



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินสารมลพิษจากเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดที่อัตราเร่งแตกต่างกัน

Evaluation of Pollutants from Motorcycles Fuel Injection at Different Acceleration

นามผู้วิจัย นางสาวศิราลัย นุปผาทาโน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิตติมา รุ่งรัตนอุบล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ ตุลวิทย์ สถาปนจารุ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ภัฏจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบศิริ มทววิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินสารมลพิษจากระบบฉีดน้ำมันที่อัตราเร่งแตกต่างกัน

Evaluation of Pollutants from Motorcycles Fuel Injection at Different Acceleration

โดย

นางสาวศิราลย์ นุปผาทานิ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2556

ศิราลัย นุปผาทาโน 2556: การประเมินสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีดที่
อัตราเร่งแตกต่างกัน ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการ
สิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเทคโนโลยีและ
การจัดการสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์
จิตติมา รุ่งรัตนอุบล, วท.ด. 130 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission
Factor) จากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ แบบเกียร์ธรรมดาและแบบเกียร์อัตโนมัติระบบหัวฉีด ทำ
การทดสอบโดยการเก็บตัวอย่างไอเสียแบบปริมาตรคงที่ (Constant Volume Sampling: CVS)
ซึ่งเก็บตัวอย่างจากท่อไอเสียของรถจักรยานยนต์ที่ขับเคลื่อนที่อัตราเร่งแตกต่างกันบนแท่น
Chassis dynamometer ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง โดยแบ่งอัตราเร่งใน
การขับขี่ในเขตเมืองเป็น 3 ช่วง 0-15, 15 , 15-10 กม./ชม.² และอัตราเร่งในการขับขึ้นนอกเมือง
เป็น 3 ช่วง 0-70, 70, 70-50 กม./ชม.² จากการใช้เชื้อเพลิง 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซินออกเทน
91, น้ำมันก๊าดโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 และ 95

จากผลการศึกษาของการขับขี่รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะด้วยระบบแบบเกียร์ธรรมดาและ
แบบเกียร์อัตโนมัติ ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91, น้ำมันก๊าดโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 และ 95
ในรูปแบบการขับขี่ในเขตเมืองและนอกเมือง โดยแบ่งอัตราเร่งในการขับขี่เป็น 3 ช่วง 0-15, 15 ,
15-10 และ 0-70, 70, 70-50 กม./ชม.² ตามลำดับ พบว่ารถจักรยานยนต์แบบเกียร์อัตโนมัติที่ใช้
น้ำมันเบนซินออกเทน 91 ในรูปแบบการขับขึ้นนอกเมืองมีค่าปัจจัยการระบาย HC, CO และ CO₂
มากกว่าการขับขี่ในเมือง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการระบาย CO₂ มากที่สุด เท่ากับ 35.325, 37.294, 60.70
และ 50.486, 52.816, 63.208 (ก./กม.) ตามลำดับ และรถจักรยานยนต์แบบเกียร์ธรรมดาที่ใช้
น้ำมันเบนซินออกเทน 91 ในรูปแบบขับขึ้นนอกเมืองมีค่าปัจจัยการระบาย NO_x มากกว่าการขับขี่
ในเมือง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการระบายเท่ากับ 0.026, 0.051, 0.074 และ 0.136, 0.188, 0.106 (ก./
กม.) ตามลำดับ

Siralai Bubpatano 2013: Evaluation of Pollutants from Motorcycles Fuel Injection at Different Acceleration. Master of Science (Environmental Technology and Management), Major Field: Environmental Technology and Management, Department of Environmental Technology and Management. Thesis Advisor: Assistant Professor Thitima Rungratanaubon, Ph.D. 130 pages.

The aim of this research was to study the Emission Factor (EF) of 4- stroke manual and automatic injection system motorcycles. The both of motorcycle samples were tested the exhaust sample was collected directly from tailpipe using Constant Volume Sampling (CVS) while running on the Chassis Dynamometer with the different acceleration rate varies. The acceleration driving in urban divided into 3 phase 1) 0-15, 15 , 15-10 km/h² and acceleration driving in countryside divided into 3 phase 2) 0-70, 70, 70-50 km/h² in following the driving pattern were divided second cycle which using fuel were gasoline 91 and gasohol 91 and 95.

The experiment of 4-stroke manual and automatic motorcycles to used different fuel (gasoline 91, gasohol 91 and 95) of the both in urban and countryside driving cycle. The acceleration were separated in 3 groups; 0-15, 15, 15-10 and 0-70, 70, 70-50 km/hr². As a result of automatic motorcycle with gasoline 91 in countryside cycle was the highest average amount of CO₂ emission and also reveals the emission of HC, CO and CO₂ were higher than in the urban cycle were 35.325, 37.294, 60.70 and 50.486, 52.816, 63.208 g./km. The results revealed the automatic motorcycle used gasoline 91 of urban cycle have the emission factor of HC, CO and CO₂ were higher than countryside cycle were 35.325, 37.294, 60.70 and 50.486, 52.816, 63.208 g./km. While the emission factor of NO_x in countryside cycle of manual motorcycles were lower than urban cycle were 0.026, 0.051, 0.074 and 0.136, 0.188, 0.106 g./km., respectively.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. จิตติมา รุ่งรัตนอุบล กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้ความกรุณาเรื่องคำปรึกษาในการศึกษาค้นคว้าวิจัย คำแนะนำ ตลอดจนตรวจแก้ไข วิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งคำแนะนำเพิ่มเติมจาก รศ.ดร. บงกชรัตน์ ปิทยานต์ ประธาน การสอบ และ ดร.เชาวน์ นกอยู่ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในด้านห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษ จากยานพาหนะ รวมถึงขอขอบคุณ คุณเทอดศักดิ์ เพชรเปล่งสี ช่างเทคนิคชำนาญงาน สำนัก จัดการคุณภาพอากาศและเสียง ที่ได้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยนี้ เป็นอย่างดี ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้ อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อการปฏิบัติงาน

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอขอบแต่ คุณพ่อทรงศิลป์ คุณแม่มาลัย บุปผาทาโน และครอบครัว ที่ได้ให้อบรมและให้การสนับสนุนเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมา โดยตลอดทุกเวลา

ศิริลาภ บุปผาทาโน

มกราคม 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	48
อุปกรณ์	48
วิธีการ	69
ผลและวิจารณ์	76
สรุปและข้อเสนอแนะ	96
สรุป	96
ข้อเสนอแนะ	97
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	99
ภาคผนวก	104
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์	105
ภาคผนวก ข ภาพข้อมูลดิบการทดสอบและเครื่องมืออุปกรณ์ห้องปฏิบัติการ	112
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	130

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เกณฑ์กำหนดปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนสำหรับการทดสอบรับรองเฉพาะแบบและการทดสอบรับรองการผลิต	39
2	แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ในทดสอบ	49
3	รูปแบบการขับขี่รถจักรยานยนต์ในเขตเมืองและนอกเมือง	58
4	รายละเอียดการทดสอบวัฏจักรมูลฐานของรูปแบบการขับขี่ในเมือง	61
5	รายละเอียดการทดสอบวัฏจักรมูลฐานของรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง	63
6	ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ แบบเกียร์ธรรมดา กับเกียร์อัตโนมัติ ตามรูปแบบวัฏจักรการขับขี่ในเมืองที่มีอัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91	79
7	ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ แบบเกียร์ธรรมดา กับเกียร์อัตโนมัติ ตามรูปแบบวัฏจักรการขับขึ้นนอกเมืองที่มีอัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91	79
8	ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ แบบเกียร์ธรรมดา กับเกียร์อัตโนมัติ ตามรูปแบบวัฏจักรการขับขี่ในเมืองที่มีอัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันก๊าดไฮโซลล์ 10 ออกเทน 91	82
9	ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ แบบเกียร์ธรรมดา กับเกียร์อัตโนมัติ ตามรูปแบบวัฏจักรการขับขึ้นนอกเมืองที่มีอัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันก๊าดไฮโซลล์ 10 ออกเทน 91	82
10	ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ แบบเกียร์ธรรมดา กับเกียร์อัตโนมัติ ตามรูปแบบวัฏจักรการขับขี่ในเมืองที่มีอัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันก๊าดไฮโซลล์ 10 ออกเทน 95	85

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
11 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ แบบเกียร์ ธรรมดาเกียร์อัตโนมัติ ตามรูปแบบวัฏจักรการขับขึ้นนอกเมืองที่มี อัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 95	85
 ตารางผนวกที่	
ก1 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์ อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91	106
ก2 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์ อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91	107
ก3 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์ อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 91	108
ก4 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์ อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 91	109
ก5 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์ อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 95	110
ก6 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์ อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 95	111

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานและความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	16
2	วัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	17
3	ลำดับของเหตุการณ์ในวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วย ประกายไฟสี่จังหวะ	19
4	วัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ	20
5	รถจักรยานยนต์ฮอนด้า (Honda) รุ่น Czi 110 ซี.ซี. แบบเกียร์ธรรมดา (ก) และรถจักรยานยนต์ฮอนด้า (Honda) รุ่น CLICK I 110 ซี.ซี. แบบเกียร์ ออโตเมติก (ข)	50
6	แชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer)	52
7	พัดลมระบายความร้อนรถจักรยานยนต์ (Cooling fan)	53
8	อุปกรณ์ควบคุมระบบระบบ Chassis dynamometer	54
9	ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system)	55
10	ระบบวิเคราะห์ค่ามลพิษ (Emission analysis system)	57
11	วัฏจักรมูลฐานของรูปแบบการขับขึ้นในเมือง	60
12	วัฏจักรมูลฐานของรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง	65
13	ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูลการทดสอบสารมลพิษ รถจักรยานยนต์	66
14	ก๊าซชนิดต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์และปรับเทียบเครื่องมือ	67
15	เครื่องชั่งน้ำหนักรถจักรยานยนต์	68
16	แผนผังการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์	70
17	แผนผังการวิจัยทดสอบปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย รถจักรยานยนต์	75
18	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย HC (ก) CO (ข) CO ₂ (ค) และ NO _x (ง) จากไอเสียรถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (เกียร์ธรรมดา และเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นในเมือง ที่อัตราเร่ง แตกต่างกันที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91	90

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	เนื้อหา	หน้า
19	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย HC (ก) CO (ข) CO ₂ (ค) และ NO _x (ง) จากไอเสียรถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91	91
20	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย HC (ก) CO (ข) CO ₂ (ค) และ NO _x (ง) จากไอเสียรถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นในเมือง ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91	92
21	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย HC (ก) CO (ข) CO ₂ (ค) และ NO _x (ง) จากไอเสียรถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน	93
22	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย HC (ก) CO (ข) CO ₂ (ค) และ NO _x (ง) จากไอเสียรถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นในเมือง ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันก๊าสโซฮอล์ 10 ออกเทน 95	94
23	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย HC (ก) CO (ข) CO ₂ (ค) และ NO _x (ง) จากไอเสียรถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันก๊าสโซฮอล์ 10 ออกเทน 95	95

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข1 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์ธรรมดา ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขึ้นในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91	113
ข2 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์อัตโนมัติ ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขึ้นในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91	115
ข3 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์ธรรมดา ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91	117
ข4 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์อัตโนมัติ ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91	117
ข5 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์ธรรมดา ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขึ้นในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอลอี 10 ออกเทน 91	118
ข6 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์อัตโนมัติ ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขึ้นในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอลอี 10 ออกเทน 91	120
ข7 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์ธรรมดา ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอลอี 10 ออกเทน 91	122
ข8 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์อัตโนมัติ ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอลอี 10 ออกเทน 91	122
ข9 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์ธรรมดา ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขึ้นในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอลอี 10 ออกเทน 95	123
ข10 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์อัตโนมัติ ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขึ้นในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอลอี 10 ออกเทน 95	125
ข11 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์ธรรมดา ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอลอี 10 ออกเทน 95	127

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข12 ข้อมูลดิบการทดสอบสวามลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์อัตโนมัติ ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าดไฮโซลลือ 10 ออกเทน 95	127
ข13 ระบบ Chassis dynamometer	128
ข14 ระบบเครื่องมือวิเคราะห์สวามลพิษจากไอเสีย	128
ข15 การทดสอบสวามลพิษจากไอเสียรถจักรยานยนต์เกียร์ธรรมดา	129
ข16 การทดสอบสวามลพิษจากไอเสียรถจักรยานยนต์เกียร์อัตโนมัติ	129

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Carbondioxide (CO ₂)	=	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
Carbon monoxide (CO)	=	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
Chemiluminescent Detector (CLD)	=	ระบบวิเคราะห์ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์
Constant Volume Sampler (CVS)	=	เครื่องเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่
Cubic centimeter (CC.)	=	หน่วยของขนาดเครื่องยนต์เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร
Economic Commission of Europe Driving Cycle (ECE)	=	รูปแบบการขับของยุโรป
Emission Factor (EF)	=	ปัจจัยการระบายสารมลพิษ
Flame ionization detector (FID)	=	ระบบวิเคราะห์ก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม
Four- Stroke Fuel Injection (4 Stk/FI)	=	เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ที่มีระบบการทำงานของเครื่องยนต์เป็นระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันเครื่องแยกจากกัน ทำให้น้ำมันเครื่องเผาไหม้ได้ดีกว่า จึงไม่เกิดควันขาว
Gasohol E10	=	น้ำมันเบนซินที่มีส่วนผสมของเอทานอลที่แปลงสภาพ ร้อยละ 10 โดยปริมาตรในน้ำมันเบนซิน)
Gasohol E20	=	น้ำมันเบนซินที่มีส่วนผสมของเอทานอลที่แปลงสภาพ ร้อยละ 20 โดยปริมาตรในน้ำมันเบนซิน)
Gram per kilometer (g./km.)	=	หน่วยวัดสารมลพิษ น้ำหนักต่อระยะทางที่ใช้ในการวัดสารมลพิษจากเครื่องยนต์
Hazardous Air Pollutants (HAPs)	=	สารมลพิษอากาศที่เป็นอันตราย
Inspection and Maintenance Program (I/M Program)	=	โปรแกรมในการตรวจสอบและซ่อมบำรุงรักษาเครื่องยนต์จากรถจักรยานยนต์
Kilometer per hour (km./h.)	=	กิโลเมตรต่อชั่วโมง
Kilometer per liter (km./l.)	=	กิโลเมตรต่อลิตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

LPG: Liquefied petroleum gas	=	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว
Microgram per cubicmeter (g/m^3)	=	หน่วยวัดสารมลพิษต่อปริมาตรเป็น ลูกบาศก์เมตรของอากาศ
Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE)	=	สารเคมีที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบผลิต ได้จากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่าง Methanol และ Iso-butane โดยการเติมลงในน้ำมัน เบนซิน เพื่อช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอน มอนอกไซด์ที่ออกมาจากไอเสียของ รถจักรยานยนต์ และช่วยเพิ่มค่าออกเทน ของน้ำมันแทนสารตะกั่ว
Non-dispersive infrared analyzer (NDIR)	=	ระบบวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
Oxides of nitrogen (NO_x)	=	ออกไซด์ของไนโตรเจน
Particulate Matter (PM_{10})	=	ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน
Parts per million (ppm)	=	ส่วนในล้านส่วน
Parts per billion (ppb)	=	ส่วนในพันล้านส่วน
Parts per trillion (ppt)	=	ส่วนในล้านล้านส่วน
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)	=	ไฮโดรคาร์บอนประเภทสารอินทรีย์ชนิดหนึ่ง
Sulfur dioxide (SO_2)	=	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
Total Hydrocarbon (THC)	=	ไฮโดรคาร์บอนรวม
Total Suspended Particulate (TSP)	=	ฝุ่นรวมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 100 ไมครอน
Volatile organic compound (VOCs)	=	สารอินทรีย์ระเหยง่าย
มอก.	=	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
มาตรฐาน 70/220/EEC	=	มาตรฐานความปลอดภัยด้านสารมลพิษ สำหรับรถเครื่องยนต์เบนซิน

การประเมินสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีดที่อัตราเร่งแตกต่างกัน

Evaluation of Pollutants from Motorcycles Fuel Injection at Different Acceleration

คำนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยปัญหามลพิษทางอากาศจากยานพาหนะเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญก่อให้เกิดผลกระทบต่อด้านสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ลักษณะและความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศ รวมทั้งระยะเวลาของการสัมผัสกับสารมลพิษอากาศ (นพภาพร, 2547) ซึ่งมีสาเหตุจากจำนวนของยานพาหนะที่เพิ่มมากขึ้นทุกวันประกอบกับเครื่องยนต์มีอายุการใช้งานนานเกินควรหรือไม่ได้รับการบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่ดี เกิดมลภาวะอากาศจนเป็นที่สังเกตได้ในบริเวณเมืองหลวง ทำให้ปริมาณสารมลพิษที่ถูกปล่อยออกมามีมากขึ้นตามไปด้วย และแสดงให้เห็นว่าควรมีมาตรการด้านกฎหมายเพื่อควบคุมโดยใช้เทคโนโลยีที่ถูกต้อง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยแนวทางและการศึกษาพัฒนาของประเทศในซีกโลกตะวันตก แล้วนำมาปรับปรุงให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นอยู่ของประเทศไทย (วงศ์พันธ์และคณะ, 2529) จำนวนของยานพาหนะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ยานพาหนะเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ รถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะอีกประเภทหนึ่งที่มีความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีความคล่องตัวสูง ราคาไม่แพงมาก เหมาะสำหรับใช้เป็นพาหนะในการติดต่องานหรือภารกิจต่างๆ ทั้งในเมืองและตามชนบททั่วไป ซึ่งปริมาณของรถจักรยานยนต์ในปัจจุบันและอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยพิจารณาจากสถิติจำนวนยานพาหนะเมื่อสิ้นปี 2544 มีรถจักรยานยนต์ที่จดทะเบียนทั่วประเทศทั้งสิ้นจำนวน 14,494,757 คัน คิดเป็นร้อยละ 64.2 ของจำนวนรถทั้งหมด ในจำนวนนี้เป็นรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ จำนวน 1,652,502 คัน (กรมขนส่งทางบก, 2544) สำหรับสารมลพิษที่ถูกปล่อยออกมาจากท่อไอเสียรถจักรยานยนต์ ได้แก่ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งปริมาณสารมลพิษเหล่านี้ที่ถูกปล่อยออกมาจะมากหรือน้อยแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพความสมบูรณ์ของเครื่องยนต์ การบำรุงรักษาเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ลดสารมลพิษ เทคโนโลยีที่ใช้กับเครื่องยนต์ ชนิดของเครื่องยนต์ รูปแบบการขับขี่ ปริมาณการจราจรที่มีผลต่อความเร็วของการขับขี่ เชื้อเพลิง เป็นต้น

ในการศึกษางานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ เพื่อประเมินปัจจัยการระบายและเปรียบเทียบสารมลพิษ (ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ที่ปล่อยจากท่อไอเสียรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบหัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) และเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมด 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซินออกเทน 91, น้ำมันก๊าซโซฮอลี่ 10 ออกเทน 91, น้ำมันก๊าซโซฮอลี่ 10 ออกเทน 95 ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง ซึ่งข้อมูลจากการทำวิจัยครั้งนี้สามารถนำมาใช้เพื่อกำหนดเป็นแนวทางในการวางแผน และกำหนดมาตรการต่างๆ ในการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่ง มลพิษจากการระบายไอเสียของรถจักรยานยนต์ได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission Factor) รถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) และจากการใช้เชื้อเพลิง 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซินออกเทน 91, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง

2. เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission Factor) รถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง

ขอบเขตของงานวิจัย

1. สารมลพิษที่ทำการศึกษา คือ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นต้น

2. รถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบหัวฉีด ที่ใช้ในการทดสอบ จำนวน 2 คัน แบ่งเป็น เกียร์ธรรมดา 1 คัน และเกียร์อัตโนมัติ 1 คัน

3. เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด 3 ชนิด น้ำมันเบนซินออกเทน 91, น้ำมันเบนซินออกเทน 95, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91

4. รถจักรยานยนต์ตัวอย่างจะถูกทดสอบบน Chassis Dynamometer ในห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้รูปแบบการขับขี่รถจักรยานยนต์ในเขตเมืองและนอกเมือง ทำการเก็บตัวอย่างใช้อุปกรณ์ระบบปริมาตรคงที่ (Constant Volume Sampling: CVS) จากปลายท่อไอเสีย ขณะรถจักรยานยนต์วิ่งที่อัตราเร่งแตกต่างกัน

การตรวจเอกสาร

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมลพิษอากาศ

มลพิษ ได้ถูกบัญญัติไว้ในมาตรา 4 พระราชบัญญัติ ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 โดยหมายความว่า ของเสีย วัตถุอันตราย และมลสารอื่น ๆ รวมทั้งกาก ตะกอน หรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้น ที่ถูกปล่อยทิ้งจากแหล่งกำเนิดสารมลพิษ หรือที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดหรืออาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม หรือภาวะที่เป็นพิษภัยอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ และให้หมายความรวมถึง รังสี ความร้อน แสง เสียง กลิ่น ความสั่นสะเทือน หรือเหตุรำคาญอื่น ๆ ที่เกิดหรือถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดสารมลพิษ (ฝ่ายตรวจและบังคับการ กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

อากาศเสีย ได้ถูกบัญญัติไว้ในมาตรา 4 พระราชบัญญัติ ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นไอเสีย กลิ่นควัน ก๊าซ เขม่า ฝุ่นละออง เถ้าถ่าน หรือมลสารอื่นที่มีสภาพละเอียด บางเบาจนสามารถรวมตัวอยู่ในบรรยากาศได้ (ฝ่ายตรวจและบังคับการ กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

นพภาพร (2547) ได้อธิบายและให้ความหมายของสารมลพิษอากาศ (Air Pollution) หมายถึง ภาวะของอากาศ ที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอและเป็นระยะเวลานานพอ ที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ สารดังกล่าวอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ หรืออาจอยู่ในรูปของ ก๊าซ หยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้ สารมลพิษอากาศหลักที่สำคัญคือ ฝุ่นละออง (SPM) ตะกั่ว (Pb) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และก๊าซโอโซน (O₃)

วงศ์พันธ์ และคณะ (2529) ได้อธิบายและให้ความหมายของสารมลพิษในอากาศ หมายถึง ภาวะของอากาศ ซึ่งมีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอและเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน ที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ สารที่กล่าวถึงอาจจะเป็นธาตุหรือสารประกอบ อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรืออาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์ และอาจอยู่ในรูปของก๊าซ หยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้ สารมลพิษในอากาศหลักที่สำคัญ คือ

ฝุ่นละออง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตะกั่ว และก๊าซโอโซน

1.1 ระบบภาวะสสารมลพิษอากาศ (Air pollution system)

ระบบภาวะสสารมลพิษอากาศ มีส่วนประกอบ 3 ส่วน ที่มีความสัมพันธ์กัน คือ แหล่งกำเนิดสสารมลพิษทางอากาศ (Emission sources) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) และผู้ได้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptors) ดังนี้ (นพภาพร, 2547)

1.1.1 แหล่งกำเนิดสสารมลพิษทางอากาศ (Emission sources) เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ และระบายมลพิษสู่อากาศภายนอก โดยที่ชนิดและปริมาณของมลพิษทางอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศนั้น ขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิดมลพิษ และวิธีการควบคุมการระบายมลพิษจากไอเสียอากาศ

1.1.2 อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) เป็นส่วนของระบบที่รองรับสสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายจากแหล่งกำเนิดต่างๆ และเป็นตัวกลาง (Medium) ให้สสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศ มีการแพร่กระจายออกไป

1.1.3 ผู้ได้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptors) เป็นส่วนของระบบที่สัมผัสกับสสารมลพิษในอากาศ ทำให้ได้รับความเสียหายหรืออันตราย โดยผู้รับผลเสียหายอาจเป็นสิ่งที่มีชีวิต เช่น คน พืชและสัตว์ หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น เสื้อผ้า อาคาร บ้านเรือน วัสดุและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ความเสียหายหรือผลกระทบที่เกิดขึ้น จะมีความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสสารมลพิษในอากาศและระยะเวลาที่สัมผัส จากส่วนประกอบของระบบภาวะมลพิษอากาศที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าปริมาณและชนิดของสสารมลพิษที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิด (Emission) สภาพทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorology) และสภาพภูมิประเทศ (Topography) จะเป็นตัวกำหนดชนิด ปริมาณและความเข้มข้นของสสารมลพิษที่เจือปนอยู่ในอากาศที่อยู่ห่างไกลออกไป ส่วนคุณภาพอากาศจะเป็นตัวกำหนดถึงลักษณะและความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น (Air Pollution Effects) อีกทอดหนึ่ง (นพภาพร, 2547)

จากส่วนประกอบของระบบภาวะสสารมลพิษทางอากาศจะเห็นได้ว่าปริมาณและชนิดของสสารมลพิษที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิด สภาวะทางอุตุนิยมวิทยา และสภาพภูมิประเทศจะเป็นตัวกำหนดชนิด ปริมาณและความเข้มข้นของสสารมลพิษที่เจือปนอยู่ในอากาศ ส่วนคุณภาพอากาศ จะเป็นตัวกำหนดถึงลักษณะและความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น (Air pollution effects)

1.2 ประเภทของแหล่งกำเนิดสสารมลพิษอากาศ (Sources of Air Pollutants)

นพภาพร (2547) กล่าวว่าข้อมูลระดับมลพิษจากแหล่งกำเนิดต่างๆ มีความสำคัญในการรวบรวมและนำไปจัดทำบัญชีการปล่อยมลพิษของเขตพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพอากาศต่อไป โดยประเภทของแหล่งกำเนิดสสารมลพิษอากาศแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1.2.1 แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural Sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดสสารมลพิษอากาศตามกระบวนการทางธรรมชาติ ไม่มีการกระทำของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องแต่อย่างใด เช่น ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า ทะเล และมหาสมุทร ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของละอองเกลือ เป็นต้น

1.2.2 แหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-Made Sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ทำให้มีการระบายสสารมลพิษอากาศ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

ก. แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Sources) ได้แก่ รถยนต์ เรือยนต์ เครื่องบิน เป็นต้น

ข. แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Sources) หมายถึง แหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสสารมลพิษอากาศเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงและเกิดจากกระบวนการผลิตต่างๆ

1.) กระบวนการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ เตาเผาซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการก่อให้เกิดพลังงานความร้อน เช่น เตาเผาเพิ่มความร้อน เตาเผากำจัดของเสีย นอกจากจะทำให้เกิด ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และเขม่า แล้วบางครั้งก็ยังมีไฮโดรคาร์บอน ไฮโดรเจนคลอไรด์และไดออกซินเกิดขึ้นอีกด้วย

2.) การถลุงและแปรรูปโลหะในกระบวนการถลุงแร่ เช่น การเผาและอบจะเกิดการแพร่กระจายของทองแดง ตะกั่ว สังกะสี แคดเมียมปรอทและธาตุอื่น ๆ ในสินแร่ในการอบแร่ที่ปนอยู่กับกำมะถัน นอกจากจะเกิด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) เป็นจำนวนมากแล้วยังมี ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และเขม่า เกิดขึ้นอีกด้วย

3.) การทำงานเกี่ยวข้องกับวัตถุที่มีลักษณะเป็นผง เช่น การบดวัตถุดิบ การคัดแยก การผสม แปรรูปและการขนส่งที่จะก่อให้เกิดฝุ่นละออง

4.) การกลั่นเชื้อเพลิงเหลว ซึ่งการใช้สารละลายและสีจะทำให้เกิดไฮโดรคาร์บอน

5.) การแพร่กระจายของก๊าซพิษ เกิดจากการจัดการที่ขาดความระมัดระวังการกระจายของสารเคมีทางการเกษตร เช่น ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าหญ้า เป็นต้น

6.) การก่อสร้างทำให้เกิดฝุ่นละออง

1.3 ประเภทของสารมลพิษอากาศ (Types of Air Pollutants)

กรมอนามัย (2544) ได้อธิบายและแบ่งประเภทของสารมลพิษในอากาศออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการเกิด ได้แก่

1.3.1 สารมลพิษในอากาศปฐมภูมิ เป็นสารมลพิษในอากาศที่เกิดและถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซ

ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และเขม่าควันดำ ที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงในยานพาหนะ และเตาเผาในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

1.3.2 สารมลพิษในอากาศทุติยภูมิ เป็นสารมลพิษในอากาศที่ไม่ได้เกิดและถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดใดๆ แต่เกิดขึ้นในบรรยากาศทั่วไป จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษในอากาศปฐมภูมิด้วยกันเอง หรือปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษในอากาศปฐมภูมิกับสารประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในบรรยากาศ เช่น ก๊าซโอโซน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีโฟโตเคมีคอล ออกซิเดชัน (Photochemical oxidation) ระหว่างแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในบรรยากาศ โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทั้งก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนและสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นสารมลพิษในอากาศปฐมภูมิที่มีแหล่งกำเนิดหลักมาจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะประเภทต่างๆ

ในประเทศไทยได้มีการประกาศค่าปริมาณสารมลพิษที่ยอมให้ปล่อยสู่บรรยากาศเพื่อควบคุมสารมลพิษหลัก จำนวน 7 ชนิด ซึ่งเป็นสารมลพิษอากาศปฐมภูมิเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) ตะกั่ว ฝุ่นขนาดเล็ก (PM_{10}) และโอโซนซึ่งเป็นมลพิษอากาศทุติยภูมิ นอกจากนี้แล้วยังมีสารมลพิษอากาศที่เป็นอันตราย (Hazardous Air Pollutants : HAPs หรือ Toxic Air Pollutants หรือ Air Toxic) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพระยะยาว โดยจะทำลายภูมิคุ้มกันระบบประสาท และทำให้เกิดความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์และต่อมไร้ท่อ เป็นต้น ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการกำหนดชนิดของสารมลพิษในอากาศที่เป็นอันตรายจำนวน 189 ชนิด ซึ่งแหล่งกำเนิดที่สำคัญได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมเคมี สารกำจัดศัตรูพืช การเผาไหม้ เป็นต้น ในขณะนี้สหรัฐอเมริกายังไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานของ HAPs จากแหล่งกำเนิดให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สำหรับในประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดมาตรฐานของ HAPs ในบรรยากาศแต่มีนโยบายในการควบคุม HAPs จากแหล่งกำเนิด โดยใช้มาตรการในการควบคุมป้องกันการรั่วไหลของแหล่งกำเนิดได้ เช่น การป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention) หรือการใช้เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology) เป็นต้น

1.4 สารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ

สารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ อาจประกอบด้วยหลายชนิด ได้แก่ (นพภาพร ,2550)

1.4.1 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น แหล่งที่มาอาจจำแนกได้เป็นแหล่งที่มาจากธรรมชาติและแหล่งที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษทั้งหมดที่ปล่อยสู่บรรยากาศโดยการกระทำของมนุษย์ พบว่าคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์มีปริมาณมากที่สุด คาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์มากกว่าครึ่งหนึ่งมาจากท่อไอเสียรถยนต์ ดังนั้น ปริมาณของ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในเมืองใหญ่ที่มีการจราจรคับคั่งก็จะมีมาก

1.4.2 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในบรรยากาศอยู่ในรูปสารประกอบ 3 ชนิด คือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂), น้ำ (H₂O) และ ซัลเฟต (SO₄²⁻) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในรูปของละออง (aerosol) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) มีความสำคัญที่สุด เพราะมีผลต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์โดยตรง ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี มีกลิ่นกรด จุดเดือดลบ 10 องศาเซลเซียส ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในบรรยากาศจะมาจาก 2 แหล่ง คือ จากการกระทำของมนุษย์และแหล่งธรรมชาติ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ที่สำคัญ คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิง (fossil fuel) เช่น ถ่านหินและน้ำมันปิโตรเลียม เนื่องจากเชื้อเพลิงเหล่านี้มีสารประกอบของซัลเฟอร์อยู่ด้วย ดังนั้นเมื่อมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหล่านี้ซัลเฟอร์จะถูกออกซิไดซ์เป็น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)

1.4.3 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) สามารถรวมกับออกซิเจน เกิดเป็นออกไซด์ได้หลายแบบ เช่น ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ไนตริกออกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจนไดรอกไซด์ (N₂O₃) เป็นต้น ออกไซด์ของไนโตรเจนที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศโดยการกระทำ ของมนุษย์มี 2 ชนิดคือ ไนตริกออกไซด์ (NO) และ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) แหล่งกำเนิดส่วนใหญ่จะมาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เช่น การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์หรือเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม และเนื่องจาก ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี ดังนั้น ไนโตรเจน

ไดออกไซด์ (NO_2) จะสามารถอยู่ในบรรยากาศได้โดยเฉลี่ย 3 วัน โดยที่ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) จะรวมตัวกับละอองน้ำในอากาศหรือน้ำฝนเกิดเป็นกรดไนตริก (HNO_3) เป็นสาเหตุให้เกิดฝนกรด (acid rain)

1.4.4 ไฮโดรคาร์บอนรวม (THC) ในอากาศส่วนใหญ่เกิดจากแหล่งธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งประมาณได้ว่าสูงถึงร้อยละ 95 ซึ่งเกิดจากกระบวนการทางชีววิทยาทั่วไปของพืชและสัตว์ เช่น การเน่าเปื่อยของซากพืชโดยกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) ซึ่งจะให้ก๊าซมีเทน (CH_4) ส่วนไฮโดรคาร์บอนรวมที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหิน ถ่านไม้ ตลอดจนการระเหยของตัวทำละลายสารอินทรีย์ในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

สุริยา และคณะ (2544) กล่าวถึงสาเหตุการเกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในบรรยากาศว่ามีทั้งเกิดขึ้นเองจากธรรมชาติ เช่น ก๊าซมีเทน (CH_4) เกิดจากการเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ ซากพืช ซากสัตว์ และพบได้ในก๊าซธรรมชาติที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง นอกจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นเองจากธรรมชาติแล้วยังมีสารไฮโดรคาร์บอนจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากโรงงานอุตสาหกรรม และยานพาหนะ เช่น จากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง การเผาไหม้ถ่านหิน การระเหยของน้ำมันปิโตรเลียม การระเหยของสารละลายอินทรีย์ที่เป็นไอระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมด ออกมาทางท่อไอเสีย เรียกว่า “คว้นขาว” ทำให้มีอาการวิงเวียนศีรษะ หัวใจเต้นแรง เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ เกิดอาการคันคอ สามารถก่อให้เกิดมะเร็งที่ปอดได้ เนื่องจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีมากมายหลายชนิดในรูปแบบแตกต่างกัน ทำให้ผลกระทบที่เกิดจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีความแตกต่างกันหลายรูปแบบ บางชนิดอาจทำให้เกิดอาการผิดปกติของทางเดินหายใจ เกิดอาการแสบตา แสบจมูก น้ำตาไหล น้ำมูกไหล และบางชนิดอาจทำให้เกิดอันตรายได้มาก เนื่องจากเป็นสารที่ทำให้เกิดมะเร็งได้ เช่น เบนซีน (Benzene: C_6H_6) สารประกอบเบนซีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่งซึ่งไม่ใช่ น้ำมันเบนซีน สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ

1.4.5 ฝุ่นละออง (Particulates) ฝุ่นละออง ได้แก่ อนุภาค (particle) ซึ่งแขวนลอยในอากาศในรูปของหยดของเหลวหรือของแข็งเล็กๆ particulate ที่เกิดจากธรรมชาติ ได้แก่ ฝุ่นละออง

จากดินแห้ง ละอองเกสรดอกไม้ คาร์บอนจากไฟไหม้ป่าหรือวัตถุที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ ส่วน particulate ที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ วัตถุจากปล่องไฟของโรงงานอุตสาหกรรม สเปรย์ของยาฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ ซึ่งได้จากการบวนการเผาไหม้ และคาร์บอนจากท่อไอเสียรถยนต์ (นพภาพร, 2550)

วนิดา (2547) กล่าวว่าอนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่อยู่ในอากาศ หรือเรียกง่าย ๆ ว่า ฝุ่นอาจเกิดขึ้นในอาคารหรือถูกปล่อยจากแหล่งกำเนิดที่มีทั้งตามธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟ ฝุ่นดิน ที่มากับลม ฝุ่นจากละอองน้ำ ทะเล ไฟป่า และจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น จากการจราจร จากการก่อสร้างจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงตามอาคารบ้านเรือน และโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ฝุ่นละอองจำนวนมากที่แขวนลอยอยู่ในอากาศมีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เรียกว่า ละอองลอย(aerosol) เมื่อละอองลอยมีมากขึ้นจะรวมกันตกสู่พื้นดิน ฝุ่นละอองมีขนาดต่าง ๆ กัน โดยทั่วไปมักจะนิยมแบ่งอนุภาคออกเป็น 3 ช่วงขนาด ได้แก่ ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate, TSP) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 100 ไมครอน ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (Particulate Matter, PM₁₀) มีขนาดเล็กกว่าเส้นผม ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (Particulate Matter, PM_{2.5}) ซึ่งอาจให้คำจำกัดความของอนุภาคฝุ่นละอองทั้ง 3 ขนาดดังนี้

ก. ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate, TSP) เป็นอนุภาคของแข็งและกึ่งของแข็งที่พบในอากาศ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.005 ไมครอนถึง 100 ไมครอน แหล่งกำเนิดโดยธรรมชาติมักเกิดจากการฟุ้งกระจายของดินทรายที่พื้นผิวถนน และสถานที่ก่อสร้าง (Fugitive dust) โดยลมพัดจากพื้นดิน โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยซิลิกาเป็นจำนวนมาก ฝุ่นละอองทางชีวภาพ (Bioaerosol) เช่น สปอร์ ละอองเกสรของพืชต่าง ๆ ส่วนฝุ่นละอองรวมที่พบบริเวณเขตเมือง โดยทั่วไปเป็นการแพร่กระจายแบบปฏิกิริยาจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง ทั้งจากการจราจร โรงงานอุตสาหกรรม และกิจกรรมอื่น ๆ ส่วนฝุ่นทุติยภูมิมาจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบซัลเฟต ไนโตรเจน และกำมะถันอื่น ๆ ไปอยู่ในรูปของอนุภาค

ข. ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (Particulate Matter, PM₁₀) เป็นสารมลพิษทางอากาศที่มีความสำคัญ มีลักษณะเป็นอนุภาคของแข็งและกึ่งของแข็งขนาดเล็ก ได้แก่ ฝุ่น (Dust) คาร์บอน (Smoke) ฟุ้ง (Fume) เขม่า (Soot) ประกอบด้วยมลสารหลายชนิดผสมผสานกัน และมีองค์ประกอบเคมีที่แตกต่างกัน

ค. ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (Particulate Matter, PM_{2.5}) หรือ Fine particle เป็นอนุภาคของแข็งหรือกึ่งแข็งที่อยู่ในสภาพกึ่งระเหย (Semi-volatile) ประกอบด้วยอนุภาคส่วนละเอียดปฐมภูมิ (Primary fine particle) และอนุภาคส่วนละเอียดทุติยภูมิ (Secondary fine particle) ผสมกันอยู่ แต่ส่วนใหญ่ PM_{2.5} จะเป็นอนุภาคทุติยภูมิเกิดขึ้นในอากาศเมื่อก๊าซต่าง ๆ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และสารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds, VOCs) ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถูกเปลี่ยนรูปในอากาศ โดยปฏิกิริยาเคมีและฟิสิกส์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวัฏภาคจากก๊าซไปอยู่ในรูปของอนุภาค ทั้งอนุภาคส่วนละเอียดปฐมภูมิและอนุภาคส่วนละเอียดทุติยภูมิมีช่วงเวลาที่อยู่ในอากาศเป็นระยะเวลายาวนานเป็นวันหรือสัปดาห์ และสามารถเคลื่อนที่ไปได้ในระยะไกล (100 –1,000 กิโลเมตร)

1.4.6 โอโซน (O₃) นพภาพร (2550) ได้อธิบายคุณสมบัติของ โอโซน (O₃) ว่าเป็นก๊าซที่ไม่มีสี มีจุดเดือดลบ 111.9 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศของโทรโปสเฟียร์มีปริมาณน้อยมาก คือ 0.02 ส่วนในล้านส่วน โดยปริมาตร แหล่งที่ทำให้เกิดโอโซน (O₃) ในชั้นโทรโปสเฟียร์ที่สำคัญ คือ โอโซน (O₃) ที่เคลื่อนย้ายมาจากชั้นสตราโตสเฟียร์โดยการแลกเปลี่ยนระหว่างชั้นโทรโปสเฟียร์และชั้นสตราโตสเฟียร์ โอโซน (O₃) ที่เกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัล (photochemical reaction) และ โอโซน (O₃) ที่เกิดจากแหล่งธรรมชาติ

1.5 ผลกระทบจากสารมลพิษอากาศ

นพภาพร (2547) ได้อธิบายว่าผลกระทบจากสารมลพิษอากาศ ทำให้เกิดผลต่อสิ่งต่างๆ ได้มากมาย เช่น เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของคนและสัตว์ทำลายพืช ทำให้วัสดุเสียหาย ทำให้เกิดผลกระทบแก่สภาพภูมิอากาศ และเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศวิทยา โดยที่ลักษณะและความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศ รวมทั้งระยะเวลาของการสัมผัสกับสารมลพิษอากาศ นอกจากนี้สารมลพิษอากาศบางชนิดยังอาจมีผลที่เสริมฤทธิ์กัน (Synergism) ทำให้ผลที่เกิดขึ้น ทวีความรุนแรงมากขึ้นกว่าผลที่เกิดขึ้นหากมีเพียงสารมลพิษอากาศเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น หรืออาจมีผลหักล้างซึ่งกันและกัน (Antagonism) ทำให้ผลที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงน้อยลง

1.5.1 ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ มีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากเกี่ยวข้องกับชีวิตและความแข็งแรงสมบูรณ์ของมนุษย์ อันตรายที่เกิดขึ้นอาจเริ่มตั้งแต่การก่อให้เกิดความรำคาญ ระคายเคือง เกิดการเปลี่ยนแปลงในร่างกายโดยไม่แสดงอาการ จนกระทั่งมีอาการชัดเจนและถึงขั้นเสียชีวิต นอกจากนี้อันตรายต่อสุขภาพอาจจะไม่ได้เกิดขึ้นโดยตรงเนื่องจากสารมลพิษอากาศเพียงอย่างเดียว แต่อาจเกิดโดยทางอ้อมจากโรคแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นเมื่อร่างกายอ่อนแอจากการได้รับหรือสัมผัสกับสารมลพิษอากาศ โดยปกติแล้วมนุษย์จะรับสารมลพิษอากาศเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ และการสัมผัสทางผิวหนังและนัยน์ตา

1.5.2 ผลกระทบของสารมลพิษต่อ พืช คนและสัตว์ จากข้อพิสูจน์ต่าง ๆ ได้พบว่าสารมลพิษในอากาศมีผลกระทบต่อสุขภาพของคนและสัตว์เป็นอันตรายต่อพืชผลธัญญาหารต่าง ๆ ทำให้เครื่องอุปโภคต่าง ๆ เสียหาย ทำให้อากาศเป็นพิษหมอกมัว และกั้นการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ การวัดความเสียหายต่อสิ่งต่าง ๆ จากสารมลพิษนั้นยากมาก ไม่สามารถจะชี้ขาดลงไปได้

