |
| Euro 5 | 2009 | 11 | 10 |

ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน (2559)

การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะ ได้เริ่มมีการใช้มาตรฐานยูโร 4 ในปี พ.ศ. 2556 หรือปี ค.ศ. 2013 คือ น้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซล ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรประดับ (หรือลำดับ) 4 และในอนาคตจะมีการนำน้ำมันมาตรฐานยูโร 5 และยูโร 6 มาบังคับใช้ในการผลิตรถยนต์ และควบคุมคุณภาพเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ โดยเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งในประเทศไทยนั้น กลุ่มน้ำมันเบนซิน ก๊าซปิโตรเลียมเหลวและน้ำมันดีเซลได้มาจากกลั่นน้ำมันดิบเป็นส่วนใหญ่ ส่วนก๊าซ NGV จะได้จากอุตสาหกรรมขุดเจาะก๊าซธรรมชาติ ดังนั้นการศึกษาเรื่องลักษณะ และคุณลักษณะของเชื้อเพลิงในแต่ละชนิดจะทำให้ทราบถึงการระบายออกของมลพิษในลักษณะต่าง ๆ เช่น การระเหย การสันดาป และองค์ประกอบของก๊าซจากการสันดาป เป็นต้น โดยสามารถอธิบายกระบวนการที่จะได้มาซึ่งเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ คือ เริ่มตั้งแต่กระบวนการกลั่นน้ำมันแยกประเภทต่าง ๆ โดยน้ำมันดิบเมื่อถูกส่งเข้ากลั่นแยกในหอกกลั่นความดันปกติจะให้ผลผลิตออกมา 6 ส่วนใหญ่ ๆ คือ 1) ส่วนบนสุดของหอกกลั่นจะให้ผลิตภัณฑ์ GAS และ LPG ถัดลงมาจะเป็นพวก 2) Light Naphtha และถัดมาจะเป็นพวก 3) Heavy Naphtha ซึ่งจะนำจากทั้งสองสายนี้ไปผลิตน้ำมันดีเซล ส่วนสายล่างสุดจะเป็นพวก 4) Residue และเมื่อนำไปกลั่นต่อก็จะแยกเป็นพวกน้ำมันเตา น้ำมันเครื่อง และยางมะตอย ออกมาได้จากลำดับตำแหน่งของสายผลผลิตที่ออกจากหอกกลั่น ซึ่งพบว่า กลุ่มของ LPG จะมีค่าจุดเดือดต่ำสุด ความหนาแน่นต่ำสุด ถัดมาก็จะเป็นพวก 5) น้ำมันเบนซิน และ 6) น้ำมันดีเซล ตามลำดับ โดยมีลักษณะเฉพาะดังนี้

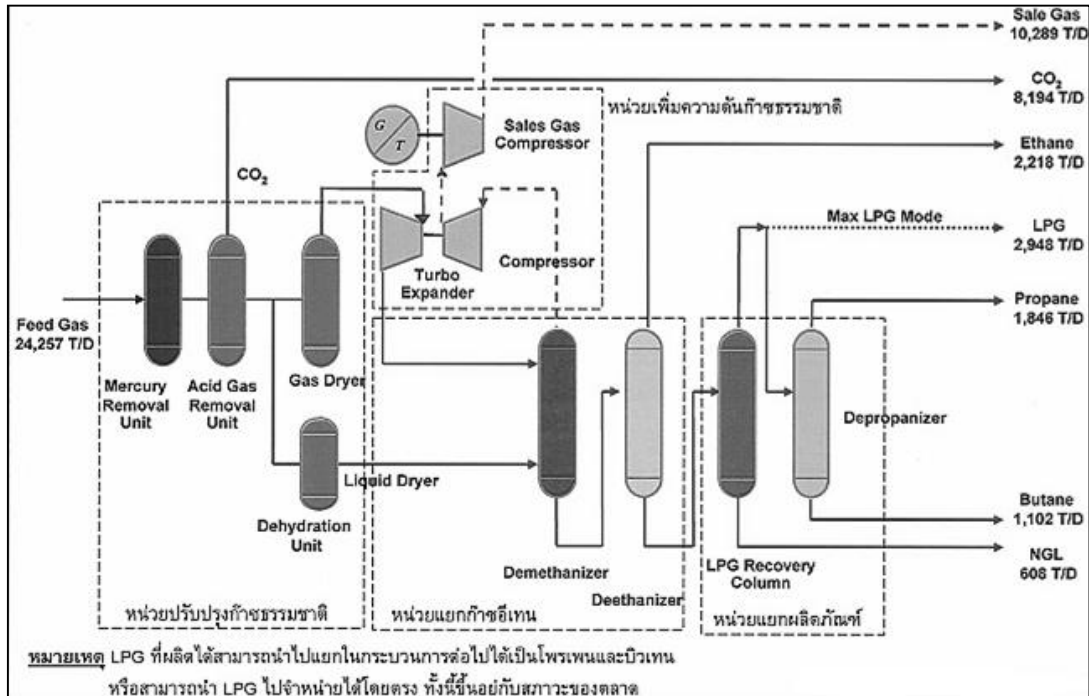
1) น้ำมันเบนซิน (Gasoline) เป็นส่วนผสมที่ไม่มีสีของ Volatile Petroleum Fraction ที่มีจุดเดือด อยู่ในช่วง 30-200 °C พวกที่ใช้กับยานพาหนะจะมีค่าความหนาแน่นประมาณ 0.73 แต่ถ้าเป็นน้ำมันเบนซินที่ใช้ในเครื่องบินจะมีช่วงจุดเดือด 50-170 °C โดยน้ำมันเบนซินจะแสดงคุณสมบัติเฉลี่ยของสารไฮโดรคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ Octane (C₈H₁₈) แต่องค์ประกอบจริงของน้ำมันจะมีธาตุไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนอะตอมอยู่ระหว่าง C₅ ถึง C₁₂ โดยจะให้ความร้อนจำเพาะ (Net Calorific Value) มีค่าประมาณ 43.9 เมกะจูลต่อกิโลกรัม (MJ/kg)

สำหรับน้ำมันเบนซินพิเศษจะมีค่าออกเทน (RON) ไม่ต่ำกว่า 94.6 ส่วนน้ำมันเบนซินธรรมดาจะมีออกเทนไม่ต่ำกว่า 82.6 มีปริมาณสารตะกั่วไม่เกิน 0.45 กรัมต่อลิตร สีของน้ำมันเบนซินชนิดพิเศษเป็นสีเหลืองอ่อน ส่วนน้ำมันเบนซินธรรมดาเป็นสีแดง ซึ่งเป็นสีของอนุพันธ์แอลคิลของสาร Azobenzene-4-azo-2-naphthol ค่า Octane Number ของน้ำมันเบนซิน คือ ตำแหน่งการจุดระเบิดที่ดีที่สุด เมื่อเทียบกับน้ำมันที่เกิดจากร้อยละของอัตราส่วนผสมของ Iso-octane กับ Heptanes และร้อยละของ Iso-octane คือ ค่า Octane Number ของน้ำมันเบนซินชนิดนั้น

2) น้ำมันดีเซล (Diesel) เป็นสารผสมไฮโดรคาร์บอน ซึ่งได้จากการกลั่นน้ำมันดิบปิโตรเลียม ในน้ำมันดีเซลประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว (Saturated Hydrocarbon) แอโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic Hydrocarbon) และ โอลิฟินไฮโดรคาร์บอน (Olefin Hydrocarbon) ในสัดส่วน 40:50:10 มีสถานะเป็นของเหลว มีองค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ C_{12} ถึง C_{14} มาจากสายของ Gas Oils ผสมกับสาย Kerosine มีจุดเดือดอยู่ในช่วง 180-300 °C มีความหนาแน่นประมาณ 0.84 มีความร้อนจำเพาะประมาณ 42.5 MJ/kg และมีค่าซีเทน (Cetane Number) ประมาณร้อยละ 50

3) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquid Petroleum Gas, LPG) สำหรับก๊าซ LPG เป็นผลผลิตสายบนสุดในหอกลิ้นน้ำมันดิบ คือ โพรเพน (C_3H_8) และบิวเทน (C_4H_{10}) ส่วนพวกก๊าซ Pentane Plus (C_5O^+) หรือก๊าซ Natural Gasoline จะแยกออกทางด้านล่างของหอกลิ้น ก๊าซ LPG เป็นส่วนผสมของก๊าซโพรเพน และบิวเทน มีอัตราส่วน 70:30 ซึ่งอาจมีสารโพรพิน บิวพิน โพรพิลีน และบิวทิลีน ปรากฏอยู่โดยปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนจะมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าสารเพนเทนได้ไม่เกินร้อยละ 2.0 และเนื่องจาก LPG มีกลิ่นอ่อนมากจนไม่อาจทราบได้เมื่อมีการรั่วในขณะที่ทำการขนส่งหรือใช้งาน ดังนั้นผู้ผลิตจึงมีการเติมสารให้กลิ่นลงไป เช่น เอทิลเมอร์แคปแทน หรือซัลไฟด์ ไทโอเฟน หรือเอมิลเมอร์แคปแทน โดยก๊าซ LPG นี้จะมีเลขออกเทนประมาณ 95-108 ซึ่งเหมาะกับเครื่องยนต์เบนซินที่มีแรงอัดสูง ทั้งนี้ก๊าซ LPG จะไม่มีการผสมสารตะกั่ว จึงไม่มีการระบายออกของสารตะกั่วออกมา และการผลิตก๊าซ LPG จากก๊าซธรรมชาติ จะมีกระบวนการผลิตเริ่มต้นจากการนำก๊าซธรรมชาติจากอ่าวไทยเข้าสู่หน่วยปรับปรุงก๊าซธรรมชาติ เพื่อทำการแยกสารปรอท ลดความเป็นกรด กำจัดน้ำและความชื้นออก และจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นผลิตภัณฑ์ โดยก๊าซธรรมชาติจะนำไปแยกก๊าซอีเทนที่หน่วยแยกก๊าซ โดยการปรับเพิ่มความดันซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ คือ Sales Gas และส่วนที่เหลือมีการกำจัดก๊าซมีเทนออก และจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซอีเทนออกมา ก๊าซที่ถูกแยกส่วนที่เหลือจะถูกส่งไปที่หน่วยแยกผลิตภัณฑ์ผ่านคอลัมน์ LPG Recovery จะได้ผลิตภัณฑ์คือ ก๊าซ LPG (Liquid Performance Gas) และก๊าซ NGL ในส่วนของ LPG ที่ผลิตได้สามารถนำไปแยก

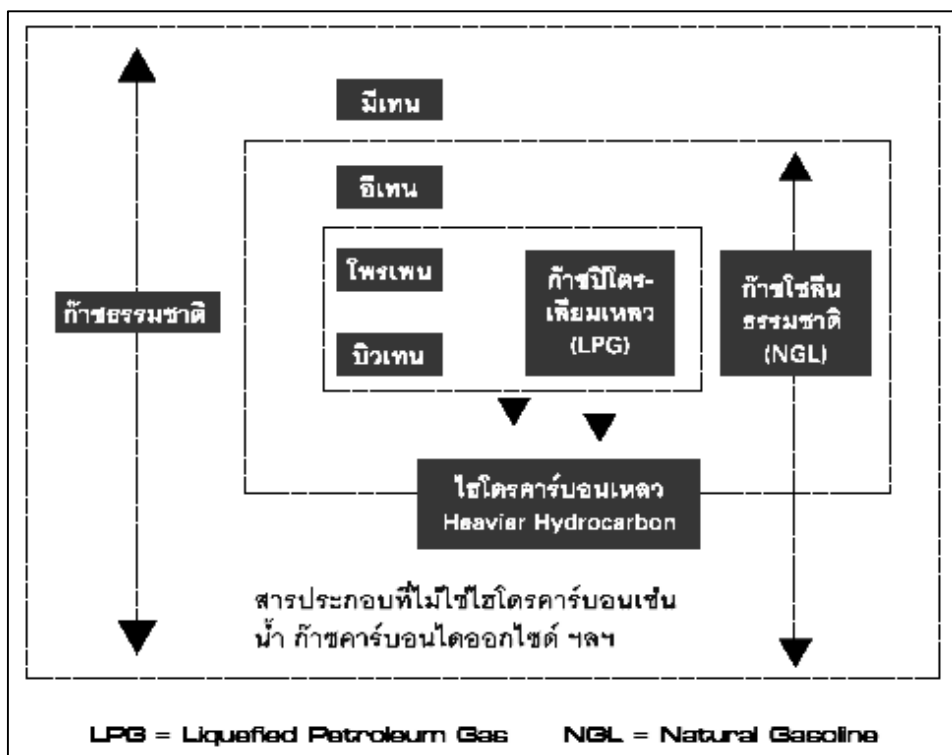
ในกระบวนการต่อไปได้เป็นโพรเพน และบิวเทน หรือสามารถนำ LPG ไปจำหน่ายได้โดยตรง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานะของตลาด แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กระบวนการผลิตก๊าซ LPG จากก๊าซธรรมชาติ (การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, 2555)

4) ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas for Vehicles, NGV) สำหรับในประเทศไทยจะใช้คำว่า ก๊าซ NGV ส่วนในต่างประเทศจะใช้คำว่า Compress Natural Gas หรือ ก๊าซ CNG โดยก๊าซ NGV จัดเป็นเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการทับถมกันของซากพืชซากสัตว์เนื่องจากความร้อนและความกดดันของโลก ทำให้ซากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ได้กลายเป็นก๊าซและน้ำมันพบได้ในแอ่งใต้พื้นดินหรืออาจพบร่วมกับน้ำมันดิบ โดยคาดว่าจะแหล่งพลังงานหลักเพื่อนำมาทดแทนน้ำมันดิบ และปริมาณสำรองที่พิสูจน์แล้วทั่วโลกเมื่อปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณ 6,348 ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต โดยพบมากที่สุด ในสหภาพโซเวียตเดิมมีประมาณ 1,688 ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต รองลงมาคือ อิหร่าน 944 ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต และกาตาร์ 910 ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต สำหรับในปัจจุบันพลังงานทางเลือกชนิดก๊าซ NGV กำลังได้รับการสนับสนุนมากขึ้นในหลายประเทศ อันเนื่องมาจากความสามารถในการช่วยลดปัญหาคุณภาพอากาศ เช่น ลดปัญหาฝุ่นละอองแทนการใช้เชื้อเพลิงดีเซลในรถโดยสารในเขตเมืองใหญ่ และด้วยคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของก๊าซ NGV ที่ใช้ในรถยนต์ พบว่ามีมลพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพคนน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น (การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, 2555) อย่างไรก็ตามการพัฒนากระบวนการควบคุมมลพิษสำหรับยานพาหนะที่ใช้ก๊าซธรรมชาตินั้นบ่งชี้ว่ามีข้อมูลไม่เพียงพอเมื่อเปรียบเทียบกับยานพาหนะที่ใช้ น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงหลัก ทั้งนี้

เนื่องจากยานพาหนะที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีของเครื่องยนต์ และการปรับปรุง สูตรของน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมายาวนานกว่า แต่ด้วยข้อได้เปรียบทางด้าน สภาพแวดล้อม ก๊าซ NGV จึงเป็นทางเลือกเชื้อเพลิงหนึ่งสำหรับการคมนาคมที่จะมีโอกาสแพร่หลาย มากขึ้น โดยคุณสมบัติของก๊าซ NGV จัดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีก๊าซหลายชนิดประกอบ เข้าด้วยกัน เช่น ก๊าซมีเทน (Methane) ก๊าซอีเทน (Ethane) ก๊าซโพรเพน (Propane) และก๊าซ บิวเทน (Butane) เป็นต้น แต่โดยส่วนใหญ่แล้วจะประกอบด้วยก๊าซมีเทน (Methane) ในปริมาณร้อยละ 70 ขึ้นไป นอกจากสารไฮโดรคาร์บอนรวมแล้ว ก๊าซ NGV ยังประกอบด้วยก๊าซชนิดอื่น ๆ เช่น ก๊าซ CO₂, H₂S, N₂ และไอน้ำ ทั้งนี้ก๊าซธรรมชาติที่ประกอบด้วยก๊าซมีเทน และอีเทน จะเรียกว่า “ก๊าซแห้ง (Dry Gas)” แต่ถ้าก๊าซ NGV ที่ประกอบด้วยก๊าซโพรเพน ก๊าซบิวเทน และพวกไฮโดรคาร์บอนเหลว หรือก๊าซไฮโดรคาร์บอนชนิดอื่น ๆ เช่น สารประกอบเพนเทน และเฮกเซน จะเรียกว่า “ก๊าซชื้น (Wet Gas)” ซึ่งคุณสมบัติของก๊าซ NGV นั้นไม่มีสี ไม่มีกลิ่น (ยกเว้นกลิ่นที่เติมเพื่อให้ทราบว่าการรั่วไหล) และ ไม่มีความเป็นพิษ เมื่ออยู่ในสถานะปกติจะมีสภาพเป็นก๊าซหรือไอที่อุณหภูมิ และความดันบรรยากาศ โดยมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าอากาศจึงเบากว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลจะฟุ้งกระจายไปตาม บรรยากาศอย่างรวดเร็ว จึงไม่มีการสะสมลุกไหม้บนพื้นราบ เนื่องจากก๊าซ NGV ประกอบด้วยสาร ไฮโดรคาร์บอนหลายชนิด ดังนั้นกระบวนการแยกจึงไม่ได้เพียงพอใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงเท่านั้น แต่ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประโยชน์อื่นอีก เช่น ก๊าซมีเทนใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม เป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ย และอัดใส่ถังเป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ นอกจากนี้ก๊าซอีเทน และโพรเพน ใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquid Petroleum Gas, LPG) ซึ่งประกอบด้วย โพรเพนและบิวเทน ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม เชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ และ เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ส่วนแก๊สไฮโดรคาร์บอน (Natural Gas Liquid, NGL) มีการส่งเข้าโรงกลั่น เป็นน้ำมันเบนซิน และก๊าซธรรมชาติที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นจะใช้สำหรับเตาเผา หม้อต้มน้ำ และเครื่องจักรไอน้ำ อีกทั้งก๊าซธรรมชาติยังใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เพื่อผลิตปุ๋ยพลาสติก เส้นสังเคราะห์ และยากำจัดวัชพืช เป็นต้น โดยสามารถแสดงองค์ประกอบของ ก๊าซได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติ (NGV) (การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, 2555)

สำหรับแนวโน้มของการใช้ก๊าซ NGV สำหรับยานพาหนะในประเทศไทย พบว่าเนื่องจากสภาพเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบัน ทำให้การใช้เชื้อเพลิงในประเทศไทยยังจำเป็นต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก จากสถิติที่ผ่านมาประเทศไทยต้องสั่งน้ำมันดิบเข้ามาประมาณร้อยละ 75 ของปริมาณที่ใช้ทั้งหมดในประเทศ และในจำนวนนี้ภาคการขนส่งเป็นภาคที่มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมากที่สุด (กรมธุรกิจพลังงาน, 2559) จึงได้มีการพัฒนาหาเชื้อเพลิงอื่นเพื่อทดแทนน้ำมัน เช่น การนำก๊าซหุงต้มมาใช้ในรถยนต์ ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย ดังนั้นก๊าซ NGV จึงเป็นเชื้อเพลิงอีกประเภทหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันในอนาคตได้ ทั้งนี้เพราะมีคุณสมบัติในการเป็นเชื้อเพลิงที่ดีหลายประการ และที่สำคัญยิ่งคือ ก๊าซ NGV เป็นทรัพยากรที่สามารถขุดพบได้ในประเทศไทย ดังนั้นจึงได้มีการศึกษา และทดสอบการใช้ก๊าซ NGV เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ดังนั้นประเทศไทยมีแนวโน้มของการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ รวมทั้งการใช้ก๊าซ NGV เพิ่มมากขึ้นทุกปี ดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในภาคการขนส่งของประเทศไทย พ.ศ. 2551-2555
(หน่วย: พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)

| ลำดับ | ชนิดน้ำมัน | ปี พ.ศ. | | | | | | |
|-------|----------------------------------|---------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | | 2551 | 2552 | 2553 | 2554 | 2555 | 2556 | 2557 |
| 1 | เบนซินพิเศษไร้สารตะกั่วออกเทน 91 | 2,524 | 2,143 | 2,203 | 2,292 | 2,390 | 1,272 | 1,190 |
| 2 | เบนซินพิเศษไร้สารตะกั่วออกเทน 95 | 254 | 161 | 58 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| 3 | แก๊สโซฮอล์ อี 10 ออกเทน 91 | 688 | 1,054 | 1,156 | 1,581 | 1,439 | 3,335 | 3,591 |
| 4 | แก๊สโซฮอล์ อี 10 ออกเทน 95 | 1,817 | 2,214 | 2,005 | 1,581 | 1,439 | 3,094 | 2,827 |
| 5 | แก๊สโซฮอล์ อี 20 ออกเทน 95 | 22 | 62 | 102 | 165 | 273 | 902 | 1,269 |
| 6 | แก๊สโซฮอล์ อี 85 | 0 | 0 | 1 | 7 | 27 | 139 | 334 |
| 7 | น้ำมันอากาศยาน | 3,789 | 3,623 | 3,852 | 4,150 | 4,161 | 6,680 | 6,602 |
| 8 | น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว | 11,906 | 8,872 | 9,830 | 15,932 | 17,695 | 25,518 | 23,402 |
| 9 | น้ำมันดีเซลหมุนช้า | 8 | - | - | - | - | - | - |
| 10 | ปาล์มดีเซล | 2 | 1 | - | - | - | - | - |
| 11 | ดีเซลหมุนเร็ว บี 5 | 3,258 | 7,030 | 6,079 | 595 | - | - | - |
| 12 | น้ำมันเตา | 3,775 | 3,451 | 5,999 | 5,815 | 6,318 | 5,911 | 5,644 |
| 13 | LPG ภาคการขนส่ง | 4,151 | 4,065 | 4,534 | 5,001 | 5,499 | 4,638 | 4,590 |
| 14 | ก๊าซธรรมชาติ (NGV) | 1,153 | 1,568 | 1,837 | 2,341 | 2,827 | 3,117 | 3,214 |

ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน (2559)

การปีโตรเลียมแห่งประเทศไทย (2555) รายงานว่า ปัญหาสภาวะที่อุณหภูมิของโลกร้อนขึ้น และนานาประเทศมุ่งไปสู่การลดปัญหาก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งการให้ความใส่ใจกับปัญหามลพิษ และคุณภาพอากาศในประเทศของตน จึงทำให้มีการปรับปรุงมาตรฐานการระบายมลสารจากยานพาหนะที่เข้มงวดขึ้น หากแต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการปรับปรุงคุณภาพอากาศให้ดีขึ้น จนกว่าจะมีการเลือกใช้เชื้อเพลิงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วย โดยก๊าซ NGV เป็นเชื้อเพลิงที่มีการเผาไหม้ที่สะอาดกว่าเชื้อเพลิงประเภทอื่น ดังนั้นในหลายประเทศจึงส่งเสริม และสนับสนุนให้มีการใช้ยานพาหนะที่ใช้ก๊าซ NGV ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาดไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และยังมีมาตรการลดภาษีการนำเข้ารถยนต์ทั้งในส่วนที่เป็นอุปกรณ์ดัดแปลงเครื่องยนต์ คอมเพรสเซอร์ ถึง

บรรจุก๊าซ รวมทั้งยกเว้นภาษีการค้า ให้แก่อุตสาหกรรมยานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งในปี พ.ศ. 2551 มีการใช้รถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติทั่วโลกรวม 9,612,375 คัน ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยประเทศปากีสถานเป็นประเทศที่มีการใช้รถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติมากที่สุด แสดงดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 รายชื่อประเทศที่มีจำนวนรถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติมากที่สุด 10 ลำดับ

| ประเทศ | จำนวนรถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ (คัน) | จำนวนสถานีบริการในประเทศ |
|-------------|-------------------------------------|--------------------------|
| ปากีสถาน | 2,000,000 | 2,600 |
| อาร์เจนตินา | 1,745,677 | 1,801 |
| บราซิล | 1,588,331 | 1,688 |
| อิหร่าน | 1,000,000 | 500 |
| อินเดีย | 650,000 | 463 |
| อิตาลี | 580,000 | 700 |
| จีน | 400,000 | 1,000 |
| โคลัมเบีย | 280,340 | 401 |
| บังคลาเทศ | 150,253 | 337 |
| ไทย | 127,735 | 303 |

ที่มา: บริษัท ปตท. จำกัด การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (2555)

สำหรับในประเทศไทยมีแนวโน้มของปริมาณรถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้นทุกปี โดยจำนวนรถยนต์ที่มีการจดทะเบียนสะสมจำแนกตามเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2551-2555 พบว่า จำนวนรถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี แสดงดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 จำนวนรถยนต์จดทะเบียนสะสมจำแนกตามเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ของประเทศไทย
ในช่วงปี พ.ศ. 2551-2555

| ชนิดเชื้อเพลิง | ปี พ.ศ. | | | | |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 2551 | 2552 | 2553 | 2554 | 2555 |
| เบนซิน | 19,271,520 | 19,687,008 | 20,467,417 | 21,506,336 | 22,910,601 |
| ดีเซล | 6,325,960 | 6,598,050 | 6,967,320 | 7,379,227 | 8,001,288 |
| ก๊าซ LPG | 19,670 | 20,399 | 23,511 | 27,440 | 26,540 |
| ก๊าซ LPG และเบนซิน | 515,740 | 548,765 | 637,195 | 799,839 | 969,237 |
| ก๊าซ LPG และดีเซล | 5,664 | 5,623 | 5,499 | 5,603 | 5,645 |
| ก๊าซธรรมชาติ NGV (CNG) | 14,500 | 20,773 | 32,416 | 47,115 | 56,163 |
| CNG และเบนซิน | 79,830 | 113,863 | 151,318 | 207,927 | 262,119 |
| CNG และดีเซล | 4,251 | 5,098 | 5,396 | 5,726 | 5,610 |
| ไฟฟ้า | 7,514 | 8,683 | 7,737 | 6,414 | 4,712 |
| ไฮบริด | 1,540 | 2,448 | 9,363 | 21,531 | 37,606,540 |
| ไม่ใช่เชื้อเพลิง (รถพ่วง) | 107,358 | 114,709 | 123,255 | 135,014 | 149,550 |
| เชื้อเพลิงอื่น ๆ | 63,806 | 59,158 | 54,482 | 50,765 | 47,906 |

ที่มา: กรมการขนส่งทางบก (2556)

สำหรับความปลอดภัยในการใช้ก๊าซ NGV ซึ่งจัดเป็นเชื้อเพลิงที่มีความปลอดภัยสูง เพราะก๊าซ NGV มีน้ำหนักเบากว่าอากาศ ในขณะที่ก๊าซหุงต้ม น้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซลมีน้ำหนักมากกว่าอากาศ ดังนั้นเมื่อเกิดการรั่วไหลก๊าซ NGV จะไม่มีการสะสมอยู่บนพื้นดินจนเกิดการลุกไหม้เหมือนเชื้อเพลิงชนิดอื่น นอกจากนี้คุณสมบัติที่ก๊าซ NGV จะลุกติดไฟในอากาศเองได้เมื่อมีความเข้มข้นของเชื้อเพลิงเพียงพอสูงถึง 650 °C ในขณะที่ก๊าซหุงต้มติดไฟได้เองที่ 481 °C น้ำมันเบนซินที่ 275 °C และน้ำมันดีเซลที่ 250 °C ส่วนความเข้มข้นที่สามารถลุกติดไฟได้เองนั้น ก๊าซ NGV ต้องมีปริมาณสะสมถึงร้อยละ 5 ในขณะที่ก๊าซหุงต้มจะอยู่ที่ร้อยละ 2 ทำให้ก๊าซธรรมชาติเกิดโอกาสเผาไหม้ได้ยากกว่าเชื้อเพลิงอื่น ๆ ดังนั้นการติดตั้งอุปกรณ์ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ NGV ทดแทนการใช้ น้ำมันชนิดต่าง ๆ จึงรูปแบบดังต่อไปนี้

1) เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซ NGV เป็นเชื้อเพลิงอย่างเดียว เป็นรถยนต์ที่เครื่องยนต์ได้มีการออกแบบมาให้ใช้ก๊าซ NGV เป็นเชื้อเพลิงโดยเฉพาะ โดยส่วนใหญ่จะเป็นรถที่ผลิตออกมาจากทางผู้ผลิตรถยนต์โดยตรง ทำให้มีประสิทธิภาพที่ดี และปริมาณสารมลพิษที่ออกมาจากไอเสียอยู่ในระดับที่ต่ำ แต่เครื่องยนต์จะมีราคาสูงกว่ารถยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

2) เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงได้สองประเภท คือ เครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงทวี (Bi-Fuel) ในเครื่องยนต์เบนซิน โดยใช้หัวเทียนเป็นตัวจุดระเบิด ซึ่งสามารถเลือกใช้น้ำมันเบนซินหรือก๊าซ NGV อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยปรับจากสวิทช์เลือกชนิดเชื้อเพลิง ในระบบนี้มีทั้งติดตั้งมาจากโรงงานโดยตรงหรือนำมาติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมในภายหลัง โดยระบบเชื้อเพลิงทวี (Bi-Fuel) แบ่งตามวิธีจ่ายก๊าซได้ 2 รูปแบบ คือ

2.1) ระบบดูดก๊าซหรือ Fumigation ซึ่งเหมาะสำหรับรถยนต์ที่มีระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ และแบบหัวฉีด มีอุปกรณ์ผสมก๊าซ และอากาศ ทำหน้าที่ผสมอากาศที่เครื่องยนต์ดูดเข้าไปร่วมกับก๊าซในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการเผาไหม้ก่อนที่จะจ่ายเข้าเครื่องยนต์ อุปกรณ์หลัก ๆ ได้แก่ ถังก๊าซ หัวเติมก๊าซ หม้อต้มหรืออุปกรณ์ปรับความดันก๊าซ อุปกรณ์ปรับเวลาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ และสวิทช์เลือกชนิดเชื้อเพลิง ระบบดูดก๊าซมีรูปแบบควบคุมการจ่ายก๊าซ 2 รูปแบบคือ 1) แบบวงจเปิด (Open Loop) ปริมาณก๊าซที่จ่ายจะเข้าไปผสมกับอากาศที่บริเวณท่อร่วมไอดี โดยอาศัยแรงดูดจากอากาศที่ป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ทั้งนี้ปริมาณก๊าซที่จ่ายจะขึ้นอยู่กับ การปรับตั้งสกรู การปรับก๊าซหรือวาล์วจ่ายก๊าซที่ผู้ติดตั้งทำการปรับแต่ง ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถควบคุมประสิทธิภาพการเผาไหม้ของก๊าซให้สมบูรณ์ได้ในทุกช่วงการทำงานของเครื่องยนต์ตามสภาวะการขับขี่ต่าง ๆ และ 2) แบบวงจปิด (Close Loop) นอกจากอุปกรณ์พื้นฐานแล้ว ระบบนี้ยังประกอบด้วยชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit) ชุดควบคุมการจ่ายก๊าซ (Actuator) ตัวตรวจวัดตำแหน่งปีกผีเสื้อ (Throttle Position Sensor) และตัวตรวจวัดออกซิเจน (Oxygen Sensor) แบบวงจนี้จะควบคุมส่วนผสมแบบใช้อากาศพอดีสำหรับการเผาไหม้ ($\lambda = 1$) ทำให้เกิดการเผาไหม้ของก๊าซสมบูรณ์ ทั้งนี้ปริมาณก๊าซที่จ่ายไปผสมกับอากาศที่บริเวณท่อร่วมไอดีจะถูกควบคุมโดยชุดควบคุมการจ่ายก๊าซ ซึ่งจะมีชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมการเปิด-ปิดของโซลินอยด์วาล์วอีกทีหนึ่ง สำหรับปริมาณก๊าซที่จ่ายจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้ในท่อไอเสีย โดยจะใช้ตัวตรวจวัดออกซิเจนและตำแหน่งการเปิดปิดของปีกผีเสื้อมาประมวลผลการจ่ายปริมาณก๊าซที่เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องยนต์ตามสภาวะของการขับขี่

2.2) ระบบฉีดก๊าซ (Multi Point Injection System) เหมาะกับรถยนต์ที่มีระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด ระบบนี้มีการจ่ายเชื้อเพลิงด้วยหัวฉีดที่ท่อไอดีของแต่ละสูบโดยเฉพาะ และควบคุมส่วนผสมแบบใช้อากาศพอดี เพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ คือ ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ชุดปรับความดันก๊าซ ชุดปรับเวลาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ สวิทช์ชนิดเชื้อเพลิง ถังบรรจุก๊าซ ชุดจ่ายก๊าซ ตัวตรวจวัดค่าออกซิเจน ตัวตรวจวัดตำแหน่งของปีกผีเสื้อ

2.3.4 สารมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

กระบวนการเผาไหม้ (Combustion Process) เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ของยานพาหนะ ซึ่งภายหลังจากเกิดการเผาไหม้แล้ว จะได้พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานในรูปแบบอื่น เพื่อทำให้รถเคลื่อนที่ได้ โดยกระบวนการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์ จะเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของเชื้อเพลิงกับก๊าซ O_2 ซึ่งเชื้อเพลิงในรูปของน้ำมันชนิดต่าง ๆ จะมีองค์ประกอบหลักคือ สารไฮโดรคาร์บอน และเมื่อสารไฮโดรคาร์บอนทำปฏิกิริยากับออกซิเจนอย่างสมบูรณ์แล้ว จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ หากแต่ในสภาพการขับขี่จริงนั้นอาจเกิดสารมลพิษอื่นขึ้นในปฏิกิริยา เช่น ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เนื่องจากอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงนั้นมีก๊าซ NO_x เป็นส่วนประกอบหลัก ส่วนก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) จะเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งสมการของการเผาไหม้ สามารถแสดงได้ดังนี้



ทั้งนี้ในกระบวนการเผาไหม้มักจะเกิดการเกิดก๊าซเรือนกระจก และสารมลพิษต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (พูลพร แสงบางปลา, 2537) ซึ่งสามารถอธิบายถึงการเกิดขึ้นและลักษณะที่พบได้ดังนี้

1) คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide, CO_2) เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนทุกชนิด ซึ่งจัดเป็นสารมลพิษชนิดหนึ่งที่ไม่ได้มีผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์ แต่จัดเป็นก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ที่มีผลทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ CO , NO_x และ HC ที่ออกมากับไอเสียของยานพาหนะนั้น จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง (Air/Fuel Ratio) ในสภาพที่เหมาะสม และในการทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟนั้น เครื่องยนต์จะต้องมีอัตราส่วนผสมระหว่างมวลอากาศกับมวลของเชื้อเพลิงตามหลัก Stoichiometric Mixture หรือมีความเข้มข้นมากกว่าเล็กน้อย ถ้าเครื่องยนต์มีอัตราส่วนผสมระหว่างมวลอากาศกับเชื้อเพลิงที่เจือจางมาก จนกระทั่งไม่เกิดการเผาไหม้ ปริมาณ HC ก็จะมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นขณะที่มีการสตาร์ทเครื่องยนต์ใหม่ ๆ อุณหภูมิของห้องเผาไหม้จะมีค่าไม่สูง จึงมีการระเหยของไอน้ำมันต่ำ ทำให้ส่วนผสมของไอน้ำมันมีความเข้มข้นมากขึ้น และส่วนผสมที่ไม่ได้ถูกเผาไหม้ก็จะถูกปล่อยออกมา ส่งผลให้ปริมาณ CO และ HC ในไอเสียมีค่าสูง ส่วนการนำไอเสียบางส่วนกลับเข้ามาผสมกับไอดีในอุปกรณ์นำไอเสียมาใช้ใหม่ (Exhaust Gas Recirculation, EGR) จะเป็นการปรับปริมาณก๊าซ NO_x ในไอเสียให้ลดลง

2) มีเทน (Methane, CH₄) ก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบหลักของก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์หรือ Natural Gas Vehicles (NGV) ซึ่งจัดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง และจัดเป็น GHG ที่สำคัญอีกหนึ่งชนิดที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC, 2008) เป็นก๊าซที่มีน้ำหนักเบา สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ได้ดีเหมือนกับน้ำมันและก๊าซหุงต้ม ทั้งนี้ ก๊าซ CH₄ สามารถเผาไหม้ได้สมบูรณ์และได้ก๊าซ CO₂ เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย นอกจากนี้ก๊าซ CH₄ อาจถูกปลดปล่อยจากยานพาหนะทางท่อไอเสียได้จากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เช่น ส่วนผสมของก๊าซ NGV กับอากาศ ที่อยู่ในกระบอกสูบและผนังลูกสูบที่ไม่ถูกเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เมื่อระบบเผาไหม้อยู่ในจังหวะคายไอเสีย ก๊าซ CH₄ ที่ไม่ถูกเผาไหม้ในกระบอกสูบจะถูกปลดปล่อยไอเสียออกมา รวมทั้งการปรับสัญญาณสัญญาณอากาศ (Vacuum Advance) ในกล่องสมองกลของยานพาหนะที่กำหนดส่วนผสมระหว่างอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ (Air/Fuel ratio) ที่มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้ ซึ่งถ้ามีการฉีดเชื้อเพลิงและอากาศมากหรือน้อยจนเกินไป จะทำให้ปฏิกิริยาการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ และอาจส่งผลทำให้ก๊าซ CH₄ บางส่วนเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และถูกปลดปล่อยออกมาจากระบบไอเสียได้

3) ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon, HC) สารไฮโดรคาร์บอนสามารถจำแนกออกเป็น มีเทน (Methane) ซึ่งมีจำนวนคาร์บอน 1 อะตอม (C₁) ซึ่งจัดเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่มีผลทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นเช่นกัน และสารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ใช่มีเทน (Non-Methane Hydrocarbon) มีจำนวนคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอมขึ้นไป การเกิดสารมลพิษไฮโดรคาร์บอนจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ (พูลพร แสงบางปลา, 2537) มีดังนี้

3.1) เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จากหลายสาเหตุ เช่น การที่ส่วนผสมไอดีเจ็องทำให้ไม่เกิดการเผาไหม้ในบางสูบและบางจังหวะ (Misfire) หรือมีการนำก๊าซไอเสียบางส่วนกลับเข้ามาผสมกับไอดีในท่อไอเสีย (EGR) มากเกินไป

3.2) เกิดการแทรกตัวของส่วนผสมที่ไม่ได้ถูกเผาไหม้บริเวณช่องว่างเล็ก ๆ ระหว่างลูกสูบ แหวนลูกสูบ และปะเก็นฝาสูบ เป็นต้น การเกิดจะเริ่มที่จังหวะอัด โดยลูกสูบจะอัดส่วนผสมนี้ให้มีปริมาตรลดลง และแทรกตัวอยู่ในช่องว่าง ทำให้เปลวไฟไม่สามารถลุกลามเข้าไปได้ จึงไม่เกิดการเผาไหม้ และในจังหวะคายส่วนผสมที่ไม่ถูกเผาไหม้ก็จะระบายพร้อมกับไอเสียที่ออกมา

3.3) การดับของเปลวไฟบริเวณกระบอกสูบ เนื่องจากบริเวณนี้มีการถ่ายเทความร้อนของก๊าซให้กับผนังกระบอกสูบ ทำให้ก๊าซบริเวณที่ใกล้กับผนังกระบอกสูบมีอุณหภูมิต่ำมากจนเปลวไฟไม่สามารถลุกลามต่อไปได้ ทำให้ส่วนผสมบางส่วนไม่ถูกเผาไหม้ และจะถูกปลดปล่อยออกมาพร้อมกับไอเสียในช่วงจังหวะคาย

3.4) การดูดซับของฟิล์มน้ำมันหล่อลื่น ในจังหวะดูดและจังหวะอัดฟิล์มของ น้ำมันหล่อลื่นบริเวณผนังกระบอกสูบจะดูดซับเอาส่วนผสมไอดีไว้ไม่ทำให้เกิดการเผาไหม้ ในช่วงของการระเบิดในจังหวะคาย ทำให้ความดันภายในกระบอกสูบลดลง และส่วนผสมไอดีในน้ำมันจะถูกปล่อยออกมาพร้อมกับไอเสีย

4) ออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxide of Nitrogen, NO_x) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน มีหลายรูปแบบ เช่น ไนตริกออกไซด์ (NO) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และไดไนโตรเจนออกไซด์ (N_2O) ซึ่งก๊าซ N_2O จัดเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับก๊าซ CO_2 และ CH_4 แต่ในปฏิกิริยาการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่อุณหภูมิสูงของยานพาหนะนั้น ก๊าซ N_2O จะเกิดในปริมาณน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปฏิกิริยาอื่น ๆ เช่น ปฏิกิริยาเคมีในกระบวนการผสมปฏิกิริยาในสภาวะอุณหภูมิปกติของโรงงานผลิตปุ๋ยเคมี เป็นต้น สำหรับก๊าซ NO_x จากไอเสียยานพาหนะจะเกิดขึ้นในช่วงที่การเผาไหม้มีอุณหภูมิสูง โดยเกิดจากการทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างอะตอมของออกซิเจนกับอะตอมของไนโตรเจน ส่วนปริมาณการเกิดสารชนิดนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ เนื่องจากก๊าซ NO_x ที่เกิดจากเครื่องยนต์มีค่าไม่มากนัก อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ทั้งนี้ก๊าซ NO_x สามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่น เกิดเป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ (Secondary Pollutants) และยังเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดก๊าซโอโซน (O_3) นอกจากนี้ ก๊าซ NO_x สามารถละลายน้ำเกิดเป็นกรดไนตริก (HNO_3) ซึ่งมีความสามารถในการกัดกร่อนหรือแตกตัวได้ในสภาวะที่เป็นก๊าซอีกด้วย (พุลพร แสงบางปลา, 2537)

5) คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide, CO) การเกิดก๊าซ CO เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันจากก๊าซ CO เปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซ CO_2 แบบไม่สมบูรณ์ ซึ่งเกิดขึ้นในสภาวะที่มีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ สาเหตุเกิดจากก๊าซ O_2 มีปริมาณไม่เพียงพอในการเผาไหม้กับเชื้อเพลิง หรือเวลาในการเผาไหม้ที่สั้นเกินไป ซึ่งหากมีการเพิ่มสัดส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงให้มากขึ้น จะทำให้เกิดปริมาณก๊าซ CO ลดลง แต่ในทางปฏิบัตินั้นทำได้ยาก เพราะในบางสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์นั้น เครื่องยนต์ต้องการปริมาณเชื้อเพลิงที่มาก เพื่อให้ปริมาณของส่วนผสมนั้นมีความเข้มข้นมากขึ้นสำหรับเผาไหม้ได้สมบูรณ์ (พุลพร แสงบางปลา, 2537)

6) สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เป็นพิษ (Toxic Hydrocarbons) ในกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์นั้นยังมีสารมลพิษที่มีสารไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักที่มีการปลดปล่อยออกมาในรูปของไอเสีย และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนโดยตรง (พุลพร แสงบางปลา, 2537) เช่น

6.1) สารเบนซีน (Benzene) มีสูตรโมเลกุล คือ C_6H_6 เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน ซึ่งปกติจะมีอยู่ในน้ำมันเบนซีนไม่เกินร้อยละ 3.5 โดยปริมาตร สารมลพิษชนิดนี้ สามารถตรวจพบได้ในไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้สารอะโรมาติกในน้ำมันเบนซีน โดยสารเบนซีนถูกจัดให้เป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง (Carcinogen) ดังนั้นผู้ที่ได้รับสารเบนซีนเข้าสู่ร่างกายอยู่เสมอ จะมีโอกาสเป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาว (Leukemia) มากกว่าคนทั่วไป

6.2) สารบิวทาไดอีน (1,3 Butadiene) มีสูตรโมเลกุลคือ C_4H_6 สารบิวทาไดอีนไม่ได้เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเบนซีน แต่สามารถพบในก๊าซไอเสียได้ เพราะเกิดจากปฏิกิริยา Partial Oxidation ขององค์ประกอบในน้ำมันเชื้อเพลิง และเกิดการออกซิไดซ์ของสาร Catalyst ในระบบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์

6.3) สารฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) จัดเป็นอัลดีไฮด์ที่มีขนาดเล็กที่สุด มีสูตรโมเลกุลคือ $HCHO$ และสารฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ได้เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเบนซีน แต่สามารถเกิดได้จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง หรือเกิดจากสารเติมแต่ง และการออกซิเดชันของสารเอทานอล โดยสารชนิดนี้เป็นสารกลุ่มอัลดีไฮด์ที่พบมากในไอเสียของรถยนต์ และสามารถเกิดปฏิกิริยาได้มากมาย รวมทั้งก่อให้เกิดปัญหาโอโซนในบรรยากาศ

6.4) สารอะเซทอลดีไฮด์ (Acetaldehyde) จัดเป็นสารที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่กว่าสารฟอร์มัลดีไฮด์ มีสูตรโมเลกุลคือ CH_3CHO สารอะเซทอลดีไฮด์ไม่ได้เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเบนซีน หากแต่สามารถเกิดเป็นสารมลพิษในไอเสียได้เหมือนกับฟอร์มัลดีไฮด์ เนื่องจากเกิด Partial Oxidation ขององค์ประกอบในน้ำมัน และสารเติมแต่ง โดยปกติแล้วอะเซทอลดีไฮด์ในไอเสียจะมีปริมาณต่ำกว่าฟอร์มัลดีไฮด์

6.5) สารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organics Carbons, VOCs) หรือสารอินทรีย์ระเหยง่าย เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากอุณหภูมิไม่สูงพอที่จะเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงจนหมด แล้วถูกขับออกจากกระบอกสูบ มีการสลายตัวเร็วเมื่อถูกปลดปล่อยจากท่อไอเสีย

7) ฝุ่นละออง (Particulate Matter) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท (พุลพร แสงบางปลา, 2537)

7.1) หยดของเหลว (Liquid Particulates) จะอยู่ในรูปของควันสีขาวย มีลักษณะคล้ายกับไอน้ำ เกิดขึ้นเมื่อขณะเริ่มเดินเครื่องยนต์ในช่วงเครื่องเย็น (Cold Start) และขณะเดินเครื่องเบา (Idle) และไม่มีภาระ (Loading) ประกอบไปด้วยส่วนของสารไฮโดรคาร์บอนที่เป็นของเหลว และ

ส่วนของน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งควันสีขาวที่ปลดปล่อยออกมาทางท่อไอเสียจะเริ่มหายไปเมื่อเครื่องยนต์ร้อนขึ้นหรือมีภาระหนักมากขึ้น

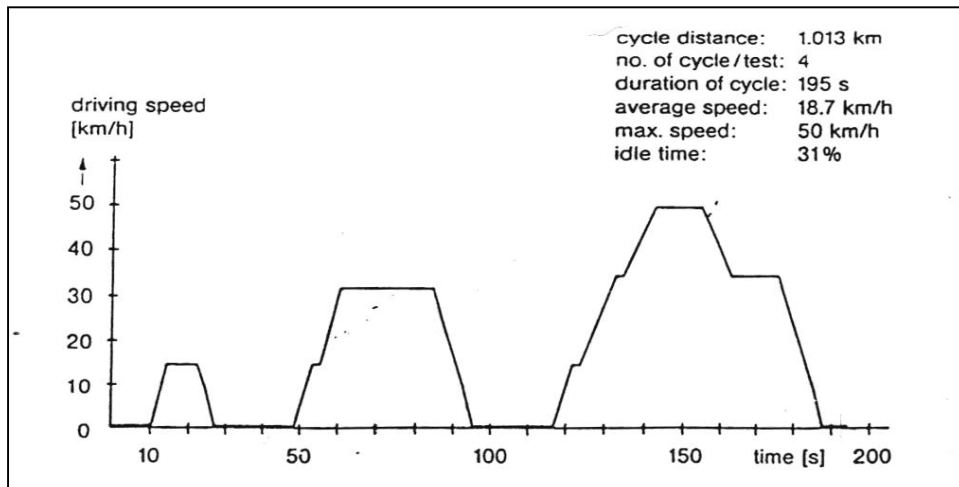
7.2) ควันดำ (Soot หรือ Black Smoke) เกิดจากการรวมตัวกันของสารที่มีคาร์บอนอะตอมเป็นองค์ประกอบ และรวมตัวกับสารไฮโดรคาร์บอนที่ถูกเผาไหม้เพียงบางส่วน หรือเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิ และแรงดันในกระบอกสูบไม่เพียงพอ

2.3.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยไอเสียจากรถยนต์

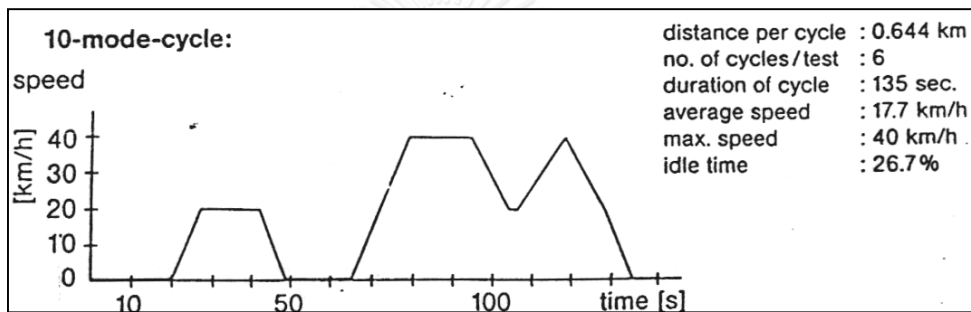
1) อายุของเครื่องยนต์ (Age) คือ รถยนต์ที่ใช้งานจะมีอายุที่มากขึ้น มีการใช้งานมากตามระยะทางที่วิ่งได้ ทำให้ความสมบูรณ์ และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลง ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยไอเสียมากขึ้น เนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ จึงได้มีการพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเครื่องยนต์ที่ใหม่กว่าออกมาสามารถช่วยลดปริมาณไอเสียหรือทำให้ไอเสียเกิดขึ้นน้อยกว่ารถที่มีอายุมาก (Clack, 2002)

2) ชนิดเครื่องยนต์และน้ำหนักของรถยนต์ คือ ขนาดของเครื่องยนต์ที่ใช้ ความเร็วของการขับขี่ และน้ำหนักของรถ เมื่อรถยนต์มีภาระน้ำหนักมากขึ้นจะทำให้มีการใช้กำลังและน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณสูงขึ้นการเผาไหม้จึงเพิ่มขึ้นด้วย และจะทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ช้าลง มีการปลดปล่อยไอเสียสูงขึ้น โดยเฉพาะสาร CO และ PM (Behrentz, 2004)

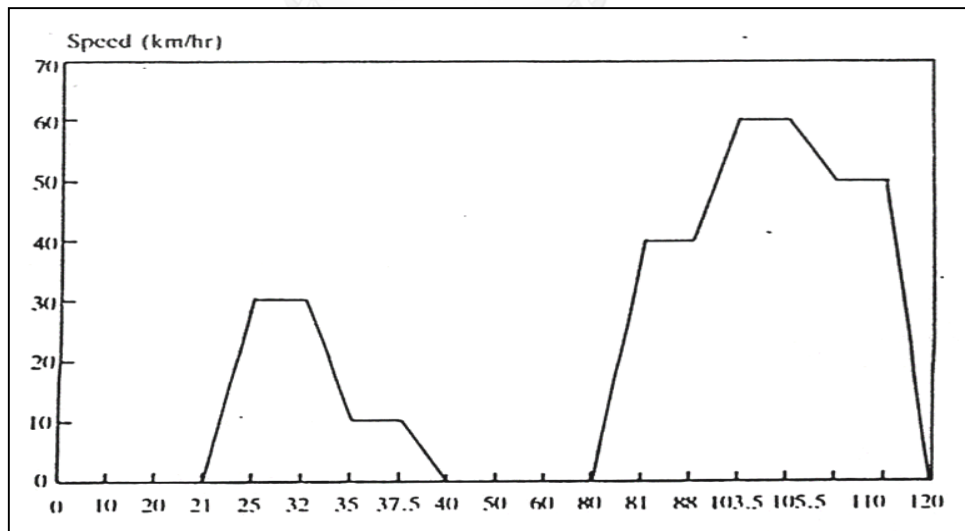
3) รูปแบบการขับขี่ (Driving Cycle) คือ ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเร็วของรถในพื้นที่ศึกษา เช่น การขับขี่ของประชากรในเขตเมืองในรูปแบบตัวอย่าง คือ E.C.E Driving Mode ของประเทศในยุโรป หรือ Japan 10 Mode Driving Cycle ของประเทศญี่ปุ่น และ Bangkok Driving Mode ปี 1990 สำหรับประเทศไทย เป็นต้น ทั้งนี้ผลการคำนวณค่าของ Driving Cycle ต่อการปลดปล่อยไอเสีย ปริมาณฝุ่นละออง และก๊าซ CO จะเพิ่มขึ้นเมื่อลักษณะของ Driving Cycle มีค่าไม่คงที่ เช่น การเร่งเครื่องให้สูงขึ้นเร็วลงด้วยความรวดเร็ว และเครื่องวิ่งรอบต่ำ จึงทำให้เครื่องยนต์เผาไหม้เชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ เป็นต้น (Clack, 2002) แสดงดังรูปที่ 2.6 ถึงรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.6 ตัวอย่าง E.C.E Driving Mode ของยุโรป (พุลพร แสงบางปลา, 2537)



รูปที่ 2.7 ตัวอย่าง Japan 10 Mode Driving Cycle ของประเทศญี่ปุ่น (พุลพร แสงบางปลา, 2537)



รูปที่ 2.8 ตัวอย่าง Bangkok Driving Mode เดือนตุลาคม-ธันวาคม ปี 1990
 (พุลพร แสงบางปลา, 2537)

อย่างไรก็ตามอัตราการปลดปล่อยมลพิษจากยานพาหนะจะขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องยนต์ และสภาวะการขับขี่ที่เกิดขึ้น โดยในการประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษอาจจะมี ความไม่แน่นอน เนื่องจากสภาวะการขับขี่รถยนต์ในเมืองนั้น มีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้ผลของการ คำนวณคลาดเคลื่อน ได้แก่ การจราจรหนาแน่นหรือเบาบาง สัญญาณไฟ และพฤติกรรมกรรมการขับขี่ เป็นต้น ดังนั้นการประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากยานพาหนะด้วยการวัดจริงจากรถยนต์จำนวนมากจึง เป็นเรื่องยาก การสร้างหรือจำลองรูปแบบการขับขี่ (Driving Cycle) จึงเป็นความสำคัญระหว่างเวลา (Time) กับความเร็ว (Speed) ของยานพาหนะ สามารถใช้เป็นตัวแทนของการขับขี่ยานพาหนะใน เมืองนั้นได้ สำหรับในประเทศไทยมีการศึกษาอัตราการปลดปล่อยมลพิษในรูปแบบของไอเสีย โดยใช้ รูปแบบการขับขึ้นน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากความพร้อมของอุปกรณ์ ความสมบูรณ์ของข้อมูล และการ เก็บข้อมูลที่ยังไม่ครอบคลุม เป็นต้น หากแต่การนำรูปแบบการขับขี่มาใช้ควบคุมปัจจัยในการ ปลดปล่อยมลพิษ จะทำให้มีความสะดวกรวดเร็ว และแม่นยำมากกว่าวิธีการวัดจริง นอกจากนี้การ ทดสอบวัดอัตราการปลดปล่อยมลพิษจากรถยนต์ดีเซลบนแท่นทดสอบ (Chassis Dynamometer) จากห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะนั้น ได้มีการประยุกต์ใช้รูปแบบการขับขี่ที่ถูกพัฒนา โดยองค์กร Japan Transport Cooperation Association ในปี ค.ศ. 2003 สำหรับประเทศไทย รูปแบบที่นำมาใช้ คือ การขับขี่ของกรุงเทพมหานคร (Bangkok Cycle Mode หรือ BKK Driving Cycle) ซึ่งจะสามารถใช้ประเมินมลพิษที่เกิดขึ้นโดยวิธีการวัดตรงกับความเป็นจริงได้มากที่สุด

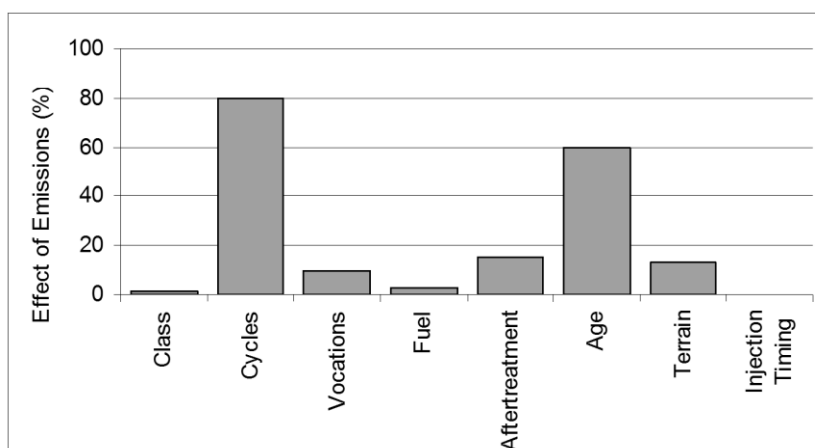
4) ลักษณะการขับขี่ สภาพการจราจร พฤติกรรมการขับขี่ของบุคคล และสภาพ การจราจร เช่น ช่วงเวลาเร่งด่วน การจราจรติดขัด จะมีการปลดปล่อยไอเสียสูง (Reynolds, 2000)

5) การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ลักษณะของเชื้อเพลิงที่ใช้มีความแตกต่างกัน ของยานพาหนะแต่ละชนิด เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซหุงต้ม และไปโอดีเซล เป็นต้น ทำให้เกิดการเพิ่มหรือลดลงของมลพิษชนิดต่าง ๆ ได้ (Parson, 2003)

6) อุปกรณ์ลดมลพิษ เช่น อุปกรณ์ Catalytic Converter สามารถลดปริมาณไอเสีย บางส่วน และนำกลับไปใช้ใหม่ได้ จากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า รถยนต์ที่ใช้ น้ำมันดีเซลจะมีการปลดปล่อยมลพิษประมาณ 30-50 เท่าของรถยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซินที่ติดอุปกรณ์ลดมลพิษ รวมถึง เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่นำมาใช้ลดปริมาณไอเสีย (Clack, 2002)

7) ลักษณะของพื้นถนน และพื้นที่ต่าง ๆ กัน มีผลต่อการปลดปล่อยไอเสียที่เกิดขึ้น จากสภาพถนนมีพื้นผิวขรุขระ รถยนต์วิ่งยาก จะมีการปลดปล่อยไอเสียมาก เช่น มีการศึกษาสาร PAHs ริมถนนเขตเมืองเทียบกับนอกเมืองพบว่า มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Baidya และ Borken-Kleefeld, 2009)

สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยไอเสียจากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ มากที่สุดคือ อายุของเครื่องยนต์ และรูปแบบการขับขี่ ทั้งนี้เนื่องจากในแต่ละประเทศมีสภาพของพื้นที่ถนนแตกต่างกัน รวมถึงอายุของเครื่องยนต์ที่แตกต่างกันตามจำนวนของรถยนต์ในแต่ละประเทศที่เพิ่มขึ้นทุกปี โดยการศึกษาในรูปแบบการขับขี่ที่มีลักษณะเฉพาะของแต่ละสถานที่ และการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนรถยนต์ จะทำให้เกิดประโยชน์ และเพิ่มความสามารถในการศึกษาการปลดปล่อยไอเสียได้อย่างมาก แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยไอเสีย (Clack, 2002)

2.3.6 มาตรฐานไอเสียจากแหล่งกำเนิดยานพาหนะในประเทศไทย

ข้อมูลไอเสียจากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ในประเทศไทย มีประโยชน์เพื่อใช้เป็นข้อมูลมาตรฐานหรือใช้เป็นตัวกำหนดปริมาณสารมลพิษที่ยอมให้ปล่อยออกจากเครื่องยนต์แต่ละประเภท และใช้ประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ และแม้ว่ารถยนต์ที่ผลิตตามมาตรฐานในระดับต่าง ๆ มักมีการปล่อยสารมลพิษจากเครื่องยนต์ไม่เท่ากัน แม้แต่รถยนต์ที่ใช้มาตรฐานเดียวกันก็อาจจะมีการปล่อยสารมลพิษได้ไม่เท่ากันได้ สำหรับมาตรฐานระเบียบควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซ CO₂ ในรถยนต์ ได้มีการดำเนินการ และนำมาใช้ในกลุ่มประเทศยุโรป โดยมีการจำกัดค่าไอเสียไม่เกิน 130 กรัมต่อกิโลเมตร ให้ได้ร้อยละ 65 ของรถยนต์ทั้งหมดจะต้องบรรลุเป้าหมายในปี 2555-2558 (ค.ศ. 2012-2015) เพื่อให้อุตสาหกรรมรถยนต์มีเวลาปรับตัว ทั้งนี้กลุ่มประเทศยุโรปยังมีเป้าหมายในระยะยาวที่กำหนดค่าไอเสียอยู่ที่ 95 กรัมต่อกิโลเมตร ในปี 2563 (ค.ศ. 2020) อย่างไรก็ตามในแต่ละประเทศต่าง ๆ มีความพร้อมใช้มาตรฐานไม่เหมือนกัน ซึ่งประเทศไทยก็ยังไม่มีความมาตรฐานควบคุมการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ดังนั้นมาตรฐานและกฎหมายอาจถูกนำไปปฏิบัติในเวลาที่แตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับนโยบายและความพร้อมของประเทศนั้น ๆ ดังนั้นมาตรฐานไอเสียสำหรับประเทศไทย จึงเป็นตัวเลือกและกำหนดค่าการปลดปล่อยไอเสียที่สามารถยอมรับได้สำหรับยานพาหนะชนิดต่าง ๆ เพื่อ

นำไปสู่การประเมินการปล่อยสารมลพิษจากยานยนต์ และทำการพิจารณาการกำหนดใช้เป็นมาตรฐานเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายการลดมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ สามารถจำแนกประเภทของมาตรฐานไอเสียได้ 2 ประเภท (ดังภาคผนวก ก) มีดังต่อไปนี้

- 1) มาตรฐานมลพิษทางอากาศสำหรับยานพาหนะที่ใช้งาน
- 2) มาตรฐานมลพิษทางอากาศสำหรับยานพาหนะใหม่

2.4 การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ

การจัดทำฐานข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดนั้น ต้องการข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจากทุก ๆ แหล่งกำเนิด ดังนั้นการตรวจวัดที่แหล่งกำเนิดโดยตรงจะให้ข้อมูลที่มีความแม่นยำ หากแต่ในปัจจุบันมีข้อมูลจำนวนน้อย หรือการเก็บข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องยังไม่เพียงพอ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาฐานข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษจากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ซึ่งได้จากการทดสอบภายในประเทศ และเพื่อให้การประเมินมีความถูกต้องแม่นยำที่จะนำมาใช้ในการจัดทำฐานข้อมูลได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งการจัดทำฐานข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศมี 2 วิธี คือ วิธีประเมินจากบน (Top-down) และวิธีประเมินจากล่าง (Bottom-up) โดยวิธีแรกการคำนวณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงรวมของประเทศ (แยกแต่ละสาขาเศรษฐกิจ) เพื่อคำนวณปริมาณมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นทั้งหมด (Baidya และคณะ, 2009) และวิธีที่สองเป็นการคำนวณจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละแหล่งกำเนิด แล้วนำมารวมเป็นปริมาณมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นทั้งประเทศ (IPCC, 2008) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 วิธีประเมินจากบน (Top-down)

การประเมินในภาพรวมมีหลายวิธีแล้วแต่การนำมาใช้ประโยชน์ตามลักษณะของการศึกษา รวมถึงความถูกต้อง ความแม่นยำ และค่าใช้จ่าย ซึ่งมีข้อมูลที่มีความจำเป็นต่อการพิจารณาได้แก่ การวิเคราะห์สมดุลมวล (Mass Balance) อัตราการใช้เชื้อเพลิง (Fuel Consumption) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) (Clack, 2002) ดังนี้

- 1) การวิเคราะห์สมดุลมวล (Mass Balance) หรือกฎการอนุรักษ์มวลสาร สามารถอธิบายมวลของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ไม่มีการถูกสร้างหรือถูกทำลายในระบบปิดใด ๆ ซึ่งมวลสารจะมีค่าคงที่อยู่เสมอ ซึ่งการวิเคราะห์การปลดปล่อย GHG จากปริมาณน้ำมันที่ใช้ไป จำเป็นต้องทราบปริมาณทั้งหมดของน้ำมันที่เข้าสู่กระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ด้วย แต่มีข้อเสียคือ ไม่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของมวลสารหลังจากเกิดปฏิกิริยานั้นได้

2) อัตราการใช้เชื้อเพลิง (Fuel Consumption) เป็นการวิเคราะห์ที่มีลักษณะคล้ายกับการวิเคราะห์สมดุลมวล แต่เป็นการวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของไอเสีย เช่น ลักษณะสาร และโครงสร้างปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น อัตราการใช้เชื้อเพลิงยังเป็นการคำนวณมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาจากการตรวจวัดโดยทั่วไป ทั้งนี้รถยนต์ที่ผ่านการใช้งานแล้ว ผลการศึกษาที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น อายุเครื่องยนต์ การเสื่อมประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ รูปแบบลักษณะการขับขี่ รวมถึงการเปลี่ยนรูปของไอเสียจากปลายท่อไอเสีย เช่น การถูกเจือจางในอากาศ และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับแสง เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผลการศึกษาเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น โดยเฉพาะการคำนวณการปลดปล่อยสารซัลเฟอร์ออกไซด์จากการใช้น้ำมัน นอกจากนี้ได้มีการศึกษาการปล่อยไอเสียโดยพิจารณาอัตราการใช้น้ำมันดีเซลต่างชนิดกันในรถยนต์ 2 ชนิด คือ รถกระบะและรถบรรทุกขนาดใหญ่ ซึ่งรถทั้ง 2 ชนิด มีมาตรฐานไอเสียที่ต่างกัน หากแต่มีค่าเฉลี่ยการใช้เชื้อเพลิงใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่า รถบรรทุกมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงมากกว่ารถกระบะประมาณ 2 เท่า ดังนั้นสารมลพิษต่าง ๆ จึงมีการปลดปล่อยที่ไม่เท่ากัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของเทคโนโลยีที่ใช้ในการประกอบรถยนต์ที่แตกต่างกัน (Parsons, 2003) เป็นต้น

3) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) คือ การรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ มาวิเคราะห์ ซึ่งมีประโยชน์ในกรณีที่ไม่สามารถทดลองหรือตรวจวัดไอเสียได้จริง เช่น ข้อมูลที่ทำการตรวจวัดผ่านมาแล้ว ข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับมาตรฐานการปลดปล่อยไอเสียหรือข้อมูลที่ตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ชนิดเดียวกัน ซึ่งหากมีข้อมูลสนับสนุนไม่เพียงพอ ก็ไม่สามารถจะทำการศึกษา และวิเคราะห์การปลดปล่อยไอเสียได้

2.4.2 วิธีประเมินจากล่าง (Bottom-up)

การใช้ตัวคูณมลพิษอากาศ (Emission Factor, EF) จากแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ได้สามารถคำนวณได้จากการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะที่ใช้งานบนท้องถนนของประเทศไทย โดยพิจารณาจากเทคโนโลยียานยนต์และองค์ประกอบของรถยนต์ยานพาหนะ รวมถึงเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ โดยตัวคูณมลพิษสำหรับยานพาหนะสามารถคำนวณได้จากค่ากิโลเมตรของการเดินทาง (Vehicle Kilometer Travel, VKT) ที่ความเร็วต่าง ๆ ที่มีความสอดคล้องกับสภาพการจราจรบนท้องถนนจริง นอกจากนี้ค่าตัวคูณมลพิษที่คิดจากค่า VKT นี้ยังสามารถคำนวณเป็นตัวคูณมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิงได้ด้วย โดยใช้ข้อมูลองค์ประกอบของรถชนิดต่าง ๆ และจากการศึกษาในครั้งนี้จะได้ค่าตัวคูณมลพิษเฉลี่ยสำหรับยานพาหนะ 4 ชนิดจากห้องปฏิบัติการ ได้แก่ รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก รถยนต์เบนซินขนาดเล็ก และรถจักรยานยนต์ ที่จัดเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ ทั้งนี้การวิเคราะห์มลพิษจากยานพาหนะในประเทศไทย สามารถสรุปได้ว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นมีสาเหตุสองประการ คือ 1) จำนวนยานพาหนะมาก ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้การรองรับของเส้นทางจราจรหรือขาด

ระบบขนส่งมวลขนและขนส่งสินค้าที่ไม่เพียงพอและมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้การจราจรติดขัด และเกิดมลพิษจากเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ถูกปลดปล่อยออกมาปริมาณเพิ่มสูงขึ้น และ 2) ยานพาหนะไม่ได้มาตรฐานของการระบายไอเสียส่งผลให้เกิด GHG ทั้งนี้สาเหตุการจราจรที่ติดขัดทำให้ยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่สม่ำเสมอ มีช่วงเร่งเครื่องและหยุด (Start-and-Stop) มาก ทำให้เกิดมลพิษปริมาณมากด้วย ดังนั้นในส่วนของยานพาหนะที่ไม่ได้มาตรฐานนั้นมักแสดงให้เห็นเด่นชัด คือ ขาดการบำรุงรักษาและการดูแลอย่างเพียงพอ เช่น เครื่องยนต์หลวม ไส้กรองอากาศอุดตัน ท่อไอเสียชำรุด การดัดแปลงเครื่องยนต์ และการบรรทุกน้ำหนักเกินกำลัง เป็นต้น จำนวนยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งนับเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ปริมาณมลพิษที่ปล่อยออกสู่อากาศจะแปรผันโดยตรงกับจำนวนยานพาหนะแล้ว สภาพการจราจรที่หนาแน่นจึงยังเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยมลพิษเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการประเมินมลพิษจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยและองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ จำนวนรถ-กิโลเมตร ความเร็ว ประเภทรถ ชนิดเชื้อเพลิง และเทคโนโลยีควบคุมมลพิษของรถจดทะเบียนในแต่ละปี เป็นต้น