1.6 หน่วยวัดสารมลพิษ

พูลพร (2537) ได้อธิบายหน่วยที่ใช้วัดความเป็นสารมลพิษ มี 3 แบบ ดังนี้

1.6.1 หน่วยวัดโดยปริมาตร ppm (Parts per million) เป็นหน่วยส่วนของล้าน คิดเป็นปริมาตร แต่ถ้าจำนวนสูงมากขึ้นก็อาจใช้หน่วย pphm หรือ ppb คือ เป็นส่วนของร้อยล้าน

ppm	=	parts per million
ppb	=	parts per billion
pphm	=	parts per hundred million

1.6.2 หน่วยวัดโดยน้ำหนัก Microgram per cubicmeter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) เป็นการวัดน้ำหนักของสารมลพิษต่อปริมาตรเป็นลูกบาศก์เมตรของอากาศ ส่วนใหญ่มักจะใช้วัดพวกสารที่เป็นของแข็งหรือของเหลว แต่บางทีก็ใช้วัดสารเป็นก๊าซที่มีน้ำหนักมากก็ได้ อาจจะแปลงหน่วยได้

โดยใช้น้ำหนักโมเลกุลและปริมาตร 1 โมเลกุลของสารที่สภาวะ 25 องศาเซลเซียส 1 บรรยากาศ
 เช่น $1\mu\text{g}/\text{m}^3 = (\text{ppm} \times 24,500/\text{mol. Wt.}) \times 10^{-6}$

1.6.3 หน่วยวัดโดยน้ำหนัก กรัมต่อกิโลเมตร (g/km) เป็นหน่วยวัดสารมลพิษ เป็น
 น้ำหนักต่อระยะทางจะใช้ในการวัดสารมลพิษจากเครื่องยนต์ โดยใช้กระบวนการวัดด้วยเครื่องเก็บ
 ตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่ Constant volume sampler (CVS)

2. แหล่งกำเนิดสารมลพิษและระบบควบคุมการปล่อยสารมลพิษจากไอเสีย รถจักรยานยนต์

2.1 ฝุ่นมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ (2538) ได้อธิบายแหล่งถึง
 กำเนิดสารมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ ไว้ว่า กรณีพิจารณาการทำงานของเครื่องยนต์
 และระบบการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จะพบว่ามีแหล่งกำเนิดสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ได้ 3
 แหล่ง

2.1.1 การระเหยจากเชื้อเพลิง (Fuel evaporation gas) ไฮโดรคาร์บอนระเหย
 ออกมาจากส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ เช่น จากถังน้ำมันและคาร์บูเรเตอร์ ปริมาณจะมากหรือน้อย
 ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของบรรยากาศ อุณหภูมิของเครื่องยนต์ และความสามารถในการระเหยของ
 น้ำมัน จากสัดส่วนของไฮโดรคาร์บอนที่ระบายออกทั้งหมดจากรถยนต์ประมาณได้ว่า จะมี
 ไฮโดรคาร์บอนระบายออก ร้อยละ 20 จากระบบนี้ ในเครื่องยนต์เบนซิน

2.1.2 การระบายจากห้องเครื่อง (Crank case) จะมีบางส่วนของไอดี ซึมผ่านลูกสูบ
 ออกมาในจังหวะอัด มาที่อ่างน้ำมันเครื่องเล็กน้อยในจังหวะกำลัง ซึ่งมักจะเป็นก๊าซไฮโดรคาร์บอน
 ทั้งสิ้น เครื่องยนต์เบนซิน ไฮโดรคาร์บอนจะระบายออกจากระบบนี้ ร้อยละ 25 ของไฮโดรคาร์บอน
 ทั้งหมดที่ระบายออกจากรถจักรยานยนต์

2.1.3 การระบายออกจากไอเสีย (Exhaust gas) สารมลพิษจากแหล่งนี้เป็นส่วนที่มี
 อันตรายและมีปริมาณมากที่สุด ซึ่งมาจากผลการสันดาปของเชื้อเพลิงและสารอื่นๆ เช่น
 ไฮโดรคาร์บอนที่ยังไม่เผาไหม้และเผาไหม้บางส่วน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มาจากการเผาไหม้

ไม่สมบูรณ์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ที่เกิดจากการเผาไหม้ของไนโตรเจนกับอากาศที่อุณหภูมิสูง และยังมีควันดำ อันเป็นลักษณะเฉพาะสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลอีกด้วย

2.1.4 ระบบควบคุมการปล่อยสารมลพิษจากไอเสีย

ประณต (2552) ได้อธิบายการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ แม้อุปกรณ์และการปรับแต่งอุปกรณ์จะสมบูรณ์ที่สุดเพียงใดก็ตาม การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ก็ไม่เคยมีจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ยังมีเชื้อเพลิงบางส่วนที่ยังไม่เผาไหม้ อันได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน และเชื้อเพลิงที่เผาไหม้บางส่วน ได้แก่ คาร์บอนมอนนอกไซด์ยังคงเหลืออยู่ในก๊าซไอเสีย ไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้จะเผาไหม้ได้หมดถ้าอุณหภูมิของการเผาไหม้สูงกว่าที่เกิดขึ้นตามปกติ อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิที่สูงกว่าดังกล่าวแม้จะช่วยให้ไฮโดรคาร์บอนเผาไหม้ได้หมด แต่อุณหภูมิดังกล่าวก็จะทำให้เกิดไนโตรเจนออกไซด์เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน สารที่ปะปนมากับก๊าซไอเสียเหล่านี้ เป็นสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพยายามขจัดหรือลดสารเหล่านี้ให้หมดไป หรือให้เหลือน้อยที่สุดที่จะไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ได้

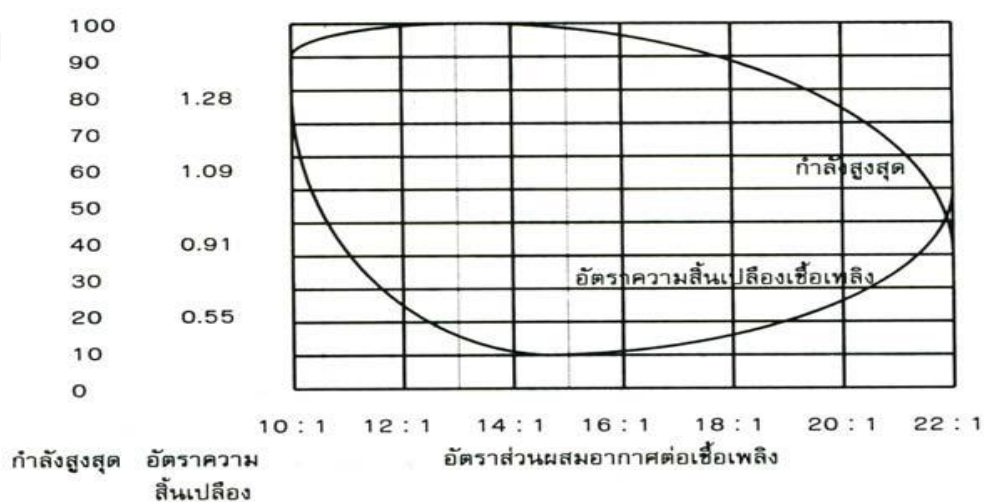
2.1.5 การลดสารมลพิษในก๊าซไอเสียสามารถทำได้ใน 4 แนวทาง ดังนี้

1. การควบคุมคุณภาพเชื้อเพลิง
2. การควบคุมส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิง
3. การควบคุมกระบวนการเผาไหม้
4. การบำบัดก๊าซไอเสีย

3. เครื่องยนต์รถจักรยานยนต์

บุญธรรม (2542) ได้อธิบายเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ในปัจจุบันจะใช้หลักการของเครื่องยนต์ก๊าซซิลิน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ (Spark-ignition engine, SI engine) เป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน มีการจุดระเบิดโดยใช้ประกายไฟและใช้เชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมันเบามีการระเหยง่าย มีลักษณะการเผาไหม้โดยที่อากาศกับเชื้อเพลิงจะทำการผสมกันในระบบไอดี ก่อนที่จะเข้าไปในกระบอกสูบโดยใช้ระบบการฉีดจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ หรือระบบหัวฉีด

เครื่องยนต์ SI ต้องการอัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงที่ถูกต้องแน่นอนในแต่ละสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ปริมาณของอากาศที่ต้องการทางทฤษฎีคือปริมาณของอากาศซึ่งต้องเพียงพอสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง เครื่องยนต์ SI จะทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุดและเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์หมดจดจะต้องให้ปริมาณอากาศน้ำหนัก 14.7 กิโลกรัม หรือประมาณ 15 กิโลกรัม ถ้าคิดเป็นอัตราส่วนของอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงจะเท่ากับ 15:1 โดยส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนต่าง ๆ ที่ป้อนเข้ากับเครื่องยนต์จะมีผลต่อกำลังงานของเครื่องยนต์และความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานและความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ที่มา: เสมอขวัญ (2545)

วีระศักดิ์ (2546) ได้อธิบายเครื่องยนต์แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ เครื่องยนต์ที่จุดระเบิดโดยใช้หัวเทียนและเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดโดยใช้การอัดอากาศ แต่เครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ทั้งหมดจะเป็นเครื่องยนต์แบบที่จุดระเบิดโดยใช้หัวเทียนทั้งหมด เนื่องจากมีขนาดเล็กและให้กำลังงานต่อน้ำหนักสูง ดังนั้น เครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ในปัจจุบันจึงแบ่งได้ตามจังหวะการทำงานได้เป็น 2 แบบ คือ เครื่องยนต์ แบบ 4 จังหวะและเครื่องยนต์แบบ 2 จังหวะ

3.1 เครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ (Four Stroke Cycle)

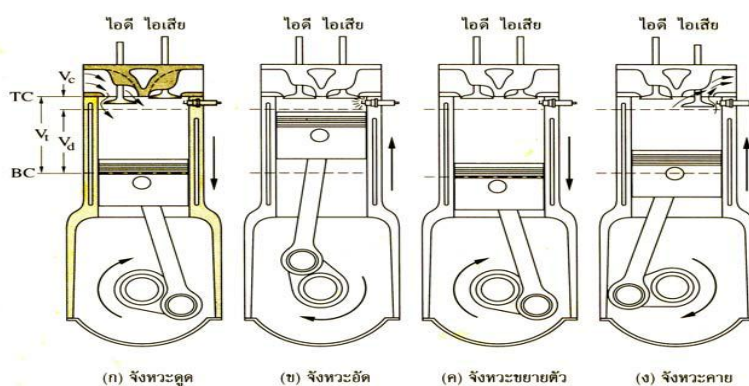
การทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะในแต่ละรอบของเครื่องยนต์ รถจักรยานยนต์มีขบวนการทำงาน 4 ขั้นตอน หรือ 2 รอบหมุนของเพลาคือเหวี่ยง ซึ่งแสดงดังภาพที่ 2

3.1.1 จังหวะดูด (Intake Stroke) เป็นจังหวะเริ่มต้นการทำงานของเครื่องยนต์ โดยลูกสูบจะถูกดึงให้เคลื่อนที่ลงจากศูนย์ตายบน (Top Dead Center) มายังศูนย์ตายล่าง (Bottom Dead Center) และในจังหวะนี้วาล์วไอดีจะเปิดออกเพื่อนำไอดีซึ่งเป็นส่วนผสมของอากาศกับละอองน้ำมันเชื้อเพลิงให้สามารถไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้

3.1.2 จังหวะอัด (Compression Stroke) ในจังหวะนี้วาล์วไอดีและวาล์วไอเสียจะถูกปิดลงเพื่อให้ภายในห้องเผาไหม้กลายเป็นระบบปิด จากนั้นลูกสูบจะถูกขับให้เคลื่อนที่ขึ้นเพื่อที่จะอัดให้ไอดีในห้องเผาไหม้มีความดันและอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับการจุดระเบิดจากประกายไฟของหัวเทียนเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึงศูนย์ตายบน

3.1.3 จังหวะกำลัง (Power Stroke) เป็นจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงเพื่อถ่ายทอดกำลังที่ได้จากการเผาไหม้ไอดีภายในห้องเผาไหม้ไปยังเพลาคือเหวี่ยงในระหว่างจังหวะกำลังนั้นทั้งวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียจะปิด โดยจังหวะนี้เป็นเพียงจังหวะเดียวในสี่จังหวะการทำงานที่ทำให้กำลังออกมาจากเครื่องยนต์

3.1.4 จังหวะคาย (Exhaust Stroke) เป็นจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นเพื่อระบายไอเสียที่ถูกเผาไหม้หลังการจุดระเบิดผ่านทางวาล์วไอเสียที่ถูกเปิดออก เพื่อเป็นช่องทางให้ไอเสียสามารถออกไปตามท่อไอเสียไปสู่บรรยากาศภายนอกได้



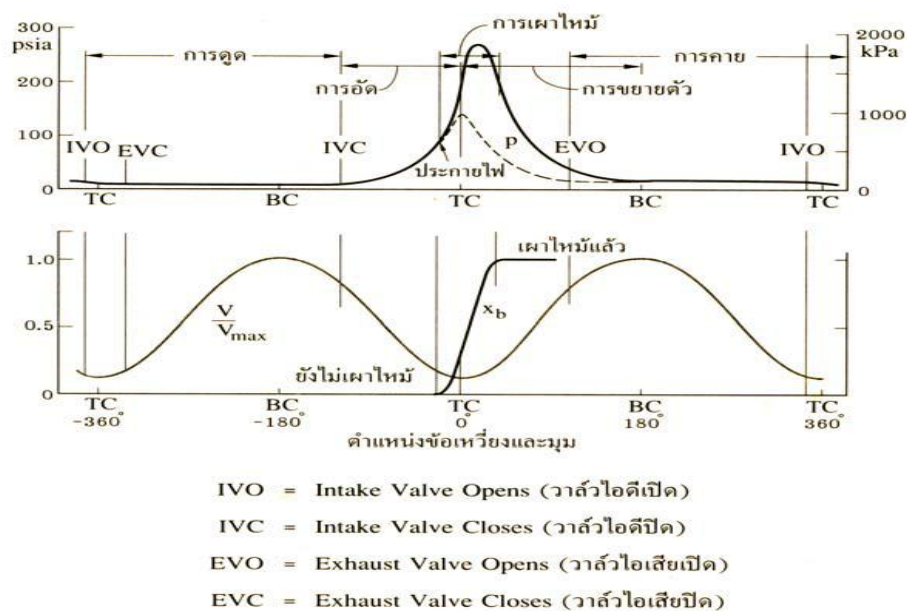
ภาพที่ 2 วัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

ที่มา: ศักดา (2547)

สำหรับวัฏจักรการทำงานแต่ละวัฏจักรจะเริ่มจากการนำไอดีเข้าหรือการดูดซึ่งจะเริ่มต้นเมื่อวาล์วไอดีเปิดและไปสิ้นสุดเมื่อวาล์วไอดีปิด ในทางปฏิบัติ เพื่อจะรักษาการไหลของสารผสมให้สูงไว้ที่อัตราเร็วเครื่องยนต์สูงวาล์วไอดีจะเปิดก่อน TC (Top Dead Center) และเปิดหลัง BC (Bottom Dead Center) ในระหว่างการนำไอดีเข้านี้ ไอดี (สารผสมอากาศกับเชื้อเพลิง) ที่เข้าไปในระบบสูบจะผสมกับแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ค้างอยู่ในระบบสูบจากวัฏจักรการทำงานที่ผ่านมา เมื่อวาล์วไอดีปิด แก๊สที่อยู่ในระบบสูบจะถูกอัด ทำให้เกิดความดันและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาตรลดลง ซึ่งเรียกว่า การอัด การอัดเริ่มต้นเมื่อวาล์วไอดีปิดและไปสิ้นสุดเมื่อลูกสูบถึง TC (Top Dead Center) ดังแสดงในภาพที่ 3

ก่อนที่ลูกสูบจะถึง TC (Top Dead Center) ระหว่าง 10-40 องศาข้อเหวี่ยง หัวเทียนจะให้ประกายไฟออกมาเพื่อเริ่มต้นการเผาไหม้ ซึ่งจะเกิดเป็นเปลวไฟขึ้นแล้วแพร่ออกไปในสารผสมของอากาศ เชื้อเพลิงและก๊าซที่ค้างอยู่ในระบบสูบ แล้วไปดับที่ผนังของห้องเผาไหม้ ช่วงการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับ การออกแบบและการทำงานของเครื่องยนต์ แต่โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 40 ถึง 60 องศาข้อเหวี่ยง เมื่อสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศเผาไหม้ ความดันระบบสูบสูงขึ้น สูงกว่าระดับความดันที่เกิดขึ้นจากการอัดเพียงอย่างเดียว ซึ่งกราฟเส้นประนี้เป็นกราฟความดันระบบสูบที่เกิดจากการหมุนของเครื่องยนต์โดยไม่มีการเผาไหม้ (Motored Cycle) ส่วนกราฟเส้นเต็มที่เป็นกราฟความดันระบบสูบที่มีการเผาไหม้ (Firing Cycle) ในช่วงการเผาไหม้ ในแต่ละระบบสูบและในแต่ละวัฏจักรการทำงานจะไม่เหมือนกัน ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการ

ไหลและส่วนประกอบของสารผสมระหว่างกระบอกสูบแต่ละกระบอก ทำให้กระบวนการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งไม่เหมือนกัน



ภาพที่ 3 ลำดับของเหตุการณ์ในวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ
 สี่จังหวะ

ที่มา: วีระศักดิ์ (2546)

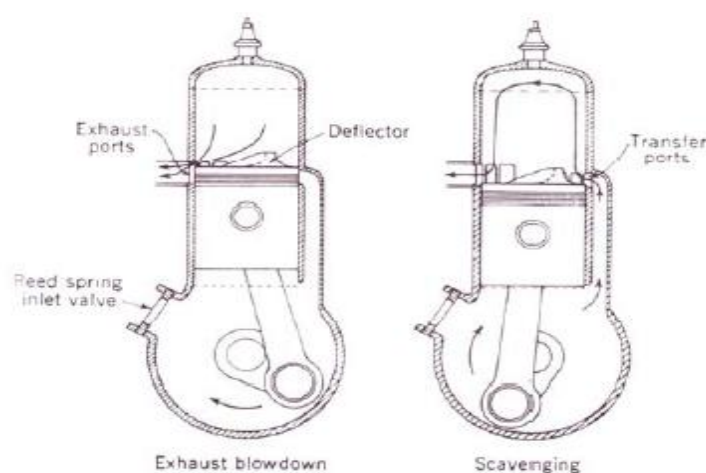
วีระศักดิ์ (2546) ได้อธิบาย มวลของเชื้อเพลิงกับอากาศภายในกระบอกสูบหนึ่ง ๆ จะมี จังหวะการจุดระเบิดหรือจังหวะที่หัวเทียนให้ประกายไฟออกมา (Spark timing) ที่เหมาะสม ที่สุดจังหวะหนึ่งซึ่งจะให้ทอร์กเบรกสูงสุดที่เรียกว่าจังหวะ Maximum Brake Torque หรือ MBT ถ้าจังหวะที่หัวเทียนให้ประกายไฟออกมาก่อน (Advanced timing) หรือหลัง (Retarded timing) จังหวะทอร์กเบรกสูงสุดกำลังของเครื่องยนต์ก็จะลดลง

3.2 เครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ (Two Stroke Cycle)

การทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะในแต่ละรอบของเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์มีขบวนการทำงาน 2 ขั้นตอน หรือ 1 รอบหมุนของเพลาคือหนึ่งรอบ ซึ่งแสดงดังภาพที่ 4

3.2.1 จังหวะอัด เริ่มต้นเมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายล่าง ช่องไอดีและช่องไอเสียยังเปิดอยู่ทำให้ไอดีเข้าไปไล่อากาศออกจากกระบอกสูบจนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นไปปิดช่องไอดีและไอเสีย ลูกสูบก็จะอัดสารผสมในกระบอกสูบและเมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบน การจุดระเบิดและการเผาไหม้จะเกิดขึ้น

3.2.2 จังหวะกำลัง เป็นจังหวะที่ลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบน ก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ระหว่างอากาศกับละอองน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งมีอุณหภูมิและความดันสูงจะดันลูกสูบเคลื่อนที่ลงและทำให้เพลาคือหนึ่งรอบ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ถึงศูนย์ตายล่างลูกสูบจะไปเปิดช่องไอเสียก่อนทำให้ไอเสียในกระบอกสูบไหลออกจากกระบอกสูบแล้วช่องไอดีจึงจะถูกเปิดให้ไอดีเข้าไปไล่อากาศออกจากกระบอกสูบเคลื่อนที่ถึงศูนย์ตายล่างซึ่งเป็นการเริ่มจังหวะอัดของวัฏจักรต่อไป



ภาพที่ 4 วัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

ที่มา: วีระศักดิ์ (2546)

4. เชื้อเพลิงและการเผาไหม้

พูลพร (2537) ได้อธิบายถึง เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน คุณสมบัติของเชื้อเพลิง และกระบวนการเผาไหม้ ดังนี้

เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในเป็นสารผสมไฮโดรคาร์บอนรวมที่มีโมเลกุลและน้ำหนักต่าง ๆ กัน สารผสมไฮโดรคาร์บอนรวม นี้ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบปิโตรเลียมซึ่งสามารถแบ่งน้ำมันดิบเป็น 2 ชนิดคือเป็น Paraffin base หรือ Naptha base ในการกลั่นแยกส่วนต่าง ๆ ออกจากการกลั่น อาศัยสารไฮโดรคาร์บอนรวม ที่มีจุดเดือดต่างกัน ส่วนเบาที่มีจุดเดือดต่ำกว่า เช่น C_4H_{10} (butane) C_3H_8 (propane) C_2H_6 (ethane) จะแยกออกมาก่อน แล้วต่อมาก็จะเป็นก๊าซโซลีนแนปทา คีโรซีน ดีเซล น้ำมันหล่อลื่น และซีฟี่หรือยางมะตอย

4.1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง ที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบของไฮโดรคาร์บอนรวม ก่อนที่กล่าวถึงการเผาไหม้จึงควรจะศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนรวมก่อน

4.1.1 ค่าความร้อน (Heating Value) คือ ปริมาณความร้อนที่เชื้อเพลิงให้หลังจากการเผาไหม้ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก ซึ่งอาจหาค่าได้โดยใช้ Gas Calorimeter หรือ Bomb Calorimeter ก็ได้ ค่าความร้อนที่ทดลองได้จาก Calorimeter จะเป็นค่าความร้อนสูงกว่า (Higher heating Value) สำหรับในการใช้งานมักจะใช้ค่าความร้อนต่ำกว่า (Lower heating Value) มาใช้ในการคำนวณ

4.1.2 ความสามารถในการระเหย (Volatility) คือ ความสามารถในการระเหยต่ออุณหภูมิของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนรวม คุณสมบัติของการระเหยต่ออุณหภูมินี้มีความสำคัญต่อการใช้งาน คือ เชื้อเพลิงส่วนที่ระเหยเท่านั้นจึงจะเกิดการสันดาป อุณหภูมิในการใช้งานของเครื่องยนต์มีค่าต่าง ๆ กัน จึงจำเป็นต้องเลือกเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับอุณหภูมินั้นๆ เพื่อให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์

4.1.3 นัมเบอร์ออกเทน (Octane Number) คือ ตัวเลขบอกความต้านทานต่ออุณหภูมิและความดันในการติดไฟ ถ้าความดันและอุณหภูมิสูงก็เรียกว่า เชื้อนั้นมี Octane Number สูง

วิชาฯ (2550) ได้อธิบายเกี่ยวกับสารที่เพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันเบนซินไว้ว่า Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) เป็นสารเคมีที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบผลิตขึ้นได้จากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่าง Methanol และ Isobutane ที่ผ่านมาในอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมได้มีการนำสารดังกล่าวมาใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเติมลงในน้ำมันเบนซิน เพื่อช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่ออกมาจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ และช่วยเพิ่มค่าออกเทนของน้ำมันแทนสารตะกั่ว และยังสามารถต้านการน็อคของเครื่องยนต์แทนสารประกอบตะกั่ว ซึ่งได้ถูกยกเลิกไปแล้ว ในหลายประเทศได้ยกเลิกการใช้สาร MTBE แล้วโดยเปลี่ยนมาใช้สารออกซิเจนอื่นๆ ที่สร้างปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เช่น เอทานอล เป็นต้น

4.1.4 นัมเบอร์ซีเทน (Cetane Number) คือ ตัวเลขที่บอกว่า ในความดันและอุณหภูมิหนึ่งนั้นเชื้อเพลิงจะสามารถจะติดไฟได้เร็วแค่ไหน โดยเฉพาะน้ำมันดีเซล โดยเทียบกับน้ำมัน Cetane $C_{16}H_{34}$ จะมี Cetane No. = 100 และน้ำมัน Alpha methyl-naphthalene $C_{11}H_{10}$ ซึ่งมี Cetane No. = 0

4.1.5 จุดวาบไฟ (Flash Point) คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถให้ไอและติดไฟขึ้นได้

4.1.6 จุดติดไฟ (Fire Point) คือ อุณหภูมิที่เชื้อเพลิงสามารถให้ไอและติดไฟได้เอง

4.1.7 ความถ่วงจำเพาะ คือ น้ำหนักของน้ำมันต่อปริมาตรของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน ธรรมดาทั่วไปนิยมใช้เป็น API Gravity (American Petroleum Institute) ซึ่งหาจาก API Gravity = $141.5 / (Sp. Gr. At 60F/60F) - 131.5$ โดยทั่วไป ถ้า API Gravity สูงน้ำมันนั้นจะมีค่าซีเทนสูง

4.1.8 ปริมาณกำมะถัน คือ ปริมาณกำมะถันที่มีในเชื้อเพลิง ถ้าปริมาณกำมะถันมากจะให้โทษกับเครื่องยนต์ โดยที่กำมะถันทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และน้ำจะกลายเป็นกรดกำมะถัน ซึ่งจะกัดโลหะให้ผุกร่อนไป

4.1.9 Carbon Residue คือ ปริมาณคาร์บอนที่ยังเหลือในเชื้อเพลิงหลังจากเผาไหม้แล้วอาจจะเป็นเพราะปริมาณอากาศ หรือออกซิเจนไม่พอ หรือเพราะภาวะไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์และมีปริมาณคาร์บอนเหลืออยู่จะเป็นรูปของคาร์บอน

4.1.10 Ash คือ ขี้เถ้าที่เหลือหลังจากเผาเชื้อเพลิงแล้ว ถ้าเชื้อเพลิงใดมีขี้เถ้ามาก ก็ต้องมีกระบวนการขจัดขี้เถ้า ดังนั้น จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน

4.2 กระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

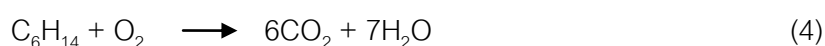
กระบวนการเผาไหม้ คือ การเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอาจเป็นเชื้อเพลิงแข็ง เหลว หรือก๊าซก็ได้ หลังจากการเผาไหม้แล้วก็จะให้พลังงานความร้อนออกมา ซึ่งจะนำไปแปลงเป็นพลังงานรูปอื่นตามต้องการได้ ในกระบวนการสันดาป ต้องหาวิธีที่ทำได้ง่าย และหลังสันดาปแล้วให้พลังงานมากและสามารถจะควบคุมพลังงานนั้นได้ด้วย

พูลพร (2537) กล่าวว่า ในการเกิดการสันดาปนั้น เป็นการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของสารขึ้น ซึ่งมี 2 แบบคือ

- Exothermic Reaction คือ การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีแล้วมีการคายหรือจ่ายพลังงานออกจากกระบวนการ
- Endothermic Reaction คือ การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยมีการดูดพลังงานความร้อนเข้าไปเพื่อทำปฏิกิริยา

4.2.1 อากาศในการเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงนั้น จำเป็นต้องมีออกซิเจนเข้าช่วยในการทำปฏิกิริยา ออกซิเจนที่นำมาใช้ในกระบวนการก็มักจะเป็นออกซิเจนจากอากาศธรรมดาในอากาศทั่วไปนั้นนอกจากจะมีออกซิเจนแล้ว ยังมีสารอื่นปนอยู่ด้วย คือ ไนโตรเจน (N_2) อาร์กอน (Ar) ฮีเลียม (He) คริปตอน (Kr) ซีซีนอน (Xe) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไอน้ำ แต่ส่วนผสมส่วนใหญ่จะเป็น ออกซิเจน (O_2) และ ไนโตรเจน (N_2) ส่วนสารอื่น ๆ ดังกล่าวข้างต้นนั้นมีน้อยมาก

4.2.2 สมการของการเผาไหม้ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงก็ใช้ปฏิกิริยาเคมีธรรมดา โดยเขียนสมการเคมีขึ้นแล้วก็ Balance สมการให้เกิดการสมดุลกัน เช่น



ในกระบวนการเผาไหม้จะใช้อากาศโดยตรงเข้าไปช่วยในการเผาไหม้โดยไม่แยกไนโตรเจน (N_2) ออก ด้วยเหตุที่ไนโตรเจน (N_2) เป็นก๊าซเฉื่อย ไม่เกิดปฏิกิริยากับเชื้อเพลิง แต่ก็มีผลเสีย คือ ทำให้เกิดปฏิกิริยาข้างเคียงจากกีดขวางทางในการทำปฏิกิริยาทางเชื้อเพลิงกับออกซิเจน (O_2) นอกจากนี้ ไนโตรเจน (N_2) ยังดูดเอาความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ไปด้วย ทำให้อุณหภูมิของการเผาไหม้ลดลง

อย่างไรก็ดี ในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในอุปกรณ์ที่ใช้ในปัจจุบันจะไม่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยาเร็วและไม่ต้องการให้อุณหภูมิสูงเกินไป เพราะจะทำให้การควบคุมพลังงานที่ได้ยากแล้ว อุณหภูมิสูง ยังจะทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เป็นโลหะเกิดการเสียหายได้ จึงเป็นการเหมาะสมที่จะใช้อากาศธรรมชาติเข้าไปช่วยในการสันดาปของเชื้อเพลิง

อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะคิดเฉพาะ	N_2	:	O_2
อัตราส่วนโดยปริมาตร	79	:	21
อัตราส่วนโดยน้ำหนัก	77	:	23
N_2/O_2	โดยปริมาตร	79/21	= 3.76
เวลาเขียน	อากาศ	=	$O_2 + 3.76 N_2$

5. น้ำมันเบนซิน

ประณต (2552) ได้อธิบายว่าน้ำมันเบนซินหรือน้ำมันแก๊สโซลีน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม (กลั่นที่อุณหภูมิ 315 - 371 องศาเซลเซียส หรือ 600 - 700 องศาฟาเรนไฮต์) แต่น้ำมันที่ได้จากการกลั่นเป็นน้ำมันพื้นฐานที่ยังมีคุณสมบัติไม่เหมาะต่อการนำไปใช้งาน จึงต้องมีการเติมสารเพิ่มคุณภาพต่าง ๆ ลงไป เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้นและเหมาะต่อการนำไปใช้งานสารเพิ่มคุณสมบัติดังกล่าว ได้แก่ สารเพิ่มค่าออกเทน (Octain Additive) สารป้องกันสนิมและการกัดกร่อน (Rust and Corrosion inhibitors) สารต้านการรวมตัวกับอากาศ (Anti-oxidant) และสารชะล้างทำความสะอาด (Detergent) เป็นต้น

5.1 คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันเบนซิน

น้ำมันเบนซินที่ดีจะต้องระเหยตัวได้ง่ายในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม น้ำมันเบนซินที่มีค่าการระเหยตัวสูงเกินไปคือระเหยตัวที่อุณหภูมิต่ำ จะทำให้มีโอกาสเกินไออุด (vapour lock) ได้ง่าย ทำให้ไม่มีน้ำมันเบนซินจ่ายไปยังคาร์บูเรเตอร์ จึงทำให้เครื่องยนต์เกิดอาการสะดุดและดับ น้ำมันเบนซินที่มีค่าการระเหยตัวต่ำเกินไป คือการระเหยตัวที่อุณหภูมิสูง จะทำให้น้ำมันเบนซินเผาไหม้ไม่หมดขณะที่เครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ น้ำมันที่ตกค้างก็จะซึมผ่านแหวนลูกสูบลงสู่อ่างน้ำมันเครื่อง ทำให้น้ำมันเครื่องเจือจาง สูญเสียคุณสมบัติในการหล่อลื่น เป็นผลทำให้เครื่องยนต์มีการสึกหรอสูงขึ้น น้ำมันเบนซินที่ระเหยตัวได้ง่าย ขณะที่เครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำอยู่ จะเป็นที่ต้องการสำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้ในประเทศที่มีอากาศหนาวเย็น เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถสตาร์ทติดเครื่องได้โดยง่าย การหาค่าการระเหยตัวของน้ำมันเบนซินจะหาได้จากการทดสอบการกลั่น และการทดสอบหาความดันไอน้ำมัน ซึ่งในการทดสอบการกลั่นที่อุณหภูมิ 158 องศาฟาเรนไฮต์ (70 องศาเซลเซียส) ไอน้ำมันจากการระเหยจะต้องต้องมีปริมาณเพียงพอต่อการสตาร์ทติดเครื่องยนต์แม้ในขณะที่อากาศเย็น อย่างไรก็ตาม ปริมาณไอน้ำดังกล่าวจะต้องไม่มากเกินไปจนทำให้เกิดฟองไอ (vapour bubble) และเกิดไออุดเมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูงขึ้นและเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 356 องศาฟาเรนไฮต์ (180 องศาเซลเซียส) ประมาณร้อยละ 90 ของน้ำมันจะต้องระเหยกลายเป็นไอ จึงแน่ใจได้ว่าจะไม่มีน้ำมันที่เหลือจากการเผาไหม้ที่จะทำให้ น้ำมันเครื่องเกิดการเจือจาง

5.2 ค่าออกเทนของน้ำมันเบนซิน

ค่าออกเทนของน้ำมันเบนซิน คือ ตัวเลขที่แสดงค่าความสามารถในการต้านทานการน็อคของเครื่องยนต์ขณะมีการเผาไหม้เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบจากเชื้อเพลิงมาตรฐานที่มีส่วนประกอบของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนบริสุทธิ์ 2 ชนิด ได้แก่ ไอโซออกเทน (C_8H_{18}) ซึ่งมีคุณสมบัติต้านทานต่อการน็อคดีที่สุด ให้มีค่าออกเทนเท่ากับ 100 และ นอร์มัลเฮปเทน (C_7H_{16}) ซึ่งมีคุณสมบัติต้านทานต่อการน็อคน้อยที่สุด ให้มีค่าออกเทนเท่ากับ 0 ดังนั้น น้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนเท่ากับ 95 จึงหมายถึง น้ำมันเบนซินที่เมื่อมีการเผาไหม้เกิดขึ้นแล้วจะมีผลเท่ากับการเผาไหม้ของน้ำมันเบนซินที่มีส่วนผสมของไอโซออกเทนเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ กับนอร์มัลเฮปเทนเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

5.3 มาตรฐานน้ำมันเบนซินในประเทศไทย

น้ำมันเบนซินที่ใช้กันโดยทั่วไปในประเทศไทยย้อนหลังไปตั้งแต่ปี พ.ศ.2537 จะใช้น้ำมันชนิดที่มีสารตะกั่วเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มค่าออกเทน สารตะกั่วที่นิยมนำมาผสม ได้แก่ Tetraethyl lead ที่เรียกสั้น ๆ ว่า TEL สารชนิดนี้จะทำให้น้ำมันเบนซินมีค่าออกเทนสูงขึ้น แต่จากปัญหาด้านมลภาวะในสิ่งแวดล้อมที่นับวันมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ทำให้ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกได้หันมารณรงค์ให้เลิกใช้สารตะกั่วในน้ำมันเบนซิน ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่สนองตอบต่อความต้องการดังกล่าวของประชาคมโลกด้วยการประกาศเลิกใช้น้ำมันเบนซินชนิดมีสารตะกั่ว และหันมาใช้สารชนิดอื่นแทน เช่น Methyl, Tertiary, Butyl, Ether) ที่เรียกสั้น ๆ ว่า MTBE เป็นต้น นอกจากนั้นยังบังคับให้ใช้สารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันเบนซินให้ดีขึ้น เหมาะสมกับเครื่องยนต์สมัยใหม่ทีมนับวันจะมีสมรรถนะที่เพิ่มสูงขึ้น

ในปัจจุบันประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งกำหนดขึ้นโดยกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน และได้แบ่งมาตรฐานน้ำมันเบนซินออกเป็น 2 ประเภท (กรมธุรกิจพลังงาน, 2551) คือ

น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วออกเทน 91

น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วออกเทน 95

สำหรับความหมายของ 91 และ 95 คือ ค่าออกเทนนัมเบอร์ ค่าออกเทนคือจุดวาบไฟในการเผาไหม้ 95 จะมีจุดวาบไฟสูงกว่า 91 คือ สามารถติดไฟได้เร็วกว่าและดีกว่า โดยทั่วไปน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อเกิดการเผาไหม้จะเกิดสารต่าง ๆ ออกมากับไอเสียรถยนต์ด้วย เช่น ไอสารตะกั่วคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (HC) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) สารเหล่านี้พบว่าเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างมาก โดยเฉพาะไอสารตะกั่ว ซึ่งได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง มีการนำเสนอพิษภัยของสารตะกั่วและรณรงค์ให้ใช้น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว และรัฐบาลได้เห็นความจำเป็นที่จะรักษาสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนจึงได้ออกประกาศกำหนดคุณภาพ และปริมาณสารตะกั่วในน้ำมัน เบนซินดังนี้

ปี พ.ศ. 2527 กำหนดให้น้ำมันเบนซินมีปริมาณสารตะกั่วลดลงจาก 0.84 กรัมต่อลิตร เป็น 0.45 กรัมต่อลิตร และให้เหลือ 0.40 กรัมต่อลิตร

ในปี พ.ศ. 2532 ปี พ.ศ. 2534 เริ่มจำหน่ายน้ำมันเบนซินชนิดพิเศษไร้สารตะกั่วเป็นครั้งแรกและรัฐบาลยังเพิ่มแรงจูงใจแก่ผู้ใช้รถยนต์ด้วยการกำหนดราคาน้ำมันเบนซินชนิดพิเศษไร้สารตะกั่วให้ต่ำกว่าน้ำมันเบนซินชนิดพิเศษมีสารตะกั่ว 80 สตางค์ต่อลิตร

ปี พ.ศ. 2535 ให้น้ำมันเบนซินมีปริมาณสารตะกั่วลดลงจาก 0.40 กรัมต่อลิตร เหลือ 0.15 กรัมต่อลิตร และกำหนดให้เลิกจำหน่ายน้ำมันเบนซินชนิดมีสารตะกั่วภายในปี พ.ศ. 2539

ปี พ.ศ. 2536 กำหนดให้มีปริมาณสารออกซิเจนเทค (Oxygenated Compounds) ต่ำสุดร้อยละ 1 และสูงสุด ร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก ในน้ำมันเบนซินชนิดพิเศษเพื่อลดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และให้ลดปริมาณสารเบนซิน (Benzene) สูงสุดจากร้อยละ 5 เหลือร้อยละ 3.5 โดยปริมาตร เพื่อลดสารเบนซินในอากาศ นอกจากนี้ยังกำหนดให้รถยนต์รุ่นใหม่ที่ใช้ น้ำมันเบนซินต้องใช้เครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยาที่เรียกว่า แคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (catalytic converter) เพื่อขจัดสารต่าง ๆ เช่น คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (HC) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) จากไอเสียรถยนต์

จากประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เป็นผลให้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2539 เป็นต้นมาได้ยกเลิกการจำหน่ายน้ำมันเบนซินชนิดที่มีสารตะกั่วทั้งหมด โดยปัจจุบันน้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว ออกเทน 91 (สีแดง) จะถูกกำหนดให้มีค่าออกเทนไม่ต่ำกว่า 91 ขณะที่น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว ออกเทน 95 (สีเหลืองอ่อน) มีค่าออกเทนไม่ต่ำกว่า 95 น้ำมันเบนซินทั้ง 2 ชนิด จะมีปริมาณสารตะกั่วไม่เกิน 0.013 กรัมต่อลิตร เหมาะสำหรับเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดตัวตั้งแต่ 8 : 1 ขึ้นไปเบนซินไร้สารตะกั่ว เพราะเมื่อใช้น้ำมันเบนซินที่มีสารตะกั่ว สารประกอบของตะกั่วคลอไรด์ และตะกั่วโบรไมด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมัน จะทำให้อายุการใช้งานของเครื่องกรองอากาศดังกล่าวสั้นลง

6. การเผาไหม้และการเกิดสารมลพิษในเครื่องยนต์เบนซิน

พูลพร (2537) ได้อธิบายถึงเครื่องยนต์เบนซินหรือที่เรียกว่า Gasoline Engine ไว้ว่าเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซิน (Gasoline) หรือก๊าซหุงต้ม (Liquified Petroleum Gas-LPG) เป็นเชื้อเพลิง การจุดระเบิดต้องใช้หัวเทียนในการช่วยจุดไฟ ให้อดีจะต้องเป็นสารผสมของเชื้อเพลิง และอากาศที่มีอัตราส่วนเหมาะสม ก่อนถูกดูดเข้าเครื่องยนต์ ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันเบนซินหรือก๊าซหุงต้ม เป็นสารผสมของไฮโดรคาร์บอน คือ มีธาตุ C และ H เพียงแต่ส่วนผสมต่างกัน ในน้ำมันเบนซินทั่ว ๆ ไป ในตลาดจะมีส่วนผสมต่างกันไปเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับกระบวนการกลั่น น้ำมันเบนซินจะประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว (Saturated Hydrocarbon) ร้อยละ 45-60 อะโรแมติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic Hydrocarbon) ร้อยละ 30-50 และโอเลฟินไฮโดรคาร์บอน (Olefin Hydrocarbon) ร้อยละ 5-10 น้ำมันเบนซินจะเป็นของเหลว เมื่อถูกดูดผ่านเข้าคาร์บูเรเตอร์จะกลายเป็นไอผสมกับอากาศเป็นสารผสมอย่างดีก่อน เข้าเครื่องยนต์ ส่วนก๊าซหุงต้มนั้นเป็นสารผสมของโพรเพน (C_3H_8) และบิวเทน (C_4H_{10}) ที่ขายตามท้องตลาดจะมีอัตราส่วนต่างกันไป อาจจะมีปริมาณของโพรเพนผสมอยู่ตั้งแต่ร้อยละ 10-90 กรณีปริมาณโพรเพนยิ่งมาก ค่าความร้อนของก๊าซก็จะสูงขึ้น ก๊าซหุงต้มที่ใช้ในรถจักรยานยนต์นั้นจะมีสถานะเป็นของเหลวโดยการอัดเพื่อสะดวกในการเก็บและขนย้าย ก่อนจะนำก๊าซนี้ผสมกับอากาศในคาร์บูเรเตอร์ จะต้องผ่านหม้อต้ม (Vaporizer) เพื่อให้เป็นไวก่อนจะได้สารผสมที่เป็นเนื้อเดียวกัน

ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่เหมาะสมจากคาร์บูเรเตอร์จะถูกดูดเข้าห้องเผาไหม้ แล้วถูกอัดจนถึงอัตราส่วนกำลังอัดที่กำหนด หัวเทียนก็จะช่วยจุดทำให้เกิดระเบิดและเกิดการสันดาปขึ้น

6.1 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์เบนซิน การสันดาปในเครื่องยนต์เบนซินจะมีประสิทธิภาพดี และให้สารมลพิษที่เป็นพิษน้อยนั้น มีปัจจัยที่จะต้องควบคุมหลายตัว และบางตัวจะมีความสัมพันธ์หรือผลกระทบต่อกัน นอกจากนั้นรูปแบบห้องเผาไหม้ จังหวะการจุดระเบิด และตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ยังมีผลกระทบต่อการสันดาปด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติจะต้องพิจารณาแต่ละค่าให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดโดยมีสารมลพิษที่อยู่ในขีดจำกัดด้วย

6.1.1 อัตราส่วนอากาศและน้ำมัน การจุดระเบิดและการสันดาปที่ดีนั้น จะมีผลเนื่องมาจากอัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงมาก โดยเฉพาะต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการลามของเปลวและอุณหภูมิของเปลว การลามของเปลวในเครื่องยนต์เบนซินที่เหมาะสมนั้น จะต้องมียัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (น้ำมันเบนซิน) ในช่วง 10-17 อุณหภูมิเปลวสูงสุดนั้นจะเกิดเมื่อส่วนผสมหนาเล็กน้อย คืออยู่ในช่วงประมาณ 13.5 หรือ 14 (ส่วนผสมที่พอดี นั้น ประมาณ 14.6 ขึ้นอยู่กับกระบวนการกลั่นของน้ำมันจากโรงกลั่น) และอุณหภูมิเปลวจะลดลงเมื่อส่วนผสมหนาขึ้นหรือบางลง และอุณหภูมิจะต่ำสุดเมื่อถึงอัตราส่วนของสารผสมน้ำมันและอากาศที่เปลวไม่สามารถจะลามต่อไป ความเร็วสูงสุดของเปลวจะเกิดที่อัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงต่ำกว่า อยู่ในช่วงประมาณ 12 หรือ 13 และจะลดลงไม่ว่าอัตราส่วนจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามแบบกราฟของอุณหภูมิ สำหรับกำลังจากเครื่องยนต์นั้นจะเพิ่มหรือลดตามกราฟของความเร็วของอุณหภูมิเปลว

อย่างไรก็ดี ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะมีค่าสูงสุดเมื่ออัตราส่วนอากาศเชื้อเพลิงมีค่า 16 ซึ่งเป็นค่าที่มีส่วนผสมบาง ดังนั้น อัตราการกินน้ำมันจำเพาะซึ่งเป็นส่วนกลับกับประสิทธิภาพเชิงความร้อนจึงมีค่าต่ำสุดที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง 16 สำหรับในการเร่งเครื่องยนต์ในขณะที่มีภาระสูงนั้น จะต้องเพิ่มส่วนผสมให้หนาขึ้นโดยการเหยียบคันเร่งซึ่งจะเป็นผลให้เกิด คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ ไฮโดรคาร์บอน (HC) เนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

6.1.2 การผสมและการแจกจ่ายส่วนผสม (Formation and Distribution) เครื่องยนต์เบนซินทั่วไปโดยเฉพาะที่ใช้ในรถยนต์ จะต้องสามารถปรับตัวให้เข้ากับความเร็วและภาระตามที่ต้องการ คาร์บูเรเตอร์จะทำหน้าที่ผสมเชื้อเพลิงและอากาศให้หนาหรือบาง เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้ตามต้องการ กำลังของเครื่องยนต์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อเพลิงในส่วนผสม ซึ่งถูกควบคุมโดยสัญญาณจากกระบอกสูบ ชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณจากกระบอกสูบ คือลิ้นผีเสื้อ (Throttle) ในคาร์บูเรเตอร์

6.2 สารมลพิษจากเครื่องยนต์เบนซิน เชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์เบนซินจะเป็นน้ำมันเบนซินหรือก๊าซหุงต้มก็ได้ ซึ่งเชื้อเพลิงจะถูกดูดเข้าไปในคาร์บูเรเตอร์ผสมกับอากาศเป็นอย่างดี แล้วจึงแจกจ่ายต่อไปยังห้องเผาไหม้ในกระบวนการเผาไหม้ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และ น้ำ (H₂O) จะเกิดขึ้นแต่เนื่องจากในอากาศมีปริมาณ ไนโตรเจน (N₂) อยู่ร้อยละ 79 ในสภาวะที่

อุณหภูมิสูงก็อาจทำให้เกิด ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ได้ ส่วนใหญ่จะเป็น ไนตริกออกไซด์ (NO) และ ไนตรัสออกไซด์ (NO₂) ส่วนคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก็อาจเกิดได้เนื่องจากการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ แต่ถ้า ออกซิเจน (O₂) เพิ่มขึ้น ก็จะเปลี่ยนเป็น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ต่อไป ในขณะที่เดียวกัน ไฮโดรคาร์บอน (HC) ก็อาจเกิดขึ้นได้หากการสันดาปไม่สมบูรณ์ และจะปล่อยออกมาในจังหวะคาย ดังนั้น ไอเสียจะมีส่วนประกอบต่างกันขึ้นอยู่กับกระบวนการเผาไหม้และปัจจัยอื่นๆ ที่สัมพันธ์กัน ส่วนประกอบของไอเสียในขณะที่มีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงอย่างดี (Stoichiometric) และเผาไหม้ตามปกติ

6.2.1 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในภาวะสมดุล (Equilibrium คืออุณหภูมิความดันคงที่ที่หนึ่ง) จะลดลงอย่างรวดเร็วหากเพิ่มอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง และอุณหภูมิของก๊าซที่เผาไหม้ก็จะลดลง และหากปฏิกิริยาทางเคมีสมดุล ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่อุณหภูมิไอเสียจะต่ำเมื่อส่วนผสมบางและจะมีปริมาณออกซิเจน (O₂) เหลือ แต่ความจริงแล้ว ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไม่เป็นไปตามภาวะสมดุล คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จะเข้มข้นกว่า ทำให้อุณหภูมิและความดันของไอเสียไม่เป็นไป ตามอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิง เนื่องจากความเร็วในการ Oxidize ของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ชะลอไปจึงทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เข้มข้นมากจังหวะคายของลูกสูบ

ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในไอเสียเกือบจะเป็นผลโดยตรงจากอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนต่อเชื้อเพลิง (เบนซิน) น้อยกว่า 16 ความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและหากส่วนผสมไม่เป็นเนื้ออย่างดี หรือระบบหล่อเย็นทำให้การเผาไหม้หยุดชะงัก จะทำให้ความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจึงต้องจัดค่าของอัตราส่วนอากาศและเชื้อเพลิงที่เหมาะสม

6.2.2 ไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่อุณหภูมิสูง ความเร็วในการ Oxidize ของไฮโดรคาร์บอน (HC) จะเร็วมาก ไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่เกิดในไอเสียเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์โดยเฉพาะส่วนผสมหนา สาเหตุของไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่ไม่เผาไหม้นั้น ค่อนข้างยุ่งยาก ธรรมชาติของผนังห้องเผาไหม้จะมีอุณหภูมิต่ำ และเปลวจะไม่ลามไปที่ที่มีส่วนผสมน้อย (ตรงบริเวณผนังห้องเผาไหม้) ดังนั้นส่วนผสมตรงนั้นจะไม่เผาไหม้ และยังคงเป็นไฮโดรคาร์บอน (HC) อยู่และ

เคลื่อนที่ออกจากผนังในจังหวะคายและผสมกับก๊าซที่เผาไหม้แล้วที่อุณหภูมิสูง และหากยังมีปริมาณออกซิเจน (O_2) เหลือในกระบอกสูบมากจะเห็นว่ายังเผาไหม้ได้ต่อไป และหากอุณหภูมิไอเสียสูงการเผาไหม้อาจเผาไปเรื่อย ๆ จนวาล์วไอเสียเปิดแล้วยังเผาต่อไปในท่อไอเสีย อย่างไรก็ตาม ปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) จะเพิ่มขึ้นกรณีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงลดลงเพราะปริมาณออกซิเจน (O_2) ช่วยในการเผาไหม้ไม่เพียงพอ

พูลพร (2537) ได้อธิบายว่า ความหนาของส่วนผสมที่ติดผนังห้องเผาไหม้ (Flame Extinguishing Bed) จะน้อยมากหากส่วนผสมหนาเล็กน้อย (มากกว่าที่ Stoichiometric) และความหนาจะเพิ่มขึ้นเมื่อส่วนผสมหนากว่าหรือบางกว่า ยิ่งกว่านั้นความหนาของส่วนผสมที่ติดผนังยังเป็นอัตราส่วนกลับกับความดัน หากอัตราส่วนพื้นที่ต่อปริมาตร (S/V Ratio) ของห้องเผาไหม้สูงอัตราการไหลของส่วนผสมเข้าผนังจะมากขึ้น และจะสูญเสียความร้อนไป เป็นผลให้อุณหภูมิของก๊าซที่เผาไหม้ลดลงซึ่งจะทำให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) เพิ่มขึ้น การหยุดลามของเปลวตามช่วงที่ติดผนังห้องเผาไหม้ทั้งด้านข้างและด้านบนของลูกสูบเป็นสาเหตุของการเกิดไฮโดรคาร์บอน (HC) ทั้งสิ้น

ในกรณีของส่วนผสมบางมากการลามของเปลวช้า การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์แม้ว่าวาล์วไอเสียจะเปิดแล้ว ดังนั้นการเดินเครื่องในขณะส่วนผสมบางมาก ๆ จะทำให้เกิดไฮโดรคาร์บอน (HC) มาก นอกจากนี้หากส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันดีมากจะมีการเผาไหม้ที่ดีขึ้นลดไฮโดรคาร์บอน (HC) ลงไปได้บ้าง

ปริมาณของก๊าซค้างสูงทำให้ส่วนผสมปนปรวนแปรจะทำให้เปลวอาจจะไม่ลามต่อไปในเครื่องยนต์สองจังหวะหรือเครื่องยนต์โรตารีขณะความเร็วรอบต่ำในจังหวะคายจะมีปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) มากในไอเสีย

6.2.3 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จากเครื่องยนต์เบนซินส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบของไนตริกออกไซด์ (NO) และ ไนตรัสออกไซด์ (NO_2) เล็กน้อย และหากไนตริกออกไซด์ (NO) ถูกปล่อยออกไปในอากาศจะ Oxidize ต่อไป เป็นไนตรัสออกไซด์ (NO_2) ความเข้มข้นของไนตริกออกไซด์ (NO) ในไอเสียขึ้นโดยตรงกับอุณหภูมิสูงสุดของการสันดาปและอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง ความเข้มข้นของไนตริกออกไซด์ (NO) ที่ภาวะสมดุลระหว่างการเผาไหม้แบบ

ปริมาณที่นั่นจะสูงสุดที่อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (เบนซิน) = 18 ไม่รวมการสูญเสียความร้อนไป กรณีใช้ส่วนผสมหนาจะเห็นว่าปริมาณไนตริกออกไซด์ (NO) ลดลงเร็วมาก ความเข้มข้นของไนตริกออกไซด์ (NO) ในไอเสียจากเครื่องยนต์จริงจะสูงกว่ามากไม่เป็นไปตามภาวะสมดุล เป็นผลกระทบต่ออุณหภูมิความดันระหว่างจังหวะคายด้วยความเร็วของการ Oxidize ของไนตริกออกไซด์ (NO) จะต่ำมาก กรณีส่วนผสมบางส่วนอยู่ในภาวะอุณหภูมิสูงนานเกินไปไนตริกออกไซด์ (NO) เกิดขึ้นเรื่อยๆ ก๊าซที่เผาไหม้แล้วจนถึงขีดสูงสุดของความเข้มข้นในภาวะสมดุล หลังจากนั้นไนตริกออกไซด์ (NO) จะแตกตัวในจังหวะคาย ความเข้มข้นจะลดลงไปเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการแตกตัวของไนตริกออกไซด์ (NO) ต่ำมาก ความเข้มข้นลดลงน้อยมากเทียบกับอุณหภูมิที่ลดปริมาณไนตริกออกไซด์ (NO) ที่ออกในไอเสียจึงสูง

6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อสารมลพิษจากเครื่องยนต์เบนซิน ปัจจัยที่มีผลต่อสารมลพิษทั้งปริมาณและอัตราส่วนส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กัน ในการพิจารณาจะเน้นเฉพาะส่วนที่มีผลกระทบจริงๆ สำหรับความสัมพันธ์และผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ต่อกันนั้นพอสรุปเป็นสังเขป

6.3.1 อัตราส่วนผสม (อากาศต่อเชื้อเพลิง) โดยทั่วไปความเข้มข้นของสารมลพิษจากไอเสียแปรตามส่วนผสม และสามารถพูดได้ว่าสารมลพิษคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แปรตามอัตราส่วนผสมโดยตรง ปัจจัยอื่นมีผลน้อยมาก แต่ปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) และอัตราเชื้อเพลิงจำเพาะจะเพิ่มถ้าส่วนผสมบางไป เนื่องจากการลามของเปลวไฟที่ไม่สมบูรณ์และการเผาไหม้ที่ผิดเวลา ปริมาณไนตริกออกไซด์ (NO) จะสูงสุดที่ส่วนผสม 16 และจะลดลงอย่างรวดเร็วหากส่วนผสมหมดหรือบางกว่านี้

6.3.2 เวลาจุดระเบิดต่ำ เวลาจุดระเบิดต่ำความเข้มข้นของออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จะลดลงอย่างรวดเร็วจากค่าอัตราส่วนพอดี ในเครื่องยนต์ทั่วไปที่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมสารมลพิษ หากตั้งการจุดระเบิดต่ำไป 10°CA ความเข้มข้นของออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จะลดลงร้อยละ 30-40 และกำลังขาออกลดลงด้วย อัตราการเกิดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จะลดลงร้อยละ 20 อัตราการเกิดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เป็นผลจากอุณหภูมิของการสันดาปและการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดการเกิดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จะลดลงเร็วกว่าทางด้านของส่วนผสมหนา การจุดระเบิดต่ำจะลดปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) ด้วย เนื่องมาจากเผาไหม้

ไม่ทันทำให้เผาต่อไปในจังหวะคายและอาจเผาต่อไปในท่อไอเสีย อุณหภูมิไอเสียอาจเพิ่มขึ้น ดังนั้นหากส่วนผสมบางปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) จะต่ำ

6.3.3 สภาวะไอดี อุณหภูมิไอดีสูงจะทำให้เพิ่มออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และทำให้อากาศเข้าห้องเผาไหม้บางลงทำให้กำลังตกด้วย สำหรับผลกระทบของอุณหภูมิไอดีต่อไฮโดรคาร์บอน (HC) นั้นน้อยมาก แต่ความดันไอดีต่ำจะลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) แต่เพิ่มไฮโดรคาร์บอน (HC) ความชื้นในอากาศมากจะมีผลทำให้เพิ่มออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ลดเนื่องจากทำให้อุณหภูมิเปลวต่ำลงจะเห็นได้ชัดขึ้นหากส่วนผสมบาง

6.3.4 ก๊าซค้าง หากมีก๊าซค้างในระบบสูบมาก จะทำให้อุณหภูมิก๊าซที่เผาไหม้ต่ำลงปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) จะเพิ่มและเกิดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ด้วย ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะจะเห็นว่าปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) น้อย เพราะการค้างจะมีมากในระบบสูบอยู่แล้ว

6.3.5 ความดันกลับจากไอเสีย ความดันกลับจากไอเสียออกไม่สะดวก หรือออกไม่ทัน จะทำให้เกิดความดันกลับขึ้น ทำให้มีก๊าซค้างในระบบสูบมากขึ้น ลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) แต่มีผลต่อไฮโดรคาร์บอน (HC) น้อยมาก

6.3.6 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงขึ้นจะช่วยลดไฮโดรคาร์บอน (HC) ได้เล็กน้อย แต่ขณะเดียวกันก็เพิ่มปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

6.3.7 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ รูปแบบห้องเผาไหม้ที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวของผนังต่อปริมาตรห้องเผาไหม้ไม่มาก จะทำให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) ต่ำ ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) มาก ทั้งนี้ขึ้นกับตำแหน่งของการวางหัวเทียนด้วย อัตราส่วนกำลังอัดสูงจะให้กำลังดีและประสิทธิภาพสูง บางกรณีอัตราส่วนกำลังสูงจะเพิ่มไฮโดรคาร์บอน (HC) และลดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) แต่หากใช้ส่วนผสมบาง ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จะเพิ่มขึ้น ปริมาตรช่วงชักเพิ่มจะลดไฮโดรคาร์บอน (HC) และเพิ่มออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ทำนองเดียวกับอัตราส่วนช่วงชักต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง

6.3.8 สภาพการใช้งาน ความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีผลต่อคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอน (HC) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) น้อยมากภาระสูงจะให้ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) มาก ภาระต่ำ รอบต่ำจะให้ไฮโดรคาร์บอน (HC) และ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) สูง ความเข้มข้นของออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จะเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วรอบและกำลังเพลา และแปรตามส่วนผสมและเวลาจุดระเบิดด้วย

6.3.9 ชนิดของเชื้อเพลิง เครื่องยนต์เบนซินที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงจะให้ไฮโดรคาร์บอน (HC) ต่ำกว่าเครื่องที่ใช้เบนซินมาก และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ก็จะมีสูงกว่ามาก ทั้งนี้เพราะ ก๊าซหุงต้ม (Liquid Petroleum Gas หรือ LPG) สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกับอากาศได้ดี การลุกไหม้สมบูรณ์กว่า จึงไม่มี ไฮโดรคาร์บอน (HC) เหลือมากนัก และการเผาไหม้ที่ดีก็จะเพิ่มอุณหภูมิแก๊สเผาไหม้ ทำให้ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เพิ่มขึ้น

7. การตรวจวัดสารมลพิษในอากาศจากรถจักรยานยนต์

เทิดศักดิ์ (2553) ได้อธิบายระบบเครื่องมือสำหรับการตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ไว้ดังนี้

7.1 ระบบ Non-dispersive infrared analyzer (NDIR) ตรวจวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หลักการทำงาน คือ สารต่างชนิดกันจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นต่างกัน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่น 4 ถึง 4.5 ไมครอน และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่น 4.5 ถึง 5 ไมครอน

การทำงานของเครื่องมือ ลักษณะของเครื่องมือวัดจะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดรังสีอินฟราเรดซึ่งมีลักษณะเหมือนกันสองอัน แหล่งกำเนิดรังสีนี้จะฉายรังสีอินฟราเรดผ่านหลอดซึ่งบรรจุแก๊สไว้ โดยแหล่งกำเนิดแต่ละอันจะฉายรังสีอินฟราเรดผ่านหลอดแต่ละหลอดแยกกัน หลอดหนึ่งจะบรรจุก๊าซเฉื่อยไว้ ซึ่งก๊าซเฉื่อยนี้จะไม่ดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ซึ่งหลอดนี้ เรียกว่าหลอดอ้างอิง (Reference Cell) ส่วนอีกหลอดหนึ่งซึ่งแสงอินฟราเรดฉายผ่านนั้นจะปล่อยให้ก๊าซไอเสียที่ต้องการวิเคราะห์ไหลผ่าน ก๊าซไอเสียจะถูกวิเคราะห์นั้นเรียกว่า ก๊าซตัวอย่าง หลอดนี้จึงถูกเรียกว่า หลอดตัวอย่าง (Sample Cell) หลังจากที่ยังรังสีอินฟราเรดได้ฉายผ่านหลอดทั้งสองแล้ว รังสีที่ผ่าน

ออกไปจะถูกตรวจจับโดยตัวตรวจจับ(Detector) ซึ่งได้ติดตั้งไว้ที่ปากทางออกของหลอดทั้งสอง ที่ตัวตรวจจับนี้ภายในจะเป็นห้อง (Chamber) ส่วนที่รับแสงอินฟราเรดจากหลอดข้างอิงจะเรียกว่า ห้องข้างอิง และส่วนที่รับแสงอินฟราเรดจากหลอดตัวอย่างเรียกว่า ห้องตัวอย่าง (Sample Chamber) ห้องสองห้องนี้มีลักษณะเหมือนกันทุกอย่าง และถูกแยกออกจากกันด้วยแผ่นบาง ๆ ซึ่งยืดหยุ่นได้ แผ่นบางนี้เรียกว่า แผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm) ที่ห้องข้างอิงและห้องตัวอย่างจะถูกบรรจุไว้ด้วยก๊าซซึ่งสามารถจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดไว้ได้

รังสีอินฟราเรดจากแหล่งกำเนิดฉายผ่านหลอดทั้งสองซึ่งในหลอดทั้งสองได้บรรจุแก๊สไว้แล้ว แสงอินฟราเรดที่ออกจากหลอดทั้งสองจะมีปริมาณที่ไม่เท่ากัน ถ้าในหลอดตัวอย่างมีสารที่ต้องการวัดความเข้มข้นอยู่ สารตัวอย่างจะทำการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดไป ปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของสารนั้น ดังนั้น แสงอินฟราเรดที่ออกจากหลอดข้างอิงจึงมีปริมาณมากกว่าแสงอินฟราเรดที่ออกจากหลอดตัวอย่าง จึงทำให้อุณหภูมิในห้องตัวอย่างต่ำกว่าอุณหภูมิในห้องข้างอิง ดังนั้นความดันในห้องข้างอิงจึงสูงกว่าความดันในห้องตัวอย่างด้วย และที่แผ่นไดอะแฟรมได้ติดตั้งปุ่มโลหะไว้ด้วย แต่ปุ่มโลหะนี้จะอยู่กับที่ ไม่เคลื่อนย้ายไปไหน แต่แผ่นไดอะแฟรมจะยืดออกตามความดันแตกต่างที่เกิดขึ้น จึงทำให้เกิดระยะแตกต่างขึ้นระหว่างแผ่นไดอะแฟรมและปุ่มโลหะ ระยะห่างที่แตกต่างกันเมื่อความดันในแต่ละความดันนี้จะให้ค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance) ต่างกันด้วย และจากค่าคาปาซิแตนซ์หรือค่าความจุที่ได้นี้เราสามารถชี้แทนค่าความเข้มข้นของสารตัวที่ต้องการวัดได้ แต่ในการทำงานจริงนั้นจะต้องทำให้ค่าความจุที่ปรากฏออกมานี้เป็นสัญญาณแบบสลับ (Alternating Signal) เสียก่อน เพื่อจะนำไปเข้าเครื่องขยายสัญญาณได้ การจะทำให้สัญญาณกลายเป็นสัญญาณสลับก็สามารถทำได้โดยติดตั้งไบพัต เพื่อเอาไว้ตัดลำแสงอินฟราเรดจากแหล่งกำเนิดทั้งสองอันไม่ให้ฉายเข้าไปในหลอดทั้งสองหลอด อุณหภูมิและความดันในห้องของตัวตรวจจับก็จะลดลงสู่สภาวะเหมือนไม่มีสารอะไรในหลอดทั้งสองหลอด ค่าความจุก็แสดงตามนั้น แล้วไบพัตก็จะหมุนปล่อยในลำแสงอินฟราเรดฉายตามปกติอีก สัญญาณความจุก็จะเพิ่มขึ้น ไบพัตนี้จะต่อเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้า ทำให้หมุนอยู่เช่นนี้ตลอดการวัดสัญญาณความจุที่ได้จึงได้ออกมาเป็นสัญญาณสลับ

การปรับแต่ง การปรับแต่งสามารถทำได้โดยทำการผ่านก๊าซซึ่งทราบความเข้มข้นเข้าไปที่หลอดตัวอย่าง แล้วจึงทำการปรับสเกลและปรับศูนย์ด้วยแก๊สที่ทราบความเข้มข้น สามารถสร้างกราฟสำหรับปรับแต่ง (Calibration curve) ขึ้นมาได้ ในทางปฏิบัติกราฟจะถูกเขียนระหว่างจุด

สองจุดและจะสมมุติว่าเป็นกราฟเส้นตรง โดยการ inter-potation แบบเส้นตรง ความยาวของหลอดจะถูกเลือกดังนั้นสเกลจะอยู่ในช่วงเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและการดูดกลืนพลังงาน

7.2 ระบบ Flame ionization dectector (FID) ตรวจวัดก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) หลักการทำงาน ใช้หลักการที่ว่า เมื่อเผาไฮโดรคาร์บอนบริสุทธิ์กับอากาศ เปลวไฟที่ได้จะมีการแตกตัว (Ionization) น้อยมาก ถ้ามีโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนรวมเข้าไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การแตกตัวเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาล การแตกตัวจะเป็นสัดส่วนกับจำนวนคาร์บอนอะตอมโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอน ไฮโดรคาร์บอนทุกชนิด พาราฟิน (Paraffin) โอลีฟิน (Olefin) อะโรมาติก (Aromatic) ฯลฯ จะมีผลตอบสนองกับการวัดได้เท่าๆ กัน แต่จะต่างกับพื้นที่ถ้าโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนนี้ประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนและอะตอมของไนโตรเจน การทำงานของเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ของระบบวิเคราะห์ FID จะประกอบไปด้วยส่วนของเครื่องเผา ตัวรวบรวมประจุ (Ion Collector) และวงจรไฟฟ้าเครื่องเผาจะประกอบด้วยหลอดคาปิลารี (Capillary) ซึ่งแก๊สตัวอย่างและของผสมของไนโตรเจนและไฮโดรเจนบริสุทธิ์จะถูกนำมาใช้ อากาศที่ใช้ในการสันดาปจะถูกนำมาจากรอบๆ หลอดคาปิลารี เมื่อผสมได้เข้ากันดีแล้ว ส่วนผสมนี้จะถูกเผาโดยเส้นลวดร้อน ซึ่งได้ติดตั้งอยู่ที่ส่วนบนสุดของเครื่องเผา

ตัวรวมประจุและหลอดคาปิลารีจะถูกต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า สนามไฟฟ้าสถิตในบริเวณที่เกิดเปลวจะถูกผลิตขึ้นโดยแบตเตอรี่ซึ่งมีขั้วบวกลบ มันจะทำให้ประจุหรืออิเล็กตรอนวิ่งไปที่เปลวและประจุบวกวิ่งไปหาตัวรวบรวมประจุ สัญญาณกระแสไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ได้ จะเป็นสัดส่วนกับจำนวนประจุที่เกิดขึ้นสัญญาณแบบกระแสตรง จะถูกทำให้กลายเป็นกระแสสลับ เพื่อทำการขยายสัญญาณขึ้นแล้ว กระบวนการซึ่งทำให้อ่านออกมาได้เป็นค่าความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอนในก๊าซไอเสียต่อไป ระบบการไหล ความไวของระบบ Flame ionization dectector (FID) จะมีผลโดยอัตราการไหลของก๊าซตัวอย่างและส่วนผสมของไฮโดรเจนกับไนโตรเจน วิธีหนึ่งที่จะใช้ในการควบคุมอัตราการไหลของก๊าซแต่ละชนิด คือ ปล่อยให้ก๊าซแต่ละชนิดไหลผ่านหลอด capillary อัตราการไหลจะขึ้นอยู่กัพื้นที่หน้าตัดของหลอด capillary เพื่อให้ได้ผลดีหลอด capillary ควรจะสะอาดและความดันที่เกิดขึ้นใน capillary ควรคงที่และควรได้รับการควบคุมด้วย เนื่องจาก FID มีความไวมากกับไอน้ำ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการควบแน่นน้ำ (H_2O) ก่อน เพื่อป้องกันการอุดตันของระบบ ซึ่งเป็นผลให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้เนื่องจากไม่ได้รับความร้อนในระบบ Flame ionization dectector (FID) หัวเผาและหลอดตัวอย่างซึ่งจะถูกให้ความร้อนขึ้นไปถึง 350-400

องศาฟาเรนไฮต์ สิ่งเหล่านี้จะลดการควบแน่นของไฮโดรคาร์บอน ซึ่งในแก๊สตัวอย่างอาจกลายเป็นไอน้ำในระบบขึ้นได้

7.3 ระบบ Chemi luminescent dectector (CLD) ตรวจวัดก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) หลักการทำงานของเครื่องมือ Chemiluminescent dectector (CLD) ตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยไนตริกออกไซด์ (NO) จะไหลเข้าสู่ระบบซึ่งผสมเข้ากับ Flow reactor ซึ่งมีความดันต่ำ โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 5-7 ทอร์รี่ (Torr) ขณะเดียวกัน Ozone ซึ่งจะถูกผลิตขึ้นใน Ozonator จะถูกดันเข้าสู่ Reactor และผสมกันอย่างดีกับไนตริกออกไซด์ (NO) ตัวอย่างในบริเวณที่ใกล้กับตัวตรวจจับปฏิกิริยาระหว่างไนตริกออกไซด์ (NO) และโอโซน (O₃) จะเกิดขึ้นซึ่งได้ผลิตโมเลกุลของ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) บางตัวที่ถูกกระตุ้นทางอิเล็กทรอนิกส์ออกมา การสลายตัวเข้าสู่สภาพเดิมของโมเลกุลที่ถูกกระตุ้นจะปล่อยแสงในช่วงความยาวคลื่น 0.6-3 ไมครอน และถูกตรวจจับโดย Photomultiplier สัญญาณจะถูกขยายและส่งผ่านไปยังตัวบันทึก

8. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม รถจักรยานยนต์ ด้านความปลอดภัย : สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 6 (มอก. 2350 – 2551)

8.1 มาตรฐานอุตสาหกรรมประเทศไทย (มอก.)

ประเทศไทยได้มีการใช้มาตรฐานในการควบคุมและตรวจสอบของกระทรวงอุตสาหกรรม โดยมีรายละเอียดครอบคลุมยานพาหนะทั้งหมด กล่าวคือ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ และรถบรรทุก ในส่วนของสมรรถนะรถจักรยานยนต์นั้น มีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์ เฉพาะด้านความปลอดภัย : สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 6 มอก.2350-2551 ดังนี้

8.1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบรถจักรยานยนต์

8.1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะ รถจักรยานยนต์สองล้อที่มีมวลรถเปล่าน้อยกว่า 400 กิโลกรัม มีความเร็วออกแบบ (designed speed) สูงสุดมากกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีความจุกระบอกสูบมากกว่า 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “รถจักรยานยนต์”

8.1.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับปริมาณของสารมลพิษและความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ

8.2 คุณลักษณะที่ต้องการ

8.2.1 ทั่วไป

8.2.1.1 ผู้ทำต้องออกแบบ สร้าง ประกอบ และติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีผลต่อสารมลพิษในสภาวะการใช้งานปกติให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

8.2.1.2 ห้ามใช้อุปกรณ์ตอบสนอง และ/หรือ มาตรการควบคุมสารมลพิษแบบผิดปกติ ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมเครื่องยนต์ การทำงาน ระบบหรือการวัดใดๆ ได้ ถ้ามีไว้เพื่อป้องกันเครื่องยนต์เสียหายหรืออุบัติเหตุ การติดเครื่องขณะเย็นหรือการอุ่นเครื่องยนต์ เพื่อการทำงานที่ปลอดภัยของรถจักรยานยนต์ หรือเพื่อการทำงานฉุกเฉิน ในการทดสอบหาปริมาณสารมลพิษ ให้มีอุปกรณ์ควบคุมเครื่องยนต์ ระบบหรือการตรวจวัดใดๆ ที่ทำงานในสภาวะที่กำหนดในการทดสอบ หรือยอมให้มีการปรับแต่งได้ถ้าพิสูจน์ได้ว่าไม่มีผลต่อการลดประสิทธิภาพของระบบควบคุมมลพิษ

8.2.2 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอน (HC) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

เมื่อทดสอบ ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) และปริมาณของออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จากการทดสอบ 3 ครั้ง คุณด้วยตัวประกอบการเสื่อมสภาพ ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1 โดยผลการวิเคราะห์ 3 ครั้งนั้น ยอมให้แต่ละค่าเกินเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1 ได้ไม่เกินร้อยละ 10 เพียงครั้งเดียว ไม่ว่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอน (HC) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไม่เกินร้อยละ 10 นั้น จะเกิดขึ้นในการทดสอบครั้งเดียวกันหรือไม่ก็ตาม

ตารางที่ 1 เกณฑ์กำหนดปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนสำหรับการทดสอบรับรองเฉพาะแบบและการทดสอบรับรองการผลิต

หน่วยเป็น กรัมต่อกิโลเมตร

ความจุกระบอกสูบ	คาร์บอนมอนนอกไซด์	ไฮโดรคาร์บอน	ออกไซด์ของไนโตรเจน
น้อยกว่า 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร	2	0.8	0.15
ตั้งแต่ 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร	2	0.3	15

ที่มา: มอก 2350 – 2551

8.2.3 ปริมาณสารมลพิษในขณะเครื่องยนต์เดินเบา

เมื่อทดสอบที่ความเร็วรอบเดินเบาแล้ว ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนนอกไซด์ ต้องไม่เกินร้อยละ 2.5 โดยปริมาตร ความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอน (HC) ต้องไม่เกิน 1,000 ส่วนในล้านส่วน ที่ความเร็วรอบเดินเบาสูง เช่น ที่ 2,000 รอบต่อนาที ให้บันทึกค่าปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) โดยปริมาตร ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ รวมถึงค่าความคลาดเคลื่อนใดๆ วัดและบันทึกอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น

8.2.4 สารมลพิษไอระเหย

เมื่อทดสอบปริมาณสารมลพิษไอระเหยต้องไม่เกิน 2.0 กรัมต่อตัวอย่าง (g/test) ในกรณีรถจักรยานยนต์มีความจุกระบอกสูบน้อยกว่า 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้าค่าปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) ไม่เกิน 0.6 กรัมต่อกิโลเมตร ยอมให้ปริมาณสารมลพิษไอระเหยมากกว่า 2.0 กรัมต่อตัวอย่าง (g/test) แต่ต้องไม่เกิน 6.0 กรัมต่อตัวอย่าง (g/test)

8.2.5 ความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ

เมื่อทดสอบ การทดสอบรับรองเฉพาะแบบแล้วค่าประมาณการในช่วง (interpolated) ของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) และปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จะนำมาคำนวณหาตัวประกอบการเสื่อมสภาพได้ ต้องมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1 ผู้ทำอาจเลือกใช้ค่าตัวประกอบการเสื่อมสภาพเท่ากับ 1.1 แทนการทดสอบความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษก็ได้กรณีที่ผู้ทำร้องขอ หน่วยทดสอบรับรองจะทำการทดสอบหาปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) และปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ก่อนที่จะทำการทดสอบความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษแล้วเสร็จ อาจแก้ผลการทดสอบรับรองเฉพาะแบบโดยใช้ตัวประกอบการเสื่อมสภาพที่ได้จากการทดสอบแทนตัวประกอบการเสื่อมสภาพเท่ากับ 1.1 นำค่าตัวประกอบการเสื่อมสภาพ ไปใช้สำหรับการรับรองเฉพาะแบบ และ สำหรับการรับรองการผลิต

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฐิติมา (2543) ได้ทำการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของเบนซีน โทลูอีน และไซลีน ในน้ำมันเบนซิน และในไอเสียจากรถจักรยานยนต์ จำนวน 44 คัน ตัวอย่างของรถจักรยานยนต์จะพิจารณาถึงชนิดของเครื่องยนต์ (2 จังหวะและ 4 จังหวะ) และอายุของเครื่องยนต์ (เก่า กลาง และ ใหม่) โดยเกณฑ์อายุของเครื่องยนต์ถูกกำหนดไว้ดังนี้ รถจักรยานยนต์ใหม่ จะมีอายุน้อยกว่า 5 ปี รถจักรยานยนต์กลางเก่า กลางใหม่ จะมีอายุอยู่ในช่วง 5-10 ปี และรถจักรยานยนต์เก่า จะมีอายุมากกว่า 10 ปี การเก็บตัวอย่างไอเสียได้ใช้ถุงเก็บตัวอย่างอากาศชนิดเท็ดลาร์ ที่สภาวะรอบเครื่องเดินเบา ตัวอย่างที่ได้รับจะถูกนำไปวิเคราะห์โดยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี ชนิดเฟลมไอออนไนซ์เซชัน ในการศึกษาพบว่า เครื่องยนต์ 2 จังหวะ จะปล่อยสารมลพิษไฮโดรคาร์บอน (เบนซีน โทลูอีน และไซลีน) มากกว่าชนิด 4 จังหวะ 3-4 เท่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ เบนซีน โทลูอีน และไซลีน จากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะเก่า มีค่าเท่ากับ 116.15, 261.73 และ 39.21 ส่วนในล้านส่วนตามลำดับ ในขณะที่ รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะใหม่ มีค่าเท่ากับ 11.74, 29.00 และ 7.59 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ผลจากการศึกษาข้างบ่งชี้ว่า อายุของเครื่องยนต์ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารมลพิษจากไอเสียที่ปล่อยออกมาอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

เทิดศักดิ์ (2553) ได้ทำการศึกษาอัตราการระบายสารมลพิษในอากาศ (Emission Factor: EF) และอัตราการใช้เชื้อเพลิง (Fuel Consumption: FC) ของรถยนต์ โดยรถยนต์ตัวอย่างจะถูกทดสอบบน Chassis Dynamometer ทำการเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่ (Constant Volume Sampling: CVS) จากปลายท่อไอเสีย ขณะรถยนต์ขับเคลื่อนที่ระดับความเร็วและความเร่งที่แตกต่างกัน โดยใช้วัฏจักรรูปแบบการขับที่กรุงเทพมหานคร รถยนต์ที่ศึกษาประกอบด้วยรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน (รถยนต์นั่งเก๋ง) (Light Duty Gasoline Vehicle: LG) ที่ใช้น้ำมันเบนซินชนิด 91, 95, น้ำมันก๊าซโซฮอล์ชนิด 91, 95, E20, ก๊าซปิโตรเลียมเหลว และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล (รถกระบะ) (Light Duty Diesel Vehicle: LD) ที่ใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดาและน้ำมันดีเซลหมุนเร็วปี 5 พบว่ารถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินมีอัตราการระบายสารมลพิษ ไฮโดรคาร์บอน (Hydro Carbon: HC) = 0.736, คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide: CO) = 2.342, ออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxides of Nitrogen: NO_x) = 1.133, คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide: CO₂) = 164 (กรัมต่อกิโลเมตร) และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Fuel Consumption: FC) = 12.907 กิโลเมตรต่อลิตร และรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลมีอัตราการระบาย สารมลพิษ HC = 0.105, CO = 0.446, NOX = 1.119, CO₂ = 222, มลพิษอนุภาค (Particulate Matter: PM) = 0.086 (กรัมต่อกิโลเมตร) และมีค่า FC = 12.108 กิโลเมตรต่อลิตร

อัจฉรา (2545) ได้ทำการศึกษาหาปริมาณและเปรียบเทียบการระบายสารมลพิษจากไอเสียรถจักรยานยนต์ที่ใช้มาแล้ว ได้แก่ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในสภาวะปัจจัยเชื้อเพลิง เครื่องยนต์ และอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ ที่แตกต่างกัน คือ น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วออกเทน 95, น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วออกเทน 91 ผสมเอทานอล 10% (E10) โดยปริมาตรและ น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วออกเทน 91 ผสมเอทานอลร้อยละ 15 โดยปริมาตร (E15) ในเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ และ 4 จังหวะ ประกอบกับปัจจัยอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ (Catalytic converter) สำหรับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ นำมาทดสอบบนแท่นทดสอบไดนาโมมิเตอร์ในห้องปฏิบัติการด้วยรูปแบบการวิ่งแบบ Bangkok driving cycle พบว่า ปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีปริมาณลดลงในรถจักรยานยนต์ทั้ง 3 กลุ่ม และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีปริมาณลดลงในรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 2 จังหวะ เมื่อใช้ E10 และ E15 เปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซิน สำหรับก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) มีปริมาณ

เพิ่มขึ้นเมื่อเปลี่ยนจากน้ำมันเบนซินมาเป็นน้ำมัน E10 และ E15 นอกจากนี้ Catalytic converter และประเภทของเครื่องยนต์ก็มีผลให้ปริมาณสารมลพิษไอเสียลดลงด้วย กล่าวคือ รถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ แม้จะไม่ติด Catalytic converter ก็ระบายก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) น้อยกว่ารถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 2 จังหวะทั้งที่ติด และไม่ติด Catalytic converter เนื่องจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าของเครื่องยนต์ประเภทนี้ สำหรับรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 2 จังหวะด้วยกัน พบว่าการติด Catalytic converter จะระบายสารมลพิษน้อยกว่าการไม่ติด Catalytic converter

ัญญา (2538) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษในไอเสียรถจักรยานยนต์แบบ 2 จังหวะ และ 4 จังหวะ โดยทำการทดสอบที่สภาวะความเร็วรอบและภาระงานคงที่ ใช้เครื่องยนต์จักรยานยนต์แบบ 2 จังหวะขนาด 125 ซี.ซี. และแบบ 4 จังหวะขนาด 95 ซี.ซี. ในการทดสอบใช้น้ำมันเบนซินธรรมดาไร้สารตะกั่ว นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้คะตาไลติคคอนเวอร์เตอร์แบบสามทางกับรถจักรยานยนต์ทั้งสองชนิด รวมถึงทำการศึกษาผลกระทบของน้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วที่มีค่าออกเทนัมเบอร์ 92 และ 97 ต่อปริมาณมลพิษในไอเสียรถจักรยานยนต์ด้วย จากผลการทดลองพบว่า เครื่องยนต์แบบ 2 จังหวะปล่อยไฮโดรคาร์บอน (HC) ในระดับความเข้มข้นมากกว่าเครื่องยนต์แบบ 4 จังหวะถึง 17 เท่า แต่เครื่องยนต์แบบ 4 จังหวะปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) มากกว่าถึง 1.8 และ 24 เท่า ตามลำดับ เมื่อใช้คะตาไลติคคอนเวอร์เตอร์ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะสามารถบำบัดสารมลพิษได้เล็กน้อยแต่เมื่อใช้ในเครื่องยนต์ 4 จังหวะสามารถลดคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอน (HC) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ลงได้ในทุกๆ สภาวะการทดสอบ และในส่วนของผลการทดสอบเมื่อใช้น้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนสูงขึ้น พบว่าเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์แบบ 2 จังหวะ ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) มีค่าเพิ่มขึ้น 3.5 เท่า ส่วนเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์แบบ 4 จังหวะ ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เพิ่มขึ้นร้อยละ 25 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) ลดลงร้อยละ 25 และ 23 ตามลำดับ