2.4.3 การทดสอบไอเสียจากยานพาหนะ

การทดสอบสารมลพิษจากท่อไอเสียของห้องปฏิบัติการ (Tailpipe Emission) ซึ่งต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอสำหรับติดตั้งพาหนะและอุปกรณ์อื่น ๆ ต้องมีการจำลองแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการขับขี่จริง มีการจำลองรูปแบบการขับขี่ รวมทั้งยังต้องควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ให้ได้ตามที่มาตรฐานการทดสอบได้กำหนดไว้ โดยมีอุปกรณ์สำหรับการทดสอบ ดังนี้

1) ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) ประกอบด้วยลูกกลิ้งเดี่ยว ใช้ร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้า มีการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับในการสร้างภาระให้กับรถยนต์บนแท่นทดสอบ โดยตัวจับสัญญาณแสงจะวัดจากลูกกลิ้งที่ทำหน้าที่วัดความเร็วที่ใช้ทดสอบ ทั้งนี้มอเตอร์ไฟฟ้าจะทำการสร้างภาระในแต่ละช่วงของความเร็วที่รถใช้เคลื่อนที่ให้เหมือนกับภาระจริงบนท้องถนน (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

2) ระบบการเก็บตัวอย่างแบบถุง (Bag Sampling) สามารถเก็บตัวอย่างไอเสียจากยานพาหนะและนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารมลพิษต่าง ๆ ได้ทันที หรือสามารถเก็บไว้สำหรับวิเคราะห์ในภายหลังได้

3) ระบบการเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่ (Constant Volume Sampling, CVS) เป็นอุปกรณ์มาตรฐานในการเก็บตัวอย่างแบบถุง ซึ่งการทำงานของระบบ CVS จะเริ่มจากการเจือจางไอเสียด้วยอากาศ และวัดปริมาณไอเสียที่ถูกเจือจางในระบบ CVS ซึ่งจะต้องปฏิบัติตามมาตรฐาน Code of Federal Regulation (CFR) โดยเริ่มต้นทำการทดสอบด้วยขั้นตอนของการรับภาระไหลของไอเสียทั้งหมดจากรถยนต์ทดสอบ แล้วทำการเจือจางไอเสียด้วยอากาศที่ผ่านการกรอง ด้วยการดูด

อากาศออกอย่างต่อเนื่อง และเมื่อก๊าซไอเสียที่เจือจางอยู่ในระดับที่พร้อมตรวจวัดค่าแล้ว อุปกรณ์จะทำการวัดปริมาตรรวมของไอเสียเจือจางที่ถูกต้องและวัดค่ามลสารต่อไป

4) ระบบการเจือจางด้วยอากาศ เป็นการป้องกันการเกิดหยดน้ำจากการควบแน่นในก๊าซไอเสีย ซึ่งการเจือจางที่ตีอากาศจะต้องผสมกับไอเสียจนทำให้อุณหภูมิถึงจุดสูงกว่าอุณหภูมิของชิ้นส่วน CVS ซึ่งการเจือจางด้วยระบบ CVS มีรูปแบบการทำงานโดยให้อากาศไหลผ่าน Mixing Tee มาผสมกับไอเสียในผสมก่อนที่จะไหลผ่านไปยัง CFV ซึ่ง Mixing Tee บางตัวมีอุปกรณ์ให้ความร้อนหรือลดความชื้นเพื่อป้องกันการควบแน่น ซึ่งการเจือจางไอเสียที่เหมาะสมจะทำให้การวัดมีความถูกต้องแม่นยำ เพราะถ้าไม่มีการเจือจางไอน้ำในไอเสียแล้วมักจะเกิดการควบแน่นในชิ้นส่วน CVS ทำให้การอ่านค่าไฮโดรคาร์บอนผิดพลาด เนื่องจากไฮโดรคาร์บอนบางส่วนจะรวมตัวอยู่กับน้ำที่ควบแน่นโดยหน้าที่ของระบบเจือจางด้วยอากาศก็เพื่อลดการผันแปรช่วงเวลาที่หน่วงในก๊าซตัวอย่าง ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงตามการทำงานของเครื่องยนต์ตั้งแต่ช่วงเดินเบา จนถึงช่วงที่มีการเร่งความเร็วมากขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงการทำงานอย่างรวดเร็วสามารถทำให้อัตราการไหลของไอเสียมีการเปลี่ยนแปลง และส่งผลให้ช่วงเวลาที่หน่วงก๊าซตัวอย่างมีการผันแปร และถ้าไม่มี Mixing Tee จะทำให้อัตราส่วนการเจือจางในตัวอย่งที่สุ่มเก็บมามีความผันแปรมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

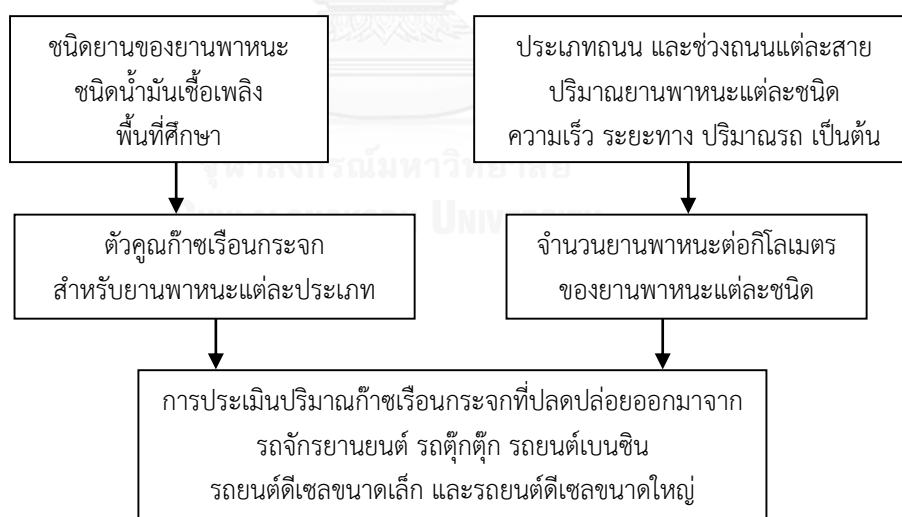
5) เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย (Analyzers) ชนิดต่าง ๆ เช่น เครื่อง Flame Ionization Detector (FID) สำหรับวัดปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) และก๊าซมีเทน (CH_4) ในไอเสีย เครื่อง Non Dispersive Infrared Detector (NDIR) สำหรับวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เครื่อง Chemiluminescence Detector (CLD) สำหรับวัดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เป็นต้น

2.5 วิธีประเมินตัวคูณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ

2.5.1 พัฒนารูปแบบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ซึ่งจะให้ค่าปริมาณมลพิษในหน่วยกรัมต่อระยะทางที่รถเคลื่อนที่ โดยการหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของยานพาหนะ ชนิดเชื้อเพลิง ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ลักษณะเครื่องยนต์ ระยะทางที่วิ่งได้ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาสำหรับรถคันหนึ่ง ๆ ในสภาพการขับซึ่งจริงที่มีจำนวนยานพาหนะเพิ่มขึ้นทุกปี ทั้งนี้การนำปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวมาคำนวณเพื่อให้ได้ค่าการปลดปล่อย GHG และมลพิษอื่น ๆ ของกลุ่มยานพาหนะประเภทหนึ่ง โดยค่าที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยสำหรับยานพาหนะประเภทนั้น ๆ ในรูปแบบของค่า EF ของ GHG ของการทดสอบต่าง ๆ กันจากยานพาหนะทั้ง 4 ชนิดที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้นำมาทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย EF ด้วยวิธีการทางสถิติ แล้วรวบรวมข้อมูลชนิด จำนวนของยานพาหนะ ข้อมูล

การจราจร ลักษณะหรือรูปแบบการจราจร หรือการจำลองสภาพจราจรที่ได้มีการศึกษาไว้แล้ว มาหาค่าความสัมพันธ์ของการปลดปล่อย GHG ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของพื้นที่ศึกษากับลักษณะการใช้ยานพาหนะ เพื่อนำมาสร้างเกณฑ์ประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะตลอดจนเพื่อหาความสัมพันธ์ของการปลดปล่อย GHG ด้วยการพัฒนาวิธีประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะ และคาดการณ์สถานการณ์จำลองต่าง ๆ เพื่ออธิบายการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะจากสภาพ และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรและพื้นที่ศึกษา ได้แก่ เขตเมือง เขตนอกเมือง และเขตชนบท ของประเทศไทยในสถานการณ์จำลองเสมือนจริง แสดงดังรูปที่ 2.10

2.5.2 การประเมินก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการจราจรบนถนนในพื้นที่ศึกษา ปริมาณการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะคำนวณได้จากจำนวนยานพาหนะในหน่วยคันต่อกิโลเมตร และนำค่านี้นมาคูณกับตัวคูณมลพิษของยานพาหนะแต่ละชนิด จะได้ปริมาณ GHG ที่ปลดปล่อยออกมา ทั้งนี้ในพื้นที่ของถนนที่ทำการศึกษาจะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบของยานพาหนะแต่ละชนิด และชนิดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ นอกจากนี้ยังมีตัวคูณของก๊าซเรือนกระจก ฐานข้อมูลมลพิษจากยานพาหนะประเภทถนน และองค์ประกอบยานพาหนะที่มีความแตกต่างกันที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์และประเมินปริมาณ GHG จากการจราจร ซึ่งสามารถดำเนินการได้ตามขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาจากยานพาหนะ

การจัดทำตัวคูณก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนเริ่มต้น สำหรับยานพาหนะแต่ละประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถตุ๊กตุ๊ก รถยนต์เบนซิน รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก และรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ ที่ต้องมีการกำหนดชนิดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้งาน เพื่อนำมาประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือน

กระจกสำหรับยานพาหนะแต่ละประเภท และในขั้นตอนที่สอง เป็นการคำนวณชนิดยานพาหนะแต่ละประเภท จำนวนยานพาหนะต่อกิโลเมตร ช่วงถนนแต่ละสายหรือทั้งพื้นที่ศึกษาดังกล่าว เพื่อนำมาหาองค์ประกอบของยานพาหนะหรือสัดส่วนรถแต่ละประเภทในพื้นที่ศึกษาได้ และขั้นตอนสุดท้ายคือ การคำนวณปริมาณมลพิษจากผลคูณระหว่างจำนวนยานพาหนะต่อกิโลเมตร กับตัวคูณมลพิษของยานพาหนะแต่ละประเภท ซึ่งผลลัพธ์ของการคำนวณ คือ ได้ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกของยานพาหนะแต่ละประเภทที่มีการปลดปล่อยออกมาจากยานพาหนะทั้งหมดที่วิ่งบนถนนหรือพื้นที่ศึกษานั้น ๆ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 การศึกษาค่าตัวคูณของก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ

ค่าตัวคูณมลพิษ (Emission Factor) และฐานข้อมูลการปล่อยมลพิษของก๊าซเรือนกระจก (GHG) เป็นเครื่องมือเบื้องต้นสำหรับใช้ประเมินและจัดการคุณภาพอากาศ ซึ่งการประเมินปริมาณการปล่อย GHG มีส่วนสำคัญต่อการพัฒนามาตรการควบคุมและพิจารณาความเหมาะสม ในการตรวจสอบผลกระทบจากแหล่งกำเนิดและมาตรการลดผลกระทบที่โครงการศึกษาต้องการ โดยทั่วไปข้อมูลการปล่อย GHG จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการหรือจากการติดตามตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และนิยมใช้การประมาณการปล่อย GHG ด้วยวิธีหาค่าตัวแทนของการปล่อยสารมลพิษที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตามในบางครั้งอาจมีข้อมูลสนับสนุนผลการทดสอบจากทุกแหล่งกำเนิดไม่เพียงพอ หรือมีข้อมูลชนิดแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน ดังนั้นค่าตัวคูณมลพิษจะเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด และสามารถประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถึงแม้ว่าจะมีข้อจำกัดอยู่บ้างก็ตาม หากแต่การศึกษาการปล่อยมลพิษด้วยการใช้ตัวคูณมลพิษ เริ่มมีการใช้กฎหมายอากาศสะอาด (Clean Air Act) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 ในประเทศสหรัฐอเมริกา รวมถึงกฎหมายสิทธิในการรับรู้ข่าวสารของประชาชนและการวางแผนฉุกเฉินในปี ค.ศ. 1986 (Emergency Planning And Community Right-To-Know Act, EPCRA) ทำให้มีการใช้ประโยชน์จากค่าตัวคูณมลพิษและฐานข้อมูลสารมลพิษทางอากาศ รวมทั้งมีการจัดตั้งกองจัดทำค่าปัจจัยการปล่อยและฐานข้อมูล (Emission Factor And Inventory Group, EFIG) ในสำนักงานวางแผนคุณภาพอากาศและมาตรฐาน (Office Of Air Quality Planning And Standards, OAQPS) ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (United State Environmental Protection Agency, US.EPA) ทั้งนี้ได้มีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ประเมินการปล่อยมลพิษ คือ รายงานอนุกรมของ AP-42 (Compilation of Air Pollutant Emission Factors) โดยมีจุดประสงค์เพื่อรวบรวมรายละเอียดของกระบวนการประเมินการปล่อยมลพิษ และรายการอ้างอิงไว้อย่างครบถ้วน โดย AP-42 คือ ค่าตัวแทนของตัวคูณมลพิษโดยอาศัยความสัมพันธ์ของปริมาณสารมลพิษที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศกับกิจกรรม

ที่เกี่ยวข้องในการปลดปล่อยสารมลพิษ และแสดงในหน่วยน้ำหนักสารมลพิษต่อหน่วยน้ำหนักหรือ ปริมาตรของผลิตภัณฑ์และวัตถุดิบ รวมทั้งระยะทางหรือระยะเวลาของกิจกรรมที่ปล่อยสารมลพิษ (เช่น กิโลกรัมอนุภาคสารมลพิษที่ปล่อยต่อล้านกรัมถ่านหินที่เผาในโรงไฟฟ้าถ่านหิน เป็นต้น) ทั้งนี้ ค่าตัวคูณจากรายงาน AP-42 สามารถนำมาใช้ประเมินสารมลพิษที่ปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดมลพิษ ที่หลากหลาย โดยส่วนใหญ่ค่าตัวคูณของปัจจัยเหล่านี้จะเป็นค่าเฉลี่ยที่ง่าย และมีความน่าเชื่อถือ ซึ่ง ถือได้ว่าเป็นตัวแทนค่าเฉลี่ยในระยะยาวจากทุกกิจกรรมในหมวดของแหล่งกำเนิด (วงศ์พันธ์ และ คณะ, 2542) ทั้งนี้สมการทั่วไปที่ใช้ในการประมาณการปล่อยสารมลพิษ คือ

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100)$$

เมื่อ :

| | |
|-------------------------|---|
| E (Emission) | คือ การปลดปล่อย |
| A (Activity) | คือ อัตราของกิจกรรมที่เกิดขึ้น |
| EF (Emission Factor) | คือ ค่าตัวคูณมลพิษ |
| ER (Emission Reduction) | คือ ประสิทธิภาพการลดการปล่อยทั้งหมด, ร้อยละ (%) |

ความหมายของค่า "ER" คือ ผลจากการเสื่อมของอุปกรณ์ควบคุมหรือ ประสิทธิภาพสำหรับการลด และประสิทธิภาพในการดักจับของอุปกรณ์ควบคุม เมื่อมีการประเมิน การปล่อยในช่วงระยะยาว เช่น ค่าเฉลี่ยรายปี ทั้งอุปกรณ์และประสิทธิภาพในการควบคุมจะรวมถึง ช่วงเวลาที่เสียหาย และการทำงานในช่วงเวลาปกติด้วย

พลศักดิ์ วิฑูรชวลิตวงษ์ (2536) พบปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษจากการ สันดาปเชื้อเพลิงของภาคการคมนาคมในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2532 โดยพบว่า การปลดปล่อยฝุ่น ละเอียด ก๊าซ NO_x ก๊าซ HC และก๊าซ CO มีปริมาณรวมสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 60.3, 52.8, 97.2 และ 95.8 ตามลำดับ ส่วนสาขาการผลิตไฟฟ้าเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) สูงสุด คือ ร้อยละ 54.0 ของปริมาณรวมทั้งประเทศ ทั้งนี้สาขาอุตสาหกรรมเป็นแหล่งปล่อยฝุ่นละเอียด และ ก๊าซ SO₂ สูงสุด คือ ร้อยละ 31.4 และ 28.5 ตามลำดับ

ประเสริฐ อังกูรวัฒน์ (2540) ได้ประเมินการปลดปล่อยมลพิษจาก ยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ในเขตพื้นที่ชั้นใน และพื้นที่ชั้นกลางของกรุงเทพมหานคร พบว่า ปัจจัยการ ปลดปล่อยมลพิษจากยานพาหนะคือ ปริมาตรความจุกระบอกสูบของรถแต่ละชนิด ปริมาตรที่ มากกว่าจะมีการปลดปล่อยมลพิษที่สูง ทั้งนี้เนื่องมาจากมีห้องเผาไหม้แบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง จึงมี โอกาสเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ที่มากขึ้นและขาดการ

บำรุงรักษา รวมทั้งในพื้นที่ที่มีการจราจรติดขัดจะมีการปลดปล่อยมลพิษสูงกว่าพื้นที่ที่มีการจราจรคล่องตัวประมาณ 2.1-2.7 เท่า

กรมควบคุมมลพิษ (2543) ได้สร้างห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ ตั้งอยู่ที่เลขที่ 138/28 หมู่ 2 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ดำเนินงานภายใต้การบริหารจัดการของส่วนมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ทั้งนี้ได้เริ่มดำเนินงานห้องปฏิบัติการทดสอบมลพิษจากรถยนต์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 โดยมีจุดประสงค์ด้านการศึกษาวิจัย และพัฒนาร่วมกับหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศ และเสียงจากยานพาหนะ โดยผลการศึกษาวิจัยที่ได้จะนำไปใช้ในการกำหนดนโยบาย มาตรฐาน และมาตรการต่าง ๆ เพื่อป้องกัน ควบคุมและแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงที่มีอยู่ในปัจจุบัน เช่น โครงการพัฒนาตัวควบคุมมลพิษจากยานพาหนะ และโครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนแม่บทในการพัฒนาระบบการขนส่งที่ยั่งยืนและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โครงการศึกษาจัดทำแนวทางการบริหารจัดการรถยนต์ที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานตำราณศึกษารถยนต์เชิงพาณิชย์ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลและผลการศึกษาที่ได้จากโครงการต่าง ๆ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 จนถึงปัจจุบัน มีส่วนสำคัญในการกำหนดมาตรฐานการระบายมลพิษจากรถใหม่ และรถที่ใช้งานแล้ว รวมถึงการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันชนิดต่าง ๆ เพื่อกำหนดมาตรการในการควบคุมมลพิษจากยานพาหนะใช้งาน ตลอดจนมาตรการด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามกรมควบคุมมลพิษ ยังได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบมลพิษที่เกิดขึ้นจากท่อไอเสียรถยนต์ Volvo 850 ที่ใช้เชื้อเพลิง 2 ระบบ (Bi-Fuel) ระหว่างการใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันเบนซิน และก๊าซธรรมชาติ โดยใช้รูปแบบการขับขี่ Bangkok Driving Cycle จากการทดสอบพบว่า ปริมาณก๊าซ HC และ NO_x สูงกว่าการใช้น้ำมันเบนซิน หากแต่ค่า CO และ CO₂ มีค่าที่ต่ำกว่า (กรมควบคุมมลพิษ, 2543) แสดงดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 เปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษจากการใช้น้ำมันเบนซินและ CNG

| ชนิดเชื้อเพลิง | อัตราการปลดปล่อยสารมลพิษ (กรัม/กิโลเมตร) | | | |
|--------------------|--|-----------------|-------|-----------------|
| | THC | NO _x | CO | CO ₂ |
| เบนซิน (Gasoline) | 0.47 | 0.23 | 4.001 | 419.5 |
| ก๊าซธรรมชาติ (CNG) | 2.85 | 0.72 | 2.83 | 398.9 |

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2543)

พฤษภ พงศ์พฤษภ (2544) พบว่า การปลดปล่อยก๊าซ NO_x จากแหล่งกำเนิดโดยจัดลำดับความสำคัญจากมากไปน้อย คือ แหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่จากการคมนาคม แหล่งกำเนิดแบบจุด และแหล่งกำเนิดแบบพื้นที่โล่ง ซึ่งมีสัดส่วนการปล่อยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 74.14, 24.76 และ 1.10 ตามลำดับ โดยมีปริมาณการปลดปล่อยออกมาทั้งหมด 191,581 ตันต่อปี ส่วนการปลดปล่อยก๊าซ HC จากแหล่งกำเนิด สามารถจัดลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยได้ดังนี้ แหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่ > แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ > แหล่งกำเนิดแบบจุด โดยมีสัดส่วนของการปล่อยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 55.30, 44.58 และ 0.11 ตามลำดับ จากการปลดปล่อยทั้งหมด 456,851 ตันต่อปี นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณการปลดปล่อย NO_x ในพื้นที่ศึกษา สามารถจัดลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยได้ คือ กรุงเทพมหานคร > สมุทรปราการ > ปทุมธานี > นนทบุรี > นครปฐม > สมุทรสาคร โดยมีสัดส่วนการปล่อยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 51.91, 24.73, 7.12, 6.56, 4.94 และ 4.72 ตามลำดับ ส่วนปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ HC ในพื้นที่ศึกษา สามารถจัดลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยได้ คือ กรุงเทพมหานคร > สมุทรปราการ > ปทุมธานี > สมุทรสาคร > นครปฐม > นนทบุรี โดยมีสัดส่วนการปล่อยคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 71.65, 8.27, 6.76, 5.27, 4.06 และ 3.99 ตามลำดับ โดยแหล่งกำเนิดมลพิษในเขตเมือง คือ ยานพาหนะที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี

Panya Warapetcharayut และคณะ (2007) ได้ประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดยานพาหนะด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โมบาย 6 ของประเทศสหรัฐอเมริกา มาทดสอบการปลดปล่อยมลพิษ เช่น ก๊าซ CO , HC , NO_x และฝุ่นละอองจากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ สำหรับพัฒนาดัชนีการระบายสารมลพิษในประเทศไทยร่วมกับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อประเมินปริมาณสารมลพิษที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดยานพาหนะในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ปริมาณสารมลพิษในเขตกรุงเทพมหานครปี 2004 มีปริมาณก๊าซ CO เท่ากับ 3,170 กิโลตันต่อปี ก๊าซ HC เท่ากับ 418 กิโลตันต่อปี ก๊าซ NO_x เท่ากับ 495 กิโลตันต่อปี และฝุ่นละอองเท่ากับ 54 กิโลตันต่อปี ตามลำดับ โดยมีความสอดคล้องกับผลทดสอบบนแท่นทดสอบของ Pelkmans (2006) และมีค่าต่ำกว่ารายงาน Guideline of Emission Factor from United State of America Transportation (USEPA, 2008) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ทั้งนี้ไม่ได้มีการกล่าวถึงการปลดปล่อย GHG ที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะในแต่ละชนิดไว้ด้วย

Center for Global and Regional Environmental Research (2001) ได้จัดทำบัญชีรายการการปลดปล่อยมลพิษในทวีปเอเชีย มีชื่อเต็มว่า “ศูนย์วิจัยสถานะแวดล้อมของโลกและภูมิภาคแห่งมหาวิทยาลัยไอโอวา (Center for Global and Regional Environmental Research at the University of Iowa; CGRER)” ซึ่งได้ดำเนินการบันทึกข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยมลพิษชนิด GHG คือ ก๊าซ CO_2 ที่ถูกปลดปล่อยออกมาในทวีปเอเชีย และพบว่า ประเทศไทยมีการ

ปลดปล่อย CO₂ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงน้ำมัน และก๊าซ เท่ากับ 79.9 และ 27.1 ล้านตัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในเอเชีย พ.ศ. 2543: หน่วยล้านตัน

| ประเทศ | สถิติการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ จากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ (หน่วย: ตันกรัม, Tg) | | | | | | | | | รวม |
|---------------------------|--|-----------|----------|----------|-------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------|
| | การเผา ถ่านหิน | บ้านเรือน | การจราจร | โรงไฟฟ้า | การเผาใน ที่โล่งแจ้ง | เชื้อเพลิง ชีวภาพ | ก๊าซ เชื้อเพลิง | น้ำมัน เชื้อเพลิง | การผลิต ซีเมนต์ | |
| จีน | 829.46 | 175.12 | 25.00 | 877.12 | 239.97 | 743.72 | 108.78 | 622.25 | 208.92 | 3830.34 |
| ญี่ปุ่น | 109.02 | 1.56 | 0.00 | 159.91 | 4.20 | 27.55 | 202.90 | 699.98 | 30.14 | 1235.25 |
| เกาหลี | 46.86 | 0.00 | 0.00 | 67.47 | 2.65 | 4.16 | 41.40 | 232.67 | 20.72 | 415.93 |
| กลุ่มเอเชียตะวันออกเฉียง | 270.90 | 1.56 | 0.00 | 322.86 | 53.27 | 65.89 | 272.86 | 1096.46 | 57.38 | 2141.19 |
| บรูไน | 30.03 | 0.00 | 0.00 | 41.78 | 0.00 | 0.67 | 26.13 | 111.82 | 0.15 | 210.59 |
| กัมพูชา | 1.70 | 0.00 | 0.00 | 1.05 | 22.16 | 8.30 | 0.00 | 2.61 | 0.04 | 35.85 |
| อินโดนีเซีย | 4.12 | 0.00 | 0.00 | 32.22 | 175.17 | 173.68 | 76.55 | 144.80 | 9.42 | 615.96 |
| ลาว | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 54.22 | 3.23 | 0.00 | 1.80 | 0.00 | 59.26 |
| มาเลเซีย | 2.51 | 0.00 | 0.00 | 3.15 | 36.92 | 13.53 | 24.05 | 66.15 | 4.52 | 150.83 |
| พม่า | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 96.88 | 39.35 | 3.17 | 5.78 | 0.19 | 145.37 |
| ฟิลิปปินส์ | 2.84 | 0.00 | 0.00 | 13.22 | 32.37 | 40.41 | 0.30 | 53.75 | 5.27 | 148.16 |
| สิงคโปร์ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.33 | 5.62 | 40.21 | 1.24 | 57.41 |
| ไทย | 14.93 | 0.00 | 0.00 | 27.79 | 87.82 | 79.90 | 27.14 | 102.16 | 12.81 | 352.55 |
| เวียดนาม | 5.77 | 1.38 | 0.00 | 5.46 | 96.43 | 82.74 | 2.26 | 16.87 | 2.64 | 213.55 |
| กลุ่มอาเซียน | 61.89 | 1.38 | 0.00 | 124.66 | 601.97 | 452.15 | 165.22 | 545.95 | 36.28 | 1989.51 |
| บังกลาเทศ | 0.41 | 0.24 | 0.00 | 1.30 | 30.15 | 62.20 | 17.77 | 0.00 | 0.38 | 112.44 |
| ภูฏาน | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.11 | 1.79 | 0.13 | 0.59 | 0.06 | 3.69 |
| อินเดีย | 210.95 | 0.33 | 0.39 | 399.69 | 199.28 | 682.62 | 55.98 | 320.27 | 32.77 | 1902.28 |
| เนปาล | 0.42 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 10.80 | 24.78 | 0.00 | 3.08 | 0.11 | 39.29 |
| ปากีสถาน | 9.06 | 1.08 | 0.00 | 8.26 | 21.62 | 85.02 | 36.27 | 57.69 | 3.39 | 222.39 |
| ศรีลังกา | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 7.65 | 14.35 | 0.11 | 7.33 | 0.45 | 29.89 |
| กลุ่มอินเดียตะวันออกเฉียง | 220.85 | 1.75 | 0.39 | 409.24 | 270.60 | 870.77 | 110.25 | 388.95 | 37.17 | 2309.98 |
| ผลรวมทวีปเอเชีย | 1383.10 | 179.82 | 25.40 | 1733.89 | 1165.82 | 2132.53 | 657.12 | 2653.60 | 339.75 | 10322.30 |

ที่มา: Center for Global and Regional Environmental Research (2001)

Japan Transport Cooperation Association (2004) ศึกษาการขนส่งของประเทศไทยในโครงการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมของโลก โดยเลือกพื้นที่กรุงเทพมหานคร เป็นกรณีศึกษา เรื่องของรูปแบบการขับเคลื่อนบนถนนที่มีระดับความเร็วแตกต่างกัน รวมทั้งทดสอบยานพาหนะชนิดต่าง ๆ บนแท่นทดสอบของห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ ผลการทดลองพบว่า ในปี 2002 มีการปลดปล่อย GHG รวมเท่ากับ 60,008,486 ตัน (เทียบกับก๊าซ CO₂) โดยคำนวณจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เช่น ถนน รถไฟ ทางอากาศ และทางน้ำ ที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลการใช้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันชนิดต่าง ๆ ก๊าซ LPG และก๊าซ NGV เป็นต้น ซึ่งภาคการขนส่งมีการปลดปล่อย GHG สูงสุดเท่ากับ 47,677,849 ตัน (เทียบกับก๊าซ CO₂) และเมื่อประเมินอัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO₂

จากการจราจรในเขตกรุงเทพมหานครในปี 2002 (เทียบกับก๊าซ CO₂) พบว่า เชื้อเพลิงก๊าซ NGV มีการปลดปล่อย GHG เท่ากับ 2,913 ตัน ก๊าซ LPG เท่ากับ 156,886 ตัน น้ำมันเบนซิน 91 เท่ากับ 2,050,676 ตัน น้ำมันเบนซิน 95 เท่ากับ 1,428,501 ตัน และน้ำมันดีเซลเท่ากับ 6,869,184 ตัน และปริมาณการปลดปล่อย GHG รวมเท่ากับ 10,508,161 ตัน และยังพบว่า น้ำมันดีเซลมีการปลดปล่อย GHG สูงสุดในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานคร

IPCC (2007) จัดทำบัญชีข้อมูล GHG ระดับประเทศ สำหรับการวิเคราะห์และรายงานการปลดปล่อย GHG ต่อหน่วยงาน UNFCCC ซึ่งได้แบ่งกิจกรรมการปลดปล่อย GHG เป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ ภาคพลังงาน ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรมป่าไม้ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และภาคขยะและของเสีย โดยเฉพาะการปล่อย GHG จากยานพาหนะเป็นส่วนหนึ่งในภาคพลังงาน ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ น้ำมันเชื้อเพลิงและเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซ CO₂, CH₄ และ N₂O เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการปลดปล่อย GHG จากน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินทางที่พบว่า พลังงาน 1 หน่วยจะทำให้เกิดก๊าซ CO₂ ในปริมาณที่สูงมาก ในขณะที่ก๊าซ CH₄ และ N₂O มีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ประมาณ 1 : 1000) ทำให้การประเมินนั้นเน้นให้ความสำคัญที่การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เป็นหลัก สำหรับการขนส่งทางถนน แสดงดังตารางที่ 2.14 ซึ่งการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยนั้น IPCC ได้แบ่งวิธีการเป็น 3 ระดับ (Tier) ตามความละเอียดของข้อมูล ได้แก่ ระดับที่ 1 เป็นวิธีการคำนวณที่ใช้ข้อมูลน้อยที่สุด และมีการคิดคำนวณที่ไม่ซับซ้อนนัก ส่วนระดับที่ 2 และ 3 เป็นวิธีที่ต้องการข้อมูลพื้นฐานจำนวนมาก และจัดเป็นวิธีการที่มีความถูกต้อง และแม่นยำมากขึ้น โดยประเทศที่พัฒนาแล้วมักจะมีข้อมูลเพียงพอสำหรับการประเมิน ส่วนประเทศที่กำลังพัฒนานั้นยังมีข้อมูลที่ไม่เพียงพอในการวิเคราะห์ จึงจำเป็นต้องเลือกวิธีการในระดับที่ 1 และ 2 (ถ้าข้อมูลเพียงพอ) สำหรับในประเทศไทย โดยสำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ได้ใช้วิธีการของ IPCC ในระดับที่ 1 สำหรับประเมินการปลดปล่อย GHG ในประเทศ เพื่อหาอัตราการปลดปล่อย GHG จากน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละประเภท เพื่อประเมินการปลดปล่อย GHG ของทั้งประเทศ ซึ่งสามารถสรุปข้อมูลการคำนวณการปลดปล่อย GHG จากภาคขนส่งในระดับต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.14 อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ สำหรับการขนส่งทางถนนของ IPCC

| รายละเอียด | อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (กิโลกรัม/ตัน-จูล) | | |
|------------------|---|----------------------|-----------------------|
| | ก๊าซ CO ₂ | ก๊าซ CH ₄ | ก๊าซ N ₂ O |
| น้ำมันเชื้อเพลิง | 69,300 | 25-33 | 3.2-8.0 |
| น้ำมันดีเซล | 74,100 | 3.9 | 3.9 |
| ปิโตรเลียมเหลว | 63,100 | 62 | 0.2 |
| ก๊าซธรรมชาติ | 56,100 | 92 | 3 |

ที่มา: Winkler และคณะ (2008)

ตารางที่ 2.15 ตัวแปรที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการขนส่งทางถนน

| รายละเอียด | การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Tier) | | |
|-----------------------|---|---|--|
| | ระดับที่ 1 | ระดับที่ 2 | ระดับที่ 3 |
| ก๊าซ CO ₂ | 1) การใช้เชื้อเพลิงแยกตามประเภทเชื้อเพลิง 2) อัตราการปล่อยก๊าซ CO ₂ แยกตามประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ (กำหนดโดย IPCC) | 1) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแยกตามประเภทเชื้อเพลิง 2) อัตราการปล่อยก๊าซ CO ₂ แยกตามประเภทเชื้อเพลิงสำหรับประเทศนั้น ๆ | ไม่มี (ระดับที่ 2 เป็นขั้นสูงสุดที่สามารถคำนวณได้) |
| ก๊าซ CH ₄ | 1) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแยกตามประเภทเชื้อเพลิง 2) อัตราการปล่อยก๊าซ CH ₄ แยกตามประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ (กำหนดโดย IPCC) | 1) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแยกตามประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยีควบคุมมลพิษ 2) อัตราการปล่อยก๊าซ CH ₄ แยกตามประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยีควบคุมมลพิษ | 1) ระยะทางการเดินทาง (คัน-กม.) ตามประเภทเชื้อเพลิง เทคโนโลยีควบคุมมลพิษ และสภาพการขับขี่ 2) อัตราการปล่อยก๊าซ CH ₄ แยกตามประเภทเชื้อเพลิง เทคโนโลยีควบคุมมลพิษ และสภาพการขับขี่ 3) การปล่อยก๊าซ CH ₄ ช่วงสตาร์ทเครื่อง |
| ก๊าซ N ₂ O | 1) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแยกตามประเภทเชื้อเพลิง 2) อัตราการปล่อยก๊าซ N ₂ O แยกตามประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ (กำหนดโดย IPCC) | 1) ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแยกตามประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยีควบคุมมลพิษ 2) อัตราการปล่อยก๊าซ N ₂ O แยกตามประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยีควบคุมมลพิษ | 1) ระยะทางการเดินทาง (คัน-กม.) ตามประเภทเชื้อเพลิง เทคโนโลยีควบคุมมลพิษ และสภาพการขับขี่ 2) อัตราการปล่อยก๊าซ N ₂ O แยกตามประเภทเชื้อเพลิง เทคโนโลยีควบคุมมลพิษ และสภาพการขับขี่ 3) การปล่อยก๊าซ N ₂ O ช่วงสตาร์ทเครื่อง |

ที่มา : IPCC (2008)

2.6.2 การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ

กรมควบคุมมลพิษ (2543) ศึกษาโครงการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะที่ใช้ น้ำมัน แก๊สโซฮอล์ 91 และแก๊สโซฮอล์ 95 เพื่อการประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในเขต กรุงเทพมหานคร และปริมณฑล โดยทำการทดสอบยานพาหนะบนแท่นทดสอบของห้องปฏิบัติการ เพื่อเปรียบเทียบการใช้ น้ำมันแก๊สโซฮอล์กับน้ำมันเบนซิน ผลการทดสอบพบว่า ก๊าซ HC มีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.73 ก๊าซ CO ลดลงร้อยละ 14.9 ก๊าซ NO_x เพิ่มขึ้นร้อยละ 12.2 และก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.93 ตามลำดับ ซึ่งผลจากการทดสอบได้อธิบายว่า ยานพาหนะแต่ละประเภทมีการปลดปล่อยมลพิษแตกต่างกัน เนื่องจากประสิทธิภาพเครื่องยนต์ และการบำรุงรักษาที่แตกต่างกัน

มนตรี สี่พยัคฆ์ (2548) ได้ทำการทดลองประยุกต์ใช้ก๊าซธรรมชาติและก๊าซหุงต้มในระบบเชื้อเพลิงคู่กับเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบจุดระเบิดด้วยหัวเทียน โดยเปรียบเทียบการใช้พลังงานต่อระยะทางกับสารมลพิษที่ปลดปล่อยออกมา โดยทำการวิเคราะห์ก๊าซ HC, NO_x และ CO ด้วยรูปแบบการขับขี่ Bangkok Driving Cycle พบว่า ค่าปริมาณของก๊าซ HC ที่เกิดจากน้ำมันเบนซินมีค่าสูงสุด รองลงมา คือ ก๊าซ NGV และก๊าซ LPG มีค่าน้อยที่สุด ส่วนการปลดปล่อยก๊าซ NO_x พบว่า ก๊าซ LPG มีการปลดปล่อยสูงสุด รองลงมา คือ ก๊าซ NGV และน้ำมันเบนซินมีค่าต่ำสุด และในส่วน ของก๊าซ CO พบว่า มีการปลดปล่อยจากการใช้น้ำมันเบนซินมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ก๊าซ LPG และ ก๊าซ NGV ตามลำดับ

กรมควบคุมมลพิษ (2551) ศึกษาผลกระทบจากการปลดปล่อยมลพิษเมื่อใช้น้ำมัน แก๊สโซฮอล์ต่อคุณภาพอากาศ โดยได้ดำเนินการเปรียบเทียบรถยนต์เมื่อเปลี่ยนระบบไปใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ทดแทนน้ำมันเบนซิน และตัวแปรรถยนต์ที่ใช้งาน (In-use) และรถยนต์ใหม่ ผลการศึกษาพบว่า รถยนต์ใหม่มีการปลดปล่อยมลพิษต่ำ หากแต่มีความแตกต่างกันระหว่างการใช้ น้ำมันแก๊สโซฮอล์กับน้ำมันเบนซินไม่มากนัก และส่งผลให้เกิดการระบายก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 3.93 ส่วนรถจักรยานยนต์ พบว่า รถยนต์รุ่นใหม่จะมีการปลดปล่อยมลพิษน้อยกว่ารถรุ่นเก่า และมีความแตกต่างระหว่างการใช้ น้ำมันแก๊สโซฮอล์กับน้ำมันเบนซินไม่มากนักเช่นกัน โดยส่งผลให้เกิดการระบายก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 5.56 ทั้งนี้ผลการศึกษาในภาพรวม พบว่า ผลกระทบจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์จะช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซ CO, Benzene และ 1,3-Butadiene ได้ แต่จะทำให้การปลดปล่อยก๊าซ CO₂, NO_x, Ethyl Benzene, Xylene และ Acetaldehyde มีค่าเพิ่มขึ้น

วีราภรณ์ คารมณี (2552) ได้เปรียบเทียบผลของสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อม และค่าพลังงานของก๊าซ NGV และก๊าซ LPG โดยการประเมินการปลดปล่อยตลอดทั้งวัฏจักรชีวิต ด้วยการใช้

โปรแกรมสำเร็จรูป Simapro 7.0 และ Eco-indicator 95 ได้กำหนดหน่วยการทำงานคือ พลังงาน 1 เมกะจูลของก๊าซธรรมชาติเหลวและก๊าซ NGV และได้ทำการพิจารณาตั้งแต่กระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติ การแยกก๊าซ การขนส่ง และการใช้งานในรถประจำทาง ผลการทดสอบพบว่า ก๊าซ LPG มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเฉพาะการเกิดสภาวะโลกร้อนตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตนั้น ก๊าซ LPG มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เท่ากับ $4.31 \times 10^{-2} \text{ kgCO}_2 \text{ -Eq}$ ในขณะที่ก๊าซ NGV มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เท่ากับ $3.82 \times 10^{-2} \text{ kgCO}_2 \text{ -Eq}$ ส่วนประสิทธิภาพเชิงพลังงานพบว่า ก๊าซ NGV มีอัตราส่วนพลังงานสุทธิมากที่สุด คือ 1.79 และในส่วนก๊าซ LPG มีค่าอัตราส่วนพลังงานสุทธิน้อยที่สุดเท่ากับ 1.02

จิรศักดิ์ เฟ่งพิศ (2552) ได้ทำการศึกษาความแตกต่างของปริมาณสารมลพิษจากเครื่องยนต์เบนซินที่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดเชื้อเพลิงจากน้ำมันแก๊สโซฮอล์มาเป็นก๊าซ NGV ซึ่งมีก๊าซ CH_4 เป็นองค์ประกอบหลัก จากกรณีศึกษาที่ใช้ในประเทศไทย ซึ่งมีระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบ 2 ระบบ โดยทดสอบในห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ และจำลองสภาพการขับขี่จริงจากการใช้รูปแบบการขับขี่ของกรุงเทพมหานคร เพื่อวิเคราะห์หาแนวโน้มการปลดปล่อยสารมลพิษพบว่า ปริมาณสารมลพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะขึ้นอยู่กับลักษณะการขับขี่ โดยพบว่า การใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์จะมีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซ THC, CO และ NO_x ในปริมาณที่ต่ำ และยังพบว่า การใช้ก๊าซ NGV มีการปลดปล่อยก๊าซ CH_4 สูงในทุกช่วงรอบของความเร่ง ผลการวิเคราะห์อัตราการปลดปล่อยมลพิษ พบว่า กลุ่มรถตัวอย่างที่ใช้ก๊าซ NGV จะมีอัตราการปลดปล่อยสาร THC (0.72), CH_4 (0.54), NO_x (1.54), CO (1.47) และ CO_2 (163.5) ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร ส่วนการใช้ น้ำมันแก๊สโซฮอล์ พบว่า อัตราการปลดปล่อยก๊าซ THC (1.441), CH_4 (0.05), NO_x (1.85), CO (12.01) และ CO_2 (170.5) ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร และพบว่า สารมลพิษที่เพิ่มขึ้นในปริมาณที่สูงคือ ก๊าซ CH_4 ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใช้ น้ำมันแก๊สโซฮอล์ถึง 11.29 เท่า และผลการประเมินการปลดปล่อย GHG พบว่า ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ก๊าซ NGV มีการปลดปล่อยรวมเท่ากับ 10.8 ตันต่อปี (เมื่อเปรียบเทียบกับก๊าซ CO_2) ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยจากการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ซึ่งมีค่า 10.6 ตันต่อปี

เชษฐวุฒิ ภูมิพิพัฒน์พงศ์ (2554) ได้ทดสอบการปลดปล่อยสารมลพิษจากเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซ NGV 2 ระบบ ได้แก่ ระบบจ่ายเชื้อเพลิงด้วยระบบก๊าซแบบวงจรปิด และระบบหัวฉีดก๊าซแบบแยกสูบ พบว่า เครื่องยนต์ที่ติดตั้งระบบหัวฉีดก๊าซแบบแยกสูบบมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบดูดก๊าซ และพบว่า เครื่องยนต์ที่ติดตั้งระบบหัวฉีดแบบแยกสูบบมีค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO ต่ำกว่าระบบดูดก๊าซถึงร้อยละ 50 ส่วนข้อเสียในระบบหัวฉีด คือ ปริมาณก๊าซ NO_x ที่มีค่าสูง

มลธิรา สดชื่น (2554) ได้ศึกษาค่า EF จากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ และ 4 จังหวะ โดยทำการทดสอบรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง 2 จังหวะ จำนวน 11 คัน และรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ จำนวน 26 คัน จากห้องทดสอบยานพาหนะ โดยเก็บตัวอย่างจากปลายท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยระดับความเร็วต่างกัน โดยมีปัจจัย คือ ความเร็วในการขับขี่ ได้แก่ 20-30, 30-40 และ 40-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ค่าเฉลี่ยในทุกช่วงความเร็ว และน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ น้ำมันเบนซิน 91 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 และ 95 ผลการทดสอบพบว่า รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะที่ใช้ น้ำมันเบนซิน 91 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 และ 95 มีการปลดปล่อยก๊าซ CO มากกว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะเท่ากับ 1.46, 1.57 และ 1.39 เท่า ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยของการปลดปล่อย CO₂ จากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภท พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เมธิกา จอมราชคมน์ (2554) ได้ประเมินค่า EF และเปรียบเทียบสารมลพิษทางอากาศ รวมถึงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจากรถโดยสารประจำทาง ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล และก๊าซ NGV โดยทดสอบบนแท่นทดสอบ เพื่อตรวจวัดก๊าซ THC, NO_x, CO, CO₂ และอนุภาคฝุ่นละออง จากช่วงความเร็วต่าง ๆ ได้แก่ 1) 12-20 2) 20-30 3) 30-50 และ 4) ความเร็วรวมของทั้ง 3 ช่วง คือ 12-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่ารถโดยสารประจำทางที่ใช้ก๊าซ NGV มีค่าเฉลี่ยของการปลดปล่อยก๊าซ THC สูงกว่ารถที่ใช้ น้ำมันดีเซลในทุกช่วงความเร็ว ส่วนค่าเฉลี่ยของการปลดปล่อยฝุ่นละออง และค่าเฉลี่ยของการใช้เชื้อเพลิงมีค่าน้อยกว่ารถที่ใช้ น้ำมันดีเซลในทุกช่วงความเร็ว ในขณะที่ค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยก๊าซ NO_x, CO และ CO₂ ของรถทั้งสองชนิดในทุกช่วงความเร็วมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

สำนักนโยบายและแผนการขนส่งจราจร (2555) ได้ทำการพัฒนาค่า EF ของ GHG ในรูปของก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะจำนวน 73 คัน จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่มีการกำหนดช่วงความเร็วเฉลี่ย 30 และ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และประเมินการปลดปล่อยด้วยการพัฒนาแบบจำลอง eBum เพื่อจัดทำฐานข้อมูลมลพิษด้านการวางแผนการขนส่ง ผลการศึกษาพบค่า EF ที่ความเร็วเฉลี่ย 30 และ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากยานพาหนะ ได้แก่ รถดีเซลใหญ่มีค่า EF เท่ากับ 821 และ 577 กรัมต่อกิโลเมตร รถดีเซลเล็กมีค่า EF เท่ากับ 203 และ 154 กรัมต่อกิโลเมตร รถเบนซินมีค่า EF เท่ากับ 178 และ 126 กรัมต่อกิโลเมตร และรถจักรยานยนต์มีค่า EF เท่ากับ 33 และ 29 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

อาภาพัชร หุ่นศิริตระกูล (2555) ได้ศึกษาการปลดปล่อย GHG จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของอากาศยาน เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานและการประเมินการปล่อย GHG ภายใต้วงจร Landing and Take-Off (LTO) และขณะทำการบิน โดยทำการวิเคราะห์และประเมินข้อมูลในปี 2011 ผลการศึกษาพบว่า ในปี 2011 มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล คือ 495,037.13 ตัน และมี

ค่าการปลดปล่อย GHG เท่ากับ 1,577,922.75 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และสามารถพยากรณ์การใช้เชื้อเพลิงในปี 2012-2020 ได้โดยการประเมินจากมาตรการการลดก๊าซเรือนกระจกพบว่า การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีไม่ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายในการลด GHG ได้ และยังพบว่า เชื้อเพลิงชีวภาพสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางของการช่วยลดการปลดปล่อย GHG ได้

Aslam และคณะ (2006) ได้ทำการทดลองดัดแปลงใช้ก๊าซธรรมชาติมาเป็นเชื้อเพลิงกับรถยนต์เบนซิน ขนาดเครื่องยนต์ 1.5 ลิตร เพื่อหาอัตราการสิ้นเปลือง และปริมาณสารมลพิษจากการใช้น้ำมันเบนซิน และก๊าซ NGV พบว่า โดยเฉลี่ยแล้วการใช้ก๊าซ NGV จะเป็นการช่วยลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ลงประมาณร้อยละ 80 และช่วยลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ลงได้ร้อยละ 20 และลดไฮโดรคาร์บอนลงได้ร้อยละ 50 หากแต่ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนพบว่ามีปริมาณที่สูงขึ้นร้อยละ 33

Hausberger และคณะ (2003) ดำเนินการพัฒนาวีธีประเมินการปลดปล่อยไอเสียรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ ซึ่งได้รับข้อมูลและความร่วมมือจากกลุ่มสหภาพยุโรป โดยได้อธิบายค่า EF ที่มีอยู่เดิม และนำมาเปรียบเทียบกับค่า EF ที่พัฒนาขึ้นใหม่ ซึ่งผลที่ได้จากการตรวจวัดในห้องปฏิบัติการอุโมงค์ลม (Tunnel Measurement) พบว่า ค่า EF ที่พัฒนาขึ้นนั้นมีค่าต่ำกว่าฐานข้อมูลที่มีอยู่เดิมอย่างมีนัยสำคัญ และสอดคล้องกับงานวิจัยการประเมินมลพิษจากยานพาหนะบนถนนของ Choi และ Frey (2009) และการศึกษาของ Liu และคณะ (2015) ที่ได้ทำการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในเขตเมืองซีอาน ประเทศจีน พบว่า แหล่งกำเนิดยานพาหนะจากการจราจรมีการปลดปล่อย GHG โดยรวมสูงกว่าพื้นที่อุตสาหกรรม

Mello และคณะ (2006) ได้ทำการทดสอบเพื่อหาแรงม้าสูงสุดของรถยนต์ที่ใช้ก๊าซ NGV พบว่า ค่าแรงม้าสูงสุดจะลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 15-30 หากไม่มีการควบคุมปริมาณของอากาศและเชื้อเพลิงที่เหมาะสม และหากมีการควบคุมก็จะสามารถช่วยลดให้อยู่ในช่วงร้อยละ 13-17 ได้เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้้ำมันเบนซิน ซึ่งแรงม้าที่ลดลงนี้เป็นผลมาจากประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency) จากปฏิกิริยาการสันดาปของเครื่องยนต์มีค่าต่ำลง เนื่องจากก๊าซธรรมชาติซึ่งอยู่ในรูปของก๊าซ เมื่อถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้จะเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้จนหมด ซึ่งแตกต่างจากน้ำมันเบนซินที่จะมีบางส่วนที่ยังคงอยู่ในรูปของเหลว และคงค้างอยู่ในกระบอกสูบ และในด้านของสารมลพิษโดยรวม พบว่า ปริมาณของสาร HC จะลดลงประมาณร้อยละ 90 และการปลดปล่อยก๊าซ CO ลดลงประมาณร้อยละ 56

Graham (2008) ได้ทดสอบไอเสียจากรถยนต์ดีเซลใหญ่ด้วยเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ เช่น ไบโอดีเซล ก๊าซ NGV ก๊าซฮีเทน (ก๊าซไฮโดรเจนร้อยละ 20 ผสมกับก๊าซ NGV ร้อยละ 80) และ

ก๊าซ LPG ทดสอบบนแท่นทดสอบ เพื่อหาอัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO₂, CH₄ และ N₂O และคำนวณการใช้เชื้อเพลิงด้วยวิธีคำนวณสมดุลคาร์บอน (Carbon Balance) จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ ผลการทดสอบพบว่า กลุ่มรถยนต์ดีเซลใหญ่ที่ไม่มีการบำรุงรักษามีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เป็นหลัก โดยสัดส่วนของก๊าซ CO₂, CH₄ และ N₂O คือ 88.8 : 11 : 0.2 ตามลำดับ และจากฐานข้อมูลรายงานการปลดปล่อย GHG ในส่วนของกลุ่มที่ติดตั้งอุปกรณ์ลดมลพิษ และไม่ได้ติดตั้งพบว่า ทั้งสองกลุ่มมีการปลดปล่อยก๊าซ N₂O ปริมาณสูง และพบก๊าซ CH₄ จากรถที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์บำบัดมลพิษ และจากรถที่มีการใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล สำหรับรถที่ติดตั้งอุปกรณ์ลดมลพิษพบว่า ไม่มีการปลดปล่อย GHG เกิดขึ้น ซึ่งผลของการทดสอบมีความขัดแย้งกับงานวิจัยของ Gatts และคณะ (2012) ซึ่งพบการปลดปล่อย GHG จากรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ ส่วนการใช้เชื้อเพลิงประเภทก๊าซ NGV และฮีเทนจะสามารถช่วยลดการปลดปล่อย GHG ได้ร้อยละ 10-20 เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล นอกจากนี้ยังพบว่า ควรใช้ค่า EF ของก๊าซ CH₄ และ N₂O จากรถยนต์ดีเซลที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล และก๊าซธรรมชาติเป็นข้อมูลสำหรับการประเมิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Akansu และคณะ, 2007) ซึ่งพบค่า EF ของก๊าซ CO₂, CH₄ และ N₂O มีค่าต่ำกว่ารายงานขององค์การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ทุกชนิด และจากการศึกษาของ Bellasio และคณะ (2007) พบว่า การควบคุมแหล่งกำเนิดรถชนิดดีเซลใหญ่สามารถทำให้ปริมาณมลพิษลดลงในเขตเมืองอย่างมีนัยสำคัญ

Winkler และคณะ (2008) ได้ทำการศึกษาหาผลกระทบต่ออุปกรณ์ Catalytic Convertor แบบสามทาง จากรถยนต์ส่วนบุคคลที่ใช้ก๊าซ NGV และน้ำมันเบนซิน โดยแบ่งระยะการใช้งานของรถยนต์ออกเป็นช่วง 2,500 7,500 12,500 22,500 และ 35,000 กิโลเมตร และใช้รูปแบบการขับขี่แบบ New European Driving Cycle (NEDC) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณของก๊าซ CO และก๊าซ NO_x เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า หากแต่ในส่วนของก๊าซ HC จากการใช้ก๊าซ NGV พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นถึง 8 เท่า ในขณะที่การใช้น้ำมันเบนซินมีค่าสูงขึ้น 2 เท่า ดังตารางที่ 2.16

ตารางที่ 2.16 เปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษตามระยะทางการใช้งานของรถยนต์ที่ใช้ก๊าซ NGV และน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง

| เลขระยะทาง (กิโลเมตร) | THC (กรัม/กิโลเมตร) | | CO (กรัม/กิโลเมตร) | | NO _x (กรัม/กิโลเมตร) | |
|--------------------------|---------------------|----------|--------------------|----------|---------------------------------|----------|
| | NGV | Gasoline | NGV | Gasoline | NGV | Gasoline |
| 2,500 | 0.003 | 0.002 | 0.86 | 1.84 | 0.01 | 0.008 |
| 12,500 | 0.006 | 0.002 | 1.46 | 2.98 | 0.03 | 0.01 |
| 22,500 | 0.009 | 0.003 | 1.16 | 3.77 | 0.01 | 0.01 |
| 35,000 | 0.04 | 0.005 | 1.87 | 3.25 | 0.03 | 0.01 |

ที่มา : Winkler และคณะ (2008)

Zhang และคณะ (2008) ได้พัฒนาค่า EF ของรถยนต์ชนิดต่าง ๆ โดยพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น มาตรฐานไอเสีย และมาตรฐานเชื้อเพลิง เป็นต้น รวมทั้งข้อมูล EF ในอดีต และการใช้เชื้อเพลิงในอดีต เพื่อพัฒนาวิธีการประเมินสัดส่วนของการใช้เชื้อเพลิงกับการใช้รถยนต์ในสภาพจริง และอัตราการเพิ่มขึ้นของรถยนต์เก่า และรถยนต์ใหม่ โดยปริมาณรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นในประเทศจีนสามารถจำแนกปริมาณก๊าซ CO, VOCs, NO_x, PM₁₀ และ CO₂ จากการจราจรบริเวณเมือง Hangzou ในปี 2004-2030 ได้ทั้งหมด 2 แบบ คือ 1) การใช้มาตรฐาน National I และ National II ซึ่งเป็นมาตรฐานเก่า ทั้งนี้พบว่า ไม่สามารถลดค่า EF จากเครื่องยนต์ไฮบริดได้ และ 2) การใช้มาตรฐาน National III และ National IV พบว่า สามารถลดปริมาณค่า EF จากยานพาหนะได้ทุกชนิด นอกจากนี้ยังพบว่าค่า EF มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี 2004 จนถึงปี 2030 โดยการปลดปล่อยของก๊าซ CO, VOCs, NO_x และ PM₁₀ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 467.5, 61.4, 8.31 และ 78.3 ตามลำดับ ส่วนก๊าซ CO₂ พบว่า มีอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 770.5 ของทุกปีตั้งแต่ปี 2004-2030

2.6.3 การศึกษาวิธีประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ

Wang และคณะ (2005) ได้พัฒนาแบบจำลอง FLEET ด้วยพื้นฐานโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Excel) ไมโครซอฟท์แอคเซส (Access) เพื่อช่วยให้เจ้าของโครงการจัดการมลพิษที่มีแหล่งกำเนิดจากรถยนต์ดีเซลใหญ่บนถนน เพื่อให้หน่วยงานที่สนใจใช้ดำเนินการจัดการลดการปล่อยมลพิษ ได้แก่ ฝุ่นละออง ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหยง่าย ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับรถบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซลบนถนน หรือที่ไม่ใช่ถนน โดยมีตัวเลือกในการจัดการลดมลพิษ เช่น การปรับปรุงเชื้อเพลิงที่ใช้ การติดตั้งอุปกรณ์บำบัดมลพิษ การและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องยนต์ที่มีมาตรฐาน เพื่อประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากยานพาหนะบนท้องถนนเป็นรายปี ทำให้ผู้ใช้ได้รับประโยชน์ในการประเมินผลการปลดปล่อยมลพิษเนื่องจากแบบจำลอง FLEET มีระบบการทำงานที่มีความรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพในการดำเนินโครงการลดการปล่อยมลพิษ

Ichinohe และ Endo (2006) ทำการศึกษาแบบจำลอง MARKAL เพื่อประเมินค่าใช้จ่ายของการใช้พลังงานในประเทศญี่ปุ่นกับความสัมพันธของการช่วยลดการปล่อยก๊าซ CO₂ จากระบบรถโดยสารตั้งแต่ปี 1998-2032 โดยได้ทำการประเมินรายจ่ายสูงสุดจากการใช้พลังงานในการลดปริมาณก๊าซ CO₂ ให้ลดลงได้ร้อยละ 8 เริ่มต้นจากปี 1990 จนถึงปี 2030 ผลการศึกษา พบว่ารถยนต์ไฮบริดเป็นเทคโนโลยีสะอาดที่สามารถช่วยลดมลพิษโดยรวมได้ร้อยละ 62 แต่ถ้ายานพาหนะมีจำนวนที่เพิ่มขึ้นจนถึงปี ค.ศ. 2030 และรูปแบบแนวทางจำกัดการปล่อยก๊าซ CO₂ ต้องใช้งบประมาณ 1.23 พันล้านเหรียญสหรัฐฯ ต่อปีจนถึงปี 2030 แต่หากมีการจัดเก็บภาษีคาร์บอนโดยคิดเป็นสัดส่วน 31 เหรียญสหรัฐฯ ต่อ 1 ตันคาร์บอน จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดการมีเพียงพอในการลดก๊าซ CO₂

ให้ได้ตามเป้าหมาย ทั้งนี้ต้องมีการสนับสนุนการใช้รถยนต์ประเภทไฮบริด และร่วมระดมทุนจากการเก็บภาษีคาร์บอนด้วย และจากการศึกษาของ Dodds และ McDowall (2014) ซึ่งได้จัดทำวิธีการประเมินก๊าซ CO₂ จากการจราจรขนส่งด้วยแบบจำลองระบบพลังงาน (Energy System Models) และประเมิน GHG จากเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ด้วยแบบจำลอง MARKAL พบว่า เมืองฟูกูชิม่าของประเทศญี่ปุ่นที่มีการจำกัดจำนวนยานพาหนะ และการควบคุมไอเสียที่เข้มงวดขึ้นสามารถช่วยลดปลดปล่อย GHG ได้

Moran (2007) ได้พัฒนาโครงสร้างการคำนวณก๊าซ CO₂ จากการจราจรของสหภาพยุโรป เพื่อใช้เปรียบเทียบข้อมูลกับพิธีสารเกียวโต โดยใช้ความสัมพันธ์ของค่า EF เพื่อนำมาอธิบายลักษณะการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันในแต่ละประเทศ สอดคล้องกับการทดลองของ Ariztegui และ Casanova (2004) ที่ศึกษาการปลดปล่อยมลพิษในเขตเมืองใหญ่ และ Gonzalez และคณะ (2007) ได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากระบบจราจรในสหภาพยุโรปที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของเทคโนโลยีไอเสียที่ผ่านมานั้นพบว่า ยังไม่สามารถทำการควบคุม และประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากอดีตจนถึงปัจจุบันได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาค่าตัวคูณของสหภาพยุโรป (Defra, 2009)

Bellasio และคณะ (2007) ได้ทำการประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากการจราจรในเมือง Sardinia ประเทศอิตาลี และใช้วิธีศึกษาแบบละเอียดย (Bottom-up) ด้วยการใชแบบจำลอง COPERT III ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มรถโดยสารที่มีน้ำหนักบรรทุกทุกน้อยกว่า 1.4 ตัน มีอัตราการปลดปล่อยมลพิษสูงกว่ารถชนิดอื่น อีกทั้งมีการปลดปล่อย GHG ได้แก่ ก๊าซ CO₂, CH₄ และ N₂O มากกว่ารถชนิดอื่น ๆ ด้วยเช่นกันคิดเป็นร้อยละ 38.7, 60.2 และ 37.9 ตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Graham และคณะ (2009) ที่ได้ทำการศึกษา GHG จากยานพาหนะและก๊าซ N₂O โดยทำการทดสอบรถยนต์จากห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษ นอกจากนี้ Wang และคณะ (2016) ได้ทำการศึกษาและพบว่า ปริมาณก๊าซ O₂ ที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงมีค่าลดลง หากแต่ความเร็วของรถทดสอบเพิ่มขึ้น และส่งผลให้ปริมาณก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Lumbreras (2008) ศึกษาแนวทางลดการปลดปล่อยมลพิษจากการจราจรของเมือง Madrid ประเทศสเปน ในระหว่างปี 2004-2012 โดยพิจารณามลพิษที่สำคัญคือ ก๊าซ SO₂, NO_x, NMVOC, โลหะหนัก, CO, ฝุ่นละออง และก๊าซ CO₂ จากการศึกษา พบว่า การเพิ่มขึ้นของรถยนต์ ส่งผลให้แนวโน้มของมลพิษส่วนใหญ่ลดลง เนื่องจากการใช้มาตรฐานยูโร (EURO) ที่เข้มงวดขึ้นเพื่อควบคุมมลพิษโดยรวม ยกเว้นก๊าซ CO₂ ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เพราะยังไม่มีเทคโนโลยีที่ดีพอในการควบคุม ประกอบกับการเพิ่มขึ้นของรถยนต์อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้เชื้อเพลิง

ชีวภาพ (Biofuel) และการแก้ไขระบบจราจรที่ติดขัดสามารถช่วยลดการปลดปล่อยมลพิษโดยรวมได้ถึงร้อยละ 16.04

Nejadkoorki และคณะ (2008) ประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากการจราจรในพื้นที่ถนนและเขตเมืองด้วยวิธีประเมินทั้งหมด 3 แบบ ซึ่งผลจากการใช้เริ่มจากแบบจำลอง SATURN สำหรับลักษณะการจราจรบนถนนได้นำมาศึกษาอย่างต่อเนื่อง คือ จัดทำแบบจำลอง MATLAB เพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และใช้โปรแกรม ArcGIS สำหรับอธิบายผลการศึกษาในพื้นที่เขตเมือง Norwich ประเทศอังกฤษ และทดสอบการจับคู่ในแต่ละแบบจำลองด้วยสถิติ Loose-Coupling โดยมีปัจจัยอิสระต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากรถยนต์ และผลจากการศึกษาของ Amagai และคณะ (2014) ที่ได้พัฒนาวิธีประเมินการใช้พลังงานที่ปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในปริมาณน้อยจากแหล่งกำเนิดยานพาหนะสำหรับใช้ดำเนินการในแผนลด GHG อีกด้วย

Singh และคณะ (2008) ศึกษารูปแบบการปลดปล่อย GHG จากการขนส่งในประเทศอินเดีย จากข้อมูลตั้งแต่ปี 1980-2000 พบว่า มีการปลดปล่อย GHG เปรียบเทียบกับก๊าซ CO₂ มีค่าเท่ากับ 59 เมกะตัน (ปี 1990) และปริมาณ GHG ในปี 2000 มีค่าเท่ากับ 106 เมกะตัน โดยเฉพาะในปี 2000 การปลดปล่อย GHG ทุกชนิดเมื่อเทียบกับก๊าซ CO₂ ที่ปลดปล่อยทั้งหมดในประเทศอินเดียมีค่าเท่ากับ 988 เมกะตัน ซึ่งปัจจัยในการปลดปล่อย GHG คือ การเติบโตทางภาคการขนส่ง และการจราจรมีการปลดปล่อย GHG สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

Baidya และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษามลพิษจากการขยายตัวของระบบจราจรในประเทศอินเดีย โดยพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ด้วยวิธีแบบละเอียด (Bottom-up) ซึ่งได้มีการแบ่งกลุ่มของระยะทางที่รถยนต์เคลื่อนที่ (Mileage) ออกเป็น 7 กลุ่มเทคโนโลยี กับอายุรถยนต์ทั้งหมด 4 ชนิด และกลุ่มเชื้อเพลิงทั้งหมด 3 ชนิด ซึ่งเป็นการศึกษาในเขตเมืองทั้งหมด 4 เมืองที่มีความแตกต่างกัน แล้วนำมาคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และทำการเปรียบเทียบเลขระยะทางกับสัดส่วนของการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งในการศึกษาปริมาณมลพิษที่มีการปลดปล่อยทั้งหมดเปรียบเทียบกับการปลดปล่อยในปี 1980 พบว่า การบำรุงรักษาเครื่องยนต์มีผลทำให้ปริมาณมลพิษลดลง และต้องมีการจัดการควบคุมผู้ผลิตในพัฒนาเทคโนโลยีลดมลพิษเพื่อลดมลพิษจากยานพาหนะ เช่น ก๊าซ CO₂

Asian Development Bank (2010) ได้จัดทำโครงการประเมินการปลดปล่อย GHG จากกิจกรรมการก่อสร้างถนนของภาคการขนส่งในประเทศไทย โดยการหาความสัมพันธ์จากกิจกรรมการเดินทาง ความหนาแน่นของยานพาหนะ โครงสร้างถนน และเชื้อเพลิงที่ใช้ สำหรับประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้กับมลพิษชนิดอื่นได้ โดยได้นำเข้าข้อมูลที่ใกล้เคียงกับสภาพจริงของช่วงเวลามาทำการศึกษา พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในระยะก่อสร้าง

ถนนหลวงชนบทอยู่ระหว่าง 5-103 ต้นต่อกิโลเมตร และเมื่อก่อสร้างถนนเสร็จแล้ว พบว่า ระยะทางของช่องทางหรือเลน และลักษณะพื้นผิวถนน มีความสัมพันธ์กับระยะทางที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ได้ และส่งผลต่อมลพิษที่ปลดปล่อยออกมาอย่างมีนัยสำคัญ

Wang และคณะ (2011) ศึกษาการปลดปล่อยไอเสียที่เพิ่มขึ้นของเมือง Beijing, Shanghai และ Guangzhou ในประเทศจีน ตั้งแต่ปี 1995-2005 ผลการศึกษาพบว่า มลพิษหลัก ได้แก่ CO, HC, NO_x และ PM₁₀ มีแนวโน้มลดลง อันเป็นผลมาจากการใช้มาตรการ และนโยบายควบคุมไอเสียในพื้นที่ศึกษา หากแต่อัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นของระบบเศรษฐกิจที่มีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังพบว่า รถโดยสาร และรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่เป็นแหล่งกำเนิดหลักของก๊าซ CO₂ และ CO ในเขตเมือง ประกอบกับจำนวนจักรยานยนต์ที่เพิ่มขึ้นในเขตเมือง Shanghai และ Guangzhou ของประเทศจีน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tsai (2000) ที่ศึกษาตัวคูณมลพิษของรถจักรยานยนต์ที่ส่งผลให้มีการปลดปล่อยไอเสียเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Wang และคณะ (2010) ยังได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยไอเสียที่เพิ่มขึ้นของเมืองปักกิ่ง เซี่ยงไฮ้ และกวางเจา ในประเทศจีน ตั้งแต่ปี 1995-2005 ผลการทดลองพบว่า มลพิษหลัก ได้แก่ CO, HC, NO_x และ PM₁₀ มีแนวโน้มลดลง และยังพบว่า จำนวนรถยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่เพิ่มขึ้นมีการปลดปล่อยปริมาณก๊าซ CO₂ สูงขึ้นเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบของ Ceper และคณะ (2009) และ Chiang และคณะ (2009)

Seers (2015) ได้จัดทำฐานข้อมูลรูปแบบการขับขี่ (Driving Cycles) ของยานพาหนะแบ่งเป็น 2 รูปแบบในสภาพที่แตกต่างกัน คือ 1) รูปแบบการขับขี่ในชั่วโมงเร่งด่วน และ 2) รูปแบบการขับขี่ในชนบท เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของมลพิษที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิง (Fuel Consumption) จากยานพาหนะ โดยใช้วิธีติดตั้งเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) เพื่อบันทึกความเร็วของชนิดรถยนต์เบนซินขนาดเล็กที่ใช้เก็บตัวอย่างจากสภาพการจราจร ผลการศึกษาพบว่า ในเขตชนบทที่มีพฤติกรรมการขับขี่ที่ใช้ความเร็วสูงมาก และต่ำมาก มีอัตราการปลดปล่อยมลพิษน้อยกว่าในเขตเมืองในชั่วโมงเร่งด่วนที่ใช้ความเร็วต่ำ และมีปริมาณยานพาหนะมาก