แสนศักดิ์ (2544) ได้ทำการศึกษาลักษณะการปรับแต่งและปรับสภาพเครื่องยนต์ต่อความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ความเข้มข้นสารมลพิษในไอเสียขณะเดินเบา และมวลสารมลพิษเมื่อทดสอบตามมาตรฐาน มอก.1360-2539 พบว่าการปรับแต่งเครื่องยนต์ช่วยลดระดับควันขาวโดยเฉลี่ยจากร้อยละ 18.0 ให้เหลือร้อยละ 14.5 ขณะที่ความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของคาร์บอนมอนอกไซด์

(CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) กลับมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1.6 และ 4,720 ส่วนในล้านส่วน โดยปริมาตร ไปเป็นร้อยละ 1.7 และ 4,770 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ และได้ศึกษาผลกระทบของการปรับสภาพเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ 2 กลุ่มซึ่งกลุ่มที่ 1 มีการปรับสภาพมากกว่ากลุ่มที่ 2 พบว่ารถจักรยานยนต์กลุ่มที่ 1 ความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอน (HC) และระดับควันขาวขณะเดินเบามีค่าลดลงจากร้อยละ 3.80 12,510 ส่วนในล้านส่วน โดยปริมาตร และร้อยละ 36.8 มีค่าเหลือร้อยละ 2.46 และ 9,950 ส่วนในล้านส่วน และร้อยละ 22.1 ตามลำดับ รถจักรยานยนต์กลุ่มที่ 2 ความเข้มข้นโดยเฉลี่ยคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ ไฮโดรคาร์บอน (HC) ขณะเดินเบามีค่าลดลงจากร้อยละ 3.15 และ 9,860 ส่วนในล้านส่วน โดยปริมาตร มีค่าเหลือร้อยละ 2.98 และ 9,580 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงหลังปรับสภาพเครื่องยนต์เมื่อทดสอบที่ความเร็ว 30 และ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กลุ่มที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 1.95 และ 2.28 ลิตรต่อ 100 กิโลเมตร เป็น 2.57 และ 2.65 ลิตรต่อ 100 กิโลเมตร สำหรับกลุ่มที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 2.30 และ 2.50 ลิตรต่อ 100 กิโลเมตร เป็น 2.40 และ 2.60 ลิตรต่อ 100 กิโลเมตร

อุทัย (2545) ได้ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษไอเสียระหว่างเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนที่ใช้น้ำมันเบนซินกับก๊าซโซลีนที่มีค่าออกเทนต่างกัน ทำการทดสอบกับเครื่องยนต์โตโยต้า (TOYOTA) 5A-FE ขนาด 1,498 ซีซี. อัตราส่วนการอัด 9.8:1 ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงเป็นแบบหัวฉีดโดยเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษไอเสีย ผลการทดสอบเมื่อใช้เชื้อเพลิงชนิดเดียวกันแต่ค่าออกเทนแตกต่างกัน (ค่าออกเทนระหว่าง 95 กับ 91) พบว่าแรงบิดและกำลังเบรคของเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทน 95 นั้นมีค่าสูงกว่าออกเทน 91 ประมาณร้อยละ 0.75 และ 0.76 ตามลำดับ ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคพบว่าเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทน 95 มีค่าต่ำกว่าออกเทน 91 ประมาณร้อยละ 0.22 ปริมาณมลพิษไอเสียพบว่าไม่แตกต่างกัน ส่วนเชื้อเพลิงต่างชนิดกันแต่ค่าออกเทนเท่ากันพบว่าแรงบิดและกำลังเบรคของเบนซินมีค่าสูงกว่าก๊าซโซลีนประมาณร้อยละ 1.39 และ 1.67 ตามลำดับ โดยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคพบว่าเมื่อใช้ก๊าซโซลีนมีค่าสูงกว่าเบนซินประมาณร้อยละ 3.32 ส่วนมลพิษไอเสียพบว่าก๊าซโซลีนส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนต่ำกว่าเบนซินประมาณร้อยละ 17.95 และ 17.28 ตามลำดับ

เชษฐวุฒิและคณะ (2554) ได้สรุปผลกระทบของพฤติกรรมการขับที่ต่อปริมาณมลพิษด้วยหน่วยที่แตกต่างกันไปโดยเฉพาะหน่วยที่ได้จากการทดสอบรถยนต์ดีเซลบน Chassis Dynamometer เป็นหน่วยที่ขึ้นกับเวลา (กรัมต่อกิโลเมตร) ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกได้ งานวิจัยนี้จึงนำข้อมูลโดยละเอียดของการขับที่ตามรูปแบบมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษมาคาดคะเนความเร็วรอบเครื่องยนต์และสภาวะการขับที่เพื่อสังเกตผลกระทบที่มีต่อปริมาณมลพิษไอเสีย และเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ Chassis Dynamometer ทดสอบแทนการใช้ Engine Dynamometer ซึ่งน่าจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบได้ ผลการวิจัยได้แสดงว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณมลพิษจาก Phase 1 ไปสู่ Phase 3 ขึ้นอยู่กับหน่วยที่ใช้รายงานผล และพบว่าหากเปรียบเทียบการขับที่ที่สภาวะคงตัวที่ความเร็วต่างกันการขับที่ความเร็วสูงจะมีระดับมลพิษสูงกว่า และมลพิษจะสูงมากในขณะเปลี่ยนเกียร์หรือใช้เกียร์ไม่เหมาะสมกับความเร็ว วิธีการวิเคราะห์นี้มีข้อดีคือ สามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณมลพิษที่เกิดจากสภาพการขับที่จริงอย่างไรก็ตาม ข้อมูลต่างๆ ก็ยังไม่ละเอียดเพียงพอที่จะใช้วิธีการนี้มาทดแทนการทดสอบด้วย Engine Dynamometer

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ (2543) ได้ศึกษาโครงการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถยนต์ที่ใช้ก๊าซโซฮอลล์ ได้ศึกษาการระบายสารมลพิษจากไอเสียจากรถยนต์และรถจักรยานยนต์ที่ใช้ก๊าซโซฮอลล์ 91 และ 95 เป็นเชื้อเพลิง พร้อมทั้งประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทำการทดสอบบน Chassis dynamometer เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำมันก๊าซโซฮอลล์กับน้ำมันเบนซินพบว่า การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของสารมลพิษทั่วไปจากไอเสียรถยนต์และอัตราการใช้เชื้อเพลิง มีผลสรุปได้ดังนี้ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.73 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ลดลงร้อยละ 14.97 ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เพิ่มขึ้นร้อยละ 12.20 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.93 และอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (FC) ร้อยละ 0.55 สำหรับผลแตกต่างที่เกิดขึ้นได้อธิบายว่ารถยนต์แต่ละคันจะมีปริมาณการระบายสารมลพิษจากไอเสียหรือแนวโน้มการเกิดสารมลพิษแต่ละประเภทแตกต่างกันไป และไม่ใช้รถยนต์ทุกคันที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอลล์แล้วจะมีการระบายสารมลพิษจากไอเสีย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ลดลง หรือปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เพิ่มขึ้น เนื่องจากความแตกต่างของประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์และอุปกรณ์ลดสารมลพิษที่มีการติดตั้งมากับรถยนต์แตกต่างกัน

Kean *et al.* (2003) ได้วิจัยผลกระทบของความเร็วรถยนต์และภาระของเครื่องยนต์ต่อมลพิษไอเสียที่เกิดขึ้น โดยทำการเก็บข้อมูลจากอุโมงค์แห่งหนึ่งซึ่งมีลักษณะลาดเอียง ดังนั้นข้อมูลที่ได้จึงถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่ขับขึ้นทางลาดเอียง (Uphill) ซึ่งจะมีภาระสูงกว่ากลุ่มที่สองซึ่งขับลงทางลาดเอียง (Downhill) ข้อมูลบางส่วนถูกนำเสนอในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตร (g/km) โดยแสดงว่ารถยนต์ที่ขับขึ้นทางลาดชันมีภาระหรือการเร่งเครื่องยนต์ที่มากกว่าปกติ ทำให้มลพิษคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมมีปริมาณสูงกว่าด้วย

Japan Transport Cooperation Association (2004) ได้ศึกษาโครงการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมของโลกในภาคการขนส่งของประเทศไทย โดยเลือกพื้นที่กรุงเทพมหานครเป็นกรณีศึกษา โดยได้ทำการศึกษารูปแบบการขับขึ้นในกรุงเทพมหานครที่ความเร็วแตกต่างกัน รวมทั้งทำการทดสอบรถยนต์ในประเภทต่างๆ ที่มีในประเทศไทย บน Chassis dynamometer จากการศึกษাপบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในปี 2002 ในภาคการขนส่งต่างๆ เช่น ทางถนน รถไฟ ทางอากาศ และทางน้ำ จากการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เช่น ก๊าซธรรมชาติ (NGV) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) น้ำมันเบนซิน 91 น้ำมันเบนซิน 95 น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว น้ำมันดีเซลหมุนช้า น้ำมันเครื่องบินและอื่นๆ รวมทั้งสิ้น 60,008,486 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂) โดยแบ่งได้ในภาคการขนส่งที่เป็นบนท้องถนนเท่ากับ 47,677,849 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂) ภาคการขนส่งทางรถไฟเท่ากับ 346,146 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂) ภาคการขนส่งทางอากาศเท่ากับ 9,327,485 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂) ภาคการขนส่งทางน้ำเท่ากับ 3,205,465 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂) และนอกจากนี้ได้ทำการประเมินอัตราการปลดปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในกรุงเทพมหานคร จากภาคการขนส่งทางบกบนท้องถนนในปี 2002 สามารถสรุปได้ดังนี้ เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ (NGV) มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2,913 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) 156,886 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂) น้ำมันเบนซิน 91 2,050,676 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂) น้ำมันเบนซิน 95 1,428,501 tCO₂ และน้ำมันดีเซลหมุนเร็วเท่ากับ 6,869,184 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂) และผลรวมจากการปลดปล่อยในภาคการขนส่งบนท้องถนนในเขตกรุงเทพมหานคร รวมทั้งสิ้น 10,508,161 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂)

Rafael *et al.* (2006) ได้ทำการวิจัยผลกระทบของลักษณะการขับขี่ต่อปริมาณมลพิษ โดยการทดลองได้แบ่งลักษณะการขับขี่ออกเป็น 3 ลักษณะ คือ (1) aggressive driving style หรือ AD ซึ่งเป็นการขับขี่ที่ใช้ความแรงสูงสุดมีการเปลี่ยนเกียร์อยู่บ่อยครั้ง และความเร็วรถยนต์สูงกว่าที่กฎหมายกำหนด (2) Normal Driving Style หรือ ND ใช้ความแรงที่ประมาณร้อยละ 60 ความเร็วอยู่ใกล้เคียงที่กฎหมายกำหนด และ (3) Technical Driving Style หรือ TD เป็นการขับขี่ที่ความเร็วต่ำกว่ากฎหมายกำหนด และใช้ความแรงที่ร้อยละ 30 การทดสอบลักษณะการขับขี่ทั้งสามมีรูปแบบเดียวกับเป็นระยะทาง 5 ไมล์ ผลการทดสอบพบว่า การขับขี่แบบ aggressive driving style หรือ AD และ Normal Driving Style หรือ ND ต้องใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงและใช้เชื้อเพลิงมาก ซึ่งเป็นเหตุให้ปล่อยมลพิษมากขึ้น ผลการวิจัยยังพบว่าความเร็วที่ขับขี่ไม่ส่งผลกระทบมากเท่ากับความแรงที่ใช้

Tsai *et al.* (2000) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอายุการใช้งานรูปแบบการขับขี่ และประเภทของรถจักรยานยนต์ที่มีผลต่อปัจจัยการระบายสารมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ โดยทำการตรวจวัดสารมลพิษ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) และ ไฮโดรคาร์บอน (HC) รถจักรยานยนต์ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมีจำนวนทั้งหมด 19 คัน เป็นรถใหม่ 7 คันและรถที่ใช้แล้ว 12 คัน ทำการทดสอบบนแซลชีสไดนาโมมิเตอร์ โดยมีรูปแบบของการขับขี่แบ่งเป็น 5 รูปแบบ คือ ขณะรถจอดนิ่ง รถอยู่ในเกียร์ว่างแล้วเร่งเครื่อง ขับขี่โดยใช้ความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง, 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและขณะที่ลดความเร็วลง ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่ และวิเคราะห์ไฮโดรคาร์บอน (HC) ด้วยเครื่อง Gas chromatography/ Mass spectrometry (GC/MS) จากการทดลองพบว่า ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ที่ใช้แล้วมีการปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และไฮโดรคาร์บอน (HC) มากกว่ารถใหม่ ส่วนปัจจัยการระบายไฮโดรคาร์บอน (HC) จากรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะสูงกว่ารถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ และพบว่าในขณะที่ลดความเร็วลงและช่วงรถหยุดวิ่ง มีปัจจัยการระบายสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) สูงกว่าในขณะที่รถขับขี่ด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

Alvarez *et al.* (2009) ได้ศึกษาการปล่อยสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ตามมาตรฐาน Directive 1999/102/EC(A) (EURO III) ทำการทดลองกับรถจักรยานยนต์ประเภท 4 จังหวะ ที่มีขนาดของเครื่องยนต์ มากกว่า 150 ซี.ซี. และน้อยกว่า 150 ซี.ซี. จำนวน 10 คัน และทำการตรวจวัด

สารมลพิษ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ไฮโดรคาร์บอน (HC) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นต้น จากการทดลองพบว่า รถจักรยานยนต์ที่มีขนาดของเครื่องยนต์น้อยกว่า 150 ซี.ซี. ปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) ในปริมาณสูงขณะที่มีการเร่งเครื่องระหว่างทำการทดสอบ ส่วนรถจักรยานยนต์ที่มีขนาดของเครื่องยนต์มากกว่า 150 ซี.ซี. ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สูงเนื่องจากเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จึงเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สูงและปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) สูงเป็นผลมาจากอุณหภูมิในกระบวนการการเผาไหม้และระยะเวลาในตัวกรองสารมลพิษ



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นการนำผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ มาทำการศึกษาเพื่อประเมินปัจจัยการระบาย และเปรียบเทียบสารมลพิษที่ปล่อยจากท่อไอเสียรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบจ่าย เชื้อเพลิงแบบหัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) โดยสารมลพิษจากไอเสียที่ทำการตรวจวัด ประกอบด้วย ก๊าซไฮโดรคาร์บอนรวม (THC) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ก๊าซ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมด 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซินออกเทน 91, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง

การศึกษาวิจัยได้ดำเนินการ ณ ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรม ควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตั้งอยู่เลขที่ 138/28 หมู่ที่ 2 ถนน รังสิตนครนายก ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ห้องปฏิบัติการฯ ประกอบด้วย เครื่องมือและอุปกรณ์ ได้แก่ แชสซิสไดนามิเตอร์ (Chassis dynamometer) ประกอบด้วย ลูกกลิ้ง (Roller) พัดลมระบายความร้อน (Cooling fan) ที่ให้ความเร็วลมแปรผันตามความเร็วของ ลูกกลิ้ง ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system) เป็นเครื่องมือสำหรับใช้เก็บและ เตรียมตัวอย่างสำหรับการตรวจวัดปริมาณสารมลพิษ ทั้งแบบ วัดโดยตรง (Direct Sampler) และ วัดโดยการเจือจางไอเสีย (Constant volume sampling: CVS) ระบบวิเคราะห์ไอเสีย (Emission analysis system) สามารถวัดค่ามลพิษได้ทั้งแบบ Direct Measurement และ CVS Measurement ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูล (Vehicle emission test control system) ประกอบด้วย คือ เครื่องควบคุมการทำงานและประมวลผล อุปกรณ์ช่วยการขับ รถจักรยานยนต์ (Driver's Aid) ก๊าซชนิดต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์และปรับเทียบเครื่องมือ ตรวจวัด (Calibration and operating gases) โดยมีลักษณะการทำงาน เป็นการจำลองการขับขี่ บนท้องถนนมาทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการด้านยานยนต์ โดยเก็บตัวอย่างไอเสียตลอดการขับ ที่ซึ่งจะมีสภาพใกล้เคียงกับการใช้งานจริง เป็นวิธีมาตรฐานสากลที่ใช้ในปัจจุบัน โดยกำหนดใน มาตรฐานต่างประเทศ เช่น Directive 1999/102/EC(A) (EURO III) และมาตรฐานในประเทศไทย ได้แก่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2350-2551 (รถจักรยานยนต์)

1. รถจักรยานยนต์ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

รถจักรยานยนต์ที่ใช้ในการทดสอบการปล่อยสารมลพิษไอเสียในงานวิจัยนี้คือ รถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด ได้แก่ รถจักรยานยนต์ยี่ห้อ ฮอนด้า (Honda) รุ่น Czi 110 ซี.ซี. แบบเกียร์ธรรมดา จำนวน 1 คัน และ รถจักรยานยนต์ยี่ห้อ ฮอนด้า (Honda) รุ่น CLICK I 110 ซี.ซี. แบบเกียร์อัตโนมัติจำนวน 1 คัน โดยเป็นรถที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 ปี แสดงข้อมูลรายละเอียดในตารางที่ 2 และดังแสดงในภาพที่ 5

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ในทดสอบ

รุ่น	Honda Czi	Honda Click I
เครื่องยนต์	4 จังหวะ โอเวอร์เฮดแคมชาฟท์ ระบายความร้อนด้วยอากาศ	4 จังหวะ ซิงเกิลโอเวอร์เฮดแคม ชาฟท์ ระบายความร้อนด้วยน้ำ
ปริมาตรกระบอกสูบ	109.1 ซี.ซี.	108 ซี.ซี.
ระบบจ่ายน้ำมัน	PGM-FI Fuel injectoin	PGM-FI Fuel injection
ความกว้างกระบอกสูบ x ช่วงชัก	50 มม. x 55.6 มม.	50 มม. x 55 มม.
ระบบการติดเครื่องยนต์	สตาร์ทมือ หรือสตาร์ทเท้า	สตาร์ทมือ หรือสตาร์ทเท้า
อัตราส่วนแรงอัด	9 : 1	11 : 1
อัตราทดเกียร์	-	2.53 - 0.85
ระบบเกียร์	โรตารี (เกียร์วน) 4 ระดับ	อัตโนมัติ
ระบบคลัทช์	-	คลัทช์แห้งอัตโนมัติ
ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง)	709 x 1878 x 1057 มม.	680 x 1894 x 1082 มม.
ระยะห่างช่วงล้อ	1291 มม.	1273 มม.
น้ำหนักสุทธิ	90.8 กก.	90.8 กก.
ระบบส่งกำลัง	โซ่-สเตอร์	V-Matic แบบสายพาน
ระบบจุดระเบิด	Digital Transisterized	Digital Transisterized
ระบบห้ามล้อ หน้า	ดิสก์เบรคลูกสูบเดี่ยว	ดิสก์เบรคลูกสูบเดี่ยว
หลัง	ดรัมเบรค	ดรัมเบรค
แบตเตอรี่	แบบแห้งขนาด 12V-2.5Ah	แบบแห้งขนาด 12V-3Ah
ความจุน้ำมันเชื้อเพลิง	3.7 ลิตร	3.6 ลิตร

ที่มา: บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด (2550)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 5 รถจักรยานยนต์ฮอนด้า(Honda) รุ่น Czi 110 ซี.ซี. แบบเกียร์ธรรมดา (ก)

และ รถจักรยานยนต์ฮอนด้า(Honda) รุ่น CLICK I 110 ซี.ซี. แบบเกียร์อัตโนมัติ (ข)

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ กรมควบคุมมลพิษ (2554)

2. น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบแบ่งเป็น 3 ชนิด ดังนี้

ชนิดที่ 1 น้ำมันเบนซินออกเทน 91

ชนิดที่ 2 น้ำมันก๊าดโซฮอล์ 10 ออกเทน 91

ชนิดที่ 3 น้ำมันก๊าดโซฮอล์ 10 ออกเทน 95

โดยเชื้อเพลิงน้ำมันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) ซึ่งคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเป็นไปตามรายละเอียดข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของเชื้อเพลิงตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง การกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันเบนซิน และน้ำมันก๊าดโซฮอล์ พ.ศ. 2551 (กรมธุรกิจพลังงาน, 2551)

3. ระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer system)

ระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ ทำหน้าที่สร้างแรงต้านในการทดสอบตามน้ำหนักของรถจักรยานยนต์รวมทั้งสร้างแรงต้านตามความเร็วของการทดสอบ และตามสภาวะการณ์ของการทดสอบจริง ซึ่งระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

3.1 แชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer) เป็นอุปกรณ์ทางกล (Mechanical unit) ประกอบด้วย ลูกกลิ้ง (Roller) แบบ Single roller ที่สามารถชดเชยความสูญเสียทางกล (Mechanical loss) ได้โดยอัตโนมัติ (แสดงในภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 แชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer)

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ กรมควบคุมมลพิษ (2554)

3.2 พัดลมระบายความร้อน (Cooling fan) จำนวน 1 ตัว ทำหน้าที่สร้างลมให้เสมือนกับการขับขี่จริงบนถนน เพื่อระบายความร้อนของระบบเครื่องยนต์ที่เกิดจากการทำงานของเครื่องยนต์ และทำงานร่วมกับแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ โดยสามารถให้ความเร็วแปรผันตามความเร็วของรถจักรยานยนต์ในขณะทำการทดสอบตามความเร็วของลูกกลิ้ง โดยขนาดของพัดลมสามารถทำให้ความเร็วของลมที่พัดผ่านรถจักรยานยนต์ มีความเร็วเท่ากับรถจักรยานยนต์ที่วิ่งอยู่จริงตามรูปแบบวัฏจักรการขับขี่ (แสดงในภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 พัดลมระบายความร้อนจากรถจักรยานยนต์ (Cooling fan)

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ กรมควบคุมมลพิษ (2554)

3.3 อุปกรณ์ควบคุม (Control unit) เป็นชุดควบคุมการทำงานของแซสซิสไดนาโมมิเตอร์ และพัดลมระบายความร้อน สามารถตั้งเงื่อนไขการทำงานสร้างแรงต้านในการทดสอบและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทางกลต่างๆ ของระบบได้ตามข้อกำหนดของมาตรฐานสากลและเงื่อนไขภาวะของการทดสอบ สามารถบันทึกความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาในการทดสอบได้ เพื่อประเมินความถูกต้องของรูปแบบการทดสอบ (แสดงในภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 อุปกรณ์ควบคุมระบบ Chassis dynamometer

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ กรมควบคุมมลพิษ (2554)

4. ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system)

เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างจากท่อไอเสียรถจักรยานยนต์โดยการเจาะด้วยอากาศโดยใช้ Critical flow venture (CFV) ควบคุมอัตราการไหลของตัวอย่างผสมให้คงที่ และส่งไปยังถุงเก็บตัวอย่าง (แสดงในภาพที่ 9) สำหรับการตรวจวัดสารมลพิษจะเรียกว่าระบบเก็บตัวอย่างโดยการเจาะจางไอเสีย (Constant volume sampler: CVS) เครื่องมือประกอบไปด้วย



ภาพที่ 9 ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system)

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ กรมควบคุมมลพิษ (2554)

4.1 ชุดเก็บตัวอย่าง (Sampling unit) ที่ทำหน้าที่ผสมไอเสียให้ถูกเจือจางด้วยอากาศอย่างต่อเนื่องและผสมเป็นเนื้อเดียวกัน มีอุปกรณ์กำจัดฝุ่นและความชื้น รวมทั้งอุปกรณ์วัดปริมาตรของตัวอย่างอากาศที่ผสมที่ตรวจสอบได้

4.2 ชุดดูดตัวอย่างผสม ที่สามารถควบคุมอัตราการไหลของตัวอย่างผสมให้คงที่อย่างต่อเนื่อง

4.3 ถุงเก็บตัวอย่าง (Sampling bag) แบ่งได้ 2 ชุด ประกอบด้วย ชุดที่ 1 ทำหน้าที่เก็บตัวอย่างไอเสียที่ถูกเจือจางด้วยอากาศจากรถจักรยานยนต์ และชุดที่ 2 เก็บอากาศที่ใช้เจือจางไอเสีย โดยที่ถุงเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ชุด จะเก็บตัวอย่างต่อเนื่องตลอดการทดสอบ

4.4 ชุดควบคุม (Controller unit) ทำหน้าที่ควบคุมชุดอุปกรณ์ตามข้อ 4 ให้ทำงานสอดคล้องได้อย่างถูกต้องและมีความสัมพันธ์ตลอดการทดสอบ

5. ระบบวิเคราะห์ไอเสีย (Emission analysis system) สามารถวัดค่ามลพิษได้ทั้งแบบ Direct Measurement และ แบบ CVS Measurement ที่ใช้สำหรับการทดลองในครั้งนี้ (แสดงในภาพที่ 10) ประกอบด้วย

5.1 ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบเปลวไอออนไนเซชัน (Flame ionization detector: FID) สามารถปรับช่วงการวัดได้ 4 ช่วงการวัด ค่าของช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10,000 ส่วนในล้านส่วน

5.2 ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบเคมีลูมิเนสเซนซ์ (Chemiluminescence detector: CLD) สามารถปรับช่วงการวัดได้ 4 ช่วงการวัด ค่าของช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่าง 0-10,000 ส่วนในล้านส่วน

5.3 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบนอนดิสเพอร์ซีฟอินฟราเรด (Non-dispersive infrared analyzer: NDIR) สามารถปรับช่วงการวัดได้ 4 ช่วงการวัด ค่าของช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่างร้อยละ 0-6

5.4 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณไอเสียแบบนอนดิสเพอร์ซีฟอินฟราเรด (Non-dispersive infrared analyzer: NDIR) สามารถปรับช่วงการวัดได้ 4 ช่วงการวัด ค่าของช่วงการวัดเปลี่ยนแปลงได้ไม่จำกัด ระหว่างร้อยละ 0-10



ภาพที่ 10 ระบบวิเคราะห์ไอเสีย (Emission analysis system)

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ กรมควบคุมมลพิษ (2554)

6. วัฏจักรและรูปแบบการทดสอบ (ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากรถจักรยานพาหนะ, ม.ป.ป.) โดยการขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง บนแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer) โดยใช้ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง ดังตารางที่ 3 ขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง ก่อนการเก็บตัวอย่างไอเสียมีการขับเคลื่อนให้รถจักรยานยนต์อยู่ในสภาพพร้อมสำหรับการใช้งาน (Warm-Up) จึงมีการปรับสภาพก่อนการทดสอบ ประกอบด้วย วัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองกำหนด ที่ความเร็วเฉลี่ย

18.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นระยะเวลา 1,170 วินาที และระยะทางทั้งหมด 5.921 กิโลเมตร และวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นนอกเมืองกำหนด ที่ความเร็วเฉลี่ย 59.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นระยะเวลา 400.1 วินาที และระยะทางทั้งหมด 6.382 กิโลเมตร (แสดงในภาพที่ 11 และ 12)

ตารางที่ 3 รูปแบบการขับที่รถจักรยานยนต์ในเขตเมืองและนอกเมือง

Operation	ช่วงความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง ²)	
	ในเมือง	นอกเมือง
อัตราเร่ง (Acceleration)	0-15	0-70
อัตราเร่งคงที่ (Acceleration Constant)	15	70
ลดอัตราเร่ง (Deceleration)	15-10	70-50

ที่มา: Japan Transport Cooperation Association (2004)

6.1 ข้อกำหนดทั่วไป

6.1.1 รูปแบบการทดสอบโดยการขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ตัวอย่างบนแทร็คชิสไดนาโมมิเตอร์ประกอบด้วย รูปแบบวัฏจักรการขับขึ้นในเมืองและรูปแบบวัฏจักรการขับขึ้นนอกเมือง ดังนี้

6.1.1.1 รูปแบบวัฏจักรการขับขึ้นในเมือง

ประกอบด้วยวัฏจักรมูลฐานจำนวน 6 วัฏจักรต่อเนื่องกัน แต่ละวัฏจักรมีรูปแบบการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 11 และรายละเอียดการทดสอบตามตารางที่ 4

6.1.1.2 รูปแบบวัฏจักรการขับขึ้นนอกเมือง

มีรูปแบบการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 12 และรายละเอียดการทดสอบตามตารางที่ 5

6.1.2 การใช้เกียร์

6.1.2.1 ช่วงคงความเร็ว ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต้องอยู่ระหว่างร้อยละ 50-90 ของความเร็วรอบสูงสุด ถ้าที่ความเร็วนี้สามารถเลือกใช้เกียร์ได้หลายเกียร์ ให้เลือกใช้เกียร์สูงสุด

6.1.2.2 สำหรับการทดสอบในช่วงวัฏจักรมูลฐาน ช่วงเพิ่มความเร็ว ให้ใช้เกียร์ที่ยอมให้เร่งได้สูงสุด เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เป็นร้อยละ 110 ของความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ให้กำลังสูงสุดต้องเปลี่ยนเกียร์เป็นเกียร์ที่สูงขึ้น

ถ้ารถจักรยานยนต์มีความเร็วถึง 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่เกียร์หนึ่งหรือมีความเร็ว 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่เกียร์สอง ต้องเปลี่ยนเกียร์เป็นเกียร์ที่สูงขึ้นที่ความเร็วดังกล่าว ในกรณีนี้จะต้องไม่เปลี่ยนเป็นเกียร์สูงขึ้นต่อไปถ้าในช่วงเพิ่มความเร็วมีการเปลี่ยนเกียร์ตามความเร็วที่กำหนดไว้ จะต้องคงความเร็วตามเกียร์ที่ใช้อยู่โดยไม่คำนึงถึงความเร็วรอบของเครื่องยนต์

6.1.2.3 ช่วงลดความเร็ว จะต้องเปลี่ยนเป็นเกียร์ต่ำก่อนที่รอบของเครื่องยนต์จะลดลงมาจนเครื่องเดินไม่เรียบหรือเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เท่ากับร้อยละ 30 ของความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ให้กำลังสูงสุดแล้วแต่ว่าจะถึงสภาวะใดก่อน ในระหว่างช่วงลดความเร็วนี้ไม่ให้เปลี่ยนเป็นเกียร์หนึ่ง

6.1.2.4 รถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งระบบเกียร์อัตโนมัติจะต้องทดสอบด้วยเกียร์สูงสุด และต้องควบคุมคันเร่งให้เป็นไปตามปกติเพื่อให้เกียร์เปลี่ยนไปตามขั้นตอน

6.1.2.5 การทดสอบในรูปแบบวัฏจักรการขับขึ้นนอกเมือง ให้ทดสอบโดยใช้เกียร์ตามข้อแนะนำของผู้ทำไม่ต้องเปลี่ยนเกียร์ตามจุดต่างๆ ที่กำหนดในรูปแบบการทดสอบ แต่ให้คงอัตราเร่งไว้ตลอดช่วงที่แสดงเป็นเส้นตรงที่ลากต่อช่วงเดินเบา กับช่วงความเร็วคงที่ถัดไป

6.1.3 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

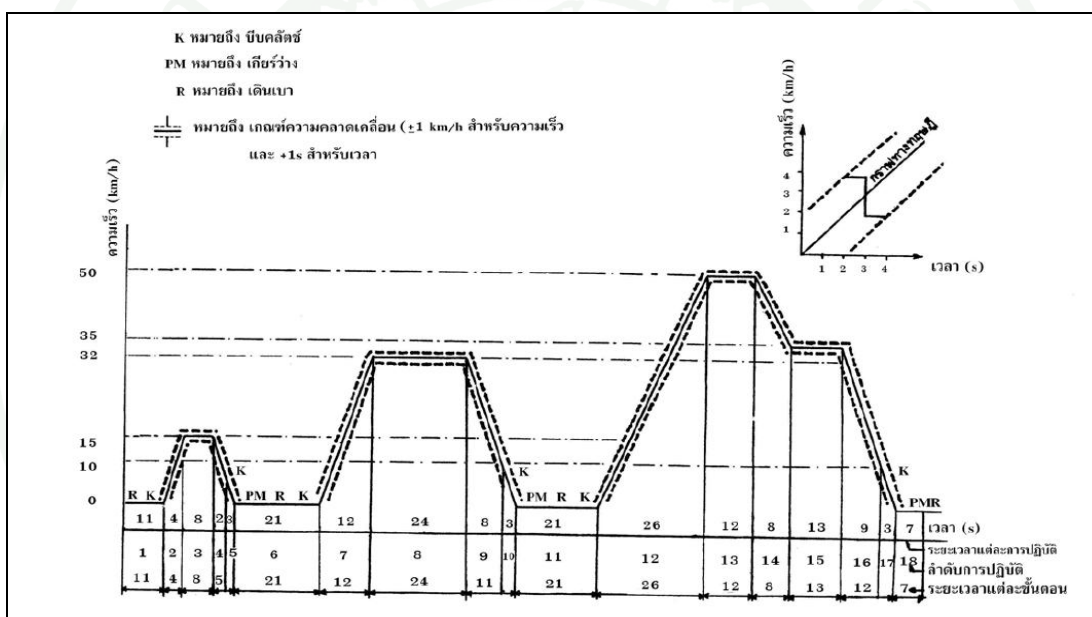
6.1.3.1 ความเร็วของการขับเคลื่อนจะคลาดเคลื่อนจากความเร็วที่กำหนดได้ ± 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตลอดช่วงทดสอบ

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนนี้อาจสูงกว่าที่กำหนดได้ในช่วงเปลี่ยนชั้นตอน โดยระยะเวลาแต่ละครั้งต้องไม่เกิน 0.5 วินาที

6.1.3.2 ระยะเวลาคลาดเคลื่อนจากที่กำหนดได้ไม่เกิน ± 0.5 วินาที

6.1.3.3 ความเร็วและระยะเวลาที่กำหนดดังแสดงในภาพที่ 11 และ ภาพที่ 12

6.1.3.4 ระยะทางขับเคลื่อนตลอดวัฏจักรคลาดเคลื่อนที่กำหนดได้ไม่เกินร้อยละ ± 2



ภาพที่ 11 วัฏจักรมาตรฐานของรูปแบบการขับขึ้นในเมือง

ที่มา: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2350-2551 (2551)

ตารางที่ 4 รายละเอียดการทดสอบวัฏจักรมูลฐานของรูปแบบการขับขึ้นในเมือง

ลำดับ การ ปฏิบัติ	การ ปฏิบัติ	ขั้นตอน ที่	ความเร่ง (m/s ²)	ความเร็ว (Km./h.)	ระยะเวลา (s)		ระยะเวล สะสม (s)	กรณีที่เข้า เกียร์ ธรรมดา
					แต่ละการ ปฏิบัติ	แต่ละ ขั้นตอน		
1	เดินเบา	1			11	11	11	PM 6 s, K5 s
2	เพิ่ม ความเร็ว	2	1.04	0-15	4	4	15	ดูข้อ 6.1
3	คง ความเร็ว	3		15	8	8	23	
4	ลด ความเร็ว	4	-0.69	15-ต.ค.	2		25	
5	ลด ความเร็ว	4	-0.92	10-0	3	5	28	K
	บีบ คลัตช์							
6	เดินเบา	5			21	21	49	PM 16 s
7	เพิ่ม ความเร็ว	6	0.74	0-32	12	12	61	K5 s
8	คง ความเร็ว	7		32	24	24	85	ดูข้อ 6.1
9	ลด ความเร็ว		-0.75	32-10	8		93	
10	ลด ความเร็ว	8	-0.92	10-0	3	11	96	
	บีบ คลัตช์							k
11	เดินเบา	9			21	21	117	PM 16 s
12	เพิ่ม ความเร็ว	10	0.53	0-50	26	26	143	ดูข้อ 6.1

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ลำดับ การ ปฏิบัติ	การ ปฏิบัติ	ขั้นตอน ที่	ความเร่ง (m/s ²)	ความเร็ว (Km./h.)	ระยะเวลา (s)		ระยะเวล าสะสม (s)	กรณีที่ใช้ เกียร์ ธรรมดา
					แต่ละการ ปฏิบัติ	แต่ละ ขั้นตอน		
13	คง ความเร็ว	11		50	12	12	155	
14	ลด ความเร็ว	12	-0.52	50-35	8	8	163	
15	คง ความเร็ว	13		35	13	13	176	ดูข้อ 6.1
16	ลด ความเร็ว		-0.68	35-10	9	12	185	
17	ลด ความเร็ว	14	-0.92	10-0	3	12	188	K
	บีบ คลัตช์						188	
18	เดินเบา	15			7	7	195	PM 7 s

หมายเหตุ 1. PM หมายถึง เกียร์ว่าง
2. K หมายถึง บีบคลัตช์

ที่มา: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2350-2551 (2551)

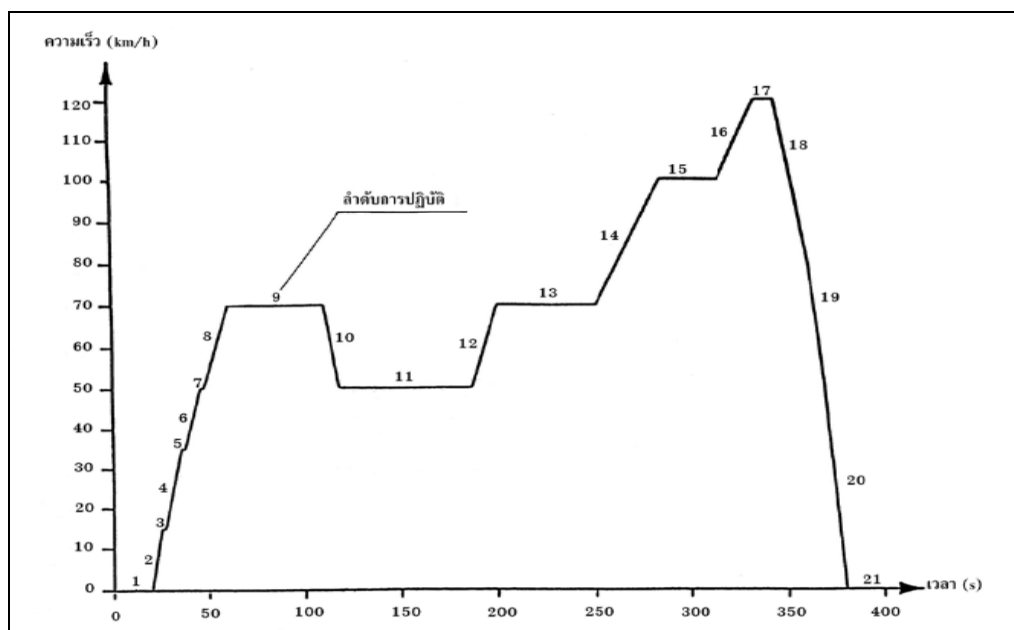
ตารางที่ 5 รายละเอียดการทดสอบวัฏจักรมูลฐานของรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง

ลำดับ การ ปฏิบัติ	การ ปฏิบัติ	ขั้นตอน ที่	ความเร่ง (m/s ²)	ความเร็ว (Km./h.)	ระยะเวลา (s)		ระยะเวล สะสม (s)	กรณีที่ใช้ เกียร์ ธรรมดา
					แต่ละการ ปฏิบัติ	แต่ละ ขั้นตอน		
1	เดินเบา	1			20	20	20	
2	เพิ่ม ความเร็ว		0.83	0-15	5		25	
3	เปลี่ยน เกียร์				2		27	
4	เพิ่ม ความเร็ว		0.62	15-35	9		36	
5	เปลี่ยน เกียร์	2			2	41	38	
6	เพิ่ม ความเร็ว		0.52	35-50	8		46	ทดสอบการ ใช้เกียร์ ตาม คำแนะนำ ของผู้ทำ
7	เปลี่ยน เกียร์			50-70	2		48	
8	เพิ่ม ความเร็ว		0.43	70	13		61	
9	คง ความเร็ว	3		70-50	50	50	111	
10	ลด ความเร็ว	4	-0.69	50	6	8	119	
11	คง ความเร็ว	5		50-70	69	69	188	
12	เพิ่ม ความเร็ว	6	0.43	70	13	13	201	

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับ การ ปฏิบัติ	การ ปฏิบัติ	ขั้นตอน ที่	ความเร่ง (m/s ²)	ความเร็ว (Km./h.)	ระยะเวลา (s)		ระยะเวล สะสม (s)	กรณีที่ใช้ เกียร์ ธรรมดา
					แต่ละการ ปฏิบัติ	แต่ละ ขั้นตอน		
13	คง ความเร็ว	7		70-100	50	50	251	
14	เพิ่ม ความเร็ว	8	0.24	100	35	35	286	
15	คง ความเร็ว	9		100- 120	30	30	316	
16	เพิ่ม ความเร็ว	10	0.28	120	20	20	336	ทดสอบการ ใช้เกียร์ ตาม คำแนะนำ ของผู้ทำ
17	คง ความเร็ว	11		120-80	10	20	346	
18	ลด ความเร็ว		-0.69	80-50	16		362	
19	ลด ความเร็ว	12	-1.04	50-0	8	34	370	
20	ลด ความเร็ว		-1.39		10		380	
	บีบ คลัตช์							
21	เดินเบา	13			20	20	400	

ที่มา: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2350-2551 (2551)



ภาพที่ 12 วัฏจักรมูลฐานของรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง

ที่มา: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2350-2551 (2551)

7. ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูล (Vehicle emission test control system) การทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ (Motorcycle emission test control system) (แสดงในภาพที่ 13)

ระบบชุดเครื่องมือที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องมือต่อเชื่อมต่างๆ ในระบบและรับข้อมูลจากเครื่องมือมาประมวลผล ประกอบด้วยเครื่องมือหลัก 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 คือ เครื่องควบคุมการทำงานและประมวลผล ระบบเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์ มีโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องมือต่อเชื่อมต่างๆ ให้ทำงานสอดคล้องกัน มีโปรแกรมตรวจสอบการทำงานและความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องมือต่อเชื่อมต่างๆ มีโปรแกรมสำหรับการปรับเทียบเครื่องมือ สามารถรายงานผลการตรวจวัดมวลต่อกิโลเมตร ส่วนที่ 2 คือ อุปกรณ์ช่วยการขับรถจักรยานยนต์ (Driver's Aid)



ภาพที่ 13 ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูลการทดสอบสารมลพิษรถจักรยานยนต์

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ กรมควบคุมมลพิษ (2554)

8. ก๊าซชนิดต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์และปรับเทียบเครื่องมือตรวจวัด (Calibration and operating gases)

8.1 ก๊าซผสมระหว่างโพรเพน (C_3H_8) และไนโตรเจนบริสุทธิ์สำหรับปรับเทียบเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC)

8.2 ก๊าซผสมระหว่างออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และไนโตรเจนบริสุทธิ์สำหรับปรับเทียบเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

8.3 ก๊าซผสมระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไนโตรเจนบริสุทธิ์สำหรับปรับเทียบเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

8.4 ก๊าซผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไนโตรเจนบริสุทธิ์สำหรับปรับเทียบเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