Karavalakis และคณะ (2016) ทำการประเมินการปลดปล่อย GHG และมลพิษอื่นจากรถยนต์ประเภทดีเซลขนาดใหญ่ที่ใช้ก๊าซ NGV พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซ CH₄ ในปริมาณต่ำ แต่พบก๊าซ CO ก๊าซ NH₃ และสารคาร์บอนิล (Carbonyl) ในปริมาณสูง และพบว่า น้ำมันเครื่องที่หล่อลื่นในระบบเครื่องยนต์นั้นเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษไอเสีย เนื่องจากเครื่องยนต์มีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Dardiotis และคณะ (2015) พบว่า ปริมาณก๊าซ CO มีปริมาณลดลงจากการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิงชนิด E5, E75 และ E85 ที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูลการทดสอบยานพาหนะจากห้องปฏิบัติการ

ข้อมูลการทดสอบได้มาจากการนำยานพาหนะที่อยู่ระหว่างการใช้งานหรือใช้งานแล้ว (In-use Vehicles) ได้แก่ รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก รถยนต์เบนซิน และรถจักรยานยนต์ มาสังเคราะห์จากฐานข้อมูลของห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2542) ประกอบกับตัวอย่างยานพาหนะที่ทดสอบในห้องปฏิบัติการ (ดังภาคผนวก ข) มีลักษณะการทำงานเป็นการจำลองการขับขี่บนถนนในสภาพเสมือนจริง มาทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการด้านยานยนต์ และมีการเก็บตัวอย่างไอเสียตลอดระยะเวลาของการขับขี่ ซึ่งข้อมูลที่ได้รับนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานสากลที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน อาทิ ข้อกำหนดมาตรฐานในต่างประเทศ เช่น Directive 96/69/EEC (EURO II), Directive 1999/102/EC(A) (EURO III) และมาตรฐานในประเทศไทย คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2155-2546 และ มอก. 2160-2546 โดยมีแผนผังการทดสอบสารมลพิษจากห้องปฏิบัติการในแต่ละชนิดรถ ซึ่งสามารถแบ่งการทดสอบเป็น 4 ชนิด ได้แก่ 1) กลุ่มรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (Heavy Duty Diesel Vehicles, HDDV) 2) กลุ่มรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (Light Duty Diesel Vehicles, LDDV) 3) กลุ่มรถยนต์เบนซินขนาดเล็ก (Light Duty Gasoline Vehicles, LDGV) และ 4) กลุ่มรถจักรยานยนต์ (Motorcycles, MC) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของการทดสอบการปลดปล่อย GHG ในรูปของไอเสียจากยานพาหนะในปัจจุบัน ทั้งนี้ยานพาหนะชนิดต่าง ๆ มีเครื่องหมายการค้าหลากหลายชนิด จึงได้ทำการจำแนกตัวอย่างตามชนิดของยานพาหนะ ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มรถทดสอบก๊าซ CO₂ สำหรับเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ และ 2) กลุ่มรถทดสอบก๊าซ CO₂ และ CH₄ สำหรับเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงเฉพาะก๊าซธรรมชาติอัด (Compressed Natural Gas, CNG หรือสำหรับประเทศไทยใช้ชื่อ Natural Gas for Vehicles, NGV) และจำแนกปัจจัยต่าง ๆ สำหรับเปรียบเทียบผลการทดสอบ ได้แก่ ชนิดของยานพาหนะ ขนาดเครื่องยนต์ที่ใช้ในรูปของความจุกระบอกสูบ (Cubic Centimeters, cc.) และชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ เป็นต้น ทั้งนี้ได้ทำการทดสอบ และเก็บรวบรวมผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะที่ผ่านมา ดังตารางที่ 3.1 ถึง 3.4 รวมทั้งแสดงดังตารางภาคผนวก ค-1 ถึง ค-7

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างยานพาหนะกลุ่มที่ 1 สำหรับวิเคราะห์ค่า EF-CO₂ กับเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

| ยานพาหนะใช้งาน (In-use Vehicles) | ชนิดของยานพาหนะ (Vehicle Types) | จำนวนที่ ทดสอบ (คัน) | ชนิดเชื้อเพลิงที่ ใช้ในประเทศไทย (Thailand Fuel Types) |
|-------------------------------------|--|----------------------------|--|
| รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (HDDV) | รถประจำทาง (BUS) | 169 | น้ำมันดีเซล และก๊าซธรรมชาติ (Diesel and NGV) |
| รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (LDDV) | รถปิกอัพและรถตู้ (Pick Up and Van) | 230 | น้ำมันดีเซลชนิดต่าง ๆ (Diesel, B2, B5, B20, B50 และ B100) |
| รถยนต์เบนซินขนาดเล็ก (LDGV) | รถเก๋งส่วนบุคคล (Passenger Car) | 230 | น้ำมันเบนซินชนิดต่าง ๆ ก๊าซหุงต้มและก๊าซธรรมชาติ (Gasoline 91, Gasoline 95, Gasohol 91, Gasohol 95, LPG และ NGV) |
| รถจักรยานยนต์ (MC) | รถจักรยานยนต์ และรถตุ๊กตุ๊ก ที่มีขนาดเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Motorcycle and Tuk-Tuk) | 79 | น้ำมันเบนซินชนิดต่าง ๆ และก๊าซหุงต้ม (Gasoline 91, Gasoline 95, Gasohol 91, Gasohol 95 และ LPG) |

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างยานพาหนะกลุ่มที่ 2 ที่ใช้ในการทดสอบ EF-CO₂ แบ่งตามช่วงความเร็ว

| ยานพาหนะใช้งาน (In-use Vehicles) | ชนิดของยานพาหนะ (Vehicle Types) | จำนวนที่ทดสอบ (คัน) | ชนิดเชื้อเพลิงที่ ใช้ในประเทศไทย (Thailand Fuel Types) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|--|
| HDDV | รถประจำทาง (BUS) | 5 | Diesel NGV |
| LDDV | รถปิกอัพและรถตู้ (Pick Up and Van) | 5 | Diesel NGV |
| LDGV | รถเก๋งส่วนบุคคล (Passenger Car) | 5 | Gasohol 95 Gasohol 91 LPG, NGV |
| MC | รถจักรยานยนต์ (Motorcycle) | 5 | Gasoline 91 Gasohol 95 Gasohol 91 |

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างยานพาหนะกลุ่มที่ 3 ที่ใช้เชื้อเพลิง NGV สำหรับการวิเคราะห์ค่า EF-CH₄

| กลุ่มยานพาหนะใช้งาน (In-use Vehicles) | ชนิดของยานพาหนะ (Type of vehicle) | ชนิดเครื่องยนต์ (Engine Type) |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|
| HDDV | รถประจำทาง | ดีเซล |
| LDDV | รถปิคอัพและรถตู้ | ดีเซล |
| LDGV-1 | รถเก๋งส่วนบุคคล | เบนซิน |
| LDGV-2 | รถเก๋งส่วนบุคคล | เบนซิน |
| LDGV-3 | รถเก๋งส่วนบุคคล | เบนซิน |
| LDGV-4 | รถเก๋งส่วนบุคคล | เบนซิน |
| LDGV-5 | รถเก๋งส่วนบุคคล | เบนซิน |
| LDGV-6 | รถเก๋งส่วนบุคคล | เบนซิน |
| LDGV-7 | รถเก๋งส่วนบุคคล | เบนซิน |
| LDGV-8 | รถเก๋งส่วนบุคคล | เบนซิน |
| LDGV-9 | รถเก๋งส่วนบุคคล | เบนซิน |

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างยานพาหนะกลุ่มที่ 4 เครื่องยนต์เบนซินที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์ ค่า EF-CH₄ แบ่งตามช่วงความเร็ว

| กลุ่มยานพาหนะใช้งาน เครื่องยนต์เบนซิน (In-use Gasoline Vehicles) | อายุใช้งาน (Ages) | ชนิดเชื้อเพลิง (Fuel Type) |
|--|--------------------------|-------------------------------|
| TAXI NGV < 5Y | อายุใช้งานน้อยกว่า 5 ปี | ก๊าซ NGV |
| TAXI NGV 5-7Y | อายุใช้งานระหว่าง 5-7 ปี | ก๊าซ NGV |
| TAXI NGV 7-9Y | อายุใช้งานระหว่าง 7-9 ปี | ก๊าซ NGV |
| TAXI NGV > 9Y | อายุใช้งานมากกว่า 9 ปี | ก๊าซ NGV |
| TAXI LPG < 5Y | อายุใช้งานน้อยกว่า 5 ปี | ก๊าซ LPG |
| TAXI LPG 5-7Y | อายุใช้งานระหว่าง 5-7 ปี | ก๊าซ LPG |
| TAXI LPG 7-9Y | อายุใช้งานระหว่าง 7-9 ปี | ก๊าซ LPG |
| TAXI LPG > 9Y | อายุใช้งานมากกว่า 9 | ก๊าซ LPG |
| PC NGV < 9Y | อายุใช้งานมากกว่า 9 | ก๊าซ NGV |
| PC LPG < 9Y | อายุใช้งานมากกว่า 9 | ก๊าซ LPG |
| PC Gasoline < 9y | อายุใช้งานมากกว่า 9 | น้ำมัน Gasoline |

3.2 วิธีการทดสอบยานพาหนะ

การทดสอบยานพาหนะแต่ละชนิด ได้แก่ รถยนต์ดีเซลใหญ่ รถยนต์ดีเซลเล็ก รถยนต์เบนซิน และรถจักรยานยนต์ จากการใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดกัน เพื่อให้ทราบปริมาณการปลดปล่อย GHG ที่ระบายออกจากท่อไอเสีย ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และมลพิษชนิดอื่น ๆ โดยข้อมูลที่ได้จากการทดสอบได้นำมาใช้ในการคำนวณอัตราการระบายสารมลพิษจากไอเสีย หรือค่าตัวคูณมลพิษ (Emission Factor) ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตรของยานพาหนะแต่ละประเภท รวมทั้งการคำนวณปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel Consumption) ในหน่วยกิโลเมตรต่อลิตร จากน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ รวมทั้งก๊าซ NGV ที่เป็นเชื้อเพลิงในการทดสอบด้วย ซึ่งการทดสอบหาปริมาณการปลดปล่อย GHG จากสภาวะการจราจร และรูปแบบการขับขี่ที่เกิดขึ้นจริงบนท้องถนน จึงต้องมีการจำลองสภาพการวิ่งให้ใกล้เคียงกับการขับขี่บนท้องถนนมากที่สุดหรือเสมือนจริง เพื่อให้ปริมาณสารมลพิษที่เกิดขึ้นในรูปของไอเสียมีปริมาณใกล้เคียงจากการใช้งานรถยนต์จริง ผลการทดสอบที่ได้นำมาประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษ (Emission Estimation) โดยได้ทำการประเมินในรูปแบบค่าเฉลี่ย ความเข้มข้นที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละกลุ่มของรถทดสอบชนิดต่าง ๆ โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

3.2.1 ก่อนการทดสอบยานพาหนะ

1) การจัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือของห้องปฏิบัติการเพื่อให้การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน โดยรถตัวอย่างจะได้รับการชั่งน้ำหนัก และตรวจสอบสภาพความพร้อมก่อนการทดสอบ ได้แก่ การตรวจสอบสภาพของเครื่องยนต์ ระบบเบรก ระบบเกียร์ ระบบท่อไอเสีย และตรวจสอบความดันของลมยาง เป็นต้น เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักจริง และใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับตั้งบนระบบแท่นทดสอบ (Chassis Dynamometer)

2) การตรวจสอบชนิดของเชื้อเพลิงรถทดสอบ และเพื่อให้การตรวจวัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเป็นไปอย่างถูกต้อง จึงได้ทำการคำนวณปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ได้แก่ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมัน (Fuel Density) เพื่อนำ ไปใช้ในการคำนวณ และประมวลผลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสำหรับการทดสอบ

3) การติดตั้งรถทดสอบบนแท่นทดสอบ (Chassis Dynamometer) โดยกำหนดให้ล้อขับเคลื่อนบนแท่นทดสอบ และตรึงตัวอย่างรถให้อยู่กับที่โดยใช้สายรัดให้แน่น ติดตั้งพัดลมระบายความร้อน และต่อท่อไอเสียของรถทดสอบตัวอย่างเข้ากับท่อเก็บตัวอย่างของระบบ CVS

4) รถที่ทำการทดสอบและผ่านการตรวจสอบสภาพความพร้อมในการจำลองสภาพของรถยนต์ให้เสมือนสภาพการขับขี่จริงบนท้องถนน จะมีการปรับค่าแรงต้านของรถตัวอย่าง โดยปรับตั้งตามค่าน้ำหนักที่ได้ทำการชั่งไว้ และหลังจากนั้นผู้ขับขี่รถยนต์จะทำการขับเคลื่อนรถยนต์ตัวอย่างตามวัฏจักรรูปแบบของ Bangkok Driving Cycle ที่กำหนด เพื่อสร้างความคุ้นเคยกับรถยนต์

และตรวจสอบความพร้อมของรถยนต์ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้ได้ถูกใส่ลงในโปรแกรมของการทดสอบ เพื่อให้สามารถสืบค้นข้อมูลของรถตัวอย่างที่ได้ทดสอบย้อนหลังได้ เช่น รายละเอียดของรถยนต์ ตัวอย่าง และรายละเอียดเงื่อนไขการทดสอบ เป็นต้น

5) การเตรียมระบบวิเคราะห์ไอเสีย โดยผู้ควบคุมการทดสอบได้ทำการเตรียมและตรวจสอบความพร้อมของรถตัวอย่าง ระบบแทนทดสอบ ระบบเก็บตัวอย่างไอเสีย ตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทดสอบ ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นของห้องทดสอบ รวมทั้งระบบวิเคราะห์ไอเสีย ระบบประมวลผล เป็นต้น ทั้งนี้เมื่อมีความพร้อมแล้วจึงดำเนินการทดสอบจริง

3.2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

เริ่มทำการทดสอบรถตัวอย่าง และเก็บตัวอย่างสารมลพิษจากไอเสีย โดยรถตัวอย่างได้ถูกขับเคลื่อนตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ที่ได้เลือกไว้ ด้วยความเร็ว และระยะเวลาตามที่กำหนด ในขณะเดียวกันระบบการเก็บตัวอย่าง GHG และสารมลพิษชนิดต่าง ๆ ได้ถูกเก็บจากไอเสียของรถตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดในวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ ด้วยถุงเก็บตัวอย่างอย่างต่อเนื่อง โดยที่สภาวะทดสอบในห้องปฏิบัติการต้องควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศในห้องทดสอบ และอากาศที่ใช้ทดสอบให้เป็นไปตามข้อกำหนด ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดสอบ โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างมลพิษจากไอเสียด้วยระบบ CVS ของรถทดสอบ แล้วนำไอเสียมาเจือจางด้วยอุปกรณ์ Critical Flow Venturi ซึ่งคอยควบคุมอัตราการไหลของตัวอย่างผสมไอเสียกับอากาศให้คงที่ โดยส่งไอเสียไปยังถุงเก็บตัวอย่าง (Bag Sampling) แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณ GHG และสารมลพิษอื่น ๆ ซึ่งการทดสอบนี้ได้ทำการบันทึกความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา เพื่อประเมินความถูกต้องของรูปแบบการทดสอบก่อนการวิเคราะห์ผล

3.2.3 การวิเคราะห์และประมวลผลการทดสอบ ประกอบด้วย

1) ระบบวิเคราะห์มลพิษได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณ GHG และสารมลพิษอื่นทั้งปริมาณไอเสียที่อ่านได้ในช่วงขณะขับขี่จากถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่ใช้ในการเจือจางไอเสีย (Background) และในถุงเก็บตัวอย่างที่ทำการเจือจางแล้ว (Diluted Sample) โดยนำมาเปรียบเทียบปริมาณมลพิษที่วิเคราะห์ได้ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษ และประเมินปริมาตรสารมลพิษในหน่วยของน้ำหนักของสารมลพิษต่าง ๆ แต่ละชนิด จากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมเฉพาะของระบบวิเคราะห์ไอเสีย

2) การประมวลผลข้อมูลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมเฉพาะของการทดสอบ โดยได้คำนวณสารมลพิษจากการเก็บตัวอย่างไอเสีย และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเมินผลในหน่วยระยะทางต่อปริมาตรเชื้อเพลิง (กิโลเมตรต่อลิตร) โดยความเข้มข้นของ GHG ทั้งก๊าซ CO₂

และ CH_4 นำมาประเมินผลในรูปปริมาณหน่วยของน้ำหนัก (กรัมต่อกิโลเมตร) โดยมีสมการที่ใช้ในการคำนวณ (1) ถึง (4) มีดังต่อไปนี้

1) การคำนวณหาค่า (Humidity Correction Factor)

$$kh = \frac{1}{1 - [0.0329(H - 10.71)]} \quad (1)$$

เมื่อ H = Absolute humidity

2) การคำนวณหาค่า Dilution Factor

$$DF = \frac{13.4}{C_{\text{CO}_2} + [(C_{\text{HC}} + C_{\text{CO}}) \times 10^{-4}]} \quad (2)$$

เมื่อ C_{CO_2} = ความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ที่วิเคราะห์ได้จากถุงเก็บตัวอย่าง (ppm)

C_{HC} = ความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอนที่วิเคราะห์ได้จากถุงเก็บตัวอย่าง (ppm)

C_{CO} = ความเข้มข้นของก๊าซ CO ที่วิเคราะห์ได้จากถุงเก็บตัวอย่าง (ppm)

3) การคำนวณค่า C_i จากสูตรการคำนวณ

$$C_i = C_e - \left[C_d \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right] \quad (3)$$

เมื่อ C_i = ความเข้มข้นของสารมลพิษที่ไม่ได้ผ่านการเจือจางด้วยอากาศ (ppm)

C_e = ความเข้มข้นของสารมลพิษที่วิเคราะห์ได้จากถุงเก็บตัวอย่างไอเสีย (ppm)

C_d = ความเข้มข้นของสารมลพิษที่วิเคราะห์ได้จากถุงเก็บตัวอย่างอากาศ (ppm)

4) การคำนวณค่า M_i จากสูตรการคำนวณ

$$M_i = \frac{V_{\text{mix}} \times \rho \times C_i \times 10^{-6}}{d} \quad (4)$$

เมื่อ M_i = น้ำหนักของสารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)

V_{mix} = ปริมาตรไอเสียที่เจือจางรวมกับอากาศ (ลิตร)

P = ค่า Density ของสารมลพิษ (กรัมต่อลิตร) โดยใช้ค่าดังนี้

THC 0.619 (กรัมต่อลิตร)

CH_4 0.619 (กรัมต่อลิตร)

NO_x 2.050 (กรัมต่อลิตร)

CO 1.250 (กรัมต่อลิตร)

CO₂ 1.964 (กรัมต่อลิตร)

C_i = ความเข้มข้นของสารมลพิษที่ไม่ได้ผ่านการเจือจางด้วยอากาศ (ppm)

D = ระยะทางที่ใช้ในการทดสอบ

เมื่อทำการคำนวณปริมาณการปลดปล่อย GHG และสารมลพิษที่เกิดขึ้นของรถทดสอบแต่ละชนิดแล้ว ทำการนำมาข้อมูลมาเปรียบเทียบความแตกต่างจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ และก๊าซธรรมชาติ (NGV) รวมทั้งนำผลการทดสอบทั้งหมดจากทุกกลุ่มตัวอย่าง มาประเมินหาอัตราการระบายสารมลพิษในรูปของค่าตัวคูณมลพิษ (Emission Factor)

3.3 การหาค่าตัวคูณมลพิษ (Emission Factor, EF)

การหาค่า EF ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน (g/km) ซึ่งสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ และก๊าซ CH₄ จากไอเสียยานพาหนะกับระยะทางที่วิ่งได้ (D'Angiola และคณะ, 2010) โดยการนำรถทุกชนิดที่ทดสอบมาหาค่าความแตกต่างทางสถิติ ดังสมการที่ (5) และ (6) ดังนี้

$$EF_{CO_2}(g/km) = \frac{\text{total } CO_2 \text{ Emission (g)}}{\text{VKT (km)}} \quad (5)$$

$$EF_{CH_4}(g/km) = \frac{\text{total } CH_4 \text{ Emission (g)}}{\text{VKT (km)}} \quad (6)$$

เมื่อ EF-CO₂ = ค่าตัวคูณมลพิษของ CO₂ ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร
 EF-CH₄ = ค่าตัวคูณมลพิษของ CH₄ ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร
 Total CO₂ Emission = ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ CO₂ ในหน่วยกรัม
 Total CH₄ Emission = ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ CH₄ ในหน่วยกรัม
 VKT = ค่าเฉลี่ยระยะทางที่รถวิ่ง (Vehicle Kilometer Traveled) ในหน่วยกิโลเมตร

สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อพัฒนาฐานข้อมูลนั้น ได้ทำการแยกข้อมูลออกเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อการเปรียบเทียบความเหมือนหรือคล้ายคลึง และความแตกต่างของค่า EF จากยานพาหนะ และเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลได้ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ปัจจัยในการศึกษาความสัมพันธ์ของค่า EF จากการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และ CH₄ ของยานพาหนะ

| ชนิดของยานพาหนะ (Vehicle Types) | รถยนต์ดีเซลใหญ่ (HDDV) | รถยนต์ดีเซลเล็ก (LDDV) | รถยนต์เบนซิน (LDDG) | รถจักรยานยนต์ (MC) |
|---|--|--|---|---------------------------------------|
| ชนิดเชื้อเพลิง (Fuel Types) | 1) น้ำมันดีเซล 2) ก๊าซ NGV | 1) น้ำมันดีเซล 2) ก๊าซ NGV | 1) น้ำมันเบนซิน 2) น้ำมันแก๊สโซฮอล 3) ก๊าซ LPG 4) ก๊าซ NGV | 1) น้ำมันเบนซิน 2) น้ำมันแก๊สโซฮอล |
| รูปแบบช่วงความเร็วของ Bangkok Driving Cycles | ค่า EF ของ HDDV กับ เชื้อเพลิงที่ใช้ | ค่า EF ของ LDDV กับ เชื้อเพลิงที่ใช้ | ค่า EF ของ LDDG กับเชื้อเพลิงที่ใช้ | ค่า EF ของ MC กับเชื้อเพลิงที่ใช้ |
| 1) ช่วงความเร็วเฉลี่ย (Average Speed) | | | | |
| 2) ช่วงความเร็วต่ำ (0-20 กม./ชม.) | | | | |
| 3) ช่วงความเร็วปานกลาง (20-40 กม./ชม.) | | | | |
| 4) ช่วงความเร็วสูง (40-80 กม./ชม.) | | | | |

3.4 การพัฒนาวิธีประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ

3.4.1 การพัฒนาวิธีประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ (ให้ค่าปริมาณมลพิษในหน่วยกรัม) โดยค่าที่ได้ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของยานพาหนะ ชนิดเชื้อเพลิง ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ และระยะทางที่วิ่งได้ เป็นต้น ซึ่งได้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาสำหรับรถหนึ่งคันในสภาพเสมือนจริง รวมทั้งปริมาณยานพาหนะที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นบนท้องถนน โดยวิธีประเมินการปลดปล่อยมลพิษนี้ ได้นำปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวมาคำนวณเพื่อให้ได้ค่าการปลดปล่อย GHG และมลพิษอื่นของกลุ่มยานพาหนะประเภทหนึ่ง โดยเป็นค่าเฉลี่ยสำหรับยานพาหนะประเภทนั้น ทั้งนี้การพัฒนาวิธีการประเมินมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของยานพาหนะที่ศึกษา คือ ชนิดของยานพาหนะ ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ ในการคำนวณค่า EF ของ GHG จากยานพาหนะทั้ง 4 ชนิด

2) การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย EF ของ GHG จากยานพาหนะทั้ง 4 ชนิด โดยใช้วิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for Social Science)

3) การรวบรวมข้อมูลชนิด จำนวนของยานพาหนะ ข้อมูลการจราจร ลักษณะหรือรูปแบบการจราจร หรือข้อมูลสภาพจราจร เพื่อหาความสัมพันธ์ของการปลดปล่อย GHG จากการศึกษา เช่น การเลือกถนน และข้อมูลปริมาณการจราจรบนถนนที่มีการจราจรหนาแน่นในพื้นที่เขตเมือง โครงการก่อสร้างถนนใหม่ หรือก่อสร้างถนนส่วนขยาย เป็นกรณีศึกษา ทั้งนี้เพื่อประเมินการปลดปล่อยสารมลพิษ (Emission Estimation) ของ GHG รวมทั้งปริมาณรวมของการใช้เชื้อเพลิง (Total Fuel Consumption) จากรถยนต์ที่ทดสอบในห้องปฏิบัติการจำลอง

4) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของพื้นที่ศึกษากับลักษณะการใช้ยานพาหนะ เพื่อสร้างเกณฑ์ประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะ และเพื่อหาความสัมพันธ์ของการปลดปล่อย GHG ด้วยการพัฒนาวิธีประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะ

5) ประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะด้วยวิธีการประเมิน ทั้งนี้เพื่อทดสอบและคาดการณ์ สถานการณ์จำลองต่าง ๆ ในการอธิบายการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะ จากปัจจัยต่าง ๆ หรือกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร และถนนของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ เขตเมือง เขตนอกเมือง และเขตชนบทของประเทศไทย เป็นต้น

3.4.2 การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากภาคการขนส่ง มีหลายวิธี โดยทั่วไปนิยมใช้หลักการหาความสัมพันธ์จากกิจกรรมการปลดปล่อยมลพิษของยานพาหนะในการจราจร (Activity) การศึกษาโครงสร้าง (Structure) ความหนาแน่นในระบบ (Intensity) และเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ในระบบ (Fuel) โดย

| | |
|-------------------------|---|
| กิจกรรม (Activity) | คือ การเดินทางและการขนส่งผู้โดยสาร |
| โครงสร้าง (Structure) | คือ สภาพการจราจร รูปแบบการขับขี่ และประเภทของยานพาหนะ |
| ความหนาแน่น (Intensity) | คือ ลักษณะการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ จำนวนยานพาหนะ |
| ลักษณะเชื้อเพลิง (Fuel) | คือ เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ที่ถูกใช้ในกิจกรรม |

ข้อมูลดังกล่าวเป็นรูปแบบที่ใช้วิเคราะห์พื้นที่ที่ต้องการศึกษา ที่สามารถอธิบายขอบเขตของแผนที่ถนน (Land Based) คือ ถนนเขตชนบท (Rural Road) ถนนเขตเมือง (Urban Road) และ

ทางด่วน (High-speed Highways) รวมทั้งระบบขนส่งมวลชนต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการลดการปลดปล่อย GHG

3.4.3 วิธีประเมินมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปลดปล่อย GHG คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide, CO₂) ที่ปลดปล่อยจากยานพาหนะ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับมลพิษชนิดอื่นได้ โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมในระหว่างโครงการ ข้อมูลที่นำเข้ามาเป็นเชิงปริมาณ และคุณภาพที่เป็นไปตามสภาวะที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงหรือเสมือนจริงกับช่วงเวลาที่ศึกษา เพื่อให้การประเมินก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมา มีความถูกต้อง และแม่นยำ ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง และมีความเหมาะสมกับการพัฒนาทางเลือกในแนวทางของการจัดการหรือการช่วยลดการปลดปล่อยมลพิษ

3.4.4 การพัฒนาวิธีประเมิน GHG จากเอกสารโปรแกรม Excel โดยมีการพัฒนาประเภทของการปลดปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ 3 ชนิด คือ 1) ทางหลวงชนบท (Rural Roads Improvement) 2) ถนนเขตเมือง (Urban Roads Improvement) 3) ทางด่วน (Expressways)

3.4.5 การจัดทำข้อมูลพื้นฐาน (Baseline) เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลปัจจุบัน (Dynamic) ประกอบด้วย

1) รูปแบบของโครงการที่ทำการศึกษามี 2 วิธี คือ 1) Dynamic Baseline เพื่อใช้สำหรับการประเมินการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากยานพาหนะ โดยต้องการแสดงขอบเขตสำหรับการคำนวณมลพิษที่ปลดปล่อยออกมา ซึ่งมีทางเลือกมากมายสำหรับการคำนวณ และเพื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยมลพิษที่เกิดในอนาคต และ 2) Statistic Baseline เพื่อใช้เปรียบเทียบเงื่อนไขของเวลาที่กำหนดทั้งในปัจจุบันหรือที่ผ่านมาแล้วกับการปลดปล่อย GHG ที่เกิดขึ้น

2) วิธีการคิด Statistic Baseline เริ่มจากข้อมูลมลพิษที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หรือลดลง โดยเปรียบเทียบกับจำนวนวัน หรือชั่วโมงที่ได้ทำการตรวจวัดมลพิษไปแล้ว เช่น ข้อมูล GHG ของ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ที่ได้กำหนดให้มีการลดการปลดปล่อย GHG ทั้งหมดในปี 1990 ให้ได้ครึ่งหนึ่งภายในปี 2050 โดยหลายหน่วยงานได้นำเป้าหมายดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางร่วมกันในการลด GHG เป็นต้น

3) วิธีการศึกษา Dynamic Baseline มีประโยชน์ในการประเมินการปลดปล่อย GHG เช่น มีการขนส่งหรือเดินทางด้วยยานพาหนะในปริมาณที่สูง การเปลี่ยนจากการใช้จักรยานมาเป็นรถมอเตอร์ไซด์ 2 จังหวะ และมีการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแนวโน้มนี้สามารถนำมาใช้กับ

การศึกษา Dynamic Baseline เพื่อประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะ สำหรับเตรียมการจัด การ และช่วยลดมลพิษต่อไป

3.4.6 การวิเคราะห์ความไว และการตอบสนองของแบบจำลอง (Model Sensitivity Analysis) เป็นการตรวจสอบความไว ความถูกต้องแม่นยำ และการตอบสนองจากผลการคำนวณของวิธีการประเมินการปลดปล่อย GHG ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เพื่อให้มั่นใจว่าวิธีที่ศึกษามีขั้นตอน และวิธีการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยเริ่มจากการทบทวนฐานข้อมูลค่าตัวคุณมลพิษจากห้องปฏิบัติการ จนถึง การประเมินการปลดปล่อย GHG จากกรณีศึกษาทั้งการนำมาประเมินครั้งแรก และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่าง ๆ ที่ปลดปล่อย GHG ทั้งนี้เพื่อเป็นการยืนยันว่าวิธีประเมินดังกล่าวนี้มีความถูกต้อง แม่นยำ และยอมรับได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) ทดสอบความไว (Sensitivity) ของการประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะ
- 2) ทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการคำนวณการปลดปล่อย GHG
- 3) เปรียบเทียบผลการประเมิน GHG จากยานพาหนะ
- 4) เปรียบเทียบผลการประเมิน GHG จากการใช้เชื้อเพลิงและพื้นที่ศึกษา

3.4.7 การประเมิน GHG จากยานพาหนะในประเทศไทย

3.4.7.1 การกำหนดจุดประสงค์ของการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ

สำหรับการกำหนดจุดประสงค์ของการประเมิน GHG จากยานพาหนะในประเทศไทยมีดังนี้

- 1) เพื่อพัฒนา ค่า EF ของ GHG ในรูปของก๊าซ CO₂ ที่ปลดปล่อยจากยานพาหนะแยกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ในประเทศไทย
- 2) เพื่อวิเคราะห์ตัวแปรหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า EF ของยานพาหนะ
- 3) เพื่อหาวิธีประเมินปริมาณ GHG ในภาคการขนส่งเพื่อการเสนอแนะมาตรการที่เหมาะสมในการควบคุม

3.4.7.2 ขั้นตอนรูปแบบของการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ

ในขั้นตอนของการประเมิน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1

- 1) เริ่มต้นจากการนำเข้าสู่ข้อมูลโครงการ ชนิดของรถยนต์ และข้อมูลถนนที่ทำการศึกษา

2) การนำเข้าข้อมูลค่า EF ของก๊าซ CO₂ ของยานพาหนะแต่ละชนิด และข้อมูลค่า EF ของก๊าซ CO₂ จากการก่อสร้างถนนโครงการ

3) ประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะ สามารถแบ่งการประเมินได้ดังนี้

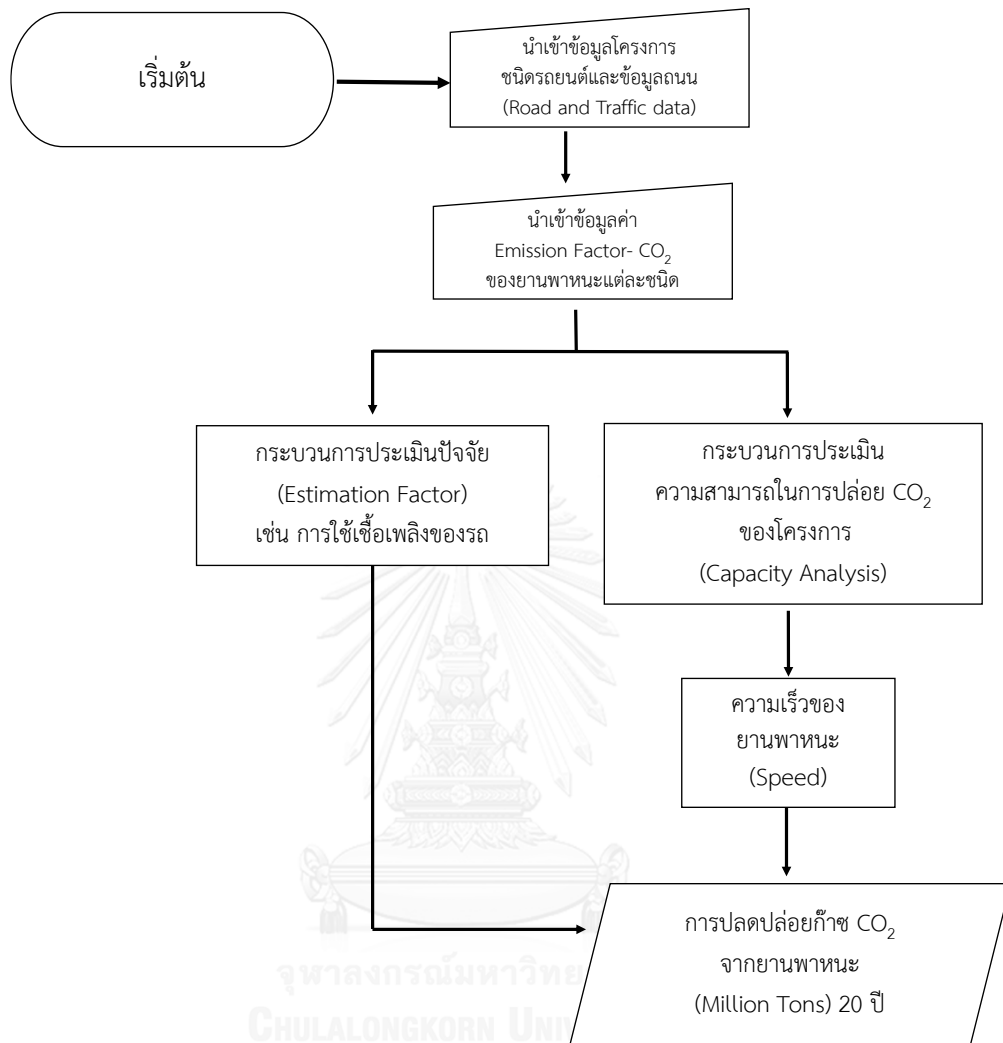
3.1) กระบวนการประเมินปัจจัยการปล่อยก๊าซ CO₂ (Estimation Factor) เช่น การใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

3.2) กระบวนการประเมินความสามารถในการปล่อยก๊าซ CO₂ ของโครงการ (Capacity Analysis) และประเมินความเร็วของยานพาหนะที่เปลี่ยนแปลงได้ (Speed Factor)

3.3) กระบวนการประเมินข้อมูลจากการก่อสร้าง (Construction Data)

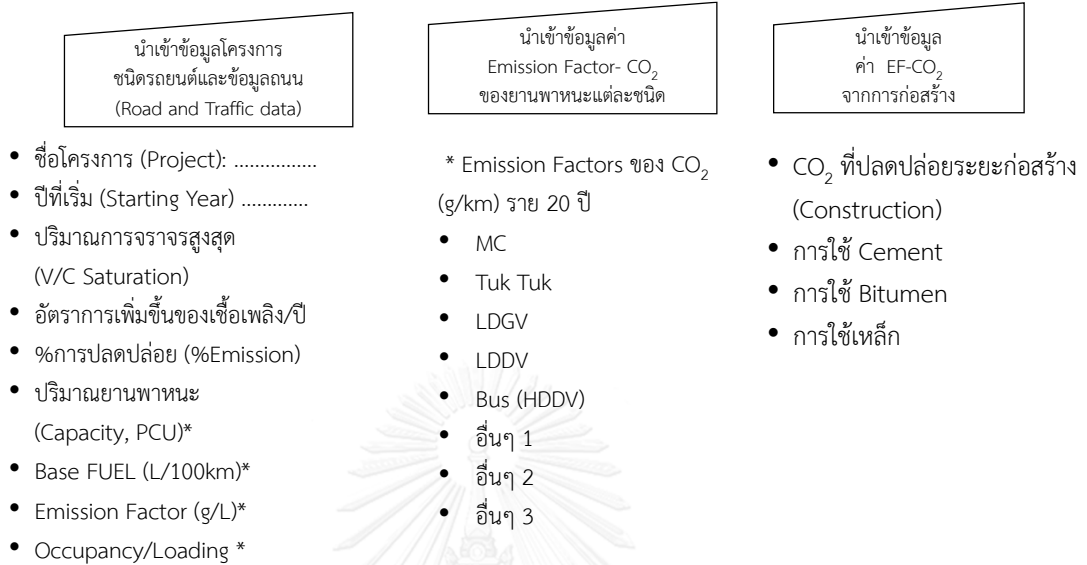


3.4.7.3 การแสดงข้อมูลผลการคำนวณการปล่อยก๊าซก๊าซ CO₂ ของโครงการ



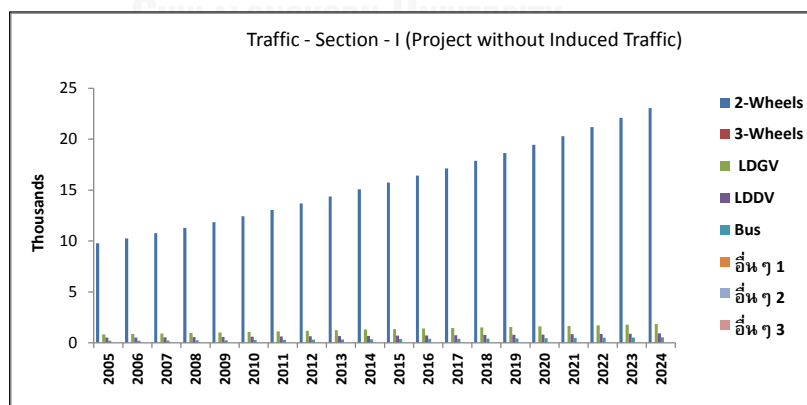
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะของโครงการ

3.4.7.4 วิธีประเมินด้วยแบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกบนถนน (GHG Emission Model) แสดงรูปแบบได้ดังรูปที่ 3.2 โดยมีรายละเอียดของวิธีประเมินดังนี้



Summary Output

| | CO2 | | |
|------------------------|----------------------------------|-------------------|--------------|
| | Cummulative Total (million Tons) | KiloTons/Lifetime | Tons/Km/Year |
| Bangkok-Sec1 | -21.4 | -1090.9 | -21817.5 |
| Project+Induced - Sec1 | -17.5 | -893.6 | -17871.6 |
| Project-Induced - Sec1 | -17.5 | -893.6 | -17871.6 |



รูปที่ 3.2 รูปแบบการประยุกต์ใช้แบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะ

- 1) โครงสร้างของแบบจำลอง Microsoft Excel Model ประกอบด้วย
 - 1.1) เอกสาร (Sheet) ข้อมูลนำเข้า (Input) แสดงดังรูปที่ 3.3
 - (1) Input 1 : ข้อมูลทั่วไป
 - (2) Input 2 : ค่า Emission Factors มลพิษชนิดต่าง ๆ
 - (3) ข้อมูลจราจร
 - (4) ข้อมูลอื่น ๆ เช่น การก่อสร้าง
 - 1.2) เอกสารผลลัพธ์ที่ออกมา (Output)
 - 1.3) เอกสารการคำนวณ มีตัวแปรพารามิเตอร์ (Parameter) ดังนี้
 - (1) ข้อมูลการจราจร (Traffic) เช่น การจราจร ข้อมูลชนิดรถ และอื่น ๆ
 - (2) ข้อมูลเชื้อเพลิงที่ใช้ (Base Fuel Consumption)
 - (3) ความจุของถนน เช่น จำนวนเลน (Capacity)
 - (4) ช่วงถนนที่ต้องการ (Capping Limit)
 - (5) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย (CO₂ Emissions)
 - (6) ความขรุขระของถนน (Roughness calculator)
 - (7) ค่าเฉลี่ยการเดินทาง (Vehicle kilometer of travel, VKT)

| | | | | |
|---|---------------------------------|--|---------------------|---------------------|
| ชื่อโครงการ (PROJECT) : | Thailand Emission Case 1 | | | INPUT IN BOXES ONLY |
| ปีที่เริ่ม (STARTING YEAR) : | 2016 | จำนวนเลนถนน (Lanes) | 4 | |
| ปริมาณการจราจรสูงสุด (V/C SATURATION) : | 0 | จำนวนเลนที่เพิ่ม Lanes Proposed : | 4 | |
| อัตราการเพิ่มขึ้นของเชื้อเพลิงต่อปี (ถ้ามี) | 1 | อัตราการขยายเลน Induced Traffic Elasticity : | 0 | |
| เปอร์เซ็นต์การปลดปล่อย Emissions % : | 10 | ความยาวของถนน (Road Length,km) | | |
| | | ถนนรัตนวิเบศร์ | 18.883 | |
| ปริมาณยานพาหนะ CAPACITY (PCU Values): | | ค่าเฉลี่ยการเดินทาง Distance (KMT,km) | 38 | |
| รถจักรยานยนต์ (2-Wheels) | 50 | รถจักรยานยนต์ (2-Wheels) | 38 | |
| รถตุ๊ก-ตุ๊ก (3-Wheels) | 0 | รถตุ๊ก-ตุ๊ก (3-Wheels) | 0 | |
| รถยนต์เบนซิน (LDGV) | 20 | รถยนต์เบนซิน (LDGV) | 38 | |
| รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก รถกระบะ รถตู้ (LDDV) | 20 | รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก รถกระบะ รถตู้ (LDDV) | 38 | |
| รถเมล์ประจำทาง (Bus) | 10 | รถเมล์ประจำทาง (Bus) | 38 | |
| Cover & Framework | 1)INPUT-1 Road and Traffic Data | 2)INPUT-2 Emission Factor | 3)OUTPUT (upstream) | 4)OUTPUT (C |

รูปที่ 3.3 รูปแบบข้อมูลการนำเข้า (Input)

2) ข้อมูลที่จำเป็นในการนำเข้า (Input Data)

ถนนโดยทั่วไปจะเป็นข้อมูลทางแยก ทางเชื่อมต่อ ศูนย์กลางสถานที่ต่าง ๆ และพื้นที่ต่าง ๆ โดยข้อมูลที่ใช้มีดังนี้

- (1) จำนวนปี (Year) ของยานพาหนะตั้งแต่ปีฐาน จนถึงอายุที่ต้องการ เช่น 20 ปี
- (2) จำนวนช่องการจราจร (Lanes)
- (3) ความกว้างของช่องการจราจร
- (4) ค่าเฉลี่ยการเดินทางของยานพาหนะชนิดต่าง ๆ เช่น รถมอเตอร์ไซด์ รถยนต์เบนซิน รถยนต์ดีเซล รถประจำทาง รถบรรทุก และข้อมูลปริมาณการจราจร ณ ปีฐาน
- (5) อัตราการเติบโตของช่องการจราจร เช่น การสร้างถนน และการขยายเส้นทาง เป็นต้น
- (6) รูปแบบการขับขี่ของยานพาหนะชนิดต่าง ๆ
- (7) การบริโภคเชื้อเพลิงที่ความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Lite for 100 km)
- (8) ค่า Emission Factor ของ CO₂ ในหน่วย กิโลกรัมต่อลิตร (kg/l) จากน้ำมันเบนซิน และดีเซล
- (9) ความขรุขระของพื้นผิวถนน
- (10) คุณสมบัติของพื้นผิวถนน
- (11) ความยาวเฉลี่ยของถนน
- (12) อัตราการใช้น้ำมันรายปีของพื้นที่ศึกษา
- (13) ค่า Emission Factor ของมลพิษอื่น ๆ
- (14) ค่า Emission Factor จากบริษัทน้ำมัน หรือผู้ผลิตยานพาหนะ
- (15) ปริมาณความจุของถนน (Volume to Capacity, V-C)

รายละเอียดวิธีการประเมินก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะ แสดงดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดแบบจำลอง Excel Model สำหรับการประเมินก๊าซ CO₂

| หน้าเอกสาร (Sheet) | ลำดับการคำนวณ (Sequence) | วิธีการ (Method) |
|-----------------------------------|---|--|
| Cover & Framework | ใบปะหน้า และแผนผัง (Flowchart) | |
| 1) Input 1 | Road and Traffic Data | นำเข้าข้อมูลโครงการรถยนต์และถนน |
| 2) Input 2 | ค่า Emission Factor รายปี (20 ปี) | นำเข้าค่า EF ปีฐาน-ปีที่ประเมิน |
| 3) Output / Upstreme | ผลประเมินก๊าซ CO ₂ เริ่มต้น - โครงการ - ก่อน-หลังมีโครงการ | หน้าเอกสาร 20) CO ₂ (Capacity+Roughness) = ผลรวม CO ₂ จากปีฐาน-20 ปี |
| 4) Output / Graph | ผลการประเมินก๊าซ CO ₂ ที่ลดได้ | 20) CO ₂ (Capacity+Speed) = ผลรวม CO ₂ จากปีฐานที่ลดได้ 20 ปี |
| 5) Traffic (Bangkok) | ปริมาณยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่ปีฐาน-ปีที่ 20 ชนิดรถ ได้แก่ MC, TukTuk, LDGV, LDDV และ HDDV | ปริมาณรถยนต์/คัน และผลรวมรถทุก ชนิดตั้งแต่ปีฐาน ถึงปีที่ 20 + กราฟ (Graph) |
| 6) Elastic of Road (%) | ร้อยละความยืดหยุ่นของถนน ก่อน-หลังโครงการ ตั้งแต่ปีฐานถึงปีที่ 20 | พิจารณา 1) ความกว้างช่องจราจร 2) จำนวนช่องจราจร (เลน) 3) จำนวนกิโลเมตร |
| 7) Traffic (Project-Induced) | ปริมาณยานพาหนะก่อนมีโครงการ | + กราฟ (Graph) |
| 8) Traffic (Project+Induced) | ปริมาณยานพาหนะหลังมีโครงการ | + กราฟ (Graph) |
| 9) Fuel-Consumption | อัตราการบริโภคเชื้อเพลิง ในหน่วยลิตรต่อหนึ่งร้อยกิโลเมตร (L/100km) | = '1) Input1... คิดรวมกับอัตราการเพิ่มขึ้นของ เชื้อเพลิง (Fuel) ที่ Sheet1 (C28) |
| 10) Total Vehicle Capacity | ปริมาณความจุของยานพาหนะ ทั้งหมดตั้งแต่ปีฐาน-ปีที่ 20 | = '5) Traffic... * 10) Total... '!w3 เมื่อ W3 = '1) Input... '!C14 คือ ปริมาณรถยนต์ x PCU ของรถแต่ละชนิด |
| 11) TVC สูงสุด (Capping-Limit) | หาผลรวมของดัชนีการจราจร (Volume to Capacity Ratio, V/C) | = IF(10')... > C1, C1, '10) Total... เมื่อ C1 = '1) Input... = V/C Saturation (มีค่า 0-1) |
| 12) REVISED-TRAFFIC | การทวนสอบปริมาณการจราจร - โครงการ - ก่อน-หลังมีโครงการ | |

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดแบบจำลอง Excel Model สำหรับประเมินก๊าซ CO₂ (ต่อ)

| หน้าเอกสาร (Sheet) | ลำดับการคำนวณ (Sequence) | วิธีการ (Method) |
|--|--|--|
| 13) Roughness-Calculator | ค่าความขรุขระของถนนก่อน-หลัง มีโครงการ (ก่อน =5, หลัง=3) พิจารณาจากการใช้เชื้อเพลิง ของรถชนิดต่าง ๆ | = IF(\$C\$)='' ,9)Fuel.../Lookup... |
| 14) Speed-Factor or Speed Controller | ความเร็วของยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ก่อนและหลังมีโครงการ (15-100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) มีความสัมพันธ์กับการทวนสอบ ปริมาณจราจรในหน้าที่ 12) | =Lookup'12)REVISE...,14)Speed... |
| 15) Fuel-Consumption | อัตราการบริโภคน้ำมัน ในหน่วย กิโลเมตร/ลิตร (KMPL) ก่อนและหลังมีโครงการ | |
| 16) Emission-Factor | ค่า EF ของรถยนต์ชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่ก่อนและหลังมีโครงการ ตั้งแต่ปีฐาน-ปีที่ประเมิน | =1) Input...'!C34 |
| 17) VKT | ระยะทางที่รถเคลื่อนที่ - Distance (KMT) - Local Disance (KMT) - % Local Distance | = '1)Input1...'!G14 |
| 18) CO ₂ (Roughness) | ปริมาณ CO ₂ ที่ปล่อยออกมา (Million Tons/ปี) คิดจาก (การใช้ เชื้อเพลิง*VKT*EF*365*ค่าความ ขรุขระถนน)/100,000 | = IF ('9) Fuel...C4>0,(('17)VKT..*16)EF... *365*13)Roughness'!C22/100,000 |
| 19) CO ₂ (Capacity) | ความจุของ CO ₂ คิดจาก (เชื้อเพลิงที่ใช้*EF*365)/ (เชื้อเพลิงที่ใช้/1000) | |
| 20) CO ₂ (Capacity+Roughness) | คือ 18)+19) ผลรวมการปล่อย CO ₂ ก่อนและหลังมีโครงการ คือ CO ₂ ที่ปล่อยออกมา + ความจุ CO ₂ ในหน่วย Million Ton + Graph | = IF ('9) Fuel...'!C4>0(('17)) VKT'!C36*'16)EF...*365 / '13)Rou...'!C52)/1000),''') |

3) ข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบจากรูปแบบการขับขี่ ตามความเร็ว (Speed) ซึ่งมีความสัมพันธ์มลพิษที่ปลดปล่อยออกมา คือ ระดับความเร็วที่แตกต่างกัน ลักษณะชนิดเชื้อเพลิง และค่าตัวคูณมลพิษ (Emission Factor) ซึ่งการศึกษาในห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจาก

ยานพาหนะ เพื่อให้สามารถใช้ประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะได้ ด้วยการพัฒนาค่าตัวคูณจากห้องปฏิบัติการ และสามารถปรับแก้ค่าต่าง ๆ ในแบบจำลองได้

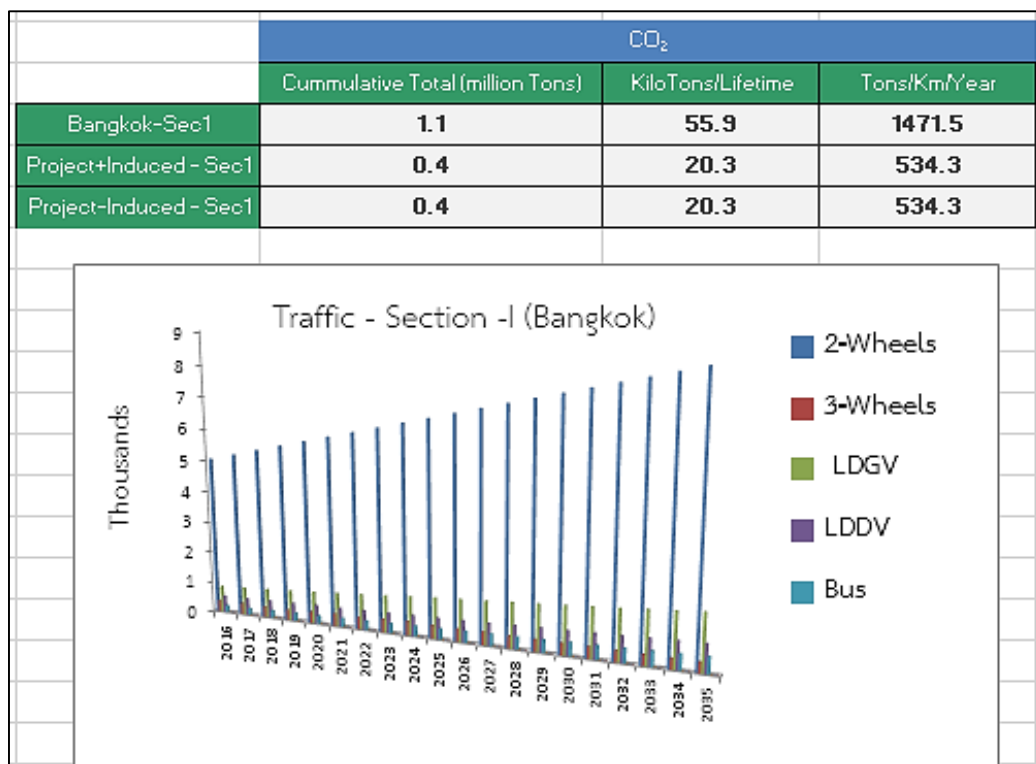
4) ผลกระทบจากสภาพถนนที่มีพื้นผิวขรุขระ (Roughness) พื้นผิวถนนมีความขรุขระแตกต่างกันส่งผลให้มลพิษที่ปลดปล่อยมีความแตกต่างกันด้วย นอกจากนี้การขับขีมีผลต่อการใช้เชื้อเพลิงด้วย ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลของ Green Transport Project ดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ผลกระทบของสภาพความขรุขระของถนนกับปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

| สภาพความขรุขระ (Roughness) (เมตร/กิโลเมตร) | ผลกระทบจากอัตราการใช้เชื้อเพลิง |
|---|---------------------------------|
| 2 | 1.00 |
| 3 | 0.99 |
| 4 | 0.98 |
| 5 | 0.98 |
| 6 | 0.97 |
| 7 | 0.96 |
| 8 | 0.95 |
| 9 | 0.95 |
| 10 | 0.94 |
| 11 | 0.93 |
| 12 | 0.92 |
| 13 | 0.92 |
| 14 | 0.91 |
| 15 | 0.90 |

ที่มา: ADB (2002)

5) ผลลัพธ์ของการศึกษา (Out Put) การพัฒนาแบบจำลองในการศึกษาคั้งนี้ต้องการเปรียบเทียบผลกระทบจากความสัมพันธ์ของความสามารถ (Capacity) ของถนน กับพื้นผิวขรุขระของถนน (Roughness) เพื่อให้สามารถประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากยานพาหนะตามเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น ก่อนมีโครงการ หรือหลังมีโครงการ ระหว่างดำเนินโครงการไปแล้ว สำหรับวิธีการประเมินมลพิษจากการจราจรโดยทั่วไป คำนวณจากค่าความจุ (Capacity) ของถนน แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 รูปแบบผลลัพธ์ของการศึกษา (Out Put) การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะ

3.4.8 การวิเคราะห์สถานการณ์ (Scenario Analysis) และการศึกษา Dynamic Baseline ในการศึกษาคั้งนี้เริ่มต้นจากการกำหนดปัญหา การรวบรวมข้อมูล การประเมินการปลดปล่อย GHG จริงและการประเมินล่วงหน้า เพื่อพัฒนากรณีศึกษา สำหรับแนวโน้มการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะที่ได้ประเมินไว้ โดยหาความสัมพันธ์ของการปลดปล่อยมลพิษจากยานพาหนะจากปัจจัยหลายชนิด ประกอบด้วย จำนวนของยานพาหนะที่ใช้งาน (In-use Vehicles) จุดเชื่อมต่อการเดินทางของระบบขนส่ง ชนิดของยานพาหนะ และชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ รวมถึงการเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงทางเลือกต่าง ๆ โดยภาพรวมแล้วเป็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านความเร็ว (Speed) ของยานพาหนะในพื้นที่ศึกษาที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยมลพิษในช่วงเวลาที่ศึกษานั้น ซึ่งมีความแตกต่างจากการศึกษาด้วยวิธี Static Baseline ที่ใช้ข้อมูลในอดีตซึ่งถูกกำหนดค่าไว้แล้ว และเพื่อให้การวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ และการหาความสัมพันธ์ในรูปแบบที่สามารถคิด และวิเคราะห์จากค่าคงที่ที่ได้จากการศึกษาในการประเมินการปลดปล่อย GHG ในครั้งนี้ ให้เกิดข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ และสอดคล้องกับข้อมูลสภาพของการจราจรในพื้นที่ศึกษาจริง จึงได้พิจารณาจากค่าความเร็วรถยนต์ (Vehicle Speed) ระดับปริมาณรถแต่ละชนิด (Vehicle Ownership Levels) และรูปแบบการเดินทาง (Transport and Trip) รวมทั้งการพิจารณาถึงในอนาคตที่อาจมีการขยายถนน ขยายระบบ

การจราจร ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง และจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มสูงขึ้น หรือสามารถนำข้อมูลที่ได้รับไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับการจัดทำโครงการเพื่อลดการปลดปล่อย GHG เช่น โครงการศึกษาก๊าซ CO₂ ในเขตห้ามรถยนต์วิ่งผ่าน ซึ่งต้องมีการเตรียมข้อมูลให้เพียงพอสำหรับการประเมิน GHG ในปัจจุบันและอนาคต และจำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อให้สามารถอธิบายเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ จึงมีความจำเป็นต้องทำการปรับปรุงฐานข้อมูลให้ทันสมัย และสามารถนำไปเปรียบเทียบกับหน่วยงานต่าง ๆ ควบคู่ไปกับการตรวจวัดจริงในพื้นที่ศึกษา เช่น กรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และต่างจังหวัด เพื่อสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะที่มีความถูกต้องมากที่สุด การศึกษาในครั้งนี้ได้แบ่งกรณีศึกษา เป็น 2 กรณีดังนี้

1) กรณีศึกษาที่ 1 การประเมินก๊าซ CO₂ จากถนน 4 ช่องจราจร ยาว 25 กิโลเมตร เพื่อพิจารณาแนวโน้มการเพิ่ม และลด GHG ของโครงการก่อสร้างถนน เพื่อใช้ในการตัดสินใจดำเนินโครงการที่มีผลต่อการปลดปล่อย GHG ได้

2) กรณีศึกษาที่ 2 การประเมินก๊าซ CO₂ บนถนนรัตนานิเบศร์ เพื่อประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะในสภาพการจราจรจริงในพื้นที่ศึกษา

บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

4.1 การศึกษาตัวคุณมลพิษของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตัวคุณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (EF-CO₂) จากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2559 รวม 4 ประเภท ได้แก่ รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (HDDV) รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (LDDV) รถยนต์เบนซิน (LDGV) และรถจักรยานยนต์ (MC) ซึ่งได้ทดสอบบนแท่นทดสอบ (Chassis Dynamometer) แสดงดังภาคผนวก ค และมีการใช้รูปแบบการขับขี่ของกรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Cycle) เป็นลักษณะการขับขี่จำลองแบบควบคุมสภาพเสมือนจริงบนถนน จากลักษณะการขับขี่ที่ได้ทดสอบจะได้ค่าเฉลี่ย EF-CO₂ ของยานพาหนะแต่ละประเภทในหนึ่งรอบการขับขี่ และสามารถแบ่งค่าความเร็วเฉลี่ยของรถทดสอบออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ อยู่ในช่วง 1) 0-20 2) 20-40 และ 3) 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ คือน้ำมันชนิดต่าง ๆ ก๊าซ LPG และก๊าซ NGV เพื่อหาค่าเฉลี่ยของ EF-CO₂ ซึ่งได้ทำการพิจารณาความแตกต่างของปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ของรถแต่ละประเภท โดยไอเสียที่ปลดปล่อยจะถูกเจือจางด้วยอากาศ ผ่านอุปกรณ์เวนจูรี (Venturi) เพื่อควบคุมให้มีอัตราการไหลที่คงที่ตลอดในแต่ละช่วงของการทดสอบ และเก็บตัวอย่างเข้าสู่ถุงเก็บตัวอย่าง (Sampling Bag) เพื่อทำการวิเคราะห์ภายหลังการขับขี่เสร็จสิ้น และนำข้อมูลมาคำนวณค่าเฉลี่ย EF-CO₂ ของรถแต่ละประเภทและเปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลอื่นต่อไป ซึ่งจากการทดสอบครั้งนี้ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

4.1.1 ตัวคุณมลพิษของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากยานพาหนะทั้ง 4 ประเภท

การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากยานพาหนะในรูปของค่า EF จากยานพาหนะทั้ง 4 ประเภท คือ 1) รถประเภท HDDV จำนวน 169 คัน 2) รถประเภท LDDV จำนวน 230 คัน 3) รถประเภท LDGV จำนวน 230 คัน และ 4) รถประเภท MC รวมรถตุ๊กตุ๊ก (Tuk-Tuk) จำนวน 79 คัน (ตารางที่ 3.1) และคำนวณอัตราการใช้เชื้อเพลิง และความเร็วของยานพาหนะที่ทดสอบตามรูปแบบการขับขี่ที่กำหนดไว้ สรุปได้ดังนี้

1) ค่า EF-CO₂ เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยความเร็วและการใช้เชื้อเพลิง

ค่า EF-CO₂ ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร (g/km) จากยานพาหนะทั้ง 4 ประเภท สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1 โดยค่าเฉลี่ยความเร็วแสดงในหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/hr) และการใช้เชื้อเพลิงแสดงในหน่วยกิโลเมตรต่อลิตร (km/L) พบว่า ค่า EF-CO₂ ของยานพาหนะทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผลการทดสอบครั้งนี้พบว่า รถประเภท

HDDV มีค่าเฉลี่ย EF-CO₂ สูงที่สุดคือ 1,180.6 กรัมต่อกิโลเมตร ซึ่งมากกว่ารถประเภท LDDV, LDGV และ MC โดยมีสัดส่วนเท่ากับ 4.1, 6.9 และ 27.9 เท่า ตามลำดับ รองลงมาคือ รถประเภท LDDV ซึ่งมีการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ สูงกว่ารถประเภท LDGV และ MC เท่ากับ 1.6 และ 6.8 เท่า และรถประเภท LDGV มีค่าสูงกว่า MC เท่ากับ 4.0 เท่า ทั้งนี้แนวโน้มค่าเฉลี่ยความเร็วของรถประเภท HDDV มีการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ต่ำกว่ารถประเภท LDDV, LDGV และ MC ส่วนแนวโน้มของการใช้เชื้อเพลิงพบว่า รถประเภท HDDV มีค่าสูงกว่ารถประเภท LDDV, LDGV และ MC ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการทดสอบยังพบแนวโน้มของการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ จากยานพาหนะทุกชนิดเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Bellasio และคณะ (2007) ที่ได้รายงานไว้ว่า รถประเภท HDDV (ร้อยละ 21) และรถประเภท LDGV (ร้อยละ 59) เป็นแหล่งกำเนิดหลักของการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการจราจรในเขตเมือง Sardinia ประเทศอิตาลี โดยสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลได้ดังนี้

(1) กลุ่มรถประเภท HDDV เมื่อใช้ความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 20.6-21.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.2-2.8 กิโลเมตรต่อลิตร พบว่า มีค่าเฉลี่ย EF-CO₂ เท่ากับ $1,180.6 \pm 45.8$ กรัมต่อกิโลเมตร และเมื่อแยกตัวอย่างทดสอบที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดน้ำมันดีเซล และก๊าซ NGV พบว่า ค่าเฉลี่ย EF ของ CO₂ มีค่าเท่ากับ 1,080.3 และ 1,280.9 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Graham (2008) ที่ทำการศึกษารถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ NGV และพบว่า ก๊าซ NGV มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ สูงกว่ารถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดดีเซล เนื่องจากอัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิง (Air/Fuel) ที่แตกต่างกันระหว่างน้ำมันดีเซล และก๊าซ NGV ซึ่งมีองค์ประกอบก๊าซ NGV สามารถเผาไหม้ได้รวดเร็วกว่าน้ำมันดีเซล จึงปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ออกมาสูงกว่า

(2) กลุ่มรถประเภท LDDV เมื่อใช้ความเร็วเฉลี่ย 20.9-35.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 8.0-12.4 กิโลเมตรต่อลิตร พบว่า มีค่าเฉลี่ย EF-CO₂ เท่ากับ 288.2 ± 22.2 กรัมต่อกิโลเมตร และเมื่อแยกตัวอย่างที่ใช้เชื้อเพลิง Diesel, B2, B5, B20, B50 และ B100 พบว่า มีค่าเฉลี่ย EF-CO₂ เท่ากับ 293.2, 338.1, 254.8, 301.6, 309.5 และ 231.9 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับการทดสอบรถยนต์ดีเซลบนแท่นทดสอบของ Pelkmans (2006) ที่ได้รายงานค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ จากรถประเภท LDDV ยี่ห้อ Skoda Octavia บนแท่นทดสอบด้วยรูปแบบการขับขึ้นในเขตเมืองมีค่าเท่ากับ 211 กรัมต่อกิโลเมตร

(3) กลุ่มรถประเภท LDGV เมื่อใช้ความเร็วเฉลี่ย 20.9-28.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 11.3-13.2 กิโลเมตรต่อลิตร พบว่า มีค่าเฉลี่ย EF-CO₂ เท่ากับ 170.8 ± 8.8 กรัมต่อกิโลเมตร และเมื่อแยกตัวอย่างที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน Gasoline 91, Gasoline 95, Gasohol 91, Gasohol 95, ก๊าซ LPG และก๊าซ NGV พบว่า มีค่าเฉลี่ย EF ของ CO₂ เท่ากับ 169.6, 192.4, 179.9, 159.1, 157.4 และ 166.2 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบค่า EF-CO₂ มีค่าต่ำกว่าการ

ทดสอบของ Choi (2009) ที่ได้รายงานค่า EF-CO₂ ของรถประเภท LDGV พบว่า มีค่าเท่ากับ 238-255 กรัมต่อกิโลเมตร ทั้งนี้เนื่องจากมีการใช้รูปแบบของการขับขี่ในการทดสอบที่แตกต่างกัน

(4) กลุ่มรถประเภท MC และ Tuk-Tuk เมื่อใช้ความเร็วเฉลี่ย 31.3-35.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 17.3-38.4 กิโลเมตรต่อลิตร พบว่า มีค่าเฉลี่ย EF-CO₂ 47.3±6.8 กรัมต่อกิโลเมตร และเมื่อแยกตัวอย่างที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน Gasoline 91, Gasoline 95, Gasohol 91, Gasohol 95 และ LPG พบว่า มีค่าเฉลี่ย EF-CO₂ เท่ากับ 38.2, 41.4, 40.4, 40.1 และ 76.5 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดย Tsai (2000) อธิบายว่า รถประเภท MC จะมีค่าการปลดปล่อยตัวคุณมลพิษต่ำกว่ารถชนิดอื่น ๆ หากแต่ว่าในระบบเศรษฐกิจและการขนส่งของประเทศที่กำลังพัฒนามีปริมาณรถ MC สูง จึงทำให้การประเมินค่ามลพิษจาก MC สูงไปด้วย

ตารางที่ 4.1 ค่า EF-CO₂ ของยานพาหนะทั้ง 4 ประเภท กับค่าเฉลี่ยความเร็วและอัตราการใช้น้ำมัน โดยการทดสอบความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$)

| ชนิดยานพาหนะ แยกตามเชื้อเพลิง | ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง) | อัตราการใช้ เชื้อเพลิง (กิโลเมตร/ลิตร) | ค่าเฉลี่ย EF-CO ₂ แยกตามเชื้อเพลิง (กรัม/กิโลเมตร) | ค่าเฉลี่ย EF-CO ₂ แยกตามชนิดรถ (กรัม/กิโลเมตร) |
|----------------------------------|--------------------------------------|--|---|---|
| HDDV | | | | |
| Diesel | 20.0 | 2.8 | 1,080.3±26.1 ^a | 1,180.6±45.8 |
| NGV | 21.6 | 1.2 | 1,280.9±39.3 ^b | |
| LDDV | | | | |
| Diesel | 21.7 | 9.7 | 293.0±5.8 ^a | 288.2±22.2 |
| B2 | 20.9 | 8.0 | 338.1±18.7 ^{ab} | |
| B5 | 31.1 | 11.0 | 254.8±28.1 ^{ab} | |
| B20 | 25.7 | 9.4 | 301.6±19.4 ^{ab} | |
| B50 | 25.7 | 9.5 | 309.5±22.1 ^{ab} | |
| B100 | 35.3 | 12.4 | 231.9±39.0 ^b | |
| LDGV | | | | |
| Gasoline 91 | 22.6 | 13.2 | 169.6±3.6 ^a | 170.8±8.8 |
| Gasoline 95 | 20.9 | 12.5 | 192.4±15.3 ^a | |
| Gasohol 91 | 28.1 | 13.0 | 179.9±7.2 ^a | |
| Gasohol 95 | 28.6 | 12.3 | 159.1±13.2 ^a | |
| LPG | 22.7 | 12.1 | 157.4±9.8 ^b | |
| NGV | 24.8 | 11.3 | 166.2±3.6 ^a | |
| MC | | | | |
| Gasoline 91 | 32.5 | 37.4 | 38.2±1.3 ^a | 47.3±6.8 |
| Gasoline 95 | 34.4 | 38.4 | 41.4 ^a | |
| Gasohol 91 | 31.2 | 34.2 | 40.4±2.1 ^a | |
| Gasohol 95 | 35.5 | 37.8 | 40.1±2.9 ^a | |
| Tuk-Tuk (LPG) | 31.3 | 17.3 | 76.5±2.0 ^b | |

หมายเหตุ: ตัวอักษร a และ b ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

ความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ระหว่างชนิดรถยนต์และเชื้อเพลิง

2) ค่า EF-CO₂ เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

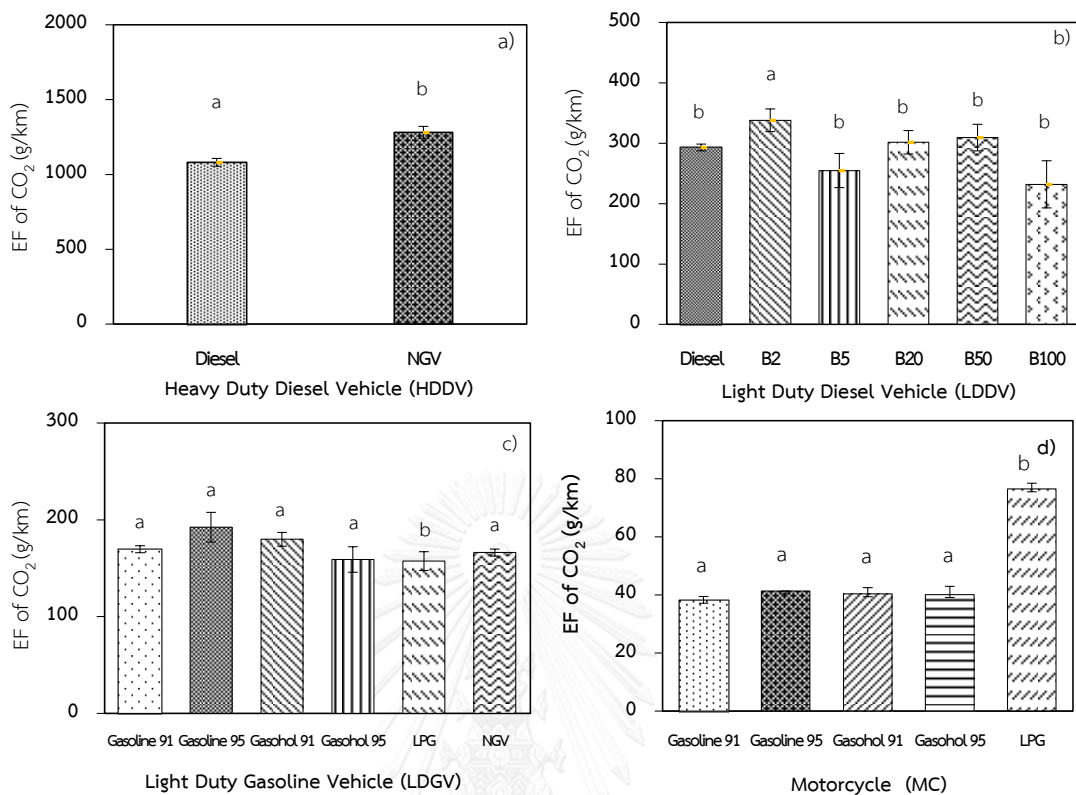
ค่า EF-CO₂ เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ และผลจากการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของรถแต่ละชนิด สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 4.1 และภาคผนวก ง (1) ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า

(1) กลุ่มรถประเภท HDDV ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลพบค่า EF-CO₂ มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ NGV และเมื่อเปรียบเทียบเชื้อเพลิงดีเซลกับเชื้อเพลิงก๊าซ NGV พบว่า มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (T-test) และในภาพรวมรถทุกประเภทรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่มีการปลดปล่อย EF-CO₂ สูงกว่ารถชนิดอื่น ทั้งนี้เนื่องจากขนาดเครื่องยนต์ และรูปแบบการขับขี่ที่มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงเพื่อเผาไหม้เกิดเป็นก๊าซ CO₂ สูงกว่า

(2) กลุ่มรถประเภท LDDV ที่ใช้เชื้อเพลิงทางเลือกทุกชนิด พบว่า เชื้อเพลิงดีเซลชนิด B2 มีค่า EF-CO₂ สูงสุด และ B100 มีค่า ค่า EF-CO₂ ต่ำสุด และพบว่า เชื้อเพลิง B2 กับ B100 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเชื้อเพลิงดีเซล B5, B20 และ B50 มีค่า EF-CO₂ ไม่แตกต่างกัน อีกทั้งในภาพรวมการใช้เชื้อเพลิงดีเซลมีปริมาณรวมเชื้อเพลิงที่ใช้ในภาคการขนส่งของประเทศไทยสูงกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ (ตารางที่ 2.9)

(3) กลุ่มรถประเภท LDGV ที่ใช้เชื้อเพลิงทางเลือกทุกชนิด พบว่า เชื้อเพลิง Gasoline 91, Gasoline 95, Gasohol 91, Gasohol 95 และก๊าซ NGV มีค่า EF-CO₂ ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นเชื้อเพลิง LPG ที่มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น ซึ่งกลุ่มรถประเภท LDGV มีเครื่องยนต์เบนซินที่มีลักษณะการใช้เชื้อเพลิงที่หลากหลาย (ตารางที่ 2.9) ส่งผลให้การปลดปล่อย GHG โดยรวมเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ มีค่าสูงขึ้น

(4) กลุ่มรถประเภท MC ที่ใช้เชื้อเพลิงทางเลือกทุกชนิด พบว่า ผลจากการคัดเลือกตัวอย่างในการทดสอบเป็นรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ที่ผ่านมาตรฐานไอเสียสำหรับรถจักรยานยนต์ รวมถึงรถตุ๊กตุ๊กที่มีการดัดแปลงระบบเชื้อเพลิงด้วยการใช้ก๊าซ LPG มีการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ของเชื้อเพลิง Gasoline 91, Gasoline 95, Gasoline 91 และ Gasohol 95 เปรียบเทียบกับก๊าซ LPG มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งค่า EF ของน้ำมันเบนซินมีค่าต่ำกว่า เนื่องจากรถจักรยานยนต์มีขนาดเครื่องยนต์เล็กกว่ารถตุ๊กตุ๊ก แต่จำนวนของรถจักรยานยนต์ที่มีจำนวนมากกว่า ทำให้มีแนวโน้มการปลดปล่อย GHG มีค่าสูงกว่ารถตุ๊กตุ๊ก



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวคูณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร ของยานพาหนะทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ a) HDDV b) LDDV c) LDGV และ d) MC

3) ค่า EF-CO₂ เปรียบเทียบกับต่างประเทศ

ค่า EF-CO₂ ในหน่วยกิโลกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลเมตร (kg-CO₂/km) ของรถทั้ง 4 ประเภทในประเทศไทย จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการครั้งนี้ เปรียบเทียบกับหน่วยงานในต่างประเทศ พบว่า ค่า EF-CO₂ จากการศึกษามีความสอดคล้องกับค่า EF-CO₂ ของสหภาพยุโรป (Defra, 2009) ที่ใช้รูปแบบการขับขี่เขตยุโรป (New European Driving Cycle, NEDC) ของรถที่ใช้งานในประเทศต่าง ๆ ในเขตประเทศยุโรป แต่มีค่าต่ำกว่าเอกสารของหน่วยงาน US.EPA เรื่อง Guideline of Emission Factor from United State of America Transportation (USEPA, 2008) ที่รายงานค่า EF ด้วยรูปแบบการขับขี่ในเขตเมืองและทางหลวงของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งความแตกต่างกันของค่า EF จากการศึกษากับต่างประเทศ พบว่า การได้มาซึ่งข้อมูลตัวแทนของกลุ่มยานพาหนะ เทคโนโลยีของยานพาหนะ ช่วงเวลาในการศึกษา วิธีการทดสอบค่า EF ของแต่ละพื้นที่ศึกษา และรูปแบบการขับขี่ที่มีความแตกต่างกัน และเพื่อให้สะท้อน

ภาพความเป็นจริงของการนำค่า EF ไปใช้เป็นตัวแทนในการประเมินการปลดปล่อยจริง ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่า EF-CO₂ จากผลการศึกษาเปรียบเทียบกับต่างประเทศ

| ชนิดของยานพาหนะ แยกตามชนิดเชื้อเพลิง | ค่าการปลดปล่อย EF-CO ₂ (กรัมต่อกิโลเมตร) ผลการศึกษาครั้งนี้ | ผลจาก | ผลจาก |
|---|--|------------------------------|--------------------------|
| | | หน่วยงาน US.EPA (2008) | หน่วยงาน EU (2009) |
| HDDV | | | |
| Diesel | 1,152 | 2,780 | 1,100 |
| NGV | 1,280 | | |
| LDDV | | | |
| Diesel | 311 | 833 | 271 |
| B2 | 342 | | |
| B5 | 260 | | |
| B20 | 302 | | |
| B50 | 311 | | |
| B100 | 232 | | |
| LDGV | | | |
| Gasoline 91 | 172 | 582 | 211 |
| Gasoline 95 | 196 | | |
| Gasohol 91 | 191 | | |
| Gasohol 95 | 211 | | |
| LPG | 161 | | |
| NGV (as CNG) | 166 | | |
| MC | | | |
| Gasoline 91 | 36 | 271 | 110 |
| Gasoline 95 | 39 | | |
| Gasohol 91 | 35 | | |
| Gasohol 95 | 36 | | |
| LPG | 78 | | |

4.1.2 เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ของยานพาหนะ

การทดสอบครั้งนี้ได้ทำการแบ่งยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (HDDV) 2) รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (LDDV) 3) รถยนต์เบนซิน (LDGV) และ 4) รถจักรยานยนต์ (MC) โดยเปรียบเทียบรถยนต์ที่ได้ควบคุมตามมาตรฐานไอเสียประเภทเดียวกัน (ตารางที่ 3.2) และทำการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ตามช่วงความเร็วด้วยรูปแบบการขับขี่กรุงเทพมหานคร เพื่อใช้เป็นตัวแทนของค่า EF ตามช่วงความเร็วที่ใช้ในการประเมินการปลดปล่อยได้อย่างถูกต้อง โดยได้เลือกข้อมูลการทดสอบยานพาหนะที่ใช้งานจริง และใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ที่เป็นที่ยอมรับในประเทศ ได้แก่ น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน 91 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 แก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquid Petroleum Gas, LPG) และก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas for Vehicle, NGV) โดยสามารถแสดงรายละเอียดของปัจจัยต่าง ๆ ตามกลุ่มยานพาหนะที่ใช้ในการทดสอบค่าเฉลี่ย EF-CO₂ และมีการแบ่งตามช่วงความเร็วในการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งผลจากการทดสอบความแตกต่างระหว่างรถยนต์แต่ละประเภทสามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังภาคผนวก ง (2) โดยสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลที่ทำการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

1) การปลดปล่อยค่า EF-CO₂ จากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์ชนิดดีเซลจากการทดสอบในครั้งนี้ แสดงให้เห็นได้ว่า ยานพาหนะประเภทดีเซลใหญ่ที่มีเครื่องยนต์ขนาด 8,500 cc. และดีเซลเล็กที่มีขนาดเครื่องยนต์ 2,500 cc. ที่มีการสันดาปภายใน (Internal Combustion) หรือการจุดระเบิดด้วยการอัดฉีดเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ที่อากาศถูกอัดไว้ด้วยความดันสูง และเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงขึ้น และเมื่อทำการทดสอบบนแท่นทดสอบแล้วนำมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.4 ซึ่งจากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.3 การปลดปล่อยก๊าซ EF-CO₂ จากเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ของยานพาหนะเครื่องยนต์ดีเซล

| ยานพาหนะ/ เชื้อเพลิง | เลขระยะทาง | ค่าการปลดปล่อย EF-CO ₂ (กรัมต่อกิโลเมตร)/ ช่วงความเร็วที่ใช้ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) | | | ค่าการปลดปล่อย EF-CO ₂ (กรัมต่อกิโลเมตร) เฉลี่ยใน 1 รอบ การขับขี่ |
|-----------------------------------|------------|---|----------------------------|----------------------------|--|
| | | 0-20 | 20-40 | 40-80 | |
| รถยนต์ดีเซลใหญ่ (เชื้อเพลิงดีเซล) | | | | | |
| 1 | 53,255 | 1,185.8 | 459.2 | 1,464.3 | 1,036.4 |
| 2 | 668,763 | 1,323.2 | 587.8 | 1,727.7 | 1,212.9 |
| 3 | 613,424 | 1,452.0 | 737.2 | 1,251.1 | 1,146.8 |
| 4 | 712,028 | 1,197.7 | 529.2 | 1,585.3 | 1,104.1 |
| 5 | 726,395 | 1,294.2 | 572.9 | 1,725.8 | 1,197.6 |
| ค่าเฉลี่ย | 554,773 | 1,290.6±96.7 ^a | 577.3±91.6 ^a | 1,550.9±179.1 ^a | 1,139.6±64.3 ^a |
| รถยนต์ดีเซลใหญ่ (เชื้อเพลิง NGV) | | | | | |
| 1 | 1,548 | 11,51.2 | 822.9 | 1,568.4 | 1,180.8 |
| 2 | 3,282 | 1,359.9 | 1,221.6 | 1,098.4 | 1,226.6 |
| 3 | 4,928 | 1,616.6 | 1,371.3 | 1,147.8 | 1,378.6 |
| 4 | 444,009 | 1,509.3 | 1,279.1 | 1,022.2 | 1,270.2 |
| 5 | 845,540 | 1,475.0 | 1,245.3 | 981.7 | 1,234.0 |
| ค่าเฉลี่ย | 259,861 | 1,422.4±177.1 ^a | 1,188.0±211.9 ^b | 1,163.7±235.3 ^b | 1,258.0±74.5 ^b |
| รถยนต์ดีเซลเล็ก (เชื้อเพลิงดีเซล) | | | | | |
| 1 | 95,573 | 326.3 | 305.4 | 215.8 | 282.5 |
| 2 | 160,081 | 391.9 | 260.5 | 219.8 | 290.7 |
| 3 | 267,837 | 344.5 | 309.3 | 219.4 | 291.1 |
| 4 | 508,627 | 341.5 | 301.6 | 210.6 | 284.6 |
| 5 | 727,586 | 355.2 | 323.2 | 228.0 | 302.1 |
| ค่าเฉลี่ย | 351,941 | 351.9±24.6 ^b | 300.0±23.5 ^c | 218.7±6.4 ^c | 290.2±7.7 ^c |
| รถยนต์ดีเซลเล็ก (เชื้อเพลิง NGV) | | | | | |
| 1 | 112,738 | 348.3 | 232.6 | 196.8 | 259.2 |
| 2 | 225,164 | 326.71 | 218.72 | 191.91 | 245.8 |
| 3 | 254,744 | 320.69 | 221.31 | 184.58 | 242.2 |
| 4 | 120,152 | 350.27 | 244.98 | 203.1 | 266.1 |
| 5 | 342,786 | 323.78 | 217.71 | 187.7 | 243.0 |
| ค่าเฉลี่ย | 211,117 | 333.9±14.2 ^b | 227.1±11.6 ^c | 192.8±7.4 ^c | 251.3±10.8 ^c |

หมายเหตุ: ตัวอักษร a และ b ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างชนิดรถยนต์และเชื้อเพลิง

ตารางที่ 4.4 การปลดปล่อยค่า EF-CO₂ จากเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ของเครื่องยนต์เบนซิน

| ประเภทรถ/ เชื้อเพลิง | เลขระยะทาง ที่เริ่มทดสอบ (กิโลเมตร) | ค่าการปลดปล่อย CO ₂ (กรัมต่อกิโลเมตร) ต่อช่วงความเร็วที่ใช้ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) | | | ค่าการปลดปล่อย CO ₂ (กรัมต่อกิโลเมตร) เฉลี่ยใน 1 รอบ การขับขี่ |
|---|---|--|--------------------------|--------------------------|---|
| | | 0-20 | 20-40 | 40-80 | |
| รถยนต์เบนซินเล็ก (เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91) | | | | | |
| 1 | 9,562 | 168.2 | 153.0 | 145.5 | 155.6 |
| 2 | 26,608 | 214.4 | 191.6 | 183.7 | 196.6 |
| 3 | 88,533 | 165.1 | 141.8 | 141.9 | 149.6 |
| 4 | 119,931 | 202.7 | 180.3 | 166.7 | 183.3 |
| 5 | 200,061 | 272.4 | 251.9 | 233.2 | 252.5 |
| ค่าเฉลี่ย | 88,939 | 204.6±43.5 ^a | 183.7±43.1 ^a | 174.2±37.1 ^a | 187.5±41.2 ^a |
| รถยนต์เบนซินเล็ก (เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E20) | | | | | |
| 1 | 147,652 | 188.7 | 164.9 | 155.0 | 169.5 |
| 2 | 112,944 | 159.9 | 134.4 | 125.1 | 139.8 |
| 3 | 177,771 | 140.3 | 124.0 | 120.1 | 128.1 |
| 4 | 172,687 | 193.0 | 168.4 | 160.3 | 173.9 |
| 5 | 122,359 | 130.0 | 117.1 | 115.2 | 120.8 |
| ค่าเฉลี่ย | 146,683 | 162.4±28.2 ^b | 141.8±23.6 ^{cb} | 135.1±20.9 ^{cb} | 146.4±24.1 ^{cb} |
| รถยนต์เบนซินเล็ก (เชื้อเพลิง LPG) | | | | | |
| 1 | 81,979 | 192.3 | 171.1 | 161.5 | 174.9 |
| 2 | 111,596 | 172.9 | 156.0 | 147.1 | 158.7 |
| 3 | 131,010 | 183.2 | 159.0 | 156.4 | 166.2 |
| 4 | 174,823 | 220.0 | 178.1 | 159.0 | 185.7 |
| 5 | 300,993 | 190.6 | 169.6 | 159.1 | 173.1 |
| ค่าเฉลี่ย | 160,080 | 191.8±17.5 ^{cb} | 166.8±9.1 ^{cb} | 156.6±5.6 ^b | 171.7±10.1 ^b |
| รถยนต์เบนซินเล็ก (เชื้อเพลิง NGV) | | | | | |
| 1 | 119,922 | 164.9 | 147.4 | 136.5 | 149.6 |
| 2 | 217,860 | 185.3 | 167.9 | 150.2 | 167.8 |
| 3 | 270,827 | 183.1 | 163.9 | 147.7 | 164.9 |
| 4 | 275,480 | 185.3 | 164.2 | 151.0 | 166.8 |
| 5 | 473,774 | 157.3 | 143.9 | 135.8 | 145.6 |
| ค่าเฉลี่ย | 271,573 | 175.2±13.2 ^b | 157.5±11.0 ^c | 144.2±7.5 ^b | 159.0±10.5 ^b |

ตารางที่ 4.4 การปลดปล่อยค่า EF-CO₂ จากเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ของเครื่องยนต์เบนซิน (ต่อ)

| ประเภท/ เชื้อเพลิง | เลขระยะทาง ที่เริ่มทดสอบ (กิโลเมตร) | ค่าการปลดปล่อย CO ₂ (กรัมต่อกิโลเมตร) ต่อช่วงความเร็วที่ใช้ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) | | | ค่าการปลดปล่อย CO ₂ (กรัมต่อกิโลเมตร) เฉลี่ย 1 รอบ การขับขี่ |
|---|---|--|-----------------------|-----------------------|---|
| | | 0-20 | 20-40 | 40-80 | |
| รถจักรยานยนต์ (เชื้อเพลิงเบนซิน 91) | | | | | |
| 1 | 3 | 41.0 | 36.9 | 40.3 | 39.4 |
| 2 | 183 | 45.9 | 39.6 | 35.4 | 40.3 |
| 3 | 225 | 41.9 | 35.7 | 35.7 | 37.7 |
| 4 | 623 | 39.0 | 36.3 | 39.1 | 38.1 |
| 5 | 3,355 | 57.7 | 38.5 | 32.2 | 42.8 |
| ค่าเฉลี่ย | 878 | 45.1±7.5 ^c | 37.4±1.6 ^c | 36.5±3.2 ^c | 39.7±2.0 ^c |
| รถจักรยานยนต์ (เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 95) | | | | | |
| 1 | 150 | 52.3 | 50.1 | 50.9 | 51.1 |
| 2 | 4,967 | 59.0 | 51.5 | 51.7 | 54.1 |
| 3 | 5,169 | 60.2 | 52.7 | 50.7 | 54.6 |
| 4 | 5,273 | 40.6 | 36.4 | 37.2 | 38.1 |
| 5 | 6,688 | 48.2 | 40.9 | 44.1 | 44.4 |
| ค่าเฉลี่ย | 4,449 | 52.0±8.1 ^c | 46.3±7.3 ^c | 46.9±6.2 ^c | 48.4±7.1 ^c |
| รถจักรยานยนต์ (เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91) | | | | | |
| 1 | 63 | 46.3 | 40.3 | 43.2 | 43.2 |
| 2 | 147 | 46.0 | 40.4 | 41.3 | 42.5 |
| 3 | 4,343 | 40.1 | 37.5 | 39.7 | 39.1 |
| 4 | 10,469 | 41.4 | 34.8 | 35.9 | 37.4 |
| 5 | 53,938 | 40.4 | 34.4 | 31.3 | 35.4 |
| ค่าเฉลี่ย | 13,792 | 42.8±3.0 ^c | 37.5±2.9 ^c | 38.3±4.7 ^c | 39.5±3.4 ^c |

หมายเหตุ: ตัวอักษร a , b และ c ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างชนิดรถยนต์และเชื้อเพลิง

(1) รถยนต์ดีเซลใหญ่ (Heavy Duty Diesel Vehicles, HDDV)

กลุ่ม HDDV ที่ใช้เชื้อเพลิงจากการทดสอบ พบว่า มีการปลดปล่อยค่า EF- CO₂ อยู่ในช่วง 1,036.4-1,212.9 กรัมต่อกิโลเมตร และพบว่า รถประเภท HDDV (น้ำมันดีเซล) ที่มีปริมาณระยะทาง (Mileage) แตกต่างกันในตัวอย่างแต่ละของรถที่ใช้ทดสอบ พบว่า มีแนวโน้มค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ ที่เหมือนกันในทุกช่วงความเร็วที่ใช้ ทั้งนี้ผลจากการทดสอบมีความสอดคล้องกับการศึกษา Tan และ Hu (2016) ที่ทำการศึกษาและพบสัดส่วนของการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ประมาณร้อยละ 50 ทุกช่วงความเร็วที่ใช้จากไอเสียของรถยนต์ดีเซล (เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของ O₂ และ N₂ ที่เป็นองค์ประกอบในเชื้อเพลิง) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาในครั้งนี้ ยังพบค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ ในช่วงความเร็ว 0-20, 20-40, และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยของการปลดปล่อยเท่ากับ 1,290.6±96.7, 577.3±91.6 และ 1,568.4±179.1 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ และยังพบว่าการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ของน้ำมันดีเซลที่ความเร็วต่าง ๆ มีแนวโน้มที่สูงขึ้นและลดลง จากนั้นสูงขึ้นอีกครั้ง ตามรูปแบบการขับขี่ของกรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Cycle) ที่มีการควบคุมความเร็วของรถยนต์จากช่วงความเร็วต่ำไปช่วงความเร็วที่สูงขึ้น ทั้งนี้ลักษณะการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ จากการทดสอบที่มีแนวโน้มที่สูงขึ้นและลดลง อาจเนื่องมาจากรถที่มีน้ำหนักมาก ต้องใช้การเผาไหม้เชื้อเพลิงสูง ระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ต้องใช้อากาศ และเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น เพื่อเร่งให้รถเคลื่อนที่ได้ ทำให้การเผาไหม้ลดต่ำลงเมื่อมีการเปลี่ยนเกียร์เพื่อให้รถมีภาระน้อยลง และกลับมาสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อมีการเพิ่มความเร่งของเครื่องยนต์อีกครั้ง ประกอบกับมีแรงต้านอากาศที่ตัวรถ จึงอาจทำให้เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น เพื่อเร่งให้รถทำความเร็วได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Fontaras และคณะ (2016) ที่ได้ทำการทดสอบรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่จากห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ยุโรป พบว่า มีการปลดปล่อย CO₂ แปรปรวนอยู่ในช่วง 518-615 กรัมต่อกิโลเมตร ด้วยการใช้รูปแบบการขับขี่ยุโรป (WHVC) ที่มีการใช้ความเร็วต่ำสลับกับความเร็วที่สูงขึ้น

กลุ่ม HDDV ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ NGV จากการทดสอบพบการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ อยู่ในช่วง 1,180.8-1,378.6 กรัมต่อกิโลเมตร และพบว่า รถประเภท HDDV (NGV) ที่มีเลขระยะทาง (Mileage) ที่แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่าง พบว่า มีแนวโน้มของค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ในแต่ละช่วงความเร็วคือ 0-20, 20-40, และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ เฉลี่ยเท่ากับ 1,422.4±177.1, 1,188.0±211.9 และ 1,163.7±74.5 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากมีอัตราการเผาไหม้ก๊าซ NGV ที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ จากช่วงความเร็วต่าง ๆ พบว่า NGV มีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ สูงกว่าน้ำมันดีเซลในแต่ละช่วงความเร็ว อันเนื่องมาจากลักษณะของเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกัน โดย สารคาร์บอนในสถานะก๊าซมีความหนาแน่น

ที่น้อยกว่าน้ำมัน จึงอาจทำให้การเผาไหม้เกิดเป็นก๊าซ CO₂ และได้ค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกช่วงความเร็ว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Grigoratos และคณะ (2016) ที่ตรวจวัดก๊าซ CO₂ จากรถยนต์ดีเซลใหญ่ที่วิ่งบนถนนในประเทศอิตาลี พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ อย่างต่อเนื่องเมื่อเครื่องยนต์มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงตามรูปแบบการขับขี่ที่มีช่วงทำความเร็วสูงขึ้นและลดความเร็วลง ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ ของกลุ่มรถประเภท HDDV ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลกับก๊าซ NGV พบว่า เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ที่ช่วงความเร็ว 20-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนช่วงความเร็วอื่นนั้น พบว่า มีค่าของการปลดปล่อย EF-CO₂ ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงดังรูปที่ 4.2a

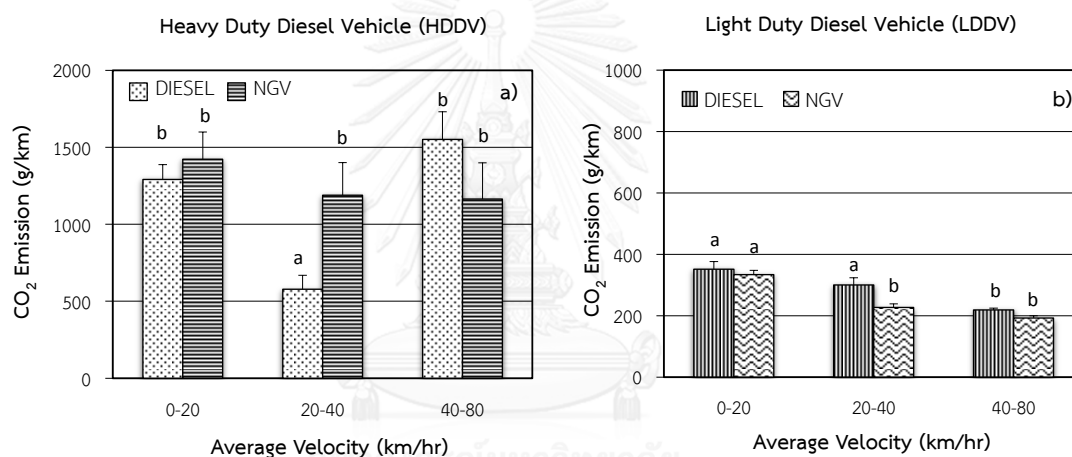
(2) รถยนต์ดีเซลเล็ก (Light Duty Diesel Vehicle, LDDV)

กลุ่ม LDDV ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลจากการทดสอบพบค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ อยู่ในช่วง 282.5-302.1 กรัมต่อกิโลเมตร และพบว่า รถประเภท LDDV (น้ำมันดีเซล) ที่มีเลขระยะทาง (Mileage) แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่างของรถที่ใช้ทดสอบ พบว่า มีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันในแต่ละช่วงของความเร็วที่ใช้ทดสอบ โดยในแต่ละช่วงความเร็ว ได้แก่ 0-20, 20-40 และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ เฉลี่ยเท่ากับ 345.5 ± 24.6 , 300.0 ± 23.5 และ 218.7 ± 6.4 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มของการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากมากไปน้อย ตามลำดับ ของรูปแบบหรือช่วงความเร็วที่ใช้ทดสอบ ทั้งนี้ เนื่องจากเครื่องยนต์มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงสูงในช่วงเริ่มต้นทำความเร็ว และอัตราการใช้เชื้อเพลิงลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น และส่งผลให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงน้อยลง จึงทำให้เกิดการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ในปริมาณน้อยเมื่อความเร็วสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zacharof และคณะ (2016) ที่ทำการทดสอบการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ จากรถยนต์ดีเซลเล็กที่ใช้งานในยุโรป พบว่า รถยนต์ดีเซลขนาดเล็กมีการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ จะมีปริมาณน้อยลง เมื่อยานพาหนะใช้ความเร็วที่สูงขึ้นอยู่ในช่วง 177.1-190.6 กรัมต่อกิโลเมตร และรถยนต์ดีเซลขนาดเล็กเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซ CO₂ มากกว่ารถประเภทอื่น เนื่องมาจากความต้องการใช้งานรถยนต์ดีเซลขนาดเล็กในระบบเศรษฐกิจ

กลุ่มรถยนต์ LDDV ที่ใช้เชื้อเพลิง NGV จากการทดสอบพบค่าการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ประมาณ 242.2-266.1 กรัมต่อกิโลเมตร และพบว่า รถประเภท LDDV (ก๊าซ NGV) ที่มีเลขระยะทาง (Mileage) แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่าง พบว่า มีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ ที่ใกล้เคียงกัน โดยในแต่ละช่วงของความเร็วที่ใช้ทดสอบคือ 0-20, 20-40 และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ เฉลี่ยเท่ากับ 333.9 ± 14.2 , 227.1 ± 11.6 และ 192.8 ± 7.4 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ คล้ายกับการใช้น้ำมันดีเซล แต่มีแนวโน้มการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ที่ต่ำกว่ารถประเภท LDDV (น้ำมันดีเซล) ผลการทดสอบครั้งนี้มีความ

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bielaczyc และคณะ (2014) ที่ตรวจวัดการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากการใช้ NGV เป็นเชื้อเพลิงทางเลือก พบว่า การเปลี่ยนระบบการใช้เชื้อเพลิงจากการใช้น้ำมันดีเซล เปลี่ยนเป็นการใช้ก๊าซ NGV จะส่งผลให้การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะประเภท LDDV มีค่าลดลงประมาณร้อยละ 25

ดังนั้นเมื่อทำการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากช่วงความเร็วต่าง ๆ ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลกับก๊าซ NGV พบว่า ค่าของการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ที่ช่วงความเร็ว 20-40 และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ช่วงความเร็ว 0-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเท่านั้นที่มีการปลดปล่อย CO₂ จากเชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติแสดงดังรูปที่ 4.2b



รูปที่ 4.2 การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล และก๊าซ NGV

a) รถยนต์ประเภทดีเซลใหญ่ และ b) รถยนต์ประเภทดีเซลเล็ก
ที่ช่วงความเร็ว 0-20, 20-40 และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2) การปลดปล่อยค่า EF-CO₂ จากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน

จากการทดสอบในครั้งนี้ แสดงให้เห็นได้ว่า รถยนต์ประเภทเบนซินเล็กที่มีเครื่องยนต์ขนาด 2,000 cc. และรถจักรยานยนต์ที่มีขนาดเครื่องยนต์ 125 cc. ที่มีการจุดระเบิดเป็นระบบหัวเทียนจุดประกายไฟ (Ignition System) เพื่อเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ ทั้งนี้เมื่อทำการทดสอบบนแท่นทดสอบแล้ว นำผลของข้อมูลมาเปรียบเทียบกับชนิดของเชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ใช้ ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.4 และจากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) รถยนต์เบนซินเล็ก (Light Duty Gasoline Vehicles, LDGV)

จากการทดสอบรถยนต์กลุ่ม LDGV ที่ใช้เชื้อเพลิง Gasohol 91 พบค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ อยู่ในช่วง 149.6-252.5 กรัมต่อกิโลเมตร และพบว่า รถประเภท LDGV (Gasohol 91) ที่มีเลขระยะทาง (Mileage) ที่แตกต่างกันจะมีการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ที่ใกล้เคียงกัน ส่วนการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ในแต่ละช่วงของความเร็วที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ 0-20, 20-40 และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่า การปลดปล่อยค่า EF-CO₂ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 204.6±43.5, 183.7±43.1 และ 174.2±37.1 กรัมต่อกิโลเมตร ซึ่งมีแนวโน้มของการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ จากมากไปน้อย ตามลำดับ ของรูปแบบหรือช่วงความเร็วของการขับขี่ ทั้งนี้เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะมีปริมาณที่สูงในช่วงเริ่มต้นของการทำความเร็วรถ และอัตราการใช้เชื้อเพลิงจะลดลงเมื่อความเร็วรถยนต์เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงน้อยลง และส่งผลให้มีการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ในปริมาณที่น้อยลงเมื่อความเร็วสูงขึ้น ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการขับขี่รถประเภท LDDV ซึ่งผลการศึกษานี้มีความแตกต่างกับงานวิจัยของ Wang และคณะ (2016) ซึ่งพบว่า ปริมาณก๊าซ CO₂ ที่ปลดปล่อยจากรถยนต์เบนซิน มีปริมาณแตกต่างกันตามลักษณะการขับขี่ และการทำงานของเครื่องยนต์ในช่วงความเร็วที่ต่างกัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วจาก 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไปเป็นระดับความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะมีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นร้อยละ 14.3

สำหรับกลุ่มรถยนต์ LDGV ที่ใช้เชื้อเพลิง Gasohol E20, LPG และ NGV มีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ จากการทดสอบบนแท่นทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง 120.8-173.9, 158.7-174.9 และ 145.6-167.8 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ และพบว่า กลุ่มรถประเภท LDGV ที่มีเลขระยะทาง (Mileage) ที่แตกต่างกันในการทดสอบ มีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ ของเชื้อเพลิง Gasohol E20 กับ NGV แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เชื้อเพลิง LPG มีค่า EF-CO₂ ไม่แตกต่างกับ Gasohol E20 และ NGV สำหรับกลุ่มรถยนต์ LDGV ที่ใช้เชื้อเพลิง Gasohol E20 ในแต่ละช่วงของความเร็วที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ 0-20, 20-40 และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ เฉลี่ยเท่ากับ 162.4±28.2, 141.8±23.6 และ 135.1±20.9 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มของการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ คล้ายกับการใช้น้ำมัน Gasohol 91 ในขณะที่กลุ่มรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง LPG ในแต่ละช่วงของความเร็วที่ใช้ทดสอบมีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ เฉลี่ยเท่ากับ 191.8±17.5, 166.8±9.1 และ 156.6±5.6 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ และมีแนวโน้มของค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ คล้ายกับการใช้รถยนต์ชนิด LDGV ที่ใช้น้ำมัน Gasohol 91 และ Gasohol E20 สำหรับกลุ่มรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง NGV จากทดสอบพบว่า ในแต่ละช่วงของความเร็วที่ใช้ทดสอบมีค่าเฉลี่ยของการปลดปล่อย EF-CO₂ เท่ากับ 175.2±13.2, 157.5±11.0 และ 144.2±7.5 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

และมีแนวโน้มของค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ ในลักษณะเดียวกับรถยนต์ที่ใช้น้ำมัน Gasohol 91, Gasohol E20 และ LPG

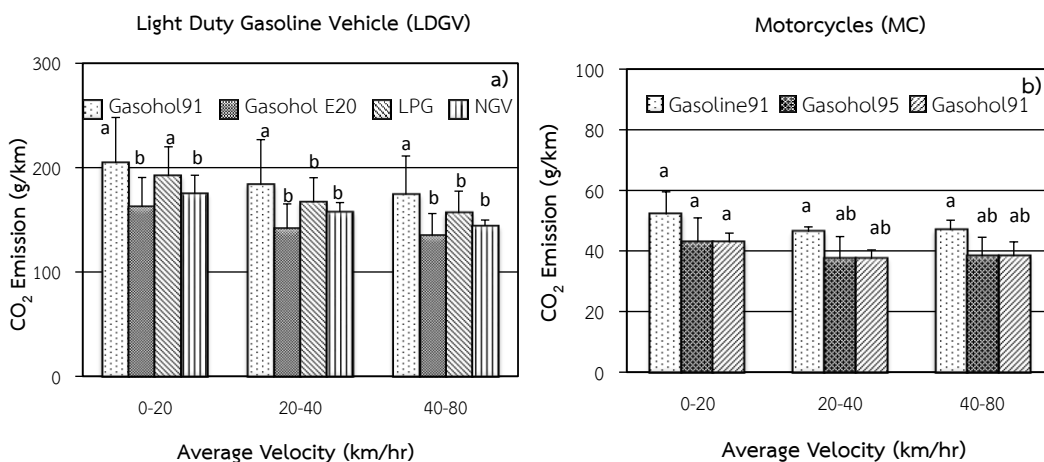
อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ในแต่ละช่วงของความเร็วของการขับขี่ พบว่า รถยนต์ชนิด LDGV ที่ใช้เชื้อเพลิง Gasohol E20 และก๊าซ NGV มีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ น้อยกว่ารถยนต์ LDGV ที่ใช้น้ำมันชนิด Gasohol 91 และ LPG ในทุกช่วงความเร็ว ซึ่งมีความแตกต่างกับงานวิจัยของ Choi (2009) ที่ได้ทำการทดสอบและวัดค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยช่วงความเร็วสูง และความเร็วคงที่ โดยพบค่า EF-CO₂ จากการใช้ความเร็วต่ำไปช่วงความเร็วสูงเพิ่มขึ้นร้อยละ 13 และเมื่อทำการเปรียบเทียบเชื้อเพลิง Gasohol 91 และ NGV มีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ ที่ไม่แตกต่างกันในทุกช่วงความเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bielaczyc และคณะ (2015) ที่ทำการทดสอบการปลดปล่อย GHG จากเชื้อเพลิงทางเลือกสำหรับรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซิน โดยพบว่า อัตราการปลดปล่อยของก๊าซ CO₂ จากเครื่องยนต์ชนิดเดียวกันมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากใช้เทคโนโลยี และการควบคุมมาตรฐานไอเสียตามมาตรฐานเดียวกัน นอกจากนี้จากการทดสอบรถยนต์บนแท่นทดสอบเชื้อเพลิงในแต่ละชนิด พบว่า Gasohol E20 และ LPG ที่รถยนต์ประเภทเบนซินขับขี่ในช่วงความเร็ว 0-20 และ 20-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (แสดงดังรูปที่ 4.3a) ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gupta และคณะ (2016) ที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงทางเลือกกับการปลดปล่อย GHG ของยานพาหนะ ที่พบว่าการใช้เชื้อเพลิงที่หลากหลายมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในแต่ละช่วงความเร็วที่ใช้ตามรูปแบบการขับขี่ในเขตเมืองของประเทศอินเดีย

(2) รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ (Motorcycle, MC)

รถจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง Gasoline 91 จากการทดสอบ พบว่า มีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ อยู่ในช่วง 37.7-42.8 กรัมต่อกิโลเมตร โดยมีเลขระยะทางสะสมแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการทดสอบมีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และในแต่ละช่วงของความเร็วที่ใช้ ได้แก่ 0-20, 20-40 และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ เฉลี่ยเท่ากับ 45.1 ± 7.5 , 37.4 ± 1.6 และ 36.5 ± 3.2 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งแนวโน้มการปลดปล่อยจากมากไปน้อยตามช่วงความเร็วที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากรถจักรยานยนต์มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงสูงในช่วงเริ่มต้นของการทำความเร็วเพื่อทำให้รถเคลื่อนที่ได้ และอัตราการใช้เชื้อเพลิงจะลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นและคงที่ จึงส่งผลให้เครื่องยนต์มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงน้อยลง และพบค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ มีปริมาณน้อยลงเมื่อความเร็วสูงขึ้นอีกด้วย ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับรถประเภท LDDV และ LDGV อย่างไรก็ตามกลุ่มรถจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง Gasohol 95 ผลจากการทดสอบ

พบการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ มีค่าอยู่ในช่วง 38.1-54.6 กรัมต่อกิโลเมตร โดยเลขระยะทาง (Mileage) ที่ใช้ทดสอบมีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ในแต่ละช่วงความเร็ว พบว่า มีค่าการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ เฉลี่ยเท่ากับ 52.0±8.1, 46.3±7.3 และ 46.9±6.2 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ คล้ายกับน้ำมัน Gasoline 91 แสดงดังรูปที่ 4.3b

สำหรับการทดสอบรถจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง Gasohol 91 พบค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ อยู่ในช่วง 35.4-43.2 กรัมต่อกิโลเมตร ซึ่งเลขระยะทาง (Mileage) ที่ใช้ทดสอบมีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ ที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในแต่ละช่วงของความเร็ว พบว่า มีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ เฉลี่ยเท่ากับ 42.8±3.0, 37.5±2.9 และ 38.3±4.7 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่าใกล้เคียงกับ Gasohol 95 เช่นกัน นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าของการปลดปล่อย EF-CO₂ กับช่วงความเร็วต่าง ๆ ในการขับขี่ พบว่า รถจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง Gasohol 91 มีค่าของการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ น้อยกว่า Gasoline 91 และ Gasohol 95 ในช่วงของความเร็วขับขี่ 20-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และพบค่า EF-CO₂ ของเชื้อเพลิง Gasohol 91 มีค่าสูงกว่า Gasoline 91 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Costagliola และคณะ (2016) ที่ได้ทำการทดสอบเชื้อเพลิงเบนซินที่มีส่วนผสมของเอทานอล พบว่า เชื้อเพลิงเบนซินที่ผสมกับเอทานอล มีค่าของการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ น้อยกว่าเชื้อเพลิงเบนซินอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้เชื้อเพลิงที่ใช้ในช่วงของความเร็ว 0-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงในแต่ละชนิดมีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และในช่วงของความเร็ว 20-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่า รถจักรยานยนต์ที่ใช้ Gasohol 95 กับ Gasohol 91 มีค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และในช่วงของความเร็วในการขับขี่ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถจักรยานยนต์ที่มีการใช้เชื้อเพลิง Gasohol 95 กับ Gasohol 91 พบว่า มีค่าของการปลดปล่อย EF-CO₂ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ด้วยเช่นกัน โดยผลการศึกษาครั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hassani และ Hosseini (2016) ที่พบค่าของการปลดปล่อยไอเสีย และก๊าซ CO₂ ที่มีค่าการปลดปล่อยเป็นช่วงกว้างจากการทดสอบด้วยรูปแบบการขับขี่ในเขตเมืองของรถจักรยานยนต์จากห้องปฏิบัติการในเมืองเตหะราน ประเทศอิหร่าน ซึ่งพบว่า อัตราส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงแต่ละชนิดของรถจักรยานยนต์ในแต่ละคันมีค่าไม่เท่ากัน ทำให้ค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ มีความหลากหลาย



รูปที่ 4.3 การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากเครื่องยนต์เบนซินที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ
 a) รถยนต์ประเภทเบนซินเล็ก และ b) รถยนต์ประเภทจักรยานยนต์
 ที่ช่วงความเร็ว 0-20, 20-40 และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

4.2 การศึกษาตัวคุณมลพิษของก๊าซมีเทน

การศึกษาตัวคุณมลพิษของก๊าซมีเทน (Emission Factor of CH₄, EF-CH₄) จากยานพาหนะรวม 3 ประเภท ได้แก่ HDDV, LDDV และ LDGV ที่มีการใช้ก๊าซ NGV เป็นเชื้อเพลิงหลัก ซึ่งได้ทดสอบบนแท่นทดสอบ (Chassis Dynamometer) และมีการใช้รูปแบบการขับขี่ของกรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Cycle) มีความเร็วเฉลี่ยของรถทดสอบอยู่ในช่วง 1) 0-20 2) 20-40 และ 3) 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้ คือ ก๊าซ NGV เป็นเชื้อเพลิงหลัก เพื่อหาค่าเฉลี่ยของค่า EF-CH₄ และทำการพิจารณาความแตกต่างของปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซ CH₄ กับระยะทางที่รถยนต์เคลื่อนที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

4.2.1 ตัวคุณมลพิษของก๊าซมีเทนที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดก๊าซ NGV จากยานพาหนะทั้ง 3 ประเภท

การตรวจวัดก๊าซมีเทน (CH₄) จากยานพาหนะ ด้วยเครื่องวิเคราะห์ Methane Analyzer และทำการตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์แบบเปลวไอออนไนต์เซชัน (Flame Ionization Detector, FID) เพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซ CH₄ จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ สำหรับการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ได้ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์แบบนอนดิสเพอร์ซีฟอินฟราเรด (Non-Dispersive Infrared Analyzer, NDIR) เพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ โดยการดูดซับพลังงานอินฟราเรดและแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และนำไปเปรียบเทียบกับก๊าซอ้างอิง จะได้

ความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ ที่ต้องการ ควบคู่กับการตรวจวัดก๊าซ CH₄ ทั้งนี้การวิเคราะห์ค่า EF จะวัดในหน่วย กรัมต่อกิโลเมตร (g/km) และคำนวณอัตราการใช้เชื้อเพลิง และความเร็วของยานพาหนะที่ทดสอบตามรูปแบบการขับขี่ที่กำหนดไว้ เหมือนข้อ 4.1.1 และกลุ่มยานพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิง NGV เป็นหลัก (ตารางที่ 3.3) โดยผลทดสอบความแตกต่างทางสถิติของยานพาหนะทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ HDDV, LDDV และ LDGV ดังตารางที่ 4.5 และภาคผนวก ง โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้ ตารางที่ 4.5 ค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ ของยานพาหนะทั้ง 3 ชนิดกับค่าเฉลี่ยความเร็วและอัตราการใช้เชื้อเพลิงโดยการทดสอบความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

| ชนิดยานพาหนะ | ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กม./ลิตร) | ค่า EF-CH ₄ | | ค่า EF-CO ₂ | |
|----------------|--------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|
| | | | กรัม/กม. | กรัม/ลิตร | กรัม/กม. | กรัม/ลิตร |
| HDDV | 23.5 | 1.7 | 7.22 | 12.8 | 919.6 | 259.8 |
| LDDV | 34.3 | 9.1 | 0.17 | 0.11 | 169.8 | 3.21 |
| LDGV-1 | 26.3 | 10.8 | 1.24 | 0.39 | 162.0 | 0.93 |
| LDGV-2 | 33.4 | 11.4 | 0.93 | 0.27 | 153.8 | 0.88 |
| LDGV-3 | 26.3 | 9.9 | 1.03 | 0.35 | 168.1 | 1.70 |
| LDGV-4 | 33.4 | 10.4 | 0.42 | 0.14 | 164.2 | 0.63 |
| LDGV-5 | 33.4 | 10.8 | 0.43 | 0.13 | 163.9 | 0.61 |
| LDGV-6 | 26.3 | 10.1 | 1.14 | 0.02 | 162.2 | 0.10 |
| LDGV-7 | 33.4 | 10.3 | 0.34 | 0.38 | 162.9 | 1.58 |
| LDGV-8 | 26.3 | 10.2 | 1.30 | 0.11 | 171.0 | 0.67 |
| LDGV-9 | 33.4 | 10.6 | 0.55 | 0.17 | 165.6 | 0.63 |
| ค่าเฉลี่ย LDGV | 30.2 | 10.5 | 0.82 | 0.22 | 163.7 | 0.86 |

1) ค่าการปลดปล่อย EF-CH₄ และ EF-CO₂ จากยานพาหนะทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ รถประเภท HDDV, LDDV และ LDGV แสดงในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.6 โดยค่าเฉลี่ยความเร็วแสดงในหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง และการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ (NGV) แสดงในหน่วยกิโลเมตรต่อลิตร จากผลการทดสอบการปลดปล่อยค่า EF พบว่า รถประเภท HDDV มีการปลดปล่อยค่า EF สูงสุด รองลงมาคือ รถประเภท LDGV และ LDDV ตามลำดับ ส่วนรถประเภท LDDV และ LDGV มีค่าการปลดปล่อย EF ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ผลการทดสอบยานพาหนะแต่ละชนิดจากการใช้เชื้อเพลิงก๊าซ NGV พบว่า มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ ที่แตกต่างกัน โดยพบว่า รถประเภท HDDV มีค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ สูงที่สุด คือ 7.22 และ 919.6 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนรถประเภท LDDV มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ ต่ำที่สุด คือ 0.17 กรัมต่อกิโลเมตร และรถประเภท LDGV-2 มีการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ต่ำที่สุด คือ 153.8 กรัมต่อกิโลเมตร

โดยผลการทดสอบครั้งนี้ พบค่า EF-CO₂ จากรถประเภท HDDV, LDDV และ LDGV มีความสอดคล้องกับการทดสอบรถยนต์บนแท่นทดสอบของ Nilrit (2012) ที่ได้รายงานไว้ว่า รถประเภท HDDV จะมีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ สูงกว่ารถ LDDV และ LDGV เท่ากับ 4.2 และ 6.8 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเฉพาะค่า EF-CH₄ พบว่า รถประเภท HDDV มีค่าการปลดปล่อย EF สูงสุด แตกต่างจากรถประเภท LDDV และ LDGV ส่วนรถประเภท LDDV มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ ใกล้เคียงกับรถประเภท LDGV และเมื่อพิจารณาเฉพาะค่า EF-CO₂ พบว่า รถประเภท HDDV มีการปลดปล่อยค่า EF สูงสุด และค่ามีความแตกต่างจากรถประเภท LDDV และ LDGV ในขณะที่รถประเภท LDDV มีค่า EF-CO₂ ใกล้เคียงกับรถประเภท LDGV อย่างไรก็ตามเมื่อทำการทดสอบค่าความแปรปรวนปัจจัยการปลดปล่อยค่า EF พบว่า รถทั้งสองประเภทเมื่อพิจารณาเลขระยะทาง และเชื้อเพลิงที่ใช้มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้การทดสอบรถประเภท LDDV และ LDGV ที่มีขนาดเครื่องยนต์ 3,000 cc. และ 1,600 cc. โดยทำการพิจารณาปัจจัยความสัมพันธ์ตามเลขระยะทางที่ใช้งาน (Mileage) ที่แตกต่างกันในช่วง 40,850 - 125,422 กิโลเมตร พบค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของค่า EF กับความเร็วเฉลี่ยที่แตกต่างกันในช่วง 29.8-34.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีค่าไม่ต่างกันทางสถิติเช่นกัน ส่วนความสัมพันธ์ของเชื้อเพลิงที่ใช้พบว่า การปลดปล่อยค่า EF-CH₄ ของรถประเภท LDDV มีค่าไม่แตกต่างกับรถประเภท LDGV แต่ในการทดสอบการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ของรถทั้งสองชนิด พบว่า ค่า EF มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากชนิดเครื่องยนต์ที่มีความแตกต่างกันนั้น ทั้งนี้สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

(1) รถประเภท HDDV เมื่อใช้ความเร็วเฉลี่ย 23.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.7 กิโลเมตรต่อลิตร พบว่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีค่าการปลดปล่อยเฉลี่ยเท่ากับ 7.22 และ 919.6 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ผลการศึกษาครั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Graham (2008) และ Gatts (2012) ที่ทำการศึกษากการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จากยานพาหนะบนแท่นทดสอบ โดยพบว่า รถประเภท HDDV มีการเผาไหม้ก๊าซ NGV และมีการปลดปล่อยก๊าซ CH₄ ในปริมาณน้อย ส่วนก๊าซ CO มีการปลดปล่อยในสัดส่วนที่สูงกว่า เนื่องจากมีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์

(2) รถประเภท LDDV เมื่อใช้ความเร็วเฉลี่ย 34.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 9.1 กิโลเมตรต่อลิตร พบว่า การปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.17 และ 169.8 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับรถประเภท LDGV พบว่า การปลดปล่อยค่า EF-CH₄ ของรถประเภท LDDV มีค่าต่ำกว่ารถประเภท LDGV ส่วนการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ มีค่าสูงกว่ารถประเภท LDGV เนื่องจากชนิดเครื่องยนต์ที่แตกต่างกัน สาเหตุจากระบบการ

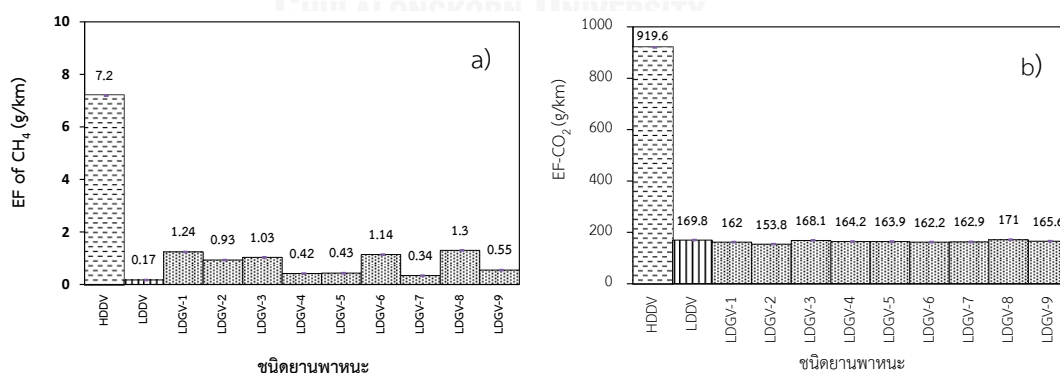
อัตรากาศก่อนการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลที่มีความดัน และอุณหภูมิสูงกว่าระบบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์เบนซินที่อุณหภูมिन้อยกว่า ทำให้เชื้อเพลิงที่เผาไหม้เปลี่ยนรูปเป็นก๊าซ CO₂ ได้มากกว่า โดยผลการทดสอบครั้งนี้มีความสอดคล้องกับการทดสอบบนแท่นทดสอบของ Ceper (2009) ที่ประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากเครื่องยนต์ดีเซลในประเทศอินเดีย ด้วยการคำนวณพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงที่ใช้ พบว่า ก๊าซ CO₂ ปริมาณมากถูกปลดปล่อยออกมาที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้รอบสูง และ Chiang (2012) ที่ได้รายงานผลการทดสอบรถยนต์ดีเซลโดยทดสอบรอบของเครื่องยนต์ที่ใช้รอบสูง โดยพบว่ามีค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ สูงสุดเท่ากับ 442.4 กรัมต่อกิโลเมตร และมีการอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้รอบต่ำ ซึ่งพบการปล่อยก๊าซ CO₂ ต่ำสุดเท่ากับ 281.6 กรัมต่อกิโลเมตร

(3) รถประเภท LDGV จากการทดสอบด้วยรูปแบบการขับขี่กรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Cycle) ที่มีลักษณะการขับขี่ที่ใช้ความเร็วในระดับต่าง ๆ โดยมีรูปแบบความเร็วเฉลี่ย 2 ชนิด คือ 26.3 และ 33.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อแบ่งตัวอย่างทดสอบตามเลขระยะทาง พบว่า รถชนิด LDGV-1 ที่มีเลขระยะทาง 44,765 กิโลเมตร และใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 10.8 กิโลเมตรต่อลิตร มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.24 และ 162 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ และรถชนิด LDGV-2 ที่มีเลขระยะทาง 44,790 กิโลเมตร และใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 11.4 กิโลเมตรต่อลิตร มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.93 และ 153.8 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ และรถชนิด LDGV-3 ที่มีเลขระยะทาง 61,337 กิโลเมตร และใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 9.9 กิโลเมตรต่อลิตร มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.03 และ 168.1 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ และรถชนิด LDGV-4 ที่มีเลขระยะทาง 61,361 กิโลเมตรและใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 10.4 กิโลเมตรต่อลิตร มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 และ 164.2 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ และรถชนิด LDGV-5 ที่มีเลขระยะทาง 72,178 กิโลเมตร และใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 10.8 กิโลเมตรต่อลิตร มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.43 และ 163.9 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ และรถชนิด LDGV-6 ที่มีเลขระยะทาง 103,906 กิโลเมตร และใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 10.1 กิโลเมตรต่อลิตร มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.14 และ 162.2 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ และรถชนิด LDGV-7 ที่มีเลขระยะทาง 103,930 กิโลเมตร และใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 10.3 กิโลเมตรต่อลิตร มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.34 และ 162.9 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ และรถชนิด LDGV-8 ที่มีเลขระยะทาง 125,339 กิโลเมตร และใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 10.2 กิโลเมตรต่อลิตร มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.30 และ 171 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ และรถชนิด LDGV-9 ที่มีเลขระยะทาง 125,422 กิโลเมตร และใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 10.6 กิโลเมตรต่อ

ลิตร มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.55 และ 165.6 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งการปลดปล่อยก๊าซ CH₄ ในรูปไอเสียเกิดขึ้นเมื่อส่วนผสมของอากาศกับก๊าซ NGV ที่อยู่ในลูกสูบบริเวณแหวนลูกสูบ และผนังลูกสูบของกระบอกสูบในเครื่องยนต์ ไม่เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ทำให้เกิดก๊าซ NGV ส่วนที่เหลือเนื่องจากมีช่วงเวลาในการเผาไหม้ไม่เพียงพอ ทำให้ก๊าซ NGV ถูกขับออกจากกระบอกสูบในจังหวะคายไอเสีย และซึ่งการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ ที่ได้จากการทดสอบในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับการทดสอบของ Heeb (2003) และ Choi (2009) รายงานค่าความเข้มข้นของสารกลุ่มไฮโดรคาร์บอนด้วยอุปกรณ์บำบัดมลพิษจากท่อไอเสีย พบว่า การปลดปล่อยก๊าซ CH₄ ร้อยละ 6 จากไอเสียยานพาหนะในหนึ่งรอบการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ในขณะที่การปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ยังมีความสอดคล้องกับการทดสอบของ Porpatham (2008) จากเครื่องยนต์เบนซินที่ใช้หัวเทียนในการจุดระเบิด (Spark Ignition) โดยใช้เชื้อเพลิงชนิดไบโอแก๊ส (Bio Gas) ผลการทดลองพบว่า ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซ CO₂ ที่มีค่าลดลงจะมีแนวโน้มผกผันกับปริมาณก๊าซ CH₄ ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

2) ค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ เปรียบเทียบกับการเลขระยะทาง ความเร็วเฉลี่ย และ การใช้เชื้อเพลิงก๊าซ NGV

ค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ เมื่อเปรียบเทียบกับเลขระยะทาง (Mileage) และการใช้เชื้อเพลิงก๊าซ NGV (Fuel Consumption) สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 4.4 a) และ b) และสัดส่วนของ CH₄:CO₂ จากการคำนวณค่า EF-CH₄ เปรียบเทียบกับค่า EF-CO₂ จากการเก็บตัวอย่างไอเสียพร้อมกันของยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ซึ่งผลจากการศึกษาสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย EF ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร ของยานพาหนะแต่ละประเภท

a) EF-CH₄ และ b) EF-CO₂

(1) รถประเภท HDDV เมื่อเปรียบเทียบกับรถประเภท LDDV และ LDGV พบว่ามีค่าเฉลี่ยของการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ ที่สูงกว่ารถประเภทอื่น เนื่องจากเครื่องยนต์มีขนาดใหญ่ และการใช้เชื้อเพลิงที่สูงกว่ารถประเภทอื่น

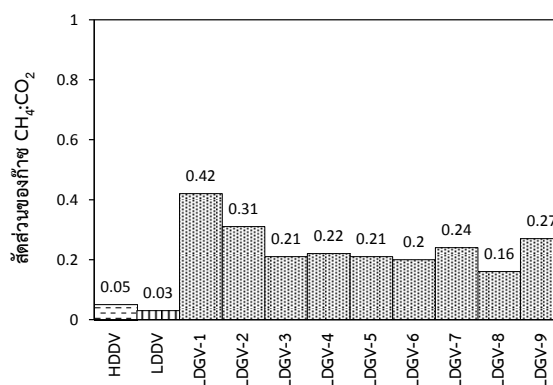
(2) รถประเภท LDDV มีค่าเฉลี่ย EF-CH₄ และ EF-CO₂ เท่ากับ 0.17 และ 169.8 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับรถประเภท LDGV ที่มีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ อยู่ในช่วง 0.34-1.24 และ 153.8-168.1 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ โดยรถทั้งสองชนิดมีการปลดปล่อยค่า EF ใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาแบ่งกลุ่มตามเลขระยะทาง พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างรถชนิด LDDV, LDGV-1 และ LDGV-2 ที่มีเลขระยะทาง 40,850, 44,765 และ 44,790 กิโลเมตร ตามลำดับ และกลุ่มตัวอย่างรถชนิด LDGV-3 และ LDGV-4 ที่มีเลขระยะทาง 61,337 และ 61,361 กิโลเมตร ตามลำดับ และตัวอย่างรถชนิด LDGV-5 ที่มีเลขระยะทาง 72,178 กิโลเมตร พบว่า มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ ไม่แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างรถชนิด LDGV-3 และ LDGV-4 แต่มีความแตกต่างกับตัวอย่างรถชนิด LDDV, LDGV-1 และ LDGV-2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และกลุ่มตัวอย่างรถชนิด LDGV-6, LDGV-7, LDGV-8 และ LDGV-9 ที่มีเลขระยะทาง 103,906, 103,930, 125,339 และ 125,422 กิโลเมตร ตามลำดับ มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ ที่ไม่แตกต่างกัน แต่ค่าการปลดปล่อยที่ได้มีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) กับเลขระยะทางของของรถกลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

(3) รถประเภท HDDV มีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อย EF-CH₄ และ EF-CO₂ ในหน่วยกรัมต่อลิตร เท่ากับ 12.8 และ 259.8 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าการปลดปล่อยสูงกว่ารถประเภท LDDV ที่มีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อย EF-CH₄ และ EF-CO₂ เท่ากับ 0.11 และ 3.21 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และสูงกว่ารถประเภท LDGV ที่มีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อย EF-CH₄ และ EF-CO₂ อยู่ในช่วง 0.11-0.39 และ 0.1-1.58 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

(4) สัดส่วนการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ ของรถทั้ง 3 ประเภท ที่ใช้ก๊าซ NGV เป็นหลัก เมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ของอัตราการใช้เชื้อเพลิง ของรถแต่ละชนิดกับค่า EF ของก๊าซ CH₄ และ CO₂ ในหน่วยกรัมต่อลิตร เพื่อหาสัดส่วนการปลดปล่อย GHG ในรูปของสัดส่วน CH₄:CO₂ จากไอเสียของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ (ตารางที่ 4.5) พบว่า รถประเภท LDGV มีการปลดปล่อยค่า EF สูงสุด คือ 0.2-0.42 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.25 ซึ่งมีค่าสูงกว่ารถประเภท HDDV และ LDDV ที่มีค่าเท่ากับ 0.05 และ 0.03 ตามลำดับ ผลการทดลองในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า รถประเภท LDGV มีการปลดปล่อยค่า EF ของก๊าซ CH₄ และ CO₂ ในสัดส่วนที่สูงกว่ารถประเภทอื่น สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.6 สัดส่วนการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ ของยานพาหนะที่ใช้ก๊าซ NGV

| ชนิดยานพาหนะ | อัตราการใช้เชื้อเพลิง NGV (กิโลเมตรต่อลิตร) | สัดส่วนค่า EF ของก๊าซ CH ₄ :CO ₂ |
|----------------|--|--|
| HDDV | 1.7 | 0.05 |
| LDDV | 9.1 | 0.03 |
| LDGV-1 | 10.8 | 0.42 |
| LDGV-2 | 11.4 | 0.31 |
| LDGV-3 | 9.9 | 0.21 |
| LDGV-4 | 10.4 | 0.22 |
| LDGV-5 | 10.8 | 0.21 |
| LDGV-6 | 10.1 | 0.21 |
| LDGV-7 | 10.3 | 0.24 |
| LDGV-8 | 10.2 | 0.26 |
| LDGV-9 | 10.6 | 0.27 |
| ค่าเฉลี่ย LDGV | 10.5 | 0.25 |

รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบสัดส่วนของ CH₄:CO₂ ของยานพาหนะแต่ละประเภท

(5) ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยความเร็ว (Average Speed) กับการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ ของรถทั้ง 3 ประเภท พบว่า รถประเภท HDDV มีค่าเฉลี่ยความเร็วที่แตกต่างกับรถประเภท LDDV และ LDGV ส่วนค่าเฉลี่ยความเร็วของรถประเภท LDDV มีค่าแตกต่างกับรถประเภท LDGV โดยค่าเฉลี่ยความเร็วของรถประเภท HDDV มีค่าน้อยที่สุด แต่มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มากที่สุด เนื่องจากมีเครื่องยนต์ขนาดใหญ่กว่ารถประเภทอื่น ส่วนรถประเภท LDDV และ LDGV มีค่าเฉลี่ยความเร็วใกล้เคียงกัน

(6) การใช้เชื้อเพลิง พบว่า การปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ ของกลุ่มรถประเภท HDDV, LDDV และ LDGV มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่า EF-CH₄ พบว่า รถประเภท LDDV มีค่าน้อยที่สุด โดยมีค่าน้อยกว่ารถประเภท HDDV

และ LDGV ทั้งนี้เนื่องจากชนิดและขนาดของเครื่องยนต์ของรถประเภท LDDV และ HDDV จัดเป็นเครื่องยนต์ชนิดดีเซลมีการอัดอากาศในกระบอกสูบก่อนการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ความดันและอุณหภูมิที่มีความร้อนสูง จึงทำให้ก๊าซ CH_4 ถูกเผาไหม้ และเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซ CO_2 ได้มากกว่า จึงทำให้รถประเภท HDDV มีการปลดปล่อยค่า EF- CH_4 และ EF- CO_2 ในปริมาณสูง เนื่องจากมีเครื่องยนต์ขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากกว่ารถประเภทอื่น ๆ ส่วนรถยนต์เครื่องยนต์เบนซินที่มีขนาดใกล้เคียงกันของกลุ่มรถประเภท LDGV พบว่า อัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิง (Air/Fuel) ที่แตกต่างกันของการเผาไหม้เชื้อเพลิงก๊าซ NGV ของเครื่องยนต์เบนซินที่ใช้ระบบเชื้อเพลิงแบบทวิ ที่มีระบบหัวเทียนจุดระเบิดเพื่อเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งเป็นระบบที่มีอุณหภูมิและความดันน้อยกว่าระบบของเครื่องยนต์ดีเซล (จิสต์กิตต์ เฟงพิศ, 2552) และก๊าซ NGV ซึ่งมีองค์ประกอบก๊าซ CH_4 เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ตามส่วนต่าง ๆ ภายในลูกสูบ จึงมีการปลดปล่อยก๊าซ EF- CH_4 ออกมาสูงกว่ารถยนต์ชนิดเครื่องยนต์ดีเซล

3) ค่าการปลดปล่อย EF- CH_4 และ EF- CO_2 เปรียบเทียบกับต่างประเทศ

ค่าการปลดปล่อย EF- CH_4 และ EF- CO_2 ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร (g/km) ของรถใช้งานในประเทศไทยทั้ง 3 ประเภท จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการครั้งนี้ เปรียบเทียบกับหน่วยงานในต่างประเทศ ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า มีความสอดคล้องกับค่าตัวคูณของสหภาพยุโรป (Defra, 2009) เพราะขนาดเครื่องยนต์ของยานพาหนะที่ใช้ และการควบคุมมาตรฐานไอเสียที่เหมือนกัน อีกทั้งระบบขนส่งมวลชนของสหภาพยุโรปที่มีประสิทธิภาพของโครงข่ายช่วยในการเดินทาง ทำให้ปริมาณการใช้น้ำมันสามารถจำกัดจำนวนได้ ทำให้ข้อมูลการศึกษาค่า EF มีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่น แต่มีค่าต่ำกว่าเอกสาร Guideline of Emission Factor from United State of America Transportation (USEPA, 2008) ของประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากความแตกต่างของขนาดเครื่องยนต์ และข้อมูลเชิงศึกษาที่แตกต่างกัน เช่น รูปแบบการขับขี่ การควบคุมมาตรฐานไอเสีย และขนาดของเครื่องยนต์ เป็นต้น ซึ่งสามารถเปรียบเทียบค่า EF- CH_4 และ EF- CO_2 ได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่า EF- CH_4 และ EF- CO_2 เปรียบเทียบผลการศึกษาต่างประเทศ

| ชนิดของยานพาหนะ ที่ใช้เชื้อเพลิง NGV | ผลการศึกษาครั้งนี้ | | ผลจากหน่วยงาน US. EPA (2008) EF- CO_2 (กรัม/กิโลเมตร) | ผลจากหน่วยงาน EU (2009) EF- CO_2 (กรัม/กิโลเมตร) |
|---|--|--|---|--|
| | ค่า EF- CH_4 (กรัม/กิโลเมตร) | ค่า EF- CO_2 (กรัม/กิโลเมตร) | | |
| HDDV | 7.22 | 920 | 2,780 | 1,100 |
| LDDV | 0.17 | 170 | 833 | 271 |
| LDGV | 0.55 | 163 | 582 | 211 |

4.2.2 เปรียบเทียบค่าการปลดปล่อย EF-CH₄ และ EF-CO₂ จากยานพาหนะชนิดรถแท็กซี่ และรถส่วนบุคคล

การทดลองได้ทำการแบ่งรถกลุ่ม LDGV ออกเป็น 2 ชนิด ตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ ได้แก่ รถแท็กซี่ (Taxi) และรถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger Car) ซึ่งเป็นเครื่องยนต์เบนซินขนาดไม่เกิน 1,600 cc. และเป็นรถยนต์ที่ใช้งานอย่างแพร่หลาย (ตารางที่ 3.4) และทำการแบ่งตามอายุการใช้งานในช่วงระหว่างมากกว่า 5 ปี และ 9 ปี เพื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง 3 ชนิด ได้แก่ ก๊าซ NGV, LPG และน้ำมันเบนซิน (Gasoline) โดยรถยนต์ทั้ง 2 ชนิด ใช้ระบบเชื้อเพลิงแบบทวิ (Bi-Fuel System) ด้วยระบบดูดก๊าซ (Fumigation System) ได้รับการตรวจสอบการรั่วซึมของระบบไอเสีย และได้ทำการทดสอบรถยนต์ที่ใช้งานอยู่จริง สำหรับความเหมาะสมของการทดสอบสามารถแสดงได้ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.4 และสามารถแสดงผลของการทดสอบประเภทแท็กซี่ และรถส่วนบุคคล ดังแสดงในภาคผนวก ง (4)

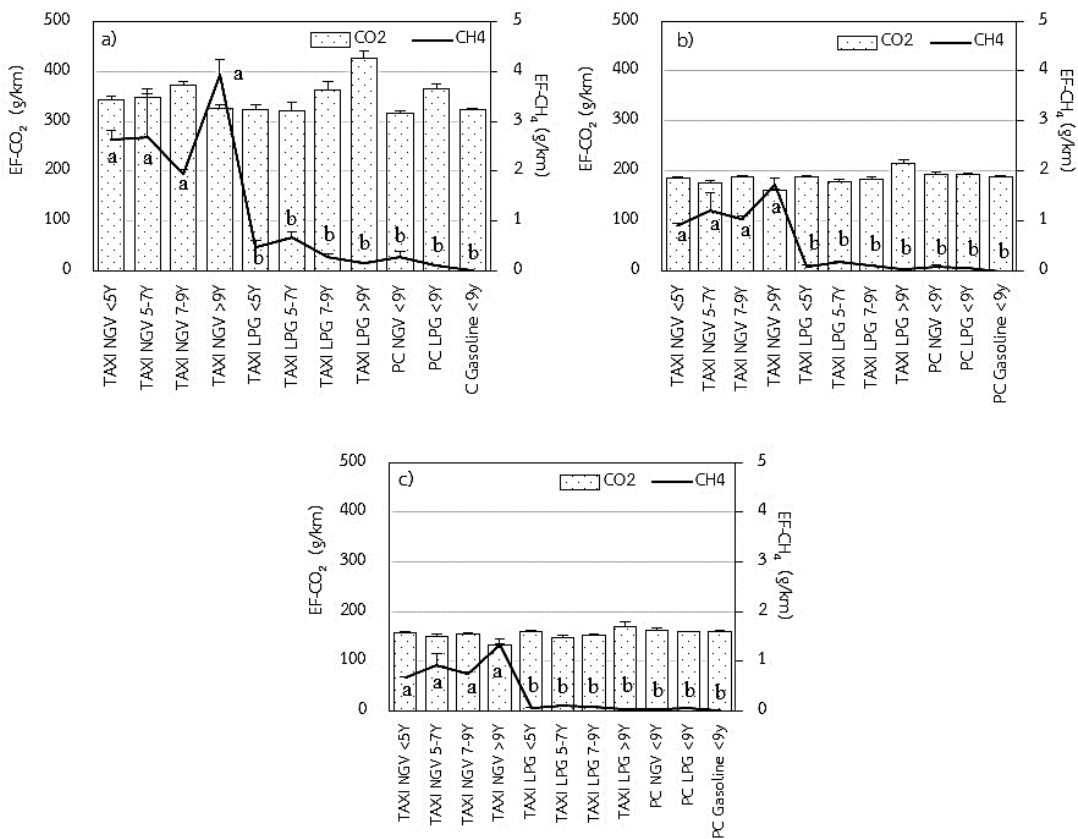
จากการทดสอบในครั้งนี้ แสดงให้เห็นได้ว่า รถชนิด Taxi ซึ่งเป็นรถยนต์ประเภทเครื่องยนต์เบนซิน ที่มีการจุดระเบิดเป็นระบบหัวเทียนจุดประกายไฟ (Ignition System) เพื่อเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิด LPG, NGV และน้ำมันเบนซิน ที่ถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ เมื่อทำการทดสอบบนแท่นทดสอบแล้วนำผลของข้อมูลมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ที่ใช้สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.6 ซึ่งจากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.8 การปลดปล่อยก๊าซ EF-CH₄ และ EF-CO₂ จากรถยนต์ชนิด Taxi และ Passenger Car

| ประเภทรถ/ เชื้อเพลิง | การปลดปล่อย EF-CH ₄ และ EF-CO ₂ (g/km) / รูปแบบการขับขี่ที่ใช้ (km/hr) | | | | | | ค่าเฉลี่ยการ ปลดปล่อย | | อัตราการใช้ เชื้อเพลิง (km/L) |
|-------------------------|---|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| | 0-20 | | 20-40 | | 40-80 | | EF-CH ₄ | EF-CO ₂ | |
| | CH ₄ | CO ₂ | CH ₄ | CO ₂ | CH ₄ | CO ₂ | | | |
| TAXINGV <5Y | 26±0.2 ^a | 3424±75 | 0.9±0.0 ^a | 187.1±25 | 0.7±0.0 ^a | 157.7±1.7 | 1.1±0.0 ^a | 197.7±2.0 | 85±0.1 ^{ab} |
| TAXINGV 5-7Y | 27±0.9 ^a | 348.6±173 | 1.2±0.4 ^a | 176.7±33 | 0.9±0.2 ^a | 151.0±5.0 | 1.3±0.3 ^a | 191.8±4.9 | 9.1±0.4 ^{ab} |
| TAXINGV 7-9Y | 20±0.1 ^a | 3726±70 | 1.0±0.1 ^a | 189.0±1.9 | 0.8±0.0 ^a | 154.5±2.7 | 1.0±0.0 ^a | 201.8±2.3 | 8.7±0.1 ^{ab} |
| TAXINGV >9Y | 3.9±0.3 ^a | 326.1±74 | 1.7±0.1 ^a | 162.4±2.6 | 1.3±0.1 ^b | 133.3±1.5 | 1.9±0.1 ^a | 174.5±2.2 | 9.7±0.1 ^{ab} |
| TAXILPG <5Y | 0.5±0.1 ^b | 323.7±100 | 0.1±0.0 ^b | 188.8±2.9 | 0.1±0.2 ^b | 159.4±2.6 | 0.1±0.0 ^b | 195.7±2.1 | 7.5±0.1 ^a |
| TAXILPG 5-7Y | 0.7±0.1 ^b | 320.5±17.9 | 0.2±0.0 ^b | 179.1±3.9 | 0.1±0.2 ^b | 148.2±3.1 | 0.2±0.0 ^b | 186.8±5.2 | 7.4±0.1 ^a |
| TAXILPG 7-9Y | 0.3±0.1 ^b | 363.3±17.9 | 0.1±0.0 ^b | 183.5±5.9 | 0.1±0.2 ^b | 152.4±3.3 | 0.1±0.0 ^b | 197.3±5.8 | 7.5±0.2 ^a |
| TAXILPG >9Y | 0.2±0.0 ^b | 426.5±14.0 | 0.1±0.0 ^b | 214.9±6.6 | 0.1±0.4 ^b | 170.0±9.6 | 0.1±0.0 ^b | 227.0±7.3 | 7.1±0.2 ^a |
| PCNGV <9Y | 0.3±0.1 ^b | 315.7±5.8 | 0.1±0.0 ^b | 193.3±5.6 | 0.1±0.4 ^b | 160.9±5.7 | 0.1±0.0 ^b | 196.7±4.0 | 9.1±0.2 ^b |
| PCLPG <9Y | 0.1±0.0 ^b | 365.8±10.6 | 0.1±0.0 ^b | 193.8±2.5 | 0.1±0.1 ^b | 158.8±1.3 | 0.1±0.0 ^b | 204.5±2.8 | 8.0±0.1 ^b |
| PCGasoline <9y | 0.1±0.0 ^b | 322.6±4.7 | 0.1±0.0 ^b | 189.6±2.5 | 0.1±0.1 ^b | 159.8±1.4 | 0.1±0.0 ^b | 196.2±1.0 | 12.0±0.1 ^b |

หมายเหตุ: ตัวอักษร a และ b ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น

ร้อยละ 95 ระหว่างชนิดรถยนต์และเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.6 การปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ จาการถ Taxi และ Passenger Car

รูปแบบการขับขี่ a) 0-20 b) 20-40 และ c) 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

1) การปลดปล่อยค่า EF-CH₄ ที่ความเร็วช่วงต่าง ๆ

รถยนต์ชนิด Taxi ที่ใช้เชื้อเพลิง NGV จากการทดสอบพบว่า มีค่าการปลดปล่อย EF-CH₄ อยู่ในช่วง 1.0±0.0-1.9±0.1 กรัมต่อกิโลเมตร และในแต่ละช่วงความเร็วที่ใช้ ได้แก่ 0-20, 20-40 และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ เฉลี่ยสูงสุดจากรถชนิด TAXI NGV > 9Y เท่ากับ 3.9±0.3, 1.7±0.1 และ 1.3±0.1 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง ซึ่งองค์ประกอบของก๊าซ NGV มีสัดส่วนของก๊าซ CH₄ เป็นองค์ประกอบหลัก และอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ที่มากกว่ารถยนต์ชนิดอื่น ทำให้มีการปลดปล่อยค่า EF สูงกว่า และเครื่องยนต์เสื่อมสภาพเนื่องจากการใช้งานหนักและยาวนาน ทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ลดลง ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Schiffter (2013) ที่ได้วิเคราะห์การปลดปล่อยมลพิษจากเชื้อเพลิงทางเลือกของรถยนต์เบนซินด้วยแบบจำลอง พบว่า คุณภาพของเชื้อเพลิง และการบำรุงรักษาเครื่องยนต์มีผลต่อการปลดปล่อยไอเสียที่ส่วนปลายท่อไอเสีย และการระเหยบริเวณเครื่องยนต์มีผลต่อการตัดสินใจเพื่อใช้กำหนดมาตรการควบคุมไอเสียจากยานพาหนะในประเทศเม็กซิโก ในขณะที่รถยนต์ที่มีอายุการใช้งานน้อยกว่ามีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ ใกล้เคียงกัน สำหรับ

ช่วงของความเร็วที่ใช้ ได้แก่ 0-20, 20-40 และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบการปลดปล่อย EF-CH₄ เฉลี่ยมีแนวโน้มการปลดปล่อยจากมากไปน้อยตามช่วงความเร็วที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการจ่ายเชื้อเพลิงที่สูงในช่วงความเร็วต่ำเพื่อทำให้รถยนต์ขับเคลื่อน อาจส่งผลให้ก๊าซ NGV มีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ในระบบ จึงถูกปลดปล่อยออกมาพร้อมไอเสียก่อนช่วงทำความเร็วที่สูงขึ้นในรูปแบบการขับที่ถัดไป ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Louis และคณะ (2016) ที่ได้ทำการทดสอบการปลดปล่อยมลพิษจากรถ Taxi ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ NGV และน้ำมัน จากการจราจรในประเทศจีน พบว่าการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงชนิด NGV รถยนต์ชนิด Taxi ส่งผลให้ก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวมและก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับการทดสอบรถยนต์ชนิด Taxi ที่ใช้เชื้อเพลิง LPG ของรถที่มีอายุการใช้งานน้อยกว่า 5 ปี ถึง มากกว่า 9 ปี และกลุ่มรถยนต์ชนิด Passenger Car อายุการใช้งานมากกว่า 9 ปี พบการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ อยู่ในช่วง 0-0.2±0.0 กรัมต่อกิโลเมตร ซึ่งมีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์ทดสอบที่ใช้เชื้อเพลิง NGV ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของเชื้อเพลิงปิโตรเลียมมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนรวมมากกว่า ซึ่งแตกต่างจากก๊าซ NGV ซึ่งมีก๊าซ CH₄ เป็นองค์ประกอบหลัก ทั้งนี้ผลจากการทดสอบในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Grigoratos และคณะ (2016) ที่ตรวจวัดก๊าซ CO₂ จากห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลใหญ่ที่วิ่งบนถนนในประเทศอิตาลี พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซ CH₄ ออกจากยานพาหนะทุกชนิดในรูปของสารไฮโดรคาร์บอนรวมจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ที่มาตรฐานต่ำกว่าระดับยูโร 5 (EURO V) บนแท่นทดสอบด้วยรูปแบบการขับที่ในเขตเมือง พบการปลดปล่อยก๊าซ CH₄ เท่ากับ 0.23-0.27 กรัมต่อกิโลเมตร และพบว่ารถส่วนบุคคล (Passenger Car) ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ NGV มีการปลดปล่อยก๊าซ CH₄ สูงกว่ารถประเภท HDDV เนื่องจากระบบเครื่องยนต์ที่เผาไหม้เชื้อเพลิง และอัตราส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่ต่างกันของเครื่องยนต์เบนซินและดีเซล ทำให้สัดส่วนของก๊าซ HC ที่ไม่ถูกเผาไหม้จากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์เบนซินมีค่าสูงกว่า ส่งผลให้พบก๊าซ CH₄ จากเครื่องยนต์เบนซินมีค่าสูง

2) การปลดปล่อย EF-CO₂ ที่ความเร็วช่วงต่าง ๆ

จากการทดสอบรถยนต์กลุ่ม Taxi ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ NGV พบค่าเฉลี่ยการปลดปล่อย EF-CO₂ ของรถที่มีอายุการใช้งานระหว่าง น้อยกว่า 5 ปี ถึง มากกว่า 9 ปี อยู่ในช่วง 174.5±2.2-201.8±2.3 กรัมต่อกิโลเมตร ส่วนการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ในแต่ละช่วงของความเร็วที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ 0-20, 20-40 และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (แสดงดังรูปที่ 4.6) พบค่าการปลดปล่อยก๊าซสูงสุดคือ รถประเภท TAXI NGV 7-9Y เท่ากับ 201.8±2.3 กรัมต่อกิโลเมตร และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิง 8.7±0.1 กิโลเมตรต่อลิตร ในขณะที่รถประเภท TAXI NGV > 9Y พบค่าการปลดปล่อย EF ต่ำสุดเท่ากับ 174.5±2.2 กรัมต่อกิโลเมตร และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิง 9.7±0.1 กิโลเมตรต่อลิตร ทั้งนี้เนื่องจากรถประเภท TAXI NGV > 9Y มีอายุรวมในการใช้งานมากกว่า 9 ปี ซึ่งมากกว่ารถ

ประเภทอื่น ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลงอันเกิดมาจากการทำงานหนักและขาดการบำรุงรักษาให้สมบูรณ์ ทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ จึงพบการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ มีค่าต่ำ ในขณะที่มลพิษชนิดอื่นอาจมีค่าสูง และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงสูงกว่ารถชนิดอื่น (Huai และคณะ, 2004) จากการทดสอบแนวโน้มของการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ตามช่วงความเร็วของการขับขี่จากมากไปน้อย ทั้งนี้เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะสูงในช่วงเริ่มต้นของการทำความเร็วรถ และอัตราการใช้เชื้อเพลิงจะลดลงเมื่อความเร็วรถเพิ่มขึ้นรถ จึงส่งผลให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงน้อยลง และส่งผลให้มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในปริมาณที่น้อยลงเมื่อความเร็วสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rahul (2015) ซึ่งพบว่า ปริมาณก๊าซ CO₂ ที่ปลดปล่อยจากรถยนต์เครื่องยนต์ชนิดเบนซินจะมีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ แตกต่างกันไปตามลักษณะการขับขี่ และการทำงานของเครื่องยนต์ในช่วงความเร็วต่าง ๆ ซึ่งพบว่า เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงขึ้น ปริมาณการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะจะลดลง ส่งผลให้อัตราการระบายก๊าซ CO₂ ลดลง

สำหรับกลุ่มรถยนต์ชนิด Taxi ที่ใช้เชื้อเพลิง LPG พบค่าเฉลี่ยการปลดปล่อย EF-CO₂ ของรถที่มีอายุการใช้งานน้อยกว่า 5 ปี ถึง มากกว่า 9 ปี อยู่ในช่วง 186.8±5.2-227.0±7.3 กรัมต่อกิโลเมตร พบรถยนต์ชนิด TAXI LPG > 9Y มีการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 227.0±7.3 กรัมต่อกิโลเมตร และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิง 7.1±0.2 กิโลเมตรต่อลิตร ในขณะที่การปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ของรถยนต์ชนิดอื่นที่ใช้เชื้อเพลิงชนิด LPG มีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ 186.8±5.2-197.3±5.8 กรัมต่อกิโลเมตร และอัตราการใช้เชื้อเพลิงอยู่ในช่วง 7.4±0.1-7.5±0.1 กิโลเมตรต่อลิตร จากการทดสอบแนวโน้มของการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ จากมากไปน้อยตามช่วงความเร็วของการขับขี่มีแนวโน้มคล้ายกับรถยนต์ชนิด TAXI NGV > 9Y แต่อัตราการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ชนิด Taxi ที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงมีค่าสูงกว่ารถยนต์ Taxi ที่ใช้เชื้อเพลิง NGV เท่ากับ 1.3 เท่า ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gupta และคณะ (2016) ที่ได้วิเคราะห์เชื้อเพลิงชนิด LPG กับการปลดปล่อย GHG ในประเทศอินเดีย และมีการใช้รูปแบบการขับขี่ในเขตเมืองคงเดิม แต่มีการปรับเปลี่ยนรถยนต์ให้ใช้ก๊าซ NGV และน้ำมันดีเซล พบว่า รถที่ใช้ น้ำมันดีเซล และก๊าซ NGV มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในปริมาณที่ต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน และก๊าซ LPG อย่างมีนัยสำคัญ

ในส่วนกลุ่มรถยนต์ชนิด Passenger Car ที่ใช้เชื้อเพลิง NGV, LPG และน้ำมันเบนซิน พบค่าเฉลี่ยการปลดปล่อย EF-CO₂ ของรถที่มีอายุการใช้งาน มากกว่า 9 ปี อยู่ในช่วง 196.2±1.0-204.5±2.8 กรัมต่อกิโลเมตร และมีการใช้เชื้อเพลิงอยู่ในช่วง 8.0±0.1-12.0±0.1 กิโลเมตรต่อลิตร โดยพบการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ใกล้เคียงกัน แต่อัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งกลุ่มรถยนต์ Passenger Car ที่ใช้น้ำมันเบนซิน มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยต่ำสุด รองลงมาคือ NGV และ LPG ตามลำดับ และจากการทดสอบแนวโน้มของการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ จากมากไปน้อยตามช่วงความเร็วของการขับขี่มีแนวโน้มคล้ายกับรถยนต์ Taxi ที่ใช้เชื้อเพลิง NGV

และ LPG โดยมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bielaczyc และคณะ (2015) ที่ทำการทดสอบการปลดปล่อย GHG พบว่า เชื้อเพลิง NGV จากรถชนิดเดียวกันมีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ มีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในปริมาณที่ต่ำกว่าประมาณร้อยละ 24 เมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน และพบการปลดปล่อยก๊าซ CH₄ จากการใช้เชื้อเพลิง NGV ในปริมาณสูงอย่างมีนัยสำคัญ

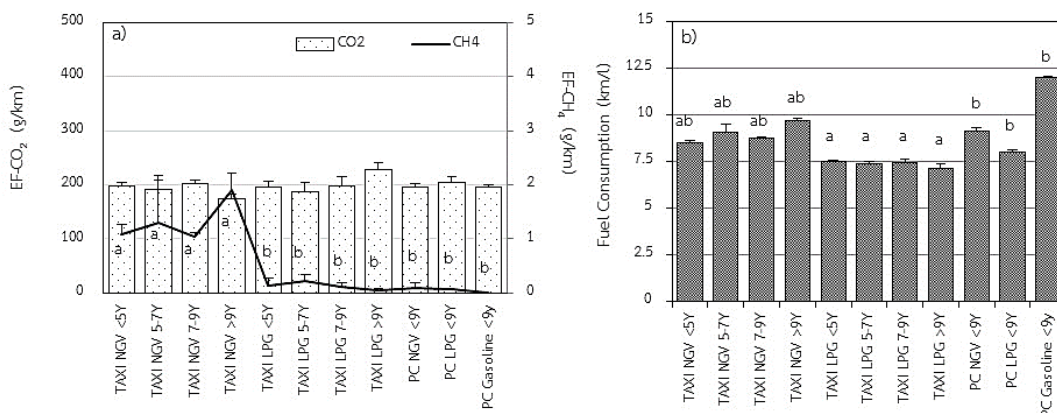
3) การปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ จากรถประเภท Taxi และ Passenger Car จากผลการทดสอบรถยนต์เพื่อศึกษาการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ กับอัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย (แสดงดังรูปที่ 4.7a และ 4.7b) พบว่า กลุ่มรถ Taxi ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิด NGV มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ พร้อมกันสูงกว่ารถชนิดอื่น และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงอยู่ในช่วง 8.5±0.1-9.7±0.1 กิโลเมตรต่อลิตร สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hagos และคณะ (2015) ที่ได้ทำการตรวจวัดสัดส่วนของก๊าซ CH₄ จากไอเสียของรถยนต์ที่เชื้อเพลิงชนิด NGV ในช่วงความเร็ว 1,500-2,500 รอบการทำงานของเครื่องยนต์ ที่ช่วงความเร็ว 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งไม่มีการใช้รูปแบบการขับซึ่งเป็นปัจจัยควบคุม ซึ่งพบค่าก๊าซ CH₄ ในรูปของสารไฮโดรคาร์บอนเท่ากับ 16-37 กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ในขณะที่รถยนต์ชนิด Taxi ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิด LPG มีการปลดปล่อย EF-CO₂ ใกล้เคียงกับรถชนิดอื่น แต่การปลดปล่อย EF-CH₄ ในปริมาณต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของเชื้อเพลิงชนิด LPG มีสารบิวเทน (Butane) และเพนเทน (Pentane) เป็นหลัก เมื่อเผาไหม้ไม่สมบูรณ์โอกาสที่จะมีสารคาร์บอนในรูปของสารประกอบคาร์บอนรวมถูกปล่อยออกทางท่อไอเสียได้ (Gue และคณะ, 2011) ส่วนรถยนต์ชนิด Passenger Car มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ใกล้เคียงกับรถชนิดอื่น แต่การปลดปล่อยก๊าซ CH₄ มีค่าต่ำเนื่องจากองค์ประกอบของน้ำมัน Gasohol ที่มีสารประกอบคาร์บอนโมเลกุลต่ำน้อยแตกต่างกับก๊าซ NGV ซึ่งมีก๊าซ CH₄ เป็นหลัก ในขณะที่มีการใช้เชื้อเพลิงในรอบการขับที่เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 12.0±0.1 กิโลเมตรต่อลิตร สอดคล้องกับงานวิจัยของ Louis และคณะ (2016) ที่ทำการทดสอบการปลดปล่อย GHG จากรถยนต์ที่ใช้ก๊าซ NGV เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานยูโร 6 จากรถยนต์เบนซินและดีเซล พบว่า รถยนต์เบนซินมีการปลดปล่อยก๊าซ CH₄ ในรูปของสารประกอบคาร์บอนรวมสูงกว่ารถยนต์ชนิดดีเซลอย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบรถยนต์ชนิดต่าง ๆ พบว่า กลุ่มรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง LPG พบอัตราการใช้เชื้อเพลิงสูงสุดอยู่ในช่วง 7.1±0.2-7.5±0.1 กิโลเมตรต่อลิตร ในขณะที่กลุ่มรถ PC Gasoline >9Y มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยในปริมาณต่ำกว่ารถชนิดอื่น รองลงมาคือกลุ่มรถ TAXI NGV >9Y ในขณะที่ปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการทำงานของเครื่องยนต์ที่มีอายุมาก การเสื่อมสภาพเนื่องจากขาดการบำรุงรักษา ทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Franco และคณะ (2013) ที่ได้พัฒนาค่า EF จาก

การจราจรซึ่งพบว่า ค่าตัวคุณมลพิษของกลุ่มรถเก่ามีค่าสูงกว่ารถยนต์รุ่นที่ผลิตขึ้นใหม่ เนื่องมาจากเทคโนโลยีและมาตรฐานไอเสียที่มีความเข้มงวดมากขึ้น

4) ความสัมพันธ์ของการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ จากระย่นิต Taxi และ Passenger Car กับอัตราการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

ค่าการปลดปล่อย EF-CH₄ และ EF-CO₂ ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร ของรถยนต์ใช้งานเปรียบเทียบกับชนิดเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ก๊าซ NGV, LPG และน้ำมันเบนซิน แสดงดังรูปที่ 4.7a จากการทดสอบด้วยรูปแบบการขับขี่ Bangkok Driving Cycle ในห้องปฏิบัติการครั้งนี้ ผลการศึกษาสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ANOVA) ด้วยวิธีของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ กับรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดกัน ผลการศึกษาการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ จากระย่นิตทดสอบทุกชนิดพบว่า รถยนต์ชนิด Taxi ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ NGV มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ สูงสุด และค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทุกช่วงความเร็ว ได้แก่ 0-20, 20-40 และ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิด LPG และน้ำมันเบนซิน มีการปลดปล่อยค่า EF-CH₄ ที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของก๊าซ NGV มีสารประกอบมีเทนปริมาณสูง (Huang และคณะ, 2016) ประกอบกับรถยนต์ชนิด Taxi มีอายุการใช้งานมากกว่า 9 ปี จึงคาดว่า การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง และขาดการบำรุงรักษา ส่งผลให้การปลดปล่อยค่า EF-CH₄ มีปริมาณสูงอีกด้วย ในขณะที่รถยนต์ชนิด Taxi และ Passenger Car มีการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ ไม่ต่างกันทางสถิติ ในทุกช่วงความเร็วที่ทดสอบ ถึงแม้ว่าเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบจะแตกต่างกัน แต่การปลดปล่อยค่า EF-CO₂ มีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากขนาดของเครื่องยนต์ที่เหมือนกันจึงไม่ส่งผลต่อการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ นอกจากนี้ยังพบว่า อัตราการใช้ น้ำมันของรถยนต์ชนิดต่าง ๆ (แสดงดังรูปที่ 4.7b) พบว่า รถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง LPG มีความแตกต่างกับน้ำมันเบนซิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่เชื้อเพลิงก๊าซ NGV มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงในการทดสอบไม่แตกต่างกับก๊าซ LPG และ Gasoline



รูปที่ 4.7 a) การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และ CH₄ และ b) และอัตราการใช้เชื้อเพลิง

5) การประเมินผลกระทบทางด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการปลดปล่อย GHG และแนวทางการจัดการก๊าซเรือนกระจก (GHG Management)

การประเมินผลการปลดปล่อย GHG จากการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH₄) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂-Equivalent, CO₂-eq) มีหน่วยเป็นตันต่อปี (ton/year) ซึ่งค่าศักยภาพโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) ของก๊าซ CH₄ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล มีค่าเท่ากับ 28 เท่าของก๊าซ CO₂ (IPCC, 2014) ในภาคการขนส่งของประเทศไทย ที่มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลค่อนข้างสูง ซึ่งมีการสำรวจพฤติกรรมการเดินทาง พบว่า ประชาชนโดยส่วนใหญ่นิยมใช้รถยนต์ในการเดินทางมากกว่าการใช้รูปแบบการเดินทางอื่น โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนรถยนต์ชนิด Taxi และ Passenger Car มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 3.5 ต่อปี และมีการสะสมเลขระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ประมาณ 60,000 กม. และ 20,000 กม. ตามลำดับ (สำนักนโยบายและแผนการขนส่งจราจร, 2555) ซึ่งผลจากการศึกษาในครั้งนี้สามารถทำการประเมินผลการปลดปล่อย GHG ได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CH₄ และ CO₂ ของรถยนต์ทดสอบ

| ชนิดรถทดสอบ | ค่า EF-CH ₄ กับศักยภาพโลกร้อน (GWPs ของก๊าซ CH ₄) | | ค่า EF-CO ₂ (กรัมต่อกิโลเมตร) | ผลรวมค่า CO ₂ -eq (กรัมต่อกิโลเมตร) | ปริมาณ CO ₂ -eq (ตันต่อปี) |
|-----------------|---|------------------|---|--|---|
| | ค่า EF-CH ₄ (กรัมต่อกิโลเมตร) | ค่า EF x GWPs | | | |
| | TAXI NGV <5Y | 1.1 | 30.2 | 197.7 | 227.9 |
| TAXI NGV 5-7Y | 1.3 | 36.5 | 191.8 | 228.3 | 13.7 |
| TAXI NGV 7-9Y | 1.0 | 29.1 | 201.8 | 231.0 | 13.9 |
| TAXI NGV >9Y | 1.9 | 53.1 | 174.5 | 227.6 | 13.7 |
| TAXI LPG <5Y | 0.1 | 4.1 | 195.7 | 199.7 | 12.0 |
| TAXI LPG 5-7Y | 0.2 | 6.4 | 186.8 | 193.2 | 11.6 |
| TAXI LPG 7-9Y | 0.1 | 3.3 | 197.3 | 200.7 | 12.0 |
| TAXI LPG >9Y | 0.1 | 1.5 | 227.0 | 228.6 | 13.7 |
| PC NGV <9Y | 0.1 | 2.5 | 196.7 | 199.2 | 4.0 |
| PC LPG <9Y | 0.1 | 1.8 | 204.5 | 206.3 | 4.1 |
| PC Gasoline <9y | 0.0 | 0.01 | 196.2 | 196.2 | 3.9 |

จากตารางที่ 4.9 แสดงผลประเมินการปลดปล่อย EF-CH₄ และ EF-CO₂ จากรถยนต์ชนิด Taxi และ Passenger Car ที่ใช้เชื้อเพลิง NGV, LPG และน้ำมันเบนซิน พบว่า รถยนต์ชนิด Taxi มีปลดปล่อยค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ จากการใช้เชื้อเพลิงก๊าซ NGV เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 13.8 ตันต่อปี รองลงมาคือ กลุ่มรถยนต์ชนิด Taxi ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิด LPG เฉลี่ยเท่ากับ 12.4 ตันต่อปี ในขณะที่กลุ่มรถยนต์ชนิด Passenger Car มีการปลดปล่อย GHG ต่ำสุด เฉลี่ยเท่ากับ 4.0 ตันต่อปี ผลจากการพิจารณาการเดินทางสะสมของยานพาหนะในทดสอบครั้งนี้ มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Silvio และ Federico (2016) ที่พบว่า จำนวนรูปแบบการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลที่ลดลง ส่งผลให้ปริมาณ GHG ลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่เมือง South Tyrol ประเทศอิตาลี โดยการจัดการ GHG ควรมีการควบคุมปริมาณยานพาหนะในการเดินทางใน 3 แนวทางคือ 1) ควรเพิ่มประสิทธิภาพของเทคโนโลยีรถยนต์ เช่น การลดน้ำหนักของยานยนต์ และการพัฒนาอากาศพลศาสตร์ของยานยนต์ และยังมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pongthanaisawan และ Sorapipatana (2013) ที่ได้ศึกษาปัจจัยบวกต่อการใช้พลังงานยานยนต์ เช่น ปรับปรุงประสิทธิภาพเชื้อเพลิง และพัฒนาชนิดและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ 2) ควรใช้พลังงานทางเลือกและระบบขนส่งที่มีศักยภาพในการช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น มาตรการลดการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพเพื่อลดปริมาณการปลดปล่อย GHG ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bubeck และคณะ (2014) ที่วิเคราะห์ศักยภาพ

ในการลด GHG ด้วยการเพิ่มการเดินทางด้วยระบบขนส่งมวลชน BRT (Bus Rapid Transit) ในเมือง Gauteng ประเทศแอฟริกาใต้ ส่งผลให้ร้อยละของแหล่งกำเนิด GHG จากยานพาหนะชนิดอื่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และ 3) ควรมีการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง หรือการขนส่งโดยเฉพาะรถชนิด Taxi อาทิเช่น ควรมีจุดจอดรถมากกว่าการวิ่งตลอดเวลา เพื่อช่วยลดการปลดปล่อย GHG ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Metz (2015) ที่ศึกษาวิธีปรับเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางด้วยรถยนต์ชนิด Taxi มาทดแทนด้วยการใช้รถไฟฟ้า ส่งผลให้การใช้เชื้อเพลิง และปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยรวมก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาในครั้งนี้สามารถนำค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ และ EF-CH₄ จากยานพาหนะทุกชนิดไปใช้เพื่อการประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะตามเชื้อเพลิงที่ใช้ และสามารถนำข้อมูลไปเปรียบเทียบกับหน่วยงานอื่นได้ ทั้งนี้เพื่อให้การประเมินค่าของ GHG อันเกิดมาจากยานพาหนะมีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อหน่วยงาน และผู้ที่สนใจในการเลือกใช้อุปกรณ์ได้อย่างแพร่หลาย แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ และ EF-CH₄ จากยานพาหนะทุกชนิดจากห้องปฏิบัติการ

| ชนิดยานพาหนะ | ชนิดเชื้อเพลิง | ค่า EF-CO ₂ | | ค่า EF-CH ₄ | |
|-----------------|----------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| | | หน่วย กรัม/กิโลเมตร | หน่วย กรัม/ลิตร | หน่วย กรัม/กิโลเมตร | หน่วย กรัม/ลิตร |
| รถยนต์ดีเซลใหญ่ | น้ำมันดีเซล | 1,080.3 | 3.02 | - | - |
| | ก๊าซ NGV | 1,280.9 | 1.53 | 7.22 | 12.8 |
| รถยนต์ดีเซลเล็ก | น้ำมันดีเซล | 293 | 2.84 | - | - |
| | ก๊าซ NGV | 338.1 | 2.7 | 0.17 | 0.11 |
| รถยนต์เบนซิน | น้ำมันเบนซิน | 174.6 | 2.27 | - | - |
| | ก๊าซ LPG | 157.4 | 1.9 | - | - |
| | ก๊าซ NGV | 166.2 | 1.87 | 1.3 | 0.89 |
| รถจักรยานยนต์ | น้ำมันเบนซิน | 40 | 1.48 | - | - |
| รถตุ๊กตุ๊ก | ก๊าซ LPG | 76.5 | 1.32 | - | - |

4.3 การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะในประเทศไทย

4.3.1 การเปรียบเทียบค่า EF จากแหล่งกำเนิดอื่น และการหาค่าความไว (Sensitivity) ของแบบจำลองการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะ

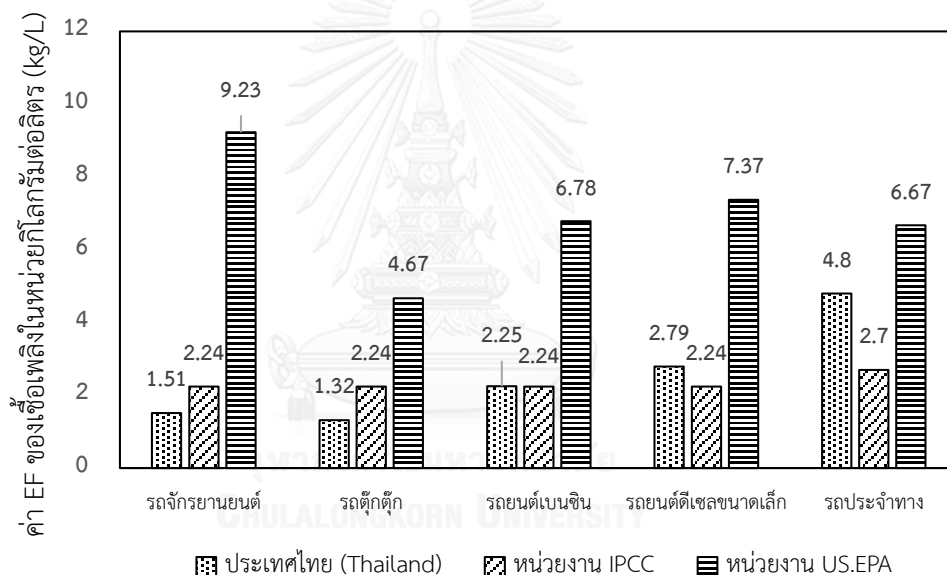
การศึกษาในครั้งนี้ได้นำค่า EF ของก๊าซ CO₂ จากการทดสอบยานพาหนะของห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษมาปรับเปลี่ยนจากหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร (g/km) ให้อยู่ในรูปค่า EF ของเชื้อเพลิงรถยนต์ในหน่วยกิโลกรัมต่อลิตร (kg/L) เพื่อเป็นตัวแทนค่า EF ของประเทศไทย และจัดทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบหน่วยมาตรฐานเดียวกับต่างประเทศ เพื่อให้สามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่า EF จากแหล่งกำเนิดอื่น ๆ ได้ และสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกับผลการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ที่มีแหล่งกำเนิดจากยานพาหนะที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ศึกษา โดยสามารถแสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบค่า EF ของยานพาหนะของประเทศไทยกับแหล่งกำเนิดอื่น

| ชนิดยานพาหนะ | ค่า EF ของเชื้อเพลิงในหน่วยกิโลกรัมต่อลิตร (kg/L) | | |
|---------------|---|---------------|-----------------|
| | ประเทศไทย (Thailand) | หน่วยงาน IPCC | หน่วยงาน US.EPA |
| รถจักรยานยนต์ | 1.51 | 2.24 | 9.23 |
| รถตู้ | 1.32 | 2.24 | 4.67 |
| รถยนต์เบนซิน | 2.25 | 2.24 | 6.78 |
| รถยนต์ดีเซล | 2.79 | 2.24 | 7.37 |
| รถประจำทาง | 4.8 | 2.70 | 6.67 |

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า EF ของประเทศไทยกับหน่วยงาน IPCC พบว่า รถจักรยานยนต์ของประเทศไทยมีค่า EF ที่แตกต่างจาก IPCC คิดเป็นร้อยละ 48.4 รถตู้มีค่าความแตกต่างของ EF คิดเป็นร้อยละ 69.8 รถยนต์เบนซินมีความแตกต่างกันร้อยละ 0.5 รถยนต์ดีเซลขนาดเล็กมีความแตกต่างกันร้อยละ 24.7 และรถประจำทางมีความแตกต่างกันของค่า EF คิดเป็นร้อยละ 77.7 และเมื่อพิจารณาค่า EF ของ US.EPA พบว่า มีค่าสูงมากเนื่องจากขนาดของพื้นที่ประเทศ ระบบโครงข่ายการคมนาคม สภาพการจราจร และขนาดของเครื่องยนต์ของยานพาหนะที่ใช้มีขนาดใหญ่กว่าของประเทศไทยมาก ซึ่งผลการเปรียบเทียบข้อมูลมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Hausberger และคณะ (2003) ที่ศึกษาการปลดปล่อยมลพิษจากรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่จากการจราจรภายในอุโมงค์ในประเทศสวีเดน โดยพบว่า ค่าความขรุขระของถนน และน้ำหนักของยานพาหนะมีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ ซึ่งพื้นที่แตกต่างกันส่งผลให้การปลดปล่อยมลพิษแตกต่างกัน และการศึกษาค่าเฉลี่ยความเร็วของรถยนต์ดีเซลขนาดเล็กของ Choi และ Frey (2009) พบว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วคงที่ และช่วงความเร็วปานกลางที่ยานพาหนะใช้สัญจร มีความ

เหมาะสมสำหรับการประเมินมลพิษ เนื่องจากที่ช่วงความเร็วสูงอาจเกิดข้อผิดพลาดในการเก็บข้อมูลได้ โดยค่าเฉลี่ยความเร็วคงที่ มีความแม่นยำของผลการประเมินเท่ากับ ร้อยละ 49 และความเร็วปานกลางที่ใช้ช่วงความเร็ว 30-60 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีความเหมาะสมสำหรับใช้ประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากการจราจร และ Liu และคณะ (2015) ซึ่งพบค่า EF ที่ได้จากการทดสอบในพื้นที่ศึกษา นั้น ๆ เมื่อพิจารณาปัจจัยของพื้นที่ ได้แก่ โครงข่ายการจราจร ลักษณะการจราจร ความหนาแน่นของจำนวนยานพาหนะ และรูปแบบการเดินทางเมื่อนำมาประเมินการปลดปล่อย GHG จากแหล่งกำเนิดของยานพาหนะ พบว่า ในแต่ละพื้นที่มีค่า EF ที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาค่า EF ที่มีความจำเพาะด้วยการแยกชนิดของยานพาหนะในแต่ละพื้นที่มีความสำคัญสำหรับการประเมินการปลดปล่อย GHG และมีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยค่า EF จากการศึกษาครั้งนี้สามารถเปรียบเทียบกับหน่วยงาน IPCC และ US.EPA ได้ดังรูปที่ 4.8

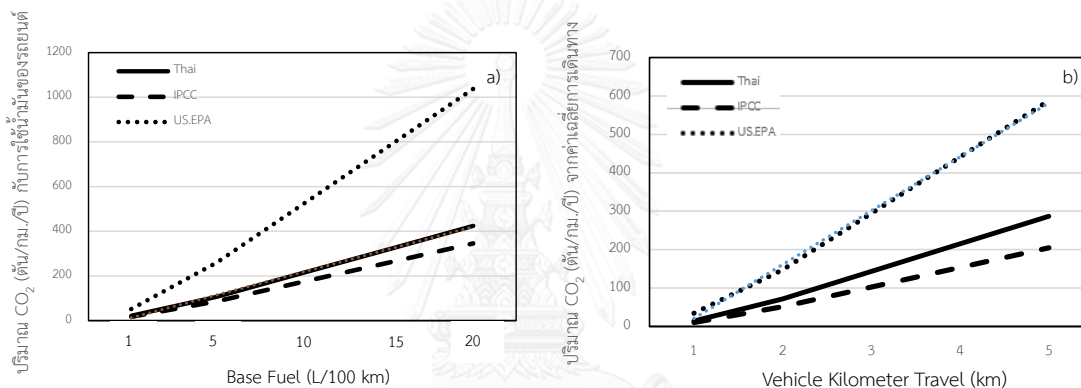


รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบค่า EF ของประเทศไทยจากห้องปฏิบัติการและแหล่งอื่น

การหาความไว (Sensitivity) ของรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ กับปัจจัยของการคำนวณจากแบบจำลอง (Model) พบว่า เมื่อนำผลการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ มาเปรียบเทียบ และดูแนวโน้มการตอบสนอง (Response) การเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์จากการประเมินด้วยสมการความสัมพันธ์หรือแบบจำลองด้วยโปรแกรมเอ็กเซล (Excel) โดยค่าความไวจะแสดงถึงสถานะความสัมพันธ์ของตัวแปรในการปลดปล่อย CO₂ กับปัจจัยต่าง ๆ ของค่า EF และข้อมูลพื้นที่ศึกษาที่มีผลลัพธ์สอดคล้องกับการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เสมือนจริงมากที่สุดโดยการ

ประเมินค่าความไวของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะ สามารถแบ่งกลุ่มการทดสอบค่าความไวออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

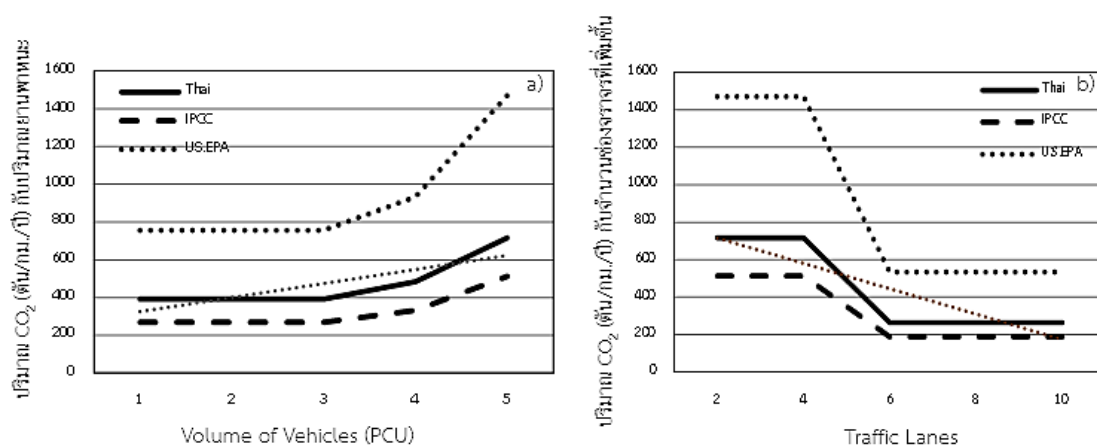
1) กลุ่มค่าตัวคูณมลพิษ ได้แก่ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และค่าเฉลี่ยการเดินทาง พบว่าการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ มีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นตรง (Linear) มีความไวคงที่ และเมื่อนำค่ามาเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ กับปัจจัยของค่า EF จากการใช้เชื้อเพลิง และค่าเฉลี่ยการเดินทางแล้ว พบว่า แนวโน้มของการปลดปล่อย ก๊าซ CO₂ มีค่าเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sokolova และคณะ (2016) ที่ได้ทำการทดสอบค่าความไวจากโปรแกรม Excel ในการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งพบว่า ค่าความไวมีค่ามาก และได้มีการแสดงผลลัพธ์ของการคำนวณใกล้เคียงค่าจริงจากการตอบสนองของรูปแบบการคำนวณในโปรแกรม แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แนวโน้มความสัมพันธ์ของค่าความไวของการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ กับค่า EF

a) การใช้น้ำมันรถยนต์ และ b) ค่าเฉลี่ยการเดินทาง

2) กลุ่มพื้นที่ศึกษา ได้แก่ จำนวนชนิดของยานพาหนะ และจำนวนช่องจราจรถนน พบว่าการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ มีความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้นตรง (Non Linear) ซึ่งมีความไวคงที่ เปลี่ยนแปลงตามค่าในการทดสอบ และเมื่อทำการเปรียบเทียบการปลดปล่อย CO₂ กับค่า EF ของปริมาณยานพาหนะ พบว่า แนวโน้มการปลดปล่อย GHG มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนยานพาหนะเพิ่มขึ้น ส่วนจำนวนช่องจราจรถนน มีแนวโน้มแปรผกผันกับจำนวนช่องจราจรของถนนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความไวมีแนวโน้มลดลงและมีค่าไม่คงที่ และผลการศึกษาพบว่า ช่องจราจรหรือเลนมีความสัมพันธ์กับระยะทางที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ได้ ส่งผลต่อมลพิษที่ปล่อยออกมา แสดงดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แนวโน้มความสัมพันธ์ของค่าความไวของการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ กับพื้นที่ศึกษา

a) ปริมาณยานพาหนะ และ b) จำนวนช่องจราจร

4.3.2 กรณีศึกษาแบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะ

กรณีศึกษาเปรียบเทียบการใช้ค่า EF จากห้องปฏิบัติการ และค่า EF ของ IPCC และ US-EPA เพื่อนำเข้าข้อมูลลงในแบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากถนน (On Roads GHG Emission Model) และการแปรผลการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในหน่วยตันต่อกิโลเมตรต่อปี (Ton/Km/Year) และคาดการณ์การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เป็นรายปีต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 20 ปี สามารถสรุปผลได้ดังนี้

4.3.2.1 กรณีศึกษาที่ 1 การประเมินก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ บนถนนที่ได้กำหนดช่องจราจร 4 ช่องทาง และมีความยาวถนน 25 กิโลเมตร

1) ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการนำเข้า

เนื่องจากลักษณะถนนที่ศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในเขตเมือง มีหลายรูปแบบ ช่องทางจราจร เช่น ตั้งแต่ 2, 4 และ 6 ช่องทางจราจร หรือมากกว่านั้น และมีความขรุขระของพื้นผิวถนนที่มีความแตกต่างกัน รวมทั้งถนนที่มีอยู่เดิม ถนนส่วนขยายในอนาคต และถนนที่กำลังเตรียมสร้างในอนาคต จึงจำเป็นต้องมีการจัดทำข้อมูลการคำนวณอย่างเป็นระบบมากขึ้น เช่น ข้อมูลถนน 2 เลน และเป็นแบบวงเวียนทางเดียวหรือเงื่อนไขอื่น โดยหลักการคำนวณการปลดปล่อย GHG ได้นำข้อมูลของพื้นที่ศึกษามาประยุกต์ใช้กับลักษณะสภาพจริงและโครงการต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) ข้อมูลกรณีศึกษาที่ 1 ปริมาณการจราจรในเขตเมืองมีจำนวนมาก สำหรับประเมินมลพิษที่ปลดปล่อยออกมา สมมติได้เริ่มศึกษาตั้งแต่ปี 2016-2036 ด้วยการใส่ข้อมูลช่วงปีที่ทำการประเมิน พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นทุกปีคิดเป็นร้อยละ 10 ตามจำนวน

ยานพาหนะที่เพิ่มขึ้น และไม่มีการขยายถนนหรือจำนวนช่องจราจรเพิ่มขึ้นจากเดิม โดยกำหนดให้มีถนน 4 ช่องทางจราจร และมีความยาวของถนนเท่ากับ 25 กิโลเมตร

(2) ข้อมูลปริมาณยานพาหนะ (Capacity) ในหน่วย Passenger Car per Unit (PCU ของรถยนต์ชนิดจักรยานยนต์ รถยนต์เบนซิน รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก และรถประจำทาง มีค่าเท่ากับ 50, 20, 20 และ 10 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยการเดินทาง (Vehicle Kilometer Travel, VKT) รถยนต์ชนิดจักรยานยนต์ รถยนต์เบนซิน รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก และรถประจำทางมีค่าเท่ากับ 50, 20, 30 และ 10 กิโลเมตร ตามลำดับ

(3) สัดส่วนการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงของรถยนต์ (Base Fuel) ในหน่วย ลิตรต่อหนึ่งร้อยกิโลเมตร (L/100 km) โดยได้ดำเนินการเปรียบเทียบค่าจากห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะกับหน่วยงาน IPCC และ US.EPA และคิดเป็นค่าสัดส่วนของการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงของรถยนต์ชนิดจักรยานยนต์ รถตุ๊กตุ๊ก รถยนต์เบนซิน รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก และรถประจำทาง จากห้องปฏิบัติการของประเทศไทย (Emission-Thai) มีค่าเท่ากับ 2.67, 5.78, 8.54, 10.98 และ 41.6 ลิตรต่อหนึ่งร้อยกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนค่า Base Fuel ของหน่วยงาน IPCC พบว่า รถยนต์ประเภทจักรยานยนต์ รถตุ๊กตุ๊ก รถยนต์เบนซิน และรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ทั้ง 4 ชนิด มีค่ารวมกันเท่ากับ 2.24 ลิตรต่อหนึ่งร้อยกิโลเมตร และรถประจำทางมีค่าเท่ากับ 2.7 ลิตรต่อหนึ่งร้อยกิโลเมตร สำหรับค่า Base Fuel ของหน่วยงาน US.EPA พบว่า รถยนต์ประเภทจักรยานยนต์ รถตุ๊กตุ๊ก รถยนต์เบนซิน รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก และรถประจำทาง มีค่าเท่ากับ 9.23, 4.67, 6.78, 7.37 และ 6.67 ลิตรต่อหนึ่งร้อยกิโลเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในการคำนวณครั้งนี้ ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลของการจราจรในพื้นที่ (Local Traffic) น้ำหนักของรถ (Loading) และการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากการก่อสร้าง ทั้งนี้เนื่องจากจุดประสงค์ในการประเมินการปลดปล่อย GHG ได้นำข้อมูลค่า EF จากห้องปฏิบัติการมาศึกษาการปลดปล่อย GHG โดยตรง ซึ่งปัจจัยดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการปลดปล่อย CO₂ โดยภาพรวม ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Chowdhury (2014) ที่ได้คัดเลือกปัจจัยที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยไอเสียรถยนต์ ได้แก่ ชนิดรถยนต์ จำนวนรถยนต์ และความยาวของถนน สำหรับศึกษาความแตกต่างของการบริโภคเชื้อเพลิงของรถยนต์แต่ละชนิด และพบว่า อัตราการปล่อย GHG ในระดับสูงอาจช่วยเพิ่มอุณหภูมิสะสม และค่าความชื้นสัมพัทธ์ ส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดฝนเปลี่ยนแปลงไป

(4) ผลกระทบจากสภาพของถนนที่มีพื้นผิวขรุขระ (Roughness) พบว่า พื้นผิวถนนมีความขรุขระแตกต่างกัน ส่งผลให้มลพิษที่ปลดปล่อยแตกต่างกันด้วย นอกจากนี้รูปแบบการขับขีมีผลต่อการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง โดยสภาพของถนนทั่วไปจะมีค่า Roughness เท่ากับ 3 เมตร

ต่อกิโลเมตร และถนนที่มีการก่อสร้างเพิ่มเติมหรือถนนสร้างใหม่จะมีค่า Roughness สูงกว่า 3 เมตรต่อกิโลเมตร (ADB, 2002)

2) ผลการศึกษาการประเมินก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ บนถนนที่ได้กำหนดช่องจราจร 4 ช่องทาง และมีความยาวถนน 25 กิโลเมตร

ผลการประเมินก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะด้วยแบบจำลองที่ได้เปรียบเทียบกับผลกระทบจากความสัมพันธ์ของความจุ (Capacity) ของถนน กับพื้นผิวขรุขระของถนน (Roughness) ตามหลักการ Activity Structure Intensity Fuel (ASIF) เพื่อให้สามารถประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะตามเงื่อนไขต่าง ๆ ได้ สำหรับวิธีการประเมิน GHG จากการจราจรโดยทั่วไป จะคำนวณจากค่าความจุ (Capacity) ของถนน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ระยะทางของช่องทางหรือเลน มีความสัมพันธ์กับระยะทางที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ได้ แสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 คาดการณ์ปริมาณก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นในโครงการระยะเวลา 20 ปี

| หน่วยงาน | ผลการคาดการณ์การปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ จากการจราจรบนถนนในช่วงเวลา 20 ปี (ค.ศ. 2016-2035) | | |
|-------------------|---|----------------------------------|---|
| | ปริมาณก๊าซ CO ₂ สละสม (ล้านตัน) | ตลอดระยะเวลาโครงการ (กิโลตัน) | ปริมาณก๊าซ CO ₂ รายปี (ตัน/กิโลเมตร/ปี) |
| Emission Lab-Thai | 0.3 | 12.9 | 258.5 |
| IPCC | 0.2 | 11.0 | 220.8 |
| US.EPA | 0.6 | 30.5 | 609.4 |

จากผลการคาดการณ์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะในรอบ 20 ปี พบว่า ก๊าซ CO₂ รวมของหน่วยงาน US.EPA มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.6 ล้านตัน รองลงมาคือห้องปฏิบัติการของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 0.3 ล้านตัน และหน่วยงาน IPCC มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.2 ล้านตัน และเมื่อนำผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ตลอดระยะเวลาโครงการ (20 ปี) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2016-2035 พบว่า หน่วยงาน US.EPA มีการปลดปล่อย CO₂ สูงสุดเท่ากับ 30.5 กิโลตัน รองลงมาคือ ประเทศไทย เท่ากับ 12.9 กิโลตัน ส่วนหน่วยงาน IPCC มีค่าการปลดปล่อย CO₂ ต่ำสุดเท่ากับ 11.0 กิโลตัน และเมื่อพิจารณาผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ต่อปี พบว่า หน่วยงาน US.EPA มีค่าการปลดปล่อย CO₂ เท่ากับ 609.4 ตันต่อกิโลเมตรต่อปี รองลงมาคือ ประเทศไทย เท่ากับ 258.5 ตันต่อกิโลเมตรต่อปี ส่วน IPCC มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 220.8 ตันต่อกิโลเมตรต่อปี นอกจากนี้ผลการประเมิน พบว่า ค่าการปลดปล่อย CO₂ ของประเทศไทยมีค่าต่ำกว่า US.EPA หากแต่สูงกว่าหน่วยงาน IPCC เมื่อนำปัจจัยจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการมาทำการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Belluci และคณะ (2012) ที่ได้อธิบายว่า

แหล่งกำเนิดในเขตเมืองร้อยละ 70 มาจากการจราจรในเวลากลางวัน ด้วยวิธีการวัดปริมาณ CO₂ Flux และประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า การระบุแหล่งกำเนิด GHG ที่ชัดเจนสามารถทำให้การประเมินการปลดปล่อย GHG ได้ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

4.3.2.2 กรณีศึกษาที่ 2 การประเมินก๊าซ CO₂ บนถนนรัตนานิเบศร์ (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 302 กรุงเทพมหานคร-นนทบุรี)

1) ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการนำเข้าสู่ ประกอบด้วย

(1) ค่า EF ของน้ำมันเชื้อเพลิงรถยนต์ในหน่วยกิโลกรัมต่อลิตรของประเทศไทย และค่า EF จากแหล่งกำเนิดอื่น สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบผลการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ศึกษา แสดงดังกรณีศึกษาที่ 1 หัวข้อที่ 4.3.2.1 และในกรณีศึกษาที่ 2 นี้มีวัตถุประสงค์ในการนำข้อมูลค่า EF ในการศึกษาประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะในพื้นที่ศึกษาจริง คือ ถนนรัตนานิเบศร์ เป็นทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 302 ของประเทศไทย มีการก่อสร้างใช้งานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 จนถึงปัจจุบัน เริ่มต้นจากถนนพหลโยธินต่อเนื่องไปถึงถนนประเสริฐมนูกิจที่แยกเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร มุ่งหน้าไปทางทิศตะวันตกไปตามถนนงามวงศ์วาน แล้วไปสิ้นสุดบนถนนติวานนท์และต่อเนื่องกับถนนรัตนานิเบศร์ที่แยกแคราย อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ซึ่งจัดเป็นถนนที่มีความหนาแน่นของปริมาณยานพาหนะมากที่สุดอีกแห่งหนึ่งในประเทศไทย

(2) ผลการตรวจวัดปริมาณการจราจรของถนนรัตนานิเบศร์ ระหว่างเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม 2556 โดยมีการตรวจวัด เดือนละ 1 ครั้ง ครั้งละ 24 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 07.00-07.00 น. เมื่อนำข้อมูลกรณีศึกษาถนนรัตนานิเบศร์มาทำการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ โดยได้เริ่มศึกษาตั้งแต่ปี 2016-2036 พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นทุกปีคิดเป็นร้อยละ 10 ทั้งนี้เนื่องจากการเติบโตของเศรษฐกิจ สังคม การเพิ่มจำนวนของยานพาหนะ และมีจำนวนช่องจราจรถึง 6 ช่องทาง รวมทั้งยังไม่มีขยายถนน โดยมีความยาวของถนนเท่ากับ 18.8 กิโลเมตร

(3) ข้อมูลปริมาณยานพาหนะ (Capacity) ในหน่วย PCU ของรถประเภทจักรยานยนต์ รถยนต์เบนซิน รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก และรถประจำทาง เมื่อคำนวณปริมาณการจราจรบนถนนรัตนานิเบศร์พบว่า ปริมาณยานพาหนะทุกชนิดมีความหนาแน่นตลอดทั้งวันทั้งขาเข้าและขาออกเมือง มีจำนวนอยู่ในช่วง 172,654-226,896 คันต่อวัน และมีผลการสำรวจปริมาณการจราจรในหน่วยของ PCU ต่อชั่วโมง (PCU/hr) พบว่า ปริมาณการจราจรเฉลี่ยรายชั่วโมงทั้งสองฝั่งถนนเท่ากับ 6,424-8,364 PCU/hr โดยมีปริมาณการจราจรขาออกเมืองเท่ากับ 2,763-4,441 PCU/hr และขาเข้าเมืองเท่ากับ 3,377-4,370 PCU/hr ส่วนปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนช่วง

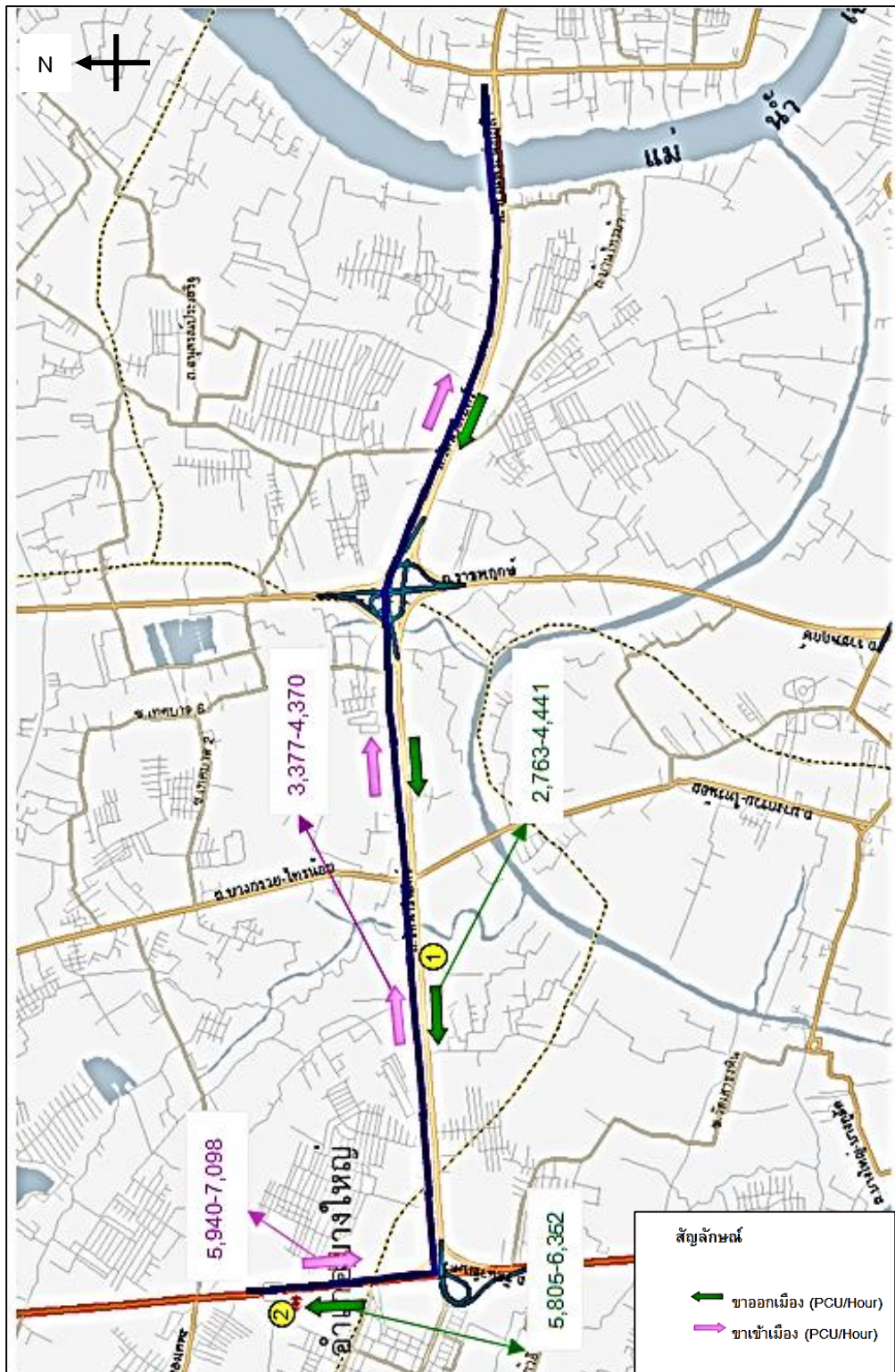
เช้า (เวลา 07.00-09.00 น.) พบว่า มีปริมาณการจราจรเฉลี่ยรายชั่วโมงทั้งสองฝั่งถนนรวม 8,094-10,854 PCU/hr โดยขาออกเมืองมีค่าเท่ากับ 3,449-5,972 PCU/hr และขาเข้าเมืองเท่ากับ 4,645-5,672 PCU/hr สำหรับชั่วโมงเร่งด่วนช่วงเย็น (เวลา 17.00-19.00 น.) พบว่า ปริมาณการจราจรเฉลี่ยรายชั่วโมงทั้งสองฝั่งถนนรวม 9,600-13,550 PCU/hr โดยขาออกเมืองมีค่าเท่ากับ 4,157-7,330 PCU/hr และขาเข้าเมือง 4,744-7,179 PCU/hr แสดงดังตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.11 และผลจากการคำนวณปริมาณการจราจรของยานพาหนะแต่ละชนิดบนถนนรัตนานิเบศร์ตั้งแต่ ค.ศ. 2016-2035 ยังพบว่า รถจักรยานยนต์ (MC) มีปริมาณสะสมสูงสุด รองลงมาคือ รถยนต์เบนซิน (LDGV) รถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (LDDV) และรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (BUS) ตามลำดับ สามารถแสดงปริมาณยานพาหนะได้ดังรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.13 สรุปผลการสำรวจปริมาณจราจรตามแนวถนนรัตนานิเบศร์ ระหว่างเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม 2556

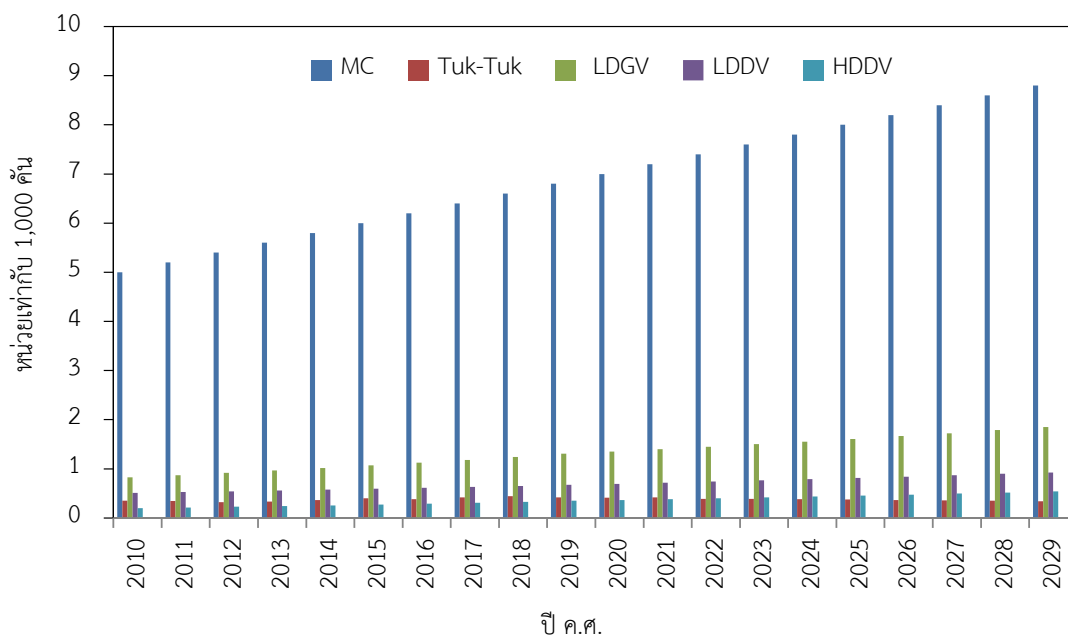
| ชื่อถนน | ปริมาณการจราจร (คันต่อวัน) | ปริมาณการจราจร (PCU/hr) | | |
|--|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------|
| | | ขาออกเมือง ^{1/} | ขาเข้าเมือง ^{2/} | เฉลี่ย |
| ถนนรัตนานิเบศร์ | 172,654-226,896 | 2,763-4,441 | 3,377-4,370 | 6,424-8,364 |
| 1. ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (PCU/hr) เวลา 07.00-09.00 น. | | | | |
| | | 3,449-5,972 | 4,645-5,672 | 8,094-10,854 |
| 2. ปริมาณการจราจรชั่วโมงเร่งด่วนเย็น (PCU/hr) เวลา 17.00-19.00 น. | | | | |
| | | 9,600-13,550 | 4,157-7,330 | 4,744-7,179 |

หมายเหตุ:^{1/} ขาออกเมืองทิศทางการเดินทางในฝั่งถนนที่มุ่งหน้าจากจุดตรวจวัดสะพานพระนั่งเกล้าไปยังคลองบางไผ่

^{2/} ขาเข้าเมืองทิศทางการเดินทางในฝั่งถนนที่มุ่งหน้าจากจุดตรวจวัดคลองบางไผ่ไปยังสะพานพระนั่งเกล้า



รูปที่ 4.11 แผนผังปริมาณการจราจรเฉลี่ยรายชั่วโมงของถนนรัตนาศิเบศร์



รูปที่ 4.12 ปริมาณการจราจรของยานพาหนะแต่ละชนิดบนถนนรัตนานิเบศร์ตั้งแต่ ค.ศ. 2016-2035

(4) การบริโภคเชื้อเพลิงของรถยนต์ (Base Fuel) ในหน่วยลิตรต่อร้อย กิโลเมตร โดยได้ดำเนินการเปรียบเทียบค่าจากห้องปฏิบัติการและจากแหล่งอื่น โดยมีค่าของรถยนต์ชนิดจักรยานยนต์ รถยนต์เบนซิน และรถยนต์ดีเซลเล็ก ดังกรณีศึกษาที่ 1 หัวข้อที่ 4.3.2.1

(5) ผลกระทบจากสภาพของถนนที่มีพื้นผิวขรุขระ (Roughness) พบว่าสภาพทั่วไปของถนนรัตนานิเบศร์มีค่า Roughness เท่ากับ 3 เมตรต่อกิโลเมตร (ADB, 2002)

2) ผลการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ บนถนนรัตนานิเบศร์ที่มีช่องจราจร 6 ช่องทาง และมีความยาวถนน 18.8 กิโลเมตร

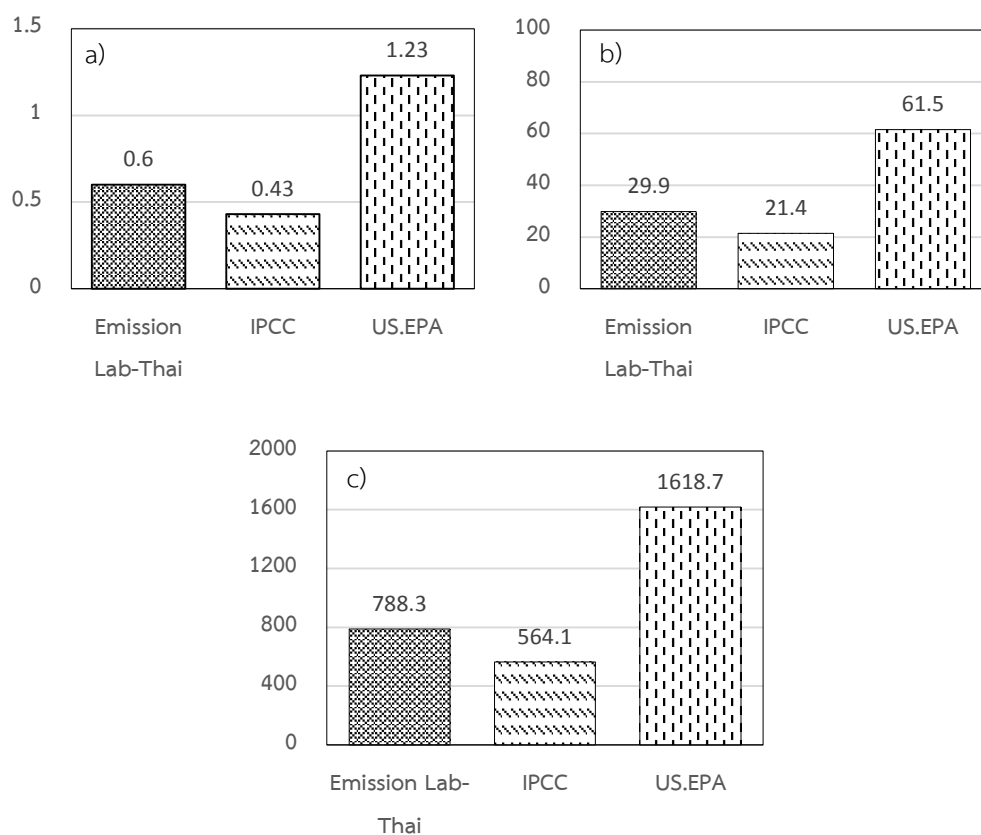
การประเมินด้วยแบบจำลองที่ต้องการเปรียบเทียบผลกระทบจากความสัมพันธ์ของความจุ (Capacity) ของถนนรัตนานิเบศร์ตามหลัก ASIF และการนำเข้าข้อมูลการจราจร ได้แก่ ปริมาณรถยนต์ชนิดต่าง ๆ จำนวน 226,896 คันต่อวัน เพื่อให้สามารถประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ปัจจัยของปริมาณยานพาหนะ และระยะทางที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ได้มีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะบนถนนรัตนานิเบศร์ของประเทศไทยเปรียบเทียบกับหน่วยงานอื่น ๆ ได้โดยสามารถแสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 คาดการณ์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะบนถนนรัตนานิเบิร์ต (ค.ศ. 2016-2035)

| หน่วยงาน | ผลการคาดการณ์การปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ จากการจราจรบนถนนรัตนานิเบิร์ตในช่วงเวลา 20 ปี (ค.ศ. 2016-2035) | | |
|-------------------|---|-------------------------------|---|
| | ปริมาณก๊าซ CO ₂ สะสม (ล้านตัน) | ตลอดระยะเวลาโครงการ (กิโลตัน) | ปริมาณก๊าซ CO ₂ สะสม (ตัน/กิโลเมตร/ปี) |
| Emission Lab-Thai | 0.60 | 29.9 | 788.3 |
| IPCC | 0.43 | 21.4 | 564.1 |
| US.EPA | 1.23 | 61.5 | 1,618.7 |

จากผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะบนถนนรัตนานิเบิร์ต ในช่วงเวลา 20 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2016-2035 หรือกล่าวได้ว่า เมื่อนำปัจจัยจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการเสมือนจริงมาทำการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ บนถนนรัตนานิเบิร์ตช่วงปี ค.ศ. 2016-2035 มาทำการเปรียบเทียบกับหน่วยงานอื่น สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 4.13 และจากรูป พบว่า การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ รวมของถนนรัตนานิเบิร์ตของหน่วยงาน US.EPA มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.23 ล้านตัน รองลงมาคือ ห้องปฏิบัติการของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 0.60 ล้านตัน และหน่วยงาน IPCC มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.43 ล้านตัน และเมื่อทำการประเมินผลการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ตลอด 20 ปี ตั้งแต่ปี 2016-2035 ของโครงการ พบว่า หน่วยงาน US.EPA มีการปลดปล่อย CO₂ รวมสูงสุดเท่ากับ 61.5 กิโลตัน รองลงมาคือ ห้องปฏิบัติการของประเทศไทย เท่ากับ 29.9 กิโลตัน ส่วนหน่วยงาน IPCC มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 21.4 กิโลตัน สำหรับผลการพิจารณาการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ต่อปี พบว่า หน่วยงาน US.EPA มีค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เท่ากับ 1,618.7 ตันต่อกิโลเมตรต่อปี รองลงมาคือ ห้องปฏิบัติการของประเทศไทย เท่ากับ 788.3 ตันต่อกิโลเมตรต่อปี ส่วนหน่วยงาน IPCC มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 564.1 ตันต่อกิโลเมตรต่อปี จากผลการประเมินการปลดปล่อย GHG ในครั้งนี้ พบว่า ค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ของประเทศไทยมีค่าต่ำกว่าหน่วยงาน US.EPA และสูงกว่าหน่วยงาน IPCC ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ichinohe และ Endo (2006) ที่ได้ศึกษาแบบจำลอง MARKAL ที่คาดการณ์การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากระบบรถโดยสารตั้งแต่ปี 1998-2032 และมีเป้าหมายในการลดปริมาณก๊าซ CO₂ ให้ลดลงได้ร้อยละ 8 ผลการศึกษา พบว่า การใช้รถยนต์ไฮบริดสามารถลดมลพิษโดยรวมได้ร้อยละ 62 ในขณะที่จำนวนยานพาหนะเพิ่มขึ้นทุกปีจนถึงปี ค.ศ. 2030 ทั้งนี้ต้องมีการสนับสนุนการใช้รถยนต์ประเภทไฮบริด และร่วมระดมทุนจากการเก็บภาษีคาร์บอน เพื่อให้โครงการสามารถบรรลุเป้าหมายในการลด GHG ได้ และจากการศึกษาของ Dodds และ McDowall (2014) ซึ่งได้จัดทำวิธีการประเมินก๊าซ CO₂ จากการจราจรขนส่งด้วยแบบจำลองระบบพลังงาน (Energy System Models) และประเมิน GHG จากเชื้อเพลิงประเภท

ต่าง ๆ ด้วยแบบจำลอง MARKAL พบว่า เมืองฟูกูชิมะของประเทศญี่ปุ่นที่มีการจำกัดจำนวนยานพาหนะ และการควบคุมไอเสียที่เข้มงวดขึ้นสามารถช่วยลดปลดปล่อย GHG จากแหล่งกำเนิดชานยานพาหนะได้ และจากผลการศึกษาของ Moran (2007) พบว่า ประเทศสเปนและเยอรมนีมีการควบคุมการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และมีระดับความเข้มของการปล่อยมลพิษต่ำที่สุด เนื่องจากมีระบบการขนส่งทางบกที่มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ มีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากนโยบายการประหยัดพลังงานและลดการใช้เชื้อเพลิง ในขณะที่การศึกษาของ Dodds และ McDowall (2014) ที่ได้มีการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยแบบจำลอง MARKAL และพัฒนาวิธีการประเมินก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ จากการจราจรในสภาพจริงของพื้นที่เขตเมืองในทวีปยุโรป เพื่อกำหนดนโยบายสำหรับวางแผนลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะ พบว่า การเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนต่ำ (Low Carbon) การควบคุมขนาดของเครื่องยนต์ที่เหมาะสมให้เป็นไปตามมาตรฐานไอเสีย และการควบคุมปริมาณยานพาหนะ สามารถลดการปลดปล่อย GHG ได้ร้อยละ 80 ตามเป้าหมายของโครงการได้



รูปที่ 4.13 ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ บนถนนรัตนานิเบทร์ ค.ศ. 2016-2035

a) ปริมาณก๊าซ CO₂ สะสม b) ตลอดระยะเวลาโครงการ และ c) ปริมาณก๊าซ CO₂ สะสม

การศึกษาวิธีประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะในครั้งนี้นำค่า EF ของก๊าซ CO₂ จากการทดสอบยานพาหนะของห้องปฏิบัติการ มาออกแบบวิธีประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ด้วยแบบจำลอง โดยมีข้อตกลงเบื้องต้น (Assumptions) เพื่อการนำเข้าข้อมูล และการแปรผลการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ในหน่วยตันต่อกิโลเมตรต่อปี (Ton/Km/Year) และคาดการณ์การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ เป็นรายปีต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 20 ปี เพื่อให้เหมาะสมกับการพัฒนาทางเลือกในการจัดการลดการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะ โดยสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 วิธีประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากยานพาหนะด้วยแบบจำลอง

| วิธีประเมิน | แบบจำลองการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ จากยานพาหนะ |
|---------------------|---|
| วัตถุประสงค์ | ประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ ของโครงการ โดยใช้ข้อมูลค่า EF ของยานพาหนะแต่ละชนิด จากการศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลการจราจรในช่วงเวลาที่ศึกษา เช่น ประเมินการปลดปล่อยจากถนนที่สนใจ และโครงการก่อสร้างถนนใหม่ และโครงการสร้างส่วนขยายบนถนนเดิม เป็นต้น |
| ข้อตกลงเบื้องต้น | ผู้ใช้งานสามารถปรับตั้งค่าเริ่มต้น (Default) ของค่าตัวคูณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Emission Factors of CO ₂) ที่มีผลต่อความเร็วของยานพาหนะได้ |
| วิธีการ | วิธีประเมินพัฒนาจากโปรแกรมเอ็กเซล (Excel) โดยมีวิธีประเมินปัจจัยที่เกี่ยวข้อง (Estimation Factor) เช่น การใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละชนิด และกระบวนการประเมินความสามารถของการปลดปล่อยก๊าซ CO ₂ (Capacity Analysis) และความเร็ว (Speed) ของยานพาหนะในพื้นที่ศึกษาด้วยวิธีการ ASIF ตามโครงสร้างของระบบ ซึ่งประกอบด้วย 1) การเดินทางและการขนส่ง 2) สภาพการจราจร รูปแบบการขับขี่ และประเภทของยานพาหนะ 3) ความหนาแน่นของการจราจรของพื้นที่ศึกษา และ 4) เชื้อเพลิง |
| ข้อมูลนำเข้า | 1) ชุดข้อมูลถนนและการจราจรของพื้นที่ศึกษา 2) ชุดข้อมูลค่า EF ของยานพาหนะจากการศึกษาในครั้งนี้ |
| ผลการประเมิน | ปริมาณของก๊าซ CO ₂ ที่ปลดปล่อยจากยานพาหนะของโครงการหรือผลประเมินการปลดปล่อยเปรียบเทียบกับก่อนและหลังมีโครงการ สำหรับตัดสินใจในการดำเนินโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ |
| ข้อจำกัดของแบบจำลอง | ค่า EF ต้องไม่ต่ำกว่าค่าศูนย์ และปัจจัยด้านการเสื่อมสภาพของยานพาหนะ (Deterioration) และอุณหภูมิ (Temperature) ยังไม่ได้นำมาศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากวัตถุประสงค์ของแบบจำลองมีการเน้นเฉพาะการใช้เชื้อเพลิงจากข้อมูลที่สามารถรวบรวมได้ โดยมีเป้าหมายเพื่ออธิบายผลลัพธ์ของข้อมูลในการจัดการก๊าซเรือนกระจกของโครงการ |

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และเป็นสาเหตุของสภาวะเรือนกระจกที่อาจส่งผลให้อุณหภูมิในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มยานพาหนะที่นำมาทดสอบบนแท่นทดสอบที่มีการจำลองการขับขี่เสมือนจริงนั้น สามารถเป็นตัวแทนของรถยนต์ที่ใช้ในประเทศไทย ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการทดสอบการปลดปล่อย GHG จากห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษของกรมควบคุมมลพิษ โดยมียานพาหนะที่ใช้ทดสอบ 4 ประเภท ได้แก่ รถยนต์ดีเซลใหญ่ รถยนต์ดีเซลเล็ก รถยนต์เบนซิน และรถจักรยานยนต์ โดยสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1) ผลจากการทดสอบค่าเฉลี่ยการปลดปล่อย EF-CO₂ ของยานพาหนะ 4 ประเภท ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ จากกลุ่มรถที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล พบว่า รถประเภท HDDV ที่ใช้เชื้อเพลิง NGV (1,280.9) มีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ สูงกว่าน้ำมันดีเซล (1,080.3) และกลุ่มรถประเภท LDDV มีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ จากการใช้เชื้อเพลิง NGV (338.1) และน้ำมันดีเซล (293) ซึ่งมีแนวโน้มคล้ายกับกลุ่มรถประเภท HDDV สำหรับกลุ่มรถที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน พบปลดปล่อยค่า EF-CO₂ เรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ น้ำมันเบนซิน (174.6) ก๊าซ NGV (166.2) และก๊าซ LPG (157.4) กับ LDGV ตามลำดับ ในขณะที่รถประเภท MC มีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อย EF-CO₂ จากน้ำมันเบนซินเท่ากับ 40 กรัมต่อกิโลเมตร และรถประเภทตุ๊กตุ๊ก มีค่าเฉลี่ยการปลดปล่อย EF-CO₂ จากก๊าซ LPG เท่ากับ 76.5 กรัมต่อกิโลเมตร สำหรับปัจจัยด้านความเร็วของรถแต่ละชนิด พบว่า รถประเภท HDDV ที่ใช้น้ำมันดีเซล มีค่า EF-CO₂ ต่ำกว่าก๊าซ NGV ที่ช่วงความเร็ว 0-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในขณะที่ช่วงความเร็ว 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถประเภท HDDV ที่ใช้น้ำมันดีเซล พบว่ามีค่า EF-CO₂ สูงกว่า ส่วนกลุ่มรถประเภทอื่น ได้แก่ LDDV, LDGV และ MC มีการปลดปล่อยค่า EF-CO₂ จากมากไปน้อย ตามความเร็วที่เพิ่มขึ้นตามรูปแบบการขับขี่ Bangkok Driving Cycle ที่ใช้ในการทดสอบ

2) ค่าเฉลี่ยการปลดปล่อย EF-CH₄ จากการใช้เชื้อเพลิง NGV ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร พบว่า รถประเภท HDDV (7.22) มีการปลดปล่อยสูงสุด รองลงมาคือ รถประเภท LDGV (1.3) และรถประเภท LDGV (0.17) ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยการปลดปล่อย EF-CH₄ ของกลุ่มรถยนต์เครื่องยนต์เบนซินจากระประเภท Taxi และ Passenger Car ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง NGV, LPG และน้ำมันเบนซิน

พบว่า รถ Taxi มีอัตราการปลดปล่อย EF-CH₄ จากการใช้ก๊าซ NGV สูงสุด รองลงมาคือ กลุ่มรถ Taxi ที่ใช้เชื้อเพลิง LPG ในขณะที่กลุ่มรถประเภท Passenger Car มีค่าการปลดปล่อย EF-CH₄ ต่ำสุด สำหรับปัจจัยด้านความเร็วของรถแต่ละชนิด พบว่า รถประเภท LDGV ที่ใช้ก๊าซ NGV มีการปลดปล่อย EF-CH₄ ทุกช่วงความเร็ว ซึ่งแตกต่างกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น และรถที่มีอายุการใช้งานมากจะมีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซ CH₄ สูง ทั้งนี้สามารถนำผลการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้ในการประเมินการปลดปล่อย GHG รายปี ของรถในแต่ละประเภทได้ โดยพบว่า กลุ่มรถประเภทที่มีอายุการใช้งานมากจะมีค่าการปลดปล่อย GHG สูงสุด ดังนั้นข้อมูลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซ CH₄ และ CO₂ จากยานพาหนะ และรูปแบบการขับขี่หรือช่วงความเร็วที่ต่างกัน สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการประเมินการปลดปล่อย GHG ที่มีความจำเป็นต้องใช้ค่า EF-CH₄ และ EF-CO₂ ของยานพาหนะชนิดต่าง ๆ เพื่อการจัดการและควบคุมปัญหาการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะได้ เช่น การวางแผนควบคุม และบำรุงรักษาสภาพเครื่องยนต์ของรถ Taxi ที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 9 ปี ที่เป็นแหล่งกำเนิดก๊าซ CH₄ เนื่องจากขาดการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ เป็นต้น

3) การนำค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ และ EF-CH₄ จากยานพาหนะทุกชนิด ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาวิธีการประเมินการปลดปล่อย GHG และสามารถนำข้อมูลไปเปรียบเทียบกับหน่วยงานอื่นได้ ทั้งนี้เพื่อให้การประเมินค่าของ GHG อันเกิดมาจากยานพาหนะมีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด และเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อหน่วยงาน และผู้ที่สนใจในการเลือกใช้ข้อมูลได้อย่างแพร่หลาย

4) วิธีประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะด้วยการพัฒนาค่า EF-CO₂ จากห้องปฏิบัติการ สามารถเลือกค่า EF ของยานพาหนะแต่ละประเภท เชื้อเพลิงที่ใช้ และสามารถปรับค่า EF-CO₂ ที่มีผลต่อความเร็วของยานพาหนะได้ เพื่อให้การประเมินมีความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดไว้ และได้ผลการประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะที่มีความเหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจดำเนินโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะจากผลการศึกษาค่าการปลดปล่อย EF-CO₂ และ EF-CH₄ จากยานพาหนะในห้องปฏิบัติการ มีข้อเสนอแนะดังนี้

1) การศึกษาครั้งนี้ได้หาค่า EF-CO₂ ขณะเครื่องร้อน (Hot Start) โดยใช้รูปแบบการขับขี่กรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Cycle) ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการทดสอบด้วยรูปแบบการขับขี่อื่น ๆ เช่น มาตรฐานไอเสียของกระทรวงอุตสาหกรรม หรือต่างประเทศ และทำการประเมินหาความแตกต่างในการเปลี่ยนชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น

2) ควรมีการศึกษาค่า EF ของ GHG ที่เกิดขึ้นจากส่วนต่าง ๆ ของยานพาหนะหรือเครื่องยนต์ เช่น การระเหยที่เกิดจากเชื้อเพลิง (Evaporative Emission) หรือการระเหยจากห้องเครื่องยนต์ (Crank Case) เพื่อให้ครอบคลุมทุกแหล่งกำเนิดจากยานพาหนะ

3) ควรจัดทำฐานข้อมูลยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ที่มีรายละเอียดครบถ้วน และมีความทันสมัย เช่น มาตรฐานของรถยนต์ ยี่ห้อ รุ่น และอายุการใช้งาน เพื่อเป็นการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่ใช้เป็นตัวแทนในแต่ละกลุ่ม และให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอ มีความเหมาะสม และถูกต้องที่สุด

4) ควรมีการศึกษาวิธีการปรับแต่งระบบของเครื่องยนต์ชนิดต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อค่าการปลดปล่อย GHG และสารมลพิษที่เกิดขึ้น

5) ควรมีการจัดทำวิธีการประเมิน และการพัฒนาฐานข้อมูลค่า EF ของ GHG สำหรับยานพาหนะทุกชนิด ให้ครอบคลุมทุกช่วงความเร็วของการใช้งานให้มากที่สุด เพื่อประโยชน์สำหรับการเลือกใช้ข้อมูลสำหรับประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะที่ใกล้เคียง และสะท้อนกับสภาพจริงมากที่สุด

6) ควรมีการนำข้อมูลค่า EF ของ GHG จากยานพาหนะในประเทศไทยไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายสำหรับองค์กรหรือหน่วยงาน อาทิเช่น กลุ่มภาครัฐหรือเอกชนสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะสำหรับโครงการต่าง ๆ ส่วนสถาบันการศึกษาที่ต้องการประเมินงานภาคการขนส่ง สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการศึกษา GHG โดยอาจมีการพิจารณาค่าการปลดปล่อย GHG จากการขยายช่องทางจราจร โครงการสร้างหรือขยายถนนเส้นทางใหม่ รวมถึงโครงการประเมินการปลดปล่อย GHG บนถนนจากจราจรในสภาพปัจจุบัน และอนาคต เป็นต้น

รายการอ้างอิง

- Akansu, S. O., Kahraman, N., and Çeper, B. (2007). Experimental study on a spark ignition engine fuelled by methane–hydrogen mixtures. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(17), 4279-4284.
- Asian Development Bank. (2010). Reducing Carbon Emissions from Transport Projects. Manila: Independent Evaluation Department.
- Aslam, M. U., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Abdesselam, H., Mahlia, T. M. I., and Amalina, M. A. (2006). An experimental investigation of CNG as an alternative fuel for a retrofitted gasoline vehicle. *Fuel*, 85(5–6), 717-724.
- Baidya, S., and Borcken-Kleefeld, J. (2009). Atmospheric emissions from road transportation in India. *Energy Policy*, 37(10), 3812-3822.
- Bauer, C. G., and Forest, T. W. (2001). Effect of hydrogen addition on the performance of methane-fueled vehicles. Part I: effect on S.I. engine performance. *International Journal of Hydrogen Energy*, 26(1), 55-70.
- Behrentz, E. (2004). Measurements of nitrous oxide emissions from light-duty motor vehicles: a pilot study. *Atmospheric Environment*, 38, 4291-4303.
- Bellasio, R., Bianconi, R., Corda, G., and Cucca, P. (2007). Emission inventory for the road transport sector in Sardinia (Italy). *Atmospheric Environment*, 41(4), 677-691.
- Bellucci, F., Bogner, J. E., and Sturchio, N. C. (2012). Greenhouse gas emissions at the urban scale. *Elements*. 8(6). 87-95.
- Bielaczyc, P., Woodburn, J., and Szczotka, A. (2014). An assessment of regulated emissions and CO₂ emissions from a European light-duty CNG-fueled vehicle in the context of Euro 6 emissions regulations. *Applied Energy*, 117, 134-141.
- Bielaczyc, P., Woodburn, J., Szczotka, A., and Pajdowski, P. (2015). The Impact of Alternative Fuels on Fuel Consumption and Exhaust Emissions of Greenhouse Gases from Vehicles Featuring SI Engines. *Energy Procedia*, 66, 21-24.
- Bubeck, S., Tomaschek, J. and Fahl, U. (2014). Potential for mitigating greenhouse gases through expanding public transport services: A case study for Gauteng Province, South Africa. *Transportation Research Part D*; 32: 57-69.

- Center for Global and Regional Environmental Research. (2001). Ace-Asia and Trace-P Modeling and Emission Support System (ACESS).
http://www.cgrer.uiowa.edu/EMISSION_DATA/index.htm
- Ceper, B., Aknsu, O. and Kahraman. (2009). Investigation of cylinder pressure for H₂/CH₄ mixtures at different loads. *Hydrogen Energy*, 34, 4855-4861.
- Chiang, H., Lai, Y. and Chang, S. (2012). Pollutant constituents of exhaust emitted from light-duty diesel vehicles. *Atmospheric Environment*, 47, 399-406.
- Choi, H., and Frey, H. (2009). Light duty gasoline vehicle emission factors at high transient and constant speeds for short road segments. *Transportation Research Part D*, 14, 610-614.
- Chowdhury, I. R. (2014). Scenario of vehicular emissions and its effect on human health. *International Journal of Humanities and Social Science Invention*. 4(5), 01-09.
- Clack, N. N., Justin, M. K., Atkinson, C. M., and Nine, R.D. (2002). Factors Affecting Heavy-Duty Diesel Vehicle Emission. *Air and Waste Management Assoc*, 52, 84-94.
- Costagliola, M. A., Prati, M. V., Florio, S., Scorletti, P., Terna, D., Iodice, P., Buono, D., and Senatore, A. (2016). Performances and emissions of a 4-stroke motorcycle fuelled with ethanol/gasoline blends. *Fuel*, 183, 470-477.
- Crane, P., and Scott, D. S. (1992). Efficiency and CO₂ emission analysis of pathways by which methane can provide transportation services. *International Journal of Hydrogen Energy*, 17(7), 543-550.
- D'Angiola, A., Dawidowski, L. E., Gómez, D. R., and Osses, M. (2010). On-road traffic emissions in a megacity. *Atmospheric Environment*, 44(4), 483-493.
- Dardiotis, C., Fontaras, G., Marotta, A., Martini, G., and Manfredi, U. (2015). Emissions of modern light duty ethanol flex-fuel vehicles over different operating and environmental conditions. *Fuel*, 140, 531-540.
- Defra. (2009). Guidelines to DEFRA's/DECC's greenhouse gas conversion factors for company reporting.
- Fontaras, G., Grigoratos, T., Savvidis, D., Anagnostopoulos, K., Luz, R., Rexeis, M., and Hausberger, S. (2016). An experimental evaluation of the methodology proposed for the monitoring and certification of CO₂ emissions from heavy-duty vehicles in Europe. *Energy*, 102, 354-364.

- Franco, V., Kousoulidou, M., Muntean, M., Ntziachristos, L., Hausberger, S., and Dilara, P. (2013). Road vehicle emission factors development: A review. *Atmospheric Environment*, *70*, 84-97.
- Gatts, T., Liu, S., Liew, C., Ralston, B., Bell, C. and Li, H. (2012). An experimental investigation of incomplete combustion of gaseous fuels of a heavy-duty diesel engine supplemented with hydrogen and natural gas. *Hydrogen Energy*, *9*, 7848-7859.
- Graham, L. A., Rideout, G., Rosenblatt, D. and Hendren, J. (2008). Greenhouse gas emissions from heavy-duty vehicles. *Atmospheric Environment*, *42*, 4665-4681.
- Grigoratos, T., Fontaras, G., Martini, G., and Peletto, C. (2016). A study of regulated and green house gas emissions from a prototype heavy-duty compressed natural gas engine under transient and real life conditions. *Energy*, *103*, 340-355.
- Guo, H., Zou, S. C., Tsai, W. Y., Chan, L. Y., and Blake, D. R. (2011). Emission characteristics of nonmethane hydrocarbons from private cars and taxis at different driving speeds in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, *45*(16), 2711-2721.
- Gupta, S., Patil, V., Himabindu, M., and Ravikrishna, R. V. (2016). Life-cycle analysis of energy and greenhouse gas emissions of automotive fuels in India: Part 1 – Tank-to-Wheel analysis. *Energy*, *96*, 684-698.
- Hagos, F. Y., Aziz, A. R. A., and Suliaman S. A. (2015). Methane enrichment of syngas (H_2/CO) in a spark-ignition direct-injection engine: Combustion, performance and emissions comparison with syngas and compressed natural gas. *Energy*, *90*, 2006-2015.
- Hassani, A., and Hosseini, V. (2016). An assessment of gasoline motorcycle emissions performance and understanding their contribution to Tehran air pollution. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *47*, 1-12.
- Hausberger, S., Rodler, J., Sturm, P., and Rexeis, M. (2003). Emission factors for heavy-duty vehicles and validation by tunnel measurements. *Atmospheric Environment*, *37*(37), 5237-5245.

- Heeb, N. F. A., Saxer, C. and Wilhelm, P. (2003). Benzene and alkyl benzene cold start emission data of gasoline-driven passenger cars representing the vehicle technology of the last two decades. *Atmospheric Environment*, 37, 5185-5195.
- Huai, T., Durbin, T. D., Wayne Miller, J., and Norbeck, J. M. (2004). Estimates of the emission rates of nitrous oxide from light-duty vehicles using different chassis dynamometer test cycles. *Atmospheric Environment*, 38(38), 6621-6629.
- Huang, X., Wang, Y., Xing, Z., and Du, K. (2016). Emission factors of air pollutants from CNG-gasoline bi-fuel vehicles: Part II. CO, HC and NO_x. *Science of The Total Environment*, 565, 698-705.
- Ichinohe, M., and Endo, E. (2006). Analysis of the vehicle mix in the passenger-car sector in Japan for CO₂ emissions reduction by a MARKAL model. *Applied Energy*, 83(10), 1047-1061.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. United State: Cambridge University Press.
- IPCC. (2008). *2008 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ; Volume 1: General Guidance and Reporting*. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. United State: Cambridge University Press.
- Japan Transport Cooperation Association. (2004). Summary of the CDM study report on F.Y. 2003: Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
- Karavalakis, G., Hajbabaei, M., Jiang, Y., Yang, J., Johnson, K. C., Cocker, D. R., and Durbin, T. D. (2016). Regulated, greenhouse gas, and particulate emissions from lean-burn and stoichiometric natural gas heavy-duty vehicles on different fuel compositions. *Fuel*, 175, 146-156.
- Liu, Y. Y., Wang, Y. Q., An, R., and Li, C. (2015). The spatial distribution of commuting CO₂ emissions and the influential factors: A case study in Xi'an, China. *Advances in Climate Change Research*, 6(1), 46-55.
- Louis, C., Liu, Y., Tassel, P., Perret, P., Chaumond, A., and André, M. (2016). PAH, BTEX, carbonyl compound, black-carbon, NO₂ and ultrafine particle dynamometer

- bench emissions for Euro 4 and Euro 5 diesel and gasoline passenger cars. *Atmospheric Environment*, 141, 80-95.
- Lumbreras, J., Valdes, M. and Rodriguez, M.E. (2008). Assessment of vehicle emissions projections in Madrid (Spain) from 2004 to 2012 considering several control strategies. *Transportation Research Part A*, 42, 646–658.
- Mello, P., Pelliza, G., Cataluña, R., and Silva, R. d. (2006). Evaluation of the maximum horsepower of vehicles converted for use with natural gas fuel. *Fuel*, 85(14–15), 2180-2186.
- Metz, D. (2015). Peak car in the big city: Reducing London’s transport greenhouse gas emissions. *Case Studies on Transport Policy*; 3: 367-271.
- Moran, M., Angel, M., Gonzalez, R. and Pablo. (2007). Structural factors affecting land-transport CO₂ emissions: A European comparison. *Transportation Research Part D*, 12, 239–253.
- Nejadkoorki, F., Nicholson, K., Lake, I., and Davies, T. (2008). An approach for modelling CO₂ emissions from road traffic in urban areas. *Science of The Total Environment*, 406(1–2), 269-278.
- Nilrit, S., and Sampanpanish, P. (2012). Emission factor of carbon dioxide from in-use vehicles in Thailand. *Modern Applied Science*, 6, 52-57.
- Parsons. (2003). Technical Report No. 1: “Toxic Emissions from Diesel Vehicles in Australia. Australia.
- Pelkmans, L. (2006). Comparison of on-road emissions with emissions measured on chassis dynamometer test cycles. *Transportation Research Part D*, 11, 233-241.
- Pongthanaisawan, J. and Sorapipatana, C. (2013). Greenhouse gas emissions from Thailand’s transport sector: Trends and mitigation options. *Applied Energy*; 102: 288-298.
- Porpatham, E., Ramesh, A. and Nagalingam, B. (2008). Investigation on the effect of concentration of methane in biogas when used as a fuel for a spark ignition engine. *Fuel*, 87, 1651-1659.
- Power, H., and Baldasano, J.M. (1998). Air Pollution Emission Inventory. United Kingdom: Wessex Institute of Technology.

- Rahul, G., and Sarath, K. G. (2015). Evolution of on-road vehicle exhaust emissions in Delhi. *Atmospheric Environment*, 105, 78-90.
- Reynolds, A. W. (2000). Development of an emissions inventory model for mobile sources. *Transportation Research Part D*, 5, 77-101.
- Schifter, L. A. D., Gonzalez, U. C. and González, M. (2013). Fuel formulation for recent model light duty vehicles in Mexico base on a model for predicting gasoline emissions. *Fuel*, 107, 371–381.
- Seers, P., Nachin G., and Glaus M. (2015). Development of two driving cycles for utility vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 41, 377-385.
- Silvio, N., and Federico, C. (2016). The competitiveness of alternative transport fuels for CO₂ emissions. *Transport Policy*, 50, 1-14.
- Singh, A., Gangopadhyay, S., Nanda, P. K., Bhattacharya, S., Sharma, C., and Bhan, C. (2008). Trends of greenhouse gas emissions from the road transport sector in India. *Science of The Total Environment*, 390(1), 124-131.
- Sokolova, T. S., Dorogokupets, P. I., Dymshits, A. M., Danilov, B. S., and Litasov, K. D. (2016). Microsoft excel spreadsheets for calculation of P–V–T relations and thermodynamic properties from equations of state of MgO, diamond and nine metals as pressure markers in high-pressure and high-temperature experiments. *Computers & Geosciences*, 94, 162-169.
- Tan, Q., and Hu, Y. (2016). A study on the combustion and emission performance of diesel engines under different proportions of O₂ & N₂ & CO₂. *Applied Thermal Engineering*, 108, 508-515.
- Tsai, J. H., Hsu, Y. C., and Weng, H. C. (2000). Air pollutant emission factors from new and in-use motorcycles. *Atmospheric Environment*, 34, 4747-4754.
- USEPA. (1992). Procedures for emission inventory preparation volume IV: mobile source. Washington DC., USA.: United States Environmental Protection Agency.
- USEPA. (2008). Guidelines to DEFRA's/DECC's Greenhouse Gas Conversion Factors for company reporting. Washington DC., USA.: United States Environmental Protection Agency.

- Wang, J. J., Booth, A. E., and Edwards, W. C. (2005). Emission reduction analysis tool for heavy duty diesel engine. British Columbia, Canada: Levelton Consultants Ltd.
- Wang, G. S., Jianlei, L., Song, L., and Liang, T. (2016). On-board measurements of gaseous pollutant emission characteristics under real driving conditions from light-duty diesel vehicles in Chinese cities. *Journal of Environmental Sciences*, 46, 28-37.
- Wang, H., Fu, L., and Bi, J. (2011). CO₂ and pollutant emissions from passenger cars in China. *Energy Policy*, 39(5), 3005-3011.
- Wang, H., Fu, L., Zhou, Y., Du, X., and Ge, W. (2010). Trends in vehicular emissions in China's mega cities from 1995 to 2005. *Environmental Pollution*, 158(2), 394-400.
- Winkler, A., Dimopoulos, P., Hauert, R., Bach, C., and Aguirre, M. (2008). Catalytic activity and aging phenomena of three-way catalysts in a compressed natural gas/gasoline powered passenger car. *Applied Catalysis B: Environmental*, 84(1-2), 162-169.
- Warapetcharayut, P., Paw-armart, I., Pentakulchai, T., Aransri, N., and Charoenphonphanich, C. (2007). *Mobile Source Control Strategies in Thailand* Paper presented at the International Conference on Air Quality Management in Southeast Asia, Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Zacharof, N., Tietge, U., Franco, V., and Mock, P. (2016). Type approval and real-world CO₂ and NO_x emissions from EU light commercial vehicles. *Energy Policy*, 97, 540-548.
- Zhang, Y., Wang, X., Li, G., Yang, W., Huang, Z., Zhang, Z., Huang, X., Deng, W., Liu, T., Huang, Z., and Zhang, Z. (2015). Emission factors of fine particles, carbonaceous aerosols and traces gases from road vehicles: Recent tests in an urban tunnel in the Pearl River Delta, China. *Atmospheric Environment*, 122, 876-884.
- เชษฐวุฒิ ภูมิพิพัฒนพงศ์, ปิรันธน์ พิษสะกะ, และปิติณัตต์ ตริวงศ์. (2554). ผลกระทบจากสภาวะการขับขี่ที่ไม่วางที่ต่อมลพิษของรถยนต์ดีเซล. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 1(7), 10-20.

- เมธิกา จอมราชคมน์. (2554). การประเมินปัจจัยการระบายสารมลพิษทางอากาศจากระบบประจําทางที่ใช้ดีเซลและก๊าซธรรมชาติ กรณีศึกษาโดยสารประจําทางขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (ขสมก.). (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2537). ระบบฐานข้อมูลของแหล่งกำเนิดอากาศเสียในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พ.ศ. 2535. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2542). ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2543). รายงานฉบับสมบูรณ์ การปรับปรุงฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศและประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2551). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถยนต์ที่ใช้แก๊สโซฮอล์. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- กรมธุรกิจพลังงาน. (2559). ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในภาคการขนส่งของประเทศไทยปี พ.ศ.2551-2557. from กระทรวงพลังงาน http://www.doeb.go.th/v5/service_stat.php
- การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. (2555). เรียนรู้เรื่องราวต่าง ๆ มากมายเกี่ยวกับก๊าซธรรมชาติ กับ ปตท., from บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) [https://dscng.pttplc.com/\(S\(zsxe50kww0ysaz3mjgavls3\)\)/Knowledge/Knowledge-inside?p=Basic_of_Natural_Gas](https://dscng.pttplc.com/(S(zsxe50kww0ysaz3mjgavls3))/Knowledge/Knowledge-inside?p=Basic_of_Natural_Gas)
- จิรศักดิ์ เฟ่งพิศ. (2552). การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษจากไอเสียรถยนต์เบนซินที่ใช้ก๊าซธรรมชาติอัดและน้ำมันแก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประเสริฐ อังกูรวัฒน์. (2540). การประเมินค่า EMISSION FACTOR ของก๊าซมลพิษจากยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ในเขตพื้นที่ชั้นในและพื้นที่ชั้นกลางของกรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- พฤกษ์ พงศ์พุกษา. (2544). ฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดสารไฮโดรคาร์บอนและไนโตรเจนออกไซด์ของกรุงเทพฯ และปริมณฑล. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พลศักดิ์ วิฑูรชวลิตวงศ์. (2536). ปริมาณการปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากการสันดาปเชื้อเพลิงในประเทศไทย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พูลพร แสงบางปลา. (2537). ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- มนตรี สี่พยัคฆ์. (2548). การประยุกต์ใช้ก๊าซธรรมชาติและก๊าซหุงต้มในระบบเชื้อเพลิงคู่กับเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบจุดระเบิดด้วยหัวเทียน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มลธิรา สดชื่น. (2554). การประเมินปัจจัยการระบายสารมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์, นิตยา มหาผล, และธีระ เกรอต. (2543). มลภาวะอากาศ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วีราภรณ์ คารมณ. (2552). การเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อม และพลังงานของก๊าซธรรมชาติอัด และก๊าซธรรมชาติเหลว โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักนโยบายและแผนการขนส่งจราจร. (2555). โครงการพัฒนาปรับปรุง บำรุงรักษาระบบฐานข้อมูลสารสนเทศและแบบจำลองเพื่อบูรณาการพัฒนาระบบขนส่งและจราจร การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบและระบบโลจิสติกส์. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงคมนาคม.
- อภาพัชร์ หุ่นศิริตระกูล. (2555). การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงสำหรับอากาศยานพาณิชย์. (ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

มาตรฐานมลพิษทางอากาศสำหรับยานพาหนะที่ใช้งาน และยานพาหนะใหม่

ตารางที่ ก.1 มาตรฐานการระบายมลพิษจากยานพาหนะใหม่ชนิดเครื่องยนต์เบนซิน

| มาตรฐานการระบายมลพิษจากยานพาหนะใหม่(เครื่องยนต์เบนซิน) | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------|
| มาตรฐาน มอก. | มาตรฐานอ้างอิง | จำนวนที่นั่ง | CO | HC+NOx | HC | NOx | วันบังคับใช้ |
| ระดับที่ 1 (มอก. 1085-2535) | ECE R 15-04 | | กรัมต่อการทดสอบ | | | | - |
| | | PC ไม่เกิน 9 | 58-110 | 19-28 | - | - | |
| ระดับที่ 2 (มอก. 1120-2535) | ECE R 83 | PC ไม่เกิน 6 | 25-45 | 6.5-28 | - | 3.5-6 | 30 ม.ค. 2538 |
| | | PC มากกว่า 6 | 58-110 | 19-23 | - | - | |
| ระดับที่ 3 (มอก. 1280-2538) | ECE R 83-01(B) | | กรัมต่อกิโลเมตร | | | | 30 ม.ค. 2538 |
| | | PC ไม่เกิน | 2.72 | 0.97 | - | - | |
| | | | กรัมต่อการทดสอบ | | | | |
| | | PC มากกว่า 6 | 58-100 | 19-28 | - | - | |
| ระดับที่ 4 (มอก. 1365-2539) | DRT 93/59/EEC | | กรัมต่อกิโลเมตร | | | | 1 ม.ค. 2540 |
| | | PC ไม่เกิน 6 | 2.27 | 0.97 | - | - | |
| | | PC มากกว่า 6 | 2.72-6.90 | 0.97-1.70 | - | - | |
| ระดับที่ 5 (มอก. 1440-1997) | DRT 94/12/EEC | PC ไม่เกิน 6 | 2.20 | 0.50 | - | - | 1 ม.ค. 2542 |
| | | PC มากกว่า 6 | 2.72-6.90 | 0.97-1.70 | - | - | |
| ระดับที่ 6 (มอก. 1870-1999) | DRT 96/69/EEC | PC ไม่เกิน 6 | 2.20 | 0.50 | - | - | 25 ส.ค. 2542 |
| | | PC มากกว่า 6 | 2.20-5.00 | 0.50-0.70 | - | - | |
| ระดับที่ 7 (มอก. 2160-2003) | DRT 1999/102/EC(A) (1) EURO 3 | PC ไม่เกิน 6 | 2.30 | - | 0.20 | 0.15 | 10 ม.ค. 2548 |
| | | PC มากกว่า 6 | 2.30-5.22 | - | 0.20-0.29 | 0.15-0.21 | |
| ระดับที่ 8 | DRT 1999/102/EC(B) EURO 4 | PC ไม่เกิน 6 | 2.20 | - | 0.10 | 0.08 | อยู่ในระหว่าง นำเสนอ |
| | | PC มากกว่า 6 | 1.00-2.27 | - | 0.10-0.16 | 0.08-0.11 | |

หมายเหตุ : (1) เปลี่ยนวิธีการเก็บตัวอย่างให้เข้มข้นมากขึ้น โดยเก็บตัวอย่างอากาศทันทีหลังจากติดเครื่อง เปลี่ยนจากเดิมที่เก็บตัวอย่างหลังจากติดเครื่องเดินเบามาแล้ว 40 วินาที

ตารางที่ ก.2 มาตรฐานการระบายมลพิษจากยานพาหนะใหม่ชนิดเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

| มาตรฐานการระบายมลพิษจากยานพาหนะใหม่ (เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก) | | | | | | | |
|--|---|--------------|-----------------|-----------|-----------|------------|-------------------------|
| มาตรฐาน มอก. | มาตรฐานอ้างอิง | จำนวนที่นั่ง | CO | HC+NOx | HC | NOx | วันบังคับใช้ |
| ระดับที่ 1 (มอก. 1140-2536) | ECE R 83-C | | กรัมต่อการทดสอบ | | | | 29 ม.ค. 2538 |
| | | PC ไม่เกิน 6 | 30-45 | 8-15 | - | 6 | |
| | | PC มากกว่า 6 | 58-100 | 19-28 | - | - | |
| | | | 25-45 | 6.50-15 | - | 3.50-6 | |
| | | | 58-110 | 19-28 | - | - | |
| ระดับที่ 2 (มอก. 1285-2538) | ECE R 83-01 App.C | | กรัมต่อกิโลเมตร | | | | 23 ก.พ. 2539 |
| | | PC ไม่เกิน 6 | 2.72 | 0.97 | - | 0.14 | |
| | | | กรัมต่อการทดสอบ | | | | |
| PC มากกว่า 6 | 58-110 | 19-28 | - | - | | | |
| ระดับที่ 3 (มอก. 1370-2539) | 93/59/EEC | | กรัมต่อกิโลเมตร | | | | 1 ม.ค. 2540 |
| | | PC ไม่เกิน 6 | 2.72 | 0.97 | - | 0.14 | |
| | | PC มากกว่า 6 | 2.72-6.90 | 0.97-1.70 | - | 0.14-0.25 | |
| ระดับที่ 4 (มอก. 1435-2540) | DRT 94/12/EC | PC ไม่เกิน 6 | 1.00 | 0.70 | - | 0.08 | 1 ม.ค. 2542 |
| | | PC มากกว่า 6 | 2.72-6.90 | 0.97-1.70 | - | 0.14-0.25 | |
| ระดับที่ 5 (มอก. 1875-2542) | DRT 96/69/EEC | PC ไม่เกิน 6 | 1.00 | 0.70 | - | 0.08 | 25 ส.ค. 2544 |
| | | PC มากกว่า 6 | 1.00-1.50 | 0.70-1.20 | - | 0.08-0.17 | |
| ระดับที่ 6 (มอก. 2155-2546) | DRT 1999/102/EC(A) ⁽¹⁾ EURO 3 | PC ไม่เกิน 6 | 0.64 | 0.56 | 0.50 | 0.05 | 10 ม.ค. 2548 |
| | | PC มากกว่า 6 | 0.64-0.95 | 0.56-0.86 | 0.50-0.78 | 0.05-0.10 | |
| ระดับที่ 7 | DRT 1999/102/EC(B) EURO 4 | PC ไม่เกิน 6 | 0.50 | 0.30 | 0.25 | 0.025 | อยู่ในระหว่าง นำเสนอ |
| | | PC มากกว่า 6 | 0.50-0.74 | 0.30-0.46 | 0.25-0.39 | 0.025-0.06 | |

หมายเหตุ : (1) เปลี่ยนวิธีการเก็บตัวอย่างให้เข้มข้นมากขึ้น โดยเก็บตัวอย่างอากาศทันทีหลังจากติดเครื่อง เปลี่ยนจากเดิมที่เก็บตัวอย่างหลังจากติดเครื่องเดินเบามาแล้ว 40 วินาที

ตารางที่ ก.3 มาตรฐานการระบายมลพิษจากยานพาหนะใหม่ชนิดเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่

| มาตรฐานการระบายมลพิษสำหรับยานพาหนะใหม่ (รถยนต์/รถบรรทุกขนาดใหญ่) | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|---|---|-----------------|-----------------|-------------|---------------------|------------------------|--------------------|---|--|
| มาตรฐาน | มาตรฐานอ้างอิง | ปริมาณสารมลพิษ | | | | | | | วันบังคับใช้ | | |
| | | CO | HC | NO _x | PM | NMHC | CH ₄ (1) | Smoke | | | |
| | | การทดสอบโดยวิธี ECE R 49 (กัมมณฑ์ไอวัดค์-ชั่วโมง) | | | | | | | (m ⁻¹) | | |
| ระดับที่ 1 มอก.1180(1)-2538 | ECE R 49-01 Pre-EURO | 11.20 | 2.40 | 14.40 | - | - | - | - | - | | |
| ระดับที่ 2 มอก.1290-2538 | 91/542(A)/EEC EURO 1 | 4.50 | 1.10 | 8.00 | 0.36 | - | - | - | 12 พ.ค. 2541 | | |
| ระดับที่ 3 มอก.1295-2541 | DRT 96/1/EC EURO 2 | 4.00 | 1.10 | 7.00 | 0.15 | - | - | - | 23 พ.ค. 2542 | | |
| ระดับที่ 4 | | การทดสอบโดยวิธี ESC (2) (กัมมณฑ์ไอวัดค์-ชั่วโมง) | | | | | | | ELR Test (3) | 1 ม.ค. 2550 (มติคณะกรรมการ สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ) | |
| | | DRT 1999/96/EC EURO 3 (A) | 2.10 | 0.66 | 5.00 | 0.10 | - | - | 0.8 | | |
| | | | | | 0.13 (4) | | | | | | |
| | | EURO 3 EEV (5) | 1.50 | 0.25 | 2.00 | 0.02 | - | - | 0.15 | | |
| | | | การทดสอบโดยวิธี ETC (6) (กัมมณฑ์ไอวัดค์-ชั่วโมง) | | | | | | | | |
| | | | CO | HC | NO _x | PM (7) | NMHC | CH ₄ (1) | | | |
| | | EURO 3 | 5.45 | - | 5.00 | 0.16 | 0.78 | 0.16 | | | |
| | | | | | | 0.21 (4) | | | | | |
| | EURO 3 EEV | 3.00 | - | 2.00 | 0.02 | 0.40 | 0.65 | | | | |

- หมายเหตุ : (1) สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง
 (2) ESC : European Stationary Cycle
 (3) ELR Test : European Load Response
 (4) สำหรับเครื่องยนต์ที่มีความจุแต่ละกระบอกสูบน้อยกว่า 0.7 ลูกบาศก์เดซิเมตร (ลิตร) และมีความเร็วรอบที่
 กำลังมากกว่า 3,000 รอบต่อนาที
 (5) สำหรับที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Enhanced Environmentally Friendly Vehicle)
 (6) ETC : European Transient Cycle
 (7) ไม่บังคับใช้กับเครื่องที่ใช้ก๊าซในระดัมาตรฐาน EURO 3 และ EURO 4

ตารางที่ ก.4 มาตรฐานการระบายมลพิษจากรถใช้งาน

| มาตรฐานการระบายมลพิษจากรถใช้งาน | | | | |
|---------------------------------|------------|--------------------|--|--|
| ประเภทรถ | มลพิษ | ค่ามาตรฐาน | เครื่องมือการตรวจวัด | วิธีการตรวจวัด |
| รถยนต์เชิง | ควันดำ | 50% | ระบบกระดาษกรอง ระบบวัดความทึบแสง | ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ ไม่มีภาระ โดยเร่งเครื่องจนต่ออย่างรวดเร็วจนสุด คืนเร่ง |
| | | 45% | | |
| | ระดับเสียง | 100 dB(A) | เครื่องวัดระดับเสียง ตามมาตรฐาน IEC | ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ ไม่มีภาระและอยู่บน เครื่องทดสอบ เร่งเครื่องขณะที่มีความเร็วรอบสูงสุด |
| รถยนต์เบนซิน | | | | |
| - จดทะเบียนก่อน 1 พ.ย. 2536 | CO HC | 4.5% 600 ppm | NDIR | ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ ไม่มีภาระ เร่งเครื่องยนต์เกินเบา |
| - จดทะเบียนตั้งแต่ 1 พ.ย. 2536 | CO HC | 1.5% 200 ppm | NDIR | ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ ไม่มีภาระ เร่งเครื่องยนต์เกินเบา |
| - จดทะเบียนตั้งแต่ 1 ม.ค. 2550 | CO HC | 0.5% 100 ppm | NDIR | ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ ไม่มีภาระ เร่งเครื่องยนต์เกินเบา |
| - รถยนต์เบนซินทุกประเภท | ระดับเสียง | 100 dB(A) | เครื่องวัดระดับเสียง ตามมาตรฐาน IEC | เร่งเครื่องยนต์ 3/4 ความเร็วรอบสูงสุด |
| รถจักรยานยนต์ | | | | |
| - จดทะเบียนก่อน 1 ก.ค. 2549 | CO HC | 4.5% 10,000 ppm | NDIR NDIR | ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ ไม่มีภาระ เร่งเครื่องยนต์เกินเบา |
| - จดทะเบียนตั้งแต่ 1 ก.ค. 2549 | CO HC | 3.5% 2,000 ppm | NDIR NDIR | |
| - จดทะเบียนตั้งแต่ 1 ม.ค. 2552 | CO HC | 2.5% 1,000 ppm | NDIR NDIR | ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ ไม่มีภาระ เร่งเครื่องยนต์เกินเบา |
| - รถจักรยานยนต์ทุกประเภท | ควันขาว | 30% | ระบบวัดความทึบแสง | เร่งเครื่องยนต์ 3/4 ความเร็วรอบสูงสุด |
| | ระดับเสียง | 95 dB(A) | เครื่องวัดระดับเสียง ตามมาตรฐาน IEC | เร่งเครื่องยนต์ 3/4 หรือ 1/2 ความเร็ว รอบสูงสุด |
| รถตุ๊ก ตุ๊ก | CO HC | 4.5% 10,000 ppm | NDIR | ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ ไม่มีภาระ เร่งเครื่องยนต์เกินเบา |
| | ระดับเสียง | 100 dB(A) | เครื่องวัดระดับเสียง ตามมาตรฐาน IEC | |

หมายเหตุ: ให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมฉบับล่าสุด

- ที่มา: 1. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2550) เรื่อง การกำหนดมาตรฐาน
ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เก็ทโซลิน
ลงประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 124 ตอนพิเศษ 29ฯ ลงวันที่ 14 มีนาคม 2550
2. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2550) เรื่อง การกำหนดมาตรฐาน
ค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซคาร์บอน ไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียรถจักรยานยนต์
ลงประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 124 ตอนพิเศษ 29ฯ ลงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2550

ภาคผนวก ข

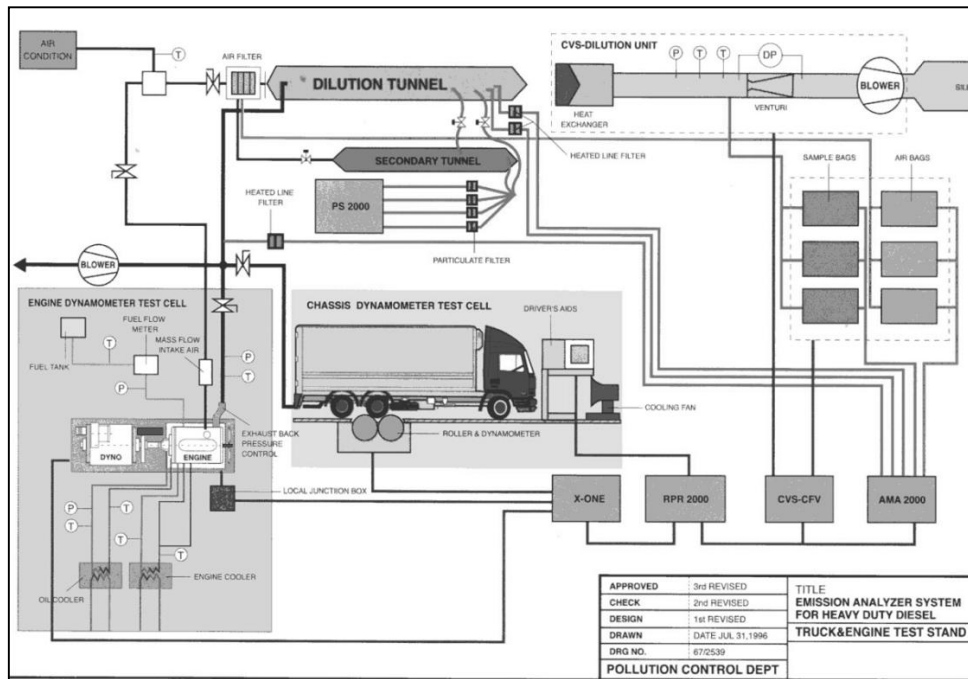
การศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ

ข้อมูล GHG และมลพิษชนิดต่าง ๆ ของยานพาหนะ ได้มาจากผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตั้งอยู่เลขที่ 138/28 หมู่ที่ 2 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ซึ่งประกอบด้วยห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ 4 ชนิด คือ 1) ห้องปฏิบัติการรถมอเตอร์ไซด์ 2) ห้องปฏิบัติการรถยนต์เบนซิน 3) ห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก และ 4) ห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ และได้มีการกำหนดรูปแบบตามมาตรฐานสากลที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยกำหนดในมาตรฐานต่างประเทศ เช่น Directive 96/69/EEC (EURO II), Directive 1999/102/EC(A) (EURO III) และสำหรับมาตรฐานในประเทศไทย คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2155-2546 และ มอก. 2160-2546 โดยชนิดของยานพาหนะ และชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ และตัวอย่างแผนผังการทดสอบ แบ่งขนาดยานพาหนะชนิดต่าง ๆ ที่ทดสอบ ดังรูปที่ ข.1 ถึง ข.5 ตามขนาดของห้องปฏิบัติการ

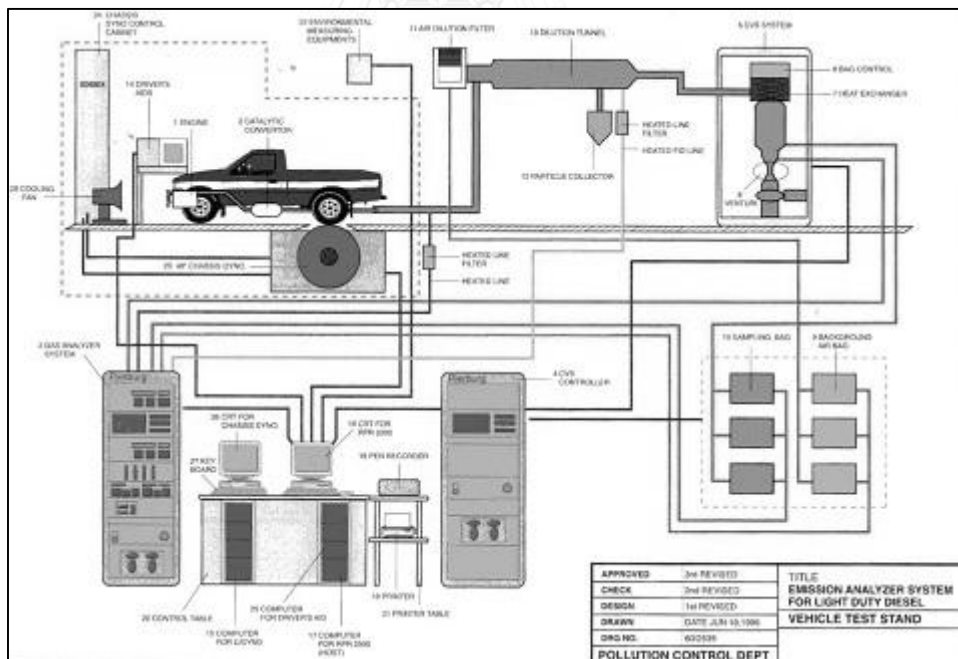


| <p>Chassis dynamometer test</p> <p>TAXI Passenger Car</p> | | <p>CVS system and Bag analysis</p> <p>CO₂ analyzer CH₄ analyzer</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|-----------------------|--|--|------------------------|-----------|---------------|--------------|------|-------|---------------|------|-------|--------------|-------|--------|-------|--------|-------|
| <p>Emission laboratory Pollution Control Department</p> | <p>Driving mode pattern</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Bangkok Driving Cycle</th> </tr> <tr> <th>Speed Patterns (km/hr)</th> <th>Times (s)</th> <th>Distance (km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Phase1: 0-20</td> <td>1023</td> <td>2.074</td> </tr> <tr> <td>Phase2: 20-40</td> <td>1172</td> <td>4.728</td> </tr> <tr> <td>Phase: 40-80</td> <td>695.1</td> <td>14.185</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>2890.1</td> <td>6.996</td> </tr> </tbody> </table> | | | Bangkok Driving Cycle | | | Speed Patterns (km/hr) | Times (s) | Distance (km) | Phase1: 0-20 | 1023 | 2.074 | Phase2: 20-40 | 1172 | 4.728 | Phase: 40-80 | 695.1 | 14.185 | Total | 2890.1 | 6.996 |
| Bangkok Driving Cycle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Speed Patterns (km/hr) | Times (s) | Distance (km) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Phase1: 0-20 | 1023 | 2.074 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Phase2: 20-40 | 1172 | 4.728 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Phase: 40-80 | 695.1 | 14.185 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | 2890.1 | 6.996 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

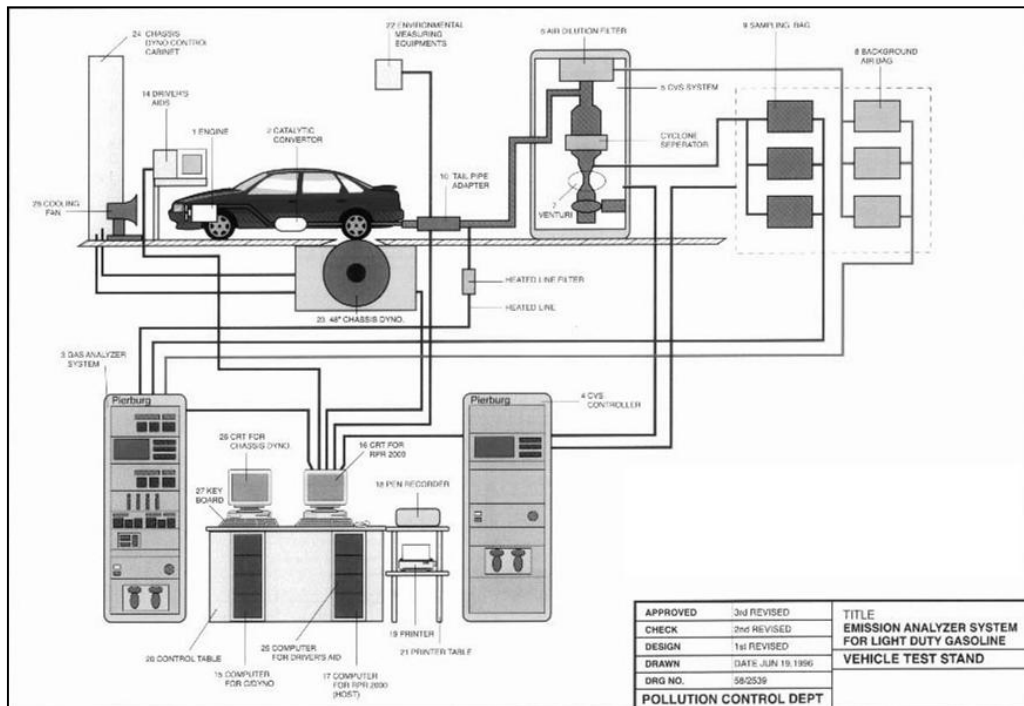
รูปที่ ข.1 ตัวอย่างการติดตั้งรถทดสอบของห้องปฏิบัติการ



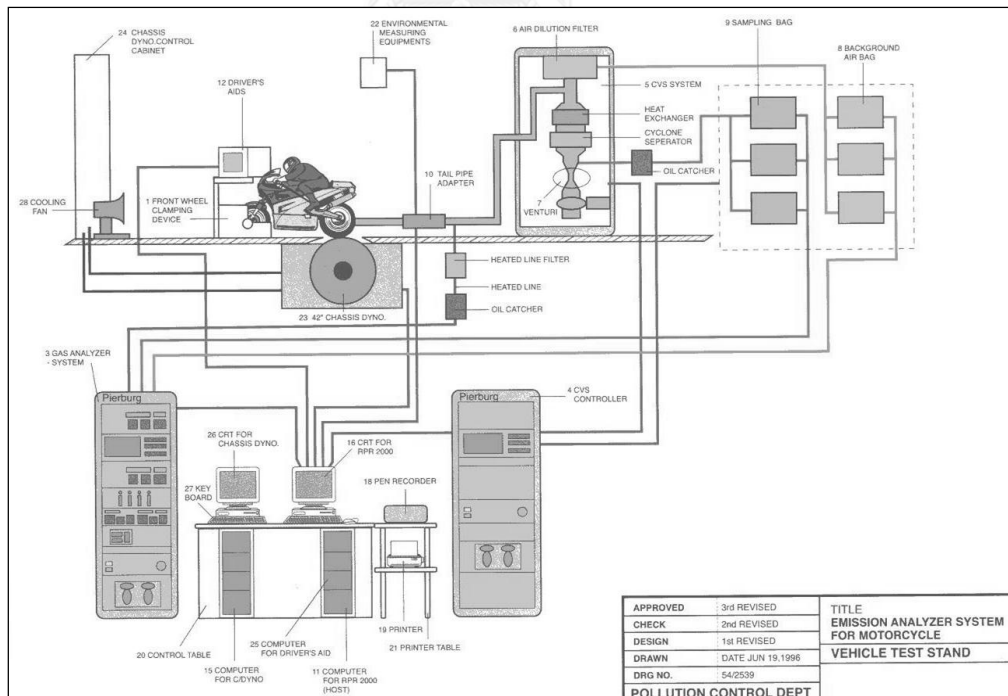
รูปที่ ข.2 ตัวอย่างห้องปฏิบัติการการรถยนต์ดีเซลใหญ่ (HDDV)



รูปที่ ข.3 ตัวอย่างห้องปฏิบัติการการรถยนต์ดีเซลเล็ก (LDDV)



รูปที่ ข.4 ตัวอย่างห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลเล็ก (LDGV)



รูปที่ ข.5 ตัวอย่างห้องปฏิบัติการรถจักรยานยนต์ (MC)

การทดสอบมลพิษจากยานพาหนะ มีขั้นตอนของการทดสอบโดยเริ่มจากการนำรถยนต์ขึ้นวิงบนแท่นทดสอบ (Chassis Dynamometer) และทำการขับรถยนต์ทดสอบตามรูปแบบการขับขี่มาตรฐาน (Driving Cycle) ซึ่งการทดสอบดังกล่าว เป็นการจำลองสภาพการวิ่งของรถยนต์ให้ใกล้เคียงกับการวิ่งบนถนน เพื่อให้ปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นมีปริมาณที่ใกล้เคียงจากการใช้งานจริง และในขณะที่การขับขี่ระบบการเก็บตัวอย่างจะทำการเก็บตัวอย่างไอเสียอย่างต่อเนื่อง และเมื่อเสร็จสิ้นการขับขี่ ระบบวิเคราะห์มลพิษจะประมวลผลต่อไป โดยระบบประมวลผลจะประเมินความเข้มข้นของมลพิษแต่ละชนิดในหน่วยของกรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน ซึ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการมีดังนี้

1. ระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis Dynamometer System) ทำหน้าที่สร้างแรงต้านน้ำหนักและความเร็วและเงื่อนไขในการทดสอบโดยวิธีการขับเคลื่อนตามน้ำหนักรวมของรถที่ทดสอบ (Gross Vehicle Weight) ในสภาพเสมือนจริง แสดงดังรูปที่ ข.6 ประกอบด้วยลูกกลิ้งแบบเดี่ยว (Singer Roller) ที่สามารถชดเชยความสูญเสียทางกลได้โดยอัตโนมัติ

2. พัดลมระบายความร้อน (Cooling Fan) สำหรับสร้างลมให้เสมือนกับการขับขี่บนถนนจริง เพื่อระบายความร้อนของระบบเครื่องยนต์ และทำงานร่วมกับแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ แสดงดังรูปที่ ข.6 โดยจำลองให้ความเร็วแปรผันตามความเร็วของรถทดสอบ ในขณะที่ทำการทดสอบตามความเร็วของลูกกลิ้ง โดยทำให้ความเร็วลมที่พัดผ่านรถทดสอบมีความเร็วเท่ากับรถที่วิ่งอยู่ในสภาพเสมือนจริง



ภาพที่ ข.6 ระบบแอสซิไซด์ไนโตรเจนและพัดลมระบายความร้อน
และระบบเก็บตัวอย่างด้วยการเจือจางไอเสีย (CVS)

3. ชุดอุปกรณ์ควบคุม (Control Unit) สำหรับควบคุมการทำงานของแอสซิไซด์ไนโตรเจนและพัดลมระบายความร้อน โดยสามารถตั้งโปรแกรมการทำงานเพื่อสร้างแรงต้านในการทดสอบและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบได้ตามข้อกำหนดมาตรฐานสากล และเงื่อนไขสภาวะของการทดสอบ สามารถบันทึกความสัมพันธ์และประเมินความถูกต้องระหว่างความเร็วกับเวลาในการทดสอบได้

4. ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust Gas Sampling System) ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างจากท่อไอเสียของรถทดสอบ แสดงดังภาพที่ ข.6 โดยการเจือจางด้วยอากาศ โดยใช้ อุปกรณ์ Critical Flow Venturi (CFV) ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของตัวอย่างไอเสียให้คงที่ และส่งไปยังถุงเก็บตัวอย่าง (Sampling Bag) สำหรับการตรวจวัดสารมลพิษด้วยวิธีนี้จะเรียกว่า ระบบเก็บตัวอย่างด้วยการเจือจางไอเสีย (Constant Volume Sampler, CVS) โดยมีรายละเอียดดังนี้

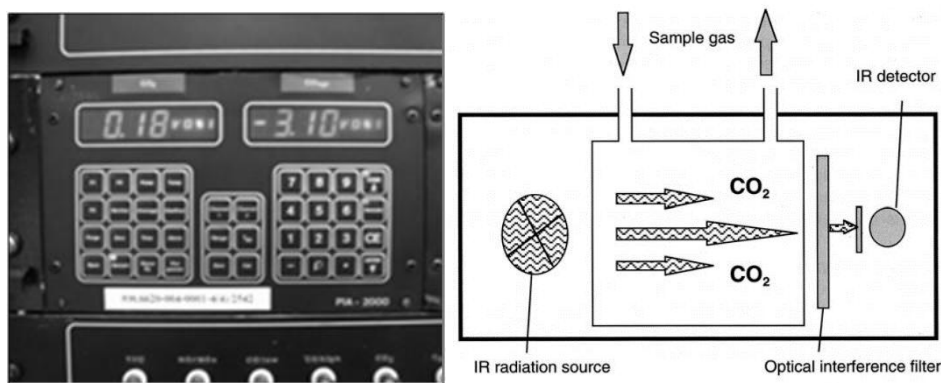
4.1 ชุดเก็บตัวอย่าง (Sampling Unit) ทำหน้าที่ผสมไอเสียให้เจือจางด้วยการเติมอากาศอย่างต่อเนื่องและผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ประกอบด้วยอุปกรณ์กำจัดฝุ่น และความชื้น รวมทั้งอุปกรณ์วัดปริมาตรของตัวอย่างอากาศที่ผสม และสามารถตรวจสอบได้

4.2 ชุดดูดตัวอย่างผสม ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของตัวอย่างผสมให้คงที่อย่างต่อเนื่อง ซึ่งถูกเก็บตัวอย่าง (Sampling Bag) แบ่งได้ 2 ชุด ประกอบด้วย 1) ทำหน้าที่เก็บตัวอย่างไอเสียที่ถูกเจือจางด้วยอากาศจากรถทดสอบ และ 2) เก็บอากาศที่ใช้เจือจางไอเสีย โดยที่ถุงเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ชุด จะเก็บตัวอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาของการทดสอบ

4.3 ชุดควบคุม (Control Unit) ทำหน้าที่ควบคุมชุดอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทำงานสอดคล้องได้อย่างถูกต้อง และมีความสัมพันธ์ตลอดเวลาของการทดสอบ

5. ระบบวิเคราะห์ไอเสีย (Exhaust Analysis System) สำหรับ GHG ของห้องปฏิบัติการ ได้แก่

5.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ด้วยวิธีตรวจวัดปริมาณไอเสีย แบบนอนดิสเพอร์ซีฟอินฟราเรด (Non-Dispersive Infrared Analyzer, NDIR) โดยตรวจวัดความแตกต่างในการดูดซับพลังงานอินฟราเรดด้วยคอลัมน์ก๊าซ เพื่อหาปริมาณของก๊าซ CO และ CO_2 โดยคอลัมน์แรกจะเติมตัวอย่างไอเสีย ส่วนอีกหนึ่งคอลัมน์จะเติมก๊าซอ้างอิง แล้วปล่อยรังสีอินฟราเรดผ่านทั้งสองคอลัมน์ไปยังตัวตรวจจับที่เป็นแผ่นไดอะแฟรมโลหะ เมื่อตัวอย่างไอเสียไหลเข้าไปในคอลัมน์ตัวอย่าง จะเกิดการดูดซับพลังงานอินฟราเรด พลังงานส่วนที่เหลือจากการดูดซับจะออกจากคอลัมน์มายังเซลล์ตรวจจับที่เป็นแผ่นไดอะแฟรมยืดหยุ่นได้ ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว การแกว่งของแผ่นไดอะแฟรมจะสร้างสัญญาณออกจากตัวตรวจจับ ซึ่งการวัดความเข้มข้นของก๊าซ CO และ CO_2 จะต้องแปลงสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า และนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณที่ได้จากคอลัมน์ก๊าซอ้างอิง แสดงดังรูปที่ ข.7 และได้ความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ที่ต้องการ เพื่อให้สามารถวัดค่าของช่วงการเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่างร้อยละ 0-10 และร้อยละ 0-20 CO_2 ตามลำดับ



ภาพที่ ข.7 เครื่องตรวจวัดก๊าซ CO₂ และหลักการทำงานของ NDIR

5.2 ก๊าซมีเทน (CH₄) เครื่องวิเคราะห์แบบเปลวไอออนเซชัน (Flame Ionization Detector, FID) ประกอบด้วยหัวเผาที่ควบคุมการไหลของก๊าซไอเสียผ่านเปลวไฟที่เกิดจากอากาศ และส่วนผสมเชื้อเพลิง (ไฮโดรเจน/ฮีเลียม) และตัวตรวจจับ (Detector) หลักการทำงานคือ หัวเผา (Burner) จะสร้างเปลวไฟจากก๊าซเชื้อเพลิงกับอากาศ และตัวอย่างไอเสีย ซึ่งในเปลวไฟจะเกิดปฏิกิริยาไอออนเซชัน โดยไอออนจากเปลวไฟจะสะสมบริเวณขั้วของ DC Voltage ที่ติดตั้งไว้เกิดเป็นแรงดันไฟฟ้าไหลผ่านวงจรวัดแสดงดังรูปที่ ข.8 สำหรับการวิเคราะห์ก๊าซมีเทน (Methane, CH₄) และนอนมีเทน (Non-methane) ช่วงการตรวจวัด 0 – 10,000 ppm ด้วยเครื่องวิเคราะห์ที่ชื่อ AVL Methane Analyzer เพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซ CH₄



รูปที่ ข.8 เครื่องตรวจวัดก๊าซ CH₄ และหลักการทำงานของ FID

นอกจากนี้ห้องปฏิบัติการยังมีระบบวิเคราะห์ไอเสียของมลพิษชนิดอื่น ๆ ซึ่งสามารถตรวจวัดได้พร้อมกันกับ GHG ดังนี้

1) ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon, HC) ตรวจวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบเปลวไอออนเซชัน (Flame Ionization Detector, FID) ซึ่งสามารถปรับช่วงการวัดได้ 4

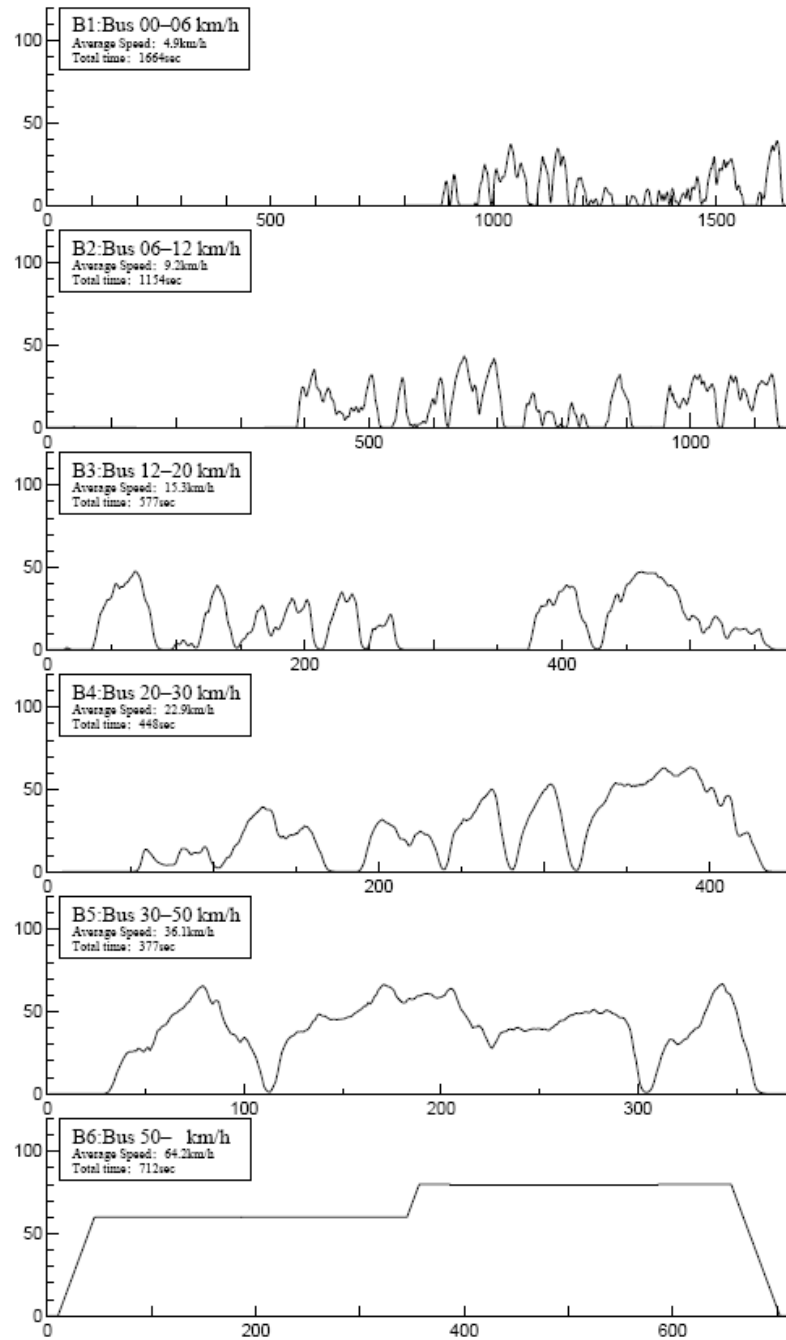
ช่วงการวัด โดยค่าของช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัดระหว่างความเข้มข้นของก๊าซที่ช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0-10,000 ppm

2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (Nitrogen Oxide, NO_x) ตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบเคมีลูมิเนสเซนซ์ (Chemiluminescence Detector: CLD) ซึ่งสามารถปรับช่วงการวัดได้ 4 ช่วงการวัด โดยค่าของช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัดที่ช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0-10,000 ppm

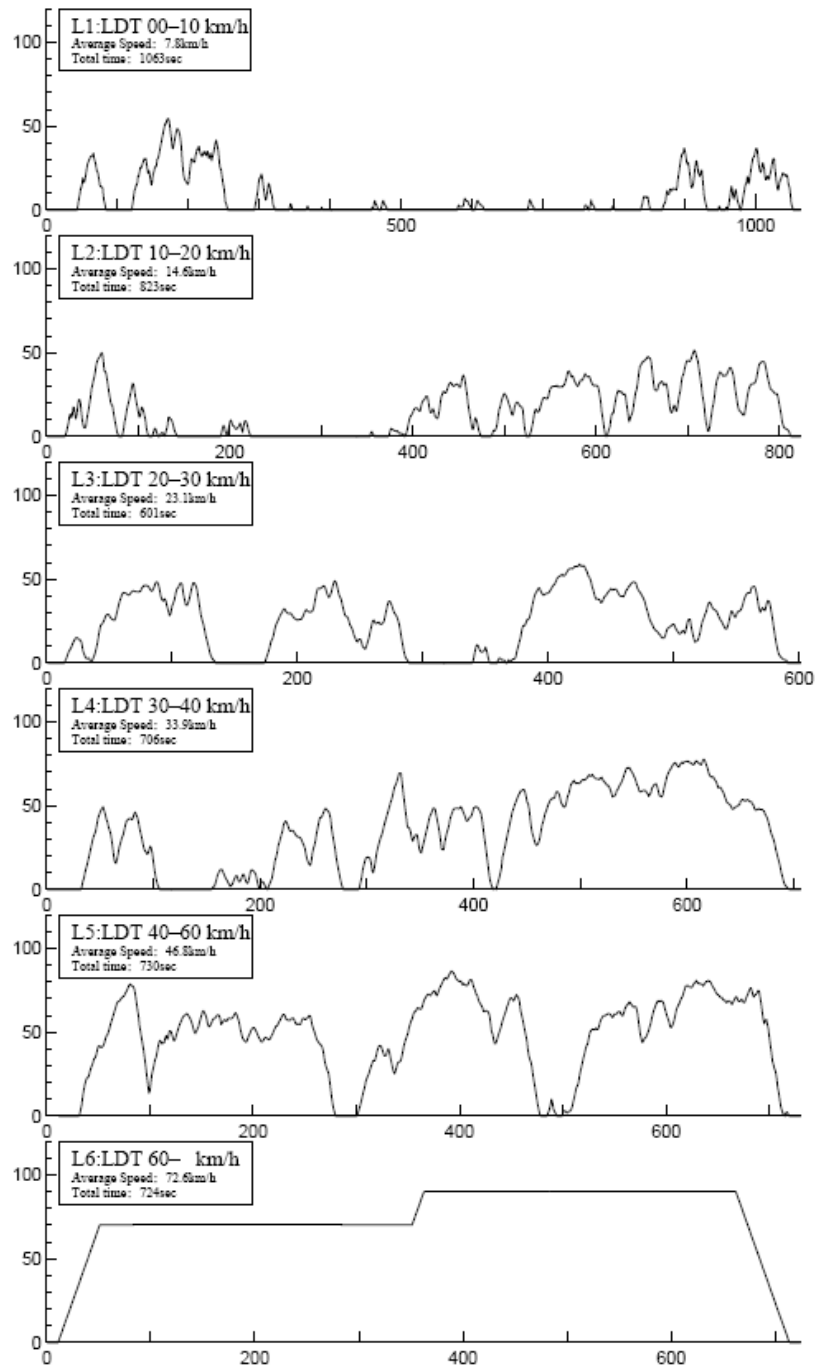
3) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide, CO) ตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบ นอนดิสเพอร์ซีฟอินฟราเรด (Non-Dispersive Infrared Analyzer, NDIR) ซึ่งสามารถปรับช่วงการวัดได้ 4 ช่วงการวัด โดยค่าของช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ที่ช่วงความเข้มข้นระหว่างร้อยละ 0-6.0

4) สารมลพิษอนุภาคฝุ่นละออง (Particulate Matter, PM) ตรวจวัดโดยการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก (Micro Balance) โดยทำการชั่งกระดากก่อน และหลังเก็บตัวอย่าง ซึ่งได้ทำการตรวจวัดเฉพาะรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก และดีเซลขนาดใหญ่

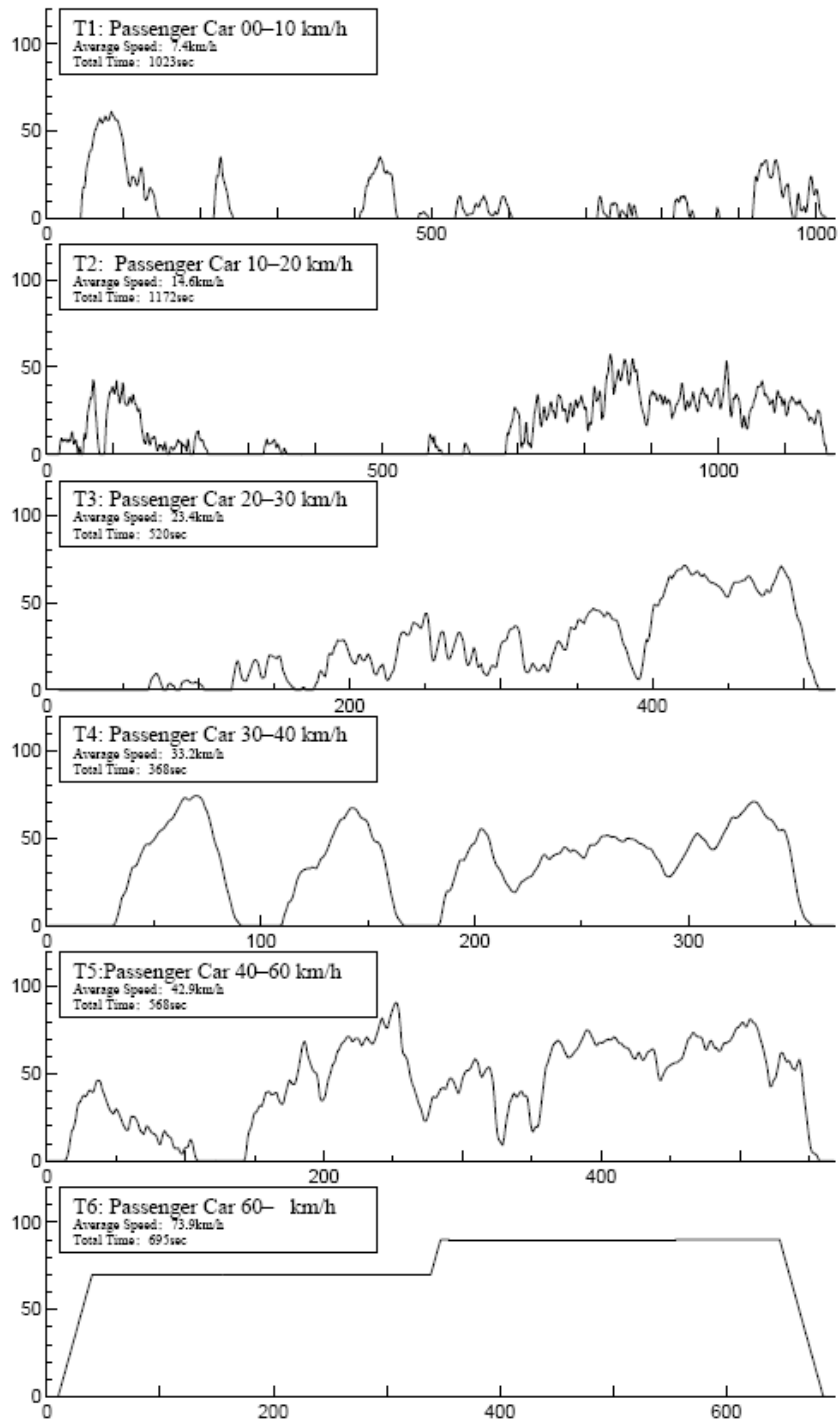
6. วัฏจักรและรูปแบบการขับขี่ (Driving Cycle) สำหรับการทดสอบ โดยการขับเคลื่อนรถทดสอบบนแอสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis Dynamometer) กำหนดโดยใช้รูปแบบการขับขี่กรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Cycle) ซึ่งเป็นตัวแทนของการขับขี่ในพื้นที่จริง แบ่งตามชนิดรถยนต์ดีเซลใหญ่ รถยนต์ดีเซลเล็ก รถยนต์เบนซิน และรถจักรยานยนต์ แสดงดังรูปที่ ข.9 ถึง ข.12 ตามลำดับ สำหรับรถจักรยานยนต์ จะใช้รูปแบบการขับขี่ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2155-2546 และ มอก. 2160-2546 เป็นตัวแทนของรูปแบบการขับขี่สำหรับประเทศไทย



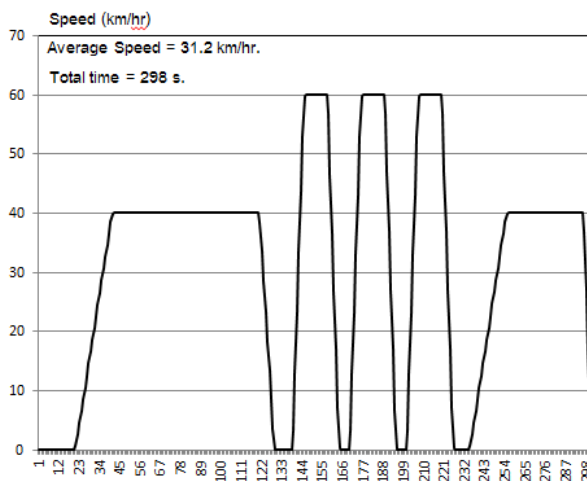
รูปที่ ข.9 รูปแบบการขับขี่ Bangkok Driving Cycle ของรถยนต์ดีเซลใหญ่



รูปที่ ข.10 รูปแบบการขับขี่ Bangkok Driving Cycle ของรถยนต์ดีเซลเล็ก



รูปที่ ข.11 รูปแบบการขับขี่ Bangkok Driving Cycle ของรถยนต์เบนซิน



รูปที่ ข.12 รูปแบบการขับขี่ Bangkok Driving Cycle ของรถจักรยานยนต์

7. อุปกรณ์ช่วยในการขับขี่ (Driver's Aid) ทำหน้าที่แสดงสถานะการขับขี่รถยนต์ทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับสถานะการขับขี่ตามรูปแบบการขับขี่ที่กำหนด แสดงดังภาพที่ ข.13 เพื่อช่วยให้เจ้าหน้าที่ผู้ขับรถทดสอบ สามารถทำการทดสอบได้อย่างถูกต้อง โดยได้แสดงรายละเอียดความเร็วของการขับขี่ ตำแหน่งเกียร์ที่ใช้ในการขับขี่ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการขับขี่

8. ระบบควบคุมและประมวลผลข้อมูลการทดสอบสารมลพิษจากยานพาหนะ (Vehicle Emission Test Control System) เป็นชุดเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องมือต่อเชื่อมต่าง ๆ ในระบบและรับข้อมูลมาประมวลผล ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 2 ส่วนคือ 1) เครื่องควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์และประมวลผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์ มีโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องมือต่อเชื่อมต่าง ๆ ให้สอดคล้องกันกับการเก็บตัวอย่างไอเสียจากรถทดสอบ แสดงดังรูปที่ ข.13 และ 2) โปรแกรมสำหรับตรวจสอบการทำงานของเครื่องยนต์และความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ต่อเชื่อมต่าง ๆ และอุปกรณ์ก๊าซและโปรแกรมสำหรับปรับเทียบเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ แสดงดังรูปที่ ข.13 สามารถรายงานผลการตรวจวัดในหน่วยมวลของมลพิษต่อกิโลเมตร (Mass Emission per Kilometer)



รูปที่ ข.13 อุปกรณ์ช่วยในการขับรถยนต์ การเก็บตัวอย่างไอเสียกับระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูล และก๊าซมาตรฐานชนิดต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์ผลและเปรียบเทียบเครื่องมือ

9. อุปกรณ์อื่น ๆ ในการทดสอบสารมลพิษจากไอเสียรถยนต์

- 1) เครื่องบันทึกผลด้วยกราฟ (Multichannel Recorder) สำหรับบันทึกค่าสารมลพิษที่ตรวจวัดได้จากเครื่องวิเคราะห์ เพื่อใช้ประมวลผลความถูกต้องของการทดสอบ
- 2) เครื่อง Inclined-Tube Manometer สำหรับวัดความดันภายใน Crankcase ของเครื่องยนต์
- 3) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ U-Tube สำหรับวัดอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการ
- 4) เครื่องวัดความดันบรรยากาศแบบ Precision Fortin Barometer สำหรับวัดความดันบรรยากาศในห้องปฏิบัติการ และมี Censer สำหรับวัดความดันบรรยากาศในห้องทดสอบ สำหรับแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ประมวลผลแบบอัตโนมัติ
- 5) เครื่องวัดความชื้นสมบูรณ์แบบ Precision Hair Hygrometer สำหรับวัดความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humidity) ในห้องทดสอบ และมี Censer วัดความชื้นสมบูรณ์ในห้องทดสอบเพื่อแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ประมวลผลแบบอัตโนมัติ

6) เครื่องชั่งน้ำหนักรถยนต์ สำหรับรถทดสอบเพื่อให้ได้น้ำหนักที่แท้จริง โดยก่อนนำรถยนต์ขึ้นบนแท่นทดสอบ ได้ทำการชั่งน้ำหนักของรถทดสอบเพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักที่ถูกต้องสำหรับน้ำหนักที่ได้ไปปรับเทียบกับระบบ Chassis Dynamometer และน้ำหนักที่ชั่งได้ให้บวกเพิ่มอีก 100 กิโลกรัม เพื่อแทนน้ำหนักของเจ้าหน้าที่ขับรถตัวอย่างทดสอบ



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างรถยนต์ทดสอบทั้ง 4 ชนิด

ตารางที่ ค.1 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่

| ตัวอย่าง | มาตรฐาน เครื่องยนต์ | ชนิดเชื้อ เพลิง | ความ จุ(cc.) | อายุ | เลข ระยะทาง | รูปแบบ การขับขี่ | ความเร็ว เฉลี่ย (m/s) | ผลรวม ค่า CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (km/L) |
|----------|------------------------|--------------------|-----------------|------|----------------|---------------------|--------------------------|--|---------------------------------|
| 1 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1992 | 875225 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1117.8 | 2.4 |
| 2 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1992 | 875233 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1149.6 | 2.3 |
| 3 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1987 | - | WB_MBUS1 | 16.3 | 1056.5 | 2.6 |
| 4 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1987 | - | WB_MBUS2 | 20.1 | 609.0 | 4.3 |
| 5 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1989 | - | WB_MBUS1 | 13.3 | 904.2 | 2.9 |
| 6 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1989 | - | WB_MBUS2 | 20.1 | 1005.7 | 2.6 |
| 7 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1981 | - | WB_MBUS1 | 16.3 | 490.3 | 5.0 |
| 8 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1981 | - | WB_MBUS2 | 20.1 | 492.7 | 5.3 |
| 9 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1977 | - | WB_MBUS1 | 16.3 | 609.9 | 4.0 |
| 10 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1977 | - | WB_MBUS2 | 20.1 | 631.8 | 4.1 |
| 11 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1972 | - | WB_MBUS1 | 16.3 | 567.4 | 4.4 |
| 12 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1972 | - | WB_MBUS2 | 20.1 | 585.6 | 4.5 |
| 13 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1997 | - | WB_MBUS1 | 16.3 | 951.1 | 2.7 |
| 14 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1997 | - | WB_MBUS2 | 20.1 | 1102.3 | 2.4 |
| 15 | Pre-regulated | DIESEL | 4000 | 1993 | - | HD256BKK | 37.4 | 585.5 | 4.4 |
| 16 | Pre-regulated | DIESEL | 12350 | 1995 | 324770 | HD256BKK | 37.4 | 844.8 | 3.0 |
| 17 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1995 | - | HD256BKK | 37.4 | 1498.1 | 3.6 |
| 18 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1989 | - | HD256BKK | 37.4 | 116.6 | 3.5 |
| 19 | Pre-regulated | DIESEL | - | 1976 | - | HD256BKK | 37.4 | 400.2 | 6.3 |
| 20 | EURO 1 (1996) | DIESEL | - | 1999 | 377461 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1445.1 | 1.8 |
| 21 | EURO 1 (1996) | DIESEL | - | 1999 | 377458 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1246.8 | 2.1 |
| 22 | EURO 1 (1996) | DIESEL | - | 1998 | 760099 | WB_MBUS1 | 16.3 | 896.2 | 3.0 |
| 23 | EURO 1 (1996) | DIESEL | - | 1998 | 760094 | WB_MBUS2 | 20.1 | 855.0 | 3.1 |
| 24 | EURO 1 (1996) | DIESEL | - | 1998 | 670265 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1451.1 | 1.8 |
| 25 | EURO 1 (1996) | DIESEL | - | 1998 | 670259 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1365.4 | 2.0 |
| 26 | EURO 1 (1996) | DIESEL | - | 1999 | 668763 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1576.6 | 16.5 |
| 27 | EURO 1 (1996) | DIESEL | - | 1999 | 668779 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1380.9 | 1.9 |
| 28 | EURO 1 (1996) | DIESEL | - | 1997 | 542723 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1204.7 | 2.1 |
| 29 | EURO 1 (1996) | DIESEL | - | 1997 | 542733 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1294.2 | 2.0 |
| 30 | EURO 1 (1996) | DIESEL | - | 1997 | 543530 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1211.7 | 2.1 |

ตารางที่ ค.1 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (ต่อ)

| ตัวอย่าง | มาตรฐาน เครื่องยนต์ | ชนิดเชื้อ เพลิง | ความ จุ(cc.) | อายุ | เลข ระยะทาง | รูปแบบ การขับขี่ | ความเร็ว เฉลี่ย (m/s) | ผลรวม ค่า CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (km/L) |
|----------|------------------------|--------------------|-----------------|------|----------------|---------------------|--------------------------|--|---------------------------------|
| 31 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 695200 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1559.4 | 1.7 |
| 32 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 695210 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1379.6 | 1.9 |
| 33 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 726395 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1560.8 | 1.7 |
| 34 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 726405 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1393.0 | 1.9 |
| 35 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 760285 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1208.6 | 2.2 |
| 36 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 760295 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1018.7 | 2.6 |
| 37 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 766067 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1532.9 | 1.7 |
| 38 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 766077 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1329.7 | 2.0 |
| 39 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 782924 | HDBU23WB | 13.2 | 1618.9 | 1.6 |
| 40 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 782944 | HDBU4WB | 13.2 | 1403.1 | 1.9 |
| 41 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 782954 | HDBU1WB | 13.2 | 1300.2 | 2.0 |
| 42 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 787866 | HDBU1WB | 13.2 | 1354.7 | 2.0 |
| 43 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 787871 | HDBU23WB | 13.2 | 1547.7 | 1.7 |
| 44 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 787891 | HDBU4WB | 13.2 | 1371.5 | 1.9 |
| 45 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 780832 | HDBU1WB | 13.2 | 1463.0 | 1.8 |
| 46 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 780837 | HDBU23WB | 13.2 | 1606.8 | 1.7 |
| 47 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 780857 | HDBU4WB | 13.2 | 1583.2 | 1.7 |
| 48 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 767367 | HDB1FUL | 13.2 | 1480.4 | 1.8 |
| 49 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 767372 | HDB2HAL | 12.1 | 1445.6 | 1.8 |
| 50 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 767385 | HDB3HAL | 13.5 | 1519.6 | 1.8 |
| 51 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 741985 | HDB1FUL | 13.2 | 1500.8 | 1.8 |
| 52 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 741992 | HDB2HAL | 12.1 | 1830.2 | 1.5 |
| 53 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 742005 | HDB3HAL | 13.5 | 1557.2 | 1.7 |
| 54 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 798522 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1106.1 | 2.4 |
| 55 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 798531 | HDB2HAL | 12.1 | 983.6 | 2.7 |
| 56 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 9000 | 1998 | 798543 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1089.6 | 2.4 |
| 57 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 8000 | 1990 | 359939 | HD256BKK | 37.4 | 835.4 | 3.2 |
| 58 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 5000 | 1998 | 305674 | HD256BKK | 37.4 | 705.1 | 3.7 |
| 59 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 4000 | 1996 | 607497 | HD256BKK | 37.4 | 652.3 | 4.0 |
| 60 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 5000 | 1997 | - | HD256BKK | 37.4 | 608.0 | 4.4 |

ตารางที่ ค.1 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (ต่อ)

| ตัวอย่าง | มาตรฐานเครื่องยนต์ | ชนิดเชื้อเพลิง | ความจุ(cc.) | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการขับขี่ | ความเร็วเฉลี่ย (m/s) | ผลรวมค่า CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (km/L) |
|----------|--------------------|----------------|-------------|------|------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 61 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 3700 | 1999 | - | HD256BKK | 37.4 | 612.1 | 4.2 |
| 62 | EURO 1 (1996) | DIESEL | 12350 | 1997 | 815360 | HD256BKK | 37.4 | 967.5 | 2.7 |
| 63 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | - | 346852 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1154.3 | 2.3 |
| 64 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | - | 346861 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1270.2 | 2.1 |
| 65 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | - | 346876 | JP424HD | 17.1 | 1396.0 | 1.9 |
| 66 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | - | 347662 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1184.9 | 2.2 |
| 67 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | - | 347672 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1285.2 | 2.1 |
| 68 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | - | 347687 | JP424HD | 17.1 | 1436.3 | 1.9 |
| 69 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | - | 347713 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1203.9 | 2.2 |
| 70 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | - | 347708 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1279.3 | 2.1 |
| 71 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | - | 347723 | JP424HD | 17.1 | 1407.4 | 1.9 |
| 72 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | | 712028 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1448.6 | 1.8 |
| 73 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | | 712038 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1281.5 | 2.1 |
| 74 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 170338 | WB_MBUS1 | 16.3 | 862.4 | 3.1 |
| 75 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 170348 | WB_MBUS2 | 20.1 | 930.9 | 2.9 |
| 76 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 649371 | WB_MBUS1 | 16.3 | 844.2 | 3.0 |
| 77 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 649381 | WB_MBUS2 | 20.1 | 972.0 | 2.7 |
| 78 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | - | HDB2HAL | 11.8 | 1384.7 | 2.0 |
| 79 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | - | HDB3HAL | 13.5 | 1458.9 | 1.8 |
| 80 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | - | HDB1FUL | 13.2 | 1301.0 | 2.1 |
| 81 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 199510 | HDB1FUL | 13.2 | 1001.3 | 2.7 |
| 82 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 199515 | HDB2HAL | 12.1 | 911.2 | 2.9 |
| 83 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 199528 | HDB3HAL | 13.5 | 939.2 | 2.8 |
| 84 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 668558 | HDB1FUL | 13.2 | 1054.6 | 2.5 |
| 85 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 668563 | HDB2HAL | 12.1 | 913.6 | 2.9 |
| 86 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 668576 | HDB3HAL | 13.5 | 1005.4 | 2.6 |
| 87 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 680990 | WB_MBUS1 | 16.3 | 975.8 | 2.7 |
| 88 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 681000 | HDB2HAL | 12.1 | 906.1 | 2.9 |
| 89 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 681023 | HDB2HAL | 12.1 | 893.4 | 3.0 |
| 90 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 217357 | WB_MBUS1 | 16.3 | 492.3 | 5.4 |

ตารางที่ ค.1 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (ต่อ)

| ตัวอย่าง | มาตรฐาน เครื่องยนต์ | ชนิดเชื้อ เพลิง | ความ จุ (cc.) | อายุ | เลข ระยะทาง | รูปแบบ การขับขี | ความเร็ว เฉลี่ย (m/s) | ผลรวม ค่า CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (km/L) |
|----------|------------------------|--------------------|------------------|------|----------------|--------------------|--------------------------|--|---------------------------------|
| 91 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 217367 | HDB2HAL | 12.1 | 458.7 | 5.8 |
| 92 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 217380 | WB_MBUS1 | 16.3 | 492.3 | 5.4 |
| 93 | EURO 2 (2001) | DIESEL | - | 2002 | 217390 | HDB2HAL | 12.1 | 456.7 | 5.8 |
| 94 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 815213 | WB_MBUS1 | 16.3 | 813.5 | 3.3 |
| 95 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 815223 | HDB2HAL | 12.1 | 749.4 | 3.6 |
| 96 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 815246 | HDB2HAL | 12.1 | 748.0 | 3.6 |
| 97 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | 1998 | 829133 | WB_MBUS1 | 16.3 | 816.6 | 3.3 |
| 98 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | 1998 | 829143 | HDB2HAL | 12.1 | 736.7 | 3.6 |
| 99 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 882516 | HDBUS2 | 20.1 | 1223.9 | 2.2 |
| 100 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 861589 | HDBUS2 | 20.1 | 1270.7 | 2.1 |
| 101 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 894231 | HDBUS2 | 20.1 | 1242.0 | 2.1 |
| 102 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 908105 | HDBUS2 | 20.1 | 1345.9 | 1.9 |
| 103 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 880979 | HDBUS2 | 20.1 | 1269.9 | 2.1 |
| 104 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 931464 | HDBUS2 | 20.1 | 1425.7 | 1.9 |
| 105 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 942041 | HDBUS2 | 20.1 | 1162.7 | 2.3 |
| 106 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 967941 | HDBUS2 | 20.1 | 1645.7 | 1.6 |
| 107 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 964725 | HDBUS2 | 20.1 | 1620.3 | 1.7 |
| 108 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 985563 | HDBUS2 | 20.1 | 1381.7 | 1.9 |
| 109 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 960945 | HDBUS2 | 20.1 | 1415.0 | 1.8 |
| 110 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 934766 | HDBUS2 | 20.1 | 1219.6 | 2.1 |
| 111 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 988450 | HDBUS2 | 20.1 | 1268.6 | 2.1 |
| 112 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 13272 | HDBUS2 | 20.1 | 1263.3 | 2.1 |
| 113 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 9000 | - | 9149 | HDBUS2 | 20.1 | 1320.2 | 2.0 |
| 114 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 8000 | 2004 | 680448 | HD256BKK | 37.4 | 194.6 | 13.5 |
| 115 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 8000 | 2005 | 313004 | HD256BKK | 37.4 | 870.5 | 3.0 |
| 116 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 8000 | 2000 | 431351 | HD256BKK | 37.4 | 754.4 | 3.5 |
| 117 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 5200 | 2004 | - | HD256BKK | 37.4 | 838.3 | 3.1 |
| 118 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 4000 | 2002 | 314247 | HD256BKK | 37.4 | 675.3 | 3.9 |
| 119 | EURO 2 (2001) | DIESEL | 7500 | 2005 | 268.639 | HD256BKK | 37.4 | 984.3 | 4.2 |
| 120 | EURO 3 (2005) | DIESEL | 8000 | 2010 | 178696 | HD256BKK | 37.4 | 1036.6 | 2.6 |

ตารางที่ ค.1 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (ต่อ)

| ตัวอย่าง | มาตรฐาน เครื่องยนต์ | ชนิดเชื้อ เพลิง | ความ จุ (cc.) | อายุ | เลข ระยะทาง | รูปแบบ การขับขี่ | ความเร็ว เฉลี่ย (m/s) | ผลรวม ค่า CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (km/L) |
|----------|------------------------|--------------------|------------------|------|----------------|---------------------|--------------------------|--|---------------------------------|
| 121 | - | DIESEL | - | - | 124517 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1047.9 | 2.5 |
| 122 | - | DIESEL | - | - | 124512 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1112.6 | 2.4 |
| 123 | - | DIESEL | - | - | 124537 | JP424HD | 17.1 | 1164.3 | 2.2 |
| 124 | - | DIESEL | - | - | 127568 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1085.4 | 2.3 |
| 125 | - | DIESEL | - | - | 127562 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1140.2 | 2.3 |
| 126 | - | DIESEL | - | - | 127577 | JP424HD | 17.1 | 1152.0 | 2.3 |
| 127 | - | DIESEL | - | - | 124588 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1064.8 | 2.4 |
| 128 | - | DIESEL | - | - | 124597 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1152.0 | 2.3 |
| 129 | - | DIESEL | - | - | 124610 | JP424HD | 17.1 | 1129.1 | 2.3 |
| 130 | - | DIESEL | - | - | 549498 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1054.3 | 2.4 |
| 131 | - | DIESEL | - | - | 549507 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1177.1 | 2.2 |
| 132 | - | DIESEL | - | 1999 | 986622 | WB_MBUS1 | 16.3 | 1021.8 | 2.5 |
| 133 | - | DIESEL | - | 1999 | 986632 | WB_MBUS2 | 20.1 | 1065.0 | 2.5 |
| 134 | - | DIESEL | - | - | - | WB_MBUS1 | 16.3 | 989.8 | 2.6 |
| 135 | - | DIESEL | - | - | - | WB_MBUS2 | 20.1 | 1102.6 | 2.3 |
| 136 | - | DIESEL | - | - | 266093 | HDBUS13 | 16.3 | 867.3 | 3.1 |
| 137 | - | DIESEL | - | - | 266103 | HDBUS2 | 20.1 | 793.2 | 3.3 |
| 138 | - | DIESEL | - | - | 234310 | HDBUS13 | 16.3 | 977.5 | 2.7 |
| 139 | - | DIESEL | - | - | 234320 | HDBUS2 | 20.1 | 896.2 | 3.0 |
| 140 | - | DIESEL | - | - | 699981 | HDBUS13 | 16.3 | 926.1 | 2.9 |
| 141 | - | DIESEL | - | - | 699958 | HDBUS13 | 16.3 | 926.1 | 2.9 |
| 142 | - | DIESEL | - | - | 699968 | HDBUS2 | 20.1 | 862.3 | 3.1 |
| 143 | - | DIESEL | - | - | 218260 | HDBUS13 | 16.3 | 962.9 | 2.8 |
| 144 | - | DIESEL | - | - | 218269 | HDBUS2 | 20.1 | 878.0 | 3.0 |
| 145 | - | DIESEL | 5000 | - | - | HD256BKK | 37.4 | 660.3 | 4.0 |
| 146 | - | DIESEL | 6300 | - | - | HD256BKK | 37.4 | 720.9 | 3.6 |
| 147 | - | DIESEL | - | 1987 | - | HD256BKK | 37.4 | 1210.1 | 2.1 |
| 148 | - | DIESEL | - | 1994 | - | HD256BKK | 37.4 | 886.2 | 2.6 |
| 149 | - | DIESEL | - | - | 586637 | HD345BKK | 24.7 | 1213.8 | 2.1 |
| 150 | - | DIESEL | - | - | 9047 | HD345BKK | 24.7 | 1103.3 | 2.3 |

ตารางที่ ค.1 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (ต่อ)

| ตัวอย่าง | มาตรฐานเครื่องยนต์ | ชนิดเชื้อเพลิง | ความจุ (cc.) | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการขับขี่ | ความเร็วเฉลี่ย (m/s) | ผลรวมค่า CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (km/L) |
|----------|--------------------|----------------|--------------|------|------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 151 | - | DIESEL | - | - | 731532 | HD345BKK | 24.7 | 1165.4 | 2.2 |
| 152 | - | DIESEL | - | - | 176471 | HD345BKK | 24.7 | 821.1 | 3.2 |
| 153 | - | NGV | - | - | 30629 | HDBUS13 | 16.3 | 1157.5 | 1.2 |
| 154 | - | NGV | - | - | 30618 | HDBUS2 | 20.1 | 1036.6 | 1.4 |
| 155 | - | NGV | - | - | 30637 | HDBUS4 | 20.1 | 1128.8 | 1.3 |
| 156 | - | NGV | - | - | 428136 | HDBUS2 | 20.1 | 1166.0 | 1.1 |
| 157 | - | NGV | - | - | 428146 | HDBUS13 | 16.3 | 1376.6 | 0.9 |
| 158 | - | NGV | - | - | 428153 | HDBUS4 | 20.1 | 1302.5 | 1.0 |
| 159 | - | NGV | - | - | 918022 | HDBUS13 | 16.3 | 1590.1 | 1.1 |
| 160 | - | NGV | - | - | 918031 | HDBUS2 | 20.1 | 1326.8 | 1.3 |
| 161 | - | NGV | - | - | 918022 | HDBUS4 | 20.1 | 1641.1 | 1.0 |
| 162 | - | NGV | - | - | - | HD345BKK | 24.7 | 1398.7 | 1.2 |
| 163 | - | NGV | - | - | 13942 | HD345BKK | 24.7 | 1308.4 | 1.3 |
| 164 | - | NGV | - | - | 742364 | HD345BKK | 24.7 | 1218.2 | 1.4 |
| 165 | - | NGV | - | - | - | HD345BKK | 24.7 | 1350.6 | 1.3 |
| 166 | - | NGV | - | - | 612906 | HD345BKK | 24.7 | 1213.8 | 1.4 |
| 167 | - | NGV | - | - | 31522 | HD345BKK | 24.7 | 1230.4 | 1.3 |
| 168 | - | NGV | - | - | 761360 | HD345BKK | 24.7 | 1083.3 | 1.6 |
| 169 | - | NGV | - | - | - | HD345BKK | 24.7 | 1245.9 | 1.4 |

ตารางที่ ค.2 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก

| ตัวอย่าง | มาตรฐานเครื่องยนต์ | ชนิดเชื้อเพลิง | ความจุ (cc.) | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการขับชี่ | ความเร็วเฉลี่ย (m/s) | ผลรวมค่า CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (km/L) |
|----------|--------------------|----------------|--------------|------|------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | 1994 | 279169 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 288.9 | 9.2 |
| 2 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | 1994 | 279184 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 231.9 | 11.4 |
| 3 | Pre-regulated | Diesel | 2494 | 1994 | 229836 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 277.8 | 9.4 |
| 4 | Pre-regulated | Diesel | 2494 | 1994 | 229853 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 209.7 | 12.5 |
| 5 | Pre-regulated | Diesel | 2494 | 1992 | 372640 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 259.7 | 10.0 |
| 6 | Pre-regulated | Diesel | 2494 | 1992 | 373114 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 198.8 | 13.1 |
| 7 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | 1995 | 338736 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 317.0 | 8.3 |
| 8 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | 1995 | 338751 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 251.4 | 10.5 |
| 9 | Pre-regulated | Diesel | 2799 | 1995 | 422757 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 293.4 | 9.0 |
| 10 | Pre-regulated | Diesel | 2799 | 1995 | 422772 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 223.2 | 11.8 |
| 11 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | 1993 | 325305 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 293.9 | 9.0 |
| 12 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | 1993 | 325320 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 240.3 | 11.0 |
| 13 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | 1992 | 426617 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 282.7 | 9.3 |
| 14 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | 1992 | 426623 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 224.2 | 11.8 |
| 15 | Pre-regulated | Diesel | 2779 | 1990 | 435734 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 278.1 | 9.5 |
| 16 | Pre-regulated | Diesel | 2779 | 1990 | 435779 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 209.3 | 12.6 |
| 17 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | 1995 | 847163 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 285.6 | 9.2 |
| 18 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | 1995 | 847178 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 221.9 | 11.9 |
| 19 | Pre-regulated | Diesel | - | 1988 | 635983 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 253.1 | 10.3 |
| 20 | Pre-regulated | Diesel | - | 1988 | 635998 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 190.0 | 13.7 |
| 21 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | 1994 | 179628 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 290.4 | 9.1 |
| 22 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | 1994 | 179643 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 227.6 | 11.6 |
| 23 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | - | 72432 | WB_MLD1 | 26.98 | 286.3 | 9.3 |
| 24 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | - | 72452 | WB_MLD2 | 14.83 | 387.4 | 6.8 |
| 25 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | - | 72458 | WB_MLD1 | 26.98 | 286.1 | 9.3 |
| 26 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | - | 72472 | JPLDP424 | 14.83 | 288.4 | 9.2 |
| 27 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | - | 72517 | WB_MLD1 | 26.98 | 286.8 | 9.2 |
| 28 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | - | 72511 | WB_MLD2 | 14.83 | 393.6 | 6.7 |
| 29 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | - | 72531 | JPLDP424 | 14.83 | 287.6 | 9.2 |
| 30 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | - | 72585 | WB_MLD1 | 26.98 | 285.9 | 9.3 |
| 31 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | - | 72579 | WB_MLD2 | 14.83 | 389.2 | 6.8 |
| 32 | Pre-regulated | Diesel | 2446 | - | 72599 | JPLDP424 | 27.09 | 288.4 | 9.2 |

ตารางที่ ค.2 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (ต่อ)

| ตัวอย่าง | มาตรฐาน เครื่องยนต์ | ชนิด เชื้อเพลิง | ความจุ (cc.) | อายุ | เลข ระยะทาง | รูปแบบการ ขับชี่ | ความเร็ว เฉลี่ย (m/s) | ผลรวม ค่า CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (km/L) |
|----------|------------------------|--------------------|-----------------|------|----------------|---------------------|--------------------------|--|---------------------------------|
| 33 | Pre-regulated | Diesel | 2499 | 1991 | 215065 | WB_MLD1 | 26.98 | 256.1 | 10.2 |
| 34 | Pre-regulated | Diesel | 2499 | 1991 | 215059 | WB_MLD2 | 14.83 | 332.7 | 7.9 |
| 35 | Pre-regulated | Diesel | 2499 | 1992 | 155042 | WB_MLD1 | 26.98 | 259.2 | 10.1 |
| 36 | Pre-regulated | Diesel | 2499 | 1991 | - | WB_MLD1 | 26.98 | 265.5 | 9.9 |
| 37 | Pre-regulated | Diesel | 2499 | 1991 | - | WB_MLD1 | 26.98 | 263.7 | 9.9 |
| 38 | Pre-regulated | Diesel | 2499 | 1991 | - | WB_MLD2 | 14.83 | 332.1 | 7.9 |
| 39 | Pre-regulated | Diesel | 2499 | 1991 | 215065 | WB_MLD1 | 26.98 | 256.0 | 10.2 |
| 40 | Pre-regulated | Diesel | 2499 | 1991 | 215059 | WB_MLD2 | 14.83 | 332.7 | 7.9 |
| 41 | Pre-regulated | Diesel | 2499 | 1992 | 155042 | WB_MLD1 | 26.98 | 259.2 | 10.1 |
| 42 | Pre-regulated | Diesel | 2499 | 1991 | - | WB_MLD1 | 26.98 | 264.6 | 9.9 |
| 43 | Pre-regulated | Diesel | 2499 | 1991 | - | WB_MLD2 | 14.83 | 332.1 | 7.9 |
| 44 | Pre-regulated | Diesel | 2800 | 1995 | 298258 | WB_MLD1 | 26.98 | 366.0 | 7.2 |
| 45 | Pre-regulated | Diesel | 2800 | 1995 | 298253 | WB_MLD2 | 14.83 | 470.6 | 5.6 |
| 46 | Pre-regulated | Diesel | 2779 | 1993 | 114958 | WB_MLD1 | 26.98 | 346.8 | 7.6 |
| 47 | Pre-regulated | Diesel | 2779 | 1993 | 114953 | WB_MLD2 | 14.83 | 454.0 | 5.8 |
| 48 | Pre-regulated | Diesel | 2779 | 1993 | 141921 | WB_MLD1 | 26.98 | 337.4 | 7.9 |
| 49 | Pre-regulated | Diesel | 2,477 | 1995 | 112768 | LDBKCLMH | 35.27 | 267.1 | 10.5 |
| 50 | Pre-regulated | Diesel | 2,477 | 1994 | 254774 | LDBKCLMH | 35.27 | 240.6 | 11.6 |
| 51 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2477 | 1998 | 102756 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 264.5 | 10.0 |
| 52 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2477 | 1998 | 102771 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 206.2 | 12.8 |
| 53 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2663 | 1997 | 456945 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 253.2 | 10.5 |
| 54 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2663 | 1997 | 456960 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 194.0 | 13.6 |
| 55 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2835 | 2000 | 105809 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 299.0 | 8.8 |
| 56 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2835 | 2000 | 105824 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 224.6 | 11.8 |
| 57 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2986 | 2000 | 276796 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 317.5 | 8.3 |
| 58 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2986 | 2000 | 276811 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 242.3 | 10.9 |
| 59 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2779 | 1998 | 453112 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 285.9 | 9.3 |
| 60 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2779 | 1998 | 453127 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 235.1 | 11.3 |
| 61 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2986 | 1999 | 378807 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 308.2 | 8.6 |
| 62 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2986 | 1999 | 378822 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 240.1 | 11.0 |
| 63 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2779 | 1996 | 139443 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 275.9 | 9.6 |
| 64 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2779 | 1996 | 139458 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 215.2 | 12.3 |
| 65 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2779 | 1998 | 286742 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 311.8 | 8.8 |
| 66 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2779 | 1998 | 286757 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 246.1 | 10.7 |

ตารางที่ ค.2 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (ต่อ)

| ตัวอย่าง | มาตรฐานเครื่องยนต์ | ชนิดเชื้อเพลิง | ความจุ (cc.) | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการขับชี่ | ความเร็วเฉลี่ย (m/s) | ผลรวมค่า CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (km/L) |
|----------|--------------------|----------------|--------------|------|------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 67 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2986 | 1999 | 395054 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 302.3 | 8.8 |
| 68 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2986 | 1999 | 395069 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 236.7 | 11.2 |
| 69 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2779 | 1998 | 389927 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 297.2 | 8.9 |
| 70 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2779 | 1998 | 389942 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 226.2 | 11.7 |
| 71 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2449 | - | 107761 | LDBKK-LMH | 35.27 | 200.8 | 13.2 |
| 72 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2982 | 2000 | 160141 | LDBKK-LMH | 35.27 | 252.1 | 10.5 |
| 73 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2466 | 1996 | 210956 | WB_MLD1 | 26.98 | 344.5 | 8.5 |
| 74 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2466 | 1996 | 210950 | WB_MLD2 | 14.83 | 407.0 | 6.5 |
| 75 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2446 | 1996 | 306633 | WB_MLD1 | 26.98 | 331.8 | 8.0 |
| 76 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2446 | 1996 | 306628 | WB_MLD2 | 14.83 | 421.8 | 6.3 |
| 77 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2466 | 1996 | 456444 | LD2-3WB | 12.94 | 388.4 | 6.8 |
| 78 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2466 | 1996 | 456459 | LD4WB | 19.62 | 380.6 | 6.9 |
| 79 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2466 | 1996 | 210956 | WB_MLD1 | 26.98 | 344.552 | 8.5 |
| 80 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2466 | 1996 | 210950 | WB_MLD2 | 14.83 | 407.0 | 6.5 |
| 81 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2466 | 2001 | 273327 | WB_MLD1 | 26.98 | 317.7 | 8.3 |
| 82 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2466 | 2001 | 273321 | WB_MLD2 | 14.83 | 412.0 | 6.4 |
| 83 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2494 | 2004 | 39378 | WB_MLD1 | 26.98 | 265.0 | 10.0 |
| 84 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2494 | 2004 | 39373 | WB_MLD2 | 14.83 | 357.5 | 7.4 |
| 85 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2446 | 1996 | 306633 | WB_MLD1 | 26.98 | 331.8 | 8.0 |
| 86 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2446 | 1996 | 306628 | WB_MLD2 | 14.83 | 421.8 | 6.3 |
| 87 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2499 | 2001 | 518536 | WB_MLD1 | 26.98 | 295.9 | 8.8 |
| 88 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2499 | 2001 | 518531 | WB_MLD2 | 14.83 | 373.1 | 7.0 |
| 89 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2799 | 2002 | 176190 | WB_MLD1 | 26.98 | 351.8 | 7.6 |
| 90 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2305 | 2001 | 370780 | WB_MLD1 | 26.98 | 370.6 | 7.1 |
| 91 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2305 | 2001 | 370758 | WB_MLD2 | 14.83 | 473.2 | 5.6 |
| 92 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2982 | 2002 | 151633 | WB_MLD1 | 26.98 | 346.5 | 7.5 |
| 93 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2982 | 2002 | 151647 | WB_MLD2 | 14.83 | 437.0 | 6.0 |
| 94 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2500 | 2001 | 925175 | LD1WB | 12.94 | 340.2 | 7.7 |
| 95 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2500 | 2001 | 925180 | LD2-3WB | 18.39 | 299.8 | 8.7 |
| 96 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2500 | 2001 | 925195 | LD2-3WB | 18.39 | 298.8 | 8.8 |
| 97 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2500 | 2001 | 925210 | LD4WB | 19.62 | 297.7 | 8.8 |
| 98 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2466 | 1996 | 456423 | LD1WB | 12.94 | 401.4 | 6.6 |
| 99 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2466 | 1996 | 456428 | LD2-3WB | 18.39 | 354.7 | 7.4 |

ตารางที่ ค.2 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (ต่อ)

| ตัวอย่าง | มาตรฐานเครื่องยนต์ | ชนิดเชื้อเพลิง | ความจุ (cc.) | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการขับขี่ | ความเร็วเฉลี่ย (m/s) | ผลรวมค่า CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (km/L) |
|----------|--------------------|----------------|--------------|------|------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 100 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2466 | 1996 | 456444 | LD2-3WB | 18.39 | 409.0 | 6.5 |
| 101 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2466 | 1996 | 456459 | LD4WB | 19.62 | 380.6 | 6.9 |
| 102 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2499 | 1997 | 182035 | LDBKCLMH | 35.27 | 196.7 | 14.2 |
| 103 | EURO 1 (1996) | Diesel | 2986 | 1999 | 120152 | LDBKCLMH | 35.27 | 264.1 | 10.6 |
| 104 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2953 | 2002 | 38966 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 264.5 | 10.0 |
| 105 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2953 | 2002 | 38981 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 201.1 | 13.2 |
| 106 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2982 | 2001 | 132065 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 286.7 | 9.2 |
| 107 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2982 | 2001 | 132080 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 219.0 | 12.1 |
| 108 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2999 | 2001 | 86491 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 253.4 | 10.5 |
| 109 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2999 | 2001 | 86506 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 182.2 | 14.6 |
| 110 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2986 | 2002 | 179232 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 322.5 | 8.2 |
| 111 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2986 | 2002 | 179247 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 242.5 | 10.9 |
| 112 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2986 | 2003 | 101798 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 315.3 | 8.4 |
| 113 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2986 | 2003 | 101813 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 245.0 | 10.8 |
| 114 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2991 | 2986 | 94202 | LDBKK-LMH | 35.27 | 267.4 | 9.9 |
| 115 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2477 | 2005 | 4696 | WB_MLD1 | 26.98 | 307.3 | 8.6 |
| 116 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2477 | 2005 | 4711 | WB_MLD2 | 14.83 | 408.6 | 6.5 |
| 117 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2466 | 2001 | 273327 | WB_MLD1 | 26.98 | 317.7 | 8.3 |
| 118 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2466 | 2001 | 273321 | WB_MLD2 | 14.83 | 412.0 | 6.4 |
| 119 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2494 | 2004 | 39378 | WB_MLD1 | 26.98 | 265.0 | 10.0 |
| 120 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2494 | 2004 | 39373 | WB_MLD2 | 14.83 | 357.5 | 7.4 |
| 121 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2771 | 2001 | 103955 | WB_MLD1 | 26.98 | 316.6 | 8.5 |
| 122 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2499 | 2001 | 518536 | WB_MLD1 | 26.98 | 295.9 | 8.8 |
| 123 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2499 | 2001 | 518531 | WB_MLD2 | 14.83 | 373.1 | 7.0 |
| 124 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2799 | 2002 | 176190 | WB_MLD1 | 26.98 | 351.8 | 7.6 |
| 125 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2799 | 2002 | 176184 | WB_MLD2 | 14.83 | 499.3 | 5.3 |
| 126 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2305 | 2001 | 370780 | WB_MLD1 | 26.98 | 370.6 | 7.1 |
| 127 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2305 | 2001 | 370758 | WB_MLD2 | 14.83 | 473.2 | 5.6 |
| 128 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2779 | 2004 | 43602 | WB_MLD1 | 26.98 | 387.7 | 6.8 |
| 129 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2779 | 2004 | 43596 | WB_MLD2 | 14.83 | 483.3 | 5.5 |
| 130 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2982 | 2002 | 151633 | WB_MLD1 | 26.98 | 346.5 | 7.5 |
| 131 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2982 | 2002 | 151647 | WB_MLD2 | 14.83 | 437.0 | 6.0 |
| 132 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2500 | 2001 | 925195 | LD2-3WB | 18.39 | 313.0 | 8.4 |

ตารางที่ ค.2 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (ต่อ)

| ตัวอย่าง | มาตรฐานเครื่องยนต์ | ชนิดเชื้อเพลิง | ความจุ (cc.) | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการขับชี่ | ความเร็วเฉลี่ย (m/s) | ผลรวมค่า CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (km/L) |
|----------|--------------------|----------------|--------------|------|------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 133 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2500 | 2001 | 925210 | LD4WB | 19.62 | 297.7 | 8.8 |
| 134 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2500 | 2004 | - | LDBKK-LMH | 35.27 | 173.6 | 14.9 |
| 135 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2783 | 2004 | 148851 | LDBKK-LMH | 35.27 | 202.4 | 13.0 |
| 136 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2477 | 2005 | 4696 | WB_MLD1 | 26.98 | 307.3 | 8.6 |
| 137 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2477 | 2005 | 4711 | WB_MLD2 | 14.83 | 408.6 | 6.5 |
| 138 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2771 | 2001 | 103955 | WB_MLD1 | 26.98 | 316.6 | 8.5 |
| 139 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2779 | 2004 | 43602 | WB_MLD1 | 26.98 | 388.7 | 6.8 |
| 140 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2779 | 2004 | 43596 | WB_MLD2 | 14.83 | 483.3 | 5.5 |
| 141 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2953 | 2004 | 20887 | WB_MLD1 | 26.98 | 344.0 | 7.7 |
| 142 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2953 | 2004 | 20882 | WB_MLD2 | 14.83 | 427.1 | 6.2 |
| 143 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2986 | 2004 | 32583 | WB_MLD1 | 26.98 | 325.1 | 8.2 |
| 144 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2986 | 2004 | 32574 | WB_MLD2 | 14.83 | 406.7 | 6.5 |
| 145 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2999 | 2002 | 100653 | WB-MLD1 | 26.98 | 328.8 | 8.1 |
| 146 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2999 | 2002 | 100648 | WB-MLD2 | 14.83 | 418.7 | 6.3 |
| 147 | EURO 2 (2002) | Diesel | 2986 | 2004 | 62024 | WB_MLD1 | 26.98 | 384.4 | 6.9 |
| 148 | - | Diesel | - | - | 363686 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 200.5 | 13.1 |
| 149 | - | Diesel | - | - | 363701 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 155.3 | 16.9 |
| 150 | - | Diesel | - | - | 194521 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 275.8 | 9.6 |
| 151 | - | Diesel | - | - | 194537 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 205.2 | 12.9 |
| 152 | - | Diesel | - | - | 208230 | JPLD 1 BKK | 27.1 | 254.3 | 10.4 |
| 153 | - | Diesel | - | - | 208375 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 200.0 | 13.2 |
| 154 | Pre-regulated | B 2 % | 2499 | 1991 | 319031 | WB_MLD1 | 26.98 | 280.2 | 9.3 |
| 155 | Pre-regulated | B 2 % | 2499 | 1991 | 319026 | WB_MLD2 | 14.83 | 340.8 | 7.7 |
| 156 | Pre-regulated | B 2 % | 2499 | 1989 | 544340 | WB_MLD2 | 14.83 | 347.3 | 7.6 |
| 157 | Pre-regulated | B 2 % | 2499 | 1989 | 544360 | WB_MLD1 | 26.98 | 272.2 | 9.7 |
| 158 | EURO 1 (1996) | B 2 % | 2499 | 1996 | 301750 | WB_MLD1 | 26.98 | 310.5 | 8.6 |
| 159 | EURO 1 (1996) | B 2 % | 2499 | 1996 | 301745 | WB_MLD2 | 14.83 | 401.7 | 6.7 |
| 160 | EURO 2 (2002) | B 2 % | 2477 | 2004 | 27095 | WB_MLD1 | 26.98 | 331.4 | 8.1 |
| 161 | EURO 2 (2002) | B 2 % | 2477 | 2004 | 27110 | WB_MLD2 | 14.83 | 420.9 | 6.4 |
| 162 | Pre-regulated | B 5 % | 2200 | 1994 | - | WB_MLD1 | 26.98 | 313.8 | 8.3 |
| 163 | Pre-regulated | B 5 % | 2200 | 1994 | - | WB_MLD2 | 14.83 | 387.7 | 6.7 |
| 164 | EURO 1 (1996) | B 5% | 2449 | 1994 | 107792 | LDBKK-LMH | 35.27 | 205.4 | 12.9 |
| 165 | EURO 1 (1996) | B 5% | 2477 | 1994 | 160275 | LDBKK-LMH | 35.27 | 248.2 | 10.7 |
| 166 | EURO 2 (2002) | B 5% | 2991 | 2004 | 94311 | LDBKK-LMH | 35.27 | 253.8 | 10.5 |

ตารางที่ ค.2 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์ดีเซลขนาดเล็ก (ต่อ)

| ตัวอย่าง | มาตรฐานเครื่องยนต์ | ชนิดเชื้อเพลิง | ความจุ (cc.) | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการขับชี่ | ความเร็วเฉลี่ย (m/s) | ผลรวมค่า CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (km/L) |
|----------|--------------------|----------------|--------------|------|------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 167 | EURO 2 (2002) | B 5% | 2499 | 2004 | - | LDBKK-LMH | 35.27 | 172.2 | 15.0 |
| 168 | EURO 2 (2002) | B 5% | 2783 | 2004 | 148956 | LDBKK-LMH | 35.27 | 202.5 | 13.0 |
| 169 | Pre-regulated | B 20 % | 2500 | 1993 | 245353 | WB_MLD2 | 14.83 | 333.1 | 7.9 |
| 170 | Pre-regulated | B 20 % | 2494 | 1992 | 362025 | WB_MLD1 | 26.98 | 286.9 | 8.1 |
| 171 | Pre-regulated | B 20 % | 2494 | 1992 | 362005 | WB_MLD2 | 14.83 | 359.6 | 7.2 |
| 172 | Pre-regulated | B 20 % | 2500 | 1993 | 245358 | WB_MLD1 | 26.98 | 254.5 | 10.4 |
| 173 | Pre-regulated | B 20 % | 2477 | 1986 | 231245 | WB_MLD1 | 26.98 | 330.1 | 8.1 |
| 174 | Pre-regulated | B 20 % | 2477 | 1986 | 231240 | WB_MLD2 | 14.83 | 439.6 | 6.1 |
| 175 | EURO 1 (1996) | B 20% | 2449 | 1994 | 107823 | LDBKK-LMH | 35.27 | 206.6 | 12.9 |
| 176 | EURO 1 (1996) | B 20 % | 2477 | 1994 | 160402 | LDBKK-LMH | 35.27 | 253.4 | 10.5 |
| 177 | EURO 2 (2002) | B 20 % | 2500 | 2003 | 127641 | WB_MLD1 | 26.98 | 273.9 | 9.9 |
| 178 | EURO 2 (2002) | B 20 % | 2500 | 2003 | 127636 | WB_MLD2 | 14.83 | 350.1 | 7.7 |
| 179 | EURO 2 (2002) | B 20 % | 2499 | 2003 | 73262 | WB_MLD1 | 26.98 | 363.6 | 7.2 |
| 180 | EURO 2 (2002) | B 20 % | 2499 | 2003 | 73257 | WB_MLD2 | 14.83 | 448.9 | 5.9 |
| 181 | EURO 2 (2002) | B 20 % | 2783 | 2004 | 149060 | LDBKK-LMH | 35.27 | 194.0 | 13.7 |
| 182 | EURO 2 (2002) | B 20 % | 2991 | 2004 | 94416 | LDBKK-LMH | 35.27 | 255.4 | 10.5 |
| 183 | EURO 2 (2002) | B 20 % | 2499 | 2004 | - | LDBKK-LMH | 35.27 | 174.6 | 15.0 |
| 184 | Pre-regulated | B 50 % | 2500 | 1991 | 743270 | WB_MLD1 | 26.98 | 329.6 | 8.3 |
| 185 | Pre-regulated | B 50 % | 2500 | 1991 | 743284 | WB_MLD2 | 14.83 | 421.1 | 6.5 |
| 186 | Pre-regulated | B 50 % | 2494 | 1994 | 294550 | WB_MLD1 | 26.98 | 298.6 | 9.1 |
| 187 | Pre-regulated | B 50 % | 2494 | 1994 | 294545 | WB_MLD2 | 14.83 | 371.8 | 7.3 |
| 188 | Pre-regulated | B 50 % | 2494 | 1992 | 706609 | WB_MLD2 | 14.83 | 349.0 | 7.7 |
| 189 | Pre-regulated | B 50 % | 2494 | 1992 | 706629 | WB_MLD1 | 26.98 | 278.3 | 9.7 |
| 190 | Pre-regulated | B 50 % | 2500 | 1991 | 534656 | WB_MLD1 | 26.98 | 332.1 | 8.2 |
| 191 | Pre-regulated | B 50 % | 2500 | 1991 | 534651 | WB_MLD2 | 14.83 | 428.2 | 6.4 |
| 192 | EURO 1 (1996) | B 50% | 2449 | 1994 | 107853 | LDBKK-LMH | 35.27 | 192.7 | 14.1 |
| 193 | EURO 1 (1996) | B 50 % | 2446 | 1996 | 284211 | WB_MLD1 | 26.98 | 334.4 | 8.1 |
| 194 | EURO 1 (1996) | B 50 % | 2446 | 1996 | 284206 | WB_MLD2 | 14.83 | 433.5 | 6.2 |
| 195 | EURO 1 (1996) | B 50 % | 2477 | - | 160521 | LDBKK-LMH | 35.27 | 246.9 | 11.0 |
| 196 | EURO 2 (2002) | B 50% | 2499 | 2004 | - | LDBKK-LMH | 35.27 | 172.8 | 15.4 |
| 197 | EURO 2 (2002) | B 50% | 2986 | 2004 | 94525 | LDBKK-LMH | 35.27 | 260.0 | 10.5 |
| 198 | EURO 2 (2002) | B 50% | 2783 | 2004 | 149169 | LDBKK-LMH | 35.27 | 193.3 | 14.0 |
| 199 | EURO 2 (2002) | B 100% | 2991 | 2004 | 94630 | LDBKK-LMH | 35.27 | 270.8 | 10.4 |
| 200 | EURO 1 (1996) | B 100% | 2449 | 1994 | 107883 | LDBKK-LMH | 35.27 | 193.0 | 14.5 |

ตารางที่ ค.3 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์เบนซิน

| จำนวน | มาตรฐาน | เชื้อเพลิง | ความจุ cc. | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการ ขับสี่ | ความเร็ว เฉลี่ย (m/s) | ค่า EF-CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้ เชื้อเพลิง (Km/L) |
|-------|---------------|-------------|------------|------|------------|---------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1587 | 1991 | 242099 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 170.228 | 11.92 |
| 2 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1587 | 1991 | 242114 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 146.663 | 14.3 |
| 3 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1468 | 1994 | 201400 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 211.584 | 11.14 |
| 4 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1468 | 1994 | 201415 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 171.162 | 13.86 |
| 5 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1587 | 1992 | 167169 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 143.624 | 12.2 |
| 6 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1997 | 1991 | 140788 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 220.615 | 9.81 |
| 7 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1997 | 1991 | 140803 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 185.482 | 11.87 |
| 8 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1587 | 1988 | 352374 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 133.989 | 10.89 |
| 9 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1587 | 1988 | 352389 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 109.507 | 17.47 |
| 10 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1468 | 1991 | 147478 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 196.032 | 10.96 |
| 11 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1468 | 1991 | 147493 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 162.484 | 13.75 |
| 12 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1468 | 1991 | 574490 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 185.245 | 11.54 |
| 13 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1468 | 1991 | 574505 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 142.513 | 15.38 |
| 14 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1468 | 1991 | 416097 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 174.293 | 11.67 |
| 15 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1468 | 1991 | 416112 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 137.229 | 15.27 |
| 16 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1587 | 1992 | 167328 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 171.968 | 10.15 |
| 17 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1587 | 1992 | 167343 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 134.87 | 13.06 |
| 18 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1587 | 1995 | 578885 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 196.994 | 11.81 |
| 19 | Pre-regulated | Gasoline 91 | 1587 | 1995 | 579041 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 169.085 | 13.9 |
| 20 | EURO 1 (1996) | Gasoline 91 | 1590 | 1996 | 78128 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 209.266 | 11.02 |
| 21 | EURO 1 (1996) | Gasoline 91 | 1590 | 1996 | 78143 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 0.931 | 16.02 |
| 22 | EURO 1 (1996) | Gasoline 91 | 1597 | 2000 | 97564 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 192.106 | 12.42 |
| 23 | EURO 1 (1996) | Gasoline 91 | 1597 | 2000 | 97579 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 153.674 | 15.51 |
| 24 | EURO 1 (1996) | Gasoline 91 | 1498 | 1997 | 89290 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 189.286 | 12.32 |
| 25 | EURO 1 (1996) | Gasoline 91 | 1498 | 1997 | 89305 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 157.49 | 15.01 |
| 26 | EURO 1 (1996) | Gasoline 91 | 1498 | 1997 | 639308 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 146.747 | 13.34 |
| 27 | EURO 1 (1996) | Gasoline 91 | 1498 | 1997 | 633923 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 123.04 | 17.19 |
| 28 | EURO 2 (2001) | Gasoline 91 | 1598 | 2001 | 53450 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 197.596 | 12.07 |
| 29 | EURO 2 (2001) | Gasoline 91 | 1598 | 2001 | 53465 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 153.646 | 15.45 |
| 30 | EURO 2 (2001) | Gasoline 91 | 1496 | 2003 | 26148 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 128.457 | 18.62 |
| 31 | EURO 3 (2005) | Gasoline 91 | 1998 | 2005 | 73207 | LG345BKK | 32.87 | 227.855 | 10.18 |
| 32 | - | Gasoline 91 | - | - | 136572 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 225.737 | 10.44 |
| 33 | - | Gasoline 91 | - | - | 136572 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 225.7 | 10.4 |

ตารางที่ ค.3 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์เบนซิน (ต่อ)

| จำนวน | มาตรฐาน | เชื้อเพลิง | ความจุ cc. | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการ ขับขี่ | ความเร็ว เฉลี่ย (m/s) | ค่า EF-CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้ เชื้อเพลิง (Km/L) |
|-------|---------|-------------|------------|------|------------|---------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 33 | - | Gasoline 91 | - | - | 136587 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 182.5 | 13.0 |
| 34 | - | Gasoline 91 | - | - | 253199 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 203.7 | 10.4 |
| 35 | - | Gasoline 91 | - | - | 253214 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 163.1 | 13.4 |
| 36 | - | Gasoline 91 | - | - | 60854 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 183.1 | 13.0 |
| 37 | - | Gasoline 91 | - | - | 60869 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 155.0 | 15.4 |
| 38 | - | Gasoline 91 | - | - | 135650 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 168.5 | 13.6 |
| 39 | - | Gasoline 91 | - | - | 135665 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 146.4 | 16.0 |
| 40 | - | Gasoline 91 | - | - | 409030 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 190.3 | 8.8 |
| 41 | - | Gasoline 91 | - | - | 409045 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 147.7 | 11.6 |
| 42 | - | Gasoline 91 | - | - | 659126 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 203.7 | 10.7 |
| 43 | - | Gasoline 91 | - | - | 659141 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 166.0 | 13.3 |
| 44 | - | Gasoline 91 | - | - | 85770 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 179.3 | 13.3 |
| 45 | - | Gasoline 91 | - | - | 85785 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 155.0 | 15.5 |
| 46 | - | Gasoline 91 | - | - | 639118 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 199.3 | 11.2 |
| 47 | - | Gasoline 91 | - | - | 639133 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 165.5 | 13.8 |
| 48 | - | Gasoline 91 | - | - | 84000 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 248.1 | 9.6 |
| 49 | - | Gasoline 91 | - | - | 84015 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 193.2 | 12.4 |
| 50 | - | Gasoline 91 | - | - | 106498 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 210.6 | 11.3 |
| 51 | - | Gasoline 91 | 1468 | 1995 | 266468 | LD345BKK | 26.7 | 153.5 | 13.7 |
| 52 | - | Gasoline 91 | 1468 | 1995 | 266488 | LD126BKK | 26.7 | 171.4 | 12.6 |
| 53 | - | Gasoline 91 | 1498 | 1999 | 175700 | LD345BKK | 35.3 | 139.196 | 16.65 |
| 54 | - | Gasoline 91 | 1498 | 1999 | 175720 | LD126BKK | 35.3 | 149.043 | 15.47 |
| 55 | - | Gasoline 91 | 1496 | 2004 | 116347 | LD345BKK | 35.3 | 150.831 | 15.4 |
| 56 | - | Gasoline 91 | 1496 | 2004 | 116367 | LD126BKK | 35.3 | 150.265 | 15.5 |
| 57 | - | Gasoline 91 | 1834 | 1999 | 179035 | LD345BKK | 27.1 | 185.398 | 12.18 |
| 58 | - | Gasoline 91 | 1834 | 1999 | 179060 | LD126BKK | 14.6 | 208.372 | 11.03 |
| 59 | - | Gasoline 91 | 1698 | 2003 | 88084 | LD345BKK | 32.9 | 160.84 | 14.42 |
| 60 | - | Gasoline 91 | 1698 | 2003 | 88109 | LD126BKK | 27.1 | 171.329 | 13.58 |
| 61 | - | Gasoline 91 | 1598 | 2002 | 229490 | LD345BKK | 14.6 | 176.44 | 12.84 |
| 62 | - | Gasoline 91 | 1598 | 2002 | 229510 | LD126BKK | 32.9 | 179.256 | 12.82 |
| 63 | - | Gasoline 91 | - | - | 106513 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 164.3 | 14.5 |
| 64 | - | Gasoline 95 | - | - | 46173 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 215.4 | 11.0 |
| 65 | - | Gasoline 95 | - | - | 46188 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 169.5 | 13.9 |

ตารางที่ ค.3 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์เบนซิน (ต่อ)

| จำนวน | มาตรฐาน | เชื้อเพลิง | ความจุ cc. | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการขับชี่ | ความเร็วเฉลี่ย (m/s) | ค่า EF-CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (Km/L) |
|-------|---------------|-------------|------------|------|------------|-----------------|----------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 66 | - | Gasoline 95 | - | - | 46188 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 169.5 | 13.9 |
| 67 | EURO 1 (1996) | Gasohol 91 | 1,998 | 1996 | 203744 | LGBKKLMH | 35.3 | 241.5 | 9.1 |
| 68 | EURO 1 (1996) | Gasohol 91 | 1,952 | 1994 | 35971 | LGBKKLMH | 35.3 | 220.2 | 9.0 |
| 69 | EURO 1 (1996) | Gasohol 91 | 1,998 | 1995 | 42934 | LGBKKLMH | 35.3 | 189.0 | 11.8 |
| 70 | EURO 1 (1996) | Gasohol 91 | 1,998 | 2000 | 199584 | LGBKKLMH | 35.3 | 162.9 | 11.1 |
| 71 | EURO 1 (1996) | Gasohol 91 | 1,998 | 1996 | 272030 | LGBKKLMH | 35.3 | 240.0 | 8.7 |
| 72 | EURO 1 (1996) | Gasohol 91 | 2,254 | 1999 | 200610 | LG345BKK | 32.9 | 261.5 | 9.2 |
| 73 | EURO 1 (1996) | Gasohol 91 | 1,587 | 1994 | 119931 | LG345BKK | 32.9 | 179.1 | 12.4 |
| 74 | EURO 2 (2001) | Gasohol 91 | 1,497 | 2003 | 88533 | LG345BKK | 32.9 | 147.9 | 16.0 |
| 75 | EURO 2 (2001) | Gasohol 91 | 1598 | 2001 | 52927 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 201.2 | 11.8 |
| 76 | EURO 2 (2001) | Gasohol 91 | 1598 | 2001 | 52942 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 155.8 | 15.2 |
| 77 | EURO 3 (2005) | Gasohol 91 | 1,598 | 2009 | 61379 | LG126BKK | 26.6 | 175.2 | 12.4 |
| 78 | EURO 3 (2005) | Gasohol 91 | 1,598 | 2009 | 61404 | LG345BKK | 26.7 | 169.0 | 12.5 |
| 79 | EURO 3 (2005) | Gasohol 91 | 1,598 | 2009 | 103948 | LG126BKK | 26.6 | 197.1 | 12.0 |
| 80 | EURO 3 (2005) | Gasohol 91 | 1,598 | 2009 | 103972 | LG345BKK | 26.7 | 187.4 | 12.6 |
| 81 | EURO 3 (2005) | Gasohol 91 | 1,598 | 2009 | 125464 | LG345BKK | 26.7 | 160.0 | 12.0 |
| 82 | - | GASOHOL 91 | 1496 | 2005 | 141500 | LD126BKK | 27.1 | 146.535 | 16.3 |
| 83 | - | GASOHOL 91 | 1496 | 2005 | 141525 | LD345BKK | 14.6 | 147.043 | 15.7 |
| 84 | - | GASOHOL 91 | 1198 | 2010 | 21946 | LD126BKK | 32.9 | 137.051 | 17.4 |
| 85 | - | GASOHOL 91 | 1198 | 2010 | 21981 | LD345BKK | 32.9 | 133.482 | 17.8 |
| 86 | - | GASOHOL 91 | 1497 | 2009 | 18674 | LD345BKK | 14.6 | 163.254 | 14.6 |
| 87 | - | GASOHOL 91 | 1497 | 2009 | 18694 | LD126BKK | 27.1 | 155.329 | 15.4 |
| 88 | - | GASOHOL 91 | 1799 | 2009 | 46912 | LD126BKK | 14.6 | 162.224 | 14.75 |
| 89 | - | GASOHOL 91 | 1799 | 2009 | 46930 | LD345BKK | 27.1 | 172.269 | 13.88 |
| 90 | - | E20 | 1799 | 2009 | 43971 | LD345BKK | 35.3 | 177.845 | 12.2 |
| 91 | - | E20 | 1799 | 2009 | 43991 | LD126BKK | 35.3 | 168.433 | 12.9 |
| 92 | - | E20 | 2362 | 2004 | 214500 | LD345BKK | 14.6 | 188.902 | 11 |
| 93 | - | E20 | 2362 | 2004 | 214520 | LD126BKK | 27.1 | 196.257 | 10.8 |
| 94 | - | GASOHOL E20 | 1995 | 1999 | 126006 | LD126BKK | 27.1 | 240.838 | 9.03 |
| 95 | - | GASOHOL E20 | 1995 | 1999 | 126041 | LD345BKK | 27.1 | 243.318 | 8.93 |
| 96 | - | GASOHOL E20 | 1497 | 2008 | 78339 | LD126BKK | 32.9 | 151.39 | 14.36 |
| 97 | - | GASOHOL E20 | 1497 | 2008 | 78367 | LD345BKK | 27.1 | 141.06 | 15.4 |
| 98 | - | GASOHOL E20 | 1497 | 2008 | 78339 | LD126BKK | 32.9 | 151.39 | 14.36 |

ตารางที่ ค.3 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์เบนซิน (ต่อ)

| จำนวน | มาตรฐาน | เชื้อเพลิง | ความจุ cc. | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการ ขับเคลื่อน | ความเร็ว เฉลี่ย (m/s) | ค่า EF-CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้ เชื้อเพลิง (Km/L) |
|-------|---------------|-------------|------------|------|------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 99 | - | GASOHOL E20 | 1497 | 2008 | 78367 | LD345BKK | 27.1 | 141.06 | 15.4 |
| 100 | - | GASOHOL E20 | 1497 | 2007 | 53337 | LD126BKK | 32.9 | 137.48 | 15.8 |
| 101 | - | GASOHOL E20 | 1497 | 2007 | 53365 | LD345BKK | 32.9 | 130.69 | 16 |
| 102 | - | E20 | 1497 | 2013 | 49522 | ngkok 135 HC | 27.1 | 180.31 | 13.1982 |
| 103 | - | E20 | 1198 | 2013 | 71373 | ngkok 135 HC | 27.1 | 170.9914 | 13.831 |
| 104 | - | E20 | 1193 | 2013 | 66127 | ngkok 135 HC | 27.1 | 176.2914 | 13.4302 |
| 105 | - | E20 | 1798 | 2012 | 55021 | ngkok 135 HC | 27.1 | 201.4031 | 11.7657 |
| 106 | - | E20 | 2362 | 2012 | 88182 | ngkok 135 HC | 27.1 | 155.3321 | 15.0022 |
| 107 | - | E20 | 1242 | 2013 | 11966 | ngkok 135 HC | 27.1 | 189.1285 | 12.5264 |
| 108 | - | E20 | 1497 | 2012 | 33826 | ngkok 135 HC | 27.1 | 198.6336 | 11.9773 |
| 109 | - | E20 | 1798 | 2010 | 124779 | ngkok 135 HC | 27.1 | 253.6631 | 9.3714 |
| 110 | - | E20 | 1497 | 2013 | 8385 | ngkok 135 HC | 27.1 | 202.9621 | 11.7238 |
| 111 | - | E20 | 1798 | 2013 | 3909 | ngkok 135 HC | 27.1 | 193.7122 | 12.289 |
| 112 | Pre-regulated | Gasohol 95 | 3,165 | 1994 | 316495 | LGBKLMH | 35.3 | 287.9 | 8.1 |
| 113 | EURO 1 (1996) | Gasohol 95 | 1,995 | 1999 | 113916 | LGBKLMH | 35.3 | 222.0 | 10.8 |
| 114 | EURO 1 (1996) | Gasohol 95 | 1,998 | 2000 | 214611 | LGBKLMH | 35.3 | 181.0 | 9.1 |
| 115 | EURO 1 (1996) | Gasohol 95 | 1,998 | 1996 | 290559 | LGBKLMH | 35.3 | 228.0 | 9.2 |
| 116 | EURO 1 (1996) | Gasohol 95 | 3,165 | 1995 | 214237 | LGBKLMH | 35.3 | 277.4 | 8.4 |
| 117 | EURO 1 (1996) | Gasohol 95 | 1,998 | 2000 | 199557 | LGBKLMH | 35.3 | 161.6 | 11.1 |
| 118 | EURO 1 (1996) | Gasohol 95 | 1,498 | 1999 | 151121 | LG345BKK | 32.9 | 129.6 | 18.7 |
| 119 | EURO 3 (2005) | Gasohol 95 | 1,668 | 2005 | 133800 | LG345BKK | 32.9 | 162.9 | 0.1 |
| 120 | - | GASOHOL 95 | 1768 | 2003 | 117680 | LD345BKK | 14.6 | 183.022 | 12.8 |
| 121 | - | GASOHOL 95 | 1768 | 2003 | 117905 | LD126BKK | 27.1 | 187.318 | 12.6 |
| 122 | - | GASOHOL 95 | 1598 | 2011 | 28197 | LD126BKK | 14.6 | 188.031 | 12.1 |
| 123 | - | GASOHOL 95 | 1598 | 2011 | 28235 | LD345BKK | 27.1 | 179.997 | 12.6 |
| 124 | - | GASOHOL 95 | 1497 | 2007 | 52364 | LD126BKK | 14.6 | 141.277 | 16.09 |
| 125 | - | GASOHOL 95 | 1497 | 2007 | 52392 | LD345BKK | 27.1 | 135.009 | 16.85 |
| 126 | - | GASOHOL 95 | 1497 | 2005 | 144781 | LD126BKK | 14.6 | 140.115 | 16.18 |
| 127 | - | GASOHOL 95 | 1497 | 2005 | 144804 | LD345BKK | 32.9 | 129.584 | 17.57 |
| 128 | - | GASOHOL 95 | 1468 | 1995 | 273294 | LD126BKK | 32.9 | 170.5 | 15.22 |
| 129 | - | GASOHOL 95 | 1468 | 1995 | 273312 | LD345BKK | 32.9 | 150.058 | 13.91 |
| 130 | - | GASOHOL 95 | 1587 | 1992 | 368334 | LD126BKK | 32.9 | 146.792 | 11.05 |
| 131 | - | GASOHOL 95 | 1587 | 1992 | 368362 | LD345BKK | 26.6 | 137.059 | 11.15 |

ตารางที่ ค.3 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์เบนซิน (ต่อ)

| จำนวน | มาตรฐาน | เชื้อเพลิง | ความจุ cc. | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการ ขับเคลื่อน | ความเร็ว เฉลี่ย (m/s) | ค่า EF-CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้ เชื้อเพลิง (Km/L) |
|-------|---------------|------------|------------|------|------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 132 | - | GASOHOL 95 | 1598 | 2004 | 192434 | LD126BKK | 26.6 | 172.439 | 13.17 |
| 133 | - | GASOHOL 95 | 1598 | 2004 | 192462 | LD345BKK | 26.7 | 177.782 | 12.73 |
| 134 | Pre-regulated | LPG | 1597 | 1993 | 250957 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 161.8 | 13.5 |
| 135 | Pre-regulated | LPG | 1597 | 1993 | 250972 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 132.4 | 16.6 |
| 136 | EURO 1 (1996) | LPG | 1,498 | 2001 | 131010 | LG345BKK | 32.9 | 107.5 | 14.6 |
| 137 | EURO 1 (1996) | LPG | 1587 | 1996 | 205828 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 145.5 | 10.8 |
| 138 | EURO 1 (1996) | LPG | 1587 | 1996 | 205843 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 151.2 | 13.7 |
| 139 | EURO 1 (1996) | LPG | 1587 | 1996 | 742637 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 182.4 | 12.1 |
| 140 | EURO 1 (1996) | LPG | 1587 | 1996 | 742652 | JPLD 2 BKK | 14.6 | 139.5 | 15.9 |
| 141 | EURO 1 (1996) | LPG | 1587 | 1997 | 46882 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 164.6 | 12.7 |
| 142 | EURO 1 (1996) | LPG | 1587 | 1997 | 46697 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 137.6 | 15.8 |
| 143 | EURO 1 (1996) | LPG | 1587 | 1997 | 698212 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 162.2 | 13.2 |
| 144 | EURO 1 (1996) | LPG | 1587 | 1997 | 698227 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 136.1 | 16.0 |
| 145 | EURO 1 (1996) | LPG | 1,597 | 2001 | 174823 | LG345BKK | 32.9 | 179.0 | 7.2 |
| 146 | EURO 1 (1996) | LPG | 1,590 | 1998 | 300993 | LG345BKK | 32.9 | 169.9 | 8.6 |
| 147 | EURO 1 (1996) | LPG | 1050 | 1997 | 948045 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 157.0 | 13.5 |
| 148 | EURO 1 (1996) | LPG | 1050 | 1997 | 948060 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 131.6 | 16.5 |
| 149 | EURO 1 (1996) | LPG | 1587 | 1997 | 484977 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 161.4 | 11.6 |
| 150 | EURO 1 (1996) | LPG | 1587 | 1997 | 484992 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 135.6 | 15.0 |
| 151 | EURO 1 (1996) | LPG | 1587 | 2000 | 12399 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 163.3 | 12.4 |
| 152 | EURO 1 (1996) | LPG | 1587 | 2000 | 12414 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 139.2 | 15.3 |
| 153 | EURO 2 (2001) | LPG | 1,496 | 2004 | 111596 | LG345BKK | 32.9 | 153.9 | 10.1 |
| 154 | EURO 2 (2001) | LPG | 1597 | 2001 | 550003 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 207.9 | 10.6 |
| 155 | EURO 2 (2001) | LPG | 1597 | 2001 | 550018 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 153.3 | 14.5 |
| 156 | EURO 2 (2001) | LPG | 1598 | 2001 | 487819 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 167.7 | 12.8 |
| 157 | EURO 2 (2001) | LPG | 1598 | 2001 | 487834 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 136.6 | 16.1 |
| 158 | EURO 2 (2001) | LPG | 1587 | 2004 | 124342 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 169.1 | 12.5 |
| 159 | EURO 2 (2001) | LPG | 1587 | 2004 | 124357 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 134.7 | 16.0 |
| 160 | EURO 2 (2001) | LPG | 1150 | 2002 | 402749 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 175.8 | 12.8 |
| 161 | EURO 2 (2001) | LPG | 1150 | 2002 | 402764 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 141.7 | 16.0 |
| 162 | EURO 3 (2005) | LPG | 1,668 | 2005 | 81979 | LG345BKK | 32.9 | 172.3 | 9.2 |
| 163 | EURO 3 (2005) | LPG | 1,598 | 2005 | 424402 | LG345BKK | 32.9 | 137.1 | 11.1 |
| 164 | - | LPG | - | - | 413176 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 170.0 | 10.3 |

ตารางที่ ค.3 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์เบนซิน (ต่อ)

| จำนวน | มาตรฐาน | เชื้อเพลิง | ความจุ cc. | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการ ขับเคลื่อน | ความเร็ว เฉลี่ย (m/s) | ค่า EF-CO ₂ (g/km) | อัตราการ ใช้ เชื้อเพลิง (Km/L) |
|-------|---------------|------------|------------|------|------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------------|---|
| 165 | - | LPG | - | - | 413191 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 128.6 | 13.4 |
| 166 | - | LPG | - | - | 58707 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 182.0 | 12.1 |
| 167 | - | LPG | - | - | 58722 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 145.1 | 15.3 |
| 168 | - | LPG | - | - | 145457 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 168.6 | 12.3 |
| 169 | - | LPG | - | - | 145472 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 139.9 | 15.4 |
| 170 | - | LPG | - | - | 373939 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 193.8 | 10.8 |
| 171 | - | LPG | - | - | 373954 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 145.6 | 13.8 |
| 172 | - | LPG | - | - | 895798 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 177.2 | 12.4 |
| 173 | - | LPG | - | - | 895813 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 137.4 | 16.1 |
| 174 | - | LPG | 1597 | 2000 | 99449 | LG345BKK | 32.9 | 184.083 | 8.76 |
| 175 | - | LPG | 1597 | 2000 | 99469 | LD126BKK | 27.1 | 195.673 | 8.25 |
| 176 | - | LPG | 1598 | 2008 | 458010 | LD126BKK | 14.6 | 165.658 | 9.87 |
| 177 | - | LPG | 1598 | 2008 | 458038 | LD345BKK | 27.1 | 152.268 | 10.71 |
| 178 | - | LPG | 1840 | 1998 | 277299 | LD126BKK | 14.6 | 188.855 | 8.21 |
| 179 | - | LPG | 1840 | 1998 | 277329 | LD345BKK | 27.1 | 185.607 | 8.38 |
| 180 | - | LPG | 1597 | 2003 | 121795 | LD126BKK | 14.6 | 180.863 | 8.88 |
| 181 | - | LPG | 1597 | 2003 | 121813 | LD345BKK | 32.9 | 178.679 | 8.99 |
| 182 | - | LPG | 1587 | 1996 | 160564 | LD126BKK | 27.1 | 120.647 | 8.74 |
| 183 | - | LPG | 1587 | 1996 | 160592 | LD345BKK | 14.6 | 123.487 | 7.9 |
| 184 | - | LPG | 1597 | 2002 | 125350 | LD126BKK | 27.1 | 189.304 | 5.57 |
| 185 | - | LPG | 1597 | 2002 | 125378 | LD345BKK | 14.6 | 121.613 | 7.28 |
| 186 | EURO 1 (1996) | CNG | 1,597 | 2001 | 217860 | LG345BKK | 32.9 | 162.9 | 10.9 |
| 187 | EURO 1 (1996) | CNG | 1,587 | 2001 | 270827 | LG345BKK | 32.9 | 161.4 | 11.0 |
| 188 | EURO 2 (2001) | CNG | 1,496 | 2004 | 119922 | LG345BKK | 32.9 | 145.4 | 12.3 |
| 189 | EURO 2 (2001) | CNG | 1,598 | 2004 | 275480 | LG345BKK | 32.9 | 159.7 | 9.1 |
| 190 | EURO 3 (2005) | CNG | 1,598 | 2007 | 312735 | LG345BKK | 32.9 | 129.1 | 10.3 |
| 191 | EURO 3 (2005) | CNG | 1,598 | 2005 | 473774 | LG345BKK | 32.9 | 143.6 | 10.7 |
| 192 | EURO 3 (2005) | CNG | 1,598 | 2009 | 44765 | LG126BKK | 26.6 | 157.9 | 11.1 |
| 193 | EURO 3 (2005) | CNG | 1,598 | 2009 | 61337 | LG126BKK | 26.6 | 168.1 | 9.9 |
| 194 | EURO 3 (2005) | CNG | 1,598 | 2009 | 61361 | LG345BKK | 26.6 | 164.2 | 10.4 |
| 195 | EURO 3 (2005) | CNG | 1,598 | 2009 | 72178 | LG345BKK | 26.6 | 165.3 | 11.7 |
| 196 | EURO 3 (2005) | CNG | 1,598 | 2009 | 72196 | LG126BKK | 26.6 | 174.0 | 9.4 |
| 197 | EURO 3 (2005) | CNG | 1,598 | 2009 | 103906 | LG126BKK | 26.6 | 162.0 | 10.1 |

ตารางที่ ค.3 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถยนต์เบนซิน (ต่อ)

| จำนวน | มาตรฐาน | เชื้อเพลิง | ความจุ cc. | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการ ขับเคลื่อน | ความเร็ว เฉลี่ย (m/s) | ค่า EF-CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้ เชื้อเพลิง (Km/L) |
|-------|---------------|------------|------------|------|------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 198 | EURO 3 (2005) | CNG | 1,598 | 2009 | 103930 | LG345BKK | 26.7 | 162.9 | 10.3 |
| 199 | EURO 3 (2005) | CNG | 1,598 | 2009 | 125399 | LG126BKK | 26.6 | 169.7 | 9.5 |
| 200 | EURO 3 (2005) | CNG | 1,598 | 2009 | 125422 | LG345BKK | 26.6 | 165.6 | 10.6 |
| 201 | - | CNG | - | - | 518704 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 173.4 | 9.6 |
| 202 | - | CNG | - | - | 518719 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 150.3 | 11.4 |
| 203 | - | CNG | - | - | 210033 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 171.9 | 13.0 |
| 204 | - | CNG | - | - | 210048 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 140.4 | 16.1 |
| 205 | - | CNG | - | - | 189736 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 163.0 | 13.9 |
| 206 | - | CNG | - | - | 189751 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 139.8 | 16.3 |
| 207 | - | CNG | - | - | 57054 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 188.5 | 12.1 |
| 208 | - | CNG | - | - | 57069 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 144.6 | 15.8 |
| 209 | - | CNG | - | - | 323079 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 181.8 | 12.2 |
| 210 | - | CNG | - | - | 323094 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 147.6 | 15.2 |
| 211 | - | CNG | - | - | 286581 | JPLG 1 BKK | 27.1 | 162.7 | 13.7 |
| 212 | - | CNG | - | - | 286596 | JPLG 2 BKK | 14.6 | 141.0 | 16.1 |
| 213 | - | CNG | 2700 | 2011 | 27527 | LG345BKK | 14.6 | 217.679 | 8.24 |
| 214 | - | CNG | 2700 | 2011 | 27547 | LG126BKK | 32.9 | 229.127 | 7.82 |
| 215 | - | CNG | 1598 | 2008 | 75047 | LD345BKK | 14.6 | 171.537 | 10.37 |
| 216 | - | CNG | 1598 | 2008 | 75067 | LD126BKK | 27.1 | 171.151 | 10.42 |
| 217 | - | CNG | 1600 | 2011 | 8869 | LD345BKK | 14.6 | 145.37 | 12.33 |
| 218 | - | CNG | 1600 | 2011 | 8880 | LD126BKK | 27.1 | 153.362 | 11.68 |
| 219 | - | CNG/NGV | 1598 | 2010 | 241320 | LD126BKK | 14.6 | 140.587 | 11.38 |
| 220 | - | CNG/NGV | 1598 | 2010 | 214348 | LD345BKK | 27.1 | 134.23 | 11.74 |
| 221 | - | CNG/NGV | 2694 | 2011 | 33099 | LD126BKK | 26.6 | 210.073 | 8.53 |
| 222 | - | CNG/NGV | 2694 | 2011 | 33130 | LD345BKK | 26.6 | 202.656 | 8.83 |
| 223 | - | CNG/NGV | 2351 | 2011 | 13660 | LD126BKK | 26.6 | 216.644 | 10.51 |
| 224 | - | CNG/NGV | 2351 | 2011 | 13688 | LD345BKK | 26.6 | 197.765 | 11.5 |
| 225 | - | CNG/NGV | 2694 | 2011 | 18183 | LD126BKK | 26.6 | 199.421 | 8.85 |
| 226 | - | CNG/NGV | 2694 | 2011 | 18207 | LD345BKK | 26.6 | 189.707 | 9.26 |
| 227 | - | CNG/NGV | 1584 | 2011 | 18666 | LD126BKK | 27.1 | 164.749 | 10.87 |
| 228 | - | CNG/NGV | 1584 | 2011 | 18698 | LD345BKK | 14.6 | 167.757 | 10.68 |
| 229 | - | CNG/NGV | 1598 | 2009 | 186576 | LD126BKK | 27.1 | 140.358 | 12.05 |
| 230 | - | CNG/NGV | 1598 | 2009 | 186604 | LD345BKK | 14.6 | 131.087 | 12.9 |

ตารางที่ ค.4 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถจักรยานยนต์

| ตัวอย่าง | มาตรฐาน | ชนิดเชื้อเพลิง | ชนิดเครื่องยนต์ | ความจุ (cc.) | เลขระยะทาง | รูปแบบการขับขี่ | ความเร็วเฉลี่ย (m/s) | EF-CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (Km/L) |
|---|-----------------------|----------------|-----------------|--------------|------------|-----------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|
| รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ (2 Stroke Engine) | | | | | | | | | |
| 1 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 2 stroke | 150 | 5498 | LMHBKK | 33.5 | 56.6 | 24.4 |
| 2 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 2 stroke | 110 | 1609 | LMHBKK | 33.5 | 51.8 | 35.9 |
| 3 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 2 stroke | 110 | 4967 | LMHBKK | 33.5 | 53.5 | 26.6 |
| 4 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 2 stroke | 125 | 5169 | LMHBKK | 33.5 | 53.6 | 33.4 |
| 5 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 2 stroke | 120 | 46275 | LMHBKK | 33.5 | 28.2 | 34.7 |
| รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ (4 Stroke Engine) | | | | | | | | | |
| 1 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 125 | 3 | LMHBKK | 33.5 | 39.6 | 38.8 |
| 2 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 110 | 29 | LMHBKK | 33.5 | 39.0 | 37.9 |
| 3 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 125 | 78 | LMHBKK | 33.5 | 45.8 | 35.6 |
| 4 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 110 | 88 | LMHBKK | 33.5 | 42.5 | 36.2 |
| 5 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 110 | 166 | LMHBKK | 33.5 | 49.8 | 32.5 |
| 6 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 125 | 241 | LMHBKK | 33.5 | 39.5 | 35.2 |
| 7 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 125 | 4713 | LMHBKK | 33.5 | 45.3 | 35.4 |
| 8 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 110 | 4984 | LMHBKK | 33.5 | 35.6 | 41.3 |
| 9 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 110 | 5092 | LMHBKK | 33.5 | 34.6 | 35.8 |
| 10 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 110 | 5210 | LMHBKK | 33.5 | 37.9 | 34.0 |
| 11 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 125 | 9935 | LMHBKK | 33.5 | 33.3 | 40.8 |
| 12 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 110 | 10004 | LMHBKK | 33.5 | 38.5 | 36.4 |
| 13 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 110 | 10107 | LMHBKK | 33.5 | 36.2 | 36.3 |
| 14 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 110 | 10215 | LMHBKK | 33.5 | 38.6 | 33.1 |
| 15 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 125 | 10280 | LMHBKK | 33.5 | 28.2 | 40.7 |
| 16 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 125 | 15031 | LMHBKK | 33.5 | 33.0 | 43.1 |
| 17 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 91 | 4 strock | 125 | 54069 | LMHBKK | 33.5 | 31.3 | 42.9 |
| 18 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasoline 95 | 4 strock | 110 | 10330 | LMHBKK | 33.5 | 41.4 | 38.4 |
| 19 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 110 | 64 | LMHBKK | 33.5 | 44.6 | 36.4 |
| 20 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 150 | 128 | LMHBKK | 33.5 | 67.6 | 22.6 |
| 21 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 125 | 227 | LMHBKK | 33.5 | 37.9 | 39.5 |
| 22 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 125 | 215 | LMHBKK | 33.5 | 42.5 | 37.5 |
| 23 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 110 | 1970 | LMHBKK | 33.5 | 43.3 | 28.2 |
| 24 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 110 | 4343 | LMHBKK | 33.5 | 39.3 | 24.5 |
| 25 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 125 | 5248 | LMHBKK | 33.5 | 32.2 | 44.7 |

ตารางที่ ค.4 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

| ตัวอย่าง | มาตรฐาน | ชนิดเชื้อเพลิง | ชนิดเครื่องยนต์ | ความจุ (cc.) | เลขระยะทาง | รูปแบบการขับเคลื่อน | ความเร็วเฉลี่ย (m/s) | EF-CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (Km/L) |
|----------|-----------------------|----------------|-----------------|--------------|------------|---------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|
| 26 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 150 | 10430 | LMHBKK | 33.5 | 34.1 | 29.5 |
| 27 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 125 | 10469 | LMHBKK | 33.5 | 37.0 | 41.2 |
| 28 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 150 | 10732 | LMHBKK | 33.5 | 55.7 | 25.1 |
| 29 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 110 | 17709 | LMHBKK | 33.5 | 46.0 | 35.5 |
| 30 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 125 | 22863 | LMHBKK | 33.5 | 38.9 | 34.5 |
| 31 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 110 | 29237 | LMHBKK | 33.5 | 30.0 | 32.4 |
| 32 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 125 | 36504 | LMHBKK | 33.5 | 46.7 | 41.1 |
| 33 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 125 | 41636 | LMHBKK | 33.5 | 38.4 | 51.6 |
| 34 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 150 | 46650 | LMHBKK | 33.5 | 42.9 | 41.1 |
| 35 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 110 | 48636 | LMHBKK | 33.5 | 27.9 | 27.4 |
| 36 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 110 | 53671 | LMHBKK | 33.5 | 28.7 | 28.5 |
| 37 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 91 | 4 strock | 150 | 53938 | LMHBKK | 33.5 | 34.4 | 29.5 |
| 38 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 strock | 110 | 25 | LMHBKK | 33.5 | 69.0 | 23.5 |
| 39 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 strock | 110 | 36 | LMHBKK | 33.5 | 65.2 | 27.0 |
| 40 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 strock | 110 | 44 | LMHBKK | 33.5 | 44.9 | 36.3 |
| 41 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 strock | 110 | 78 | LMHBKK | 33.5 | 46.5 | 38.1 |
| 42 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 strock | 110 | 135 | LMHBKK | 33.5 | 44.5 | 38.4 |
| 43 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 strock | 110 | 150 | LMHBKK | 33.5 | 51.1 | 37.3 |
| 44 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 strock | 125 | 241 | LMHBKK | 33.5 | 40.5 | 39.7 |
| 45 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 strock | 110 | 4657 | LMHBKK | 33.5 | 34.2 | 37.6 |
| 46 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 strock | 110 | 5273 | LMHBKK | 33.5 | 37.8 | 45.6 |
| 47 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 strock | 110 | 5262 | LMHBKK | 33.5 | 30.0 | 35.8 |
| 48 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 strock | 110 | 5279 | LMHBKK | 33.5 | 29.9 | 39.9 |
| 49 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 strock | 110 | 6688 | LMHBKK | 33.5 | 44.3 | 36.8 |
| 50 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 strock | 110 | 9975 | LMHBKK | 33.5 | 56.6 | 28.8 |
| 51 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 strock | 125 | 10221 | LMHBKK | 33.5 | 53.1 | 29.3 |

ตารางที่ ค.4 ค่า EF จากห้องปฏิบัติการรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

| ตัวอย่าง | มาตรฐาน | ชนิดเชื้อเพลิง | ชนิดเครื่องยนต์ | ความจุ (cc.) | เลขระยะทาง | รูปแบบการขับเคลื่อน | ความเร็วเฉลี่ย (m/s) | EF-CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (Km/L) |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------|-----------------|--------------|------------|---------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|
| 52 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 stroke | 110 | 10280 | LMHBKK | 33.5 | 29.2 | 37.3 |
| 53 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 stroke | 110 | 10298 | LMHBKK | 33.5 | 28.8 | 40.2 |
| 54 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 stroke | 110 | 10036 | LMHBKK | 33.5 | 37.3 | 44.1 |
| 55 | TISI 1105-2545 (2002) | Gasohol 95 | 4 stroke | 125 | 10399 | LMHBKK | 33.5 | 32.6 | 40.1 |
| รถ Tuk-Tuk (4 Stroke Engine) | | | | | | | | | |
| 1 | - | LPG | 4-stroke | 356 | - | ETUKTUK | 31.3 | 81.98 | 15.52 |
| 2 | - | LPG | 4-stroke | 356 | - | ETUKTUK | 31.3 | 80.07 | 15.76 |
| 3 | - | LPG | 4-stroke | 356 | - | LTUKTUK | 31.3 | 80.91 | 15.72 |
| 4 | - | LPG | 4-stroke | 356 | - | LTUKTUK | 31.3 | 65.22 | 18.47 |
| 5 | - | LPG | 4-stroke | 356 | - | LTUKTUK | 31.3 | 64.46 | 18.74 |
| 6 | - | LPG | 4-stroke | 650 | - | LTUKTUK | 31.3 | 63.61 | 18.86 |
| 7 | - | LPG | 4-stroke | 650 | - | LTUKTUK | 31.3 | 66.32 | 18.14 |
| 8 | - | LPG | 4-stroke | 576 | - | LTUKTUK | 31.3 | 72.16 | 21.31 |
| 9 | - | LPG | 4-stroke | 576 | - | LTUKTUK | 31.3 | 73.40 | 20.98 |
| 10 | - | LPG | 4-stroke | 576 | - | LTUKTUK | 31.3 | 80.55 | 18.4 |
| 11 | - | LPG | 4-stroke | 576 | - | LTUKTUK | 31.3 | 80.14 | 18.48 |
| 12 | - | LPG | 4-stroke | 356 | - | LTUKTUK | 31.3 | 89.68 | 13.88 |
| 13 | - | LPG | 4-stroke | 356 | - | LTUKTUK | 31.3 | 59.82 | 20.29 |
| 14 | - | LPG | 4-stroke | 356 | - | LTUKTUK | 31.3 | 75.87 | 15.47 |
| 15 | - | LPG | 4-stroke | 660 | - | TUKTUK | 31.3 | 85.83 | 15.7 |
| 16 | - | LPG | 4-stroke | 660 | - | TUKTUK | 31.3 | 85.69 | 15.75 |
| 17 | - | LPG | 4-stroke | 660 | - | TUKTUK | 31.3 | 87.10 | 15.51 |
| 18 | - | LPG | 4-stroke | 660 | - | TUKTUK | 31.3 | 86.11 | 15.53 |
| 19 | - | LPG | 4-stroke | 576 | - | TUKTUK | 31.3 | 85.47 | 17.76 |
| 20 | - | LPG | 4-stroke | 576 | - | TUKTUK | 31.3 | 84.99 | 17.85 |
| 21 | - | LPG | 4-stroke | 576 | - | TUKTUK | 31.3 | 82.34 | 18.03 |
| 22 | - | LPG | 4-stroke | 576 | - | TUKTUK | 31.3 | 82.82 | 17.98 |
| 23 | - | LPG | 4-stroke | 650 | - | TUKTUK | 31.3 | 61.30 | 15.97 |
| 24 | - | LPG | 4-stroke | 650 | - | TUKTUK | 31.3 | 60.70 | 16.08 |

ตาราง ค.5 ข้อมูลกลุ่มยานพาหนะทั้ง 4 ประเภทที่ใช้ในการทดสอบค่า EF-CO₂ ที่ช่วงความเร็วต่าง ๆ จากห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ

| ประเภทรถ | ขนาดเครื่องยนต์ | ชนิดเชื้อเพลิง | จำนวน (คัน) |
|----------|-------------------------------|----------------|-------------|
| HDD | BUS (8500 cc.) | Diesel | 5 |
| | | NGV | 5 |
| LDD | Pick up and Van (2500 cc.) | Diesel | 5 |
| | | NGV | 5 |
| LDG | Passenger cars (2000 cc.) | Gasohol 95 | 5 |
| | | Gasohol 91 | 5 |
| | | LPG | 5 |
| | | NGV | 5 |
| MC | Motorcycles (125 cc.) | Gasoline 91 | 5 |
| | | Gasohol 95 | 5 |
| | | Gasohol 91 | 5 |

ตารางที่ ค.6 ค่า EF-CO₂ และ EF-CH₄ จากป้อนปฏิบัติการ HDDV, LDDV และ LDGV

| ชนิดยานพาหนะ | ชนิดเชื้อเพลิง | ความจุ cc. | อายุ | เลขระยะทาง | รูปแบบการขับขี่ | ความเร็วเฉลี่ย (m/s) | EF-CH ₄ (g/km) | EF-CO ₂ (g/km) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (Km/L) |
|-----------------------|----------------|------------|------|------------|-----------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| HDDV (Bus) | CNG | 12000 | - | 442257 | HD 345 BKK | 23.5 | 7.22 | 919.6 | 1.7 |
| LDLV (Pick up) | CNG | 3000 | 2007 | 40850 | EURO3 | 34.3 | 0.17 | 169.8 | 9.1 |
| LDGV (Passanger cars) | CNG | 1600 | 2009 | 44765 | LG126BKK | 26.3 | 1.24 | 162.0 | 10.8 |
| LDGV (Passanger cars) | CNG | 1600 | 2009 | 44790 | LG345BKK | 33.4 | 0.93 | 153.8 | 11.4 |
| LDGV (Taxi) | CNG | 1600 | 2009 | 61337 | LG126BKK | 26.3 | 1.03 | 168.1 | 9.9 |
| LDGV (Taxi) | CNG | 1600 | 2009 | 61361 | LG345BKK | 33.4 | 0.42 | 164.2 | 10.4 |
| LDGV (Taxi) | CNG | 1600 | 2009 | 72178 | LG345BKK | 33.4 | 0.43 | 163.9 | 10.8 |
| LDGV (Taxi) | CNG | 1600 | 2009 | 103906 | LG126BKK | 26.3 | 1.14 | 162.0 | 10.1 |
| LDGV (Taxi) | CNG | 1600 | 2009 | 103930 | LG345BKK | 33.4 | 0.34 | 162.9 | 10.3 |
| LDGV (Taxi) | CNG | 1600 | 2009 | 125399 | LG126BKK | 26.3 | 1.30 | 171.0 | 10.2 |
| LDGV (Taxi) | CNG | 1600 | 2009 | 125422 | LG345BKK | 33.4 | 0.55 | 165.6 | 10.6 |

ตาราง ค.7 ข้อมูลยานพาหนะที่ใช้ในการทดสอบค่า EF-CO₂ และ EF-CH₄ จากห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ

| ประเภทรถ | อายุการใช้งาน (ปี) | ชนิดเชื้อเพลิง | จำนวน (คัน) |
|------------------|--------------------|----------------|-------------|
| TAXI NGV < 5Y | น้อยกว่า 5 | NGV | 2 |
| TAXI NGV 5-7Y | 5-7 | NGV | 2 |
| TAXI NGV 7-9Y | 7-9 | NGV | 3 |
| TAXI NGV > 9Y | มากกว่า 9 | NGV | 3 |
| TAXI LPG < 5Y | น้อยกว่า 5 | LPG | 3 |
| TAXI LPG 5-7Y | 5-7 | LPG | 3 |
| TAXI LPG 7-9Y | 7-9 | LPG | 3 |
| TAXI LPG > 9Y | มากกว่า 9 | LPG | 3 |
| PC NGV < 9Y | มากกว่า 9 | NGV | 3 |
| PC LPG < 9Y | มากกว่า 9 | LPG | 3 |
| PC Gasoline < 9y | มากกว่า 9 | Gasoline 95 | 3 |



ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของยานพาหนะด้วยโปรแกรม SPSS

1. ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของค่า EF-CO₂ จากกลุ่มยานพาหนะทั้ง 4 ชนิดที่มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระต่อกัน

ตารางที่ ง.1 ความแตกต่างของค่า EF-CO₂ จากกลุ่มยานพาหนะทั้ง 4 ชนิด

| 95% Confidence | | | | | | | | |
|------------------|-----|----------|-----------|--------|----------|----------|-----|------|
| Interval of Mean | | | | | | | | |
| | | | Std. | Std. | Lower | Upper | | |
| ชนิดรถ | N | Mean | Deviation | Error | Bound | Bound | Min | Max |
| HDDV | 169 | 1168.494 | 196.364 | 17.851 | 1149.288 | 1187.699 | 814 | 1641 |
| LDDV | 230 | 305.609 | 75.882 | 5.379 | 290.633 | 320.584 | 155 | 499 |
| LDGV | 230 | 168.524 | 34.091 | 2.841 | 150.919 | 186.129 | 1 | 288 |
| MC | 79 | 51.084 | 19.473 | 2.264 | 26.369 | 75.798 | 28 | 90 |
| Total | 708 | 427.977 | 421.706 | 18.181 | 418.869 | 437.085 | 1 | 1641 |

| ANOVA | | | | | |
|--|----------------|--------|---------------|-----------|-------|
| คะแนน | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 89537065.8594 | 3 | 29845688.6198 | 2621.4330 | 0.000 |
| Within Groups | 6079727.2861 | 534 | 11385.2571 | | |
| Total | 95616793.1454 | 537 | | | |
| Critical Value ($\alpha=0.05$) = F-table = | | 2.6216 | | | |

ค่า Significance ของค่า F จากการทดสอบ = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ย EF-CO₂ ของยานพาหนะทุกชนิดมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05

1.1) ผลวิเคราะห์สถิติกลุ่มรถประเภท HD ที่ใช้เชื้อเพลิง Diesel และ NGV

ตารางที่ ง.2 ผลวิเคราะห์สถิติกลุ่มรถประเภท HD ที่ใช้เชื้อเพลิง Diesel และ NGV

| เชื้อเพลิง | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|------------|-----|----------|----------------|-----------------|
| Diesel | 153 | 1.0803E3 | 323.30025 | 26.13728 |
| NGV | 17 | 1.2809E3 | 161.83960 | 39.25187 |

ตารางที่ ง.2 ผลวิเคราะห์สถิติความแตกต่างของรถประเภท HD ที่ใช้เชื้อเพลิง Diesel และ NGV (ต่อ)

| One-Sample Test | | | | | | |
|-----------------|----------------|-----|-----------------|-----------------|---|-----------|
| เชื้อเพลิง | Test Value = 0 | | | | | |
| | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | | | | Lower | Upper |
| Diesel | 41.331 | 152 | .000 | 1080.28562 | 1028.6464 | 1131.9249 |
| NGV | 32.633 | 16 | .000 | 1280.90000 | 1197.6898 | 1364.1102 |

ผลการทดสอบสถิติ t พบว่า ค่าเฉลี่ยระหว่างน้ำมันชนิด Diesel และ NGV แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.2) ผลวิเคราะห์ Anova Duncan จากกลุ่มรถประเภท LDDV ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ ง.3 ผลวิเคราะห์สถิติกลุ่มรถประเภท LDDV ที่ใช้เชื้อเพลิงต่างๆ

| 95% Confidence Interval of Mean | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----|----------|-----------|----------|-------------|-------------|-----|-----|
| เชื้อเพลิง | N | Mean | Std. | Std. | Lower Bound | Upper Bound | Min | Max |
| | | | Deviation | Error | | | | |
| Diesel | 183 | 2.9325E2 | 77.89946 | 5.75849 | 264.802 | 309.888 | 190 | 471 |
| B2 | 8 | 3.3812E2 | 52.77255 | 18.65791 | 291.579 | 335.843 | 194 | 473 |
| B5 | 7 | 2.5480E2 | 74.37112 | 28.10964 | 295.809 | 335.212 | 155 | 499 |
| B20 | 15 | 3.1005E2 | 75.26071 | 19.43223 | 257.840 | 345.386 | 175 | 449 |
| B50 | 15 | 3.0949E2 | 85.43561 | 22.05938 | 265.709 | 353.254 | 173 | 433 |
| B100 | 2 | 2.3190E2 | 55.01291 | 38.90000 | -10.098 | 473.873 | 193 | 271 |
| Total | 230 | 2.9526E2 | 77.70933 | 5.12400 | 294.446 | 316.772 | 155 | 499 |

ตารางที่ ง.4 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของกลุ่มรถประเภท LDDV ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

| เชื้อเพลิงที่ใช้ | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|------------------|-----|-------------------------|----------|
| | | 1 | 2 |
| B100 | 2 | 231.9000 | |
| B5 | 7 | 254.8000 | 254.8000 |
| Diesel | 183 | 293.2517 | 293.2517 |
| B50 | 15 | 309.4867 | 309.4867 |
| B20 | 15 | 310.0467 | 310.0467 |
| B2 | 8 | | 338.1250 |
| Sig. | | .104 | .082 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

1.3) ผลวิเคราะห์สถิติกลุ่มรถประเภท LDGV ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ ง.5 ผลวิเคราะห์สถิติกลุ่มรถประเภท LDGV ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

| 95% Confidence | | | | | | | | |
|------------------|----|----------|-----------|----------|---------|---------|-----|-----|
| Interval of Mean | | | | | | | | |
| | | | Std. | Std. | Lower | Upper | | |
| เชื้อเพลิง | N | Mean | Deviation | Error | Bound | Bound | Min | Max |
| Gasoline91 | 64 | 1.7357E2 | 28.53972 | 3.56746 | 161.522 | 178.932 | 151 | 248 |
| Gasoline95 | 3 | 1.8480E2 | 26.50038 | 15.30000 | 97.268 | 287.627 | 169 | 215 |
| Gasohol91 | 23 | 1.7848E2 | 34.63945 | 7.22282 | 175.305 | 209.739 | 148 | 262 |
| Gasohol95 | 22 | 1.8141E2 | 34.35895 | 7.32535 | 180.772 | 231.782 | 130 | 288 |
| LPG | 22 | 1.6329E2 | 62.09764 | 13.23926 | 144.900 | 164.895 | 108 | 208 |
| CNG (NGV) | 52 | 79.4199 | 70.89698 | 9.83164 | 146.788 | 171.493 | 129 | 189 |
| Total | 44 | 1.6702E2 | 23.87909 | 3.59991 | 163.362 | 173.685 | 108 | 288 |

ตารางที่ ง.6 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของกลุ่มรถประเภท LDGV ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ (ต่อ)

| เชื้อเพลิงที่ใช้ | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|------------------|----|-------------------------|----------|
| | | 1 | 2 |
| LPG | 52 | 79.4199 | |
| Gasohol 95 | 22 | | 163.2937 |
| NGV | 44 | | 167.0221 |
| Gasoline 91 | 64 | | 173.5678 |
| Gasohol 91 | 23 | | 178.4777 |
| E20 | 22 | | 181.4132 |
| Gasoline 91 | 3 | | 184.8000 |
| Sig. | | 1.000 | .298 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

1.4) ผลวิเคราะห์สถิติกลุ่มรถประเภท MC ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ ง.7 ผลวิเคราะห์สถิติกลุ่มรถประเภท MC ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

| 95% Confidence Interval of Mean | | | | | | | | |
|---------------------------------|----|---------|-----------|---------|--------|--------|-----|-----|
| | | Std. | Std. | Lower | Upper | | | |
| เชื้อเพลิง | N | Mean | Deviation | Error | Bound | Bound | Min | Max |
| Gasoline91 | 17 | 38.1588 | 5.52382 | 1.33972 | 32.853 | 41.872 | 28 | 46 |
| Gasohol91 | 19 | 40.4750 | 9.32478 | 2.08508 | 34.859 | 42.975 | 28 | 56 |
| Gasohol95 | 18 | 43.0833 | 12.18766 | 2.87266 | 35.741 | 44.426 | 29 | 57 |
| LPG (Tuk-Tuk) | 24 | 76.5225 | 9.77599 | 1.99552 | 73.070 | 79.974 | 60 | 90 |
| Total | 73 | 51.216 | 19.574 | 2.291 | 49.305 | 53.128 | 28 | 90 |

ตารางที่ ง.8 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของกลุ่มรถประเภท MC ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ (ต่อ)

| VAR00002 | | | |
|-------------|----|-------------------------|---------|
| Duncan | | | |
| VAR00001 | N | Subset for alpha = 0.05 | |
| | | 1 | 2 |
| Gasoline 91 | 17 | 38.1588 | |
| Gasohol 91 | 19 | 40.4750 | |
| Gasohol 95 | 18 | 43.0833 | |
| LPG | 24 | | 76.5225 |
| Sig. | | .134 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

2. การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ของยานพาหนะทั้ง 4 ชนิด แบ่งตามความเร็วที่ใช้

1.1) การทดสอบความแตกต่างระหว่างชนิดรถยนต์ดีเซลและเชื้อเพลิงที่ใช้ด้วยวิธี

Duncan Test

ตารางที่ ง.9 ความแตกต่างระหว่างชนิดรถยนต์ดีเซลและเชื้อเพลิงที่ใช้

| ANOVA | | | | | |
|--|----------------|-------------------------|-------------|---------|------|
| VAR00002 | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 4.229E11 | 3 | 1.410E11 | 2.357 | .110 |
| Within Groups | 9.569E11 | 16 | 5.981E10 | | |
| Total | 1.380E12 | 19 | | | |
| ANOVA | | | | | |
| VAR00003 | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 5501961.771 | 3 | 1833987.257 | 123.249 | .000 |
| Within Groups | 238085.037 | 16 | 14880.315 | | |
| Total | 5740046.808 | 19 | | | |
| ความเร็วที่ใช้ 0-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง | | | | | |
| Duncan | | | | | |
| 0-20 km/hr ชนิดรถ-เชื้อเพลิง | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
| | | 1 | 2 | | |
| LDDV-NGV | 5 | 274.2900 | | | |
| LDDV-Diesel | 5 | 351.8800 | | | |
| HDDV-Diesel | 5 | | 1.2906E3 | | |
| HDDV-NGV | 5 | | 1.4224E3 | | |
| Sig. | | | .330 | .107 | |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | |
| ANOVA | | | | | |
| VAR00004 | | | | | |
| | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 2862465.161 | 3 | 954155.054 | 68.055 | .000 |
| Within Groups | 224325.743 | 16 | 14020.359 | | |
| Total | 3086790.903 | 19 | | | |

ตารางที่ ง.9 ความแตกต่างระหว่างชนิดรถยนต์ดีเซลและเชื้อเพลิงที่ใช้ (ต่อ)

| ความเร็วที่ใช้ 20-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง | | | | | |
|--|----------------|-------------------------|-------------|--------|----------|
| Duncan | | | | | |
| ชนิดรถ-เชื้อเพลิง | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| LDDV-NGV | 5 | 2.2706E2 | | | |
| LDDV-Diesel | 5 | 3.0000E2 | | | |
| HDDV-Diesel | 5 | | 5.7726E2 | | |
| HDDV-NGV | 5 | | | | 1.1880E3 |
| Sig. | | .345 | 1.000 | | 1.000 |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | |
| ANOVA | | | | | |
| VAR00005 | | | | | |
| | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 7006143.498 | 3 | 2335381.166 | 97.757 | .000 |
| Within Groups | 382235.099 | 16 | 23889.694 | | |
| Total | 7388378.597 | 19 | | | |
| ความเร็วที่ใช้ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง | | | | | |
| ชนิดรถ-เชื้อเพลิง | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| LDDV-NGV | 5 | 1.9282E2 | | | |
| LDDV-Diesel | 5 | 2.1872E2 | | | |
| HDDV-NGV | 5 | | 1.1637E3 | | |
| HDDV-Diesel | 5 | | | | 1.5508E3 |
| Sig. | | .794 | 1.000 | | 1.000 |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | |

ตารางที่ ง.9 ความแตกต่างระหว่างชนิดรถยนต์ดีเซลและเชื้อเพลิงที่ใช้ (ต่อ)

| ความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) | | | | | |
|--|----------------|-------------------------|-------------|----------|------|
| VAR00006 | | | | | |
| | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 4345454.210 | 3 | 1448484.737 | 531.421 | .000 |
| Within Groups | 43610.916 | 16 | 2725.682 | | |
| Total | 4389065.126 | 19 | | | |
| VAR00006 | | | | | |
| Duncan | | | | | |
| VAR00001 | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 40 | 5 | 2.5126E2 | | | |
| 30 | 5 | 2.9020E2 | | | |
| 10 | 5 | | 1.1396E3 | | |
| 20 | 5 | | | 1.2580E3 | |
| Sig. | | .256 | 1.000 | 1.000 | |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | |

3. การทดสอบความแตกต่างระหว่างชนิดรถยนต์เบนซินและรถจักรยานยนต์กับเชื้อเพลิงที่ใช้ด้วยวิธี Duncan Test

ตารางที่ ง.10 ความแตกต่างระหว่างชนิดรถยนต์เบนซินและรถจักรยานยนต์

| ANOVA | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| VAR00002 | | | | | |
| | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 3.085E11 | 6 | 5.142E10 | 11.494 | .000 |
| Within Groups | 1.253E11 | 28 | 4.474E9 | | |
| Total | 4.338E11 | 34 | | | |

ตารางที่ ง.10 ความแตกต่างระหว่างชนิดรถยนต์เบนซินและรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

| เลขระยะทางสะสมของรถแต่ละชนิด (กิโลเมตร) | | | | | |
|---|---|-------------------------|----------|-------------|--------|
| ชนิดรถ-เชื้อเพลิง | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| MC-Gasoline 91 | 5 | 8.7780E2 | | | |
| MC-Gasohol 95 | 5 | 4.4494E3 | | | |
| MC-Gasohol 91 | 5 | 1.3792E4 | | | |
| LDGV-Gasohol 91 | 5 | 8.9049E4 | 8.9049E4 | | |
| LDGV-E20 | 5 | | 1.4668E5 | | |
| LDGV-LPG | 5 | | 1.6008E5 | | |
| LDGV-NGV | 5 | | | 2.7157E5 | |
| Sig. | | .065 | .123 | 1.000 | |
| ANOVA | | | | | |
| VAR00003 | | | | | |
| | | Sum of Squares | Df | Mean Square | F |
| Between Groups | | 165808.415 | 6 | 27634.736 | 58.632 |
| Within Groups | | 13197.052 | 28 | 471.323 | |
| Total | | 179005.467 | 34 | | |
| ความเร็วที่ใช้ 0-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง | | | | | |
| ชนิดรถ-เชื้อเพลิง | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| MC-Gashol 91 | 5 | 42.8400 | | | |
| MC-Gasohol 95 | 5 | 45.1000 | | | |
| MC-Gasline 91 | 5 | 52.0600 | | | |
| LDGV-E20 | 5 | | 1.6238E2 | | |
| LDGV-NGV | 5 | | 1.7518E2 | 1.7518E2 | |
| LDGV-LPG | 5 | | 1.9180E2 | 1.9180E2 | |
| LDGV-Gasohol 91 | 5 | | | 2.0456E2 | |
| Sig. | | .533 | .051 | .051 | |

ตารางที่ ง.10 ความแตกต่างระหว่างชนิดรถยนต์เบนซินและรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

| | | | | | | |
|--|---|-------------------------|----------|-------------|--------|------|
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | | |
| ANOVA | | | | | | |
| VAR00004 | | | | | | |
| | | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | | 132512.111 | 6 | 22085.352 | 57.730 | .000 |
| Within Groups | | 10711.780 | 28 | 382.564 | | |
| Total | | 143223.891 | 34 | | | |
| ความเร็วที่ใช้ 20-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง | | | | | | |
| Duncan | | | | | | |
| | | Subset for alpha = 0.05 | | | | |
| ชนิดรถ-เชื้อเพลิง | N | 1 | 2 | 3 | | |
| MC-Gasline 91 | 5 | 37.4000 | | | | |
| MC-Gashol 91 | 5 | 37.4800 | | | | |
| MC-Gasohol 95 | 5 | 46.3200 | | | | |
| LDGV-E20 | 5 | | 1.4176E2 | | | |
| LDGV-NGV | 5 | | 1.5746E2 | 1.5746E2 | | |
| LDGV-LPG | 5 | | 1.6676E2 | 1.6676E2 | | |
| LDGV-Gasohol 91 | 5 | | | 1.8372E2 | | |
| Sig. | | .503 | .065 | .053 | | |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | | |
| ANOVA | | | | | | |
| VAR00005 | | | | | | |
| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | | 112058.702 | 6 | 18676.450 | 66.331 | .000 |
| Within Groups | | 7883.840 | 28 | 281.566 | | |
| Total | | 119942.542 | 34 | | | |

ตารางที่ ง.10 ความแตกต่างระหว่างชนิดรถยนต์เบนซินและรถจักรยานยนต์ (ต่อ)

| ความเร็วที่ใช้ 40-80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง | | | | | | |
|--|---|-------------------------|----------|-------------|--------|------|
| Duncan | | | | | | |
| ชนิดรถ-เชื้อเพลิง | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| MC-Gasline 91 | 5 | 36.5400 | | | | |
| MC-Gashol 91 | 5 | 38.2800 | | | | |
| MC-Gasohol 95 | 5 | 46.9200 | | | | |
| LDGV-E20 | 5 | | 1.3514E2 | | | |
| LDGV-NGV | 5 | | 1.4424E2 | | | |
| LDGV-LPG | 5 | | 1.5662E2 | 1.5662E2 | | |
| LDGV-Gasohol 91 | 5 | | | 1.7420E2 | | |
| Sig. | | .365 | .065 | .109 | | |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | | |
| ANOVA | | | | | | |
| VAR00006 | | | | | | |
| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | | 135859.534 | 6 | 22643.256 | 62.082 | .000 |
| Within Groups | | 10212.548 | 28 | 364.734 | | |
| Total | | 146072.082 | 34 | | | |
| ความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) | | | | | | |
| Duncan | | | | | | |
| ชนิดรถ-เชื้อเพลิง | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| MC-Gasline 91 | 5 | 37.4000 | | | | |
| MC-Gashol 91 | 5 | 37.4800 | | | | |
| MC-Gasohol 95 | 5 | 46.3200 | | | | |
| LDGV-E20 | 5 | | 1.4176E2 | | | |
| LDGV-NGV | 5 | | 1.5746E2 | 1.5746E2 | | |
| LDGV-LPG | 5 | | 1.6676E2 | 1.6676E2 | | |
| LDGV-Gasohol 91 | 5 | | | 1.8372E2 | | |
| Sig. | | .503 | .065 | .053 | | |

4. เปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และ CH₄ กับค่าเฉลี่ยความเร็ว อัตราการใช้เชื้อเพลิง และเลขระยะทาง จากรถยนต์ชนิด HD, LDDV และ LDGV

ตารางที่ ง.11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร็วกับการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และ CH₄ จากรถยนต์ชนิด HD, LDDV และ LDGV

| ค่าเฉลี่ยความเร็ว (Average Speed) | | | | | |
|--|--------------------|---|-------------------------|---------|---------|
| Duncan ^a | EF-CO ₂ | N | Subset for alpha = 0.05 | | |
| | | | 1 | 2 | 3 |
| | 919.6 | 3 | 23.5000 | | |
| | 153.8 | 3 | | 29.8000 | |
| | 162 | 6 | | 29.8000 | |
| | 162.9 | 3 | | 29.8000 | |
| | 163.9 | 3 | | 29.8000 | |
| | 164.2 | 3 | | 29.8000 | |
| | 165.6 | 3 | | 29.8000 | |
| | 168.1 | 3 | | 29.8000 | |
| | 171 | 3 | | 29.8000 | |
| | 169.8 | 3 | | | 34.3000 |
| | Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | |
| a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.158. | | | | | |

ตารางที่ ง.12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการใช้เชื้อเพลิงกับการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และ CH₄ จาก
รถยนต์ชนิด HD, LDDV และ LDGV

| อัตราการใช้เชื้อเพลิง (Fuel used) | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|---|-------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Duncan ^a | EF-CO ₂ | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | 919.6 | 3 | 1.7000 | | | | | | |
| | 169.8 | 3 | | 9.1000 | | | | | |
| | 168.1 | 3 | | | 9.9000 | | | | |
| | 171 | 3 | | | | 10.2000 | | | |
| | 162.9 | 3 | | | | 10.3000 | 10.3000 | | |
| | 164.2 | 3 | | | | 10.4000 | 10.4000 | | |
| | 162 | 6 | | | | 10.4500 | 10.4500 | | |
| | 165.6 | 3 | | | | | 10.6000 | 10.6000 | |
| | 163.9 | 3 | | | | | | 10.8000 | |
| | 153.8 | 3 | | | | | | | 11.4000 |
| | Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | .120 | .064 | .173 | 1.000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.158.

ตารางที่ ง.13 เปรียบเทียบเลขระยะทางกับการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และ CH₄ จากรถยนต์ชนิด HD, LDDV และ LDGV

| เลขระยะทาง (Ordomerter) | | | | | | |
|--|--------|---|-------------------------|-------------|--------------|--------------|
| Duncan ^a | EF-CO2 | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | 169.8 | 3 | 40,850.0000 | | | |
| | 153.8 | 3 | 44,790.0000 | | | |
| | 168.1 | 3 | 61,337.0000 | 61,337.0000 | | |
| | 164.2 | 3 | 61,361.0000 | 61,361.0000 | | |
| | 163.9 | 3 | | 72,178.0000 | | |
| | 162 | 6 | | 74,335.5000 | | |
| | 162.9 | 3 | | | 103,930.0000 | |
| | 171 | 3 | | | 125,399.0000 | |
| | 165.6 | 3 | | | 125,422.0000 | |
| | 919.6 | 3 | | | | 442,257.0000 |
| | Sig. | | .131 | .334 | .103 | 1.000 |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | | |
| a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.158. | | | | | | |

5. การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และ CH₄ จากรถยนต์ชนิด Taxi และ Passenger Car

5.1) การทดสอบความแตกต่างระหว่างชนิดรถ Taxi และ Passenger Car กับเชื้อเพลิงที่ใช้ด้วยวิธี Duncan Test

ตารางที่ ง.14 ความแตกต่างระหว่างชนิดรถ Taxi และ Passenger Car

| ANOVA | | | | | |
|--|----------------|-------------------------|-------------|-------|------|
| VAR00002 | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 972.989 | 2 | 486.494 | .393 | .687 |
| Within Groups | 9891.867 | 8 | 1236.483 | | |
| Total | 10864.856 | 10 | | | |
| VAR00002 | | | | | |
| Duncan | | | | | |
| | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
| VAR00001 | | 1 | | | |
| 30 | 3 | 334.7000 | | | |
| 10 | 4 | 347.4250 | | | |
| 20 | 4 | 358.5000 | | | |
| Sig. | | .409 | | | |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | |
| ANOVA | | | | | |
| VAR00003 | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 434.715 | 2 | 217.357 | 1.414 | .298 |
| Within Groups | 1229.414 | 8 | 153.677 | | |
| Total | 1664.129 | 10 | | | |

ตารางที่ ง.14 ความแตกต่างระหว่างชนิดรถ Taxi และ Passenger Car (ต่อ)

| VAR00003 | | | | | |
|--|----------------|-------------------------|-------------|-------|------|
| Duncan | | | | | |
| VAR00001 | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
| | | 1 | | | |
| 10 | 4 | 178.8000 | | | |
| 20 | 4 | 191.5750 | | | |
| 30 | 3 | 192.2333 | | | |
| Sig. | | .201 | | | |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | |
| ANOVA | | | | | |
| VAR00004 | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 233.055 | 2 | 116.527 | 1.478 | .284 |
| Within Groups | 630.934 | 8 | 78.867 | | |
| Total | 863.989 | 10 | | | |
| VAR00004 | | | | | |
| Duncan | | | | | |
| VAR00001 | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
| | | 1 | | | |
| 10 | 4 | 149.1250 | | | |
| 20 | 4 | 157.5000 | | | |
| 30 | 3 | 159.8333 | | | |
| Sig. | | .159 | | | |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | |

ตารางที่ ง.14 ความแตกต่างระหว่างชนิดรถ Taxi และ Passenger Car (ต่อ)

| ANOVA | | | | | |
|--|----------------|-------------------------|-------------|--------|------|
| VAR00005 | | | | | |
| | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 224.405 | 2 | 112.203 | .644 | .551 |
| Within Groups | 1394.397 | 8 | 174.300 | | |
| Total | 1618.802 | 10 | | | |
| VAR00005 | | | | | |
| Duncan | | | | | |
| | | Subset for alpha = 0.05 | | | |
| VAR00001 | N | 1 | | | |
| 10 | 4 | 191.4500 | | | |
| 30 | 3 | 199.1333 | | | |
| 20 | 4 | 201.7000 | | | |
| Sig. | | .347 | | | |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | |
| ANOVA | | | | | |
| VAR00006 | | | | | |
| | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 16.055 | 2 | 8.027 | 30.666 | .000 |
| Within Groups | 2.094 | 8 | .262 | | |
| Total | 18.149 | 10 | | | |

ตารางที่ ง.14 ความแตกต่างระหว่างชนิดรถ Taxi และ Passenger Car (ต่อ)

| VAR00006 | | | | | | |
|--|---|-------------------------|--------|-------------|--------|------|
| Duncan | | | | | | |
| VAR00001 | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | |
| | | 1 | 2 | | | |
| 30 | 3 | .1333 | | | | |
| 20 | 4 | .4250 | | | | |
| 10 | 4 | | 2.8000 | | | |
| Sig. | | .466 | 1.000 | | | |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | | |
| ANOVA | | | | | | |
| VAR00007 | | | | | | |
| | | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | | 3.162 | 2 | 1.581 | 31.106 | .000 |
| Within Groups | | .407 | 8 | .051 | | |
| Total | | 3.569 | 10 | | | |
| VAR00007 | | | | | | |
| Duncan | | | | | | |
| VAR00001 | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | |
| | | 1 | 2 | | | |
| 30 | 3 | .0667 | | | | |
| 20 | 4 | .1000 | | | | |
| 10 | 4 | | 1.2000 | | | |
| Sig. | | .848 | 1.000 | | | |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | | |

ตารางที่ ง.14 ความแตกต่างระหว่างชนิดรถ Taxi และ Passenger Car (ต่อ)

| ANOVA | | | | | |
|--|----------------|-------------------------|-------------|--------|------|
| VAR00008 | | | | | |
| | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 1.990 | 2 | .995 | 37.032 | .000 |
| Within Groups | .215 | 8 | .027 | | |
| Total | 2.205 | 10 | | | |
| VAR00008 | | | | | |
| Duncan | | | | | |
| VAR00001 | N | Subset for alpha = 0.05 | | | |
| | | 1 | 2 | | |
| 30 | 3 | .0000 | | | |
| 20 | 4 | .0750 | | | |
| 10 | 4 | | .9250 | | |
| Sig. | | .556 | 1.000 | | |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | |

5.2) การทดสอบการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และ CH₄ กับอัตราการใช้เชื้อเพลิงตารางที่ ง.15 ทดสอบการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และ CH₄ กับอัตราการใช้เชื้อเพลิง

| ANOVA | | | | | |
|--|----------------|-------------------------|-------------|--------|--------|
| Average CH ₄ | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 3.826 | 2 | 1.913 | 30.503 | .000 |
| Within Groups | .502 | 8 | .063 | | |
| Total | 4.327 | 10 | | | |
| VAR00009 | | | | | |
| Duncan | | | | | |
| | | Subset for alpha = 0.05 | | | |
| VAR00001 | N | 1 | 2 | | |
| 30 | 3 | .0667 | | | |
| 20 | 4 | .1250 | | | |
| 10 | 4 | | | | 1.3250 |
| Sig. | | .763 | | | 1.000 |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | |
| ANOVA | | | | | |
| FUEL Consumption | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 10.273 | 2 | 5.136 | 4.331 | .053 |
| Within Groups | 9.487 | 8 | 1.186 | | |
| Total | 19.760 | 10 | | | |
| VAR00010 | | | | | |
| Duncan | | | | | |
| | | Subset for alpha = 0.05 | | | |
| VAR00001 | N | 1 | 2 | | |
| 20 | 4 | 7.3750 | | | |
| 10 | 4 | 9.0000 | | | 9.0000 |
| 30 | 3 | | | | 9.7000 |
| Sig. | | .080 | | | .414 |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | | | |

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสุทธิชาน์ นิลฤทธิ์ เกิดเมื่อวันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2523 ที่จังหวัดสุรินทร์ สำเร็จ การศึกษาระดับมัธยมต้นและมัธยมปลายจากโรงเรียนสุรวิทยาคาร จังหวัดสุรินทร์ และเข้าศึกษา จนสำเร็จการศึกษา ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ในปีการศึกษา 2545 และปริญญาโทบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ในปีการศึกษา 2548 และได้เข้า ศึกษาต่อในระดับดุษฎีบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ในปีการศึกษา 2557 และในระหว่างการศึกษา 2559 ได้รับการพิจารณาผลงานให้ตีพิมพ์ลงในวารสารฯ ดัง รายละเอียดต่อไปนี้

Sutthicha Nilrit, Pantawat Sampanpanish, Surat Bualert. 2017. Comparison of Carbon Dioxide Emissions from Vehicles in Thailand. Applied Environmental Research, 39 (1): 65-74. Based on TCI tier 1.

Sutthicha Nilrit, Pantawat Sampanpanish, Surat Bualert. 2017. Carbon Dioxide and Methane Emission Rates from Taxi Vehicles in Thailand. Carbon Management, based on ISI (IF 2.092) and SCOPUS (Q2).