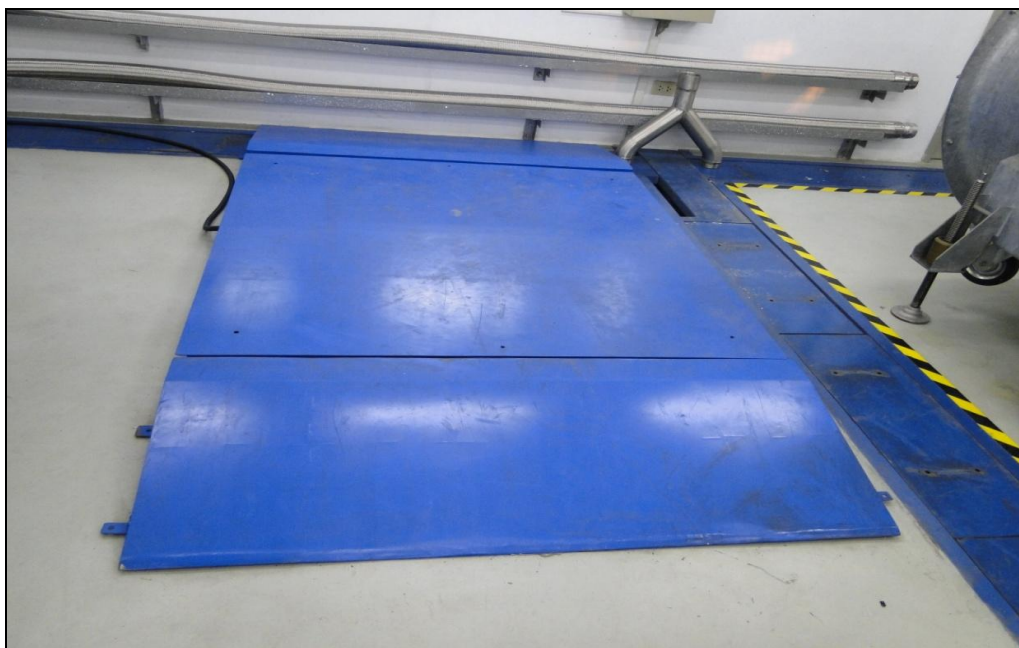


ภาพที่ 14 ก๊าซชนิดต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์และปรับเทียบเครื่องมือ

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ กรมควบคุมมลพิษ (2551)

9. เครื่องชั่งน้ำหนักรถจักรยานยนต์

สำหรับชั่งน้ำหนักรถจักรยานยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเพื่อให้ได้น้ำหนักที่แท้จริงของการทดสอบ โดยก่อนนำรถจักรยานยนต์ขึ้นบน Chassis dynamometer จะทำการชั่งน้ำหนักของรถจักรยานยนต์ตัวอย่างที่แท้จริงเพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักที่ถูกต้อง เพื่อนำค่าที่ได้ไปปรับเทียบระบบ Chassis dynamometer และน้ำหนักที่ชั่งได้ให้บวกเพิ่มอีก 75 กิโลกรัม เพื่อแทนน้ำหนักของเจ้าหน้าที่ขับรถจักรยานยนต์ตัวอย่างทดสอบ ทั้งนี้เป็นไปตามรายละเอียดของมาตรฐานการทดสอบที่กำหนดไว้ ดังแสดงในภาพที่ 15

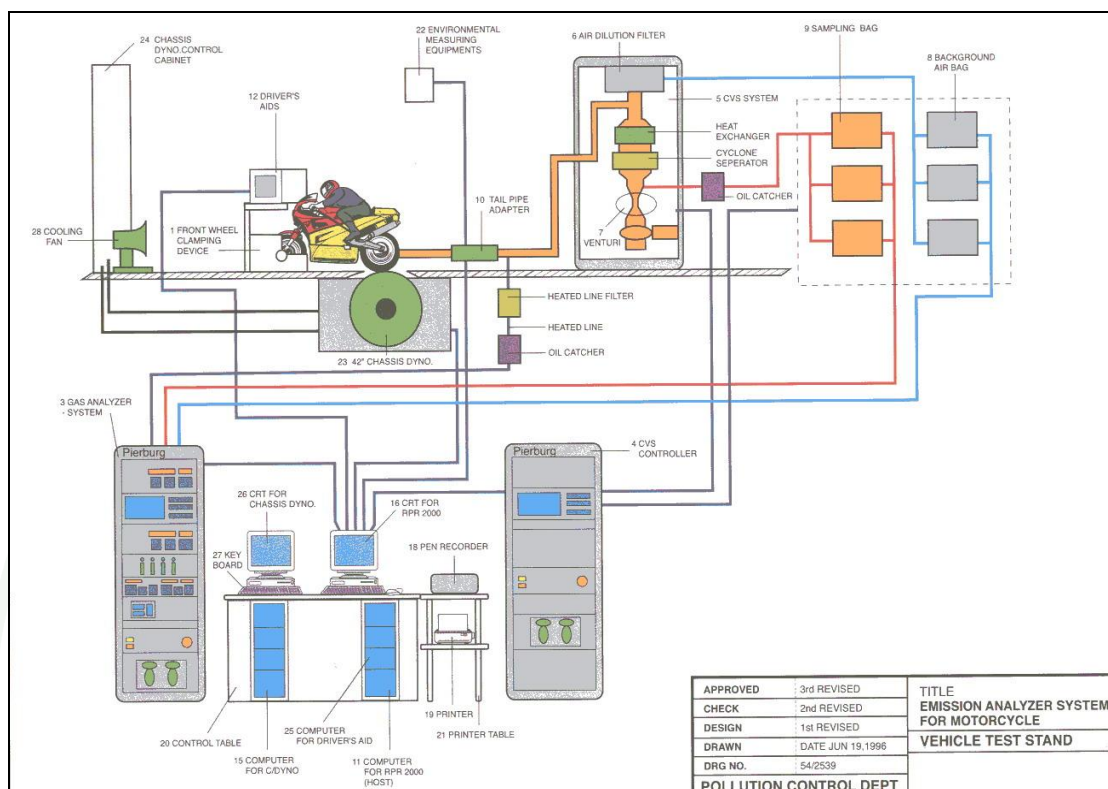


ภาพที่ 15 เครื่องชั่งน้ำหนักรถจักรยานยนต์

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ กรมควบคุมมลพิษ (2554)

วิธีการ

ทดสอบรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ระบบหัวฉีด แบบเกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ จากการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซินออกเทน 91, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 ในห้องทดสอบด้านยานยนต์บนแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer) เพื่อประเมินถึงปัจจัยการระบายสารมลพิษจากท่อไอเสีย ได้แก่ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทำการเก็บตัวอย่างไอเสียแบบปริมาตรคงที่ (Constant volume sampling: CVS) ตามมาตรฐานมาตรฐานสากลที่ใช้ในปัจจุบันโดยมาตรฐานสำหรับรถเครื่องยนต์เบนซินที่กำหนดในต่างประเทศ เช่น มาตรฐาน Directive 1999/102/EC(A) (EURO III) และมาตรฐานในประเทศไทย ได้แก่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2350-2551 (รถจักรยานยนต์) เป็นต้น ซึ่งเป็นการจำลองสภาพการวิ่งของรถจักรยานยนต์ ที่มีสภาพใกล้เคียงกับการขับขึ้นบนท้องถนนจริง เพื่อให้ได้สารมลพิษที่ปล่อยออกมา มีสภาพใกล้เคียงกับสภาพที่เกิดขึ้นจากการใช้งานจริง โดยประเมินสารมลพิษในหน่วยของน้ำหนักกรัมต่อกิโลเมตร ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นในเมืองและนอกเมือง โดยแบ่งอัตราเร่งในการขับขึ้นในเขตเมืองเป็น 3 ช่วง 0-15, 15, 15-10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² และอัตราเร่งในการขับขึ้นนอกเมืองเป็น 3 ช่วง 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² นำมาเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่างของการระบายสารมลพิษชนิดต่าง โดยมีแผนผังการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน (แสดงในภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 แผนผังการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์

ที่มา: ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถจักรยานยนต์ กรมควบคุมมลพิษ (2554)

1. ขั้นตอนการทดสอบสารมลพิษจากไอเสียรถจักรยานยนต์ (ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ, ม.ป.ป.)

1.1 การเตรียมรถจักรยานยนต์ตัวอย่างก่อนทดสอบ

เตรียมรถจักรยานยนต์ตัวอย่างก่อนการทดสอบ เพื่อให้การทดสอบรถจักรยานยนต์เป็นไปตามมาตรฐานสากลที่ถูกต้องและมีความผิดพลาดจากการทดสอบรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง ซึ่งการเตรียมรถจักรยานยนต์ตัวอย่างให้พร้อมก่อนการทดสอบเป็นขั้นตอนสำคัญ โดยรถจักรยานยนต์ตัวอย่างจะได้รับทำการชั่งน้ำหนักรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง (กิโลกรัม) เป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ได้ค่าของน้ำหนักแท้จริงเพื่อใช้สำหรับปรับตั้งระบบ Chassis dynamometer

ตรวจสอบสภาพความพร้อมก่อนการทดสอบ ได้แก่ การตรวจสอบสภาพของเครื่องยนต์ ไม่มีการรั่วไหลของน้ำมันเครื่อง การตรวจสอบระบบเบรก ระบบเกียร์ธรรมดาหรือเกียร์ออโตเมติก เพื่อให้ประกอบการเลือกวัฏจักรรูปแบบการขับที่ถูกต้อง (วัฏจักรรูปแบบการขับที่จะแยกระหว่างเกียร์ธรรมดาและเกียร์ออโตเมติก) ระบบท่อไอเสียจะต้องไม่ชำรุดหรือมีจุดรั่วไหลซึ่งจะมีผลต่อสารมลพิษไอเสียที่ออกมา การตรวจสอบความดันลมยางของรถตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนดข้อแนะนำจากบริษัทผู้ผลิตรถจักรยานยนต์และบริษัทผู้ผลิตยาง และเชื้อเพลิงมีเพียงพอสำหรับการขับที่ตลอดวัฏจักรและตลอดการทดสอบ ขั้นตอนนี้จะมีรายละเอียดของใบตรวจเช็คที่ครอบคลุมรายละเอียดทั้งหมด เพื่อเป็นการป้องกันความผิดพลาด

1.2 การนำรถจักรยานยนต์ขึ้นแท่นทดสอบ

รถจักรยานยนต์ตัวอย่างขึ้นแท่นทดสอบบน Chassis Dynamometer รถจักรยานยนต์ตัวอย่างที่ผ่านการตรวจสอบสภาพความพร้อมเรียบร้อยแล้วจะนำขึ้นบนแท่นทดสอบเพื่อเตรียมความพร้อมในการจำลองสภาพของรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง ให้เหมือนสภาพขับที่จริงบนท้องถนนมากที่สุด ในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วย การปรับตั้งค่าแรงต้านของรถจักรยานยนต์ตัวอย่างโดยปรับตั้งตามค่าน้ำหนักที่ได้ทำการชั่งไว้ และหลังจากนั้นผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จะทำการขับเคลื่อนรถตัวอย่างตามวัฏจักรรูปแบบที่กำหนดเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับรถจักรยานยนต์และตรวจสอบความพร้อมของรถจักรยานยนต์

1.3 การเตรียมข้อมูลรถจักรยานยนต์ทดสอบและรูปแบบการขับ

เตรียมข้อมูลรถจักรยานยนต์ตัวอย่างและรูปแบบการขับ ก่อนที่จะทำการทดสอบ ผู้ควบคุมการทดสอบจะทำการเตรียมรายละเอียดคุณลักษณะของรถจักรยานยนต์ตัวอย่างได้แก่ รายละเอียดทางด้านเทคนิคของรถจักรยานยนต์และเครื่องยนต์ เช่น ปริมาตรความจุกระบอกสูบของเครื่องยนต์ น้ำหนักของรถจักรยานยนต์ที่ใช้ทดสอบโดยน้ำหนักที่ได้ให้บวกเพิ่มอีก 75 กิโลกรัม เพื่อเป็นตัวแทนของผู้ขับรถทดสอบและเชื้อเพลิง รูปแบบวัฏจักรการขับในเมืองและนอกเมือง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้จะใช้ใส่เข้าไปในโปรแกรมของการทดสอบ ทั้งเพื่อการสืบค้นข้อมูลของรถจักรยานยนต์ตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบในอนาคตหรือเมื่อต้องการทราบรายละเอียดต่างๆ เช่น รายละเอียดของรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง รายละเอียดเงื่อนไขการทดสอบ

1.4 การเตรียมเครื่องมือและระบบทดสอบ

เตรียมเครื่องมือและระบบทดสอบ การเตรียมเครื่องมือประกอบด้วย ระบบแชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis dynamometer system) ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system) ระบบวิเคราะห์ไอเสีย (Emission analysis system) ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูลการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ (Vehicle emission test control system) และระบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เมื่อมีความพร้อมแล้วจึงดำเนินการทดสอบ

1.5 การดำเนินการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์

ทดสอบรถจักรยานยนต์ตัวอย่างจากรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ แบบเกียร์ธรรมดา และแบบเกียร์อัตโนมัติ ระบบหัวฉีด จะเริ่มทำการทดสอบเมื่อระบบทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ทุกส่วนพร้อม โดยในการทดสอบผู้ขับจะทำการขับที่รถจักรยานยนต์ตัวอย่างตามรูปแบบการขับขี่ในเมืองกับนอกเมือง โดยจะทำการทดสอบแต่ละวัฏจักร 3 รอบ ด้วยความเร็วและระยะเวลาที่กำหนดที่ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ในขณะเดียวกันระบบเก็บตัวอย่างสารมลพิษก็จะทำการเก็บตัวอย่างไอเสียจากรถจักรยานยนต์ตัวอย่างและอากาศที่ใช้ในการเจือจางไอเสียในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดเข้าถุงเก็บตัวอย่างต่อเนื่องตลอดวัฏจักรการขับขี่เมื่อจะเริ่มรอบใหม่จะมีการพักการทดสอบรถจักรยานยนต์ตัวอย่างเป็นเวลา 30 นาที โดยที่ภาวะทดสอบ ในห้องทดสอบต้องควบคุมอุณหภูมิไว้ระหว่าง 20 ถึง 30 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์ผลและประเมินความเข้มข้นของสารมลพิษแต่ละชนิดต่อไป

1.6 กำหนดให้รถจักรยานยนต์ดำเนินการทดสอบและเก็บตัวอย่างต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์เฉพาะด้านความปลอดภัย : สารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ ระดับที่ 6 มาตรฐานเลขที่ มอก. 2350-2551 โดยการศึกษาจะใช้รูปแบบตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง

1.7 วิเคราะห์ผล ระบบวิเคราะห์จะทำการวิเคราะห์สารมลพิษจากถุงเก็บตัวอย่างอากาศที่ใช้การเจือจางไอเสีย และถุงเก็บตัวอย่างไอเสียที่ถูกเจือจางด้วยอากาศแล้วนั้น เครื่องวิเคราะห์สารมลพิษจะทำการวิเคราะห์ผลและประเมินปริมาณสารมลพิษในหน่วยของน้ำหนัก กรัมต่อกิโลเมตร

ของสารมลพิษต่างๆ แต่ละชนิด จากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมเฉพาะของระบบวิเคราะห์ไอเสีย

1.8 ประมวลผลข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมเฉพาะของการทดสอบจะคำนวณสารมลพิษจากการเก็บตัวอย่างไอเสีย สารมลพิษจะนำมาประเมินผลในหน่วยปริมาตรของน้ำหนัก (กรัมต่อกิโลเมตร) และอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงประเมินผลในหน่วยระยะทางต่อปริมาตรเชื้อเพลิง (กิโลเมตรต่อลิตร) การคำนวณค่าปริมาณสารมลพิษ คำนวณตามวิธีที่กำหนดในมาตรฐานต่างประเทศ เช่น มาตรฐาน Directive 1999/102/EC (A) (EURO III) และมาตรฐานรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย ได้แก่ มอก. 2350-2551 เป็นต้น

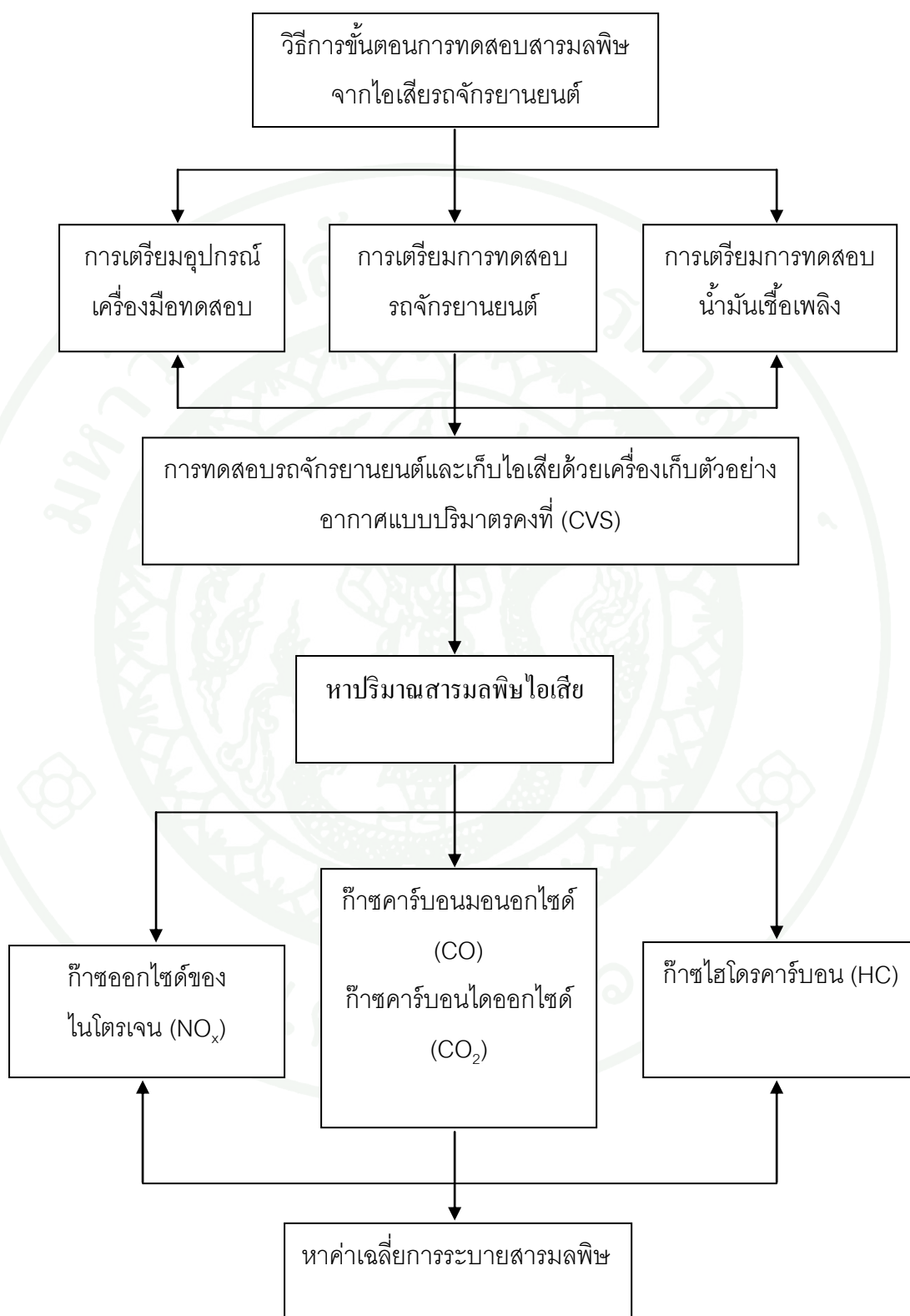
2. คำนวณค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (emission factor) ชนิดต่างๆ กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน ตามการใช้เชื้อเพลิง 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซินออกเทน 91, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมืองของรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบหัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ในช่วงอัตราเร่งแตกต่างกัน โดยแบ่งอัตราเร่งในการขับขี่ในเขตเมืองเป็น 3 ช่วง 0-15, 15, 15-10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² และอัตราเร่งในการขับขึ้นนอกเมืองเป็น 3 ช่วง 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจากรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ประเภท และเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

3. เปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษชนิดต่างๆ กรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน จากรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง โดยแบ่งอัตราเร่งในการขับขี่ในเขตเมืองเป็น 3 ช่วง 0-15, 15, 15-10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² และอัตราเร่งในการขับขึ้นนอกเมืองเป็น 3 ช่วง 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² นำมาเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่างของการระบายสารมลพิษชนิดต่างๆ

สรุปวิธีการขั้นตอนการทดสอบสารมลพิษจากไอเสียจากรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบหัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) และเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมด 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซินออกเทน 91, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 91, น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน เพื่อจัดทำอัตราการระบายสารมลพิษ ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยการระบายสารมลพิษไอเสียในแต่ละช่วงอัตราเร่ง
สามารถสรุปได้เป็นแผนผัง (แสดงรายละเอียดในภาพที่ 17)





ภาพที่ 17 แผนผังการวิจัยทดสอบปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียรถจักรยานยนต์

ผลและวิจารณ์

การศึกษาวិจัยการประเมินปัจจัยการระบายสารมลพิษ (ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ก๊าซออกไซด์ ของไนโตรเจน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ที่ปล่อยจากท่อไอเสีย รถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบหัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) และเชื้อเพลิง ที่ใช้ทั้งหมด 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซินออกเทน 91, น้ำมันแก๊สโซลีน 10 ออกเทน 91, น้ำมันแก๊ส โซลีน 10 ออกเทน 95 ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง แบ่งหัวข้อการศึกษาวิจัยได้ดังนี้

1. ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (emission factor) ชนิดต่างๆ กรัมต่อกิโลเมตร ต่อคัน จาการรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91

2. ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (emission factor) ชนิดต่างๆ กรัมต่อกิโลเมตร ต่อคัน จาการรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 10 ออกเทน 91

3. ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (emission factor) ชนิดต่างๆ กรัมต่อกิโลเมตร ต่อคัน จาการรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักร รูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 10 ออกเทน 95

4. เปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (emission factor) ชนิดต่างๆ กรัม ต่อกิโลเมตรต่อคัน จาการรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง

1. ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (emission factor) ชนิดต่างๆ กรัมต่อกิโลเมตร ต่อคัน จากระถักยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน ออกเทน 91

1.1 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย รถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบ หัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมือง ในช่วงอัตราเร่ง แตกต่างกัน โดยแบ่งอัตราเร่งในการขับขี่ในเขตเมืองเป็น 3 ช่วง 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง² มีผลการทดสอบ (แสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ ก1) และหาค่าเฉลี่ยการทดสอบ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 6) ได้ดังนี้

1.1.1 ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 0.051, 0.050, 0.059 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์ อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.059, 0.065, 0.086 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

1.1.2 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 0.097, 0.172, 0.641 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์ อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.237, 0.409, 2.007 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

1.1.3 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 25.613, 25.715, 44.351 กรัมต่อกิโลเมตร และ เกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 35.352, 37.294, 60.75 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

1.1.4 ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 0.026, 0.051, 0.074 กรัมต่อกิโลเมตร และ เกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.016, 0.031, 0.035 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

1.2 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย รถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบ หัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง ในช่วงอัตราเร่ง แตกต่างกัน โดยแบ่งอัตราเร่งในการขับขึ้นนอกเมืองเป็น 3 ช่วง 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อ

ชั่วโมง² มีผลการทดสอบ (แสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ ก2) และหาค่าเฉลี่ยการทดสอบ (รายละเอียดแสดงในตารางที่7) ได้ดังนี้

1.2.1 ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 0.172, 0.135, 0.185 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.316, 0.259, 0.374 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

1.2.2 ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 7.323, 5.276, 15.042 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 7.442, 5.331, 16.737 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

1.2.3 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 44.315, 45.583, 56.268 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 50.486, 52.816, 63.208 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

1.2.4 ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 0.136, 0.188, 0.106 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.083, 0.128, 0.068 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ แบบเกียร์ธรรมดา กับ เกียร์อัตโนมัติตามรูปแบบวัฏจักรการขับขี่ในเมืองที่มีอัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91

ช่วงอัตราเร่ง (กม./ชม. ²)	ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (ก./กม.) แบบเกียร์ธรรมดา				ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (ก./กม.) แบบเกียร์อัตโนมัติ			
	HC	CO	CO ₂	NO _x	HC	CO	CO ₂	NO _x
Acceleration (0-15)	0.051	0.097	25.613	0.026	0.059	0.237	35.325	0.016
Acceleration Constant (15)	0.050	0.172	25.715	0.051	0.065	0.409	37.294	0.031
Deceleration (15-10)	0.059	0.641	44.351	0.074	0.086	2.007	60.75	0.035

ตารางที่ 7 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ แบบเกียร์ธรรมดา กับ เกียร์อัตโนมัติตามรูปแบบวัฏจักรการขับขึ้นนอกเมืองที่มีอัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91

ช่วงอัตราเร่ง (กม./ชม. ²)	ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (ก./กม.) แบบเกียร์ธรรมดา				ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (ก./กม.) แบบเกียร์อัตโนมัติ			
	HC	CO	CO ₂	NO _x	HC	CO	CO ₂	NO _x
Acceleration (0-70)	0.172	7.323	44.315	0.136	0.316	7.442	50.486	0.083
Acceleration Constant (70)	0.135	5.276	45.583	0.188	0.259	5.331	52.816	0.128
Deceleration (70-50)	0.185	15.042	56.268	0.106	0.374	16.737	63.208	0.068

2. ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (emission factor) ชนิดต่างๆ กรัมต่อกิโลเมตร ต่อคัน จาการถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าส โซฮอลล์ 10 ออกแทน 91

2.1 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย รถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบ
หัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมือง ในช่วงอัตราเร่ง
แตกต่างกัน โดยแบ่งอัตราเร่งในการขับขี่ในเขตเมืองเป็น 3 ช่วง 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตรต่อ
ชั่วโมง² มีผลการทดสอบ (แสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ ก3) และหาค่าเฉลี่ยการทดสอบ
(รายละเอียดแสดงในตารางที่ 8) ได้ดังนี้

2.1.1 ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตรต่อ
ชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 0.043, 0.054, 0.064 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์
อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.061, 0.056, 0.073 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

2.1.2 ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตรต่อ
ชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 0.093, 0.146, 0.379 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์
อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.203, 0.406, 0.643 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

2.1.3 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตรต่อ
ชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 24.917, 25.600, 44.592 กรัมต่อกิโลเมตร และ
เกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 34.760, 36.366, 59.580 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

2.1.4 ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตร
ต่อชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 0.038, 0.069, 0.098 กรัมต่อกิโลเมตร และ
เกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.025, 0.029, 0.033 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

2.2 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย รถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบ
หัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับช้้นอกเมือง ในช่วงอัตราเร่ง
แตกต่างกัน โดยแบ่งอัตราเร่งในการขับช้้นอกเมืองเป็น 3 ช่วง 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อ

ชั่วโมง² มีผลการทดสอบ (แสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ ก4) และหาค่าเฉลี่ยการทดสอบ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 9) ได้ดังนี้

2.2.1 ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 0.172, 0.136, 0.172 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.312, 0.228, 0.371 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

2.2.2 ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 6.305, 4.773, 12.759 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 8.788, 5.791, 19.032 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

2.2.3 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 44.897, 45.825, 58.404 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 48.247, 51.528, 59.672 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

2.2.4 ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 0.214, 0.271, 0.178 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.069, 0.117, 0.059 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ แบบเกียร์ธรรมดา กับเกียร์อัตโนมัติ ตามรูปแบบวัฏจักรการขับขึ้นในเมืองที่มีอัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 91

ช่วงอัตราเร่ง (กม./ชม. ²)	ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (ก./กม.) แบบเกียร์ธรรมดา				ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (ก./กม.) แบบเกียร์อัตโนมัติ			
	HC	CO	CO ₂	NO _x	HC	CO	CO ₂	NO _x
Acceleration (0-15)	0.043	0.093	24.917	0.038	0.061	0.203	34.760	0.025
Acceleration Constant (15)	0.054	0.146	25.600	0.069	0.056	0.403	36.366	0.029
Deceleration (15-10)	0.064	0.379	44.592	0.098	0.073	0.643	59.580	0.033

ตารางที่ 9 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ แบบเกียร์ธรรมดา กับเกียร์อัตโนมัติตามรูปแบบวัฏจักรการขับขึ้นนอกเมืองที่มีอัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 91

ช่วงอัตราเร่ง (กม./ชม. ²)	ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (ก./กม.) แบบเกียร์ธรรมดา				ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (ก./กม.) แบบเกียร์อัตโนมัติ			
	HC	CO	CO ₂	NO _x	HC	CO	CO ₂	NO _x
Acceleration (0-70)	0.127	6.305	44.897	0.214	0.312	8.788	48.247	0.069
Acceleration Constant (70)	0.136	4.773	45.825	0.271	0.228	5.791	51.528	0.117
Deceleration (70-50)	0.172	12.759	58.404	0.178	0.371	19.032	59.672	0.059

3. ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (emission factor) ชนิดต่างๆ กรัมต่อกิโลเมตร ต่อคัน จากระบบการขนส่ง (เครื่องยนต์และเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ อี 10 ออกเทน 95

3.1 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย รถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบ หัวฉีด (เครื่องยนต์และเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมือง ในช่วงอัตราเร่ง แตกต่างกัน โดยแบ่งอัตราเร่งในการขับขี่ในเขตเมืองเป็น 3 ช่วง 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง² มีผลการทดสอบ (แสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ ก5) และหาค่าเฉลี่ยการทดสอบ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 10) ได้ดังนี้

3.1.1 ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง² พบว่าเครื่องยนต์มีปัจจัยการระบายที่ 0.066, 0.055, 0.063 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์ อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.190, 0.073, 0.099 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

3.1.2 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง² พบว่าเครื่องยนต์มีปัจจัยการระบายที่ 0.090, 0.191, 0.546 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์ อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.255, 0.462, 0.644 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

3.1.3 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง² พบว่าเครื่องยนต์มีปัจจัยการระบายที่ 25.103, 25.158, 44.124 กรัมต่อกิโลเมตร และ เกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 33.342, 35.453, 59.330 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

3.1.4 ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง² พบว่าเครื่องยนต์มีปัจจัยการระบายที่ 0.028, 0.064, 0.091 กรัมต่อกิโลเมตร และ เกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.014, 0.035, 0.045 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

3.2 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย รถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบ หัวฉีด (เครื่องยนต์และเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับชึ้นนอกเมือง ในช่วงอัตราเร่ง แตกต่างกัน โดยแบ่งอัตราเร่งในการขับชึ้นนอกเมืองเป็น 3 ช่วง 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อ

ชั่วโมง² มีผลการทดสอบ (แสดงรายละเอียดในตารางผนวกที่ 6) และหาค่าเฉลี่ยการทดสอบ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 11) ได้ดังนี้

3.2.1 ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 0.167, 0.133, 0.170 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.364, 0.279, 0.458 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

3.2.2 ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 6.248, 4.700, 12.586 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 8.438, 6.050, 20.089 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

3.2.3 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 41.538, 42.033, 52.032 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 47.424, 51.527, 60.610 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

3.2.4 ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ที่อัตราเร่ง 3 ช่วง คือ 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² พบว่าเกียร์ธรรมดามีปัจจัยการระบายที่ 0.213, 0.270, 0.164 กรัมต่อกิโลเมตร และเกียร์อัตโนมัติมีปัจจัยการระบายที่ 0.088, 0.150, 0.068 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ แบบเกียร์ธรรมดา กับเกียร์อัตโนมัติ ตามรูปแบบวัฏจักรการขับขี่ในเมืองที่มีอัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 95

ช่วงอัตราเร่ง (กม./ชม. ²)	ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (ก./กม.) แบบเกียร์ธรรมดา				ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (ก./กม.) แบบเกียร์อัตโนมัติ			
	HC	CO	CO ₂	NO _x	HC	CO	CO ₂	NO _x
Acceleration (0-15)	0.066	0.090	25.103	0.028	0.190	0.255	33.342	0.014
Acceleration Constant (15)	0.055	0.191	25.158	0.064	0.073	0.462	35.453	0.035
Deceleration (15-10)	0.063	0.546	44.124	0.091	0.099	0.644	59.330	0.045

ตารางที่ 11 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ แบบเกียร์ธรรมดา กับเกียร์อัตโนมัติ ตามรูปแบบวัฏจักรการขับขึ้นนอกเมืองที่มีอัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 95

ช่วงอัตราเร่ง (กม./ชม. ²)	ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (ก./กม.) แบบเกียร์ธรรมดา				ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ (ก./กม.) เกียร์อัตโนมัติ			
	HC	CO	CO ₂	NO _x	HC	CO	CO ₂	NO _x
Acceleration (0-70)	0.167	6.248	41.538	0.213	0.364	8.438	47.424	0.088
Acceleration Constant (70)	0.133	4.700	42.033	0.270	0.279	6.050	51.527	0.150
Deceleration (70-50)	0.170	12.586	52.032	0.164	0.458	20.089	60.610	0.068

4. วิจัยการเปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (emission factor) ชนิดต่าง ๆ ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน จากระถังรถยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง

4.1 ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (emission factor) ชนิดต่างๆ ในหน่วยกรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน จากระถังรถยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบหัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) แยกตามชนิดเชื้อเพลิงที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง

เปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียจากระถังรถยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบหัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) และจากการใช้เชื้อเพลิง 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซินออกเทน 91, น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 91, น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง มีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สูงกว่า ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนตามลำดับ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ในกรณีที่ก๊าซดังกล่าวสูงขึ้นเป็นการบอกประสิทธิภาพเผาไหม้ที่สมบูรณ์นั่นเอง ตามวัฏจักรการขับขี่นี้ทำการทดสอบในครั้งนี้เป็นรูปแบบมาตรฐานที่ใช้ในยุโรป ซึ่งการออกแบบจะมีความสัมพันธ์กับเกียร์รถยนต์ เพราะฉะนั้นรูปแบบการทดสอบนี้ในเมืองจะเหมาะสมกับระบบเกียร์อัตโนมัตินอกเมืองจะเหมาะสมกับเกียร์ธรรมดา และนอกจะยังมีปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น พฤติกรรมของผู้ขับขี่ น้ำหนักของรถยนต์ ขนาดเครื่องยนต์ ระบบการส่งกำลัง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ W. Pulkrabek *et al.* (2004) ที่ได้กล่าวไว้ว่า ค่าการระบายของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในไอเสียสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการสันดาปได้ หากไอเสียมีค่าการระบายของไฮโดรคาร์บอน (HC) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ต่ำ แสดงว่าเชื้อเพลิงเกือบทั้งหมดสามารถเกิดการสันดาปกับออกซิเจนได้ดี และในกรณีที่ก๊าซดังกล่าวมีการระบายสูงขึ้นจะเป็นการบอกถึงประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกรมควบคุมมลพิษ ที่ทำการวิจัยเมื่อปี พ.ศ. 2551 และวัชระ (2540) ได้อธิบายไว้ว่าการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ มีระบบการทำงานของเครื่องยนต์เป็นระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันเครื่องแยกจากกัน ทำให้น้ำมันเครื่องเผาไหม้ได้ดีกว่า

ผลของอัตราเร่งที่แตกต่างกันตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมืองต่อปัจจัยการระบายสารมลพิษ พบว่า ในช่วงอัตราความเร่ง 15-10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² มีการระบายสารมลพิษมากกว่าช่วง 0-15 และ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² ตามลำดับ เนื่องจากที่อัตราเร่งดังกล่าวมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ทำให้มีการปล่อยสารพิษในปริมาณที่สูง และค่าปัจจัยการระบายสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบหัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) และจากการใช้เชื้อเพลิง 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซินออกเทน 91, น้ำมันก๊าดโซฮอล์ 10 ออกเทน 91, น้ำมันก๊าดโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 เมื่อเปรียบเทียบจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิดทั้งการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง พบว่า รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินออกเทน 91 จะมีการปล่อยสารมลพิษในอัตราที่สูงกว่าการใช้น้ำมันก๊าดโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 และน้ำมันก๊าดโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 ตามลำดับ เนื่องจาก เชื้อเพลิงแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและอัตราส่วนขององค์ประกอบของน้ำมันที่แตกต่างกัน

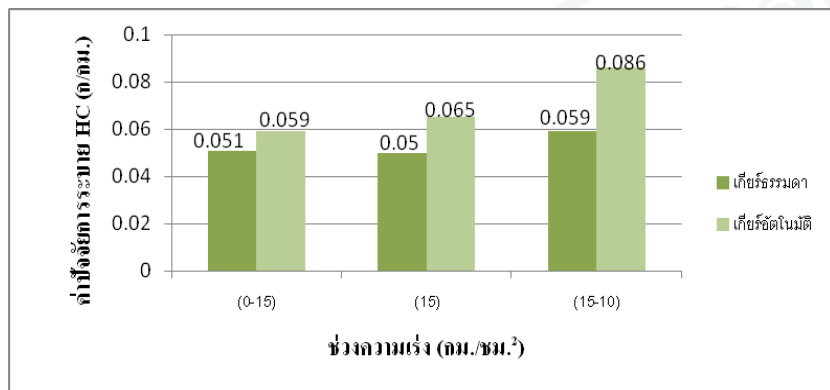
ส่วนผลของอัตราเร่งที่แตกต่างกันในการขับขี่ต่อปัจจัยการระบายสารมลพิษ พบว่า ค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบหัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91 น้ำมันก๊าดโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 และ 95 ทั้งการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง ส่วนใหญ่มีปัจจัยการระบายสารมลพิษในปริมาณสูงในช่วงอัตราเร่ง 15-10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² เนื่องจากช่วงความเร็วนี้เป็นการจำลองสภาพการจราจรที่ติดขัดทำให้มีการเร่งความเร็วและเบรกอยู่บ่อยครั้ง ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับ Tong, H.Y. H.D. Tung *et al.* (2011) แสดงให้เห็นว่าที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้นมีผลทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงได้สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับที่ พูลพร (2537) อธิบายไว้ว่า ความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีผลต่อไฮโดรคาร์บอน (HC) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คือ ที่รอบต่ำจะปล่อยไฮโดรคาร์บอน (HC) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) สูง ส่วนการระบายออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นการระบายออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จะเพิ่มขึ้นด้วย แต่การระบายไฮโดรคาร์บอน (HC) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จะลดลง ซึ่งเป็นไปตาม สุทธิลา และคณะ (2544), Alvarez *et al.* (2009), Zamboni, G. *et al.* (2011) และสอดคล้องกับที่พูลพร (2537) อธิบายไว้ว่าความเข้มข้นของออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วรอบ รอบสูงจะเกิดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) สูง เป็นต้น และพบว่าในช่วงความเร็ว 0-15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² ช่วงความเร็วนี้เป็นการจำลองสภาพการเร่งเครื่องยนต์ในระยะแรกของการขับขี่ มีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายไฮโดรคาร์บอน (HC) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ต่ำสุด แต่มีการ

ระบายนคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่ระบายนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคำอธิบายของ Cheenkachorn *et al.* (2010) กล่าวว่า เมื่อความเร็วสูงขึ้น (Phase III) เครื่องยนต์จะอยู่ในช่วงเกียร์สูงสุดและความเร็วสูงสุด ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง จึงเกิดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) สูงและสอดคล้องกับงานวิจัยของ Weller และคณะ (1999) พบว่าเมื่อความเร็วสูงสุดเครื่องยนต์จะมีค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบายออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) สูงสุด และการเกิดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของเครื่องยนต์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rafael *et al.* (2006) กล่าวไว้ว่า การขับที่แบบความเร่งสูงสุดมีการเปลี่ยนเกียร์อยู่บ่อยครั้ง และใช้ความเร่งที่ประมาณ 60% ต้องใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงและใช้เชื้อเพลิงมาก ซึ่งเป็นเหตุให้ปล่อยมลพิษมากขึ้น Kean และ Kendall. (2003) กล่าวไว้ว่า รถจักรยานยนต์ที่ขับขึ้นทางลาดชันมีการเร่งหรือการเร่งเครื่องยนต์ที่มากกว่าปกติ ทำให้มลพิษก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมมีปริมาณสูงกว่าด้วย

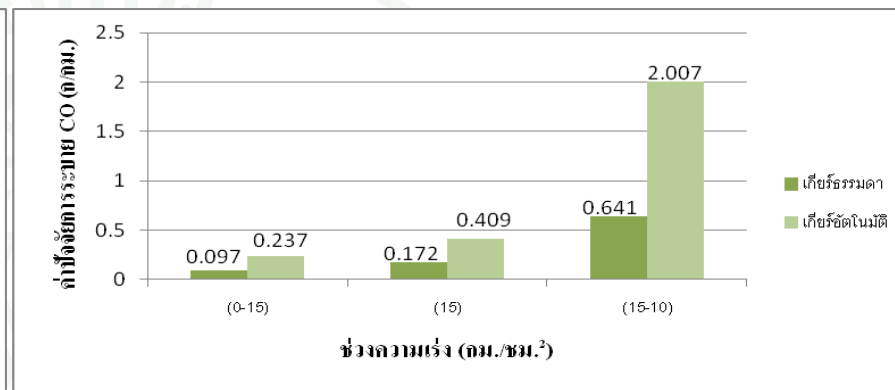
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบเกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ ให้ผลการระบายสารพิษที่ไม่แตกต่างกันตามที่ได้กล่าวมาในข้างต้น และนอกจากปัจจัยที่ได้กล่าวมาในข้างต้น ยังมีปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น อายุของเครื่องยนต์ พฤติกรรมของผู้ขับขี่ น้ำหนักของรถจักรยานยนต์ ขนาดของเครื่องยนต์และระบบการส่งกำลัง รวมทั้งการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์กำจัดไอเสีย (Catalytic Converter) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lin, C.W. *et al.* (2006) และ Lin, C.W. *et al.* (2008) ที่กล่าวไว้ว่า อายุของจักรยานยนต์ ระยะทางที่ใช้และยี่ห้อ มีผลต่อค่าปัจจัยการระบายสาร HC สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tsai J.H. *et al.* (2000) ที่กล่าวไว้ว่า ปัจจัยการระบายสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์ที่ใช้แล้วมีการปล่อยก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มากกว่ารถใหม่ ขนาดของเครื่องยนต์ ระยะทางที่ใช้และยี่ห้อ มีผลต่อค่าปัจจัยการระบายสารไฮโดรคาร์บอน (HC) ความแตกต่างของประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์และอุปกรณ์ ลดสารมลพิษที่มีการติดตั้งมากับรถจักรยานยนต์ สาเหตุเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้รถ จักรยานยนต์ 4 จังหวะ ระบบหัวฉีด (เกียร์ธรรมดา และเกียร์อัตโนมัติ) มีปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียที่แตกต่างกัน

จากผลการทดลองเมื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกับตารางมาตรฐานการระบายไอเสียจากรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย (ตารางที่ 1) พบว่า รถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบ

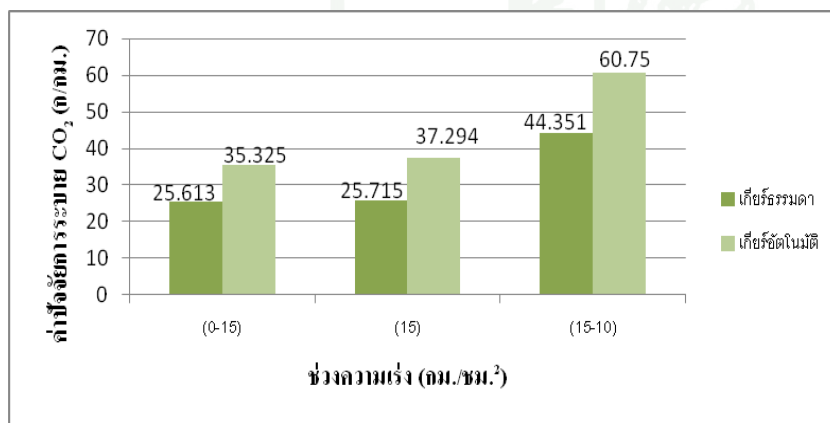
หัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91 น้ำมันเบนซินก๊าสโซฮอล์ ออกเทน 91 และ 95 ทั้งการขับในเมืองและนอกเมือง มีค่าการปล่อยสารพิษอยู่ในช่วงมาตรฐานของการปล่อยสารพิษ และพบว่า น้ำมันเบนซินก๊าสโซฮอล์ออกเทน 91 และ 95 จะมีการปล่อยสารมลพิษน้อยกว่า น้ำมันเบนซินออกเทน 91 ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Niven R.K. (2005) และ Yao. YC. Tsai *et al.* (2008) ที่ได้กล่าวไว้ว่า เอทานอลที่ผสมในน้ำมันเบนซินเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันไร้สารตะกั่ว ที่มีการเติมสารเติมแต่ง MTBE (methyl tert-butyl ether) ซึ่งโดยทั่วไปการปล่อยไอเสียของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ลดลง ซึ่งมีการเพิ่มออกซิเจนอยู่ในเชื้อเพลิง ในทางตรงข้าม เอทานอลที่นำมาเติมในน้ำมันเบนซิน จะไม่มีการลดการปล่อยไฮโดรคาร์บอน (HC)



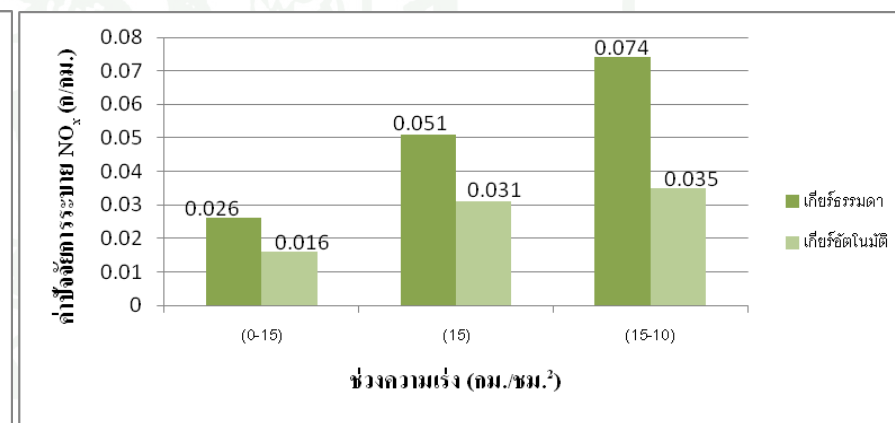
(ก)



(ข)

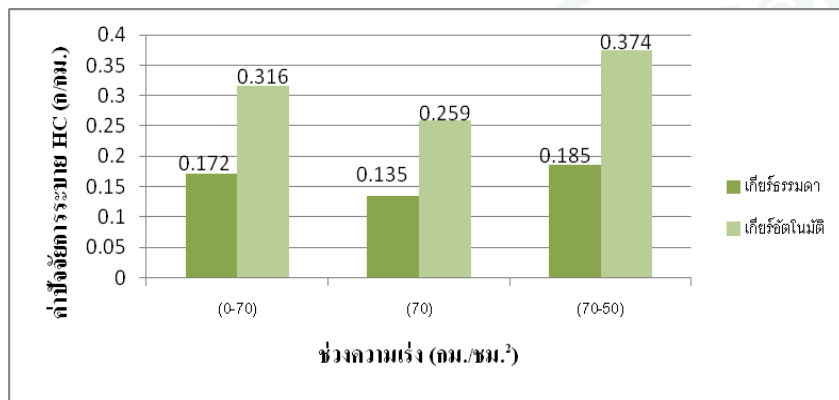


(ค)

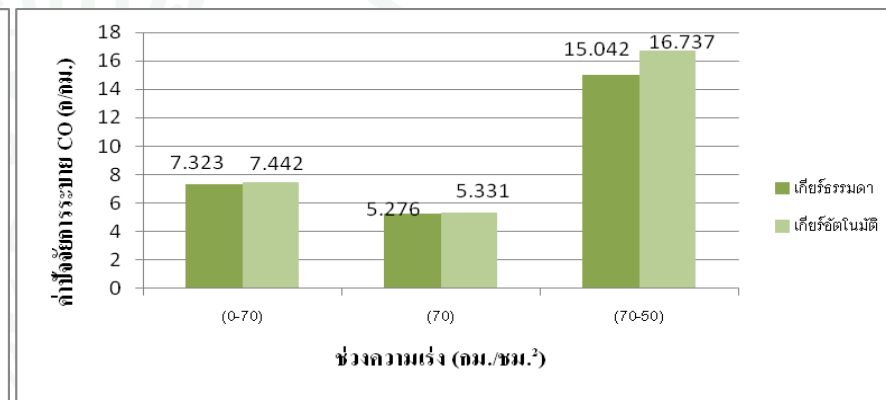


(ง)

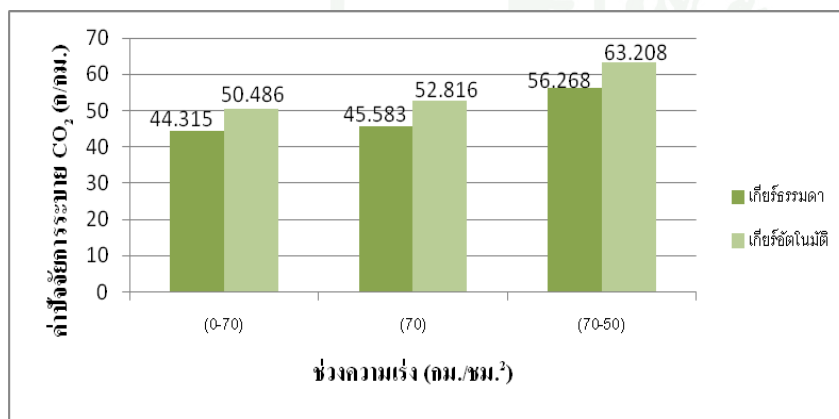
ภาพที่ 18 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย HC (ก) CO (ข) CO₂ (ค) และ NO_x (ง) จากไอเสียรถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมือง ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91



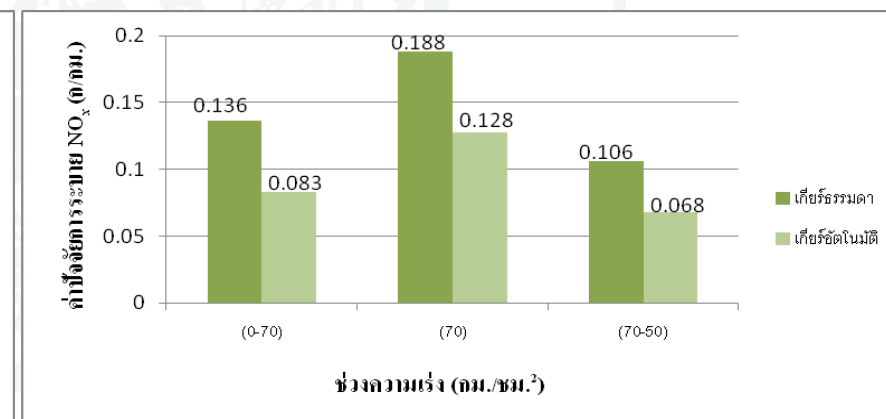
(ก)



(ข)

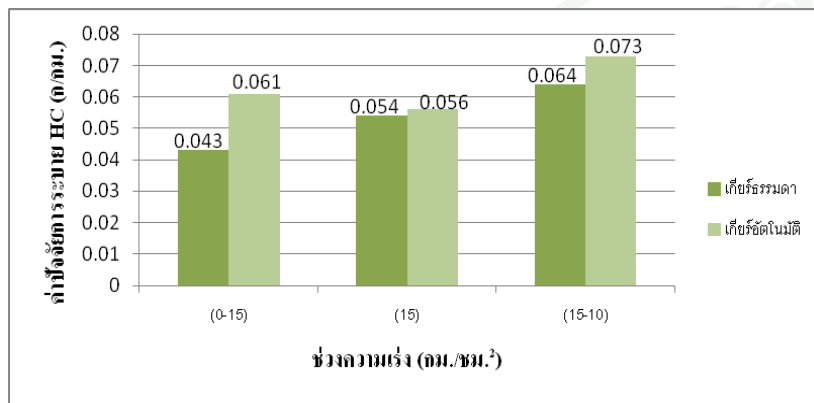


(ค)

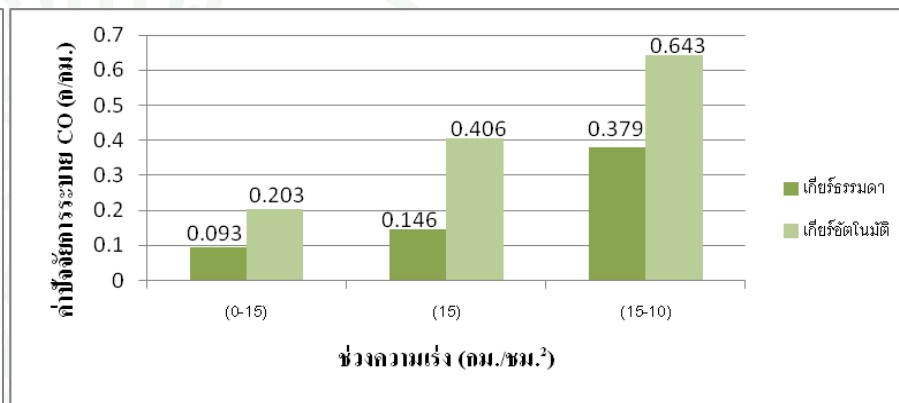


(ง)

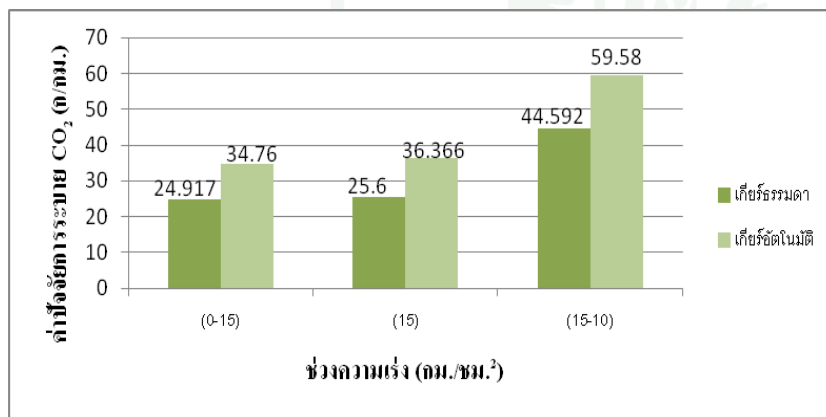
ภาพที่ 19 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย HC (ก) CO (ข) CO₂ (ค) และ NO_x (ง) จากไอเสียรถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (เกียอีธรรมดาและเกียอีัดโนมิติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91



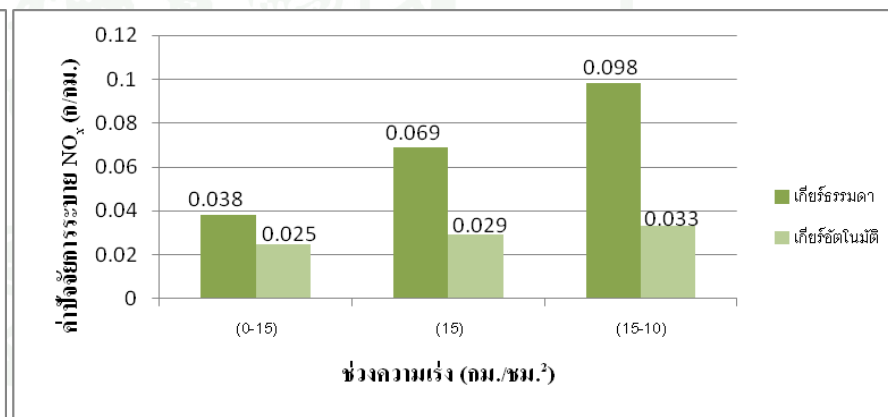
(ก)



(ข)

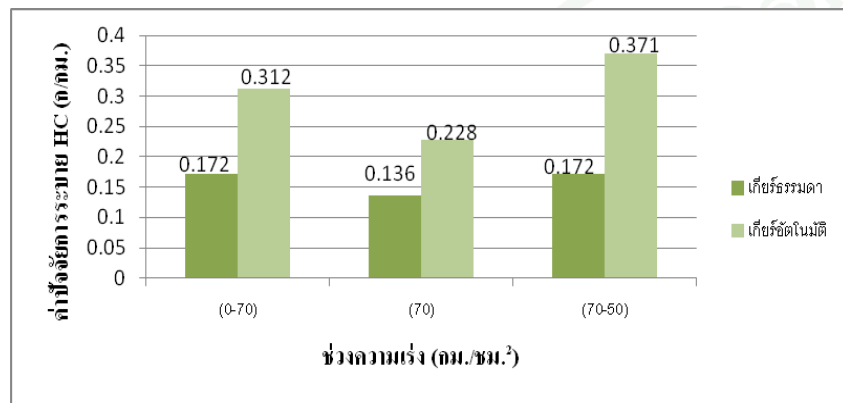


(ค)

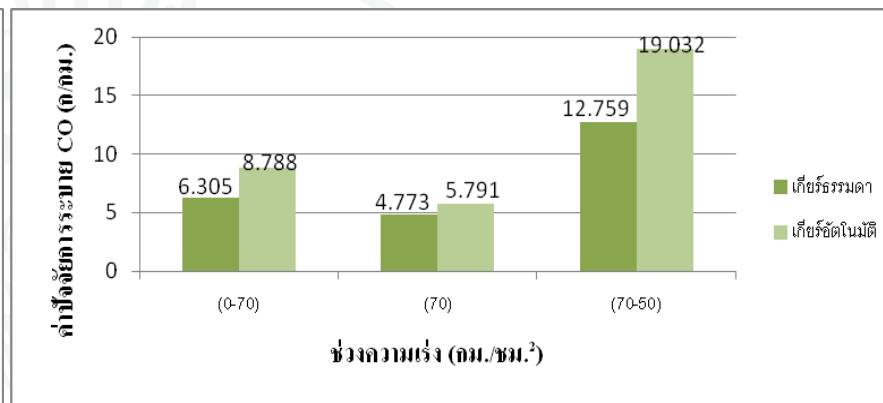


(ง)

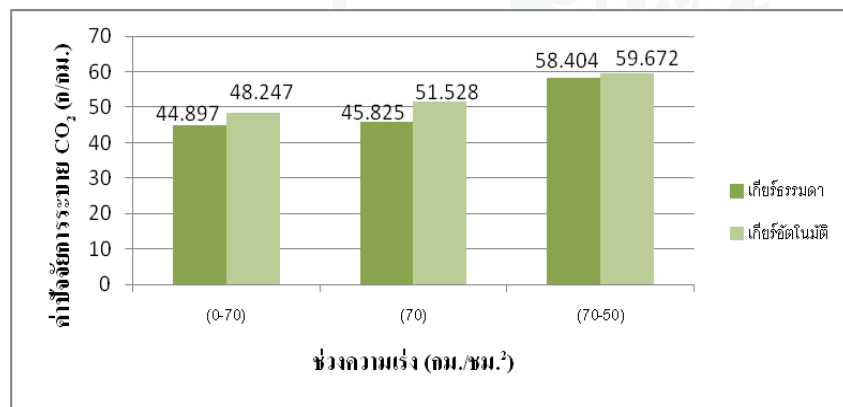
ภาพที่ 20 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย HC (ก) CO (ข) CO₂ (ค) และ NO_x (ง) จากไอเสียรถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมือง ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 91



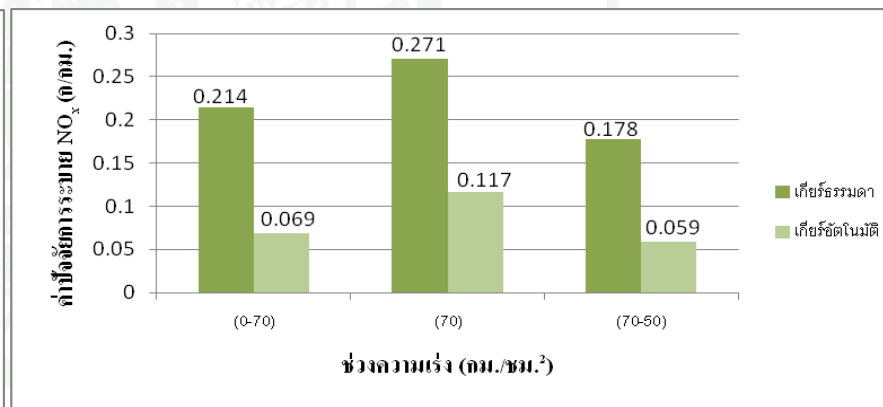
(ก)



(ข)

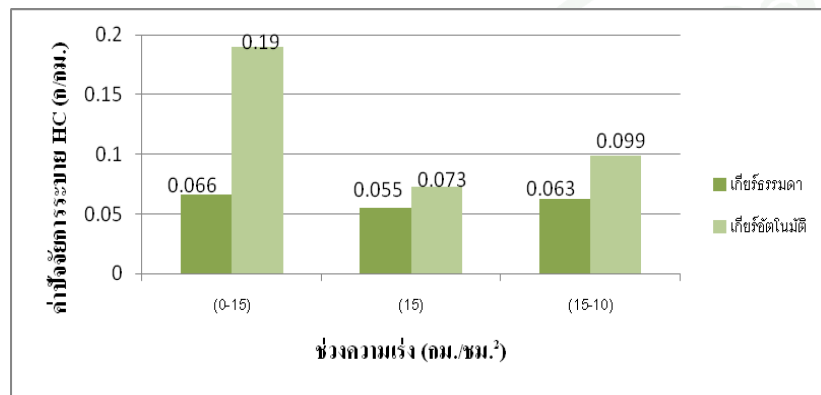


(ค)

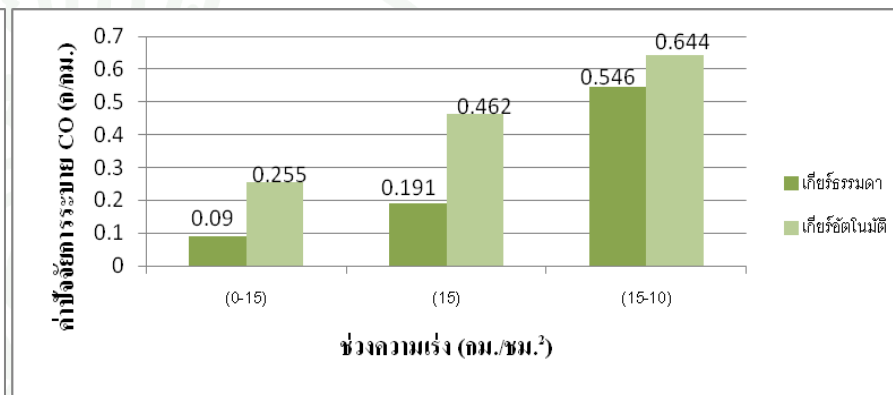


(ง)

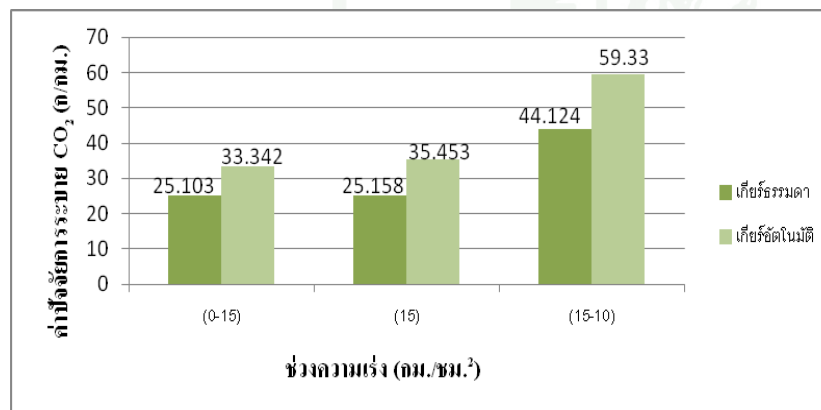
ภาพที่ 21 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย HC (ก) CO (ข) CO₂ (ค) และ NO_x (ง) จากไอเสียรถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (เกียอีธรรมดาและเกียอีัดโนมิติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์อี 10 ออกเทน 91



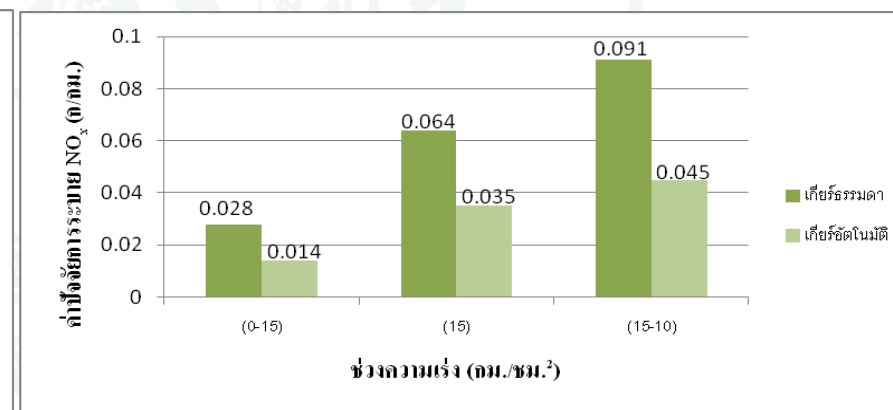
(ก)



(ข)

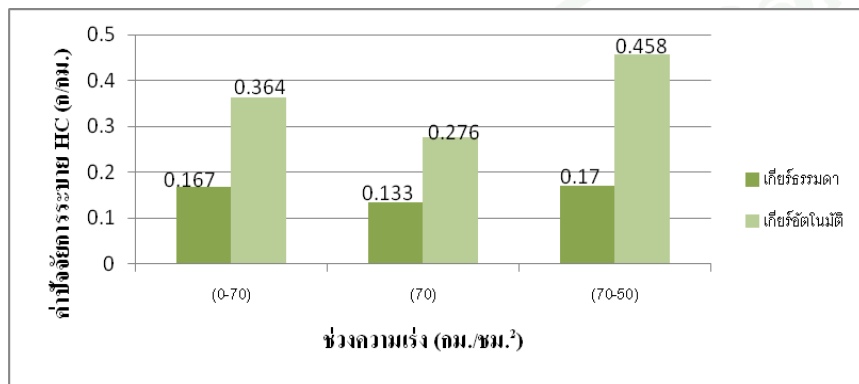


(ค)

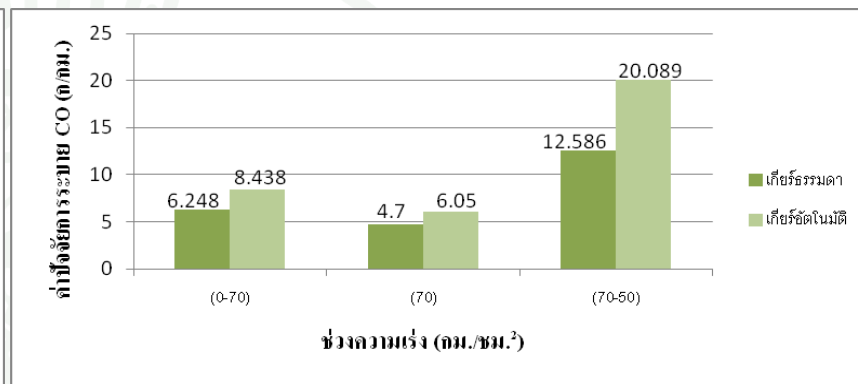


(ง)

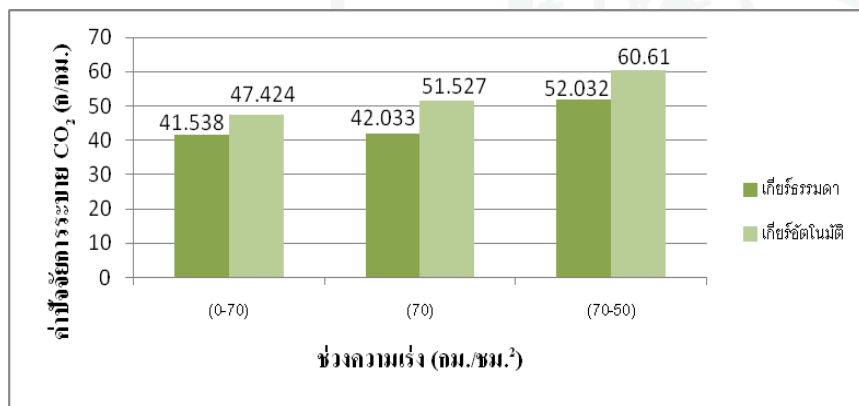
ภาพที่ 22 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปล่อยการระบาย HC (ก) CO (ข) CO₂ (ค) และ NO_x (ง) จากไอเสียรถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับในเมือง ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 95



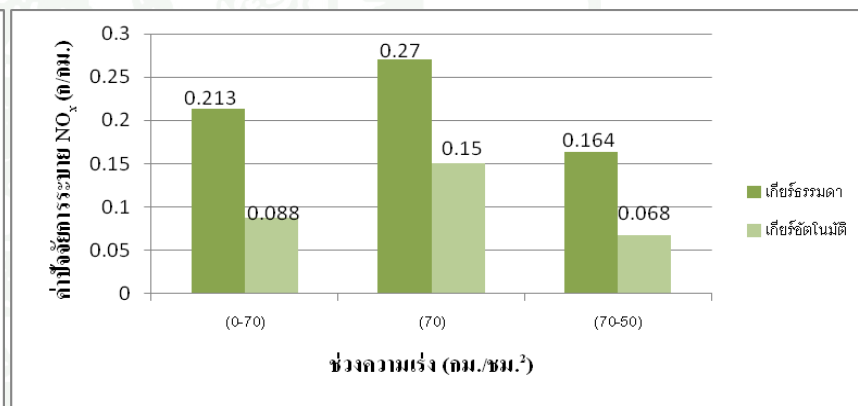
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 23 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยการระบาย HC (ก) CO (ข) CO₂ (ค) และ NO_x (ง) จากไอเสียรถจักรยานยนต์ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์สี 10 ออกเทน 95

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษเพื่อประเมินปัจจัยการระบายและเปรียบเทียบสารมลพิษ (ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ปล่อยจากท่อไอเสียรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) และเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมด 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซินออกเทน 91, น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 91, น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 ซึ่งได้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการด้านยานยนต์ของกรมควบคุมมลพิษ ทดสอบกับรถจักรยานยนต์ที่ใช้งานจริงบนท้องถนน สำหรับรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง ได้แก่ รถจักรยานยนต์ยี่ห้อฮอนด้า (Honda) รุ่น Czi 110 ซี.ซี. แบบเกียร์ธรรมดา และรถจักรยานยนต์ยี่ห้อฮอนด้า (Honda) รุ่น CLICK I 110 ซี.ซี. แบบเกียร์อัตโนมัติ โดยเป็นรถที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 ปี ไม่มีการปรับแต่งหรือดัดแปลงเครื่องยนต์แต่ประการใด ใช้วิธีการรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมืองสำหรับการทดสอบเพื่อเก็บตัวอย่าง ในช่วงอัตราเร่งแตกต่างกัน โดยแบ่งอัตราเร่งในการขับขี่ในเขตเมืองเป็น 3 ช่วง 0-15, 15 , 15-10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² และอัตราเร่งในการขับขึ้นนอกเมืองเป็น 3 ช่วง 0-70, 70, 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

จากการศึกษาอัตราเร่งของรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ระบบหัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ในรูปแบบการขับขี่ในเมือง ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91 น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 91 และน้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 95 พบว่า รถจักรยานยนต์แบบเกียร์ออโตเมติกมีค่าปัจจัยการระบาย ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่สูงกว่ารถจักรยานยนต์แบบเกียร์ธรรมดา และสำหรับปัจจัยการระบาย ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) รถจักรยานยนต์แบบเกียร์ธรรมดาสูงกว่าเกียร์อัตโนมัติ ในช่วงลดอัตราเร่ง (Deceleration) 15-10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² มีแนวโน้มส่วนใหญ่มีค่าปัจจัยการระบาย ก๊าซไฮโดรคาร์บอน(HC) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่สูง

จากการศึกษาอัตราเร่งของรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ระบบหัวฉีด (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ในรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91 น้ำมันก๊าซโซฮอล์อี 10 ออกเทน 91 และน้ำมันก๊าซโซฮอล์อี 10 ออกเทน 95 พบว่า รถจักรยานยนต์แบบเกียร์ออโตเมติก มีค่าปัจจัยการระบาย ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่สูงกว่ารถจักรยานยนต์แบบเกียร์ธรรมดา และสำหรับปัจจัยการระบาย ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) รถจักรยานยนต์แบบเกียร์ธรรมดาสูงกว่าเกียร์ออโตเมติก ในช่วงลดอัตราเร่ง (Deceleration) 70-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง² มีแนวโน้มส่วนใหญ่มีค่าปัจจัยการระบาย ก๊าซไฮโดรคาร์บอน(HC) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่สูง สำหรับปัจจัยการระบาย ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) จะสูงในช่วงอัตราเร่งคงที่ (Acceleration Constant) 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง²

การวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดทำค่าปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสียทางอากาศ (EF) ภายใต้เงื่อนไขจริง (Actual Condition) ข้อมูลดังกล่าวจะทำให้สามารถประเมินถึงระดับปริมาณสารมลพิษในอากาศ ที่ระบายจากแหล่งกำเนิดประเภทยานพาหนะได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและควรมีการเลือกใช้ขนาดเครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์ให้มีความเหมาะสมกับรูปแบบการขับทั้งในเมืองและนอกเมือง เพื่อให้ประหยัดน้ำมันและมีการปล่อยมลพิษจากไอเสียน้อยลง เช่น การเลือกใช้ระบบหัวฉีด เป็นทางเลือกหนึ่งในการลดมลพิษทางอากาศ อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทาง นโยบาย และมาตรการในการควบคุมและลดปัญหาสารมลพิษในอากาศจากรถจักรยานยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากแหล่งกำเนิดประเภทยานพาหนะได้อย่างเหมาะสมถูกต้องทั้งในสถานการณ์ปัจจุบันและการวางแผนบริหารจัดการด้านสารมลพิษในอากาศในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission Factor) ในกลุ่มอื่นๆ ที่เกิดขึ้นกับรถจักรยานยนต์ ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม เช่น สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs Volatile Organic Compounds) ได้แก่ Toluene, Ethyl Benzene, Formaldehyde, Acetaldehyde

2. ควรทำการศึกษาปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission Factor) จากเชื้อเพลิงชนิดอื่น เช่น E20 ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอกเมือง

3. ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยการระบายสารมลพิษจากไอเสีย (Emission Factor) และอัตราการใช้เชื้อเพลิง (Fuel consumption) รถยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมืองและนอก รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมการขนส่งทางบก. 2544. **สถิติการจดทะเบียนของรถยนต์ในประเทศไทย**. ม.ป.ท.

กรมธุรกิจพลังงาน. 2551. ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันเบนซิน. **ราชกิจจานุเบกษา**, เล่ม 124 ตอนพิเศษ 5 ง.

กรมอนามัย. 2544. **สรุปมาตรฐานคุณภาพอากาศในประเทศไทย**. กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.

เชษฐวุฒิ ภูมิพัฒน์พงศ์, ปิณฑน์ พิษสะกะ และปิณฑิต์ ตริวงศ์ . 2554. ผลกระทบจากสภาวะการขับขี่ที่ไม่คงที่ต่อมลพิษของรถยนต์ดีเซล. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม**, ปีที่ 7 ฉบับที่ 1, หน้า 10-20.

จิตติมา รุ่งรัตนอุบล. 2543. **เบนซิน โทลูอิน และไซลีนในไอเสียจากรถจักรยานยนต์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เทอดศักดิ์ เพชรเปล่งสี. 2553. **ปัจจัยการปล่อยสารมลพิษในอากาศจากรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินและรถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธัญญา จันทรประสพชัย. 2538. **การศึกษาเปรียบเทียบสารมลพิษในไอเสียของเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์แบบสองจังหวะและสี่จังหวะ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นภาพร พานิช. 2547. **ตำราระบบบำบัดสารมลพิษอากาศ**. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

บุญธรรม ภัทราจารุกุล. 2542. **เครื่องยนต์หัวฉีดแก๊สโซลีน**. ซีเอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพฯ

บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด. 2550. **พื้นฐานเครื่องยนต์ 4 จังหวะและเทคโนโลยีรถจักรยานยนต์ฮอนด้า**. ฝ่ายบริการหลังการขาย. บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด, กรุงเทพฯ.

ประณต กุลประสูตร. 2552. **ทฤษฎีเครื่องยนต์เบนซิน**. ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ฝ่ายมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. 2538. **มลพิษทางอากาศจากรถยนต์**. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

ฝ่ายตรวจและบังคับการ กรมควบคุมมลพิษ. 2549. **รวมกฎหมายสำหรับการปฏิบัติงานของพนักงานเจ้าหน้าที่ ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535**. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ.

พลพร แสงบางปลา. 2537. **ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม**. ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. 2551. **รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถยนต์ ที่ใช้แก๊สโซฮอลล์**. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2554. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์ เฉพาะด้านความปลอดภัย: สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 6**. มอก. 2350-2551. แหล่งที่มา: <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2551/E/099/8.PDF>, 3 มิถุนายน 2554.

วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร. 2546. **เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน**. บริษัท วิทย์พัฒน์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
แปลจาก John B. Heywood. 1988. **Internal Combustion Engine Fundamentals**. McGRAW-HILL, USA.

วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, นิตยา มหาผล และธีระ เกรอต. 2529. **มลภาวะอากาศ**. พิมพ์ครั้งที่ 2
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วนิดา จินดา. 2550. **มลพิษอากาศและการจัดการคุณภาพอากาศ**. บริษัทมิสเตอร์ก๊อปปี,
กรุงเทพฯ.

วิชาภา ภูจินดา. 2550. **อนาคตของสาร MTBE ในน้ำมันเบนซิน**. แหล่งที่มา:
<http://journal.nida.ac.th>, 4 ตุลาคม 2554.

ศักดิ์ดา ตั้งตระกูล. 2547. **งานจักรยานยนต์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์ส่งเสริมอาชีพฯ, กรุงเทพฯ.

สุธิลา ตูลยะเสถียร, โกศล วงศ์สวรรค์ และ สถิต วงศ์สวรรค์. 2544. **มลพิษสิ่งแวดล้อม (ปัญหาสังคมไทย)**. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทรวมสาส์น (1977) จำกัด, กรุงเทพฯ.

แสนศักดิ์ ดันดินบุญทวีวัฒน์. 2544. **การประเมินสภาพรถจักรยานยนต์ในเขตกรุงเทพมหานครและการศึกษาผลกระทบจากการปรับสภาพรถจักรยานยนต์ต่อความเปลี่ยนแปลงน้ำมันเชื้อเพลิงและสารมลพิษในไอเสีย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เสมอขวัญ ตันติกุล. 2545. **เครื่องยนต์สันดาปภายใน**. ศูนย์ส่งเสริมอาชีพฯ. กรุงเทพฯ

ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ. ม.ป.ป. **เอกสารแนะนำห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ**. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

อุทัย อึ้งเจริญ. 2548. **การเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษไอเสียระหว่างเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันเบนซินกับแก๊สโซฮอลล์ที่มีค่าออกเทนต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน, กรุงเทพฯ.

อัจฉรา นรนนันท์. 2545. ผลกระทบการใช้เอทานอลผสมน้ำมันเชื้อเพลิงต่อสารมลพิษใน
ไอเสียของรถจักรยานยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Alvarez, R.B., M.T. Weilenmann and J.Y. Favez. 2009. Assessing the real-world
performance of modern pollutant abatement systems on motorcycles.
Atmospheric Environment 43: 1503-1509.

Cheenkachorn, K.P. and B.D. Fungtammasan. 2010. Development of engine oil using
palm oil as a base stock for four-stroke engines. **Energy** 35: 2552-2556.

Japan Transport Cooperation Association. 2004. **Summary of the CDM study report on
F.Y. 2003.** Ministry of Land, Infrastructure and Transport.

Kean J. A., Harley R. A. and Kendall G. R.. 2003. Effects of Vehicle Speed and Engine
Load on Motor Vehicle Emissions. **Environmental Science and Technology** 37:
3739-3746.

Lin, C.W., S.J. Lu and K.S. Lin. 2006. Test emission characteristics of motorcycles in
Central Taiwan. **Science of the Total Environment** 368: 435-443.

Lin, C.W., Y.R. Chen, S.J. Lu, S.W. Cho, K.S. Lin, Y.C. Chiu and X.Y. Tang. 2008.
Relationships between characteristics of motorcycles and hydrocarbon emission
in Taiwan: A note. **Transportation Research** 13: 351-354.

M. Rafael, M. Sanchez, V. Mucino, J. Cervantes and A. Lozano. 2006. Impact of Driving
Styles on Exhaust Emissions and Fuel Economy from a Heavy-duty Truck:
Laboratory Tests. **International Journal of Heavy Vehicle Systems.** 13: 56-73.

Niven, R.K. 2005. Ethanol in Gasoline: Environmental Impacts and Sustainability Review Article. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 9: 535 – 555.

Pulkrabek, W. 2004. **Engineering Fundamentals of Internal Combustion Engines**, 2nd ed. International Edition, Pearson Education International.

Tong, H.Y. H.D. Tung, W.T. Hung and N.T.N. Anh. 2011. Development of emission factors and emission inventories for motorcycles and light duty vehicles in the urban region in Vietnam. **Science of The Total Environment** 409: 2761-2767.

Tsai, J.H., Y.C. Yao, H.L. Chiang. 2009. Effects of ethanol-blended gasoline on Air pollutant emissions from motorcycle. **Science of The Total Environment** 407: 5257-5262.

Tsai, J.H., Y.C. Hsu, H.C. Weng, W.Y. Lin and F.T. Jeng. 2000. Air pollutant emission factors from new and in-use motorcycles. **Atmospheric Environment** 34: 4747-4754.

Yao, YC, Tsai, J.H Chang, A.L Jeng F.T. 2008. Effects of sulfur and aromatic contents in gasoline on motorcycle emissions. **Atmospheric Environmental** 42: 6560–6564.

Weller, D.E., W.H. Swain, H. Hess, A.L. Boehman and J.M. Perez. 1999. Change in particulate composition and morphology when using of vegetable oil lubricant in a low heat rejection engine. **The Society of Automotive Engineer**: 0975.

Zamboni, G., M. V. Prati, M. A. Costagliola, G. Meccariello, C. Carraro and M. Capobianco. 2011. Influence of driving cycles on Euro 3 scooter emissions and fuelconsumption. **Energy Conversion and Management** 52: 3327-3336.





ตารางผนวกที่ ก1 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมือง
รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91

ช่วงอัตราเร่ง	เวลา (วินาที)	สารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)				ระยะทาง (กิโลเมตร)
		HC	CO	CO ₂	NO _x	
เกียร์ธรรมดา						
Idle	360	0.093	0.527	43.99	0.033	0.000
Acceleration	252	0.085	0.342	36.96	0.038	1.443
Steady Speed	342	0.162	1.325	83.19	0.167	3.235
Deceleration	216	0.076	0.825	57.08	0.096	1.287
Total	1170	0.417	3.021	221.2	0.334	5.921
เกียร์อัตโนมัติ						
Idle	360	0.108	0.299	57.90	0.023	0.000
Acceleration	252	0.075	0.141	51.01	0.024	1.444
Steady Speed	342	0.212	0.556	120.5	0.101	3.231
Deceleration	216	0.111	0.558	77.64	0.046	1.278
Total	1170	0.507	1.556	307.1	0.196	5.912

ตารางผนวกที่ ก2 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง
รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91

ช่วงอัตราเร่ง	เวลา (วินาที)	สารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)				ระยะทาง (กิโลเมตร)
		HC	CO	CO ₂	NO _x	
เกียร์ธรรมดา						
Idle	40	0.021	0.591	5.576	0.008	0.000
Acceleration	105	0.313	13.270	80.30	0.247	1.812
Steady Speed	214	0.532	20.789	179.6	0.743	3.940
Deceleration	41	0.126	10.199	38.15	0.072	0.678
Total	400	0.993	44.851	303.6	1.072	6.382
เกียร์อัตโนมัติ						
Idle	40	0.037	0.661	7.196	0.008	0.000
Acceleration	105	0.567	13.315	90.32	0.150	1.789
Steady Speed	214	1.018	20.914	207.2	0.505	3.923
Deceleration	41	0.251	11.214	42.35	0.046	0.670
Total	400	1.874	46.104	347.0	0.711	6.337

ตารางผนวกที่ ก3 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมือง
รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอลล์ 10 ออกเทน 91

ช่วงอัตราเร่ง	เวลา (วินาที)	สารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)				ระยะทาง (กิโลเมตร)
		HC	CO	CO ₂	NO _x	
เกียร์ธรรมดา						
Idle	360	0.096	0.400	42.80	0.051	0.000
Acceleration	252	0.090	0.297	36.38	0.056	1.460
Steady Speed	342	0.177	1.317	82.90	0.225	3.239
Deceleration	216	0.082	0.821	56.90	0.126	1.276
Total	1170	0.447	2.837	219.0	0.458	5.927
เกียร์อัตโนมัติ						
Idle	360	0.090	0.298	56.69	0.025	0.000
Acceleration	252	0.063	0.134	50.02	0.036	1.439
Steady Speed	342	0.181	0.473	117.5	0.096	3.231
Deceleration	216	0.094	0.489	76.68	0.043	1.287
Total	1170	0.430	1.395	300.9	0.202	5.908

ตารางผนวกที่ ก4 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง
รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์อี 10 ออกเทน 91

ช่วงอัตราเร่ง	เวลา (วินาที)	สารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)				ระยะทาง (กิโลเมตร)
		HC	CO	CO ₂	NO _x	
เกียร์ธรรมดา						
Idle	40	0.021	0.454	6.244	0.015	0.000
Acceleration	105	0.312	11.406	81.22	0.388	1.809
Steady Speed	214	0.536	18.813	180.6	1.070	3.941
Deceleration	41	0.117	8.638	39.54	0.121	0.677
Total	400	0.987	39.314	307.6	1.595	6.377
เกียร์อัตโนมัติ						
Idle	40	0.034	0.796	6.767	0.007	0.000
Acceleration	105	0.560	15.749	86.46	0.125	1.792
Steady Speed	214	0.899	22.737	202.3	0.460	3.926
Deceleration	41	0.249	12.771	40.04	0.040	0.671
Total	400	1.744	52.055	335.5	0.633	6.338

ตารางผนวกที่ ก5 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขี่ในเมือง
รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอลอี 10 ออกเทน 95

ช่วงอัตราเร่ง	เวลา (วินาที)	สารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)				ระยะทาง (กิโลเมตร)
		HC	CO	CO ₂	NO _x	
เกียร์ธรรมดา						
Idle	360	0.102	0.478	43.17	0.037	0.000
Acceleration	252	0.097	0.372	36.55	0.042	1.456
Steady Speed	342	0.180	1.499	81.49	0.210	3.239
Deceleration	216	0.081	0.820	56.17	0.116	1.273
Total	1170	0.462	3.170	217.3	0.407	5.933
เกียร์อัตโนมัติ						
Idle	360	0.130	0.303	56.45	0.020	0.000
Acceleration	252	0.086	0.131	48.38	0.021	1.451
Steady Speed	342	0.239	0.621	114.8	0.114	3.238
Deceleration	216	0.128	0.702	76.24	0.059	1.285
Total	1170	0.585	1.759	296.0	0.216	5.923

ตารางผนวกที่ ก6 ข้อมูลการทดสอบสารมลพิษ จากรถจักรยานยนต์ (เกียร์ธรรมดาและเกียร์อัตโนมัติ) ที่อัตราเร่งแตกต่างกัน ตามวัฏจักรรูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง
รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์อี 10 ออกเทน 95

ช่วงอัตราเร่ง	เวลา (วินาที)	สารมลพิษ (กรัมต่อกิโลเมตร)				ระยะทาง (กิโลเมตร)
		HC	CO	CO ₂	NO _x	
เกียร์ธรรมดา						
Idle	40	0.023	0.619	5.940	0.012	0.000
Acceleration	105	0.305	11.291	75.06	0.386	1.807
Steady Speed	214	0.527	18.495	165.4	1.066	3.935
Deceleration	41	0.115	8.483	35.07	0.111	0.674
Total	400	0.971	38.889	281.5	1.576	6.372
เกียร์อัตโนมัติ						
Idle	40	0.049	0.686	6.943	0.009	0.000
Acceleration	105	0.654	15.138	85.08	0.159	1.794
Steady Speed	214	1.096	23.766	202.4	0.592	3.928
Deceleration	41	0.308	13.500	40.73	0.046	0.672
Total	400	2.109	53.091	335.2	0.809	6.343



ภาคผนวก ข

ภาพข้อมูลดิบการทดสอบและภาพเครื่องมืออุปกรณ์ห้องปฏิบัติการตรวจวัดรถจักรยานยนต์

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m^3)	DIST (km)	F/E (l/ck)	A/F (1)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
I 11.0 DIL	30.158	312.19	.1681	3.1621		.0065	.1449	1.3389	.0030		.51344	.0000		
A 4.0 DIL	29.408	170.25	.1737	2.6385		.0023	.0287	.50306	.0009		.18670	.0098	2.402	
C 8.0 DIL	26.949	121.56	.2012	1.9411		.0042	.0410	1.1652	.0013		.37338	.0327	1.622	
D 5.0 DIL	23.069	76.310	.2186	1.0271		.0022	.0161	.79129	.0004		.23334	.0109	3.208	
I 21.0 DIL	19.762	48.785	.1446	.64434		.0081	.0432	2.1982	.0011		.98008	.0000		
A 12.0 DIL	24.191	72.782	.1385	1.5473		.0056	.0368	1.2028	.0016		.55999	.0519	1.050	
C 24.0 DIL	25.325	82.983	.3104	3.7949		.0119	.0840	5.3914	.0079		1.1198	.2131	1.113	
D 11.0 DIL	17.794	72.964	.3468	1.6729		.0038	.0338	2.7611	.0016		.51325	.0489	2.464	
I 21.0 DIL	15.045	33.002	.1679	1.4613		.0061	.0292	2.5515	.0026		.97978	.0000		
A 26.0 DIL	17.802	31.487	.2363	2.4584		.0090	.0345	4.4463	.0055		1.2129	.1806	1.070	
C 12.0 DIL	35.071	89.361	.5076	11.832		.0082	.0452	4.4067	.0123		.55972	.1656	1.160	
D 8.0 DIL	29.826	245.19	.5530	11.358		.0046	.0827	3.2004	.0079		.37314	.0943	1.513	
C 13.0 DIL	23.764	131.58	.3451	5.7116		.0060	.0721	3.2458	.0064		.60636	.1259	1.144	
D 12.0 DIL	17.272	64.868	.3132	2.6465		.0040	.0328	2.7194	.0027		.55970	.0599	1.982	
I 18.0 DIL	14.617	33.948	.1754	1.2312		.0051	.0257	2.2845	.0019		.83948	.0000		
A 4.0 DIL	14.791	27.800	.1643	2.1179		.0011	.0046	.47540	.0007		.18654	.0080	2.579	
C 8.0 DIL	15.226	27.578	.2008	2.5995		.0023	.0093	1.1619	.0018		.37309	.0332	1.520	
D 5.0 DIL	13.976	28.409	.2668	1.2583		.0013	.0059	.96488	.0005		.23317	.0105	3.976	
I 21.0 DIL	12.305	24.684	.1594	.54659		.0050	.0218	2.4219	.0010		.97931	.0000		
A 12.0 DIL	15.178	28.833	.1370	1.2690		.0035	.0145	1.1896	.0013		.55959	.0517	1.010	
C 24.0 DIL	20.399	47.520	.3035	2.7667		.0095	.0480	5.2683	.0057		1.1190	.2139	1.072	
D 11.0 DIL	14.567	59.647	.3456	1.4895		.0031	.0276	2.7494	.0014		.51288	.0498	2.401	
I 21.0 DIL	12.050	25.103	.1668	1.1029		.0049	.0222	2.5342	.0020		.97913	.0000		
A 26.0 DIL	16.656	25.185	.2380	1.5706		.0084	.0276	4.4746	.0035		1.2121	.1792	1.082	
C 12.0 DIL	31.737	71.745	.4935	12.721		.0074	.0362	4.2820	.0132		.55937	.1657	1.123	
D 8.0 DIL	26.046	139.03	.5502	14.647		.0040	.0468	3.1821	.0101		.37291	.0935	1.491	
C 13.0 DIL	21.704	89.136	.3404	6.2812		.0055	.0488	3.2000	.0071		.60599	.1259	1.116	
D 12.0 DIL	15.501	57.713	.3026	2.9239		.0036	.0291	2.6254	.0030		.55937	.0597	1.918	
I 18.0 DIL	12.996	30.786	.1748	1.0756		.0045	.0233	2.2751	.0016		.83900	.0000		
A 4.0 DIL	13.561	24.941	.1679	.89726		.0010	.0042	.48563	.0003		.18645	.0085	2.490	
C 8.0 DIL	14.073	24.503	.2075	1.1827		.0022	.0082	1.2005	.0008		.37292	.0325	1.600	
D 5.0 DIL	12.873	25.354	.2726	.81395		.0012	.0053	.98555	.0003		.23305	.0105	4.034	
I 21.0 DIL	11.492	21.267	.1615	.43658		.0047	.0188	2.4519	.0008		.97877	.0000		
A 12.0 DIL	21.889	64.482	.1375	.76613		.0051	.0326	1.1933	.0008		.55931	.0539	.9982	
C 24.0 DIL	27.533	146.04	.2959	2.4670		.0129	.1476	5.1331	.0051		1.1185	.2130	1.083	

ภาพผนวกที่ ข1 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกี่ยวรั้วรอมดา ตามวัฏจักร
รูปแบบการขับขึ้นในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m ³)	DIST (km)	F/E (1/ck)	A/F (1)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
D 11.0 DIL	15.949	94.544	.3419	1.6719		.0034	.0438	2.7187	.0016		.51260	.0508	2.351	
I 21.0 DIL	12.044	23.837	.1706	1.3378		.0049	.0210	2.5893	.0024		.97862	.0000		
A 26.0 DIL	16.540	21.639	.2362	2.2404		.0084	.0237	4.4387	.0050		1.2116	.1788	1.074	
C 12.0 DIL	32.658	71.094	.4917	12.219		.0076	.0359	4.2648	.0127		.55918	.1668	1.112	
D 8.0 DIL	26.615	171.98	.5443	15.719		.0041	.0579	3.1468	.0109		.37277	.0932	1.488	
C 13.0 DIL	21.384	74.057	.3415	6.8926		.0054	.0405	3.2084	.0077		.60577	.1259	1.115	
D 12.0 DIL	15.352	53.121	.3153	3.2069		.0036	.0268	2.7342	.0033		.55914	.0604	1.968	
I 18.0 DIL	12.393	29.298	.1735	1.2612		.0043	.0222	2.2570	.0019		.83873	.0000		
A 4.0 DIL	12.921	20.872	.1603	1.4470		.0010	.0035	.46346	.0005		.18637	.0081	2.460	
C 8.0 DIL	13.402	21.274	.2028	2.0065		.0021	.0071	1.1725	.0013		.37274	.0340	1.491	
D 5.0 DIL	12.351	22.402	.2692	1.3610		.0012	.0047	.97280	.0005		.23295	.0109	3.821	
I 21.0 DIL	11.542	20.054	.1647	.60266		.0047	.0177	2.4994	.0011		.97844	.0000		
A 12.0 DIL	19.376	53.539	.1353	.81952		.0045	.0270	1.1733	.0008		.55911	.0523	1.003	
C 24.0 DIL	21.015	80.587	.2985	3.0461		.0098	.0814	5.1773	.0063		1.1181	.2151	1.059	
D 11.0 DIL	14.222	70.681	.3381	1.8979		.0030	.0327	2.6880	.0018		.51250	.0505	2.319	
I 21.0 DIL	11.027	20.218	.1707	1.1799		.0045	.0178	2.5910	.0021		.97839	.0000		
A 26.0 DIL	17.980	22.386	.2410	1.8668		.0091	.0245	4.5289	.0042		1.2113	.1794	1.093	
C 12.0 DIL	34.886	218.08	.4892	12.514		.0081	.1102	4.2415	.0130		.55905	.1664	1.139	
D 8.0 DIL	27.277	145.45	.5466	15.692		.0042	.0490	3.1599	.0109		.37270	.0946	1.466	
C 13.0 DIL	21.427	96.280	.3498	6.8715		.0054	.0527	3.2862	.0077		.60567	.1257	1.149	
D 12.0 DIL	15.119	53.687	.3115	3.2091		.0035	.0271	2.7017	.0033		.55909	.0578	2.032	
I 18.0 DIL	12.585	28.708	.1819	1.1847		.0044	.0217	2.3666	.0018		.83859	.0000		
A 4.0 DIL	13.332	24.189	.1703	.94220		.0010	.0040	.49236	.0003		.18636	.0077	2.761	
C 8.0 DIL	13.663	25.862	.2020	1.3338		.0021	.0087	1.1677	.0009		.37272	.0330	1.535	
D 5.0 DIL	12.503	24.532	.2583	1.0031		.0012	.0051	.93351	.0004		.23294	.0107	3.755	
I 21.0 DIL	11.618	20.853	.1644	.48965		.0047	.0184	2.4949	.0008		.97834	.0000		
A 12.0 DIL	16.103	37.020	.1370	1.0229		.0037	.0187	1.1883	.0010		.55909	.0528	.9925	
C 24.0 DIL	25.180	119.81	.2922	2.5207		.0118	.1211	5.0682	.0052		1.1181	.2143	1.054	
D 11.0 DIL	16.267	119.96	.3360	1.9849		.0035	.0555	2.6710	.0019		.51248	.0492	2.399	
I 21.0 DIL	11.570	21.351	.1766	1.0389		.0047	.0188	2.6802	.0018		.97844	.0000		
A 26.0 DIL	17.327	19.640	.2403	1.7214		.0088	.0215	4.5158	.0038		1.2114	.1808	1.080	
C 12.0 DIL	32.215	129.76	.4844	12.679		.0075	.0655	4.2005	.0132		.55907	.1660	1.112	
D 8.0 DIL	26.440	162.86	.5464	16.747		.0041	.0548	3.1588	.0116		.37271	.0949	1.465	
C 13.0 DIL	20.625	70.888	.3513	7.1048		.0052	.0388	3.2999	.0080		.60567	.1257	1.146	
D 12.0 DIL	14.969	48.753	.3108	3.4081		.0035	.0246	2.6953	.0035		.55908	.0604	1.938	
I 18.0 DIL	13.131	27.745	.1823	1.3274		.0046	.0210	2.3715	.0020		.83862	.0000		
A 4.0 DIL	13.751	23.216	.1710	1.0284		.0010	.0039	.49428	.0003		.18636	.0075	2.839	
C 8.0 DIL	13.681	24.923	.2000	1.4970		.0021	.0084	1.1562	.0010		.37274	.0334	1.502	
D 5.0 DIL	11.946	23.511	.2611	1.0521		.0011	.0049	.94344	.0004		.23295	.0102	3.962	
I 21.0 DIL	10.566	16.406	.1647	.51938		.0043	.0145	2.4996	.0009		.97840	.0000		
A 12.0 DIL	15.048	25.765	.1400	.93205		.0035	.0130	1.2146	.0009		.55913	.0534	.9959	
C 24.0 DIL	22.491	106.94	.2882	2.6001		.0105	.1081	4.9989	.0054		1.1182	.2131	1.041	
D 11.0 DIL	14.306	76.317	.3382	2.4921		.0030	.0353	2.6890	.0023		.51253	.0496	2.370	
I 21.0 DIL	10.889	17.656	.1721	1.3215		.0044	.0156	2.6127	.0024		.97847	.0000		
A 26.0 DIL	15.307	17.158	.2384	2.7554		.0077	.0187	4.4806	.0062		1.2114	.1787	1.083	
C 12.0 DIL	36.845	122.30	.4883	12.680		.0086	.0618	4.2343	.0132		.55910	.1667	1.115	
D 8.0 DIL	27.482	283.55	.5513	16.114		.0043	.0955	3.1874	.0112		.37273	.0939	1.522	
C 13.0 DIL	21.370	81.350	.3468	7.8843		.0054	.0445	3.2585	.0089		.60570	.1265	1.128	
D 12.0 DIL	15.099	52.429	.3120	3.6717		.0035	.0265	2.7061	.0038		.55914	.0609	1.932	
I 7.0 DIL	12.914	31.292	.1927	1.9940		.0017	.0092	.97519	.0012		.32618	.0000		

ภาพผนวกที่ ข1 (ต่อ)

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m ³)	DIST (km)	F/E (1/cik)	A/F (1)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
I 11.0 DIL	40.432	213.82	.1997	1.8269		.0098	.0931	1.7174	.0019		.51375	.0000		
A 4.0 DIL	34.655	104.68	.1771	1.9087		.0030	.0165	.55392	.0007		.18686	.0092	2.712	
C 8.0 DIL	31.149	74.454	.1745	1.7895		.0055	.0235	1.0916	.0013		.37372	.0342	1.428	
D 5.0 DIL	27.401	53.886	.2208	1.2309		.0030	.0106	.86312	.0005		.23357	.0097	3.885	
I 21.0 DIL	22.970	41.195	.1876	.82468		.0106	.0342	3.0806	.0016		.98092	.0000		
A 12.0 DIL	21.726	35.270	.2152	.77623		.0057	.0167	2.0186	.0008		.56049	.0523	1.682	
C 24.0 DIL	23.650	42.560	.4068	1.2478		.0125	.0404	7.6324	.0028		1.1208	.2127	1.552	
D 11.0 DIL	19.714	54.703	.4032	.42328		.0048	.0238	3.4668	.0004		.51369	.0487	3.080	
I 21.0 DIL	16.065	27.482	.2224	.38071		.0074	.0228	3.6516	.0007		.98067	.0000		
A 26.0 DIL	16.679	22.016	.2937	1.0317		.0096	.0226	5.9685	.0025		1.2140	.1808	1.424	
C 12.0 DIL	47.165	54.903	.7216	6.5748		.0125	.0260	6.7662	.0074		.56022	.1664	1.755	
D 8.0 DIL	42.348	175.76	.6985	6.2320		.0075	.0556	4.3667	.0047		.37351	.0938	2.037	
C 13.0 DIL	40.214	95.988	.4263	3.3555		.0115	.0494	4.3304	.0041		.60694	.1271	1.491	
D 12.0 DIL	22.905	62.089	.4207	1.0115		.0060	.0294	3.9454	.0011		.56024	.0591	2.895	
I 18.0 DIL	16.369	22.035	.2108	.48806		.0065	.0157	2.9646	.0008		.84033	.0000		
A 4.0 DIL	16.503	19.647	.2062	.67681		.0014	.0031	.64471	.0002		.18673	.0084	3.320	
C 8.0 DIL	15.525	19.374	.2650	.83493		.0027	.0061	1.6566	.0006		.37346	.0342	2.086	
D 5.0 DIL	13.796	17.912	.3088	.44208		.0015	.0035	1.2063	.0002		.23341	.0107	4.822	
I 21.0 DIL	12.376	16.091	.1913	.24027		.0057	.0133	3.1385	.0004		.98028	.0000		
A 12.0 DIL	13.299	15.403	.2146	.43285		.0035	.0073	2.0118	.0004		.56016	.0532	1.631	
C 24.0 DIL	16.031	17.864	.4021	.89604		.0085	.0169	7.5394	.0020		1.1201	.2130	1.521	
D 11.0 DIL	13.896	25.891	.4021	.48518		.0033	.0112	3.4553	.0005		.51341	.0499	2.974	
I 21.0 DIL	11.487	14.434	.2231	.40074		.0053	.0120	3.6598	.0007		.98016	.0000		
A 26.0 DIL	13.977	14.539	.2899	1.0488		.0080	.0149	5.8873	.0025		1.2134	.1729	1.465	
C 12.0 DIL	43.623	50.709	.7057	7.2605		.0115	.0240	6.6138	.0082		.55996	.1660	1.719	
D 8.0 DIL	41.073	167.92	.7099	5.8336		.0072	.0531	4.4353	.0044		.37331	.0932	2.079	
C 13.0 DIL	39.472	109.68	.4145	3.9111		.0113	.0564	4.2084	.0047		.60662	.1244	1.486	
D 12.0 DIL	22.118	52.710	.4233	1.3832		.0058	.0250	3.9678	.0015		.55996	.0589	2.914	
I 18.0 DIL	14.631	16.300	.2189	.68793		.0058	.0116	3.0785	.0011		.83995	.0000		
A 4.0 DIL	14.540	14.889	.2090	.51128		.0012	.0023	.65287	.0001		.18665	.0078	3.590	
C 8.0 DIL	13.689	14.823	.2575	.76107		.0024	.0046	1.6091	.0005		.37328	.0335	2.068	
D 5.0 DIL	12.033	13.915	.2928	.68478		.0013	.0027	1.1435	.0003		.23331	.0112	4.386	
I 21.0 DIL	10.671	11.668	.1800	.53634		.0049	.0096	2.9518	.0010		.97987	.0000		
A 12.0 DIL	11.540	11.178	.2092	.61326		.0030	.0053	1.9607	.0006		.55991	.0521	1.620	
C 24.0 DIL	15.413	16.035	.4020	1.1020		.0081	.0152	7.5339	.0024		1.1197	.2126	1.522	

ภาพผนวกที่ ข2 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์อัตโนมัติ ตามวัฏจักร
รูปแบบการขับขึ้นในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91

ML TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m³)	DIST (km)	F/E (1/cik)	A/F (1)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
D 11.0 DIL	13.283	27.302	.4055	.48375		.0032	.0118	3.4832	.0005		.51322	.0490	3.056	
I 21.0 DIL	10.494	12.177	.2223	.35400		.0048	.0101	3.6459	.0007		.97975	.0000		
A 26.0 DIL	11.982	10.866	.2884	.62564		.0068	.0111	5.8564	.0015		1.2129	.1789	1.406	
C 12.0 DIL	47.559	43.809	.7146	7.0436		.0126	.0207	6.6951	.0079		.55979	.1667	1.732	
D 8.0 DIL	46.546	188.07	.6971	6.9018		.0082	.0595	4.3543	.0052		.37321	.0939	2.032	
C 13.0 DIL	40.619	107.96	.4322	3.8305		.0116	.0555	4.3877	.0046		.60647	.1249	1.541	
D 12.0 DIL	22.912	54.789	.4184	1.7420		.0060	.0260	3.9210	.0019		.55984	.0602	2.821	
I 18.0 DIL	14.242	14.491	.2050	1.2066		.0056	.0103	2.8811	.0020		.83974	.0000		
A 4.0 DIL	13.979	11.572	.2020	1.8678		.0012	.0018	.63103	.0007		.18660	.0084	3.208	
C 8.0 DIL	13.212	11.446	.2559	2.0385		.0023	.0036	1.5987	.0015		.37321	.0326	2.104	
D 5.0 DIL	11.557	10.835	.3053	.99104		.0012	.0021	1.1921	.0004		.23325	.0105	4.879	
I 21.0 DIL	10.162	9.4159	.1853	.57544		.0047	.0078	3.0381	.0011		.97966	.0000		
A 12.0 DIL	11.463	9.6607	.2077	.74819		.0030	.0045	1.9458	.0008		.55980	.0533	1.571	
C 24.0 DIL	15.672	16.777	.4120	.98730		.0083	.0159	7.7201	.0022		1.1196	.2143	1.547	
D 11.0 DIL	13.356	32.290	.4055	.56306		.0032	.0140	3.4827	.0005		.51315	.0494	3.036	
I 21.0 DIL	10.622	11.249	.2226	.41267		.0049	.0093	3.6511	.0008		.97969	.0000		
A 26.0 DIL	11.864	9.2307	.2914	.91176		.0068	.0094	5.9163	.0022		1.2129	.1808	1.405	
C 12.0 DIL	43.006	33.160	.7179	7.2644		.0114	.0157	6.7261	.0082		.55978	.1666	1.738	
D 8.0 DIL	40.450	123.52	.6974	7.2607		.0071	.0390	4.3563	.0054		.37320	.0931	2.035	
C 13.0 DIL	40.297	82.672	.4339	4.1320		.0115	.0425	4.4040	.0050		.60642	.1259	1.527	
D 12.0 DIL	21.771	47.755	.4251	1.5354		.0057	.0226	3.9836	.0017		.55980	.0597	2.883	
I 18.0 DIL	14.012	12.429	.2127	2.3533		.0055	.0088	2.9902	.0039		.83966	.0000		
A 4.0 DIL	14.207	9.8615	.2060	5.0173		.0012	.0015	.64347	.0018		.18660	.0087	3.166	
C 8.0 DIL	13.329	9.5545	.2591	5.2014		.0023	.0030	1.6188	.0039		.37320	.0337	2.065	
D 5.0 DIL	11.421	9.5824	.3060	1.8534		.0012	.0019	1.1946	.0008		.23325	.0094	5.454	
I 21.0 DIL	9.8409	7.8148	.1815	.42727		.0045	.0064	2.9764	.0008		.97966	.0000		
A 12.0 DIL	10.975	7.8543	.2087	.74188		.0029	.0037	1.9557	.0008		.55979	.0549	1.532	
C 24.0 DIL	15.136	12.985	.4016	1.3206		.0080	.0123	7.5261	.0029		1.1195	.2137	1.511	
D 11.0 DIL	13.174	31.342	.3995	.46394		.0032	.0136	3.4316	.0004		.51313	.0501	2.948	
I 21.0 DIL	10.159	10.251	.2248	.28846		.0047	.0085	3.6867	.0005		.97974	.0000		
A 26.0 DIL	11.346	8.2510	.2906	.71929		.0065	.0084	5.9004	.0017		1.2130	.1812	1.398	
C 12.0 DIL	42.343	29.313	.7077	6.9493		.0112	.0139	6.6304	.0078		.55980	.1662	1.717	
D 8.0 DIL	41.540	125.37	.6971	7.4915		.0073	.0396	4.3545	.0056		.37322	.0940	2.014	
C 13.0 DIL	39.194	80.412	.4325	3.8731		.0112	.0413	4.3906	.0047		.60650	.1257	1.524	
D 12.0 DIL	21.936	54.034	.4273	1.3781		.0058	.0256	4.0039	.0015		.55985	.0610	2.843	
I 18.0 DIL	13.445	12.170	.2133	1.0005		.0053	.0086	2.9979	.0017		.83980	.0000		
A 4.0 DIL	13.492	8.8465	.2015	2.2581		.0011	.0014	.62949	.0008		.18661	.0086	3.144	
C 8.0 DIL	12.795	8.5992	.2542	2.8361		.0022	.0027	1.5882	.0021		.37324	.0328	2.076	
D 5.0 DIL	11.109	8.3584	.3011	1.4080		.0012	.0016	1.1758	.0006		.23327	.0100	5.020	
I 21.0 DIL	9.5444	7.1134	.1776	.43224		.0044	.0059	2.9122	.0008		.97975	.0000		
A 12.0 DIL	10.817	6.8347	.2008	.55223		.0028	.0032	1.8816	.0006		.55984	.0527	1.533	
C 24.0 DIL	14.064	9.3665	.4016	1.1552		.0074	.0088	7.5258	.0026		1.1196	.2121	1.522	
D 11.0 DIL	12.670	19.771	.4070	.67659		.0030	.0086	3.4964	.0007		.51319	.0502	2.989	
I 21.0 DIL	9.8420	7.9075	.2229	.81971		.0045	.0065	3.6561	.0016		.97974	.0000		
A 26.0 DIL	11.254	6.9690	.2931	1.8597		.0064	.0071	5.9521	.0045		1.2130	.1791	1.425	
C 12.0 DIL	45.319	29.215	.6969	6.9503		.0120	.0138	6.5297	.0078		.55983	.1659	1.695	
D 8.0 DIL	43.050	150.21	.7098	6.9688		.0076	.0475	4.4340	.0052		.37321	.0928	2.084	
C 13.0 DIL	43.250	83.953	.4194	4.5636		.0124	.0431	4.2570	.0055		.60647	.1247	1.493	
D 12.0 DIL	24.071	62.258	.4196	1.7376		.0063	.0295	3.9317	.0019		.55983	.0586	2.912	
I 7.0 DIL	15.241	15.051	.2249	.85777		.0023	.0041	1.2295	.0005		.32657	.0000		

ภาพผนวกที่ ข2 (ต่อ)

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m ³)	DIST (km)	F/E (l/ck)	A/F (1)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
I 21.0 DIL	11.563	22.263	.1704	1.0876		.0066	.0268	3.0505	.0021		.97856	.0001		
A 40.0 DIL	29.071	52.160	.3270	8.5208		.0316	.1197	11.149	.0314		1.8638	.3984	1.225	
C 51.0 DIL	93.139	951.65	1.128	57.672		.1292	2.785	49.055	.2715		2.3762	.9888	2.324	
D 7.0 DIL	50.630	624.13	1.117	33.291		.0096	.2507	6.6691	.0215		.32615	.1142	2.651	
C 70.0 DIL	32.307	151.30	.5392	16.364		.0615	.6078	32.168	.1057		3.2617	.9724	1.462	
A 12.0 DIL	42.869	76.174	.6166	27.244		.0140	.0524	6.3058	.0301		.55913	.2023	1.356	
C 51.0 DIL	78.576	771.63	1.122	52.957		.1090	2.258	48.781	.2493		2.3760	.9882	2.275	
A 34.0 DIL	174.17	3192.8	1.386	43.075		.1610	6.228	40.171	.1352		1.5837	.7639	2.820	
C 31.0 DIL	199.04	6256.3	1.365	30.730		.1677	11.12	36.056	.0879		1.4436	.7316	3.154	
A 19.0 DIL	207.03	6305.3	1.401	28.972		.1069	6.869	22.675	.0507		.88458	.4481	3.220	
C 11.0 DIL	217.87	6364.3	1.450	28.657		.0651	4.013	13.584	.0290		.51203	.2592	3.309	
D 34.0 DIL	126.52	5104.3	1.087	16.230		.1169	9.948	31.488	.0509		1.5824	.5645	3.591	
I 19.0 DIL	27.771	515.44	.1553	3.4786		.0144	.5647	2.5263	.0061		.88481	.0000		

ภาพผนวกที่ ข3 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์ธรรมดา ตามวัฏจักร
รูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซินออกเทน 91

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m ³)	DIST (km)	F/E (l/ck)	A/F (1)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
I 21.0 DIL	12.730	8.7023	.2055	.74868		.0075	.0105	3.7502	.0015		.97977	.0001		
A 40.0 DIL	34.394	16.046	.4280	5.6378		.0387	.0370	14.873	.0216		1.8661	.3965	1.620	
C 51.0 DIL	158.48	808.85	1.256	41.643		.2274	2.377	55.673	.2037		2.3792	.9901	2.592	
D 7.0 DIL	85.198	620.21	1.230	22.445		.0167	.2502	7.4793	.0150		.32655	.1133	2.985	
C 70.0 DIL	67.098	165.36	.6789	9.0227		.1321	.6672	41.288	.0605		3.2655	.9731	1.875	
A 12.0 DIL	100.87	88.819	.7678	15.378		.0340	.0614	8.0034	.0177		.55977	.2025	1.729	
C 51.0 DIL	137.47	673.22	1.246	35.203		.1972	1.978	55.206	.1721		2.3787	.9890	2.544	
A 34.0 DIL	298.67	3035.5	1.442	24.788		.2855	5.945	42.578	.0808		1.5853	.7512	3.001	
C 31.0 DIL	391.69	6530.0	1.511	17.531		.3413	11.65	40.667	.0520		1.4447	.7168	3.577	
A 19.0 DIL	391.12	6648.8	1.509	16.855		.2088	7.271	24.871	.0306		.88510	.4395	3.589	
C 11.0 DIL	389.85	6689.1	1.506	16.457		.1204	4.234	14.375	.0173		.51230	.2543	3.593	
D 34.0 DIL	245.66	5605.4	1.182	9.5952		.2345	10.96	34.870	.0312		1.5830	.5575	4.046	
I 19.0 DIL	56.247	591.91	.2080	3.8308		.0301	.6506	3.4461	.0070		.88497	.0000		

ภาพผนวกที่ ข4 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์อัตโนมัติ ตามวัฏจักร
รูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซินออกเทน 91

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m ³)	DIST (km)	F/E (l/ck)	A/F (l)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
I 11.0 DIL	25.743	125.12	.1735	3.6560		.0059	.0619	1.3879	.0036		.51257	.0000		
A 4.0 DIL	24.927	77.637	.1757	2.8591		.0021	.0139	.51104	.0010		.18638	.0090	2.490	
C 8.0 DIL	23.892	64.437	.1983	2.1329		.0040	.0232	1.1535	.0015		.37274	.0337	1.482	
D 5.0 DIL	20.963	47.951	.2231	.97824		.0022	.0107	.81117	.0004		.23296	.0104	3.327	
I 21.0 DIL	18.141	34.709	.1347	.61765		.0080	.0328	2.0578	.0011		.97840	.0000		
A 12.0 DIL	19.020	40.870	.1378	1.3552		.0048	.0220	1.2022	.0014		.55903	.0537	.9695	
C 24.0 DIL	22.062	63.934	.3104	4.2651		.0111	.0690	5.4157	.0091		1.1179	.2137	1.082	
D 11.0 DIL	16.542	35.055	.3398	3.8682		.0038	.0173	2.7171	.0038		.51239	.0492	2.327	
I 21.0 DIL	14.444	22.713	.1588	3.4795		.0063	.0214	2.4242	.0065		.97823	.0000		
A 26.0 DIL	16.412	21.135	.2313	3.5742		.0089	.0247	4.3716	.0083		1.2109	.1800	1.025	
C 12.0 DIL	33.711	54.443	.5150	16.601		.0085	.0293	4.4915	.0178		.55884	.1669	1.137	
D 8.0 DIL	29.076	159.58	.5649	16.856		.0048	.0574	3.2844	.0121		.37256	.0948	1.487	
C 13.0 DIL	22.768	85.701	.3501	7.4442		.0062	.0501	3.3076	.0086		.60542	.1272	1.114	
D 12.0 DIL	16.538	57.407	.3043	3.2573		.0041	.0309	2.6536	.0035		.55882	.0596	1.894	
I 18.0 DIL	13.971	27.415	.1703	1.2059		.0052	.0222	2.2285	.0019		.83822	.0000		
A 4.0 DIL	14.507	21.424	.1607	1.3600		.0012	.0038	.46716	.0004		.18627	.0091	2.182	
C 8.0 DIL	14.444	21.899	.2079	1.7574		.0024	.0078	1.2089	.0012		.37254	.0330	1.550	
D 5.0 DIL	13.184	22.758	.2615	1.1467		.0013	.0051	.95021	.0005		.23284	.0105	3.792	
I 21.0 DIL	12.329	19.129	.1558	.53935		.0054	.0180	2.3782	.0010		.97787	.0000		
A 12.0 DIL	19.738	42.237	.1344	1.4163		.0049	.0228	1.1723	.0015		.55874	.0537	.9471	
C 24.0 DIL	22.808	101.44	.3005	3.7674		.0115	.1095	5.2400	.0081		1.1174	.2141	1.058	
D 11.0 DIL	14.529	48.017	.3412	2.9191		.0033	.0237	2.7273	.0028		.51212	.0497	2.323	
I 21.0 DIL	11.976	19.470	.1639	2.7376		.0052	.0183	2.5019	.0051		.97768	.0000		
A 26.0 DIL	17.358	19.066	.2268	3.6791		.0094	.0222	4.2847	.0085		1.2104	.1799	1.006	
C 12.0 DIL	60.362	142.71	.4573	18.702		.0152	.0770	3.9868	.0201		.55857	.1666	1.037	
D 8.0 DIL	36.332	259.19	.5278	19.163		.0061	.0932	3.0674	.0137		.37238	.0937	1.436	
C 13.0 DIL	25.066	103.97	.3046	10.029		.0068	.0607	2.8771	.0116		.60515	.1253	.9942	
D 12.0 DIL	16.171	46.637	.2896	4.7661		.0040	.0251	2.5247	.0051		.55861	.0586	1.827	
I 18.0 DIL	14.600	34.100	.1639	1.6714		.0055	.0276	2.1439	.0027		.83788	.0000		
A 4.0 DIL	18.591	54.693	.1578	1.5487		.0015	.0098	.45855	.0005		.18620	.0086	2.312	
C 8.0 DIL	19.726	74.743	.1931	2.2901		.0033	.0268	1.1227	.0016		.37241	.0332	1.472	
D 5.0 DIL	17.360	59.015	.2548	1.5349		.0018	.0132	.92564	.0006		.23276	.0099	3.994	
I 21.0 DIL	15.305	27.347	.1557	.58305		.0067	.0258	2.3755	.0011		.97754	.0000		
A 12.0 DIL	26.767	75.414	.1334	.66194		.0067	.0406	1.1632	.0007		.55859	.0541	.9604	
C 24.0 DIL	23.241	126.27	.2895	3.9269		.0117	.1362	5.0472	.0084		1.1170	.2144	1.028	

ภาพผนวกที่ ข5 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์ธรรมดา ตามวัฏจักร
รูปแบบการขับขึ้นในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอลล์ 10 ออกเทน 91

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m^3)	DIST (km)	F/E (1/clk)	A/F (1)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
D 11.0 DIL	14.044	43.110	.3396	2.6198		.0032	.0213	2.7140	.0025		.51199	.0492	2.331	
I 21.0 DIL	11.445	17.967	.1647	2.1929		.0050	.0169	2.5130	.0041		.97745	.0000		
A 26.0 DIL	15.672	17.096	.2321	4.2109		.0085	.0199	4.3831	.0098		1.2101	.1794	1.030	
C 12.0 DIL	35.570	78.335	.4954	16.889		.0089	.0422	4.3178	.0181		.55852	.1661	1.105	
D 8.0 DIL	30.023	161.78	.5503	18.464		.0050	.0581	3.1979	.0132		.37235	.0936	1.469	
C 13.0 DIL	22.999	97.767	.3475	8.5545		.0062	.0571	3.2816	.0099		.60510	.1265	1.115	
D 12.0 DIL	15.199	60.116	.3109	3.9224		.0038	.0324	2.7100	.0042		.55855	.0575	2.006	
I 18.0 DIL	11.930	26.599	.1716	1.2639		.0045	.0215	2.2438	.0020		.83782	.0000		
A 4.0 DIL	13.174	19.342	.1598	1.3906		.0011	.0034	.46442	.0005		.18618	.0094	2.092	
C 8.0 DIL	13.181	20.684	.2041	2.2089		.0022	.0074	1.1864	.0015		.37236	.0331	1.514	
D 5.0 DIL	12.300	19.480	.2557	1.6853		.0012	.0043	.92876	.0007		.23272	.0102	3.806	
I 21.0 DIL	11.046	14.983	.1591	.64976		.0048	.0141	2.4280	.0012		.97744	.0000		
A 12.0 DIL	18.148	42.581	.1356	1.0745		.0045	.0229	1.1827	.0011		.55856	.0549	.9350	
C 24.0 DIL	20.223	103.29	.2969	3.4522		.0102	.1114	5.1769	.0074		1.1170	.2135	1.049	
D 11.0 DIL	13.087	38.802	.3421	2.9509		.0030	.0191	2.7338	.0029		.51201	.0499	2.312	
I 21.0 DIL	10.616	15.446	.1693	2.4677		.0046	.0145	2.5828	.0046		.97751	.0000		
A 26.0 DIL	14.254	15.589	.2333	3.4205		.0077	.0182	4.4067	.0079		1.2102	.1798	1.032	
C 12.0 DIL	32.279	60.430	.4834	15.990		.0081	.0326	4.2143	.0172		.55856	.1650	1.081	
D 8.0 DIL	28.689	163.32	.5557	18.279		.0048	.0587	3.2297	.0131		.37238	.0937	1.481	
C 13.0 DIL	22.246	109.60	.3432	8.9251		.0060	.0640	3.2416	.0104		.60513	.1263	1.107	
D 12.0 DIL	14.680	58.987	.3114	4.2033		.0037	.0318	2.7150	.0045		.55858	.0592	1.950	
I 18.0 DIL	11.953	24.281	.1758	1.6323		.0045	.0196	2.2990	.0026		.83786	.0000		
A 4.0 DIL	13.125	19.573	.1639	1.5173		.0011	.0035	.47651	.0005		.18620	.0094	2.129	
C 8.0 DIL	13.110	21.606	.2063	1.9327		.0022	.0077	1.1993	.0013		.37239	.0341	1.484	
D 5.0 DIL	11.746	20.267	.2606	1.2519		.0012	.0045	.94662	.0005		.23275	.0104	3.807	
I 21.0 DIL	10.374	14.428	.1589	.51879		.0045	.0136	2.4247	.0009		.97758	.0000		
A 12.0 DIL	13.844	21.903	.1387	1.2628		.0034	.0118	1.2096	.0013		.55862	.0545	.9450	
C 24.0 DIL	16.666	33.774	.2994	3.4189		.0084	.0364	5.2209	.0073		1.1172	.2147	1.027	
D 11.0 DIL	11.913	34.190	.3389	2.7262		.0027	.0169	2.7083	.0026		.51207	.0487	2.340	
I 21.0 DIL	10.013	13.823	.1682	2.0614		.0044	.0130	2.5670	.0038		.97757	.0000		
A 26.0 DIL	14.797	15.048	.2370	2.1940		.0080	.0176	4.4769	.0051		1.2103	.1810	1.041	
C 12.0 DIL	35.214	90.518	.4848	15.326		.0088	.0488	4.2263	.0164		.55862	.1652	1.090	
D 8.0 DIL	28.657	216.90	.5480	18.357		.0048	.0780	3.1847	.0131		.37241	.0941	1.468	
C 13.0 DIL	24.237	138.39	.3445	9.3820		.0066	.0809	3.2536	.0109		.60518	.1263	1.120	
D 12.0 DIL	15.237	73.729	.3092	4.5768		.0038	.0397	2.6956	.0049		.55862	.0591	1.949	
I 18.0 DIL	11.961	27.282	.1695	1.9540		.0045	.0220	2.2168	.0031		.83793	.0000		
A 4.0 DIL	12.615	18.198	.1608	1.6430		.0010	.0032	.46742	.0005		.18619	.0082	2.412	
C 8.0 DIL	12.589	18.335	.1980	2.0862		.0021	.0066	1.1506	.0015		.37241	.0338	1.437	
D 5.0 DIL	11.222	17.911	.2587	1.3367		.0011	.0040	.93984	.0006		.23275	.0104	3.786	
I 21.0 DIL	10.188	13.063	.1613	.56031		.0045	.0123	2.4616	.0010		.97757	.0000		
A 12.0 DIL	17.127	34.998	.1370	.99028		.0043	.0188	1.1947	.0010		.55862	.0541	.9511	
C 24.0 DIL	19.597	62.359	.2969	3.6641		.0098	.0673	5.1766	.0078		1.1172	.2134	1.036	
D 11.0 DIL	13.197	53.874	.3437	2.8334		.0030	.0266	2.7469	.0028		.51205	.0514	2.263	
I 21.0 DIL	10.236	14.576	.1715	1.4837		.0045	.0137	2.6176	.0027		.97756	.0000		
A 26.0 DIL	19.011	15.207	.2376	2.2560		.0103	.0177	4.4892	.0052		1.2103	.1808	1.047	
C 12.0 DIL	40.614	175.69	.4864	14.843		.0102	.0948	4.2402	.0159		.55858	.1661	1.107	
D 8.0 DIL	30.413	320.09	.5397	17.763		.0051	.1151	3.1366	.0127		.37239	.0935	1.482	
C 13.0 DIL	23.251	118.67	.3376	8.8055		.0063	.0693	3.1887	.0102		.60514	.1257	1.098	
D 12.0 DIL	15.191	62.210	.3049	4.1806		.0038	.0335	2.6582	.0045		.55860	.0581	1.948	
I 7.0 DIL	12.747	34.017	.1866	2.1307		.0018	.0107	.94888	.0013		.32585	.0000		

ภาพผนวกที่ ข5 (ต่อ)

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m ³)	DIST (km)	F/E (l/ck)	A/F (1)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
I 11.0 DIL	32.062	226.20	.1994	1.7728		.0075	.0949	1.7067	.0018		.51256	.0000		
A 4.0 DIL	28.098	111.06	.1889	1.2383		.0024	.0169	.58804	.0004		.18643	.0081	3.167	
C 8.0 DIL	24.575	80.018	.1822	1.0995		.0042	.0244	1.1349	.0008		.37291	.0338	1.459	
D 5.0 DIL	20.872	55.264	.2282	.93527		.0022	.0105	.88838	.0004		.23306	.0093	4.052	
I 21.0 DIL	17.184	40.956	.1862	.83854		.0077	.0328	3.0452	.0016		.97897	.0000		
A 12.0 DIL	16.560	34.977	.2096	.79277		.0042	.0160	1.9580	.0009		.55937	.0538	1.542	
C 24.0 DIL	18.493	32.218	.3916	1.3506		.0094	.0295	7.3149	.0030		1.1186	.2126	1.446	
D 11.0 DIL	16.005	36.021	.4120	1.0044		.0037	.0151	3.5276	.0010		.51268	.0482	3.073	
I 21.0 DIL	12.867	24.972	.2324	1.7031		.0057	.0200	3.7985	.0034		.97873	.0000		
A 26.0 DIL	13.564	22.040	.2984	2.4532		.0075	.0218	6.0387	.0060		1.2116	.1784	1.422	
C 12.0 DIL	43.814	47.274	.6980	6.0642		.0112	.0216	6.5167	.0069		.55911	.1666	1.645	
D 8.0 DIL	36.858	145.07	.6957	5.1816		.0063	.0442	4.3299	.0039		.37272	.0942	1.952	
C 13.0 DIL	35.179	79.891	.4155	3.1152		.0097	.0396	4.2029	.0038		.60568	.1249	1.430	
D 12.0 DIL	20.877	66.493	.4271	.92563		.0053	.0304	3.9871	.0010		.55905	.0609	2.768	
I 18.0 DIL	14.105	22.171	.2122	.29456		.0054	.0152	2.9723	.0005		.83855	.0000		
A 4.0 DIL	15.323	20.443	.2035	.51342		.0013	.0031	.63345	.0002		.18634	.0089	2.978	
C 8.0 DIL	14.316	21.229	.2596	.67308		.0024	.0064	1.6158	.0005		.37268	.0335	2.025	
D 5.0 DIL	12.198	20.593	.3010	.44842		.0013	.0039	1.1708	.0002		.23290	.0107	4.573	
I 21.0 DIL	10.710	16.348	.1752	.49348		.0048	.0130	2.8623	.0009		.97819	.0000		
A 12.0 DIL	11.988	15.689	.2055	1.0536		.0030	.0071	1.9187	.0012		.55895	.0545	1.480	
C 24.0 DIL	14.913	17.675	.4013	1.4454		.0076	.0161	7.4908	.0033		1.1177	.2128	1.474	
D 11.0 DIL	12.795	27.718	.4016	.58853		.0030	.0116	3.4359	.0006		.51228	.0512	2.814	
I 21.0 DIL	10.308	14.773	.2175	.58794		.0046	.0118	3.5524	.0011		.97800	.0000		
A 26.0 DIL	11.652	13.271	.2810	1.4659		.0064	.0131	5.6808	.0036		1.2107	.1794	1.327	
C 12.0 DIL	43.919	50.961	.7049	6.2416		.0112	.0233	6.5763	.0071		.55872	.1668	1.658	
D 8.0 DIL	38.416	150.49	.6862	6.0500		.0065	.0458	4.2679	.0046		.37249	.0934	1.942	
C 13.0 DIL	35.079	89.723	.4219	3.1587		.0097	.0444	4.2641	.0039		.60530	.1254	1.448	
D 12.0 DIL	19.615	54.773	.4178	1.2046		.0050	.0250	3.8982	.0013		.55873	.0610	2.697	
I 18.0 DIL	13.333	16.240	.2103	1.0539		.0051	.0111	2.9433	.0018		.83811	.0000		
A 4.0 DIL	13.414	14.178	.2017	3.8573		.0011	.0021	.62757	.0014		.18625	.0082	3.196	
C 8.0 DIL	12.463	14.035	.2521	4.8464		.0021	.0042	1.5681	.0036		.37248	.0332	1.977	
D 5.0 DIL	10.812	13.324	.2952	1.9593		.0011	.0025	1.1477	.0009		.23278	.0108	4.433	
I 21.0 DIL	9.4688	11.415	.1797	.67697		.0042	.0091	2.9339	.0013		.97764	.0000		
A 12.0 DIL	10.654	11.023	.2046	.75826		.0027	.0050	1.9089	.0008		.55866	.0520	1.541	
C 24.0 DIL	14.302	15.098	.3933	1.4278		.0073	.0138	7.3374	.0032		1.1172	.2137	1.437	

ภาพผนวกที่ ข6 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์อัตโนมัติ ตามวัฏจักร

รูปแบบการขับขึ้นในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10 ออกเทน 91

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m^3)	DIST (km)	F/E (1/ck)	A/F (1)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
D 11.0 DIL	12.272	24.934	.4039	.52856		.0028	.0104	3.4540	.0005		.51203	.0502	2.881	
I 21.0 DIL	9.6020	11.858	.2193	.36391		.0043	.0094	3.5801	.0007		.97751	.0000		
A 26.0 DIL	10.872	10.419	.2906	1.3227		.0060	.0103	5.8729	.0032		1.2102	.1789	1.374	
C 12.0 DIL	39.457	29.275	.7022	6.9110		.0101	.0133	6.5489	.0078		.55848	.1671	1.643	
D 8.0 DIL	33.874	109.64	.6901	6.0269		.0057	.0334	4.2907	.0045		.37231	.0935	1.939	
C 13.0 DIL	33.363	71.401	.4077	3.2573		.0092	.0353	4.1192	.0040		.60507	.1253	1.395	
D 12.0 DIL	19.826	50.975	.4172	1.1434		.0050	.0233	3.8910	.0013		.55851	.0622	2.636	
I 18.0 DIL	13.422	27.038	.2138	.20934		.0051	.0185	2.9914	.0003		.83775	.0000		
A 4.0 DIL	14.174	22.078	.2024	.29540		.0012	.0033	.62927	.0001		.18616	.0079	3.331	
C 8.0 DIL	13.097	20.766	.2482	.39469		.0022	.0063	1.5433	.0003		.37233	.0343	1.889	
D 5.0 DIL	10.734	16.268	.3084	.27768		.0011	.0031	1.1986	.0001		.23271	.0093	5.359	
I 21.0 DIL	9.0827	9.9051	.1766	.42906		.0040	.0079	2.8821	.0008		.97735	.0000		
A 12.0 DIL	10.131	8.9407	.1925	.79657		.0026	.0040	1.7956	.0009		.55850	.0511	1.471	
C 24.0 DIL	13.454	13.119	.3963	1.3831		.0069	.0120	7.3928	.0031		1.1169	.2128	1.453	
D 11.0 DIL	11.788	24.217	.4017	.65836		.0027	.0101	3.4345	.0006		.51194	.0502	2.863	
I 21.0 DIL	9.3157	10.046	.2205	.59262		.0041	.0080	3.5995	.0011		.97738	.0000		
A 26.0 DIL	10.866	8.3790	.2833	1.9217		.0060	.0083	5.7253	.0047		1.2100	.1789	1.338	
C 12.0 DIL	40.105	33.155	.6910	6.6193		.0102	.0151	6.4438	.0075		.55843	.1664	1.625	
D 8.0 DIL	36.842	119.54	.6937	6.4686		.0062	.0364	4.3126	.0049		.37231	.0947	1.929	
C 13.0 DIL	34.686	70.983	.4233	3.2546		.0096	.0351	4.2764	.0040		.60502	.1249	1.453	
D 12.0 DIL	19.746	54.035	.4127	1.4235		.0050	.0247	3.8488	.0016		.55848	.0570	2.847	
I 18.0 DIL	12.054	12.509	.2089	2.2387		.0046	.0085	2.9228	.0038		.83773	.0000		
A 4.0 DIL	12.232	9.2058	.1998	4.6085		.0010	.0014	.62135	.0017		.18616	.0084	3.085	
C 8.0 DIL	11.500	9.0172	.2529	4.8575		.0019	.0027	1.5723	.0036		.37232	.0327	2.013	
D 5.0 DIL	9.9918	8.8449	.2854	2.3050		.0010	.0016	1.1092	.0010		.23270	.0111	4.160	
I 21.0 DIL	8.5703	7.3498	.1723	.78443		.0038	.0058	2.8132	.0015		.97734	.0000		
A 12.0 DIL	9.5523	7.0726	.2046	.67220		.0024	.0032	1.9081	.0007		.55848	.0529	1.509	
C 24.0 DIL	14.217	13.000	.3947	1.3510		.0072	.0118	7.3622	.0030		1.1169	.2148	1.434	
D 11.0 DIL	12.338	37.566	.4044	.57397		.0029	.0157	3.4573	.0006		.51199	.0493	2.942	
I 21.0 DIL	9.1869	9.7216	.2196	.36575		.0041	.0077	3.5846	.0007		.97748	.0000		
A 26.0 DIL	10.328	7.5378	.2857	1.1692		.0057	.0074	5.7741	.0028		1.2101	.1765	1.368	
C 12.0 DIL	40.426	29.660	.6838	6.3797		.0103	.0135	6.3774	.0072		.55851	.1658	1.613	
D 8.0 DIL	37.744	142.23	.7014	6.0806		.0064	.0433	4.3608	.0046		.37234	.0937	1.975	
C 13.0 DIL	37.070	93.935	.4038	3.3808		.0102	.0465	4.0806	.0041		.60508	.1253	1.389	
D 12.0 DIL	20.704	62.608	.4210	1.3359		.0053	.0286	3.9265	.0015		.55855	.0598	2.774	
I 18.0 DIL	12.119	12.749	.2146	.36607		.0046	.0087	3.0034	.0006		.83788	.0000		
A 4.0 DIL	12.633	8.6163	.2035	.68038		.0010	.0013	.63286	.0002		.18620	.0086	3.075	
C 8.0 DIL	11.977	8.7321	.2538	.74633		.0020	.0026	1.5787	.0005		.37240	.0330	2.001	
D 5.0 DIL	10.278	8.9621	.2909	.41525		.0011	.0017	1.1307	.0002		.23275	.0107	4.410	
I 21.0 DIL	8.6640	7.1384	.1677	.36923		.0038	.0057	2.7383	.0007		.97753	.0000		
A 12.0 DIL	9.4619	6.0300	.1974	.56002		.0024	.0027	1.8415	.0006		.55860	.0532	1.447	
C 24.0 DIL	13.032	8.4857	.3979	1.1030		.0066	.0077	7.4235	.0025		1.1172	.2139	1.450	
D 11.0 DIL	11.697	17.750	.3921	.64467		.0027	.0074	3.3535	.0006		.51211	.0511	2.745	
I 21.0 DIL	9.1059	7.4880	.2156	1.1212		.0040	.0059	3.5204	.0022		.97767	.0000		
A 26.0 DIL	10.417	6.6033	.2901	2.5436		.0057	.0065	5.8651	.0062		1.2104	.1787	1.372	
C 12.0 DIL	39.622	26.201	.6987	6.6135		.0101	.0119	6.5181	.0075		.55864	.1669	1.637	
D 8.0 DIL	36.801	114.76	.6994	6.6357		.0062	.0349	4.3497	.0050		.37242	.0945	1.948	
C 13.0 DIL	34.149	71.912	.4201	3.4709		.0094	.0356	4.2460	.0042		.60523	.1242	1.450	
D 12.0 DIL	19.790	53.666	.4191	1.3956		.0050	.0245	3.9096	.0015		.55868	.0591	2.790	
I 7.0 DIL	12.829	14.267	.2285	.60346		.0019	.0038	1.2434	.0004		.32590	.0000		

ภาพผนวกที่ ๗6 (ต่อ)

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m ³)	DIST (km)	F/E (l/ck)	A/F (l)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
I 21.0 DIL	11.952	24.834	.1650	1.0270		.0068	.0299	2.9619	.0021		.97758	.0005		
A 40.0 DIL	32.644	51.558	.3345	10.449		.0356	.1183	11.432	.0416		1.8618	.4001	1.220	
C 51.0 DIL	94.953	945.95	1.087	74.342		.1322	2.768	47.375	.3778		2.3736	.9910	2.189	
D 7.0 DIL	50.555	669.15	1.092	40.795		.0096	.2687	6.5339	.0284		.32576	.1138	2.554	
C 70.0 DIL	34.755	185.66	.5398	20.581		.0664	.7455	32.278	.1435		3.2573	.9739	1.438	
A 12.0 DIL	56.394	95.581	.6148	34.865		.0184	.0658	6.3004	.0416		.55835	.2028	1.325	
C 51.0 DIL	85.761	913.91	1.092	67.857		.1194	2.673	47.579	.3447		2.3726	.9928	2.186	
A 34.0 DIL	168.74	2817.0	1.352	63.431		.1565	5.492	39.259	.2147		1.5813	.7608	2.646	
C 31.0 DIL	191.96	5206.8	1.491	49.528		.1623	9.251	39.448	.1528		1.4412	.7261	3.123	
A 19.0 DIL	196.14	5263.6	1.494	47.706		.1016	5.730	24.229	.0902		.88304	.4455	3.134	
C 11.0 DIL	188.19	5355.5	1.489	46.838		.0564	3.374	13.971	.0512		.51112	.2577	3.140	
D 34.0 DIL	116.04	4298.2	1.138	27.443		.1075	8.370	33.007	.0928		1.5795	.5634	3.434	
I 19.0 DIL	27.641	388.39	.2014	7.1729		.0144	.4250	3.2824	.0136		.88304	.0000		

ภาพผนวกที่ ข7 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์ธรรมดา ตามวัฏจักร
รูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้ น้ำมันก๊าดโซฮอลี่ 10
ออกเทน 91

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m ³)	DIST (km)	F/E (l/ck)	A/F (l)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
I 21.0 DIL	10.943	8.6162	.1985	.69771		.0064	.0104	3.6149	.0014		.97767	.0002		
A 40.0 DIL	29.768	16.302	.4209	4.9107		.0334	.0375	14.601	.0187		1.8622	.3991	1.539	
C 51.0 DIL	121.94	653.69	1.247	39.155		.1745	1.920	55.154	.1909		2.3742	.9891	2.470	
D 7.0 DIL	66.242	505.86	1.222	21.711		.0130	.2039	7.4227	.0145		.32586	.1139	2.842	
C 70.0 DIL	50.821	141.31	.6686	7.6640		.0998	.5697	40.588	.0512		3.2589	.9759	1.782	
A 12.0 DIL	81.291	121.91	.7445	13.113		.0273	.0842	7.7460	.0150		.55863	.2020	1.640	
C 51.0 DIL	109.60	624.76	1.231	32.973		.1568	1.834	54.458	.1607		2.3739	.9882	2.435	
A 34.0 DIL	299.33	3683.0	1.378	20.194		.2855	7.209	40.621	.0656		1.5822	.7508	2.929	
C 31.0 DIL	391.48	7572.5	1.435	14.405		.3403	13.50	38.542	.0426		1.4418	.7179	3.527	
A 19.0 DIL	402.54	7703.5	1.427	14.257		.2144	8.418	23.495	.0258		.88331	.4401	3.536	
C 11.0 DIL	415.49	7755.2	1.424	14.134		.1280	4.905	13.570	.0148		.51127	.2549	3.540	
D 34.0 DIL	248.63	6429.6	1.108	8.0101		.2368	12.56	32.620	.0259		1.5799	.5576	3.964	
I 19.0 DIL	51.853	716.09	.1906	3.2731		.0277	.7865	3.1527	.0059		.88318	.0000		

ภาพผนวกที่ ข8 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์อัตโนมัติ ตามวัฏจักร
รูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้ น้ำมันก๊าดโซฮอลี่ 10
ออกเทน 91

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m ³)	DIST (km)	F/E (l/ck)	A/F (1)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
I 11.0 DIL	29.029	139.55	.1715	2.2658		.0067	.0691	1.3595	.0022		.51209	.0000		
A 4.0 DIL	27.443	86.727	.1743	2.0015		.0023	.0156	.50223	.0007		.18620	.0090	2.409	
C 8.0 DIL	25.980	71.252	.2060	1.8137		.0044	.0256	1.1870	.0013		.37238	.0332	1.526	
D 5.0 DIL	23.273	53.080	.2293	.99559		.0024	.0119	.82589	.0004		.23273	.0100	3.455	
I 21.0 DIL	20.452	39.259	.1400	.59544		.0091	.0371	2.1176	.0011		.97743	.0000		
A 12.0 DIL	25.415	74.519	.1354	1.4421		.0064	.0402	1.1706	.0015		.55850	.0540	.9492	
C 24.0 DIL	27.664	117.13	.2993	3.6442		.0140	.1265	5.1744	.0080		1.1169	.2138	1.035	
D 11.0 DIL	18.418	56.393	.3410	1.8408		.0043	.0279	2.7010	.0018		.51189	.0494	2.279	
I 21.0 DIL	15.724	26.873	.1646	1.8559		.0070	.0254	2.4903	.0035		.97722	.0000		
A 26.0 DIL	18.349	26.401	.2379	2.6485		.0101	.0309	4.4549	.0063		1.2098	.1807	1.025	
C 12.0 DIL	33.957	88.300	.5110	14.792		.0086	.0476	4.4152	.0162		.55829	.1666	1.107	
D 8.0 DIL	30.664	158.24	.5603	15.120		.0052	.0569	3.2274	.0110		.37220	.0942	1.444	
C 13.0 DIL	24.317	128.61	.3335	6.8261		.0067	.0752	3.1218	.0081		.60483	.1267	1.051	
D 12.0 DIL	17.234	69.850	.3068	3.2088		.0043	.0377	2.6501	.0035		.55823	.0588	1.890	
I 18.0 DIL	14.389	33.564	.1697	1.3836		.0055	.0271	2.1993	.0022		.83735	.0000		
A 4.0 DIL	14.953	24.509	.1600	1.9490		.0012	.0044	.46095	.0007		.18608	.0084	2.284	
C 8.0 DIL	15.157	23.742	.2032	2.7015		.0025	.0085	1.1702	.0019		.37212	.0336	1.447	
D 5.0 DIL	13.846	23.836	.2626	1.6809		.0014	.0053	.94509	.0007		.23257	.0107	3.631	
I 21.0 DIL	12.393	19.987	.1572	.65313		.0055	.0188	2.3768	.0012		.97683	.0000		
A 12.0 DIL	22.168	54.441	.1351	1.0450		.0056	.0293	1.1675	.0011		.55817	.0537	.9367	
C 24.0 DIL	22.528	73.636	.3007	3.1879		.0114	.0795	5.1942	.0070		1.1162	.2139	1.022	
D 11.0 DIL	13.901	41.042	.3427	1.5107		.0032	.0203	2.7135	.0015		.51162	.0489	2.299	
I 21.0 DIL	11.773	20.679	.1638	.89654		.0052	.0195	2.4770	.0017		.97674	.0000		
A 26.0 DIL	17.698	23.093	.2352	2.0793		.0097	.0270	4.4009	.0049		1.2091	.1799	1.015	
C 12.0 DIL	36.542	141.80	.4900	14.841		.0093	.0765	4.2315	.0163		.55801	.1666	1.074	
D 8.0 DIL	28.853	194.90	.5489	16.197		.0049	.0701	3.1601	.0118		.37200	.0939	1.429	
C 13.0 DIL	22.417	99.862	.3342	7.4630		.0061	.0583	3.1262	.0088		.60450	.1259	1.050	
D 12.0 DIL	15.683	63.261	.3022	3.3412		.0039	.0341	2.6098	.0036		.55798	.0585	1.868	
I 18.0 DIL	13.750	39.132	.1719	1.1628		.0052	.0316	2.2271	.0019		.83694	.0000		
A 4.0 DIL	14.444	30.925	.1601	1.0059		.0012	.0055	.46093	.0003		.18599	.0081	2.371	
C 8.0 DIL	14.065	30.612	.2038	1.4190		.0023	.0110	1.1733	.0010		.37198	.0335	1.459	
D 5.0 DIL	12.714	26.503	.2570	1.0017		.0013	.0059	.92488	.0004		.23248	.0105	3.643	
I 21.0 DIL	11.204	18.625	.1591	.45784		.0049	.0175	2.4049	.0008		.97645	.0000		
A 12.0 DIL	18.637	42.160	.1363	1.0895		.0047	.0227	1.1767	.0012		.55794	.0536	.9354	
C 24.0 DIL	22.420	118.47	.2909	2.8363		.0114	.1278	5.0236	.0062		1.1157	.2142	1.003	

ภาพผนวกที่ ข9 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากเครื่องยนต์เกียร์ธรรมดา ตามวัฏจักร

รูปแบบการขับในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าดไฮสโกลี 10 ออกเทน 95

NO	TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m ³)	DIST (km)	F/E (1/c/k)	A/F (1)
		HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
D	11.0 DIL	13.806	66.191	.3392	1.9420		.0032	.0327	2.6844	.0019		.51137	.0497	2.256	
I	21.0 DIL	10.402	19.720	.1676	1.1831		.0046	.0186	2.5329	.0022		.97629	.0000		
A	26.0 DIL	14.915	18.577	.2379	2.1593		.0082	.0217	4.4509	.0051		1.2086	.1807	1.020	
C	12.0 DIL	30.900	69.408	.4945	16.132		.0078	.0374	4.2693	.0177		.55784	.1667	1.067	
D	8.0 DIL	25.671	126.96	.5457	16.857		.0043	.0456	3.1407	.0123		.37189	.0934	1.411	
C	13.0 DIL	22.284	92.973	.3323	8.5200		.0061	.0543	3.1075	.0101		.60434	.1260	1.041	
D	12.0 DIL	15.379	69.655	.3074	3.8597		.0039	.0375	2.6542	.0042		.55783	.0581	1.914	
I	18.0 DIL	13.857	40.430	.1740	1.4291		.0052	.0327	2.2532	.0023		.83675	.0000		
A	4.0 DIL	15.852	36.222	.1614	1.2513		.0013	.0065	.46453	.0004		.18594	.0085	2.299	
C	8.0 DIL	16.261	42.936	.2015	1.5776		.0027	.0154	1.1599	.0011		.37190	.0336	1.449	
D	5.0 DIL	14.985	36.951	.2591	.96906		.0015	.0083	.93193	.0004		.23243	.0101	3.816	
I	21.0 DIL	13.202	21.245	.1601	.40802		.0058	.0200	2.4191	.0007		.97620	.0000		
A	12.0 DIL	22.339	64.906	.1370	.77576		.0056	.0350	1.1829	.0008		.55782	.0538	.9535	
C	24.0 DIL	26.487	158.94	.2813	3.5723		.0134	.1715	4.8571	.0078		1.1156	.2127	.9927	
D	11.0 DIL	13.707	61.179	.3313	2.5669		.0032	.0302	2.6214	.0025		.51131	.0494	2.215	
I	21.0 DIL	10.611	18.253	.1693	1.6393		.0047	.0172	2.5579	.0031		.97613	.0000		
A	26.0 DIL	16.158	18.707	.2353	2.6931		.0089	.0218	4.4013	.0064		1.2085	.1796	1.015	
C	12.0 DIL	33.750	106.95	.4835	14.868		.0085	.0577	4.1732	.0163		.55777	.1663	1.054	
D	8.0 DIL	26.323	153.72	.5364	17.815		.0044	.0553	3.0872	.0130		.37188	.0931	1.398	
C	13.0 DIL	22.431	94.976	.3281	8.6165		.0061	.0555	3.0684	.0102		.60433	.1258	1.031	
D	12.0 DIL	15.663	75.605	.3064	4.3489		.0039	.0408	2.6448	.0047		.55785	.0580	1.915	
I	18.0 DIL	12.805	39.542	.1795	1.5903		.0048	.0320	2.3244	.0026		.83678	.0000		
A	4.0 DIL	13.840	29.753	.1611	1.2449		.0011	.0053	.46361	.0004		.18596	.0090	2.160	
C	8.0 DIL	13.501	32.122	.2000	1.6099		.0022	.0115	1.1511	.0011		.37191	.0330	1.455	
D	5.0 DIL	12.479	26.116	.2493	1.0992		.0013	.0058	.89695	.0005		.23243	.0104	3.564	
I	21.0 DIL	13.849	19.114	.1641	.46558		.0061	.0180	2.4792	.0009		.97624	.0000		
A	12.0 DIL	25.585	56.434	.1381	.74651		.0065	.0304	1.1929	.0008		.55786	.0532	.9683	
C	24.0 DIL	23.900	103.18	.2904	3.3898		.0121	.1113	5.0149	.0074		1.1157	.2139	.9984	
D	11.0 DIL	13.820	76.811	.3369	2.9584		.0032	.0380	2.6660	.0029		.51139	.0496	2.251	
I	21.0 DIL	10.524	17.423	.1765	1.8443		.0046	.0164	2.6675	.0035		.97629	.0000		
A	26.0 DIL	17.079	17.051	.2393	2.2752		.0094	.0199	4.4760	.0054		1.2087	.1810	1.023	
C	12.0 DIL	34.100	100.07	.4892	15.035		.0086	.0540	4.2230	.0165		.55787	.1664	1.064	
D	8.0 DIL	26.243	223.00	.5417	17.652		.0044	.0802	3.1182	.0129		.37194	.0937	1.420	
C	13.0 DIL	22.579	99.151	.3397	9.2462		.0062	.0579	3.1779	.0110		.60444	.1259	1.066	
D	12.0 DIL	15.041	72.682	.3062	4.2197		.0038	.0392	2.6439	.0046		.55793	.0602	1.843	
I	18.0 DIL	12.145	34.177	.1774	1.5538		.0046	.0276	2.2980	.0025		.83691	.0000		
A	4.0 DIL	13.115	25.531	.1637	1.1900		.0011	.0045	.47120	.0004		.18599	.0081	2.406	
C	8.0 DIL	13.953	29.706	.2007	1.5529		.0023	.0106	1.1555	.0011		.37198	.0344	1.399	
D	5.0 DIL	13.439	30.299	.2631	.99011		.0014	.0068	.94664	.0004		.23248	.0100	3.908	
I	21.0 DIL	12.500	19.754	.1633	.41478		.0055	.0186	2.4686	.0008		.97646	.0000		
A	12.0 DIL	21.215	57.306	.1370	.76470		.0054	.0309	1.1834	.0008		.55797	.0531	.9600	
C	24.0 DIL	22.835	99.159	.2844	3.2755		.0116	.1070	4.9124	.0072		1.1159	.2138	.9777	
D	11.0 DIL	13.430	72.955	.3294	2.2769		.0031	.0361	2.6072	.0022		.51147	.0492	2.220	
I	21.0 DIL	10.196	18.376	.1712	.97088		.0045	.0173	2.5873	.0018		.97643	.0000		
A	26.0 DIL	15.602	16.910	.2391	2.1110		.0086	.0197	4.4732	.0050		1.2088	.1810	1.023	
C	12.0 DIL	33.491	96.631	.4833	15.825		.0085	.0521	4.1729	.0173		.55796	.1662	1.052	
D	8.0 DIL	27.681	149.69	.5438	18.966		.0047	.0538	3.1306	.0139		.37198	.0937	1.408	
C	13.0 DIL	21.817	112.42	.3453	8.4893		.0060	.0657	3.2299	.0101		.60449	.1260	1.086	
D	12.0 DIL	14.692	72.611	.3065	4.0286		.0037	.0391	2.6470	.0044		.55800	.0587	1.891	
I	7.0 DIL	12.752	42.262	.1848	2.0400		.0018	.0133	.93118	.0013		.32549	.0000		

ภาพผนวกที่ ๗9 (ต่อ)

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m ³)	DIST (km)	F/E (l/ck)	A/F (1)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
I 11.0 DIL	55.804	186.33	.1982	2.0286		.0140	.0887	1.6863	.0021		.51013	.0000		
A 4.0 DIL	47.257	102.58	.1803	1.5878		.0043	.0179	.56304	.0006		.18554	.0086	2.859	
C 8.0 DIL	41.490	77.425	.1724	1.2786		.0076	.0270	1.0771	.0010		.37109	.0344	1.355	
D 5.0 DIL	35.806	57.810	.2135	.88470		.0041	.0126	.83357	.0004		.23194	.0102	3.454	
I 21.0 DIL	30.524	42.914	.1786	.73687		.0147	.0393	2.9288	.0015		.97417	.0000		
A 12.0 DIL	28.465	35.153	.1973	.54940		.0078	.0184	1.8486	.0006		.55663	.0538	1.444	
C 24.0 DIL	28.813	31.969	.3856	1.1546		.0159	.0335	7.2260	.0027		1.1132	.2139	1.399	
D 11.0 DIL	24.576	40.371	.3944	.62600		.0062	.0194	3.3870	.0006		.51022	.0503	2.790	
I 21.0 DIL	20.570	22.444	.2147	.73848		.0099	.0206	3.5194	.0015		.97404	.0000		
A 26.0 DIL	20.129	19.481	.2757	1.3037		.0120	.0221	5.5962	.0033		1.2058	.1810	1.279	
C 12.0 DIL	50.284	46.022	.6878	7.2260		.0139	.0241	6.4422	.0085		.55649	.1671	1.594	
D 8.0 DIL	44.520	180.52	.6893	7.3667		.0082	.0631	4.3036	.0058		.37099	.0937	1.929	
C 13.0 DIL	44.098	103.36	.4077	4.2294		.0132	.0587	4.1367	.0054		.60290	.1239	1.408	
D 12.0 DIL	28.363	77.518	.4162	1.7386		.0078	.0406	3.8988	.0020		.55650	.0598	2.722	
I 18.0 DIL	19.232	22.039	.2098	.92373		.0079	.0173	2.9480	.0016		.83476	.0000		
A 4.0 DIL	18.420	15.848	.1998	1.8867		.0017	.0027	.62395	.0007		.18550	.0079	3.274	
C 8.0 DIL	17.765	15.252	.2371	2.2442		.0032	.0053	1.4805	.0017		.37102	.0337	1.817	
D 5.0 DIL	16.179	14.670	.2995	.85628		.0018	.0032	1.1687	.0004		.23187	.0104	4.609	
I 21.0 DIL	14.636	12.802	.1751	.39449		.0070	.0117	2.8700	.0008		.97385	.0000		
A 12.0 DIL	15.061	12.221	.1960	.47532		.0041	.0064	1.8360	.0005		.55647	.0530	1.431	
C 24.0 DIL	17.710	14.422	.3909	1.0214		.0097	.0151	7.3215	.0024		1.1128	.2149	1.401	
D 11.0 DIL	16.002	25.097	.4039	.62026		.0040	.0120	3.4670	.0006		.51006	.0492	2.904	
I 21.0 DIL	13.043	12.105	.2285	.38022		.0063	.0111	3.7454	.0007		.97374	.0000		
A 26.0 DIL	13.643	10.302	.2880	.99213		.0081	.0117	5.8448	.0025		1.2055	.1790	1.344	
C 12.0 DIL	43.963	30.687	.6796	6.8121		.0121	.0160	6.3635	.0081		.55635	.1673	1.569	
D 8.0 DIL	42.251	151.48	.6846	7.8469		.0077	.0529	4.2733	.0062		.37090	.0929	1.926	
C 13.0 DIL	43.048	112.43	.4116	4.9138		.0128	.0638	4.1750	.0063		.60269	.1264	1.395	
D 12.0 DIL	24.368	74.290	.4185	1.8217		.0067	.0389	3.9187	.0021		.55634	.0589	2.772	
I 18.0 DIL	15.730	14.544	.2069	.95737		.0065	.0114	2.9067	.0017		.83454	.0000		
A 4.0 DIL	15.726	10.065	.1992	1.5582		.0014	.0017	.62190	.0006		.18545	.0090	2.847	
C 8.0 DIL	14.836	10.189	.2465	1.5645		.0027	.0035	1.5390	.0012		.37089	.0330	1.922	
D 5.0 DIL	13.238	10.198	.3090	.60914		.0015	.0022	1.2055	.0003		.23180	.0110	4.499	
I 21.0 DIL	11.914	8.8731	.1825	.21488		.0057	.0081	2.9906	.0004		.97352	.0000		
A 12.0 DIL	12.859	8.7033	.1955	.44016		.0035	.0045	1.8309	.0005		.55630	.0531	1.423	
C 24.0 DIL	16.267	12.654	.3855	.84962		.0089	.0132	7.2181	.0020		1.1125	.2147	1.382	

ภาพผนวกที่ ข10 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์อัตโนมัติ ตามวัฏจักร
รูปแบบการขับในเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซไฮโซลดี 10 ออกเทน 95

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m ³)	DIST (km)	F/E (1/clk)	A/F (1)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
D 11.0 DIL	14.624	26.615	.3927	.47709		.0037	.0127	3.3708	.0005		.50993	.0500	2.775	
I 21.0 DIL	11.622	9.5231	.2157	.21071		.0056	.0087	3.5340	.0004		.97354	.0000		
A 26.0 DIL	12.803	7.9932	.2792	.59603		.0076	.0090	5.6648	.0015		1.2052	.1798	1.295	
C 12.0 DIL	46.903	30.117	.6727	6.9943		.0129	.0157	6.2973	.0083		.55622	.1662	1.563	
D 8.0 DIL	44.864	163.69	.6854	7.9926		.0082	.0571	4.2774	.0063		.37081	.0940	1.909	
C 13.0 DIL	44.462	107.09	.4151	5.0375		.0133	.0608	4.2098	.0064		.60258	.1260	1.409	
D 12.0 DIL	24.955	82.085	.4114	2.0101		.0069	.0430	3.8514	.0023		.55621	.0613	2.626	
I 18.0 DIL	15.033	14.884	.2012	1.7016		.0062	.0117	2.8255	.0030		.83433	.0000		
A 4.0 DIL	14.898	8.8641	.1920	3.4545		.0013	.0015	.59921	.0013		.18541	.0079	3.127	
C 8.0 DIL	14.343	8.5203	.2335	4.2612		.0026	.0029	1.4573	.0033		.37083	.0330	1.817	
D 5.0 DIL	12.696	8.6138	.3117	1.9638		.0014	.0018	1.2160	.0009		.23176	.0108	4.602	
I 21.0 DIL	11.213	7.2884	.1797	.60032		.0054	.0066	2.9446	.0012		.97339	.0000		
A 12.0 DIL	12.529	6.7451	.1939	.97407		.0034	.0035	1.8158	.0011		.55621	.0535	1.397	
C 24.0 DIL	15.515	9.5538	.3831	1.3223		.0085	.0100	7.1725	.0031		1.1123	.2134	1.381	
D 11.0 DIL	13.962	23.477	.4025	.48290		.0035	.0112	3.4542	.0005		.50983	.0499	2.846	
I 21.0 DIL	11.026	8.5580	.2182	.16160		.0053	.0078	3.5747	.0003		.97334	.0000		
A 26.0 DIL	12.270	7.2386	.2745	1.0380		.0073	.0082	5.5680	.0026		1.2049	.1798	1.273	
C 12.0 DIL	46.719	29.770	.6653	7.0876		.0129	.0156	6.2268	.0084		.55612	.1656	1.552	
D 8.0 DIL	44.273	160.40	.6798	8.3764		.0081	.0560	4.2417	.0066		.37074	.0932	1.909	
C 13.0 DIL	45.080	107.05	.4117	5.1467		.0134	.0607	4.1746	.0066		.60248	.1259	1.398	
D 12.0 DIL	25.453	78.498	.4151	1.7547		.0070	.0411	3.8855	.0020		.55612	.0601	2.697	
I 18.0 DIL	15.358	20.186	.2096	.86515		.0063	.0158	2.9427	.0015		.83421	.0000		
A 4.0 DIL	14.862	9.8609	.1968	1.1929		.0013	.0017	.61409	.0004		.18537	.0088	2.868	
C 8.0 DIL	14.026	8.5580	.2398	.94200		.0025	.0029	1.4963	.0007		.37076	.0329	1.874	
D 5.0 DIL	12.266	8.2613	.2995	.33099		.0014	.0018	1.1679	.0001		.23173	.0107	4.480	
I 21.0 DIL	10.708	5.6460	.1756	.15276		.0051	.0051	2.8764	.0003		.97326	.0000		
A 12.0 DIL	11.323	5.4896	.1915	.30636		.0031	.0028	1.7928	.0003		.55614	.0534	1.381	
C 24.0 DIL	14.925	8.3813	.3867	.95461		.0082	.0087	7.2402	.0022		1.1122	.2149	1.384	
D 11.0 DIL	13.229	21.210	.3942	.45335		.0033	.0101	3.3827	.0004		.50980	.0505	2.758	
I 21.0 DIL	10.569	7.5289	.2171	.19444		.0051	.0069	3.5564	.0004		.97324	.0000		
A 26.0 DIL	11.941	6.4745	.2722	.50935		.0071	.0073	5.5206	.0013		1.2049	.1801	1.260	
C 12.0 DIL	52.486	39.075	.6718	7.5617		.0145	.0204	6.2879	.0089		.55613	.1672	1.555	
D 8.0 DIL	48.943	205.34	.6920	9.0031		.0090	.0717	4.3178	.0071		.37074	.0935	1.947	
C 13.0 DIL	45.914	144.34	.4071	5.5688		.0137	.0819	4.1278	.0071		.60246	.1252	1.403	
D 12.0 DIL	25.666	89.029	.4134	2.0013		.0070	.0466	3.8697	.0023		.55613	.0600	2.698	
I 18.0 DIL	15.131	16.942	.2082	.68394		.0062	.0133	2.9240	.0012		.83424	.0000		
A 4.0 DIL	14.837	8.3181	.1947	1.4732		.0013	.0014	.60766	.0005		.18538	.0086	2.909	
C 8.0 DIL	14.151	7.8370	.2350	1.8476		.0026	.0027	1.4667	.0014		.37078	.0335	1.800	
D 5.0 DIL	12.247	7.3993	.3094	.93301		.0014	.0016	1.2067	.0004		.23172	.0112	4.422	
I 21.0 DIL	10.630	5.3790	.1781	.46414		.0051	.0049	2.9175	.0009		.97330	.0000		
A 12.0 DIL	11.682	5.2488	.1891	1.0578		.0032	.0027	1.7703	.0012		.55619	.0531	1.372	
C 24.0 DIL	14.727	6.7109	.3812	1.1762		.0081	.0070	7.1361	.0027		1.1123	.2128	1.377	
D 11.0 DIL	14.049	20.395	.3981	.64377		.0035	.0098	3.4158	.0007		.50983	.0494	2.842	
I 21.0 DIL	10.621	7.4666	.2221	.09505		.0051	.0068	3.6388	.0002		.97336	.0000		
A 26.0 DIL	11.929	6.6735	.2792	.43769		.0071	.0075	5.6638	.0011		1.2051	.1802	1.291	
C 12.0 DIL	46.682	27.005	.6772	7.2492		.0129	.0141	6.3388	.0086		.55615	.1665	1.571	
D 8.0 DIL	45.469	153.66	.6794	9.3783		.0083	.0536	4.2394	.0074		.37077	.0938	1.894	
C 13.0 DIL	43.025	100.14	.4166	4.9774		.0128	.0568	4.2245	.0064		.60252	.1252	1.420	
D 12.0 DIL	24.364	74.085	.4160	2.1017		.0067	.0388	3.8945	.0025		.55617	.0593	2.738	
I 7.0 DIL	15.340	22.145	.2222	.65304		.0024	.0067	1.2135	.0004		.32443	.0000		

ภาพผนวกที่ ข10 (ต่อ)

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m ³)	DIST (km)	F/E (l/cik)	A/F (1)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
I 21.0 DIL	11.631	30.196	.1701	1.0563		.0066	.0363	3.0421	.0021		.97649	.0003		
A 40.0 DIL	33.913	65.327	.3278	9.8299		.0371	.1496	11.167	.0384		1.8600	.3982	1.182	
C 51.0 DIL	90.453	973.76	.9829	74.043		.1263	2.844	42.682	.3693		2.3714	.9884	1.965	
D 7.0 DIL	46.196	648.98	.9740	39.430		.0088	.2602	5.8050	.0270		.32548	.1140	2.236	
C 70.0 DIL	33.988	174.66	.5287	20.921		.0651	.7002	31.506	.1432		3.2544	.9714	1.380	
A 12.0 DIL	51.197	94.499	.6152	34.518		.0168	.0649	6.2856	.0405		.55790	.2025	1.299	
C 51.0 DIL	83.509	885.79	.9818	68.733		.1166	2.586	42.626	.3428		2.3708	.9898	1.942	
A 34.0 DIL	165.50	2806.0	1.231	65.381		.1540	5.461	35.629	.2173		1.5802	.7615	2.398	
C 31.0 DIL	191.98	5132.9	1.360	52.923		.1629	9.106	35.886	.1603		1.4403	.7274	2.848	
A 19.0 DIL	187.79	5165.1	1.360	48.590		.0976	5.615	21.987	.0902		.88252	.4455	2.854	
C 11.0 DIL	188.69	5175.6	1.358	46.857		.0567	3.256	12.709	.0503		.51081	.2578	2.853	
D 34.0 DIL	114.13	4229.0	1.012	25.431		.1061	8.223	29.273	.0844		1.5786	.5607	3.099	
I 19.0 DIL	31.411	533.33	.1784	5.5061		.0164	.5829	2.8986	.0102		.88262	.0000		

ภาพผนวกที่ ข11 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์ธรรมดา ตามวัฏจักร
รูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10
ออกเทน 95

MD TIME (s)	-----CONCENTRATIONS-----					-----MODAL GRAMS-----					VOL (m ³)	DIST (km)	F/E (l/cik)	A/F (1)
	HC (ppmC)	CO (ppm)	CO2 (%)	NOX (ppm)	O2 (%)	HC	CO	CO2	NOX	O2				
I 21.0 DIL	12.918	8.2556	.2016	.89427		.0076	.0099	3.6618	.0018		.97335	.0000		
A 40.0 DIL	39.031	23.385	.3956	5.8516		.0438	.0536	13.686	.0229		1.8540	.3965	1.433	
C 51.0 DIL	148.46	686.01	1.263	49.708		.2127	2.006	55.700	.2487		2.3636	.9892	2.458	
D 7.0 DIL	82.766	569.88	1.251	25.756		.0162	.2287	7.5765	.0176		.32442	.1137	2.868	
C 70.0 DIL	67.738	185.56	.6654	9.8745		.1332	.7447	40.281	.0678		3.2443	.9748	1.755	
A 12.0 DIL	103.25	159.08	.7098	16.200		.0348	.1094	7.3660	.0190		.55616	.2021	1.546	
C 51.0 DIL	144.31	700.65	1.245	42.761		.2067	2.048	54.927	.2139		2.3633	.9890	2.429	
A 34.0 DIL	342.83	3216.6	1.387	27.129		.3273	6.268	40.791	.0904		1.5752	.7543	2.799	
C 31.0 DIL	457.81	7833.7	1.423	15.299		.3984	13.91	38.131	.0464		1.4355	.7199	3.476	
A 19.0 DIL	466.65	8002.2	1.416	14.753		.2488	8.707	23.237	.0274		.87956	.4412	3.492	
C 11.0 DIL	470.79	8025.6	1.415	14.608		.1452	5.054	13.440	.0157		.50909	.2556	3.491	
D 34.0 DIL	306.86	6819.7	1.129	8.7694		.2926	13.27	33.156	.0292		1.5730	.5584	4.019	
I 19.0 DIL	78.094	618.71	.1989	4.2975		.0418	.6766	3.2820	.0080		.87940	.0000		

ภาพผนวกที่ ข12 ข้อมูลดิบการทดสอบสารมลพิษจากรถจักรยานยนต์เกียร์อัตโนมัติ ตามวัฏจักร
รูปแบบการขับขึ้นนอกเมือง รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันก๊าซโซฮอล์ 10
ออกเทน 95



ภาพผนวกที่ ข13 ระบบ Chassis dynamometer



ภาพผนวกที่ ข14 ระบบเครื่องมือวิเคราะห์สpectrumพลพิษจากไอเสีย



ภาพผนวกที่ ข15 การทดสอบสารมลพิษจากไอเสียรถจักรยานยนต์เกียร์ธรรมดา



ภาพผนวกที่ ข16 การทดสอบสารมลพิษจากไอเสียรถจักรยานยนต์เกียร์อัตโนมัติ

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวศิริลัษณ์ นุปผาทาโน
วัน เดือน ปี ที่เกิด	25 มิถุนายน พ.ศ. 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดขอนแก่น
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2553 สำเร็จการศึกษา วท.บ. (วิทยาศาสตร์ประยุกต์) สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร เหนือ
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	นำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์ วิจัย ครั้งที่ 4 ระหว่างวันที่ 12-13 มีนาคม 2555 ณ คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนการทำวิจัย จากภาควิชาเทคโนโลยีและการ จัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน